

KÜTAHYA-GÜMÜŞKÖY CEVHERLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Bülent Selim KAÇMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN Mühendisliği Ana Bilim Dalı

1991

KÜTAHYA-GÜMÜŞKÖY CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Bülent Selim KAÇMAZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ

Temmuz-1991

Bülent Selim KAÇMAZ'ın Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığı "Kütahya-Gümüşköy Cevherlerinin Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.10./09./1991

Başkan : Prof. Dr. Rifat BÖZKURT

Üye : Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAP

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muhammed KAYA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **11 EYLÜL 1991**
gün ve **286-7**.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem BATA
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
BÖLÜM I	
GENEL BİLGİLER	
1.1 Dünyada ve Türkiye'de Gümüş Yatakları	1
1.1.1. Ana ürün olarak gümüş yatakları	2
1.1.2. Yan ürün olarak gümüş yatakları	3
1.1.3. Dünyada ve Türkiye'de gümüş üretim ve tüketimi	4
BÖLÜM II	
2.1. Altın ve Gümüş Cevherlerinin Zenginleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler	10
2.2. Altın ve Gümüş Siyanürleme Sisteminin Temel İlkeleri	11
2.2.1. Liç tepkimelerini yavaşlatıcı etkiler	14
2.2.2. Siyanür tüketimi	15
2.2.3. Hidrojen peroksitin etkisi	15
2.2.4. Oksijen tüketimi	15
2.3. Altın ve Gümüşün Çözünmesinin Genel Kriterleri	15
2.4. Siyanürleme mekanizması	17
2.5. Hidrometalürjik Tepkimelerin Kinetiği	17
2.5.1. Kinetik modeller	20
2.5.2. Sıcaklığın etkisi	20
2.6. Refrakter Cevherlerle İlgili Çalışmalar	21
2.6.1. Refrakter cevherlerden gümüş kazanımı	22
2.6.2. Caron süreci	24
2.6.3. McClusky yöntemi	24
2.6.4. Thiourea özütleme	25

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

BÖLÜM III

3. KÜTAHYA -GÜMÜŞKÖY-AKTEPE MADENİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	26
3.1. Aktepe Maden Yatağının Jeolojisi	27
3.1.1. Aktepe maden sahasındaki cevher mineralleri	27
3.2. Aktepe cevherlerinin makroskobik özellikleri	29
3.3. Kütahya-Gümüşköy Tesislerinde Uygulanan Süreç	30
3.3.1. Kırma eleme ünitesi	31
3.3.2. Liç ünitesi	33
3.3.3. İzabe -elektroliz ünitesi ,.....	35

BÖLÜM IV

4. GÜMÜŞKÖY CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	37
4.1. Cevherin Tanıtımı	37
4.2. Deneysel Çalışmalar	37
4.2.1. Deney düzeneği	37
4.2.2. Deneyin yapılışı	38
4.3. Analiz Yöntemleri	38
4.3.1. Siyanürlü çözeltide gümüş analizi	38
4.3.2. Ateş analizi	39
4.4. Deney Sonuçları ,.....	39
4.4.1. Dolomitik cevher kimyasal analizi	42
4.4.1.1. Dolomitik cevher liç deneyi	43
4.4.2. Altere tuf cevheri kimyasal analizi	44
4.4.2.1. Altere tuf cevher liç deneyi	45
4.4.3. Silisifiye tuf cevher kimyasal analizi	46
4.4.3.1. Silisifiye tuf cevher liç deneyi	47
4.4.4. Limonit+Mangan cevher kimyasal analizi	48
4.4.4.1. Limonit+mangan cevher liç deneyi	49
4.4.5. Pasa cevher kimyasal analizi	50
4.4.5.1. Pasa cevher liç deneyi	51
4.5. Değişik Cevher Kompozisyonlarının Karıştırma Liç Deneyleri	54
4.5.1. Limonit+Mangan ve altere tuf cevher karışımının karıştırma liç deneyleri	54

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.5.2. Dolomit, silisifiye tuf, pasa cevher karışımının.. liç deneyi	55
4.5.3. Beş tip cevherin rezerve uygun karışımının liç deneyi	56
4.6. Rezerve Uygun Cevher Karışımlarının Reaktif Cinsi ve Miktarlarının Etkisi	59
4.6.1. Rezerve uygun cevher karışımının, yardımcı reaktif kurşun nitrat miktarının etkisinin incelenmesi ...	59
4.6.2. Rezerve uygun cevher karışımında, siyanür konsan - trasyonunun etkisinin incelenmesi	60
4.6.3. Rezerve uygun cevher karışımında, koruyucu alkali ortam sağlamak için, sodyum karbonatın etkisinin incelenmesi	61
4.7. Acil Stok Cevherinin Ön-Liç Deneylerine Uygulanması	64
4.7.1. Acil stok cevherinin, sülfürik asit ve siyanür liç deneylerine uygulanması	64
4.7.2. Acil stok cevherlerinin, hidroklorik asit ve siya - nür liç deneylerine uygulanması	65
4.8. Sodyum Siyanür Konsantrasyonlarının Değişimlerinin İnce - lenmesi	68
4.8.1. % 0,1 sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi	68
4.8.2. % 0,2 sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi	69
4.8.3. % 0,05 sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi	70
4.8.4. % 0,3 sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi ...	71
4.9. Kalsiyum oksit Konsantrasyonlarının Değişimlerinin İnce - lenmesi	74
4.9.1. % 0,01 kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi ...	74
4.9.2. % 0,04 kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi ...	75
4.9.3. % 0,06 kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi ...	76
4.9.4. % 0,10 kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi ..	77
4.10. Beş Tip Cevherin, tane boyutu, kurşun nitratın etkisinin incelenmesi, optimum koşullarda maksimum verimlerin ve reaktif tüketimlerinin saptanması	80
4.10.1. Altire tuf cevheri, $d_{80} = - 74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi	80

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.10.1.1. Altere tuf cevheri, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	81
4.10.1.2. Altere tuf cevheri, $d_{80}= -53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	82
4.10.2. Dolomit cevheri, $d_{80}= -74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi	84
4.10.2.1. Dolomit cevheri, $d_{80}= -74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	85
4.10.2.2. Dolomit cevheri, $d_{80} = -53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi	86
4.10.3. Silisifiye tuf cevheri, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi	88
4.10.3.1. Silisifiye tuf cevheri, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi ..	89
4.10.3.2. Silisifiye tuf cevheri, $d_{80}=-53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi ..	90
4.10.4. Limonit+mangan cevheri, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi	92
4.10.4.1. Limonit+mangan cevheri, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi ..	93
4.10.4.2. Limonit+mangan cevheri, $d_{80}=-53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi .	94
4.10.5. Pasa cevher, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitrat-sız liç deneyi	96
4.10.5.1. Pasa cevher, $d_{80}=-74 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	97
4.10.5.2. Pasa cevher, $d_{80}=-53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	98
4.11.Rezerve Uygun Harman Cevherin Tesbit Edilen Optimum Koşullarda Sınanması	102
4.11.1. Harman cevher, $d_{80}=-53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	102
4.11.2. Harman cevheri, ince kısmı su ile yıkanarak ayrılmış, $d_{80}=-53 \mu$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	103

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.11.3. Harman cevher, $d_{100}=-53$ μ m boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi	104
4.11.4. Harman cevher, $d_{100}=-53$ μ m boyutta ve kurşun nitrat ve sodyum silikat disperse reaktif ilaveli liç deneyi	105
BÖLÜM V	
SONUÇLAR	108
ÖNERİLER	112
KAYNAKLAR DİZİNİ	113

ÖZET

Bu tezde; Etibank, Kütahya-Gümüşköy, Aktepe Maden sahasındaki cevherlerin zenginleştirilme olanakları araştırılmış, öncelikli konu ile ilgili detaylı literatür taraması yapılmış, Aktepe maden sahasının jeolojisi incelenmiş, cevher oluşumlarına göre, beş ayrı tip cevherleşme numuneleri üzerinde mineralojik çalışmalara ışık tutması açısından orijinal kayaç numunelerinden, parlak kesitler hazırlanmış, liç deneylerinden önce ve sonra numunelerin mineralojik analizleri yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda; Gümüş minerallerinin oldukça küçük boyutlarda ve beş tip cevherleşmenin farklı fiziksel, kimyasal ve mineralojik yapılarda bulunması nedeniyle, hidrometalürjik yöntemler üzerinde çalışmaya ağırlık verilmiştir. Ancak diğer cevher zenginleştirme olanaklarının araştırılması ile ön konsantre elde edilmesi, daha sonra liç sistemlerine geçilmesi verim, tenör ve ekonomik açılarından daha değişik sonuçları ortaya çıkarabilecektir.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde; Genel bilgiler,

İkinci bölümde; Au ve Ag cevherlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan yöntemler,

Üçüncü bölümde; Kütahya-Gümüşköy-Aktepe madeni hakkında genel bilgiler,

Dördüncü bölümde; Gümüşköy cevherlerinin zenginleştirilmesi,

Son bölümde ise sonuçlara yer verilmiştir.

SUMMARY

In this thesis, the concentration possibilities of silver ore in Gümüşköy-Kütahya, has been investigated. A detailed literature investigation and study on the geology of Aktepe mine area has performed. Examinations of polished surfaces of original ore samples have performed in order to on light the mineralogical studies of five different ore types.

Since the particle sizes of silver minerals are rather tiny and different physical, chemical and mineralogical characters of those ores, concentrated on the studies are hydrametallurgical processes.

Improving the other concentration processes producing the pre-concentrate and than leaching can give some different results about grade, output and economy.

The subjects are explained in give sections in this thesis;

1. General explanation,
2. The processes about concentration of Au and Ag ores,
3. General information about Aktepe-Gümüşköy ore-Kütahya,
4. Concentration of Aktepe silver ore bodies,
5. Results.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarımın danışmanlığını kabul ederek, bana bu tezi hazırlama olanağı sağlayan ve çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerinden ve tecrübelerinden yararlandığım, Sayın Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ'a, Sayın Prof.Dr.Rifat BOZKURT'a ve Yrd.Doç. Dr.Gürkan YERSEL'e, Sayın Yrd.Doç.Dr.Muammer KAYA'ya, Sayın Yrd.Doç.Dr. Adnan KONUK'a, ayrıca; Etibank 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi'ne, işletmenin tüm olanaklarını bana sağlayarak, çalışmalarım da her türlü maddi, manevi desteği veren; Müessese Müdürü Sayın İsmet SİVRİOĞLU'na ve Müessese Müdür Yardımcısı, Sayın Refik APUL'a, Kimya laboratuvarı elemanlarına, çalışmalarım da bana yardımcı olan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bülent Selim KAÇMAZ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Siyanür çözeltisindeki altın çözünmesinin şematik gösterimi	12
2.2. Metalik bir mineral yüzeyi üzerindeki hidrometalürjik tepkimeler	18
3.1. Gümüşköy-Aktepe maden yatağının yer bulduru haritası	26
3.2. Kırma-eleme ünitesi akım şeması	32
3.3. Komple süreç akım şeması	34
3.4. İzabe-elektroliz akım şeması	36
4.1. Beş tip cevhere, işletme tüketimleri baz alınarak, yapılan karıştırma liç deneyleri	52
4.2. Değişik cevher kompozisyonlarının liç deneyleri	57
4.3. Rezerve uygun cevher paçalıyla NaCN ve $Pb(NO_3)_2$ 'nin arttırılması ve Na_2CO_3 kullanımı ile yapılan liç deneyleri	62
4.4. Ön-liç ve siyanür liç deneyleri	66
4.5. Optimum NaCN konsantrasyonunun tesbiti için yapılan şişe liç deneyleri	72
4.6. Optimum CaO konsantrasyonunun tesbiti için şişe liç deneyleri	78
4.7. Altere tuf cevherin optimum koşullarda liç deneyleri.....	83
4.8. Dolomit cevherin optimum koşullarda liç deneyleri	87
4.9. Silisifiye tuf cevherin optimum koşullarda liç deneyleri .	91
4.10. Limonit+mangan cevheri, optimum koşullarda liç deneyleri.	95
4.11. Pasa cevheri optimum koşullarda liç deneyleri	99
4.12. Harman cevherin optimum koşullarda liç deneyleri	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye'de rastlanan başlıca gümüş mineralleri	1
1.2. Dünya gümüş rezervleri ve potansiyel (ton)	5
1.3. 1983 dünya gümüş üretimi ve 1983, 1984, 1990 üretim kapasite- si (ton)	6
1.4. Gümüş tüketiminin ülkelere göre dağılımı	7
1.5. Gümüş tüketim alanları	7
1.6. Batı dünyası rafine edilmiş gümüş	8
1.7. Batı dünyası gümüş ihtiyacı	8
1.8. Batı dünyası gümüş arz/talep dengesi	9
4.1. İşletme tüketimleri baz alınarak, yapılan karıştırma liç de- neyleri sonucu elde edilen veriler	53
4.2. Değişik cevher kompozisyonlarının liç deneyleri ve elde edi- len veriler	58
4.3. Rezerve uygun cevher paçalı ile NaCN ve $Pb(NO_3)_2$ 'nin arttı- rılması, Na_2CO_3 kullanımı ile yapılan liç deneyleri ve elde edilen veriler	63
4.4. Ön-liç ve siyanür liçi sonucu elde edilen veriler	67
4.5. Optimum NaCN konsantrasyonunun tesbiti için yapılan şişe liç deney verileri	73
4.6. Optimum CaO konsantrasyonunun tesbiti için yapılan şişe liç deney verileri	79
4.7. Beş ayrı tip cevherin, optimum koşullarda sınanarak NaCN, CaO tüketimleri ve verimlerin tesbiti için yapılan liç deney verileri	100
4.8. Harman cevher ile yapılan karıştırma liç deney verileri	107

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1. Dünyada ve Türkiye'de Gümüş Yatakları

Doğada Gümüşe ya serbest ya da (+1) ve(+2) değerli bileşikler halinde rastlanır. Duraylı bileşiklerinde genelde (+1) değerlidir. Öte yandan Ag iyonu, Cu, Pb-Zn ve Sb elementleriyle de yer değişimi yapabildiğinden elementlaren bünyesinde de belli oranda Gümüşe rastlanılmaktadır (DORA, 1988).

