

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

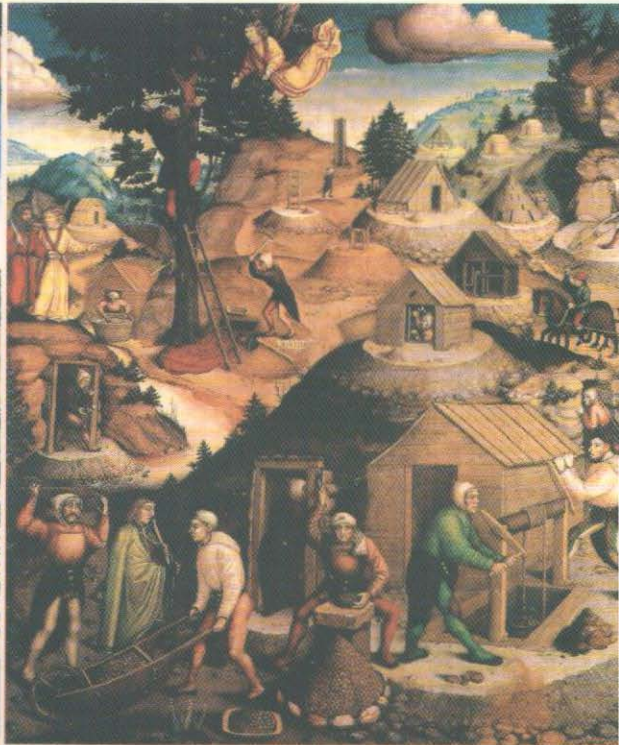
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

Madencilik, Metalürji ve Mineralojinin Çileli Tarihi

Zeki TEZ



DORUK YAYINCILIK / Bilim
Madencilik, Metalurji ve Mineralojinin Çileli Tarihi

Yazarı:
Zeki Tez

Sayfa ve Kapak Tasarımı:
Cafer Çakmak

Kapak Resmi:
Annaberg-Buchholz'daki St. Arnen Kilisesi'nde Hans Hesse'nin
1522 / 1523 tarihinde yaptığı sunak resminden ayrıntı

Zeki Tez © Doruk Yayıncılık 2011
Tüm hakları saklıdır. İzinsiz alınıp yapılamaz.

Baskı: Ocak 2012

Baskı Cilt:
Barış Matbaa-Mücellit
Davutpaşa Cad. Güven Sanayi Sitesi
C. Blok. No: 291 Topkapı / İstanbul
Tel: (0212) 674 85 28



Himaye-i Etfal Sokak No: 6/2 Cagaloglu/İSTANBUL
Tel: (0212) 514 61 57 - (0212) 514 61 58
e-posta: izdusumyay@gmail.com
www.dorukyayinlari.com

MADENCİLİK, METALÜRJİ VE MİNERALOGİNİN ÇİLELİ TARİHİ

Zeki Tez



Zeki Tez, 1948 yılında Ankara'da doğdu. Ankara Kurtuluş Lisesi'ni 1966'da bitirerek; Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden "Kimya Yüksek Mühendisi" olarak 1971'de mezun oldu. Aynı yıl Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizikokimya Kürsüsü'ne asistan olarak girdi. Yüksek Lisans çalışmasını 1974'de, doktora çalışmasını ise 1977'de tamamladı. 1982 "Doçent" olarak Diyarbakır'daki Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne atandı. 1989'da profesörlük unvanı aldı, 2002'de Marmara Üniversitesi'ne atandı.

1978/79 yılında "14. Uluslararası Seminer (DAAD)" çerçevesinde Almanya'da Karlsruhe Teknik Üniversitesi'nin "Chemische Verfahrenstechnik" Enstitüsü'nde araştırma yaptı.

1988 yılında Almanya'nın Karlsruhe Teknik Üniversitesi'nde Kimya Mühendisliği alanında "misafir araştırmacı" olarak araştırma yaptı. 1997 yılında da, Almanya'nın Münih Üniversitesi'nde bilim tarihi konusunda 3 aylık çalışma yaptı. Yine 2001 yılında Münih şehrindeki Alman Müzesi'nde ("Deutsches Museum") bilim tarihi konularında araştırmalar yaptı.

Prof. Dr. Zeki Tez'in yayımlanmış eserleri arasında *Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri* (1984), *Madencilik ve Metalurji Tarihi* (1989), *Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi* (2000), *Doğa Karşısında Pratik ve Teknik Uğraşı* (1995), *Kimya Dili Üzerine Tarihsel İncelemeler* (2000), *Bilim ve Teknikte Ortaçağ Müslümanları* (2001), *Tekniğin Evrimi* (2005) bulunmaktadır.

Halen Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde görev yapmakta olan Zeki Tez, evli ve iki çocuk babasıdır.

**Prof. Dr. Zeki Tez'in
Doruk Yayımcılık'taki kitapları**

- Tekniğin Evrimi 2005, (Gözden geçirilmiş yeni basımı hazırlanıyor)
- Matematğin Kültürel Tarihi, 2008
- Otomatlar ve Mekanik Oyuncaklar Tarihi, 2008
- Fizğin Kültürel Tarihi, 2008
- Biyolojinin Kültürel Tarihi, 2008
- Kâğıdın ve Matbaanın Kültürel Tarihi, 2008
- Mitolojinin Kültürel Tarihi, 2008
- Astronomi ve Coğrafyanın Kültürel Tarihi, 2009
- Tekstil ve Giyim Kuşamın Kültürel Tarihi, 2009
- Günlük Yaşam ve Eglencenin Kültürel Tarihi, 2009
- Patlayıcı, Silah ve Savaş Tekniğinin Kültürel Tarihi, 2010
- Alet ve Makinelerin Kültürel Tarihi, 2011
- Bilim, Eğitim, Üniversite ve Kütüphanenin Kültürel Tarihi, (Hazırlanıyor)

İÇİNDEKİLER

TARİHTE MADENCİLİK VE METALÜRJİ

MADENCİLİK VE METALÜRJİNİN BAŞLANGICI:	
BAKIR ÇAĞI VE TUNÇ ÇAĞI	9
DEMİR ÇAĞI	29
ESKİÇAĞ'DA METAL BİLGİSİ VE	
ODUN KÖMÜRÜNÜN ROLÜ	45
İSLÂM DÜNYASINDA MADENCİLİK	
VE METALÜRJİ	61
ORTAÇAĞ AVRUPA'SINDA	
MADENCİLİK VE METALÜRJİ	66
AVRUPA MADENCİLİĞİNİN BABASI:	
GEORGIUS AGRİCOLA	88
YENİÇAĞ AVRUPA'SINDA MADENCİLİK VE	
METAL İŞLEME TEKNİKLERİ	120
Üfleç Deneyi ile Metalürjik Analiz	141
TÜRKLERDE VE OSMANLILARDA MADENCİLİK	146
Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da	
Maden İşletmeciliği	169
Karadeniz Bölgesi'nde ve	
Tokat Yöresinde Madencilik	173
"YENİ DÜNYA"DA MADENCİLİK	175

SANAYİ DEVRİMİ SONRASINDA

METAL ÜRETİMİNDE YENİ TEKNİKLER 184

METALÜRJİ VE KİMYA BAĞLAMINDA

METALLER VE ALAŞIMLAR 189

Metal Yüzeyi İnceleme Yöntemleri Üzerine 201

19. Yüzyıl İkinci Yarısından Sonra

Metalürjide Kimyasal Uygulamalar 202

Henry Bessemer ve "Konversiyon" Süreçleri 209

Ellingham, Richardson ve

"Serbest Enerji Diyagramları" 211

JEOLojİ VE MİNERALojİ TARİHİ ÜZERİNE

İSLÂM'DA JEOLojİ VE MİNERALojİ ÜZERİNE 215

OSMANLILARDA JEOLojİ VE MİNERALojİ 237

BATİ DÜNYASINDA JEOLojİ VE MİNERALojİ 242

Kristallerin Dünyası ve Kristal Modelleri 271

RUS MİNERAL MÜZESİ 277

KAYNAKLAR 281

KİŞİ ADLARI DİZİNİ 289

TARİHTE MADENCİLİK VE METALÜRJİ

MADENCİLİK VE METALÜRJİNİN BAŞLANGICI: BAKIR ÇAĞI VE TUNÇ ÇAĞI

Madencilik uğraşı insanlık kadar eskidir. Almanca'da madenciye “*Bergman*” (dağ adamı) denir; çünkü bir zamanlar yeraltı zenginliklerinin yalnızca dağlarda bulunduğu inanılıyordu. “Metal” sözcüğü, anlamı “aramak” olan eski Yunanca “*metallao*” sözcüğünden türeyerek Latince'ye “*metallum*” şeklinde geçmiştir ve hem metallerin az bulunur olduklarını hem de ilk çağlarda kullanılan metallerin doğada katışıksız ve saf olarak bulunabildiklerini ifade eder.¹

Tarihin uzun dönemleri boyunca maden cevherlerinin Toprak Ana'nın kutsallığını paylaştığına inanılmıştır. Madenlerin tıpkı embriyolar gibi Toprak Ana'nın rahminde “büyüyüp geliştikleri” ve metal işçiliğinin “doğum” ile ilgili olduğu düşüncesine çok erken çağlarda rastlanmaktadır.

Metalürji (metalbilim) terimi Yunanca kökenden gelmez (< “*métallon*”: *maden* + “*ourgos*”: uğraş). Teknoloji tarihçisi Robert James Forbes'e (1900-1973) göre metalürjinin evriminin genel şeması şöyledir:²

1. Evre: Metallerin taşlardan ayırt edilmediği ya da özel bir taş türü olarak görüldüğü DOĞAL MADEN EVRESİ,

2. Evre: Bakır, altın, gümüş ve meteorik demirin dövme, tavlama, kesme gibi işlemlere tâbi tutulduğu ve metalürji sanatının oluştuğu DOĞAL METAL EVRESİ,
3. Metalin madenlerden indirgenerek elde edilip işlendiği ve tunç ve pirinç gibi alaşımların oluşturulduğu MADEN EVRESİ,
4. Dökme demir, dövme demir ve çeliğin işlendiği DEMİR EVRESİ.

Çanak-çömlek üretimi Yenitaş (Neolitik) Çağı'nda (İÖ 7000-5000) damgasını vurmuşken, yaygın bulunan ve kolay işlenen maden olarak yeşil renkli bakırtaşı (malahit / malakit) bakır elde edilmeye ve madenlerin ilk kullanılmaya başlanması onu izleyen Bakırtaşı (Kalkolitik) Çağı'nda (İÖ 5500-3000) gerçekleşmiştir. Adı, Eski Yunanca "*malhe*" (çimen / çimen yeşili) sözcüğünden gelen malahit, bazik bakır karbonat ya da hidratlı bakır karbonat $[CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2]$ bileşimli bir mineraldir.

Metaller yer kabuğunda cevher (filiz) adı verilen kimyasal bileşikler halinde bulunurlar. Cevherler, ekonomik değeri olan ve metal üretiminin hammaddesini oluşturan bir ya da birkaç mineralden oluşan kayaçlar şeklindedir ve genel olarak oksit ya da sülfür mineralleri halinde bulunurlar. Bunlar arasında en yaygın cevherler, demir için hematit (kantaşı; Fe_2O_3), bakır için kalkopirit ($CuFeS_2$), çinko için kalamın (ZnO ya da $ZnCO_3$), kurşun için galenit (PbS), antimon için stibnit (Sb_2S_3), alüminyum için boksit $[Al(OH)_3]$, krom için kromit ($FeO \cdot Cr_2O_3$) ve nikel için pentlandit'tir $[(Fe, Ni)S]$. Doğada bulunan maden cevherlerinden metallerin elde edilmesi, saflaştırılması ve alaşımlarının hazırlanması uğraşına metalürji adı verilir. Eritme metalürjisinin başlangıcı İÖ 6000-5000 yıl öncesine gider. Bakır Çağı İÖ 7000-3000 (ya da İÖ 5500-3000), Tunç Çağı ise İÖ 3000-1200 yılları arasında uzanır ve bunun yaklaşık İÖ 2000'e kadar olan dönemi Erken Tunç Ça-

ğı diye nitelenir. Tunç Çağı ilkin Küçük Asya ve Mısır'da yaşanmış, tunç üretimi İÖ 2000'lerde tüm Akdeniz havzası ve Güney Avrupa'ya, İÖ 1700'lerde de Orta Avrupa'ya yayılmıştır. Tüm bakır alaşımları genelde tunç (bronz) diye nitelenmektedir. Günümüzde tunç denince normalde bakır-kalay alaşımı anlaşılırken, Ortaçağ'da tunç dendiğinde daha çok pirinç (bakır-çinko alaşımı) anlaşılmaktaydı. Bu türlerin dışında arsenik tuncu ve kurşun tuncu gibi tunç türleri de vardır. Tarih içinde başlangıçta, erime noktasının düşüklüğü ve nispeten kolay işlenebilirliği nedeniyle bakır-arsenik, daha sonra da bakır-kalay alaşımları eritilmiştir. Arsenikli bakır tuncu, ilk kez farkına varılmadan arsenik içerikli bakır ve kalay cevherlerinin eritilmesi sonucu elde edilmiş, zamanla içerdiği arsenik oranı düşürülerek kalay tuncuna geçilmiştir. Kimi örneklerde tunç malzeme içinde yüksek oranda fosfora rastlanması, bu fosforun kaynağının, ateşi beslemek üzere içine atılan kemik parçalarından ileri gelebileceğini düşündürmektedir. İÖ 1500'lerden itibaren yaşanan Geç Tunç Çağı örneklerinde ise, tunca döküm sırasında akışkanlığı artırmak amacıyla kauldığı anlaşılan kurşun katkısına rastlanmıştır. Bakır madencilğine ilişkin belli belirsiz izlere, İÖ 6000-4000 yıllarında Doğu Ermenistan'da ırmak vadilerinde rastlanmaktadır. Demirin ilk eritilmesi, olasılıkla İÖ 4000-3000 yıllarında Anadolu'da gerçekleştirilmiştir. Kapadokya'nın kuzeyinde Pontus'a (Doğu Karadeniz) yakın bölgelerde bulunan, yüksek demir içerikli bir magnezyum-demir silikat bileşimli manyetit kumu, nispeten düşük erime noktası nedeniyle kolay işlenebiliyordu. Demir ilkin takı malzemesi olarak ve yaklaşık İÖ 2000'lerde çeliğin geliştirilmesinden sonra kullanım eşyası ve silah olarak kullanılmıştır. Metal elde edilmesi ve işlenmesinde İÖ 3000'lerden İÖ 1000'lere dek Çin ve Hindistan'da yüksek bir gelişmişlik düzeyinin varlığı bilinmektedir. Çin'de İÖ 1. binin ortalarına tarihlenen çok sayıda demir araç-gereçlerden ibaret arkeolojik buluntulara rastlan-

mıştır. Eskiçağ'da Hindistan'da dikkate değer bir düzeyde dökme ve dövme tekniklerinin varlığı da kanıtlanmıştır.^{3, 4}

Bakırın cevherden elde edilen ilk metal olması tuhaf gelebilir. Çünkü demirin erime noktası 1538 °C, bakırınki ise 1083 °C iken, bakır oksitini metal haline indirgenme sıcaklığı demir oksitinkinden daha yüksektir. Bu nedenle ilkel tasfiyecilerin yaptığı gibi bu iş için odun kömürü kullanılacaksa, demir cevherinden metalik demirin eldesi, bakır cevherinden bakır eldesinden daha kolaydır.²

Bugüne kadar malahit ya da bakırdan yapılmış en eski eşyalar olarak, Diyarbakır / Ergani yakınındaki Çayönü höyüğündeki kazılarda İÖ 7250-6750'ler arasına tarihlenen bakır boncuklar, bir tıg ve bakır iğneler, ayrıca çok miktarda obsidiyen (volkan camı) bulunmuştur. Bunların soğuk işlemlerle dövülerek biçimlendirildiği, yanı sıra da basit ısı işlemleri ("tavlama", İng. "annealing") uygulandığı anlaşılmıştır. Bakır metali dövülecek olursa belirli bir inceliğe ulaştığında, tanecikli yapısının sıkışması sonucu gerilimli ve kırılgan duruma gelerek çatlamalar başlar. Bu gerilimleri gidermek, malzemeyi normal yapısına kavuşturmak ve yumuşatmak için, malzemeyi erime noktası altındaki sıcaklıktaki kamp ateşinde (odun ateşi; 600-650 °C sıcaklık verir) kısa süre için ısıtarak "tavlamak" gerekir. Gerekirse malzeme istenen kıvama ulaşınca dek tavlama işlemi yinelenir. Malahit cevherinin bakıra indirgenmesi için ise 700-800 °C gereklidir. İlk bakır işleyiciler bu sıcaklığa köruk yardımıyla, belki de seramik fırınında ulaşmışlardır. Aksaray'daki Aşıklı Höyüğü'nde ve Şanlıurfa'daki Nevalı Çori'de de Yenitaş Çağı'nın bakırdan yapılmış süs eşyalarına rastlanmıştır. Batı İran'daki Ali Koş yöresinde, yine İÖ 7000'lerden bakır boncuk buluntularına rastlanmıştır. Doğu Anadolu'da ele geçen birkaç metal nesne ise kimyasal içeriğindeki % 0,8 oranındaki arsenikten, onların cevher eritmesiyle hazırlandığını bize göstermektedir. Saf bakır, döküm sırasında oksijen tüketmeye eğilimli olduğundan, dökümün gözenekli oluşmasına yol aç-

maktaydı.⁵ Bu buluntular, günümüzden 9000 yıl öncesinde Yenitaş Çağı'ndaki madencilerin bakır madenini işlemiş olduklarını kanıtlamaktadır. Bakır madenciliği ve döküm sanatına ait ilk izler ise Konya / Çumra yakınında Çatalhöyük'te yapılan kazılarda bulunmuş olup İÖ 6000 yıllarına aittir ve Anadolu madenciliğinin başlangıcı olarak kabul edilebilir. Genellikle bakır ile kalayın bir alaşımı olan tunç (bronz) İÖ 3000'lerde, demir ise İÖ 1200'lerde üretilmiştir. Troya'da (İng. "Troia"; Fransızca karşılığı olan "Troie"nin okunuşu ise Truva) İÖ 3000'lere tarihlenen gerçek kalay tunçlarına rastlanmıştır.

Kimi bakır alaşımlarının erime noktası, saf bakıra göre 100° kadar daha düşüktür. Doğal olarak kimi safsızlıklar, katı halde elde edilen bakır metale de geçer. Bunlar arasında arsenik, antimon, gümüş, kurşun, demir, bizmut ve kimi zaman da kalay yer alır. Bu safsızlıkların miktarı küçük ise, bakırın özelliklerinde önemli bir değişikliğe yol açmaz; yalnızca bizmut durumunda bizmutun çok düşük miktarları bile bakır metalini kırılgan yapmaya yetmektedir. Bilinçli olarak bakıra eklenen ilk ana katkının arsenik olduğu görülmektedir. Dökümün ardından soğumaya bırakıldığında tunç malzeme hemen sertleşir, ama çekiçe dövülecek olursa daha da sert hale geçtiği görülür. Kalay tuncu arsenik tuncuna göre daha az kırılgandır.⁶

O dönemlerde silah, gereç ve süs eşyası yapımında en çok kullanılan metalik malzeme tunç idi. Tarımda saban / karasaban yapımında tunç kullanımı arttı ve maden eriticisi, döküm-cü ve metal dövücü gibi yeni meslekler ortaya çıktı.

Tuncun, bakır karşısında belirgin üç üstünlüğü vardı: Daha sertti; daha düşük bir erime noktasına sahip olduğundan daha kolay eriyordu; alaşım haline getirilirken bakır bileşeni oksijeni çekerek tükettiğinden dökümde daha sıkı (yoğun) bir malzeme veriyordu. Kural olarak tarih öncesi dönemde kalay tuncu üretiliyorduydu da, özel tunç diye adlandırılan ve bileşenlerin alaşıma yine sertlik kazandırdıkları arsenikli ve antimonlu

tunçlar da elde ediliyordu. Tuncun bakır karşısındaki nitel üstünlüğü, aşağıdaki verilerden daha iyi anlaşılmaktadır (ÇİZELGE 1).⁵

ÇİZELGE 1: Saf bakır ile tunç alaşımlarının erime sıcaklıkları ve sertlikleri

Erime sıcaklığı (°C)		Sertlik (Brinell derecesi ile) (kp/mm ²)	
Kalaysız bakır (saf bakır)	1083	Saf, kızdırılmış bakır	40-50
% 8 kalaylı bakır	830	Sogukta dövülmüş % 5 kalaylı bakır	203
%25 kalaylı bakır	798	Sogukta dövülmüş % 10 kalaylı bakır	230

Tarih öncesi zamanlardan kimi buluntularda, bakır içinde kalay yüzdesi arttıkça sertliğin arttığı görülmüştür. Ancak % 10 kalay oranını aşan kalay katkılarında önemli bir sakınca ortaya çıkmakta, malzeme gevrekleşerek kolay kırılğan hale gelmekte ve bakırın sağladığı bükülebilirlik üstünlüğü kaybolmaktadır.⁷

Maden yataklarının aranması, yeryüzü ve yeraltı maden işletmeciliği, cevher eritme, dökme ve dövme işlemleri uzun ve yorucu deneyimlerle kazanıldı. Bu konudaki bilgiler, uzun süre dar bir bölgede gizli kalmış ve başka yerlere yayılması oldukça uzun sürede gerçekleşmiştir. 9 kısım (% 90) bakırın 1 kısım (% 10) kalayla alaşımlanması sonucu, tarihte ilk olarak “kalay tuncu”, ya da kısaca “tunç” elde edilmiştir. İlk tunçlarda kalay oranı değişkenlik göstermekte ve ayrıca kurşun, çinko ve antimon safsızlıkları da içermekteydi.

Çeşitli gereçlerin üretimi için çakmaktaşı ve ayrıca boya maddesi içeren cevherler (örneğin bir demir oksit minerali olan hematit), tarih öncesi çağlarda bile araştırılmış ve belirli kapsamda madencilik uğraşıyla topraktan çıkarılmıştır. Bakır, kalay, gümüş ve altın gibi metallerin kazanımı ve metal eritme sanatı 10 3000 yıllarında Mısırlılar, Babilliler, Persler, Hintliler ve Çinlilerce biliniyordu. Metal eşyalar Eskiçağ’ın güçlü tuc-

carları olan Fenikeliler tarafından Akdeniz'deki çeşitli yerlere sevk edilmekteydi.⁵ İran, Kazakistan ve Özbekistan'da Eskiçağ'da kalay çıkarılan maden ocakları bulunmaktaydı. Bir görüşe göre Eskiçağ'da Orta Doğu'da üretilen tuncun kalayı, Kafkas bölgesinin güneyinden (bugünkü Ermenistan'dan) sağlanmaktaydı ki burada kassiterit ve malahit cevherlerine rastlanmıştır. Bu mineraller rastlantı sonucu birlikte eritildiklerinde kalay tuncu vermiş olabilir. Başka bir görüş ise Orta Doğu ile Doğu Avrupa (Bohemya ve Saksonya'da kalay oluşumları bulunmaktadır) arasında ticarî ilişkilerin İÖ 2500'ler gibi erken tarihlerde kurulduğunu ve kalayın Avrupa'dan sağlandığını ileri sürmektedir.⁶

Tunç teknolojisinin uygulandığı başka bir uygarlık, eski Kuzeybatı Hindistan'daki İndus Nehri dolayısıdır. Orada "Harappa halkı" adı verilen hayli gelişmiş bir uygarlık İÖ 7000'lerden Arî halkın buraya göç ettiği İÖ 1500'lere kadar yaşamışlardı. Harappa halkı, tunç yapımını İÖ 2300'lerde geliştirmiş ve dökümde "kaybolan mum" / "kaybolan balmumu" (Fra. "*cire perdue*") tekniğini uygulamışlardı. Bu etkinlikler için bakır cevheri olasılıkla İndus Nehri'nin güney ucu yakınlarındaki Mohenjo-Daro'dan ve İndus Vadisi'nin, günümüzde Afganistan'a ait olan kuzeybatı kesiminden sağlanırken kalayın, Merkezî- ve Batı Hindistan'daki Dekkan yaylasından sağlandığı sanılmaktadır.⁶

Zamanla, daha yüksek sıcaklıklara erişmek ve ısı yalıtımı için fırınların ısı iletimi düşük olan kül, kerpiç, seramik gibi malzemelerden inşa edilmesi ve kullanılması, yakacak maddeleri ve taze hava verme konusunda bilgiler edinildi.

Silah ve gereç yapımında ilk kullanılan metal, bakır olmuştur. Mısırlılar İÖ 5000'lerde Sina Yarımadası'nda ("Malahit Yarımadası") bakır, malahit ve turkuvaz madenciliği yapmış; Fenikeliler Antikçağ'ın en önemli kalkopirit (bakır-demir sülfür) yataklarının bulunduğu Kıbrıs'taki kendi ocaklarından "kırmı-

zı taşı" (bakır cevherini) çıkartarak işlemişlerdir. Tarihte metalürji uğraşında önemli rol oynamış olan Kıbrıs Adası'nın (İng. "Cyprus") adının geç dönem Latince'sindeki bakır anlamındaki "cuprum"dan türediği söylenir. Bakırın çeşitli dillerdeki adları, Yunanca "kyprios", Latince "cuprum", Fransızca "cuivre", İngilizce "copper", Almanca "Kupfer" vb. şeklinde sıralanabilir. Bu adlandırmalara kaynak olabilecek en eski adlandırmalar, Asur dilinde bakır anlamına gelen "kipar"dır;⁸ Bunun yanı sıra, sözcük kökeninin "kypros" (kına çiçeği) olduğu da ileri sürülmektedir. Ama bu görüş doğru değildir ve gerçek, bundan çok farklıdır. Yunanca'da bakır için kullanılan terim "aes" idi, ama Kıbrıs, bakır ticareti için çok önem taşıdığından Romalılar, metali Latince'de önce "aes cyprium" ya da "cyprium aes" ("Kıbrıs bakır") diye adlandırmışlar, bu da zamanla "cyprium" → "cuprum" şekillerine kısaltılıp dönüşmüştür ve bu bağlamda bakır metalinin Batı dillerindeki adları, Kıbrıs adasının adından (Lat. "Cyprium") gelmektedir. "Aes" sözcüğü, Yunanca'da genelde "cevher" anlamına geliyordu.⁷

Fenikeliler Akdeniz bölgesinin en önemli metal işleyicileri ve tüccarları olmuşlardır. Onların kökeni gizemle çevrilidir. Yunanlı tarihçi Herodotos'a (Herodot) (~ İÖ 484-426) göre Fenikeliler, İÖ 2750 dolayında İran Körfezi'nden ya da Babil'den şimdiki Lübnan'a göç etmişlerdir. Küreklerini kölelerin çektiği Fenike gemileri, satmak için altın, gümüş ve tunç, parfümle dolu renkli cam ve alabaster (sumermeri, kayağantaş, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bileşimli) şişeler, Fenike moruna ("Tyrian purple") boyalı kumaşlar ve Lübnan'ın sedir ağacı kerestelerini taşımışlardır. Fenikeliler İÖ 1100 dolayında İspanya'nın Cadiz yöresinde koloni kurmuş ve İspanya'da zengin altın, gümüş, bakır ve demir yataklarının bulunmasına yardımcı olmuşlardır. Ayrıca Kuzeybatı Afrika'da, Roma'nın büyük düşmanı olacak olan Kartaca'da da koloni kurmuşlardır. Fenikeliler yeni metal olarak demirden yapılmış gereç ve silahları satın dağıtımını sağlayarak tunç çağının sonunun gelmesinde de etkili olmuşlardır.⁹

Bakır cevherinden bakır metalinin eldesi, bakırın oksijenden, kükürttten ve karbondan arındırılması demektir. Bu işlem, saf bakırın erime noktası olan 1083 °C'ın yukarısına kadar güçlü ısıtma işlemini ve "indirgen atmosferi" gerektirir; başka bir deyişle oksijenden uzak ve karbon monoksitçe (CO) zengin bir çevre atmosferi gerektirir. Buradaki karbon monoksit, odun ya da odun kömürünün yanmasından elde edilir. Odun kömürünün yanması için gerekli hava, ayakla çalıştırılan kömürler yardımıyla eritme fırınına sevk edilir. Yenitaş Çağı'nda böyle bakır eritme ocakları bir tepenin rüzgâr alan yamacına kurulur, ocağın içi kille sıvanır, içine bakır cevheri olarak örneğin malahit ayrıca da odun kömürü konurdu. Bu sırada bakır cevherinden oksijen (O₂) uzaklaşır ve karbon monoksitle birleşerek gaz halinde karbon dioksit (CO₂) verir, o da ortamdan uzaklaşıp gider. Bakır cevherini akışkanlaştırıcı araç olarak örneğin demir cevheri, indirgenme sürecine yardımcı olur. Erimiş haldeki kırmızı bakır metali dipteki bir delikten aşağıdaki bir çukurun içine sızarak akar, ocağın içinde üst tarafta daha hafif olan kahverengi cüruf (dışık) kalır. Burada demir cevheri, karışımın içindeki istenmeyen kum parçacıklarını kendisine bağlayarak erimiş metal evresi üzerinde yüzen cüruf evresini oluşturur. Erimiş bakır metali ise cüruftan ayrıldıktan sonra soğumaya bırakılır.⁶

Arkeometalürjistler bakır cevherinden metalik bakırın, kamp ateşinde rastlantıyla elde edildiğine ilişkin bir varsayım ileri sürmüşlerdir. Ancak 600-700 °C dolayında olduğu bilinen kamp ateşi bakırın eritmeye yetmez ve indirgeyici atmosfer de uzun süre kalımlı olmaz. Erime noktası düşük olan kurşun gibi bir metalin ise kendi cevherinden bu koşullarda elde edilmesi mümkündür. Günümüzde bakır eritme teknolojisinin, olasılıkla çömlekçilik sanatından çıkarımlandığına inanılmaktadır. Kamp ateşinde galenit'in (kurşun sülfür) kolay bir biçimde indirgenmesiyle kurşun elde edilir. Kurşunun kamp ateşinin altına sıvı halde akıp toplanması, süreç metalürjisinde

“indirgenme” tepkimeleri şeklindeki önemli kavramı oluşturmuştur. Galenit her zaman için az miktarda gümüş de içerir ve galenit, kül görünümlü toz şeklindeki kurşun oksite dönüştürülecek olursa, geriye damla şeklinde gümüş bırakır.⁶

İlk metaller olarak altın ve gümüş, süs eşyası dışında yalnızca kap, tas, bardak vb. için kullanılıyor ve araç-gereç yapımında kullanılmıyordu. Eski Mısır’da 12. ve 13. Hanedan’larda (İÖ 2000-1800) altın varakla dövme yoluyla herhangi bir metalin yüzeyi soylatırılıyor ve bu yolla altın 0,001 mm kalınlığa kadar dövülebiliyordu. Firavun mezarlarında bol miktarda altın hazineler bulunmuştur. Tek başına çocuk firavun Tutankamon’un (Tut-ankh-Amon) (yön. İÖ 1333-1323) mezarında bulunan altın tabut ve görkemli mask toplam 110 kg ağırlığında olup 1925’lerde Mısır bankalarındaki altın rezervlerinin iki katı değerde idi.¹⁰ Tutankamon’un ünlü altın maskı, Nübye altınından yapılmıştı. Nübye (“Nubia”) ülkesinin adı, Eski Mısır dilinde altın anlamına gelen “nub”dan türeme olup “altın ülkesi” anlamına gelmektedir. Nübye, bugünkü Sudan ve Etiyopya’nın kuzeyini ve Mısır’ın güneyini kapsayan bölgeye verilen addı. Bu bağlamda Eskiçağ’ın altın bakımından en zengin ülkesi Mısır’dı.

Arkeolojik kazılarda, İsa’dan önceki dönemlerden kalma demir eşyaya çok az rastlanmaktadır. Bunun nedeni, demir madenciliğinin güçlüğü ve demirin hava ve nem ile temasta paslanıp çürüyerek dağılmasıydı. Oysa tunç, yalnızca yüzeyde “patina” (bakır pası) adı verilen firuze renkli ince bir pas tabakası oluşturuyor ve bu da onu koruyordu (tunç ve pirinçten yapılmış tarihsel eserlere tarihsellik ve zamansal yorgunluk kazandıran bir cila niteliğindeki koruyucu patina katmanı, herhangi bir işlemle malzeme yüzeyinden temizlenmemelidir!). İÖ 2800’lerde Sina yarımadasında (malahit şeklinde), İÖ 2600’lerde Mısır’da ve İÖ 2500’lerde Kıbrıs’ta bakır madenlerinin işletildiğine ilişkin kesin kanıtlar bulunmuştur. Türkiye’de bulunan en eski bakır madeni, Ergani / Maden’dekidir. Burada

yapılan bakır üretimi hem Güneydoğu Anadolu bölgesindeki, hem de Kuzey Suriye bölgesindeki önemli bakır atölyelerinin bakır gereksinimini karşılıyordu. Gümüş ve kurşun, İÖ 2500 yıllarından sonra büyük bir dışsattım merkezi olan Anadolu'nun Toros dağlarından sağlanarak Mezopotamya'ya sevk ediliyordu. Yine Toroslar'da, tunç üretiminde gereksinim duyulan kalayın, düşük yüzdeli de olsa buradaki kalay cevherlerinden elde edildiği, hattâ buradaki madencilik faaliyetlerinin, Mezopotamya'daki atılımlardan daha önce gerçekleştirildiği belirtilmektedir. 1987 yılında Toroslar'da Bolkar Dağı (eskiden Bulgar Dağı da denirdi) bölgesinde kalay içerik mineral, Kestel dolayında da kassiterit minerali saptanmıştır. Tunç yapımında kullanılan kalay, yeryüzünde oldukça kıt bulunur. Avrupa'da yalnızca İngiltere'de, İspanya'da ve Saksonya-Bohemya dağlık bölgelerinde vardı. Doğu'da ilk önceleri Afganistan'dan sağlandığı düşünülen kalay, daha sonra da Küçük Asya'da elde edilir oldu. Geç dönemde İslâm ülkeleri kalayı, genelde Malakka'dan (Malaya, Batı Malezya) sağlamışlardır. Bunlar dışında İngiltere'de Cornwall'de, Çin'de, Bolivya'da ve Nijerya'da da kalay madenleri bulunmaktaydı. Mısır'da İÖ 3000'lere tarihlenen tunç eşyalar bulunmuştur. Eski Mısır'da kalay yatağı pek yoktu. Tarihçiler kalayın büyük oranda İngiltere'deki Cornwall ya da Cassiterides'den ("Kalay Adaları") [*"kassiteros"*, Eski Yunanca'da kalay anlamındadır; *"cassiterite"* (kasiterit) kalay oksit (SnO_2) minerali olup *"el-kasdir"* şeklinde Arapça'ya geçmiştir], Fenikeli gemiciler tarafından getirildiğini belirtmektedirler.¹ Antikçağ'da (~200-700) Cornwall kalay madenlerinin cazibesine kapılan Romalılar bu amaçla İngiltere'yi istilâ etmişlerdi. Yazılı belgelerden öğrenildiğine göre 16. yüzyılda Anadolu'da en zengin bakır madeni, Orta Karadeniz bölgesinde Küre'de bulunmaktaydı. Hattâ Küre bakır madenlerinde yapılan üretim, İstanbul'un fethinden önce dökülen büyük tunç topların bakırını karşılamıştır. Ayrıca Kars / Kağızman ve Siirt / Madenköy'deki bakır madenleri de işletilmekteydi.^{11, 12}



Şekil 1. Çin'de çift etekli ve pistonlu hörâklerin tunç dokümünde kullanılması: Körükle üflenmiş havayla güçlendirilen ateşte eritilen tunç, kazanlardan, pışmış kilden yapılmış kanalların içine akıtılarak doküm yerine iletiliyor [Song Tingcang'ın (1587-1666) Thien Kung Khai Wu (1637) adlı ansiklopedisinden].¹³

Çin'de tunç, yaklaşık olarak İÖ 1300'lerde görülür. İlk Çin tuncunun yapımında ana bileşenler olarak bakır ve kalayın yanı sıra çinko da kullanılmaktaydı. Eski Çin metalürjistleri tunç malzemedeki bakır / kalay oranını, çan ve ziller için 5/1, saban için 4/1, kargı ve mızrak için 3/1, bıçak ve kılıç için 2/1 ve tunç ayna için de 1/1 olarak kullanmışlardır (ŞEKİL 1).¹

Eski Mısır'dan kalma *Leyden Papirüsü*'nde (*Papyrus Leidensis*) ve *Stockholm Papirüsü*'nde (*Anastasi Papirüsü* ya da *Papyrus Graecus Holmiensis*) üç yüz kadar ilginç reçete arasında soy metallerin takli-

dine ilişkin yönergeler de vardır. Her iki papirüs de yaklaşık İS 250 yılı dolayında yazılmışlar ve olasılıkla da aynı yazarın kaleminden çıkmışlardır. *Leyden Papirüsü*, çağının kimya sanatı işlemlerinin bir tür laboratuvar not kitabıdır.

Tunç, Yunan mitolojisinde de yer alır. İÖ 8. yüzyıl ortalarında yaşayan Yunan destan şairi Homeros'un (İÖ ~750-700) *İliada*'sında Yunan ateş tanrısı Hephaistos, gümüş ve altının yanı sıra ocağına bakır ve kalay da atar ve böylece Akhilleus için üstün nitelikli tunç kalkan yapar.⁶

İlk madencilik uğraşlarında rüzgâr ve su gücünün kullanıma girmesinden önce insan ve hayvanların kas gücünden ya-

rarlanılmıştır. Köleler, tutuklular Eski Mısır hanedanlıklarında, Atina kent devletlerinde ve Roma İmparatorluğu'nda yorucu bir şekilde çalıştırılan canlı enerji kaynakları idi. Eski Yunan'da Makedonya Kralı II. Philip (yön. İÖ 359-336) döneminde Pangaion madenlerinden altın üretildiği bilinmektedir. Roma İmparatorluğu döneminde metalürjik işlemler büyük ölçekte yürütülmüştür. Antik yazmalardan öğrenildiğine göre, örneğin yalnızca İspanya'da Roma İmparatorluğu döneminde yılda 1,5 ton kadar altın elde etmek üzere 60 bin köle çalıştırılıyordu.¹⁴

Altın, mitolojide sıkça yer almıştır. Güneş tanrısı Apollo, altın saçlı ve altın kılıçlıdır. Tanrı Poseidon, Ege'nin derinliklerindeki altından sarayda oturur ve altın yeleli atların çektiği arabasına binerdi. Güneş tanrısı Helios'un her sabah doğudan başlayan yolculuğu altın bir arabada geçer, gece ise altın bir kayıkla, başladığı yerde biterdi. Üç güzelden en güzelini seçen Troia Kralı Priamos'un oğlu Paris'in ayırt edici işareti, "altın elma"; Argonautlar'ın (Argo Gemicileri) serüvenlerle dolu gezilerinin simgesi ise "altın post" idi. İyi bilinen mitolojik "Altın Post" söylencesine göre "Altın Post", Zeus'un bir armağanı olarak Kolchhis ülkesine gönderilen kanatlı koçun altın derisidir. Kanatlı koç, kaçırdığı iki kardeşten "Helle" adlı kız çocuğunu Çanakkale Boğazı'nda düşürünce buraya "Hellespont" adı verilir, "Friksos" adlı erkek kardeş ise Kolchhis'e varınca kanatlı koçun altın postunu Kral Aietes'e teslim eder. Yunan kahraman Argos, "Altın Post"u elde etmeye çalışan İason'a gezisi için "Argo" ("Hızlı") adlı gemiyi inşa eder. 55 kürekli Argos gemisi ile İstanbul Boğazı'ndan Karadeniz'e açılan Argonautlar, Karadeniz'in doğusundaki Kolchhis ülkesine gider ve orada ulusal kahramanları İason, Kolchhis kralının büyücülük yeteneği güçlü kızı Medea'nın yardımı ile altın postu koruyan ejderhayı öldürüp postu alarak Medea ile birlikte geri döner. Bu söylence, Eski Yunanlıların İskit halkının elindeki zengin altın varlığına karşı duyduğu güçlü isteği yansıtır.

Günümüzde İslâm'ın, Osmanlı'nın, evliliğin vb. "altın çağı"ndan söz edilmektedir. Spor yarışmalarında üstün yetenek gösteren ilk üç yarışmacıya altın, gümüş ve bronz madalyalar verilir, uzun süreli evliliğin 10. yıl, 25. yıl, 50. yıl vb. gibi anlamlı yıldönümleri "demir-", "gümüş-" ve "altın yıldönümü" olarak kutlanır.

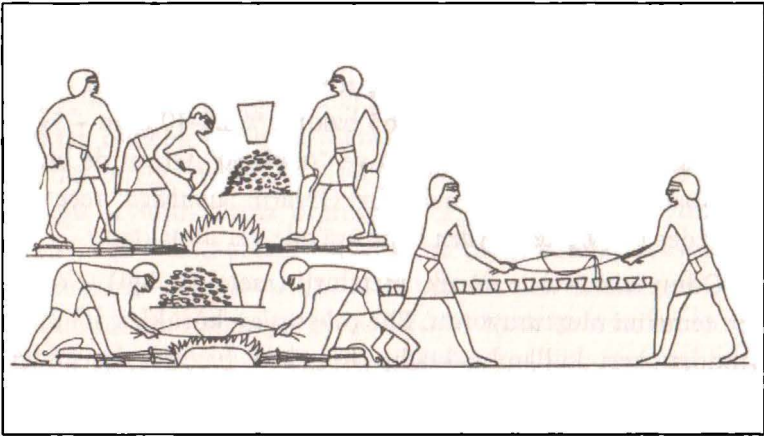
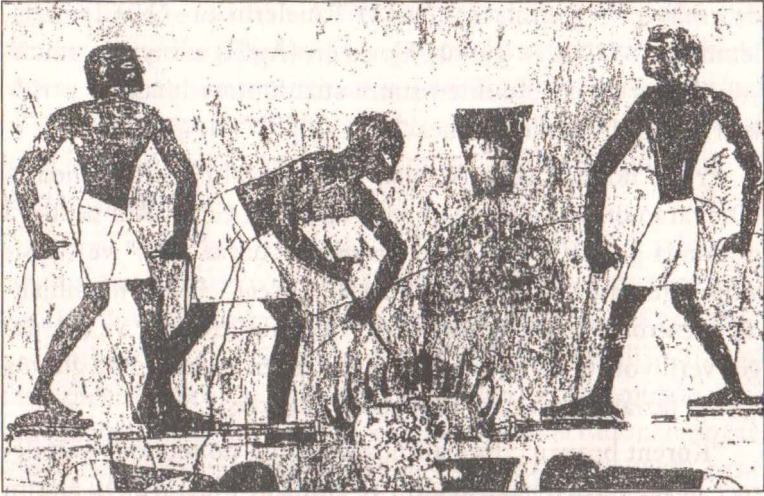
Altının sikke metali olarak kullanılması, İÖ 620 yılından itibaren Batı Anadolu'da, Antikçağ'ın ticaret yolları üzerinde kurulan Lydia'da ortaya çıkmıştır. Lydialılar ilk sikkelerini, başkentleri Sardeis / Sardis'in (Sart, bugünkü Salihli) içinden akıp giden Paktolos Çayı'nın (Sart Çayı) [mitolojideki adı Khrysoorooas ("Altın Irmağı")] kumları arasında bulunan doğal altın-gümüş alaşımı olan "elektron"dan (Lat. "electrum") basmışlardı. Tanrı Dionysos Frigya Kralı Midas'a (İÖ ~715-676), bizim halk kültürümüze de geçen ünlü özdeyişle "Tuttuğun her şey altın olsun!" dediği için Kral Midas'ın dokunduğu her şeyin altına dönüştüğüne ilişkin bir söylence de bulunmaktadır. Yemek için ağzına götürdüğü ekmek bile altına dönüştüğü için, açlıktan ölmek için tanrılara yalvaran Midas'ın dileği kabul edilmiş ve eğer Paktolos Çayı'nın kaynağında yıkanırsa artık tuttuğu şeylerin altına dönüşmeyeceği söylenmiş, o günden sonra da çay, altın yatağı olmuş ve bu çayın kumları arasından çıplak gözle toplanan altın, İS 1. yüzyıla dek tükenmemiştir. Tarihte ilk altın sikkeyi, Lydia (Lidya) Kralı Kroisos'un (Krezüs) (yön. İÖ 560-547) bastırdığı söylenir. Çok zengin bir kral olan Kroisos, Doğu kültüründe "Karun" şeklinde dillendirilmiş ve "Karun kadar zengin" deyişi de ona dayandırılmıştır. Kroisos'un bastırdığı ilk Lydia sikkeleri doğal altın ve gümüş malzemeden yapılan bir altın-gümüş alaşımı olan "elektron" bileşimindeydi. Daha sonra altın ve gümüş olarak ayrı sikkeler de basılmıştır. Bu doğal altın-gümüş bileşiğinden saf altın eldeşi için gümüşün ayrılması gerekmekteydi. Bu amaçla uygulanan işlem evreleri şöyleydi: (1) Altın-gümüş alaşımının eritilerek suya dökülmesi ve böylece belirli irilikteki taneciklerin el-

de edilmesi (“granülasyon”), (2) Tanelerin tuz (NaCl) ile işlenmesi, (3) Oluşan gümüş klorürün (AgCl) asit ya da amonyak ilavesi ile çözüldükten sonra süzülüp ayrılması ve geride kalı halde altın elde edilmesi.¹⁵

Erime noktası 1063 °C olan altın, doğal oluşumlarında % 40’a varan oranda gümüş içerebilmektedir. Genellikle % 20-35 oranında gümüş içeren altın alaşımına “beyaz altın” ve “Mısır altını” gibi adların yanı sıra Mısır’da “*asem*”, Eski Yunanlılar’da “*elektron*”, ve Romalılarda ise “*electrum*” deniyor ve çok değer veriliyordu. Bizde “akaltın” adı verilen bu alaşımda gümüş içeriği fazlalaştıkça renk daha fazla beyazlaşır.

“Korent bronz”, Roma İmparatorluğu döneminde son derece değer verilen bakırın altın ve gümüşle oluşturduğu alaşım ailesine verilen bir addır ve bakır eşya üzerine altın ve gümüş parlaklığı vermede kullanılmıştır. “Korent bronz”, Orta ve Güney Amerika’daki And Dağları’nda Kolomb-öncesi halkların ürettiği yüksek oranda bakır içeren “tumbaga” adlı bakır-altın-gümüş alaşımları (% 50-65 bakır + % 25-40 altın + % 10 gümüş) ile benzerlik taşımakta ve “tumbaga” terimi de bizim “tombak” terimini andırmaktadır! Onların “tumbaga” reçetesi-ne özdeş bir reçete, *Leyden Papirüsü*’nde yer almaktadır.

Odun kömürü ve körük, metalürji (metal işçiliği) tekniğinin temelini oluşturunuyordu. Elle çalıştırılan körükler, İÖ 2500 yılından beri kullanılmaktadır. Körükler hayvan derisinden yapılmaktaydı. Mısır’da mı icat edildiği, yoksa Hindistan’dan mı Mısır’a ulaştığı tartışılmaktadır. İÖ 2. binyılın ortalarına tarihlenen Eski Mısır duvar resimlerinde, ayakla çalıştırılan körükler betimlenmiştir (ŞEKİL 2). Iskenderiye’li mekanikçi ve otomat yapımcısı Ktesibios (~İÖ 270-200), su orgu şeklinde tasarladığı otomatı için, giriş ve çıkış muslukları bulunan, bilinen ilk pistonlu körüğü kullanmıştır.¹⁶ Metalürjik çalışmalar için odun kömürü ve körük tekniği, 18. yüzyıla dek ilkece çok az değişmiştir. Eritme metalürjisinin gelişimi için gerekli ko-



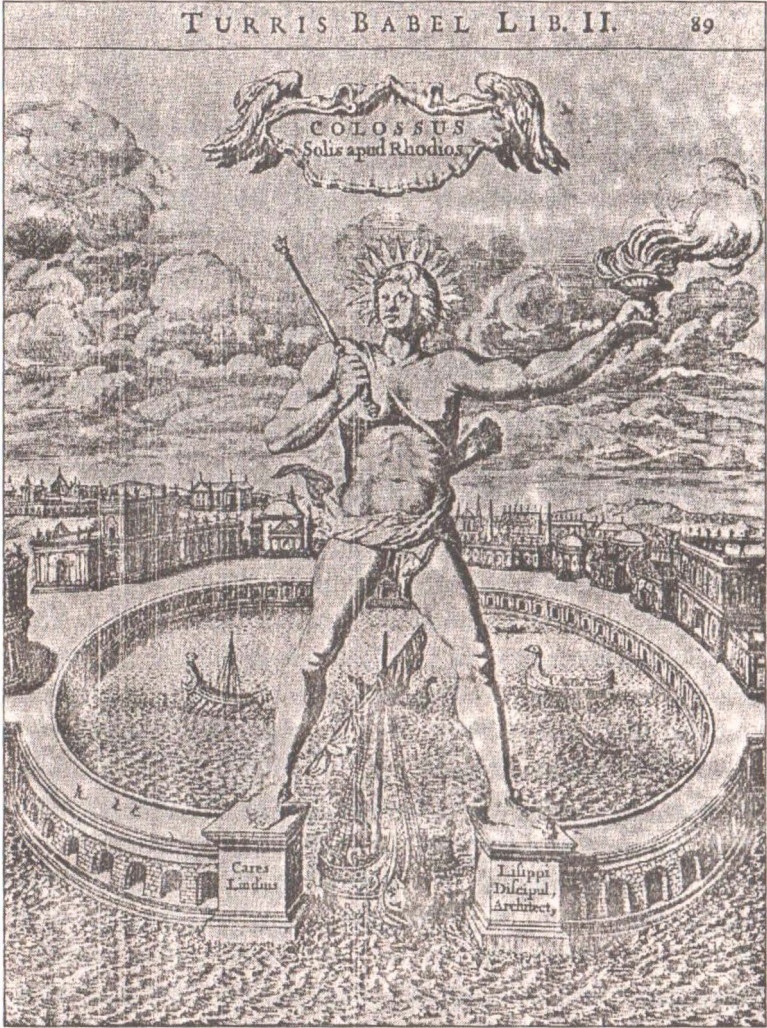
Şekil 2. Üstte: Mısır sıravununun başyardımcısı Rekhmireh'in (Rech-mi-Re) (İÖ 1450'ler) Thebes kentindeki mezarında yer alan duvar resminde kuyumcu ya da tunç dökümcülerin ocak başında çalışmaları sergilenmektedir. Bunda ortadaki işçi çatal maşa yardımıyla ocagi eşelerken, her iki yanındaki işçiler, koyun ya da keçi tulumundan yapılmış ayaklı körük çiftli yardımıyla eritme ocagına hava sevk etmektedir. İşçilerin elleriyle tuttıkları ipler, hem denge sağlamaya hem de basılarak kapanan körüğün üstten çekilerek açılıp içine tekrar hava dolmasına yararmaktadır. **Altta:** Bir önceki sahnenin tamamının çizimi. Burada bir önceki sahnede yer almayan sağ taraftaki kısımda işçiler, taze ağaç dalları yardımıyla taşıdıkları potadan döküm yapmaktadırlar.^{5, 16}

şul, odun kömürü elde etme bilgisinin yanı sıra, metalin eritilmesi amacıyla gerekli sıcaklığa erişmek üzere fırın ateşinin kesin denetimi idi. Bu konuda çömlekçilerin bilgi ve becerilerinden çok yararlanılmıştır. Cevher izabe fırınları, madenlerin metal haline getirildiği yüksek sıcaklık fırınlarıdır. Bu bağlamda daha yüksek sıcaklıkları gereksinen maden işleme fırınları, öncesinde yer alan çanak-çömlek fırınlarının geliştirilmiş şekli olup köşeli, oval, dairesel ya da yarım daire şekillerinde inşa edilmişlerdir.¹

İÖ 750-550 yılları arasında varlıklarını sürdüren Friglerde en dikkat çekici döküm eserler, “fibula” denen çengelli iğneler olmuştur.

İÖ 395 yılından itibaren Bizans egemenliği altına giren Rodos'ta, dünyanın yedi harikasından biri olan “Rodos Heykeli” (“Colossus”), bir kuşatmadan kurtuluşun anısına dikilmişti (ŞEKİL 3). Lindos'lu heykelci Khares (İÖ 4./3. yüzyıl) tarafından İÖ 282 yılında tamamlanan tunçtan yapılmış 36 m yüksekliğindeki bu dev Helios (Apollon) heykeli, içi demir çubuklarla güçlendirilmiş, devrilmemesi için taştan ağırlıklar kullanılmıştı. Heykel % 79 bakır, % 11 kalay ve % 10 kurşun alaşımından dökülmüştü. Güneş Tanrısı Helios'u simgeleyen heykelin bir kabartmadaki betimlemesine göre, bir elini gözlerine siper etmiş olarak limanın önünde durduğu kestirilmektedir. Söylentiye göre gemiler, heykelin bacakları arasından geçerek limana girerlermiş. Bu heykel, İÖ 223 yılında bir depremde devrilmiş ve Rodoslular onu bir daha ayağa kaldıramamışlar. Bizans tarihçileri, 653 yılındaki Arap istilâsı sırasında Arapların bu heykeli tahrip ederek parçalara ayırdıklarını ve 900 de ve yükü tutan tunç madenini Yahudi bir tüccara sattıklarını kaydetmektedirler.

Gümüş eşya, yüzeyinin havada hızlıca gri-siyah renkli gümüş sülfüre dönüşerek kararması şeklinde bir olumsuzluğa sahiptir. Doğada gümüş daha çok arsenik sülfür ve antimon sülfür içerikli cevherleri halinde bulunur ve bunlardan metalürjik



Şekil 3. Athanasius Kircher (1602-1680) tarafından Rodos Heykeli'nin fantezi betimi [A. Kircher, Turris Babel, sive archontologia qua primo priscorum post-diluvium hominum vita... (Babil Kulesi...), Amsterdam, 1679].¹⁷

yöntemlerle gümüş elde edilir. Eskiçağ'ın en önemli gümüş oluşumları Yunanistan'daki Laurion madeni ile İspanya'daki gümüş madeni idi. O dönemde Atinalıların gücü, büyük oran-

da, kentin 35 km kadar yakınındaki Laurium Dağı'nda bulunan zengin "galena" (gümüş / kurşun cevheri) yataklarından kaynaklanıyordu ve bu madenlerde binlerce köle çalıştırılmaktaydı. Burada iki bine yakın maden ocağı vardı ve bunlardan kimileri 120 metreden daha derindi. Pers ordusuna karşı Salamis deniz zaferini kazanan Yunan donanmasının, Laurion madenlerinden çıkarılan gümüşle finanse edildiği iy bilinmektedir. Atina, yaklaşık İÖ 500-100 yılları arasında devlet mülkiyetindeki Laurion madenlerinden elde ettiği gümüşü sikke yapımında kullanarak kendi zenginliğini yaratırken, kurşundan çatı kaplaması, su borusu ve ev araçları yapımında yararlanıldı. Roma'da kurşun su borusu yapımında ek yerleri, dövülerek şekillendirildikten sonra erimiş kurşun dökülerek birbirine kaynaştırılıyordu. İlginç bir çelişki gibi görüleceği üzere, günümüzde bakır ve plastik malzeme ile çalışan muslukçulara bile, İngilizce'de, hâlâ kurşunun Latince'si olan "*plumbum*"dan türeyen terimle "*plumbers*" denmektedir. Roma İmparatorluğu'nun madencilik merkezleri ise, diğerlerinin yanı sıra Sardinya ve Ispanya idi.

Romalı ünlü mimar Marcus Vitruvius Pollio (~İÖ 80-25), kapalı bir su sisteminin boruları için iki malzeme önerir: Kurşun ("*plumbum*") ve pişirilmiş toprak. Vitruvius, birkaç nedenden dolayı ikincisini yeğler. İlk olarak, kurşundan yapılmış borularda çok zehirli bir madde olan karbonatlı kurşun oksit ("*cerussa*", serüz, üstübeç) oluşumu nedeniyle kurşun zehirlenmesi tehlikesi vardır ve bunu destekleyen bir kanıt olarak Vitruvius tarafından kurşun eritme ve dökme işinde çalışanlarda görülen hastalık belirtilerine dikkat çekilmektedir. İkinci olarak da inşaat ve bakım işleri için uzmanlaşmış işçiler gerekir. Oysa Vitruvius'a göre basit bir duvar ustası bile pişirilmiş topraktan yapılmış borularla çalışabilir. Üçüncü ve önemli bir neden de, kurşunun çok pahalı bir malzeme oluşudur. Bütün bu olumsuzluklara karşı Vitruvius, kurşun boru imalatı ile ilgili ayrıntılı bilgiler de verir.¹⁸

İskenderiye’li ünlü otomat yapımcısı Heron (İS 50-120), kurşun levhanın kıvrılarak boru haline getirilmesinde özel lehimleme işleri için saf kalay öneriyordu. Lehim, erime noktaları düşük olan metalleri birbirine tutturma işlerinde kullanılan kalay-kurşun alaşımına verilen addır.¹⁸

Metal eşyalar kimi zaman altın varakla kaplanıyor, kimi zaman da ateşte altın kaplama uygulanıyordu. Bu ikinci teknikle, altın ve cıvadan oluşan karışım, bir nesnenin üzerine sürülüyor; ısıtılarak cıvanın süblimleştirilmesiyle, malzeme yüzeyinde geriye ince bir altın tabakası kalıyordu. Galvanizleme yoluyla altın kaplamacılığı yönteminin Antikçağ’da bilindiği savı, hâlâ tartışılmaktadır. Bunun önkoşulu olabilecek şey, altın siyanürün üretimi idi ve bu da doğada mevcut değildir. Buna karşın, Mezopotamya’daki arkeolojik kazılarda İÖ 1. yüzyıl / İS 1. yüzyıla tarihlenen ve bu iş için gerekli elektrik akımını üretebilecek “pil” benzeri aygıtlar bulunmuştur.⁵

Eskiçağda tuncun mu yoksa demirin mi daha önce bulunduğu belirgin değildir. Tarihçiler insanlığın ilk dönemine “Taş Çağı” derler; bundan sonra “Tunç (Bronz) Çağı” (İÖ 3000-1200), ardından da Demir Çağı (İÖ 1200-500) gelir. Danimarka Ulusal Müzesi’nin kurucu müdürü Christian Jürgensen Thomsen (1786-1865), 1819 tarihinde, koleksiyonunu ilk olarak birbirini izleyen üç kültür evresi şeklinde gruplandırarak bunları “Taş Çağı”, “Tunç Çağı” ve “Demir Çağı” olarak adlandırmış, bu sunuşu genel bir kabul görmüş ve kısa sürede Avrupa müzelerinde bir standart haline gelerek kimi ayrıntılarla günümüze dek geçerliliğini korumuştur.¹⁹ Ancak bu terimler belirli tarihsel dönemleri çok kesin tarihlerle sınırlayamamaktadır ve farklı coğrafyalarda ortaya çıkan farklı kültürlerde bu çağların sıralaması ve tarihlenmesi farklılık göstermektedir. Örneğin Avrupa’dakinin tersine Afrika’da Demir Çağı, Tunç Çağı’ndan önce yaşanmıştır. Kimi Güneydoğu Asya halkları bakırı ve tuncu hiç tanımadıklarından, Bakır Çağı’nı ve Tunç

Çağı'nı yaşamadan Demir / Çelik Çağı'na gelmişlerdir. Kuzey Amerika'da ise bir Bakır Çağı'nın yaşanmadığı anlaşılmaktadır.²

Genelde antropoloji ve jeolojide kullanılan uzun geçmişe ilişkin dönemler ise şöyle sıralanabilir:⁴

Paleolitik Çağ (Eski Taş Çağı / Yontma Taş Çağı): İÖ 50000-9000

Mezolitik Çağ (Orta Taş Çağı): İÖ 9000–7000

Neolitik Çağ (Yeni Taş Çağı / Cilalı Taş Çağı): İÖ 7000-5500

Bakır Çağı / Kalkolitik Çağ (Bakır-Taş Çağı) (< “khalkos”: bakır, “lithos”: taş): İÖ 5500-3000

Erken Tunç Çağı: İÖ 3000-2000

Orta Tunç Çağı: İÖ 2000-1500

Geç Tunç Çağı: İÖ 1500-1200

Erken Demir Çağı: İÖ 1200-800

Geç Demir Çağı: İÖ 800-500

DEMİR ÇAĞI

Demirin bilinmesi tunç kadar eskidir ama uzun süre demirin tek kaynağı, göktaşları (meteorit) olmuştur. Demir metalürjisinin bilinmediği dönemlerde göktaşları, yeryüzünde demir malzemelerin ilk örnekleri olmuştur. Demirin eski çağlarda çok değerli olmasının nedeni, elde edilmesindeki güçlük idi. Kutsallığı ise göktaşlarından (meteor) gelmekteydi. İnsanlar bir yıldız parçasının gökten yere düştüğünü görmüş ve “Tanrıların bu selamını” gözden geçirmek için yanına gittikleri zaman, gökten demir düşmüş olduğunu görmüşlerdir. Saf demir yeryüzünde pek ender olarak bulunuyordu ve göktaşları, insanların tanıdığı biricik büyük demir parçalarıydı. Eski Mısırlılar duvar resimlerinde demiri mavi renkte (gök renginde) göstermişlerdir. Meteorit kaynaklı demire Grönland'da da rastlanmış olup Eskimolar bundan yararlanmışlardır. % 6-8 ora-

nında nikel içeriği ile karakteristik olan meteorik demir, tarih-öncesi dönemde İÖ 4000'lerde kullanılmış olmalıdır. O dönem halkları bunları kızdırıp çekiçe döverek biçimlendirmek suretiyle çeşitli silahlar ve gereçler yapmışlardır. Kimi eski dillerde demir için "gökten gelen metal" ifadesi bulunmaktadır.⁶

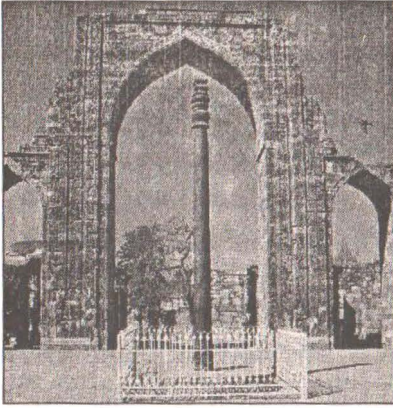
Demir cevherini en erken eritme işlemi, demirin erime noktası altındaki sıcaklıklarda (bakır ve tuncunkinden yüksek sıcaklıklarda) yapılmıştır. Bu yöntemle üretilen demir, fırından çıkarıldığında süngerimsi bir katı görünümündedir. Demir cevherini metalik demir şekline indirgeyen ve demirin erime noktasının altında çalışan fırına "kütük fırını / demir kütük fırını" (İng. "*bloom furnace*") denir. Süngerimsi ham demışı yararlı bir malzeme haline dönüştürmek, yalnızca bıçak, kılıç gibi basit şekilli malzeme üretimine izin veren yavaş ve çok düşük etkili bir süreçtir.²⁰

Çinliler "İlkbahar ve Sonbahar Dönemi" diye adlandırılan İÖ 770-476 arası dönemin sonlarına doğru "maden eritme ocağı" (İng. "*blast furnace*") teknolojisini geliştirmiştir. Bu ocak türü, cevheri, demirin erime noktasının üzerindeki sıcaklığa çıkarabilmeyi sağlayarak dökme demir üretimine izin vermiş ve bu işlem, çift etkili körükler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Maden eritme ocağında erimiş metal üzerinden demir üretimi, üretim hacmini büyük ölçüde artırmıştır. Maden eritme ocağı Avrupa'da, Çin'den 2000 yıl kadar sonra geç 14. yüzyılda kullanıma girmiş ve yaygın olarak top dökümünde kullanılmıştır. Han Hanedanlığı (İÖ 207-İS 220) döneminde İÖ 119 yılında Çin'de tüm dökme demir üretimi, ulusallaştırılmıştır.²⁰

Çinliler çelik üretimi için de yöntemler geliştirdi. Dökme demir genelde yüksek karbon içeriklidir. Bu durum, onu güçlü kılrsa da kırılgan yapar. Çelik, demir ile düşük miktarda karbonun bir alaşımı olup hem güçlü hem de dayanıklıdır. Çelikten yapılmış aletlerin tarımda kullanılması, T'ang Hanedanlığı (618-907) döneminde gerçekleşmiş ve tarımsal üretkenlik da-

ha da artmıştır. İÖ 2. yüzyılda Çinliler, Batı'da "Bessemer yöntemi" olarak bilinen yöntemi bulmuşlardır. Bunda dökme demiri çeliğe dönüştürmek için erimiş metale hava üflenerek karbon oranı düşürülüyordu. 1845 yılında William Kelly (1811-1888), Çinli dört çelik ustasını Kentucky'ye getirerek onlardan bu yöntemi öğrenmiş, ardından da bu konuda bir Amerikan patenti almıştır. Ancak iflas edince haklarını Alman Henry Bessemer'e (1813-1898) devretmiş, o da benzer bir süreç geliştirmiştir. İS 4. yüzyılda Çin'de ham demiri, bitmiş ürünler şekline işlemek için gerekli ısıyı sağlayacak yakıt olarak odunkömürü yerine taşkömürü kullanıldığı görülmektedir.²⁰

Hintliler çok eski çağlarda demircilik sanatını çok yüksek düzeye çıkartmışlardır. Hindistan'ın Eski Delhi (Dehli) kenti, günümüze birbirinden ayrı sekiz bölge / kent olarak gelmiştir ve bunlardan sonuncusu, İngilizler tarafından kurulan Yeni Delhi kenti olmuştur. Eski Delhi'nin dış mahallesinde Gazneliler döneminde inşa edilen "Kutub-Minar" (Kutup Minaresi) adlı yüksek minarenin de bulunduğu kompleksin içinde yer alan ve yüksekliği 7,21 m, taban çapı 41 cm, tepe çapı 30 cm olan koni şeklindeki dövme demirden 6 ton ağırlığında bir demir sütun, üzerinde çok küçük boyutlu korozyon izleri dışında bugüne dek paslanmadan ayakta kalmıştır (ŞEKİL 4).²¹ "Ashoka Sütunu" adı verilen bu demir sütun % 99,2 demir; % 0,8 kükürt; % 0,11 fosfor; % 0,46 silisyum ve yalnızca % 0,08 karbon bileşiminde olup demir işleyen eski Hint demirci ustalarının becerilerinin yüksek düzeyinin bir kanıtı ve kalıtıdır. Sütunun, ısıtılıp çekiçlenerek birleştirilmiş çok sayıda demir diskten yapıldığı belirlenmiştir. Üzerinden 1600 yıl kadar uzun bir süre geçmesine ve çetin hava koşullarına karşın korozyona (kimyasal aşınma) direnmesi nedeniyle arkeolog ve metalürjistlerin yoğun ilgisini çekmiştir. Hindistan'da 320-540 yılları arasında hüküm süren Gupta hanedanından II. Chandragupta Vikramaditya (375-414) tarafından Hindu tanrısı Vişnu adına 402 yılında diktirilmiştir. "Delhi Sütunu", ilk Delhi



Şekil 4. Delhi'deki demir sütun.

Türk Sultanı Kutbeddin Aybek'in (yön. 1206-1210) yıktırıp yerine Kutub-Minar ve Kuvvetü'l-İslâm Camisi'ni inşa ettirdiği bu eski Hint tapınağından geriye kalan tek parçadır. Dış kısımda paslanmaya karşı koruyucu özellikli "misawite" adlı demir, oksijen ve hidrojen (Fe, O, H) bileşimli ince bir tabaka bulunmaktadır. Bu koruyucu tabakanın,

sütunun dikilmesinden üç yıl sonra oluşmaya başladığı ve kalınlığının zamanla iç kısımlara doğru ilerlediği söylenmektedir. İklim koşullarının, yüksek fosfor ve kükürt içeriğinin ve büyük ısı sığasının korozyonu önlediği de öne sürülmektedir. Yüzyılları aşan dayanıklılığın başka bir açıklaması ise, sütunun kendi kalınlığının fazla büyük olmamasına dayandırılmaktadır. Buna göre, gün boyu üzerine düşen güneş enerjisini depolayan demir sütun, üzerindeki nemi ve yağmur damlalarını sürekli buharlaştırarak kuru kalmaktadır. Sarnath'ta da İÖ 300-200 yılları arasında yapılan ve 14 m uzunlukta olan başka bir demir sütun bulunuyorduysa da zaman içinde parçalanıp tümüyle yok olmuştur.⁶

Hindistan'da demirin ilk eritildiği tarih kesin olarak bilinmemektedir. Kökenleri İÖ 1500'lere uzanan, bilinen en eski Hindu dinsel kitabı olan *Rig-Veda* (İlâhiler Bilgisi) adlı Sanskritçe ilâhilerde demir üretiminden söz edilmektedir. Muhafazakâr görüşte olanlar bu tarihi İÖ 1200'lere yakıştırırlarken başka kaynaklar İÖ 600 yılı dolayını işaret etmektedirler.⁶ Hint mitolojik metinlerinden *Upanishad*'larda dokumacılık, çömlekçilik ve metalürjiden söz edilmektedir. İÖ 4. yüzyılda Hintli bilgin Kautilya, *Arthashastra* adlı eserinde cevherden metal

özütleme ve alaşımlama konusunu işlemiştir. *Veda*-metinlerinde sütün ekşiyerek kesilmesinin önüne geçmek için bakır kapların kalaylanması önerilmektedir.

Demir de silah, gereç ve süs eşyası yapımında kullanıldı. Hititler İÖ 1400-1200 döneminde demir tekniğinin bulucusu olarak kabul edilirler ve Yakın Doğu'da demir tekeli ellerinde tutmuşlardır. İÖ 1. binyılın başlarında Mezopotamya'da demir fiyatı gümüşün beş katı, altının iki katıydı. Avrupa'da ise İÖ 8. yüzyıldan İÖ 1. yüzyıla kadar önce "Hallstatt" dönemi, daha sonra da "La-Tène" dönemi olarak iki ayrı demir çağı yaşanmıştır. "La-Tène" kültürü Kuzey Avrupa ve İngiltere'yi de kapsamaktadır. Eskiçağ'da demirden silahlarla donatılmış bir ordu, tunçtan silahlara sahip orduyu bozguna uğratiyordu. Küçük Asya'da Hititler, hatırı sayılabilecek kadar çok sayıda demir silah kullanan ilk topluluk olmuştur. Keban'daki kurşun madeninde Hititler zamanında üretim yapıldığı anlaşılmıştır.

İÖ 2. binyılın başlarında Küçük Asya'da Kapadokya'daki Kaniş'te (Kayseri yakınlarındaki Kültepe) kurulan ve Hititlerden maden dışalımıyla uğraşan Asur ticaret kolonisine ait birçok ticaret belge ve mektup, zamanımıza ulaşmıştır. Hititler, Eski İmparatorluk döneminde demirden heykeller, takılar, anıtsal levhalar ve gösterişli silahlar üretmişlerdir. Hitit uygarlığına ilişkin Çorum ilindeki Alacahöyük kazılarında, İÖ 2500'lere tarihlenen arsenikli bakırdan geyik ve boğa heykelcikleri bulunmuştur. Kültepe metinlerinde geçen ve bir kilosunun 40 kilo gümüşe ya da 5 kilo altına bedel olduğu söylenen "*amutum*" adlı maddenin "demir" anlamına geldiği anlaşılmıştır. Anadolu'nun kuzeyindeki Hititler, yüksek nitelikli demir işçiliği yapan ilk uygarlık olarak ün kazanmışlar ve İÖ 1600 yıllarında demir çıkartmak için bir tür tekel idaresi kurmuşlardır.¹ Eskiçağ'da İÖ 1400'lerde Doğu Karadeniz'de ve Tokat bölgesinde oturan ve Hititlerin bir kolu olan Halibler ("*Khalyb*"), dünya madencilik tarihine demir ve çeliği keşfeden topluluk

olarak geçmiştir. Hititler ve Halibler'in kullandığı dil, Hint-Germen dil ailesinden olup hiyeroglif ve çivi yazısı şeklinde kayıtlıdır ve uluslararası iletişimde Akkad dilinde yazılmışlardır. Onların kılıç, mızrak ve ok gibi demirden yapılmış silahları söylencelere konu olmuştur. İÖ 1400'lerden İÖ 1200'lere dek "iyi demir" yapımının gizini sıkı bir biçimde saklamışlardır. "İyi demir", bir parça dökme demiri yumuşatma amacıyla 1200 °C dolayında odun kömürü ocağında ardışık işlemler halinde kızdırıp üzerindeki cürufu uzaklaştırmak üzere çekiçe döverek yapısını sıkılaştırmak suretiyle üretilmiştir. Bu ısıl işlemde dökme demir ve işlenmekte olan demir, sık sık yanan odun kömürünün karbon monoksit gazına maruz bırakılmakta, böylece karbonun demir malzeme yüzeyine yayınmasını (difüzyon) sağlamakta, sonuçta "çelik" diye adlandırılan bir demir-karbon alaşımı oluşmaktadır. Sonuç ürün, yüzeyinde % 0,5 gibi çok düşük oranda karbon bulunmasına karşılık, % 10 kalay içeren bakır tuncuna oranla çok daha serttir. Hititlerin Anadolu'da yaşayan büyük bölümü İÖ 1190 yılı dolayında, Ege Denizi ve Balkanlar üzerinden Anadolu'ya gelen ve önlerine çıkan her şeyi yakıp yıkan "Deniz Kavimleri Göçü" olayıyla ve "Deniz Halkları" adı verilen Avrupalı bir kavim tarafından tarih sahnesinden silinmiş, kalanlar ise Güney Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Kuzey Suriye'ye çekilerek İÖ 700'lere dek varlıklarını sürdürmüşlerdir.⁶

Hititler döneminde gümüş ve kurşun Toroslar'daki Bolkar Dağı'ndan, bakır Kıbrıs'tan geliyordu. Mezopotamya'nın Ugarit (günümüzde Ras-Şamra) kentinden deniz yoluyla Kilikya'daki Ura (Uzuncaburç / Silifke) limanına gelen mallar arasında kalay ve tunç da bulunuyordu. Orta Doğu'da kalayın en bol bulunduğu yer, Güney Mezopotamya'daki Elam ülkesi idi.

Tunç Çağı halkının kendi iyi kurulmuş teknolojilerini terk ederek niçin demir gibi yeni bir malzemeye geçiş yaptıkları sorusu yanıtlanmalıdır. Şurası kesindir ki demir cevherine, bakır ve kalaya göre daha sık rastlanır. Gerçekten yer kabuğunun

yüzde 5'i demirden ibaretken bakır ve kalayın yer kabuğundaki bolluğu, sırasıyla milyonda 50 ve milyonda 3'tür. Ayrıca demir cevheri yer kabuğunun yüzey kısmından kazanılabilmektedir ve yer alı madencilliğini gerektirmez. Ancak Akdeniz bölgesi halkları İÖ 2. binyılda demirin yüksek erime noktasına pratikçe erişememişlerdir. "Deniz Halkları"nın istilası ticaret yollarını kapayınca, kalay sevkiyatı durmuş, yeni tunç eşya gerektiğinde, eldeki mevcut tunç malzeme eritilerek yeni biçim haline dökümlenmiştir.⁶

Demir genellikle oksitli demir cevherlerinin kömür ile indirgenmesi yoluyla elde edilmektedir. Ancak eski çağlarda elde edilebilen en yüksek sıcaklıklarda bile demir eritilemediğinden, "soğuk demircilik" denen teknikle, ocakta tekrar tekrar ısıtılıp çekiçlemek suretiyle şekil verilerek ve yavaş yavaş tavlayarak sünger görünümlü sert bir malzeme (İng. "sponge iron": sünger demir) ya da kütük / demir kütük (İng. "bloom": blum) elde edilebiliyordu. Bu malzemenin üzerindeki cüruf ya da çapak kalıntısı çekiçle dövme sırasında malzemeden uzaklaşmakta ve sıkı yapılı bir demir kitlesi ele geçmektedir. Bu yolla neredeyse saf demir bile elde edilmektedir. Son ürün, günümüz metalürjistleri tarafından "dövme demir" (İng. "wrought iron") diye adlandırılmaktadır. Ancak saf demir, oldukça yumuşak olup gerçekte tunçtan bile yumuşaktır.⁶

İlk demirciler, demir cevherlerinin orta derecede düşükçe sıcaklıklarda demir haline dönüşmesinin avantajından yararlanmışlardır. Bunun sonucunda ele geçen malzeme, Eski İngilizce'den alınan ve "metal yumrusu" anlamına gelen bir sözcükten hareketle "bloom" (kütük / demir kütük / blum) diye adlandırılmıştır. Ancak cevher içinde bulunan metal-dışı maddeler, indirgendikten sonra kütüğün içinde hâlâ demirle karışık halde bulunmaktaydı. Böyle safsızlıklar, çekiçle dövülerek demir kütüğünden büyük oranda uzaklaştırılıyor, geriye demir malzeme kalıyor, dövme sırasında ona şekil de veriliyordu.

Ancak demir bu koşullarda hiçbir zaman erimediğinden, dövülerek verilen şekiller de basit düzeyde kalıyordu.²²

Demirin erimesi 1538 °C'de gerçekleştiğinden ve o zamanlar bu sıcaklığa erişilemediğinden demirciler demiri işleyebilecekleri kadar yumuşatmak için kömür ocağında tekrar tekrar kızdırıyorlardı. Böylece anlaşılması güç, ama aynı ölçüde de önemli bir şey ürettiyorlardı. Bunda demir çubuklar, odun kömürü ile doğrudan temas ettirilerek ısıtılıp tekrar tekrar çekiçlenmekte, bu sırada odun kömürünün karbon atomları metalin dış yüzeyinden iç kısımlara doğru yayılmakta (difüzyon), böylece kömürle yinelenen temas sonucu, demirin dış yüzeyi ince ve sert bir karbon tabakasıyla (sementit, demir karbür, Fe_3C) kaplanmaktaydı ("sementasyon" / "karbürizasyon" / "yüzey sertleştirme" işlemi). Demirle karbonun bu bileşiği (% 93,6 Fe + % 6,4 C), saf demirden daha sertti. Bu, çelikti. Tunç Çağı'ndan Demir Çağı'na geçişi, bu karbürizasyon tekniği sağlamıştır.

Çelik, içinde en çok ağırlıkça % 2,11 oranında karbon bulunan demir-karbon alaşımı olarak tanımlanmaktadır. Karbon oranı arttıkça sertlik artmaktadır. Karbon oranı dövme demirde en az, pik demirde en çoktur ve çelik, bu iki türün arasında yer alır. Yapıdaki karbon oranı çeşitli işlemlerle artırılıp azaltılabilmekte ve bu suretle bir türden ötekine geçilebilmektedir. Antik çelikte bu oran % 0,3-0,6 dolayında idi. Ancak 1774 yılında İsveçli metalürjist Sven Rinmann (1720-1792) pik demiri asit içinde çözdüğünde "grafite benzer bir kalıntı" keşfetti. Kimyacı Torbern Olof Bergman (1735-1784) ile Johan Gadolin (1760-1852), sonunda farklı demir ve çeliklerde farklı miktarlarda karbon bulunduğunu bildirdiler.²²

Çin demirci ustaları yüksek fırınlarda daha büyük ve daha güçlü, yatay işleyen çift-etkili körükler kullanıyor, körükler hayvan gücüyle ya da su çarkı yardımıyla ve kısmen de insan gücüyle çalıştırılıyordu.

Ortaçağ'da özel fırınlar geliştirilerek yüksek sıcaklıkta "dökme demir" (pik, font) (İng. "pig-iron" / "cast-iron", Fra. "fonte") elde edilebildi. Pik demir (İng. "pig-iron") adı, annelemini emen domuz yavrularına benzer şekilde demir dökümü yapılan dizili kalıplara benzerliğinden ad almıştır. Dökme demir daha sertti; ama çekiçlenerek şekil verilemediğinden daha kırılgandı. Bu nedenle dökme demir ek işlemi gerektiriyordu. Bu yeni işlem olasılıkla Çin'de 1000'lerde ortaya çıkmıştır ve demirin yüzeyindeki karbon aşırısının bir miktarının uzaklaştırılmasından ibarettir. Bu amaçla dökme demir, havanın varlığında 800-900 °C arasında ısıtılır. Havanın oksijeni karbonun bir kısmıyla birleşerek karbon monoksit gazı oluşturup yapıdan uzaklaşır. Akdeniz halkı da olasılıkla aynı dönemlerde benzer ürünü elde etmiştir. Çin teknolojisinin ana üstünlüğü, döküm işlemi sırasında ürünleri biçimlendirip seri üretim yapabilmeleri idi. Batı'da ise dökme demirin biçimlendirilmesi ve çeliğe dönüştürülmesi ayrı adımlar halinde ve çekiçle döverek gerçekleştiriliyordu.⁶ Çin'de demir metalürjisinde 11. yüzyılda odunkömüründen bitümlü kok kullanımına geçiş yapılmıştır. Avrupa'da odunkömüründen kömüre geçiş ise 17. yüzyılın ikinci yarısında olmuştur.

1000 yıllarında Hindistan, Ön Asya, Mezopotamya, Mısır gibi çeşitli ülkelerde metalbilimi tekniğini devrimleştiren bir yöntem uygulanıyordu. Yöntem, demirin odun kömürü ateşinde yinelemeli kızdırmayla sertleştirilebilmesi ve çekiçle dövülerek çelik haline dönüştürülebilmesi bilgisine dayanıyordu. Bu metalbilimsel yöntem 1784'te İngiltere'de kaynak çeliği elde etme yönteminin (İng. "puddling") yeniden keşfine dek kullanımda kalmıştır. Erimiş pik demirden, oksitleyici ortamda kaynak çeliği elde edilen bu son yöntem, 19. yüzyılda yine Çin'de geliştirilmiştir. Karbonca zengin demir erintisi uzun çubuklarla sürekli karıştırılmak suretiyle havayla teması sağlanarak oksijenin erintideki karbonla tepkime vermesi gerçekleştiriliyor ve çelik elde ediliyordu.⁶

Sümerlerin demir için kullandığı “gök metali” (“AN.BAR”) sözcüğü, onun meteorik kökenini işaret eder. Hititlerde benzer şekilde “göğün kara demiri” terimi geçmektedir. Yine demirin göksel kökeni, Yunanca demir için “sideros” (< “yıldız”) teriminde görülür. Kur’an-ı Kerim’in 57. sûresi olan “Hadid” (Demir) Sûresi’nde pek sert olan ve insanlara birçok yararı bulunan demirin var edildiği bildirilir. Romalı tarihçi Yaşlı Plinius (Gaius Plinius Secundus) (23-79) “*ferrum sericeum*” şeklinde “Çin demiri”nden söz ederken, Bizans döneminin 750 yılı dolayındaki bir metninde “*siderus indioss*” (Hint demiri) terimi yer almaktadır. İlk demir malzemeler, meteor demirinden dövme yoluyla üretilmiştir.²³

Ebu'l-Reyhan el-Bîrûnî (el-Beyrûnî; “Aliboron”) (973-1048), El-Siyuf adlı kitapçığında Hint kaynaklı kılıcı “*cevher-hindî*” (Hint desenli kılıç) diye adlandırır; ayrıca farklı oranlardaki dövme ve dökme demir karışımlarından hazırlanan ve “*firind*” adı verilen çelikten söz eder ki bu malzeme, üzerinde her iki bileşenin de çıplak gözle ayırt edilebileceği bir görünüme sahip olan Şam çeliğinden başka bir şey değildir.^{23, 24}

Eski çağlarda çelik yapımı iki kültürel alanla sınırlanmıştı: Hindu Hindistanı / Sri Lanka ve Orta Asya. Türk tarihinin ünlü kişiliklerinden Timur’un (“Timurlenk”) (yön. 1369-1405) adı Eski Türk dilinde “demir”, Cengiz Han’ın (yön. 1206-1227) özgün adı olan Temuçin ise “demirci” anlamına gelir. Hindistan’ın İÖ 1. binyıldan Ortaçağ’a dek üretilip sattığı “Hindistan çeliği”, daha sonra İslâm dünyasında “Şam çeliği” (“*dımışkî*”), İran’da “*pulâd*”, Rusya’da “*boulat*” adını almış ve İngilizler tarafından 18. yüzyılda Avrupa’da yeniden keşfedildiğinde ise İngilizler tarafından “*wootz steel*” (“*wootz çeliği* / döküm çelik) diye adlandırılmıştır ki “*wootz*”un anlamı “vaftiz edilmiş” demektir. “Hindistan çeliği”, çağının en iyi kılıç ve kamasının hammaddesi idi. Bunun eldesi için küçük parçalar halindeki dövme demir ya da sünger demir, bir miktar odun yongası ya

da bitkisel liflerle birlikte küçük bir kil pota içine konup üzeri kil malzeme ile hava geçirmez şekilde kapatılıyor ve eritme ocağında ısıtılıyordu. Bu sırada karbon, bitkisel malzemeden demir malzeme yüzeyine geçiyor ve sonuçta birbiçimli / birörnek / homojen yapıda demir-karbon çeliği ele geçiyordu. Akdeniz bölgesindeki ve Çin'deki benzer uygulamalarda ise işlenen parçanın bütününde birbiçimlilik gerçekleştirilemiyordu. Hintliler bu tekniği birkaç yüzyıl boyu sır olarak sakladılar ve 7. yüzyılda Suriyeliler Şam'da ve ardından Endülüslüler ise kılıç ürünleriyle ünlü Toledo'da kendi biçimlerini uyguladılar. Endülüs'te 10. yüzyılda zarif metal işleri yapan çok sayıda yetenekli sanatkâr vardı. Endülüs'lü Sahagün ailesinin yaptığı ve özel bir işaret taşıyan kılıçlar ünlüydü. Bunlar tunç ve pirinç üzerine hayvan figürleri resmeder ya da altın ve gümüşün zevkle işlendiği kaplar yaparlardı. Daha sonraki dönemlerin Şam kılıçları, demir ve çelik çubukların birleştirilip dövülerek birbirine kaynak yapılması yoluyla üretilmiştir. Oluşan malzemeye seyreltik asit uygulandığında çelikleşen kısımlar renklenme (meneviş, "damascening") ve parlaklık kazanıyordu.⁶

"Hindistan çeliği" ("Şam çeliği" / "wootz"), özgün olarak İÖ 300'lerde Güney Hindistan ve Sri Lanka'da geliştirilmiştir. Karmaşık yapılı bir çelik alaşımı olup içinde iz elementler de bulundurulur. Malzemenin katılaşması sırasında hızlı katılaşmada daha çok sayıda ve daha küçük dendritler oluşurken, katılaşma yavaşladıkça daha az sayıda ama daha büyük dendritler oluşmaktadır ve farklı üretim bölgelerine ait ürünlerdeki desen farklılıkları bundan kaynaklanmaktadır. Orta Asya ve Orta Doğu çeliğinde desenler daha iri ve görünür haldedir. Yakın geçmişteki araştırmalar, onun rastlantısal bir nanoteknoloji ürünü olduğuna işaret etmektedir. Şam kılıçlarının yüzeyinde çağdaş aygıtlarla yapılan X-ışını- ve elektron-mikroskopisi incelemelerinde, yüzeyde sementit nano-telciklerin ve karbon-nanoborucukların varlığı saptanmış olup bu yapılar, onun niteliklerini benzersiz kılmaktadır. Erken İslâm döneminde (800-900'ler)

pota çeliği, günümüzde Türkmenistan'a ait olan Merv kentinde ve Afganistan'a ait Fergana vadisinde üretiliyordu. Tarihçi Will Durant'a (1885-1981) göre bu teknoloji, Hindistan'dan İranlılara, Araplara ve Orta Doğu'ya yayılmıştır. 16. yüzyılda ise Hollandalılar bu teknolojiyi, bölgedeki sömürge yönetimi sırasında Güney Hindistan'dan Avrupa'ya taşımışlardır. Sri Lanka'da demir fırınları Muson rüzgârları yardımıyla çalıştırıyor, bir tepenin yamacına kurulan fırının altından giren hava, tepedeki delikten çıkıyor, böylece daha yüksek sıcaklıklara ve daha kaliteli bir ürüne ulaşıyordu.

Olasılıkla İÖ 1000 yılı dolayında karbonlu demirin niteliğini daha da iyileştirecek iki keşif yapılmıştır. Bunlardan biri, ilginç bir biçimde Homeros'un *Odysseia*'sında da geçen "ürkütme" (İng. "quenching") işlemi olup kızıl hale getirilmiş çelikleşen (karbonlu) demiri soğuk su ya da sıvı yağ içine sokarak hızlıca soğutmaktan ibaretti. Bu işleme, "çeliğe su verme" dendi. Bu işlem, malzemeyi o denli sertleştiriyordu ki kimi zaman malzemeyi kolayca kırılır hale de getiriyordu. Sonuçta, ürkütülmüş kılıç, gereç ve eşyalar, kullanım sırasında kırılabilirdi. Diğer keşif ise İÖ 1. binyılın sonunda, daha önce ürkütülmüş olan çeliği, 600 °C dolayında kısa süreli yeniden ısıtma sırasında ortaya çıkmıştır. Günümüzde "tav verme / tavlama" (İng. "tempering") adı verilen bu işlem, malzemenin sünekliğini bir ölçüde iyileştirmekte ve sertlikteki bir miktar kayıp pahasına kırılmalık özelliğini azaltmaktadır.⁶

Demirin özelliklerinin karbon içeriğine bağlı olduğu, Eskiçağ'da bilinmiyordu ve demirin sertleştirilmesi tümüyle rastlantısal bir buluştur. Demircilik uğraşında idrar ya da kanla (her şeyden önce de erkek hayvanın idrarı ve kanıyla!) soğutmanın sertleşme üzerinde etkili olduğu rastlantıyla bulunmuştur (buradaki sertleşmenin nedeni, idrardaki azot ve kandaki karbon içeriğidir). Ortaçağ'da ve bir 16. yüzyıl metalürji kitabında çeliğe tav vermede kullanılacak karışımın reçetesi şöyle betimlenmiştir: "Saydam görünümlü bal, bir tekenin taze idrarı,

şap, boraks, zeytinyağı ve tuz al; birlikte iyice karıştırarak birbirine yedir". Bu karışımdaki idrar, içeriğindeki ürenin azot bileşeni aracılığıyla sertlik sağlayıcı olarak etki etmektedir.⁶

Ortaçağ'da Germenlerin söylencesel silah yapım ustası Wiedland'ı konu edinen söylence, onun yaptığı kılıçların hem dayanıklılıkta hem de keskinlikte aşılmaz olduğu anlatılır. Onun gizli reçetesi, ocakta işlenmiş demirin iri toz haline getirilip tavuklara yedirilmesi, daha sonra onların dışkılarındaki demirin bir mıknatıs yardımıyla ayrılması şeklinde idi. 1930'larda bu sıra dışı reçeteyi sınavan bir Alman metalürjist, tavukların kendi sindirim sistemleri içinde demirdeki karbon içeriğini azaltıp azot içeriğini artırdığını ve böylece çeliğin daha güçlü olmasını sağladığını saptamıştır.⁶

Günümüzde bildiğimiz üzere demirci ocağındaki odun kömüründen gelen karbon, demirle karışarak, erime noktası 1130 °C dolayında olan bir demir alaşımı verir. Bu sıcaklığa, ancak odun kömürü kızılık derecesine yakıldığında erişilebilir. Kızgın sıvı haldeki bu demir alaşımının bir kalıp içine dökümü yapılırsa, soğuduğunda sert, kararlı ama kırılgan bir yapıdaki dökme demir elde edilir. Dökme demir, demirin karbonla verdiği çok sayıdaki alaşımdan biridir ve içinde düşük oranda silisyum, mangan ve diğer elementler de bulundurulur. Çelik de bir demir-karbon alaşımıdır, ama bunda karbon, demirle bir kimyasal birleşmeye uğramıştır. Dökme demirde ince tabakalar ya da pulcuklar halinde olmak üzere çeliktenden daha fazla karbon bulunur.²² Dökme demir sert ve kırılgan olup dövülerek biçimlendirilemez, ancak bir kalıba dökülerek biçim verilebilir. Dökme demire döverek işlemeye uygun bir nitelik ve kırılgan olmayan bir sertlik kazandırabilmek için, içindeki karbon oranının azaltılması (dekarbürizasyon) gerekir. % 0,15'ten daha az karbon içeren demire "yumuşak çelik" ya da "dövme demir", % 0,15-0,30 arasında karbon içeren demire "orta çelik", % 0,30'dan daha fazla karbon içeren demire de

“sert çelik” adı verilir. Çeliğin içine krom, nikel, mangan ve molibden gibi metallerin katılması sonucunda ise “alaşımli çelikler” elde edilir.⁸ Çin’de Han Hanedanlığı döneminde (İÖ 207-İS 220) Çinli metalürjistler dövme demirle dökme demiri birbiriyle karıştırıp eriterek orta derecede karbon içeren bir alaşım olarak çelik elde etmişlerdir.

