

Dünya altın madenciliği ve Türkiye'nin altın potansiyeli

Vedat Oy gür, 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 aranın çalışmalarına başlamıştır: 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 yataklarınla 165 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 ilke de,, 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, diğerlerinininki hızla, atmıştır.

Kuşkusuz, bu gelişmeyi bir rastlantısal olay olarak görmemiz doğru değildir. 1960'lı yıllara gelindiğinde,, altın fiyatlarının maliyetlerin altında kalması nedeniyle altın madenleri kapanmaya, başlamıştır. BU000 üzerine 1968"de altın fiyatları serbest bırakılarak bir serbest piyasa konu.mo.ou 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 durayh 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. oklu. Düşük tenörün, 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 sonuconcla,, 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 çitütle ile çökertme yöntemi, yerine, metalin çözüldüğü ucuza ve .kısa zamanda alınmasını sağlayan aktif karbon absorpsiyonu tekniği günümüzde mükemmelleşmiştir.

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

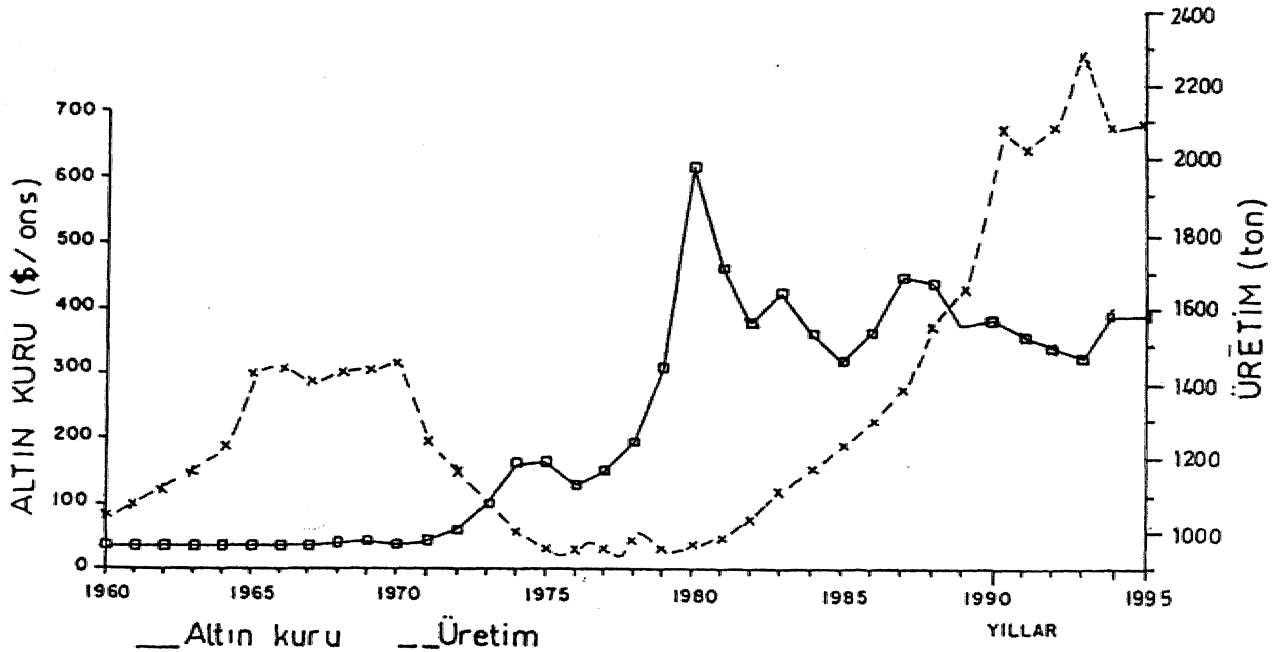
Siyanürleme yöntemi

Güçümüzdeki teknolojik ve ekonomik koşullar çerçevesinde siyanürleme, altının cevherden, kazanılmasında uygulanan tek yöntemdir. Uygulanan teknik, diştik tenftrlü ve çok ince taneli alto. içere» cevherin kütleli olarak işletilmesine 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
DÜNYA	1189	1187	1482	2086	2090

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



Kaynak : World Metal Statistics.

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

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

Siyanürleme yönteminde cevher,, seyreltilmiş bir alkali siyanür çözeltisiyle (genelde Na⁺CN⁻) işleme sokulur. Proses,, altının CN⁻ iyonu ile a.o.y.o.ik bileşik yaparak sıvı faza özetlenmesi (iiçi) esasına dayanmaktadır. Altının tane boyuna, cevherin tenörüne ve mineralojik özelliklerine göre siyanürleme ya yığın özetleme, ya da tank içinde kaşbrmah 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 animumao 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 ilkimizde sık. sık gündeme gelmektedir. Çizelge 2'de 1994 yılı itibariyle Avrupa'da metal alto üretimi

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

Diinya 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 zo.olan.nda yer alan, yüksek sıcaklıkta oluşmuş (mezotermal) altınlı kuvars damarları;
- 2- Jeotermal sistemlerle ilişkili düşük sıcaklıkta oluşmuş, (epitemal) altın yatakları;
- 3- Bünyesinde altın da bulunduran, mağmatik etkiyle doğrudan ilişkili masif silfid porfiri bakır ve skarn yataktan;
- 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'da devasa Witwatersrand plaser havzası tek başına dünya altın stoğunun yaklaşık yansını 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 Califantfa'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	Saaitopora	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 "görülme" (invisible) altının siyanürleme tekniği kullanılarak kazanılması sayesinde olmuştur. Epitermal terimi yüzeye çok yakın, düşük sıcaklıkta (200°Cnin 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 oluşum ve çok sayıda maden yatağının bulunduğu bir metalojenik çeşitlilik de vardır.,

Batı Anadolu'da Meoijen'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- dir (Şekil 4).