Dünyadadaki Gümüş yatak tipleri üretimleri açısından ikiye ayrılır;

- 1- Ana ürün olarak Gümüş yatakları,
- 2- Yan ürün olarak Gümüş yatakları.

Ana ürün olarak Dünya üretiminin ancak % 25'ini, yan ürün olarak Gümüş elde edilen yataklarsa % 75'ini oluştururlar. Ekonomik dalgalanmalara bağlı olarak her iki grup yatakta da Gümüş üretimine devam edilmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye'de Rastlanan Başlıca Gümüş Mineralleri

Serbest (Nabit) Gümüş	Ag
Arjantit	Ag ₂ S
Ag-Tetraedrit(Fraybergif)	(Cu, Ag) ₁₀ (Fe,Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃
Pirarjirit	Ag ₃ SbS ₃
Prustit	Ag ₃ AsS ₃
Andorit	Pb ₄ Ag ₄ Sb ₁₂ S ₂₄
Stefanit	5Ag ₂ S.Sb ₂ S ₃
Pirostilpirit	Ag ₃ SbS ₂
Polibarit	Ag ₃ SbS ₆
Frayslebenit	PbAgSbS ₃
Pearseit	(Ag,Cu) ₁₆ As ₂ S ₁₁
Petzit	(Ag,Au) ₂ Te
Hessit	Ag ₂ Te
Silvanit	AuAg ₄

1.1.1. Ana ürün olarak gümüş yatakları

Bu tür yataklar 21. yüzyıl öncesi gümüşün para birimi olarak kullanıldığı dönemlerde çok yoğun bir madenciliğe sahip olmuştur. Yüzeğe yakın kısımları hemen hemen tamamiyle alınmış olduğundan bugün gümüş fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı olarak işletilmektedir.

A- Epitermal Au-Ag yatakları (Comstock/Nevada tipi)

Subvolkanik bacalar ya da volkanik lav ve tüfler içinde damar, cevherleşmiş ezik zonlar ve saçılmış gövdeler biçiminde bulunabilirler. Alterasyon mevcut olup asidik karakterli volkanitlerde görülürler. Bu yatakların çoğunda nabit altın, altın tellorit ve selenitler baskındır, kimilerinde nabit gümüş, gümüş mineralleri ve gümüş kapsayan Cu-Pb-Zn ve Sb sülfidler öne geçer. Gang, kuvars, barit ve kalsit olabilir. Gümüş tenörü 30 g/ton ile 1-2 kg/ton arasında değişir.

Arapdağ/Karşıyaka ve Kartaldağ/Çanakkale altın filonlarında bulunan gümüş bu gruba girer.

B- Epitermal gümüş yatakları (Meksika tipi)

Bir önceki tipin özel şeklidir. Burada gümüş mineralleri iyice ön plana geçmiştir. Altın yan ürün olarak elde edilir. Çoğunlukla volkanik kayalara bağlı damarlar biçimindedir. Damar minerali kuvars, kalsedon, opal, kalsit, rodakrozit ya da zeolit olabilir. Gümüş altının 140 ila 400 katı daha fazladır. Meksika dünya'nın en zengin gümüş yataklarına sahiptir.

Genelde bu tür Epitermal gümüş damarları yüzyıllardan beri işletilmektedir. San Luis Potosi, Hidalgo ortaç volkanitler içinde yer alan ünlü Meksika yataklarıdır. Kütahya-Gümüşköy'de silislenmiş dasitik tüfler içinde bulunan Ag-Pb-Zn-Sb cevherleşmesi bu tipe dahil edilebilir.

C- Pb-Ag-Zn yatakları

Gümüştür zengin Pb-Zn damarları biçimindedir. Derinlik kayalarına ya da subvolkanik kayalara bağlı olarak meydana gelebilirler. Çeşitli Ag mineralleri yanında Pb-Zn-ve Cu'ın sülfid ve sülfür tuzlarını kapsayabilirler. Başlıca gang mineralleri kuvars, siderit, fluorit, barit ve

rodokrosittir. Gümüş bu yatakların kiminde ana, kiminde ürü ürün olarak üretilir. Idaho/A.B.D.'deki Coeur d'Alene gümüş kuşağındaki damarlar bu tipten sayılabilir. 1968 yılına kadar 25.000 ton gümüş üretilmiştir. Kimi ocaklar 2700 m derine ulaşmıştır. Cevher 750 g/ton Ag ve % 0.75 Cu ve toplam % 10-12 Pb-Zn kapsar. Güney Amerika'nın diğer yerlerinde ve Meksika'da bu türe uyan pek çok gümüş yatağı bulunmaktadır. Türkiye'de simli kurşun yatakları diye anılan, derinlik ve yüzey kayalarına bağlı pek çok yatak vardır. Bunlarda gümüş üretimi zaman zaman ön plana çıkmıştır. Ancak şimdi gümüş yan ürün olarak elde edilmektedir.

D- Ag-Co-Ni-Bi-U formasyonu

Bu parajenezde dünyanın birçok maden provensinde rastlamak olanaklıdır. Asidik ve bazik sokulum kayalarına bağlı olarak gelişmişlerdir. Özellikle uranyum ve kobalt yönünden zengin yataklardır.

E- Sn-Ag-Bi formasyonu

Kalay, bizmut ve wolfram mineralleri kimi hallerde düşük hidrotermal derecelerde de oluşmaktadır. Bu durumda kalay, solfitler biçiminde bağlanarak stannin, tealit ve ender kalay sülfidleri meydana getirmiştir.

Dünyanın en ünlü kalay kapsayan gümüş yatağı Bolivya'daki Cerro Rico Potosi'dir.

1545-1960 yıllarında 30.000 ton üzerinde gümüş üretilmiştir. Türkiye'de bu tip yataklara rastlanmamıştır.

1.1.2. Yan ürün olarak gümüş yatakları

+1 değerli Ag, +1 değerli Cu'la kolayca yer değiştirebildiğinden kompleks Cu-Pb-Sb solfit bileşikleri ve sülföz tuzları içinde çoğunlukla gümüşe rastlanır. Galenit içinde mikroskobik ve submikroskobik kapanımlar halinde, sfalerit içinde saçılmış olarak serbest gümüşe ya da gümüş minerallerine rastlamak olanaklıdır.

A- Superior Gölü tipi serbest Cu yatakları

B- Sudbury tipi Ni-Cu yatakları

C- Kıbrıs tipi Cu yatakları

D- Porfiri bakır yatakları

- E- Skarn tipi Cu-Pb-Zn yatakları
- F- Missisipi vadisi tipi Pb-Zn yatakları
- G- Eksalatif sedimanter Cu ve Cu-Zn yatakları

1.1.3. Dünyada ve Türkiye'de gümüş üretim ve tüketimi

1985 yılında dünya gümüş rezervi 335.400 ton dolayındadır. Ancak dünya toplu gümüş potansiyelinin 777.500 ton olduğu tahmin edilmektedir. Çizelge 1.2'deki potansiyel rezervin % 88'i pazar ekonomisinin egemen olduğu ülkelere aittir. Dünya rezervinin 1/3'ü gümüş ve altının ana ürün olarak çıkarıldığı, 2/3'ü ise gümüşün yan ürün olarak kazanıldığı yataklara düşmektedir.

Türkiye'de gümüşün ana ürün olarak işletildiği tek yatak Kütahya-Gümüşköy madenidir. Bu yatağın gümüş rezervi 3700 ton olarak hesaplanmış ve jeolojik rezervle, potansiyel rezervin 4000 ton dolayında olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca Arapdağ/Karşıyaka, Kartaldağ/Çanakkale Sard/Salihli v.b. önemsiz sayılabilecek rezervler vardır.

Çizelge 1.2. Dünya Gümüş Rezervleri ve Potansiyeli (1985 yılı)

Ülkeler	Rezervler (t)	%	Potansiyel (t)
<u>Kuzey Amerika</u>			
A.B.D.	28.612	11,75	55.890
Kanada	36.076	14,81	43.540
Meksika	42.607	17,50	45.717
Diğerleri	933	0,38	7.153
TOPLAM	108.228	44,44	152.390
<u>Güney Amerika</u>			
Peru	21.148	8,68	29.545
Diğerleri	7.464	3,07	10.885
TOPLAM	28.612	11,75	40.430
<u>Avrupa</u>			
S.S.C.B.	43.540	17,88	49.760
Diğerleri	20.215	8,30	30.789
TOPLAM	63.755	26,18	80.549
<u>Afrika</u>			
TOPLAM	9.930	3,83	13.995
<u>Asya</u>			
Japonya	2.177	0,89	2.232,5
Diğerleri	5.287	2,17	5.909
TOPLAM	7.464	3,06	8.241,5
<u>Okyanusya</u>			
Avustralya	24.258	9,96	34.210
Diğerleri	1.866	0,77	5.598
TOPLAM	26.124	10,73	39.808
DÜNYA	243.513		335.413

Çizelge 1.3. 1983 Dünya Gümüş Üretimi ve 1983, 1984, 1990
Üretim Kapasitesi (ton)

ÜLKELER	ÜRETİM		KAPASİTE	
	1983	1983	1984	1990
Kuzey Amerika				
A.B.D.				
Maden	1349,7	1710,5	1710,5	1866
Rafine Ürün	1567,4	4976	4976	5131,5
Diğer K.Amerika Ülkeleri				
Maden	3209,5	4198	4198	4820,5
Rafine Ürün	--	3421	3421	3421
Toplam K.Amerika Ülkeleri				
Maden	4559,5	5909	5909	6686,5
Rafine Ürün	--	8397	8397	8552,5
Güney Amerika				
Maden	2366,7	2643,5	2643,5	2799
Rafine Ürün	--	1244	1244	1399,5
Avrupa				
Maden	3057,1	3732	3732	3732
Rafine Ürün	--	3110	3110	3110
Afrika				
Maden	497,6	622	622	622
Rafine Ürün	--	311	311	311
Asya				
Maden	687,3	1026,3	1026,3	1088,5
Rafine Ürün	--	2177	2177	2177
Okyanusya				
Maden	1048,1	1306,2	1306,2	1555
Rafine Ürün	--	311	311	311
TOPLAM DÜNYA				
Maden	12216,1	15239	15239	16483
Rafine Ürün	--	15550	15550	15861

Çizelge 1.4. Gümüş Tüketiminin Ükelere Göre Dağılımı

Ülkeler	% Tüketim
A.B.D.	40
Japonya	15
Fransa	8
Batı Almanya	7
Diğer Ülkeler	30

Çizelge 1.5. Gümüş Tüketim Alanları

Tüketim Alanı	% Tüketim
Fotoğraf sanayii	40-50
Elektrik sanayii	20-30
Para ve madalyon yapımı	3-5
Süs eşyası ve takı yapımı	10
Alaşımlarda	5
Dişçilikte	5
Yapay yağmur yağdırmada	5

Çizelge 1.6. Batı Dünyası Rafine Edilmiş Gümüş (EMJ, 1990)

Milyon Oz.	1987	1988	1989	1990
Yeni Maden Üretimi				
Meksika	68	77	80	82
Peru	65	51	55	55
Kanada	42	44	44	47
Birleşik Devletler	38	52	60	66
Avustralya	32	36	37	39
Diğerleri	89	93	94	100
TOPLAM	334	353	370	389
İkincil Kaynaklar				
Eski hurdalar	75	80	75	78
Hindistan Stokları	12	14	10	5
Devlet Stokları	13	5	5	
Para Ergitme	3	2	3	2
TOPLAM	103	101	93	90
GENEL TOPLAM	437	454	463	479

Çizelge 1.7. Batı Dünyası Gümüş İhtiyacı (EMJ, 1990)

Milyon Oz.	1987	1988	1989	1990
Endüstri Ülkeleri				
Birleşik Devletler	118	120	125	128
Japonya	87	98	102	106
Batı Avrupa	91	105	110	115
Diğerleri	93	100	105	105
TOPLAM	389	423	442	454
Para basımı	30	30	30	30
GENEL TOPLAM	419	453	472	484

Çizelge 1.8. Batı Dünyası Gümüş Arz/Talep Dengesi (EMJ, 1990)

Yıllar	Arz	Tüketim	Değişim %	Ortalama Fiat (\$/Oz.)
1970 - 1979	423	440	17	4,23
1980	486	368	118	20,65
1981	442	346	96	10,53
1982	437	362	75	7,95
1983	476	367	109	11,43
1984	449	373	76	8,15
1985	440	385	55	6,14
1986	422	404	18	5,49
1987	437	419	18	7,01
1988	454	453	1	6,53
1989	463	472	9	5,49
1990	479	484	5	--

BÖLÜM II

2.1. Altın ve Gümüş Cevherlerinin Zenginleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Soy metallerden altın ve gümüş cevherlerinin ekonomik tenördeki değerlerine göre, ana ya da ara ürün olarak elde edilirler, bunlar cevher karakteristiğine göre çeşitli yöntemlerin uygulanmasını gerektirir.