Çinliler demir döküm işlemini İsa’dan 300 yıl kadar önce keşfetmiş ve Çinlilerin bu büyük başarısı, Ortaçağ Avrupa’sında ancak 1500 yıl sonra yinelenebilmiştir. Çin’de Han Hanedanlığı döneminde yapılan büyük demir madeni ocağı, 200 yıl kadar önce Sanayi Devrimi İngiltere’sinde gerçekleştirilebilen boyutlarda idi.

Tarihsel gelişim içinde Avrupa (Batı) dövme demiri, Çin (Doğu) ise dökme demiri seçmiştir. Demiri eritecek düzeyde yüksek sıcaklıklara erişebilmelerinin nedeni, Çinlilerin daha gelişmiş körüklere sahip olmaları olabilir. Ocağa ne kadar güçlü hava basılırsa, sıcaklık da aynı ölçüde yükselir. Çinlilerin sistemi çift etkiliydi; hem basarken hem de emerken ocağa hava basıyordu.¹

Demirin kullanıma girmesinden önce her yerde odun ve taş kullanılıyordu. Ancak odun ve taşta çeşitli sorunlar vardı. Odun yanabilir bir madde idi ve taşta demire oranla nispeten zayıf kalıyordu. Taş ise ağır ve sert olup kolayca şekillendirilemiyordu. Bu nedenle demirin eritilme süreci, Ortaçağ’ın büyük ve gerekli bir olayı olmuştur. Demir Eskiçağ’dan beri bilinmekteyse de onun eritilmesi yaklaşık 1500 °C dolayında sıcaklık gerektiriyordu ve Erken Ortaçağ fırınlarında bu sıcaklığa erişilemiyordu. Fırınların bu sıcaklığa erişir hale gelmesine dek dövme demir üretilmiştir. Bu amaçla demir cevheri yıkıyor, kavruluyor ve küçük parçalara ayrıldıktan sonra bir indirgeme fırınının içine konuyordu. Bu fırına çok az oksijen sevk ediliyor, bu sırada yanan kömürden oluşan karbon monoksit, cevherdeki metale bağlı oksijeni çekip alarak kendisi

karbon dioksit'e dönüşürken onu metal haline getiriyordu. Sonuçta hemen hemen saf demirden ibaret gözenekli bir kitle veriyordu. Bu kitle fırından çıkarılıyor ve bir örs üzerinde dövülüyordu. Bu ürün, istenen şekle kolayca getirilebilecek olan dövme demirdi.²⁵

Homeros, İÖ 8. / 7. yüzyılda çeliğin kızdırılarak soğuk suya sokulması yoluyla "çeliğe su verilmesi" işleminden söz etmiştir. Makedonya İmparatoru Büyük İskender'in (İÖ 356-323) ordusu İÖ 327 yılında Hindistan'ı fethi sırasında çelik kılıçlar kullanmıştır. Bu kılıçların yaklaşık 750 °C'ta tavlama ve ocakta kızdırıp dövme işlemini sürekli tekrarlama suretiyle ve malzeme yüksek sertlik ve esnekliğe ulaşacak şekilde yapıldığı, karbon içeriğinin % 1,2-1,8 olduğu ve "su verilmediği" saptanmıştır.²⁶

"Hallstatt kültürü" ya da "Hallstatt dönemi" adı verilen ve İÖ 750-İÖ 450 arasında kapsayan Erken Demir Çağı Avusturya'sındaki Kelt kültürünün merkezi olan Hallstatt ("Tuz Kenti") kenti, İÖ 900'lerde Avrupa'nın en önemli tuz merkezlerinden biri idi ve buranın adı da tuz ile ilgilidir (Yun. "hals" / Lat. "hal": tuz). Bu bağlamda Avusturya ve Almanya'nın "Hallein", "Halle" ve "Schwäbisch-Hall" gibi kentleri de adlarını, eskiden bulundurdıkları tuz yataklarından hareketle almışlardır. Diğer Hint-Avrupa halkları gibi Kafkas kökenli oldukları söylenen Keltler'in Avrupa'daki ilk vatanları şimdiki Avusturya, Macaristan ve Bavyera olup buralarda demir madenciliğinin yanı sıra tuz madenciliği yaptıklarından, Romalılar onlara, "hal" (tuz) sözcüğünden bozma "Galli / Galyalı" adını vermişlerdi. İnce tunç dökümcüsü, usta demir madencisi ve demirci bir halk olan Keltler, Batı Avrupa'nın büyük bölümüne demiri, zincir zırhı, ünlü Kelt kılıcını ve araba tekerlekleri için yekpare demir kenarlığı armağan etmişlerdir. Ticarî faaliyetlerinde tuz, altın, kalay, post, köle karşılığında Yunan çömleği, şarap ve süs eşyası satın almışlardır. Keltler daha sonra Belçika ve Britanya adalarına, Fransa'da Galya'ya, Orta Almanya'ya ve

Kuzey İspanya'ya yayılarak Seine (Sen), Rhein (Ren) ve Donau (Tuna) ırmak vadilerine yerleşmiş, İÖ 390'da Roma'yı istilâ edip yağmalamış, İÖ 3. yüzyıl başında Avusturya ve Macaristan üzerinden Balkan yarımadasına (Makedonya ve Yunanistan'a) ilerlemiş ve Keltlerin bir kolu olan Galatlar, İÖ 279'da Orta Anadolu'ya yerleşerek Galatya ülkesini kurmuşlar ve buradan Anadolu kıyılarına seferler düzenlemişlerdir. Yukarı Avusturya'daki Hallstatt dönemi Erken Demir Çağı'nın demir üretim tekniği, Kuzey İtalya'da yaşayan Etrüskler tarafından Keltlere aktarılmıştır ve burada daha önceden bilinen tunç araç-gereç ve silah yapımını fazla etkilememiştir. Kelt seçkinleri başta demir olmak üzere metal işleme sanatını geliştirdiler ve bununla bağlantılı olarak İsviçre'deki Neuenburger Gölü yakınındaki bir sığlık yerden adını alan ve İÖ 450 ile İÖ 1. yüzyıl arası dönemi kapsayan "La-Tène kültürü" ya da "La-Tène dönemi", eritme ocaklarında demirin eritilip işlenmesi yoluyla, demire tunç karşısında kesin zaferi getirdi. Bu eritme işleminin ürünü olan külçe (İng. "ingot"), cüruf büyük oranda uzaklaşana dek çekiçe dövülerek biçimlendiriliyordu.^{27, 28, 29}

Yüksek fırınlar 30 metreye varan yüksekliktedir ve gerekli yüksek sıcaklıklara erişmek için fırının tabanına yakın yerden ön-ısıtılmış hava, memecikler aracılığıyla fırına hızlıca üflenir. Yakıt olarak taşkömürünün koklaştırılmasıyla üretilen kok kömürü kullanılır, akışkanlaştırıcı olarak da içine kireçtaşı katılır. Bir yüksek fırından günde 4000 tondan fazla pik demir üretilir. En önemli demir cevherleri oksitler [hematit (Fe_2O_3), manyetit ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)], hidroksitler [limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)] ve karbonatlardır [siderit (FeCO_3)]. Başka bir demir cevheri pirittir (FeS_2) ve altını anımsatan sarı renginden ötürü "enayi altını" olarak da adlandırılır. Manyetik pirit ("pyrrhotite") ise farklı bir cevher olup FeS bileşimlidir. Bir zamanlar pusula yapımında kullanılan manyetit (mıknatıstaşı, $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_3\text{O}_4$) için İngilizler yaklaşık 1500 yılında "yol gösteren taş" anlamına "lodestone" adını kullanmışlardır (< İng. "lode": yol göstermek,

rehberlik etmek). Elias Lönnrot (1802-1884) tarafından derlenen Fin ulusal destanı *Kalevala* (Kahramanlar Ülkesi) da mitolojik açıdan demiri konu edinir.⁶

ESKİÇAĞ'DA METAL BİLGİSİ VE ODUN KÖMÜRÜNÜN ROLÜ

Eskiçağ'da bilinen yedi metal ve özellikleri şöyleydi (ÇİZELGE 2):³⁰

ÇİZELGE 2: Eskiçağ'ın yedi metali ile bunlarla eşleştirilen gezegenler ve çeşitli özellikler

Metal	Gezegen	Renk	Eşleştirildiği organ
Altın	Güneş	Altın sarısı	Sol el
Gümüş	Ay	Mavi (ya da beyaz)	Sol ayak
Demir	Mars	Kırmızı	Sağ el
Civa	Merkür	Beyaz	Deri
Kalay	Jüpiter	Gri (ya da beyaz)	Yan taraf
Bakır	Venüs	Yeşil (ya da kırmızı)	Gövde
Kurşun	Satürn	Siyah	Sağ ayak

Altın doğada saf olarak bulunabildiği gibi az miktarda gümüş, bakır ve demir de içerebiliyordu. Altın arıtımı için altın cevheri değirmenlerde öğütülüp suyla yıkanıyor ve orta saflıkta toz altın elde ediliyordu. Daha sonra içine belirli oranlarda kurşun, tuz, kalay ve arpa kepeği konuyor ve karışım kil potalarda beş gün boyunca ısıtılıyordu. Bu yöntem, altın arıtımının bilinen en eski yöntemi idi.

Altından gümüşün uzaklaştırılması, malzemeyi sıcak sirke içine daldırarak yapılabiliriyorsa da altın-gümüş alaşımını ayrıştırma ve saflaştırmada genel olarak kullanılan yöntem, alaşımın eritilerek suya dökülmesi ve elde edilen belirli büyüklükteki tanelerin (granül) ortamdaki aşırı tuz (NaCl) çözeltisi ile işleme girmesi sonucu gümüşün gümüş klorür (AgCl) haline dönüştürülerek uzaklaştırılmasına dayanır.⁸

Adi tuz, Eskiçağ'dan 13. yüzyıla dek altın ile gümüşün ayrılmasında rol oynamış, 13. yüzyılda mineral asitlerin kullanıma girmesi bu ayırma işlemini kolaylaştırmıştır. İÖ 2000 yılı dolayında Eski Mısır altınının büyük oranda sağlandığı bölge olan Nübye'de köleler ve savaş tutsakları büyük bir altın madeninde çalıştırılıyordu. Ham altın, çömlek içinde adi tuz, kurşun ve arpa kepeği ile birlikte eritiliyor, içindeki gümüş diğer safsızlıklarla birlikte sıvı cürufa geçiyor ve bu sıvı evre, tava şeklindeki çömleğin kenarlarından akıtılarak dışarı alınıyordu ("sementasyon yöntemi"). Romalılar ise altını büyük oranda İspanya eyaletinden sağlıyordu. Buradaki açık madende çalışan yaklaşık 60 bin köle, yılda 7 ton altın üretiyordu. Altının içindeki gümüş katışığını uzaklaştırarak altın artırılmak istendiğinde 1 kısım ham altın, 2 kısım tuğla tozu ve 1 kısım adi tuz, kızıl kor haline ısıtılır. 36 saat süre sonunda gümüşün büyük bölümü, katkı maddeleri ile bir tür "çimento" oluşturur ve kolayca ortamdan uzaklaştırılır. Sonuçta yaklaşık % 85-90 safılıkta altın ele geçer. Günümüz çağdaş biliminin açıklamasına göre burada, yaklaşık 900 °C'de metalik gümüş, sodyum klorür erintisi içinde çözünerek gümüş iyonları haline geçer. Bu yükseltgenme tepkimesi, hava oksijeninin etkisiyle gerçekleşir. Sonunda, 450 °C'nin üzerinde sıvı halde bulunan gümüş klorür oluşur. Altın'ın erime noktası 1083 °C ile yüksek olduğundan, olduğu gibi kalır ve böylece gümüşten kolaylıkla arındırılmış olur.³¹

Genellikle % 20-35 oranında gümüş içeren altın alaşımına "asem" / "electrum" / "elektron" deniyor ve çok değer veriliyordu. Mısırlılar elektronu gümüşe yegliyorlardı; çünkü "electrum" malzeme çok iyi parlatılıyor ve donuklaşmıyordu. "Electrum" malzeme erik suyu sirkesine daldırıldığında yüzey gümüşünün bir kısmı çözünerek uzaklaşıyor ve sarıca zengin bir renk elde ediliyordu.

İlk kullanılan metal olan ve dövülerek kolayca biçimlendirilebilen altından sonra kullanılan ikinci metal, bakır idi. Belli

başlı bakır cevherleri yeşil renkli malahit, mavi renkli azurit [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ya da $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$], kalkopirit (CuFeS_2), krizokola (hidratlaşmış bakır silikat, $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve bakır sülfürdü. Bakır vitriyol (bakır sülfat) ve bakır pası gibi bakır tuzları tıpta da kullanılıyordu.²¹

Eskiçağ ve Ortaçağ madencileri kayaları ateşle parçalarlardı. Kayaların önüne çok miktarda odun yığarlardı, bunları tutuşturarak kayayı kızdırırlardı, sonra da kızgın taşlara soğuk su döktüğünde kayalar parçalanırdı.

Altın ve kısmen de bakırın dışındaki metaller doğada serbest halde bulunmazlar. Bu nedenle cevherden metalin çıkarılıp elde edilmesi uzun bir deneyimi gerektirmiştir. Arıtılması en kolay bakır cevheri olan yeşil bakırtaşının (malahit) Eski Mısırda göz boyası olarak yaygın kullanımı bir rastlantı değildir.

Cevherden metal elde etme işlemi İran ve Afganistan'da İÖ 5000'lerde başlamıştır. Şair Firdevsî'nin (asıl adı Ebu'l-Kasım Mansur) (932-1020) *Şehnâme* (Şahlar Kitabı) (~1000) adlı ünlü destanında geçtiği üzere, İran söylencesinde zalim hükümdar Dahhâk (Dahhâk-i Mârî), omuzlarında çıkan yılan ya da ejderhalara her gün bir genç erkek çocuk beyni sunulmasını emreder. Sıra "Demirci Kava"nın (Kâve / Gâve) son oğlunun kurban edilmesine gelir. Daha önce işinden başka bir şey düşünmeyen Kava, deri önlüğünü bir mızrağın ucuna asıp çekicini eline alarak zalim hükümdara karşı isyan bayrağını açar. Sonunda Dahhâk'ı alt eden Cemşid o gün tahta çıkar. O çağlarda olasılıkla Sümerler, yemek pişirmek için yakutları odun kömürü ateşinin etrafına ocak taşı olarak malahit denen yeşil bakırtaşlarından dizmişler ve indirgen kömür ateşi atmosferinde, bu taşın erime sıcaklığının da düşük olması sonucu olarak kolayca kırmızı renkte erimiş bakır metalinin akmaya başladığı görülmüştür. Bu insanlar cevher yüzeyinde kimi zaman yumru biçiminde doğal ham bakır da bulduklarından, malahitten oluşan bu metalin bakır olduğunu kolayca saptamışlardır.

Altın ve gümüş dışında özellikle gündelik kullanıma yönelik eşya yapımında ek olarak kullanılan metalin bakır olduğu sanılmaktadır. Bakır doğada az miktarda kolayca element halinde bulunabildiği gibi malahit ve benzeri bakır minerallerinin odun ateşine tutulmasıyla element haline indirgenebilir. Metallerin ve bu arada bakırın gerçek üstünlüğü, dökümünün yapılabilmesi ve böylece istenilen biçimin verilebilmesidir. Dökümü yapılan malzeme dövülerek biçimlendirilebilir; kırıldığında ya da aşındığında yeniden eritilip biçimlendirilebilir. Hammaddé kıtlığı durumlarında da kullanılmayan malzemeler yeniden eritilip dökümlenmiş, bu arada tarihsel ve sanatsal kim nesneler kadere kurban giderek bir bakıma tarihin ayak izleri silinmiştir. Döküm kalıpları kum ya da kilden yapılabilir. Sümerler tarafından İÖ 3000 dolaylarında Mezopotamya'da geliştirilen ve Fransızca'da "*cire perdue*" (kaybolan mum tekniği) adı verilen balmumu döküm yöntemine göre, dökümü yapılacak eşyanın modeli önce balmumu ya da benzeri bir malzemedan yapılır ve sonra bunun üzeri kil ile kaplanır. Daha sonra kalıp, ateşte pişirilerek çömlek oluşturulur. Bu sırada kil malzeme sertleşirken kalıptaki bir delikten, eriyen mum dışarı akar. Oluşan boşluğa metal dökümü yapılır ve soğuduktan sonra kil kalıp kırılarak dökümü yapılan parça ele geçer. Malzeme daha sonra eğelenerek çapaklarından temizlenip parlatılır. Mezopotamyalı süsleme sanatçıları İÖ 2000'lerde elle çalıştırılan körüklerin denetlediği ateş fırınlarında bu tekniği uyguluyorlardı.

Kaybolan mum ya da balmumu tekniği, kolay bir işlem olmayıp yetenek gerektiriyordu. Kolomb-öncesi Meksika'nın Aztek kuyumcuları, bu tekniği daha çok emek-yoğun mücevher üretiminde kullanıyordu. Bu ürünlerden birkaç örnek, İspanyol fatihlerin yağmaladığı eserler arasında yer almaktadır. Bunlardan sayısız ustalık eserleri ise İspanya hazinesini zenginleştirmek için eritilerek külçe altın haline getirilmiştir. Bunları üretmede kullanılan yöntemlerin kayıtları, Aztek Mek-

sika'sını 60 yıl boyunca yoğun bir biçimde araştıran misyoner rahip Bernardino de Sahagún'un (1499-1590) *Historia general de las cosas de Nueva España* [bilinen adıyla *Codex Florentine* (Floransa Kodeksi) (20 cilt; 1558-1577)] adlı eserinde yer almaktadır. Afrika'da Nijerya'nın Benin kentindeki pirinç dökümcüler de "kaybolan mum" tekniğini kullanmışlardır.

20. yüzyıla gelirken çağdaş sanayi, "kaybolan mum" tekniğini büyük oranda unutmuştu. Diş hekimleri altın kron ve dolgu yapımında bu tekniği yeniden keşfettiler. Bu sürecin gerçekten önem kazanması, Chicago'lu diş hekimi William H. Taggart'ın 1907 tarihli yayınına dek gerçekleşmemiştir.

İlk başarılı katı kalıp teknolojisi, "mercast" (< "mercury casting": civa döküm) tekniği olup bunda kalıp malzemesi olarak katılaştırılmış civa kullanılır. Civa kalıp çok ağır ama aşırı ölçüde de doğru ve kusursuz sonuç verir. Tüm kalıp üretim süreçleri içinde en zor olan süreç budur ve civanın erime-donma sıcaklığı olan eksi 39 °C'nin altındaki soğuk ortamlarda çalışılır. "Civa döküm" yöntemi, yüksek maliyeti ve sağlığa zararlı toksik bir element olduğu için günümüzde artık kullanılmamaktadır.

Kum kalıba metal dökümünde, teknik açıdan birbirine iyi bağlanabilen özel kum taneciklerinden yapılanmış kalıpların kullanılması pek çok kolaylık sağlamıştır. Kum kalıp, içine döküm yapılacak metalin erime sıcaklığından daha yüksekine kadar dayanıklıdır ve döküm sırasında oluşan gazlar, kalıbın geçirgen yapısından ötürü, kalıbı parçalamaksızın kolayca dışarı sızabilir.³²

Demirin eritilmesi işlemi İÖ 1600-1200'lerde Anadolu'da Hititlerce gerçekleştirilmiş, bu teknik İsa'dan önceki 1000 yıllık dönemde buradan yavaşça Çin'e, İngiltere'ye ve Nijerya'ya doğru yayılmıştır. Metal işleyen kültürlerin bu gelişmeyi saf bakırdan başlayıp zaman içinde arsenikli bakır, kalay, tunç ve demir şeklindeki metaller sırasında izledikleri anlaşılmıştır.

Demir yaygın olarak İÖ 1500 yıllarında Hititlerce kullanılmıştır. Çelik yapımı ancak çok sonraları başarılmış ve İS 800'lerde Japon kılıcının yapımında çelik yapma tekniği doruk noktasına ulaşmıştır. O zamanlar bilimsel temelli kavramlar ve simgeler henüz geliştirilmemiş olduğundan, yürütülen çok sayıdaki işlemin sırasını unutmamak için, kılıç yapımı belirli bir protokol ve törensel işlem dizisiyle gerçekleştiriliyordu. Hititler dövme demiri, toz halindeki odun kömürü ateşinde yenden uzun süreli bir ısıtma işlemine uğrattırıyor, bu sırada karbon atomları demir kristallerinin arasına giriyor ve sonuçta çok sert yapılı "çelik" benzeri bir malzeme elde ediyorlardı.

Altın, az bulunur bir metal olduğu için değerlidir. Ama eski simyacılar göre altın, çürümediği (paslanmadığı) için değerliydi. Simyacılar göre altın, insan bedenindeki tek ölümsüz parıltıyı simgeliyordu. O çağlarda yaşlılığa karşı önlem arayan her ilacın bileşiminde altın vardı. Simyacılar ülke büyüklerine, ömrü uzatmak için altın tasta içki içmelerini öğütüyorlardı.

İnsanoğlu daha sonraları bakır ve kalaydan oluşan bir alaşım olan tuncu geliştirmiştir. Her iki bileşenine göre çok daha sert olan tunçtan, her türlü araç ve silahları yapmaya başlamışlardır.

"Mezopotamya" sözcüğü, Yunanca "mesos" (orta, ara) ile "potomos" (nehir) sözcüklerinin birleşmesinden "iki nehir arası bölge" anlamına gelir ve Dicle ile Fırat nehirleri arasında kalan bölgeyi niteler. Tunç alaşımına Mezopotamya'da İÖ 3500-3000'lerde, Mısır'da ise İÖ 2500'lerde rastlanmıştır. Mısır'da Sina yarımadasında temel bakır minerali olan malakit yatakları vardı ve olasılıkla odun ya da odun kömürü ile indirgenerek metalik bakır elde ediliyordu. Yapılan araştırmalarda, bakır oksit cevherini eritmek için kullanılması gereken odun kömürü miktarının, cevherin yaklaşık 20-40 katı ağırlıkta olduğu saptanmıştır. Yakacak odundan odun kömürü elde etme oranı ise yaklaşık % 20'dir.

İS 14. yüzyıla dek eski dönemlerde demir, elle körüklenen küçük bir kil fırında odun kömürünün sağladığı düşük sıcaklık indirgeme süreci ile dövme demir olarak elde edilmekteydi. Ama fırına yeteri derecede ısı verilemediğinden dökme demir elde edilemiyordu. Dökme demir ilkin, İÖ 2. yüzyılda Çin'de gerçekleştirilmiştir. Daha önceleri döküm işlemi yalnızca tunç için geçerli olabilmekteydi.

Sümerler eritme fırınına “*udun*” adını vermişlerdi. Bu terim Babillilere “*utunu*”, Araplara “*tannur*” / “*tennur*” diye geçmiştir. Bunun başına “*al-*” harf-i tarifinin (tanımlık, artikel) getirilmesiyle Ortaçağ Latin dünyasında, daha sonraki simyacılarca kullanılacak olan standart bir fırın tipi için “*al-tannur*” → “*athanor*” terimi ortaya çıkmıştır.

Eskiçağ insanları gereç yapımında taş, boynuz ya da kemik kullanıyorlardı. İlk kullanılan metalin altın olduğu, doğal metalik halde kimi ırmak kumlarının arasında bulunduğu, rengi ve parlaklığı ile dikkat çektiği bilinmektedir. İlk altının, işlenmemiş küçük kitleler halinde alüvyonlu birikintilerin yıkanmasıyla elde edildiği sanılmaktadır. Bunun böyle olduğu, Eski Mısır mezar resimlerinden anlaşılmaktadır. Altından sonra ikinci sırada bakır gelmektedir.

Metal işleme sanatının ilk uygulamalarının İÖ 3400'lerde Mısır'da (Birinci Hanedan Dönemi'nde) ve Mezopotamya'da (bugünkü Irak'ta) ve çok sonraları da Akdeniz'deki Girit adasında olduğu görülmektedir.

Mezopotamya'nın eski uygarlığı olan Sümerler altın, gümüş ve bakır işlemeciliğinde uzmanlığa erişmişlerdi. Ur ve Kalde gibi eski Sümer kentlerindeki kazılarda buna ilişkin yapıtlar bulunmuştur. Bu bakırın Kıbrıs'tan getirtildiği sanılmaktadır. Minos uygarlığını izleyen Miken uygarlığından (İÖ 1500-1200) ise altın ve bakırdan mavi sırlı eşyalar bulunmuştur.

Akdeniz'in doğu yakasında İÖ 2000'lerde maden ticareti, Suriye kıyısında bulunan Sur ve Sayda limanlarında gelişmiş-

tir. Bakır ve öteki madenler Kıbrıs ve Anadolu'da çıkarılıyor ve Mısır, Girit ve Mezopotamya'daki maden işçilerine gönderiliyordu. İÖ 2600'lerde Mısır'da ve İÖ 2500'lerde Kıbrıs'ta bakır madenciliğine ilişkin kesin kanıtlar vardır.

Mısır ve Mezopotamya tunçları kimi zaman kalay yerine kurşundan ya da eski Çin tuncunda olduğu gibi kalay yerine antimondan yapılmaktaydı. İÖ 2450 yıllarına tarihlenen bir Sümer vazosunun hemen hemen saf antimondan yapıldığı anlaşılmıştır. Kutsal metinlerde antimon, göz boyası olarak geçer. Antimon için kullanılan terimler İbranice'de "*kohl*", Arapça'da "*al-kuhl*" olup diğer dillere "*alcool*" / "*alkohol*" biçimlerinde de geçmiştir. Ortaçağ'da bu terim çok ince toz halindeki herhangi bir maddeyi nitelemede kullanılmış olup daha sonraları "şarap ruhu" anlamını kazanmıştır. Bu metalden Yaşlı Plinius (23-79) "*stibium*" diye söz ederken 13./14. yüzyıl simyacısı "Sözde-Geber" (Tarentum'lu Paulus) "*antimonium*" terimini kullanmıştır. Ancak her iki terim de 18. yüzyıl sonlarına dek özelde antimon sülfür (rastıktaşı, sürmetaşı) için kullanılmışlardır.

Eski Mısır uygarlığında kullanılan ilk demir eşyalar, nikel içeriğine bakılarak olasılıkla göktaşı kaynaklıdır. Keops piramidinin yapımında (İÖ 2900) nikel içermeyen demir gereçler kullanılmıştır. Hititler ise demir silah ve gereç yapımında ustalığa erişmişlerdi. İÖ 1250 yıllarına tarihlenen ve bir Mısır kralından Hitit kralına, Mısır'a demir yollanmasına ilişkin bir mektup ve bu mektuba verilen yanıt bulunmuştur. Yanıtta demire karşılık çelik kama ve altının değiş-tokuşu önerilmektedir. İÖ 1400'lerde Asurluların demiri silah ve gereç yapımında çok miktarda kullandıkları bilinmektedir. Mezopotamya'nın Ur kentindeki arkeolojik kazılarda İÖ 3100 yıllarına tarihlenen meteorik demirden yapılmış altın saplı bir kılıç bulunmuştur; ayrıca Tutankamon'un mezarından İÖ 1350'lere tarihlenen demir kama bulunmuştur.

Demirin bilinmesi tunç kadar eskidir ama uzun süre demirin tek kaynağı göktaşları olmuştur. Mekke'deki "Hacerü'l-Esved" taşının da bir göktaşı olduğu ve kutsallığının da bu anlamda gökten gelmesinden kaynaklandığı söylenmektedir.

Demir cevherinin eritilmesindeki belirleyici adım, İÖ 1400'lerde Kafkasya'da yaşayan söylencesel demirci halk tarafından atıldı. Bunlar Hitit krallarının buyruğu altında, Kafkasların yaylalarında çok eskiden kalma maden ocakları ve dövümhanelerin bulunduğu bölgelerde çalışıyorlardı. Bu halk, zengin bakır oluşumlarının yanı sıra geniş demir yataklarını (hematit) işletiyor ve dağlık ormanlardan elde ettikleri odunla bunları eritiyordu. Olasılıkla aynı zamanda demirin yüzeyden sertleşerek çeliklenmesini de onlar buldular.

Eski Yunan yazarlar arasında Aristoteles (Aristo) (İÖ 384-322), Eresos'lu Theophrastos (İÖ 372-287), Diodoros Siculus (Sicilyalı Diodoros) (İÖ 80-29) ve Pedanios Dioskorides (~20-79) minerallerden, onların oluşumlarından, doğal ve tıbbi kullanımlarından söz etmişlerdir. Roma literatüründe ise Yaşlı Plinius (23-79) *Naturalis historia* (Doğa Araştırmaları) (77) adlı ansiklopedik eserinde altın, pirinç ve lehim alaşımları ile diğer metalürjik ürünler konusunda kimi belirgin bilgiler vermişse de onun betimleri her zaman yorum gerektirmiştir.

Yunan filozofu Platon (İÖ 427-348) tarafından sözü edilen "*orekhalkon*" / "*orichalcum*" adlı metalin, pirinç (bakır-çinko alaşımı) olduğu sanılmaktadır. Söylenceye göre Atlantis anakarasında "parlaklığı ateşe benzeyen" bu maden işleniyordu ve bu alaşımın ilk olarak İÖ 2500'lerde kullanılmaya başlandığı kestirilmektedir. Filistin'de İÖ 1200'lere tarihlenen pirinç örnekler bulunmuştur. Roma çağında İS 25'lerde pirinç paralar kullanılmaktaydı. Romalı yazarlar "*orichalcum*"dan yapılmış sikkelerin altın sikkelerden ayırt edilemediğinden söz etmişlerdir. Amasya'lı coğrafyacı Strabon (İÖ 64-İS 21), yazılarında, Hristiyanlık çağının başlarındaki metalik çinko üretimini be-

timlemiş ve Kıbrıs'ta, gelişmiş bir pirinç sanayisinin varlığında söz etmiştir. Romalılar İÖ 30'larda toz kalamın (çinkonun karbonat ya da sülfat şeklindeki cevheri), odun kömürü ve bakır metalini bir pota içinde birlikte ısıtarak "kalamın pirinci" elde ediyorlardı.

Ateş yardımıyla kazanılmış ilk metaller olan altın ve gümüş, süs eşyası dışında yalnızca kaplar için-kâse, bardak, kupa- kullanışlı idi, ama gereçler için uygun değildi.

Kaplar ve süs eşyası yapımı için bakır uygun olmasına karşılık gereçler ve silahlar için pek uygun değildi. Yalnızca, örneğin Mısır'da olduğu gibi, arsenik katkısıyla saf bakırdan daha sert bir bakır alaşımı elde edilmiş ve bu malzeme, silah ve gereç yapımında kullanılmıştı. Bakıra çinkonun -Babililer çinko yerine kurşun da kullanmışlardı- katılmasıyla daha da sert bir alaşım üretilmişti. Hintlilerde bakır ve kalay metalinden tunç yapıyorduydu da genellikle bakıra düşük oranda (% 3-4) arsenik karıştırılarak düşük kaliteli nitelikli tunç kullanılmıştır.

Genelde tunç (bronz) denince bakır-kalay alaşımı anlaşılır. Ama arsenik tuncu (Cu-As), bakır-arsenik alaşımı olup % 2-8 arsenik içerir. Dövülmeye karşı kalay tuncu gibi aynı ölçüde sertlik gösterirse de dökümü iyidir. Arsenik tuncu, madencilik uğraşları sırasında arsenik içerikli bakır piritinin kavrulması sırasında rastlantıyla bulunmuş olmalıdır. Arsenik tuncunun elde edilmesi ve işlenmesi sırasında kaçınılmaz bir şekilde yüksek derecede zehirli arsenik yayılımları (As_2O_3 içerikli maden ocağı dumanı) olur. Bu zehirli duman Eskiçağ metalürjistlerinde hiç de ender olmayan, bedeninin alt kısımlarında iyileşmez kötürümlük şeklinde nevritlere yol açmıştır ve bu olgu, madencilik ve metalürji tarihinde iyi bilinmektedir.³³

Tarih biliminin dönemlenmesinde "Taş Çağı"nı "Tunç Çağı" izler. Yalnızca tek bir hammaddeyle ilişkilendirildiğinden, bu dönemleme, kavramsal açıdan tam doğru değildir. Aynı hakla, bir "Seramik Çağı"ndan ya da "Yağ Çağı"ndan da söz edilebi-

lirdi. Seramik ve çömlek, çağlar boyu tüm kültürlerde önemli bir rol oynamıştır. Tek bir hammadde, toplumsal üretiminin yalnızca küçük bir bölümüne kaynaklık edebilir. Öyleyse bu terimler, yalnızca onlarla belirli bir görüngüyü karakterize etmek için sınırlı olarak kullanılmalıdır. Örneğin "Taş Çağı"nda özel türden vurucu, dövücü ve kesici gereçler, belirli türden taşlardan üretilmişti. Ama bu dönemde çeşitli çalışma araçlarının yapımında odun, kemik, balçık ve kil gibi öteki hammadde-lerin de kullanıldıkları görmezlikten gelinmemelidir.

Belirli çalışma araçlarının ve silahların üretimi için tuncun taş karşısında daha üstün kullanım özelliklerine sahip olduğu anlaşılınca tunçtan gereçler önem kazanmışlardır.

Daha karmaşık üretim tekniğiyle üretilmesine karşın tunçtan kap, gereçler ve silahlar taşa göre daha kolay ve daha hızlı üretilebiliyordu. Başka bir üstünlüğü ise taşa göre daha kolay biçimlenmesiydi. Ayrıca da tunç malzeme, yeniden üretilebilir nitelikteydi. Çakmaktaşı-ndan bir balta bir kez kırıldığında atılmak zorundaydı. Oysa tunç bir balta yeniden dövülebiliyor ve bilenebiliyordu. Böylece tunç baltalarla ağacı kesip yontarak kereste elde etme gibi işler de kolayca gerçekleştirilebilmişti.

Yakıldığında en çok 700 °C sıcaklık verebilen odun, 19. yüzyıla girene dek çok yönlü bir kullanıma sahipti. Enerji sağlamada, gereç, makine ve taşıma araçları (araba, gemi) yapımında, kömür, katran, zift ve potas elde edilmesinde, evlerin ve köprülerin inşasında hep odun kullanılmıştır. Odun kömürü ve körük ise metalürji tekniğini olanaklı kılan ve 18. yüzyıl sonuna dek değişmeden kalmış olan sihirli araçlar idi. Ancak demirin eridiği 1500 °C sıcaklığına basit körüklerle erişilemiyordu. Çukur ocaklarda demir metali, dışıktan (cüruf) tam ayıramadığından metalürjistlerin elde ettikleri ilk demir örnekleri çok iyi nitelikte değildi.

Böylece üstün nitelikli gereç ve silahlar yeni yönteme göre üretilmeye başladıklarından, ham demire olan gereksinim

artmış ve bu da çukur ocakların gelişmesine yol açmıştır. Ayrıca bakır, çinko, kurşun gibi öteki metaller ve tunç, pirinç gibi alaşımlar da yine eski önemlerini korumuşlardır.

Kurşun, örneğin sapantaşı, yazı tahtası, su iletim borusu, kap, dara, ufaklık para, sanat yapıtı ya da soy metalleri soy olmayanlardan ayırmada katkı maddesi olarak, ayrıca da koruyucu etkileri bilinen kurşun beyazı, sülügen gibi boyaların üretimi için kullanılırdı. Örneğin Yunanlılar, Herodotos çağında (İÖ 5. yüzyıl ortası) yazılarını sülügen boya ile yazıyorlardı. Öteki metal bileşiklerinden ya da minerallerden de boyalar elde ediliyordu. Bunların belli başlıları mavi taş (kille karışık sulu demir fosfat minerali), sır yapımı için kobalt eriyiği, bakır çalığı, aşıboyası, zincifre (sarımtırak kırmızı renkte), orpiment (ciyak altın sarısı renkte) ve realgar (ciyak kırmızı renkte) idi.

Roma İmparatorluğu döneminde altın, gümüş ve civa madenciliği İspanya'da, kurşun madenciliği İspanya'da ve Galya'da (Fransa), kalay madenciliği İngiltere'de, demir madenciliği ise zengin demir cevherine sahip olan Elbe Adası'nda yapılıyordu. İspanya Toledo'daki madenlerden civa kazanımı, zincifreyi kızdırma-damıtma yönteminin dışında zincifrenin metalik demirle doğrudan temas sonucu elektrokimyasal yolla indirgenmesiyle ($\text{Hg}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Hg} + \text{Fe}^{2+}$) de elde ediliyordu. Benzer şekilde bakır sülfat içeren çözeltilerdeki bakırı ayırmak için katı halde demir kullanımı (doğrudan çözeltiye batırılan demir çubuk üzerine bakırın metal halinde kendiliğinden kaplanması yoluyla: $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$) Eski Çin'de bakırın hidrometalürjik üretiminde uygulanmaktaydı ve bu süreç, Ortaçağ'da İspanya Araplarınca da kullanılmıştır. Bir A-metalinin, uygun bir B-metalinin tuz çözeltisi içine daldırılması sonucu üzerinin B-metal ile kendigimden kaplanmasına ilişkin olan bu tepkimenin, 16. yüzyıl kimya literatüründe bir metalik transmutasyon olanağı olarak görüldüğü anlaşılmaktadır. Rönesans döneminin ünlü hekimi Paracelsus (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim) (1493-1541), *Minerallerin*

Ekonomisi ve Filozofların Tentürüne İlişkin Kitap adlı eserlerinde, bakır vitriyolu (CuSO_4) ile gerçekleştirilen bu tepkimeden söz ederek bunu, bir metalin diğer bir metale transmutasyonu(!) olarak yorumlamış ve doğru bir kestirimle diğer metallerin de benzer yolla transmutasyona uğrayabileceği(!) olanağını dile getirmiştir. Simyacı Jan Baptista van Helmont (1577-1644) tarafından açıklandığı ve günümüzde iyi bilindiği üzere sözü edilen bu olay, bir transmutasyon olayı olmayıp, doğrudan elektrokimyasal bir metalik kaplama olayıdır ve buna benzer yüzlerce tepkime dizgesi kurulabilir. Demir yüzeyi üzerinde çözeltideki bakır iyonlarının elektrokimyasal yolla metal halinde birikintilenmesi, endüstri ölçeğinde ancak 11. ve 12. yüzyıllarda uygulanmıştır. Metallerin görünür bir transmutasyonu olarak düşünülen bu tepkimeler daha da araştırılmış ve Avrupa simya ve mineralojisinde önem kazanmıştır.³⁴

Civanın Eski Mısır'da değer verilip kullanıldığına ilişkin ipuçları bulunmaktadır. Yaşlı Plinius'un (23-79) anlattığına göre civa, onu deri torbalar içinden presleyerek saflaştırılıyordu. Yaşlı Plinius'un çağdaşı ünlü eczacı Pedanios Dioskorides (~20-79) ise 50 yılı dolayında damıtma yoluyla zincifreden "hydrargyros" ("sıvı gümüş") dediği civa eldesinden söz etmektedir. Buna göre zincifre (civa sülfür, HgS) içerikli kayaç 400-700 °C'a kızdırıldığında civa buharı ve kükürt vermekte, oluşan civa buharı yoğunlaştırılarak kolayca civa elde edilmekteydi. Bu yöntem 18. yüzyıla dek değişmeden kalmıştır. Civa, metal halinde ya da zincifre halinde bulunuyordu. Zincifre, boyamada ve süs eşyası yapımında pigment olarak, metal üretiminde ise hammadde olarak kullanılıyordu. Civa metali ise altın ya da bakır gibi sert metal malzeme olarak kullanılamadığından, amalgam (malgama) yapımında kullanılıyordu. Civa, amalgam oluşturacak şekilde altın ve gümüşü çözme yeteneğinden ötürü, tarih boyunca yaygın biçimde kullanılmış ve pek çok metalik kaplama teknolojisinin temelini oluşturmuştur.

Eskiçağ'ın yedi temel metali (altın, gümüş, demir, civa, kalay, bakır, kurşun) ampirik çağın sonuna dek kullanımda idiler. Tunç gibi kalay alaşımlarının kalay elementinin saf olarak eldesinden çok önceleri kalay cevherlerinden hazırlanmış olmasına benzer biçimde çinko da, serbest metal olarak ilkin 16. yüzyılda elde edilmişse de çinko karbonat cevheri (galmei) olarak tâ İÖ 500'lerden beri ve özellikle de pirinç alaşımı üretmede kullanılmıştır. Pirinç alaşımının, simyada bakırı altına dönüştürme çabaları sırasında bakır metali ile çinko karbonatın birlikte odun kömürü ateşi üzerinde (indirgen ortamda) eritilmesi sırasında elde edildiği de söylenir. Mısırlıların "asem" adını verdikleri alaşım ise üç kısım altın ve bir kısım gümüşten oluşuyor ve Mısırlılarca saf bir metal (element) sayılıyordu. Adını İran'da doğduğu Rey kentinden (bugünkü Tahran'ın 12 km güneyinde eski bir kent) alan Zekeriya el-Râzî'nin (Batı'da "Rhases" diye bilinir) (864-930), Latince'ye *Liber secretorum Bubacaris* adı altında çevrilmiş olan *Kitab el-Esrâr* (Sırlar Kitabı) adlı eserinde, ayna görünümlü "katesim" adlı bir metalden söz edilmektedir ki bu, "el-hadid el sîni"ye, yani "Çin demiri"ne karşılık gelmektedir; Arapça metinde ise bu, "khâr sîni" ile özdeşleşmiş olan bir tür tunçtur.³⁵

Yakındoğu'da başlıca gümüş medenleri Maveraünnehir ve Hindukuş'ta bulunmaktaydı ve ana merkez, Kabil'in kuzeyindeki Pencşir idi.³⁶

Çinko metali, genelde Eskiçağ'ın yaygın bilinen yedi metalinin ardından sekizinci metal olarak tanımlanır. Çinko (İng. "zinc", Alm. "Zink") sözcüğü, olasılıkla Farsça "seng" (taş) sözcüğünden gelmekte olup Avrupa'da ilk olarak Paracelsus tarafından Almanca sivri uçlu nesne anlamına gelecek şekilde "Zinke" ya da "Zincum" biçiminde *Liber mineralium* adlı eserinde kullanılmıştır. Çinko metali olasılıkla ilk kez İranlı ya da Hintliler tarafından üretilmiştir. Kurşun üretimi sırasında yan ürün olarak eritme ocağının duvarları üzerinde çinko oksit tozları birikiyordu. Doğal çinko mineralleri İÖ 5. yüzyıl gibi

erken tarihlerde metalürjik olarak Hindistan'da işlenmiştir. Çinko üretimi olasılıkla Hindistan'da başlamış ve eski Kuzeybatı Hindistan, çinkonun sanayi ölçeğinde işlendiği bilinen ilk bölge olmuştur. Hindistan'ın Racastan eyaletindeki Zawar çinko madenleri İÖ 1000'lerden itibaren etkinliğini sürdürmüş ve çinko damıtma tekniği ilk olarak İS 1200 yılı dolayında burada geliştirilmiştir. Zawar'da hem çinko metali hem de çinko oksit üretiliyordu. Elde edilen çinko metali pirinç alaşımı üretiminde, çinko oksit ise tıpta kullanılıyordu. Zawar'dan geriye kalan yüzlerce ton atık, burada bir zamanlar 1 milyon tona eşdeğer miktarda çinko ve çinko oksit üretildiğine işaret etmektedir. Erime noktası 420 °C ve kaynama noktası 907 °C olan çinkodan oluşturulan çinko buharı soğutulursa saf çinko metali zerrecikler halinde çökelir; ama çinko buharına oksijen sevk edilirse çinko oksit ("çinko beyazı") haline oksitlenir ve resim sanatında astar boya olarak kullanılır. Bu yolla elde edilen çinko oksite Ortaçağ simyacıları Latince "*lana philosophica*" (filozof yünü) ya da "*nix alba*" (beyaz kar) adını veriyordu. Damıtma tekniği ile elde edilen saf çinkonun katılımlıyla istenen yüzdede çinko alaşımları hazırlanmıştır. Çinko oranı arttıkça alaşımın gücünün ve dayanıklılığının arttığı anlaşılmış ve doğal çinko cevheriyle hazırlanan en çok % 28 çinkolu bakır-çinko alaşımı (pirinç) oluşturulabilirken, saf çinko kullanımıyla istenen yüksek çinko yüzdeli pirinç alaşımları da hazırlanır olmuştur. Yaşlı Plinius, yaralara ve ağrıyan gözlere karşı çinko bileşikleri kullanıldığını bildirirken geç dönemde Marco Polo (1254-1324) İran'daki çinko oksit üretimini ve İranlıların hastalığa duyarlı gözleri iyileştirmek için bir tür göz sürmesi olarak tutuyayı (çinko oksit) nasıl hazırladıklarını anlatır. Hindistan'daki metalik çinko üretimi 1200 yılı dolayında kaleme alınan Hindu kitabı *Rasarvana*'da yer almaktadır. Bir 14. yüzyıl Hindu kitabı olan *Rasaratnassamuchchaya*, "kalay benzeri" yani metalin (çinko), kalaminin indirgen işlevi gören bir organik madde eşliğinde ağzı kapalı bir pota içinde dıştan ısıtılması ve

oluşan buharın bir yoğunlaştırıcıda toplanmasıyla elde edildiği betimlenmektedir. Sonunda Hindular, 1374'te çinkoyu, yeni bir metal olarak tanımışlardır.

Eski çağların metalürji uğraşında pratikçe iki temel kimyasal olaya hükmedildiği söylenebilir. Bunlar, cevherin kavrulması (yani oksitlenmesi) ve elde edilen metal oksitlerin metal haline geri dönüştürülmesi (yani indirgenmesi) idi [Metal oksit + Karbon $\rightarrow$ Metal + Karbon dioksit]. Böylece metalürjiye ilişkin kimyasal tepkimelerin tersinirliğinin temel kavramları keşfedilmişti. Kuşkusuz, bu olayların bilimsel olarak kavranması, kimyanın binlerce yıl boyu sürecek gelişimini gerektiriyordu ve bu da ancak 18. yüzyılın sonuna doğru başarılmıştır.

Metaller doğada genellikle karbonat, hidroksit, oksit ve sülfür bileşikleri halinde bulunurlar. Karbonat ya da hidroksit biçimindeki metal bileşikleri önce bir ısıl işlemde geçirilerek ayrıştırılır ve oksit bileşiği haline dönüştürülürler [Metal karbonat $\rightarrow$ Metal oksit + Karbon dioksit; Metal hidroksit $\rightarrow$ Metal oksit + Su]. Metal sülfürler ise havada kavrularak oksit bileşiği haline dönüştürülür [Metal sülfür + Oksijen $\rightarrow$ Metal oksit + Kükürt dioksit]. Bu işlemler sonucu elde edilen metal oksit ise karbon (odun kömürü) ile indirgenerek metal haline dönüştürülür [Metal oksit + Karbon $\rightarrow$ Metal + Karbon dioksit].⁸

Damıtma ve metal eritme için ya da çanak-çömleğin, tuğlanın, cam ve porselenin pişirilmesi için düzgün sıcaklıkların elde edilmesi önemli bir rol oynamıştır. Justus von Liebig'in (1803-1873) Giessen'deki dünyaca ünlü laboratuvarında (bundan yaklaşık 150 yıl önceleri), öğrenciler başlangıçta bir odun kömürü ateşini düzgün bir şekilde sürdürme sanatını öğreniyorlardı.

Yeni enerji biçimi olarak 19. yüzyılın sonlarında dinamonun icadı yoluyla gitgide daha büyük bir önem kazanmış olan elektrik, bugün de ağırlıklı olarak ateşin (termik santraller) yardımıyla elde edilmektedir. Her ne kadar 1950'lerde enerji

kaynağı olarak atom reaktörleri yolu a ıldıysa da, şimdilik yanma süreci hâlâ geniş boyutta yaygın durumdadır.²¹

İSLÂM DÜNYASINDA MADENCİLİK VE METALÜRJİ

Kurşun, çoğu zaman galenitten (kurşun sülfür), ayrıca da ser zit (kurşun karbonat) ve anglezitten (kurşun sülfat) elde ediliyordu. “Kalamın” ya da “tutya” (Ar. “tutiya”) sözcükleri, doğal çinko mineralleri, özellikle de çinko karbonat ve çinko oksit için kullanılıyordu. Kalay, “Kalah” ya da “Kala” olarak bilinen Malakka Yarımadası’ndan (Malaya, Batı Malezya) sağlanılıyordu ve Arapça ve Türkçe “kalay” s zc ğu de buranın adından gelmedir. Civa, başlıca İspanya’dan sağlanılıyordu. Sicilya’da yaşamış ve Endülüs’t  incelemeler yapmış olan coğrafya bilgini el-İdrisî (1099-1166), Kordoba’nın kuzeyindeki kalay madeninden ve buradaki cevherden civa elde eden binlerce insandan söz ederek ocağın derinliğinin 250 insan boyunundan fazla olduğunu belirtir. Erken İslâm metalürjist ve kimyacılarınca çinko, ayrı bir metal olarak bilinmiyordu (ŞEKİL 5). Çinko (“ruh el-tutiya”), genellikle doğal çinko karbonattan elde edilen saf çinko oksitti. “Kh r s n ” diye adlandırılan madde, olasılıkla bakır-nikel alaşımı idi. Ali bin Aydemir bin Ali el-Cildeki’nin ( lm. -1342) *Net yic el-Firar f  Ahval el-Hacer* (Taşların Halleri Konusundaki Anlatıların Sonuçları) adlı yorumunda, ünlü simyacı Câbir ibn Hayyân’ın (Batı’da “Geber” diye bilinir) (720-813) *Kitab el-Hadîd* (Demir  zerine Kitap) adlı eserinde dökme demir üretimi konusunda ayrıntılı bilgi verildiğinden söz edilmektedir (ŞEKİL 6).³⁷ Ebu Muhammed el-Hasan bin Ahmed el-Hemdan  (893-945), *El-İkl l f l-Ens b* adlı eserinde Yemen’deki El-Radr d gümüş madeni işletmeciliği konusunda ayrıntılı bilgi vermiştir.

Kurşun çok boldu ve bundan su borusu ve oluğu yapmada, yapılarda taşları birbirine tutturmada ve camilerin kubbelerini örtmede yararlanılıyordu. Buna karşılık kalay çok az bulunurdu ve Malezya’dan getirtilirdi.⁴⁰

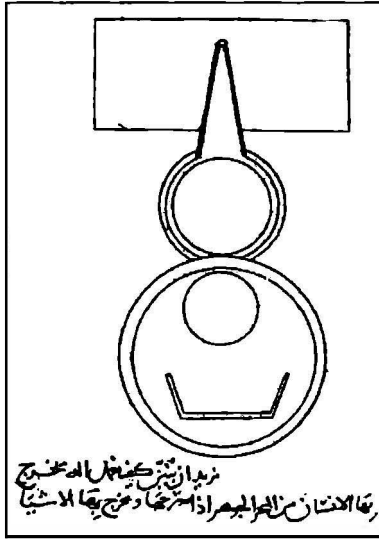


Şekil 5. Başlarında hale çizili olan ve yarı başlarında altın ve gümüşün simgeleri olarak güneş ve ay motifleri bulunan iki kutsal simyacı, olasılıkla, dövülebilir altı metali bir zincire bağlanmış halde görülmektedirler.^{38, 39}



Şekil 6. Madencilerin temel gereci, kazma ("minqar" / "saqur") idi [Reşideddin Fazlallah'ın (1248-1318) C mi el-Tev rih (Evrensel Tarih) adlı eserinden, 1314; Edinburgh  niversite Kütüphanesi].³⁷

El-Bîrûnî (973-1048), ticarî ölçekte, madenlerde uygulanan altınla amalgam yapma konusunda ayrıntılı bilgiler vermiştir: "Altın cevheri havanda dövüldükten ya da  g t ld kten sonra yıkanarak taşlarından arındırılır; civa ile birleştirilir ve daha sonra bir parça deri içine konup civanın fazlası derinin gözeneklerinden dışarı çıkıncaya kadar sıktırılır; (altın amalgamındaki) civa ise ateşte ısıtılarak uzaklaştırılır". Ayrıca, Sind ırmağının derin sularındaki altının civa yardımıyla amalgamlanarak kazanılması konusunda  u ilginç betimlemeyi verir: "Altın bulunan yerlerde insanlar, üzerinden suyun akacağı şekilde su altında k     çukurlar hazarlar. Bu çukurlar civa ile doldurulur ve bir süre



Şekil 7. Maden ocakları ve kuyular için bir havalandırma makinesi: Körükler ve borulardan tasarlanmış bu makine, zehirli gazlarla yer değiştirmek üzere taze havayı ocak ve kuyulara pompalamaktadır (Benû Musa Kardeşler'in (9. yüzyıl) bir elyazmasından; Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Berlin).³⁷

öyle bırakılır. Civa, altına doyduktan sonra bu insanlar geri gelirler. Civa üzerinde biriken altını toplayarak kumunu suya bırakırlar".^{24,37} El-Bîrûnî, Anadolu'dan İran'a civa ihraç edildiğinden de söz eder.⁴¹

Yağ lambaları, madenlerde genel aydınlatmada ve kazılacak dehlizin doğrultusunu hizalamada, ayrıca da taze hava gönderiminin uygun ve yeterli olup olmadığının göstergesi olarak kullanılıyordu. Bu bakımdan madenlerin havalandırılması önemli bir sorundu (ŞEKİL 7).³⁷

10. yüzyılda İran ve Afganistan'da maden filizini kırma değirmenleri kullanıma

girmiştir. Burada dişli takımı ile donatılmış öğütme değirmenleri Müslüman mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Bunlar su gücüyle ya da rüzgâr gücüyle çalıştırılıyordu.

Antik Hint ve Çin ile karşılaştırıldığında Ön Asya'nın yalnız odun ve taşkömürü azlığından ötürü madencilikte oldukça yavaş geliştiği görülür. Zereşan yöresinin, Kâbil bölgesindeki Gûr'un ve sonunda Mezopotamya'nın odununu sağlayan Ön Asya'da, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun ormansızlaşması bu yüzdendir. Demir madenciliğinde 1 kg demir üretmek için yaklaşık 15 metre küp odun kullanmak gerekiyordu. O dönemlerde basit aydınlatma, İran'da Bakû petrolü ile, Mısır ve Mezopotamya'da ise hintyağı ya da yaban şalgamı tohumunun

yağı ile sağlanırdı. Petrol, yangın güllesi yapımında da kullanılıyordu.

Odun kıtlığı, maden yataklarının işletilmesine sınır çizmişse de metal işleme sanatı sürdürülmüştür. Çok sayıda küçük atölyeler, demir ve bakırdan gündelik kullanım eşyalarını imal ediyordu. Harran'da kantar ve bilimsel aygıtlar (usturlap, kum saati ve su saati) yapımında uzmanlığa erişilmişti. Böylesi teknikler gizli tutuluyor ve babadan oğla geçiyordu. Demir madeni yataklarının bulunduğu Kafkasya'da zırh ve zincirli yelek üretiliyordu. Ama silahlar kimi durumlarda Batı'dan da satın alınıyor ve bu bağlamda Frank ve Slav kılıçlarına istem duyuluyordu.¹⁰

Altın ve gümüş, çeşitli zamanlarda çeşitli amaçlarla ve çeşitli yerlerde kullanılmıştır. Örneğin Ortaçağ'da her ikisinden de ince dokuma teli olarak yararlanılmıştır. Altın son derece esnek ve dövülgen bir metal olup 5 mikrometre (insan saçının onda biri) kalınlığa inceltilabilmektedir. Altın ve altın kaplama, ahşap ve alçı kabartmadan (sahte mermer) yapılmış nesnelerin üzerini kaplamada kullanılmış; ayrıca tunçla birleştirme tekniği yoluyla tunç eşya üzerine de yerleştirilmiştir. Tunçla birleştirme tekniği Türkiye, Mısır ve hattâ Toledo'da hâlâ zanaatkârlar tarafından kullanılmakta olup bunda ince altın levhacıklar, arma, küpe, kâğıt keseceği (mektup açacağı) vb. siyah metal eşyanın üzerine yerleştirilir ve bu teknik İspanya'da "damasquinados" diye adlandırılır.⁴²

Madencilik ve metalürji sanatı, Ortadoğu'da İÖ 7. binden beri bilinmektedir. İslâm dünyasında tanınması ise İS 7. yüzyıla rastlar. Orta Asya'dan İspanya içlerine kadar çok geniş bir bölgeye yayılan İslâm maden sanatında ilk kullanılan metal, bakır olmuştur. Yakındoğu toprakları, maden yönünden çok zengindir. Kullanılan malzemeler altın, gümüş, bakır, bakır-kalay alaşımı olan tunç ve bakır-pirinç alaşımı olan pirinçtir. Demir ve çelik, daha çok silah ve alet yapımında; kurşun, bir

kurşun-kalay alaşımı olan lehimde ve soy metallerin saflaştırılmasında; civa ise yaldızlamada kullanılmıştır. Yakınoğu'da madenin ilk kullanıma başlanması ile İslâm dönemi arasındaki beş bin yıllık zaman dilimi içinde çeşitli metalürjik keşifler olmuş, çeşitli maden teknikleri gelişmiş ve yeni maden bölgeleri gün ışığına çıkarılmıştır.

İslâm çağının en görkemli metal nesnelerinden biri, 916 yılında Fâtımî Mısır Halifesi el-Mehdî Ubeydullah (yön. 909-934) tarafından Tunus'a 328 kilometre uzakta kurdurulmuş olan Mehdiye kentinin kapılarıydı. Üzerleri hayvan figürleriyle süslü olan bu kapıların her kanadı 8 metre yükseklikte olup 5 ton çekerdi. Üzerindeki her çivi 10 kilogram ağırlıktaydı. Ayrıca her halkası 1 metre uzunlukta olan kol kalınlığında çok büyük demir zincirlerin varlığından söz edilmektedir. Bunlar genel olarak gemi iskelelerini bağlamak ya da liman ve ırmağ ağızlarına gerilerek gemilerin girişine engel olmak üzere kullanılırdı. Fâtımî hükümdarlarının hazinelerinin listesi, bize o çağda maden işleme sanatında ulaşılan ustalığın derecesi hakkında bir bilgi vermektedir. 11. yüzyılda Meyyâfârkîn'de (Silvan) büyük bir demir kapı bulunduğu söylenmektedir. Ünlü Diyarbakır surları üzerinde yer alan dört kapı da demirden yapıldı. Müslümanların İspanya ve Kuzey Afrika'nın kimi kentlerinde yapıldıkları kent kapıları da demirdendi.

ORTAÇAĞ AVRUPA'SINDA MADENCİLİK VE METALÜRJİ

Yaklaşık olarak yedi metal (altın, gümüş, demir, civa, kalay, bakır, kurşun) ampirik çağın sonuna dek kullanımda idi. Hz. İsa (ölm. ~33) döneminden önce, bunlara ek olarak ayrıca çinko ve antimon da tanınmaktaydı. Bunlardan çinko, karbonat minerali halinde metalürjide kullanılıyordu ve serbest metal olarak ancak 16. yüzyılda elde edilmiştir. Antimon ise oksit ya da sülfür halinde kozmetikte rastık olarak kullanılıyordu. An-

timonit, stibnit, antimon parlağı, rastıktaş adları ile de bilinen antimon sülfürün (Sb_2S_3) Ortaçağ Müslümanlarında göz ilacı olarak yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Onun göz sinirlerini güçlendirdiği, gözdeki acıları dindirdiği ve özellikle de gözleri zayıflayan yaşlılara iyi geldiği söylenmekteydi. Sayı olarak “7” metal, eski Kalde’lilerin bir kurgulamasıydı ve metaller belirli tanrılarla ilişkilendirilmişti. Bu tanrılar aynı zamanda gezegenlerle özdeşleştirildiğinden, bilinen her metal aynı zamanda yeryüzünde onların etkisiyle oluşturulduğuna inanılan bir gezegenle de ilişkilendirildi. Küçük bir mıknaştırta demiri yerinden oynatabildiğine göre, bir gezegen ya da yıldız da ilgili metali oluşturabilir ve onu kendisine çekerek yeryüzünü şekillendirebilirdi. Batı dillerinde haftanın günleri de bu tanrılarla bağlantılıdır. “Yedi temel metal” – “haftanın yedi günü” – “yedi tanrı” – “yedi gezegen” düşüncesi yedi sayısının kutsallığı düşünülerek genelleştirilmeye çalışılmış ve kimilerince buna gökkuşağındaki yedi renk, müzikteki yedi nota, insan kafasındaki yedi delik vb. eklenmiştir. Yunan-Roma çağında bilinen yedi metalle bunlarla ilişkilendirilen gezegenler, tanrılar ve haftanın günleri arasındaki bağlantı, ÇİZELGE 3’te yer almaktadır.²¹

ÇİZELGE 3: Yunan-Roma çağında metaller-simgeleri-gezegenler-tanrılar-haftanın günleri

Metaller	Simgeleri	Gezegenler	Yunan Tanrıları	Roma Tanrıları	Haftanın Günleri
Altın	☉	Güneş	Helios	Apollo	Pazar
Gümüş	☾	Ay	Selene	Luna	Pazartesi
Demir	♂	Mars	Ares	Mars	Salı
Cıva	☿	Merkür	Hermes	Mercurius	Çarşamba
Kalay	♃	Jüpiter	Zeus	Jupiter	Perşembe
Bakır	♀	Venüs	Aphrodite	Venus	Cuma
Kurşun	♄	Satürn	Cronos	Saturn	Cumartesi

En soy metal olan altın, Güneş'e ya da Güneş Tanrısı'na ilişkindir ve haftanın günlerinden Pazar'a (Alm. "Sonntag": "Güneş günü") karşılık gelir. Gümüş Ay'a, Ay Tanrıçası'na ve haftanın günlerinden Pazartesi'ye (Alm. "Montag": "Ay günü") karşılık gelir. Demir, Savaş Tanrısı Mars'a ya da Mars gezegenine, haftanın günlerinden Salı'ya (Fra. "mardi": "Mars günü") karşılıktır. Sıvı bir metal olan civa, Tanrı Merkür'e ve aynı adlı gezegene, Çarşamba'ya (Fra. "mercredi": "Merkür günü") karşılık gelmektedir. Kalay metali, bükülürken çıtırtı sesi verdiğinden şimşek ile ilişkilendirilmiştir; Tanrı Jüpiter'e ve onun gezegenine, Perşembe'ye (Alm. "Donnerstag": "göğün gürlediği gün" ya da İskandinavlarda "Tanrı Donner'ın / Thor'un günü", Fra. "jeudi": "Jüpiter günü") karşılık gelir. Kırmızı renkli bir metal olan bakır, Tanrıça Venüs ve onun gezegenine ilişkindir ve bakır Cuma gününe (Fra. "vendredi": "Venüs günü") karşılık geliyordu. Ağır ve en değersiz metal sayılan kurşun, zalim Tanrı Satürn ve onun gezegenine ilişkililiyor ve Cumartesi'ye (Ing. "saturday": "Satürn günü") karşılık geliyordu.²¹

Bugün tıpta ve genetikte dişiler için simyacıların bakır simgesini, yani yumuşak bir metalin simgesini, Venüs'ü; erkekler için de demir simgesini, yani sert bir metalin simgesini, Mars'ı kullanmaktayız. Simya açısından önemli olan bir nokta da gezegenlerin Yunan mitolojisine göre eril ve dişi olarak ayrımlanmasıdır. Buna göre Güneş, Mars, Jüpiter ve Satürn eril, Venüs ve Ay dişi, Merkür ise erdişi (yarı-dişi yarı-eril bir yaratık, hermafrodit) olarak geçerliydi. Bir simyacı, örneğin kalayla bakırı bir tavada ısıtarak eritirse, yalnızca doğal metalleri değil, ayrıca da iki tanrısallığı birleştirmiş oluyor ve bu durum astroloji açısından yıldız-birlikteliği anlamına da geliyordu. Böylece metallerin eritilerek birbiriyle karıştırılması, kimyasal birleşmenin yanı sıra bir "kutsal evlilik" sayılıyordu.²¹

Cansız doğa, 16. yüzyıla dek, her boyutta canlı olarak kavranmıştır. Buna göre göksel tohumlar yoluyla yeryüzünün gebe kaldığı ve sonuçta, dünyanın damarlarında metallerin bü-

yüyüp geliştiği üzerine kuramsal bilgiler ileri sürmek, alışılmadık bir şey değildi. Bu süreç, pek çok bakımdan bir insan cenninin büyümesiyle karşılaştırılabilir bir olay olarak düşünülüyordu. Yine, tohumun tarlada hasat edildiği gibi, büyüyen metaller de tekrar tekrar toprağın iç kısımlarından hasat edilebilirdi. Böyle inançlar 20. yüzyıl başlarına dek Orta Avrupa madenciliğinde geçerliliğini korumuştur.

938 yılında Almanya'da Otto Krallığı'nda bir Alman soylusu, Ramelus adlı atı ile birlikte Saksonya'daki Harz Dağları'nda Goslar kenti yakınında ava çıktığında bir ara atını bağlayıp köpeği ile birlikte ava gider. Ramelus sabırsızdır ve toynaklarıyla toprağı dövmektedir. Alman soylusu geri döndüğünde, aın küçük kazısında parılayan metaller görür. Madenciler burada gümüş, kurşun ve bakır içeren bir maden olduğunu anlarlar. Atın adından hareketle bu maden, daha sonra "Rammelsburg" adını almış ve Orta Avrupa'nın en önemli gümüş, kurşun ve bakır madeni olmuştur. Bin yılı aşmasına karşın burada hâlâ yeterli üretim yapılmaktadır. Rammelsburg'un 200 mil güneydoğusunda Bohemya'da Erzgebirge'nin ("Cevher Sıradağı") eteklerinde 1170 yılında başka bir büyük bakır ve kalay yatağı bulunur. Buranın Joachimsthal (günümüzde Çek Cumhuriyeti'nde Jáchymov) kentinde 1516 yılında gümüş madeni bulunmuştu ve burada gümüş "taler"ler ve bakır paralar darp ediliyordu. 1520'de 5 bin dolayında olan nüfus, 1530'da 18 bine çıkmıştı. 1533'te 14 ton gümüş çıkarılmışken 1550'de 1,5 tona düşmüş, nüfus da 2177'ye inmişti.^{9, 43}

Almanya'da 10. yüzyılda Goslar'da, 12. yüzyılda ise Freiberg'de ve Erzgebirge'deki Joachimsthal maden ocaklarında ağırlıklı olarak gümüş ve bakır madenciliği yapılıyordu. Erzgebirge'de işletilen ana maden gümüş ise de, damarlarda "Beş Element" diye adlandırılan "Gümüş – Nikel – Kobalt – Arsenik – Bizmut" karışımı cevherler de yer alıyordu. 15. ve 16. yüzyıllarda Alman madencilik merkezlerine Annaberg gibi dağ kentleri de katıldı. Macaristan, Bohemya ve Saksonya'da kay-

natıp doygun çözeltisinden kristalleştirerek şap elde edilen küçük işletmeler vardı.

Madencilik çok pahalı bir uğraş idi. Maden bulma, geliştirme ve işletme, sermaye gerektiriyordu. Madenciler genelde ücretli işçi tutarlardı. Fransa Kralı IV. Philippe (Philippe le Bel, “İyi Philippe”) (yön. 1285-1314), tüm çalışma yıllarını maden ocaklarında geçirerek çalışamayacak duruma gelen esirlere özgürlüklerini bağışlıyordu. Almanya’nın Augsburg kentinde bankacılık, ticaret ve tefecilikle büyük servet yapmış olan ve “bakır kralları” diye de nitelenebilen Fugger’ler (14.-16. yüzyıl), bakır izabecileri finanse etmekteydi. Fugger’ler Avusturya’da Tirol bölgesindeki ve ayrıca da Macaristan’daki gümüş ve bakır madenlerine yatırım yapmışlardı. Madencilikten kazandıkları gelirleriyle daha sonra Avusturya İmparatorluğu’nun Habsburg Hanedanını finanse ederek desteklediler. Sonuçta benzer yoldan Avrupa’da büyük bankalar ve bankacı aileler ortaya çıktı.⁹

Romantik çağda (1000-1250) Avrupa’da metal işlemenin gelişimi, her şeyden önce silah tekniği (I. Haçlı Seferi 1096-1099 arasında gerçekleşmiştir) tarafından ve bunu koşullandıran Doğu’dan etkilenimlerle biçimlenmiştir. Dışsıtım amaçlı artan silah gereksinimi, Avrupa’da dünyaca tanınmış Fugger ve Welser gibi ailelerin, artan metal gereksiniminin, böylelikle de kentlerde sürekli yükselen bir konut ve yaşam stilinin, soylu sınıfının, metal işleme mesleğinde sürekli bir uzmanlaşma ve dallanmanın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Metaller konutların, ticarethanelerin, kiliselerin, kalelerin inşasında yapı ve süsleme öğeleri olarak da önem kazanmıştır. Gotik Çağı’nda (1250-1500) gelişen burjuvadan, metal işleme tekniğinin daha da geliştirilmesi yönünde etkiler alınmıştır. Bu dönem, Venedik’li Marco Polo’nun (1254-1324) Asya gezisini (1275-1292) yaptığı ve Haçlı Seferleri’nin sona erdiği dönemdir. El sanatları mesleğinde uzmanlaşma olmuş ve bu durum sanat, tarım ve ticaret arasında işbölümünü getirmiştir. Bunun sonucunda bı-

çakçı, tırpancı, kılıççı, nalbant, pullukçu, zincirci, çapacı, tenekeci, fenerci / şamdancı, çivici, sikke darpçı, pirinç levhacı, eğeci ve raspacı gibi yeni meslek ve meslek dalları ortaya çıkmıştır. Ortaçağ'da el sanatlarında uzmanlaşma ve imal tekniklerine ilişkin o zamanın resimlerinden örnekler, *Hausbuch der Mendelschen Zwölfbrüder-Stiftung*'da (Mendel On İki Birader Vakfı Ev Kitabı) (Nürnberg, 1500) yer almaktadır.³

Okuma yazma bilmeyen demirci, kuyumcu ya da çan dökücüsü, metallerin nasıl davrandıklarını iyi bilmiyorduyse da işlem ilkelerini ve metalürji bilgilerini kendi çocuklarına ve çıraklarına yazılı olmaktan çok sözel olarak aktarıyordu. Bu yönergeleri yazıya döken ilk kişi, Theophilus Presbyter olmuştur. Helmarshausen'li Theophilus Presbyter (~1070-1125 sonrası) bir rahip ve kuyumcu olup çeşitli sanatlar üzerine yazdığı *Schedula diversarum artium* (özgün adı: *De diversis artibus*) (Çeşitli Sanatlar Üzerine İnceleme) (1120'ler) adlı üç ciltlik ünlü yapıtının birinci cildi resim sanatı, ikinci cildi cam sanatı ve vitray yapımı, üçüncü cildi ise değerli malzemeler, org yapımı ve çan dökümü dâhil metal işleme sanatı üzerine idi. Üçüncü ciltte çan dökümünün ilk betimlerinden birini vermiştir. Tunçtan ilk kilise çanları ise 6. yüzyılda dökülmeye başlanmıştır.⁷ Kremlin'in büyük çanı, 1735'te dökülmüştür. Çan tuncunda kalay oranı, iyi tınlamasını sağlamak üzere top tuncundakinden daha yüksek tutulur.

Sanat tarihçisi olarak da büyük bir ünü olan Gotthold Ephraim Lessing (1729-1781), 1774 yılında *Vom Alter der Oelmalererey aus dem Theophilus Presbyter* (Theophilus Presbyter'den Yağlıboya Resim Tarihi Üzerine) başlıklı dikkate değer bir eser yayımlamıştır. Almanya'da Wolfenbüttel'deki August Herzog Kütüphanesi'nde kütüphaneci olarak çalışan Lessing bu eserinde, bu kütüphanede keşfettiği, Theophilus Presbyter'in *Schedula diversarum artium* adlı Latince eserinden yararlanarak, bilimsel bir tartışma çerçevesinde karar verme mekanizmalarına yol açmak için çeşitli boya ve vernik reçeteleri vermiştir.

Theophilus Presbyter *Schedula diversarum artium*'da dünyanın çeşitli bölgelerinden gelen farklı kalite derecelerindeki üç altın örneğinden söz eder. "Arap altını"nın çok değerli olduğunu, sıklıkla antik vazo yapımında kullanıldığını, ama kimi zaman dikkatsiz kişilerin buna bakır karıştırmış olabileceğini ve bu durumun da o malzemeyi ateşe tutarak test edilebileceğini söyler. İkinci sırada gelen "İspanyol altını"nın "kırmızı bakır, ejderha ("*basilisk*") tozu, insan kanı ve sirke"den hazırlandığını söyler. Üçüncü sırada gelen "kum altını"nın ise Ren Nehri kıyılarından toplandığını söyler ve "çok saf altın" ("*aurum subtilissimum*") olarak niteler.

13. yüzyıldan itibaren nüfusun artması ve kentlerin gelişmesi, "Büyük Veba" salgınına (1348-1352) dek sürmüş ve bu dönemde metal (bozuk) paraya olan gereksinim hızla artmıştır. Antikçağ'dan beri çan dökümü için olası en iyi bileşim olarak 78 kısım bakır ve 22 kısım kalay geçerli idi; ama bu oran lâhit ve kabartma levhaları, şamdan, heykel, vazo, güğüm, kazan, vaftiz kurnası (leğeni), tunç kapılar ve benzer malzemeler için de geçerliydi. Tüfek ve top üretimi için ise buna karşılık 90 kısım bakır ve 10 kısım kalaydan oluşan daha sert bir alaşım kullanılmıştır.⁷ Bir Çin söylencesinde, devasa bir çanın dökümü sırasında, erimiş alaşımın içine, kurban olarak genç bir kızın bedeni karıştırılacak olursa, çanın sesinin yetkin olacağı söylenir.

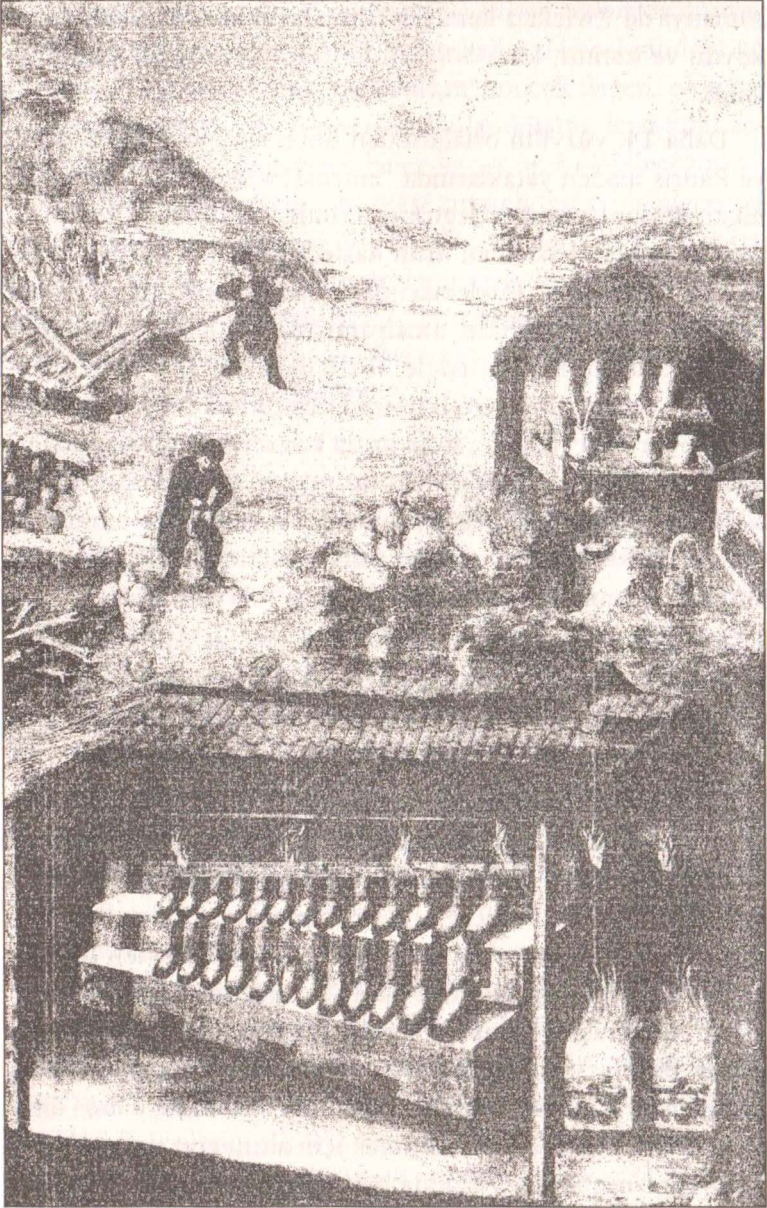
Metal işçiliğinde artan miktarda oduna ve her şeyden önce de odun kömürüne gereksinim duyuluyordu. Maden kömürü 18. yüzyıla dek kullanıma girmemiştir. Maden kömürü zararlı sayılıyor ve çeşitli fırınlardaki denemeler, eritilmiş ürünlerin niteliğinde kusurlar şeklinde sonuçlanıyordu. Özellikle kü-kürtlü bileşenlerin etkileri, dökümcüye denetim olanağı vermiyordu. Şiddetli odun kıtlığına rağmen İngiltere'de kral tarafından 1316 yılında taşkömürü kullanımını yasaklandı ve Paris Üniversitesi Tıp Fakültesi, kömür kullanımına karşı çıktı.

Almanya'da Zwickau kenti belediye meclisi benzer bir yasak koydu ve kömür, kimi bölgelerde, yalnızca süs taşı olarak işlendi.⁵

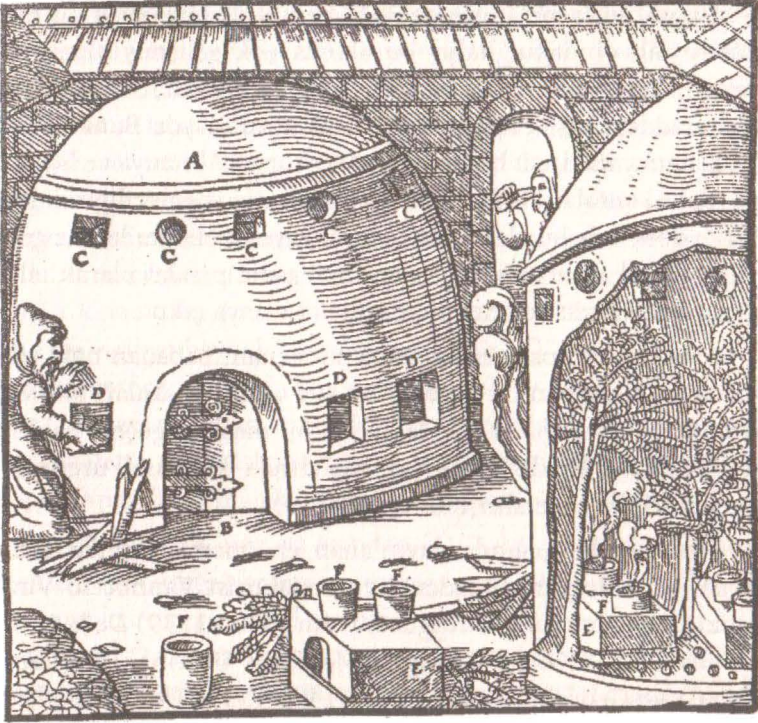
Daha 14. yüzyılın ortalarından önce Salzburg'daki Gastein ve Rauris maden yataklarında “milgold” nitelemesi ortaya çıkmıştı. Bununla, cevher değirmenlerinde “öğütülmüş” altın içerikli kuvarstan kazanılan ürün kastediliyordu. 1369'dan itibaren ise “queckgold” nitelemesi daha önem kazanmıştır. Bunda ise, belirli bir kesinlikle, amalgamlama yöntemi söz konusu olabilmekteydi. Bu yöntemde, toz haline getirilen altınlı cevher, civa ile karıştırılıyor, böylece altın zerrecikleri sıvı metale bağlanıyor ve içi boşalan kum ya da kuvars unundan ayrılıyor; sonunda ise yalnızca sıkı dokulu bir bez arasından mekanik sıkırtma yoluyla civalı altının kumdan ayrılması ve bunun ardından da kızdırılarak civanın buhar halinde uzaklaştırılması suretiyle altının ele geçirilmesi işlemi gerekiyordu.⁵

Civa, tüm metaller içinde, cevherinden elde edilmesi en kolay olanıdır. Zincifre (zinnober, HgS) içeren öğütülmüş kayaç, 400-700 °C'da civa buharı ve kükürt haline kavrulur ve civa buharı daha sonra yoğunlaştırılır (ŞEKİL 8, ŞEKİL 9).

14. yüzyılda Silezya altın madeni bölgesindeki Reichenstein'da da kullanım alanı bulan amalgamlama yöntemi, civanın kaynağı sorununu ortaya çıkarmaktadır. Avrupa'nın en tanınmış civa yatakları, Eskiçağ'da Romalılar döneminden beri kullanılmış olan, İspanya'da Yeni Kastilya'daki Almadén idi. Almadén'deki civa yatakları, Ortaçağ'da ünlü tüccar ailesi Fugger'ler tarafından işletilmiştir. 15. yüzyılda Rheinpfalz'da da küçük bir civa madenine rastlandı. Idria'da Ortaçağ'daki civa madenciliği ise 1493'te başlamıştır. Meksika ve Peru'daki altın oluşumlarını daha iyi işleyebilmek için altını civa ile amalgamlama yönteminin 16. yüzyılda bulunduğu şeklindeki kanı ise, Alexander von Humboldt (1769-1859) tarafından reddedilmiştir. Von Humboldt, “Yeni Dünya”daki araştırma gezisinden



Şekil 8. Ortaçağ Avrupa'sında civa elde edilmesi (Salzburg Carolino Augusteum Müzesi'ndeki bir 18. yüzyıl tablosundan).⁵



Şekil 9. Civanın damıtma ve yoğunlaştırma kamaraları: Georgius Agricola'nın buradaki fırın ve süreç betimi, gerçekte Vannoccio Biringuccio'nun bir çevirisidir. Olasılıkla bu resimleri çizen sanatçılar, gerçek fırınları görmeden çizmişlerdir; ama yine de Agricola'nın sanatçısının yorumu, daha akla yakın gelmektedir (G. Agricola, De re metallica, Basel, 1556).⁴⁴

sonra oldukça kesin bir şekilde, “Alman madencilerin Amerika'nın keşfinden çok önce, civayı yalnızca altın içerikli toprağı yıkamada kullanmadıklarını, civanın ayrıca da maden damarlarında dağınık halde bulunan ve pirit ve gri bakır cevheri ile karışmış altını da oradan çekip almak için kullanıldığını (örneğin Goldkronach'ta)” belirtmiştir.⁵

15. yüzyıl ortalarında Orta Avrupa'da gümüş ile bakır birbirinden ayıracak yeni bir yöntemin bulunması, o zamana dek kullanılamaz durumda olan gümüş-bakır cevherlerince zengin maden yataklarının işlenmesine olanak vermiştir.

16. yüzyılda metal işlemeciliği Avrupa'da belli başlı bir endüstri dalı olmuştu. İtalya bu alanda çok gelişmiş olmasına karşın, kendi toprakları maden yönünden fakir olduğundan hammaddeyi başka ülkelerden almak zorundaydı. Buna karşılık zengin yatakların bulunduğu Avusturya, Almanya ve İspanya (daha sonraları da İsveç ve Rusya), metal işlemeciliğinin geliştiği dönemde bu alanda en önemli kaynak ülkeler haline geldiler. Metal endüstrisinin yaygınlaşmasına paralel olarak teknik yöntemlerde de önemli gelişmeler ortaya çıktı.

Ortaçağ Avrupa'sında madencilik sanatı, babadan oğla zorunlu olarak geçen bir sanattı. Bu sıra içinde insanlar, meslek sırlarını saklı tutma gereğiyle, başka bir mesleğe geçme hakkına sahip değillerdi.¹⁴ Yeniçağ başlarında kimyasal üretimin önemli bir dalı metalürji idi (ŞEKİL 10).

Metalürji konusunda yayınlanan en önemli yapıtlar İtalya'da Siena doğumlu madenci ve metalürjist Vannoccio Vincenzio Agustino Luca Biringuccio'nun (1480-1539) *De la pirotechnia libri X* (Ateş Tekniği / Metalürji Üzerine 10 Kitap) (1540) ve Georgius Agricola'nın (1494-1555) *De re metallica libri XII* (Madencilik Üzerine 12 Kitap) (1556) adlı kitaplarıydı. Bunlardan ilki İtalyanca, ikincisi ise Latince yazılmıştır.



Şekil 10. 14. yüzyıl Hollanda'sında demirciler.⁴⁵

Yeniçağ başlarının kimya bilgisine sahip okumuş din adamları ile üniversitelerdeki bilim insanları ağırlıklı olarak teoloji tartışmaları içine gömülmüş olduklarından, Biringuccio gibi pratik metal işçileri, boyamacılar, çömlekçiler, şap kaynatıcıları ve benzer uğraşlar veren zanaatkarlar, o dönemin gerçek bilimcileri ve teknologları durumundaydılar. 16. yüzyılda nicel kimya ve kimyasal işlemlerdeki sabit oranlar yasası henüz ifade edilmiş olmasa da uygulama pratiğinde en azından sezgisel olarak kavranmış durumda olan konulardı. İtalyan kuyumcu, madalyoncu ve heykeltan Benvenuto Cellini (1500-1571), *Trattati dell'oreficeria e scultura* (Kuyumculuk ve Heykeltanlık Üzerine İnceleme) (Floransa, 1568) adlı eserinde kuyumcu ve heykeltanların metal işleme, alaşım hazırlama ve metal dökümü konularında fazla pratik bilgileri olduğunu belirtmektedir.

Bir metal olan civa en azından İÖ 7. yüzyıldan beri bilinmekte olup Ortaçağ boyunca simyacıların, onu tüm metallerin en önemlisi olarak kabul etmeleri nedeniyle büyük önem kazanmıştır. Örneğin İspanya'daki civa madenleri, her şeyden önce de Almadén (Arapça maden anlamına "al-maden"den) bölgesindeki civa yatakları Araplar tarafından işletilmiştir. "Reconquista" sonrası İspanya'sında Juan de Arfe y Villafañe (1535-1603), Diego de Santiago ve *El arte de los metales* (Madencilik Sanatı) (Madrid, 1640) adlı dikkat çekici özgün eserin yazarı Alvaro Alonso Barba (1569-1662) gibi metalürjist ve mineraloglar, dünyanın en büyük civa madeni olan Almadén'de civa kullanarak altın ve gümüş kazanım yöntemini geliştirmişlerdir. Parlak ışıklı Merkür gezegeni (Merkür, simyada civanın simgesidir) en eski çağlardan beri astronomi gözlemlerinin konusu olmuştur. Antikçağ'dan beri resimlerde yer almış ve sanatçılar onu resimlemeyi Ortaçağ ve Rönesans'ta da sürdürmüşlerdir. ŞEKİL 11'deki resimde Doğu ülkeleri ile civa ticaretini konu edinen bir 15. yüzyıl mozaği yer almaktadır. Civa İslâm simyasında ve diğer içrek (ezoterik, batını) alanlarda da büyük bir rol oynamıştır.⁴²



Şekil 11. İtalya'da Siena Katedrali'nin zemininde yer alan, Doğu ülkeleri ile civa ticaretini konu edinen bir mozaiikte, ticaret tanrısı Mercurius ile özdeşleştirilen söylencesel simyacı Hermes Trismegistus: Resimde Hermes oryantal bir giysi içinde, başında sarığı ve sakallıyla saygın bir görünümündedir. Aşağıdaki yazıda "Hermes Mercurius Trismegistos, Musa'nın Çağdaşı" sözleri yer almakta, sağdaki yazıt ise kanatlı sfenksler tarafından taşınmaktadır (Giovanni di Maestro Stefano, 1488).^{42, 46}

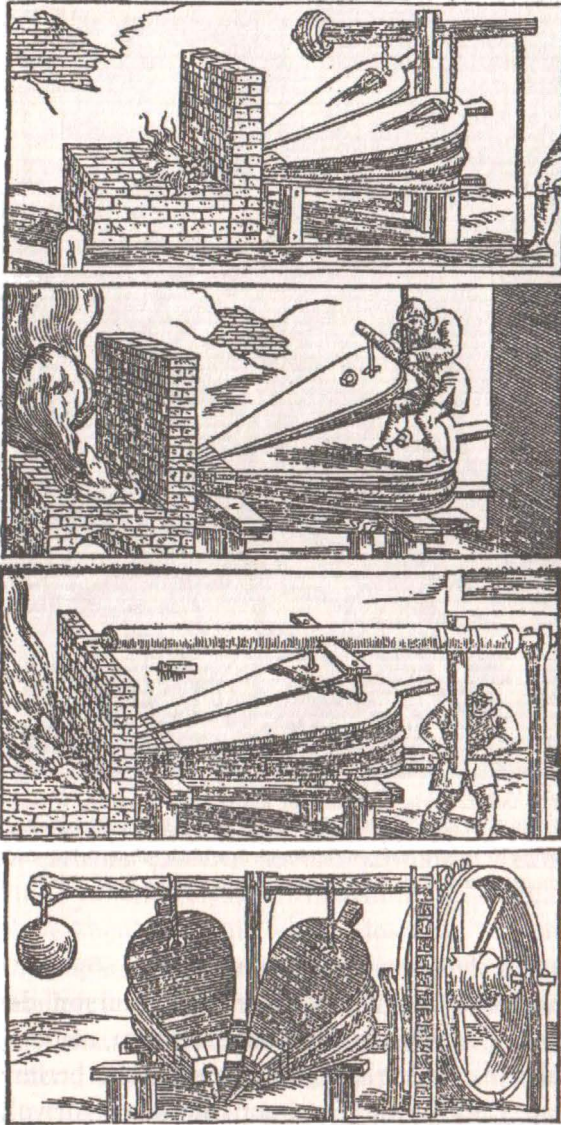
Sikkencilik, metallerin cevherden ayrılmasında ve sınavı sa-
natında, geniş bir deneyim gerektiriyordu; çünkü analizli de-
netim olmadığında sikkeci, sahtekârlığa yelteniyor ya da sahtekâr
diye adı çıkıyordu. Biringuccio'nun bu konudaki şu söz-
leri dikkat çekicidir: Düşük gümüş içerikli kara kuruşlar, kız-
dırılırken havaya fırlatılırsa, "üzerine hava almaktadır". Ku-
yumcu, bozuk altın ve gümüşü saflaştırmada, savatlamada, mi-
necilikte ve altınla kaplamada, kimya bilgileri gereksiniyordu.

