

# Dünya altın madenciliği ve Türkiye'nin altın potansiyeli

*Vedat Oygür*, MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

1970'li yıllardan itibaren, altın fiyatlarının hızla yükselmesiyle birlikte, altınlı cevherin işlenmesi teknolojisindeki yeni gelişmelerin de etkisiyle Dünya altın madenciliği dikkati çeken bir büyüme süreci içine girmiştir. Böylece, yeni bir "Altına Hücum" dönemi yaşanmaya başlamıştır. Dünya madenciliğini egemenliği altına alan bu gelişim ülkemizi de etkilemekte gecikmemiş ve özellikle Batı Anadolu ve Doğu Karadeniz'de yoğun arama çalışmalarına başlanmıştır. Ancak, bulunan yatakların üretime açılabilmesi için, altın madenciliğinin çevreyi nasıl etkileyeceği konusundaki tartışmaların çözümlenmesi gerekmektedir. Açılma tektoniğinin egemen olduğu, jeotermal sistemler bakımından zengin ve epitermal altın cevherleşmelerinin parmak izi olarak kabul edilen Hg-As-Sb cevherleşmelerinin fazlaca görüldüğü Batı Anadolu ile altın cevherleşmeleri açısından önem taşıyan masif sülfid ve porfiri tip maden yataklarının bol bulunduğu Doğu Karadeniz altın cevherleşmeleri için jeolojik ve metalojenik açılardan Türkiye'nin potansiyel bölgeleridir. Günümüzde işletilebilirliği söz konusu altın yataklarının rezervi 76.5 ton, potansiyel yataklarınki 16.5 ton ve altının yan ürün olduğu baz metal yataklarındaki altın rezervi 42 ton olmak üzere bilinen toplam altın rezervi 135 tondur.

## Altın madenciliğinin yakın geçmişi

Dünya altın madenciliği, 1970'lerin sonlarından itibaren baş döndürücü bir gelişim yaşamaya başlamıştır. Bir çok sanayileşmiş ülkede, altın cevheri üretimi hızla artmaya başlamıştır (Çizelge 1). Bu olağan dışı

gelişim sonucunda, G.Afrika ve Rusya gibi geleneksel altın üreticisi ülkelerin dünya altın üretimindeki payları düşerken, diğerlerininki hızla artmıştır.

Kuşkusuz, bu gelişmeyi bir rastlantısal olay olarak görmemiz doğru değildir. 1960'lı yıllara gelindiğinde, altın fiyatlarının maliyetlerin altında kalması nedeniyle altın madenleri kapanmaya başlamıştır. Bunun üzerine 1968'de altın fiyatları serbest bırakılarak bir serbest piyasa konumunu almıştır. Daha sonra, 1975 yılında önce ABD, ardından İsviçre hükümetleri kendi vatandaşları üzerindeki külçe altın satın alma yasağını kaldırdılar. Böylece ilk çağdaş altın madeninin işletmeye açıldığı 1820'lerden beri neredeyse duraylı kalmış olan altın kurları çok hızla yükselmiştir (Şekil 1).

Kurlardaki bu yükselme, cevhere olan talebi de beraberinde getirmiştir. Bu olumlu koşullar, altın madenciliğinde yeni bir çağın açılmasına neden oldu. Düşük tenörlü, buna karşın yüksek rezervli cevherlerin işletilmesine olanak veren siyanürleme yöntemi uygulanmaya başlandı. 1867'de patenti alınan yöntem, 1891'de G. Afrika'da uygulandıktan sonra yüksek maliyeti nedeniyle bir kenara bırakıldı. Son yıllarda, sanayideki iki gelişme sonucunda, madencilik teknolojisinde devrim yaratan bu teknik yaygın biçimde kullanılmaya başlandı:

1- Geçirimsizliği sağlamak için havuz ve yığınların tabanına yayılan plastik örtüler (geomembrane) artık çok ucuza ve kolayca temin edilebilmektedir.

2- Klasik çinko ile çökertme yöntemi yerine, metalin çözüldüğüden ucuza ve kısa zamanda alınmasını sağlayan aktif karbon absorpsiyonu tekniği günümüzde mükemmelleşmiştir.