Genel olarak, fiziksel, fiziko-kimyasal, kimyasal ve metalürjik olarak sınıflandırılırlar.

A- Fiziksel Yöntemler

Fiziksel yöntemler genellikle ön zenginleştirme işlemlerini içerirler. İri boyutta serbestleşen mineraller için kullanılır. Tane iriliğine göre iriden inceye doğru sistem gereği ekipmanlar değişir, çeşitlenirler. Bunlar, gravite zenginleştirme yöntemleri içersinde yer alırlar. Sırasıyla, Jig, spiral, tavalama, sarsıntılı masa, oluklar, kadife kaplı yüzeylerdir. Manyetik separasyon, hidrosaysızlıklar, ağır ortam siklonları sayılabilir.

B- Kimyasal Yöntemler

Altın ve gümüş mineralleri genellikle sülfürlü minerallerle birlikte bulduklarından sülfür flotasyonu ile konsantre olarak kazanılabilmektedirler. Daha sonra siyanürleşme ya da amalgam işlemlerine tabi tutulmaktadır.

Amalgamlaştırma :

Boyutu küçültülen cevher, civa sürülmüş bakır levha üzerinden akıtılırsa amalgam oluşur. Daha sonra bu, bakır levha üzerinden kazanılır. Preste sıkılarak civa akıtılır, ısıtıldığında civa buharlaştırılır ve Altın - gümüş elde edilir. Civanın zararlı etkilerinden dolayı terk edilmiş bir metoddur (ÖNAL, 1980).

C- Metalürjik Yöntemler

Pirometalürji, hidrometalürji ve elektro metalürjik yöntemlerin hepsi ya da bir kısmı uygulanmaktadır.

Genellikle, hidrometalürjik işlemler cevherlerden soy metallerin çözündürülmesinde, pirometalürjik işlemler saflaştırmada, elektrometalürjik işlemler ise, rafine edilmesinde kullanılır.

Örneğin: Kurşun-çinko izabesinde, gümüş-çinko alaşımları kupelasyon metodu ile ayrılabilir. Elektro metalürjide, bakır rafinasyonunda anot çamurunda Altın-Gümüş toplanır, izabe edilerek değerli metaller kazanılabilir.

Hidrometalürjik uygulamalar ise, altın-gümüş üretiminde bütün dünyada en yaygın uygulanan yöntem liç yöntemidir. Burada amaç, ince öğütülmüş mineral tanelerinin uygun çözündürme reaktifi ile temas ettirilerek, metalin sıvı faza geçmesini sağlamaktır.

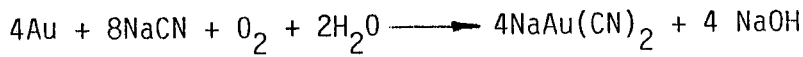
Genelde kullanılan reaktif siyanürdür, çeşitli tuzlarla bağlanmıştır (Na, K). İlkeleri gereği kullanımlarında azami dikkat gösterilmelidir. Aksi halde ölümcül kazalara neden olunabilir.

2.2. Altın ve Gümüş Siyanürleme Sisteminin Temel İlkeleri

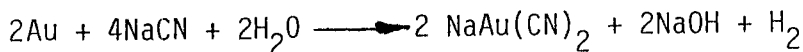
Altın ve gümüşün siyanür sistemlerindeki çözünürlüğü konusunda uzun yıllar birçok araştırmacı ve bilim adamları tarafından detaylı çalışmalar yapılmış, halen günümüzde çalışmalar devam etmektedir. Birçok teoriler üretilmiştir.

Bunları kısaca özetlemek gerekirse:

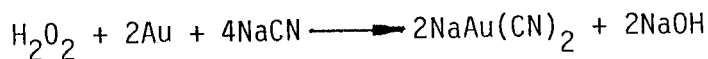
A- Elsner'in Oksijen Teorisi (ELSNER, 1846);



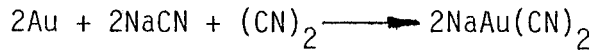
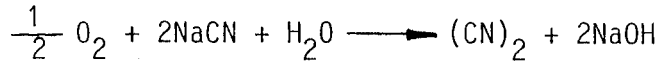
B- Janin'in Hidrojen Teorisi (JANIN, 1892);



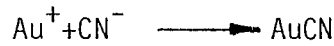
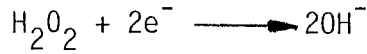
C- Bodländer'in Hidrojen Peroksit Teorisi (BODLÄNDER, 1896)



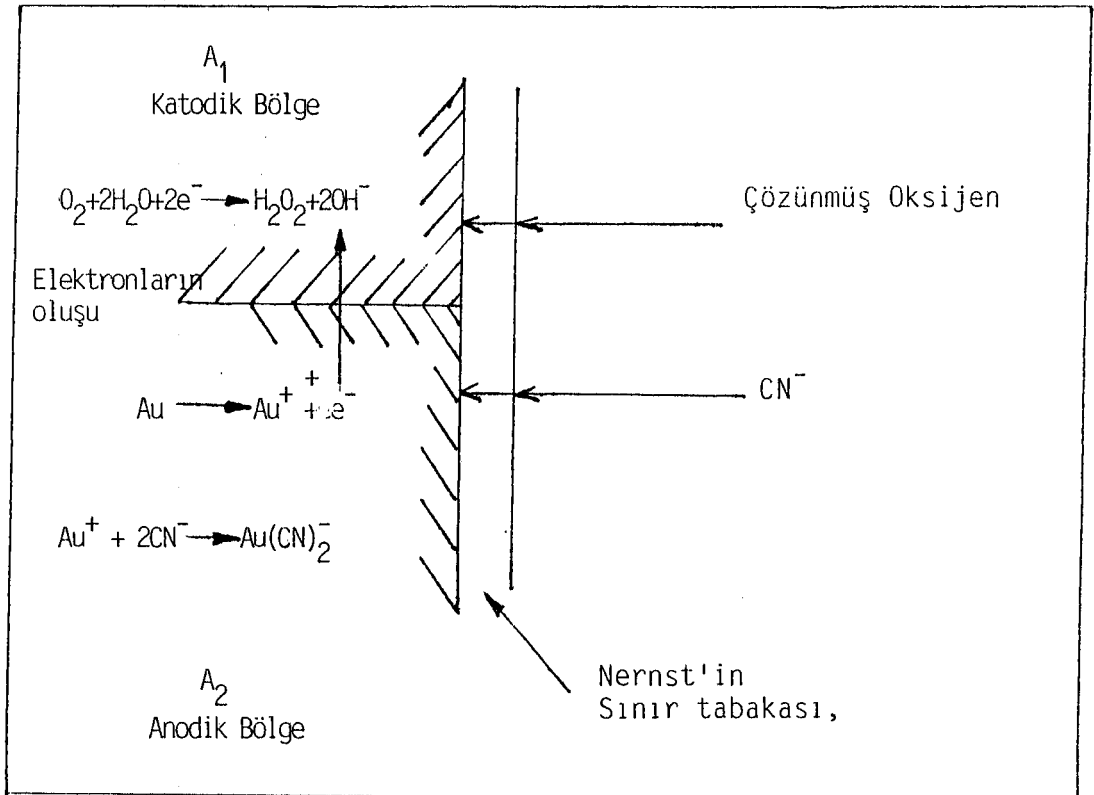
D- Christy'nin Siyanojen Formasyonu Teorisi (CHRISTY, 1896);



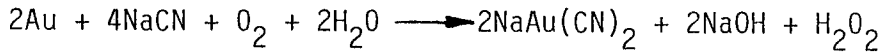
E- Boonstra'nın Korozyon Teorisi (BOONSTRA, 1943);



F- Kinetik olarak açıklaması fathi HABASHI tarafından 1966'da yapılabilmıştır. Elektrokimyasal bir oluşumdur.



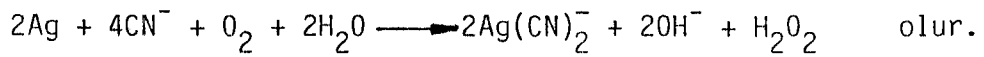
Şekil 2.1. Siyanür Çözeltisindeki Altın Çözünmesinin Şematik Gösterimi (HABASHI, 1966)



Benzer eşitlikler gümüş için de yazılabilmektedir (HABASHI, 1967)



Toplam reaksiyon;



Hidrojen peroksit çözeltide birikebilir, metal yüzeyinde çökelmeye maruz kalabilir veya küçük çapta hidroksil iyonlarına indirgenebilir. Suda çözünmüş oksijen, katot gibi davranırken, altın ve gümüş ise anot olarak görev yapar.

Çözünmeyi belirleyen oran; siyanür iyonlarının veya çözünmüş oksijenin, metal yüzeyindeki durgun ince sıvı tabakası içinde yayıldığı esas orandır.

$$\text{Oran} = \frac{2 A D_{\text{CN}^-} D_{\text{O}_2} (\text{CN}^-) (\text{O}_2)}{\delta [D_{\text{CN}^-} (\text{CN}^-) + 4D_{\text{O}_2} (\text{O}_2)]}$$

Burada;

(CN^-) ve (O_2) = Sırayla; siyanür ve çözünen oksijenin konsantrasyonları (mcl/ml),

D_{CN^-} ve D_{O_2} = Siyanür ve çözünen oksijenin difüzyon katsayıları, $1,83 \times 10^{-5}$ ve $2,76 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ sn}^{-1}$,

A = Sıvı fazla temas halindeki metalin cm^2 cinsinden yüzey alanı,

δ = Sınır tabakasının kalınlığı; karıştırma metoduna ve hızına bağlı olarak 2 ila $9 \times 10^{-5} \text{ cm}$ arasındadır.

Oran = Eşdeğer gram. Sn^{-1} olarak ifade edilir.

- Maksimum çözülme;

$$\text{Mcl oranı } \frac{|\text{CN}^-|}{|\text{O}_2|} = 6 \text{ olduğunda meydana gelir.}$$

- $|\text{CN}^-| = 6 |\text{O}_2|$ ise siyanürleme oranı oksijen konsantrasyonuna bağlı değildir.

- $|\text{CN}^-| = 6 |\text{O}_2|$ ise siyanürleme oranı siyanür konsantrasyonuna bağlı değildir.

- Na^+ , K^+ , Cl^+ , NO_3^- ve SO_4^{2-} gibi iyonların dışındaki iyonlar çözünmeyi hızlandırır ya da yavaşlatır

- Pb^{2+} az miktarda kullanımı çözünmeyi hızlandırır, fazla olduğunda yavaşlatır.

2.2.1. Liç Tepkimelerini Yavaşlatıcı Etkiler

Liç tepkimelerini yavaşlatıcı etkiler şunlardan oluşur;

1. Oksijenin çözeltideki Fe^{2+} , S^{2-} , HS^- gibi iyonlar tarafından harcanması,

2. Çözeltideki serbest siyanürün harcanması,

a) Kompleks siyanürlerin; örneğin, Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} iyonlarının oluşumu,

b) Trosiyanatın oluşumu,

c) Gang minerallerini, örneğin Kolloidal silis, alümina veya demir hidroksit üzerindeki adsorbsiyonu.

3. Metal yüzeyinde siyanür ile oksijenin çözücü etkisini önleyen bir film tabakasının oluşması.

Film tabakasının oluşumu:

a) Çözeltide sülfid iyonu bulunduğu zaman metal sülfid oluşması,

b) Ca^{2+} iyonu $\text{pH} > 10,8$ olduğu zaman peroksitleri oluşturan CaO_2 yüzeyde çökmesi,

- c) Ozon gibi kuvvetli oksitleyici (yükselticiyi), maddeler bulunduğu zaman,
- d) Yüksek konsantrasyonda çözünmeyen siyanürleri oluşturan Pb^{2+} 'nin çözünmeyen bir $Pb(CN)_2$ filmini oluşturması
- e) Ön zenginleştirme aşamasında kullanılan ksantatların yüzeyi ile metal ksantat oluşturması

2.2.2. Siyanür Tüketimi

Altının siyanür çözeltisinde çözünmesi esnasında, siyanür tüketiminin çözünen altın oranı;

$$\frac{KCN}{Au} \text{ molar oranı} \approx 2.0 \text{ dır.}$$

2.2.3. Hidrojen Peroksitin Etkisi

Altın ve gümüşün siyanür çözeltileri içinde çözünmesi sırasında, hidrojen peroksitin olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya atılmıştır.