Bakır dövmece, sert ve yumuşak lehim yapabilmeli, bakırı kalaylayabilmeli ve bakırı mat hale getirebilmeliydi; demir ve çelik dövmece, malzemeyi sertleştirip yumuşatabilmeli, sertleştirmek için katkı maddelerinin ne olacağını anlamalı, bakır ve gümüşle lehim yapabilmeli, ayrıca dağlama, parlatma ve altınla kaplama yapabilmeli idi. Kalay dökümcülüğü Ortaçağ'da gelişkin bir yöntemle yürütülüyor ve sert kurşundan harf dökümü de kalay yapraklar (folyo) hazırlamayı kapsıyordu. Biringuccio'nun eski yöntemleri aktararak sergilediği tel çekimciliği bile metalürji bilgilerini gerektiriyordu. Özellikle üzerine altın kaplanmış gümüş tel, Ortaçağ zanaatında yüksek bir düzeye erişmişti. Aynı yöntemle, gümüş zeminli altın yapraklar da üretiliyordu. Altın ve gümüş kaplama eşya ve atıklardan soy metal geri kazanımında, o zamanlar büyük bir bilgi birikimine erişilmişti. Bu bağlamda "Yeni Dünya"da amalgamlama işlemi, gümüş elde edilmesinde büyük bir önem kazandı. Biringuccio, "*Almanya'dan gelen cam ayna*"dan da kısaca söz etmiş ve metal ayna yapımını betimlemiştir. Derin düşünceli başka kişiler gibi Biringuccio da, fırında elde edilemeyecek yüksek sıcaklıklara ulaşabilmek için yakıcı ayna yapımı konusunda uğraşmıştır.⁴⁷

Ortaçağ sonlarında demir, altın, gümüş ve bakır dışında şu metaller kullanılmaktaydı: Civa, soy metal metalürjisinde ve tedavi sanatında; kurşun metali su borusu yapımında, pencere kaplamasında ve harf dökümünde ana bileşen olarak, sonraları da ateşli silahlar için mercuri üretiminde; antimon, bizmut, kalay ve çinko (çinko karbonat bileşiği olan *galmei* şeklinde) ise temelde alaşım metalleri olarak.¹

Bir mimarın oğlu olan Vannoccio Vincenzio Agustino Luca Biringuccio (1480-1539), gençliğinde İtalya'nın dört bir yanına ve Almanya'ya geziler yaparak gümüş madenlerinde çalışarak ünlü eserini oluşturacak konular üzerinde bilgi toplamış, 1515'te doğum yeri olan Siena'yı terk etmiş, yokluğunda kalp sikke yapımı ile suçlanmış, Roma, Napoli ve Sicilya'da göçmen

hayatı yaşamış, sonra tekrar Siena'ya döndüğünde bir işletmenin yöneticiliğine atanmıştır. 1524'te tüm Siena Cumhuriyeti'nde güherçile üretim imtiyazını almış, daha sonra bir ayaklanmaya katılmış, başarısızlık sonucunda oradan kaçmış ve 1526-29 yılları arasında olasılıkla Almanya'da dolaşarak dökümhanelerde, metalürji atölyelerinde ve darphanelerde çalışmıştır. Daha sonra Floransa Cumhuriyeti'ne bağlı Milano kentindeki pirinç işletmesini gezmiş, top dökümü ile uğraşmış ve ilk elden zengin deneyim kazanmış ve ardından Siena'ya dönmüştür. Savaş tekniği ve metalürji konulu *De la pirotechnia* adlı ünlü eserinin adında yer alan “*pirotechnia*” terimi, burada özgün anlamı olan havai fişekçilikten çok daha geniş bir anlama sahip olup damıtma yoluyla asitlerin hazırlanması dâhil ateşin çeşitli maddeler üzerine olan etkilerini de kapsar. İlk baskısı onun ölümünden sonra 1540'ta yapılan eserin ikinci baskısının 1550'de, üçüncü ve dördüncü baskılarının 1559'da yapılmış olması, o zamanki popülerliğinin göstergeleridir. Eser daha sonra İtalyanca'ya, Fransızca'ya ve *Die zehn Bücher von der Feuerwerkskunst* başlığı altında Almanca'ya çevrilmiştir. Metalürji konulu ilk kitap olarak *De la pirotechnia*, metalürjinin tüm alanlarını kapsayan en erken basılmış kitap olup iki yüzyıl boyu aşılamayan bir başvuru eseri olmuştur. Biringuccio'nun eserinde alev fırınları ve antimonun sertleştirilmesi üzerine ilk ayrıntılı bilgiler vardır; alev fırınında kurşunun kavrulmasında ağırlık artışından ilk olarak söz edilmektedir; çeliğin sertleştirilmesindeki renk değişimi ilk olarak betimlenmiştir; civa kullanarak cevherden altın ve gümüş gibi soy metallerin elde edilmesine yönelik yeni bir yöntem ayrıntılı olarak betimlenmiştir ve modern adı altında “mangan”dan ilk olarak söz edilmiştir. ŞEKİL 12'de Biringuccio'nun ünlü eseri *De la pirotechnia*'dan, metalürji tekniğinde kullanılan çeşitli düzenlemeler halinde körükler görülmektedir. Ünlü harıtaçı Sebastian Münster (1488-1552) ise çeşitli eserlerinde madencilik sanatına ilişkin konuları da resimlemiştir (ŞEKİL 13, ŞEKİL 14).



Şekil 12. Metalürji teçnitinde kullanılan çeşitli körükler: (A) Bir ayak pedali ve karşı ağırlıkla çalıştırılan körükler; (B) Doğrudan bir insanın ağırlığı yoluyla çalıştırılacak şekilde düzenlenmiş körükler; (C) Yatay micle bağlı bir kalasın sağa-sola hareketiyle çalıştırılan körük çifti; (D) Kısmi parmaklık dişli bir tekerlek ve karşı ağırlık düzeninde çalıştırılan körük çifti (V. Biringuccio, De la pirotechnia, Venedik, 1540).^{8,44}



Şekil 13. Temizlenmiş cevherin, el arabası ile maden evine taşınması ve hacmi ölçülerek maden çavuşu (kâtibi) tarafından kaydedilmesi; sağ tarafta duvarın dışında iki maden ağası, en alt tarafta ise pazara mal götürecek olan at arabası [ahşap oyma resim, Sebastian Münster, *Cosmographia universalis* (Evrensel Kozmografya), Basel, 1544].

De la pirotechnia'nın on kitabının içeriği şöyledir: Birinci Kitap: Metaller (altın, gümüş, bakır, kalay, kurşun, demir, çelik vb.), maden ocakları, maden kuyusu inşası, madenci gereçleri; metallerin, cevherlerin ve minerallerin betimlenmesi; İkinci Kitap: Civa, kükürt, antimon, markasit, vitriyoller, şap, arsenik, orpiment, realgar gibi yarı-metal ve bileşiklerin betimleri; civa kazanımının en eski betimleri; kükürtlü cevherlerin özellikleri ve eldesi; nişadır, alkali tuzlar, zımpara, boraks, mıknaştışı vb. üzerine bilgiler; Yaşlı Plinius ve Albertus Mag-

nus (1193-1280) dâhil Antik ve Ortaçağ bilginlerinin bu konulara ilişkin görüşleri; metal piritleri, şap eldesi, arsenik, orpiment; bilindik tuzların maden ocaklarından ve sulardan eldesi; mavi ve yeşil lazurtaşı; kaya kristali, elmas, zümrüt, safir; tuzlar üzerine genel bilgiler; cam üretiminin betimi; Üçüncü Kitap: Cevherlerin eritme işlemine hazırlanması; Dördüncü Kitap: Güherçile ve şaptan nitrik asit hazırlanması, gümüş ile altının ayrılması ve altın eldesi; Beşinci Kitap: Metal alaşımları: Altın alaşımları, gümüşün bakırla alaşımları, bakırın kalay ve kurşunla

alaşımları; Altıncı Kitap: Metal döküm sanatı, tunç dökümü için balçık kalıp hazırlanması, tunç figür ve top dökümü; çan dökümü; çatlamış çanların kaynak yapılması; Yedinci Kitap: Metal eritme yöntemleri, alev fırınlarının inşası ve çalıştırılması; büyük ve küçük top güllerinin dökümü; Sekizinci Kitap: Küçük tunç dökümü için kumun sağlanması ve kalıp hazırlanması; metalleri kolay eritici ve akışkan hale getiren katkı maddelerinin betimi; Dokuzuncu Kitap: Ateşle gerçekleştirilen çeşitli işlemler: Damıtma; süblimleştirme; sikke yapımı; altın, bakır, demir ve kalay dövme işlemleri; altın, gümüş, bakır ve pirinç tel çekimi; telkâri işinde kullanılacak altının hazırlanması; gümüş ve diğer eşyaları altınla kaplama, altın varak hazırlama; metal eritme tavaları; Onuncu Kitap: Yapay yangın malzemeleri, savaş malzemesi yanıcı karışımlar, havai fişekler.



Şekil 14. Arka planda, su dolabıyla çalıştırılan körüklerin görüldüğü kavurma fırınından yoğun kükürt dioksit dumanları çıkıyor; ön planda ise erimiş kurşun, yassı dilimlere dökülüyor (Sebastian Münster, Von dem Elsaß (Alsace Üzerine), 1550 yılı dolaylı).

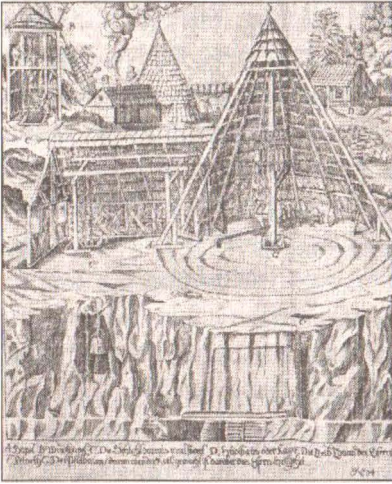
Agricola *De re metallica*'da cevherlerin erimesini kolaylaştıran akışkanlaştırıcının ["*lapides igni liquescentes (fluores)*": ateşte sıvı hale geçen (akıcılaşan) taşlar] nasıl hazırlanacağından söz eder. Akışkanlaştırıcılar cevherler için bir çözücü gibi etki ederler, aksi takdirde onları daha başka işlemlerle sıvı hale getirmek için daha fazla ısı (enerji) kullanmak gerekir. Bu maddeyi Almanlar "*Flußspat*" (İng. "*fluorspat*", flüspat, kimyaca kalsiyum fluorür, fluorit, CaF_2) diye adlandırmış olup bundan ilk olarak 16. yüzyıl sonlarında Johannes Thölde (takma adı Basilius Valentinus) (1565-1614) söz etmiştir.

Demir işçiliği tüm kültürlerde kutsanmış ve yüceltilmiş, demir ustaları da tıpkı bir ruhban sınıfı gibi toplumun ileri gelenlerinden sayılmıştır. Felsefî olarak ise demir ustası metal eşyayı yetkinleştirirken, bir yandan da kendini ruhsal olarak yetkinleştirmiştir. Çağlar boyunca çeşitli oluşumu ve maden yataklarının bulunuşu çeşitli söylencelerle süslenerek tanrılara, peygamberlere, pîr ve velilere, koruyucu aziz ve azizelere dayandırılmıştır. Yunan mitolojisinde Zeus'un oğlu olan ve demir işleyim tanrısı olarak geçen Hephaistos'un Roma'daki karşılığı, aynı zamanda ateş tanrısı da olan Vulcanus (Vulkan) idi. Yunan söylencesine göre, çok çirkin olduğu için tanrıça annesi tarafından reddedilen Hephaistos, deniz altında bir mağarada büyür ve yalnızlığını, demire çeşitli şekiller vererek gidermeye çalışır. Daha sonra Olympos Dağı'ndaki bir demirhanede çalışmaya başlar. Çirkin, sinirli ve sakat olmasına karşın güçlü kuvvetlidir. Demircilik sanatında o denli ustadır ki, demirhanesinde kendisine yardımcı olması için demirden otomat şeklinde, konuşabilen ve en ağır işleri bile yapabilen bir grup kadın işçi üretir. Ayrıca Olympos tanrıları için düzenlenen şöenlerde kendi başlarına onlara hizmet eden altın tekerlekli ve üç ayaklı masalar da icat eder.⁴⁸ Buna göre volkanların ağzından çıkan alev ve dumanlar, Hephaistos'un yeraltındaki demirhanelerinden yükseliyordu. Homeros (İÖ ~750-700) ise, Hephaistos'un büyük zekasıyla meydana getirdiği altın delikanlılar,

tunç kızlar ve gümüş köpeklerden söz eder. Kikloplar (tekgözlüler ya da tepegözlüler) söylencesinde ise Sicilyalı Kiklopların demirciler tanrısı Hephaistos'un buyruğu ile Etna yanardağının altında çalıştığından söz edilir. Yanardağdan fışkıran lavlar ise, Zeus tarafından yenilgiye uğratılıp oraya hapsedilen Typhon adlı ejderhanın ağzından çıkmaktadır. Ünlü Eski Yunan madenci doğa filozofu Agrigentum'lu Empedokles'in (İÖ 485-425), tanrı Hephaistos'un ocağı sayılan Etna yanardağının kraterinden kendisini aşağı attığı söylenmektedir. Tıpkı madenlerin zehirli gazlarını soluyan madencilerin kötürüm ya da topal olması gibi, Hephaistos'un da topal olduğu söylenir.

Orta Avrupa'da Erzgebirge dolayındaki Annaberg-Buchholz madenlerinin bulunuşu Danyal (Daniel) Peygamber (İÖ 6. yüzyıl) ile ilişkilendirilir. Danyal Peygamber'in bir madenci çırağına madenlerin doğuşu, yatakların yeri ve işleme teknikleri ile ilgili sırları açıkladığına inanılır. Başka bir söylence, 3. yüzyılda Roma İmparatorluğu'nun Bithynia (Kocaeli) eyaletinin merkezi olan Nikomedia'da (İzmit) yaşayan soylu bir ailenin kızı olan St. (Santa / Azize) Barbara ile ilişkilidir. Azize Barbara sonradan Katolik dünyasında madencilerin piri kabul edilmiş ve 4 Aralık günü de madencilik günü olarak benimsenmiştir. Ayrıca 1514'te Annaberg'de doğan Barbara Uthmann, Erzgebirge'de dantel işlemecilik merkezi kurmuş ve yaklaşık 900 kadın ve kız burada çalışmıştır. Barbara Uthmann, "Annaberg'in Velinimet'i" olarak adlandırılır. Öte yandan Polonya'da Krakow yakınlarındaki muazzam yatakları ile ünlü Wieliczka tuz madeni, buraya gelin gelen Bizans imparatorunun torunu Kinga'ya bağlanmış ve Kinga, tuz madencilerinin koruyucu azizesi kabul edilerek burada onun adına küçük bir kilise inşa edilmiştir.

Türk mitolojisine göre Nuh Peygamber'in oğullarından Yafes'in Türk adlı bir oğlu vardır; Türk'ün oğlu Tutuk (ya da Tütek), tuzu ilk keşfeden kişi olup avladığı geyiği pişirip yerken eti yere düşürmüş ve onu yerden alıp yediğinde yerin tuzlu ol-

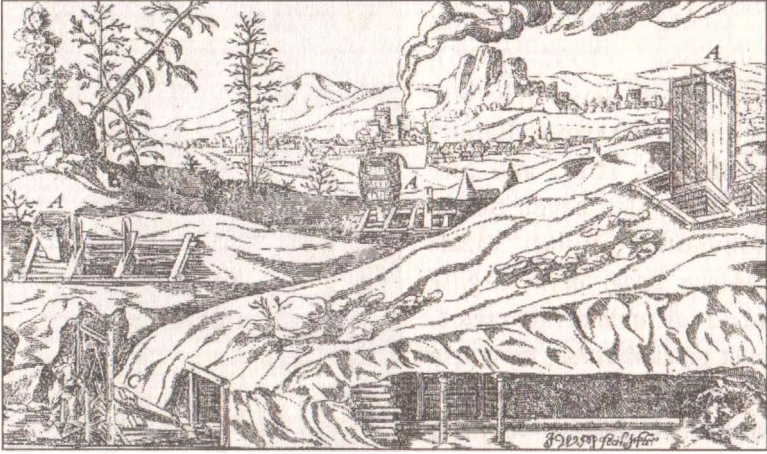


Şekil 15. G. E. von Löhneyss'e göre maden ocağında iki beygirin çalıştırdığı beygir dolabı (onun, ilk baskısı 1617'de yapılan Bericht vom Bergwerck adlı eserinin daha sonraki 1690 tarihli nüshası için hazırlanan ahşap oyma resim).

ması nedeniyle etin daha da lezzetlendiğini anlayarak tuzu keşfetmiştir. İslâm kültüründe demircilik mesleğinin Hz. Davud'un (~İÖ 1015-975) bir armağanı olduğu ve Hz. Davud'un bu mesleğin piri olduğu kabul edilir.

Demircilik Türk mitolojisinde de önemli bir yer tutmaktadır. Türklerin türeyişine ilişkin ünlü *Ergenekon Destanı*, Göktürk (Köktürk) Devleti'nin parçalanma ve yeniden kurulmasına ilişkindir. Adını, söylence- sel vadideki sarp geçitten

("ergene": sarp + "kon": geçit) alır ve Türk ırkının Ergenekon'dan çıkarak yeryüzüne yayılması konusunu işler. Buna göre Kavimler Göçü sırasında son derece verimli olan bu vadiye gelen Göktürkler, ilkin burada kalmaya karar verirler. Düşman saldırısına karşı kendilerini korumak için vadinin tek giriş yolunu, ellerindeki demirden yapmış tüm silah ve malzemeyi eriterek ördükleri bir demir kapı ile kapatırlar. Zamanla çoğalıp güçlenir ve buraya sığamaz olurlar. Kendilerine yeniden silah yapabilmek için bu demir kapıyı eritmeye karar verirler. Demir kapının önüne odun ve kömür yığıp büyük bir ateş yakarlar ve hayvan derisinden yaptıkları büyük körüklerle ateşi körüklerler. Böylece demir erimeye başlar ve kayalar arasından bir yol ortaya çıkar. Ancak geçit ve vadilerde labirentlerle karşılaşır ve doğru çıkış yolunu bulamazlar. Oraya ilk geldikleri zamanda yolları bilen nesilden kimse kalmamış olduğu için, dağlarda yollarını şaşırırlar. Sonunda Asena adlı dişi bir boz-



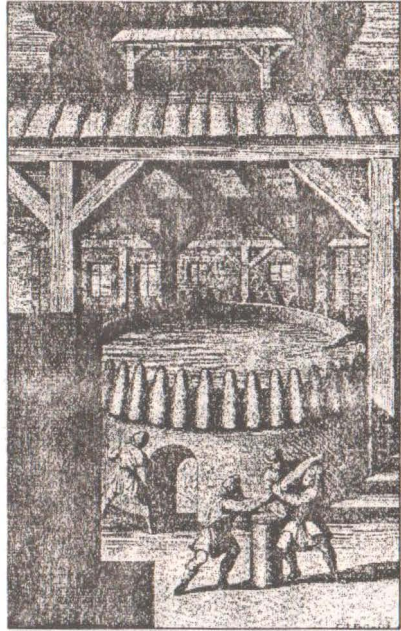
Şekil 16. Ayakla çalıştırılan bir körük yardımıyla maden galerisinin havalandırılması (G. E. von Löhneyss, Bericht vom Bergwerck, 1617).¹⁶



Şekil 17. 18. yüzyıl başlarında Tirol bölgesindeki Hall tuzlusuındaki kayatuzu ocagında çalışan işçiler (bakır kazıma resim; Josef Anton Friedrich, 1707).

kurt (Göktürk bayraklarında arma olarak yer alır) onlara yol gösterir. Ergenekon ya da Nevruz Bayramı etkinliklerinde Türk Cumhuriyetlerinde, yakılan ateşin yanı sıra, küçük bir çekiçle bir demir parçasının dövülmesi, demir kapıyı simgelemektedir. Destanın başka bir değişkesinde ise, Altay Dağları'nın kuzey yüzündeki "Temir Tav" (Demir Dağı) adlı yörede yaşayan demirci Türk halkı Şorlar'ın, buradaki demir madenini eriteyerek çıkış yolunu buldukları belirtilir.

Georg Engelhardt von Löhneyss (1552--1625), *Bericht vom Bergwerck* (Madencilik Üzerine Rapor) (Zellerfeld, 1617) adlı eserinde yer alan beygir dolabı konusunda şunları yazar: "Maden ocağı derin değilse ya da çok fazla cevher çıkartmak gerekmiyorsa, bu iş için bocurgata ihtiyaç vardır; ama ocak derinse ve fazla cevher çıkartmak gerekmiyorsa, o zaman beygir dolabı kullanılır" (ŞEKİL 15, ŞEKİL 16). Dolapta, kovaların asılı olduğu keten halatların 2-3 yılda bir değiştirilmesi gerekirken, demir halat ya da zincirler 5-6 yıl dayanıyor ve daha ucuz düşüyordu. ŞEKİL 17 ve ŞEKİL 18'de Ortaçağ sonlarında Avrupa'da Tirol bölgesindeki tuz madenciliğine ilişkin sahneler sergilenmektedir.



Şekil 18. Tirol'deki Hall tuzlasında yuvanlı tava içinde tuz çözeltisini buharlaştırarak "kelle tuz" hazırlayan işçiler: O dönemde halık ve diğer etleri bozulmadan bir süre saklayabilmek için tuzlamak çok önem taşıyordu. Tuzlardaki tuz çözeltilerinden ya da kayutuzu ya-taklarının küt olduğu bölgelerde tuzlu deniz suyundan tuz elde etmek için onları uzun süre kaynatarak buharlaştırmak gerektiğinden, bu uygulama Avrupa'da geniş ormanlık alanların tahribatına yol açmıştır (bakır kazıma resim; Josef Anton Friedrich, 1707).

AVRUPA MADENCİLİĞİNİN BABASI: GEORGIUS AGRİCOLA

15. yüzyılın ikinci yarısında, Harz, Erzgebirge, Bohemya, Tirol (Schneeberg yöresi) ve Macaristan'da gümüş elde edilmesi artmış, sikke üretim tekniği ise yeni geliştirilmiş el presleri ve kesme damgalarla daha da geliştirilmiştir. Almanların "Reformasyon çağı", Fransızların "Rönesans", İtalyanların ise

“Cinquecento” dedikleri Yeniçağ’ın başlangıç dönemine (1500-1600), büyük keşifler ve buluşlar da damgasını vurmuştur. Kristof Kolomb (Christopher Columbus) (1451-1506) Amerika’yı keşfetmiş (1492), Vasco da Gama (1469-1524) Hindistan’a giden deniz yolunu bulmuş (1498), Leonardo da Vinci (1452-1519) “Mona Lisa”yı resimlemiş, Raffaello Sanzio (1483-1520) ve Michelangelo Buonarroti (1475-1564) ölümsüz eserlerini gerçekleştirmiş, Nikolaus Kopernikus (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630) ve Galileo Galilei (1564-1642) ise yeni bir evren tablosunun temellerini atmışlardır.

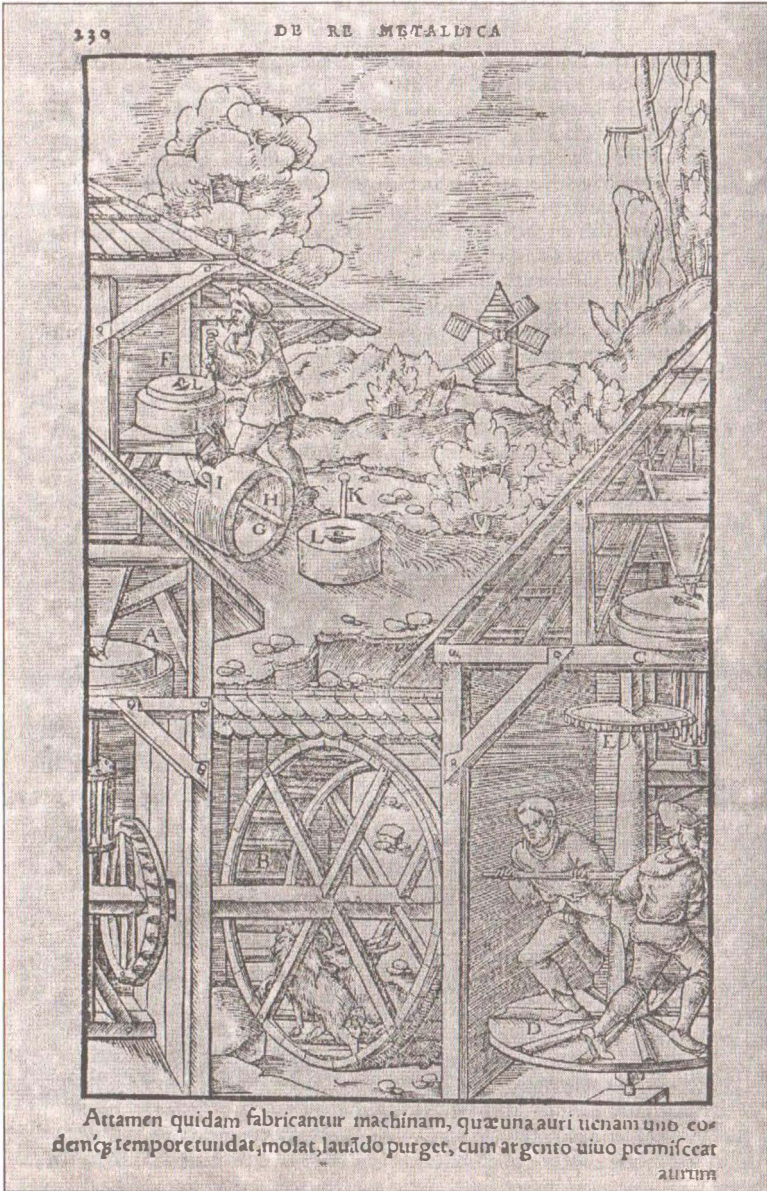
Madencilik ve maden analizi konusunda yayımlanmış ilk Almanca kitaplar 1505 yılında Augsburg’da basılmış olan *Eyn volgeordnet und nützlich Büchlein, wie man Bergwerck suchen und finden soll ya da Ein nütlich Bergbüchlein von allen Metallen* (Tüm Metallerin Yararlı Bir Madencilik Kitapçığı) ile yaklaşık 1518’de basılan *Probierebüchlein auff Gold, Silber, Kupffer und Blei*’dir (Altın, Gümüş, Bakır ve Kurşun Üzerine Kimyasal Analiz Kitapçığı). Rönesans döneminin ünlü madencisi Georgius Agricola (1494-1555), bunların yazarının, “saygın hekim” (“*non ignobilis medicus*”) ve Freiburg kenti belediye başkanı Freiburg’lu Calbus (Calbus Fribergius, Ulrich Rülein von Kalbe) olduğunu söylemiştir. Calbus, Freiburg’da madenciler arasında yaşamış ve ilgilendiği inanç ve uygulamaları simyanın ışığı altında yorumlamıştır. Son derece ender ve gizlerle dolu bir kitapçık olan *Bergbüchlein...*, Fransız Gabriel Auguste Daubrée (1814-1896) tarafından Fransızca’ya çevrilerek 1890 yılının Haziran ve Temmuz sayılarında “*Journal des Savants*”da yayımlanmıştır. Burada Danyal Peygamber’in bir madenci çırığına madenlerin doğuşu, yatakların yeri ve işleme teknikleri ile ilgili sırları açıkladığı, “*madenin oluşup büyümesi için dölleyici ile doğurma işlemini yapabilecek bir şey ya da maddenin olması gerektiği*”, maden filizlerinin iki ilkenin (kükürt ve civa) birleşmesinden doğduğu, bu birleşmede kükürdün eril tohum, civaninsa dişil tohum görevini gördüğü, çeşitli madenlerin olu-

şumunda hangi gezegenlerin etkilerinin bulunduğu, altın madenin güneşin etkisiyle en temiz kükürtten oluştuğu gibi bilgilere yer verilmektedir.⁴⁹

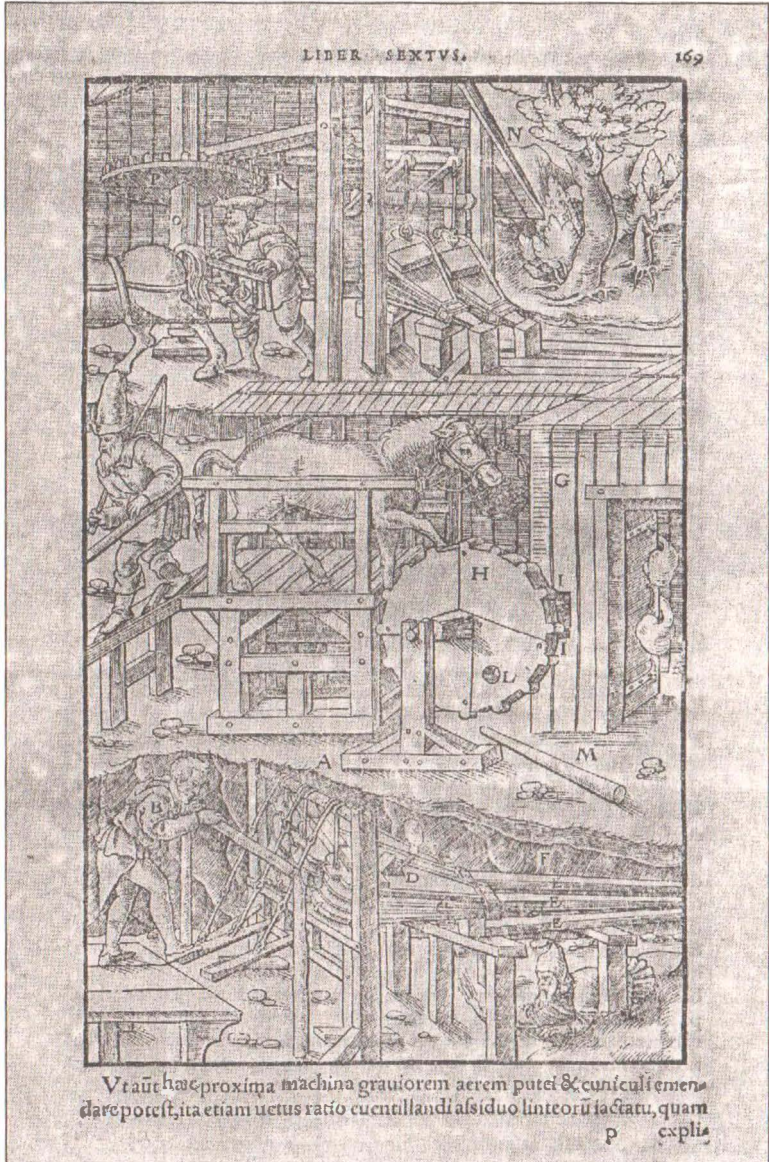
Ortaçağ metalürjisi üzerine kısmen zengin resimlerle beze- li bilgileri veren kaynak olarak Georgius Agricola'nın *De re metallica libri XII* adlı 1556 basımlı Latince kitabı, ilk sırada anıl- maya değer. 1556'daki Latince nüshasından bir yıl sonra Bas- sel'de Hieronymus Froben (1501-1565) ve Nikolaus Episcopus (1501-1564) tarafından Alman dilinde *Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen* başlığı altında, ardından da *Bergwerksbuch* ya da *Bergwerck Buch* adları altında da yayımlanmıştır. Agricola bu kitabı ile Geç Ortaçağ ve Erken Yeniçağ döneminin maden ocağı ve madencilik tekniğinin düzeyi konusuna zengin bakış açısı getirmiştir. Eserde o zamanın madencilik, metalürji ve mühendislik sanatı üzerine, eritme fırını inşaatı üzerine, soda, güherçile, kükürt ve şap üretimi üzerine, cevherin taşınması, rüzgâr gücü ve su gücü ile işleyen düzenekler, ayrıca maden hukuku ve yönetimi üzerine ayrıntılı bilgiler verilmiştir (ŞEKİL 19 - ŞEKİL 22).

Alman Georgius Agricola ve Fransız Bernard Palissy (1510- 1589), simyacıların yanlış bilgilerini çürütmeye başlamış ve deney yöntemini savunmuşlardır. Adı geçen kitabında özellik- le maden ocağı inşasına ilişkin olarak yer alan özgün resimler Agricola'yı ünlü kılmıştır. Palissy ise seramik ve mine (emaye) sanayisini kurmuş ve kimyayı ilk kez tarıma uygulamıştır.

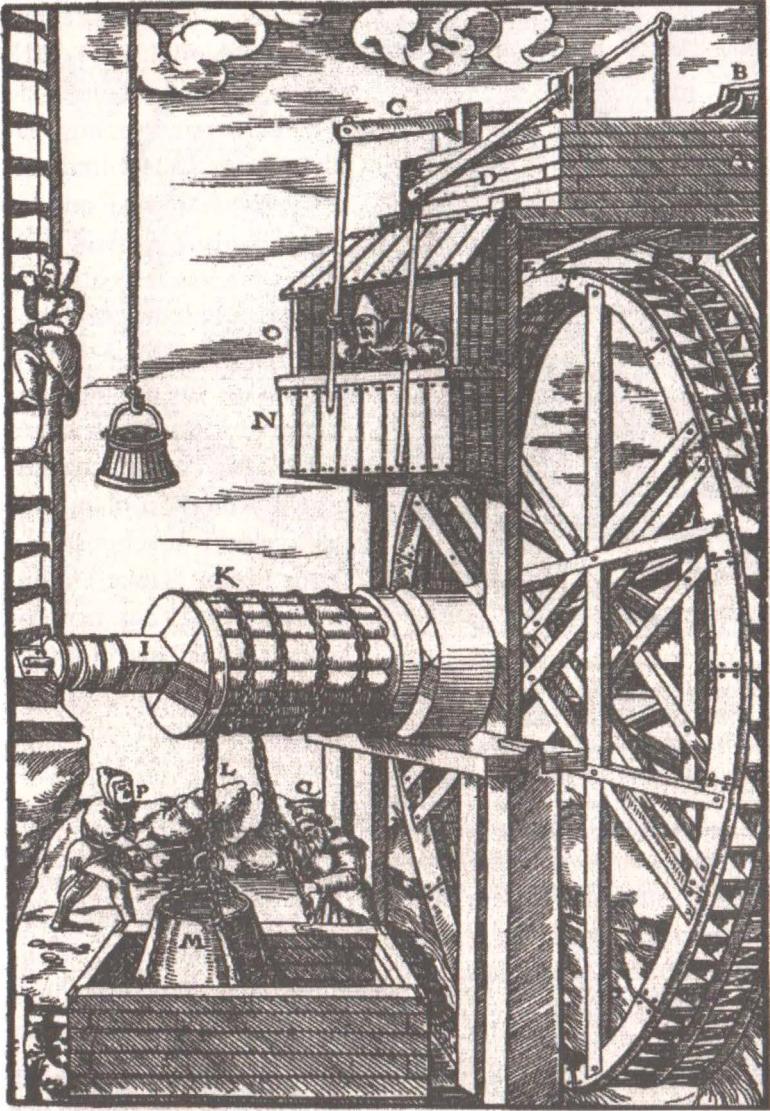
Agricola'nın (1494-1555) (ŞEKİL 23) asıl adı Georg Bauer ("Çiftçi Georg") olup babası, dokumacı ve boyamacı Gregor Pauer (→ Gregor Bauer) idi. Yaşadığı Hümanizma çağının ge- lenegine göre "çiftçi" anlamına gelen "Pauer (Bauer)" şeklin- deki adını, hocası Petrus Mosellanus'un (Peter Schade) (1493- 1524) önerisiyle aynı anlama gelen "Agricola" şeklinde Latin- celeştirmiştir. 24 Mart 1494'de bir zanaatkârın oğlu olarak Saksonya'da Glauchau'da doğmuş; Latince ve Yunanca öğren-



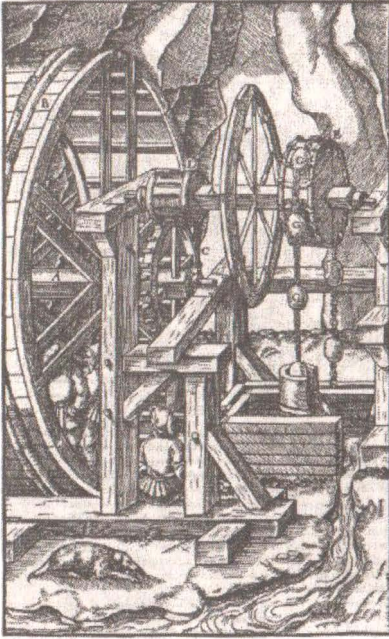
Şekil 19. Cevher değirmeninin çalıştırılmasını gösterir resim ("sincap kafesi" ya da "par-maklıklı dolap" diye adlandırılabilcek bu kurguda büyük dolabın içinde bulunan keçi, onun dönmesini sağlayan yürüme hareketi yapıyor) (G. Agricola, De re metallica, 1556).



Şekil 20. Üstte: Beygir gücüyle döndürülen dolap aracılığıyla körüklerin çalıştırılması; Ortada: Beygirin adım atma hareketleri sonucu bir dolabın döndürülmesi yoluyla fırına hava sevk edilmesi; Alttı: İnsan gücüyle çalışan körüklerle maden ocağına hava gönderilmesi (G. Agricola, De re metallica, 1556).



Şekil 21. Sığır derisinden kırbalar (deri kova) yardımıyla maden kuyusundan su boşaltmada kullanılan ve çapı 10,7 m olan su dolabı: Balkon gibi yerde duran adamın iki eliyle kumanda ettiği uzun kollu regülatörler, suyun, dolabın hangi yarım kısmına doldurulacağını, buna uygun olarak da çarkın hangi yönde döneceğini (bir dönme yönünde kırbaları yukarı çekerken diğer yönde aşağı göndermeyi) düzenlemektedir (G. Agricola, De re metallica, 1556).³⁰



Şekil 22. Eşit uzunlukta zincirlerle birbirine bağlanmış deri kovalar (kırba) yardımıyla maden kuyusundan su boşaltmada ayak kuvvetiyle döndürülen dolaptan yararlanma: Bu dolabı döndürmek için çocukların kullanıldığı da oluyor ve 7 saat çalıştırdıktan sonra 1 saat dinlenme veriliyordu; bu dolaplar gece-gündüz çalışıyor, hafta sonları ve bayramlarda da tatil yapmıyordu (G. Agricola, De re metallica, 1556).^{1, 31}

mek üzere Chemnitz'e gitmiş; öğrenimini 1514-1518 yılları arasında Leipzig'de dilbilim üzerine yapmış, daha sonra da 1524 yılında bilim ve sanat ülkesi olan İtalya'ya gitmiştir. Burada geçimini matbaada çalışarak sağlarken Bologna ve Padua'da kimya ve tıp öğrenimi görmüş ve tıp doktoru unvanını almıştır. Daha sonra Orta Avrupa gümüş madenciliğinin merkezi olan, Erzgebirge'deki Joachimsthal'e (para birimi "Dolar", adını bu kentte 1519'dan beri basılan ve adına "Joachimsthal" ya da "Schlickthal" denilen paradan almıştır) dönerek 1527-1531 yılları arasında burada kent hekimliği ve eczacılık yapmış, madencileri etkileyen meslek hastalıklarına karşı minerallerin (anorganik ilaçla-

rın) tedavi edici etkisi konusuna eğilmiş ve madencilik bilimini bilimsel ve sistematik olarak araştırmak üzere çalışmalara koyulmuştur. Antikçağ'dan o zamana herhangi bir madencilik elkitabı ulaşmamış olduğundan, Agricola böyle bir elkitabı hazırlamaya yönelmiş ve eserinin yazımında burada yaşayan madencilerin sözlü bildirilerinden çok yararlanmıştır.^{17, 43}

Agricola, 1520 yılında Leipzig'de *Libellus de prima ac simplici institutione grammatica* (Dilbilgisinin İlk ve Yalın İlkeleri



Şekil 23. Georgius Agricola.⁵²

Üzerine Kitapçık) başlığı altında, Latince ile ilgili ilk ve basit ders kitapçığını yayınlamıştır.

Doğanın gözlemlenmesine ve yöntembilime ilişkin olarak İtalya'da kazandığı bilgileri madencilik alanına uygulamıştır. Bizzat madenlerde ağır koşullarda bedensel olarak çalışarak madenci ve metalürjistlerin dünyasını yakından tanımış ve onlardan saygı ile söz etmiştir. Madencilik tekniğine ilişkin gözlem ve deneyimlerini, madenci ve mineraloglarla olan diyaloglarını, daha sonra hazırlayacağı kitapların bir öncüsü, "ağız tadı" niteliğinde ilk kitap olarak, dar kapsamlı ustaca bir eser olan *Bermannus sive de re metallica dialogus* (Bermannus ya da Madencilik Üzerine Bir Diyalog) (Basel, 1530) adlı kitapta toplamıştır. Bu eser, Hümanistlerin dikkatlerini madencilik alanına çeken bir eser idiye de, önemi yeterince göz önüne alınmamıştır. Bu kitapçık, Joachimsthal maden ocağı kâtibi olan madenci arkadaşı Lorenz Wermann'a ithaf etmiş olup, Latince'de

W harfi bulunmadığından, Agricola onun adını “Bermannus” şeklinde yazmıştır. *Bermannus...*, elyazma metin halinde Agricola’nın arkadaşları aracılığıyla Rotterdam’lı Desiderius Erasmus’un (1467-1536) eline ulaştırılmış, eserden çok etkilenen Erasmus, güzel bir önsöz yazarak basılması için Basel’deki ünlü basımcılar Hieronymus Froben ile Nikolaus Episcopius’a göndermiş, 1530 yılında Basel’de Froben’in matbaasında basılmıştır. Bu eser, Agricola’nın tüm yaşamının bilimsel çalışma programı olmuş, Agricola’nın kafasında madencilik ve metalürjiyi sistematik ve eleştirel bir biçimde özetleyici bir planı da olgunlaştırmış ve uzantısında dünyaca ünlü eseri ortaya çıkarmıştır. Agricola temelde madencilik ve metalürji ile ilgilenmiş ve simya ile ilgilenmemiştir. Çağının madencilik ve metalürji konularındaki tüm bilgi ve deneyimlerini, yazdığı ölümsüz eserinde derlemiştir. Bu eseri 400 yıl boyu biricik başvuru kaynağı olmuş ve madencilik biliminin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Agricola, Hümanizma’ya bağlı biriydi ve içlerinde Erasmus’un da bulunduğu kimi ünlü hümanistlerle dosttu.

1525 yılında Türkler, Mohaç’ta Macarları bozguna uğratmış, 1529’da ise Viyana önlerine dikilerek tüm imparatorluğu ve Hristiyanları tehdit eder duruma gelmişti. Bu durum karşısında politika ile çok ilgilenen bir kişi olarak Agricola, İmparator V. Karl’ın (Şarlken) (1500-1558) kardeşi olan Bohemya Kralı I. Ferdinand’ı (1503-1564) ve öteki tüm Alman prenslerini, yurtseverlik görevlerini yerine getirmeleri ve ulusal ve dinsel farklılıkları bir yana bırakarak Osmanlılara karşı savaşta birlik olmaları konusunda uyarmak düşüncesiyle kısaca *Oration...* (Söylev...) ya da *Türkenrede* (Türkler Konusunda Söylev) olarak bilinen Latince bir eser kaleme aldı; Lorenz Wermann bunu *Von Kriegsrüstung und Heerzügen widder den Türcken...* (Tüklere Karşı Savaş Donanımı ve Ordu Düzeni Üzerine) (1531) başlığı altında Almanca’ya çevirdi. Eserde, Türklerin Almanlara karşı başlattığı savaşın acımasız ve tehlikeli, Türk sultanının küstah ve yabani olduğu, Tüklere karşı

savaşın gerekli olduğu belirtilmekte ve buna yönelik hazırlıklar ve savaş donanımı konu edilmekte olup 1531 yılında aynı anda Dresden ve Nürnberg'de basılarak yayımlandı. 1538 yılında genç arkadaşı Georg Fabricius (1516-1571), Agricola'nın bu eserini tekrar Latince'ye çevirerek *Oratio de bello adversus Turcam suscipiendo* (Türlere Karşı Savaşın Gerekliliği Üzerine Söylev) başlığı altında yayımladı.

Agricola 1531 yılında Saksonya'ya yerleşerek Chemnitz'de kent hekimi oldu. 1534, 1535 ve 1537 yıllarındaki veba salgınları Chemnitz'i kasıp kavurmuş; 1531'de 43 bin olan nüfus, yalnızca 1534 yılında 842 ölü vermişti. Çalışmalarını ilkin metrolojiye (ölçü ve tartılar bilimi) yöneltti. Her bir bölgedeki ölçü ve tartılarda büyük farklılıklar ve karışıklıklar vardı. Doğru ağırlıklar pek fazla tanınmadığından, karışım ilaçlar doğru dürüst hazırlanamıyordu. Bir hümanist olarak, yılların birikimi olan deneyim ve bilgilerini özetleyerek 1533 yılında *De mensuris et ponderibus* (Ölçü ve Tartılar Üzerine) başlığı altında, yine Basel'de Froben'in matbaasında bastırdı. Bu baskıda çok sayıda baskı hatası bulunduğundan, düzeltilmiş bir baskısı *De mensuris et ponderibus Romanorum atque Graecorum libri V* (Romalılarda ve Yunanlılarda Ölçü ve Tartılar Üzerine Beş Kitap) başlığı altında 1550'de yayımlanmıştır. Bu eserde eski Yunan ve Roma ölçü ve tartıları, o zamanlar Saksonya'da kullananlarla bağintılanarak işlenmiş olup değerli bir başvuru kitabıdır.

1538 yılında genç arkadaşı Georg Fabricius (1516-1571), *Türlere Karşı Savaşın Gerekliliği Üzerine Söylev*'i tekrar Latince'ye çevirerek *Oratio de bello adversus Turcam suscipiendo* başlığı altında yayımladı.

Agricola yer bilimleri konusunda, uzun çalışma yıllarının ürünü olarak 1545'te *De ortu et causis subterraneorum* (Yerin İç kısımlarındaki Maddelerin Oluşumu) adlı eseri yazmıştır. Bu eser, olasılıkla onun bilimsel görüşle yazdığı sistemli ilk çalış-

masıdır. Bunda 5 bölüm halinde, su, deprem, volkan, başkalaşım yoluyla yeryüzü değişiklikleri, yer çatlaklarının ve maden damarlarının oluşumu ve “taşların” özellikleri gibi konular işlenmiştir. Eserde, yeraltı sularındaki kuru ve nemli maddelerin bir arada kızdırılması ve koyulaşması yoluyla oluşan “taş oluşturuvcu özsu”yun (“*succus lapidescens*”) etkisinden ve çevresindeki kayaçları kemirip parçaladığından söz eder. Buna göre “*succus lapidescens*”, şu yollarla ortaya çıkmaktadır:⁵³ (i) Bir kuru ve rutubetli madde karışımının ısı altında “pişmesi” sonucu, (ii) Suların yerküreyi aşındırması sonucu, (iii) Rutubetin metal cisimlere sinsice işleyip onları kemirmesi sonucu, (iv) Sıcaklığın etkisi altında, çam ağaçlarından reçine sızmasına benzer şekilde, “su”yun yerkürenin dışına vurması sonucu. Bu anlatımlarda mineral içerikli çözeltilerden, önce ısınma sonra da soğuma yoluyla çeşitli mineral birikintilerinin oluşmasına yönelik erken bir kavramlaşmanın izleri görülür. Agricola bu eserde, *Kutsal Kitap*’taki, minerallerin tanrısal yaratım sonucu oluşumuna ilişkin tezlerin yanı sıra metallerin dönüşümüne ilişkin simyasal kuramı da sergiler. Tanrısal yaratıma ve simyasal dönüşüme ilişkin bu imgelemler, uzun süre geçerliliğini sürdürmüştür. Örneğin Avrupalıların deniz aşırı ülkelere doğru keşif gezilerinin önemli güdülerinden biri, “güneş metali” altının, özellikle dünyanın sıcak ve tropik bölgelerinde bulunduğu düşüncesi idi.

Agricola, Kasım 1545’de, ağırlıklı olarak suların işlendiği *De natura eorum quae effluunt ex terra* [Yerin İç Kısımlarından Dışarı Akan Nesnelerin (Kaynak Sularının) Doğası] adlı eserini tamamlamıştır.

Georgius Agricola’nın 1546’da yayımladığı *De natura fossilium* (Kayaç ve Minerallerin Doğası Üzerine) adlı 10 bölümlük mineraloji eseri, Yeniçağ’ın ilk mineraloji elkitabı sayılmaktadır ve Agricola’ya “Mineralojinin Babası” unvanını kazandırmıştır. Eserde kendi yeni sistemine göre mineral ve kayaçları renk, parlaklık ve tat gibi dışsal özelliklere dayalı olarak top-

raklar (kil, marn, tebeşir), bileşikler (tuzlar, kükürt, petrol, kehribar), taşlar (gerçek taşlar, değerli taşlar, mermer, kayaçlar), metaller (saf altın, gümüş, ...) ve karışımlar (cevherler) şeklinde sınıflamıştır. Eserde ilk olarak, fosillerin hayvansal kökenli olduğu vurgulanmıştır. Eserin adındaki “fossil” terimi (< Lat. “fossa”: “mineraller dâhil topraktan kazılarak çıkarılan her türlü doğal nesne”), olasılıkla Agricola tarafından ilk kez kullanılan bir terim olup 18. yüzyıla kadar mineraller, kayaçlar, taşlaşmış nesneler ve toprakta bulunan diğer maddeler için bir toplu-niteleme olarak kullanımda kalmıştır. Agricola *De natura fossilium*’da minerallerin tanınması için ilk ölçütleri ortaya koymuştur. Ona göre bu ölçütler arasında “renk”, “saydamlık / ışık geçirgenliği” (“translucida”), “parlaklık” (“fulgor”), “parıltılılık” (“mitor”), “yoğunluk” (“gravitas”), “sertlik” (“durities”), “esneklik” (“flexibilitas”), “bölünebilirlik” (“fissio”) vb. özelliklerin yanı sıra “küresel” (“figura globi”), “silindirik” (“figura cylindrica”), “konik” (“figura metae”), “saç benzeri” (“figura capillorum”), “yıldız benzeri” (“figura stellarum”) vb. gibi yapısal görünümelerini betimleyen terimler de bulunmaktadır.

Ortaçağ ve Rönesans döneminde öngörülen tıbbî özellikleri nedeniyle koleksiyonu yapılan nesnelerden biri de fosiller olmuştur. Eski Yunan filozofu Kolophon’lu (Örenşehir’li) Ksenophanes (İÖ 569-477), denizden uzaklardaki topraklarda rastlanan midye ya da diğer deniz hayvanı kabuklarına, açık bir şekilde, taşlaşmış canlı kalıntıları (fosiller) oldukları yorumunu getirmiştir. Aristoteles (Aristo) (İÖ 384-322) ve izleyicileri, fosillerin, toprak kuvvetlerinin hayvan ya da bitkilere benzer kayaçlar şeklinde onları biçimlendirdikleri yerlerde kendiliğinden üreme yoluyla oluştuklarını benimsemişlerdir. Batı’da fosiller konusunda, İbn Sina’nın görüşlerine benzer şekilde fosillerin organik doğada oldukları şeklindeki ilk görüş, Leonardo da Vinci (1452-1519) tarafından ortaya konmuştur. Georgius Agricola, fosiller ve mineraller üzerine gözlemlerini

1546'da *De natura fossilium* (Kayaç ve Minerallerin Doğası Üzerine) adlı eserinde yayımlamış, ardından Conrad Gesner (1516-1565) 1565'te bu konuda *De omni rerum fossilium genere* (Fosillerin Oluşumu Üzerine) başlıklı bir kitapçık yazmıştır. Bologna'lı hekim ve koleksiyoncu Ullisse Aldrovandi (1522-1605), *Geologia ovvero de fossilibus* (1604) adlı kitapçığında koleksiyonundaki fosiller üzerine görüşlerini belirtmiştir. Gesner'in eserindeki fosil çizimleri ahşap baskı yöntemiyle bir ölçüde kaba çizimler olarak yer alırken, daha sonra hazırlanan ve örneğin Fabio Colonna'nın (1567-1650) *Phytobosanos, sive Plantarum aliquot historia...* (Bitkilerin Mihenktaş, ya da Kimi Bitkilerin İncelenmesi) (1592) adlı eserinde yer alan bakır kazıma gravürler, ayrıntıları gözler önüne serebilmiştir. Fosillerin organik doğada olduğu görüşü, daha sonra çok yönlü bilgin Geronimo Cardano (Hieronymus Cardanus) (1501-1576) ve Fransız kimyacı ve çömlekçi Bernard Palissy (1510-1589) tarafından da desteklenmiştir. İngiliz doğa bilginleri John Ray (1627-1705) ve Martin Lister (1639-1712), fosillerin artık dünya üzerinde yaşamayan kimi canlı varlıkların kalıntıları olabileceğini düşünmüşlerdir. Bulduğu taşlardaki fosilleri incelemek için akıllıca bir yöntem uygulamış ve yaktığı ateşte iyice ısıttığı taşları soğuk suya atarak fosil katmanının taştan ayrılmasını sağlamıştır. Edward Lhwyd (1660-1709), müze koleksiyonlarındaki jeolojik örneklerin en erken belgelenmiş betimi olarak Ashmolean Müzesi'ndeki tüm İngiliz fosillerinin yeni bir katalogu niteliğindeki *Lithophylacii Britannici ichnographia* adlı eserini 1699'da yayımlamıştır. Doğa bilimci John Woodward (1665-1728), mineraller, bitkiler ve özellikle de fosiller üzerinde çalışmış, *An Essay toward a Natural History of the Earth...* (Yeryüzünün Doğal Tarihi Üzerine Bir Deneme) (Londra, 1695), *Naturalis historia telluris* ve *Fossils of All Kinds Digested into a Method* gibi eserler vermiştir. Ressam ve fosilbilimci Johann Bartholomaeus Adam Beringer (1667-1740) ise meslektaşları tarafından üretilen sahte fosilleri gerçek sanarak

bu fosilleri tanımlamış ve *Lithographiae Wirceburgensis* (Würzburg'un Taşbaskı Resimleri) (1725) adlı eserinde yayımlamıştır. Uğradığı şakayı anlayınca da eserinin kopyalarını geri toplamaya çalışmıştır.

Mart 1546'da "Eski ve Yeni Dönemde Maden Yataklarının Betimi ve Maden İşletmeciliği Tarihi" konusuna uygun düşecek başlık altında *De veteribus et novis metallis* (Eski ve Yeni Metaller Üzerine) adlı eserini tamamlamıştır. Bu eserde metal ve madenlerin oluşumuna ilişkin tarihsel ve coğrafi bilgilerle Orta Avrupa'daki madenlerin tarihi işlenmiştir.

Bundan kısa bir süre sonra Agricola, Leipzig'deki bir arkadaşına gönderdiği bir mektubuna, *Interpretatio Germanica vocum rei metallica* (Metal Nesnelerin Seslerinin Almanca Yorumu) başlıklı, madencilik ve metalürji konusunda 480 temel kavramı kapsayan Latince-Almanca bir sözlük eklemiştir. Bu sözlük de 1546'da Basel'de Froben'de basılmıştır.

Agricola 1546'da Chemnitz'in belediye başkanlığına (Alm. "Burgermeister") seçildi. Daha sonra ısrarla üç dönem daha belediye başkanlığına getirildi. Bu arada Saksonya Seçilmiş Prensinin (Elektör) danışmanlığını yaptı. 1549'da Basel'de basılan *De animantibus subterraneis* (Yeraltı Dünyasının Canlıları Üzerine) adlı kitapçığında, cansız doğaya ilişkin temel çalışma konularına bir karşıtlık oluşturacak şekilde yeraltı dünyasının canlılarını (yılanlar, kertenkeleler vb.) ele almayı düşünmüş, ama akılcı bir doğa bilimciden beklenmeyecek bir tavırla böylesi canlılar arasına ejderhaları ve kobold vb. maden cinlerini de katmıştır.

1549 yılının Mart-Ağustos ayları arasında Agricola, metroloji (ölçü ve tartılar bilimi) konularında, kısmen çok kapsamlı olan en az beş kitapçık kaleme aldı. *De externis mensuribus et ponderibus* [Yabancı (Yunan ve Roma Dışı) Ölçü ve Tartılar] adlı eserde, temelde İbrani ve Arap ölçü birimlerini işledi. Bu konu ile ilgili olarak, biraz dedğim dedikçi bir kişi olan İtal-

yan hukukçu Andrea Alciati'ye (1492-1550) karşı yazdığı tartışma yazılarını, *Ad ea, quae Andreas Alciatus denuo disputavit de mensuris et ponderibus, brevis defensio* (Andreas Alciatus'un Ölçü ve Tartılar Üzerine Getirdiği Yeniliklere Karşı Kısa Savunma) başlığı altında kaleme aldı. *De mensuris, quibus intervalla metimur* (Uzaklıkları Ölçtüğümüz Ölçüler) adlı çalışmasında ise Yunan, Roma, İbrani, Pers ve Mısırlıların uzunluk ölçüleri ele alınmıştır. Agricola'nın tarih anlayışı açısından önemli bir eseri, *De restituendis ponderibus et mensuris* (Ölçü ve Tartıların Yeniden Yapılandırılması Üzerine) başlıklı olanıdır. Antik ölçüler bütüncül bir sistem oluşturduğundan, ayrıca ekonomi ve devletler hukuku açısından ve tıbbi nedenlerle bu ölçüler yeniden ortaya koymak ivedi bir gereklilik taşıdığından, bu konuyu önemsemiştir.

Agricola'nın para konusunda kaleme aldığı en önemli eseri, *De precio metallorum et monetis* (Metallerin ve Sikkelerin Değeri) idi ve 1550 yılında yine Basel'de yayımlandı.

1552/53 yıllarında Yukarı Saksonya'da veba salgını yaşandı. Agricola da diğer kent hekimleri gibi, bu hastalık konusunda kendini bir kitapçık yazmaya zorunlu hissederek Latince *De Peste* (Veba Üzerine) başlıklı bir kitapçık hazırladı ve kitap, 1554 yılında Basel'de basıldı. Agricola, Venedik'teki Lazzaretto Adası'nda bu konuda yapılan uygulamadan esinlenerek, kent surları dışındaki bir evde vebalıları karantinaya alarak bu konuda başarı sağladı ("karantina hastanesi" anlamına gelen "lazaret" sözcüğü, bu adanın adından gelmektedir. Ancak bu sırada, ilk evliliğinden olma biricik kızının kocasını kurtaramadı. Agricola 21 Kasım 1555'te Chemnitz'de öldü ve 27 Kasım 1555'te St. Peter-Pauls-Katedrali'ne gömüldü.⁵²

Agricola, Yeniçağ kültür tarihinin en dikkate değer kişilerinden biridir. Mineraloglar ve jeologlar onu "mineralojinin babası" diye adlandırırlar; madenciler ve metalürjistler ona, madencilik biliminin kurucusu olarak saygı gösterirler; öl-

cümcüler (metrolog) onu, günümüz ölçü ve tartılar biliminin öncüsü olarak görürler; ekonomistler onu, merkantilizmin yolunu açanlardan biri olarak sayarlar; para uzmanları (nümüzmat / nümüzmatist) onu, soy metallerle sikkeler arasında bağlantı kuran ilk bilginlerden biri olarak anarlar; tıpçılar ona, “(askerî) karantina hastanesi” (“Lazarett”) kavramından ötürü şükran borçludurlar; pedagoglar onu, çocukların bile anlayabileceği ölçüdeki bir öğretim yöntemine ön ayak olanlardan biri olarak görürler; tarihçiler ona, Saksonya’nın soybilim temeline dayalı ilk tarih yazıcılarından biri olarak saygı duyarlar; toplumsal politikacılar için o, savaş ve barış zamanlarında bölge insanlarını kentsel yaşama ve birlikte çalışmaya sevk eden bir önderdir; filozoflar ise, onun zamanında canlı ve cansız doğa arasındaki ilkece keskin tüm farklılıklara bir “canlılık ve ruh kazandırıldığı” için şükran borçludurlar.⁵²

Agricola’nın en önemli yapıtı *De re metallica libri XII*’dir (Madencilik Üzerine 12 Kitap) (Basel, 1556) ve Agricola bu eserdeki bilgilerin çoğunu Bohemyalı madencilerden kazanmıştır. Latince “*metallum*” sözcüğü, iki anlamlı olup bir yandan metal anlamına gelirken diğer anlamı madenciliktir. 390 sayfalık yapıt, çoğu güzel ahşap oyma tekniği ile hazırlanmış, gerçeğe çok yakın kesinlikte, maden ocaklarının 292 adet kinematografik resmini içermektedir. Bu resimlerin çoğu, eski bir Joachimsthal’li ressam olan Basilius Welfringer tarafından, kimileri de Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525-1571) ve Zacharias Specklin (1530-1576) tarafından hazırlanmıştır.⁵² Kapak sayfasında, “Georgius Agricola: Madencilik ve Metalürji Sanatı Üzerine 12 Kitap” ibaresinin altında bu kitapta “madencilik ve metalürji sanatına ilişkin olarak çalışanlar, aletler, makineler ve diğer tüm konuların, yalnızca açıklanmakla kalmayıp ayrıca da, Latince ve Almanca nitelemelerin bilgisi eşliğinde ilgili yerlere eklenen resimler aracılığıyla konuların en açık biçimde gözler önüne serildiği” belirtilmiştir.⁵⁴

“12 Kitap(-çık)”ın içerikleri aşağıda yer almaktadır:^{17, 55}

Kitapçık 1: Madencilğin savunusu ve yararlarının kanıtlanması
Kitapçık 2: Madencilik mesleği; maden yataklarının aranması
Kitapçık 3: Maden oluşumları, topraklar ve kayaç tabakaları
Kitapçık 4: Maden yatağı rezervlerinin ölçümü, madenci çavuşları ve görevleri
Kitapçık 5: Maden oluşumlarının sınırlarını belirleme tekniği
Kitapçık 6: Araç, gereç ve makineler
Kitapçık 7: Cevherdeki bileşenlerin saptanması: Cevher ve metallerin sınanması, fırınlar, çömlekçi çarkı aracılığıyla kilden potaların ve çeşitli kapların hazırlanması
Kitapçık 8: Cevherlerin ön hazırlanması ve safsızlıkları ayırma işlemleri: Kavurma, cevherin çamur haline getirilmesi, cevher yıkama
Kitapçık 9: Cevherlerin eritilmesi: Eritme fırnında kurşun, bakır, altın, gümüş ve kalay eldesi; demir cevherinin tavalarda kömürle karıştırılarak indirgenmesi ve erimiş metalik demirin ayrılması; civanın, indirgenerek damlalar halinde kazanılıp damıtılması
Kitapçık 10: “Ayrırma suyu”nun (nitrik asit) hazırlanması, gümüş ve altının ayrılması, kurşunun gümüş ve altından ayrılması
Kitapçık 11: Gümüşün bakır ve demirden ayrılması
Kitapçık 12: Yemek tuzunun kazanılması: Tuzlu suyun kan eklenerek berraklaştırılması, ayrılan tuzun selelerde damlalar halinde aşağıya sızdınıp odun ve saman ateşinde kaynatılarak suyunun uçurulması. Ayrıca soda, güherçile, şap, vitriyol, kükürt, bitüm ve camın elde edilmesi

Agricola'nın çağında madenci ve metalürjistler, meslekler içinde en üst düzeyde saygı duyulan kişiler arasındaydı. Bu kitap, madencilik sanatına ilişkin bir övgü ile başlamakta ve madenlerle minerallerin bulunabilecekleri bölgelere ilişkin bilgileri vermektedir. Daha sonra cevher arama çalışmaları betimlenmektedir. Agricola, madenci olmak için felsefe, tıp, ölçme

bilgisi, mimarlık, tasarım ve hukukun gerekli olduğunu belirtmektedir. Yeraltındaki gizli su ve maden yataklarını bulmak için çatal şeklinde özel bir çubuk kullanıldığından söz etmekte, ama bunun kullanılmasını açık bir biçimde reddetmektedir. Eski dönemlerde maden yatağı ya da su kaynağı aramada kullanılan çatal çubuk Almanca'da "Wünschelrute" ("dilek çubuğu"), Fransızca'da "baguette divinatoire" ("kehanet çubuğu"), İngilizce'de ise "dowsing rod" (maden arama çubuğu) şeklinde geçer. Günümüzde define arayıcılarının manyetik ya da elektriksel alan değişimini ölçen detektörler kullanarak toprağa gömülü metal eşyanın yer ve konumunu saptamalarına benzer şekilde o dönemde çeşitli maden kaynaklarını saptamak üzere çeşitli ağaçlardan elde edilen çatal çubuklar kullanılıyordu: Gümüş için fındık ağacı, bakır için dişbudak; kurşun, altın, kала ve demir için köknar. Bu işi yapan kişi, sağ eliyle "Y" şeklindeki çatal çubuğun bir kolunu, sol eliyle de diğerini tutar ve çatalın ileriye ve biraz aşağıya doğru uzanmış durumdaki ucunun titreşimlerinin yönüne ve genliğine bakarak su kaynağını ve maden yatağını bulmaya çalışırdı. Söylendiğine göre çatal çubuk, cevher tarafından bir mıknatıs gibi çekilir ve ucu yere doğru eğilirdi. İnsan midesi nasıl sarımsak yendiğinde zayıf düşerse, çatal çubuk da sarımsağa değdirilirse etkisizleşirdi. Ayrıca sarımsak özsuğu sürülmüş mıknatıs, paslı ya da passız demiri çekmezdi. Kitapta, çatal çubuğun nasıl tutulacağına ilişkin kesin betimlemelerle birlikte resimler yer almaktadır (ŞEKİL 24). Reformasyon hareketinin önderlerinden Martin Luther (1484-1546) dilek çubuğunun kullanımını *Kutsal Kitap*'a göre günah sayarken Philipp Melancthon (Philipp Schwarzerd) (1497-1560), kimi ağaçlarla metaller ve mineraler arasında bir sempati bulunduğuna, böyle ağaçtan yapılmış çatal çubuklarla cevher damarının saptanabileceğine inanıyordu. Çatal çubuğu ilk tanımlayabilenlerden biri, ünlü bilgin Robert Boyle (1626-1691) idi. Cizvit bilgin Athanasius Kircher (1602-1680), çatal çubuğun hareketinin bilinçdışı (istemsiz) kas ha-

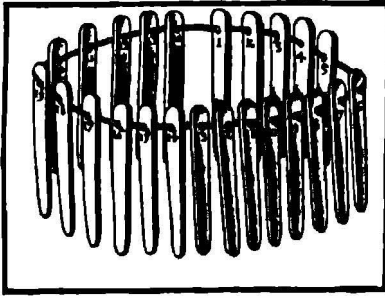


Şekil 24. Maden aramada çatal çubuk kullanımı ve sondaj çalışmaları (G. Agricola, Bergwerksbuch, Basel, 1557).³⁷

reketine bağlı olduğu şeklinde bir kuram ileri sürdü. Bunun uzantısı olarak 17. yüzyıl sonlarında bir Fransız hekim, maden arama çubuğu ile doğacak çocuğun cinsiyetinin de saptanabileceğini ileri sürmüştür. Kircher'in öğrencisi Gaspar Schott (1608-1666) ise çatal çubuğun Şeytan'dan geldiğini ve kullananların cadı ilân edilerek yakılması gerektiğini söylüyordu. Benzer şekilde duyarlı cevher kestirimlerinde bulunmak üzere sarkaç da kullanılmıştır. Bu amaçla, tutmak için üzerinde bir halka, ucunda da çekül biçiminde konik bir ağırlık bulunan bir ip kullanılırdı. 20. yüzyılın ilk yarısında sarkaçla çalışan Fransızlar, bu olayda radyasyonun bir etkisi olduğu düşüncesi ile bu görüngü için "*radiesthésie*" (İng. "*radiesthesia*", radyes-

tezi) terimini ortaya attılar ve sarkaç (radyestezi) yöntemi hastalıklı organın tanısı amacıyla tıpta da uygulandı.⁵⁶ Kitabın üçüncü bölümünde, Agricola'yı ünlü kılan ve maden ocağı inşasına ilişkin özgün resimler yer almaktadır. Bu resimlerde "sarkıt", "dikit" vb. gibi jeolojik oluşumlar da resimlenmiştir. Otuzu aşkın büyük boy resim vardır. Maden kuyuları ve galerilerin inşası betimlenmiş, tüm donanım ve madencilik makineleri (çıkırcık, "parmaklıklı dolap" ya da "sincap kafesli dolap", su dolabı, madene hava üfleme körüğü, pompalar, cevher parçalama çekiçleri, havanlar, eğik düzlemli cevher zenginleştirme tablası vb.) ayrıntıyla verilmiştir. Yürüyen bir band üzerinde cevherin çıkarıldığı, sürekli çalışan bir açık asansör bile gösterilmiştir. Maden ocağından cevheri dolaplar aracılığıyla yukarı çıkarmada kullanılan deri kırıbaların, at kuyruğu kılıyla dikilmiş olduğu belirtilmektedir. Bu kitabın içeriğinde yalnızca metalürjik konular değil, bunun dışında sınaama yöntemleri; tuz, soda, güherçile, şap, vitriyol, kükürt, petrol ve diğer yaygın maddelerin hazırlanması ve cam üretimi de yer almaktadır. Altıncı bölümde, maden ocağındaki su ve hava konusunda, *"insanın yüzüne maden ocaklarından pis bir hava gelir; bu dağıtılmazsa zor nefes alınır; zaman geçerse insanı boğabilir ve yanan mumlar söner"* dedikten sonra madene hava verme düzeneği konusunda şu uyarıyı yapar: *"Önce sağlığı, sonra kârı düşünmek gerekir!"*.

Athanasius Kircher'in jeolojiye ilgisi 1637-38 yıllarında bulunduğu Malta'da canlanmış, İtalya'daki Vezüv ve Etna yanardağlarına tırmanarak incelemeler de yapmıştır. Kircher, Napoli yakınlarındaki Vezüv yanardağı etkinliğe geçtiğinde oradaki ateşi ve çıkan dumanları bizzat gözlemlemek üzere kratere kadar inmiş, ardından ateşin ve suyun yer altı sistemlerini araştırarak *Mundus subterraneus, in XII libros digestus...* (Yeraltı Dünyası Üzerine 12 Kitap...) (Amsterdam, 1665-68) adlı eserini kaleme almıştır.



Şekil 25. Çizici iğneler (G. Agricola, De re metallica, 1556).⁵⁴

Madenciler her çağda suyla savaşmak zorunda kalmışlardır. İnsan dağda bir tünel açtığı zaman bunun içine su sızar. Her yerde su vardır. Madenci önce bu suyun üstesinden gelmelidir. Su azsa, kovalarla çıkarılarak boşaltılırdı. Kitapta bir su tulumbasının (pompa) kuyudaki suyu en çok

24 ayak (8 m) yukarı emdiği belirtilmektedir. Çok su çekilmesi gereken yerlerde yan yana bir kaç tulumba yerleştirilirdi. Adi bir emme tulumba, suyu yaklaşık 10 metreden daha yükseğe çıkaramadığı için, basamaklı olarak bir kaç tulumba yerleştirilirdi. Çıkırık, tulumba ve asansörleri çalıştırmada insan, at, keçi ve manda gibi canlılardan güç alınırdı.

Kitapta her türden tulumbalar, bugün bile uygulanabilecek ilkede yapılar ve düzenekler, maden işletmesinde kullanılan çeşitli ocak ve fırınlar güzel resimlerle verilmiştir. Kitabın 7. bölümünde, cevherlerin kavrulmasında açığa çıkan dumanın renginden, cevher içeriğinin tespiti konusunda ilginç bilgiler de yer almaktadır. Denektaş (mihenktaş, kuyumcu taşı, ayar taşı) üzerinde derişik nitrik asit (kezzap) ile deneme ve 24 çeşit altın-gümüş alaşımıyla karşılaştırma işlemleri en küçük ayrıntısına dek verilmiştir. Eserde 1'den 24 karat'a değin tüm "çizici iğneler", yine 1'den 24'e kadar numaralandırılarak resimlenmiştir (ŞEKİL 25). Denektaş, yumuşak, ince taneli, siyah ya da koyu renkte bir kuvars ya da akik (agat) türü bir taş olup altın-gümüş alaşımlarının ayarını bulmada kullanılırdı. Altın-gümüş alaşımı bu taşla sürüldüğü zaman orada bir çizgi bırakır ve bununla ayarı anlaşılırdı.⁵⁸

Bir maddenin başka biri tarafından çizilmeye karşı olan direncine "sertlik" denir. Bu terim Ortaçağ'da Agricola tarafın-

dan, “Bir A cismi eğer B cismini çizebiliyorsa, A cismi B’den daha serttir” şeklinde tanımlanmıştır. Günümüzde “sertlik” kavramı malzemelerin analizi ile uğraşan malzeme biliminde, kayaç ve minerallerin karakterizasyonu ile uğraşan yer bilimlerinde, mühendislik jeolojisinde ve katı hal fiziginde kullanılmaktadır. Malzemelerin çatlak dayanımı, sağlamlık süneklilik, yeginalık gibi temel özellikleri arasında sertlik de yer almaktadır. Çoğu malzeme büyük bir sertliğe sahip olduğu halde büyük bir kırılabilirliğe de sahiptir. Bu nedenle böyle malzemeler esnek (plastik) olarak biçimlendirilemez ve aniden kırılırlar. Cam kesme gibi teknikler bu özelliğe dayanır.

Bir jeolog ve mineralog olan Friedrich Mohs (1773-1839), *Grundriss der Mineralogie* (Mineralbilimin Temelleri) (1822-24) adlı eserinde, kimyasal olarak iyi tanımlanmış birkaç madde seçerek ve “sert olanın yumuşak olanı çizmesi” ilkesine dayanarak onları, yumuşaktan sert olana doğru, günümüzde de kullanılmakta olan şu sertlik ölçeğinde sınıflandırmayı önermiştir (ÇİZELGE 4):

ÇİZELGE 4: Çeşitli minerallerin Mohs sertlik dereceleri (“Mohs ölçeği”)

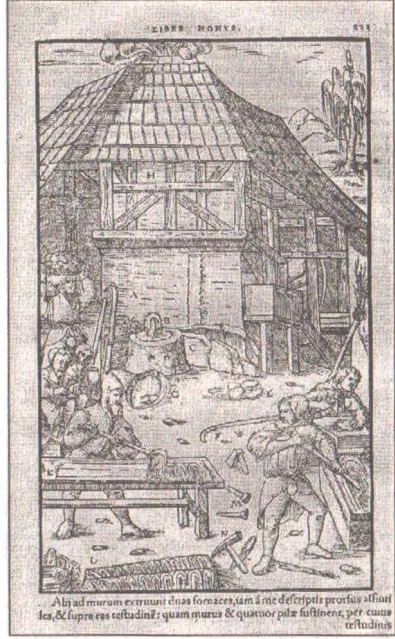
Mineral adı	Bileşimi	Mohs sertliği	Vickers sertliği
Talk	$Mg_3Si_4O_{10} \cdot H_2O$	1	2,4
Jips (alçı taşı)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	36
Kalsit	$CaCO_3$	3	109
Fluorit	CaF_2	4	189
Apatit	$Ca_5F(PO_4)_3$	5	536
Feldspat ya da Ortoklaz	$K_2O/Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 / K(AlSi_3O_8)$	6	795
Kuvars	SiO_2	7	1120
Topaz (sarı yakut)	$Al_2O_3(F/OH)_2SiO_4$	8	1427
Korindon (kuvars camı)	Al_2O_3	9	2060
Elmas	C	10	10060

Ancak çizelgedeki Mohs sertlik derecesi sıralaması, bir bağıl sıralamadır ve sertlik farkları eşit aralıklı değildir (bu durum Vickers sertlik derecesi değerlerinden anlaşılabilir). Skle-

rometre adı verilen gelişmiş sertlik ölçerlerle saptandığında topazın sertliği 175, korindonun sertliği 1 000, elması 140 000'dir. Herhangi bir maddenin sertlik derecesini bulmak istediğimizde, örneğin bir maddenin yüzeyine sertliği 4 olan mineralin köşesi sürtüldüğünde çiziliyor ve sertliği 3 olan mineral tarafından çizilmiyorsa, maddenin sertliği 3,5 demektir. Ama çizme konusunda dikkatli olmak gerekir ve çizme sonucu oluşan tozların hangi maddeye ait olduğu iyi saptanmalıdır. Bu amaçla madde yüzeyindeki toz silinmeli ve bir büyüteçle bakılmalıdır. Gündelik malzemelerden örnekler verilecek olursa, tırnak ucu 2,5 derece sertlikte; tunç ya da pirinç alaşımı 5 derece; pencere camı 5,5 derece; silis ya da çelik 6,5 derece; törpü-eğe ya da su verilmiş çelik 8 derece ve eritilmiş alüminyum oksit 9 derece sertliktedir ve kendilerinden daha aşağı derecelerde sertlikte olan malzemeleri çizebilirler. Doğal oluşumlu en sert mineral olan elmas, ancak kendisiyle çizilebilir; ısıtılmak suretiyle yapay bor nitrür tarafından da çizilebilir.

İlkesel olarak "statik" ve "dinamik" sertlik belirleme yöntemleri ayırt edilebilir. Dinamik yöntemlerde yük, test edilecek malzeme üzerine darbe halinde uygulanırken statik yöntemlerde gitgide artırılarak uygulanır. Metalürjinin ve yeni maddelerin imalatının gelişmesiyle, kullanıcıların istekleri artmış ve başka ölçekler belirlemiştir; örneğin 9. ve 10. dereceler arasında birbirinden çok farklı pek çok ürün vardır. Ayrıca Mohs ölçeği, 1 ile 15 arasına yayılacak şekilde genişletilmiştir. Aynı şekilde modern çağda plastik maddelerin ortaya çıkmasıyla, ölçeğin alt basamaklarında oldukça yumuşak madde sertlikleri tanımlanmıştır. Nihayet, sertliğin daha pekişmiş bir tanımını sağlayan başka değerlendirme türleri de doğmuştur. İsviçreli mühendis Johann August Brinell (1849-1925) tarafından geliştirilen "Brinell sertliği", 1900 yılındaki Paris Uluslararası Sergisi'nde tanıtılmıştır. Brinell sertlik testinde küre şeklindeki çok sert bir çelik, tanımlı bir yük altında sertliği ölçülecek cisme bastırılır. Oluşan batma izinin çapından sertlik belirlenir. "Vic-

kers sertliği" ise, Edward Vickers (1804-1897) tarafından kurulan İngiliz uçak yapım firması "Vickers"ın adını almıştır. Bunların dışında Amerikalı fizikçi ve mühendis Frederick Knoop'un adıyla anılan ve 1939'da geliştirilen "Knoop sertlik testi" ve Amerikalı mühendis ve firma kurucusu Stanley Pickett Rockwell'in (1886-1940) 1920'de geliştirdiği "Rockwell sertlik testi" gibi başka testler de geliştirilmiştir. Rockwell sertliği, bir makine yardımıyla tepe açısı 120° olan koni şeklindeki sert çelik ya da elmas parçasının metale batma derinliği ile ölçülür.



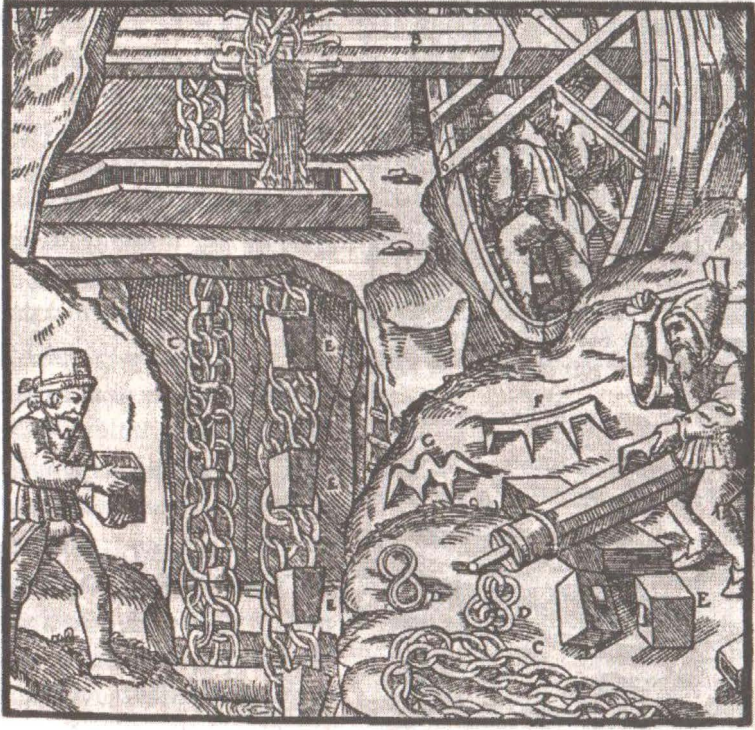
Şekil 26. Kalay üretiminde kullanılan çukur fırın (sol tarafta, elindeki deftere metalürjik verileri yazan adam, Agricola'nın kendisidir) (G. Agricola, De re metallica, 1556).⁵⁹

Kavurma, kırma, öğütme ve eritme işlemleri konusunda bilgiler verilmektedir. Kavurma işleminin, hem cevherin gevreyerek sertliğinin giderilip kolayca öğütülebilir duruma gelmesi, hem de cevherin içindeki kükürt ve bitüm gibi yanabilir maddelerin uzaklaştırılması için gerektiği belirtilmektedir. Kitabın 10. bölümünde altın ve gümüşün "ıslak yöntemle" (sulu ortamda kimyasal maddeler aracılığıyla) ayrılması betimlenmektedir. Böyle bir ayırmada dışık oluşturunca katkı olarak kurşun kullanılması çok eski ve genel bir yöntemdir. Bunda, önce tüm bakır, kurşun ilavesi eşliğinde yapılan "kupelasyon" (potada arıtma) ve yanı sıra hava sevk ederek oksitleme işlemleriyle karışımdan alınmakta, geriye kalan altın-gümüş eritilerek üzerine ince damlacıklar halinde su püskürtülmekte, ince



Şekil 27. Maden ocagında çeşitli hayvanlar aracılığıyla taşımacılık: A- Sandıklı kızak; B- Çuval taşıyan kızak; D- Sırtlarına seker şeklinde torbacıklar bağlanmış köpekler; E- İplerle birbirine bağlanmış domuz derisinden torbacıklar (G. Agricola, De re metallica, 1556).³⁴

dağılıma uğrayan karışım üzerine nitrik asit eklendiğinde gümüş çözülmekte ve altın, metal halinde elde edilmektedir. İlginç bir ayrıntı olarak Agricola, Smyrna'lı (İzmir'li) yazar Homeros'un *Odyseia*'sında "Altın Post" söylencesindeki 'altın post' teriminin kökeninin, süzerken altın parçacıklarını tutacak olan hayvan derisi kullanımıyla ilintili olduğunu öne sürmüştür. Metalleri eritmede akışkanlaştırıcı olarak boraks (sodyum tetraborat) kullanılması önerilmektedir. Boraks, lehimcilikte de kullanılmaktadır.



Şekil 28. Maden ocağında "sincap kafesli dolap" yardımıyla cevher çıkarılması: A- İçindeki insanların adım atma hareketiyle döndürülen dolap; B- Dolap mili; C- İki kat zincir; D- İki kat zincirin bir baklası; E- Kovalar; F- Basit bir kelepçe; G- Üç kez kıvrılmış bir kelepçe (G. Agricola, De re metallica, 1556).³⁴

Cevherin kavrulması işleminde kükürtlü ve arsenikli cevherler havada ısıtılarak gaz halindeki kükürt ve arsenik oksitlerine dönüştürülerek uzaklaşırlarken, geriye metal oksit kalmaktadır. Günümüzde kavurma işlemi kapalı kaplarda gerçekleştirilmekte ve oluşan gaz halindeki kükürt ve arsenik oksitleri, atmosfere salınmayıp tutularak değerlendirilmektedir. Agricola zamanında cevherler kısmen çıplak yığınlar halinde, kısmen de üç tarafı duvarla çevrili yerlerde açık havada kavrulmaktaydı. Cevher eritme işlemi ise Agricola zamanında bacalı bir kulübe içindeki yaklaşık 2 m yüksekliğindeki fırınlarda



Şekil 29. A- Zemin üzerinde kulübe; B- Bu kulübentn rüzgâr deliği; C ve D- Üzerinde gözler bulunan ahşap kanatlar ve kolu; F- Kırış üzerine yerleştirilmiş ahşap kanatlı kulübe, F- Kanatlar (G. Agricola, De re metallica, 1556).⁵⁴



Şekil 30. Çömlek pişirmek için ateş yakma alanı: A- Ateşin yakıldığı yer; B- Yanan odunlar; C- Çömleklerin yerleştirildiği, henüz yakılmamış ateş yeri; D- Taşlar; E- Çömlek dizileri; F- Çömlek kapağı; G- Çömlek altlığı (G. Agricola, De re metallica, 1556).⁵⁴

gerçekleştirilirdi. Günümüzde kurşun ve bakır eritme için kullanılan fırınlar yaklaşık 10 m, demir için ise yaklaşık 30-40 m yükseklikte çelik kafesli yapılarıdır ve ek teknik donanımlara da sahip olup Agricola tarafından resimlenenlere pek benzememektedir.

Kitaptan seçilmiş kimi diğer ilginç resimler ŞEKİL 26 - ŞEKİL 35'te yer almaktadır.^{52, 54}

'Ayırma suyu' (nitrik asit) altın-gümüş alaşımından gümüşü çözerken altın çözünmeyip geri kalır. 16. yüzyılda 'ayırma suyu', güherçile (potasyum nitrat) ve vitriyolün (demir sülfat, kimi zaman da çinko sülfat) "yakılması" ile üretilirdi. Buradaki "yakma" terimi, eşzamanlı damıtma ile birlikte ısıtma anlamına gelmektedir ve bu bağlamda bu yolla üretilen ispirotolu içkiye "brendi" (Alm. "Brantwein", Ing. "brandy") denmektedir. ŞEKİL 36'da, orta kısımda bir sütunla desteklenen kubbeli bir metalürji laboratuvarı gö-

rûlmektedir. Demir parmaklıklıklı iki yuvarlak camsız pencere açıklığı, gün ışığını içeri sokmakta ve aynı zamanda zararlı gaz ve buharların dışarı çıkmasına yol vermektedir. Ön planda sağda ve solda kasa şeklinde birer fırın görülmekte ve bunların üzerlerinde, içlerinden 'ayırma suyu'nun damıtılarak gönderildiği kaplar ve damıtma balonları bulunmaktadır. Damıtma balonları kum banyoları içinde bulunmakta ve ateşle doğrudan temas etmemektedir. Sütunun sağında ve solunda, üzerlerinde balonların ısıtıldığı fırınlar yer almakta, sağdaki fırının üzerindeki balon (ampul), demirden yapılmış bir üçayak üzerinde durmaktadır. Sol taraftaki iki çalışan, fırına



Şekil 31. Maden laboratuvarında imbibiklerle damıtma yoluyla soy metalleri ayırmada kullanılan "ayırma suyu"nun (HNO_3) elde edilmesi: A- Fırın; B- Fırın üzerinde yuvarlak ağız deliği; C- Hava delikleri; D- Fırın ağız; E- Alt hava deliği; F- Tava; G- Balon; H- Külâh; I- Emzik; K- Diğer balonlar; L- Balonun kırılmaması için içine konduğu sepet (G. Agricola, *De re metallica*, 1556). Aynı resim, *Lazarus Ercker'in Beschreibung...* (Frankfurt / M., 1598) adlı eserinde de yer almaktadır. Buna göre, bunun için şap ve demir vitriyol tuzlarının ısıtılarak sülfürik asit oluşturulur; bu da tuz karışımında yer alan güherçile ile tepkimeye girerek sonuçta HNO_3 verir. Camsız pencere açıklığındaki adam, olasılıkla içerde oluşan aşırı miktardaki zehirli gazların kaçarak taze hava soluma gereksinimini karşılamaktadır.^{61, 62}

odun atmakta; sağ tarafta oturmakta olan denemeci, maşa ile tuttuğu bir metal parçasını, ayaklı bir terazi ile tartmakta (terazinin yarısı görölüyor); masa üzerinde vezin (tartı) kutusu durmaktadır. Bu mekânda yer alan diğer gereçler arasında damıtma başlıkları, üçayaklar, bir el körüğü, bir kömür maşası ve bir tava yer almaktadır. Agricola *De re metallica*'da metalürjik-analitik incelemelerde daima terazi kullanarak ağırlık ölçümünün izlenmesi gerektiğini belirtmiştir.^{61, 62}



Şekil 32. Sağdaki işçi, madenci çekici ve keski ile duvarı kazmaya çalışırken, soldaki iki madenci, bir bezi sallayıp yelpazeleyerek maden galerisini havalandırmaktadır (G. Agricola, *De re metallica*, 1556).^{16, 39}

Agricola'nın yazıları, kendi çağının bilim dili olan Latince ile yazılmıştı. Yazılarında sürekli olarak eleştirel bir şekilde Platon, Aristoteles (İÖ 384-322), Herodotos (Herodot), Theophrastos (İÖ 372-287) ve Galenos (129-199), Strabon, Vitruvius, Yaşlı Plinius (23-79), Tacitus (55-120) ve de ayrıca İbn Sina ("Avicenna") (980-1037) ve Albertus Magnus'a (Büyük Albert) (1193-1280) atıflar yapmıştır.¹⁷

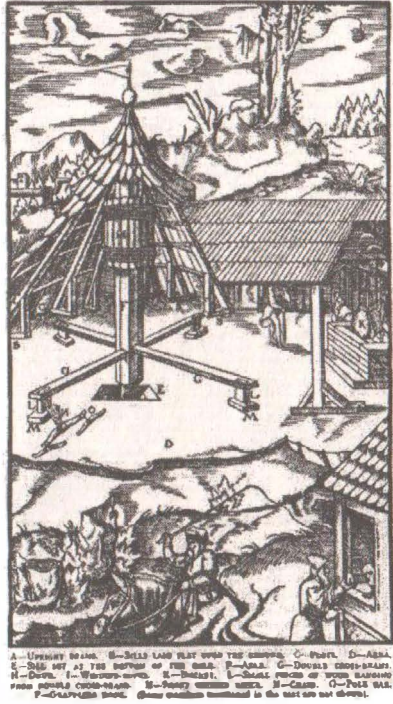
Tüm bunlara dayanarak Agricola'nın, kimya teknolojisinin özgün yaratıcılarından biri olduğu söylenebilir.

De re metallica'ya konacak resimlerin ahşap baskı kalıplarının hazırlanması o denli uzun zaman almıştır ki, kitap ancak yazarın ölümünden sonra 1556'da yayımlanabilmiştir. Kitap, istem çokluğu nedeniyle birçok kez basılmış ve baskı sayısı 1624'de 7'ye erişmiştir. 1556 yılından 1998 yılına dek, kitabın bilinen 33 baskısı yapılmış; Latince kaleme alınan kitap ilkin Almanca'ya, ardından İtalyanca'ya, 20. yüzyılda ise İngilizce, Çekçe, Rusça, Japonca, İspanyolca, Macarca ve Fransızca'ya çevrilmiştir. Almanca çevirisi Froben tarafından 1557'de Basel'de *Vom Bergwerck* başlığı altında yayımlanmış olup çeviri-

yi, Basel'li hekim ve filozof Philipp Bech (Bechius) gerçekleştirmiştir. 1640 yılı dolayında Çince'ye çevrildiği söylenmektedir. Buna göre Batı bilim ve tekniğini, ayrıca da Hristiyanlık dinini Çin'de yaymaya çalışan Cizvitler, yaklaşık 7000 kadar bilimsel eseri Çin'e götürmüşlerdi. Hollandalı Cizvit ve Çin misyoneri Niklaas Trigault (1577-1628), *De re metallica*'yı Çin'e götürmüştür.⁴³ Bu eser yaklaşık iki yüzyıl boyu dünyada madencilik konusunda tek elkitabı olmuştur. Almanca çevirisi kötü olduğundan, aslını öğrenmek isteyenler Latince öğrenmeye başlıyorlardı. Ancak 20.

yüzyılın başında Amerikalı maden mühendisi Herbert Clark Hoover (1874-1964), Stanford Üniversitesi'nden mezun ve ilk kadın jeolog olan karısı Lou Henry Hoover (1875-1944) ile birlikte 5 yıl geceli gündüzlü emek vererek bu yapıtı Latince aslından İngilizce'ye çevirdi ve 1912 yılında Londra'da yayımlandı. Hoover daha sonra ticaret bakanı oldu ve sonunda da 1929-1933 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri Başkanlığı yaptı.