Günümüzdeki üretim maliyeti ile altın kurları arasındaki son derece olumlu ilişki sürdüğü müddetçe, altın madenciliğinin büyümeyle devam edeceği tahmin edilmektedir.

## Siyanürleme yöntemi

Günümüzdeki teknolojik ve ekonomik koşullar çerçevesinde siyanürleme, altının cevherden kazanılmasında uygulanan tek yöntemdir. Uygulanan teknik, düşük tenörlü ve çok ince taneli altın içeren cevherin kütleli olarak işlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece işlet-

Çizelge 1. Dünya altın üretimi (ton)

	1975	1980	1985	1990	1995
Güney Afrika Cumhuriyeti	713	675	673	601	522
ABD	32	28	79	294	312
Avustralya	16	17	57	257	253
SSCB	408	245	270	302	-
Rusya Federasyonu	-	-	-	-	129
BDT	-	-	-	-	241
Çin	-	-	73	100	160
Kanada	51	49	86	169	150
Brezilya	12	35	63	102	77
Papua Yeni Gine	18	14	33	32	52
Avrupa	11.6	11.9	16.4	27.3	23.4
Finlandiya	0.7	1.3	0.6	2.8	2.1
Fransa	1.5	1.1	2.1	5.4	4.8
İspanya	3.4	3.0	4.7	6.3	6.0
İsveç	1.9	2.2	4.3	4.2	6.5
Portekiz	0.3	0.3	0.2	0.4	-
Yugoslavya	3.8	4.0	4.5	8.2	4.0
<b>DÜNYA</b>	<b>1189</b>	<b>1187</b>	<b>1482</b>	<b>2086</b>	<b>2090</b>

Kaynak: Baché,1987; World Metal Statistics,June 1996.

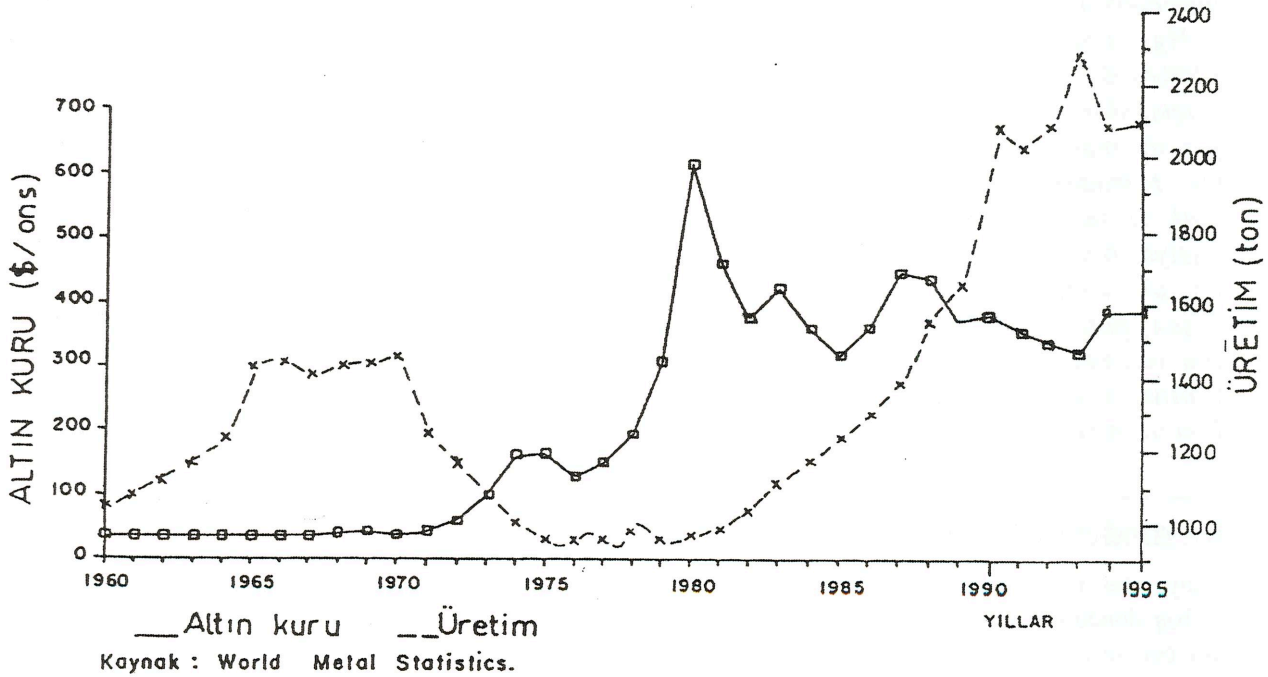
me rezervi son derece büyürken, işletme tenörü de düşüğünden bu yöntem bütün Dünya'da başarıyla uygulanmaktadır.