Metalin 2,3 eşdeğer gramının açığa çıkan H_2O_2 'in molü başına çözüldüğü anlaşılmaktadır.

2.2.4. Oksijen Tüketimi

Gümüş oranının, oksijen tüketim oranının iki katı olduğu ispatlanmıştır.

$$\frac{A}{O_2} \approx 2,2 \text{ 'dir}$$

2.3. Altın ve Gümüşün Çözünmesinin Genel Kriterleri

- Herhangi bir heterojen tepkimede olduğu gibi, altın ve gümüşün çözünme oranı doğrudan doğruya yüzey alanı ile orantılıdır.

- Gümüş için çözünme oranı karıştırma hızı ile doğrusal olarak artmaktadır.

- Siyanür konsantrasyonu, maksimum değere kadar doğrusal olarak artar, daha fazlası zararlı sonuçlar meydana getirir.

- Oksijen, altının siyanür çözeltileri ile çözünmesi için gereklidir. Gerekli O_2 'nin denge konsantrasyonu 8,2 mg/lt'dir.

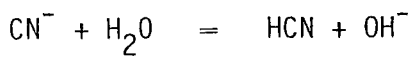
-Çözünme oranının maksimuma eriştiği çözeltide, siyanür iyon konsantrasyonunun, oksijen konsantrasyonu ile belli bir oranı bulunduğu ortaya konmuştur. Bu oran 4,62 ~ 7,65 arasındadır.

- Sıcaklık arttıkça, çözünme oranının artması, buna karşılık solüsyondaki oksijen, içeriğinin düşmesi gerekir, bu nednele altın ve gümüş maksimum çözünme oranı için optimum bir sıcaklık gerekmektedir. Literatürde bu 80-85°C'dir. Ancak siyanür 110°C üstünde bozunur.

Gümüş için % 0,18 NaCN konsantrasyonunda aktivasyon enerjisi 2400 kcal/mol olarak verilmiştir.

- Siyanür solüsyonlarının şu sebeplerden dolayı alkaliliğinin korunması gerekir.

A- Siyanür iyonunun hidrolizini önlemek;



B- Siyanürün atmosferik CO_2 ile parçalanmasını önlemek



Her iki reaksiyonda da HCN gazı açığa çıkar ve bunun çözücü etkisi yoktur. Aşırı alkalilik çözünme hızını yavaşlatır. pH genellikle 11-12 arasındadır.

- Siyanür solüsyonlarında, minerallerin ve metallerin çözünürlüğü;

			24 saatte % çözünen	
Altın mineralleri,	Kalaverit	$AuTe_2$	Çabuk çözünür	Johnston (1931)
Gümüş mineralleri,	Arjantit	Ag_2S	" "	Leaver, Wool, Kerchner (1931)
	Seranjirit	$AgCl$	" "	
	Prostit	Ag_3AsS_3	Yavaş çözünür	
	Prarjirit	Ag_3SbS_3	" "	

- Fe^{2+} , Lu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} ve Ba^{2+} gibi metalik katyonların yavaşlatıcı etkisi vardır.

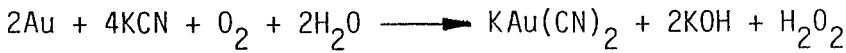
2.4. Siyanürleme Mekanizması

A- Çözünme oranı; sıvı fazla temas halindeki metalin yüzeyine bağlıdır.

B- Çözünme oranı; karıştırma hızına bağlıdır.

C- Oran; sadece sıcaklık artışıyla ve yalnız 2-5 kcal/mol aktivasyon enerjisini gerektiren süreç biraz etkilenir.

Bu sonuçlar denklemin aşağıdaki gibi olmasını gerektirir:



Aynı denklem gümüşün çözünmesi için de yazılır. Bunun için;

- özünen metalin her eşdeğer gramı için 2 mol siyanür harcanmaktadır.
- Çözünen metalin her eşdeğer gramı için 1 mol O_2 harcanmaktadır.
- H_2O_2 ; altın veya gümüşün çözünmesi sırasında, çözünen eşdeğer gramı için bir mol H_2O_2 oluşur.

2.5. Hidrometalurjik Tepkimelerin Kinetiği

Hidrometalürjide; heterojen tepkimeler belirli aşamalardan geçerek nihai ürünleri verirler. Meydana gelen tepkime şu aşamalardan geçmek zorundadır (ÖZDAĞ, 1983).

1- Tepkimeye giren gaz halindeki maddelerin çözelti fazına absorpsiyonu.

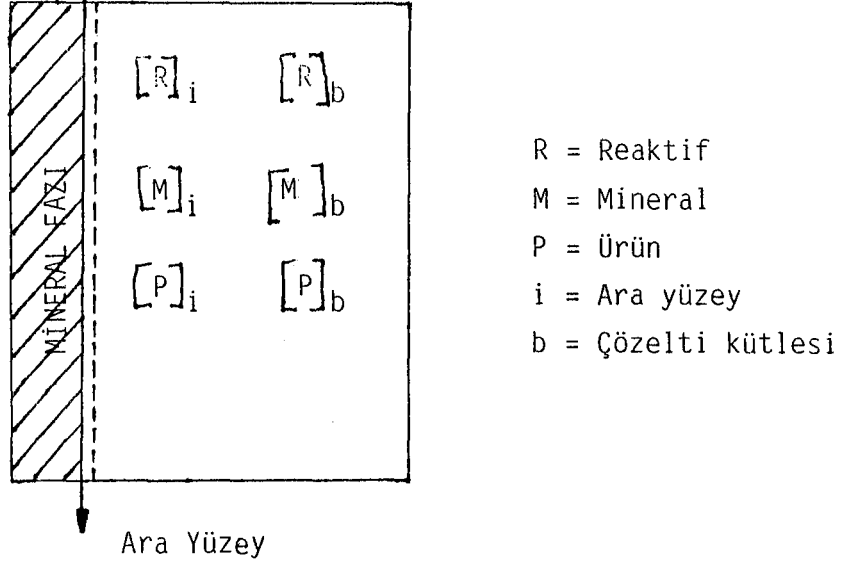
2- Çözünmüş maddelerin, çözelti fazından katı-çözelti ara yüzeyine taşınması.

3- Tepkimeye giren maddelerin katı yüzeyine adsorpsiyonu.

4- Katı yüzeyinde tepkimenin oluşması,

5- Çözünebilir tepkime ürünlerinin, katı yüzeyinden uzaklaştırılması, desorpsiyon.

6- Katı yüzeyinden uzaklaştırılan veya ayrılan tepkime ürünlerinin çözelti fazına taşınması.



Şekil 2.2. Tamamen Çözünen Bir Mineral Yüzeyi

Şekil 2,2'de oluşan hidrometalürjik tepkimenin açıklaması, sırasıyla şöyledir;

- a- R_b = Reaktifin çözelti kütlesinden, mineral yüzeyine diffüzyonu,
- b- M_i = Reaktifin mineral yüzeyi ile tepkimeye girerek çözülebilir. Metalin bileşiklerini (türlerini) oluşturması.
- c- P_i = Metal bileşiklerinin (türlerinin) ve diğer tepkime ürünlerinin, yüzeyden çözelti kütlesine diffüzyonu.

Eğer mineral yüzeyi üzerinde gözenekli bir tepkime ürünü ya da içinde bulunduğu ortamda çözünmeyen bir madde oluşursa, iki olasılık daha ortaya çıkmaktadır.

- d - Reaktifin (R)'nin gözenekli tepkime ürünü tabakasından diffüzyonu,
- e - Tepkime ürünlerinin (M,P) tepkime ürünü, tabakadan diffüzyonu..

a,b,c maddelerinin, Ficks kanununa göre ;

$$J = -D \cdot \frac{C_b - C_s}{\Delta x} \quad (\text{Çözeltiden yüzeye doğru olan diffüzyonun ifadesidir})$$

$$J = D \cdot \frac{C_b - C_s}{\Delta x} \quad (\text{Yüzeyden çözeltiliye doğru olan diffüzyonun ifadesidir})$$

J = Birim zamanda, diffüzyona uğrayan madde miktarı,

C_s = Katı yüzeyindeki ürünlerin veya reaktiflerin konsantrasyonu, (mcl/cm³),

C_b = Çözelti kütlesindeki ürünlerin veya reaktiflerin konsantrasyonu (mcl/cm³),

Δx = Diffüzyon tabakasının kalınlığı,

D = Diffüzyon katsayısı, (cm²/sn),

Diffüzyon katsayısı genelde 2 x 10⁻⁵ cm²/sn'dir. Ancak x sistemin karıştırmalı olup olmamasına bağlıdır. Dolayısı ile bu durum;

Δx karıştırmaz sistemlerde = 0,03 cm iken

Δx şiddetli karıştırmalı sistemlerde = 0,001 cm olabilir. ve tepkime hızını arttıran nedendir.

Heterojen sistemlerde, tepkime hızları; toplam yüzey alanına ve birim alanda mevcut tepkime bölgelerine bağlıdır. Birim alanda mevcut olan aktif bölge sayısına bağlıdır.

Yüzey konsantrasyonu (mol/cm²) olarak ölçülmekte ve genel bir birinci dereceden tepkimenin hızı;

$$\frac{dn}{dt} = - A \cdot c \cdot k_0 \cdot k' \text{ ile ifade edilir.}$$

A = Katının yüzey alanı

c = Çözeltinin konsantrasyonu

k' = Hız sabiti

k₀ = Yüzeyde mevcut aktif bölgelerin konsantrasyonu

Burada (-) işareti tepkimeye giren (n) miktardaki reaktifin zamanla azaldığını gösterir. Bu tepkime ürününün bir koruyucu tabakanın oluşmadığını ifade eder.

2.5.1. Kinetik modeller

Dört ana başlık altında toplanmıştır.

- a- Basit lineer kinetik model
- b- Basit parabolik kinetik model
- c- Büzülen (Shrinking) çekirdek modeli

i) Lineer kinetik (Yüzey kontrollü tepkime koruyucu tabaka olmaması halinde)

ii) Parabolik kinetik (Diffüzyon kontrollü tepkime, tepkime ürünü üzerinde geciktirici tabaka oluşması halinde)

d- Karışık kinetik model (Hem yüzey tepkimelerinin etken hız belirleyici olduğu, hem de diffüzyon hız belirleyici kinetik modeldir)

Metal sülfürlerin yüzeyleri oksitlenmiş halleri çözülmeye çalışıldığında, tepkimenin başlangıç hızları çok yüksektir. Bunun nedeni:
1- Yüzey oksitlenmesi, 2- Temiz yüzeydir.

2.5.2. Sıcaklığın etkisi

Sıcaklığın belirli oranlarda artışı, tepkimelerin hızlarını arttırmaktadır. Bu durum aktivasyon enerjisini ortaya koymaktadır.

Aktivasyon enerjisi ; Arrhenius bağıntısı ile açıklanmaktadır

$$k = A \cdot e^{-E_a/R \cdot T}$$

k = Tepkime sabiti

E_a = Aktivasyon Enerjisi, (Kj/mol, Kcal/mol)

R = Gaz sabiti

T = Sıcaklık (K)

A = Sıcaklık faktörü

Tepkimenin E_a'sı yüksekse, bu tepkimenin yüksek bir hızda oluşması için, yüksek sıcaklıklar gerektirdiğini göstermektedir.

2.6. Refrakter Cevherlerle İlgili Çalışmalar

Çok eski zamanlardan beri, refrakter tipi cevherlerden gümüş metalini çözündürmesi ve konsantrasyon eldesi için, triyaj, amalgam, kavurma, direk izabe, kloritle kavurma, + amalgam, hiposülfid liçi gibi birçok teknikler geliştirilmiştir (GUERRA C, CARLOS, J, 1988).

Bu süreçler 19. yüzyıl sonuna kadar kullanılmışlardır. 20. yüzyıldan başlamak üzere flotasyon ve siyanür işlemleri süratle gelişmiş, büyük ölçekli tesislerle maliyetler düşürülmüştür.

Siyanürleme süreçleri, kütle üretim teknikleriyle yığın-liçi işlemlerindeki mali krizler atlatılmış, genellikle düşük tenörlü cevherler işlenmiştir. Basıncılı oksidasyon liç zenginleştirme yöntemleri ile, önceleri günler saatler süren liç işlemleri birkaç dakikaya indirilmiştir.