1926'da Münih'teki "Deutsches Museum" da (Alman Müzesi) "Agricola Derneği" kurulmuş, Agricola'nın adı geçen yapıtı 1928'de *Berg- und Hüttenwesen* adıyla 12 cilt halinde Almanca'ya çevrilmiş ve 1953'de Düsseldorf'da yeniden basılmıştır.



Şekil 33. Maden sahasında beygir dolabı (G. Agricola, *De re metallica*, 1556).⁵⁹

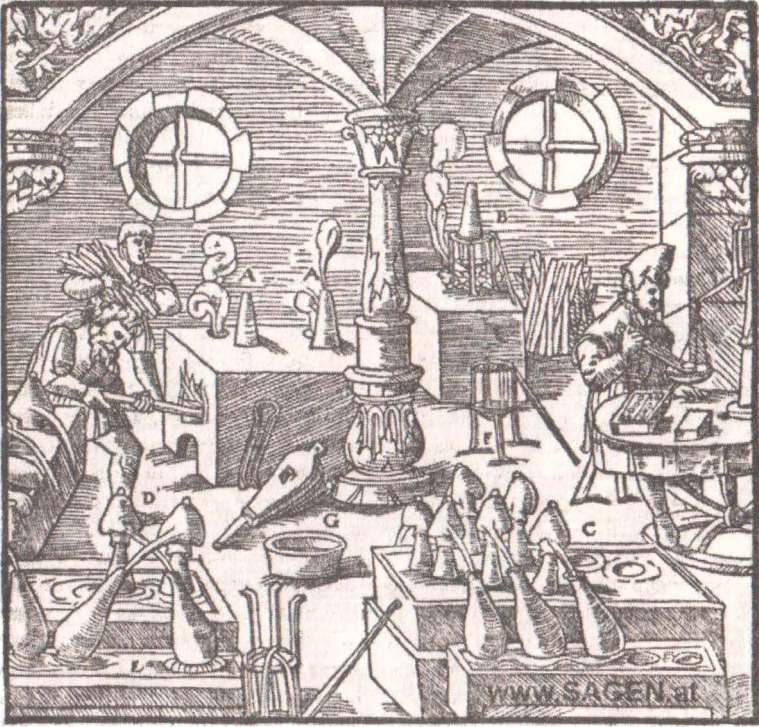


Şekil 34. Thüringen'de çeşitli modeldeki tezgâhlar üzerinde altın yıkama işlemi (G. Agricola, De re metallica, 1556).⁵⁹

Tüm bu söylenenlerden sonra şurası da belirtilmelidir ki, anlatılagelen Georgius Agricola'yı, onunla aynı tarihte doğan dinbilimci Johannes Agricola (asıl adı Johann Schneider / Johannes Schnitter) (1494-1566) ile ve ondan 100 yıl kadar sonra doğan hekim Johann Agricola (1589-1643) ile karıştırmamalıdır. Bu ikincisinin, Paracelsus'un kuramlarına dayalı simya yönelimli bir ilaç kitabı vardır.²¹



Şekil 35. Kurşun ilavesi eşliğinde akışkan hale getirilerek gümüş ve bakırın ayrılması amacıyla fırınların hazırlanması: Kısaca tutturulmuş kurşun kitleleri, elle çevrilen zincirli kriko aracılığıyla ateşin üzerine doğru hareket ettirilmektedir (G. Agricola, De re metallica, 1556).



Şekil 36. "Ayrırma suyu (nitrik asit) yardımıyla altın ile gümüşü ayırmak için damıtma laboratuvarı: Arkadaki merkezi fırındaki cam ampuller (balon), kum içeren çömlek kapların içine yerleştirilmiştir; ön planda görünenlerin üzerlerinde ise uzun emzikli damıtma başlıkları bulunmakta ve damıtılan asit buharları, yine kum banyosu içine yerleştirilmiş diğer ampullere gönderilmektedir (A- Tava içine konmuş cam balonlar; B- Üçayak üzerine yerleştirilmiş balon; C ve D- Kasa içindeki kum banyosu üzerine yerleştirilmiş, emzikli ve damıtma başlıklı balonlar; E- Damıtılan suyun toplandığı balonlar; F- Az miktardaki gümüşün içinden küçük miktardaki altını ayırmada kullanılan, demir- den üçayak üzerine yerleştirilmiş balon; G- Tava) (G. Agricola, Bergwerck Buch, 1580).⁶¹

YENİÇAĞ AVRUPA'SINDA MADENCİLİK VE METAL İŞLEME TEKNİKLERİ

18. yüzyılda bilinen metallerin sayısı artmış ve onlar, kimyasal davranışları göz önüne alınarak "soy metaller" ("metalla perfecta" ya da "metalla nobilia") [havaya açık halde kızdırıldı- gında hiç bir değişikliğe uğramayan (altın, gümüş, platin)],

“soy olmayan metaller” (“*metalla imperfecta*” ya da “*metalla ignobilia*”) [kızdırıldığında “kalk” (oksit) haline dönüşen (kalay, kurşun, bakır, demir ve diğer “yarı metaller”)] diye gruplandırıldı. “Tam metaller” ve “yarı metaller” (“*semi-metalla*”), çekiçleme işlemindeki davranışlarına göre ayırt edilmiştir. “Tam metaller” (altın, gümüş, platin, kalay, kurşun, bakır, demir) çekiçlendiğinde kolayca şekillenip tel halinde uzatılabilirken, “yarı metaller” (“civa”, bizmut, çinko, antimon, arsenik, kobalt, nikel, mangan) dövüldüğünde parçalara ayrılıp pul pul dökülür ve ayrıca da ateşte belirli bir akıcılık kazanırlar.³⁰

Ünlü İngiliz filozof Thomas More'un (Thomas Morus) (1478-1535) *Utopia*'sında (Ütopya / Düş Ülkesi) (Londra, 1516), ideal ülke insanların değerli madenler ve taşlara ilişkin tutumları konusunda ilginç görüşler ileri sürülür. Buna göre Ütopya'lılar incilerle elmaslara aldırmadıkları gibi altın ve gümüşe de önem vermezler ve bu metaller, maddî yaşam açısından demire göre daha değersiz ve önemsizdir. Onlara göre altınla gümüş, sırf ender bulundukları için değerli sayılmışlardır. Bu nedenle Ütopya'lılar tabaklarla içki kaplarını, güzel işlenmiş topraktan ya da camdan; en bayağı ev eşyalarını (örneğin lâzımlığı) ise altın ya da gümüşten yaparlar. Ayrıca, kölelerin ve suç işleyenlerin boynuna altın zincirler, parmaklarına altın yüzükler, kulaklarına da altın küpeler takarak toplum içinde dolaştırırlar!^{62, 63}

Avrupa'da Alp bölgesinin en verimli madencilik ve metalürji merkezi, 1420 yılı dolayında Schwaz'da kurulmuştu. 1480-1500 yılları arasındaki kısa dönemde buradaki gümüşün yıllık üretimi iki katı üzerine (yaklaşık 11600 kg / yıl değerine) çıkmıştır. Agricola'nın ünlü eseriyle aynı yıl (1556) yayımlanan *Schwazer Bergbuch* (Schwaz Madencilik Kitabı), İsviçre'nin Schwaz / Tirol bölgesi madenciliğinin teknik, sosyal, ekonomik, hukuksal ve kültürel ilişkileri üzerine kesinlikle en kapsamlı eserdir.⁷ Çok sayıda renkli resim ve levhalarla bezenmiş



Şekil 37. Tirol bölgesinde maden eritme işletmesi (Schwazer Bergbuch, 1556).

olan bu elyazmasının yazarının, orada 1543-1555 yılları arasında maden hukuku yazmanı olarak çalışmış olan Ludwig Lassel (ölm. 1561) ya da Tirol'lü madenci-metalürjist Hans Stöckl olduğu ileri sürülmekte, resim levhaları ise Schwaz'lı Jörg Kolber'e yakıştırılmaktadır (ŞEKİL 37, ŞEKİL 38). Günümüz arşiv ve kütüphanelerinde bu eserin on bir nüshası bulunmakta olup bunlardan üçü, Innsbruck'ta "Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum"un kütüphanesinde bulunmaktadır.

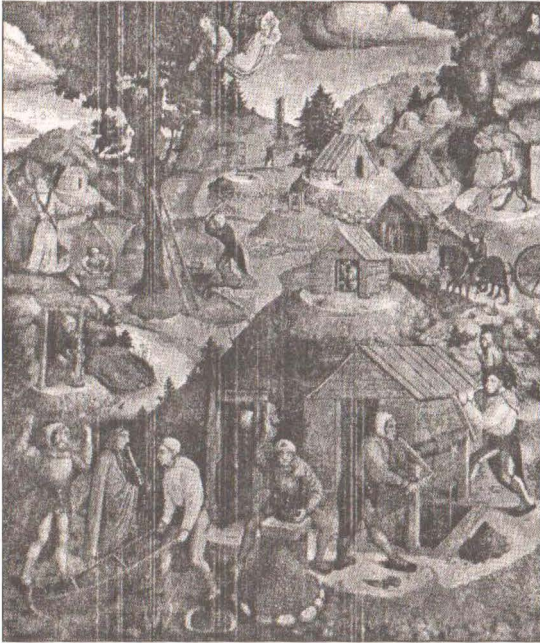
16. yüzyıl başlarında Orta Avrupa'nın Erzgebirge bölgesinin Bohemya yakasında yer alan Annaberg'de (günümüzde Annaberg-Buchholz), gümüş madenciliği nedeniyle çok hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Annaberg'den çıkarılan gümüş, kısa zamanda Schwaz'da çıkarılanı gölgede bırakmış, 1516'da Sankt Joachimsthal'de çıkarılan gümüş ise Saksonya'nın tüm madenlerini geride bırakmıştır.³⁶ Buraya insanlar akın akın göç etmiş ve bölgenin maden kenti St. Joachimsthal (günümüzde Jáchymov), uzun bir zaman dilimi boyunca Bohemya Krallığı'nın Prag'dan sonra ikinci büyük kenti olmuştur. Anna-



Şekil 38. Tirol maden ocağında el arabası ile cevher nakli (Schwazer Bergbuch, 1556).

berg'deki kültürel gelişmede de bir patlama yaşanmıştır. Eğitim sistemi hızlıca inşa edilmiş ve 1498 yılında Latince öğretimi yapan bir okul, ardından çocuklar için altı Almanca okulu, bir kız okulu, bir özel okul ve dönemin ünlü Alman hesap uzmanı ve matematikçisi Adam Ries'in (1492-1559) hesap okulu açılmıştır. Dahası, kente, kendi madenlerini yalnızca kendisinin kullanarak sürekli sikke basma hakkı bile verilmiştir. Annaberg'de inşa edilen St. Annen Kilisesi'nde, Geç Gotik döneminin ressamlarından Hans Hesse'nin (~1470-1539 sonrası) yaptığı bir sunak resmi, günümüze dek korunarak ulaşmıştır. Alışlagelmiş dinsel konuların dışında, kuraldışı olan bu resimde, Annaberg maden sahasındaki sondaj yapmak ve cevher kırmak ve eleyerek sınıflandırmaktan maden artımı (izabe) ve sikke basmaya dek her türlü uğraşı ayrıntılı olarak sahnelenmiştir (ŞEKİL 39).⁶⁴ 1540'larda St. Joachimsthal ve Schwaz'ın rezervleri iyice azalınca buy konuda "Yeni Dünya" ön plana çıktı.

Yeniçağ'da Avrupa'da faaliyet gösteren gümüş madenlerine topluca bakılacak olursa şu toplu bilgi verilebilir:



Şekil 39. Annaberg-Buchholz'daki St. Annen Kilisesi'nde Hans Hesse'nin 1522 / 1523 tarihinde yaptığı sunak resminin orta kısmı: Burada maden işletmesinin genel görünümü sergilenmektedir; sahnelerden birinde Peygamber Danyal aracılığıyla cevherin bulunuşu betimlenmektedir. ^{18, 64}

(●) Norveç'te Kongsberg gümüş işletmesi 1623'te kurulmuştur.

(●) İsveç'in Sala kentindeki gümüş madeni 1480'den 1908'e dek faaliyet göstermiştir.

(●) Bohemya'daki Sankt Joachimsthal ve Příbram madenlerinden Joachimsthal'de ilk gümüş cevheri 1515'te bulunmuş ve hemen zengin bir üretime geçilerek "Löwenenthaler" ("Aslanlı Thaler" → Osmanlı'da "esedi gurus") adlı gümüş sikke basılmış, "Thaler" sözcüğü "Dollar" (Dolar) sözcüğüne de kaynaklık etmiştir. Burada ağırlıklı olarak gümüş üretiminin yanı sıra kurşun, arsenik, kobalt ve bizmut da üretiliyordu. Burada 18. yüzyılda uranyum cevherinin varlığı da anlaşıldı ve buradaki pekbend (UO_2) cevheri, 1853'ten sonra değerlendirilerek öncelikle seramik ve cam sanayisinde renk üretiminde kullanıldı. Pierre Curie (1859-1906) ve Marie Curie ("Madam Curie")

(1867-1934), Joachimsthal pekleblendinden 1889'da polonyum ve radyum elementlerini keşfettiler. 1945 yılı sonrasında ise uranyum, en çok gereksinim duyulan element oldu (nükleer silah ya da enerji üretimi için). Pribram ise Bohemya'nın en önemli maden yataklarına sahip olup burada gümüş ve kurşun madenciliği yapılmaktadır. 1945'te Çekoslovakya buradan çıkardığı uranyum cevherini Sovyetler Birliği'ne sevk etmek zorunda kalmıştır.

(●) Slovakia'daki Schemnitz (Slovakça'da Banská Štiavnica, Macarca'da Selmecebánya, Almanca'da Schemnitz şeklinde olup Almanya'nın Saksonya eyaletindeki Chemnitz kenti ile karıştırılmamalıdır!), Slovakia'nın ve Avrupa'nın en eski madenci kentidir. Avrupa'da madencilik Sakson madenciler tarafından 745 yılında burada başlatılmış, 970 yılında Harz bölgesindeki Goslar'a, 1170'te Saksonya'daki Freiburg'a ve 1516'da Bohemya'daki Joachimsthal kentine yayılmıştır. Schemnitz, Macar Kralı I. Stephan (yön. 1069-1083) döneminde 1075'te madenci kenti olarak kurulmuştur. 1627 yılında buradaki galerilerde ilk olarak karabarut patlatılmış; İngiliz Isaac Potter, Macaristan'daki Königsberg'de 1722 yılında "ateş makinesi" adını verdiği atmosferik buhar makinesini geliştirmesinin ardından aynı makineyi Alman Joseph Emanuel Fischer von Erlach (1693-1742) ile birlikte Schemnitz'de de kurmuşlardır. 1735'te o zamanlar Avusturya'nın bir kenti olan Schemnitz'de dünyanın ilk madencilik okulu ("*Bergschule*") kurulmuş, adım adım gelişerek 1764'te Avusturya İmparatoriçesi Maria Theresia'nın (1717-1780) girişimleriyle madencilik akademisine dönüştürülmüştür. Burada eğitim 1764'te Almanca olarak başlamış, 1867'de Macar egemenliğinden sonra Macarca olarak sürdürülmüştür. 1949'da üniversiteye dönüşen okul, 1990'da Miskole Üniversitesi adını almıştır. Miskole Üniversitesi'nin müze kütüphanesinde Latince ve Almanca çok eski kitaplarla birlikte maden, metalürji, kimya, fizik, mineraloji, jeoloji, matematik ve biyoloji dallarında 45 bin cilt kitap bulunmakta olup

maden ve metalürji dallarında dünyanın en zengin kütüphanesi konumundadır.⁶⁵ Günümüzdeki adıyla Banská Stiavnica, 1993 yılında UNESCO'nun dünya kültür mirası listesine alınmıştır.

(●) İspanya'da Sierra Cartagena'da kurşunlu gümüş, Balcoll'da gümüş madenleri bulunmaktadır.

(●) Fransa'da Les Chalanches'da gümüş-antimon madeni vardır.

Benzer madencilik akademileri 1765'te Saksonya'da (Almanya) Freiberg'de, 1770'te Berlin'de, 1775'te Clausthal-Zellerfeld'de açılmıştır. Freiberg Madencilik Akademisi, dünyada madencilik ve metalürji alanında en eski uzmanlık okuludur. İlk ders yılında buraya 19 öğrenci kaydolmuş, izleyen yıllarda dünyanın çeşitli ülkelerinden öğrenciler gelerek eğitim almışlardır. Burada Alexander von Humboldt (1769-1859) ve Clemens Alexander Winkler (1838-1904) gibi kimi ünlüler eğitim görmüşlerdir. Bu akademiye yapılan araştırmalar sırasında iki yeni element keşfedilmiştir. 1863 yılında kimyacı Hieronymus Theodor Richter (1824-1898) ile Ferdinand Reich (1799-1882) indiyum metalini; kimyacı Winkler ise 1886 yılında, Dmıtri Iwanowitsch Mendelejev'in (1834-1907) öngörü ile "ekasilisyum" adını verdiği germanyum elementini keşfetmiştir. Freiberg Madencilik Akademisi'nin en önemli öğretmeni Abraham Gottlob Werner (1749-1817) idi. August Wilhelm Lampadius (1772-1842) önemli bir gaz lambası keşfini burada yaptı. Okulun ünlü öğrencilerinden Alexander von Humboldt, 1790'da hazırladığı *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein* (Ren Nehri'ndeki Kimi Bazalt Kayalar Üzerine Mineralojik Gözlemler) adlı kitapçığını Werner'e göndererek Akademi'de çalışmasına izin verilmesini istedi ve aynı yıl bu isteği kabul edildi. Rusya'da ise 1773 yılında Çariçe II. Katerina'nın ("Büyük") (yön. 1762-1779) emriyle St. Petersburg Madencilik Okulu kurulmuştur.

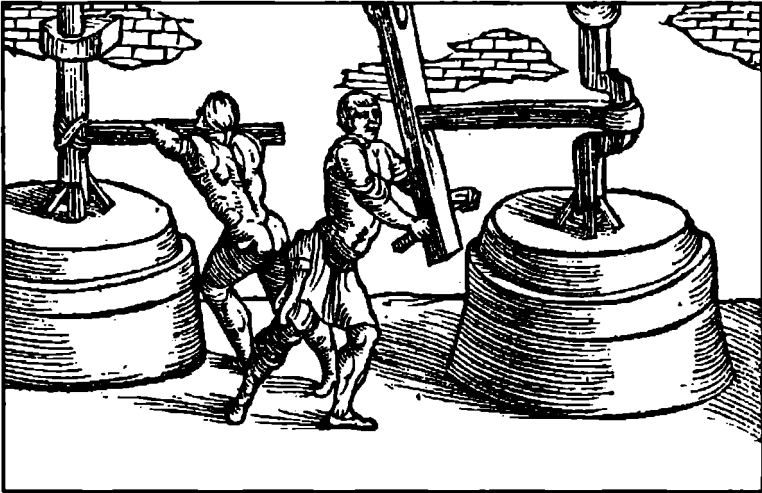
16. yüzyılın ilk yarısında pirinç dökümcülüğü çok yaygındı. Kalayın pahalı ve zor bulunan bir metal olması, pirinç eşya yapımını yaygınlaştırmıştır. 1540 yılında yayınladığı *De la pirotechnia* adlı eserinde tunç dökümü ve demir dökümü konusunda da ayrıntılı bilgiler veren Biringuccio'ya göre, pirinç dökümü için bir pota içinde ham bakır ve "galmei" (çinko karbonat) tozu birlikte eritiliyordu. Renk olarak altına en çok benzeyen pirinç alaşımı % 20 çinko içeriklidir çinko oranı % 40'lara kadar artırılırsa rengi beyazlaşır ve parlaklığı kaybolur. Genelde % 20 çinko içeren pirinç alaşımı, dökümle elde edildiği gibi çekiçle de dövülerek sahte altın benzeri varak ve levhaya dönüştürülüyor; zil, çingirak, kaşık ya da çeşitli kaplar ve şamdan yapılıyordu.⁵⁰ ŞEKİL 40'ta Biringuccio'nun *De la pirotechnia*'sından pirinç levhaların dövülmesi ile ilgili bir resim görülmektedir. Bu işlem Kraliçe I. Elizabeth'in (1533-1603) bu türdeki ilk işyerinin açılışına izin verdiği 1585 yılına dek İngiltere'de uygulanmıyordu. Avrupa'da pirinç levha yapımının başladığı ilk ülke olan Almanya'nın Nürnberg kentinde üretilen levhalar, önceleri bilimsel araç-gereç, daha sonraları da harita yapım işinde kullanılmıştır. Yine aynı yöntemle yapılan demir levhalar ise, daha çok zırh yapımı için üretiliyordu.⁶⁶ ŞEKİL



Şekil 40. Biringuccio'nun *De la pirotechnia*'sından pirinç levhaların dövülmesi (Venedik, 1540).⁶⁶

41'de ise aynı eserde yer alan bir amalgamlama değirmeni görülmektedir.

Alman İmparatoru II. Rudolf (1552-1612) yönetiminde Macaristan, Transilvanya (Siebenbürgen) ve Tirol'de güherçile işletmelerinde başmüfettiş, bu konularda imparatorun önde gelen danışmanı ve aynı zamanda Protestan başpapazı olan Schreckenfels'li Lazarus Ercker (-1530-1594), önce Anna-berg'de maden sınaı ustası olarak, daha sonra Goslar (1563) ve Bohemya'da (1568) maden başuzmanı olarak çalışmış, metal paraların bileşimi ve para ayarı konusunda uzmanlaşmıştır. *Aula subterranea* ya da *Beschreibung allerfürmemisten mineralischen Ertzt unnd Bergwercksarten* (Başlıca Cevher İşleme ve Madencilik Yöntemleri) adlı eseri ilk olarak 1574'te Prag'da ve Frankfurt a. M.'da basılarak yayımlanmıştır (daha sonra 1580 ve 1598'te, son olarak da Frankfurt'ta 1736'da). Bu yapıtında,



Şekil 41. Amalgamlama değirmeni: Madencilik atölyelerinde altın ve gümüş içerenli atıklardaki (dışıklar, süprüntüler) altın ve gümüşün geri kazanılması için bu atıklar cıva ile birlikte değirmen taşı altında ezilir ve bu değerli metaller, cıva tarafından çözülerek atık içinden alınır; daha sonra da ısıtılarak cıvanın uzaklaştırılmasıyla ele geçerler. Buradaki değirmen mekanizması, 16. ve 17. yüzyılda sıkça kullanılmaktaydı (Vannoccio Biringuccio, *De la pirotechnia*, Venedik, 1540).⁶⁷

Die Seigeröfen A. Die Seigerscharten von Kupffer gegossen B. Die Seigerstück C. die seigerwend D. der seigerer E. die Kuppfern oder Epsern pfentlein F. die künstst G. der zug damit die seigerstück auff dem seigeröfen gehobt werden H.



Şekil 42. Cevher eritme ocakı: Bohemya'da maden baş uzmanı olan Ercker, burada gümüş içerikli bakır cevherinden gümüş kazanımını betimlemektedir. Faal haldeki sağdaki ocakta cevher, kurşun eklenecek birlikte eritilmekte, aşağıya akan kurşun-gümüş erintisi legelere alınarak kalıplandırılmakta, ocak içinde ise erimemiş, gözenekli dendritik kristalleşme yoluyla oluşan bakır parçaları geri kalmaktadır. Seçimli eritme (Alm. "Seigern") yoluyla aşağıya akan kurşun-gümüş alaşım bileşenlerinin birbirinden ayrılması ise, resimde yer almayan başka bir ocakta gerçekleştirilmekte ve bunda kurşun, kurşun parlağı haline oksitlenerek gümüşten ayrılmaktadır [ahşap oyma resim; L. Ercker, Beschreibung aller fürnemisten mineralischen Ertzt vnnnd Bergwercksarten, Frankfurt / M., 1580].⁶⁷



Şekil 43. Ercker'e göre, olgunlaştırma yatakları ve buharlaştırma evi ile birlikte güherçile işletmesi: A- Güherçile toprağın güherçilenin yıkanarak toplandığı yer, B- Güherçile çözeltisinin buharlaştırıldığı yer, C- Güherçilenin "olgunlaştırıldığı" yer (L. Ercker, *Beschreibung...*, Frankfurt / M., 1598).

ülkesindeki ve kendi işletmelerindeki madencilik ve metalürji etkinliklerini pratik yolla ve açıkça anlatmıştır (ŞEKİL 42, ŞEKİL 43). Eserde metallerin nitel ve nicel belirlenmeleri ayrıntılı olarak verilmiştir. Yazar çok kesin olarak "ayırma suyu"nun (% 50'lik nitrat asiti), "kral suyu"nun, derişik nitrat asitinin üretilmesini ve bakır cevherlerinin sınanmasını, bakırın saflık derecesini, kurşunun çeşitli cevherlerinin belirlenmesini ve bizmut, kalay, antimon, civa ve demirin belirlenmesini betimlemektedir.

Ercker ayrıca soy metallerin kendi çözeltilerinden soy olmayan metaller ilavesi ile ayrılması ("cementation") tekniğini geliştirmiştir. Güherçile elde edilmesi konusunda Ercker, ilk kez, toprağın potasyum nitrat içeriğini belirlemek için bir analiz yöntemi vermiştir. Güherçile içeriği o zamana dek, çoğu yerde toprağın görünümünden ve tadının keskinliğinden yarı-nicel yolla kestiriliyordu. Bu kitapta toprağın yıkanarak suyunun toplanması, ana çözeltinin yeniden sisteme verilmesi ve çözünlülük farklılığından yararlanarak arıtma işlemleri tam olarak anlatılmıştır. Ercker, Rönesans'ın büyük teknologlarından biridir. Fransa Kralı IV. Henri'nin (1553-1610) askerî mühendisi ve güherçile rafinerilerinin yöneticisi olan Joseph Boillot (1546--1603), Ercker'inkine çok benzeyen ve 16. yüzyılın sonlarına doğru Fransa'da bu konuda uygulanan yöntemleri anlatan *New Termis Buch* adlı bir kitap yazmıştır.²¹ Ercker'in bu

ünlü eserinin çeşitli dillere pek çok kez çevirisi yapıp yayımlanmıştır. İngilizceye ilk çevirisi, 1683'te metalürjist Sir John Pettus (1613-1690) tarafından Londra'daki donanma hapishanesinde tutuklu iken *Fleta minor: The Laws of Art and Nature, in Knowing, Judging, Assaying, Fining, Refining and Inlarging the Bodes of Confin'd Metals* başlığı altında yapılmıştır.

Ercker'in madencilik ve metalürji konulu bu kitabı, Agricola'nın ünlü kitabıyla birlikte bu dala yönelik teknik eserlerin en zirvede olanlarıdır. Beş bölüme ayrılmış olan bu kitapta cevher ve metallerin sınanması ve buna yönelik gereçler, gümüş, altın, civa, bakır ve cevherleri, kurşun ve cevherlerinin eldesi ve arıtımı, güherçile kazanımı, asitlerin, tuzların ve diğer bileşiklerin hazırlanması gibi konular işlenmiştir. Betimleme tarzından, yazarın kimya ve madencilik konularında engin bir bilgiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ercker'in kullandığı alet ve düzenekleri sergileyen sanat niteliği yüksek 38 adet ahşap oyma resim, bu elyazmasının değerini artırmaktadır. Bu eser, analitik ve metalürjik kimyanın ilk elkitabı sayılmaktadır.⁶¹

Gümüş ve altının kazanılması için önemli teknik süreçlerden biri, "dışarlama süreci" (Alm. "*Treibprozess*") idi. Bu işlem, kurşunun, soy metaller olan altın ve gümüşün her ikisini de diğer metaller arasından çözebilmesine ve ikinci bir adım olarak da, eklenmiş olan kurşunun oksitlenmesiyle tekrar bu soy metallerden ayrılmasına dayanmaktaydı. Bu işlem özel bir fırında yürütülüyordu. Kurşun, hava oksijeniyle birleşerek sarı renkli kurşun oksite ("kurşun parlağı") dönüşüyor; bu bileşik eriyerek "dışarı akıyor" ve böylece tepkime karışımından ayrılıyordu. Geriye, metalik gümüş ve –eğer mevcutsa– altın kalıyordu. Bu işlemi gerçekleştiren işçiler, zehirli kurşun buharlarına karşı koruyucu (panzehir) olduğuna inanılan tereyağı yerlerdi. Kitapta yer alan resimlerden biri, eritme ocağından çıkan zehirli kurşun buharlarına karşı özel bir yiyecek olarak tereyağı yiyen bir ustayı sergiler. Ortaçağ Avrupa maden ocak-



Şekil 44. Ercker'e göre, "dışarlama süreci" ardından erime noktası üzerine kızdırılarak saf gümüş elde etme işlemi (L. Ercker, Beschreibung allerfürnemisten..., Frankfurt / M., 1580).⁶¹

larında oksijen kıtlığını belirtecek alarm sistemi olarak, kanarya kuşları kullanılmaktaydı. ŞEKİL 44'te, "dışarlama süreci"nde elde edilen ve hâlâ saf olmayan gümüşün, erime noktası (962 °C) üzerine ısıtılması suretiyle saf gümüş haline dönüştürülmesindeki işlem adımları betimlenmiştir. Sağ ön tarafta, saf olmayan gümüş küçük parçalara kırılmaktadır. Arka planda, sağdan ve soldan körüklerle içeri hava üflenene bacalı bir fırın, fırının iç kısmında ise odunun yakılmasından oluşan kül ile astarlanmış yayvan çömlek içinde saf olmayan gümüş bulunmaktadır. Burada sıvı gümüş içindeki kurşun, sarı renkteki kurşun oksit haline ayrılmaktadır. Resmin sol ön tarafında, oluşan saf gümüş soğutulmaktadır. Daha sonra, gümüşe dıştan yapışmış olan odun külü, su dolu bir fıçı içinde bir tel fırça ile temizlenmekte ve temizlenen gümüş parçaları, küçük bir alev üzerinde kurutulmaktadır. Resimdeki diğer gereçler arasında, fırının sağ tarafında demirden yapılmış karıştırma kancası ve kocaman bir fırın çatalı, arkadaki adamın başının ön tarafında ise onu fırın ateşinden koruyacak şekilde duvara asılı bir teneke levha da görülmektedir.⁶¹

ŞEKİL 45'teki metalürji laboratuvarının zemininin parke taş ile döşeli olduğu görülmektedir. Arka solda, üst kata çıkan merdivenli bir kule, onun sağ tarafında körükle hava üflenene bacalı bir fırın yer almaktadır. Bu laboratuvardaki gereçler, civa yöntemi yardımıyla altının saflaştırılmasına yöneliktir. Altın içeren malzeme, resimde solda görüldüğü gibi, ilkin bir havan içinde civa ile ezilir; burada altın, civa ile birleşerek amalgam oluştururken safsızlıklar dışarıda kalır. Altın ile birleşmeyen civa aşırısı, sol ön tarafta görüldüğü üzere bir deri torbanın gözeneklerinden dışarı sıkurularak çıkartılır ve geriye kalan katı altın amalgamı, sağ taraftaki silindirik fırınlarda damıtılarak saf altın ve civa bileşenlerine ayrılır. Saf altın, sonunda bir tava içine konarak arkadaki bacalı fırın içinde eritilerek toparlak parçalar haline getirilir. Ön planda, içinde damıtmanın gerçekleştirildiği demir kapların dış parçaları,

yerde bir deri torba ve odun kömürü ile dolu bir sele görül-
mektedir.⁶¹

Soyluların süslü giysi donanımları ve turnuva mücadeleleri için “ölçüye uygun” olarak hazırlanması gereken zırh donanımları, çoğu zaman zengin şekilde süsleniyordu ve Albrecht Dürer (1471-1528), Albrecht Altdorfer (1480-1538), Genç Hans Holbein (1497-1543) ve Yaşlı Lucas Cranach (1472-1553) gibi ünlü sanatçılar buna yönelik önerilerde bulunuyorlardı. Zırh levhacıların yanı sıra, donanımın daha ileri düzeyde süslenmesi için alun ve gümüş kuyumcuları, asitle dağlama ressamı (gravürçüler), hakkâklar (kazıyıcılar), demir kesiciler ve başkaca sanatçılar da çalışıyordu. Dağlama resim yapımında çizim ya da model, çoğu kez üzeri mum ya da zift kaplanmış metal yüzeyi üzerine kazılıyor ve çıplak kalan çizgi ve yüzeyler dağlama suyu [sıklıkla nitrik asit, ya da Biringucci-o'ya göre “nışadır, süblime ($HgCl_2$), bakır çalığı ve az miktarda safra (öd) ve sirkeden oluşan sıvı karışımı”] ile artan derinliğe bağlı olarak artan sürede etkileştiriliyordu. Koruyucu mum ya da zift tabakası uzaklaştırılınca geriye, dağlanmış çizgi ve yüzeyler kalıyordu. Bunun başka bir çeşitlemesi, “kara dağlama” idi; bunda dağlanmış yerlere is ve yağ karışımı sürülüyor ve kitle ısıtılarak eritilip oraya yapıştırılıyordu. Metal süslemenin en sağlam biçimi, eski bir sanat olup daha sonra yeniden canlanan bir sanat olarak altın ve gümüş varakların çekiçlenerek soy olmayan metal yüzeye yerleştirilerek yapılan süslemedir. Savatlama da buna benzer bir teknik olup İtalya'da çok tutulmuştur.⁷

Kalay, özellikle İngiltere'de elde ediliyordu. Çinko, maden ocaklarında eski yöntemlerle elde ediliyorduydu da ilkin 18. yüzyılda sınaî üretim ve kullanım aşamasına ulaşmıştır. Çinko sülfat 14. yüzyıldan beri bir ticarî mal idi. Civa üretiminde İspanya en önde gelen ülke idi. Antimona gelince, bir ara madenlerde ve maden laboratuvarlarında çalışmış olan Paracelsus'un tıpta kullanılmak üzere hazırladığı sayısız antimon pre-

paratları bu konuda büyük bir gelişme yaratmıştır. Antimon, çan yapımında tunca katkı maddesi olarak ve altın arıtımında kullanılıyordu. Madencilikte sürekli gelişme yaşandı. Gümüş, kurşun, kalay ve bizmutun geleneksel üretiminin yanı sıra 17.-18. yüzyılda büyük miktarlarda kazanılan kobalt cevherlerini kobalt mavisine dönüştürmek üzere mavi boya işletmeleri kuruldu.¹⁷ 1711'de İngiltere'nin Cornwall madenlerinde suyu madenden dışarı pompalamak üzere ilk kez buhar makineleri kullanıldı. Thomas Newcomen (1663-1729) buhar gücüyle çalışan pompayı keşfetti, ardından James Watt (1736-1819) onu geliştirdi. Cornwall madenindeki en değerli maden kalay iken, ayrıca bakır da bulundu.⁹ Newcomen makinesi Cornwall kömür madenlerinde kullanılmaya başlayınca, ilk adımda 50 at "işsiz" kaldı. Buradan, kuvvet makinelerinin gücünün ölçüsünü ifade etmede "beygir gücü" (BG) (İng. "Horsepower", HP) birimi ortaya çıktı.

Mühendis Emmanuel Swedenborg (1688-1772) 1734 yılında yayımlanan üç ciltlik *Opera philosophiae et mineralia* (Felsefe ve Mineraloji ile İlgili Eserler) adlı eserinin *Regnum subterранеum sive minerals de cupro* başlıklı ikinci ve *Regnum subterранеum sive minerals de ferrous* başlıklı üçüncü cildinde madencilik ve metal eritme tekniklerini betimlemiştir.

Demir cevherinin karbonla kimyasal indirgenmesi yoluyla demir eldesi, "yüksek fırın"da gerçekleştirilir. Burada sıcaklık, yaklaşık olarak 2000 °C'a ulaşır. Bu sırada $[2C + O_2 \rightarrow 2CO]$ ve $[3CO + Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe + 3CO_2]$ tepkimeleri gerçekleşir. Oluşan demir, sıvı halde olup silisyum dioksit şeklinde safsızlıklar içerir. Kireçtaşı ($CaCO_3$) eklenerek silisyum dioksit, kalsiyum silikat ($CaSiO_3$) bileşimli cüruf halinde bağlanır: $[CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2]$.

Bir dizi belirgin yenilikler 1750-1850 yılları arasında İngiltere'de demir sanayisini değiştirmiştir. 1722 yılında fizikçi René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), dökme de-

miriden yapılan kazanların bakır kazanlara göre yeğlenmemesinin üç nedenini, dökme demir kazanların her zaman kirli görünümlü olmaları, daha kalın malzemeden yapıldıkları için ısıtılmasının uzun süre aldığı ve kolayca kırılabilirdikleri şeklinde belirtmiştir. Ona göre birincil sorun, onların kırılganlıkları olup tavlama yoluyla en aza indirilebileceğini belirtmiştir. Dökümü daha ince yapılabilirse hızlı ısınması da sağlanabilir. Ama yine de bakır paslanmazken, demirin paslanması önlenememekteydi. Geniş ağızlı büyük kazan dökümü güç olduğundan, demirciler böyle kazanları lehimleme ve perçinleme tekniklerini kullanarak imal edebilmişlerdir. O zamanlar bakır ve alaşımlarını kullanmak, demire oranla pahalı düşüyordu. Réaumur bu arada, dünyada ilk kez bir ışık mikroskopu kullanarak çeliğin yapısını araştırmış ve çeliğin iç yapısının bir şemasını vermiştir.

Abraham Darby-I (1677-1717) 1709'da taşkömüründen kok kömürü üretim yöntemini, ardından da demir cevherini yüksek fırında kokla eriterek ilk dökme demir üretimini gerçekleştirmiş, böylelikle de demirin maliyetini düşürmüştür. Oğlu Abraham Darby-II (1711-1763) ham demirden gri döküm elde etmek üzere kupel fırını, Benjamin Huntsmann (1704-1776) ise 1750'lerde döküm çeliğinin üretimini geliştirmiştir. Çelik üretiminde 1784'de Henry Cort (1740-1800) "puddling" ("demir çubukla karıştırma") yöntemini (İng. "puddling process", Alm. "Puddelverfahren", Fra. "puddlage") bulmuştur. Bunda, erimiş ham demir bir fırın gövdesi içinde demir bir çubukla karıştırılırken hava sevk edilerek, alev ve hava oksijeninin etkisiyle döküm demirdeki karbon oksitleniyor, geriye hemen hemen saf demir kalıyor, dışık kısmı ise ocakta demiri kızdırıp dövmek suretiyle uzaklaştırılıyordu. Ancak 1970'lerde Çin'in Hennan eyaletindeki arkeolojik kazılarda "puddel" fırını keşfedilmiştir ki bu durum, Cort'un bu yöntemi "yeniden keşfettiği" anlamına gelmektedir. 1783'te John Wilkinson (1728-1808) bir haddehane çekicini çalıştır-

mak için buhar kullandı ve bu çekiç 7,5 tonluktu. Modern buharlı çekiç ise James Nasmyth (1808-1890) tarafından 1842'de gerçekleştirildi ve buharlı çekiç ile buharlı körük kullanımı metalürji tekniğinde ilerleme sağladı. 1856'da Henry Bessemer (1813-1898) büyük miktarda çelik üretimini gerçekleştiren konverteri geliştirdi. Bessemer konverterine, armut benzeri şeklinden ötürü, Almanca'da "*Bessemer-Birne*" ("Bessemer armudu") denir. Bunda ise 1300 °C'da erimiş sıvı demir, dibinde elekler bulunan büyük bir kaba ("konverter") konuyor, deliklerden sıvı demirin içinden basınçlı hava geçiriliyor, hava oksijeninin karbon ve şilisyumla birleşerek oksitlenmesi sonucu büyük miktarda ısı açığa çıkıyor, ocağa körükle hava sevk edildiğinde böylece yaklaşık 1650 °C'ye kolayca erişiliyor ve yabancı bileşenler cüruf halinde ayrılarak dövülebilir özellikte ucuz çelik üretimine olanak sağlıyordu. Bessemer fırını, özellikle o zamana dek çelik üretiminde sorun çıkarmış olan fosfor içerikli demir cevherlerinin işlenmesini tercihli duruma getirmiştir. Daha sonra Charles William Siemens (1823-1883), kendi yöntemini geliştirmiştir. Bessemer ve Siemens yöntemleri, bir bakıma saf demir cevherlerine uygulanabiliyordu. Oysa Cleveland ve Lorraine bölgeleri çok geniş fosfatlı demir yataklarına sahipti. 1879 da Sidney Gilchrist Thomas (1850-1885), zararlı fosfat bileşiklerini gideren bazik astarlı açık fırını geliştirmiştir. Bu üç yöntem, birlikte çelik çağını başlattılar. Bazik astarlı fırından oluşan dışığın işlenmesiyle değerli bir yapay gübre olan "Thomas unu" elde ediliyordu. Büyük miktarda çelik üretiminin başlaması, silah ve makine üretimini artırmış, bunun sonucu olarak sanayi ülkeleri, yeni hammadde kaynaklarına ve yeni pazarlara yönelmişlerdir.²¹

Almanya'da döküm çeliği fabrikasyonunu, Alfred Krupp (1812-1887) başlatmış ve ölümünden sonra oğlu Friedrich Alfred Krupp (1854-1902), çelik sanayisini geliştirmiştir. Krupp ürünleri 1851-Londra, 1855-Paris, 1862-Londra ve 1873-Viyana uluslararası sergilerinde baş köşede sergilenmiş ve "Krupp

çeliği", gelişen Alman sanayisinin gücünün bir simgesi olmuştur. 1855-Paris Uluslararası Sergisi'ne dek Delhi'deki demir direk dünyanın en büyük demir külçesi olarak biliniyorken, bu sergide "Bochum Birliği Çelik İmalathanesi" 7,5 tonluk iki çelik kütlesiyle, bütün ilgileri üzerine toplamıştı. 1861'de Alfred Krupp 50 ton ağırlığında bir buharlı çekiç üretmiştir. 1865'de İngiltere ve Amerika'da 100 tonluk çekiçler yapıldı. 1891'de Bethlehem çelik fabrikalarında 125 ton ağırlığında bir şahmerdan vardı ve bunun örsü de yaklaşık 2500 ton ağırlığındaydı.²¹ Almanya'da Charles William Siemens (1823-1883) 1861'de gaz alevi ile ısıtılan bir açık fırın ("rejeneratif fırın") geliştirdi ve 1867'de pik demir ve demir cevherinden çelik üretmeyi başardı. Yine 1867'de ondan bağımsız olarak Fransa'da Pierre Emile Martin (1824-1915), bir Siemens fırını kullanarak dövme demir ve hurda demirden açık fırında iyi kalitede çelik üretti; böylece pik demir, demir cevheri ve hurda demirden ucuz çelik üreten "Siemens-Martin" süreci doğdu. Bu süreç, çelik ürünün bileşimi üzerinde daha yakın bir denetime izin veriyordu. Daha önceki tekniklere oranla bundaki "rejeneratif fırına" iki katı miktarda sıcak hava sevk ediliyor ve eritme fırınının sıcaklığı daha da yükseltilerek 1700 °C dolayına getiriliyordu. Bunda ham demir ile oksitlenmiş hurda demir, karbonu azaltılarak çelik haline dönüştürülmektedir. "Siemens-Martin" sürecinin geliştirilmiş şekli olan "elektro-çelik" sürecinde ise hurda demir ile zengin demir cevherinin doğrudan indirgenmesiyle elde edilen süngersi demir toprakları elektro-ark fırınında çelik ya da dökme demir türlerine dönüştürülmektedir. Çelik üretiminde Bessemer ve Siemens-Martin yöntemlerinin öncülüğünü yapan ve "Top Kralı" lakabıyla tanınan Alfred Krupp, yüksek nitelikli çeliği top yapımında kullanmıştır. 1847'de birkaç top imal etmiş ve bunları 1857'de Mısır Hıdivi'ne satmıştı. 1859'da Prusya Hükümeti'nden 312 adet top için büyük bir sipariş almış, onun ürettiği topların 1871 Fransız-Alman Savaşı'ndaki üstün performansı, firmaya büyük bir

ün sağlamıştır. Şirket, oğul Friedrich Alfred döneminde zırhlı savaş gemisi yapımına da yönelmiş; Birinci Dünya Savaşı'nın korkulu silahı 42 cm çaplı "Büyük Bertha" obüs topu ve uzun menzilli toplar üretmiştir.

Ünlü Rus bilgini Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711-1765), 1745 yılında 3030 minerali içeren bir katalog hazırlamış, 1763 yılında ise St. Petersburg'da *Metalürji ya da Madencilik Biliminin Temelleri* adlı kitabını yayımlamıştır.¹⁷

Humphry Davy (1778-1829), 1807 yılından başlayarak süssüz alkali ve toprak alkali tuzlarını elektroliz ederek ilk olarak çeşitli alkali metalleri (erimiş odun külünden potasyumu, erimiş sodadan sodyumu), bir süre sonra da toprak alkali metalleri (kalsiyum, magnezyum, baryum, stronsiyum, seryum ve bor) elde etti ve bunların tümü de yeni elementlerdi. Davy, çok sayıda yeni metal keşfettiği için kimi zaman "metalürjinin babası" diye de nitelenmektedir. Davy, Ocak 1816'da, madenlerde metan gazı ("firedamp": "ateş gazı", grizu) yüklü atmosferde güvenle kullanılabilecek bir madenci emniyet lambası geliştirdi. "Davy lambası"nın çevresi, ince bir tel elekle ("gauze") çevrilmişti. Serin tutulduğu sürece lambanın tel eleğinden hava geçebildiği halde alevler geçemiyor ve alevin görüntüsü de ortamdaki tehlikeli "ateş gazı"nın varlığını gösterebiliyordu.

1840'larda büyük ölçekte üretilen metal cinsi dokuz iken (demir, bakır, kurşun, kalay, civa, gümüş, altın, platin, çinko), 20. yy.da bunlara alüminyum, magnezyum, sodyum, nikel, tungsten, titanyum, uranyum vb. de eklenerek günümüzde 16'yı aşmıştır.²¹

Maden döküm sanayisindeki en büyük gelişme, 1709 yılında demir cevherinin yüksek fırında kok kömürü ateşi ile eritilip büyük miktarda döküm demir üretiminin sağlanması ile yaşanmıştır. Bu önemli adım, çağdaş dünya sanayisini etkileyecek olan Sanayi Devrimi'nin başlangıcının ilk ışıkları olmuştur. Hemen ardından 1711'de Thomas Newcomen (1663-

1729) ilk buhar pompasını geliştirmiş, 1720'de İngiltere'de her kalınlıkta dökme demir levha üretimi başlamıştır.³²

Sanayi Devrimi sürecinde metal üretimine dayalı madencilğin yanı sıra kömür madenciliğinde de gelişme olmuştur. Avrupa'da 1810-1840 arası dönemde kömürle çalıştırılan buhar makinelerinin demiryollarında ve buharlı gemilerde kullanılması, uluslararası ticaretin üstel olarak büyümesine yol açmıştır. Buhar makineleri için kömür, oduna oranla daha ucuz ve çok daha etkili bir enerji kaynağı olmuştur. Avrupa'da Orta ve Kuzey İngiltere'de zengin kömür madenleri bulunmaktaydı. Yalnızca İngiltere'deki ocaklardan 1913'de 287 milyon ton kömür çıkarılmış ve 100 milyon tonu ihraç edilmiştir. Almanya'da Ruhr havzası kömürü, 1750'lerde kullanıma girmiştir. 18. yüzyıla kadar Çin, dünyanın en büyük kömür üreticisi ve tüketicisi olmuştur. Amerika'da kömürü ilk olarak Aztekler, ısınmanın yanı sıra süs eşyası yapımında da kullanmışlardır. Antrasit ("sert kömür"), temiz ve dumansız bir yakıt olup yaklaşık 1850'lerde ABD kentlerinde odunun yerini almıştır. Bu amaçla antrasit önceleri Kuzeydoğu Pennsylvania kömür havzasından, daha sonra da Batı Virginia'dan sağlandı. Bitümlü kömür ("yumuşak kömür") ise daha ucuz ama kötü ve kirlilik verici bir kömür olup ABD'de Pittsburg'da Pazar bulmuştu ve önceleri briket haline getirilerek trenlerde ve durağan buhar makinelerinde, 1870'ten sonra ise çelik üretimi için kok kömürü hazırlamada kullanıldı. Günümüzde ABD'de elektrik üretiminin % 50 kadarı kömürden sağlanmaktadır.

Üfleç Deneyi ile Metalürjik Analiz

Üfleç deneyi, erime, hacim ve renk değiştirme vb. gibi etki-lerin gözlemlenmesi yoluyla farklı fiziksel değişim ve kimyasal tepkimeler aracılığıyla geçmişte kalan bir dönemde metalik elementleri tanılamada kullanılan en önemli analiz araçlarından biriydi. Günümüz kimya öğrencileri genelde bu olguyu bilmeseler de üfleç borusu 18. yüzyıl sonundan 19. yüzyıl or-

talarına kadar çoğu metalin nitel bileşimini tanılamada yaygın olarak kullanılmış ve onun yardımıyla on beş dolayında yeni element keşfedilmiştir. Mineralog Wolfgang Franz Ritter von Kobell (1803-1882), 1862 yılında üfleç borusunu, “*gonyometrenin kristallografiye yaptığı hizmeti kimyasal mineralojiye yapan bir araç*” olarak betimlemiştir.

Üfleç borusu, bir ucunda ince delik, diğer ucunda geniş bir ağız kısmı bulunan yaklaşık 20 cm uzunluğunda eğri bir pirinç borudan ibaret basit bir alettir. Bir ucu meme şeklinde daraltılmış olup diğer ucu hava üflemeye yarar. Üflendiğinde aleve ince hava jeti sevk eder ve o noktada sıcaklığın aşırı yükselmesini sağlar. O noktaya küçük bir miktarda madde örneği konursa, alevin konumuna göre o madde yükseltgenir ya da indirgenir. Bir kandil ya da hamlaç alevinin tutulduğu noktadaki karabiber tohumu büyüklüğündeki test örneği üzerine hava üflenir. Odunkömürü, kil, cam ya da platin destek üzerine yerleştirilmiş olan analiz örneği üzerine bir mum ya da yağ lambası alevi tutulur ve aynı noktaya hava akımı üflenirse, bunun sonucunda denetlenebilen ve yönlendirilebilen yükseltgen ve indirgen bölgeyi bir yüksek sıcaklık alevi oluşur ve her iki tür tepkime de kolayca gözlemlenebilir.

Bu yolla metal eritme, Antikçağ’a dek geri uzanır ve olasılıkla Eski Mısırlıların bir buluşudur. Eski Mısır’da odun kıt olduğundan, böyle bir gereç, az yakıtla daha sıcak alev elde etmeye yarıyordu. Sakkarâ mezar duvarı resimlerinde İÖ 2400’lere tarihlenen metal üfleç borularının kuyumcular tarafından kullanıldığını gösteren sahneler vardır. Kültepe (Kaniş) kazılarında da İÖ 1800’lere tarihlenen üfleç boruları bulunmuştur. Dar alanda yüksek sıcaklığa ulaşmak için kuyumcular ve camcılar üfleç borusunu kullanmışlardır. Bu gereç, Ortaçağ’da ham cevheri analiz edecek kimi madencilerce kullanılmış, simya çağından sonra sessizliğe girmiş ve kimya çağında yeniden canlanarak mineral analizlerinde yaygın biçimde kullanılmıştır.

Metalürjist Lazarus Ercker (~1530-1594) ve “son simyacı” Hennig Brand (~1630-1692), üfleç borusundan söz etmişlerdir. Mineral analizi için üfleç borusu kullanımının en erken kaydı olarak Robert Hooke (1635-1703), 1663 yılında üfleç borusu deneyi yoluyla, taşlaşmış odun fosili üzerindeki incelemelerini betimlemiştir. İzlanda spatında ışığın çifte kırılmasını keşfeden Danimarka'lı Erasmus Bartholin (Bartholinus / Bertelsen) (1625-1698), 1669 yılında Kopenhag'da yayımlanan *Experimentia crystalli Islandici disdiacastici* (İzlanda Spatında Işık Çifte Kırılma Deneyleri) adlı ünlü eserinde kristal kimyasına ilişkin üçüncü deneyinde, kalsit (CaCO_3) bileşimli bir mineral olan İzlanda spatını, üfleç borusu yardımıyla yakarak kirece dönüştürmüştür.

Üfleç borusu kimyasal ve analitik amaçlar için Almanya'da yaklaşık olarak 18. yüzyılın sonunda yaygın olarak kullanılmış, daha sonra İsveçli mineraloglar, metalürjistler ve kimyacılar okulu tarafından, dizgesel kimyasal analizler için bir araç olarak geliştirilmiştir. Johann Kunckel (1630-1703), 1679'da yayınladığı *Ars vitraria experimentalis oder vollkommene Glasmacher-Kunst* (Deneysel Cam Sanatı) adlı yapıtında klasik biçimdeki mineral analizleri için üfleç borusu kullanımını şöyle önermektedir: “Bir parça odunkömürü alınır, ortası oyulur, içine metal kalkı (metal oksit) konur ve metal kalkı üzerine üfleç borusu yardımıyla ince sivri bir alev üflenir.” Bu sırada yüksek sıcaklık nedeniyle metal oksit hemen indirgenir. Georg Ernst Stahl (1660-1734), kendi flojiston kuramını doğrulayacak yükseltgenme-indirgenme süreçlerini sergilemek üzere üfleç borusu kullanmıştır. Metalürjist Johann Andreas Cramer (1710-1777), odunkömürü üzerine açtığı bir oyuk içine çok küçük miktarda cevher ve boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) karışımı koyup üfleç deneyleri yapmış, incelemelerini önce *Elementa artis docimasticae* (1737), daha sonra da *Anfangsgründe der Metallurgie* (1774) adlı eserlerinde sergilemiştir. Berlin'li kimyacı Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782) 1743'te insan idra-

rından fosfor üretimini devrimleştirmiştir. Genellikle bira içen sağlıklı bir insanın idrarını beş-altı ay boyu biriktirmiş, onu buharlaştırma, süzme ve kristalleştirme yoluyla, “mikrokoz-mik tuz” adını verdiği katı bir madde ele geçirmiş, bunu kömür üzerinde ısıtıp indirgeyerek fosforik asit ve saf fosfor elde etmiştir. Marggraf’ın “mikrokoz-mik tuzu”, tüm üfleç borusu analizlerinde kullanılan temel akışkanlaştırıcılardan biri olmuştur.

Torbern Olof Bergman’ın (1735-1784) *Commentatio de tubo ferrumentario, ejusdemque usu in explorandis corporibus praesertim mineralibus* (1779) adlı kitabının önsözünde anlattığı üzere metalürjist Andreas von Swab (ölm. 1731), 1730’larda mineral analizi için üfleç borusunu kullanan ilk kişidir. Andreas’ın üvey kardeşi Anton von Swab (1702-1768) ise 1748’de *Regulus antimoni* adlı bir kitap yazmıştır. Axel Fredrik Cronstedt (1722-1765) tarafından 1758’de isimsiz olarak yayımlanan *Försök til mineralogie, eller mineralrikets upställning* (Mineraloji Üzerine Araştırmalar...) adlı eserin gerçek yazarının Anton olduğu belirlenmiştir. Cronstedt 1756’da İzlanda ve Lapland’dan getirilen kimi mineralleri üfleç borusu ile analiz ederken alevin içinde ve üfleç borusunun hemen önünde bunların köpük oluşturduğunu ve kabarıp şiştiklerini saptamış ve bu mineralleri “kaynayan taş / köpüren taş” anlamına “zeolit” diye adlandırmıştır. Sven Rinmann (1720-1792), 1781’de çinko bileşiklerini kobalt nitratla birlikte üfleç borusuyla ısıtmak suretiyle karakteristik yeşil renkli bir pigment (“Rinmann yeşili”) elde etmiştir. Kimyacı Gustav von Engeström (1738-1813) de üfleç borusu ile deneyler yapmış ve bu konuda *Essay Towards a System of Mineralogy* (1758) adlı kitabını yazmıştır. Engeström’ün *Cep Laboratuvarı* adlı eseri, kimya profesörü Christian Ehrenfried Weigel (1748-1831) tarafından İsveç’den Almanca’ya çevrilmiş, Weigel ayrıca 1790’da *Versuch einer Geschichte des Blaserohres und seiner Anwendung* (Üfleç Borusu ve Kullanımı Üzerine Bir Tarih Denemesi) adlı bir kitap

daha yazmıştır. Torbern Olof Bergman'ın en ünlü öğrencisi Jöns (Johann) Gottlieb Gahn (1743-1818), benzer deneysel çalışmalar yapmış ve küçük bir kitap şeklinde *Üfleç Borusu Üzerine* (1820) adlı metni yayımlamış, kimi üfleç deneylerinde ortaya çıkan yoğun bir mavi renklenmenin [Thenard mavisi ("Thenard's blue") < Louis Jacques Thénard'ın (1777-1857) adından], örnekte alüminyumun varlığının bir kanıt olduğunu bulmuştur.

Mirasından Washington'daki ünlü Smithsonian Enstitüsü'nün kurulmasını vasiyet eden İngiliz kimyacı ve mineralog James Smithson (1765-1829), bu görevi kullanmada ustaydı ve onunla pek çok minerali tanımlayabilmekteydi.

Üfleç borusunun üstünlüklerinden biri, taşınabilir olmasıdır. 1810'larda bir dizi alet yapımcı, çeşitli tiplerde üfleç borusu aygıtı pazarladılar. 1820'lerde İngiltere'de üfleç borusu setleri kimyacılar, mineraloglar ve jeologlar için standart analiz aleti halini aldı. Üfleç borusu analizleri, başarılı nitel analizin (yakılan mineralin deneme ile ilgili işaretlerini yorumlayarak) yanı sıra nicel ölçümlere (terazi kullanmak suretiyle) de olanak veriyordu. 18. yüzyıl sonu ile 19. yüzyıl başı arasında üfleç borusu yardımıyla pek çok mineralin nitel bileşimi saptanmış ve 15'i aşkın sayıda yeni element keşfedilmiştir. Elementin yanında parantez içinde keşif tarihleri verilmek üzere bunları bulanlarla birlikte bu elementler şunlardır:²¹

Nikel (1751'de): Axel Fredrik Cronstedt;

Manganez (1765-1774'te): Sven Rinmann / I. G. Kaim / C. W. Scheele / Jöns Gottlieb Gahn;

Molibden (1754-1782'de): Bengt Andersson Qvist (1726-1799) / C. W. Scheele / Peter Jacob Hjelm (1746-1813);

Tungsten (1781-1783'te): C. W. Scheele / Juan José d'Elhuyar (1754-1796) ve Don Fausto d'Elhuyar (1755-1833);

Tellür (1782'de): Franz Joseph Müller von Reichenstein (1740-1825);

Titanyum (1791'de): William Gregor (1761-1817);
Niyobyum (1801'de): Charles Hatchett (1765-1847);
Tantal (1802): Anders Gustaf Ekeberg (1767-1813);
Seryum (1803-1814'te): Martin Heinrich Klaproth (1743-1817) / Wilhelm Hisinger (1766-1852) / J. J. Berzelius;
Kadmiyum (1817'de): Friedrich Stromeyer (1776-1835);
Vanadyum (1801'de ve 1830'da): Andrés Manuel Del Rio (1764-1849) ve Nils Gabriel Sefström (1787-1845);
İndiyum (1863'te): Ferdinand Reich (1799-1882) / Hieronymus Theodor Richter (1824-1898) [Reich renk körü olduğu için, yeni bir element olduğunu düşündüğü keşfini, asistanı Richter'e doğrulatmış ve tayfında indigo renkli çizgiler veren bu element, "indiyum" olarak adlandırılmıştır].

TÜRKLERDE VE OSMANLILARDA MADENCİLİK

9. yüzyıl ortalarında Bağdat'taki Abbasi halifeliği zayıflayınca, kopmalar başlamıştır. Yarı bağımsız duruma geçen devletler içinde önemlileri, Doğu ve Kuzeydoğu İran'da egemen olan Sâmânîler (819-999) ile Orta ve Batı İran ile Mezopotamya'da egemen olan Büveyhîler'dir (932-1055). Buraların gitgide kuvvetle İranlılaşmasından korkan Abbasi halifeleri, Turfan'dan Türk muhafızları getirtmeye, iyi asker olan Türklere orduda önemli görevler vermeye başladılar. İpekli ve sırmalı giysileri, yaldızlı kemerleriyle Türk ordusu, göz kamaştırıyordu. Halife el-Mu'tasım (yön. 833-842) Bağdat yakınlarında Samarra kentini kurdurarak sarayını ve ordusunu oraya nakletti. Böylece İslâm sanatına, Orta Asya Türk etkileri de girmeye başladı.

11. yüzyıl ortalarından itibaren Türklerin, özellikle Selçukluların, İran ve daha sonra Anadolu ve Mezopotamya'ya gelmeleriyle, Yakınoğu'daki sanat eserlerinin çehresi değişmiştir. Suriye, Irak ve Anadolu, 12. yüzyıl sonlarından itibaren Türk emîrlerinin yönetimi altına girmiş ve Haçlı orduları, karşılarında İslâm dünyasının koruyucusu olarak Türk emîrlerini bul-

muştur. Merkezi İran'da bulunan Büyük Selçuklu Devleti'nin sınırlarının genişlemesi sonucu Anadolu, Suriye ve Mezopotamya topraklarında atabeklik denen emirlikler kurulmuştur. Sivas, Malatya ve Amasya'ya yerleşen Danişmentliler (1092-1178), Erzurum dolaylarında Saltuklular (1092-1202), Erzin-can, Divriği'ne yerleşen Mengücekler (1182-1252), Zengiler ve Doğu Anadolu'da Artukoğulları, kültür ve sanat açısından bu bütünün parçalarını oluşturmuştur. Yukarı Dicle havzasındaki Musul'da 13. yüzyılın ilk yarısında Zengî hanedanlığının desteği altında İslâmî kazıma metal işi sanatı (Alm. "Tauschierkunst"), en parlak noktasına erişti.

12. ve 13. yüzyılda Horasan bölgesi, Herat, Nişapur, Merv, Şam, Konya ve Artuklu bölgesi, önemli maden işlemeciliği merkezleriydi. Bu bölgelerde üretilen kazıma desenli yapıtlar, Selçuklu maden sanatının en güzel örnekleridir. Selçuklu toprakları 12. yüzyıldan sonra Atabekler tarafından yönetilmeye başlanınca bu dönemde Zengiler, özellikle Mezopotamya-İrak bölgesinde, Eyyübîler ise Suriye'de maden sanatını çok ileri düzeye ulaştırdılar. Zengî ve Eyyübî döneminin en önemli maden işleme merkezleri Musul ve Şam kentleriydi. Anadolu Selçukluları döneminde Konya, Artuklu döneminde Diyarbakır ve Mardin, önemli maden sanatı merkezleriydi. Bu dönemde Ulukışla ve Sivas'ta demir, Kastamonu ve Diyarbakır'da bakır, Gümüşhane, Gümüşhacıköy ve Kütahya'da gümüş, Şarkî Karahisar (Şebinkarahisar) ve Kütahya'da şap madenleri işletiliyordu. Kızıldeniz'in kimi bölgelerinde bulunan şap adacıkları deniz dibinden yüzeyin bir metre altına kadar yükselebiliyordu ve kimi Osmanlı gemileri Yemen'e giderken şap adacıklarına saplanıp kalıyordu. Türkçe'deki "şapa oturmak" deyimini, bundan kalmadır.

13. yüzyılda Konya, Mardin, Hasankeyf, Diyarbakır, Cizre, Siirt, Harput, Erzurum ve Erzin-can, Anadolu'da gelişmiş metal işleme sanatı atölyelerinin başında gelmekteydi. Hamdullah el-Müstevfî (1281-1340 sonrası) *Nüzhet el-Kulûb* (Kalplerin Ne-

şesi) (1340) adlı eserinde, “Siirt’te bakır ve bakır alaşımlarından güzel eserler yapılırdı” diye yazmıştır.

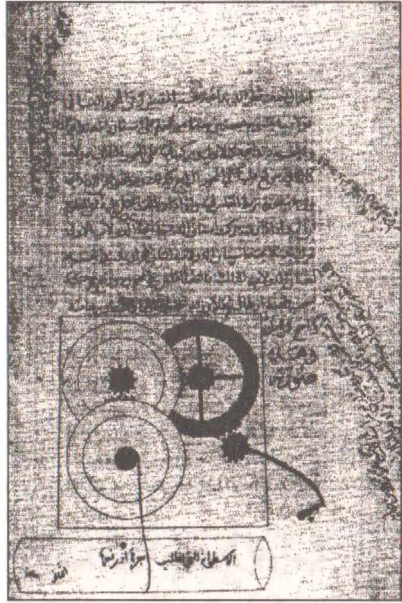
12. yüzyıl ortalarından itibaren altın ve gümüş metali, maden işleme sanatının temel yapım malzemesi olmaktan çıktı. Bunda, 11. yüzyılda ortaya çıkan altın ve gümüş kıtlığının da etkisi olmuştur. Bu durum, malzemede değişme, soy metallerin azalması, teknikte kimi yenilikler doğurmuştur. Sanatkârlar altın ve gümüşü, yalnızca ziynet eşyalarının yapımında ve kakma tekniğinde kullanmış, yapıtın tümünü soy metalden yapmak yerine, belirli yerlerinde bu değerli metalleri kullanarak tunç ve pirinç üzerine soy metal kakma tekniğini geliştirmişlerdir.⁴⁰

Kurşun çok boldu ve bundan su borusu ve oluğu yapmada, lehim işinde, yapılarda taşları birbirine tutturmada ve camilerin kubbelerini örtmede yararlanılıyordu. Tüfeklerde “fındık” diye adlandırılan kurşun saçmalar ise fazla yaygın olarak kullanılmıyor ve bu nedenle de fazla üretilmiyordu.

Buna karşılık kalay çok az bulunuyordu. Dünyanın en zengin kalay madenleri Batı’da İngiltere’de, Doğu’da ise Afganistan ve özellikle de Malezya’da bulunmaktaydı. 9. yüzyıl sonuna dek Anadolu’ya ve Akdeniz ülkelerine kalay, İngiltere’den getirilmiştir. 9. yüzyıl sonundan 13. yüzyıl ortalarına kadar ise Anadolu’nun ve tüm İslâm dünyasının kalay gereksinimi, Malezya’dan karşılanmıştır. İslâm yazarları Malezya’nın Kalah (→ “kalay”) limanından yapılan kalay ticareti konusunda ayrıntılı bilgiler vermiştir. Ancak Doğu’da Moğol egemenliği ortaya çıkınca kalay gereksinimi tekrar İngiltere’den karşılanmaya başlanmıştır.¹²

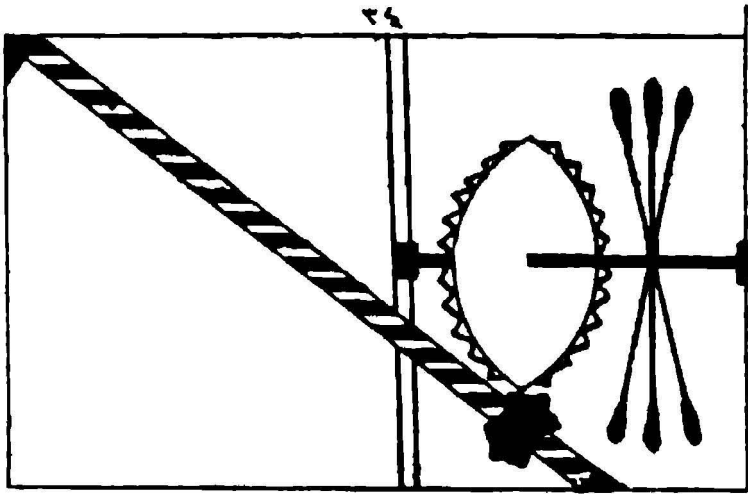
Osmanlı’da madencilik konulu teknik eserlere az rastlanmakta olup bu alandaki teknik düzenekleri betimleyenlerden biri, ünlü astronom ve makineci Takiyüddin ibn Ma’ruftur (1521-1585). Takiyüddin’in su yükseltme makinesi, buhar gücüyle çalışan püskürteç vb. düzenekleri betimlediği eseri,

1550'lerde yazılan *El-Turuk el-Seniyye ft'l-Âlât el-Rûhaniyye* (Pnömatik Âletler Üzerine Yüce Yöntemler) adını taşır. Madencilik faaliyetlerinde ağır yüklerin maden kuyusundan yukarı çıkarılması için karmaşık bocurgatlar kullanılmıştır (ŞEKİL 46). İslâm dünyasında su yükseltme makinesi olarak su dolapları, özellikle Kuzey Afrika ve İspanya'da hayli gelişmiş olup bunlar arasında bölmeli dolaplar, kovalar zinciri halinde dolaplar, pistonlu pompalar ve Arkhimedes'in (Arşimed) (İÖ 287-212) adıyla anılan burgular bulunmaktaydı (ŞEKİL 47).³⁷



Şekil 46. Madenden ağır yüklerin yukarı çıkarılmasında kullanılacak bir bocurgatın çizimi (Takiyüddin, Kitab el-Turuk el-Seniyye ft el-Âlât el-Rûhaniyye, 1550'ler; Chester Beatty Library, Dublin).³⁷

Osmanlı'da madencilik faaliyetlerini destekleyebilecek yeraltı ve yerüstü maden yatakları arasında Niğde ve Bozkır'da kurşun, altın, gümüş; Ergani'de bakır, altın, gümüş; Gediz'de şap; Balıkesir Balya madeninde kurşun; Malatya'da simli kurşun; Gümüşhane'de bakır, altın, gümüş; Giresun'da bakır, gümüş, altın; Keban'da bakır, gümüş, altın; İnegöl'de gümüş; Kastamonu'da bakır; Kiğı'da demir; Şebinkarahisar'da şap (burası, adını şaptan almıştır); Üsküp'te kurşun, gümüş; Gümülçine'de şap; günümüz Bulgaristan'ında Sofya'nın güneyinde yer alan Samako'da (Samakov) demir; Taşoz adasında gümüş ve Bosna'da bakır yatakları sayılabilir.⁶⁸ Kanuni Sultan Süleyman (yön. 1520-1566) döneminde çıkarılan "Kanun-i Esas-i Maadin-i Osmani" adlı yasa, madenlerin nasıl aranacağı, çık-



الفصل الثالث في الآخرة من طوبى عجوز فائز
في الماء قد شرب منه وفوقه سم معترض مركب في عضادتين

Şekil 47. Arkhimeses burgusu (Takiyüddin, Kitab el-Turuk el-Seniyye fi el-Âlât el-Rûhâniyye, 1550'ler; Chester Beatty Library, Dublin).³⁷

rılacağı ve kimin tarafından işletileceğini belirleyen hükümler taşımaktaydı.⁶⁹ Kanuni döneminin önemli maden işletmeleri olarak bakır madeni Kastamonu, Küre, Ergani, Gümüşhane ve Kratova'da; gümüş Gümüşhane, Keban, Espiye, Bilecik, Sidrekapsı, Novo Brdo (Novaberde) ve Gümüşhacıköy'de; demir Bilecik, Kiğı, Divriği, Samako ve Rudnik'te; altın Keban ve Ergani'de; şap Kütahya ve Şarkî Karahisar'da; kurşun Niğde ve Keban'da işletilmekteydi.⁷⁰ Osmanlı'da mermi yapımında ve topa merniye ateşlemede kullanılan falya deliğini kapamak üzere kullanılan kurşun, Rumeli'de Bosna ve Kuzey Sırbistan'dan, ayrıca Anadolu'da Gümüşhane, Keban ve Ergani madenlerinden sağlanıyordu.⁷¹ Rumeli'de madencilikle ilgili bütün işlerde genelde eyaletin Hristiyan halkı görevlendirilmmişti ve maden-

ciler altın yıkama tezgâhlarında ve gümüşhanelerde elde ettikleri altın ve gümüş gibi değerli madenleri darphaneden başka bir yere satamazlardı.

Osmanlı'da Keban ve Ergani madenleri için, özel olarak "padişaha ait madenler" anlamına gelen "Ma'âdin-i Hümâyûn" terimi kullanılmıştır. Ma'âdin-i Hümâyûn'da çalışan teknik elemanlar, maden emininin altında ustabaşı ve ustalar ("*hutman*") (cevher çıkarma, taşıma ve işlenmesinden sorumlu), kâl ağası (cevher kavurma sorumlusu), maden amelesi ("*amele-i madenciyân*"), "*piristadlar*" (cevher işleme ile ilgili özel uzmanlar), kömür görevlileri, iskele sıırkçıları (Keban iskelesinde görev yapanlar), kütük görevlisi (yakacak kütük sağlama ve sevkiyatı ile ilgili görevliler), merkepçiler, çakılcılar (ocaktan koparılan cevherleri torbalarla yeryüzüne çıkarmakla görevliler), kantarcılar, "*vezzân*" (saf altın ve gümüş ile ham bakırın tartanlar), "*meremmetçiler*" (tamirciler), marangozlar, demirciler, neccarlar, mimarlar vb. şeklinde sıralanabilir. Üretim faaliyetlerinin temel unsurlarından biri olan maden amelesi, şu madenci gruplarından oluşmaktaydı: Lâğımçılar ("*âbkeşân*") (maden kuyularındaki kanalları temizleyip biriken suları dışarı boşaltanlar), taşçılar ("*külünkzen*") (cevher kazanlar), tekeler ("*hafriyatçı*" ya da "kuyucu" da denir ve madende elde edilen cevher, taş ve toprağı dışarıya taşıyanlardır), dolapçılar (at ve eşekler yardımıyla su dolaplarını çalıştıranlar), arayıcılar (maden alanlarını arayan ve olası yerlere kuyu kazdıranlar), körükçüler (cevher kavurmada fırınlara hava sevk etmek üzere körükleri çalıştıranlar). Her yıl teknik elemanların belirli bir kısmı, Gümüşhane madenlerinin deneyimli elemanlarıyla karşılınılmaktaydı.⁷⁰

Ünlü gezgin Evliya Çelebi (Evliya Çelebi bin Derviş Mehmed Zillî) (1611-1685) Sofya'nın 45 km güneydoğusundaki ünlü Samako demir madenlerini şöyle anlatır: "Bu Samako diyarının Nemrud ateşi yakan körüğünü on adam çekemez. Su değirmeni, körüğü çekerek ateşi yakar. Akîk-i Yemenî (Yemen

akiği) gibi kırmızı demirleri ateşten çıkararak fil gövdesi büyüklüğündeki demir örsler üzerine koyan usta haddeciler, yine su dolapları aracılığıyla işleyen camus kellesi büyüklüğündeki çekiçlerini kırmızı demire vurduktaki, zemini ve asumanı titretirler. İki usta birden, ikişer kantar (1 kantar = 56,4 kg) demiri örs üzerine ve çekiç altına koyup yine su dolabı yardımıyla döverler. Her vuruştaki demir uzayıp çubuk olduktaki yine bir sanat ile çarkı döndüren dolabın suyunu keserek gece gündüz böyle çalışırlar".⁷² Bu madendeki su gücüyle çalışan bir tür mekanik çekice de "samako", bunu çalıştıran ustalara "samakocu" denirdi.

Fethedilen topraklarda bulunan maden ocaklarının statüleri değiştirilmemiş, bunların işletmesine yine yerli Hristiyan yöneticiler getirilmiştir.⁷³ Balkanların Sırbistan, Bosna ve Makedonya bölgelerindeki madencilik ilk kez 13 yüzyıl ortalarında Saksonlar (Almanlar) tarafından başlatıldığından, buraları başından beri Sakson (Alman) maden yasalarına uygun olarak işletilmiştir ve doğal olarak Osmanlılar da 1435-1465 yılları arasında Sırbistan ve Bosna'da ele geçirdikleri madenlerde, Saksonların madencilikle ilgili hukuksal ve teknik terminolojisini değiştirmeksizin kullanmışlardır. Buradaki madenler çoğu zaman, devlet tarafından istihdam edilen ve madenin kârından epeyce hisse alan Sakson maden ustalarının gözetimi altında işletilmiştir.⁷⁴ Bu yasaların Türkçe bir değişikliği ("Kanun-i Sas", yani Sakson Kanunu), günümüze dek ulaşmış belgeler arasındadır. Ne ki Osmanlılar, dış dünyaya ilgisiz ve kapalı konumlarından ötürü, gitgide Avrupa madencilığının gerisinde kalmışlardır.⁷⁵

Osmanlı Devleti'nde sikke basımında kullanılan altın ve gümüşün özel bir yeri ve önemi vardı. Venedik, daha Haçlı Seferleri sırasında ticaretini altın çıkarılan yerlere yöneltmek amacıyla Karadeniz ticaretine el atmış; böylece Kırım'ın zengin altın yataklarından yararlanma olanağı bulmuştu. Eski dünyanın ikinci sırada gelen ve Avrupa'yı besleyen altın yatakları ise Su-

dan'da idi. Coğrafi keşiflerin başlamasına kadar Avrupa'da kullanılan altın, Sudan'dan Akdeniz yoluyla götürülüyordu. 15. yüzyıl ortalarından sonra Avrupa'ya Afrika altını, Portekizliler tarafından taşınır oldu. Osmanlı ülkesinde 16. yüzyıl sonlarına kadar kullanılan altın ise daha çok Balkanlardaki maden ocaklarından ve yabancı paraların eritilmesinden sağlanıyordu. Amerika'nın keşfinden sonra buradaki altın ve gümüş madenleri büyük çapta İspanya'ya ve oradan Avrupa ülkelerine akmaya başladı. 16. yüzyılın ikinci yarısında ise Amerikan gümüşü Ceneviz üzerinden Doğu Akdeniz'e ulaştı. Zamanla gümüş bollaşıp altın / gümüş oranları değişince, altın tedavülden çekildi ve ticaret, gümüş üzerinden yapılmaya başlandı; zamanla da gümüş paralarındaki bakır oranı gitgide arttı ya da gümüş paraların yerini bakır paralar almaya başladı.⁷¹

Gümüşe gelince, Avrupa ülkelerinin gümüş gereksinimi 16. yüzyıl ortalarına kadar Almanya, Macaristan, Bohemya ve Tiroler'den karşılanmakta iken Osmanlı Devleti'nde gümüş, daha çok fetihten önce de var olan ve Osmanlıların işletmeye devam ettikleri ocaklardan ve kısmen de Anadolu'daki ocaklardan çıkarılıyordu.⁷¹ 16. yüzyılın ilk yarısına gelindiğinde Trakya'da Selanik yakınlarında Sidrekapsı (*Siderokaston*), Balkan yarımadasının en verimli gümüş ve altın madeni konumuna yükselmişti. O dönemin bir Avrupa'lı gözlemcisine göre burada 6 bin madenci çalışmaktaydı. Yıllık üretimin 6 ton gümüş olduğu kestirilmektedir. Bunun ardından ikinci sırada Novo Brdo gelmekteydi. 16. yüzyılın ilk yarısında Balkanlardaki gümüş madenlerinin yıllık toplam üretiminin 26-27 ton olduğu kestirilmektedir. 16. yüzyılda Anadolu'da önemli sayılabilecek tek gümüş madeni Gümüşhane'de idi ve devlet bütçesinin % 5'ini karşılayacak kadar büyüktü. 16. yüzyıldan başlayarak Amerika'dan gelen büyük miktarlardaki gümüş, Avrupa ve Osmanlı gümüş madenlerinin gerilemesine yol açmıştır. 1640'lara gelindiğinde Balkanlardaki en büyük maden olan Üsküp'te ve diğer madenlerde üretim büyük oranda durmuştu ve işleyecek

maden bulamayan Osmanlı darphaneleri de kapanmaya başladı. 17. yüzyılın ikinci yarısında Osmanlı piyasalarına yabancı sikkeler egemen oldu.⁷⁶ Sidrekapsı'daki Osmanlı kurşun maden ocaklarının derinliği 115-155 m kadardı. Bu derinlik, Orta Avrupa maden ocaklarınınkinin yarısı kadardı. Bundan başka dolapla dönen kovalarla su boşaltma yöntemleri, ek el pompaları, drenaj için yeraltı sularına paralel açılan hava deliklerine bağlı toprak yüzeyinde mekanik olarak çalışan dolaplar, aynı dönemde Avrupa'da kullanılan tekniklere çok benzemektedir.⁷⁴

Fatih döneminde İstanbul'da tarihi yarımada üzerinde 1465 yılı dolayında bir saray inşasına başlanmış; yapımı için imparatorluğun çeşitli bölgelerinden ve ayrıca da İtalya'dan ustalar (bunlar hem dekorasyon ressamlığı yapmışlar hem de Fatih'in portresini hazırlamışlar) da çağırılmıştır. Sultanlığın yönetimi konusunda ve ayrıca da kısmen değerli taşlarla süslü çok sayıda kap, kupa, içki kâseleri ve gümüş ve altın şamdanlar konusunda Cenova'lı büyük tüccar ve pek çok yıl boyu sultanın finans danışmanı olarak bulunmuş olan Jacopo de Promontorio'dan (-1410--1487) bilgiler edinmekteyiz. Buna göre, saray protokolünün bir kuralı olarak, kullanılan metallerde, şu hiyerarşinin varlığı saptanabilmektedir: Sultan altın tabaktan, vezirler gümüş tabaktan, asker ise soy olmayan metal tabaktan yemek yemektedirler. Geç dönem için temsili eşya olarak modellik yapmış olan mücevherlerle süslü eşyalar, 1453'te savaş ganimeti olarak elde edilen kilise hazinelerinden ve 1204 yılında Haçlılar tarafından kentin alınması sırasında talan edilmiş olan hazine eşyalarından hazırlanmış olması gerekir.^{77, 78}

Venedik elçisi Ottaviano Bon (1551-1622), 1608 yılındaki bir raporunda, sultanın altın tas ve altın kapaklı sofra takımından söz etmekte, kutsal Ramazan ayında bunların yerine değerli "sarı porselen" takımının kullanıldığını bildirmektedir. Gerçekte Osmanlı sofrasında Çin porseleninin önemi, soy metal eşyaların, katı dinsel tutum nedeniyle reddinden de kaynaklanıyordu.⁷⁸

Mücevherciler 15. yüzyılda hükümdarlık müteferrikalarının üyeleri olarak zikredilmekte olup mücevherciler ve kuyumcular, 16. yüzyıldan beri kaydı tutulan saray ücret listelerinde yer almaktadır. 16. yüzyılın geç otuzlu ya da erken kırklı yıllarına tarihlenen bir listede, 35 kuyumcu (“kuyumcıyan”) ve 2 altın kakmacı (“zernişân”) yer almaktadır. Halep, Bağdat, Kahire, Diyarbakır, Erzurum, Gümüşhane, Kayseri ve Trabzon gibi büyük kentlerde kuyumcu mahalleleri vardı.

Geçen yüzyılda ve yüzyılımızın başında Batılı bilim insanlarından kimileri, Osmanlı sanatlarının, tümüyle İranlıların ya da Hristiyan azınlıkların yarattısı olduğunu ileri sürerek metal işlerinde bu her iki grubun rollerini belgelemeye çalışmışlardır. Habsburglar'ın Bâbiâli'deki imparatorluk elçiliğinin papaz yardımcısı olan 1573-1578 yılları arasında İstanbul'da bulunan Stephan Gerlach'ın (1546-1612) 1576'da kaleme aldığı *Tagebuch an die Ottomanische Pforte Abgefertigten Gesandschaft* (Osmanlı Sarayına Gönderilen Bir Elçinin Günlüğü) başlıklı rapora göre imparatorlukta çok sayıda Ermeni kuyumcu bulunmaktaydı. 17. yüzyıl başlarında Kahire'deki ilk mücevherci Koca İbrahimşah, Diyarbakırlı bir Ermeni idi. Evliya Çelebi'nin sözünü ettiği ünlü mineci ve hakkâktan ikisi Ermeni idi. İlginçtir ki 18. yüzyılda Osmanlı gümüş işleri çok beğenilse de Ermeni Druz Ailesi'nden çok sayıda önemli Osmanlı saray mücevhercisi yetişmiştir. Rumlar da etkin kuyumculardı. Kanuni Sultan Süleyman, babası I. Selim'in (Yavuz) (yön. 1512-1520) de kuyumculuk öğrenmiş olduğu Trabzon'da, Konstantin adlı bir Rum'dan kuyumculuk sanatı öğrenmiştir. Evliya Çelebi, bir Rum kuyumcudan Latince ve Yunanca öğrenebileceğini de ummuştur. Evliya'nın gözünde, tüm mineciler içinde en ünlüsü, Michael Simitçioğlu adlı bir Rum'du.⁷⁸

Seramik imalatı ve ipekli sanayisinin gelişmişliğine karşılık Osmanlı'da metal işçiliği çok az gelişmişti. Örneğin Fatih Sultan Mehmed'in (yön. 1444-1446; 1451-1481) babası II. Murad (yön. 1421-1444; 1446-1451), olasılıkla bir Suriye atölyesine,

Memlûk soylularının metal eşyalarının bir benzerini yaptır-mıştı. Memlûk hükümdarlığında soy metal kılığı sırasında kakma eşyaların üretimi için de kazanç getirici dışsatım izin verilmiş ve tarihçi Ebu Abbas el-Makrizî'nin (1364-1442) anlatımına göre eski metal eşyalardaki değerli kakma kısımlar çıkarılmış; Osmanlı İmparatorluğu'nda 15. yüzyıl ortalarından itibaren Sırbistan ve Bosna'daki altın ve gümüş madenleri, sultanın kişisel ilgisini çekmişti.⁷⁷

İstanbul'daki Topkapı Sarayı Müzesi'nde yaklaşık 400 adet tombak (altınlanmış bakır) eşya bulunmaktadır. Sultanın saray mutfağı için bakır kapların kalaylandığı da bilinmektedir. Kalaylama, bakırdan yapılma yemek ve pişirme kaplarında zehirli maddeler oluşmasını önlemek üzere uygulanan bir tekniktir. Bakır alaşımlarından büyük su kapları yapan ve güzel motiflerle süsleyen ustalardan biri, Ahmed el-Fakih el-İstanbulî idi.

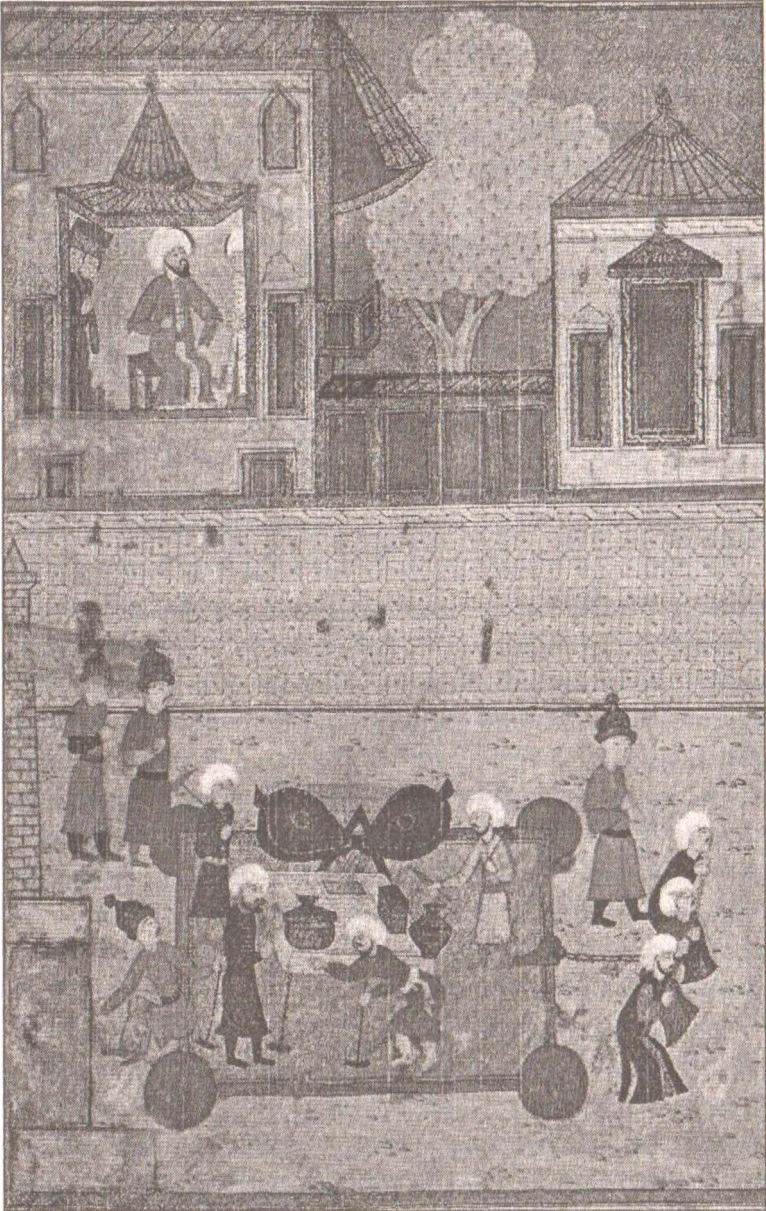
Etkili bir ulusal metal işçiliğinin gerekliliği, bu yıllarda uzun zamandan beri unutulmuş bir Anadolu geleneği olarak bakır eşyaları "ateşte altınlama" (altın kaplama) geleneğinin yeniden canlandırılmasını getirmiş ve bu yolla hazırlanan kimi eşyalara, altından ya da altınlanmış gümüşten hazırlananlarla eş değer verilmiştir. Bir altın-civa amalgamı yardımıyla "ateşte altınlama", kuyumculuk mesleğinin geleneksel bir yöntemidir. Bu yöntem yalnız İslâm dünyasında değil, Bizans dünyasında da yalnızca gümüş eşyalara uygulanmakla kalmıyor, ayrıca kuyumcularca el sanatı yoluyla tunçtan hazırlanan eşyalarda da, öncelikle süs olarak, uzun zamandan beri uygulanmaktaydı. Bunda metal eşyanın yüzeyi üzerine altın-civa alaşımı sürüldükten sonra ısıtılıyor, civası uçuyor, geriye kalan altın ise malzeme üzerine sıkıca yapışıyordu.⁷⁷

Fatih Sultan Mehmed 1473 yılında Akkoyunlu Uzun Hasan (1423-1478) ile Erzincan'ın doğusunda Otlukbeli'nde savaşa tutuşmuştur. Bu savaşta çeşitli ev eşyaları ve erzakın yanı sıra 30 bin deve, 5 bin beygir (mekkâre), 5 bin katır, 20 bin eşek

ve de çok sayıda silah ve donanım, ganimet olarak ele geçirilmiştir. Yetenekli sanatkarlar savaş tutuklusu olarak alınmış ve İstanbul'da çalıştırılmıştır. Bunlar arasında olasılıkla, bakır madenlerini tanıyan ve metal işleme tekniğini iyi bilen Erzincanlı sanatkarlar, ayrıca Akkoyunluların eski başkenti olan ve stilleri 16. yüzyılda hâlâ “Diyarbakır işi” diye övgüyle nitelenen metal işleme sanatkarları da vardı. Altın ve gümüş kuyumcuları olarak bu savaş tutukluları, II. Bayezid (yön. 1481-1512) tarafından kurulan saray atölyesinin çekirdeğini oluşturmuştur. Küçük yaşta esir alınıp 1501 yılında Osmanlı sarayına satılan, II. Bayezid ve I. Selim (Yavuz) dönemlerinde sarayda içöğlanı olarak bulunan ve Çaldıran Savaşı'ndan sonra kaçarak yurduna dönen Cenova'lı Giovanantonio Menavino'nun (dog. 1492), 16. yüzyılın ilk on beş yılındaki bilgileri kapsayan *I Cinque libri della Legge, Religione, et la Vita de' Turchi; et della Corte, d'alcune guerre del Grand Turco* (Türklerin Yasaları, Dini ve Yaşamı Üzerine Beş Kitap) (1548) adlı eserinden öğrenildiğine göre, saray atölyesindeki 70 kuyumcu arasında İranlılar da vardı. Sultanın kölelerinin büyük bölümü savaş tutukluları idi ve bu İranlı köleler, Akkoyunlu Türkmenler olmalıdır.⁷⁷

İstanbul'a ikinci bir İranlı sanatkar dalgası, 1514 yılında Sultan I. Selim (Yavuz) tarafından, artık 1501'den beri Akkoyunluların başkenti değil de Safevîlerin başkenti olan Tebriz'in fethinden sonra oldu. Heşt Behişt (“Sekiz Cennet”) Sarayı yağmalandı ve aralarında kuyumcuların da yer aldığı saray atölyesi sanatkarları İstanbul'a yollandı.