Siyanürleme yönteminde cevher, seyreltilmiş bir alkali siyanür çözeltisiyle (genelde NaCN) işleme sokulur. Proses, altının CN- iyonu ile anyonik bileşik yaparak sıvı faza özütlenmesi (liçi) esasına dayanmaktadır. Altının tane boyuna, cevherin tenörüne ve mineralojik özelliklerine göre siyanürleme ya yığın özütleme, ya da tank içinde karıştırmalı özütleme biçiminde uygulanmaktadır.

Siyanürleme yöntemi her cevher türünde başarılı olmamaktadır. Olumlu sonuç alınması için cevherin şu özellikleri taşıması gerekmektedir:

- 1- Altın ve gümüşü tutan karbonlu malzeme içermemesi;
- 2- Bakır, arsenik ve antimon sülfürleri gibi yüksek oranda siyanür tüketen bileşenlere sahip olmaması;
- 3- Kireç tüketimine neden olacak asit yapıcı bileşenlere sahip olmaması;
- 4- Siyanürün etki etmesini engelleyecek killi malzemenin oluşmaması;
- 5- Mekaniksel olarak altın tanelerini örtecek olan demir oksit oluşumuna elverişli malzeme içermemesi.

Avrupa'da siyanürleme yöntemiyle altın üretimi konusu ülkemizde sık sık gündeme gelmektedir. Çizelge 2'de 1994 yılı itibariyle Avrupa'da metal altın üretimi



Şekil 1. Altın kurları ve üretimin gelişimi (Oygür, 1990'dan değiştirilmiştir).

yapılan tesisler verilmektedir. Bakırın siyanürleme yöntemindeki olumsuz davranışı nedeniyle kompleks cevherlerde flotasyon yöntemi, buna karşılık Au - Ag cevherlerinde siyanürleme uygulanmaktadır.

## Dünya altın yatakları

Altın yatakları birçok jeolojik ortamda ve çok çeşitli kaya tiplerinde görülür. Bugüne kadar farklı ölçütlere dayandırılmış çeşitli sınıflandırmalarla altın oluşumları açıklanmıştır. En genel anlamda altın yatakları şu şekilde gruplandırılabilir:

- 1- Makaslama zonlarında yer alan, yüksek sıcaklıkta oluşmuş (mezotermal) altınlı kuvars damarları;
- 2- Jeotermal sistemlerle ilişkili düşük sıcaklıkta oluşmuş (epitermal) altın yatakları;
- 3- Bünyesinde altın da bulunduran, mağmatik etkiyle doğrudan ilişkili masif sülfid, porfiri bakır ve skarn yatakları;
- 4- Bu birincil cevherleşmelerden türemiş plaserler.

Dünya'da kayda geçmiş yüz bin kadar altın zuhuru vardır (Şekil 2). Seçilmiş bazı ülkeler için envanteri yapılmış altın rezervleri Çizelge 3'de verilmiştir. Güney Afrika'daki devasa Witwatersrand plaser havzası tek başına dünya altın stoğunun yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Son yıllardaki araştırmalar sonucunda bulunan rezervlerin ülkelere ve cevher tiplerine göre dağılımı Çizelge 4'de verilmiştir.