Carbon-in-Pulp (CIP), Carbon-in-Leach (CIL), Resin-in-Pulp (RIP) gibi yöntemler uygulanarak siyanür çözeltilerinden değerli metal kazanım verimleri arttırılmıştır.

Gümüş liçinde extraction yöntemleri ile siyanürsüz süreçler geliştirilmiştir. Ancak henüz ekonomik değildirler.

Gümüş-altın çözündürme için, siyanür liç işlemleri en ekonomik sistemler olarak kabul edilmektedirler.

Meksika, Guanaceni madeninin, oksitli gümüş yataklarında, manganez oksit minerallerine müdahale edilerek yapılan çalışma sonuçları şu şekilde özetlenebilir,

Herbir yatakta değişken özelliklerinden dolayı farklı oluşumlar meydana gelmiş ve bu özellikler cevher zenginleştirme tesislerinde problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Karşılaşılabilen en yaygın ortak sorunlar:

- a- Silis gangı ile gümüşymineralinin sarılmış olması,
- b- Sülfür mineralleri ile gümüş mineralinin kenetlenmiş olması,
- c- Jarositik mineraller içinde ikincil gümüş olması,
- d- Gümüş tuzları ile oksitli cevher kantağındaki siyanistlerin bulunması,

e- Mn oksitlerle gümüş mineralinin hapsolunmuş bir yapıda bulunmasıdır.

Psilomelan (MnO_2) [$Ba(H_2O)_2Mn_5O_{10}$], hidrotermal etkilerle oluşmuş, birincil manganer mineraleri franklinit, radonit ve rodokrosit mineralerinin oluşumu sırasında alterasyon ile yüzeye yakın kısımlarda oluşurlar. 50 yıl önce Mc.Clusky, manganer-gümüş cevherleri için bir süreç geliştirmiştir. Bu süreçte, Mn-Ag cevherleri SO_2 ile sisteme verilmiş, Mn mineraleri SO_2 ile çözünmüş, alkalinite sağlamak için kireç kullanılmış O_2 'li ortamda siyanür liç işlemine tabi tutulmuştur. Test esnasında cevher $d_{75} = -325 \mu$ olacak şekilde öğütülmüş, katı 2/1 oranında sulandırılmış, 2 lt/dk hızla SO_2 gazı verilmiş, $25^\circ C$ 'da ve atmosferik basınç altında deneyler yapılmıştır.

Analizler, artıklarda düşük manganer içeriği kaldığını göstermiştir.

Eğer gümüş mineraleri yalnız Mn ile sarılmışsa çok ince öğütme ile iyi sonuçlar alınabildiği belirtilmektedir.

2.6.1. Refrakter cevherlerden gümüş kazanımı

Refrakter cevherleri oluşturan dört ana grup belirlenmiştir (SCHEINER B.J., POOL, D.L., SJOBERG J.J., LINDSTORM R.E., 1973).

- A- Gümüş sülfürler,
- B- Arjentojorositler,
- C- Demir oksitler içinde gümüş,
- D- Manganer karbonat-oksit mineraleri.

Bu cevher tipleri için; Elektro oksidasyon ve asit-klorit liç teknikleri geliştirilmiş ve uygulanan süreçlerden olumlu sonuçlar alınmıştır.

Bu tip süreçlerde genellikle çok ince öğütme gerekmektedir, ancak belirli bir boyut altında öğütme ekonomik olmaktan çıkmaktadır.

Jarosit grup mineraleri;

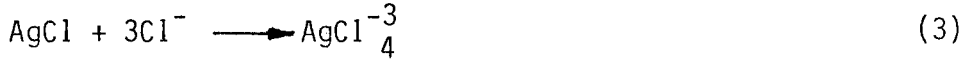
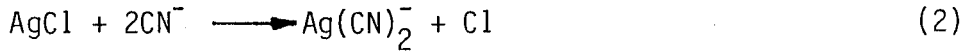
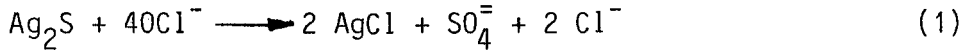
$X'Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$ 'dür.

$X' = K_2, Ag_2, Pb$ olabilir.

Elektro oksidasyon işleminde, % 20 NaCl çözeltisi kullanılmaktadır. Pulp katı oranı % 35'tir, hücre ile elektrotlar karbondan üretilmiştir.

Elektrotlara verilen akım yoğunluğu 775 Amp/m^2 dir, hücre içine sülfüroz asit ve sülfirik asit konulmaktadır. SO_2 , sulu çözelti içine % 6 H_2SO_3 konularak, sağlanır. SO_2 hacimce % 12 kadardır.

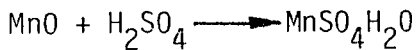
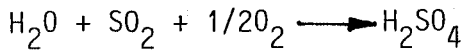
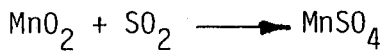
Test edilen numune, -150+100 m arası fraksiyonda hazırlanmış, kimyasal reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



Elektro oksidasyon test sonunda, maksimum % 34 gümüş kazanımı olmuş ve 192 Kwh/ton enerji kullanılmıştır.

Bir diğer test ise, yüksek asidik ortamda H_2SO_4 ile M^{4+} , M^{2+} 'ye dönüştürülmüştür.

Burada oluşan kimyasal tepkimeler şöyledir;



SO_2 kullanılarak yapılan test sonucu gümüş kazanımı, % 86'ya ulaşmıştır. Yukarıdaki tepkimeler sonucunda elde edilen artıklara HCl, H_2SO_4 veya HNO_2 ve siyanür ilavesiyle gümüş kazanımı % 95'e çıkmıştır.

Endüstriyel uygulamada sülfüroz asitin çok büyük miktarlarda kullanımı gerekmektedir, bunun için de büyük miktarda (S) yakılmalıdır. Ekonomik gözükmemektedir.

2.6.2. Caron süreci

İndirgeyici gaz karışımları ile (% 15 CO, % 5,5 CH₄, % 4,6 H₂, % 6 CO₂ ve % 68,9 N₂), 500-700°C sıcaklıkta mangan (IV) oksitleri, mangan (II) oksitlere dönüştürme esasına dayanır (CANBAZOĞLU, 1986). Böyle bir indirgeme işlemiyle doğrudan siyanürlemeye refrakter olan manganezli gümüş yatakları, siyanürleme işlemine uygun hale gelmekte ve gümüş % 96'lara varan verimlerle özütlenebilmektedir.

İndirgemede oluşan tepkimeler şöyledir;



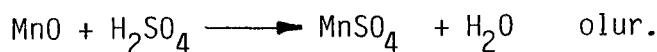
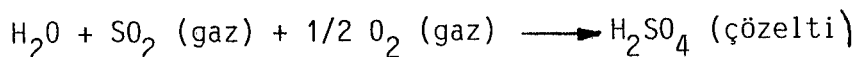
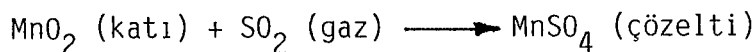
2.6.3. Mc Clusky yöntemi

Refrakter manganezli gümüş cevherlerinin, kükürtdioksit kullanılarak mangan oksitleri çözme ilkesine dayanmaktadır (CANBAZOĞLU, 1986). Mangani uzaklaştırılmış bu cevherlerden siyanürleme işlemi ile % 90'ın üzerinde verimlerle Gümüşü özütlemek mümkün olmaktadır.

Manganezli demir yataklarından, mangan'ı kazanmak için Bureau of Mines'in geliştirdiği, ergitme, kavurma, kükürtdioksit ile özütleme ve sülfürik asit-ferro sülfat özütleme yöntemlerine dikkat edilmelidir.

Kükürtdioksit özütlemeye, mangan'ın (IV) değerli oksitleri, SO₂ ile indirgenerek, yine Mangan'ın (II) değerli oksitleri, çözeltilerde oluşan H₂SO₄'te çözünmektedirler. Bu yataklardaki okside demir mineralleri ise bu ortamda çözünmek durumunda olurlar.

Tepkimeler :



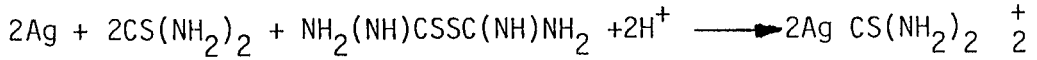
Meksika'da bir cevher tipinde bu yöntem uygulanmış verimi; flotasyon ile % 35, Gravite ile % 20 iken bu yöntemle % 85'e kadar çıkmıştır.

2.6.4. Thiourea özütleme

Son yıllarda altın ve gümüş üretiminde siyanürlemeye alternatif olarak Thiourea özütlemesi geliştirildiği bilinmektedir. Thiourea özütlemeye zehirlenme sorunlarının ortadan kaldırılabilceği, asidik cevherlerle siyanürleme yöntemi uygulandığında tüketilecek CaO'ten tasarruf edilebileceği ve yine siyanürlemede çözünen bazı metallerin bu ortamda çözünmeyeceği öne sürülmektedir (CANBAZOĞLU, 1986).

Thiourea özütleme, altın ve gümüş üretimi amacıyla pirit ve arsenopirit küllerine uygulanmıştır. Bu işlemin manganlı gümüş yataklarına uygulanması, doğrudan veya SO₂ özütleme uygulandıktan sonra, güncellik kazanmaktadır.

Altın ve gümüşün Thiourea çözeltilerinde özütlenmesi elektrokimyasal bir tepkime olup, asidik ortamda yükseltgeyici olarak Fe³⁺ iyonları oksijen, hidrojen peroksit gibi etkenlerin kullanımını gerektirir. Thiourea, yükseltgeyici ortamda önce formamidin disülfid'e dönüşmekte ve gümüşün özütlenmesi şöyle olmaktadır.



BÖLÜM III

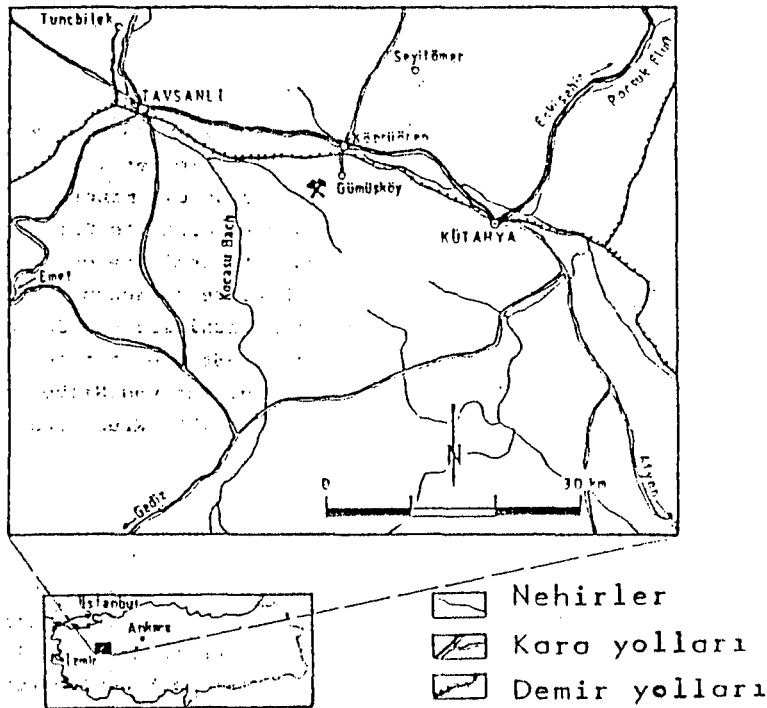
3. KÜTAHYA-GÜMÜŞKÖY-AKTEPE MADENİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Gümüşkøy-Aktepe Maden sahası 4000 yıl öncesine dayanan insanlık tarihinin en eski madencilik faaliyetlerinden birinin yürütüldüğü yöredir.

Anadolu'da Truva medeniyetinin hüküm sürdüğü yıllara rastlanmaktadır (ETİBANK, 1987).

Aktepe madeni, Kütahya ilinin NW'sında olup kuş uçuşu 21 km'dir. Tavşanlı karayolunun 25. km.'sinden 9 km içerde kalmaktadır.

Sülfürlü cevherlerin maden sahasında yaygın olması nedeniyle bölge bitki örtüsü açısından çok fakirdir.



Şekil 3.1. Gümüşkøy-Aktepe Maden Yatağının Yer Bulduru Haritası

Aktepe bölgesindeki cevherleşmeye ilişkin ilk rapor 15 Ağustos 1900 yılında FISCH BACH tarafından hazırlanmıştır. Bu raporda altın ve gümüşten bahsedilmiştir. 1936 yılında Müh. Zeegler, Aktepe bölgesinde baritleri ve eski çalışmaları incelemiştir.

Topoğraf Rasin Esenalp 1964-1965 yılları arasında, kurşun çinko ruhsatı ile N-S doğrultusunda 120 m'lik bir galeri sürmüştür.

1973 yılında Ege Metal Madencilik tarafından şist ve tuf kantağında; Sb, Ti, As, Ba'lu cevherler açık işletme yöntemi ile işletilmiştir.