İnce işçilik ve çeşitli meslek teknikleriyle tunç, gümüş, bakır ve pirinçten yapılmış şamdan, mangal, ayna, kutu, kahve fincanı zarfı, kalemdan, divit, hokka, gülâbdan, buhurdan (buhurluk), matara, maşrapa, güğüm, nargile, sigara tabakası, çubuk, baston, vazo, tuzluk gibi günlük kullanım eşyaları, müzelelerde değerli bir madenî eşya koleksiyonu oluşturmuştur. Osmanlı İmparatorluğu'nun fetih dönemi içinde askerî eşyanın



Şekil 48. 1582 Şenliği'nde geçit alayına katılan Osmanlı dökümcü esnafı (Surnâme-i Hümayun'da yer alan Nakkaş Osman'ın bir minyatürü).

özenle bezenmesi, ilginç bir sanat kolunun doğmasına yol açmıştır. Silah, miğfer ve zırh gibi madenî eşyalar altın ve gümüşten bitki motifleri ve yazıyla bezenmiştir. Yazılarda özellikle dinsel inancı güçlendirici sözler seçilmiştir.⁷⁹

Nakkaş Osman, 1582 tarihli Osmanlı şenliğine ilişkin bir minyatüründe maden işleyicileri ya da haddehan resimlenmiştir (ŞEKİL 48). Onların geçit alayındaki temsili dükkânlarında ise bir demirci ocağı ile iki körük yer alır. Ocağın çevresinde dört işçi, kızgın demirlerini örs üzerinde dövmetedirler.⁸⁰

Gümüş, altın vb. madenden eşya üzerine ucu sivri çelik kalemle kabartma nakış ve çiçek yapan, yazı yazan sanatkâra “kalemkâr”, uğraşa da “kalem işi” ya da “kalemkârı” denir.

Osmanlılar döneminde tunç eşya yapımı azalmış, gümüş kakmalar da yavaş yavaş kaybolmaya başlamıştır. Gümüş ve altın nesneler Osmanlı metal işçiliğinin doruk noktasıdır. Bunun yanı sıra günlük kullanım eşyalarının yapımında bakır, çelik, bakır alaşımları ve öncelikle de pirinç kullanılmıştır. Bakır madenlerince zengin olan Anadolu’da, biri bakır-çinko alaşımı olup çekiçle dövülüp işlenebilen, öteki de bakır-kurşun-çinko alaşımı olup döküme uygun olan iki tür pirinç vardı. Bakır yanında tuncun ana bileşeni olan kalay ise Avrupa’dan sağlanmış olmalıdır. Kalay metalinin kıtlığını, kalaylı bakır kapların, belki de hattâ kalaylı tunç kapların İngiltere’den satın alınması gibi o zamanlar yapılan çeşitli öneriler, doğrulamaktadır.⁷⁸

Soy olmayan metal kapların üretiminde kalayın hiçbir rol oynamadığı durumlarda kalay, sıklıkla bakır eşyanın yüzeyinin kaplanması için kullanılmıştır. Bunun iki nedeni vardı. Birisi, kalaydan ibaret koruyucu tabakanın, saf bakırdan yapılmış tencere ve tabaklarda tehlikeli zehirlerin oluşumunu önlemesi, diğeri de kalay yardımıyla dekoratif tarzda ucuz bir şekilde gümüş taklidinin yapılması idi. Ortaçağ’da Avrupa’da ve İslâm dünyasında zanaatkârlar, bakır eşyaları, nişadır yardımıyla kalay, kuvvetli ısıtma altında malzemeye baskı altında sürerek

kalaylıyorlardı. Buhar haline gelen nışadır, yüzeyi temizliyor ve aynı zamanda erimekte olan kalayın bakır üzerine ince ve örtücü bir tabaka halinde yerleşmesini mümkün kılıyordu.⁷⁸

Osmanlı Devleti'nde önceleri bir maden mektebi bulunmadığından, maden mühendisi gereksinimi, diğer teknik alanlarda olduğu gibi, Avrupa'dan sağlanmaya çalışılmıştır. Avrupa genelinde Almanya, Balkanlarda ise Sırbistan, madencilikte illeri düzeyde bulunduğundan, Osmanlı madenciliğinde yabancı olarak genelde Sırp madenciler istihdam edilmiş ve bu yolla da Sırpça ve Almanca çok sayıda madencilik terimi kullanılmıştır. 11. yüzyılda Orta Almanya'dan Sırbistan ve Bosna taraflarına göç eden Saksonlar, buradaki maden ocaklarını düzene sokarak Alman modeline göre teknik ve hukuksal altyapıyı uyarlamışlardı. Sırp'ların madencilikte iyi bir durumda olmalarının nedeni, Saksonların deneyiminden yararlanmaları ve sahip oldukları zengin gümüş madenlerinin işletilmesinde deneyim kazanmalarından kaynaklanmaktaydı. Osmanlı Devleti de Sırbistan'ın fethi ile birlikte bu alandaki Alman ve Sırp birikimini miras almıştı. Osmanlı Devleti'nde istihdam edilen maden mühendislerinden en göze çarpanı, Maden-i Hümayun Başmühendisi olan Avusturyalı Gustave de Pauliny idi. Tanzimat'ın ilanı (1839) öncesinde Keban-Ergani madenlerinin ıslahı için davet edilen Pauliny, çeşitli madenlerin ıslahı konusunda birçok rapor hazırlamıştır. 1837 tarihli bir raporunda Osmanlı madenciliğinin acınacak durumda olduğunu, herhangi bir pratik cevher çıkartma tekniği ve drenaj sistemi kullanılmaksızın ilkel yöntemlerle yapıldığını, fırınların küçük boyutlu olduğunu, üretim kayıpları nedeniyle verimin düşük olduğunu, su gücünden yararlanma teknikleri bilinmediğinden körüklerin elle çalıştırıldığını belirtmiştir. 1861 tarihli "Maâdin Nizamnamesi"nin yayınlanmasından sonra 1866'da Osmanlı Devleti hizmetine giren Alman Ernest Weiss (ölm. 1899) ise, tüm yabancı maden mühendisleri arasında 33 yıllık çalışma süresi ve kararlılığı bakımından ayrı bir yer kazanmış, çalışmalarından

ötürü nişan ve maaş zammı ile ödüllendirilmiştir. 1883 yılında Osmanlı Devleti'nde maden mühendisi olarak göreve başlayan İtalyan asıllı Eduare Coulant, Weiss'in ölümüyle 1899'da başmühendisliğe atanmıştır. Coulant'ın görevi sırasındaki dikkate değer çalışması, Ereğli Kömür Madenleri'nde üretimin artırılmasına yönelik rapor olmuştur.⁸¹

Sultan Abdülmecid (yön. 1839-1861) döneminde Zeytinburnu Demir Fabrikası kurulmuş, fabrikanın hammaddesi Büyükdada, Sofya, Köstendil gibi demir madenlerinden sağlanmıştır. Sultan Abdülaziz (yön. 1861-1876) 17 Temmuz 1861'de 54 maddelik "Maâdin Nizamnâmesi" çıkartmıştır. Buna göre toprak sahipleri kendi mülklerinde hiçbir izin almadan maden araması yapabilecekti. Devlet arazilerinde maden araması ise izinle yapılabilirdi. Maden bulunursa, işletmek için imtiyaz alınması gerekiyordu. İmtiyaz sahiplerinin devlete ödeyecekleri vergi, madenin zenginliğine göre belirlenecek, imtiyaz süresi sonunda işletme, bütün tesisleri ile devlete intikal edecekti. Yine aynı padişah döneminde 1810 tarihli Fransız Maden Yasası'ndan yararlanılarak 29 Kasım 1868 tarihinde 98 maddelik yeni bir "Maâdin Nizamnâmesi" hazırlanmıştır. O dönemde imtiyaz verilen başlıca madenler linyit kömürü, krom, manganez, simli kurşun ve bakır olmuştur. Bu imtiyazları alanların çoğu yabancı ya da Osmanlı vatandaşı Ermenilerdi. Maden nizamnâmeleri 1885, 1888, 1901 ve 1906 tarihlerinde yabancı yatırımcılar lehine hükümlerle yeniden düzenlenmiştir. Osmanlı'da madenci yetiştirmek üzere 3 Şubat 1874'te İstanbul'da Maâdin Mektebi açılmış, bu okul 1879'da Orman Mektebi ile birleştirilerek Orman ve Maâdin Mektebi'ne dönüştürülmüştür. Bu tarihe kadar iki yıllık eğitim öngörülmüş ve her biri haftada iki saat olmak üzere şu derslerin okutulması kararlaştırılmıştır: Birinci sınıfta *Hendese* (Geometri), *Rakam*, *Âdâdın Cezr ve Kuvveti* (Sayıların Kök ve Kuvvetleri), *Cebir*, *Logaritma*, *Muhtasar Ilm-i Hikmet-i Tabiiye* (Fizik Özeti), *Mesâha-i Sütuh* (Yüzey Ölçümü), *Takti'-i Mücessemât* (Cisimlerin Kesil-

mesi), *Fenn-i Müsellesât* (Trigonometri), *Topografya ve Terstmi Harita* (Topografya ve Harita Çizimi), *Fenn-i Madeniyât* (Madencilik Bilgisi); İkinci sınıfta *Topografya ve Terstmi Harita*, *Muhtasar Tabakat-ül-Arz* (Jeoloji Özeti), *Muhtasar Fenn-i Kimya* (Kimya Özeti), *Muhtasar Fenn-i Ma'âdin* (Madencilik Özeti).⁸¹ 1879'dan sonra eğitim dört yıla çıkarılmıştır. 1879 tarihli "Orman ve Maâdin Mektebi Nizamnâmesi"nde her öğretim yılı 1 Eylül-15 Temmuz tarihleri arasında maden bölümünde okutulacak dersler, ilk iki yıl *Matematik*, *Geometri*, *Logaritma*, *Cebir*, *Müsellesat* (Trigonometri), *Coğrafya*, *Kimya*, *Teknik Resim*, *Osmanlı Kanunları ve Osmanlı Yazışmaları*; üçüncü ve dördüncü yıllarda ise *Müsellesat*, *Tahtit-i Arâzi* (Topografya), *Resim* (Çizim), *İlm-i Tabakat-ül Arz* (Jeoloji), *Kimya*, *Münşeât-ı Osmaniyye* (Osmanlı Yazışmaları), *İzâbe-i Ma'den* (Maden Arıtma), *Harita*, *İmalât-ı Ma'den* (Maden Üretimi) şeklinde belirlenmişti. Ayrıca dört yıl boyu *Lisân-ı Fransevî* (Fransızca) dersi okutulacaktı. 1893'te madencilerin Avrupa'da ve ormancılardan da Halkalı Ziraat Mekteb-i Âlisi'nde yetiştirilmesine karar verilerek okul kapatılmıştır. Cumhuriyetin ilk yükseköğretim kurumu olarak 1924'te Zonguldak Maâdin Mühendis Mekteb-i Âlisi açılmış, dört yıllık öğrenim sonunda ilk mezunlarını 1928'de vermiş, okula ilk müdür olarak elektrik yüksek mühendisi Mehmed Refik (Fenmen) Bey (1889-1951) atanmış, bu görevini okulun kapandığı 1931 yılına dek sürdürmüştür. Bu okuldan toplam 70 maden mühendisi mezun olmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Maden Fakültesi 1953'te öğrenime başlamıştır.^{65, 82}

Sanat tarihçisi ve yazar Sabahattin Eyüboğlu (1908-1973) ile şair ve ressam Bedri Rahmi Eyüboğlu'nun (1913-1975) enişterleri olan Robert Anhegger (1911-2001), Osmanlı madenciligi üzerine çalışmalar yapmış ve *Beiträge zur Geschichte des Bergbaus im Osmanischen Reich* (Osmanlı İmparatorluğu'nda Maden İşletmelerinin Tarihi Üzerine) (1942) adlı önemli bir eser vermiştir.

Birinci Dünya Savaşı ertesinde geniş bir ıslahat hareketine girişen Osmanlı Devleti, Almanya ve Avusturya-Macaristan'dan Türkiye'ye pozitif bilim ve sosyal bilimler dallarında 50'ye yakın profesör ve doçent getirtmiştir. Bunlar arasında, Frankfurt'tan İstanbul Darülfünunu'na gelen Alman sınai kimya profesörü ve aynı zamanda *Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Großindustrie. Ein technologisch-historischer Versuch* (Başlangıcından Büyük Endüstri Dönemine Dek Kimya Tekniğinin Gelişimi. Bir Teknoloji Tarihi Denemesi) (Berlin, 1923) adlı eserin yazarı olan kimya ve teknoloji tarihçisi Gustav Fester (doğ. 1886), Türk madenciliği konusunda elverdiğince geniş bilgiler derleyerek 1918 yılında Weimar'da yayımlattığı *Die türkische Bergbaustatistik 1318 bis 1327* (14.März 1902 bis 13.März 1912) [Türk Madencilik İstatistiği (14 Mart 1902'den 13 Mart 1912'ye Dek)] adlı eserinde, ilk başta Türk maden işletmeleri, taş ocakları ve tuzlalarındaki üretim ve dışsattım konusunda ön bilgiler vermiş; Türk maden işletmelerinin toplam üretimine, her bir maden işletmesinin yıllık üretimine, maden ürünlerinin dışsattımına, taş ocaklarından taş üretimine, tuz üretimine ve tuz dışsattımına ilişkin verileri çizelgeler halinde verdikten sonra devletçe işletilen Ergani bakır madeni işletmesi, Tokat'ta bakır tasfiyesi, Bolkar Dağı maden işletmesi, Gümüşhacıköy maden işletmesi, (Eskişehir) lüle taşı, Mihalicçık kil yatakları konularını işlemiş; son olarak da Balya-Karaaydın Şirketi, Borasit Şirketi, Ereğli Şirketi, Karasu Şirketi ve Kasandra Şirketi gibi önde gelen işletmelere ilişkin değerlendirmeler yapmıştır.⁸³

Ünlü oryantalist Türk ressam Osman Hamdi Bey'in (1842-1910) babası Sadrazam Sakız'lı İbrahim Edhem Paşa (1818-1893), Osmanlı Devleti'nde eğitim için Avrupa'ya gönderilen ilk dört gençten biriydi. Sultan II. Mahmud (yön. 1808-1839) zamanında Sakız Adası'nda çıkan bir isyanın bastırılması sırasında ele geçen esirler arasında İstanbul'a getirilen İbrahim Edhem, köle olarak satışa çıkarılmış ve Kaptan-ı Derya Koca Hüs-

rev Paşa (1756-1855) tarafından satın alınmıştır. Daha sonra sadrazamlık da yapan Hüsrev Paşa, kölelerini evladı sayan, onların her yönden yetiştirilmelerini sağlayan bir kişi idi. 1829 yılında Sultan Mahmud'un izni ile ve tüm masrafları kendisine ait olmak üzere Avrupa'ya eğitime gönderdiği dört çocuğu arasında İbrahim Edhem de bulunuyordu. 9 yaşında Paris'e gönderilen İbrahim Edhem, 1839 yılında Paris Maden Okulu'nu (*École des Mines*) birincilikle bitirerek diplomasını Fransa İmparatoru III. Napoléon'un ("Louis Bonaparte") (1808-1873; İmp. 1852-1870) elinden almıştır. 1840'ta Türkiye'ye döndükten sonra bir süre Ergani madenlerinde, 1845'te Elazığ / Keban'da ve İstanbul / Sarıyer'de, 1846'da Amasya'daki madenlerde çalışmış, daha sonra askerî sınıfa geçen İbrahim Edhem, 1877'de sadrazam olmuştur.⁸⁴

Türkiye'de metalürji sanayisini oluşturma yönündeki girişimler, İstanbul'un fethi öncesinde 1450 yılında kurulan "Tophane" ile başlamıştır. İstanbul'un fethinde önemli rol oynayan büyük topların burada döküm işlemiyle imal edilmeleri, çağdaş teknolojik düzeye uygun parlak bir başlangıçtı. Meslek düzeni bakımından Tophane'de top dökümü işinin başındaki kişiye dökücübaşı denirdi. Dökücübaşı, rütbe bakımından topçubaşından sonra ikinci sırada gelirdi. Kendisine bağlı olarak yardımcı, tamirci, burgucu, dülgere, kepececi, dökücü, nakkaş ve çıraklar bulunmaktaydı. İstanbul Tophanesi, 16. yüzyıl ortalarında dünyanın en büyük dökümhanesi ve top fabrikası idi. Bizanslı tarihçi İmbros'lu (İmroz'lu) Kritobulos'un (Kritovulos) (~1410-1470) bildirdiğine göre top kalıbı hazırlamak için kullanılacak çamurun içine, kalıbın direncini artırmak için kum, kiremit kırıntısı, talaş, kemik tozu, saman, eski yün parçaları, hayvan kılı, kurutulmuş at gübresi, keten ve kendir gibi malzemelerle kurumuş eski kalıp parçaları katılırdı. Çok dayanıklı bir kalıp malzemesi olan bu karışım, elde edilen çamura süngersi bir doku vererek döküm sırasında oluşan hava ve gaz kabarcıklarının çıkmasına da yardımcı olarak kalıbın pat-

lamasına engel olurdu. İçine erimiş madenin döküleceği top kalıbı, iç kalıp ve dış kalıp olarak iki ayrı parçadan oluşurdu.⁸⁵

Evliya Çelebi, İstanbul Tophanesi'nin 17. yüzyıl ortalarında 1060 topu birden dökebilecek kapasitede olduğunu, top kalıplarının kırk bin ilâ elli bin yumurta katılarak macun haline getirilmiş çamurun ipler aracılığıyla demir millere sarılmasıyla hazırlandığını, kıvılcım sıçrayarak yangın çıkma tehlikesine karşı çok sayıda görevlinin ellerinde su dolu kovalarla beklediğini, eritme fırınlarında ateşin yanına varmanın mümkün olmadığını ve orada çalışanların ateşin sıcaklığından etkilenmemek için keçeden yapılmış giysiler giydiğini, top döküm günü kalfalar, ustalar, dökücübaşı, topçubaşı, vardıyanbaşı, muvakkit, imam, müezzin, duacı gibi kişilerin toplanıp dualar ettikten sonra fırına ateş verdiklerini, uğurlu olsun diye erimiş tuncun içine orada bulunan sultan ve diğer devlet büyükleri tarafından keseler dolusu altın paralar atıldığını, kurbanlar kesildiğini, muvakkitin elinde kum saati ile fırın ateşinin kesilme ve döküm zamanlarını belirlediğini, duacının dua etmesiyle döküme başlandığını, balyemez topunun dökümünün yarım saat, dökümden sonra soğuması ve kalıpların açılmasının ise yaklaşık bir hafta sürdüğünü yazar.^{8, 86}

Sultan II. Mahmud döneminde 1820 yılında Tophane Nazırlığı'nın ("Tophâne-i Âmire" / Devlet Top Dökümhanesi) kurulmasıyla savaş araç ve donanımının üretiminde tuncun yerini çelik almaya başladı. Daha sonra İmalat-ı Harbiye adı altında yeniden düzenlenen bu kuruluş, varlığını 1929 yılına dek sürdürdü. 1923 İzmir İktisat Kongresi'nde alınan kararlar doğrultusunda özel kesimin finansmanını karşılamak üzere Türkiye İş Bankası (1924) ve Türkiye Sanayi ve Maadin Bankası (1925) kurulmuştur. Ulusal maden kaynaklarımızı araştırmak, işletmek, harita ve belge hazırlamak ve eleman yetiştirmek amacıyla 14 Haziran 1935 tarihinde 2804 ve 2805 sayılı kanunlarla Ankara'da "Maden Tetkik ve Arama (MTA) Enstitüsü" ile Etibank, 24 Haziran 1935'te 2819 sayılı kanunla "Elek-

trik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ)", 1940 yılında ise Ereğli Kömür İşletmesi Müessesesi kurulmuştur. Kısa zamanda Ergani Bakır, Divriği Demir, Şark Kromları, Garp Linyitleri işletmelerini faaliyete geçiren Etibank, kömür ve linyit üretimini artırmayı başardı. Madencilikle ilgili araştırmalar, 1965 yılında Etibank'a devredilmiştir. 1940 yılında Raman'da MTA tarafından bulunan petrolün arıtılması amacıyla 1942 yılında Batman'da bir rafineri kurulmuş, ardından 1954 yılında 6327 sayılı kanunla Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) kurularak devlet adına petrol arama, üretim ve arıtma görevlerine başlamıştır. Etibank tarafından yürütülen taşkömürü ve linyit üretim görevi, 1957 yılında 6974 sayılı kanunla oluşturulan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na (TKİ) devredilmiş, aynı görev daha sonra da 1983 yılında oluşturulan Türkiye Taşkömürü Kurumu'na (TTK) devredilmiştir.

Karadeniz'deki kömür madenimizin tarihçesine ilişkin ünlü "Uzun Mehmed Öyküsü"nün çeşitlemeleri bulunmakta ve hattâ sonradan yakıştırma ve uydurma bir öykü olduğu bile söylenmektedir. En yaygın şekliyle öykü, Sultan II. Mahmud'un (yön. 1808-1839) saltanat döneminde 1828 yılında Osmanlıların Avrupa'dan satın aldığı ilk buharlı gemi olan "Swift" ile başlar. "Swift"ın yakıt olarak kullandığı kömürler, askerliğini deniz eri olarak yapmak üzere Anadolu'nun çeşitli yerlerinden İstanbul'a gelen erlere gösterilir ve memleketlerine döndüklerinde bu kömürden bulup bildirirlerse padişah tarafından ödüllendirilecekleri duyurulur. Uzun Mehmed, Zonguldak'ta Karadeniz Ereğli'sinin Kestaneci köyü Neyren deresi Köseazgı mevkiinde bulduğu maden kömürü örneklerini 8 Kasım 1829'da İstanbul'a götürür ve Sultan II. Mahmud 50 altın ihsan ederek ömür boyu 600 kuruş maaş bağlar. Ama bir süre sonra Uzun Mehmed zehirlenerek öldürülür. Cinayete, kömür madeninde gözü olan yöre ileri gelenlerinden birinin parmağının bulunduğundan kuşkulandır. Öykünün başka bir değişikliğine göre ise Ereğli'nin Kestaneci Köyü'nden Gemici Hacı İs-

mail, terhis olduktan sonra memleketinde 1822 yılında bulduğu “kara taşları” İstanbul’a götürmüş ve Sultan II. Mahmud tarafından beş kese altınla ödüllendirilmiştir. Kömür madeni 1848’de Sultan I. Abdülmecid (yön. 1839-1861) zamanında işletmeye açılır. İşletme imtiyazını alan İngiliz sarraflar grubu (o sıralarda İngiltere’den yapılan kömür ithaline fazla zarar vermemek için) üretimi düşük tutar. Bunun üzerine sözleşme feshedilir ve yönetim “Hazine-i Hassa”ya geçer. Kömür havzasına “fen sokmaları” için İngiltere’den kardeş iki mühendis ile sekiz ocak çavuşu getirilir. Fransızların da katılmasıyla kömür üretimi çeşitli evrelerden geçer. Havza, 1859’da Galata’lı ünlü banker Yorgaki Zafiropulo’ya tümüyle teslim edilir. Bir yıl sonra yolsuzluk savıyla Zafiropulo’nun sözleşmesi de feshedilir ve Ereğli eşrafından iki güçlü aile ortaya çıkar. 1865’te işletme Bahriye Nezareti’ne (Denizcilik Bakanlığı) geçer; 1882’den sonra da Ermeni ve Rumlar tarafından büyük sermayeli kumpanyalar kurulmaya başlar.⁸⁷ Türkiye’nin yer altı taşkömürü rezervi 1 milyar tonun üzerinde olup yıllık taşkömürü gereksinimi 10-12 milyon ton dolayındadır.

20. yüzyıl başlarında Orta Doğu petrollerine ulaşmayı hedefleyen Almanlar, kurulan bir şirket aracılığıyla “Anadolu-Bağdat Demiryolu” hattının yapımına girişmişlerdir. Bir padişah fermanıyla, hattın sağında ve solunda kalan 100’er km’lik şerit içinde kalan madenlerin işletme imtiyazı da bu şirkete verilmiştir. Haydarpaşa’dan Kurtalan’a kadar uzanan bu demiryolu hattının Anadolu’yu tuhaf dönemeçler yaparak geçmesi, bu imtiyaz nedeniyledir.

Günümüzde dünya enerji gereksiniminin % 84’ü kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan, geri kalanı da başta hidrolik ve nükleer enerji olmak üzere diğer kaynaklardan karşılanmaktadır. Dünya kömür rezervi 984 milyar ton olup bunun 519 milyar tonunun taşkömürü, geri kalanının da linyit rezervleri olduğu bilinmektedir. Dünya ölçeğinde fosil ya-

kıtların rezerv dağılımı % 68 kömür, % 18 petrol ve % 14 doğalgaz şeklindedir. Dünya kömür rezervi 200 yıl boyu gereksinimi karşılayacak durumda iken petrol ve doğalgazın ömrünün 40-60 yıl olduğu kestirilmektedir. 2001 yılı dünya fosil yakıt tüketim oranları % 44 petrol, % 29 kömür ve % 27 doğalgaz şeklindedir.

1929 yılında Kırıkkale'de çelik fabrikasının temeli atılmış ve 1932'de hizmete girmiştir. Karabük Demir-Çelik İşletmeleri'nin ("KARDEMİR") temeli Mustafa Kemal Atatürk (1881-1938) zamanında 1937'de atılmış ve 1939'da işletmeye alınmıştır. Ereğli Demir-Çelik İşletmeleri ("ERDEMİR") özel teşebbüs statüsünde 28 Şubat 1960 tarihinde kurulmuş, temeli 1962'de atılmış ve 1965'te işletmeye alınmıştır. Üçüncü demir-çelik tesisimiz olan Iskenderun Demir-Çelik Tesisleri'nin ("İSDEMİR") temeli 1972'de atılmış ve 1980'de tam kapasiteyle devreye alınmıştır. Bizde demir-çelik işletmelerinin yüksek fırınlarına, bereket ve doğurganlık simgesi olarak Fatma, Zeynep, Ayşe gibi hep kadın adları verilmiştir. Bunlar, 5-6 yılda bir yapılan bakım-onarım için verilen kısa süreli molalar dışında sürekli çalıştırılmaktadırlar.

Türkiye, öncelikli olarak bor madenlerinde dünya rezervlerinin % 36'sına, feldspatta % 24'üne, baritte % 7'sine sahiptir. Türkiye'nin görünür taşkömürü rezervi 1 milyar ton, görünür linyit rezervi 8,5 milyar ton, muhtemel linyit rezervi ise 15-20 milyar tondur. Türkiye'nin belli başlı maden kaynakları olarak Keban'da simli kurşun; Murgul-Çakmakkaya'da ve Çayeli-Madenköy'de bakır; Ergani'nin 20 km kuzeydoğusundaki Guleman'da krom; Seydişehir'de alüminyum; Bursa-Uludağ'da volfram (tungsten); Mardin-Mazıdağı'nda fosfat; Malatya-Hekimhan / Hasançelebi'de demir; Kütahya-Emet ve Eskişehir-Kırka'da bor; Ankara-Beypazarı'nda trona; Kızılcaören'de fluorit; Eskişehir-Sivrihisar'da toryum; Manisa-Köprübaşı ve Yozgat-Sorgun'da uranyum; Kütahya-Tavşanlı / Tunçbilek / Seyitö-

mer'de, Çanakkale-Çan'da, Kahramanmaraş-Elbistan'da, Muğla-Yatağan'da ve Ankara-Beypazarı'nda linyit yataklarından söz edilebilir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da Maden İşletmeciliği

Ülkemizde bakır madeni ilk kez Ergani / Maden'de İÖ 6400'lerde işlenmiştir. Mezopotamya'da İÖ 6. binyıla tarihlenen bakır gereçler bulunmuştur. İÖ 2000'lerde Asurlular, İS 12. yüzyılda Araplar ve 16. yüzyıldan sonra da Osmanlılar tarafından işletilmiştir.

Ortaçağ ve Osmanlı Devleti döneminde Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli bakır ve tunç atölyelerinden biri Siirt'te bulunmaktaydı. Bu atölyeler, bölgenin gereksinimini karşıladığı gibi üretim fazlası, doğuda İran, güneyde ise Irak ve Suriye'ye de gönderilmekteydi.

Van Gölü yöresi tarih boyunca Hurriler, Hititler, Urartular, Asurlular, İranlılar, Kimmerler, İskitler, Frigler, Medler, Ermeniler, Sasaniler, Moğollar, Kürtler, Araplar ve Türkler gibi çeşitli halkların işgal ve yerleşimine uğramıştır. İlk olarak Hurriler'in İÖ 1500'lerde buraya yerleştikleri görülmektedir. Urartu Krallığı ise İÖ 1300'lerde ortaya çıkmış, Rusahinili'yi (bugünkü Toprakkale) başkent edinmiş, metalürji ve sulama konusundaki ustalıklarıyla kendilerini göstermişlerdir. Söylencesel Babil Kraliçesi Semiramis'in (Şammu-Ramat / Şamram / Şahmiram) (İÖ 800'ler) Van Gölü kıyısına bir liman inşa ettirdiği söylenir.

İÖ 9.-6. yüzyıllar arasında başta Doğu Anadolu Bölgesi olmak üzere Transkafkasya ve Kuzeybatı İran gibi çok geniş bir coğrafi bölgede egemenliğini sürdüren, başkentliğini Van Ovası'nda Tuşpa (bugünkü Van Kalesi) ve Rusahinili'nin yaptığı Urartu Krallığı, İÖ 1. binyılın ilk yarısında hem Anadolu'nun hem de tüm eski Ön Asya dünyasının en büyük madenci toplumdurdu. Asur Kralı II. Sargon (İÖ 721-705), İÖ 714 yılında

Urartu ve Eski Ön Asya dünyasının en kutsal tapınağı sayılan Muşafir / Ardini tapınağı ve sarayını yağmalamıştır. O zamanın madencilik atölyelerinden en ünlüsü, Siirt kentinin 120-130 km güneydoğusunda, bugünkü Türkiye-İran-İrak sınırının keşiştiği yerin güneyindeki Muşafir / Ardini tapınağı ve sarayı idi. Urartular bu kutsal tapınağa Ardini, Asurlular ise Muşafir demektedirler. Urartu madencilığının ne denli önemli boyutta olduğunu, Asur Kralı II. Sargon'un Muşafir / Ardini tapınağı ve sarayından yağmalamış olduğu eşyaların listesi de doğrulamaktadır. Buradan 1 tonu aşkın altın eşya, 10 ton kadar gümüş eşya, 109 ton da tunçtan yapılmış çeşitli eşya, heykel ve silah yağmalanarak Asur'a götürülmüştür. Urartu bölgesindeki ünlü maden yataklarından Ergani-Maden bakır madenleri ile Keban'daki gümüş, gümüşlü kurşun ve kurşun yatakları, ayrıca da Murgul'daki bakır yatakları günümüze değin işletilmiştir. Siirt'te günümüzde Madenköy diye adlandırılan mevkide bulunan bakır madeni sahasının çevresinde bulunan eski maden galerileri, eritme fırınları ve büyük yapay tepeler oluşturan on binlerce ton ağırlığındaki dışık yığınları, burada yüzlerce yıldan beri yapılan bakır üretimi konusunda açık bir bilgi vermektedir. Siirt atölyeleri, bakır ve tuncun yanı sıra, özellikle pirinçten ürettiği kaplarla da ünlüydü. Eriyen bakırın içine % 20 oranında çinko katılarak pirinç elde edilmekteydi. Pirinç kaplar pas tutmadığı için, su ile ilgili olarak kullanılan maşrapa ve leğen gibi kaplar yapılıyordu. Buraya çinko sağlayan yataklar, Siirt'in 50-55 km kadar kuzeydoğusunda bulunmaktaydı. Van Gölü'nün güneybatısında yer alan Hizan ve yakın çevresinde zengin çinko yataklarının bulunduğu belirtilmektedir. Madenköy'deki bakır yataklarından yapılan üretim, yalnızca Van bölgesini değil, Kuzey Suriye ve Kuzeybatı İran bölgesinin bakır gereksinimini de karşılamıştır.^{88, 89} Urartular'ın güzel tunç dökümcülüğü ve başka maden işçiliği tasarım ve sanatsal açıdan da üstün ustalık derecesinde idi. Urartu takıları arasın-

da saç spiralleri, küpeler, boncuk kolyeler, boyunluklar, pektoraler (göğüslükler), madalyonlar, amuletler (nazarlık muska), bilezikler, pazubentler (kolçaklar), yüzükler, metal kemerler, fibulalar (çengelli iğneler), süs iğneleri vb. bulunuyordu. Onlar metal eşyalarını büyük oranda ihraç ediyorlardı. Urartu malları Orontes (Asi) Nehri'nin ağzındaki limandan gemilerle doğrudan Yunanistan ve Etruria'ya (Kuzey İtalya) sevk ediliyordu. Urartular'ın uzaklardaki İtalya'nın Etrüsk kentlerinde yaşayan meslektaşlarını etkilemiş olduğu anlaşılmıştır ve Urartular'dan kalma kimi büyük kazan örnekleri, günümüz İtalyan müzelerinde sergilenmektedir.⁹⁰

Metaller içinde demir, eritilmesi güç olduğundan, elde edilmesi geç dönemde geliştirilmiştir. Bunun için gereksinim duyulan odun kömürünün elde edildiği bodur meşe ağaçlarıyla kaplı orman alanlarının Van Gölü'nün güneyinde bol bulunması, buralarda demir metalürji tekniğinin gelişmesini teşvik etmiştir. Urartu yayılma alanındaki iki önemli demir eritme merkezi olan Balaban (Şibut) ve Pürneşe'deki atölyeler, zamanında dünyanın en önemli maden üretim merkezlerini oluşturmaktaydı. Balaban demir eritme merkezi, Urartu başkenti Tuşpa'nın 59 km batısında ve bugünkü Van-Tatvan karayolunun hemen kuzeyinde yer almaktaydı. Kara yolu ile Van Gölü arasında kalan ve halk tarafından "Mağaratepe" olarak adlandırılan mevkide, iki büyük demir galerisi bulunmaktadır. Dikey olarak açılan galerilerden çıkarılan hematit türü demir cevheri, güneyde doğu yönüne doğru akan bir dere kenarında eritmeye tâbi tutulmuştur. Maden galerilerinin hemen güney eteklerinde tarla süren kişiler tarafından toplanarak birkaç yapay tepe oluşturan üfleç borusu parçalarının 3-4 bin adet olduğu anlaşılmaktadır. Demir madenini eritmek için körükten çıkan havayı eritme fırınına veren, seramikten yapılmış üfleçler, dörtgen kesitli ve tek hava kanallıdır. Pürneşe demir eritme merkezi ise Tuşpa'nın yaklaşık olarak 130 km güneyinde bulunmaktadır. Çevrede zengin olarak bulunan spekülarit türü

demir yataklarından çıkarılan cevher, buraya getirilerek eritilmiştir. Burada da çok sayıda üfleç borusu parçasının bulunması, burada da demiri eritmek için körük tekniğinin kullanılmış olduğunu göstermektedir.⁸⁹

Urartu Krallığı'nın tunç endüstrisi açısından Doğu Karadeniz'deki çinko maden kaynaklarının önemi vardı. Asur Kralı II. Sargon Muşafir / Ardini tapınağından ve sarayından yağmaladığı tunç eşya ve silahlar arasında özellikle "parlak tunçlardan" söz etmiş, bu tunçların eritilen bakıra % 20 oranında çinko katılarak elde edildiği anlaşılmıştır.⁹¹

Diğer madenlerin yanı sıra bu bölgedeki bakır madeni konusunda ilk bilgiler, 951 yılında Arap coğrafyacı el-İstahrî'nin (10. yüzyıl) *Kitab el-Mesâlik ve'l-Memâlik* (Yollar ve Ülkeler Kitabı) adlı eserinden gelmektedir. 10. yüzyıl Arap coğrafyacısı el-Mukaddesî (ölm. 988) de Âmid (Diyarbakır) ile Bitlis arasındaki yolu tarif ederken, Bitlis'e bir konak uzaklıkta "Maden" adlı bir konaklama yerinin bulunduğunu belirtmektedir. İlginçtir ki 17. yüzyıl ortalarında ünlü Türk gezgini Evliya Çelebi de, Siirt'in kuzeydoğusunda bakır madeninin ve üretimini çokluğu yüzünden "Maden" adı verilen bir yerin varlığından söz etmektedir. Son olarak 13. yüzyılın ilk çeyreğinde coğrafya sözlüğü yazarı ünlü coğrafyacı Ebu Abdullah Yâkut (Yâkut Rûmî; Yâkut Hamevî) (1179-1229), diğer madenlerin yanı sıra bu bölgedeki bakır madeni hakkında bilgi vermektedir. İranlı tarihçi ve kozmografyacı Zekeriya el-Kazvinî (1204-1283) ise *Acâib el-Buldân* (Tuhaf Beldeler) adlı coğrafya kitabında gezdiği yerler konusunda ilginç ve abartılı bilgiler vermekteyse de eserinde Siirt'teki atölyelerde üretilen çeşitli madenî eşyaların, güneyde Mezopotamya'ya ihraç edildiğini övgüyle anlatmaktadır. Osmanlı döneminde ise, üretilen madenî eşyanın büyük kısmı kaçak olarak İran'a götürüldüğünden, zaman zaman buna karşı kesin yasaklar konduğu anlaşılmıştır. Günümüzde Madenköy'de bakır üretimi yapılmamaktadır.⁸⁸

Karadeniz Bölgesi'nde ve Tokat Yöresinde Madencilik

Tokat-Erbaa yöresinde İÖ 3800'lerde yer altı maden işletmeciliği yapıldığı saptanmıştır. Anadolu'nun demir metalürji tekniğinde göstermiş olduğu olağandışı gelişme, Grek ve Latin söylencelerine konu olmuştur. Sementasyon işleminin keşfi, Eskiçağ'da İÖ 1400'lerde Doğu Karadeniz'de ve Tokat bölgesinde oturan ve Hititlerin bir kolu olan Halibler'e ("*Khalyb*") yakıştırılır ve onlar, dünya madencilik tarihine demir ve çeliği keşfeden topluluk olarak geçmiştir. Öyle ki Grekçe'de, işlenmiş demirin ya da çeliğin karşılığı, "*khalybos*" ya da "*khalyps*" sözcüğüdür. İÖ 1. binyılın ilk yarısından başlamak üzere birçok Antikçağ yazarı, Halib'lerin madencilik konusundaki başarısını büyük bir övgüyle anlatarak söylenceleşmesini sağlamıştır. Bu yazarların birleştikleri ortak nokta, Halib'lerin yalnızca demircilikte değil tüm madenlerin elde edilmesi ve işlenmesinde göstermiş oldukları üstün başarıdır. Hattâ Yaşlı Plinius, tunç üretiminin kökeninin Halib'lere dayandığını söyler.^{26, 92} Ancak çağdaş araştırmalar sonucunda, bu söylencelerdeki "*khalybs*" sözcüğünün, aslında Urartu demirciliğini simgelediği anlaşılmıştır.⁸⁹

Orta Karadeniz Bölgesi'nde en zengin bakır yataklarına sahip Küre madenlerinden elde edilen bakır, tunç top dökümü dışında sosyal alanda kullanılmak üzere Gerede, Çankırı, Kastamonu, Çorum ve Amasya atölyelerinde olduğu gibi Tokat atölyelerinde de işlenmekteydi.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en zengin bakır yataklarına sahip Ergani'den çıkarılan bakırın katırlarla sevk edilip oldukça masraflı ve zor koşullar altında Tokat'a getirilerek buradaki kalhanelerde tasfiye edilmesinin iki önemli nedeni bulunmaktadır: Birincisi, Tokat kalhanelerine bakır sağlayan en zengin bakır yataklarına sahip olan Küre madenlerinde yapılan üretimin, 17. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren yavaş yavaş gerilemeye başlamış olmasıdır. İkincisi, Ergani çevresinde orman

alanlarının artık ortadan kalkmasından ve çıkarılan madeni eritecek odun kömürünün elde edilememesinden kaynaklanmaktaydı. Kâtip Çelebi, *Cihannüma* (Dünyanın Görünümü) adlı eserinde Küre bakır madenlerindeki üretimin düşüşü konusunda şu bilgileri vermektedir: “... Küre bakır madeninde en iyi cevher daha derinde bulunduğundan, yüksek nitelikli cevher elde etmek için daha derinlere inmek gerekmektedir. Ancak el ile boşaltılabilen yeraltı sularının sızması nedeniyle derinlere açılan galerilerde maden işletmeciliğinin başarılı bir şekilde sürdürülebilmesi oldukça güçtür. Maden galerisinde toplanan suların boşaltılması için kazdırılan bir tünel, deprem sırasında çökmüş ve yeni bir tünel de açılmamıştır...”⁹²

İngiliz gezgin William Francis Ainsworth (1807-1896), ülkemizde ve Ortadoğu’da çeşitli araştırma gezileri yapmış ve incelemelerini *Researches in Assyria, Babylonia and Chaldea* (Asur, Babil ve Kalde’de Araştırmalar) (1838), *Travels and Researches in Asia Minor, Mesopotamia, Chaldea and Armenia* (Anadolu, Mezopotamya, Kalde ve Ermenistan’da Geziler ve Araştırmalar) (1842) ve *A Personal Narrative of the Euphrates Expedition* (Fırat Keşif Seferinin Kişisel Bir Raporu) (1888) adlı kitaplarında sergilemiştir. 1830’larda Tokat’ta bulunan Ainsworth, bakırcılık konusunda bilgi verirken, kente Ergani’den getirilen ham bakırın tasfiye edildiği kalhanelerden söz etmekte ve bu işin son yıllarda Viyana’dan gelen bir uzmanın denetimi altında yapıldığına değinmektedir. Maden cevheri, Ergani’de topraktan temizlendikten sonra külçe halinde, altı günlük bir yolculuktan sonra kal edilmek üzere deve kervanlarıyla Tokat’a getiriliyordu.⁹² Ainsworth, 1840 yılında Küre’ye uğradığında bakır madeninin artık işletilmediğini, yalnızca yıllar önce çıkarılan bakır cevherinin eritilmesiyle ortaya çıkan dışıkların yeniden eritilerek bakır elde edilmeye çalışıldığını belirtmektedir.

Mısır piramitleri, Stonehenge ve Persepolis üzerine çizimler ve çalışmaları da bulunan maden mühendisi, jeolog ve ar-

keolog Jean-Jacques de Morgan (1857-1924), bir ara bakır madeni yöneticisi olarak Ermenistan'a gitmiş, Kafkasya'nın Avrupa ve Yunanistan'dan bile daha önce maden işletmeciliği geleneğine sahip ilginç bir yer olduğunu söylemiştir.

Binlerce devenin oluşturduğu kervanların Ergani'den getirdiği ham bakır, Tokat kalhanelerinde tasfiye edildikten sonra elde edilen saf bakır yine develerle Samsun ve İzmit limanlarına taşınmış, buradan da deniz yoluyla gemilerle İstanbul'a götürülmüştür.

Tokat kalhanelerinde eritilerek elde edilen bakır, sosyal alanda büyük bir gereksinim duyulan bakır kapkacağın yanı sıra askerî alanda tunç top dökümünde kullanılıyordu.

Anadolu'yu İzmir'den başlayarak Erzurum'a kadar dolaşan ünlü gezgin Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708), 1701 yılında gözlemlerine dayanarak şunları yazmıştır: "... Tokat'ın asıl büyük ticareti, bakır eşya alanındadır. Tencere, tas, fener ve şamdanlar çok güzeldir. Gümüşhane ve Kastamonu'dan getirilen bakırdan imal ettikleri bu eşyayı, İstanbul ve Mısır'a ihraç ederler..."

1835 yılında Tokat'ta bakırcılığın önemine değinen ünlü gezgin Charles Texier (1802-1871) ise şunları yazmaktadır: "... Tokat, Keban bakır yataklarının ambarıdır. Maden, işlenmek üzere ham olarak bu kente getirilir..."

"YENİ DÜNYA"DA MADENCİLİK

Kristof Kolomb, 1492'de "Hispaniola" diye adlandırdığı adalara ayak bastı. İspanya krallığı gümüş ve altın istemekteydi. Amerika'da ise altın ve gümüş vardı. O sıralar Avrupa'ya, yılda ortalama 250 ton gümüş ve 5,5 ton altın akıyordu. Bu "Altın Çağı" (!) boyunca Latin Amerika'dan aşağı yukarı 900 ton altının, 37500 ton gümüşün Avrupa'ya geldiği kestirilmektedir. Bunlara yakut ve inciye de eklemek gerekir. Birçok geminin yolda battığı da göz önüne alınırsa, "Yeni Dünya"nın ne ölçüde yağmalandığı daha iyi ortaya çıkar.⁹³

Bugünkü Bogota yakınlarında yaşayan bir yerli kabilenin söylencesel şefinin, şölenlerde bedenini altın tozuyla kapladığı, sonra bu altını Guatarita Gölü'nde yıkadığı ve kabile halkının da bu göle altın ve mücevher attığı söylencesi, Amerika'nın İspanyol kâşiflerinin arasında kulaktan kulağa yayılmıştır. İşte insanoglu, hemen bu altın kaplı adamı ("*El Dorado*") bulmak için Bogota yaylalarına, daha sonra da Ormoco ve Amazon vadilerinin içlerine kadar yolculuklar yaptılar. Bu süreç içinde "*El Dorado*", bir kişi olmaktan çıkıp, söylencesel altın kenti anlamını kazandı. İstilâcılar bu kenti aramaya koyuldular ve böylelikle yeni yerleri keşfetmeyi sürdürdüler.⁹⁴ Peru'daki altınlarla gümüşleri talan etmekle yetinmeyen İspanyol serüvenciler, Amazon ormanlarında bir yerde olduğu sanılan bir altın ülkenin, söylencesel El Dorado Krallığı'nın ardına düştüler.⁹⁵

Aztekler, başkent Tenochtitlan'ı (bugünkü Mexico City) 1325 yılında kurmuşlardı. 1519 yılında Meksika'ya ayak basan Hernando Cortés (Cortez) (1485-1547), 600 adamı, 16 at ve yerli kabilelerden kendisine katılan 6000 kişi ile Aztek İmparatorluğu'nun başkenti Tenochtitlan'a doğru yürümüştür. Bu arada İspanyollarla temas sonucu Amerika'da daha önce görülmemiş salgın hastalıklar baş göstermiş ve yerli nüfusu kırıp geçirmiştir. Böylece işi kolaylaşan Cortés, kısa sürede Meksika'yı fethederek 1521 yılında Aztek İmparatorluğu'nu yok etmiş, bu imparatorluğun harabeleri üzerine İspanya kralının egemenliği altında "Nueva Espana" (Yeni İspanya) Genel Valiliği'ni kurmuştur. Francisco Pizarro (1471-1546) ise 1531 yılında 180 asker ve 37 attan oluşan bir kuvvetle Güney Amerika'daki İnka İmparatorluğu'nun topraklarını ele geçirerek yıkıp yok etmiş; bu imparatorluğun yıkıntıları üzerinde ise 1535 yılında yine İspanya kralının egemenliği altında Peru Genel Valiliği'ni kurmuştur.⁹⁶

Yeni Dünya'nın gerçek maden zenginliği altın değil gümüştü ve önce Meksika'da, ardından da hepsinden büyük bir re-

zervi olan Bolivya'daki Potosi'de gümüş yatakları bulundu. Cortés ve Pizarro, Amerika anakarasını fethettikten sonra, yağmaladıkları mezar ve tapınaklardaki muazzam miktarda altın ve değerli taş el koymuşlardır. Aztek dilinde altın sözcüğünün karşılığı "tanrıların dışkısı" anlamına gelen "teocuitlatl" idi. Cortés, Aztek hazinesinin korunduğu gizli yeri bulabilmek için yerlilerin lideri Cauhtemoc'a işkence yaptırmışsa da konuşturamamış, daha sonra ele geçirilen Aztek İmparatoru II. Montezuma'ya (Moctezuma) (1480-1521), kendisine dokunulmayacağı ve serbest bırakılacağı sözü verilerek onun yardımını sayesinde hazineyi ele geçirmiştir. Bu hazinenin sayım-döküm işlemi tam üç gün sürmüş, ganimetteki sanat değeri bulunan altın eşyaların büyük bölümü eritilerek külçe haline getirilmiştir. Benzer tahribatı, Pizarro da yapmıştır. Güney Amerika'da Peru'daki –günümüzde Bolivya Cumhuriyeti'nin toprakları üzerinde yer almakta olan– Potosi madeni 1545 yılında, Meksika'nın orta kesimlerindeki muazzam bir rezerve sahip Zacatecas ve Guanajuato gümüş madenleri ise 1548 yılının ortalarında keşfedilmiştir. Zacatecas, başta gümüş olmak üzere ayrıca da altın, civa, bakır, demir, çinko, kurşun, bizmut, antimon ve tuz madenlerini içeriyordu. 1575'de Peru, büyük altın ve gümüş madenleriyle –özellikle de çok zengin Potosi madeni ile– ön plana geçmiştir.⁹⁶ 18. yüzyılda Guanajuato'dan çıkarılan gümüş, 16. yüzyılda Potosi'den çıkarılandan fazlaydı.

Potosi kenti, 4890 m yükseklikteki Cerro Rico Dağı'nın eleklerine kurulmuş dünyanın en yüksek kentidir. İspanyol fatihler gümüşün çoğunu Potosi'den sağladılar. Bir geç 16. yüzyıl şiirinde ve ondan alıntılanan soyluluk armalarındaki sloganda Potosi madenleri şöyle geçer:³⁶

"Ben zengin Potosi
Dünyanın hazinesi,
Tüm dağların kralı
Ve tüm kralların imrendiği yer"

Buradan elde edilen gümüş külçeler, Güney Amerika'nın batı sahiline götürülüyor, oradan deniz yoluyla Panama'ya, oradan da Karayipler'e ve İspanya'ya taşınıyordu. Bölgede 1200'lerden önce Aymara'lar, sonra da İnka'lar geniş imparatorluk kurdular. 1540'larda İspanyol sömürgeciler bölgeyi işgal etti. 1547'de Potosi nüfusu 14 bin iken 1571'de 40 bin, 1600'de ise en azından 150 bin oldu. 1611 yılında nüfusun etnik bileşimi 3 bin İspanyol, 40 bin İspanyol olmayan Avrupalılar (Fransız, Alman, İtalyan, Portekizli, İngiliz vö.), 35 bin "Kreol"ler (Amerika doğumlu karışık ırk), 76 bin yerli (farklı etnik ve kültürel kökenden) ve 6 bin Afrikalı köleden oluşuyordu.

Güney Amerika'da zengin gümüş madenlerine rastlanan ülke de, adı "gümüş ülkesi" anlamına gelen Arjantin'dir.

Geleneksel olarak İnka'ların gümüşü diğer bileşenlerden ayırma konusundaki eritme pratikleri, Avrupalı arıtımcılarınkinden daha etkin bir ayırma yapıyordu ve İnka'lar rüzgâr-ocakları kullanıyordu. Ancak 1574 yılında teknoloji, ekonomi ve çalışma sistemi kökten değişikliğe uğradı. Gümüş cevherinin civa ile kimyasal etkileşimine (amalgamlama) dayalı yeni bir arıtma tekniği kullanıma girdi ve 1630'a dek uygulandı. Potosi yakınlarında bulunan geniş civa yatakları, rekabet sonucu rüzgâr-ocakları kullanımını devre dışı bıraktı. Potosi'den sağlanan gümüşün yarısı, İspanya kralının hissesine ayrılıyordu. Maden ocaklarındaki çalışma koşulları son derece çetin olup çoğu çalışan, maden ocağında çalışmaya başladığından itibaren birkaç ay içinde silikozis (silisli tozların akciğerlerde yol açtığı hastalık) ya da karaciğer hastalıklarına yakalanıp kısa sürede ölüyordu. Maden bölgesinde demirci, marangoz, duvarcı, taş kesici, örücü, dokumacı, terzi, yakacak odun ve odun kömürü sağlayıcılar, bakkallar ve şarap tüccarları, arabacılar ve yükleyiciler, çobanlar, mücevherciler, berberler, şapka yapımcıları, arzuhalçiler, noterler vb. gibi çok çeşitli zanaatkar ve ticaret erbabı çalışıyordu. Potosi madeni, zengin gümüş

üretimi nedeniyle dış ülkelerden buraya çeşitli ticarî mal trafiğini de güçlendirmişti. Erken tarihli bir listede, dış ülkelerden Potosi'ye getirilen mallar şöyle listelenmiştir: İspanya'dan her türde ipekli kumaş, çorap, kılıç ve kumaşlar; Portekiz'den zengin çeşitte ip ve sicimler, örme kumaşlar; Fransa'dan tekstiller, işlemeler ve keçeler; Flandre'dan duvar halısı, ayna, işlemeli masalar ve lâke mobilyalar; Almanya'dan çelik araç-gereçler; Cenova'dan kâğıt; Floransa'dan saten kumaşlar; Roma'dan kutsal ikonalar; Venedik'ten kristal cam; Hindistan'dan hububat, fildişi ve değerli taşlar; Seylan'dan elmas; Arabistan'dan parfüm; İran, Kahire ve Türkiye'den halılar; Malakka Yarımadası'ndan (Malaya) baharat; Çin'den beyaz porselen; Cape Verde (Yeşil Burun) Adaları ve Angola'dan siyah köleler...

Agricola'nın *De re metallica* (1556) adlı ünlü eseri Potosi'de baş tacı edilmiş, madencilik sorunlarında temel başvuru kaynağı olarak kullanılmış ve gerektiğinde başvurmak üzere oradaki bir kilisenin mihrabında kutsal emanet gibi korunmuştur.⁹⁷

1561 yılında Peru'da Potosi'ye ulaşan İtalyan kaptan Giorgio Zapata, burada çok zengin bir gümüş damarı keşfetti. Rodrigo Pelaez adlı ortağı ile burayı işletti ve sonunda Zapata, Potosi'nin en zengin ve en saygın adamlarından biri oldu. Potosi'de 15 yıl kaldıktan sonra ülkesine dönmeye karar verdi. Tüm dostlarına armağanlar verip veda ettikten sonra kilolarca altın yükü serveti ile denize açıldı. Yolda karar değiştirerek İspanya yerine İstanbul'a gitmeye karar verdi. Orada kendisini Sultan III. Murad'a (yön. 1574-1595) tanıttı, sultana armağanlar sundu “Emir Cigala” adını aldı”, amiral oldu, çok başarılı çalışmalarının ardından Cezayir'e vali oldu. Emir Cigala, olasılıkla Yusuf Sinan Paşa adı ile bilinen sadrazam “Cigalazade”nin (Cağaloglu) (1545-1605) küçük kardeşidir. Yusuf Sinan Paşa, Sicilya'nın Messina kentinden bir soylu olan Cicala vikontunun Scipione Cicala adlı oğludur. İspanya'nın hizmetinde iken, 1560 yılında Tunus yakınlarında Osmanlı ve Haçlı donanmaları arasında yapılan Cerbe Deniz Savaşı sırasında ba-

bası ile birlikte Osmanlılara esir düşüp İstanbul'a getirilmiş, babası serbest kalıp Messina'ya geri dönmüş, devşirme okulunda yetişmiş, bir Türk kadınla evlenip Osmanlı hizmetinde çalışmış, 1591'den başlayarak aralıklı olarak kaptan-ı deryalık ve sadrazamlık yapmıştır. Emir Cigala ise daha sonra Kraliçe I. Elizabeth'in (1533-1603) hizmetine girerek en az 21 Türk ile birlikte 1586'dan önce yeniden Amerika'ya dönmüştür.

Buradan üretilip dünyaya yayılan gümüş, ünlü "fiyat devrimi" adı verilen olaya yol açtı ve 17. yüzyıl Avrupa'sında yaşam koşullarını baştan ayağı değiştirerek yeniden biçimlendirdi. Madenlerde çalıştırılan her on İnka madencisinden ancak üçü sağ çıkabiliyordu. İnkalı madenciler aylar sonra madenden çıkarılıp gökyüzünü gördüklerinde keskin güneş ışıklarıyla gözleri kör oluyordu. 1700 yılı dolayında Potosi'nin nüfusu 60 binlere düştü, yıllık gümüş üretimi üçte iki dolayına indi. 1825'te Simón Bolívar (1783-1830), Güney Amerika'nın İspanyol sömürgelerinin bağımsızlık mücadelesini başlatarak Venezuela, Bolivya, Ekvator ve Peru'nun özgürlüğüne yol açtı. Günümüzde buradaki maden yatağı önemini yitirmiş ve Potosi kenti yoksulluğa bürünmüştür.

1529'da Nuño de Guzman (1494-1544), 500 İspanyol ve 10 000 yerliden oluşan kuvvetiyle Zacatecas dolaylarına geldi ve bölge sakinlerini ölüm, işkence ve esaret altına almaya yönelik beş sefer yaptı. 1540 yılı Şubat ayında, takma adı "Türk" olan İspanyol fatih Francisco Vásquez de Coronado (1510-1554) bölgede keşif gezisine çıktığında bölge yerlileri İspanyol hegemonyasına karşı isyana kalkıştı. Basklı bir soylu olan Juan de Tolosa, 1546 yılında Zacatecas gümüş madenini keşfetti. Orada yaşayan yerliler, birkaç cevher örneğini armağan olarak ona getirmişlerdi. Kimi yerliler İspanyollara karşı gerilla savaşı yürüttü. 1596'ya gelindiğinde Katolik misyonerler Zacatecas yöresinde 14 manastır inşa etmişlerdi. 1768'de gümüş sanayisi bölgede yeniden canlandı ve ikinci büyüme/genişleme dönemi 1810 yılına dek sürdü. Bu dönemde Zacatecas nüfusu 1777'de

15 binden 1803'te 33 bine arttı. 1800 yılı dolayında kentin etnik bileşimi % 42 İspanyol ve "Mestizo" (İspanyol-yerli karışımı), % 27 yerli, % 31 zenci ve "Mulato" (İspanyol-Afrikalı karışımı) şeklindeydi. Günümüzde bile Meksika, dünya ölçeğinde % 17'lik üretim payı ile dünyanın en büyük gümüş üreticisidir.

1530'larda Nueva Espana Genel Valiliği madenlerinde çalışmak üzere, maden kırma, öğütme ve eritme işlemlerinde deneyimli yirmi kadar Alman madenci getirilmişse de bunlar düşük bir verim sağlamış ve fazla yararlı olamamışlardır. Bartolomé de Medina (1527-1581) adlı Sevilla'lı bir girişimci, İtalyanlardan öğrendiği, civa ve tuz kullanarak düşük tenörlü cevherden gümüş elde edilmesi (amalgamlama) yöntemini 1554-1556 yıllarında Zacatecas madenlerine uygulamış ve başarılı olmuştur. Bu iş için gereksinim duyulan civa, önceleri İspanya'daki Almadén'den, Trieste'nin kuzeyindeki Idria'dan, yetmediğinde ise Çin'den sağlanmıştır. Ancak 1563 yılında bir gelişme olur: Şenlik ve bayramlarda bedenlerini kırmızıya boyamak için boya olarak kullandıkları bir madenin varlığını anlatan bir yerlinin yardımıyla Amador de Cabrera, Peru'nun Huancavelica diye bilinen yöresinde zincifre (civa sülfür) madeni bulur ve buradan üretilen civa, lama ve katırların sırtında Potosi'ye sevk edilmeye başlanır.⁹⁶ "And Dağları'nın koyunu" adı da verilen lamalar, çok iyi bir taşıyıcı olmasa da, yüksek dağların seyreltik havası nedeniyle oranın düşük hava basınçlı ortamına uyum sağlayan biricik hayvan olduğundan kullanılmakta idi.

Ancak 16. yüzyılda toplam olarak, en azından bir milyon Amerikan yerlisi, yalnızca madenlerde zorunlu çalıştırılmaları sırasında ölmüştür (ŞEKİL 49). Mexico kentini inşasında ya da madenlerde çalışırken telef olan insanların sayısını kestirebilmek mümkün değildir. Guaxaca madeninde çalışma koşulları öylesine öldürücüydü ki, madenin çevresinde, çapı iki kilometrelik bir alanda, iskelet ve cesetlerin üzerinde yürümek gerekiyordu. Peru'daki Huancavelica gümüş madeninde üç ay-



Şekil 49. 16. yüzyıl sonlarında "Hispaniola"da bakır madenciliği [Girolamo Benzoni'nin (1519--1572) *Americae pars quinta nobilis & admiratione* (Frankfurt, 1595) adlı eserinden].

dan fazla yaşayabilen yerli olmamıştı. Yine Peru'daki ünlü Potosi gümüş madeni, sömürgecilik tarihinin en ürkütücü yerlerinden biri olmuştur. Deniz düzeyinden 4000 m yükseklikteki bu madende, kimi kuyuların derinliği 5000 metreye ulaşyordu. Tarihçiler buradaki yüksek ölüm oranının, beslenme yetersizliği, oksijen azlığı, ağır çalışma koşulları ve madenin içi ile dışı arasındaki yüksek sıcaklık farkından ileri geldiğini belirtmektedirler.^{93, 96} Madenlerde çalışanlar güç çalışma koşullarına karşı dayanma gücünü artırmak ve açlığı ve susuzluğu yatıştırmak için tebeşir tozu ile karıştırmakla topak haline getirilmiş kokain içerikli koka yapraklarını ağızlarında çiğniyorlardı. Koka bitkisinin yetiştirilmesi Peru'daki İspanyol yöneticilerce çok kârlı bulunmuş ve koka yapraklarını madenlerde çalışan işçilere çokça satmışlardır. Madenlerde civa aracılığıyla gümüşün özütlendiği çok çetin çalışma koşulları, bunların üstesinden gelebilmek için bir uyarıcı olarak o işçileri çok cezbetmiştir. Theodor de Bry'nin (1527-1598) *Grands Voyages* (Büyük Geziler) adlı eserinde Amerikan yerlilerinin Potosi gümüş madenlerinde çalışmaları, İspanyolların Potosi'de keşfettikleri gümüş madenini, "koyuna benzer yaratıklarla" (lama) taşımaları,



Şekil 50. İnkalarda altın eritme ve döküm işleri: Avrupalı fatihler Peru'da, sanatsal açıdan zengin bir altın işçiliği ile karşılaşmışlardır (T. de Bry'n Grand Voyages adlı eserinden).

Amerikan yerlilerinin Guiana'da altın eritme ve dökme işleri ve İnkalarda altın elde etme ve döküm işlerinin, ilginç sahneler halinde resimleri yer almaktadır (ŞEKİL 50).

Amerika'daki İspanyol sömürgelerden İspanya'ya 16. yüzyıl boyunca 16 bin tondan fazla, 17. yüzyılda 26 bin ton ve 18. yüzyılda 39 bin tondan fazla gümüş getirilmiştir. Amerika'dan İspanya'ya gemilerle sevk edilen gümüşün % 15 dolayındaki kısmı, İngiliz, Fransız ve Hollandalı korsanların eline geçmiştir.⁹⁶ Amerika'dan İspanya'ya sevk edilen altın miktarı ise yalnızca 1521-1560 arası dönemde 200 ton dolayındadır.⁹⁸

Günümüzde Brezilya kolombiyum, boksit, demir, mangan, tantal vb. gibi kimi stratejik maden rezervleri bakımından uluslararası alanda söz sahibidir olup büyük şirketlerin iştahını kabartmaktadır.

İngiliz matematikçi Thomas Harriot (1560-1621) ile "Yeni Dünya"nın İngiliz kolonilerindeki ilk Yahudi olan Bohemyalı metalürjist Joachim Gans, maden cevherlerinin altın ve gümüş içeriğini test etmek üzere 1585 yılında "Yeni Dünya"da, içinde küçük bir eritme fırınının da yer aldığı ilk bilimsel laboratuvarı kurmuşlardır.

SANAYİ DEVRİMİ SONRASINDA METAL ÜRETİMİNDE YENİ TEKNİKLER

Yaklaşık 1840'lara dek gümüş kaplı metalik malzemeler, bakır benzeri bir temel metale ince gümüş levhaların sıcakta preslenmesi ya da kaynaklanması yoluyla hazırlanıyordu. Daha önce 1801'de İngiliz kimyacı William Hyde Wollaston (1766-1828), bir Volta pili ya da bataryasından üretilen elektrik akımı yardımıyla bir metali diğeri üzerine birikintilemeyi başarmıştı. Bu teknik daha sonra İngiliz elektro-kaplamacı George Richard Elkington (1801-1865) tarafından daha da geliştirilmiştir.

Teknik uğraşları sonucunda sekstant, mikroskop ve kristal açılarının ölçümünde kullanılacak yansıtmalı gonyometre gibi çeşitli bilimsel aletler geliştiren ve sülfürik asit üretiminde ve çeşitli kimyasal araştırmalarda kullanılacak platin kap ve kro-zeler de üreten Wollaston, kral suyu (1 hacim HNO_3 + 3 hacim HCl karışımı) içinde çözmek suretiyle platin özütlemesi (ekstraksiyon) üzerinde çalışmış, 1802 yılında platin dışında çözeltide yeni bir metalin daha yer aldığını saptayarak ona "*palladium*" adını vermiştir. 1804'te ise başka yeni metal olarak rodyum'u tanılamıştır.

Ham alüminyum ilk kez 1825 yılında elde edilmiştir. Henri Etienne Sainte-Claire Deville (1818-1881), sodyum alüminyum klorür oluşturup onu metalik sodyum kullanarak metalik alüminyuma indirgemeye dayalı bir süreç geliştirmiş, burada kullanılacak olan sodyumu, sodyum karbonatın karbonla indirgenmesi yoluyla elde etmiş, elde edilen alüminyum metalini 1855 Paris Uluslararası Sergisi'nde sergilemiştir. Aynı yıl İmparator III. Napoléon (1808-1873), askerin göğüs zırhının ve devletin yemek davetlerinde kullanılacak çatal-kaşığın bu yeni metalden üretilip üretilmeyeceğini sormuştur. Deville, devlet desteği ile bir yarı-sınai ölçekte (pilot) alüminyum tesi-

si kurmuş, metalik sodyumla indirgeme yöntemini daha sonra silisyum, bor, ayrıca da magnezyum ve titanyum gibi hafif metallerin eldesine yaydırmıştır. Platin metalürjisine ilişkin araştırmaları sanayide devrim yaratmış, standart kilogram ve metre yapımında kullanılmak üzere 1872 yılında Paris'teki Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu (*Bureau International des Poids et Mesures*) tarafından ondan “% 90 platin + % 10 iridyum” alaşımı hazırlaması talep edilmiştir.

1851'de Londra'da oluşturulan Hükümet Madencilik Okulu, daha sonra Krallık Madencilik Okulu adını almış, İngiltere ve Galler'de metalürji alanında metal üretimi, gelişmiş özelliklere sahip alaşım elde edilmesi, metalleri birleştirme sanatı ve metalik malzemeleri istenen şekillere dönüştürme tekniği konularında çok değerli hizmetler vermiştir. Bu okul, günümüzde Imperial College'ın yapısal bir kısmı olarak varlığını sürdürmektedir.

Tüm metaller arasında yeryüzünde en bol bulunduğu halde varlığı çok geç anlaşılan metallerden biri, alüminyumdur (yerkabuğunun ağırlıkça % 8'i). Alüminyum, demir-çeliğin ardından, üretimi en fazla olan ikinci metaldir. Karbonla indirgenmesi olanaklı olmayan alüminyum gibi kimi metaller, ancak elektriğin bol ve ucuz olarak üretilmeye başlanmasından sonra geliştirilen elektrometalürjik yöntemle üretilmeye başlanmıştır. Alüminyum arıtmak ve eritmek, bir zamanlar elektrik enerjisinin son derece pahalı olmasından ötürü çok masraflı bir işti ve o zamanlar alüminyum, son derece pahalı idi (1850'lerde 1 kg alüminyumun fiyatı 2000 Mark'ın üzerinde idi). Danimarka Kralı X. Christian'ın (1870-1947), görkemini göstermek için kendine “alüminyumdan bir taç” sipariş ettiği söylenmektedir. Yine, gösterişe her imparatorundan daha fazla düşkün olan III. Napoléon ise, verdiği davetlerde konuklarını altın sofrta takımı ile ağırlarken kendisi o zamanlar altından daha pahalı olan alüminyum tabaklarda yemektedir!⁹⁹ Elektro-

sanayideki gelişmeler sonucu büyük miktarlarda elektrik akımı kullanılır olduğunda, elektroliz yoluyla teknik düzeyde yeni metallerin üretimi gündeme gelmiştir. 23 Nisan 1886'da ABD'de Paul Louis Héroult (1863-1914), Charles Martin Hall'inki (1863-1914) ile hemen hemen özdeş ve ondan bağımsız olarak, eritilmiş kriyolit (sodyum-alüminyum fluorür, Na_3AlF_6) içinde çözünmüş alüminyum oksitin elektrolizi yoluyla alüminyum elde edilmesine ilişkin yöntemi keşfederek patent aldı. İlginç bir nokta olarak, bu girişimcilerin her ikisinin de doğum ve ölüm yılları aynıdır. Elektrolitik yöntem 1890'larda birkaç yerde benimsenmeye başlamış ve alüminyum, azınlık bir metal olmaktan çıkarak dünyanın temel metallerinden biri olmuş ve 1960'larda en bol üretilen metal olarak ilk sıraya yerleşmiştir. Günümüzde alüminyumun yıllık 18 milyon tonu bulan üretimin tamamı, Hall-Héroult ve Bayer teknikleriyle elde edilmektedir. Alüminyumun temel cevheri olan boksit, 1821'de Fransa'nın Les Baux yöresinde bulunduğu için adını o yörenin adından almıştır. Boksit cevherinin otoklavlarda yüksek sıcaklık ve basınçta sudkostik (NaOH) ile kimyasal işleme sokulup yeniden kristalleştirme ile alümina (Al_2O_3) elde edilir, alüminanın fluor gazı eşliğinde yüksek sıcaklıktaki elektrolizinden de saf alüminyum elde edilir. Teknikte önemli bir hafif metal olan magnezyum da elektroliz yoluyla elde edilmiştir. Fotoğrafçılığın ilk dönemlerinde şerit halinde yakılarak flaş ışığı sağlamada kullanılan magnezyum metali, günümüzde de askerî ve sivil ateş tekniğinin önemli bir bileşenidir. Alüminyumun çeliğe göre iki önemli üstünlüğü vardır. Onun üçte biri yoğunlukta olup çok hafiftir ve alüminyumun oksit (pas) tabakası, çok ince ve sağlam olup metalin iç kısımlarını paslanmaktan koruyucu niteliktedir.¹ Ülkemizde Seydişehir'deki alüminyum tesisleri 1970'li yılların başında kurulmuş ve ilk Türk alüminyumu 1973 Ekim'inde üretilmiştir.

"Ayar", bir altın ile gümüş ya da bakırın bir alaşımındaki altın miktarı demek olup 24 gramlık altın alaşımı içindeki altı-

nın gram miktarı, ayarını verir. 24 ayar altın, hemen hemen saf, yani % 99,999'luk altındır. 22 ayar altının ($22 / 24 = 0,917$) % 91,7'si altın, geri kalanı ise gümüş, bakır, çinko ya da nikel gibi metallerdir. 18 ayar altın ($18 / 24 = 0,750$) % 75,0'lik altın, 14 ayar altın ($14 / 24 = 0,583$) % 58,3'lük altın, 8 ayar altın ise ($8 / 24 = 0,333$) % 33,3'lük altın demektir. Altın bu metallerle farklı oranlarda karıştırıldığında sarı, yeşil, kırmızı ya da beyaz altın diye adlandırılan alaşımlar ortaya çıkar. Gümüş durumunda ise saf gümüş, "100 ayar" kabul ediliyordu.¹⁰⁰

Siyanürle altın üretimi, altın madenciliğinde yaklaşık yüz yıldan beri kullanılmakta olup şimdilik daha ekonomik bir alternatifi görünmemektedir. Bu yöntemde cevherdeki altın, litrede 1 gram dolayında sodyum siyanür ya da potasyum siyanür içeren seyreltik çözeltilerle özütlenerek (ekstraksiyon) elde edilmektedir. İşlem artığı siyanürün arıtılması, günümüzde kimyasal, biyolojik ve doğal yollardan gerçekleştirilmekteyse de, yaratacağı ciddi çevre sorunları nedeniyle protesto edilmekte ve bu yönetime karşı çıkmaktadır. Bu yöntemle 1 gram altın üretildiğinde yaklaşık 3,5 ton siyanürlü çamur geriye kalmakta, atmosfere yayılan siyanürün doğal koşullarda parçalanmasına ilişkin yarılanma süresi nispeten büyük (276 gün) olduğundan, bu süre içinde havadaki siyanür radikalleri yağışlar yoluyla yeryüzüne geri dönebilmekte ve toprak-bitki-hayvan-insan zincirinde birikintilenerek olumsuz etkisini sürdürebilmektedir. Romanya'nın Siebenbürger bölgesindeki Alba Iulia kentindeki Roşia Montana ("Kızıl Dağ") yöresinde 2007 yılında böyle bir sorun yaşanmıştı.

Günümüzde yıllık dünya metal üretimi çelikte 700 milyon tonun üzerinde, alüminyumda yaklaşık 22 milyon ton, diğer metallerde ise toplam 38 milyon tondur.

1999 yılında Almanya'da düzenlenen bir toplantıda, bir insanın yaşamı boyunca tükettiği belli başlı madenlerin miktarları hakkında şu bilgiler verilmiştir: Demir 10,5 ton / birey; di-

ger madenler 0,4 ton / birey; linyit cinsinden kömür 86 ton / birey. Toplam maden miktarı 97 ton / birey olup 60 yıllık ortalama yaşam üzerinden yıllık maden tüketimi 1,6 ton / birey tutmaktadır. Alüminyum, bakır, çinko, kurşun, kalay vb. madenler % 32,4 oranında geri kazanılmaktadır. Gelecekte kimi madenlerden çok yeni ürünler geliştirilecek ve yeni kullanım alanları ortaya çıkacaktır. Örneğin, bor madeninden geliştirilecek kompozit malzemeler araba ve uçak yapımında kullanılacak; kömürden sıvı-gaz yakıtlar daha ekonomik yoldan elde edilecek; kömür katranından üretilen "karbon lifleri", inşaat demiri olarak kullanılmaya başlanacak; madencilik üretim faaliyetleri 15-20 yıl sonra açık deniz diplerinde ve gezegenlerde yapılacak ve geçmişte ekonomik ve teknolojik üretimi mümkün olmayan düşük tenörlü cevherler, geliştirilecek yeni teknolojilerle "üretilebilir" duruma gelecektir.¹⁰¹

On bir element, yerkabuğu ve atmosferin ağırlıkça % 99'undan fazlasını oluşturmaktadır (ÇİZELGE 5). Titanyum, karbondan çok daha fazla olduğu halde, son derece dağınık biçimde yayılmış olduğu için hâlâ az bulunur bir element durumundadır:

ÇİZELGE 5: Yerkabuğu ve atmosferdeki element yüzdeleri

Element Yüzdesi	Alüminyum 7,45	Sodyum 2,40	Hidrojen 1,00
Oksijen 49,13	Demir 4,20	Magnezyum 2,35	Titanyum 0,61
Silisyum 26,00	Kalsiyum 3,25	Potasyum 2,35	Karbon 0,35

"Büyümenin Sınırları" konusundaki "Meadows Raporu"nda, yeryüzündeki mevcut kimi hammaddeler için tüketim süreleri hesaplanmıştır (ÇİZELGE 6):¹⁰²

ÇİZELGE 6: Yeryüzündeki mevcut hammaddelerin tüketim süreleri

Hammadde Ömrü	Altın	29 yıl	Platin grubu	85 yıl	Molibden	65 yıl	
Alüminyum	55 yıl	Doğal gaz	49 yıl	Krom	154 yıl	Kalay	61 yıl
Demir	173 yıl	Tungsten	72 yıl	Kurşun	64 yıl	Kobalt	148 yıl
Nikel	96 yıl	Kömür	150 yıl	Petrol	50 yıl	Cıva	41 yıl
Çinko	50 yıl	Manganez	94 yıl	Bakır	48 yıl	Gümüş	42 yıl

METALÜRJİ VE KİMYA BAĞLAMINDA METALLER VE ALAŞIMLAR

Günümüzde 86 metal bilinmektedir. 19. yüzyıldan önce bunlardan yalnızca 24'ü biliniyordu ve bunun da 12 tanesi 18. yüzyılda keşfedilmiştir. İlk metal kullanımının izleri İÖ 6000'lere uzanır. Böylelikle altın ve bakır gibi ilk metallerin keşfinden 17. yüzyıl sonuna kadar yaklaşık 7700 yıl boyunca yalnızca 12 metal tanınmaktaydı. Bunlardan dört metal (arsenik, antimon, çinko ve bismut) 13.-14. yüzyıllarda, platin ise 16. yüzyılda keşfedildi. Diğer yedi metal, "Eskiçağ'ın yedi metali" diye bilinir ve yaklaşık keşif tarihleri ile birlikte şöyledir: Altın (~İÖ 6000), Bakır (~İÖ 4200), Gümüş (~İÖ 4000), Kurşun (~3500), Kalay (~İÖ 1750), Demir (erimiş halde) (~İÖ 1500). Eskiçağ'ın bu yedi metalinden beşi [altın, gümüş, bakır, demir (göktaşı kaynaklı), cıva] doğada metalik halde bulunabilmekteyse de fazla bol değildir ve bu doğal metaller içinde yaygın kullanılanları altın ve bakır olmuştur.¹⁰³

Altın metalinin doğal oluşumları ender olarak saftır ve önemli oranda gümüş içerir. Bu olgu, böyle bir doğal alaşımın başka bir özgün metal olduğu sanısına yol açmış ve "*electrum* metali" diye adlandırılmıştır. 2007 yılında dünya altın üretimi 2500 ton dolayında olup bunun üçte ikisi takı yapımında, % 10'u ise sikke yapımında kullanılmıştır. **Bakır**, doğada metalik halde bulunabilirse de en önemli cevherleri kuprit (Cu_2O),

malahit, azurit, kalkopirit (CuFeS_2) ve bornit (Cu_5FeS_4) mineralleridir. Dünya ölçeğinde elimizdeki bakır metalinin yaklaşık % 90'ı, kükürtlü cevherlerden elde edilmiştir. Temel bir metal olan bakır, zengin cevherlerinden “kuru yoldan”, fakir cevherlerinden ise “ıslak yoldan” elde edilir. Yaygın bir bakır alaşımı olan pirincin ideal bileşimi “% 40 bakır + % 60 çinko” şeklindedir. % 30 çinko içerikli pirince “*Alpha brass*” (alfa pirinç) adı verilir. Kurşun, erime noktası oldukça düşük (327 °C) bir metal olup başlıca galena (PbS) cevherinden elde edilir. Bakıra oranla kurşun elementinin yerkabuğundaki bolluğu daha yüksek ve erime noktası daha düşük olduğundan, bakırdan daha önce tarih sahnesinde tanınıp kullanıma girmiş de olabilir. Kurşun-antimon alaşımı, Gutenberg matbaasında harf dökümünde kullanılmıştır. Zehirleyici etkisi nedeniyle günümüzde yalnızca atıksu hattında antimonla sertleştirilmiş kurşun borular kullanılabilmektedir. Gamma ışınlarına karşı alışılmışın dışında koruyucu özellik taşıdığından kurşun levhalar, röntgen aygıtları çevresinde ve ışınetkin (radyoaktif) malzemelerin yakınında koruyucu olarak kullanılmaktadır. Gümüş, doğada serbest olarak bulunursa da enderdir. Soy metaller içinde kimyasal açıdan en etkin olanıdır. Altın'dan daha sert, bakırdan daha yumuşaktır. Sünegliği ve dövülebilirliği, altın'dan sonra ikinci sıradadır. Temiz hava ve su içinde kararlı yapısını korur; ozon, hidrojen sülfür ya da kükürt karşısında ise donuklaşır ve kararır. Galena (kurşun sülfür cevheri) her zaman az miktarda gümüş içerir. Binlerce yıl öncesinde bu cevherdeki kurşun oksitlenip toz benzeri kül haline dönüştürüldüğünde, geride damla halinde gümüş bıraktığı görülmüştür. Bu süreçteki başka bir gelişme, kurşun oksite kemik külü eklendiğinde kurşun oksitin soğurulduğunun ve böylelikle büyük miktarlarda cevherin işlenebileceğinin keşfedilmesi olmuştur. “Kupelasyon” denilen bu işlem, 10 2500'lerde gümüş üretiminin normal biçimi olmuştur. Gümüş metali bakteri öldürücü özelliğe sahip olduğundan, cerrahî aletlerde ve gıda sanayisi aygıtlarında kul-

lanılmaktadır. 1999 yılı dünya gümüş kazanımı 17300 ton idi. Kalay, doğada metalik halde bulunmadığından, ilk olarak kalay cevherinin odun kömürü ile indirgenmesiyle metal halinde elde edildiği düşünülmektedir. Romalılar kalaya “*plumbum nigrum*” (“kara kurşun”) ya da “*plumbum stridens*” (“gıcırdayan kurşun”), kurşuna ise “*plumbum candidum*” (“parlayan kurşun”) adını veriyordu. Kalayın en yaygın cevheri “kasiterit” denilen kalay oksittir (SnO_2). Korozyona karşı oldukça dirençli bir metaldir. Kalay metalinin “ α -kalay” ve “ β -kalay” şeklinde iki alotropu vardır. Alotrop, bir maddenin atom ya da moleküllerinin ayrı düzenlenmeleriyle oluşan değişik kristal biçimlerinin her birine verilen addır. Civa, doğada serbest metal halinde bulunursa da daha yaygın olarak kalomel (Hg_2Cl_2), zinnob (HgS) ve livingstonit gibi cevherleri şeklinde bulunur. Yaşlı Plinius, civanın deri torba içinden sıkıştırılarak temizlendiğinden ve zehirli olduğundan söz etmiştir. Civa, amalgam yaparak gümüş ve altını çözebildiğinden, metalürji işlemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Civanın Latince karşılığı olan “*hydrargyrum*”, “sıvı gümüş” anlamına gelir ve aynı anlam içeriğinde İngilizce’de “*quicksilver*”, Almanca’da ise “*Quecksilber*” şeklinde karşılık bulmuştur. “Eskiçağ’ın yedi metali”nden demir ise, o dönemlerde metal halinde çok az miktarda ve yalnızca göktaşlarından sağlanmıştır. Meteorik demir % 6-8 oranında nikel içerdiğinden kendini kolayca belli edebilmektedir. İnsan yapımı demirin İÖ 2500’lerde elde edildiğine ilişkin kimi işaretlemler varsa da, gündelik bir süreçle demir eldesi ancak İÖ 1200’lerde gerçekleşmiştir. Bir demir oksit türü olan hematit (Fe_2O_3), eski çağlarda boncuk ve süs eşyası yapımında yaygın olarak kullanılmıştır. Hematit, karbonla kolayca indirgenebilirse de 700-800 °C’un altındaki sıcaklıklarda indirgenecek olursa, dövme gelmez; döverek işleyebilmek için 1100 °C’un yukarısına çıkmak gerekir. Dövme demir (İng. “*wrought iron*”), insan yapısı ilk demir şeklidir. Tepkime ürünü, süngerimsi yapıda ve dışık (cüruf) ile karışmış haldedir. Tekrar tek-

rar ısıtılıp dövülerek dışık uzaklaştırılır ve istenen şekle getirilir. İlk üretildiği dönemlerde demir, altının beş katı pahada idi ve ilk kullanıldığı yer de süs eşyası / takı yapımı idi. Demirden silahlar savaşları devrimleştirdi ve demirden tarım aletleri tarımda devrim yarattı. Demir ve çelik, uygarlığın yapısal araçlarını oluşturdu. Sert çelik elde etmek için demire mangan katılır. Çelik üretiminde krom, nikel, molibden, vanadyum, kobalt, titanyum ve silisyum gibi metaller ve karbon, fosfor ve kükürt gibi ametaller de katılır.¹⁰³

Eskiçağ'ın yedi metalinin ardından keşfedilen ilk metal, 13. yüzyılda Albertus Magnus (1193-1280) tarafından arsenik olmuştur. Adını Yunanca "arsenikos" (yiğit, eril), Latince "arsenicus" ya da Arapça "el-zırnık" (zırnık) sözcüğünden almıştır. Buna göre "arsenicus" (arsenik oksit), kendi ağırlığının iki katı kadar sabunla ısıtıldığında, ilk kez metalik arsenik elde edilmiştir. Eskiçağ'da arsenik mineralleri bilinmesine ve bunlar yardımıyla arsenikli alaşımlar hazırlanmasına karşın metalürji ustaları arsenik metalini üretememişlerdi. Normal izabe koşullarında arsenik cevheri kolayca arsenik oksite dönüşürse de, fırın ortamında hemen süblimleşen arsenik oksit fırından uzaklaşıyor ve ele geçmiyordu. Arsenik oksiti metal haline indirmek için 1641 yılında odun kömürü kullanılmıştır. Çelik grisi renkte, çok kırılgan ve kristal halde bir metaldir; hava ile temasta kararır; ısıtılacak olursa sarımsak kokusu yayarak hızlıca arsenik oksite dönüşür. Arsenik bileşikleri zehirlidir. En yaygın minerali FeAsS bileşimli "mispickel" ya da arsenopirit olup ısıtılırsa süblimleşerek arsenik verir. Arsenikten sonra yahtılarak elde edilen metal, antimon olmuştur. Bir antimon sülfür cevheri olan stibnit'in (Sb_2S_3) bir demir pota içinde kavrulmasıyla önce oksit şekline dönüşür, onun da karbonla indirgenmesiyle metalik antimon ele geçer. Georgius Agricola ünlü eserinde bu teknikten söz etmiştir. Antimon elementinin simgesi olan "Sb", onun Latincesi "stibium"dan kaynaklanır. Antimon elementinin Latince karşılığı olan "antimonium"un, kimi

zaman biçimsel olarak Fransızca “anti-moine”dan (“keşiş-karşıtı”) türediği ileri sürülmekteyse de doğru değildir; gerçekte Latince “anti + monos” (“yalnız başına bulunmayan”) sözcüğünden gelmez. Antimon ve bileşikleri yüksek derecede zehirleyicidir. İlk kullanımları, sertliği artırmak üzere kurşunla yapılan alaşımları halindedir. En yaygın cevheri stibnittir. Antimondan sonra 1595 yılında bizmut elementi, oksit cevherinin karbonla indirgenmesi sonucu metal halinde elde edilmişse de, bizmutun bir element olarak tanınip sınıflandırılması 1753'te olmuştur. Bizmut metaline bu adı kazandıran Almanca “Wissmuth” (“beyaz kitle”) sözcüğü, bu metali keşfeden Paracelsus'un bir armağanıdır. Çinko metali ise eski dönemlerden beri Hindistan ve Çin'de üretilmekte olup 17. yüzyılda Çin tarafından “Totamu” ya da “Tutenag” adı altında Avrupa'ya ihraç edilmiştir. “Tutenag” terimi, Güney Hindistan'ın çinko için “Tutthanagaa” teriminden türetilmiş olmalıdır. Ünlü hekim ve simyacı Andreas Libavius (1540-1616) İngiltere'de bir miktar çinko metali ele geçirdiğinde onu “Hint kalayı” ya da “Malabar kurşunu” olarak adlandırmıştı. 1637 tarihli bir Çin metninde çinko üretim yöntemi, kalamın ($ZnCO_3$) ile odun kömürü karışımının bir çömlek içinde ısıtılması şeklinde geçmektedir. 1738'de metalürjist William Champion (1710-1789) İngiltere'de kalamından çinko damıtma sürecini sahiplenerek patentini almış, böylece Avrupa üretimi metalik çinko kullanıma girmiştir. Bu sürecin, Racastan'daki Zawar çinko madeninde kullanılan yöntemden esinlendiği ve büyük benzerlikler taşıdığı anlaşılmıştır. İsveç'li kimyacı Anton von Swab (1702-1768) 1742'de, Alman kimyacı Andreas Sigismund Marggraf (1709-1782) ise 1746'da kalamın ve odun kömüründen damıtma yolu ile çinko metali elde etmişlerdir. Belçika'da ise Jean-Jacques Daniel Dony (1759-1819) yatay fırınlı bir tesisi 1805 yılında kurmuştur. Erimiş çinko ile “kızgın-daldırma galvanizlemesi”, demir ve çeliği korozyondan korumanın bilinen en eski yöntemlerinden biri olup ilk olarak 1836'da Fransa'da kullanıma

girmiştir. Ancak bu süreç, demir ve çelik yüzeylerinin galvanizleme öncesi temizlenmesi için etkin süreçler geliştirildikten sonra sanayi ölçeğine taşınabilmiştir ve galvanizleme, günümüzde çinko metalinin başlıca kullanım alanını oluşturmaktadır. Çinko halk sağlığı açısından önemli bir elementtir. Çinko eksikliği çocuklarda büyümenin ve cinsel olgunlaşmanın gecikmesine, enfeksiyonlara karşı alınganlığın artmasına ve ishale yol açmaktadır. Platin, 1500'lü yıllarda keşfedilmişse de 1800'lerden önce yaygın olarak kullanılmamıştır. Diğer kimi metaller 1700'lü yıllarda yalın olarak elde edilmişlerdir: Kobalt, nikel, manganez, molibden, tungsten, tellüryum, berilyum, krom, uranyum, zirkonyum, iterbiyum. Laboratuvar ölçeğinde üretilen bu metallerden tungsten (volfram) dışındaki-ler karbonla indirgenerek, tungsten ise ilk kez olarak hidrojenle indirgenerek elde edilmişlerdir.¹⁰³

Molibden elementine adını veren “*molybdos*” sözcüğü, Eski Yunanca'da kurşun anlamına geliyor, kurşun levhalar üzerine yazılmış mektuplara “*molybdene epistole*” adı veriliyordu. Bengt Andersson Qvist (1726-1799) molibdeniti (molibden sülfür, MoS_2) incelediğinde onun kurşun içermediğini saptadı. Peter Jacob Hjelm (1746-1813) 1781'de molibdeni saf halde yalıtarak elde etti. Her ne kadar molibdenin çelikte alaşımının 14. yüzyılda ünlü Japon kılıçlarının yapımında kullanıldığı belirtilmişse de, bu sanat çok yaygın olarak uygulanmamış ve zaman içinde yitip gitmiştir. Birinci Dünya Savaşı'nda kimi İngiliz tanklarında 75 mm kalınlığında mangan çeliğinden zırhlar kullanılmıştır. Bu zırh kaplamalar daha sonraları 25 mm kalınlıktaki molibden çeliği kaplamalarla değiştirildiğinde bile, ilkinden daha iyi bir koruma sağlamıştır.