Dünya altın yatakları incelendiğinde, ülkemiz açısından vurgulanması gereken önemli bir nokta ortaya çıkmaktadır. Bugün önemli ölçüde altın üretimi yapılan epitermal cevherleşmelerin aranması, siyanürleme yönteminin sanayide uygulanmasından çok önce yapılmıştır. Örneğin, modern anlamda arama çalışmaları ABD California'daki Cherry Hill'de 1863'de, Fiji Emperor

*Çizelge 2. Avrupa altın işletmeleri (Mining Jour. Res. Ser., 1994).*

Ülke	Maden	Cevher Tipi	Ürün	Proses
FINLANDIYA	Saattopora	Kuvarsit	Au-Cu	Flotasyon
FRANSA	Salsigne	Kuvars damar	Au-Ag	Flotasyon-Siyanürleme
	"	Atıklar	"	Siyanürleme
	Le Bourmeix	Kuvars damar	"	"
İSPANYA	Filon Sur	Atıklar	"	"
	Rio Tinto	Sülfid	Au-Ag-Cu	Flotasyon-Siyanürleme
İSVEÇ	Aitik	"	"	Flotasyon
	Bjrokdal	"	Au	"
	Boliden	"	Au-Ag-Cu-Pb-Zn	"
	Garpenberg	"	"	"
	Kristineberg	"	"	"
	Enasen	"	"	"
	Viscaria	"	Au-Cu	"

Mine'da 1932'de, Filipinler'deki Exciban'da 1933'de ve Nalesbitan'da (Luzon) 1930'da başlamıştır. Yani önce cevherleşmeler bulunmuş ve jeolojik özellikleri ana hatlarıyla belirlenmiş, daha sonraki yıllarda ekonomik ve teknolojik gelişmelerin olumlu olmasıyla geliştirme çalışmaları yapılarak bir maden yatağı haline getirilerek işletmeye alınmışlardır.

Son yıllarda altın üretimindeki olağan üstü artış, epitermal altın yataklarındaki "görülmeyen" (invisible) altının siyanürleme tekniği kullanılarak kazanılması sayesinde olmuştur. Epitermal terimi yüzeye çok yakın, düşük sıcaklıkta (200°C'nin altında) oluşmuş hidrotermal cevherleşmeleri tanımlar. Termal kaynaklarla olan ilişkileri nedeniyle günümüzdeki jeotermal sistemlerin fosil eşdeğerleri olarak kabul edilirler. Epitermal yataklar kuvars damarları, ağsal damarlar veya saçınımlar biçiminde olabilir. Cevher içinde altın taneleri mikroskopla dahi görülemeyecek kadar ince olabilir ve kaya içinde saçınımlar halinde bulunabilir. Bu sayede işletilen cevherin tenörü düşmekte, buna karşılık rezervi çok büyümektedir (örneğin Round Mountain, ABD: 1.2 gr/ton, 195 milyon ton).

## Altın cevherleşmeleri açısından Türkiye Jeolojisi

Türkiye'nin jeolojisi ve metalojenisi çok karmaşıktır. Birbirinden farklı jeolojik ortamlarda oluşmuş çok çeşitli kayaçlar görülebilmektedir. Değişik oluşumlu ve çok sayıda maden yatağının bulunduğu bir metalojenik çeşitlilik de vardır.

Batı Anadolu'da Neojen'den beri bir genişleme tektoniği egemendir. Bunun sonucunda bölgede çok sayıda graben oluşmuştur ve bu yöreler, epitermal cevherleşmeler açısından önem taşıyan jeotermal sistemler bakımından da zengindir (Şekil 3). Bu özellikleriyle Batı Anadolu, ABD'deki en önemli epitermal altın yataklarının bulunduğu Nevada'daki Basin and Range bölgesiyle büyük bir benzerlik göstermektedir. Ayrıca, epitermal altın yataklarının iz elementi olarak önem taşıyan Sb ve Hg cevherleşmeleri de Batı Anadolu'da çok sayıda (Şekil 4).

Doğu Karadeniz bölgesindeyse, altın yatakları açısından önemli olan masif sülfid ve porfiri yataklarını oluşturmuş bir yitim zonu mağmatizması etkin olmuştur. Bu bölgemiz, bugün önemli altın yataklarına sahip Güneydoğu Asya ve Okyanusya ile aynı tektonik kuşaktadır ve benzer jeolojik ortamlar görülmektedir.

Dünya altın yataklarının önemli bir bölümü K. Amerika, Orta Avrupa ve Avustralya'da görülen makas-



Şekil 2. Dünya altın yatakları (Bache, 1987'den değiştirilmiştir). ●Mezotermal, x Epitermal,  
▲Masif sülfür, ◆Porfiri, ●Plaser

Çizelge 3. Seçilmiş ülkelere göre altın rezervleri (metal ton).