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

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



Şekil 2. Dünya altın yataktan (Bache, 1987'den değiştirilmiştir). Mezotermal, x Epitermal, AMasifsüyü, +Porfiri, mPiaser

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
DÜNYA	43 000	49 400	100

Kaynak: Materai Commodity Sommes, 1990

lama zonlanndaki mezotermal kuvars damarlarıyla temsil edilmektedir. İç - Batı Anadolu Bölgesi'nde henüz incelememiş 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 - Bolkanadağı, 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 bUgUerimize 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. - Kire halen işletilmektedir., Bu verilere göre- bilinen ve envanteri yapılmış toplamı 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 itibariyle) 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	-	-	-	-	-
TOPLAM	8577	1735	2515	910	1909	770	738
Toplam %		20	29	11	22	9	9

Kaynak: BaeMJ987; tom».Mning,19«8

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

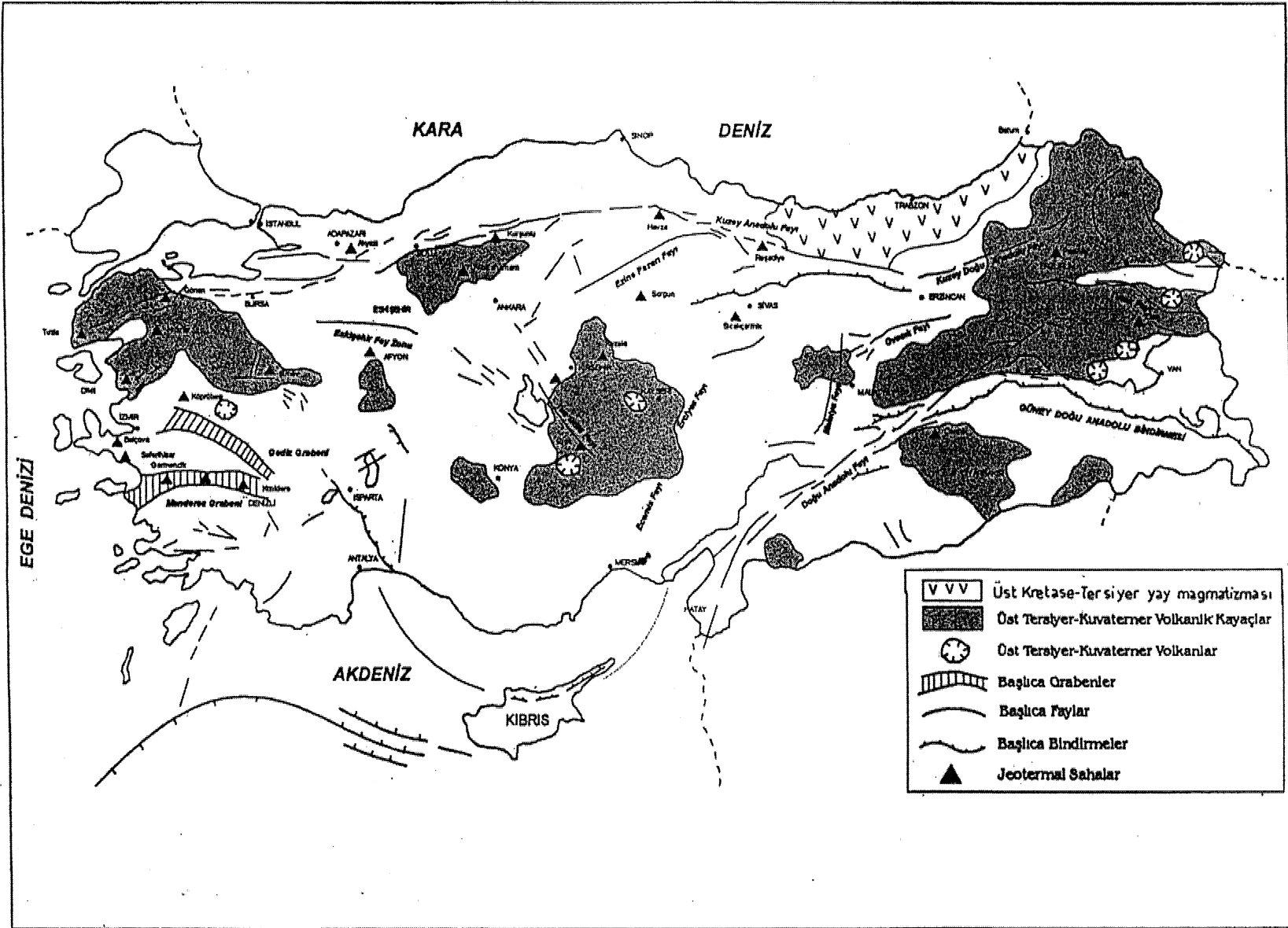
Masif sülfid yataklarımızdan Köre - Aşıköy,, Rize - Çayeli ve Artvin. - Borçka yan ürün olarak önemli altın içeriğine sahiptir.