1805 yılından önce metaller, karbon ya da hidrojenle indirgenerek elde edilmiştir; ancak eritilmiş metallerin büyük çoğunluğu saf değildi. Altın'ın içinden gümüşün uzaklaştırılarak altın'ın arıtılması, çok eski zamanlardan beri biliniyordu. 11. yüzyıldan itibaren, erimiş kurşunun kullanıldığı amalglama

süreci, cevherdeki kuvarsın içine dağılmış değerli metallerin ayrılmasını sağlamıştır. Daha sonra altın ve gümüşü birbirinden ayırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birinde, altın-gümüş alaşımına adi tuz eklenerek gümüş, suda çözünebilen klorür bileşiği haline dönüştürülerek ortamdan uzaklaştırılmıştır (“sementasyon işlemi”). Yaklaşık 1100 yılından sonra sementasyon sürecinden vazgeçilerek başka arıtma süreçleri uygulanmıştır. Bunlardan birine göre, erimiş alaşım sistemine kükürt eklenerek gümüş sülfür oluşturulmuştur. 1200’lerde simyacılar tarafından mineral asitler elde edilmeye başlanınca, alaşım içindeki gümüşü çözüp ayırmak üzere nitrik asitten yararlanılmıştır.¹⁰³

Kalay ve çinko, büküldüklerinde kendilerine özgü çıtırtı sesi verirler. Elektrik sigorta teli olarak alaşım tel daha uygun düşer; çünkü alaşımlar bileşenlerinden daha sert olsalar da onların erime noktası (ötektik nokta), bileştiği metallerinkinden daha düşüktür ve bileşenlerine göre daha kolay erimesi, garantili bir emniyet sağlar.

Doğada saf halde bulunan altın, gümüş, platin ve kimi zaman bakır metali dışında, diğerlerinin hemen hemen tümü, cevherlerden çeşitli kimyasal tepkimelerle hazırlanır. Altın, gümüş, platin ve kimi zaman bakır, doğada saf halde bulunabilen metallerdir. Ancak platin çok geç keşfedilmiştir. İnka’lar bu metali daha önceden tanıyor ve yoğunluğu altıninkinden (altının yoğunluğu $19,3 \text{ g/cm}^3$) daha büyük olduğu için ona “ağır gümüş” deniyordu. Ortaçağ’da İspanyol fatihler, Güney Amerika’da Platine del Pino ırmağının yatağında ilginç bir metalik madde buldular. Bu, hiçbir asitte çözünmeyen parlak ve ağır metale, “küçük gümüş” anlamına gelen “platin” adını verdiler. Platin altın kadar soy ve kolay işlenen yumuşak bir metal olmasına karşın erime noktası çok yüksektir ($1768 \text{ }^\circ\text{C}$). Çok yüksek sıcaklıklara ve kuvvetli asitlere dayanıklı olduğundan kimyasal kap ve araç-gereç yapımı için çok uygundur.

Erime noktası en yüksek olan metal tungstendir (3422 °C). “Scheelite” (şelit) adı verilen kalsiyum tungstat minerali, ünlü kimyacı Carl Wilhelm Scheele'den (1742-1786) ad almıştır. Bu mineral o denli ağırdı ki madenciler ona “tung-sten” (“ağır taş”) adını vermişlerdi. Scheele, bu mineralin yeni bir element içerdiğini ilk kanıtlayan kişi idi ve mineralin bu adı, daha sonra bu yeni elementin adı oldu.¹⁰⁴

Platin-paladyum-osmiyum-iridyum-rodyum grubu metallerle “platin grubu metaller” denir. Sibirya'nın Yenisey bölgesinde bunların çok zengin yatakları bulunmaktadır. Öte yandan okyanuslarda 4000 m derinlikte akıl almaz zenginlikte mangan yumruları bulunmaktaysa da bunları işletme güçlüğü bulunmaktadır.

Üretilen metallerin arılık derecesi “iki dokuzluk” (% 99), “üç dokuzluk” (% 99,9), “dört dokuzluk” (% 99,99), “beş dokuzluk” (% 99,999) vb. şeklinde verilir. Metallerin bir sınıflandırması “ağır metaller” ve “hafif metaller” şeklinde yapılabilir ve bunda da yoğunluk değeri olarak 5, sınır kabul edilir. En ağır (yoğunluğu en yüksek olan) metal osmiyum olup yoğunluğu 22,45 g/cm³tür. Diğer ağır metaller arasında platin (21,45 g/cm³), tungsten (19,3 g/cm³), bakır (8,93 g/cm³), demir (7,86 g/cm³) ve çinko (7,14 g/cm³) verilebilir. En hafif metal ise 0,54 g/cm³lük yoğunlukla lityum olup bunu magnezyum (1,74 g/cm³), alüminyum (2,70 g/cm³) ve titanyum (4,5 g/cm³) izler. Başka bir sınıflandırma, alışımdaki çokluğuna göre “temel metaller” ve “eşlikçi metaller” şeklinde yapılabilir. Metal sanayisinde nicelik olarak en çok kullanılan ve en önemli olan metal demirdir. Bu bağlamda “demir” ve “demir-dışı” metaller sınıflaması / ayrımı da yapılabilir.

Günümüzde metal sanayisi, yılda toplam olarak 825 milyon tonun üzerinde metal üretmektedir ve bu miktar, kişi başına yaklaşık 150 kg metal anlamına gelir. Oysa ÇİZELGE 7'den görüleceği üzere, 1841'de dünyada yıllık metal üretimi 3 mil-

yon ton dolayında idi. Son 150 yılda, belirgin şekilde üretimi yapılan metal cinsi sayısında da artma olmuş ve 1841 öncesinde üretilen saf metal cinsi 9 iken, günümüzde 16'yı aşmıştır (ÇİZELGE 8).¹⁰⁵

ÇİZELGE 7: Dünyada yıllık metal üretimi
(yılda milyon ton olarak)

Yıl	Demir-dışı metaller	Demir-çelik	Toplam
1841	0,2	3	3,2
1915	4,2	65	69,2
1989	45	780	825

ÇİZELGE 8: Sınai ölçekte üretilen metaller

1841 öncesi üretilenler:	Demir, bakır, kurşun, kalay, civa, gümüş, altın, platin, çinko
1841 sonrası, yukandakilere ek olarak büyük ölçekte üretimine başlananlar:	Alüminyum, magnezyum, sodyum, nikel, tungsten, titanyum, uranyum

Ortaçağda madenciler kimi zaman, çoğunlukla demir cevherini andıran ilginç cevherlerle karşılaşır, ancak demiri bir türlü cevherden ayıramazlardı. Sonunda beklenen saf demir madenini değil de karşısında kobalt ve nikel karışık madeni bularak başarısızlığa düşen Sakson madenciler, bu şanssızlıklarını Almanca'da "*Kobold*" (→ kobalt), Avrupa'nın diğer ülkelerinde "*Gremlin*" adı verilen muzır cinler ve yaşlı ve alaycı şeytan "*Nick*" (→ nikel) gibi kötü ruhların oyununa dayandırırlardı. Alman madenciler değerli bakır cevheri ararken ona benzeyen görünümdeki, ama içinde bakır bulunmayan değersiz "*niccolite*" (arsenikli nikel cevheri, nikel arsenür) cevherini bulduklarında sövgü sözü olarak Almanca "bakır cini" anlamına gelen "*Kupfernickel*" sözcüğünü kullanırlardı ve "nikel" elementinin adı, bu sözcüğün kısaltılmış şekline türemiştir.

Pirinç alaşımasının erime noktası 1000 °C'nin altında olup % 63 bakır ve % 37 çinko oranı döküm için uygundur. Pirincin dövülebilir şekli “% 58 bakır + % 39 çinko + % 3 kurşun” bileşimlidir. % 30'a dek nikel içeren bakır-nikel alaşımları deniz suyuna karşı dayanıklıdır ve gemi inşasında kullanılır. Demir üzerine çinko kaplamanın paslanmaya karşı dayanıklı ve koruyucu olduğu anlaşıncaya geniş uygulama alanı bulmuştur. Bu amaçla elektroliz yoluyla çinko kaplama yapılabildiği gibi erimiş çinko banyosuna daldırma yoluyla da çinko kaplama yapılabilmektedir. Ayrıca 1 mm'den daha ince demir levhaların çinko ile kaplanmasıyla elde edilen “beyaz teneke”, içecek malzemesi kabı ya da konserve kutusu olarak kullanılabilir.

Gözlük çerçevesi ya da takı eşyası içinde yer alan nikel bileşen, deriye sürekli temas sonucu “nikel uyuzu” / “nikel kaşıntısı” rahatsızlığına yol açabilmektedir. “Nikel gümüşü”, alaşımlarda bir tür adı olup değerli olmayan parlak gümüşü yeşil metal alaşımını niteler ve bakır-nikel-çinko alaşımıdır. Adına karşın içinde gerçek gümüş içermez ve bizde yaygın olarak “Alman gümüşü” ya da “fakfon” diye bilinir. 1823 yılında kimyacı, hekim, botanikçi ve popüler bilim yazarı Ernst August Geitner (1783-1852) tarafından % 55 bakır, % 20 nikel ve % 25 çinko bileşimli olarak geliştirilmiştir. Görünüm olarak gümüşe benzer ama ondan çok daha ucuz bir alaşımdır. Bu nedenle “*Argentan*” adı da verilmiştir. Daha sonra Henninger Kardeşler şirketi % 45-70 bakır, % 5-30 nikel ve % 8-45 çinko ile eser miktarlarda kurşun, kalay ve demir ekleyerek benzer bir alaşım geliştirerek “*Neusilber*” (Yeni Gümüş) adını vermişlerdir. İçerdiği nikel nedeniyle dermatolojik sorunlara (metal alerjisi) yol açtığından Avrupa Birliği, nikelin mücevhercilikte kullanımını sınırlamıştır. Nikel gümüşünün bileşimi % 65 bakır, % 18 nikel ve % 17 çinko şeklindedir. İşlenmesi görece kolay olan dayanıklı bir alaşımdır. Hintliler bu alaşıma “*Tuttha-nagaa*”, Çinliler “*Paktong*” ya da “*Pakfong*” adını verirken, Almanlar “*Alpacca / Alpaka*” derler. Alaşıma verilen Çince adlar,

Çinlilerin “çinko alaşımı” anlamına kullandıkları “*paitung*” sözcüğünden bozmadır. “Alpaka”, elektro-kaplama nikel gümüşünün ticarî adıdır. Gümüş görünümlü son derece sert bir alaşım olup korozyona dirençlidir (paslanmaz). Yüksek elektrik direnci nedeniyle ısıtıcı sarım ve borularında kullanılır.¹⁰⁶

“*Monel*” ya da “*monel metal*”, korozyona dirençli ve parlak görünümlü bir dizi metal alaşımına verilen ticarî ad olup tipik olarak % 67 nikel, % 30 bakır ve ayrıca da demir, mangan ve diğer elementleri içerir. “*Gun metal*” (“top metali”), tunç ailesinden olup % 88 bakır, % 10 kalay, % 2 çinko bileşimlidir ve top dökümünde kullanılır. Altın taklidi olarak kullanılan bir pirinç alaşımı olan “*pinchbeck*”, 18. yüzyılda astronomi saati ve otomat yapımcısı Christopher Pinchbeck (1670-1732) tarafından keşfedilmiştir. Altın rengi görünümünü optimize eden bileşimi % 83 bakır, % 17 çinko şeklindedir ve çinko oranı yaygın pirinç alaşımına göre daha düşüktür. Değişik dönemlerde “prens metali” ve “mozaik altını” gibi adlar verilmişse de yaygın olarak “fakir altını” olarak bilinir. 1840 yılından itibaren alevle yaldızlamada ve elektro-kaplama yoluyla yaldızlamada da kullanıldığından “*gilding metal*” (yaldız metali) tür adı da kullanılmaktadır. “Nikel pirinci”, pirinç renkli bakır-çinko alaşımı olup az miktarda nikel de içerir (% 79 bakır, % 20 çinko, % 1 nikel). “*Tutania*”, 1770’te William Tutin (18. yüzyıl) tarafından patenti alınan bir bakır, antimon, çinko ve kalay alaşımıdır. “*Cupro-nickel*”, % 75 bakır ve % 25 nikelden oluşan gümüş renkli ikili bir alaşımdır. İngilizce’de “*pewter*”, Almanca’da “*Zinn*” adı verilen ve “Britanya metali” olarak da bilinen % 90 kalay - % 8 antimon - % 2 bakır bileşimli alaşım, 17. yüzyıl öncesinde yemek ve içki takımı yapımında kullanılmış olan, gümüş beyazı renkte parlak ve sert alaşımdır. “% 63 kalay + % 37 kurşun” bileşimli ötektik alaşım da heykelcik yapımında kullanılmıştır. Avrupa dekoratif sanatında “*pewter*” kullanımı, 16. yüzyılda Fransa’da metalürjist ve süsleme ustası François Briot de Montbéliard’ın (1550-1615) çalışmalarıyla

doruğa ulaşmıştır. Düz levha halinde metal eşya yapımında en yüksek kalitedeki “pewter” % 90-95 kalayın yanı sıra kurşun ve/ya da bakır katkısını içeriyordu. 1780’den itibaren daha ucuz bir seçenek olarak “Britanya metalı”ve “Fransız pewteri” de deniyordu. Günümüzde “pewter”, yalnızca kalay ve anti-mondan hazırlanmaktadır. 1839 yılında metalbilimci Isaac Babbitt (1799-1862), “Babbitt alaşımı” diye adlandırılan sür-tünmeye dirençli bir alaşım geliştirdi.

1936 yılında Sèvres’de Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu’na yönetici olan Charles-Edouard Guillaume (1861-1938), 1889 yılında gerçekleştirilen “Genel Konferans”a imza atarak onay veren ülkelere ulusal metre standartlarını dağıtma işine koyulmuştur. Standartların boyları üzerinde ısı genleşmenin önemli etkisi olabildiğinden, platin alaşımlarına göre daha ucuza mal olacak alternatif malzemeler araştırmaya girişti. Nikel çeliklerini incelerken, beklenmedik bir şekilde belirli bileşimdeki alaşımların ısı genleşmesinin, onu oluşturan metallerinkinden daha küçük olduğunu keşfetti. Sonunda 9 kısım demir ve 5 kısım nikel (% 64 Fe + % 36 Ni) içeren çelik alaşımının çok düşük ısı genleşme katsayısına sahip olduğunu buldu. Bunun üzerine bu alaşıma, “*invariable*” (“değişmez”) sözcüğünün ilk beş harfi kullanılarak “*invar*” adı verildi. C.-E. Guillaume’a 1920 Nobel Fizik Ödülü’nü kazandıran bu alaşım, oda sıcaklığı ile 230 °C arasında bilinen en düşük genleşme katsayısına sahipti. Sıcaklık değiştiğinde bu alaşımdan yapılmış malzemenin boyca genleşmesi yoksayılacak düzeyde gerçekleştiğinden, özellikle saat sarkacı ve diyapazon gibi boyutlarının sıcaklık değişiminden etkilenmemesi gereken ölçü alet ve parçalarının yapımında uygun bir kullanım alanı buldu. Guillaume daha sonra başka bir karmaşık nikel alaşımı olan “*elinvar*”ı (< *elasticity* + *invariable*) geliştirdi. Bunda sıcaklık değiştiğinde esneklik hemen hemen aynı kaldığından, özellikle terazi yaylarının yapımında kullanıldı.¹⁰⁷

Son dönemlerde kalay içermeksizin alüminyum, mangan, silisyum, fosfor vb. elementlerin bakırla yaptığı ikili alaşımlara "alüminyum tuncu", "mangan tuncu" vb. gibi adlar verilmekteyse de "tunç" sözcüğü özgün olarak "bakır-kalay" alaşımını anlamına gelir. 19. yüzyıl ortalarından itibaren bakır temelinde yeni alaşımlar üretmek üzere bakır metali yeniden kullanıma girmiş ve bakır-kalay-çinko-kurşun alaşımlı "top metali" / "top tuncu" üretilmiştir. Çeliğin üçte biri yoğunlukta son derece hafif bir metal olan ve alaşımlanmamış halinde en zayıf metallerden biri olan alüminyum, uygun alaşımlara dönüştürülerek modern uçaklarda kullanılabilecek sağlamlığa getirilebilmektedir. Alman metalürjist Alfred Wilm (1869-1937), 1908 yılında Alman metal işleme firması "Durener Metalwerke A.G."de alaşımlar üzerine nicel deneyler yaparken, yaklaşık $AlCu_4Mg$ bileşimli hafif bir alüminyum alaşımı olan duralüminyum (marka adı: *DURENER* + *ALUMINIUM* = "*DURAL*") geliştirdi ve mekanik dayanımı oldukça yüksek olan bu alaşım, özellikle Alman donanması tarafından askerî zeplinlerin ve uçakların yapımında kullanıldı. Macar metalürjist Aladár Pácz (1882-1938), 1920'de ötektik (en düşük sıcaklıkta eriyen) alüminyum-silisyum alaşımını ("*ALPAX*" ya da "*SILUMIN*") alaşımını geliştirmiş olup çok yüksek oranda sodyum metali içeriğinin yanı sıra % 7-13 oranında silisyum da içerir.

Metal Yüzeyi İnceleme Yöntemleri Üzerine

Metal malzeme üzerindeki kırık yer ve yüzey analizinde fraktografi son derece değerli bir araçtır. Bu terim, kırık yüzey inceleme bilimi olarak 1944'te kullanıma girmiştir. Biringucci o'nun 1540 tarihli *De la pyrotechnia*'sı, o dönemin kırık yüzey inceleme tekniklerinin ayrıntılı ilk belgelerinden biridir. 1600 yılı dolayında optik mikroskopun bulunması, fraktografi için önemli bir yeni araç sağlamıştır. Fransız çilingir ustası Mathurin Jousse (~1575-1645), 1627'de yazdığı *Théâtre de l'art du charpentier* (Marangozluk Sanatının Gösteri Sahnesi) adlı ki-

tapta ilk olarak metallerin özellikleri üzerine gözlemlerini dile getirmiş, fizikçi Henry Power (1623-1668) 1664'teki *Experimental Philosophy, Containing New Experiments Microscopical, Mercurial, Magnetical* (Yeni Mikroskopik, Değişken, Manyetik Deneyleri İçeren Deneysel Felsefe) adlı eserinde, perdahlanmış metal yüzeylerini mikroskopla inceleyerek yüzeydeki çatlak, oyuk, pürüzlülük ve düzensizlikleri incelemiştir. Fransız bilgin Réaumur (1683-1757), demir ve çeliğin makroskopik ve mikroskopik kırık yüzeylerini sergileyen gravürleri içeren *L'arte de convertir le fer forgé en acier...* (Dökme Demiri Çeliğe Dönüştürme Sanatı) (1722) adlı kitabında demir metalinin taneçikli yapısının tartışmasını başlatmıştır. Burada ilginç olan konu, Réaumur tarafından geliştirilmiş olan makroskopik özellik kategorileri, pek değişmeden günümüze dek uzanmıştır. İsveçli Torbern Olof Bergman (1735-1784) ise bu konuda *Dissertatio chemice de analysi ferri* (1781) adlı kitabını kaleme almıştır.

19. yüzyılda mikrografiye olan ilgi azalmışsa da 20. yüzyılda yeniden canlanmıştır. Carl Andrew Zapffe fraktografi tekniklerini geliştirmiş ve yaygın bir biçimde yararlanmıştır. Bu alanda daha devrimci bir gelişme, 1943'te ortaya çıkan "*Scanning Electron Microscopy*" (SEM) (Taramalı Elektron Mikroskopisi) tekniği olmuştur. Yaklaşık 50 nanometrelik bir çözünürlüğü garanti eden SEM tekniği, ticarî olarak 1965'te kullanıma girmiştir. Optik mikroskopa oranla SEM, çözünürlüğü 10 katından fazlasına, odaklama derinliğini ise 100 katından fazlasına çıkarmaktadır.

19. Yüzyıl İkinci Yarısından Sonra Metalürjide Kimyasal Uygulamalar

Metalürjinin dallarından olan kimyasal metalürji, metal ya da metal alaşımlarının cevherden kazanılması, arıtılması ve metalik malzeme olarak sanayinin kullanımına sunulması gö-

revlerini yerine getirir. Kimyasal metalürjide genellikle çeşitli metal oksitler karbon, bir ölçüde de hidrojen ve başkaca indirgenlerle metalik hale indirgenir. İndirgeme sonucu elde edilen metaller, yabancı metallerden ve metalik olmayan maddelerden ibaret safsızlıklar da içerebilir. Sanayide kullanılacak metal ve alaşımların standart bir bileşim ve saflıkta bulunması gerektiğinden, istenmeyen safsızlıkların arıtma (rafinasyon) işlemiyle giderilmesi gerekir. Metalürjinin dalı olan fiziksel metalürji'nin ana konusu ise metal durumundaki malzemelerdir. Sanayiye sunulmuş malzemelerden metal ve alaşımların yapı, doku ve kristal yapılarının incelenmesi, mekanik ve fiziksel özelliklerinin saptanması ve çeşitli işlemler karşısındaki davranışlarının belirlenmesi, fiziksel metalürji alanına girer. Metal bilimi işlemsel olarak hidrometalürji, pirometalürji, özütisel (ekstraktif) metalürji ve elektrometalürji gibi dallara da ayrılabilir. Hidrometalürji, sulu ortamda sıcak ya da soğuk özütleme yoluyla metalleri ayırma yöntemidir. Asitler, bazlar, organik çözücüler ve bakteriler yardımıyla yapılan özütleme işlemleri de genelde hidrometalürjinin kapsamına girer. Fakir cevherlerden belirli bir metalin elde edilmesi kimyasal çöktürme ya da elektroliz yoluyla sağlanır. Pirometalürji, cevherlerin ısı yolla ileri aşamada işlenmesi olup hava ya da oksijen sevki eşliğinde oksitleme ile ya da oksijensiz ortamda indirgeme ile gerçekleştirilir. Elektrometalürji'nin en iyi bilinen örneği ise "Hall-Héroult" yöntemine göre alüminyum üretimidir.

Sınai metal üretiminde 1840'lardan bu yana geliştirilen önemli kimyasal işlemler, az çok zamandizinsel sırada olmak üzere, aşağıdaki 12 temel uygulama ile gösterilebilir:¹⁰⁵

(1) 1200-1300 °C'daki erimiş ham demir içinden hava geçirmek suretiyle kimi safsızlıkların uzaklaştırılması: Bu sırada sıcaklık 1500 °C'a kadar yükselir. Bu işlem, 1855-1860 yılları arasında bu tekniği geliştiren Henry Bessemer'in armağanı olup aşağıda incelenecektir.

(2) Erimiş kurşunun içindeki gümüşün, karışıma çinko ekleyip, çözünmez gümüş-çinko bileşiği halinde ayrılması: Bu yöntem, Birmingham'lı Alexander Parkes (1813-1890) tarafından ortaya konmuş ve patenti 1850'de alınmıştır. Ancak başarıyla uygulanması, 1860'dan sonra gerçekleşmiştir. Uygulamada karşılaşılan güçlüklerden biri, istenmeyen bir safsızlık olarak kurşunun içinde alıkonulan çinko fazlasıdır. Bu güçlüğü yenmek için daha sonraları, en az dört alternatif yol bulunmuştur. Metallerin elektro-birikintilenmesi, yaşamı boyunca Parkes'in ilgisini çekmiş, özellikle çiçek, doğal lifler gibi dayanıksız ve kırılgan nesnelerin elektrometalik kaplanması patentini 1843'te almıştı. Consort Prensi Albert'in (1819-1861) Georg Richard Elkington'u (1801-1865) ziyarete gelişinde ona gümüşle kaplanmış bir örümcek ağı sunmuştu.

(3) Kireç kullanılarak, erimiş demirden fosforun uzaklaştırılması: Bessemer sürecinin temel eksikliği, fosfor sorununu ele almamasıydı. İlk çalışmalarında Bessemer, şanslı bir şekilde, fosfor içermeyen hematitten elde edilmiş pik demir kullanmıştı. Oysa Cleveland ve Lorraine bölgeleri, fosforlu demir yataklarınca zengindi. Bu konuda 1878-1880 yıllarında Sidney Gilchrist Thomas (1850-1885) ve kuzeni Percy Carlisle Gilchrist (1851-1935) tarafından bir çözüm önerildi. Onlar, kalsine edilmiş (kavrulmuş) dolomit temelinde dayalı, refrakter seramik astarlı bir tepkime kabı geliştirdi. Kireçle uyumlu olan bu sistemde, erimiş demire kireç eklenerek, oksitlendikten sonra fosforun kalsiyum fosfat şeklinde "sabitleştirilmesi" (bağlanması) sağlanmakta ve böylece onun dışıktan metale geri geçişi önlenmekteydi. "Bazik astarlı" bu çalışma yöntemi, % 2'lik fosfor içeren ham demirin, pazarlanabilir mühendislik çeliği üretmek üzere işlenebileceği anahtarını vermiştir. Bazik astarlı açık fırından oluşan dışığın işlenmesiyle, değerli bir yapay gübre olan "Thomas unu" elde ediliyordu.

(4) Erimiş kriyolit (sodyum-alüminyum florür) içinde çözülmüş alüminanın elektrolizi yoluyla sıvı alüminyum üretimi:

Alüminyum, yeryüzünde en bol bulunan element olduğu halde, varlığı çok geç anlaşılmış metallerden biridir. Elektro-sanayideki gelişmeler sonucu büyük miktarlarda elektrik akımı kullanılabilir hale gelince, elektroliz yoluyla yeni metallerin üretimi gündeme girmiştir. Elektrolitik indirgeme süreci, 1885-1889 yıllarında birbirinden bağımsız çalışan iki kişi, ABD'de Charles Martin Hall ve Kuzey Fransa'da Paul Louis Héroult, tarafından geliştirilmiştir. Elektrolitik yöntem 1890'larda birkaç yerde benimsenmeye başlamış ve alüminyum, azınlık bir metal olmaktan çıkarak dünyanın temel metallerinden biri olmuştur.

(5) Boksitten alümina trihidratın ekonomik üretiminde, (a) alüminyumun çözeltiye alüminat halinde almak üzere sulu sıcak sodyum hidroksit kullanılması, ve. (b) elde edilen çözeltiden iri kristalli alümina trihidratı çöktürmek üzere aşırı kristallerinin kullanılması: Kimyanın birbiriyle bağlantılı bu iki uygulaması, hâlâ, Avusturyalı bir kimya mühendisi olan Karl-Josef Bayer'in (1847-1904) adıyla anılır. Bayer'in bu yöntemi, Hall-Héroult indirgeme yönteminin ortaya çıkmasından 1-2 yıl sonra devreye girmiştir. Bayer yöntemi ile boksitteki alüminyum içeriğinin mineralden çekilmesi, daha önceki yöntemlerle kıyaslandığında, önemli oranda yüksek bir verim sağlamaktadır.

(6) Sulu alkali siyanür içinde çözün. ardından çinko ile temas yoluyla çöktürerek, cevher içindeki altının değiştirilmesi: Altın'ın cevherden çekilmesi için "siyanür süreci", 19. yüzyılın ikinci ve üçüncü çeyreğine tarihlenirse de, ticari açıdan geliştirilmesi, ancak 1885-1890'larda olmuştur. Glasgow'lu kimyacı John Stewart MacArthur (1856-1920), Charles Tennant (1768-1838) tarafından bakırlı piritten bakırın ve kimi zaman da gümüşün geri kazanılması konusunda geliştirilip yaygınlaştırılan büyük ölçekli "ıslak kimya" (çözelti kimyası) pratiğini kullanmıştır. Bu yöntem, bu değerli metalin 1890'lardan sonra dünya çapında üretiminde önem kazanmıştır.

(7) Karbonil bileşiklerinin kullanılmasıyla bakırdan nikelin ayrılması: Burada nikel, karbon monoksit ile gaz halinde bir tetrakarbonil bileşiği oluştururken, bakır böyle bir bileşik oluşturmaz. Bu durum, Londra'da Ludwig Mond'un (1839-1909) laboratuvarında çalışan Carl Langer'in (1860-1935), 1889 yılında gaz halinde bir bileşik olan nikel karbonilin $[Ni(CO)_4]$, metalik nikel birikintisi bırakarak parçalanmasını gözlemesiyle anlaşılmıştır. Bunun üzerine Mond, 1892'de de-neme amaçlı bir tesis kurmuş, yöntemini sanayi ölçeğine taşı-yana kadar on yıl geçmiş ve daha sonra da Güney Galler'deki fabrikasına hammadde sağlamak üzere Kanada'dan maden ya-takları satın almıştır. Böyle kimi zengin yataklardan elde edi-len mineraller içinde, bakırı nikelden ayırmada güçlük çekili-yor ve mineralde her iki element de sülfürleri halinde bir ara-da bulunuyordu. Yöntemin uygulanmasıyla ele geçen nikel karbonil, 60 °C'un üzerine ısıtıldığında kolayca parçalanarak metalik nikel veriyordu.

(8) Çinko oksit mineralini sulu sülfürik asitle özütleyerek elde edilen sülfat çözeltisinden, elektrolitik yolla çöktürmek suretiyle çinko üretimi: Bu konudaki başarılı uygulamaya, 1880-1914 döneminde çeşitli kişiler katkı koymuş ve ticari sü-reç 1914'de Kuzey Amerika'da gerçekleşmiştir. O zamanda Av-rupa'da patlayan savaş, silah ve donanımlar için yüksek saflık-ta ve artan miktarda çinko gereksiniyordu. Bu durum, çinko üretimine yatırım yapılmasını körüklemiştir.

(9) Gaz halinde magnezyum elde etmek üzere, vakum al-tında ve 1200-1400 °C'da, kalsinlenmiş dolomitin silisyumla tepkimesi: Az miktarlarda magnezyum, 19. yüzyılın ikinci ya-rısı boyunca magnezyum klorürün sodyumla indirgenmesiyle, 1930'larda ise susuz magnezyum klorüre dayalı bir elektrolitik süreçle üretiliyordu. Ancak elektrolitik yöntem pahalı idi ve korozyona yol açıcı klor gazını içeriyordu. 1930'ların sonları-na doğru Dr. Gustav Pistor'un (1872-1960) önderliğinde Al-man bilimciler, bol miktarda bulunan kalsinlenmiş dolomitten

silisyumla tepkime sonucu, magnezyumu çekip alma işlemini başardılar. Pratikte, sınaî üretim için pek çok sorunun aşılması gerekmiştir. Süreç, düşürülmüş basınçta (yani vakum altında) yürütülmekteydi. Öte yandan dolomit içinde kireç bulunması, kirecin silikaya (SiO_2) karşı büyük ilgisinden ötürü daha yararlıydı. Bu yöntem Kuzey Amerika'da, Dr. Lloyd Pidgeon (1903-1999) tarafından 1941'de uygulamaya konmuştur. Konu ile ilgili termodinamik ve kinetik bilgilerin yer aldığı elkitabı, kimya sanayisi klasiklerinden biri olmuştur.

(10) Titanyum tetraklorürün titanyum vermek üzere sodyum, kalsiyum ya da magnezyum ile tepkimesi: Benzer işlem, zirkonyum ve uranyum elde edilmesi için de kullanılmaktadır. Bu uygulamanın kimyasal kökleri 1880'lerde ortaya konmuş, ancak büyük ölçekli sınaî üretimi 1940'larda gerçekleştirilmiştir. Bu konuda, ABD'de "General Electric"de çalışan Matthew Albert Hunter (1878-1961), 1910 yılında sodyumla indirgeyerek titanyum elde etmiştir. Dr. William J. Kroll (1869-1939), önce pahalı olan kalsiyumu, sonra da daha ucuz olan magnezyumu kullanarak aynı metalin üretimini gerçekleştirmiştir. Titanyum metalinin düzenli üretiminin 1948'de başladığı sanılmaktadır.

(11) Kapsamlı şekilde kimi termodinamik bilgilerin örneğin Standart Oluşum Serbest Enerjisi (ΔG°) - Sıcaklık (T) diyagramları hazırlanması: Bu uygulama 1940'larda başlatılmış olup aşağıda incelenecektir.

(12) Mineralden özütlemeye elde edilen büyük hacimli seyreltik çözeltilerden uranyum bileşiklerinin deriştirilme ve saflaştırılmasında anyon değiştirici reçinelerin kullanılması: 1940'lı yıllarda dünyada uranyuma büyük talep vardı. Hükümetler uranyum elde edilmesine yönelik yöntemler geliştirmek üzere fonlar ayırmıştı. O zamanlar çoğu metalin, sulu çözeltilerinden katyon değiştirici reçinelerce tutulabildiği biliniyordu. 1948 yılında rastlantıyla, ABD'de "Bartelle Memorial

Institute"de ve "*Dow Chemical Company*"de çalışan iki ayrı grup, metaller arasında hemen hemen yalnızca uranyumun (diğer önemli istisna Fe^{3+} iyonlarıdır), sülfat ve karbonat çözeltilerinden, anyon değiştirici reçineler üzerine biriktiğini keşfetmiştir. Bu bulgu kısa sürede, büyük seçimliliğe sahip, değerli bir tekniği getirmiştir. Amerikalı ve İngiliz araştırmacılarından oluşan uluslararası bir grup, bu yeni tekniği Güney Afrika'daki bir uranyum üretim tesisinde yarı-sınai ("*pilot*") ölçeğe 1950'de uygulamaya koymuş, 1952'de ise ilk büyük ölçekli tesis devreye sokulmuştur.

Yukarıda anlatılan on iki uygulamadan sekizi, 1841-1915 yılları arasındaki 75 yıllık döneme, geriye kalan dört uygulama ise 1950'lerin sonlarına aittir. Bu özel alanda en etkin yaşanan gelişme dönemi, 19. yüzyılın ikinci yarısıdır. Bunlardan kimileri [(1), (4) ve (12) no'lular] hızlıca uygulamaya konarken, kimilerinde uzunca bir süre gerekmiştir. Sulu sülfat çözeltisi kullanılarak hidrometalürjik yöntemle ve bunun ardından da elektrolitik indirgeme yoluyla çinko elde edilmesinde, nihai çözüme 34 yıllık bir dönemin sonunda erişilmiştir. Uzun sürede geliştirilen metal üretimine başka bir örnek, titanyum tetrahalojenürün sodyum, kalsiyum ya da magnezyumla indirgenmesiyle titanyum üretimidir [(10) no'lu uygulama]. Bu tepkime 1887'de incelenmiş, ancak büyük boyutlu sınai ölçeğe taşınabilmesi, 1940'larda gerçekleşmiştir.¹⁰⁵

Yeterinde saf olmayan bakır metali, elektroliz yoluyla zenginleştirilerek diğer safsızlıklarından arındırılıp "elektrolitik bakır" halinde elde edilebilmektedir. Bu amaçla saflaştırılacak metal, elektroliz aygıtına anot olarak bağlanır. Uygun elektrik gerilimi altında gerçekleştirilen elektrolizle "elektrolitik bakır" katotta birikir. Bu sırada altın, gümüş, platin, paladyum, rod-yum gibi soy metaller "anot çamuru" halinde elektroliz kabının dibine çökelişir ve adı geçen bu metaller de ayrıca anot

çamurundan kazanılabilirler. Uygun elektriksel iletkenliği nedeniyle elektrolitik bakır, elektrotekniğin vazgeçilmez malzemelerinden biridir.

Henry Bessemer ve “Konversiyon” Süreçleri

1856'da Henry Bessemer, metal üretim kimyasında görkemli bir dönüm noktası yaratmıştır. Bu, Bessemer'in “konversiyon” sürecidir. Süreç, bir maden eritme ocağından elde edilen saf olmayan erimiş demirin, üstün mühendislik özelliklerine sahip olan ve “yığın (*bulk*) çelik” (“Bessemer çeliği”) diye bilinen daha saf ve yumuşak çelik haline dönüştürülebilmesi ile ilgilidir. Saf olmayan besleme, 1200-1300 °C'daki ocağa yüklendiğinde erir; bundan sonuçlanan nihai ürün, daha yüksek bir sıcaklığa ulaşır ve yine erimiş haldedir. Arıtma, başkaca bir yakıt kullanılmaksızın gerçekleşir. Süreç için gerekli ısı'nın tümü, metal banyosu içinde mevcut olan silisyum ve karbon gibi bileşiklerle atmosferik oksijen arasındaki ısıveren (ekzotermik) tepkimeden elde edilir.

Henry Bessemer, 1850'li yılların başlarında Londra'da kitap ciltçiliğinde ve başkaca dekoratif amaçlarla kullanılabilecek kârlı altın tozu taklidi üreten bir fabrikanın sahibi idi. Kırım Savaşı nedeniyle tasarladığı bir mermi projesi, Fransız yetkililerin ilgisini çekti. Ancak mermi, tüfek namlusu için dökme demire göre daha iyi bir malzemeyi gerektiriyordu. 1855 yılı başlarında Bessemer, kendi fabrikasında üstün metal üretme amacıyla deneylere başladı. Şanslı bir gözlem sonucu, maden eritme ocağındaki erimiş ham demirin, içinden hava geçirmekle karbonsuzlaştırılabileceğini düşünerek, böyle bir tepkime kabında (“konverter”) yakıt yakılmasını geliştirecek değişiklikler yaptı; sürpriz bir şekilde, erimiş metal banyosu içinden geçirilen havanın, sıcaklığı önemli oranda yükselttiğini de gördü.

Bessemer bu yeni sürece ilişkin görüş ve önerilerini “*British Association for the Advancement of Science*”ın (“Bilimin İlerle-

mesi için İngiliz Birliği”) 1856 yılındaki toplantısında dile getirdi ve görüşlerini *The Times* dergisinde haber şeklinde duyurdu. Kimi sanayiciler, bu yeni süreci kullanma iznini almak için ona başvurdular. Ancak işletmelerinde bu yeni tekniği kullanan hemen herkes, bu yolla kendi cevherlerinden iyi metal elde edilmesinin mümkün olmadığını gördü. *British Association*, kendi dergisinde bu yeni yönetime ilişkin makaleyi yayımlamaktan vazgeçti. Sonradan anlaşıldığı üzere Bessemer, deneylerinde kullandığı saf olmayan demir cevheri bakımından son derece şanslı idi. Bu demir cevheri örneği, yararlı özellikler sağlayacak şekilde yüksek oranda silisyum, karbon ve mangan içerirken, sorun yaratıcı iki element olarak az miktarlarda fosfor ve kükürt de içeriyordu. Yöntemi uygulamada başarısızlığa uğrayanların ham demir örnekleri ise, böylesi safsızlıklar içermediğinden, şanssızdılar.¹⁰⁵

Bessemer, kısa sürede, ham demirdeki fosfor içeriğinin düşük düzeyde ($< \% 0,1$) olması gerektiğini öğrendi. Erimiş metal içine hava üfleme işleminin ardından ortama mangan ve karbon ekleme önerisi, Robert Forester Mushet (1811-1891) tarafından ortaya atıldı. Bessemer ve ortaklarının işletmesi yüksek karbonlu çelik üretimine başladı. Kobalt çeliği 1830 yılı dolayında, krom çeliği 1798’de, nikel çeliği 1804’te üretildi. Mushet 1850’de tungsten çeliğini üretti. Bu malzemeden yapılan kesme aletleri, metalleri adi çeliğe göre dört kat hızlı kesebiliyordu. İngiliz metalürji uzmanı Robert Abbott Hadfield (1858-1940) ise 1882’de çeliğe $\% 13$ oranında mangan katarak çok sert bir çelik alaşımı olan mangan çeliğini üretti. Titanyum çeliği 1910’da üretildi. Çeliğe paslanmazlık krom katkısı ile, daha büyük dayanıklılık ise vanadyum katkısı ile sağlandı. 1913 yılında İngiliz metalürji mühendisi Harry Brearley (1871-1948), top namlusu dökümünde kullanılacak çelikler üzerinde inceleme yaparken, hurdalığındaki çeliklerin, birkaçı dışında paslandığını gördü. Paslanmayan birkaç parçayı incelediğinde, içlerinde $\% 14$ dolayında krom bulunduğunu saptadı.

Aynı yıl nikel-krom alaşımlı paslanmaz çeliği geliştirdi. 1931'de alüminyum, nikel ve kobalttan (Al, Ni, Co) "Alnico" alaşımı elde edildi. 20. yüzyıl başlarında tungsten, krom, molibden, vanadyum ve kobalt içeren ve yüksek ısıl işlemlerde üretilen "yüksek hız çeliği" geliştirilmiş olup % 10-11'lik tungsten-molibden içeriği ile karakterize edilmektedir.⁹⁸ Tungsten karbür (WC), Mohs sertlik ölçeğinde 9,5 derece sertliğe sahiptir.

1860'lardan itibaren gelişmiş sanayi ülkelerinde, Bessemer'in patentli süreci ve yıldan yıla artan yeni mühendislik malzemeleri kullanılmaya başlandı. Bessemer tekniği, sanayinin gelişmesinde "demirden" "çeliğe" geçişi sağladı ve buhar makinesi, demiryolu rayı vb. yapımında çelik kullanılmaya başlandı.

Yüzyılımızın ikinci yarısında dünya çelik üreticileri, başlangıçtaki kimi zorluklara karşın, fırına hava yerine oksijen sevk edilmesini gitgide benimsediler. 1880'li yıllarda Bessemer'in "konversiyon" yöntemi, karışık bakır-demir sülfürden bakır üretimine de uygulanmaya başladı.¹⁰⁵

Ellingham, Richardson ve "Serbest Enerji Diyagramları"

20. yüzyıl başlarında Victor Tafel, *Lehrbuch der Metallhüttenkunde* (Metalürji Ders Kitabı) adlı önemli bir eser yazmıştır.

Metallerin özel tepkimeleri ile ilgili belirli termodinamik bilgiler, 1940'lı yıllarda diyagramlar şeklinde düzenlenerek hazırlanmıştır. Bu diyagramlar, termodinamik açıdan gerçekleşebilecek özel tepkimeler için gerekli koşulları önceden belirleyebilecek güçlü bir araç oluşturmuştur. Bu konuda çalışanlardan ikisi, Dr. Ellingham ve Dr. Richardson'dır.

Bessemer'in "konversiyon" süreci, tümüyle termokimyaya dayanır ve kimyasal temel işlemlerle ilgili enerjinin önemi, 19. yüzyılın ikinci ve 20. yüzyılın birinci yarısında kavranmıştır. Royal College of Science'ın kimya bölümünde Dr. Harold Jo-

hann Thomas Ellingham (1897-1975), benzer tepkime grupları için bağıl standart serbest enerji değişimlerini, şık ve kolay kavranır diyagramlar halinde vermiştir.

Ellingham, çalışmalarında bir dizi metalin oksijenle tepkimelerindeki standart serbest enerji değişimlerini hesaplamış ve sonuçları grafikler halinde düzenlemiş; metal oksitler için düzenlenen grafiklerin benzerlerini, daha sonra metal sülfürler için de hazırlamıştı. *Imperial College*'tan Dr. Frederick Denys Richardson (1913-1983) ise, oksit ve sülfürlerle ilgili Ellingham diyagramlarına benzer yeni serbest enerji diyagramları hazırladı. 1949'da J. H. E. Jeffes ile birlikte, Ellingham diyagramlarının düzeltilmiş ve ölçüm sınırlarının genişletilmiş olduğu yeni diyagramlar hazırladı. İkinci Dünya Savaşı sonunda Londra'daki "*British Iron and Steel Research Association*"a (BISRA) yönetici kimyager olarak geçti. Burada önce, dışığın bileşimi ve davranışları ile düşük-metal etkileşmelerini inceledi. 1957'de profesör olan Richardson, 1968'de Krallık Derneği'nin ("*Royal Society*") akademik üyeliğine seçildi.

1950'den itibaren Ellingham ve Richardson'ın çalışma sonuçları, metal özütlenmesini işleyen kitaplarda yeni bir bakış açısı sağlayarak kuramsal değerlendirmeyi, pratik değerlendirmenin önüne geçirmiş; metal üretiminde yer alan tepkimelerin ardında yatan termodinamik ilkelerin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlayarak, öngörülen bir tepkimenin gerçekleştirilebilirliği konusunda kolay ve ucuz yoldan öndeyilerin yapılabilmesini olanaklı kılmıştır.

Prof. Richardson 1960'lı yılların sonlarında metalürji mesleğinin çağdaş yapısı üzerine düşüncelerini ortaya koyarak metalürji tekniğini şu üç bileşene ayırdı:

- (1) Cevher ön-hazırlamadan arıtma ve katılaştırmaya kadar uzanan özütlemeli (ekstraktif) metalürji,
- (2) Döküm, biçimleme ve metal işlemlerini kapsayan mekanik metalürji,

(3) Sınav alaşımlar ve bunlarla ilgili refrakterler gibi malzemelerin davranış ve bilgilerine dayalı tasarım.

Bessemer'in termokimya konusundaki buluşsal uygulaması ve daha sonra bunların oksijen temelindeki modifikasyonları, günümüzde dünyadaki yıllık toplam çelik üretiminin yarından fazlası olarak 400 milyon tonu bulan çeliğin üretimini sağlamıştır. Yine dünyada yıllık bakır üretiminin beşte dördünü bulan 7,5 milyon tonluk üretim, bir "konversiyon" basamağını içeren işlemlerle elde edilmektedir. Alüminyumda ise, yıllık 18 milyon tonu bulan üretimin tamamı, Hall, Héroult ve Bayer tekniğiyle elde edilmektedir. Dünya altın üretiminin büyük bir bölümü, John Stewart MacArthur'un (1856-1920) "siyanür süreci" ile kazanılmaktaysa da, bu yöntem, çevre kirlenmesi kaygıları nedeniyle, son zamanlarda ülkemizde ve dünyada yoğun tepkiler almaktadır. Dünya çinko üretiminin yaklaşık üçte ikisini tutan 5 milyon tonluk kısım, mineralden özütleme ve elektroliz sonucu elde edilmektedir. Ayrıca çinko cevherinin odun kömürü ile ısıtılmasından oluşan çinko buharlarının (çinkonun kaynama noktası 907 °C) yoğunlaştırılması ile çinko üretim yöntemi de vardır. Dünyada üretimi 1950'lerde önemli boyuta ulaşan titanyum ise, Hunter-Kroll yöntemiyle yılda 100 bin ton dolayında üretilmektedir.¹⁰⁵

JEOLOJİ VE MİNERALOJİ TARİHİ ÜZERİNE

İSLÂM'DA JEOLOJİ VE MİNERALOJİ ÜZERİNE

Aristoteles'in mineraloji (mineralbilim) konusundaki yazılarının Arapça'ya çevrilmesinden sonra pek çok Müslüman yazar, özellikle değerli taşlar üzerine olmak üzere taşlar konusunu işleyen kitaplar kaleme almışlardır. İslâm'da mineraloji bilimi simya, kimya, metalürji ve tıpla yakın ilişki içinde olmuştur. Elmas, yakut, zümrüt, akik gibi doğal süs taşları, çeşitli hastalıklara karşı koruyucu olarak kullanımları, "cevahirnâme" adı verilen kitaplarda yazılıdır. Gizli bilimlerle bağlantılı olarak değerli taşlara şifa, büyü ve tılsım gibi özelliklerin yakıştırılması ve bu bilgilerin Batı'ya aktarılması sürecinde "camın bir zehir olduğu" ve "en sert değerli taş olan elmasın, keçi kanıyla ıslatıldığında yumuşayacağı ya da kırılğan hale geçeceği" gibisinden yanlış inanışlar da ortaya çıkmıştır. Süs taşları denen doğal güzel taşlar, iki gruba ayrılır. Genelde elmas, zümrüt, yakut ve safire değerli taş, bunların dışında kalanlara ise yarı-değerli taş denir.

Câbir İbn Hayyân (720-813), *Kitab el-Havass el-Kebir* (Özgül Özelliklerin Büyük Kitabı) adlı eserinde mineral maddeleri üç gruba ayırmıştır: Ruhlar (ısıtıldıklarında tümüyle buhar-

laşabilen maddeler), metalik cisimler (metaller) ve mineral cisimler. Üçüncü grup, eriyebilen ya da ateşte değişmeden kalan, dövülebilir mineral cisimleri kapsamaktadır. Câbir İbn Hayyân, vitriyole, mineral grubun bir alt kategorisinde yer vermiştir ve bunlar çok az “ruh” (ayrılabilir uçucu kısım) içerir ve deniz kabuklarına, incilere ve “bakır çiçeği”ne (“*qualquant*”) da alt grup olarak yer vermiştir.³⁴

İki değerlikli demir ve bakırın sırasıyla yeşil ve mavi renklerdeki sülfatları, erken terminolojide yaygın olarak “*atrament*” ve “*vitriol*” olarak adlandırılmışlardır. İki değerlikli metallerin hidratlaşmış sülfatları modern bilimde “sülfatlar” olarak tanınırken, sülfürleri “piritler” olarak nitelenirler. Kimyaca demir(II)-disülfür (FeS_2) bileşimli olan piritleri ifade etmek için Araplar “*mârkaşitâ*” terimini kullanmışlardır ki bundan, genelde piritler için ve özelde FeS_2 bileşimli mineral için markasit (İng. “*marcasite*”, akpirit, beyaz demir piriti) terimi ortaya çıkmıştır. “Pirit” (“ateş taşı”) sözcüğü Yunanca “ateş” anlamına gelen “*pyr / pyro-*”dan türemedir. Çakmaktaşına piritle vurulursa, çıkan kıvılcımlar, aşağıdaki denklem uyarınca onu tutuşturur ve yanmaya başlar: $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$. Bu özellik, eskiden onun ateş yakmada ve ateşli silahlarda kullanımını sağlamıştır. “*Vitriol*” sözcüğü, Latince “cam” sözcüğünden gelir ve onun cama benzeyen parıltılı görünüşü ile bağlantılıdır. Antikçağ’da demir vitriyolu ve bakır vitriyolu, sırasıyla “yeşil vitriyol” ve “mavi vitriyol” olarak nitelendirilmiş olup modern mineralojik terminolojide bunlar, sırasıyla “*melanterite*” [$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$] ve “*chalcanthite*” [$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$] karşılık gelirler. Sümerlerde tanınan vitriyoller, yaklaşık İÖ 600’lerde renklerine göre listelenmişti. Antikçağ’ın iki ünlü yazarı Dioskorides (~20-79) ve Yaşlı Plinius (23-79), Kıbrıs Adası’ndaki bakır yatakları yakınında vitriyol üretiminden söz etmişlerdir. Bunların kalkopirit sel (bakırlı-demirli) doğası nedeniyle Yunanlılar vitriyole “*chalcanthon*” adını verirlerken, Romalılar onu, başlıca ticarî kullanımı deriyi siyaha boyama oldu-

ğu için “*atramentum sutorium*” (“ayakkabıcı siyah boyası”) diye adlandırmışlardır. Ancak, deriyi siyaha boyama özelliği, yalnızca demirce zengin vitriyolle gerçekleştirilebiliyordu. Dioskorides *De materia medica*’da 200 çeşit taş ve değerli taşın bir listesini vermiştir. Ünlü Arap eczacısı el-Râzî’nin mineraller sınıflandırmasında vitriyoller altı maddeli bir sınıf olarak yer alır.³⁴

Zekeriya el-Râzî (864-930), Latince’ye *Liber secretorum bu-bacaris* başlığı ile çevrilen *Kitab el-Esrâr* (Sırlar Kitabı) adlı eserinde, çeşitli kimyasal temel işlemlerin tanımlamalarını da yaparak bildiği tüm kimyasal maddeleri sınıflandırarak ilkin onları dört ana gruba (mineralsel, bitkisel, hayvansal ve bunların türevleri şeklinde) ayırmıştır. Bu sonuncu grupta “*isfidâc*” (üstübeç, bazik kurşun karbonat), “*jengâr*” (bakır çalığı, bazik bakır asetat), “*tutiya*” (tutya, çinko oksit) gibi maddelere yer vermiştir. Tüm maddeleri “Topraksal”, “Bitkisel”, “Hayvansal” ve “Türevsel” olarak dört ana gruba ayıran el-Râzî’nin, topraksal maddeleri (mineralleri) “Ruhlar – Bedenler – Taşlar – Vitriyoller – Borakslar – Tuzlar” şeklindeki sınıflandırması, Latinceleştirilmiş metinden özetlenerek aşağıda verilmiş olup, Arapça özgün metinde kimi durumlarda bir madde, birden fazla tür olarak sınıflandırılmıştır. Bu farklılık, çoğu zaman böyle bir maddenin yalnızca farklı saflıktaki örneklerinden kaynaklanırken, kimi durumlarda da oldukça farklı kimyasal bileşiklerden ileri gelmekteydi. (ÇİZELGE 9).³⁴

ÇİZELGE 9. El-Râzî’nin mineral sınıflandırması³⁴

TOPRAKSAL NESNELER (Lat. “ <i>terrena</i> ”)
A. Dört ruh (Ar. “<i>el-ervah</i>”) (uçucu maddeler): 1. Civa 2. Sal amonyak (NH_4Cl) (üç tür halinde) 3. Arsenik(-sülfür) [renklerine dayalı olarak altı tür ayırt edilmiştir; bu grup hem sarı arseniği (As_2S_3) hem de kırmızı arseniği (As_2S_2) içermektedir] 4. Kükürt (biri, asfalt ya da demir sülfürle karışık olan siyah renkli olmak üzere beş tür).

B. Yedi beden (cisim) (Ar. "el-ecsad") [yani, bilinen yedi metal]: Altın, gümüş, bakır, kalay, demir, kurşun ve "Karesin" ya da "Catesin" [Arapça "khar sint" (Çin demiri) olup olasılıkla bakır, çinko ve nikelten ibaret bir alaşım; bu madde geç dönemde listeden çıkarılarak yerine civa konmuştur]

C. On üç taş (Ar. "el-ahcar"):

1. "Marchasita" [Ar. "markaşıd", markasit, "enayi altını" (FeS_2) dâhil günümüzde "piritler" olarak bilinen mineraller; el-Râzî tarafından sözü edilen dört türü, doğru şekilde tanılanamamaktadır]
2. "Magnesia" [Ar. "magnisiya": Eski bir simyasal "örtülü ad" olup çeşitli maddeleri belirtmede kullanılmıştır; üç tür, olasılıkla pirolüzit (MnO_2)]
3. "Edaus" (ya da "daus") [Ar. "daus": "Çelik suyu"; demir oksitten ibaret bir demir cevheri ya da demir cürufu]
4. "Thutiya" [Ar. "tutiya": Genellikle çinko karbonat ve çinko oksit]
5. "Azur" [Ar. "lazward": Lâcivert taşı / lapis lazuli]
6. "Dehenegi" [Ar. "dahnac": Malahit, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$]
7. "Feruzeği" [Ar. "firuzac": Firuze / turkuvaz]
8. "Emathita" (başka yerde "sedina" ya da "sedena" şeklinde geçmekte) [Ar. "şadanc": Hematit ya da kantaşı; demir oksit]
9. "Cuchul" [Ar. "kuhl": Sürme; sıklıkla birbiriyle karışınlan antimon sülfür ya da kurşun sülfür (galena)]
10. "Spehen" [görünürde İsfahan'ın yanlış bir okunması olup camı nitelediği sanılmaktadır]
11. "Funcu" [Lat. "succen" < Ar. "şakk": Zırnuk, arsenik oksit]
12. "Talca" [Ar. "talq", bizim bildiğimiz "talk (pudra)" olmayıp mika, asbest ya da tabaka halinde alçıtaşı]
13. "Gipsa" [Ar. "jibsin": Alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)]

D. Altı vitriyol (Ar. "el-zâcat") (Lat. "atrament") [vitriyoller sınıfı metal sülfatları ve onların katışkılarını kapsamaktadır]:

1. "Siyah atrament" [saf olmayan FeSO_4]
2. "Alum" (şap) (Ar. "el-şubub") [diğer metal sülfatlarla karışım halinde değişen saflık derecesinde $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 'yu de içeren oldukça geniş bir kategori]
3. "Calcadis" ya da "beyaz atrament" [Ar. "qalqadis": Bakır ve demir cevherlerinin ya da şapın atmosferik etki sonucu başkalaşıma uğramış ürünü]
4. "Calcande" ya da "yeşil atrament" [Ar. "qalqand": Demir sülfat ve/ya da bakır sülfat]
5. "Calcator" ya da "sarı atrament" [Lat. "colcothar", Ar. "qalqator": Bir yanda bakır / demir cevherlerince zengin sülfür ve sülfat şeklinde parçalanma / bozunma ürünü, diğer yanda kavrulmuş demir vitriyolden (demir sülfat) ele geçen demir oksit]
6. "Surianum" ya da "kırmızı atrament" [Ar. "suri" ya da "surin": "Calcator" ile aynı]

E. Yedi boraks / horat [Ar. "*buraq*" ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)]; [1- Ekmek boraksı (kabartma tozu / sodyum bikarbonat!); 2- Natrun (Na_2CO_3); 3- Kuyumcu boraksı (beyaz boraks); 4- "*El-şiha*" (duvar diplerinde bulunur; güherçile, KNO_3); 5- Tinkar; 6- Zeravendi; 7- "*Burak el-garb*" (Batı boraksı). Bunlardan kimileri Na_2CO_3 ve K_2CO_3 içerir.

F. On üç tuz (Ar. "*el-emlâh*"):

1. Tatlı tuz [olasılıkla NaCl]
2. Acı tuz [belki bir tür kaya tuzu]
3. Kireç tuzu [sönmüş kireç, $\text{Ca}(\text{OH})_2$]
4. "*Andarani*" (saftuz) [olasılıkla NaCl]
5. "*Teberzed*" (Lat. "*sal gemma*") [kaya tuzu, NaCl]
6. Nafta tuzu [olasılıkla asfalt ile karışmış NaCl]
7. Hint tuzu ["yumurta tuzu", tanılanamamıştır (yazarın notu: "Hint güherçilesi, KNO_3 ")]
8. "*Sal effini*" [Lat. "*essini*" < Ar. "*as-sini*": Asya tuzu / Çin tuzu; tanılanamamıştır (yazarın notu: "güherçile, NaNO_3 / KNO_3 ")]
9. "*Sal alkali*" [Ar. "*al-qali*" tuzu: soda, Na_2CO_3]
10. İdrar tuzu [$\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$; idrarın bozundurulup kurutulması ile üretilmekte]
11. Meşe külü tuzu [potas, K_2CO_3]
12. "*Natrun*": Na_2CO_3 [ancak Latince metinde bunun "*nitra*" (güherçile, KNO_3) olduğu söyleniyor]
13. Güherçile [Ar. "*milh el-hayt*": duvar tuzu, KNO_3]

El-Râzî bitkisel maddeler arasında çok kullanılan örnek madde olarak "*üşnan*" (yosun) bitkisinin külünden sıkça söz etmektedir. Hayvansal maddelerden on madde sayar: Saç – Kafatası – Beyin – Safra – Kan – Süt – İdrar – Yumurta – İnci / Se-def – Boynuz. "Türevsel" diye nitelenenler ise bunların etkileştirilmeleri sonucu hazırlanan çeşitli pigmentler, alaşımlar, camlar ve çözeltilerdir.

Doğa tarihi konusundaki Müslüman ürünleri, İbn Kuteybe'nin (828-889) *Uyûn el-Ahbâr* (Kaynağından Bilgiler) gibi ansiklopedilerden el-Kazvinî ve Şemseddin Ebu Abdullah Muhammed el-Dimeşkî'nin (ölm. 1327) kozmolojik derlemelerine; el-Mes'ûdî'ninki (915-957) gibi tarihî kozmolojik kitaplar-

dan el-Câhiz'inki (779-869) gibi edebî yapıtlara ve İbn Sina'nın (980-1037) *Kitab el-Şifâ'sı* (Şifa Kitabı) gibi geniş kısmı bu konuya ayrılmış felsefî risalelere dek uzanır. Müslüman doğa tarihçileri hayvan, bitki, taş ve kayaların betimsel incelenmesinin ötesinde gerek doğal dünyanın simgesel anlamı, gerekse doğal biçimlerin incelenmesinden çıkarılacak manevî ve ahlâkî dersleri de ele almışlar; bunları Allah'ın işaretleri ya da delilleri olarak yorumlamışlardır.

İbn Sina'nın (980-1037) *Kitab el-Şifâ* (Şifa Kitabı) (1027) adlı yapıtının maden cevherlerinin oluşumu ile ilgili “*El-Fenn el-Hâmis min el-Tabiiyyât*” (Beşinci Bölüm Doğa Bilimleri Üzerinedir) ve “*Fasl fî Tekevvün el-Mâdeniyyât*” (Madenlerin Oluşumu Üzerine) başlıklı bölümleri, Aristoteles'in *De mineralibus* (Mineraller Üzerine) adlı yapıtı ile benzerlik taşımaktadır. Burada bölümler halinde “Dağların Oluşumu ve Dağların Bulutların Oluşmasındaki Yararları”, “Su Kaynakları”, “Depremlerin Kaynağı”, “Minerallerin Oluşumu”, “Yeryüzü Arazilerinin Çeşitliliği” gibi konular işlenmiştir. Eserde “akışkanların taşlaşması” (“*succus lapidescens*”) öğretisini çağrıştıran anlatımlar da yer almaktadır. Bu ilkeler daha sonra Avrupa Rönesans'ında, jeolojik katmanların üst üste konumlanması yasası (“*law of superposition*”), felâket kavramı (“*catastrophism*”) ve birörneklik öğretisi (“*uniformitarianism*”) şekillerinde benimsenmiştir. İbn Sina'nın anılan eseri, 1200 yıllarında Alfred von Sareschel (13. yüzyıl ilk yarısı) tarafından *De mineralibus Aristotelis* (Aristoteles'in *De mineralibus*'u Üzerine) başlığı altında Latince'ye çevrilmiştir. İbn Sina'nın anılan incelemesinin Latince çevirisi, Batı'da *De congelatione et conglutione lapidum* başlığı altında tanınmıştır. İbn Sina'nın *Kitab el-Şifâ* adlı yapıtına göre minerallerin sınıflandırılması şöyledir: Zayıf cevherlerden çözünebilenler “*emlâh*” (tuzlar), çözünemeyen ve yağlı olanlar ise “*ke-bârit*” (kükürtler / sülfürler) olarak; güçlü cevherlerden dövülebilen ve eriyebilenler “*zâibat*” (metaller), dövülemeyenler ise

“*ahcâr*” (taşlar). İbn Sina burada bilinen altı metalin (altın, gümüş, bakır, kalay, kurşun, demir) oluşumunu da içerecek şekilde jeolojik süreçlerin bir betimini yapar ve bu altı metalin, civa ile (civa, bir metal olarak değil de bir metal bileşeni olarak düşünülüyordu) kükürtün değişen oranlarda ve değişik saflık derecelerinde birleşmesiyle oluştuğunu düşünüyordu.

Muhammed ibn İbrahim el-Vatvat (1234-1318), *Mabahig el-Fihar* (Tepeler ve Mineraller) adlı çalışmasında mineral maddeleri yedi gruba ayırmıştır. Burada vitriyol, “diğer taşların doğasını değiştiren taşlar” olarak adlandırılan grupta boraks, magnezya ve potas ile birlikte yer alır.³⁴

Sasaniler İran’da geniş yeraltı su sistemleri (“*kanât*”) kurmuşlardı. Müslüman bilimciler bu sistemin tarıma basitçe uygulanmasıyla yetinmişler, aynı zamanda gerek hidroloji gerekse jeoloji (yerbilim) ile ilgili araştırmalar da yapmışlardır ki bunların en dikkat çekici olanlarından biri, el-Kereci’nin (el-Kerhî’nin) (953-1029) *İnbât el-Miyâh el-Kâfiya* (Yeraltı Sularının Yüzeyle Çıkarılması) adlı yapıtıdır.

Mineraloji konusunda ilk kitap yazan İslâm düşünürlerinin başında el-Kindî (“*Alkindus*”) (803-873) gelir. El-Kindî’nin 9. yüzyılda kaleme aldığı *Risâle fî Envâ el-Cevâhir el-Semîne ve Gayrihâ* (Değerli Taşlar ve Diğer Taş Türleri Üzerine Kitapçık) ve *Risâle fî Envâ el-Hicâre ve’l-Cevâhir* (Çeşitli Taşlar ve Değerli Taşların Türleri Üzerine Kitapçık) adlı yapıtları ünlüdür. Daha sonra el-Câhiz’in *Kitab el-Tebassur bi’l-Ticâre* (Ticaret Üzerine Düşünceler) adlı yapıtında madenler, değerli taşlar ve güzel kokular gibi değerli ticarî mallar konusuna yer verilmiştir. Nasr ibn Yâkub el-Dineverî’nin (ölm. 1020) *Hukka el-Cevâhir fî el-Mefâhir* (Övünülecek Cevherler Kutusu) adlı eseri, olasılıkla değerli taşlarla ilgilidir. Hekim Ahmed ibn İbrahim ibn el-Cezzar’ın (ölm. ~1004) *Kitab el-İtimad fî’l-Edviye el-Müfreda* (Basit İlaçlara Güven Üzerine Kitap) adlı eserinin dördüncü bölümü minerallere ve mineral eczalara ayrılmış olup Salerno’da

Constantinus Africanus (Afrika'lı Konstantin) (1015-1067) tarafından *Liber de gradibus* başlığı altında Latince'ye çevrilmiştir. Afrika'lı Konstantin'in *De mineralibus libri V* (Mineraller Üzerine Beş Kitap) başlıklı başka bir çevirisi de bulunmaktadır.

El-Kindî ayrıca metalürji ve kılıç yapımı konusunda *Risâle fî Envâ el-Suyûf el-Hadîd* (Demir Kılıç Türleri Üzerine Kitapçık) adlı önemli bir risale de kaleme almıştır. Ama bu konuda en göz alıcı yapıtlar İbn Sina ile el-Bîrûnî'ye aittir.

El-Bîrûnî değerli ve yarı-değerli taşlarla madenler konusunda en değerli Müslüman yapıtı olan *Kitab el-Cemâhir fî Mârifet el-Cevâhir* (Değerli Taşlara İlişkin Çeşitli ve Değişik Bilgiler Kitabı) adlı kitabını yazmıştır. 1043 yılında Gazneli hükümdarı Sultan Mevdûd'a (yön. 1041-1049) sunulan bu yapıtında el-Bîrûnî filolojik, mineralojik, fiziksel, tıbbi ve hattâ felsefî yaklaşımlarla mineralleri bütüncül bakışla incelemiş; yakut, zümrüt, safir, elmas, korindon, akik, oniks, kaya kristali, yeşim, manyetit, serpantin, firuze, mercan, inci ve cam konusunda bilgiler vermiş; ayrıca minerallerin özgül ağırlıklarının dikkatlice ölçümlemelerini yapmıştır. Bu ölçümlerde kendi geliştirdiği piknometreye benzer bir alet kullanarak sekiz farklı metal, 15 farklı taş ve altı farklı sıvının özgül ağırlıklarını, günümüzde bilinen değerlere çok yakın doğrulukta belirlemiştir. 12. yüzyılda yaşayan Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur el-Hâzinî de 1112 yılı dolayında kaleme aldığı hidrostatik terazi konulu *Kitab Mîzan el-Hikme* (Bilgelik Terazisi) adlı yapıtında sergilediği terazi örnekleriyle, çeşitli maddelerin yoğunluklarını duyarlılık olarak belirlemiştir. Ünlü bilim tarihçisi Aldo Mieli (1879-1950), el-Bîrûnî ile el-Hâzinî'nin belirlediği yoğunluk ölçümlerini çağdaş değerlerle karşılaştırmıştır (ÇİZELGE 10).

ÇİZELGE 10. Çeşitli katıların yoğunluk ölçümleri

Madde	El-Bîrûnî'ye göre	El-Hâzinî'ye göre	Çağdaş yoğunluk değeri
Altın	19,26	19,05	19,26
Demir	7,82	7,74	7,79
Bakır	8,92	8,83	8,85
Yakut	3,75	3,60	3,52
Zümrüt	2,73	2,62	2,73
Kuvars	2,53	2,58	2,58
Kalay	11,40	11,29	11,35
İnci	2,73	2,62	2,75

Böyle kitaplarda değerli taşlar konusunun sıkça ele alınması, Türkistan, Hindistan, Afganistan ve Doğu Afrika kıyıları gibi İslâm ülkelerindeki değerli taş yataklarının bolluğuna yorumlanabilir. Afganistan'daki Bedağşan bölgesinin yüksek dağlarında değerli taşlar varsa da yılanlar ve vahşi hayvanlar yüzünden kimse bunları aramaya kalkışmazdı. Yağmur yağıp da sel suları taşları sürüklerse, o zaman bu işi bilenler, çamurların arasından değerli taşları ayıklarlardı. Taşlar, madenler ve alaşımlar için günümüzde kullandığımız kimi adlar, Arapça ve Farsça'dan gelmiştir. Örneğin "*bezoar*" (panzehirtaşı; Farsça "*pâd-zahr*"; geniş getiren hayvanların mide ve bağırsaklarında oluşan ve zehirlere karşı koruyucu olarak kullanılan değerli bir taş); "*borax*" (Fars. "*bûrah*", boraks, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ tuzu), "*cinnabar*" (Fars. "*zanjifrah*", Ar. "*zincefr*", zincifre, civa sülfür, HgS), "*gypsum*" (Ar. "*cibs*"; Yun. "*gypsos*", alçıtaşı), "*marcasite*" [Ar. "*mârkaşitâ*": "çakmaktaşı"; Lat. "*marchasita*", markasit, akpirit, beyaz demir piriti, demir(II)-disülfür, FeS_2], "*natron*" (Ar. "*natrûn*"; Yun. "*nitron*", soda, sodyum karbonat tuzu), "*realgar*" (Ar. "*rehc el-gâr*": "mağara tozu", kırmızı zırnık, arsenik monosülfür), "*talç*" (Ar. / Fars. "*talk*", talk, pudra), "*tartar*" (Ar. "*durdi*" / Fars. "*durd*": şarap tortusu, tartarat tuzu), "*zircon*" (< Fars. "*zargun*": "altın rengi"; zirkon) vb.

Ibn Sina göktaşlarından çıkan demiri Yemenlilerin keskin kılıç yapımında kullandıklarını belirtmektedir. Göktaşları, henüz çelik yapım teknolojisinin yaygın olmadığı dönemlerde, uygun oranda nikel içeriği nedeniyle de çeliğe en yakın olan doğal demir kaynağı niteliğindedir. Ibn Sina, taşların oluşumu sırasında saf toprağın, havanın kuru olduğu bölgelerde taşla dönüşümeyerek toz halinde kaldığını; taşların daha çok, balçığın sertleşmesi ve suyun içindeki maddelerin çökmesiyle oluştuğunu belirtmektedir. Böyle taş oluşturacak balçıkların mutlaka bir ağırlılığının olması gerektiğini, yoksa toz haline dönüşeceğini eklemektedir. Ibn Sina, yumuşak kayaların rüzgâr etkisiyle ufalanmalarını, dağ oluşumunun rastlantısal bir nedeni olarak ele almış ve iyi bir açıklama yapmıştı. Derin vâdiler açıldıktan sonra kalan sert kayalar, sonunda dağ haline gelecek yükseltiler olarak ortaya çıkardı. İşin ilgi çekici yanı, Ibn Sina'nın, dağ oluşumunda yer sarsıntılarının rolünü de hesaba katmış olmasıdır. Ibn Sina'ya göre dağlar iki nedenle oluşabilir. Bir deprem sırasında yerin iç kısmında oluşan gazların yeryüzünün bir yanını kabartmasıyla oluşabileceği gibi, yerka-buğunun sıkışıp yükselmesi ya da yol arayan suların bir vâdinin topraklarını alıp götürmesiyle de dağlar oluşabilir. Ibn Sina'ya göre toprak tabakalarının çeşitli özellikleri vardır; kimi-leri yumuşak kimileri serttir; yağmur ve rüzgâr yumuşak toprakları çözer, alıp götürür; diğerlerine ise bir şey olmaz. Kuşkusuz bütün bunların gerçekleşmesi için çok uzun bir süreye gerek vardır. Ibn Sina'nın fosillerin oluşumuna ilişkin görüşleri ise şöyledir: *"...Eğer hayvan ve bitkilerin taşlaşması doğru ise, bu olayın nedeni, kimi taşlık bölgelerde bulunan ya da deprem ve çökelmelerle oluşan, maden ve taş yapıcı büyük bir kuvvettir... Bir zamanlar denizin altında kalan kısımların çeşitli etkililerle yavaş yavaş su yüzüne çıkararak katılaşması olasılığı kuvvetlidir... Yeryüzünün bir zamanlar denizlerle kaplı olmasından dolayıdır ki, birçok taşta, kırılınca görülen kabuklar, yani su hayvanları bulunuyor..."*. Bu açıklamalar, Ibn Sina'nın, "jeolojinin babası" olarak nitelendirilmesine yetecek özgünlük ve içeriktedir.

İhvan el-Safâ'nın (10./11. yüzyıl) *El-Resâil*'i (Risâleler) (1047-1048), fosilleri, çok eski çağlarda deniz olup şimdi kara parçası olan yerlerde taş haline gelmiş deniz hayvanlarının kalıntıları olarak nitelemekteydi. İbn Sina ise Amu Derya Irmağı boyunca çamurun zamanla sertleşip taşlaşmasıyla ilgili olarak yürüttüğü gözlemler sonucunda tortul kayaların oluşumunu doğru biçimde açıklamıştır.

İbn Sina'nın yapıtlarını inceleyerek kaynak edinen Albertus Magnus (1193-1280) bile fosiller konusunda İbn Sina kadar açık bilgi verememiştir.

El-Bîrûnî ise Hindistan'daki Ganj ovasının bir tortul tabaka olduğunu gözlemiştir. Yapıtı *Kitab Tahkik mâ li'l-Hind*'de (Hindistan Tarihi) şunları yazmıştır: "Hindistan'ın toprağına kendi gözlerinizle bakarsanız; toprağı derince kazdığınızda iri toparlak taşlar, dağların eteğinde ve ırmakların şiddetle aktığı yerlerde kocaman taşlar, dağlardan uzakta olan ve ırmakların daha yavaş aktığı yerlerde daha küçük hacimli taşlar, ırmakların ağızlarına ve denize doğru durgunlaşmaya başladığı yerlerde kum haline gelmiş taşlarla karşılaşsınız; işte bütün bunlar üzerinde düşünüp değerlendirme yaparsanız, Hindistan'ın bir zamanlar ırmakların sürüklediği alüvyonlarla yavaş yavaş dolmuş bir deniz olduğu sonucuna varmanız zor olmayacaktır".

Kayalardaki jeolojik kayıtların önemiyle ilgili olarak el-Bîrûnî şöyle yazar: "Bizim, kayalardaki kayıtlara ve geçmişten kalan izlere, çok uzun zaman önce ve bilinmeyen sıcak ve soğuk koşullarda oluşmuş olan bu değişiklikleri saptamak üzere başvurmamız gerekir".

Kitab el-Cemahir fî-Mârifet el-Cevahir adlı kitabında el-Bîrûnî, cisimlerin -özellikle değerli taşların- bugün bilinen doğru değerlerine çok yakın olarak özgül ağırlıklarının belirlenmesinin yolunu ve hesaplarını vermektedir. Bu amaçla kullandığı, güğüme benzeyen ve "konik alet" adını verdiği alet, bugün bizim de kullandığımız piknometreden başka bir şey değildir.

Kozmograf el-Kazvinî, genel olarak mineral yataklarının özelliklerinden söz etmiştir. Buna göre toprak, minerallere, bitkilere ve hayvanlara etki etmektedir. Minerallerden alun, yalnızca kumlu çöllerde ve yumuşak dağlarda; gümüş, bakır, kurşun ve demir, kayaçların içinde ve yumuşak toprakla karışık halde; kükürt, yalnızca nemli topraklarda; civa, sulu topraklarda; tuz çeşitleri, yalnızca tuzlu topraklarda; şap ve vitriyol (sülfat tuzu) türleri, sıkışık topraklarda; zift (karasakız) ve nafta, yalnızca yağlı topraklarda oluşur. Yine el-Kazvinî'nin belirttiğine göre, kimilerine göre mineral renklerinin çeşitliliği, maden ocağı ısısının düşük ya da yüksek olmasının bir sonucudur; kimilerine göre de bu renkler, çeşitli yıldızların ışımalarının etkisiyle oluşmaktadır. Buna göre de siyah renk, Saturn'den; yeşil, Jüpiter'den; kırmızı, Mars'tan; sarı, Güneş'ten; mavi, Venüs'ten; karışık (alaca) renk, Merkür'den; beyaz renk ise Ay'dan kaynaklanır.³⁵

Aynı zamanda tüccar olan Ebu'l Abbas Ahmed bin Yusuf el-Tifâşî (1184-1253), 1242 yılında değerli taşlar üzerine kaleme aldığı *Kitab Ezhâr el-Eşkâr ft Cevâhir el-Ahcâr* (Değerli Taşların Bilgi Çiçekleri) adlı ilginç eseri Batı'da büyük ilgi toplamıştır. Bu eser 1818'de İtalyan doğubilimci Antonio Raineri Biscia (1780-1839) tarafından *Fior pensieri sulle pietre preziose di Ahmed Teifascite* başlığı altında İtalyanca'ya çevrilmiştir. Eserde, Batı'da bile örneği görülme-yen biçimde, değerli taşların gizli-bilim bağlamındaki büyüs-el özelliklerinin yanı sıra onların Orta Doğu pazarlarındaki fiyatları da yer alır. Buna göre en değerlisinden itibaren sıralama yakut, zümrüt, elmas, topaz, spinel (lâl taşı), safir, zargun ["altın rengi" → zirkon (zirkonyum silikat, $ZrSiO_4$ minerali)], sarı korund, beril, turkuvaz ve almandin grenası (almandin garnet) şeklindedir.

Arap simyacıları metallerin kükürt ile civanın karışmasından oluştuğunu kabul etmişler ve altın ve gümüş için renk maddesinin, böyle bir bileşimden kaynaklandığını söylemişlerdir. Buna göre yedi metalin temel ilkesi (kökeni) civadır. Civa,

atmosfer suyundan oluşur ve kükürt içeren ocaklara nüfuz eder. Bu sırada mineral ve suyun özellikleri arasında bir özelliğe sahip olan bir madde oluşur ki, bu civadır. Bu madde, metaller için ilksel (kökensel) madde, hayvanlar ve bitkiler içinse tohumdur. El-Dimeşkî'ye göre kükürt, civanın oluşumunda başlangıç noktasını oluşturur. Maden ocağında toplanan su ısınacak olursa, onun soğukluğu buhar haline dönüşür ve yüze ye çıkarak birleşen kısımlar ağdalaşır ve sıcak ve kuru bir taş oluşturur. Bu taş, ateş karşısında çözünür ve sıvı hale geçer. Yine el-Dimeşkî'ye göre kükürt ve civa, eriyebilen ve çekiçle dövülebilen tüm metallerin kökenidir. Onların farklılığı, içindeki kükürdün az ya da çok olmasından ve ocakta kükürtle karışık halde bulunan tuzlu, acı, ekşi ve topraksı tattaki diğer şeylerden ve pişme sırasındaki artma ve azalmadan kaynaklanır. İbn Vahşiyye (10. yüzyıl) takma adıyla bilinen simyacı ve teolog Ahmed ibn Ebubekir'e göre mağaralarda ve yerin derinliklerinde yoğunlaşmış sıvılar, toprağın pis kokulu buharlarıyla birleşir; civa tüm metallerin ilkesi ve anası olup özellik bakımından dişilik ve edilgenlik gösterirken, kükürt tüm metallerin babasıdır ve kuruluk, erillik ve etkenlik özelliklerine sahiptir.³⁵

Kimi İslâm yazarları da mineraloji konusunu simya ile bağlantılı olarak ele almışlardır. El-Bîrûnî ile aynı dönemde, Magrip'te Mesleme el-Mecritî (ölm. 1008) *Ravzat el-Hadâik ve Riyâd el-Hakâik* (Bahçeler Bahçesi ve Gerçekler Çayırı) adlı yapıtının büyük bir bölümünü minerallere ayırmıştır.

Ebu'l-Fazl el-Nakûrî'nin (1551-1602) *Âyin-i Ekberî* (Ekber'in Yolu) adlı eserine göre civa, yedi temel metal arasında yer almaz. Ona göre yedi metal altın, gümüş, bakır, kurşun, kalay, demir ve "khâr sînî" olup sonuncusu bir alaşımdır. Bu eserdeki değerlendirmeler Aristotelesçi dört element kuramına göre şekillenmiştir. Isınan su yükselir ve hava ile karışarak buhar oluşturur; topraksı öğelerle karışık hava ise duman oluşur. Bunlardan, karışma oranlarına ve dış etkilere bağlı olarak civa, kükürt, arsenik ve nafta (neft, ham petrol) oluşur.³⁵

İran'da Sicz, Horasan ve İstahr bölgelerinde civa yatakları vardır. Sicilya'da yaşamış ve Endülüs'te araştırmalar yapmış olan ünlü coğrafyacı el-İdrisî (1099-1166), İspanya'daki civa madenleri konusunda şu kesin bilgileri verir: “*Abâl Kalesi'nin yakınında civa madenleri vardır ve oradan civa ve zıncıfre (civa sülfür) elde edilip dünyanın her tarafına sevk edilir. Burada 1000'den fazla işçi çalışır. Bir kısmı kırık taş parçalarını madenden dışarı çıkarır; bir kısmı minerali kavurmada kullanılacak odunları taşır; bir kısmı, içinde cevheri eriteceği ve civayı süblimleştireceği kapları hazırlar; bir kısmı fırın ve yakma işleriyle ilgilendir. Ocağın derinliği 250 arşındır*”. İspanya'daki civa oluşumlarından, doğal olarak kozmograf ve coğrafyacılar (örneğin el-Mekkârî) çokça söz etmişlerdir. Tarihçi el-Mekkârî'ye (1584-1632) göre, İspanya'daki civa yataklarından biri Kordoba bölgesinde, bir diğeri Burânus Dağı'nda (Mons Marianus / Sierra Morena) bulunmakta, oradan dört bir yana civa sevk edilmektedir. El-İdrisî'ye göre ise Abâl Kalesi, Kordoba'nın 100 km kadar kuzeyinde bulunmaktadır. Burada, İspanyolca'ya geçmiş bir terimle, ünlü “*Almadén*” civa yatakları söz konusudur. Diğer maden ocaklarından ayırt etmek için buranın adı İspanyolca “*Almadén de Azogue*”tur (İsp. “*azogue*”; Ar. “*zıbak*”: civa).³⁵

Endülüslü büyük sûfi Muhiddin ibn Arabî (1165-1240) bile *Tedbirât el-İlâhiyye fî-İslâh Memleket el-İnsâniyye* (İnsan Ülkesinin Düzeltilmesi Konusunda İllâhî Önlemler) adlı yapıtında taşların içrek niteliklerini bir bölümde anlatmıştır.

12. ve 13. yüzyılda Ebu'l-Abbâs Ahmed ibn Yusuf el-Tifâşî (1184-1253), Nâsireddin el-Tûsî (1201-1274), Ebu'l-Kâsım el-Kâşânî (13./14. yüzyıl) ve Dâvud el-Antâkî (1541-1599) gibi yazarlar yazılarında mineraloji konularını işlemişlerdir. El-Tûsî'nin *Tansuknâme-i İlhanî* (İlhanlı Mineraloji Özet Kitabı), el-Kâşânî'nin ise *Arâis el-Cevâhir ve Nefâis el-Atâyib* (Değerli Taşların Gelinleri ve Zarif Şeylerin Özleri) (1301) adlı yapıtları aynı zamanda çiniden duvar panosu teknolojisi konusunda önemli bölümleri de içerir.¹⁰⁸ El-Tifâşî'nin *Ezhâr el-Eşkâr fî Ce-*

vâhir el-Ahcâr (Değerli Taşların Bilgi Çiçekleri) adlı 15 bölüm-lük yapıtında değerli taşlar, onların kökeni, coğrafyası, ince-lenmesi, saflığı, fiyatı, tıbbi ve büyü amaçlı kullanımı gibi ko-nularda ayrıntılı bilgiler verilmiştir.⁴⁰ Bu eser 1868'de J. J. Clément Mullet tarafından aynı anlamdaki *La Fleur des pensée-s sur les pierres précieuses* başlığı altında Fransızca'ya çevril-miştir. İran'lı Muhammed bin Mansur el-Destekî'nin (14. yüz-yıl) *Cevâhirmâme* adlı eseri ise ünlü doğubilimci Joseph Frei-herr von Hammer-Purgstall (1774-1856) tarafından 1818'de Almanca'ya çevrilmiştir.

Eski Hint metinlerinde dünyanın ilk incisi, Hindu tanrısı Krishna'nın keşfettiği sık sık dile getirilir. Eski Mısır'ın ünlü Kraliçesi VII. Kleopatra (yön. İÖ 51-30) ile Roma İmparatoru Marcus Antonius (İÖ 83-30), birbirlerine en pahalı hangi yiye-ceği sunabilecekleri konusunda bahse girerler. Kleopatra, bir kâse içinde sirkeden başka bir şey ikram etmeyince Antonius buna çok hayret eder ve bahsi kazanacağını düşünerek sevinir. Bunun üzerine Kleopatra, binlerce altın değerinde olduğu söy-lenen son derece pahalı inci küpelerinden birini kâse içine ata-rak çözer ve bahsi kazanır. İslâm kültüründe inci ay ise, elmas güneşti; elmas "kralların mücevheri" iken inci "kraliçelerin mücevheri" idi. İnci Araplarda da çok değerli idi. Kur'an'da in-cinin, cennetin en büyük hazinelerinden biri olduğu belirtilir. Erken dönemlerden beri taklidi yapılan değerli taşlar arasında inci de yer almaktaydı. İnci taklit reçetelerinden biri, toz hali-ne getirilmiş bir tür alçıtaşı olan alabaster ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ba-lık pulları ile birlikte balmumunda eritilip inek sütüyle yoğru-lur, yumurta akı ve çam sakızında çözülür, biçimlendirilip ku-rutulur ve bir bezle ovularak parlatılırdı. Deniz altından inci ve mercan toplama, Doğu dünyasında önemli bir uğraş idi ve İran Körfezi'nden toplanan inciler çok değerli idi. El-Bîrûnî, *Kitab el-Cemâhir fî Mârifet el-Cevâhir* adlı eserinde dalma işleminin ayrıntılarını vermiş ve yeni bir tip dalma donanımından söz et-miştir. Buna göre, deriden sandık şeklindeki bu donanım, gö-

güs üzerine bağlanıyor ve dalan kişi, onun içindeki havayı soluyordu. İçi hava ile dolu olduğundan, bu donanımın suya batması için yeterince ağır olması gerekmekteydi. Daha uygun bir düzenlemede, bu donanımın yukarı ucuna, dalma derinliğine eşit uzunlukta, balmumu ve bitümle sıvanmış, gömlek koluna benzer, deriden yapılmış bir boru bağlanmaktaydı. Borunun üst ucu, büyük bir kabın altındaki bir deliğe uygun şekilde bağlanmış olup büyük kabın su üzerinde yüzmeye için de ona bir ya da birkaç tane, hava ile şişirilmiş tulum ya da su geçirmez torba bağlı bulunmaktaydı. Bu düzenekte dalgıç, boru aracılığıyla rahatça soluk alabilmekte ve uzun süre (hattâ günlerce) su altında kalabilmekte imiş.³⁷ Leonardo da Vinci (1452-1519) de, bir Hintli inci avcısının giysisini, soluk alma hortumu ve yırtıcı balıklara karşı korunmak için sivri uçlu bir dürteç ile birlikte çizerek vermiştir.

Gerçek inci Basra Körfezi'ndeki inci avcıları tarafından toplanıyor ve çok para ediyordu. Piyasada, Venedik'li camcılar tarafından camdan yapılan sahtesi de vardı. İnci sütte katılıp içilerek ülser tedavisinde kullanılır ve "manna" (dişbudak ağacı özü, kudret helvası) ile tatlandırılmış su içindeki 0,4 gramlık dozu vebayı defederdi. Yanmış inci tozu suyla karıştırılıp içildiğinde kanamaları durdurur; dumanı solunursa baş ağrısını geçirirdi. İnci yağının, sinirleri güçlendirdiğine inanılırdı. İçinde bir inci bulunduran istiridye kabuğu, etkilenmiş alana uygulandığında cüzam ve diğer cilt hastalıklarını iyileştirirdi. Bu taşın, hazımsızlığı kolaylaştırmada, basuru tedavi etmede ve zehiri etkisizleştirmede yararlı olduğu düşünülürdü. Çocuk emziren kadınlar kendi sütlerini sağlıklı ve bol kılmak amacıyla incili karışımlar kullanırlardı. İnci tozu, ayrıca temel bir tuvalet malzemesi olarak yüz ve diş temizliğinde de kullanılırdı. İnci, dürüstlüğün bir simgesi ise de, güçlü bir afrodizyak olduğu düşünülmekteydi ve yalnızca 0,03 gram kadar dozu bile iktidarsızlığı giderebilmekteydi. Hintliler bu taşı, uygun bir düğün armağanı sayarlar; kusursuz ("bâkire") bir incinin tören-

sel delinmesi (“bekâretin bozulması”), sıklıkla evlenmenin dinsel töreninin önemli bir bölümünü oluştururdu. Bu taşın çoğu iyi özelliklerine karşın sınırlamaları da vardı ve hattâ kimi yerde onu kullanmak riskli sayılmıştı. Buna göre kusurlu incilerin, gözden düşmek ve belâya uğramaktan cinnete, cûzama ve ölüme dek uzanan her türden sıkıntılara yol açtığına inanılırdı.

Sarkıt, dikit, traverten gibi doğal kalsiyum karbonat oluşumları, tarihin çeşitli dönemlerinde ve çeşitli coğrafyalarda şifa kaynağı ve şifa aracı olarak kullanılmışlardır. Bu oluşumlar, yeryüzünden çıkan ya da sızan sıcak kaynak suyunda çözünmüş kalsiyum bikarbonatın, yüzeyde karbon dioksit gazı salarak suda çözünmez kalsiyum karbonat (kireçtaşı) haline dönüşmesiyle meydana gelmektedirler.

Asya incisinin Avrupa'daki karşılığı, ejderhanın kafasında bulunduğu söylenen mücevher olan “drakonit”tir ve Yaşlı Plinius ondan “*dracontias*” diye söz etmiştir. İtalya'daki Locarno Doğa Tarihi Müzesi'nde uçan bir ejderhadan yere düştüğü söylenen bir renkli taş örneği bulunmaktadır. Drakonitin şifalı özelliklere sahip olduğu, kanamaları geçirdiği ve vebayı iyileştirdiği söylenmektedir.¹⁰⁹

Rennes Piskoposu Marbodus (~1035-1123), *De lapidibus* (Değerli Taşlar Üzerine) adlı eserinde elmasın büyük bir gize sahip büyümlü bir taş olduğunu ve gece hayaletlerini defetmede kullanıldığını söyler. Buna yönelik olarak elmas, altın kılıf içine konarak sol kol üzerinde taşınmalıdır. Bingen'li Azize Hildegard (1098-1179) da elmasın bu yüce özelliğini tanır ve şeytanın, bu taşın en büyük düşmanı olduğunu söyler. Hildegard, Hristiyanlığın şeytana taktığı keçi boynuzlarını bir masala bağlar ve bunda elmasa iyi özellikler yükler. Hildegard, *Liber divinorum operum simplicis hominis* (Tanrısal Yaratılar Kitabı) (1174) adlı kitabında, ağza bir elmas parçası atıp emmenin, öfke ve kıskançlığı giderdiğini ileri sürer. Hildegard'a göre, tıpkı

ametist gibi elmas da örümcek ve yılan zehirine karşı, sara ve uyurgezerlik illetlerine karşı etkilidir; haneyi hırsızdan korur, elması üzerinde taşıyana konuşmada yeteneklilik, akıl ve bilgelik bahşeder.¹¹⁰ Daha sonraları denizci ve coğrafya kâşifi yazar Pierre Sidrac (1675-1736), sağlıklı çocuk doğurmak isteyen kadınların rahimlerine elmas koymalarının yararlarını anlatır ve rahimdeki elmas parçasının, erkeğin spermini içerde tutarak kesin döllenmeyi sağladığını belirtir. Zehirin varlığında elmasın terlediğine inanıldığından, zehir saptanmasında kullanılırdı. Bu taş, sıklıkla, zehiri defetmek üzere taşınmakla birlikte yutulacak olursa ölümcül olduğuna da inanılırdı. Elmasın başkaca kullanım amaçları kemiklere sağlamlık vermek, şehvete düşkünlüğü frenlemek, cinleri kovmak ve doğum sırasında anne ve çocuğu korumak idi. Sol kolda taşınırsa yaban hayvanlarına, zehirlere ve kötü ruhlara karşı muska işlevi görürdü.