	Rezerv	Baz Rezerv	Toplam Rezervdeki Pay (%)
G.Afrika	20 000	20 000	46.5
Rusya	6 220	7 780	14.5
ABD	4 770	5 250	11.0
Kanada	1 780	1 960	4.1
Avustralya	1 400	2 700	3.3
Brezilya	940	1 080	2.2
Diğerleri	7 920	8 710	18.4
<b>DÜNYA</b>	<b>43 000</b>	<b>49 400</b>	<b>100</b>

Kaynak: Mineral Commodity Summaries, 1992

lama zonlarındaki mezotermal kuvars damarlarıyla temsil edilmektedir. İç - Batı Anadolu Bölgesi'nde henüz incelenmemiş olmasına karşın benzer bir jeolojik ortam mevcuttur. Bu bölgede önceki yıllarda yapılmış çalışmalara göre, özellikle Orta Avrupa'daki Massif Central (Fransa), Bohemya Masifi (Çekoslovakya) ve Doğu Alpleri'ndeki (Avusturya) yataklara benzer bir mineralojik parajenez mevcuttur.

Altın cevherleşmeleri içerebilecek jeolojik özelliklere sahip olmaları bakımından İzmir - Ödemiş, Uşak - Muratdağı, Niğde - Bolcardağı, Sivas - Uzunyayla, Gümüşhane-Kelkit üzerinde durulması gereken yörelerdir.

Bu jeolojik renklilik ve metalojenik çeşitlilik üzerine, Anadolu madencilik tarihinde önemli bir yeri olan antik altın işletmelerini yerleştirdiğimizde Anadolu altın madenciliği açısından gerçekten çekici bir hale gelmektedir (Şekil 5).

## Türkiye altın yatakları

Mevcut bilgilerimize göre; halen işletme hazırlıkları sürdürülen işletilebilirliği söz konusu yatakların toplam altın rezervi 76.5 tondur (Çizelge 5). Günümüzdeki ekonomik ve teknik koşullara bağlı olarak henüz işletilmeleri gündemde olmayan potansiyel rezerve sahip sahalar ise 16.5 tondur. Bazı bakır - kurşun - çinko maden yataklarındaki altın rezervi 42 tondur. Bu yataklardan Rize - Çayeli ve Kastamonu - Küre halen işletilmektedir. Bu verilere göre bilinen ve envanteri yapılmış toplam altın rezervimiz 135 tondur.

Günümüzde işletilmesi için hazırlıklar sürdürülen Bergama - Ovacık, Havran - Küçükdere, Gümüşhane - Mastra, Sivrihisar - Kaymaz epitermal tipte yataklardır. Yine işletilmesi planlanan yataklar arasındaki Artvin - Cerattepe ise bir masif sülfid yatağının oksitlenmiş demir şapkasıdır.

Ayrıca önemli potansiyele sahip altın cevherleşme-

Çizelge 4. Yeni bulunmuş (1988 itibarıyla) altın rezervlerinin dağılımı (metal ton).

	TOPLAM	Mezotermal	Epitermal	Magmatik	Plaser	Kompleks	Belirsiz
Okyanusya	1611	-	1006	570	-	-	35
ABD	1370	128	857	30	-	120	235
L.Amerika	1282	642	512	90	-	-	38
Avustralya	1245	440	-	-	670	-	135
G.Afrika	1239	-	-	-	1239	-	-
Kanada	990	363	-	-	-	560	67
Asya	666	56	140	220	-	90	160
Afrika	129	61	-	-	-	-	68
Avrupa	45	45	-	-	-	-	-
<b>TOPLAM</b>	<b>8577</b>	<b>1735</b>	<b>2515</b>	<b>910</b>	<b>1909</b>	<b>770</b>	<b>738</b>
<b>Toplam %</b>		<b>20</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

Kaynak: Baché, 1987; Intern.Mining, 1988

lerimizden Çanakkale - Madendağı ve Kartaldağı ile Karşıyaka - Arapdağı da epitermal tipte yataklardır.