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.

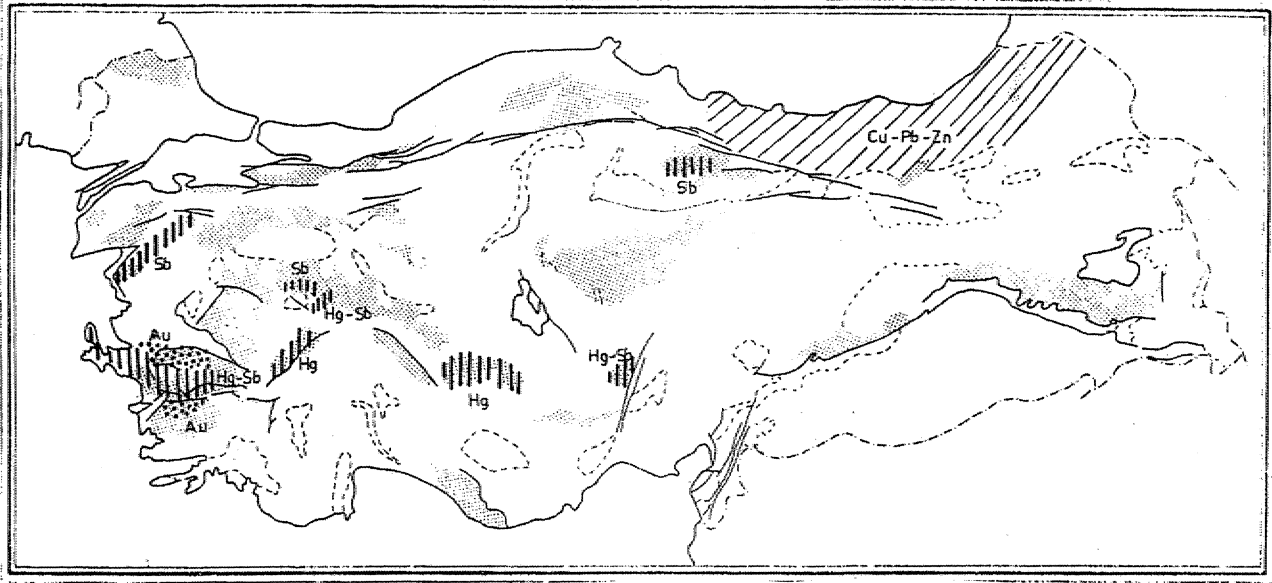
Ülkemizde, altın cevherleşmelerine yönelik, modern maden yatağı modellemelerine dayandırılmış aramalar son on yıldır sürdürülmektedir. Bilgi birikimimizin geliştirilebilmesi ve daha geçerli ve sağlıklı arama ilkelelerinin belirlenebilmesi, bilinen yatakların işletilmesiyle

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	
TOPLAM						76.5	
b) Potansiyel rezerve sahip sahalar							
Arapdağı -Çilektepe	Epitermal	1.3			3 120 000	4.0	
Arapdağı-Ahntepe	"	3.38	42.8		888 000	2.4	
Sahilli-Sarı	Plaser	96 mgr/m ³			20 mil. m ³	1.9	
Hatay-Kisecikköy	Mezotermal	4			450 000	1.8	
Bolkanadağı	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	
Sahilli-Bozdağı	"	1.38			848 000	1.2	
Kağızman-Darphane	Plaser	<0.1 gr/m ³			9 mil. m ³	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-Karsaldağı	"	5.2			50 000	0.2	
TOPLAM						16.7	
c) Altın yan ürün olduğu bazı metal sahaları							
Küre-Aşıköy	Sülfidli	2.48	10	Cu 1.56	11 230 000	28.0	
Küre-Bakıba	"	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	Skam	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-Zeytinadağı	"	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	
TOPLAM						42.0	
GENEL TOPLAM						135.0	



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



Şekil 4. Türkiye maden provenleri (Gümü, 1970).



Şekil 5. Türkiye ahin 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 yörelerin jeolojik özellikleriyle karşılaştırılmakta ve saptanan hedef sahalar 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, IL, 1987* World Gold .Deposits, North. Oxford Acedemic, 179s.

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

International Mining, 1988, Epithemial Gold., Feb., 1988, s. 7' -12,

Karabalık, N., 1994, Türkiye'nin allın potansiyeli, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bilt,,, 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).

Oygûr, V., 1990, Allım madencilığının yeniden doğuş«. Jeoloji Mühendisliği, Sayı 37., s. 17 - 22.

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