Etibank, 1972 yılında bölgede arama ve kontrol çalışmalarına başlamış ve bu çalışmalar sonucunda bölgede işletilebilir ve ekonomik gümüş potansiyelini saptamıştır. Daha sonra Krupp firması ile sözleşme yapılarak, üretim teknolojisini belirleme çalışmalarına başlamıştır. Tesisler 1987 yılında üretime sokulmuştur.

3.1. Aktepe Maden Yatağının Jeolojisi

Formasyonlar üç jeolojik zamanda oluştuğu belirlenmiştir (KAFKAS, 1991).

A- Paleozoik; Aktepe yöresinin en eski formasyonları paleozoik yaşlı kristalen şistler ve mermerlerdir. İşletme sahasının tabanı kristallen şistler oluşturmaktadır.

B- Mezozoik; Bu formasyon karmaşık seri (Melanj), bulunmaktadır. Alt seviyelerde serpantinleşmiş Peridotitler içermektedir.

C- Senozoik; Senozoikin alt katı olan tersiyerde iki formasyon oluşmuştur. Bunlar tuf ve tüfitler ile kireç taşlarıdır. Genç olan üçüncü formasyon ise kuvaterner boyunca çökelen alüvyonlardır.

3.1.1. Aktepe maden sahasındaki cevher mineralleri

Gümüş mineralleri ;	Arjantit	Ag_2S
	Nabit gümüş	Ag
	Pirarjirit	Ag_3SbS_3
	Prustit	Ag_3SbS_3
	Tetraedrit	$(Cu, Fe, Zn, Ag)_{12}Sb_4S_{13}$
	Frayberjit	Ag'ce zengin tetraedrit
Kurşun mineralleri;	Galen	PbS
	Serozit	$PbCO_3$
	Anglezit	$PbSO_4$

Çinko mineralleri;	Sfalerit	ZnS
	Simitsonit	ZnCO ₃
	Hemimorfit	(ZnOH) ₂ SiO ₃ ·3H ₂ O
	Kalamin	(ZnOH) ₂ SiO ₃
	Adamit	Zn ₂ (AsO ₄)(OH)
Antimuan mineralleri;	Stibnit	Sb ₂ S ₃
	Valentinit	Sb ₂ O ₃
	Senormontit	Sb ₂ O ₃
	Stibikonit	Sb ₆ O ₃ (OH)
	Jamesonit	Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄
Baryum mineralleri;	Barit	BaSO ₄
	Widerit	BaCO ₃
Arsenik mineralleri;	Realgar	AsS
	Orpiment	As ₂ S ₃
Bakır mineralleri;	Kouelin	CuS
	Kalkosin	Cu ₂ S
	Kalkopirit	Cu ₂ FeS ₂
	Tetraedrit	(Cu,Fe,Zn,Ag) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃
	Frayberjit	Ag'ce zengin tetraedrit
	Enarjit	Cu ₃ AsS ₄
	Malakit	Cu ₂ (OH) ₂ /CO ₃
	Azurit	Cu ₃ (OH/CO ₃) ₂
Demir mineralleri;	Pirit+Markazit	FeS
	Gotit	Fe ₂ O ₃ · 1/2 H ₂ O
	Spekolarit	Fe ₂ O ₃
Mangan mineralleri;	Piroluzit	MnO ₂
	Psilomelan	MnO ₂ ·H ₂ O
Talyum mineralleri;	Stibnit	(Sb,Tl,As) ₂ S ₃
	Amorf Tl -Sb Sülfür	Tl Sb ₁₁ S ₁₇

3.2. Aktepe Cevherlerinin Makroskobik Özellikleri

Aktepe maden sahasında önceki araştırma ve çalışmalar sonucunda değişik oranlarda gümüş ihtiva eden beş farklı cevher saptanmıştır.

Bunlar; Eski imalat pasası,
Silisifiye tüf,
Altere tüf,
Limonit + Mangan,
Dolomit'tir.

Karakteristik kayaç örneklerinin mineralojisi:

A) Silisifiye Tüfler : Hidrotermal çözelti ile gelen silis ve cevher minerallerine bağlı değişik karakter gösteren, yapı ve dokusu ile gümüş miktarlarında farklılıklar gözlenmektedir.

B) Altere Tüfler : Killeşmiş serozitleşmiş çok ufak taneli rutil, anataş az miktarda limonit boyamalar içermekte olup özellikle çatlaklarda, boşluklarda kromit içermektedir. Kromit dışardan taşınmış olup ortamın sedimanter bir ortam olduğunun göstergesidir.

C) Dolomitler : Karbonatlaşmanın fazla olduğu numunelerde öz, yarı öz şekilli ve ince taneli rutil, anataş mineralleri dolomit kristalleri içersinde saçılmalı kümeler oluşturmuştur. Çatlak ve boşluklarda psilomelan minerallerine sık rastlanılmakta, buralarda limonit mineralleri de gözlenmektedir.

Dolomitlerin ince taneli olan numunelerde yer yer jips, eser miktarda öz şekilli pirit minerallerine rastlanmaktadır.

D) Şistler : Şistozitelerin belirgin izlendiği numunede boyutları 100-150 μm arası rutiller şistoziteye uyumlu bir şekilde gözlenmektedir. Çok fazla miktarda kuvars ve serizit, çok az klorit içeren örnekte eser miktarda manyetitler bulunmaktadır.

Liç deneylerine esas olan numunelerden öğütme sonrası (liç giriş numunesi) ve liç artık numunelerinden ~120'ye yakın numune polyesterde parlatılmış mikroskop altında incelenmiştir. Gümüş mineral boyutları çok ince ve küçük taneler olduğundan ve liç sonrası numunelerde de kim-

yasal reaksiyonlar sonucu bozuşma meydana geldiğinden iyi görüntü elde edilememiştir.

Dolomitik Cevher Numuneleri : Psilomelan grubu, limonit grubu mineralleri de içermektedir. 50-70 μ civarında pirarjirit mineralleri gözlenmiştir. Metalik mineraller genellikle çok az, silisleşme ve karbonatlaşma yoğun biçimde gözlenmiştir.

Pasa Cevher Numuneleri : Hakim gangı silis olup, pirarjirit 60 μ boyutunda, psilomelan ve silis yoğun biçimde gözlenmiştir. Cevherleşme oldukça fakir, barit fazlaca bulunmaktadır. Belirgin limonitleşme vardır. Tanımlanamayan 5-10 μ boyutunda metalik mineraller vardır. Arjan- tit 70 μ civarında bulunmaktadır.

Limonit + Mangan Cevher Numuneleri : Cevher minerali hemen hemen hiç yoktur. Grafit mineraline rastlanmıştır. Tüflü bir yapı içermektedir. Özşekilsiz silisleşme fazlaca bulunmaktadır. Tüm minerallerde limonit boyaması mevcuttur. Bol miktarda psilomelana rastlanmıştır, kısmen karbonatlaşma bulunmakta, hakim mineral psilomelandır.

Silisifiye Tüf Cevher Mineralleri : Gang mineralleri silis olup tane boyu 100-400 μ m arasındadır. Galenit, barit ve çok az pirit vardır. 40-50 μ m civarında pirarjirit mineraline rastlanmıştır. Ufak taneli mermikovit piritler, 60 μ m boyunda frayberjit bulunmaktadır. 100 μ m zinkerit minerali genellikle galenitlerin etrafında bulunmaktadır. Karbonatlaşma mevcuttur, birkaç küçük taneli psilomelan ve kısmen limonitleşme tesbit edilmiştir. 80 μ m pirarjirit bulunmuştur.

Altere Tüf Cevher Numuneleri : Gang minerali silis ve borattır. Pirit minerali var, çok küçük taneli metalik mineraller vardır. Grafit mevcuttur, iri taneli psilomelan mineralleri bulunmaktadır. Manyetit ve kromit minerallerine rastlanmaktadır.

3.3. Kütahya-Gümüşköy Tesislerinde Uygulanan Süreç

Kütahya-Gümüşköy tesisleri, soy metal üretimleri konusunda ülkemizdeki tek entegre bir tesis olup, bütün sistemler otomatik kontrol ve işletim proseslerine bağlı çalıştırılmaktadır.

3.3.1. Kırma-eleme ünitesi

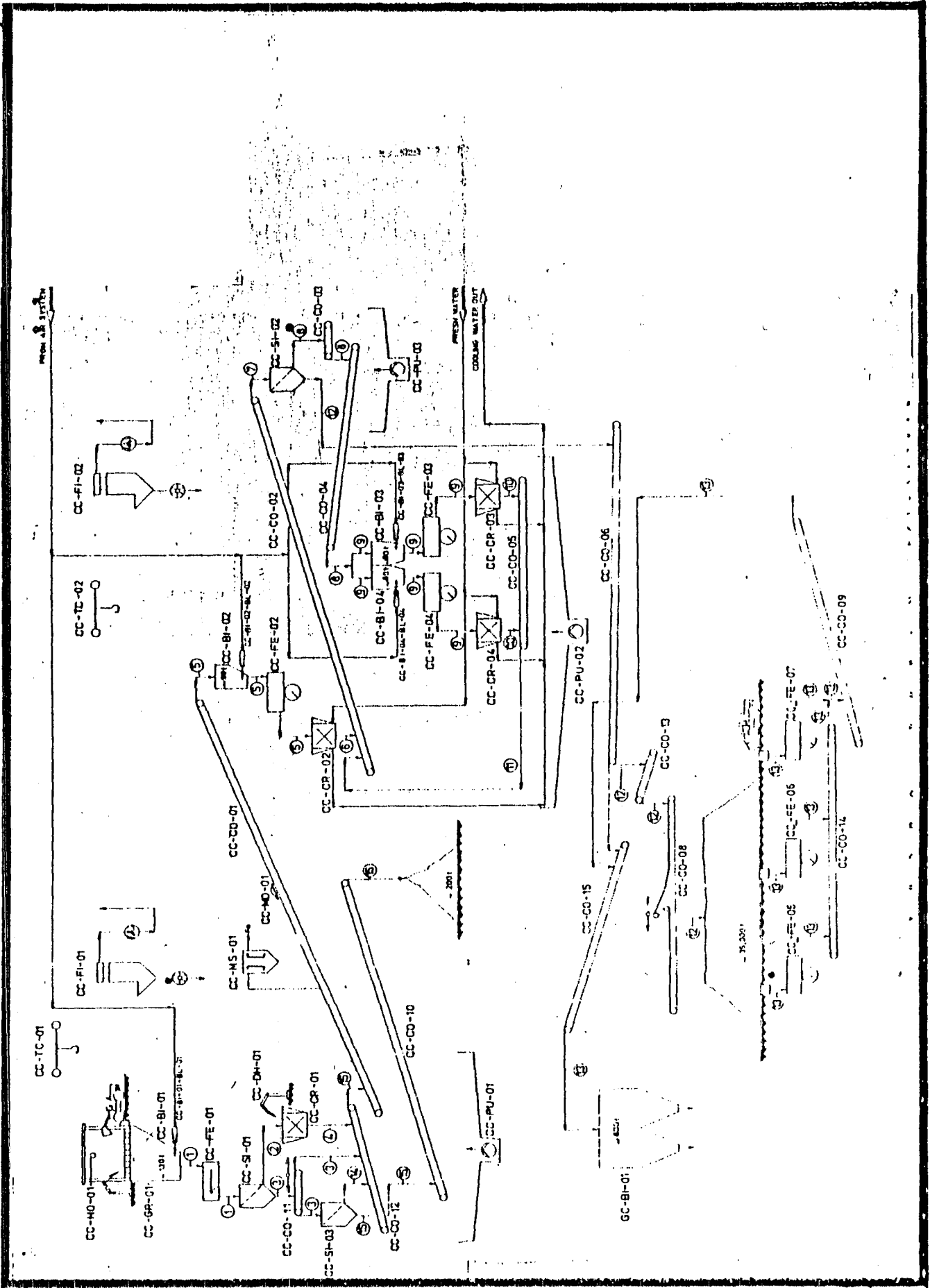
Açık işletme metoduyla yapılan cevher üretimi, açık stok sahasında her cevher kendi grubunu teşkil edecek şekilde, ocaktan 30 tonluk Belaz kamyonlarla taşınarak stoklanır. Bu stok besleme kolaylığı açısından kırma-ünitesinin yakınındadır.

Ocak içi rezerv durumu şu şekildedir;

	<u>Rezerv %'si</u>
Pasa cevher	17,4
Silisifiye tuf	45,5
Altere tuf	14,8
Limonit+mangan	6,9
Dolomit	15,4

Rezerv dağılımını karakterize edecek şekilde açık stoktan alınan cevher I. kırma ünitesine beslenir (Şekil 3.2). Üzerinde 1100x 600 lük ızgaradan geçen cevher vargel besleyici vasıtasıyla, 80 mm açıklıklı bir ızgaradan geçirilir, ızgara altı 25 mm lik eleğe bant ile taşınır.