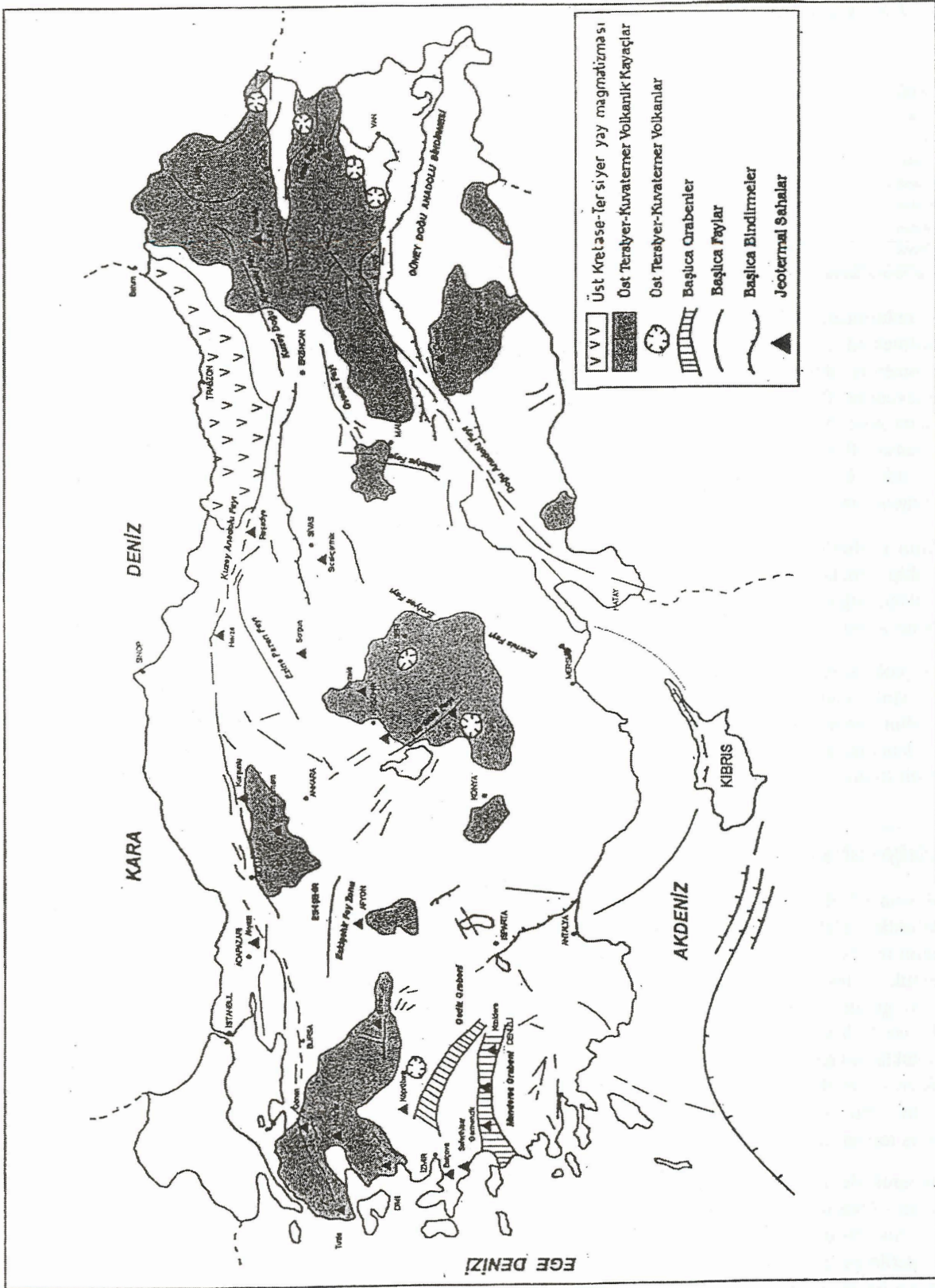
Masif sülfid yataklarımızdan Küre - Aşıköy, Rize - Çayeli ve Artvin - Borçka yan ürün olarak önemli altın içeriğine sahiptir.