Elmas (“*el-mâs*”), aydınlık ile özdeşleştirilmiştir ve kimi zaman onun kökeninin, yıldırım olduğu söylenir. Onu taşıyan kişi günah işlerse, iyi cins bir elmasın güzelliğini yitireceğine inanılır. Hindular kan renginde olan ya da kırmızı lekeleri bulunan elmasın, sahibine derhal ölüm getireceğine inanırlar. Araplar, İranlılar ve çağdaş Mısırlılar, elmasın iyi talih getireceğine inanırlar. Kimi simyacılar elmasın, taşıyanını görünmez kılacağını söylerler.

Zekeriya el-Kazvini (1202-1283) *Acâib el-Mahlûkât ve Garâib el-Mevcudât* (Tuhaf Yaratıklar ve Garip Varlıklar) adlı eserinde “Elmas Vadisi” üzerine harika bir öykü aktarır. Bu öykünün kaynaklarından biri Aristoteles’in *De mineralibus* adlı eseri olup bir diğer kaynak ise el-Tifâşî’nin ünlü eseridir. Öyküye göre Büyük İskender, Doğu’daki seferi sırasında elmasın üretildiği bölgeye gelir. Burası, Hint ülkesiyle bağlantılı olan bir vadedir. Vadiye tepeden bakıldığında dibi görünmemekte ve dip-te tehlikeli yılanlar bulunmaktadır. İskender bir demir ayna

getirilmesini emrederek yılanların bulunduğu yere yerleştirir. Yılanlar aynaya yaklaşınca aynaya düşen kendi görüntülerini gören yılanlar ölürler. Bunun üzerine İskender elmasları vadi-den dışarı çıkarmak ister. Ancak kimse aşağıya inip bunu yapmaya yanaşmaz. Bunun üzerine İskender, bilgelere danışır. Onlar, aşağıya bir et parçası atmasını söylerler. Öyle yapar. Aşağıdaki elmaslar ete yapışır, yukarıdan uçarak aşağıya inen kuşlar o eti alarak vadiden yukarı çıkarırlar. Askerlere, kuşların peşine düşmeleri emredilir, onlar da etten elmasları toplar. Başka bir yazar, elmas madeninin Serendib (Seylan Adası, bugünkü Sri Lanka) dağlarındaki, içinde ölümcül yılanların bulunduğu derin bir vadide yer aldığını söyler. Buna göre aşağıya bir ipe bağlı et parçası atılır ve yukarı çekilir, ancak ete yapışan elmaslar mercimek ya da bezelye kadar ufaktır. El-Tıfâşî'nin anlatımında ise Denizci Sindbad'ın gezilerinden birinde Seylan Adası'ndaki Âdem Tepesi'nden akan sularla aşağıya en güzel korund / korundum taşları sürüklenir. Çok sayıda kartal bu dağın tepesine yuva yapmıştır. Değerli taş toplayıcıları aşağıdaki vadiye büyük et parçaları atarlar. Kartallar bunları alıp yuvalarına taşırlar. Ete gevşekçe yapışan korund parçaları dağın yamacından aşağıya doğru yuvarlanır, oradan toplanırlar.

1728 yılında Brezilya'da keşfine dek elmas, Antikçağ'dan beri Hindistan'da üretilmiştir. Tarihteki ünlü elmaslar arasında "Derya-i Nûr" ("Işık Denizi"), Hindistan'ın Andra Pradeş eyaletindeki Golkonda elmas madeninde bulunan mavimsi ender bir elmas olup 182 karat (36,4 g) ağırlığında idi ve son büyük Babürlü / Hint-Moğol Hükümdarı Muhyiddin Evrengzib'e (yön. 1658-1707) aitti. Burada geçen "karat", mücevhercilikte ağırlık birimi olup 1 karat 0,189 grama denktir. Babürlülerden sonra önce İran şahlarının tacını süslemiş, daha sonra Kaçar Hanedanı'nın malı olmuş, 1926'da Pehlevi Hanedanı'ndan Muhammed Rıza Şah (yön. 1925-1941), 1967'de ise onun oğlu Muhammed Rıza Şah Pehlevî'nin (yön. 1941-1979) taç giyme törenlerinde sergilenmiştir. Günümüzde Tahran'daki Merkez

Bankası'nda sergilenmektedir. Bir zamanlar dünyanın en büyük elması olan ve Hindistan'da Golkonda'da 1304 yılında bulunan ünlü "*Kuh-i Nûr*" (İng. "*Koh-i Noor*", "Işık Dağı") da ilk başta, 1526'da Babürlü Devleti'nin kurucusu Zahireddin Muhammed Babür Şah'ın (yön. 1494-1530) eline geçti. Daha sonra onu izleyen Babürlü hükümdarlara, en sonunda Evrengzib'e geçmişti. Her iki elmas da 1739'da Delhi kentini yağmalayan İran Şahı Nadir Şah Afşar'ın (yön. 1736-1747) eline geçti. Nadir Şah'ın idamından sonra birkaç el değişti. 1830'larda Afgan Şahı Şah Şüca, kendisinin Afgan tahtına getirilmesine Hollanda Doğu Hint Adaları Şirketi'nin izin vermesini sağlamaya yardımcı olması için "*Kuh-i Nûr*"u, Lahor'da Pencap'lı Sih mihracesine bıraktı. 1849'da Hindistan'daki İngiliz İmparatorluğu'na geçti. 1852'de parlaklığını artırmak üzere İngiltere Kraliçesi I. Victoria'nın (İng.: 1837-1901; Hind.: 1877-1901) eşi Consort Prensi Albert'in gözetiminde, ağırlığını yaklaşık % 42 oranında yitirecek şekilde yaklaşık 186 karattan (37,2 g) 106 karata (21,6 g) yontuldu. 1877'de "Hindistan Kraliçesi" de ilân edilen Victoria'nın tacına yerleştirildi. Bu taşın kötü talihi def edeceğine, taşıyan erkeği ölümden koruyacağına, eğer bir kadın tarafından üzerinde taşınırsa ona kötü talih getireceğine inanılırdı. Ayrıca bunu taşıyanın tüm dünyayı yöneteceğine inanılırdı.

Topkapı Sarayı Müzesi'nde sergilenen 24 karatlık (17,5 g) "Kaşıkçı Elması" da Hindistan kökenlidir. Elmas kesimi kaşığa benzer oval biçimde olduğu için bu adı aldığı söylenir. Tepedelenli Ali Paşa (1744-1822) tarafından Fransa'dan satın alınmış, sonra Osmanlı hazinesine geçmiştir. Başka bir söylenişe göre ise 1699'da Eğrikapı'da yoksul bir adam tarafından gübrelerin içinde bulunduğu, değerini bilmediği için bunu üç tahta kaşıkla takas ettiği için bu adı almıştır.

Bir dönem dünyanın en büyük ham elması olan 995 karatlık "*Excelsior*" elması, 1893'te Güney Afrika'da bulunmuştur. Ardından yine aynı yerde 1905'te, halen "dünyanın en büyük

ham elması" unvanını elinde tutan 31067 karatlık "Cullinam" elması keşfedilmiştir. Günümüzde Güney Afrika elmas madeninin ürünleri, dünyanın en büyük elmas üreticisi ve dağıtıcısı olarak 1888'de Güney Afrika'da kurulan "De Beers" şirketi tarafından pazarlanmaktadır.

Bilinen en sert mineral olan elmasa 18. yüzyıl sonlarına dek yakıştırılan ilginç bir özellik de, onun yanmayacağı düşüncesi idi. "Çağdaş kimyanın babası" diye nitelenen Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), yaptığı pahalı deneylerle elmasın saf karbon olduğunu ve geriye hiç kül bırakmaksızın yandığını kanıtlayarak bu boş inancı boşa çıkarmıştır.

Değerli taşların değeri üzerine bilgiler, el-Dimeşkî'nin genellikle mineraloji konularının ayrıntılı olarak ele alındığı kozmografya eserinde yer almaktadır. Buna göre Halife Harun el-Reşid'in (766-809; yön. 786-809), adı "dağ" anlamına gelen "El-Cebel" olan kızıl yakutu, 14½ miskal (1 miskal, ~ 4,5 gram) ağırlığında olup halife tarafından 80 000 Dinar'a satın alınmıştır. Halife el-Mütevekkil (yön. 847-861), 6 karat (~1,2 gram) ağırlığında bir kızıl yakuta sahipti ve yaklaşık 6 000 Dinar'a satın almıştı. Karat ya da kırat (Yun. "carat"), değerli taşların tartılmasında kullanılan uluslararası ağırlık birimi olup 1 karat 0,189 grama karşılık gelir ve tarihsel olarak kurutulmuş keçi boynuzu çekirdeğinin ağırlığına eşittir. 3 miskal ağırlığında olan ve bir kardeş doğmadan kabuğundan ayrıldığından "Dürret el-Yetime" (Sedefinde Tek Olan İnci) diye adlandırılmış olan bir inci, Harun el-Reşid tarafından Müslim bin Abdullah el-İrakî'den 90 bin Dinar'a alınmıştı. Ayrıca bir Hintli hükümdar tarafından Harun el-Reşid'e zümrüitten yapılma, 1 Elle (¼ metre) uzunluğunda, ucunda kızıl yakuttan bir kuş bulunan ve 600 bin Dinar değerinde olan bir âsâ armağan edilmişti.³⁵

Kızıl yakutun şu türleri vardı: 1) "Al-rummânî" (nar rengi); 2) "al-bahramânî" (safran ya da kına rengi); 3) "al-argawânî" (mor, erguvan rengi); 4) "al-lâhmî" (et rengi); 5) "al-gullanârî"

(narçiçeği rengi); 6) “*al-wardî*” (gül rengi, pembe). Diğer renkler ise sarı (oryantal topaz), gri (“*akhab*”), yeşil (oryantal zümrüt) beyaz ve siyah idi. Kırmızı türden olan “*al-bahramânî*”nin 1 miskali 5 bin Dinar; $\frac{1}{2}$ miskali 200 Dinar değerinde idi. Müslüman halkların, değerli taşlarda küçük bir renk farklılığını bile ayrı bir adla nitelemiş oldukları anlaşılmıştır. Örneğin, mor (“*purpur*”) renk için, her ikisi de purpur salyangozundan elde edilen renge karşılık gelen “*argawânî*” ve “*fırfırî*” şeklinde iki niteleme bulunmaktadır. Genelde “*al-bahramânî*”nin 1 miskali 800 Dinar, “*al-argawânî*”ninki 500 Dinar, “*al-lâhmî*” ve “*al-gullanârî*”ninki ise 100 Dinar değerindeydi.

Ortaçağ'da Hindistan'da insanların ulaşamadığı ve üzerinde akbabaların topladığı bir dağın tepesinde bulunan yakutları toplamak için ilginç bir yöntemin uygulandığı söylenir. Bunun için insanlar bir hayvan keserek onu büyük parçalara ayırırlar, bunları dağın yamaçlarına bırakırlar, bu etler akbabalar tarafından yukarıya taşındığında yakutlar bu etlere yapışır, akbabalar etleri oradan oraya taşırlarken üzerlerine yapışmış yakutlar yere düşermiş.¹¹¹

• Müslüman dünyasına Bedahşan'dan gelen lâl taşının kırmızı (“*ahmar*”), göz şeklinde (“*al-ûjân*”), zeytin şeklinde (“*zeytûnî*”) vb. şekilleri vardı. Zümrüt (< Fars. “*zümürüd*”; Alm. “*Smaragd*”, Yun. “*samaragdos*”, Lat. “*smaragdus*”, İng. “*emerald*”) ve zebercet (< Fars. “*zabargad*”) terimleri eşanlamlı olarak kullanılıyordu. Zümrüt, parlak yeşil renkte değerli bir taş olup Osmanlı dünyasında “*zübâbî*”, “*reyhanî*”, “*fıstıkî*”, “*sabunî*” gibi türleri vardı. Zebercet (topaz) ise, özünde açık sarı-yeşil renkte, saydam bir değerli taş olup Osmanlılarda rengi açık olanına “*mısrî*”, yeşile çalan sarı (fıstıkî renkte) olanına “*kıbrısı*”, kırmızıya çalan sarı renklisine ise “*hindî zebercet*” adı verilir ve sonuncusu, en değersiz olanıydı. Lâl taşı da denilen granat'ın (“*bigâdî*”) en iyisi ve yetkini, Seylan kaynaklıydı. Elmas (“*al-mâs*”), delme işlerinde ve zehir niyetiyle kullanılıyor-

du (elmasın zehirli olduğuna inanılıyordu. Firûze (turkuvaz; Fra. “turquoise”; Alm. “Türkis”), mavi (“azraq”) bir taşı; Nişabur yakınında Rîwand dağlarında Ansâr bölgesinden getiriliyordu. Üfleç / hamlaç ateşinde erimeyen bu taş, İran ve Mısır’dan getirilip Türkiye üzerinden Avrupa’ya satıldığı için bu adı almıştır. “Chutww”, olasılıkla mamut dişi olup önem veriliyordu. El-Birûnî’ye göre o, bir boğanın alnından elde edilir (Kırgız ülkesindeki Türklerin yaşadığı bölgelerde); Türklerde ve Çinlilerde değer verilir; eğer o, zehir katılmış bir yiyeceğe yaklaştınlacak olursa terler (nemlenir). Deneme ile saptandığı üzere güzel kokulu bir parfümle birlikte kullanıldığında basura karşı etkilidir. Kimine göre “Chutww”, bir diş ya da bir boynuzun ana kısmıdır. Denizgergedanı, mamut, mors balığı ya da gergedan dişi olabilir.³⁵

OSMANLILARDA JEOLJİ VE MİNERALJİ

Osmanlılarda değerli madenler konusunda az da olsa kimi özgün ve çeviri eserlere rastlanmaktadır. Mustafa bin Seydî, el-Tûsî’nin *Tansuknâme-i İlhanî* adlı Farsça eserini 1438 yılında *Cevâhirname-i Sultan Muradî* başlığı altında Türkçe’ye çevirip Sultan II. Murad’a sunmuştur. Şehzade Korkud Çelebi’ye (1470-1513) övgü ile başlayan, Yahya bin Mehmed el-Gaffârî tarafından 1511/12’de değerli taşlar üzerine *Kitab el-Yakut el-Mehâzin fî Cevahir el-Maâdin* adıyla Türkçe bir eser yazılmıştır. Dört bölüm halinde olan bu kitabın birinci bölümünde değerli taşların özelliklerinden; ikinci bölümde taşların oluşma koşullarından; üçüncü bölümde eskilerin “*filizât-ı seb’a*” (yedi filiz) dedikleri altın, gümüş, bakır, kalay, kurşun, demir ve kalay-bakır alaşımından (“*har-ı sinî*”), ayrıca da “yağmur taşı”ndan (“yada taşı” / “yad taşı” / yeşim); dördüncü bölümde ise itriyattan (misk, amber, kâfur gibi uçucu kokulu yağlar) söz edilmektedir. Eserin büyük bir kısmı, *Cevâhirnâme-i Cedid* ve *Tansuknâme-i İlhanî* adlı Farsça eserlerden alınmıştır.^{112, 113}

“Za’ifi” adıyla da tanınan Pîr Muhammed bin Evranos bin Nureddin bin Fâris (ölm. ~1557) ise *Risâle-i Cevâhirmâme* adlı bir kitapçık kaleme almıştır.

17. yüzyıl Osmanlı dünyasında Ayaş’lı Şaban Şifâî (ölm. 1705), *Şifaiyye fi’l-Tıbb* ya da *Risale-i Şifaiyye* (1674) diye anılan eserini hazırlarken, yararlandığı kaynaklar arasında Aristoteles’in Mineraloji’sinden de söz eder. O, “nilüfer taşı” hakkında şu bilgileri verir: “Nilüfer taşı, Ebu Berekat (Ebu Berekat el-Bağdadî, 1076-1166) gibi kimi yazarlara göre, derin denizlerde, dipte bulunur. Aristoteles bu taştan söz eder. İskender de bu taştan söz eder; onu bir tür tılsım olarak kullanmıştır. Kimi kişiler bu taşı boyunlarına asarlar. Bu taşın insanlara güç verdiği söylenir”.¹¹⁴

Başhoca İshak Efendi’nin (1748-1836) *Mecmua-i Ulûm-i Riyaziye* (Matematiksel Bilimler Derlemesi) (1831-1834) adlı eserinin dördüncü cildinde “İlm-i Hikmet-i Tabiiye-i Mahsusadan Mevcudat-ı Arziye’nin Ahval-i Muhtasaraları” (Doğa Bilimi Özelliklerinden Yeryüzündeki Varlıkların Hallerinin Özetleri) başlıklı bölümünde yeryüzünde doğal halde bulunan cisimler (“*ecsam-ı arziye-i tabiiye*”), bitkiler, hayvanlar ve madenler konulu kısa bir bölüm yer almaktadır. “Mâdeniyat” alt bölümünde tuzlar (“*emliha*”), taşlar (“*ahcâr*”), değerli taşlar (“*cevâhir*”), altın, platin, kurşun, demir vb. madenler anlatılmakta ve özellikleri açıklanmaktadır. “Âlem-i Kevn-ü Fezada Vâki Alâim ve Âsar” (Yeryüzünün ve Uzayın Oluşumundan İzler ve Eserler) başlıklı alt bölümde ise sıcak maden suları, içerdiği tuzlar, yarıdağ ve depremler, somut örneklerle ele alınmaktadır.⁶⁵ Osmanlı’da jeolojiden söz eden ilk kitap, Encümen-i Daniş üyelerinden Rusçuk’lu Seyid Ali Fethi Efendi’nin (ölm. 1857 / 1858) *Kürre-i Arzın Evvel ve Ahirinden ve Bilcümle Mevadd-ı Dahiliye ve Hariciyesinden Bahs ü Beyan Eden İlm-i Tabakat el-Arz* (1853) adlı eseridir. Bu eser, bir Fransızca eserin Arapça tercümesinin Türkçeleştirilmişidir. Ek olarak jeolojik çağ dönemlerinin renkli bir levhası da yer almaktadır.¹¹⁵

Yangından çok zarar gören ve bilimsel değerini büyük oranda yitiren Mekteb-i Tıbbiye'nin "Tarih-i Tabii Müzesi"ni tekrar yararlanılabilir bir duruma getirmek için 1870 yılında okul müdürlüğü, jeoloji ve zooloji öğretim üyesi olan Miralay (Albay) Dr. Abdullah Bey'i (1799-1874) görevlendirmiştir. Asıl adı Carl Edward Hammerschmidt olan ve Macar mültecisi olduğundan ülkemizde daha çok "Macarlı Abdullah Bey" diye tanınan Dr. Abdullah Bey, Viyana'da doğmuş olup ülkedeki karışıklıklar nedeniyle Macaristan'a, oradan da İstanbul'a gelmiş, Müslümanlığı kabul ederek Osmanlı ordusunda asker hekim olarak çalışmış, sonra da Mekteb-i Tıbbiye'de öğretim üyesi olmuştur. Burada "*İlm-i Arz ve Maadin*" (Yer Bilimi ve Madenler Bilimi) derslerini veren Dr. Abdullah Bey, ülkemizde yer bilimi ve böcek bilimi (entomoloji) dallarının kurucusudur. Boğaziçi, İstanbul civarı ve Uludağ (Bursa) bölgesi fosilleri, madenleri, böcekleri ve bitkileri üzerindeki araştırmaları ile uluslararası bir üne sahip olmuştur. Toplamış olduğu 1200 parçalık büyük bir taş ve fosil koleksiyonunu 1867 Paris Uluslararası Sergisi'ne götürmüş, bunları Paris'in ünlü Doğa Tarihi Müzesi'ne armağan etmiş ve altın madalya kazanmıştır. Dr. Abdullah Bey'in, daha sonra benzer fosil örneklerinden Madrid ve Viyana'daki (belki ayrıca Rusya'daki ve İtalya'daki) doğa tarihi müzelerine de armağan ettiği ve madalya ile ödüllendirildiği anlaşılmıştır. Ana dili Almanca'nın yanı sıra iyi derecede Fransızca da bilen Dr. Abdullah Bey, 1870 yılında yeni bir tabiat tarihi müzesi kurma görevini üstlenince, müzeye yeni örnekler ve kitaplar sağlamak amacıyla Viyana'ya gitmiş, dost ve meslektaşlarından hibe olarak sağladığı kitap ve örnekleri toplayarak 1000 okka (~1400 kg) ağırlığında 27 sandık halinde Viyana'dan İstanbul'a getirmiştir. Kendisine ait fosil, maden, taş ve böcek örneklerini de müzeye armağan ederek ikinci kez "Mekteb-i Tıbbiye Tabiat Tarihi Müzesi"ni ("*Musée d'Histoire Naturelle de l'École Impériale de Médecine de Constantinople*") kurmayı başarmıştır. Haziran 1871 tarihinde yapılan

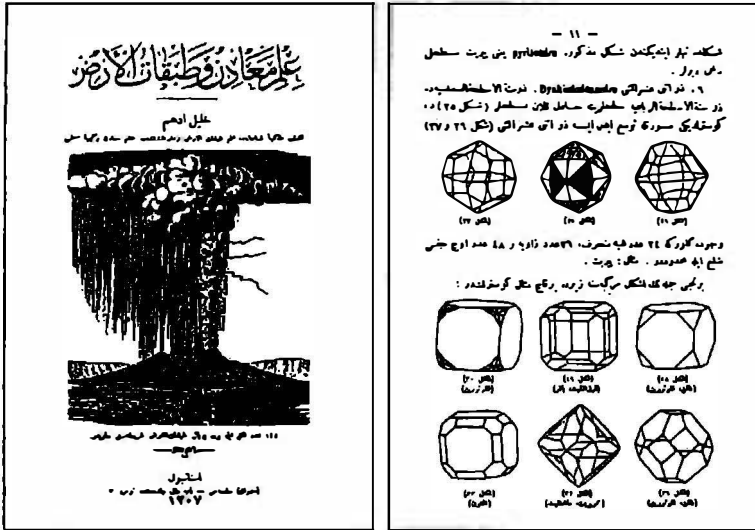
sayıma göre bu yeni müzede 2 725 bitki, 11 891 mineraloji, 5 300 entomoloji örneği ve 249 kitap bulunuyordu. Ancak, Mekteb-i Tıbbiye'nin Haydarpaşa'daki yeni binasına taşınması sırasında, 1909 yılında kurulan İstanbul Darülfünunu Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü'ne devredilmiş ve ne yazık ki 28 Ağustos 1918 tarihindeki yangın sonucu tamamen yok olmuştur.^{112, 116}

Türkiye'nin ilk maden mühendisi olan İbrahim Edhem Paşa (1818-1893) Fransa'da Paris Maden Okulu'nu bitirdikten sonra İstanbul, Amasya, Keban ve Ergani'de çalışmış, daha sonra maden mühendisliğini bırakmış, çeşitli nazırlık (bakanlık) görevlerini yürütmüş ve 1877'de Midhat Paşa'nın (1822-1884) yerine sadrazam olmuştur.¹¹²

Münif Paşa (1828-1910) tarafından kurulmuş bulunan Cemiyet-i İlmiye-i Osmaniye'nin 1862'de yayımladığı *Mecmua-i Fünun* (Bilimler Dergisi) adlı dergide, İbrahim Edhem Paşa tarafından "*Medhal-i İlmi-jeoloji ve İlmi-Maadin*" (Jeoloji ve Mineralojiye Giriş) başlığıyla bir dizi makale yayımlanmıştır. Bu makalelerle modern jeoloji Türkiye'ye girmiştir.

Miralay Macarlı Abdullah Bey'in Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane için Fransızca hazırladığı jeoloji ders kitabı, muavini Binbaşı Dr. İbrahim Lutfi (Paşa) (1838-1903) tarafından Türkçe'ye çevrilerek *İlm-i Arz ve Maadin* (Yer Bilimi ve Madenler Bilimi / Jeoloji ve Mineraloji) adıyla 1875'te İstanbul'da basılmıştır. Bunun dışında İbrahim Lutfi Paşa'nın Fransız jeologu Albert de Lapparent'in (1839-1908) eserinden çevirdiği *İlm-i Arz* (Yer Bilimi) (1890) adlı bir kitabı daha vardır.^{112, 115}

Müze-i Hümayun müdürü Osman Hamdi Bey'in 1910 yılındaki ölümüyle, yerine, 1892'den beri yanında yardımcılığını sürdüren kardeşi Halil Edhem (Eldem) (1861-1938) müze müdürü olmuş ve 22 yıl süren müdürlüğü döneminde de kazılara devam edilerek pek çok tarihî eser müzelerimize kazandırılmıştır.¹¹⁷ Halil Edhem Bey, Zürih, Bern ve Viyana'da doğa bilimleri ve kimya eğitimi görmüş, Bern Üniversitesi'nde 1885



Şekil 51. Halil Edhem Bey'in *İlm-i Maadin ve Tabakat el-Arz* (1889/90) adlı eserinin kapak sayfası (solda) ve örnek bir sayfa (sağda).¹¹⁵

yılında kimya dalında doktora yapmış olup bu çalışma, Cumhuriyet'ten önce, yurtdışında yapılan ilk doktora çalışmalarından biridir. Kimyacılığından çok arkeolog ve müzeci yanı sıra tanınır.¹¹⁸ Halil Edhem Bey, Fen Fakültesi'nin kurulması üzerine Darülfünun'da jeoloji hocasına atanmıştır. Halil Edhem Bey, Viyana'daki hocalarından Ferdinand von Hochstetter (1829-1884) ve Franz Toula'nın (1845-1917) derslerini ve eserlerini göz önüne alarak *İlm-i Maadin ve Tabakat el-Arz* (Madencilik Bilimi ve Jeoloji) (1889/90) adlı bir kitap yazmıştır (ŞEKİL 51). Hochstetter ile Anton Bisching'in (1832-1907) 1891'de yazmış oldukları bir jeoloji kitabını ise *Muhtasar İlm-i Tabakat el-Arz* (Kısa Jeoloji Kitabı) adıyla Türkçe'ye çevirerek bastırmıştır (1. baskı 1901'de, düzeltilmiş 2. baskı ise 1905/06'da). Ayrıca, *Hareket-i Arza Dair Birkaç Söz* adlı bir makalesi de vardır.^{112, 115, 118}

Birinci Dünya Savaşı döneminde Almanya ve Avusturya-Macaristan'dan ülkemize gelen bilimciler arasında mineraloji

bölümüne Walther Penck (1888-1923) ile coğrafya bölümüne Karl August Erich Obst (1886-1981), “1933 Üniversite Reformu” sonrası gelenler arasında ise jeoloji bölümüne Wilhelm Salomon-Calvi (1868-1941) ve Pajéras bulunmaktaydı. Bunlardan, 1915 yılında Leipzig Üniversitesi’nden İstanbul Darülfünunu’na “arziyat müderrisi” (jeoloji profesörü) olarak gelen Penck, burada küçük bir müze ve yanı sıra bir kütüphane oluşturmuştur. Obst ise, 1915 yılında İstanbul Darülfünunu’na coğrafya profesörü olarak atanmış, “Osmanlı İmparatorluk Meteoroloji Merkez Kurumu” yöneticisi olmuş ve savaş sonrası 1919’da Breslau’daki eski kürsüsüne dönmüştür. Türkiye’de akademik anlamda jeoloji eğitimi 1947’de İstanbul Üniversitesi’nde başlamıştır. 1961’de İTÜ, 1963’te ODTÜ ve 1965’te Ankara Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi, 1967’de Ege Üniversitesi ve 1968’de Hacettepe Üniversitesi’nde jeoloji bölümleri açılmıştır.

BATI DÜNYASINDA JEOLoji VE MİNERALojİ

Eski Mısır’dan kalan ve İÖ 1160 yılı dolayına tarihlenen Torino (Turin) Papirüsü’nde yer alan harita, dünyanın jeolojik haritalarının elde bulunan en eski örneği sayılmaktadır.

Jeolojinin kökleri tümüyle farklı iki kaynaktan beslenmiştir: Biri her şeyden önce Batı felsefesinin kökleri, diğeri de Antikçağ’ın yüksek kültürlerinin gereksinimi olan hammaddeleri sağlayan maden arayıcıları, madenciler ve metalürjistlerin pratik bilgileridir.¹¹⁹

İyonya felsefesinin kurucusu Miletos’lu Thales (İÖ 624-545), ilk olarak yeryüzü ile ilgili mitolojik imgelemler terine, akla yatkın açıklamalar koymayı deneyen doğa filozofudur. Ona göre depremin sorumlusu, tanrı Poseidon değil, yerküre içindeki ilksel “su”yun üzerinde yüzen yer kabuğundaki hareketlerdir. Yine, büyük ırmakların denize döküldüğü ağzlarında kum yığılmalarındaki tortulaşmayı (sedimentasyon) ya da

sıcak su kaynaklarının yeryüzünden dışarı çıkış ağzlarında mineral çökelmelerini gözlemek suretiyle, tüm nesnelerin sudan oluştuğu şeklindeki savını ileri sürmüştür.¹¹⁹

Miletos'lu doğa filozofu Anaksimandros (Anaksimander) (İÖ 610-547) yalnızca yaşanan dünyanın ilk haritasını vermekle kalmamış Thales'in fikirlerini canlılar dünyasına da uzandırmıştır. Ona göre canlılar, güneşin etkisiyle buharlaşan sudan (nemden) meydana gelirler ve örneğin insan, balık türü bir canlıdan oluşmuştur. Günümüzde bile yaşamın ilk yapıtaşlarının denizdeki "ilksel çorba"dan mı oluştuğu konusu hâlâ tartışılmaktadır. Bu yaklaşımlar o çağın evrim kuramı niteliğindedir. Canlıların doğal gelişim süreci konusuna ağırlık veren Anaksimandros, deniz tuzunun güneş ışığı etkisiyle suyun buharlaşması sonucu çökmesi ile yakından ilgilenmiştir.¹¹⁹

Eski Yunan filozofu Kolophon'lu (Örenşehir'li) Ksenophanes, denizlerin yükselmesi sonucu dağların oluştuğunu söylemiş, su kıyısı kesimlerinde toprak aşınmasından (erozyon) söz etmiş, birbirinin zıddı olan dağ oluşumu ve toprak aşınması olaylarının büyük bir çevrim halinde birbiri ardı sıra gerçekleştiğini ileri sürmüştür.¹¹⁹

Kayaların ve metallerin oluşumu konusundaki düşünceler saf kurgulamalarla başlamıştır. Örneğin Klazomenai'li (Urla'lı) Anaksagoras (İÖ 500-428) gök cisimlerinin taş benzer özellikte olduğunu, gökten düşen göktaşlarından anlaşılacağını söylemiş ve bu ifadesiyle Tanrı'ya hakaret ettiği savıyla sorgulanmıştır.¹¹⁹

Platon'a (İÖ 427-348) göre mineraller, metaller, taşlar ve topraklar, çeşitli elementlerin karışımları olmayıp donmuş buz gibi sert ve yığın halindeki "eriyebilir su"dan oluşmuşlardır.¹¹⁹

Eresos'lu Theophrastos ("Tyrtamos") (İÖ 372-287) *Peri lithon* (Latince'de *De lapidibus*) (Taşlar Üzerine) (İÖ 315) adlı eserinde "taşları" eril ve dişil olarak sınıflamış, kimilerine tıbbi ve sihirli özellikler yakıştırmış, *De mineralibus* (Mineraller

Üzerine) adlı eserinde ise metalleri “ısıdan etkilenenler” ve “nemden etkilenenler” diye iki sınıfa ayırmıştır.

Aristoteles (İÖ 384-322), *Meteorologika* (Meteoroloji) adlı eserinde, elementlerin dönüşümünü (transmutasyon) konu edinen ve gelecekte zengin çıkarımlara yol açacak olan metafiziksel öğretisini ortaya koymuştur. Buna göre yerin iç kısımlarına kadar ulaşan güneş ışınlarının etkisi ile yer altı sularının buharlaşması sonucunda kuru maddelerden taş ve kayalar, nemli maddelerden ise metaller oluşmuştur. Aristoteles, yer yüzeyinin kabarıp alçalmasının suların çekilmesine ya da su basmasına yol açtığından, karaların alüvyonla kaplanması ve aşınması gibi olgulardan da söz etmiştir ve ona göre bu olaylar, yeryüzünün yavaş ama düzensiz bir yaşlanma sürecine dayanmaktadır.¹¹⁹

Bugün denizden kilometrelerce içeride kalmış olan Bafa Gölü'nün, bir zamanlar Ege Denizi'nin bir parçası olduğu ve Büyük Menderes Nehri'nin geçtiği yerleri yüzyıllardır aşındırması sonucu taşıdığı alüvyonla karayı adım adım ilerleterek kıyıları kaplaması sonucu denizle bağlantısını yitirip gölleştiği iyi bilinmektedir.¹²⁰

Günümüzde “jeolojik tarih”, genellikle dört büyük zamana / döneme ayrılmaktadır: (1) Prekambriyen (Kambriyen-öncesi dönem); (2) Paleozoik (“Eski Yaşam” dönemi), (3) Mezozoik (“Orta Yaşam” dönemi), (4) Senozoik (“Yeni Yaşam” dönemi). “Mesozoic” (Mezozoik) dönem günümüzden 251-65 milyon yıl önce yaşanmış; bunu oluşturan üç dönemden “Triassic” (Triazik / Triyas) dönem 261-199 milyon yıl önce, “Jurassic” (Jura / Jurazik) dönem 199-145 milyon yıl önce, “Cretaceous” (Kretase) dönem ise 145-65 milyon yıl önce yaşanmıştır. Latince “creta” (tebeşir) sözcüğünden türeme “kretase” terimi, 1822’de Belçikalı jeolog Baron Jean-Baptiste Julien Omalius d’Halloy (1707-1789) tarafından Paris Havzası’nda son derece zengin mikroorganizma içeren, beyaz renkli kalsiyum karbo-

natlı çökeller (sediment) için kullanılmıştır.¹²⁰ Kehribar, iğne yapraklı ağaç reçinelerinin fosilleşmiş kalıntısıdır. Günümüzdeki doğal kehribarların çoğu 25-50 milyon yıllıktır. Dinozorlar 65 milyon yıl kadar önce yaşamışlardır. “Jurassic” dönem ise 144 milyon yıl kadar önceye dayanır. Fosilbilimci Sir Richard Owen (1804-1892) 1842’de “korkunç sürünge” anlamına gelen “*dinosaurus*” (dinozor) terimini önermiştir. 1994 yılında bir Amerikalı moleküler biyolog ekibi, bir kehribarın içine hapsolmuş olan ve bundan 120-135 milyon yıl önce yaşayan bir buğday biti / pamuk kurdunun DNA’sını özütlemiştir. Kehribarın en zengin yatakları Baltık Denizi ülkelerinde bulunmaktadır. Lübnan’da Beyrut’un güneyindeki dağların sedir ormanlarından kaynaklanan kehribar oluşumları da vardır. Lübnanlı Aftim Acra, buradan topladığı, içinde 700 çeşit böcek bulunan bir kehribar koleksiyonuna sahiptir. Bu böceklerin çoğu, düşmanlarının kanını emen böceklerdir. Moleküler biyoloji alanında çağımızda yaşanan olağanüstü gelişmeler, kehribar içinde hapsolmuş böceklerin DNA’sından onların yeniden “yaratılabileceğine” ilişkin fantastik buluşları umdurmaktadır.

Yaşlı Plinius (23-79), olayları doğrudan gözlemleyerek bilimsel notlar almayı tutku haline getirmiş bir yazardı. Kehribarın kökenini ilk olarak doğru biçimde tanıtlamış, onların içinde rastlanabilen hapsedilmiş böcek örneklerinden hareketle, kehribarın, ağaç reçinelerinin fosilleşmiş kalıntıları olduğunu belirtmiştir. İS 79 yılında eteğindeki Pompeii ve Herculaneum kentlerini kül yağmuru altında gömülü bırakan Vezüv yanardağının püskürmesi sırasında bir Roma deniz filosunun komutanı olarak oradaydı ve püskürmeyi daha yakından gözlemek için küçük bir tekneyle denize inmekte ısrar etmişti. Kendini tehlikeye atarak sağ kalanları toplamak ve oradan uzaklaştırmak için kıyıya yanaştı, ama bu sırada yanardağın çıkardığı gazlar ve kükürt dumanından boğularak 25 Ağustos 79’da öldü. 37 ciltlik *Naturalis historia* (Doğa Araştırmaları) (77) adlı eserinin son beş kitabında mineral dünyasını ele almış olup çe-

şitli üretim süreçlerine ilişkin olarak verdiği bilgiler bilim tarihi bakımından önem taşımaktadır.

Mykenai (Miken) uygarlığı, İÖ 1628'de tüm Akdeniz ve Ege'yi etkileyen Santorini Adası'ndaki Thera Yanardağı'nın patlaması olayının ardından yaşanan korkunç tsunami sonucu ortadan kalkmıştır.¹²⁰ İtalya'daki Etna Yanardağı'nda ise 1669 yılında büyük patlamalar olmuştur.

Kilise babalarından biri olan ve zamandizini biliminin (kronoloji) öncüsü olarak kabul edilen Antakya'lı Theophilus (115-181), Yahudi kaynaklarını model alarak *Kutsal Kitap*'taki bilgilerden hareketle, yeryüzünün yaşını hesaplama denemesinde bulunmuş, *Eski Ahit*'in "Tekvin" (Yaratılış) bölümünde yaratılışın altı gün sürdüğü, başka bir bölümünde ise "Yaratının gözünde bir günün bin yıl gibi olduğu" bilgilerinden hareketle yaratılışın (Âdem ile Havva olayının) tarihini İÖ 5529 olarak hesaplamıştı. Buna göre altı gün süren Yaratılış'ın her bir gününde sırasıyla denizler, karalar, gezegenler, bitkiler, hayvanlar ve insan yaratılmıştır.¹¹⁹

İbn Sina (980-1037), zamanında yaygın kabul gören metallerin transmutasyonu öğretisini reddetmiş, kayaçların tarihsel biçimlenişini çökelme (sedimentasyon) yoluyla oluşumuna ve dağların oluşumunu ise yeryüzü hareketlerinin etkisine bağlamıştır.

Ortaçağ'ın değerli taşlardan söz eden kitaplarından (Lat. "*lapidarium*" → çoğulu "*lapidarien*", Ar. "cevhernâme") en güzel örnek, Rennes Piskoposu Marbodius tarafından 1067-1081 tarihleri arasında Latince olarak kaleme alınan *Liber lapidum seu de gemmis* (ya da *De lapidibus*) (Cevherler ve Değerli Taşlar Kitabı) adlı eser olup daha sonra pek çok başka dile de çevrilmiştir.

Ortaçağ simyacıları metallerin oluşumunu, tüm gezegenlerin yeğin ışınımlarının, devasa ve kızgın bir eritme fırını şeklinde tasarladıkları yerin merkezine etkisi yoluyla açıklamış-

lardır. Dominiken Albertus Magnus, madenlerdeki cevher damarlarının oluşumunu bir damıtma olayı biçiminde betimlemiştir. Buna göre yerin iç kısımlarının ısısı, yeraltı sularının nemli buharlarının en ince bileşenlerini, yer kabuğunun doğal gözenek ve çatlaklarından dışarı doğru çıkmaya zorlayacaktır. Tıpkı bir damıtma olayında boynuzlu / gagalı imbiğin (retort) boyun kısmında gözlendiği gibi bunlar orada soğuyup sıvılaşacak ve zamanla yoğunluk kazanarak katılaşacaktır. Bu olay, büyük oranda çağdaş hidrotermal maden damarlarının oluşumu kuramına karşılık gelmektedir. Albertus Magnus 1269'da *De mineralibus et rebus metallicis libri V* (Mineraller ve Madencilik Üzerine Beş Kitap) adlı eserinde mineraller ve kayaçların bileşimlerini vermiş ve çok sayıda mineral yataklarından söz etmiştir.^{17, 119}

Ünlü Rönesans sanatçısı ve bilgini Leonardo da Vinci (1452-1519), akarsulardaki kum parçacıklarının farklı çökelmelerini gözlemlemiş ve bu olayı resimlerini yapmıştır.

“Mineraloji” teriminin ilk olarak 17. yüzyılda kullanıma girdiği anlaşılmakta olup ilk kez, İtalyan Cizvit bilgin Bernardo Cesi'nin (1581-1630) *Mineralogia sive naturalis philosophiae thesauri* (Lyon, 1636) adlı eserinin başlığında yer almıştır.

Fosilbilimsel (paleontolojik) bulgular, Tufan ve dünyanın yaşı konularında üniversiteleri yanıt verme durumunda bırakmıştı. Yeni anakaraların keşfi ve Cizvitler tarafından Çin ve Hindistan'daki misyonerlik faaliyetleri, Avrupalıların o zamana bilmedikleri yüksek kültürlerle karşılaştırdı. Bunları, *Kutsal Kitap*'taki evren tablosuyla bütünleştirmek hiç de mümkün görünmüyordu. Kalvenist ilâhiyatçı Isaac La Peyrère'e (1596-1676) göre, Âdem'den çok önceleri de dünyada insan vardı ve Âdem, tüm insanlığın değil yalnızca İsrailoğullarının atası olmalıydı. Yazar Lactantius Firmianus (~240-320), *Divinae institutiones* (İlâhî İlkeler) adlı eserinde, yeryüzü için küre şeklini reddetmiş, düz bir yüzey halinde kuramlaştırmıştır. İrlanda'da

Arınag Başpiskoposu James Usher (Ussher) (1581-1656), 1650'lerde *Kutsal Kitap*'a dayanarak ve *Eski Ahit*'te adı geçen patriklerin yaşlarını toplayarak dünyanın İÖ 4004 yılının (Jülyen takvimine göre 710 yılının) 23 Ekim Pazar günü yaratıldığını ve bu hesapla yaklaşık 6000 yaşında olduğunu hesaplamış ve yaratıldıktan sonra dünyanın yapısını önemli boyutta değiştiren biricik olayın, Nuh Tufanı olduğunu belirtmiştir. Tufan, bu tarihten 1656 yıl sonra, İÖ 2348 yılında olmuş; ondan da 165 yıl sonra, yani İÖ 2183 yılında Babil Kulesi yapılmaya başlamıştı. Usher'e göre, denizlerden uzakta fosillere rastlanmasından da Tufan sorumludur.⁴³ Benzer biçimde, astronom Johannes (Jan) Hevelius (1611-1687), "Yaratılış" tarihini İÖ 3963 yılının 24 Ekim günü öğleden sonra saat 6 olarak hesaplamıştır!¹²¹ Afrika'nın batı kıyıları ile Güney Amerika'nın doğu kıyılarının şekil benzerliğinden hareketle 1736 yılında Lilienthal adlı bir dinbilimci, bu anakaraların birbirinden koparak ayrılmalarından da Tufan olayını sorumlu tutmuştur. Dünyanın yaşına ilişkin bu düşük hesaplara ilk karşı çıkışlar jeologlardan gelmiş ve onlar fosil içerikli kayaların en az 250 milyon yaşında olduğunu açıklamışlardır. Çağdaş jeoloji, tıpkı çağdaş kimya gibi 1700'lü ve 1800'lü yılların başında derece derece evrilmiştir. George-Louis Marie Leclerc Kont de Buffon (1707-1788), ısıtılan kürelerin soğuma deneylerinden hareketle, yeryüzünün, *Kutsal Kitap* bilginlerinin öngördüğü 6000 yıldan çok daha fazla yaşta olduğunu belirterek 75 000 yaşında olduğunu söylemiştir.

Fosilbilimin (paleontoloji) ortaya çıkmasına önayak olan hekim ve doğa araştırmacısı Niels Steensen (Nicolaus Steno) (1638-1687) *De solido intra solidum naturaliter contexto dissertationis prodromus* (Doğal Süreçle Katı Bir Maddenin İçine Yerleşen Katı Maddeler Üzerine Bir Teze Giriş) (Kopenhag / Florsansa, 1669) adlı eserinde, fosillerin bir zamanlar yaşamış olan, ancak Nuh Tufan'ı sırasında soyları tükenen canlılardan kaldığını ve yeryüzünün alt katmanlarındaki kayaçların, daha

üsttekilerden daha yaşlı olduğunu, yukarıya doğru yer alan katmanların gitgide daha genç olduğunu belirten stratigrafik ilkeyi (“süperpozisyon ilkesi”) ortaya koymuştur. Bu ilke ilk olarak Ibn Sina tarafından ortaya konmuşsa da Niels Steensen bunu geliştirip ayrıntılandırmıştır.^{119, 122}

Benoit de Maillet (1659-1738), 1735 yılında kaleme aldığı ve “de Maillet” şeklindeki adının ters yazılmış bir anagramı şeklindeki garip bir başlıkla *Telliamed* adını verdiği eserinde, başlangıçta bir okyanusla kaplı yeryüzüne dayalı bir evrimci kuram geliştirmiştir. Buna göre, sular yavaşça buharlaşıp karalar açığa çıktığında çamur içinde tutuklanan yaratıklar daha sonra fosilleri oluşturmuştur. Maillet, evrenin, büyüdüklerinde denizlerdeki hayvanları oluşturan “tohum”larla dolu olduğunu; sular gitgide azaldığında ise bunlardan kimilerinin kara hayvanları haline evrimleştiğini düşünüyordu. Maillet, deniz düzeyindeki düşüşten hareketle dünyanın yaşını 2 milyar yıl olarak kestirmiştir. Ancak gelebilecek tepkilerden çekindiği için bu görüşleri, ölümünden sonra 1748’de yayımlanmıştır.

Alman bilgin Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), güneşin erimiş maddelerden günümüzdeki boyut ve parlaklık derecesine erişme süresini 22 milyon yıl olarak hesaplamıştır. Fizikçi Sir William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907) 1856 yılında, dünyanın bugünkü sıcaklığına soğuması için 25 milyon yıl (daha sonra değiştirerek 40 milyon yıl) geçmesi gerektiğini kestiriyor. 25-40 milyon yıl gibi çok kısa bir süre içinde evrimin gerçekleşemeyeceğini düşündüğünden, Kelvin yaşamı boyunca evrim kuramını benimsememiştir. İrlanda’lı fizikçi ve renkli fotoğraf araştırmacısı John Joly (1857-1933), okyanusların tatlı sudan tuzlu suya dönüşme hızına dayalı olarak dünyanın yaşını 80-100 milyon yıl olarak kestirmiştir. Radyofizikçi Ernest Rutherford (1871-1937) radyoaktifliğe dayalı olarak uranyumun kurşuna dönüşümünden hareketle, uranyum cevherlerindeki “kurşun / uranyum” oranından dünyanın yaşının hesaplanabileceğini ileri sürdü. Rad-

yoaktif tarihleme yönteminin bulucusu olan Bertram Borden Boltwood (1870-1927), bu yöntemle dünyanın yaşını milyar yıl mertebesinde hesapladı. Jeolog Arthur Holmes (1890-1965), kayaçların yaşını hesaplamak için radyoaktif uranyumun kurşuna bozunma hızını ölçmeyi tasarladı. Bu çalışmalar başkalarınınca sürdürüldü. Radyoaktif tarihleme yönteminin bulucusu olan Bertram Borden Boltwood (1870-1927), bu yöntemle dünyanın yaşını milyar yıl mertebesinde hesapladı. Jeolog Clair Patterson (1922-1995) yerkürenin en yaşlı kayaçlarında Uranyum / Kurşun oranını bulmayı hedefledi. Böyle kayaçlar bulamayınca çözümü göktaşlarında aramaya yöneldi. Sonunda yerküre yaşını 4 milyar 550 milyon (± 70 milyon) yıl olarak buldu.

Dünyada bulunan en eski kaya örneği 4,3 milyar yıllık olup yerküre bundan daha yaşlıdır. Modern bilim, dünyanın yaşı sorununu açıklığa kavuşturmuş olup radyoaktiflikten yararlanılarak, kayaların içinde saptanan uranyum ve kurşun oranlarından dünyanın yaşı kesin olarak bulunmuştur. Buna göre dünyamızın, bugünkü katılaşmış durumuna 4 milyar 700 milyon yıl önce kavuştuğu anlaşılmıştır. Öte yandan evrenin yaşı ("Big Bang": Büyük Patlama) 13,7 milyar yıl olarak saptanmıştır. Büyük Patlama'dan 324 bin yıl sonra evrenin sıcaklığı 2700 °C'a düşerek hidrojen ve helyum atomları oluşmaya başlamış, 380 bin yıl sonra biraz daha soğuyarak ışık verir duruma ulaşarak aydınlanmış, 100-200 milyon sonra daha da soğuyarak yıldızlar oluşmuş, 9 milyar yıl sonra evren daha da soğuyarak güneş sistemi ve dünya oluşmuştur.

Ünlü simyacı Paracelsus (1493-1541), Basel Üniversitesi'nde kimya ve tıp eğitimi aldıktan sonra bir süre Tirol madenlerinde metaller ve mineraller üzerinde çalışmış, gezgin hekimlik yapmış,engin bilgi sahibi olmuş, simya, kozmoloji, ıp ve gizemcilik konularında çok sayıda eser yazmıştır. Paracelsus'a göre tanrısal-düşünsel ruh ("Iliaster"), ateş, su, hava ve toprak şeklinde dört temel öğeye ayrılıyordu ve bunların her

biri, çeşitli maddelerin oluşumu için kalıp (oluşum matrisi) olarak hizmet edebiliyordu. Mineraller, tıpkı bitki tohumlarına benzer şekilde, yeryüzünde bir metafiziksel düzenlenme ilkesi (“Archeus”) temelinde geliyordu. Onların kalıbı, yeraltı su akıntılarının örgüsü içinde tüm yer kabuğu yoluyla çekilen su olmalıydı. Bunun yanı sıra, Hristiyanlıktaki “Kutsal Üçleme / Üçlülük”e dayandırarak öne sürdüğü ünlü “üç öge kuramı”nda, doğal maddelere ve metallere özellik kazandıran temel öğelerin civa, kükürt ve tuz olduğunu ileri sürdü: “Civa ruhtur, kükürt candır, tuz ise bedendir...”. Buradaki “civa-kükürt-tuz”, o adlar altında bilinen maddeler olmayıp daha çok “felsefi” kapsamlıdır ve civanın çeşitli maddelere parlaklık ve sertlik, kükürtün renklilik ve tutuşma özelliği, tuzun ise katılık ve ateşe dayanıklılık özelliği kazandırdığı düşünülüyordu. Buna göre civa, kükürt ve tuzdan ibaret olan ilksel maddelerin bir şekilde sulu ortamda bir araya gelerek çeşitli minerallerinin özünü oluşturmaları sonucu, minerallerin yer kürenin dölyatığında / rahminde geliştiğine inanılıyordu. Bu kuramıyla Paracelsus, Eski Yunan’ın “dört öge kuramı” yerine, Müslümanların civa ve kükürtten oluşan “iki öge kuramı”na yakın bir yol izliyordu. Mineralleri, yeryüzünde gelişen ve “olgunlaştığında” metallere dönüşen “tohumlar” şeklinde tasarlama, yalnızca simyacılar özgülü olmayıp, çeşitli halkların madenci ve metalürjistlerinin halkbiliminde de yer almaktaydı.¹¹⁹

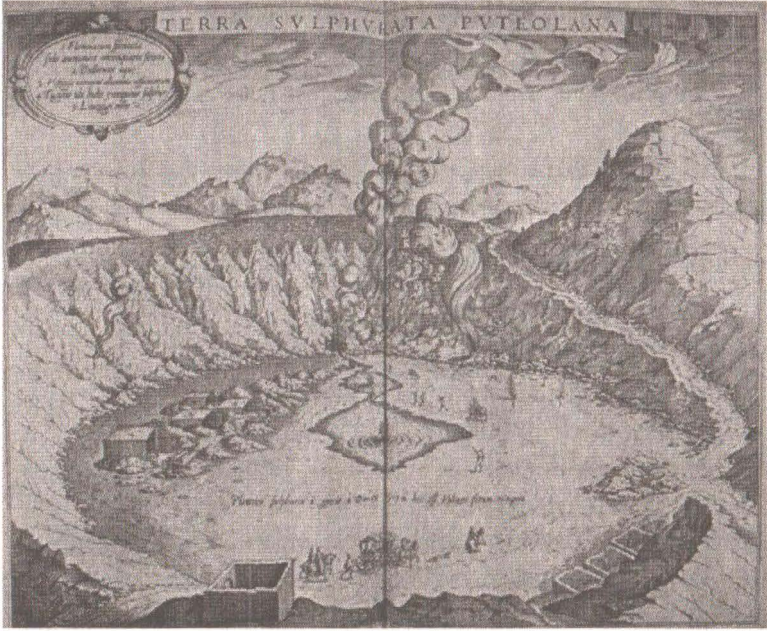
İsviçre’li doğa bilgini Conrad Gesner (1516-1565) *De rerum fossilium, lapidum et gemmarum* (Mineraller, Adi Taşlar ve Değerli Taşlar Üzerine) (1565) adlı eserinde, Antikçağ’ın taşlarla ilgili kitaplarındaki ruha uygun olarak fosiller, mineraller ve değerli taşlar konusunda, çoğu bilinmedik bilgi yığını derlemiştir.

16. yüzyıla kadar yaklaşık olarak 350 çeşit mineral tanınmaktaydı. İtalyan Michele Mercati (1541-1593) tıp ve felsefe eğitimi görmüş, doğa tarihi, mineraloji, paleontoloji ve botaniğe merak sarmış, aşırı bir hevesle mineral koleksiyonu hazırla-



Şekil 52. Michele Mercati'nin ünlü eserinden metalürji ile ilgili bir sahne [M. Mercati, *Metallotheca* (Maden Kitaplığı), Roma, 1717].¹²⁵

maya girişmişti. 1560'larda bir botanik bahçesi kurması ve bir mineraloji müzesi oluşturması için Roma'ya davet edilmiş olup "Metallotheca" diye bilinen bu taş ve mineral müzesi, Vatikan'daki ünlü Belvedere'nin avlusunda açılmıştır.¹²³ Müzede tarih öncesi Asya ve Afrika uygarlıklarından taş aletler (çakmaktaşıdan bıçak ve balta uçları), fosiller, "metalleuta" ("mineral cevherleri") adı verilen altın, gümüş, bakır, kurşun ve demir gibi elementsel mineral cevherleri ile "orukta" ("biçimlenmiş taşlar") adı verilen kuvars, kireç, tebeşir, kristal haldeki çeşitli metal tuzları, kömür gibi nesneler bulunmaktaydı.¹²⁴ Hazırladığı *Metallotheca Vaticana* (kısaca *Metallotheca*) (Maden Kitaplığı) adlı eser, mineral konulu çeşitli eserlerin bir derlemesi olup koleksiyonunun katalogunu da içeriyordu. Öldüğünde bu eser henüz yayımlanmamıştı ve kısa bir süre son-



Şekil 53. Michele Mercati'nin Metallotheca adlı eserinden Napoli yakınlarında Pozzuoli'deki kükürt madenleri.¹²⁵

ra da koleksiyonu dağıldı. Mercati'nin elyazması günümüze ulaşmış olup içinde, Warburg'lu sanatçı Anthonius Eisenhoit (1553-1603) tarafından 1578-1582 arasında hazırlanmış 130 adet görkemli gravür resim de yer almaktadır. *Metallotheca*, Papalık hekimi Giovanni Maria Lancisi (1654-1720) tarafından düzenlenerek 1717'de Roma'da yayımlanmışsa da Mercati'nin verdiği geleneksel bilgiler, daha çok tarihsel ilgi alanında kalmıştır (ŞEKİL 52, ŞEKİL 53).¹²⁵

Hava boşluğu (vakum) deneyleri ile tanınan Alman mühendis ve fizikçi Otto von Guericke (1602-1686), 1672 yılında “toprağın ve dağların, bitkilerin gelişmesine benzer biçimde zaman ilerledikçe büyüme gösterdiklerini” dile getirmiştir. Alman simyacı ve maden mühendisi Johann Joachim Becher'in (1635-1682) yazılarında Paracelsus'un “civa-kükürt-tuz” ilkesi önce

“camsı toprak” (taşların anası), “yağsı toprak” (adi toprağın anası) ve “civamsı toprak” (metallerin anası) kuramına dönüş-türülmüş, daha sonraki gelişim sürecinde ise “civamsı toprak” kavramı ortadan kalkarken “camsı toprak” kavramı kuvars minerali ile bağdaştırılmış ve onun gerçekte kayaçların temel bileşeni olduğu ve çoğu zaman diğer mineraller için bir oluşum kalıbı (matris) oluşturduğu belirtilmiştir.¹¹⁹ “Yağsı toprak” (“*terra pinguis*”) kavramı, varsayımsal bir bileşen olarak bir maddeyi yanabilir hale getirdiği düşünülen “flojiston” (“ateş maddesi”) ile ilgili kurama dönüşmüştür. Sanal flojiston maddesinin bir maddeden ötekine aktarılması, uzun süre, yanma tepkimelerinin ve metalürjik süreçlerin açıklanmasında kullanılmış, sonunda değişikliğe uğrayarak çağdaş redüksiyon (indirgenme) ve oksidasyon (yükseltgenme) kavramlarına varılmıştır. Becher, *Oedipus chemicus...* (Kimya Bilmecelerinin Çözümü...) (1664) adlı eserinde minerallerin ve metallerin bir tür çiftleşme süreci sonunda oluştuğunu ileri sürmüştür. Buna göre örneğin dişil olan civa ile eril olan kükürt birleşerek civa sülfür oluşturmaktaydı ($Hg + S \rightarrow HgS$). Becher’in *Physica subterranea profundum subterraneorum genesin, è principiis hucusque ignotis, ostendens...* (Yeraltı Dünyasının Doğası...) (Leipzig, 1669-80) adlı eseri mineraloji üzerine son derece kapsamlı bir eser ise de gerçek mineral ve malzemelerin yanı sıra sanal maddeler de yer almaktaydı.

Zürih’li hekim ve doğa bilimci Johann Jakob Scheuchzer (1672-1733), fosil bitkileri ilk olarak inceleyen araştırmacı olup bu konuda *Herbarium diluvianum collectum a Johanne Jacobo Scheuchzero* [Johann Jacob Scheuchzer’in Buz Çağı / Tufan Dönemi Bitkileri Koleksiyonu] (Zürih, 1709) adlı bir eseri bulunmaktadır. Scheuchzer, o dönemin tipik bir doğa bilimcisi olup iyi bir aileden geliyordu ve babası da hekimdi. Zürih’te bir sivil toplum derneği kurmuştu; ayrıca Alman “Doğa Meraklıları Akademisi” (“*Academia naturae curiosorum*”), İngiliz “Krallık Derneği” (“*Royal Society*”) ve Rus “St. Petersburg Akademisi”

gibi derneklerin üyesiydi. Yüksek dağlara ilişkin araştırmalarda bulundu ve Alp Dağları jeolojisiyle ilgilendi. Bu konuda 1721'de yayımladığı ilginç eserinin adı, *Jobi Physica Sacra oder Hiobs Naturwissenschaft verglichen mit der Heutigen* (kısaca *Physica Sacra*) (Eyüb'ün Kutsal Doğası ya da Günümüzdekiyle Karşılaştırılarak Eyüb'ün Doğabilimleri) idi.¹²⁶

Fransa'da doğa tarihi alanında en iyi tanınan kuruluş olan "Doğa Tarihi Ulusal Müzesi", 1741 yılında öğretim programına özel olarak jeoloji konulu dersleri almıştır. "Jeoloji" terimi, fosil ve kayaçları inceleme bilimi olarak ilk kez 1779 yılında doğa bilgini Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) tarafından *Voyages dans les Alpes* (Alpler'de Geziler) (1779-96) adlı eserinde ortaya atılmıştır.

Johann Esaias Silberschlag (1711-1791), her şeyden önce hidrolik uzmanı olarak ön plana çıkmıştır. 1766 yılında *Abhandlung vom Wasserbau an Strömen* (Irmaklarda Su Tesislerinin Araştırılması), 1772/73'te ise *Ausführliche Abhandlung der Hydrotechnik oder des Wasserbaus* (Sulama Tekniği ya da Su Tesislerinin Ayrıntılı Araştırılması) adlı eserlerini yayımlamıştır. Silberschlag, 1780 yılında *Kutsal Kitap'taki tufan bilgilerini yorumladığı Geogenie oder Erklärung der mosaïschen Erderschaffung nach pyhsikalischen und mathematischen Grundsätzen* (Jeogeni, ya da Dünyanın Yaratılışının Fiziksel ve Matematiksel Temellere Göre Musa Tarafından Açıklanması) (Berlin, 1780) adlı eserini yayımlamıştır. Bu eserinde, ne yaratılışın ne de Tufan tarihinin fizik ve matematikle çelişmediğini, aksine bunlara ilişkin pek çok olayın bu seçkin bilimlerin yardımıyla açıklanabileceğini belirtmiştir. En yüksek dağları kaplayacak kadar suyun ne miktar tutacağını izlerini *Kutsal Kitap'ta* aradıktan sonra, bu kadar suyun nereden kaynaklanabileceği sorusunun peşine düşmüş ve yerin iç kısımlarında, en yüksek dağları bile kaplayacak ölçüde devasa bir su rezervi bulunduğu kuramını öne sürmüştür. Öte yandan İtalyan din adamı ve doğa araştırmacısı Antonio Lazzaro Moro (1687-1764),

1751'de *Neue Untersuchungen der Veränderungen des Erdbodens* (Yeryüzü Değişimlerinin Yeni İncelemeleri) adlı eserini yayımlamıştır. Moro, eserinde, deniz hayvanları fosillerine nasıl olup da yüksek dağlarda rastlanabildiği sorusuna eğilmektedir. Onun kuramı, yerin iç kısımlarından çıkan su baskınının dağları kaplamadığı, daha çok, yerin iç kısımlarının volkanik ateşle dolu olduğu şeklindeydi. Bu ateşin gücü, o zamanki deniz zeminini kabartarak dağlar haline getirmiş olmalıydı. Bu nedenle Moro'nun kuramı, Silberschlag'ın kuramına göre doğru oluyordu. Silberschlag, doğal olarak Nuh'un gemisinin inşası konusuyla da ilgilenmiş ve gemi için ayrıntılı iki plan hazırlamıştır.⁴³

Toskana madenleri yöneticisi mineralog Giovanni Arduino (1714-1795), İtalyan Alpler'inde profil incelemesi yaparak yer kabuğundaki kayaçları "Primer", "Sekonder", "Tersiyer" ve "Kuaterner" şeklinde gruplandırmıştır. Bunlardan son ikisi hâlâ kullanılmakta ise de ilk ikisi, yaklaşık olarak günümüzdeki "Paleozoik" ve "Mezozoik" terimlerine denk düşmektedir.¹¹⁹

18. yüzyılda Avrupa'da yeryüzünün kökeni, bazalt ve granit taşların oluşumu konularındaki tartışmalardan, "Neptüncülük" ve "Plütonculuk" şeklinde iki akım ortaya çıkmıştır. Neptüncüler, yüksek yerlerde bulunan deniz kabuklarını yükselip alçalan deniz düzeyleri ile açıklamaya çalışırlarken, Plütoncular denizlerdeki su miktarının aşağı yukarı aynı miktarda kalıp düzeyinin değişmediğini, ama volkanik olaylar ve depremler nedeniyle karaların yüksekliğinin değiştiğini ileri sürüyorlardı. Neptüncüler *İncil*'deki Büyük Tufan'a dayalı bir kuramı izlerken, Plütoncular yeryüzünün ölçülemez çok uzun bir süre boyunca adım adım değişerek oluştuğunu öne sürmüşlerdir. Neptüncülüğün kökeni Thales'e dek geri uzanır ve buna göre kayaçlar yalnızca sulu çözeltilerden tortulaşma yoluyla oluşur. Bu görüşün baş savunucusu, yeni kurulan Freiberg Madencilik Akademisi'nin yöneticisi olan Abraham Gottlob Werner'dir

(1749-1817). Yanardağların geçmiş jeolojik dönemlerde önemli rol oynadığına inanmayan ve volkanik olayları yerel yeryüzü yangınları olarak değerlendiren Werner, granit ve benzeri kayaçların, Tufan olayının ardından yeryüzünü tümüyle kaplayan okyanuslarda erimiş katılardan kristalleşerek çökelen tortulardan (sediment) oluştuğunu söylemiş ve bundan hareketle de herhangi bir bölgedeki en yaşlı kayaçların granitler ya da diğer kristalsi kayaçlar olduğunu çıkarımlamıştır. “Neptüncüler” diye adlandırılan Werner ve ardılları, volkanik kayaçların denizden kaynaklandıklarını ileri sürmüşlerdir. Plütonculuk yandaşı olan ve “çağdaş jeolojinin babası” sayılan İskoç jeolog ve kimyacı James Hutton (1726-1797) ise Werner’e zıt düşerek, tüm kayaçların oluşumunda Tufan sularının değil magmatik ve volkanik süreçlerin ana etken olduğunu ve erimiş kitlenin yavaş bir biçimde adım adım katılaşma sonucu oluştuğunu ileri sürmüş ve “levha tektoniği” kavramını geliştirmiştir. Hutton’ın arkadaşı olan matematikçi John Playfair (1748-1819), onun kuramlarını yayımlamış ve bunlara kendi görüşlerini de eklemiştir. Yine Plütoncu görüşe sahip olan jeolog Sir Charles Lyell (1797-1875), *Principles of Geology, being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth’s Surface, by reference to Causes Now in Operation* (Jeolojinin İlkeleri...) (1830-33) adlı eserinde yeryüzünün çok uzun zaman öncesinden beri adım adım değiştiğini açıklamıştır. Lyell, volkanik, plütonik ve tortul kayaçların yanında jeologlarca gereksinilen dördüncü bir kayaç kategorisi olarak metamorfik kayaçların varlığını da önermiştir. Bu kayaç türü, diğer kayaç türlerinin ısı ve basınç etkisi altında değişimlerinden ortaya çıkıyordu. Plütoncu görüş, son çözümlemede bir bakıma Aristoteles’in “kuru buharlar” ve “nemli buharlar” kuramına indirgenmektedir. Magmatik ve volkanik hareketlerle yeryüzüne çıkan erimiş kitleler taşlaşır, aşınma yoluyla serbest kalan taşlar sürüklenme sonucu yeniden okyanus yığılımları haline geçerek oralar da birikebilir. Bunlar oluşturdukları ağırlık kuvvetiyle alt kat-

manları sıkıştırır, oluşan çok yüksek basınç altında bunlar ısı-nıp tekrar erimiş hale geçebilirler ve bu dönüşümler uzun pe-riyotlar (dönemler) halinde yinelenebilir. Böyle bir kayaç çev-rimi, günümüzde genel kabul görmüştür.¹¹⁹ Plütoncularla Neptüncüler arasındaki tartışmalar yaklaşık 1820'lere dek sür-müş ve Plütoncular daha ön plana çıkmışlardır. Werner'in en iyi öğrencilerinden kimileri daha sonra Plütoncu olmuşlardır. Bunlardan biri, mineralog ve fosilbilimci Christian Leopold von Buch (1774-1853) idi.

“Stratigrafik kolon” (katmanlaşmış sütun) kavramı, kayaç-ların oluşum dönemlerine göre düzenlenmiş dizilimi olarak ta-nımlanabilir. 19. yüzyılın seyrinde William Smith (1769-1839), Georges de Cuvier (1769-1832) ve Alexander Brongni-art (1770-1847), “fosil temelli katmanlaşma” kavramını gelişt-irmişlerdir. İngiliz kanal mühendisi William Smith, açtığı ka-nalların her iki yakasındaki katman ve fosil içeriklerinin bir-birleriyle karşılaştırılabileceğini ileri sürerek stratigrafi, biyos-tratigrafi ve biyokronoloji gibi kavramların temellerini atmış-tır. Cuvier ile Brongniart'ın birlikte yazdıkları *Description ge-ologiques des environs de Paris* (1811) adlı bir eserleri vardır. Kimyacı, jeolog ve popüler bilim yazarı Carl Gustav Christoph Bischof'un (1792-1870) *Lehrbuch der chemischen und physika-lischen Geologie* (1848) adlı kitabı, kayaçbilimci (petrolog) Norman Levi Bowen'in (1887-1956) *The Evolution of the Igneo-us Rocks* (1928) adlı eseri ve jeofizikçi Johan Herman Lie Vogt'un (1858-1932) *Die Silikatschmelzlösungen mit besonderer Rücksicht auf die Mineralbildung und die Schmelzpunkt-Ernied-rigung* (Mineral Oluşumu ve Erime Noktası Alçalması Bakı-mından Erimiş Silikat Çözeltileri) (1903-04) adlı kitabı, bu alanın önemli yapıtlarındandır.

Paris'teki *Museum National d'Histoire Naturelle*'in (MNHN) (Ulusal Doğa Tarihi Müzesi) mineraloji ve jeoloji bölümü, ko-leksiyonlarla hızla zenginleşmiş olup günümüzde burada yak-laşık 1 milyon nesne bulunmaktadır. Bunlar arasında yaklaşık

245 bin doğal mineral, 2500 değerli taş, 600 bin kayaç örneğine ek olarak 3 binin üzerinde meteorit örneği ve 1500 dolayında sentetik mineral örneği bulunmaktadır. Barthélemy Faujas de Saint Fond (1741-1819) bu müzedeki yöneticiliği döneminde kayaç ve mineral koleksiyonunu zenginleştirmeyi temel hedef almıştır. Aynı konuda yoğun emek harcayan ünlü jeolog ve mineraloglar arasında Guy-Sylvain Déodat Tancrede Gratet de Dolomieu (1750-1801) ile René-Just Haüy (1743-1822) da bulunmaktadır. Mineralog Pierre Louis Antoine Cordier (1777-1861) fizikokimyasal analiz yöntemlerini petrolojiye (kayaçbilim) uygulayan ilk bilimcilerden biri olup meteoritleri özel olarak inceleyerek onları taşı ("lithoid") meteoritler, camı ("glassy") meteoritler, karbonsu ("carbonaceous") meteoritler ve meteorik demirler şeklinde dört ana gruba sınıflandırmıştır. Ernst Florens Friedrich Chladni (1756-1827), meteoritlerin incelenmesinde öncü çalışmalar yapmıştır. *Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen* (Pallas Demirinin ve Ona Benzer Diğerlerinin Kökeni ve Onunla Bağlantılı Doğal Görüngüler Üzerine) (1794) adlı eserinde meteoritlerin kaynağının dış uzay olduğunu öne sürmüştür.

Jips (İng. "gypsum", alçı taşı) kalsiyum sülfat dihidrat [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] bileşimli bir mineraldir. Adı, Yunanca tebeşir / alçı anlamına gelen "gypsos"tan türemiştir. Paris'in Montmartre bölgesinden elde edilen jips, yakıldıktan sonra çeşitli amaçlarla "Paris alçısı" adı altında kullanılmıştır. Onun bir türü olan alabaster, eski çağlarda çeşitli süs eşyaları yapımında kullanılmıştır. Meksika'da, uzunluğu 11 metreye ulaşan dev jips kristalleri bulunmuştur.

Mikanın yaygın bir çeşitlemesi olan muskovit minerali [< Lat. "Muscovia": Rusya; İng. "muscovite", Alm. "Glimmer" / "Muskowit", "Moskova camı" / "Rus camı") potasyum alümin-

yum silikat $[KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2]$ bileşimli, saydam ya da yarı-saydam açık renkli bir mineraldir. Mohs sertliği 2-2,25 arasında, özgül ağırlığı 2,76-3 arasında uzanır. Yapay camın uzaktan doğal bir akrabası olan “Rus camı”nı, 1777’de Alman mineralog Johann Friedrich Gmelin (1748-1804) betimlemiştir. Muskovit’in adı, bu mineralin daha önceleri Moskova’da pencere camı olarak kullanılması nedeniyle ona verilen “Moskova camı” adından gelmektedir. Hindistan’da 5 x 3 m boyutunda muskovit levhalar bulunmuştur. Tek kristal halinde belirlenmiş en büyük mika kristali Kanada’da bulunmuş olup 10 x 4,3 x 4,3 m boyutlarında ve 330 ton ağırlığındadır.

Mineral krallığının benzersiz bir üyesi olan asbest (amyant, “fitil taşı”, “taş pamuğu”, “yanmaz dağ keteni”, “yanmaztaş”) ilk bakışta taşa ya da minerale değil de organik bir malzeme olan yün ya da pamuğa benzer. Bileşimi $2MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ şeklindedir. İyi kaliteli asbest, diğer minerallerden çok daha esnektir ve gerilme dayanımı da çok yüksektir. Organik elyaf-lardan daha uzun olduğu gibi daha da sağlamdır. Ateşten ve kimyasallardan etkilenmez. Eski Mısırlılar, Yunanlılar ve Romalılar asbesti çeşitli özel amaçlarla kullanmışlardır. Mısırlılar kimi zaman firavunların mumyılanmış cesetlerini korumak için kaba asbest bezlere sarmışlardır. Romalılar, imparatorlarının yakılan cesetlerini, külleri saçılmasın diye asbest sargılar içinde yakmışlardır. Ocak tanrıçası Vesta’nın bakire rahibelerinin kandillerinde kullanılan asbest fitiller, sönmeksizin sürekli yanma sağlardı. Yunanca “*a-sbestos*” (“yok edilemez” / “söndürülemez”) sözcüğünün bir bakıma yanlış konduğu ve doğrusunun “yanmaz” olması gerektiği düşünülebilirse de bu adlandırma eskiden tapınaklarda sürekli yanan kandillerde fitil olarak asbest kullanılmasından ötürüdür. Asbest / amyant için Yunanlılar genelde “*asbestos*” terimini kullanırlarken, Dioskorides (~20-79) “bozulmaz” anlamına gelen “*a-mianthos*” terimini kullanmış, Romalılar ise “*lapis amianthus*” (amyant taşı) ya da “*lapis asbistinus*”tan (asbest taşı) söz etmişlerdir. Yaşlı

Plinius (23-79) onun için “*linum vivum*” (“canlı keten”) adını kullanmış ve onun Hindistan’daki bir bitkiden elde edildiğine inanmıştır. Bu bitki güneş tarafından yanıp kavrulmuş topraklarda yetiştiğinden, ateş içinde yaşamaya alışkanlık kazanmıştı. Bir söylentiye göre Kutsal Roma İmparatoru Charlemagne’nın (Şarlman) (İmp. 800-814) asbestten bir sofra örtüsü vardı ve yemek sonunda onu temizlemek amacıyla ocaktaki ateşin içine atardı. Abbasiler döneminde yaya olarak savaşan özel “nafta atıcıları” birlikleri, asbestten dokunmuş ateşe dayanıklı giysiler giyiyordu. Çin’e giden Marco Polo, merakını çeken, “salamander (semender) yünü” diye adlandırılan bir maddeden (asbest, amyant) dokunan ve yine “salamander” diye adlandırılan ve yanmayan gizemli bir kumaştan söz eder ve bu malzemenin aynı adla anılan ve ateş içinde yaşadığı söylenen söylencesel ejderha ya da hayvanla bir ilgisinin bulunmadığını belirtir. 1870’lerde Carl Auer von Welsbach (1858-1929), nadir toprak elementleri emdirilmiş asbest liflerinin güçlü bir şekilde ısıtıldıklarında parlak ışık verdiklerini gözlemledi.³⁸ Asbest, o dönemlerde merhemlerin bileşiminde de yer alır, başta ve deride çıkan mantar benzeri oluşumlarda ilaç olarak sürülürdü. 1880’lerde İngiltere’de asbestten yapılı sigara kâğıtları bile kullanıma girmişti. Gerçekte sanayi, asbesti benimsemeye oldukça yavaş davranmıştır. Kanada’da asbestin akrabası olarak çok geniş ve kaliteli krizolit yatakları keşfedildikten sonra bile asbest sanayisi uzun süre bundan yararlanmamıştır. Günümüzde ise uçuşan liflerinin silikoza yol açtığı anlaşıldığından, çevre sağlığı bağlamında kullanımı yasaklanmıştır.

Ünlü Alman şairi Wolfgang von Goethe (1749-1832), 1785-1820 yılları arasında iki kez Karlsbad’daki kaplıcada bulunmuştur. Orada, yerel kayaç örneklerinden oluşan koleksiyonları hediyelik eşya olarak kaplıca konuklarına satan, taş işleme sanatçısı Joseph Müller’le (1727-1817) tanışmıştır. Goethe, Müller’le dost olmuş ve her ikisi, Karlsbad dolayında çok sayıda jeolojik keşif gezisi yapmışlardır. Müller, Goethe’den,

kendi taş türlerini sistematik bir düzenlemeye koyarak onları uzmanca betimlemesini rica etmiştir. Bu rica hemen yerine getirilmiş, 1807 yılında *Sammlung zur Kenntniss der Gebirge von und um Karlsbad* (Karlsbad ve Dolayındaki Dağlar Hakkında Bilgi Veren Koleksiyon) başlıklı küçük bir broşür ortaya çıkmış ve 1852 yılına dek bu kitapçığın çok sayıda basımı gerçekleştirilmiştir. Goethe, bir süre sonra buraya olan ilgisini yitirerek Marienbad'a yönelmiştir. Karlsbad örneğine göre buranın da jeolojik betimini yapmış; 17 yaşındaki Ulrike von Lewet-zow'a (1804-1899) karşı burada sahiplendiği tutku, 72 yaşındaki yaşlı mineralogu (Goethe'yi) derinden etkilemiştir. Goethe, kayaç levhaları arasına yerleştirdiği çikolatalarla birlikte ona gönderdiği paketler aracılığıyla, uğraştığı bilimi genç kız için zevkli hale getirmeyi amaçlamış, hattâ 1823 yılı yazında Ulrike'ye evlenme teklif etmiştir. Ulrike ve annesi bundan utanç duyarak orayı hemen terk etmişlerdir. Bu olayın ertesinde, Goethe'nin, ıstıraplar içinde nefsini yenerek bu yaşlılık tutkusundan vazgeçmesinin ürünü olan ünlü *Marienbader Elegie* (Marienbad Hüznü) adlı eseri ortaya çıkmıştır.⁴³

Goethe, yaşamı boyunca yaklaşık 18 bin mineral ve kayaç toplamıştır. Özel olarak Monte Paderno'da bulunan Bologna ışık saçan taşlarına ilgi duyuyordu; Paderno, Kuzey İtalya'da Bologna kenti yakınındadır. Goethe, İtalya'ya yaptığı gezilerini anlattığı *Italianische Reise* (İtalya Gezisi) (Bologna, 1786) adı eserinde bundan söz etmiştir. Bu ışık saçan taşlar ağırspattan (baryum sülfat) ibaret olup kömür ve az miktarlarda bakır, stronsiyum, mangan, nikel vb. ağır metal tuzlarıyla birlikte 600-1000 °C'da kavrulduklarında (kalsinasyon) ele geçmektedir. Böyle bir indirgeme tepkimesi ile baryum sülfattan ($BaSO_4$), baryum sülfür (BaS) elde edilmektedir. Çok az miktarda bir ağır metal tuzu (örneğin bakır sülfat) katkısı, indirgeme sonucu oluşan ürünlerin UV (ultraviyole) ışıkla aydınlatıldığında görünür ışık yaymasına yol açıyor ve yayılan ışığın rengi, katılan ağır metal tuzuna bağlı olarak değişiyordu. Taşların bu yol-

la ışık saçmaları olgusunu o dönemde İtalyanlar “fosfori” diye adlandırıyordu.¹²⁷

Evrım kuramının babası Charles Robert Darwin (1809-1882) doğal seçilime ilişkin kuramıyla, organizmaların yavaş değişiminin, yeryüzü tarihinin seyrini açıklayabilecek bir çalışma aracı olduğunu belirtmiştir.

19. yüzyılın ikinci yarısında, başta Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısı ve Afrika'nın doğu kıyısı ile Hindistan'ın batı kıyısı olmak üzere çeşitli anakaralar üzerindeki çökeltiler ve fosiller arasında gitgide artan sayıda benzerlikler keşfedilmiştir. Yine, Kuzey Amerika'nın doğusunda bulunan Appalaş Sıradağları'nın, Avrupa anakarasında İngiltere ve Norveç'teki dağ sıralarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Kimi anakaraların batığı (Atlas Okyanusu'nda “Atlantis”, Hint Okyanusu'nda “Lemuria”, Büyük Okyanus'ta “Mu” anakarası), okyanus tabanlarının yayıldığı, anakaraların yer değiştirdiği şeklinde kuramlar ortaya çıkmıştır. Atlas Okyanusu'nun iki yakasında yer alan kara parçalarının (özellikle Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısının) bir zamanlar birleşik olduğunu ilk öne süren Alexander von Humboldt olmuştur. Jeofizikçi Alfred Lothar Wegener'in (1880-1930) *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (Kıtaların ve Okyanusların Oluşumu) (1915) adlı eserinde dile getirdiği “kıtaların sürüklenmesi” (İng. “continental drift”) varsayımına göre, anakara kabuklarının gevşek ve nispeten granit yapılı olan kayalar (“Sial”), yoğun ama kıvamlı olan bazaltik malzemeden (“Sima”) ibaret bir zemin üzerinde, tıpkı su üzerindeki buzdağında olduğu gibi yüzmektedir. Günümüzden 250 milyon yıl öncesinin ilksel süper-kıtası olarak adlandırılan “Pangaea” (“bütün kara parçası”), böylece nispeten zayıf kuvvetler aracılığıyla parçalara ayrılarak birbirinden uzaklaşmış olmalıydı. Grönland'daki bilimsel bir keşif seferi sırasında uçaktan atılmasını beklediği erzak paketini aramak üzere çıktığı yolda ölen ve

oraya gömülen Wegener'in ardından ilk olarak Arthur Holmes (1890-1965), 1930 yılında, anakara levhalarının hareketini "yerin manto katmanındaki sıcak magmanın konveksiyon akımları" (yani bir sıvının, ısındığında genişleyip yükselmesi ve soğuduğunda dibe inmesine yol açan akımlar) yoluyla açıklayabilen bir mekanizma önermiştir.¹²⁰

Yaklaşık 4,5 milyar yıl önce oluşan dünyamızda canlılar 3,5-3,8 milyar yıl önce, insanımsı türler 6-7 milyon yıl önce, bizim türümüz olan "*homo sapiens*" ise 200 bin yıl önce (Afrika'da) ortaya çıkmıştır. Gezegenimizin yaşam bulmaya başladığı ilk jeolojik dönemlerde, Yunanca "tüm denizler" anlamına gelen "*Pantalassa*" adı verilen tek bir okyanusun varlığından söz edilmektedir. Dünya kurulduğundan beri yer kabuğu, birkaç yüz milyon yıllık dönem aralıklarıyla, kırılma sonucu büyükkanakalar halinde levhalara ayrılıp kaymış ve yeniden çarpışarak birleşmiştir. Kıtaların ve bunların parçaları olan kıta levhalarının, magma üstünde hareket ederek zaman içinde yer değiştirmesi olgusuna "levha tektoniği" ya da "levhaların yapılandırılması" denir. 800 milyon yıl önce anakaralar birleşerek "*Rodinia*" adı verilen büyükkanakarayı oluşturmuş; daha sonra "*Rodinia*" parçalara ayrılmaya başlamış ve 500 ve 250 milyon yıl önce tekrar çarpışmıştır. 250 milyon yıl önceki birleşmede "*Pangaea*" adı verilen son büyükkanakara oluşmuştur. Bu da önce kuzeyde "*Laurasia*" ve güneyde "*Gondwana*" adı verilen iki kara parçasına ayrılmış ve aralarında "*Tethys*" adı verilen okyanusu bırakmışlardır. Akdeniz'in atası olan Tethys Okyanusu, adını Yunan mitolojisinde Gök Tanrısı Uranus'un kızı ve Büyük Suların Tanrısı Okeanus'un karısı olan Deniz Tanrıçası Tethys'ten almıştır. Levha hareketleri sonucu bunlar da zamanla bölünerek bugünkü anakaraları ("*Laurasia*"dan Avrupa ve Kuzey Amerika; "*Gondwana*"dan Afrika, Antartika, Yeni Zelanda-Avustralya ve Güney Amerika) oluşmuştur.^{120, 122} Jeolog Eduard Suess (1831-1914) 1866'da ortaya attığı bir tezinde, Orta Avrupa'dan Aral Gölü'ne kadar uzanan ve "Para-

tethys” diye adlandırdığı bir iç denizin, 36 milyon yıl öncesinden başlayarak daraldığını ve bugünkü Karadeniz’e dönüştüğünü ileri sürmüştür.

100 milyon yıl öncesine kadar Güney Amerika doğuda Afrika’ya, güneyde ise Antarktika’ya bağlıyken, Antarktika Avustralya’ya, Hindistan ile Madagaskar ise Afrika’ya bağlı idi. Güneyde Güney Amerika, Afrika, Madagaskar, Hindistan, Antarktika ve Avustralya’nın bir arada bulunduğu “*Gondwana*” adını verdiğimiz tek bir büyük anakara bulunurken, kuzeyde Kuzey Amerika, Grönland, Avrupa ve Asya’dan (Hindistan dışında) oluşan ve “*Laurasia*” adını verdiğimiz tek bir büyük anakara bulunmaktaydı ve Kuzey Amerika ile Güney Amerika birbirine bağlı değildi. 100 milyon yıl önce bu kara kitlelerinde büyük kopmalar oluşmaya başladı ve anakaralar kayarak bugünkü konumlarına doğru hareket etmeye başladılar. Böylece Afrika, Arabistan aracılığıyla Asya’ya bağlanarak “Eski Dünya” denen büyük anakaranın bir parçası olurken, Kuzey Amerika Avrupa’dan uzaklaştı, Antarktika güneye doğru sürüklendi, Hindistan Afrika’dan ayrılarak Güney Asya’ya yapıştı, Avustralya ise Antarktika’dan uzaklaşarak yalnız bir anakaraya büründü. Bu kayma hareketleri, gelecekte de sürecek ve dünya haritasının görünümü değişecektir.¹²⁸

Yeryüzünde taşkürenin (litosfer) soğuyarak katılaştığı oluşum sürecinde en yüksek sıcaklıklarda demir yoğunlaşmış ve gezegenimizin çekirdek kısmına doğru çekilmiştir. Ardından silikat mineralleri, demir oksitler, hidrokarbonlar ve hidrosilikat mineralleri oluşmuştur.¹²⁰

Manyetik kayaların çoğunun yıldırım düşmesi sonucu mıknatıslandığı söylenir. Demir içerikli kimi lavlar da tekdüze olarak yer’in manyetik alanına koşut doğrultuda mıknatıslanmışlardır. Kıtaların hareketlerini kanıtlayan doğru verilerin en iyi bilinen örneklerinden biri de paleomanyetizmadır. Manyetik kutup noktası, jeolojik zamanlar bağlamında değişme gös-

terebilmektedir. Magma soğurken belirli bir sıcaklığa ulaştığında, içeriğindeki demir mineralleri, oluştuğu jeolojik zamanın manyetik kutbuna göre yönelerek katılırlar. Böylelikle yerin manyetik alanının yönü ve şiddeti de bu demir minerallerinin dizilimi yoluyla kaydedilmiş olur.¹²⁰

Yerin derinlerine inildikçe “jeotermal sıcaklık” her 33 metrede 1 derece artar. Dünyamız yer yüzeyinden içe doğru yerkabuğu (8-40 km), manto (2900 km) ve çekirdek (dış çekirdek: 2250 km; iç çekirdek: 1300 km) olarak adlandırılan üç ana katmandan oluşmuştur. Çekirdek kısmı demir ve nikelden oluşur; iç çekirdek katı halde ve 7000 °C sıcaklıkta iken dış çekirdek sıvı halde ve ortalama 4000 °C sıcaklıktadır.¹²²

Granit maddesi alüminyum oksit ile silisyum oksitçe zengin iken, bazalt, demir oksit ve magnezyum oksitçe zengin bir kayaç türüdür. Dünyanın çekirdek kısmı dış çekirdek ve iç çekirdek olarak iki bölüme ayrılabilir. Dış çekirdek sıvı niteliğinde iken, iç çekirdek katı halde olup bileşiminde % 80-85 oranında demir içerir. Yaklaşık 4,5 milyar yaşında olan ve 4 milyon yıldan beri insan denen yaratığı barındıran dünyamızın ortalama özgül ağırlığı 5,5 g/cm³, kayaların özgül ağırlığı ise 2,5 g/cm³tür. Buna göre, yerin merkezine yaklaştıkça yoğunluk ya da özgül ağırlık artmaktadır. Jeolog ve sismolog Beno Gutenberg’in (1889-1960) 1914 yılında saptadığı üzere, rafa-dan bir yumurta yapısında ve yaklaşık 6400 km yarıçapa sahip olan yerküremiz, dışta yer yer okyanuslarla kaplı karalardan oluşan sert bir kabuk tabakası, onun altında yaklaşık 3000 km kalınlığında kayaç malzemelerinden oluşan bir “manto”nun sardığı, kabaca sıvı demir ve nikel karışımından oluşan bir çekirdek ve merkezde yer alan sert bir çekirdekten ibarettir.¹²⁹

19. yüzyıl ikinci yarısından itibaren mineraloji ve kristallografi bilimleri büyük aşamalar kaydetmiştir. Mineralog Gustav Rose (1798-1873), özellikle minerallerin kristal biçimleri ile onların fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmaya il-

gi duymuş, 1829 yılında Alexander von Humboldt ve biyolog Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) ile birlikte imparatorluk Rusya'sında bilimsel keşif gezilerine katılmış, Altay ve Ural Dağları'nda ve Hazar Denizi bölgesinde mineralojik araştırmalar yapmış ve döneminin en kapsamlı mineral sınıflandırmasını sergileyen *Krystallo-Chemische Mineralsystem* (Kristal Kimyasına İlişkin Mineral Sistemleri) (1852) adlı eserinde mineralleri kimyasal ve kristallografik özelliklerine dayalı olarak sistemli bir düzene sokmaya çalışmıştır. Onun *System of Mineralogy* adlı eseri ise 1837'de yayımlanmıştı. Fizikçi Josiah Willard Gibbs (1839-1903), 1876 yılında ortaya koyduğu "evreler (fazlar) kuramı"nda, kapalı bir sistemde ve belirli bir kimyasal bileşimde çeşitli mineral evrelerinin özgül basınç ve sıcaklık koşulları altında oluşabileceği öndeyisini getirmiştir. İngiltere'de mineralog Henry Clifton Sorby (1826-1908), 1860'ta mineral ve kayaçların ince kesitlerini incelemek için polarize (kutuplanmış) ışık mikroskopisi yöntemini ortaya koymuştur. Mineral ya da kayaçlardan alınan ince kesitler, mikroskop camı üzerine konup kutuplayıcı merceklerin altında döndürülüyor, bu sırada gözlemlenen karakteristik renk değişimleri, minerali tanılamaya yarıyordu. Bu bağlamda mineralog ve petrograf Karl Rosenbusch (1836-1914), 1873'te *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien* adlı önemli eserini yayımlamıştır. 1874 yılında İngiliz mineralog William Hallows Miller (1801-1880), kristal yüzlerinin ölçümünü kolay, hızlı ve gelişmiş hale getiren iki dairesel yansıtma gonyometresini kurmuştur. X-ışınları kırınımının keşfinden önce kristallografların en önemli aleti gonyometre (< Yun. "gonio": "gelen" ya da "açı" + "meter": "ölçer") Miller, 1839'da, kristal yüzlerini belirtmede kullanılan "Miller indisleri" kavramıyla ün kazanmıştır. 1895'te Alman fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), karbon kâğıdından geçebilen gizemli bir ışımaya yayan katot ışınlarını keşfetmiş ve bu ışınım daha sonra "X-ışını" diye adlandırılmıştır. 1912 yılında ilk olarak Walter Friedrich (1883-1968), Paul Knipping (1883-1935) ve

Max Felix Theodor von Laue (1879-1960) tarafından geliştirilen “X-ışını kırınımı” yöntemi, kristal yapılarını karakterize etmede ve belirlemede günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fransa’da Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) ve İngiltere’de L. Fletcher, kristallerdeki ısı genleşme hızları üzerinde çalışmışlar; 1880 yılında fizikçi Pierre Curie (1859-1906) ile kardeşi Jacques Curie (1856-1941), bir kristalin kutupsal ekseninin bir ucuna basınç uygulandığında negatif, diğer ucunda ise pozitif bir yük oluştuğunu (“piezoelektrik”) keşfetmiştir. Fizikçi Auguste Bravais (1811-1863) bir kristal örgü kuramı geliştirmiş, François-Ernest Mallard (1833-1894) ise *Traité de cristallographie géométrique et physique* (Geometrik ve Fiziksel Kristallografi İncelemesi) (1874) adlı kitabında Bravais’nin kuramına dayalı olarak çağdaş kristallografinin ilkelerini geliştirmiştir. 1846’da Léonce Élie de Beaumont (1798-1874), yer kabuğundaki kimyasal elementlerin çoklukları üzerine bir genel bakış yayımlamıştır. Fransız kimyacı Edmond Frémy (1814-1894) 1877’de yeterli büyüklükte değerli taş kalitesinde zümrüt kristallerini ilk olarak yapay yoldan elde etmiş, ayrıca alüminyum oksit ve kromu bir pota içinde eriterek yakut kristalleri büyötmeye de çalışmıştır. Mineralog August Verneuil (1856-1913) ise 1904 yılında yakut üretimi için özel bir teknik tasarlamış ve ilk olarak yakut mineralini sentetik olarak üretebilmiştir. Zümrüt ve yakutun karakteristik renkleri, içeriğinden krom bileşeninden kaynaklanır. Verneuil’ün “alev-eritmesi” yöntemi günümüzde de kullanılmaktadır. Bunda toz haline getirilmiş bileşenler küçük topraklar halinde fırın içine konup 2000 °C’nin üzerindeki sıcaklıkta eritilmekte, damla halini alan malzeme bir tabanlığın üzerine damlatılmakta ve orada kristalleşmeye bırakılmaktadır. C. Hinzé’nin (1851-1916) *Handbuch der Mineralogie* (Mineraloji Elkitabı) ve James Dwight Dana’nın (1813-1895) *A System of Mineralogy* (Bir Mineraloji Sistemi) adlı eserleri, mineraloji literatürünün önemli köşe taşlarındandır.