Izgara üzeri +80 mm lik malzeme 225 t/h kapasiteli çıkış ürünü 250/300 mm olan çeneli kırıcıya gelir. Daha sonra 260 t/h kapasiteli konik kırıcıda 45 mm ye kırılır, kırılan ürün 25 mm lik titreşimli elekte elenir. Elek üstü +25 mm lik malzeme bant vasıtası ile 2 adet 130 t/h kapasiteli konik kırıcılara beslenir. Burada 20 mm'ye ve 12 mm'ye kırılan ürün, 25 mm'lik aynı titreşimli elekte kapalı devre yaptırılır. -25 mm'lik ürün transfer kulesi vasıtasıyla öğütme ünitesine ya da 35 bin tonluk acil stoka gönderilir. (Şekil 3.2)(ETİBANK - 87).



Şekil 3.2. Kırma-Elleme Ünitesi Akım-Şeması

3.3.2. Liç ünitesi

Acil stok veya kırma-eleme ünitesinden gelen -25 mm'lik ürün, öğütme ünitesi bunkerlerine beslenir. Otomatik besleme ile uygun tonajda (70 t/h besleme), 4 mØ x 5,75 m boy ölçülerindeki 2 adet bilyalı değirmene toplam 140 t/h besleme yapılır. Bilyalı değirmenler % 33 bilya şarjı, maksimum bilya çapı 100 mm ve değirmen için pulp % 76 katı olacak şekilde çalışmaktadırlar. Pompalar vasıtasıyla değirmen çıkış ürünü 460 mm Ø'da 6 adet hidrosiklon bataryasına basılarak siklon üstü % 37, siklon altı % 70 olacak şekilde ayırım yapmaktadır. Siklon altı ürünü değirmenlerle kapalı devre yaparak % 200-400 sirküle yükte değirmenler çalışır (Şekil 3.3).

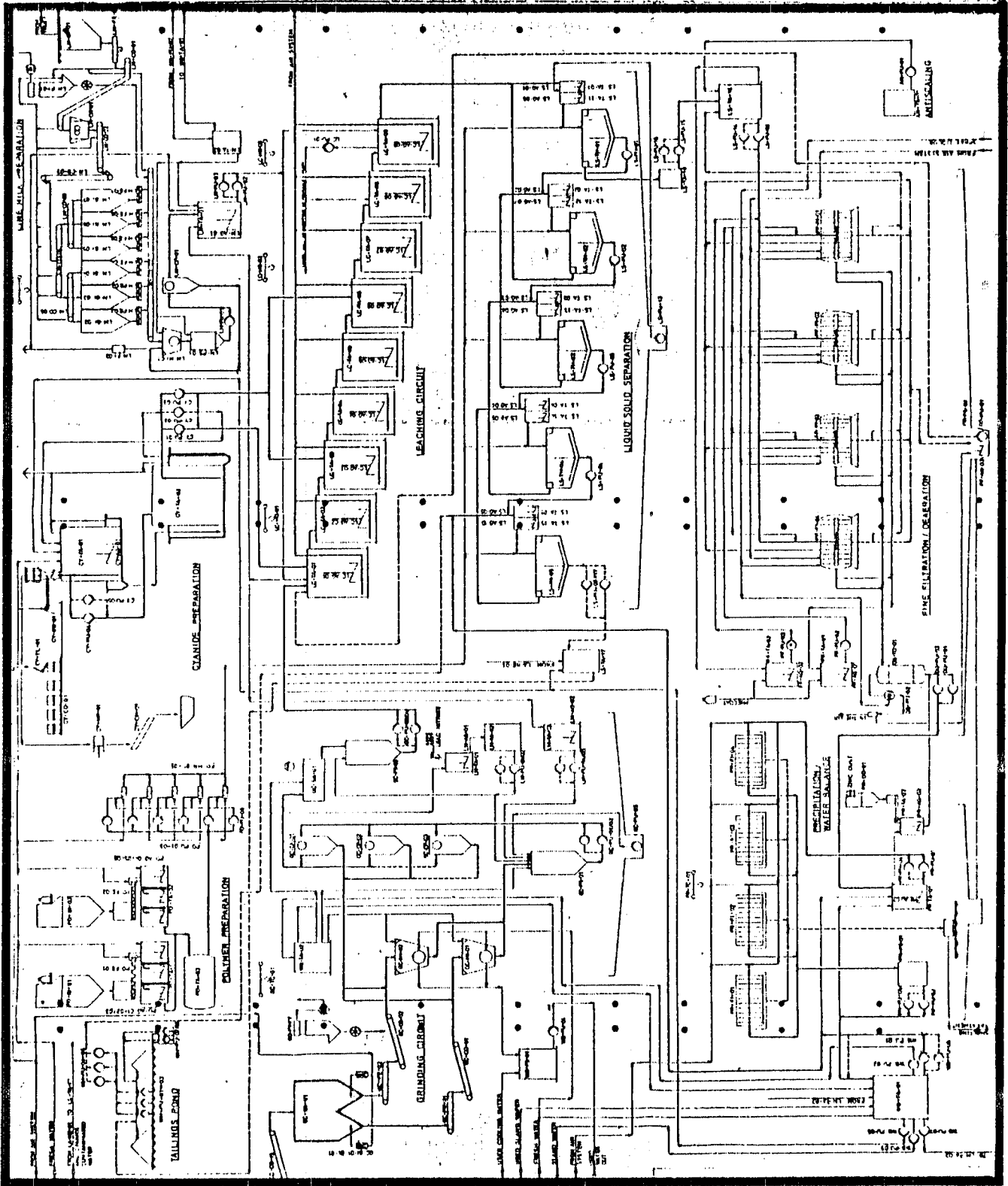
Siklon üstüne gerekli seyreltme su ilavesi yapılarak % 30 katı içeren pulp, liç ünitesine pompalanır.

Liç ünitesi 9 x 2000 m³ olmak üzere 18000 m³ lük hacme sahiptir. Siyanür çözültisi ve kireç sütü ilavesi bu üniteden yapılmaktadır. Yardımcı reaktif $[Pb(NO_3)_2]$ ilavesi öğütme ünitesinde yapılmaktadır.

Toplam 48 saat çözündürme süresini tamamlayan pulp, tikner ünitesi ne gönderilir.

Tikner ünitesi (CCD) ters akımlı dekantasyon prensibine göre çalışır. Gerekli polimer çözültisi ilaveleri yapıp, flokalasyon sağlanarak çökeltme işlemine tabi tutulan ve uygun miktarda yıkama suyu ile yıkanan katı artıklar % 40 pulp olacak şekilde sistemi terk ederek artık barajına gönderilir.

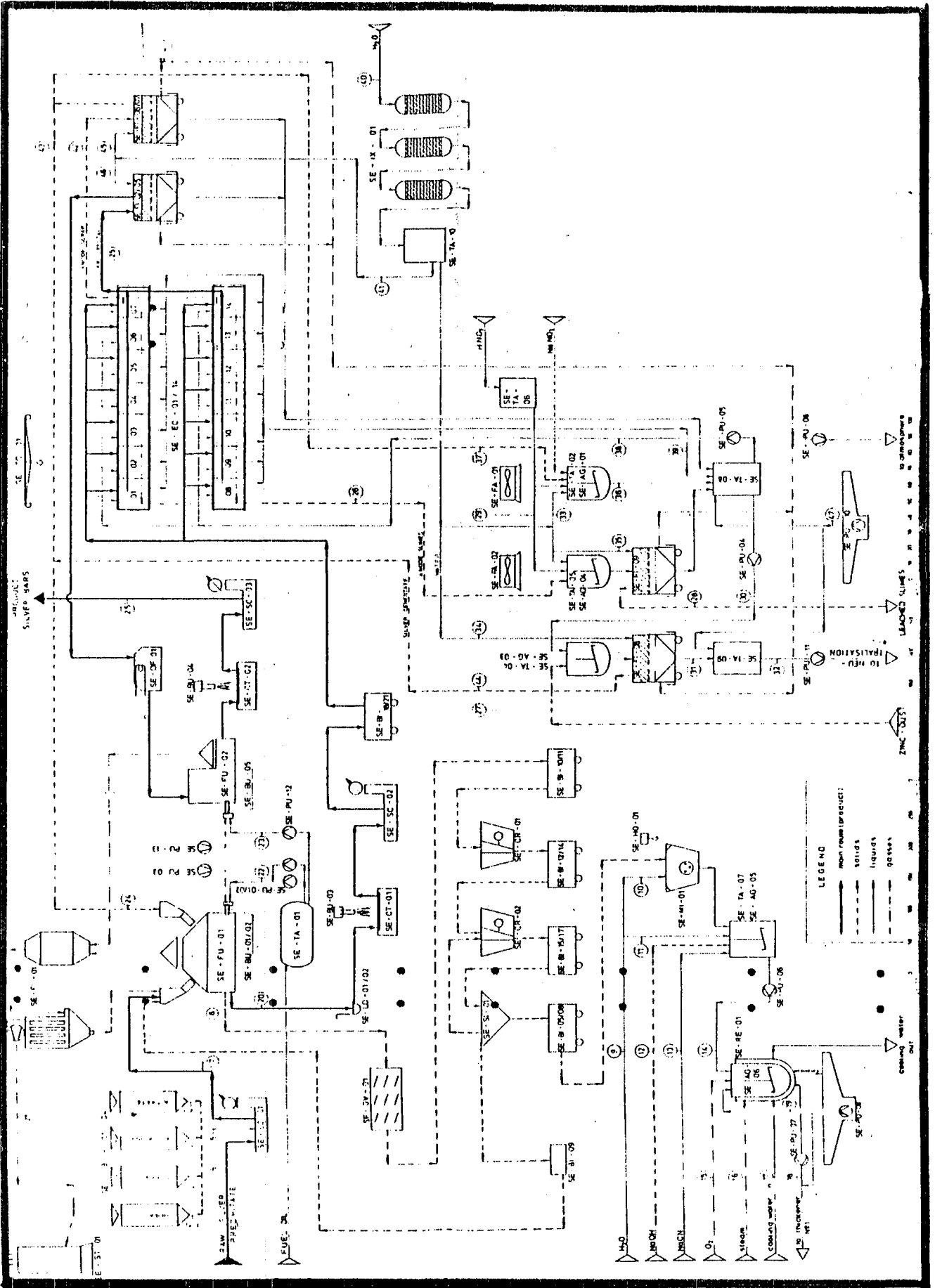
Tikner üst akışı; basınçlı ince filtrasyona tabi tutulur, berrak çözülti, havasızlandırma kulesinde, vakum yaratılarak içindeki O₂ emilir. Akabinde ZnO tozu ilavesi ile sementasyon işlemi gerçekleştirilir. İyonik halde sıvıda bulunan gümüş, kristal hale geçer, adı geçen sistem Merrill-Crome Prosesi olarak isimlendirilmektedir. Gerekli sementasyon süresi kadar dinlendirme tankında bekletilen solüsyon pompa vasıtası ile pres filtre ünitesine gönderilir, preslenerek, filtre kağıtlarında konsantre kek oluşturulur.



Şekil 3.3. Komple Proses Akım Şeması

3.3.3. İzabe elektroliz ünitesi

Dore fırınına beslenen konsantre, çimento, boraks, soda cüruf yardımcı yardımcı maddelerle şarj edilir. 1250⁰C'da ergitilen konsantre cürufu çekilerek, metal (Dore metal) potalara dökülür. Saflaştırma işlemi için elektroliz ünitesinde anot olarak bağlanan metal (Dore metal), AgNO₃ eriyiği içersinde 300 Amp/m² akım şarjında rafinasyon işlemi yapılarak granül veya külçe dökülerek, saf gümüş metali elde edilir (Şekil 3.4), (ETİBANK - 87).



Şekil 3.4. İzabe - Elektroliz Akım Şeması

BÖLÜM IV

4. GÜMÜŞKÖY CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

4.1. Cevherin Tanıtımı

Gümüşköy - Aktepe maden yatağındaki cevherleşmeler oldukça farklı yapılarda; hidrotermal - epitermal oluşumda bulunmaları, polimetalik bir yatak sayılması, mineralojisinin karmaşık bir yapıda bulunması ve süreç mineralojisinin sorunlu olma nedenleridir. Alterasyonun had safhada oluşu, masif kayaç tiplerinin yok denecek kadar az olması ve çok zor kimyasal tepkimelere girmesi nedeni ile refrakter bir cevherleşmeden söz edebiliriz. Bilindiği üzere, refrakter cevher yatakları birçok sorunları birlikte getirmektedir. Ancak son yıllarda konuyla ilgili araştırmalara ağırlık verilmiş olup, Caron süreci, Mc Clusky yöntemleri geliştirilmiştir. Meksika ve Rusya'da bilimsel ve endüstriyel çalışmalar vardır (INT.MIN., 1990).

Gümüş mineralleri genellikle sülfürlü diğer minerallerle birlikte ve çok ince, küçük taneli olarak bulunması nedeniyle, detaylı çalışmalar sonucu temel zenginleştirme işleminin, hidrometalürjik uygulamalar olacağı kanısı uyanmıştır.