Ancak, henüz hiç bir altın yatağının işletilmeye başlamadığını ve Anadolu'nun jeolojik ve metalojenik potansiyelini dikkate alırsak, ileride yapılacak aramalar ve yatak geliştirme çalışmaları sonucunda bu miktarların kolayca yükselebileceğini öne sürebiliriz.

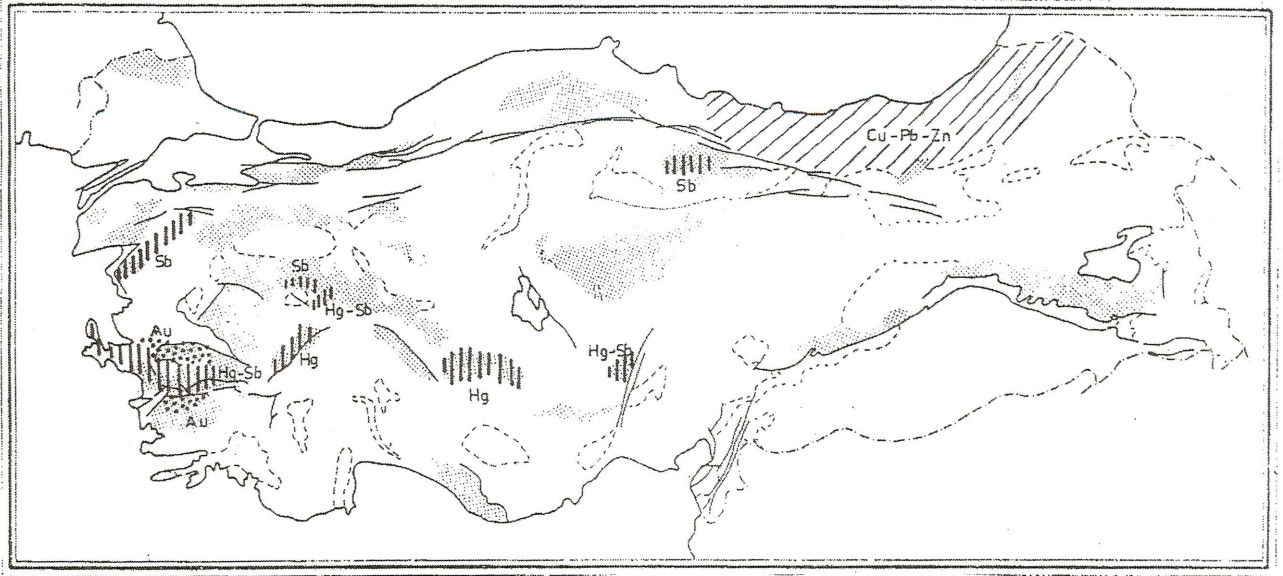
Ülkemizde, altın cevherleşmelerine yönelik modern maden yatağı modellemelerine dayandırılmış aramalar son on yıldır sürdürülmektedir. Bilgi birikimimizin genişletilebilmesi ve daha geçerli ve sağlıklı arama ilkelere belirlenebilmesi, bilinen yatakların işletilmesiyle

Çizelge 5. Türkiye altın rezervleri (Karabalık, 1994'den geliştirilmiştir).