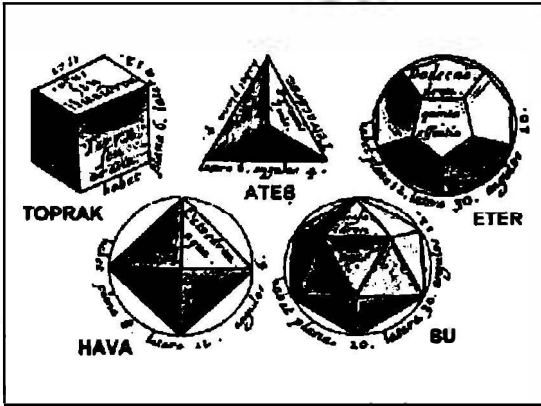
Andezit ("*andesite*"), yaygın bulunduğu Güney Amerika'daki And Dağları'ndan ad almıştır. Hornblend, feldspat ve kuvarstan oluşan "siyenit" minerali, adını eski çağlarda anıt ve dikilitaş yapımında kullanıldığı Eski Mısır'daki Syene'den (günümüz Assuan kenti) ad almıştır. Birçok minerale ise o minerali keşfeden ya da onunla araştırmalar yapmış çeşitli bilim insanlarının adları verilmiştir. Buna ilişkin yüzlerce örnek arasından şunlar verilebilir: "*Alexandrite*" [< Rus Çarı II. Aleksandr (1818-1881; yön. 1855-1881)], "*allanite*" [< Thomas Allan (1777-1833)], "*andradite*" [< J. B. d'Andrada de Silva (1763-1838)], "*bementite*" [< Clarence Sweet Bement (1843-1923)], "*bertrandite*" [< Marcel Alexandre Bertrand (1847-1907)], "*berzelianite*" [< Jöns Jakob Berzelius (1779-1848)], "*biotite*" [< Jean Baptiste Biot (1774-1862)], "*bischofite*" [< Carl Gustav Christoph Bischof (1792-1870)], "*bloedite*" [< Carl August Bloede (1773-1820)], "*boehmite*" [< Johannes Böhm (1857-1938)], "*bradleyite*" [< Wilmot Hyde Bradley (doğ. 1899)], "*brannerite*" [< John Casper Branner (1850-1922)], "*brookite*" [< Henry James Brooke (1771-1857)], "*brucite*" [< Archibald Bruce (1777-1818)], "*brüggenite*" [< Juan Brüggen (1887-1953)], "*bunsenite*" [< Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899)], "*burkeit*" [< William Edmund Burke (doğ. 1980)], "*cahnite*" [< Lazard Cahn (1865-1940)], "*carnallite*" [< Rudolph von Carnall (1804-1874)], "*colemanite*" [< William Tell Coleman (1824-1893)], "*cordierite*" [< Pierre Louis Antoine Cordier (1777-1861)], "*crookesite*" [< William Crookes (1832-1919)], "*d'ansite*" [< Jean d'Ansité (doğ. 1881)], "*darapskite*" [< Ludwig Darapsky (doğ. 1857)], "*dickite*" [< Allan Brugh Dick (1833-1926)], "*dietzeite*" [< August Dietze (ölm. 1893)], "*dolomite*" [< Guy-Sylvain Déodat Tancrede Gratet de Dolomieu (1750-1801)], "*dumortierite*" [< Eugène Dumortier (1802-1873)], "*faujasite*" [< Barthélemy Faujas de Saint Fond (1741-1819)], "*feitknechtite*" [< Walter Feitknecht (1899-1975)], "*fergusonite*" [< Robert Ferguson (1799-1865)], "*ferri-*

erite" [< Walter Frederick Ferrier (1865-1950)], "florencite" [< William Florence (1864-1942)], "forsterite" [< Adolarius Jacob Forster (1739-1806)], "gadolinite" [< Johan Gadolin (1760-1852)], "gaylussite" [< Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850)], "glaserite" [< Christoph Glaser (1628-1672)], "glauberite" [< Johann Rudolf Glauber (1604-1668)], "goethite" [< Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832)], "groutite" [< Frank Fitch Grout (1880-1958)], "halloysite" [< jeolog Baron Jean-Baptiste Julien Omalius d'Halloy (1707-1789)], "hanksite" [< Henry Garber Hanks (1826-1907)], "hausmannite" [< Johann Friedrich Ludwig Hausmann (1782-1859)], "haüyne" [< René-Just Haüy (1743-1822)], "heulandite" [< John Henry Heuland (1778-1856)], "hollandite" [< Thomas Henry Holland (1868-1947)], "howlite" [< Henry How (1828-1879)], "huntite" [< Walter Frederick Hunt (1882-1975)], "kieserite" [< Dietrich Georg Kieser (1779-1862)], "kornepupine" [< Andreas Nikolaus Kornerup (1857-1881)], "kotoite" [< Bundjirom Koto (1856-1935)], "kurnakovite" [< Nikolai Semenovitch Kurnakov (1860-1941)], "kunzite" [< George Frederick Kunz (1856-1932)], "laumontite" [< François Pierre Nicolas Giller de Laumont (1747-1834)], "lecontite" [< John Lawrence LeConte (1825-1883)], "liebigite" [< Justus von Liebig], "loewite" [< Alexander Loewe (1808-1846)], "ludwigite" [< Ernst Ludwig (1842-1915)], "meyerhofferite" [< Wilhelm Meyerhoffer (1864-1906)], "moissanite" [< Ferdinand-Frédéric-Henri Moissan (1852-1907)], "morganite" [< John Pierpont Morgan (1837-1913)], "nosean" [< Karl W. Nose], "offertite" [< Albert Jules Joseph Offret (doğ. 1857)], "pentlandite" [< Joseph Barclay Pentland (1797-1873)], "perovskite" [< yeryüzünde en yaygın bulunan mineral olarak bir tür magnezyum silikat minerali olup Rus mineralog Lev Aleksevich Perovski'nin (1792-1856) adından], "phillipsite" [< William Phillips (1775-1829)], "pirssonite" [< Louis Valentine Pirsson (1860-1919)], "priceite" [< Thomas Price (doğ. 1837)], "probertite" [< Frank

Holman Probert (1876-1940)], “*proustite*” [< Louis Joseph Proust (1755-1826)], “*ramsdellite*” [< Lewis Stephen Ramsdell (1895-1975)], “*roscoelite*” [< Sir Henry Enfield Roscoe (1833-1915)], “*roselite*” [< Gustav Rose (1798-1873)], “*samarskite*” [< Vasillii Erafovich Samarski-Bykhovets (1803-1870)], “*scheelite*” [< Carl Wilhelm Scheele], “*sellaite*” [< Quntino Sella (1827-1884)], “*senarmontite*” [< Henri Hureau de Sénarmont (1808-1862)], “*shortite*” [< Maxwell Naylor Short (1889-1952)], “*sillimanite*” [< Benjamin Silliman (1779-1864)], “*smithsonite*” [< ünlü Smithsonian Enstitüsü’nün kurulmasını vasiyet eden İngiliz kimyacı ve mineralog James Smithson (1765-1829)], “*sylvite*” [< Franciscus Sylvius de le Boë (1614-1672)], “*szaibelyite*” [< Stephan Szaibely (1777-1855)], “*thénardite*” [< Louis Jacques Thénard (1777-1857)], “*tunellite*” [< George Tunell (doğ. 1900)], “*ulexite*” [< George Ludwig Ulex (1811-1883)], “*uvarovite*” [< Sergei Semeonovich Uvarov (1786-1855)], “*valentinite*” [< Basilius Valentinus (1565-1614)], “*vanthoffite*” [< Jacobus Henricus van’t Hoff (1852-1911)], “*vernadite*” [< Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863-1945)], “*vonsenite*” [< Magnus Vonsen (1879-1954)], “*wardite*” [< Henry Augustus Ward (1834-1906)], “*wavellite*” [< William Wavell (ölm. 1829)], “*witherite*” [< William Withering (1741-1799)], “*wollastonite*” [< William Hyde Wollaston (1766-1828)] ve “*zoisite*” [< Baron Siegmund Zois (1747-1819)].¹⁰⁴

Kristallerin Dünyası ve Kristal Modelleri

Platon (İÖ 427-348), Empedokles’in (İÖ 485-425) dört element öğretisini ve Pisagorcuların atomların belirli bir geometrik yapıya sahip olduğu düşüncesini benimsemiştir. Çokyüzlü betümlerlerinin en eski örneklerinden biri, Platon’un ünlü *Timaeus* / *Timaios* (Kozmolojik Karakterler) (~İÖ 360) adlı diyaloglarında yer aldığından bunlara “Platonsal kaular” ya da “Platonsal cisimler” adı verilir. Bu eserinde Platon, beş ilksel



Şekil 54. Platonsal element atomlarının geometrik biçimleri:
 TOPRAK-Hekzahedron (6 yüzlü);
 ATEŞ-Tetrahedron (4 yüzlü);
 ETER-Dodekahedron (12 yüzlü);
 HAVA-Oktahedron (8 yüzlü);
 SU-Ikozahedron (20 yüzlü).

öge ile eşleştirilen düzgün çokyüzlüler için şöyle demektedir: “Tanrı’nın, onların sayıları, hareketleri ve diğer nitelikleri arasında uygun oranlar ayarladığını ve bu oranları tam bir mükemmellik içinde bir araya getirdiğini varsaymalıyız”. Eukleides’in (Öklid) (İÖ 316-250) ünlü eserinin 13. ve son cildinde mevcut beş düzgün çokyüzlü konusunda bilgi verilerek bunlara “Platonsal cisimler” adı verilmiştir (ŞEKİL 54). Buna göre her birinin yüzleri aynı kusursuz çokgenden oluşan ve her birinin kenarları eşit olan yalnızca ideal beş tane düzgün üç boyutlu cisim vardır ve bunlar, dört yüzlü (üçgen piramit ya da “tetrahedron”; dört adet eşkenar üçgenden oluşur), altı yüzlü (küp ya da “hekzahedron”; altı adet kareden oluşur), sekiz yüzlü (“oktahedron”; sekiz adet eşkenar üçgenden oluşur), oniki yüzlü (“dodekahedron”; on iki adet eşkenar beşgenden oluşur) ve yirmiyüzlü (“ikozahedron”, yirmi adet eşkenar üçgenden oluşur) şeklindedir. Yunan felsefesinde önemli bir rol oynayan beş Platonsal katının temellendirilmesinin, doğadaki kristal biçimlerine dayalı olduğu varsayılmıştır. Siracusa’lı Arkhimedes’e (Arşimed) (İÖ 287-212) yakıştırılarak “Arşimedse cisimler” diye adlandırılan ve en az iki değişik düzgün çokgen yüzden oluşan 13 değişik yarı-düzgün çokyüzlü cismin de onun doğal kristalleri gözlemlemesinden esinlenildiği

akla yatkın bir varsayımdır. Johannes Kepler (1571-1630), gezegenlerin yörüngelerini açıklamak üzere *Mysterium cosmographicum* (Evrenin Gizemi...) (Tübingen, 1596) adlı eserinde yer verdiği ve her biri, gezegenlerin hareket ettikleri düşünülen eşmerkezli gökkürelerinin içine yerleştirilmiş Platonsal beş yetkin cisimle ["tetrahedron" (dört yüzlü); "hekzahedron" (altı yüzlü); "oktahedron" (sekiz yüzlü); "dodekahedron" (oniki yüzlü); "ikozahedron" (yirmiyüzlü)] eşleştirilen gezegenlere ilişkin ünlü resimde, sıkı istiflenmiş gökkürelerinin düzenlenimini hem matematiksel hem de fiziksel bağlamda sergilemiştir. Küre, olası tüm cisimler arasında hacmine göre en küçük dış yüzey alanına sahipken, tetrahedron, düzgün çokyüzlüler arasında hacmine göre en büyük dış yüzey alanına sahip olan cisimdir. Geometrik yapılar olarak dört yüzlü, küp ve oniki yüzlünün keşfi Samos'lu (Sisam'lı) Pythagoras'a (Pisagor) (İÖ 570-480), sekiz yüzlü ile yirmiyüzlünün keşfi ise Atina'lı Theaetetus'a (İÖ 417-369) aittir. Bunlardan oniki yüzlünün daha erken dönemde Pythagoras tarafından bulunmasına şaşmamalıdır; doğada yaygın bir mineral olan adi piritin [demir(II)-disülfür, FeS_2] çoğu zaman üçgen yüzeylerden oluşan sekiz yüzlü ve kimi zaman da beşgen yüzeylerden oluşan oniki yüzlü kristallerine rastlanmaktadır.¹³⁰ Ünlü ressam Albrecht Dürer'in (1471-1528) 1514 tarihli "*Melencholia-I*" adlı gravüründe yer alan çokyüzlü, çiziminde hata bulunmaktaysa da, bir doğal kristale (kalsit!) çok benzemektedir.

Ünlü astronom Kepler, 1611 yılında yayımladığı *Strena seu de nive sexangula* [$\rightarrow$ Almanca'da: *Vom sechseckigen Schnee* (Altı Köşeli Kar tanesi Üzerine); $\rightarrow$ İngilizce'de: *A New Year's Gift, or on the Six-Cornered Snowflake* (Bir Yeni Yıl Armağanı ya da Altı Köşeli Kar Tanesi Üzerine)] adlı kitapçığında kar tanelerinin düzgün altıgen biçimli örgülerine dikkat çekerek bu yapının bal peteklerinde ve nar tanelerinde de yinelandığını, ayrıca beşgen şekillerin de pek çok botanik yapıda ortaya çıktığını belirtmiştir. Ortaçağ Batı düşüncesine göre Tanrı, soyut geo-

metrik oyunlardan hoşlandığından, bizzat kar tanelerinin altıgen biçimlerini sonsuz çeşitlilikte yaratmakla eğleniyordu. Kepler, kaya kristallerinin (neceftaşı) her zaman altıgen kesitli, elmasların ise ender durumlarda düzgün sekizyüzlü (oktahedron) olarak biçimlendiğini kaydetmiştir. Bu bakımdan çeşitli bilginler, Kepler'in bu kitapçığının erken mineraloji tarihi açısından önemini vurgulamışlardır. Kepler'in ardından Nicolas-Claude Fabri de Peiresc'in (1580-1637), Pierre Gassendi'nin (1592-1655), René Descartes'in (Renatus Cartesius) (1596-1650) ve İzlanda spatında ışığın çifte kırılmasının keşfi ile de tanınan Erasmus Bartholin'in (1625-1698) çalışmaları da bu yönde sürmüştür. Böylece geometri oyunu yeni bir biçim alarak, Tanrı'nın doğada gizlediği geometrik örgüleri araştırma ve buna ilişkin somut örnekler bulma mücadelesine dönüşmüştür. Kepler, geometri oyununun ufuklarını daha da genişleten başka bir katkıda bulunmuştur.

Alman İmparatoru II. Rudolf'un Prag'daki krallık sarayında özel hekimi olan Belçika'lı Anselmus Boetius de Boodt (1550-1632), kristallerin geometrik yapılarını incelemeye yönelerek imparatorun değerli taş ve mineral koleksiyonunu düzenlemişti. Onun bu konuda *Gemmarum et lapidum historia libri V* (Değerli Taşların ve Taşların İncelenmesi Üzerine Beş Kitap) (Hannover, 1609) adlı bir eseri bulunmaktadır. Hastalık tedavisi konusunda Paracelsus'un işaretler öğretisini reddeden Boodt, simyaya yönelik olarak transmutasyon çalışmalarıyla uğraşmıştır. Onun simyaya yaklaşımı ışıkla değerli taşlar arasındaki ilişkilerin yorumlanmasına dayalıdır. "Mineralojinin babası" olarak da nitelenen Boodt, anılan eserinde yaklaşık 600 minerali betimlemiştir. İki kitaptan oluşan eserin birinci kitabı, minerallerin özelliklerine ilişkin kimi genel düşünceleri içerir. İkinci kitap ana bölüm olup burada mineral maddeler tartışılmaktadır. Her bir mineral çeşidi için Boodt onların çeşitli adlarını, fiziksel özelliklerini, oluşumlarını, taklitlerini ve taklitleri belirleme araçlarını, tıbbi kullanımlarını ve yaklaşık

fiyatlarını vermekte, minerallerin büyük-küçük, yaygın-ender, yumuşak-sert, yanar-yanmaz, saydam-saydamsız şeklinde dizesel betimleri yönünde en erken atılımlardan birini sergilemektedir. Boodt kimi minerallerin kristal biçimlerini “üçgensel”, “dörtgensel” ve “heangular” şeklinde vermiştir. Ancak Boodt, çeşitli değerli taşların tedavi edici özellik taşıdığından kuşku duymaktadır. Ona göre eğer bir taşın tedavi edici bir özelliği varsa, bu durumun, herhangi bir doğaüstü özellikten değil, taşın bedenle etkileşmesi yüzünden olabileceği düşüncesindedir.

İngiliz Robert Hooke (1635-1703) ve Hollanda’lı Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), kristal mikroskopisinin öncülüğünü yapmışlardır. İngiliz alet yapımcı Henry Baker (1698-1774), *Employment of the Microscope* (Mikroskopun Kullanımı) (1753) adlı eserinde düzinelerce kristal maddenin ayrıntılı betim ve çizimlerini vermiştir. Hollanda’lı fizikçi Christiaan Huygens (1629-1695) optik konusunda *Traité de la lumière* (Işık Üzerine İnceleme) (yazımı: 1678; basımı: 1690) adlı eseri yazmıştır.

Ashmolean Müzesi’nin ilk yöneticisi olan Robert Plot (1640-1696) basit gözlemler yoluyla, tuzların her zaman kendilerine özgü geometrik yapılar halinde kristalleştiklerini saptadı ve bu görüngüyü, özel bir esnek güce (“*vis plastica*”) yordu. Floransa’da Medici’lerin hekimliğini yapmış olan Danimarka’lı Niels Steensen (Nicolaus Steno) (1638-1686) *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* (Doğal Süreçle Katı Bir Maddenin İçine Yerleşen Katı Maddeler Üzerine Bir Teze Giriş) (Kopenhag / Floransa, 1669) adlı çalışmasında, düzgün geometrik biçimlerin doğada bulunabileceğini kaydederek kuvars kristallerinin çizimlerinde birbirine komşu kristal yüzeyleri arasındaki açının kristalin rasgele büyüklüğünden bağımsız bir biçimde sabit olduğunu ilk olarak belirtti. İtalyan bilgin Domenico Guglielmini (1655-1710), 1688’de yazdığı *Riflessioni filosofiche dedotte dalle figure de’ sali...* adlı

doktora çalışmasında tuzların çeşitli kristal biçimlerini betimleyerek bunları “Kübik” (yemek tuzu), “Oktaedr” (şap), “Rombik / Prizma” (güherçile) ve “Paralelpiped” (sülfat tuzu)” şeklinde verip örneklendirdi. Fransız Gabriel-Philippe de la Hire (1677-1719), *Observations sur une espece de talc qu'on trouve communement proche de Paris au-dessus les bancs de pierre de platre* (1710), İsviçre’li hekim Maurice Antoine Cappeller (Moritz Anton Cappeller) (1685-1769) *Prodromus crystallographiae de crystallis improprie sic dictis commentarium* (Kristal Bilimine Giriş) (1723) adlı eserleri kaleme almışlardır. Abraham Gottlob Werner (1749-1817) *Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien* (Minerallerin Dışsal İşaretleri Üzerine) (Leipzig, 1774) adlı eserinde tüm kristallerin altıyüzlü (küp), onikiyüzlü ve prizma gibi özgül geometrik biçimlerde türediğini açıkladı. George-Louis Marie Leclerc Kont de Buffon’un (1707-1788) 1779 tarihli *Époques de la nature* (Doğanın Çağları) çalışmasından esinlenen René-Just Haüy (1743-1822), *Traité de minéralogie* (Mineralojiye Giriş) (Paris, 1801) adlı temel çalışmasında, kristal biçimlerinin ölçülen açılarını özdeş moleküllerin içsel yinelenmesine bağlayan simetri yasasını formülendirdi.

18. yüzyılda bilim insanları ortak ve ayrık dışsal özellikleri temeline dayalı olarak “*classe*” (sınıf) / “*order*” (takım) / “*species*” (tür) şeklinde betimlenmiş bir mineraloji sistemi geliştirmeye başladılar. Bu uygulama botanik ve zoolojide kullanılan doğa tarihi kavram ve ölçütlerini örneklemiştir. Bu sınıflandırmalardan ilki ve henüz ham olanları fosilbilimci Johann Gotschalk Wallerius (1709-1785) [*Mineralogia* (1747)] ve kimyacı ve mineralog Axel Fredrik Cronstedt (1722-1765) [*Försök til mineralogie, eller mineralrikets upställning* (Mineraloji Üzerine Araştırmalar...) (1758)] tarafından verilmiş ve Cronstedt mineralleri “topraklar”, “bitümler”, “tuzlar” ve “metaller” şeklinde dört sınıfa ayırt etmiş, böylece görünümünün yanı sıra kimyasal yapılarına dayalı olarak da bir mineral sınıflandırma-

sını başlatmıştır. İlk önemli gelişme, Agricola'nın belirlemiş olduğu, minerallerin dışsal karakterlerine dayandırılarak sağlanmış ve bunların mineral sınıflandırmasında uygulanması ünlü doğa araştırmacısı ve sınıflandırmacı Carolus Linnaeus (Carl von Linné) (1707-1778) [*De crystallorum generatione* (1747)] tarafından gerçekleştirilmiştir. 1771 yılında Don Pedro Francisco Dávila'nın (1713-1785) mineraloji koleksiyonundan oluşturulan ve olasılıkla kendi çağının en iyi koleksiyonu olan "İspanyol Krallık Doğa Tarihi Müzesi"nde ("*Real Gabinete de Historia Natural*") araştırmalar yapan mineraloji bilgini Jean-Baptiste Louis Romé de L'Isle (1736-1790), *Essai de cristallographie, ou Description des figures géométriques, propres à différens corps du règne minéral...* (Kristallografi Denemesi...) (Paris, 1772) adlı eserinde kristalleşme sürecini betimlemiş, 110 değişik kristal biçimini tanılamış ve 1782'de Arnould Carangeot (1742-1806) ile birlikte kristallografinin temel bir ilkesi olarak kristallerde "Arayüz Açılarının Sabitliği Yasası"nı ortaya koymuştur.²² Carangeot 1782'de, kristal yüzleri arasındaki açıların ölçülmesi için cep kontakt gonyometresi denilen aleti ilk olarak tasarımılamıştır. Abraham Gottlob Werner ise 1774'te kapsamlı ve uyumlu ilk mineraloji sistemini yayımlamıştır [*Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien* (Minerallerin Dışsal İşaretleri Üzerine)].

Bugüne dek rastlanan en büyük kristal Madagaskar'da çıkarılmış bir beril kristali olup 18 m uzunluk; 3,5 m genişlik, 143 m³ hacim ve 380 ton ağırlıktadır.

RUS MINERAL MÜZESİ

Rusya'da 18. yüzyıl ikinci yarısında her şeyden önce evrensel bilgin Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711-1765), mineraloji alanında büyük ilerlemeler kaydetti. Almanya'nın Marburg Üniversitesi'nde üç yıl mineraloji ve kimya, Freiburg Madencilik Akademisi'nde de iki yıl madencilik ve cam yapımı üzerine eğitim gören Lomonosov, ilk olarak bir mineralin her

zaman belirli ve onun için karakteristik bir kimyasal bileşime ve fiziksel niteliklere sahip olduğunu belirtti. Avrupalı araştırmacılar bu bilgiye, ancak 40 yıl kadar sonra erişebildiler. Mineral yataklarının çok uzun bir dönem sonunda oluştuğunu, biriken kimi minerallerin birbiriyle etkileşerek değişime uğradıklarını da belirtti. Onun ilginç bir açıklaması, belirli mineral cevherlerinin varlığının, yanı sıra kimi öteki minerallerinin varlığının tipik bir göstergesi olduğunu işaret etmesidir. Bu olguya günümüzde “*paragenesis*” (“ortak oluşum”) adı verilmektedir. Lomonosov 1745 yılında 3030 mineralin bir katalogunu yayımlamıştır. Onun ardından kimyacı Vasiliy M. Severgin (1765-1826), yaptığı çalışmalarla betimsel mineralojinin kurucularından biri oldu.

Mineral varlığı açısından çok zengin bir ülke olan Rusya'nın Mineral Müzesi, 1716'da St. Petersburg'da kuruldu. St. Petersburg Üniversitesi'nde mineralojinin gelişmesine katkıda bulunanlar arasında V. F. Zuev (1754-1794), A. M. Teryaev (1767-1827), D. I. Sokolov (1788-1852), E. K. Hoffman (1801-1871), P. A. Puzyrevsky (1830-1871), M. V. Erofeev (1839-1889), V. V. Dokuchayevs (1846-1903), Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863-1945), P. A. Zemyatchensky (1856-1942) ve S. M. Kurbatov (1882-1962) gibi mineralog ve bilginler bulunuyordu. Rusya'da Bilimler Akademisi'nin kuruluş tarihi ise 1725'tir. Mineral kabinesini (vitrinlerini) düzenlemek için önce Alman jeolog Johann Georg Gmelin (1709-1755) görevlendirildi. Daha sonra bu çalışma Lomonosov tarafından sürdürüldü ve 1745'te bunun bir katalogunu yayımladı. Burada 3 bin örneğin adı geçmekteydi. Ancak 5 Aralık 1747'de çıkan bir yangın, koleksiyonu neredeyse tümünden yok etti ve ancak çok değerli olanlar kurtarılabildi. Sanat kamarasının 1766'da yenileştirilmesinden sonra, araştırmacı ünlü bilgin Pierre (Peter) Simon Pallas'ın (1741-1811) çabaları ile yeniden oluşturulmaya başlandı. Sonunda müzeye yaklaşık 2 bin örnek kazandırıldı. Akademisyen V. M. Severgin, mineral kabinesin-

deki çalışmaları sırasında 1814 yılına kadar müzedeki örnek sayısı 20 binin üzerine çıktı. Onun ölümünden sonra yönetime önce mineralog A. T. Kupffer (1799-1865), daha sonra da sırasıyla jeolog G. P. Gelmersen (1803-1885), mineralog K. I. Grieving (1819-1887) ve mineralog N. I. Koksharov (1818-1892) geçti. 1912'de müzenin adı "Jeoloji ve mineraloji Müzesi" oldu ve Rus Çarı Büyük Petro'ya (Piyotr Alekseyevich Romanov) (yön. 1682-1725) adandı. Bu sırada çok sayıda örnek satın alındı. Örnekler 1914'te Mineraloji Müzesi'ne taşındı. Müzede "Sistematik koleksiyon", "Kristal koleksiyonu", "Psödomorf koleksiyonu", "Yöresel koleksiyon", "Değerli taş koleksiyonu" ve "Meteor koleksiyonu" olarak altı ana koleksiyon bulunmaktaydı. "*Transactions of Peter the Great Geological Museum*" adlı derginin yayınına başlandı. Uzay mineralojisi incelemelerinin başına mineralog L. A. Kulik (1883-1942) getirildi. 1919'da Mineraloji Müzesi müdürlüğüne mineralog Alexander E. Fersman (1883-1945) atandı. Yumurta biçimli mücevherleriyle ünlü kuyumcu Carl Gustav (Karl Gustavoviç) Fabergé (1846-1920) 1919'da Rusya'dan göç etmeden önce kendi özel değerli taş koleksiyonunu Fersman aracılığıyla müzeye bağışladı.

"Mineraloji ve Jeokimya Enstitüsü" 1932 yılında "Jeokimya, Mineraloji ve Kristallografi Enstitüsü" adını aldı ve Lomonosov'a adandı. 1934'te Sovyet Bilimler Akademisi ile çoğu fakülte ve Mineraloji Müzesi eski adı St. Petersburg olan Leningrad'dan Moskova'ya taşındı. Otuz tren katarı dolusu mineral örnekleri yükü ile 60 bin mineral örneği taşındı ve yeni yerine yerleştirilerek yoğun bir çaba sonucu sergilenmesi üç yılı aldı. Yeni sergileme müzesi 1937'de "Moskova XVII. Uluslararası Jeoloji Kongresi" ile birlikte açıldı. İkinci Dünya Savaşı başında müze koleksiyonunda 80 bin örnek vardı. Savaş başlayınca 1941'de en değerli örnekler Moskova dışına çıkarıldı ve 1944'te geri getirildi. 1945'te müze yöneticiliğine mineralog V.

I. Kryzhanovskiy (1881-1947) getirildi, ardından mineralog D. S. Belyankin (1876-1953) müze müdürü oldu.

Müzedede bugün, dünyanın her yanından 135 bin örnek bulunmaktadır. Burası, dünyanın en büyük mineral müzelerinden biridir. Koleksiyonda, bilinen 4 bin mineral türünden 2300 kadarı mevcuttur.

KAYNAKLAR

- 1) Z.Tez, Madencilik ve Metalurji Tarihi, Kitapsaray Yay., İstanbul (1989).
- 2) S. Kılıç, "Sihirli Taşlardan Savaş Kılıçlarına Uzanan Öykü: Ateş Düşle-ri", Bilim ve Teknik, Nisan 1996, s. 42-47.
- 3) <http://www.imf.tu-freiberg.de/agricola.html>
- 4) M. Özenbaş, "Metal Malzemenin Tarihteki Gelişimi", Bilim ve Teknik, Nisan 1996, s. 48-49.
- 5) U. Troitzsch, W. Weber, Die Technik-Von den Anfängen bis zur Gegenwart, Westermann, Braunschweig (1982).
- 6) R. E. Hummel, Understanding Materials Science, 2. Baskı, Springer Verlag, New York (2004).
- 7) R. Palla, Falkner, Köhler, Kupferstecher-Ein Kompendium der unter-gegangenen Berufe, btb, Frankfurt a.M. (1997).
- 8) E. Dölen, Resimlerle Teknoloji Tarihi: Çömlekçilik, Metalurji, Camcılık, İTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi İnsan ve Toplum Bilimleri Bölümü, İstanbul (2005).
- 9) <http://www.unr.edu/sb204/geology/...>
- 10) A. Clot, Harun al-Raschid-Kalif von Bagdad (Fransızca'dan çev.: S. Höfer), dtv, München (1991).
- 11) O. Belli, İ. G. Kayaoglu, "Tokat Bakırcılığı", Kültür ve Sanat, 24, 37-41 (1994).
- 12) Türk Dünyası Kültür Atlası (A Cultural Atlas of the Turkish World)-2, Türk Kültürüne Hizmet Vakfı, İstanbul (1997).
- 13) J. Needham and Wang Ling, Science and Civilisation in China, Cambridge (1959).

- 14) H. -G. Bachmann, "Feuer und Fortschritt", Kultur und Technik, 1, 23-27 (1997).
- 15) O. Tekin, "İlkçağdan Günümüze Akdeniz Dünyasında Altın Sikkeler", Toplumsal Tarih, 130, 16-19 (2004).
- 16) J. Hasebrink, Drucklufttechnik, Deutsches Museum, Münih (1984).
- 17) G. Buchheim, R. Sonnemann (Hrg.), Geschichte der Technikwissenschaften, Birkhäuser Verlag, Basel/Boston/Berlin (1990).
- 18) J. G. Landels, Eski Yunan ve Roma'da Mühendislik (Çev.: B. Bıçakçı), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1996).
- 19) B. Cotterell, J. Kammınga, Endüstri Öncesi Teknolojilerin Mekanığı (Çev.: A. Bir), Literatür Yay., İstanbul (2002).
- 20) http://east_west;dialoge.tripod.com/id1.html
- 21) Z. Tez, Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi (2. Baskı), Nobel Yayın Dağıtım, Ankara (2010).
- 22) B. Bunch, A. Helleman, The History of Science and Technology, Houghton Mifflin Co., Boston / New York (2004).
- 23) A. Fathalizade, "Ortaçağda, Yakındoğu'da Demir-Çelik Üretimi ve Kılıç Yapımı", Metalürji, TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası Yayını, Aralık 2010, s. 34-43.
- 24) D. R. Hill, Gökyüzü ve Bilim Tarihi – İslam Bilim ve Teknolojisi (Çev.: A. Bir, M. Kaçar), Boyut Yay., İstanbul (2010).
- 25) <http://www.iona.edu/faculty/dmhayes/hst343/1999/mciancanelli...>
- 26) L. A. Dobrzanski, "Significance of Materials Science for the Future Development of Societies", Journal of Materials Processing Technology, 175, 133-148 (2006).
- 27) M. Kurlansky, Tuz: İnsanlığın Tuzlu Tarihi (Çev.: A. Çakıroğlu), Aykırı Yay., İstanbul (2003).
- 28) Z. Tez, "Tekniğin ve Buluşların Tarihinden Küçük Kesitler: Metal Gereçler ve Metalürji", Bilim ve Mühendislik (BÜBİK), 3, 177-186 (1991).
- 29) C. Freeman, Mısır, Yunan ve Roma – Antik Akdeniz Uygarlıkları (Çev.: S. K. Angı), Dost Kitabevi Yay., Ankara (2005).
- 30) W. Schneider, Lexikon alchemistisch-pharmazeutischer Symbole, Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr. (1962).
- 31) H.-H. Emons, H.-H. Walter, Mit dem Salz durch die Jahrtausende: Geschichte des weissen Goldes von der Urzeit bis zur Gegenwart, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1984).
- 32) Ö. Küçükerman, N. Başgelen, G. Tanyeli, A. Batur, Anadolu Sanayi ve Tasarım Tarihinin Ayak İzlerinde Maden Döküm Sanatı, Türk Demir Döküm Fabrikaları A. Ş. Yay., İstanbul (1994).

- 33) G. Relius, "Historische Experimente in Chemie und chemischer Technik", Chemie in unserer Zeit, 31, 162-167 (1997).
- 34) V. Karpenko, J. A. Norris, "Vitriol in the History of Chemistry", Chem. Listy, 96, 997-1005 (2002).
- 35) E. Wiedemann, Gesammelte Schriften zur Arabisch-Islamischen Wissenschaftsgeschichte, Bd. 1: Schriften 1876-1912 (Gesammelt und gearbeitet: D. Girke), Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a. M. (1984).
- 36) C. Eagleton, J. Williams, Paranın Tarihi (Çev.: F. Kâhya), Türkiye İş Bankası Kültür Yay., İstanbul (2008).
- 37) A. Y. al-Hassan, D. R. Hill, Islamic Technology: An Illustrated History, Cambridge University Press, Cambridge (1986).
- 38) O. Krätz, 7000 Jahre Chemie, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg (1990).
- 39) O. Krätz, Faszination Chemie, Callwey, München (1990).
- 40) Z. Tez, Bilim ve Teknikte Ortaçağ Müslümanları, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara (2001).
- 41) A. Bakır, Ortaçağ İslam Dünyasında Madencilik ve Maden Sanayi, Bizim Büro Basımevi, Ankara (2002).
- 42) P. Martinez Montávez, C. Ruiz Bravo-Villasante, Europa unter dem Halbmond, Südwest Verlag München, München (1991).
- 43) <http://www.deutsches-museum.de/bib/entdeckt/>
- 44) C. S. Smith, M. T. Gnudi (Eds.), The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio, Dover Publ., New York (1990).
- 45) C. Layikteş, Ortaçağın Aydınlığı, Tukan Yay., İstanbul (1998).
- 46) M. Heidelberger, S. Thiessen, Natur und Erfahrung, rororo (Deutsches Museum), Hamburg (1985).
- 47) G. Bugge, Das Buch der grossen Chemiker I-II, Verlag Chemie, Berlin (1930).
- 48) R. Graves, Yunan Mitleri (Çev.: U. Akpur), Say Yayınları, İstanbul (2004).
- 49) M. Eliade, Demirciler ve Simyacılar (Forgerons et Alchimistes, 1977) (Çev.: M. E. Özcan), Kabalıcı Yay., İstanbul (2003).
- 50) Z. Tez, Tekniğin Evrimi, Paragraf Yay., Ankara (2005).
- 51) N. Hauner, R. Kreuzer, Die Dampfmaschine verändert die Welt: Eine geschichtliche Exkursion im Deutschen Museum, Museum Pädagogisches Zentrum, Deutsches Museum, München (1993).

- 52) M. Bachmann, H. Prescher, Georgius Agricola und Reflexionen in erzgebirgischer Schnitzerei, Sächsisches Druck- und Verlagshaus GmbH, Dresden (1993).
- 53) D. Oldroyd, İnsan Düşüncesinde Yerküre - Yerbilime Bir Tarihsel Bakış (Çev.: Ü. Tansel), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (2004).
- 54) G. Agricola, De re metallica libri XII (Bergbau und Hüttenkunde, 12 Bücher) (Almanca'ya çev.: G. Fraustadt, H. Prescher), VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin (1974).
- 55) H. Hegewald, "Zur Entwicklung der Technischen Chemie im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Chemikerausbildung an der Technischen Hochschule Dresden und ihren Vorgängereinrichtungen" (Doktora Tezi):
<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Aagv%3A3-000007938>
- 56) W. B. Crow, Büyünün, Cadılığın ve Ökültizmin Tarihi (Çev.: F. Yavuz), Dharma Yay., İstanbul (2002).
- 57) H. E. Fierz-David, Die Entwicklungsgeschichte der Chemie, Verlag Birkhäuser, Basel (1952).
- 58) Kâtip Çelebi'den Seçmeler, I-II-III (Haz.: O. Ş. Gökay), MEB Yay., İstanbul (1991).
- 59) H. Prescher, O. Wagenbreth, Georgius Agricola – seine Zeit und ihre Spuren, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig/Stuttgart (1994).
- 60) K. O. Henseling, Bronze, Eisen, Stahl, rororo (Deutsches Museum), Hamburg (1984).
- 61) Von der Astronomie zur Alchemie: bedeutende naturwissenschaftliche Bestände des 16. und frühen 17. Jahrhunderts in der Historischen Bibliothek der Stadt Rastatt im Ludwig-Wilhelm-Gymnasium vom 21 Nov 1991 – 15 Jan 1992 Ausstellungskatalog, Stadtverwaltung Rastatt (1991).
- 62) T. More, Utopia [Mina Urgan'ın incelemesiyle] (Çev.: V. Günyol, S. Eyüboğlu, M. Urgan), T. İş Bankası Kültür Yay., 2.baskı, İstanbul (2000).
- 63) A. Manguel, G. Guadalupi, Hayali Yerler Sözlüğü (2 Cilt) (Çev.: S. Okyay, K. Kutlu), Yapı Kredi Yay., İstanbul (2005).
- 64) H. Wußing, Adam Ries, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart/Leipzig; Verlag der Fachvereine, Zürich (1992).
- 65) Mühendislik Mimarlık Öyküleri-I, Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara (2006): N. Avcıoğlu, "İlk Feneri Yakanlar", s. 43-61.

- 66) J. D. Bernal, *Modern Çağ Öncesi Fizik* (Çev.: D. Yurtören), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1995).
- 67) F. Klemm, J. Varchmin, E. Berninger, "Die alte Technik in Bilddokumenten aus Druckwerken der Bibliothek des Deutschen Museums", *Kultur und Technik, Sonderheft*, 1977.
- 68) R. Önsoy, *Tanzimat Dönemi Osmanlı Sanayii ve Sanayileşme Politikası*, T. İş Bankası Kültür Yay., Ankara (1988).
- 69) M. Belge, *Osmanlı'da Kurumlar ve Kültür*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul (2005).
- 70) F. Tızlak, *Osmanlı Döneminde Keban-Ergani Yöresinde Madencilik (1775-1850)*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara (1997).
- 71) F. Emecan ... vö., *Osmanlı Devleti ve Medeniyeti Tarihi*, Cilt: 1 (Ed.: E. İhsanoğlu), İslâm Tarih, Sanat ve Kültür Araşt. Merkezi (IRCICA), İstanbul (1994).
- 72) E. Dölen, *Resimlerle Teknoloji Tarihi*, Marmara Üniversitesi Fen Bil. Enst. Yay., No: 3, İstanbul (1984).
- 73) E. İhsanoğlu, "Tanzimat Öncesi ve Tanzimat Dönemi Osmanlı Bilim ve Eğitim Anlayışı", 150. Yılında Tanzimat, TTK Basımevi, Ankara (1992).
- 74) E. İhsanoğlu, *Büyük Cihad'dan Frenk Fodulluğuna*, İletişim Yay., İstanbul (1996).
- 75) L. C. Brown, *İmparatorluk Mirası-Balkanlar'da ve Ortadoğu'da Osmanlı Damgası* (Çev.: G. Ç. Güven; Yay. Haz.: E. Gen), İletişim Yay., İstanbul (2000); C. Issawi, "Ekonomik Miras", s. 332.
- 76) Ş. Pamuk, "Osmanlılarda Gümüş Madenleri ve Darphaneler", *Bilim ve Teknik*, Kasım 2000, s. 92-96.
- 77) *Diplomaten und Wesire-Krieg und Frieden im Spiegel türkischen Kunsthandwerks* (Hrg: P. W. Schienerl, C. Stelzig), Staatliches Museum für Völkerkunde, München (1988); A. von Gladiß, "Osmanische Metalwaren", S. 81-97.
- 78) *Kunst und Kunsthandwerk unter den Osmanen* (Hrg.: Y. Petsopoulos), Verlag C. H. Beck, München (1982).
- 79) M. Kunt, S. Faroqhi, H. G. Yurdaydın, A. Ödekan, (Ed.) S. Akşin, *Türkiye Tarihi-2: Osmanlı Devleti, 1300-1600*, Cem Yayınevi, İstanbul (1997).
- 80) M. And, *Osmanlı Şenliklerinde Türk Sanatları*, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yay., Ankara (1982).
- 81) Ö. Keskin, "Osmanlı Devleti'nde Yabancı Maden Mühendislerinin İstihdamı ve Osmanlı Madencilğine Hizmetleri": www.iudergi.com/index.php/turkiyearchastirmalari/article/view/385/347

- 82) V. Ş. Ediger, Enerji Ekonomi-Politigi Perspektifinden Osmanlı'da Neft ve Petrol, ODTÜ Yayıncılık, Ankara (2006).
- 83) G. Fester, Die türkische Bergbaustatistik 1318 bis 1327 (14. März 1902 bis 13. März 1912), Flugschriften der Zentralgeschäftstelle für deutsch-türkische Wirtschaftsfragen, Viertes Heft, Gustav Riepenhauer Verlag, Weimar (1918).
- 84) <http://www.gebze.com/osmanhamdi/hayati.htm>
- 85) Ş. Tunç, Tophâne-i Âmire ve Osmanlı Devletinde Top Döküm Faaliyetleri, Başak Kitap, İstanbul (2004).
- 86) Y. Öztuna, Osmanlı Devleti Tarihi-2, Kültür Bakanlığı Yay., Ankara (1998).
- 87) N. Güreli, "Kömür, Alun, Bor", Milliyet, 28.04.2001.
- 88) O. Belli, G. Kayaoglu, "Siirt'te Bakır ve Bronz Atölyeleri", Tarih ve Toplum, 22, 35-42 (1994).
- 89) Türkiye Arkeolojisi ve İstanbul Üniversitesi (Ed.: O. Belli), İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yay., İstanbul (2000): O. Belli, "Eskiçağ Dünyası'nın En Büyük Madenci Krallığı: Urartular", s. 371.
- 90) S. Lloyd, Türkiye'nin Tarihi - Bir Gezginin Gözüyle Anadolu Uygarlıkları (Çev.: E. Varinlioglu), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1997).
- 91) S. Çiğdem, "Urartu Krallığı'nın Doğu Karadeniz İlişkilerinde Diauehi Ülkesinin Rolü", Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7/1, 95-112 (2006).
- 92) O. Belli, G. Kayaoglu, "Tokat'ta Bakırcılık Sanatının Gelişimi", Tarih ve Toplum, 21, 227-234 (1994).
- 93) C. B. Akal, Modern Düşüncenin Doğuşu: İspanyol Altın Çağı, Dost Kitabevi Yay., Ankara (1997).
- 94) E. Yılmaz, "Çağların Işıltısı... ", Bilim ve Teknik, 354, 32-39 (1997).
- 95) A. Berry, Bilimin Arka Yüzü (Çev.: R. L. Aysever), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1996).
- 96) C. M. Cipolla, Fatihler, Korsanlar, Tüccarlar: İspanyol Gümüşünün Efsanevi Öyküsü (Çev.: T. Alunova), Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul (2003).
- 97) P. Rossi, Modern Bilimin Doğuşu (Çev.: N. Domaniç), Literatür Yay., İstanbul (2009).
- 98) H. Heaton, Avrupa İktisat Tarihi (Çev.: M. A. Kılıçbay, O. Aydoğuş), Paragraf Yay., Ankara (2005).
- 99) M. Altan, "Alüminyumun Tarihsel Gelişimi ve İşçiler... ", Sabah, 02.05.1998.

- 100) A. I. Arol, "Taştan Taç'a Altın", ODTÜ'lü, 11, 18-19 (1996).
- 101) E. Arıoğlu, "Madencilik Sektörü ve Sorunları", Bilim ve Ütopya, 83, 44-50 (2001).
- 102) R. Havemann, Yarın - Sanayi Topumu Yol Ayrımında - Eleştiri ve Gerçek Ütopya (Çev.: E. Özbek), Ayrıntı Yay., İstanbul (1990).
- 103) <http://neon.mems.cmu.edu/cramb/Processing/history.html>
- 104) O. Sacks, Tungsten Dayı: Kimyasal Bir Çocukluğun Anıları (Çev.: R. Hakmen), YKY, İstanbul (2004).
- 105) Milestones in 150 Years of the Chemical Industry (Eds.: P. J. T. Morris, W. A. Campbell, H. L. Roberts), The Royal Society of Chemistry, Bristol (1991); J. K. Almond, "Chemistry and the Production of Metals", p. 161-180.
- 106) R. F. Tylecote, A History of Metallurgy (2. Ed.), Maney for the Institute of Materials, Maney Publ., Londra (1992).
- 107) Bibliographical Dictionary of the History of Technology (Eds.: L. Day, I. McNeil), Routledge, London-New York (1996).
- 108) S. H. Nasr, İslâm ve İlim - İslâm Medeniyetinde Akıl İlimlerin Tarihi ve Esasları (Çev.: İ. Kutluer), İnsan Yayınları, İstanbul (1989).
- 109) P. Absalon, F. Canard, Ejderhalar - İnsanlar Diyarındaki Canavarlar (Çev.: A. Berktaş), YKY, İstanbul (2010).
- 110) <http://www.iaag.geo.uni-muenchen.de/sammlung/Hildegard.html>
- 111) A. Bakır, Ortaçağ İslam Dünyasında Taş ve Toprak Ma'mulleri Sanayi, Bizim Büro Basımevi, Ankara (2001).
- 112) A. Kazancıgil, Osmanlılarda Bilim ve Teknoloji, Gazeteciler ve Yazarlar Vakfı Yay., İstanbul (1999).
- 113) N. Yüce vö. (Ed.: E. İhsanoğlu), Osmanlı Devleti ve Medeniyeti Tarihi, 2. Cilt, İslâm Tarih, Sanat ve Kültür Araştırma Merkezi (IRCICA), İstanbul (1998); E. İhsanoğlu, "Osmanlı Eğitim ve Bilim Müesseseleri", s. 223-361.
- 114) E. Kâhya, A. D. Erdemir, Bilimin Işığında Osmanlıdan Cumhuriyete Tıp ve Sağlık Kurumları, Türkiye Diyanet Vakfı Yay., Ankara (2000).
- 115) E. Dölen, "Ottoman Scientific Literature during the 18 th and 19 th Centuries", The Introduction of Modern Science and Technology to Turkey and Japan, International Symposium 1996, p. 159-186.
- 116) T. Baytop, Anadolu Dağlarında 50 Yıl: "Bir Bitki Avcısının Gözlemleri", Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul (2000).
- 117) M. B. Sezgin, "Ülkemize Bilim ve Teknoloji Müzesi Gerekli", Cumhuriyet Bilim Teknik, 89, 2 (1988).

- 118) E. Yücel, Türkiye'de Müzecilik, Arkeoloji ve Sanat Yay., İstanbul (1999).
- 119) http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Geologie
- 120) M. Sakıncı, 50 Soruda Yer'in Evrimi, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, İstanbul (2011).
- 121) A. K. Turner, Cehennemin Tarihi (Çev.: A. Sargüney), Ayrıntı yay., İstanbul (2004).
- 122) D. Şahin, 50 Soruda Yaşamın Tarihi, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, İstanbul (2011).
- 123) N. Jardine, J. A. Secord, E. C. Spary (Eds.), Cultures of Natural History, Cambridge University Press, Cambridge (1997).
- 124) N. Rhodes, J. Sawday (Eds.), The Renaissance Computer – Knowledge Technology in the First Age of Print, Routledge, London and New York (2000).
- 125) <http://metalab.unc.edu/expo/vatican.exhibit/...>
- 126) U. Im Hof, Avrupa'da Aydınlanma (Çev.: Ş. Sunar), Avrupa'yı Kurmak Dizisi, AFA Yay., İstanbul (1995).
- 127) <http://www.tzl.de/gam/veranst/goethe/...>
- 128) R. Dawkins, Kör Saatçi (Çev.: F. Halatçı), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (2002).
- 129) C. Allègre, Herkese Biraz Bilim (Çev.: A. H. Durukal), Yapı Kredi Yay., İstanbul (2007).
- 130) Z. Tez, Matematik'in Kültürel Tarihi, Doruk Yayıncılık, İstanbul (2008).

KİŞİ ADLARI DİZİNİ

Abdülaziz (Osmanlı Sultanı)
(yön. 1861-1876): 161

Abdülmecid, I. (Sultan) (yön.
1839-1861): 161, 167

Acra, Aftim: 245

Adem, Hz.: 248

Agricola, Georgius (Georg Bauer)
(1494-1555): 75-76, 84, 89-99,
101-104, 106-108, 111-121,
131, 179, 192, 277

Agricola, Johann (1589-1643): 118

Agricola, Johannes (Johann
Schneider / Johannes Schnitter)
(1494-1566): 118

Ainsworth, William Francis
(1807-1896): 174

Albert, Prince Consort (Consort
Prensi Albert) (1819-1861):
204, 234

Albertus Magnus (Büyük Albert)
(1193-1280): 82, 116, 192, 225,
247

Alciati, Andrea (1492-1550): 102

Aldrovandi, Ulisse (1522-1605):
100

Aleksandr, II. (Rus Çarı) (1818-
1881; yön. 1855-1881): 269

Ali Paşa, Tepedelenli (Vali) (1744-
1822): 234

Allan, Thomas (1777-1833): 269

Altdorfer, Albrecht (1480-1538):
135

Anaksagoras, Klazomenai'li (İÖ
500-428): 243

Anaksimandros (Anaksimander),
Miletos'lu (İÖ 610-547): 243

Andrada de Silva, J. B. d' (1763-
1838): 269

Anhegger, Robert (1911-2001):
162

Ansite, Jean d' (dog. 1881): 269
el-Antâkt, Dâvud (1541-1599):
228

Antonius, Marcus (Roma İmpara-
toru) (İÖ 83-30): 229

Arduino, Giovanni (1714-1795):
256

Aristoteles (Aristo) (İÖ 384-322):
53, 99, 116, 215, 220, 227, 232,
238, 244, 257

Arkhimedes (Arşimed) (İÖ 287-
212): 149-150, 272

Atatürk, Mustafa Kemal (1881-
1938): 168

- Babbitt, Isaac (1799-1862): 200
- Babûr Şah, Zahireddin Muhammed (Babûrlü Hükümdarı) (yön. 1494-1530): 234
- Baker, Henry (1698-1774): 275
- Barba, Alvaro Alonso (1569-1662): 77
- Barbara (Santa, Azize): 85
- Bartholin (Bartholinus / Berthelsen), Erasmus (1625-1698): 143, 274
- Bayer, Karl-Josef (1847-1904): 205, 213
- Bayezid, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1481-1512): 157
- Beaumont, Léonce Élie de (1798-1874): 268
- Bech (Bechius), Philipp (16. yüzyıl): 117
- Becher, Johann Joachim (1635-1682): 253-254
- Belyankin, D. S. (1876-1953): 280
- Bement, Clarence Sweet (1843-1923): 269
- Benû Musa Kardeşler (9. yüzyıl): 64
- Benzoni, Girolamo (1519--1572): 182
- Bergman, Torbern Olof (1735-1784): 36, 144-145, 202
- Beringer, Johann Bartholomaeus Adam (1667-1740): 100
- Bertrand, Marcel Alexandre (1847-1907): 269
- Berzelius, Jöns Jakob (1779-1848): 146, 269
- Bessemer, Henry (1813-1898): 31, 138-139, 203-204, 209-211, 213
- Biot, Jean Baptiste (1774-1862): 269
- Biringuccio, Vannoccio (1480-1539): 75-81, 127-128, 135, 201
- el-Bîrûnî (el-Beyrûnî), Ebu'l-Reyhan ("Aliboron") (973-1048): 38, 63-64, 222-223, 225, 227, 229, 237
- Bisching, Anton (1832-1907): 241
- Bischof, Carl Gustav Christoph (1792-1870): 258, 269
- Biscia, Antonio Raineri (1780-1839): 226
- Bloede, Carl August (1773-1820): 269
- Boillot, Joseph (1546--1603): 130
- Bolivar, Simón (1783-1830): 180
- Boltwood, Bertram Borden (1870-1927): 250
- Bon, Ottaviano (Elçi) (1551-1622): 154
- Boodt, Anselmus Boetius de (1550-1632): 274-275
- Bowen, Norman Levi (1887-1956): 258
- Boyle, Robert (1626-1691): 105
- Böhm, Johannes (1857-1938): 269
- Bradley, Wilmot Hyde (dog. 1899): 269
- Brand, Hennig (~1630-1692): 143
- Branner, John Casper (1850-1922): 269
- Bravais, Auguste (1811-1863): 268
- Brearley, Harry (1871-1948): 210
- Brinell, Johann August (1849-1925): 14, 110
- Briot de Montbéliard, François (1550-1615): 199
- Brongniart, Alexander (1770-1847): 258
- Brooke, Henry James (1771-1857): 269
- Bruce, Archibald (1777-1818): 269
- Brüggen, Juan (1887-1953): 269
- Bry, Theodor de (1527-1598): 182-183
- Buch, Christian Leopold von (1774-1853): 258

- Buffon, George-Louis Marie
 Leclerc Kont de (1707-1788):
 248, 276
 Bunsen, Robert Wilhelm (1811-
 1899): 269
 Burke, William Edmund (doğ.
 1980): 269
 Cābir ibn Hayyān ("Geber")
 (720-813): 61, 215-216
 Cabrera, Amador de: 181
 Çağaloğlu ("Cigalazade") Yusuf
 Sinan Paşa (1545-1605): 179
 el-Cāhiz (779-869): 220-221
 Cahn, Lazard (1865-1940): 269
 Calbus Fribergius (Freiburg'lu
 Calbus, Ulrich Rülein von
 Kalbe) (15./16. yüzyıl): 89
 Capeller, Maurice Antoine (Moritz
 Anton Cappeller) (1685-1769):
 276
 Carangeot, Arnould (1742-1806):
 277
 Cardano, Geronimo (Hieronymus
 Cardanus) (1501-1576): 100
 Carnall, Rudolph von (1804-
 1874): 269
 Cellini, Benvenuto (1500-1571): 77
 Cengiz Han (Temuçin, Çingiz)
 (Moğol İmparatoru) (yön.
 1206-1227): 38
 Cesi, Bernardo (1581-1630): 247
 Champion, William (1710-1789):
 193
 Chandragupta, II. Vikramaditya
 (375-414): 31
 Charlemagne (Şarlman) (Kutsal
 Roma İmp.) (İmp. 800-814):
 261
 Chladni, Ernst Florens Friedrich
 (1756-1827): 259
 Christian, X. (Danimarka Kralı)
 1870-1947): 185
 el-Cildektî, Ali bin Aydemir bin Ali
 (ölm. ~1342): 61
 Clanny, William Reid (1770-
 1850): 140
 Coleman, William Tell (1824-
 1893): 269
 Colonna, Fabio (1567-1650): 100
 Constantinus Africanus (Afrika'lı
 Konstantin) (1015-1067): 222
 Cordier, Pierre Louis Antoine
 (1777-1861): 259, 269
 Coronado, Francisco Vásquez de
 ("Türk") (1510-1554): 180
 Cort, Henry (1740-1800): 137
 Cortés (Cortez), Hernando (1485-
 1547): 176-177
 Coulant, Eduard: 161
 Cramer, Johann Andreas (1710-
 1777): 143
 Cranach, Lucas (Yaşlı) (1472-
 1553): 135
 Cronstedt, Axel Fredrik (1722-
 1765): 144-145, 276
 Crookes, William (Sir) (1832-
 1919): 269
 Curie, Jacques (1856-1941): 268
 Curie, Marie ("Madam Curie")
 (1867-1934): 124
 Curie, Pierre (1859-1906): 124,
 268
 Cuvier, Georges de (Baron)
 (1769-1832): 258
 Dana, James Dwight (1813-1895):
 268
 Danyal / Daniel (Peygamber) (İÖ
 6. yüzyıl): 85, 89, 124
 Darapsky, Ludwig (doğ. 1857):
 269
 Darby-I, Abraham (1677-1717):
 137
 Darby-II, Abraham (1711-1763):
 137

- Darwin, Charles Robert (1809-1882): 263
- Daubr  e, Gabriel Auguste (1814-1896): 89
- Dávila, Don Pedro Francisco (1713-1785): 277
- Davud, Hz. (~1015-975): 86
- Davy, Humphry (1778-1829): 140
- Del Rio, Andrés Manuel (1764-1849): 146
- Descartes, René (Renatus Cartesius) (1596-1650): 274
- el-Destekt  , Muhammed bin Mansur (14. y  zy  l): 229
- Deutsch, Hans Rudolf Manuel (1525-1571): 103
- Deville, Henri Etienne Sainte-Claire (1818-1881): 184
- Dick, Allan Brugh (1833-1926): 269
- Dietze, August (  lm. 1893): 269
- el-Dime    ,   emseddin Ebu Abdullah Muhammed (  lm. 1327): 219, 227, 235
- el-Dinevert  , Nasr ibn Yakub (  lm. 1020): 221
- Diodoros Siculus (Sicilya'lı Diodoros) (   80-29): 53
- Dioskorides, Pedanios (~20-79): 53, 57, 216-217, 260
- Dokuchayevs, V. V. (1846-1903): 278
- Dolomieu, Guy-Sylvain Déodat Tancre  de Gratet de (1750-1801): 259, 269
- Dony, Jean-Jacques Daniel (1759-1819): 193
- Druz Ailesi: 155
- Dumortier, Eugène (1802-1873): 269
- Durant, Will (1885-1981): 40
- Dürer, Albrecht (1471-1528): 135, 273
- Ebu Abdullah Yakut (Yakut R  mf; Yakut Hamevf) (1179-1229): 172
- Ebu Berek  t el-Bagdad   (1076-1166): 238
- Ebu'l-Fazl el-Nak  r   (1551-1602): 227
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1795-1876): 267
- Eisenhoit, Anthonius (1553-1603): 253
- Ekeberg, Anders Gustaf (1767-1813): 146
- Elhuyar, Don Fausto d' (1755-1833): 145
- Elhuyar, Juan José d' (1754-1796): 145
- Elizabeth, I. (İngiltere Kraliçesi) (1533-1603): 127, 180
- Elkington, George Richard (1801-1865): 184, 204
- Ellingham, Harold Johann Thomas (1897-1975): 211-212
- Empedokles, Agrigentum'lu (   485-425): 85, 271
- Engeström, Gustav von (1738-1813): 144
- Episcopus, Nikolaus (1501-1564): 90, 96
- Erasmus, Rotterdam'lı (1467-1536): 96
- Ercker, Lazarus (Schreckenfels'li) (~1530-1594): 115, 128-132, 134, 143
- Erofeev, M. V. (1839-1889): 278
- Eukleides (  klid), Iskenderiye'li (~   316-250): 272
- Evliya   lebi (Evliya   lebi bin Derv     Mehmed Zill  ) (1611-1685): 151, 155, 165, 172
- Evrengzib, Muhyiddin (Bab  rl   / Hint-Mogol Hükümdarı) (y  n. 1658-1707): 233-234

- Eyüboğlu, Bedri Rahmi (1913-1975): 162
- Eyüboğlu, Sabahattin (1908-1973): 162
- Fabergé, Carl Gustav (Karl Gustavoviç) (1846-1920): 279
- Fabricius, Georg (1516-1571): 97
- Fatih Sultan Mehmed (yön. 1444-1446; 1451-1481): 154-156
- Faujas de Saint Fond, Barthélemy (1741-1819): 259, 269
- Feitknecht, Walter (1899-1875): 269
- Fenmen, Mehmed Refik (1889-1951): 162
- Ferdinand, I. (Bohemya Kralı / İmparator) (1503-1564): 96
- Ferguson, Robert (1799-1865): 269
- Ferrier, Walter Frederick (1865-1950): 270
- Fersman, Alexander E. (1883-1945): 279
- Fester, Gustav (dog. 1886): 163
- Fischer von Erlach, Joseph Emanuel (1693-1742): 125
- Fizeau, Armand Hippolyte Louis (1819-1896): 268
- Fletcher, L.: 268
- Florence, William (1864-1942): 270
- Forbes, Robert James (1900-1973): 9
- Forster, Adolarius Jacob (1739-1806): 270
- Friedrich, Josef Anton: 87-88
- Friedrich, Walter (1883-1968): 267
- Frémy, Edmond (1814-1894): 268
- Froben, Hieronymus (1501-1565): 90, 96-97, 101, 116
- Fugger Ailesi (14.-16. yüzyıl): 70, 73
- Gadolin, Johan (1760-1852): 36, 270
- el-Gaffarî, Yahya bin Mehmed: 237
- Gahn, Jöns Gottlieb (1743-1818): 145
- Galenos (129-199): 116
- Galilei, Galileo (1546-1642): 89
- Gama, Vasco da (1469-1524): 89
- Gans, Joachim (16. yüzyıl): 183
- Gassendi, Pierre (1592-1655): 274
- Gay-Lussac, Joseph-Louis (1778-1850): 270
- Geitner, Ernst August (1783-1852): 198
- Gelmersen, G. P. (1803-1885): 279
- Gerlach, Stephan (1546-1612): 155
- Gesner, Conrad (1516-1565): 100, 251
- Gibbs, Josiah Williard (1839-1903): 267
- Gilchrist, Percy Carlisle (1851-1935): 204
- Glauber, Johann Rudolf (1604-1668): 270
- Gmelin, Johann Friedrich (1748-1804): 260
- Gmelin, Johann Georg (1709-1755): 278
- Goethe, Johann Wolfgang von (1749-1832): 261-262, 270
- Gregor, William (1761-1817): 146
- Grieving, K. I. (1819-1887): 279
- Grout, Frank Fitch (1880-1958): 270
- Guericke, Otto von (1602-1686): 253
- Guglielmini, Domenico (1655-1710): 275
- Guillaume, Charles-Edouard (1861-1938): 200
- Gutenberg, Beno (1889-1960): 266
- Guzman, Nuño de (1494-1544): 180

- Hacı İsmail, "Gemici" (19. yüzyıl): 166
- Hadfield, Robert Abbott (Sir) (1858-1940): 210
- Halil Edhem (Eldem) (1861-1938): 240-241
- Hall, Charles Martin (1863-1914): 186, 203, 205, 213
- Halloy, Jean-Baptiste Julien Omalius d' (Baron) (1707-1789): 244, 270
- Hammer-Purgstall, Joseph Freiherr von (Baron) (1774-1856): 229
- Hammerschmidt, Carl Edward: bkz. Macarlı Abdullah Bey
- Hanks, Henry Garber (1826-1907): 270
- Harriot, Thomas (1560-1621): 183
- Harun el-Reşid (Abbasi Halifesi) (766-809; yön. 786-809): 235
- Hatchett, Charles (1765-1847): 146
- Hausmann, Johann Friedrich Ludwig (1782-1859): 270
- Haüy, René-Just (1743-1822): 259, 270, 276
- el-Hazîni, Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur (12. yüzyıl): 222-223
- Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von (1821-1894): 249
- el-Hemdani, Ebu Muhammed el-Hasan bin Ahmed (893-945): 61
- Henri, IV. (Fransa Kralı) (1553-1610): 130
- Hermes Trismegistus: 78
- Herodotos (Herodot) (- İÖ 484-426): 16, 56, 116
- Heron, İskenderiye'li (İS 50-120): 28
- Hérault, Paul Louis Toussaint (1863-1914): 186, 203, 205, 213
- Hesse, Hans (~1470-1539 sonrası): 123-124
- Heuland, John Henry (1778-1856): 270
- Hevelius, Johannes (Jan) (1611-1687): 248
- Hildegard, Bingen'li (Azize) (1098-1179): 231
- Hinzé, C. (1851-1916): 268
- Hisinger, Wilhelm (1766-1852): 146
- Hjelm, Peter Jacob (1746-1813): 145, 194
- Hoca İshak Efendi (1748-1836): 238
- Hochstetter, Ferdinand von (1829-1884): 241
- Hoffman, E. K. (1801-1871): 278
- Holbein, Genç Hans (1497-1543): 135
- Holland, Thomas Henry (1868-1947): 270
- Holmes, Arthur (1890-1965): 249, 264
- Homer, Smyrna'lı (İzmir'li) (İÖ ~750-700): 20, 40, 43, 84, 112
- Hooke, Robert (1635-1703): 143, 275
- Hoover, Herbert Clark (1874-1964): 117
- Hoover, Lou Henry (1875-1944): 117
- How, Henry (1828-1879): 270
- Humboldt, Alexander von (1769-1859): 73, 126, 263, 267
- Hunt, Walter Frederick (1882-1975): 270
- Hunter, Matthew Albert (1878-1961): 207, 213
- Huntsman, Benjamin (1704-1776): 137
- Hutton, James (1726-1797): 257
- Huygens, Christiaan (1629-1695): 275

el-Irakî, Müslim bin Abdullah:
235

İbn Arabî, Muhiddin (1165-1240):
228

İbn el-Cezzar, Ahmed ibn İbrahim
(ölm. ~1004): 221

İbn Kuteybe (828-889): 219

İbn Sina ("Avicenna") (980-1037):
99, 116, 220-222, 224-225,
246, 249

İbn Vahşiyye, Ahmed ibn
Ebubekir (10. yüzyıl): 227

İbrahim Edhem Paşa (Sakız'lı)
(1818-1893): 163-164, 240

İbrahim Lûtfî Paşa (1838-1903):
240

el-İdrîsî (1099-1166): 61, 228

İhvan el-Safâ (Arınmışlık
Kardeşleri) (10./11. yüzyıl): 225

İsa (Hz.) (ölm. ~33): 18, 42, 49, 66

İskender, Büyük (Makedonya
İmparatoru) (İÖ 356-323): 43,
232-233, 238

el-İstahrî (10. yüzyıl): 172

el-İstanbulî, Ahmed el-Fakih: 156

Jeffes, J. H. E.: 212

Joly, John (1857-1933): 249

Jousse, Mathurin (~1575-1645):
201

Juan de Tolosa: 180

Kaim, I. G.: 145

Kanuni Sultan Süleyman (yön.
1520-1566): 149-150, 155

Karl, V. (Şarlken) (Fransa Kralı)
(1500-1558): 96

el-Kaşânî, Ebu'l-Kâsım (13./14.
yüzyıl): 228

Kaierina, II. ("Büyük") (Rus
Çaricesi) (yön. 1762-1779): 126

Kava / Kâve / Gâve, Demirci: 47

el-Kazvinî, Zekerîya (1202-1283):
172, 219, 226, 232

Kelly, William (1811-1888): 31

Kepler, Johannes (1571-1630): 89,
273-274

el-Kerecî (ya da el-Kerhî) (953-
1029): 221

Khares, Lindos'lu (İÖ 4./3.
yüzyıl): 25

Kieser, Dietrich Georg (1779-
1862): 270

el-Kindî ("Alkindus") (803-873):
221-222

Kinga (Azize): 85

Kircher, Athanasius (1602-1680):
26, 105-107

Klaproth, Martin Heinrich (1743-
1817): 146

Kleopatra, VII. (Mısır Kraliçesi)
(yön. İÖ 51-30): 229

Knipping, Paul (1883-1935): 267

Knoop, Frederick: 111

Kobell, Wolfgang Franz Ritter von
(1803-1882): 142

Koca Hüsrev Paşa (1756-1855):
164

Koca İbrahimşah: 155

Koksharov, N. I. (1818-1892): 279

Kolber, Jörg (16. yüzyıl): 122

Kolomb, Kristof (Christopher
Columbus) (1451-1506): 23,
48, 89, 175

Kopernikus, Nikolaus (1473-1543):
89

Korkud Çelebi (Şehzade) (1470-
1513): 237

Kornerup, Andreas Nikolaus
(1857-1881): 270

Koto, Bundjirom (1856-1935): 270

Kritobulos (Kritovulos) İmbros'lu
(İmroz'lu) (~1410-1470): 164

Kroll, William J. (1869-1939):
207, 213

- Krupp, Alfred (1812-1887): 138-139
- Krupp, Friedrich Alfred (1854-1902): 138
- Kryzhanovskiy, V. I. (1881-1947): 280
- Ksenophanes, Kolophon'lu (Örenşehir'li) (İÖ 569-477): 99, 243
- Ktesibios, İskenderiye'li (~İÖ 270-200): 23
- Kulik, L. A. (1883-1942): 279
- Kunckel, Johann (Löwenstern'li) (1630-1703): 143
- Kunz, George Frederick (1856-1932): 270
- Kupffer, A. T. (1799-1865): 279
- Kurbatov, S. M. (1882-1962): 278
- Kurnakov, Nikolai Semenovich (1860-1941): 270
- Kutbeddin Aybek (Delhi Türk Sultanı) (yön. 1206-1210): 32
- Lactantius Firmianus (~240-320): 247
- Laessl, Ludwig (ölm. 1561): 122
- La Hire, Gabriel-Philippe de (1677-1719): 276
- Lampadius, August Wilhelm (1772-1842): 126
- Lancisi, Giovanni Maria (1654-1720): 253
- Langer, Carl (1860-1935): 206
- La Peyrère, Isaac (1596-1676): 247
- Lapparent, Albert de (1839-1908): 240
- Laue, Max Felix Theodor von (1879-1960): 268
- Laumont, François Pierre Nicolas Giller de (1747-1834): 270
- Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794): 235
- LeConte, John Lawrence (1825-1883): 270
- Leeuwenhoek, Antoni van (1632-1723): 275
- Lessing, Gotthold Ephraim (1729-1781): 71
- Lewetzow, Ulrike von (1804-1899): 262
- Lhwyd, Edward (1660-1709): 100
- Libavius, Andreas (1540-1616): 193
- Liebig, Justus von (1803-1873): 60, 270
- Lilienthal: 248
- Linnaeus, Carolus (Carl von Linné) (1707-1778): 277
- Lister, Martin (1639-1712): 100
- Loewe, Alexander (1808-1846): 270
- Lomonosov, Mikhail Vasilyevich (1711-1765): 140, 277-279
- Löhneyss, Georg Engelhardt von (1552-~1625): 86-88
- Lönnrot, Elias (1802-1884): 45
- Ludwig, Ernst (1842-1915): 270
- Luther, Martin (1484-1546): 105
- Lyell, Charles (Sir) (1797-1875): 257
- Macarlı Abdullah Bey (Carl Edward Hammerschmidt) (1799-1874): 239-240
- MacArthur, John Stewart (1856-1920): 205, 213
- Maestro Stefano, Giovanni di (15. yüzyıl): 78
- Mahmud, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1808-1839): 163-167
- Maillet, Benoit de (1659-1738): 249
- el-Makrizî, Ebu Abbas (1364-1442): 156
- Mallard, François-Ernest (1833-1894): 268
- Marbodus, Rennes'li (Piskopos) (~1035-1123): 231, 246

- Marco Polo (1254-1324): 59, 70, 261
- Marggraf, Andreas Sigismund (1709-1782): 143-144, 193
- Maria Theresia (Avusturya İmparatoriçesi) (1717-1780): 125
- Martin, Pierre Emile (1824-1915): 139
- el-Mecridî, Mesleme (ölm.1008): 227
- Medina, Bartolomé de (1527-1581): 181
- el-Mehdi, Ubeydullah (Fâtîmi Halifesi) (yön. 909-934): 66
- el-Mekkârî (1584-1632): 228
- Melanchthon, Philipp (Schwarzerd) (1497-1560): 105
- Menavino, Giovanantonio (doğ. 1492): 157
- Mendeleyev, Dmitri İvanowitsch (1834-1907): 126
- Mercati, Michele (1541-1593): 251-253
- el-Mes'ûdî (915-957): 219
- Mevdûd (Gazneli Sultanı) (yön. 1041-1049): 222
- Meyerhoffer, Wilhelm (1864-1906): 270
- Michelangelo Buonarroti (1475-1564): 89
- Midas (Frigya Kralı) (İÖ -715-676): 22
- Midhat Paşa (1822-1884): 240
- Mieli, Aldo (1879-1950): 222
- Miller, William Hallows (1801-1880): 267
- Mohs, Friedrich (1773-1839): 109-110, 211, 260
- Moissan, Ferdinand-Frédéric-Henri (1852-1907): 270
- Mond, Ludwig (1839-1909): 206
- Montezuma (Moctezuma), II. (Aztek İmparatoru) (1480-1521): 177
- More, Thomas (Thomas Morus) (1478-1535): 121
- Morgan, Jean-Jacques de (1857-1924): 175
- Morgan, John Pierpont (1837-1913): 270
- Moro, Antonio Lazzaro (1687-1764): 255-256
- el-Mukaddesî (ölm. 988): 172
- Mullet, J. J. Clément (19. yüzyıl): 229
- Murad, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1421-1444; 1446-1451): 155, 237
- Murad, III. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1574-1595): 179
- Mushet, Robert Forester (1811-1891): 210
- Mustafa bin Seydî: 237
- el-Mu'tasım (Abbasi Halifesi) (yön. 833-842): 146
- Müller, Joseph (1727-1817): 261
- Münif Paşa (1828-1910): 240
- Münster, Sebastian (1488-1552): 80, 82-83
- el-Müstevfi, Hamdullah (1281-1340 sonrası): 147
- el-Mütevekkil (Abbasi Halifesi) (yön. 847-861): 235
- Nadir Şah Afşar (İran Şahı) (yön. 1736-1747): 234
- Nakkaş Osman (16. yüzyıl): 158-159
- Napoléon, III. ("Louis Bonaparte") (Fransa İmparatoru) (İmp. 1852-1870): 164, 184-185
- Nasmyth, James (1808-1890): 138
- Newcomen, Thomas (1663-1729): 136, 140
- Nose, Karl W.: 270
- Nuh (Hz.): 85, 248, 256

- Obst, Karl August Erich (1886-1981): 242
- Osman Hamdi Bey (1842-1910): 163, 240
- Owen, Richard (Sir) (1804-1892): 245
- Pácz, Aladár (1882-1938): 201
- Pajéras: 242
- Palissy, Bernard (1510-1589): 90, 100
- Pallas, Pierre (Peter) Simon (1741-1811): 278
- Paracelsus (1493-1541): 56, 58, 118, 135, 193, 250-251, 253, 274
- Parkes, Alexander (1813-1890): 204
- Patterson, Clair (1922-1995): 250
- Pauliny, Gustave de: 160
- Peiresc, Nicolas-Claude Fabri de (1580-1637): 274
- Pelaez, Rodrigo: 179
- Penck, Walther (1888-1923): 242
- Pentland, Joseph Barclay (1797-1873): 270
- Perovski, Lev Aleksevich (1792-1856): 270
- Peter Schade: bkz. Petrus Mosellanus
- Petro, I. (Büyük) (Rus Çarı) (yön. 1682-1725): 279
- Petrus Mosellanus (Peter Schade) (1493-1524): 90
- Pettus, John (Sir) (1613-1690): 131
- Philip, II. (Makedonya Kralı) (yön. İÖ 359-336): 21
- Philippe, IV. (Philippe le Bel, "İyi Philippe") (Fransa Kralı) (yön. 1285-1314): 70
- Phillips, William (1775-1829): 270
- Pidgeon, Lloyd (1903-1999): 207
- Pinchbeck, Christopher (1670-1732): 199
- Pir Muhammed bin Evranos bin Nureddin bin Fâris ("Za'îf") (ölm. ~1557): 238
- Pirsson, Louis Valentine (1860-1919): 270
- Pistor, Gustav (1872-1960): 206
- Pizarro, Francisco (1471-1546): 176-177
- Platon (İÖ 427-348): 53, 116, 243, 271-273
- Playfair, John (1748-1819): 257
- Plinius, Yaşlı (Gaius Plinius Secundus) (23-79): 38, 52-53, 57, 59, 82, 116, 173, 191, 216, 231, 245, 261
- Plot, Robert (1640-1696): 275
- Potter, Isaac (17./18. yüzyıl): 125
- Power, Henry (1623-1668): 202
- Price, Thomas (doğ. 1837): 270
- Probert, Frank Holman (1876-1940): 271
- Promontorio, Jacopo de (~1410-~1487): 154
- Proust, Louis Joseph (1755-1826): 271
- Puzyrevsky, P. A. (1830-1871): 278
- Pythagoras, Samos'lu (Sisam'lı) (Pisagor) (İÖ 570-480): 273
- Qvist, Bengt Andersson (1726-1799): 145, 194
- Raffaello Sanzio (1483-1520): 89
- Ramsdell, Lewis Stephen (1895-1975): 271
- Ray, John (1627-1705): 100
- el-Râzî, Zekerîya ("Rhases") (864-930): 58, 217-219
- Réaumur, René Antoine Ferchault de (1683-1757): 136-137, 202
- Reich, Ferdinand (1799-1882): 126, 146

- Reichenstein, Franz Joseph Müller von (1740-1825): 145
- Rekhmireh (Rech-mi-Re) (İÖ 1450'ler): 24
- Reşideddin Fazlallah (1248-1318): 63
- Rıza Şah, Muhammed (İran Şahı) (yön. 1925-1941): 233
- Rıza Şah Pehlevî, Muhammed (İran Şahı) (1919-1980; yön. 1941-1979): 233
- Richardson, Frederick Denys (1913-1983): 211-212
- Richter, Hieronymus Theodor (1824-1898): 126, 146
- Ries, Adam (1492-1559): 123
- Rinmann, Sven (1720-1792): 36, 144-145
- Rockwell, Stanley Pickett (1886-1940): 111
- Romé de L'Isle, Jean-Baptiste Louis (1736-1790): 277
- Roscoe, Henry Enfield (Sir) (1833-1915): 271
- Rose, Gustav (1798-1873): 266, 271
- Rosenbusch, Karl (1836-1914): 267
- Röntgen, Wilhelm Conrad (1845-1923): 267
- Rudolf, II. (Alman İmparatoru) (1552-1612): 128, 274
- Rutherford, Ernest (1871-1937): 249
- Sahagún, Bernardino de (1499-1590): 39, 49
- Salomon-Calvi, Wilhelm (1868-1941): 242
- Samarski-Bykhovets, Vasilii Erafovich (1803-1870): 271
- Santiago, Diego de: 77
- Sareshel, Alfred von (13. yüzyıl ilk yarısı): 220
- Sargon, II. (Asur Kralı) (İÖ 721-705): 169-170, 172
- Saussure, Horace-Bénédict de (1740-1799): 255
- Scheele, Carl Wilhelm (1742-1786): 145, 196, 271
- Scheuchzer, Johann Jakob (1672-1733): 254
- Schott, Gaspar (1608-1666): 106
- Sefström, Nils Gabriel (1787-1845): 146
- Sella, Quintino (1827-1884): 271
- Semiramis (Şammu-Ramat / Şamram / Şahmiram) (Babil Kraliçesi) (İÖ 800'ler): 169
- Sénarmont, Henri Hureau de (1808-1862): 271
- Severgin, Vasilii M. (1765-1826): 278
- Seyid Ali Fethi Efendi, Rusçuk'lu (ölm.1857/1858): 238
- Short, Maxwell Naylor (1889-1952): 271
- Sidrac, Pierre (1675-1736): 232
- Siemens, Charles William (Sir) (1823-1883): 138-139
- Silberschlag, Johann Esaias (1711-1791): 255-256
- Silliman, Benjamin (1779-1864): 271
- Simitçioğlu, Michael: 155
- Smith, William (1769-1839): 258
- Smithson, James (1765-1829): 145, 271
- Sokolov, D. I. (1788-1852): 278
- Sorby, Henry Clifton (1826-1908): 267
- Sözde-Geber (Tarentum'lu Paulus) (13. / 14. yüzyıl): 52
- Specklin, Zacharias (1530-1576): 103
- Stahl, Georg Ernst (1660-1734): 143

- Steensen, Niels (Nicolaus Steno) (1638-1687): 248-249, 275
- Stephan, I. (Macar Kralı) (yön. 1069-1083): 125
- Stöckl, Hans (16. yüzyıl): 122
- Strabon, Amasya'lı (İÖ 64-İS 21): 53, 116
- Stromeyer, Friedrich (1776-1835): 146
- Suess, Eduard (1831-1914): 264
- Swab, Andreas von (ölm. 1731): 144
- Swab, Anton von (1702-1768): 144, 193
- Swedenborg, Emmanuel (1688-1772): 136
- Sylvius de le Boë, Franciscus (1614-1672): 271
- Szaibely, Stephan (1777-1855): 271
- Şaban Şıfat, Ayaş'lı (ölm.1705): 238
- Tacitus (55-120): 116
- Tafel, Victor (19./20. yüzyıl): 211
- Taggart, William H.: 49
- Takiyüddin ibn Ma'ruf (1521-1585): 148-150
- Tennant, Charles (1768-1838): 205
- Teryaev, A. M. (1767-1827): 278
- Texier, Charles (1802-1871): 175
- Thales, Miletos'lu (İÖ 624-545): 242-243, 256
- Theaetetos, Atina'lı (İÖ 417-369): 273
- Thénard, Louis Jacques (1777-1857): 145, 271
- Theophilus, Antakya'lı (Piskopos) (115-181): 246
- Theophilus Presbyter, Helmarshausenli (~1070-1125 sonrası): 71-72
- Theophrastos, Eresos'lu ("Tyrtamos") (İÖ 372-287): 53, 116, 243
- Thomas, Sidney Gilchrist (1850-1885): 138, 204
- Thomsen, Christian Jürgensen (1786-1865): 28
- Thomson, William ("Lord Kelvin") (1824-1907): 249
- Thölde, Johannes: bkz. Valentinus, Basilus
- el-Tıfâşî, Ebu'l-Abbas Ahmed ibn Yusuf (1184-1253): 226, 228, 232-233
- Timur ("Timurlenk") (Timurlu İmparatoru) (yön. 1369-1405): 38
- Tingxing, Song (1587-1666): 20
- Toula, Franz (1845-1917): 241
- Tournefort, Joseph Pitton de (1656-1708): 175
- Trigault, Niklaas (1577-1628): 117
- Tunell, George (dog. 1900): 271
- el-Tüstî, Näsireddin (1201-1274): 228, 237
- Tutankamon (Tut-ankh-Amon) (Firavun) (yön. İÖ 1333-1323): 18, 52
- Tutin, William (18. yüzyıl): 199
- Tutuk (Tütek): 85
- Türk: 85
- Ulex, George Ludwig (1811-1883): 271
- Usher (Ussher), James (1581-1656): 248
- Uthmann, Barbara (dog. 1514): 85
- Uvarov, Sergei Semeonovich (1786-1855): 271
- Uzun Hasan (Akkoyunlu Hükümdarı) (1423-1478): 156
- Uzun Mehmed (19. yüzyıl): 166

Valentinus, Basilius (asıl adı Johannes Thölde) (1565-1614): 84, 271

Van Helmont, Jan Baptista (1577-1644): 57

Van't Hoff, Jacobus Henricus (1852-1911): 271

el-Vatvat, Muhammed ibn İbrahim (1234-1318): 221

Vernadsky, Vladimir Ivanovich (1863-1945): 271, 278

Verneuil, August (1856-1913): 268

Vickers, Edward (1804-1897): 109-111

Victoria, I. (İngiltere ve Hindistan Kraliçesi) (İng.: 1837-1901; Hind.: 1877-1901): 234

Villafañe, Juan de Arfe y (1535-1603): 77

Vinci, Leonardo da (1452-1519): 89, 99, 230, 247

Vitruvius Pollio, Marcus (~İÖ 80-25): 27, 116

Vogt, Johan Herman Lie (1858-1932): 258

Vonsen, Magnus (1879-1954): 271

Wallerius, Johann Gotschalk (1709-1785): 276

Ward, Henry Augustus (1834-1906): 271

Watt, James (1736-1819): 136

Wavell, William (ölm. 1829): 271

Wegener, Alfred Lothar (1880-1930): 263-264

Weigel, Christian Ehrenfried (1748-1831): 144

Weiss, Ernest (ölm. 1899): 160-161

Welfringer, Basilius: 103

Welsbach, Carl Auer von (1858-1929): 261

Welser Ailesi: 70

Wermann, Lorenz: 95-96

Werner, Abraham Gottlob (1749-1817): 126, 256-258, 276-277

Wilkinson, John (1728-1808): 137

Wilm, Alfred (1869-1937): 201

Winkler, Clemens Alexander (1838-1904): 126

Withering, William (1741-1799): 271

Wollaston, William Hyde (1766-1828): 184, 271

Woodward, John (1665-1728): 100

Yafes: 85

Yakut Rûmî: bkz. Ebu Abdullah Yakut

Yavuz Sultan Selim (I.) (yön. 1512-1520): 155, 157

Zafiropulo, Yorgaki: 167

Zapata, Giorgio ("Emir Cigala"): 179

Zapffe, Carl Andrew: 202

Zemyatchensky, P. A. (1856-1942): 278

Zois, Siegmund (Baron) (1747-1819): 271

Zuev, V. F. (1754-1794): 278



Kağıdın ve Matbaanın Kültürel Tarihi

Zeki Tez

İnsanlığın sözel bir dünyadan yazılı dünyaya geçişi, uygarlığın ilk belirtilerini de taşıyıcı gündelik yaşama. Bu bir keşif yolculuğudur. Ucu insanların birbirleriyle anlaşmalarını kalıcı, yaygın, etkin kılmaya varır.

Toprağın işlenmesi nasıl ki tarınnı geliştirip ticaretin önünü açıyorsa; bu dolaşımın varlığını hissettiren en temel şey, yazı da başka keşiflere kapı aralıyor. Çin'de keşfedilen kâğıdın, yazının taşıyıcı nesnesi olarak varlığını hissettirmesi giderek matbaanın bulunuşunu da ortaya çıkarır. Prof. Dr. Zeki Tez *Kâğıdın ve Matbaanın Kültürel Tarihi*'nde, art arda, sonrasında da iç içe gelişen yazı/kâğıt/matbaa üçleminin serüvenini anlatmaktadır.

Diger yandan da yazının tarihsel seyrini ele alır. Yaşayan dillerden yazılı/yazısız dillere, kil tabletlerden çivi yazısına, hat sanatından kitap yazımına uzanan bir seyrde matbaanın bulunuşu ve baskı tekniklerine getirir sözü. Karşınıza çıkardığı birikimde insanlığın yazılı dünyasının arka planını gösterir. Kurulan kültürel dünyanın anlamına oradan bakmaya yönelir bizleri.

Her okurun kitaplığında yer alması gereken bir yapıt *Kâğıdın ve Matbaanın Kültürel Tarihi*.

Doruk Bilim
328 sayfa

GÜNDELİK YAŞAM VE EĞLENCENİN KÜLTÜREL TARİHİ



doruk

Gündelik Yaşam ve Eğlencenin Kültürel Tarihi

Zeki Tez

İnsanoğlunun yeryüzündeki serüveni çağdan çağa gelişerek kendi zenginliğini oluşturur. Öyle ki; yaşanan coğrafyalar, iklimler, konuşulan diller, doğal oluş ve dönüşümler tümüyle o serüvenin içinde biçimlenegelir.

Buluş ve gelişmeler insanlığı hem vareden hem de hayatını kolaylaştıran en temel olgulardır. Bu aynı zamanda gelecekteki gündelik yaşamların kurulmasında belirleyicilik kazanır.

Gündelik yaşam kültürünün oluşmasında o renkliliğin yansılar gözlenir. Bir yer, bir coğrafya, bir iklim, hatta tarihsel oluş giderek gelenekselleştirir insanın hayatında derince yer edenleri.

Bunların neler olduğunu görmek, anlamak; o tarihsel seyir içindeki yerlerini kavramak için bir başucu kitabı Prof. Dr. Zeki Tez'in *Gündelik Yaşam ve Eğlencenin Kültürel Tarihi*.

İnsanlığın yaşamla ölüm arasındaki varlığının anlamı da gösteren, kültürlerin içinde doğan/varoluşunu koruyan ve sürdürenin ne olduğunu da bize anlatmaktadır *Gündelik Yaşam ve Eğlencenin Kültürel Tarihi*.

Doruk Bilim
328 sayfa