a) İşletilebilirliği söz konusu olan sahalar						
Yeri	Tipi	Au(gr/ton)	Ag(gr/ton)	Diğer (%)	Rezerv (t)	Metal (t)
Bergama-Ovacık	Epitermal	9	11		2 980 000	27.0
Çanakkale-Madendağı	"	1.25			8 000 000	10.0
Gümüşhane-Mastra	"	8			1 164 000	9.2
Artvin-Cerattepe	Oksitli Sülfidli	4.8	200		1 600 000	8.3
		1.8	23.9	Cu 2.1	3 800 000	6.8
		1.3	2.2	Cu 10	1 200 000	1.5
Havran-Küçükdere	Epitermal	5	11.8		1 500 000	7.5
Sivrihisar-Kaymaz	"	6.5	5.3		950 000	6.2
<b>TOPLAM</b>						<b>76.5</b>
b) Potansiyel rezerve sahip sahalar						
Arapdağı -Çilektepe	Epitermal	1.3			3 120 000	4.0
Arapdağı-Altuntepe	"	3.38	42.8		688 000	2.4
Salihli-Sart	Plaser	96 mgr/m <sup>2</sup>			20 mil. m <sup>2</sup>	1.9
Hatay-Kiscikköy	Mezotermal	4			450 000	1.8
Bolcardağı	Karstik	8	273	Zn 4, Pb 4	175 000	1.4
		3.12	140	Zn 1, Pb 2	152 000	0.5
Ordu-Akoluk	Epitermal	1.14	20.8		1 048 000	1.2
Salihli-Bozdağı	"	1.38			848 000	1.2
Kağzman-Darphane	Plaser	<0.1 gr/m <sup>2</sup>			9 mil. m <sup>2</sup>	0.9
İnegöl-Sülüküköy	Epitermal	0.7-28			25 750	0.4
Ödemiş-Küre	Mezotermal	1.1-8.0	1-3		96 000	0.4
Ödemiş-Emirli	Epitermal	4.37			50 000	0.2
Çanakkale-Kartaldağı	"	5.2			50 000	0.2
<b>TOPLAM</b>						<b>16.7</b>
c) Altının yan ürün olduğu baz metal sahaları						
Küre-Aşıköy	Sülfidli	2.48	10	Cu 1.56	11 230 000	28.0
Küre-Bakıbbaba	"	1.5	5-20	Cu 3.24	250 000	0.4
Rize-Çayeli	"	1	68	Cu 4.7, Zn 7	10 600 000	10.6
Balıkesir-Altınoluk	Skarn	5	25	Zn 6.7, Pb 8.2	242 000	1.2
Borçka-Akarşen	Sülfidli	1.5	28	Cu 3.2	662 000	1.0
Artvin-Seyitler	"	0.35	36.84	Cu 1.8, Zn 2	1 485 000	0.5
Keban-Zeytindağı	"	1.64-2.35	40.1-47.3	Pb 2, Zn 0.7	94 500	0.2
Baskil-Nazarusağı	"	2.4	4.2	Cu 2	49 000	0.1
<b>TOPLAM</b>						<b>42.0</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>						<b>135.0</b>



Şekil 3. Türkiye'nin genç tektonik yapısı, volkanizması ve jeotermal alanlar (Ünalın, 1983'den değiştirilmiştir).



Şekil 4. Türkiye maden provenşeri (Gümiş, 1970).



Şekil 5. Türkiye altın yatakları.

elde edilecek veriler yardımıyla varsayımların doğrulanmasına bağlıdır.

Maden aramacılığı genelde büyük sermaye ve uzun bir hazırlık süresini gerektirmektedir. Bu tür yatırımlarda ayrıca risk faktörünün de yüksek olması nedeniyle yabancı sermayeli şirketler dışında, özel yerli şirketler bu yatırımı göze alamamaktadır.

Aramaların başarılı sonuçlanması için, aranan maden yatağıyla ilgili bir benzeşim modelinin kurulması

gerekmektedir. Model olarak seçilen ve jeolojik özellikleri bilinen maden yatakları, arama yapılacak yöre için jeolojik özellikleriyle karşılaştırılmakta ve saptanan hedef sahalara için arama yöntemleri ve ilkeleri belirlenmektedir. Bu hazırlık döneminde zaman ve para israfının önlenmesi için, MTA'nın metalojenik havzalara yönelik olarak yürüttüğü çalışmalar sonucunda elde ettiği temel jeoloji ve jeokimya verileri yayımlanmakta ve madenciler ile araştırmacıların kullanımına sunulmaktadır.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

Bachè, J.J., 1987, World Gold Deposits, North Oxford Academic, 179s.

Gümüş, A., 1970, Türkiye Metalojenisi, MTA Yayın., Ankara.

International Mining, 1988, Epithermal Gold, Feb. 1988, s. 7 - 12.

Karabalık, N., 1994, Türkiye'nin altın potansiyeli, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bült., Sayı 1, s. 33 - 34.

Mining Journal Research Services, 1994, The use of cyanide technology in processing gold ores - European operations and regulations, Rapor (yayımlanmamış).

Oygür, V., 1990, Altın madenciliğinin yeniden doğuşu, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 37, s. 17 - 22.

Ünalın, G., 1983, Türkiye'nin Enerji Kaynakları, Jeoloji Müh. Odası Yayın., No 40, 38s.