4.2. Deneysel Çalışmalar

4.2.1. Deney düzeneği

Bu tezde belirtilen liç deneyleri; silindirik, alt kısmı en iyi karıştırmayı verecek şekilde, küresel biçimde, camdan üretilmiş olan 5 litrelik standart liç hücresinde yapılmıştır. Karıştırma bir pervane ile sağlanmaktadır. Ortama O₂ vermek için hücrenin içine hava borusu uzatılmıştır. Karıştırma hızı 375 d/dk'dır. Bu karıştırma hızında, çözeltide ortalama 6,5-8 mg/lt çözülmüş O₂ bulunduğundan ayrıca hücre içine hava verilmemiştir.

Şişe liç deneylerinde ise, laboratuvar asit şişelerinden yararlanılmıştır. Bunlar 2,5 lt olup, numune, su, gerekli reaktif ilaveleri yapılarak döner rulolar üzerinde yan yatırılarak 150 d/dk döndürülerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Deneyin yapılışı

Deneylerde kullanılan numuneler önce kurutulmuş, kırma-eleme işlemlerinden sonra istenilen boyutlara kadar öğütülmüş ve öğütülen numunelerden elek analizleri yapılarak (d_{80}) boyutu belirlenmiştir.

Yarılama-eşleme yöntemi uygulanarak besleme numunesinden kimyasal analiz için şahit ayrılmıştır.

Katı/sıvı oranları tüm deneylerde sabit tutulmuş (%30 katı ağırlıkça), numune ve yeterli su liç hücresine boşaltılmıştır.

NaCN, CaO, $Pb(NO_3)_2$, Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , HCl, H_2SO_4 gibi ilgili reaktifler, deney başlangıcında veya gereken miktarlar kadar belirlenen saatlerde şarj edilmişlerdir.

Liç süreleri bütün deneylerde 48 saat yapılmış, 1., 2., 4., 8., 16., 24. ve 48. saatler sonunda hücre durdurulmuş numune alınmıştır. O_2 ölçümleri Oksijenmetre ile, pH ölçümü, pH'metre ile, CN^- tayinleri $AgNO_3$ titrasyon yöntemi ile, gümüş analizi atomik absorpsiyon ile, CaO ise Okzalik asit titrasyonu ile yapılmıştır.

Tüketim değerleri, 48. saat sonunda sıvıdaki CN^- ve CaO miktarları, baştan verilen miktarlar ve şarjların toplamlarından çıkartılarak hesaplama ile bulunmuştur.

Deney sonunda numuneler üç, dört kez su ile yıkanarak tüm numuneler kurutulup yarılama-eşleme yöntemi ile temsili numuneler alınmış bu numuneler liç deney artık numuneleri olarak adlandırılmıştır. Liç deney başlangıcında alınan besleme numuneleri ile liç deney artık numuneleri; ateş analizi metodu ile gümüş analizleri yapılmıştır. Gümüş çözümlenme verimleri bu iki analiz sonucundan hesaplanmıştır.

4.3. Analiz Yöntemleri

4.3.1. Siyanürlü çözeltide gümüş analizi

5 ml çözelti numunesi alınır, 3 ml konsantre HNO_3 , 2 ml konsantre HCl ilave edilir. 3-5 ml kalana kadar $200^\circ C$ 'da sıcak plaka üzerinde 10 dk

süre ile buharlaştırılır. Beher indirilir 27 ml konsantre HCl ilave edilir, kaynayınca kadar ısıtılır (yaklaşık 4-5 dk), beherin kenarları saf su ile yıkanır. Soğumaya bırakılır, hafif bir koku oluşabilir ve renk sarımsıdır. 100 ml'lik balon jojeye aktarılır ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanarak yeteri kadar numune çekilir ve atomik absorpsiyon cihazında okutulur.

Okunan değer, alınan numune miktarına (ml) bölünür ve toplam hacim miktarıyla çarpılırsa sonuç mg/lt cinsinden belirlenmiş olur.

4.3.2. Ateş Analizi

Karışım ; Sodyum karbonat	- 20 gr
Susuz boraks	- 80 gr
PbO	- 60 gr
Un	- 3,5 gr
Numune	- 15 gr

Bu karışım iyice karıştırılarak potaya konur, 800-820°C'da hazırlanmış fırına potalar yerleştirilir. Fırın 900°C'a yükseltilir. Her 15 dakika aralıkta 50°C yükseltilerek 1000°C'a kadar fırın iç ısı arttırılır. 1000°C'da 15 dakika beklenir. Potalar fırından çıkartılıp, çelik potalar dökülür. Çıkarılan numuneler çekiçle dövülüp cürufu kırılır. Düğmeler fırça ile temizlenir. Düğmeler tartılır, daha sonra 950°C'da ön ısıtmaya tabi tutulan kupellere, kupeller fırında iken düğmeler yerleştirilir, oksijensiz ortamda 15 dakika bekletilir. Sonra kapak açılır. Fırın ısı 900°C düşürülür. Yaklaşık 25 dakika bütün PbO'ini uçması tamamlanır, kupel çıkarılıp soğutulur.

Gümüş incisi alınıp hassas terazide tartılır ve hesabı yapılır.

4.4. Deney Sonuçları

A) Gümüşköy cevherleşmesi beş ana tipe ayrılmıştır. Tüm cevherleşmeler tek tek karıştırma liç testlerine tabi tutulmuş, uygun tesis koşullarında çözünme verimleri tesbit edilmiş, ilk beş deney paralel olarak yapılmıştır, her iki paralel deneyin ortalaması değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilen Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Bu çizelgeden de görüleceği gibi verimlerin en yüksek elde edildiği cevher deneyleri sırasıyla; pasa, silisifiye, tuf, dolomit, altere tuf ve limonit + mangan'dır.

B) Gümüş çözünme verimleri ve reaktif tüketimleri gözönüne alınarak en az verimle çözünebilir cevher tipleri birleştirilmiş ve bulunan son reaktif tüketimleri miktarlarından yeniden deneylere geçilmiş verimlerin arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Daha sonra üç grup cevher parçalanmış reaktif miktarları arttırılmış, liç deneyleri yapılmıştır. Ayrıca bu grup çalışmada rezerve uygun cevher harmanı yapılmış son bulunan reaktif tüketim miktarları ile deneyler yapılmıştır (Çizelge 4.2).

C) Rezerve uygun hazırlanan cevher; kurşun nitrat miktarı arttırılarak ve NaCN miktarı arttırılarak deneyler yapılmıştır. Ayrıca Na_2CO_3 ile yapılan deneyde yeterli alkali ortam oluşmadığından verimi düşürmüştür (Çizelge 4.3).

D) Daha geniş literatür taraması yapılarak, asidik ortamda ön liç ve siyanür liç deneylerine geçilmiştir. İndirgeyici gazlar ve bu çalışmaların uygulanabileceği ortam sağlanamadığından Caron süresi uygulamamış, McClusky yöntemi gözönüne alınarak özellikle manganez minerallerinin özütlenmesi ilkesinden yararlanılarak HCl asit, H_2SO_4 ve siyanür liç testleri yapılmış sonuçlar Çizelge 4.4'de sunulmuştur. Verimlerin arttığı ortadadır, ancak asit tüketimi çok fazladır.

E) Optimum NaCN ve CaO konsantrasyonlarının tesbiti çalışmalarına geçilmiştir. Gümüştü zengin cevher türünden numune -53 m elekten kil atımı için yıkanarak ayrılmış +53 m numune, deney numunesi olmuştur. Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Optimum NaCN konsantrasyonu % 1, optimum CaO konsantrasyonu ise % 0.04 olarak tesbit edilmiştir.

F) Temsili numuneler üzerinde NaCN, CaO ca diğer reaktiflerin gerçek tüketimlerini ve maksimum gümüş çözünme verimlerini tesbit amacıyla bir seri deneye daha başlanmıştır. Bu amaçla onbeş adet deney yapılmıştır. Sonuçları Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Genel olarak yardımcı reaktif kurşun nitrat'ın kullanımı olumlu neticeler vermektedir. Tane boyutunun küçültülmesi verimlerin artmasına

neden olmuştur. Altere tuf için gümüş çözünme verimi; % 66,5 Dolomit için, % 68,66, silisifiye tuf için % 61,16, Limonit+mangan için, %63,94 ve pasa için, % 74,35'tir.

G) Kirli yıkanarak atılan numunelerle yapılan şişe liç deneylerinden iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneylerin karıştırma liçinde de sınaması için, rezerve uygun harman cevher hazırlanmış, -53 m luk elekten kili alınmış, killi numunede dispersiyon deneyleri yapılmıştır. Dispersiyon deneyleri sonucunda killi kısımdan oluşan numuneye Na_2SiO_3 ilave reaktifi ile ve ilavesiz ortamlarda deneyler yapılmıştır. Harman cevher numuneleri üzerinde optimum koşullar tekrar denenmiş, sonuçlar Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Harman cevherin liç deney sonucunda gümüş çözünme verimi % 66,55 iken, kili atılan harman cevherin liç deney sonucu bu değer % 72,20 ye çıkmaktadır.

Killi kısmın dispersiyon reaktif ilavesiz deneyinde çözünme verimi % 45,63 iken, Na_2SiO_3 dispersiyon reaktifi ilave edilerek yapılan liç deneyinde verim % 62,5 olmuş ve verimde % 17 lik artış meydana gelmiştir.

4.4.1. Dolomitik cevher kimyasal analizi

	<u>Tenör %</u>
Pb	1.03
Zn	2.93
Fe	2.00
Cu	0.01
Cd	0.026
Ni	0.002
Sb	0.065
S	3.65
SiO ₂	19.36
BaSO ₄	13.90
Ag (ppm)	80

4.4.1.1. Dolomit cevher liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ- 1

NUMUNE CİNSİ : Dolomitik cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 2000
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 80 (F.A)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -68 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/t) : 1 (% 10 luk NaCN çözeltiden, 50 cc verildi)
 DİĞER REAKTİFLER : Pb(NO₃)₂ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 32 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.00	--	
1	8	12.00	1.00	3.3	
2	8.1	12.25	1.00	7.6	
4	8.2	12.24	1.00	14.4	
8	8.2	12.18	0.99	19.7	
16	8.3	12.00	0.98	18.8	
24	8.4	11.89	0.97	19.1	
48	8.3	11.04	0.94	20.6	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,282 kg/ton
- 2) CaO : 9,900 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 60.00

4.4.2. Altere tuf cevheri kimyasal analizi

	<u>Tenör %</u>
Pb	1.37
Zn	0.95
Fe	2.01
Cu	0.02
Cd	0.01
Ni	0.01
Sb	0.18
S	1.09
SiO ₂	56.50
BaSO ₄	13.60
Ag (ppm)	115

4.4.2.1. Altere tuf cevher liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 2

NÜMUNE CİNSİ	: Altere tuf
NÜMUNE MİKTARI (gr)	: 2000
NÜMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 115 (F.A)
NÜMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -50 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1 (% 10 luk NaCN çözeltiden, 50 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Pb(NO ₃) ₂ (% 20 luk çözeltiden 3,5 ml verildi)
NÜMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	:

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.00	--	
1	8	12.00	1.00	4.4	
2	8.0	11.84	0.99	8.8	
4	7.8	11.61	0.97	16.3	2 gr kireç ilavesi yapıldı.
8	8.3	11.30	0.92	21.5	4 gr kireç ilavesi 4,1 cc NaCN
16	8.2	11.47	1.03	22.4	
24	8.0	11.38	1.02	23.7	4 gr kireç ilavesi
48	8.8	11.32	0.98	26.6	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.391 kg/ton
- 2) CaO : 13.2 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 53.91

4.4.3. Silisifiye tuf cevher kimyasal analizi

	<u>Tenör %</u>
Pb	1.99
Zn	1.35
Fe	2.33
Cu	0.02
Cd	0.03
Ni	0.01
Sb	0.58
S	2.78
SiO ₂	41.80
BaSO ₄	28.70
Ag (ppm)	276

4.4.3.1. Silisifiye tuf cevheri liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ- 3

NÜMUNE CİNSİ	: Silisifiye tuf
NÜMUNE MİKTARI (gr)	: 2000
NÜMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 276 (F.A)
NÜMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -75 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1 (% 10 luk NaCN çözeltisinden 50 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Pb(NO ₃) ₂ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
NÜMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 96 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lit	pH	CN g/lit	Ag mg/lit	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.00	-	
1	8	12.00	1.00	7,9	
2	8.0	11.97	0.98	17.9	
4	8.1	11.38	0.92	34.1	4 gr kireç
8	8.3	11.48	0.84	50.2	5 cc NaCN
16	8.4	11.43	0.98	58.3	
24	8.1	11.30	0.97	66.4	
48	8.0	10.84	0.93	77.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.552 kg/ton
- 2) CaO : 11.220 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 65,22

4.4.4. Limonit - mangan cevheri kimyasal analizi

	<u>Tenör %</u>
Pb	1.18
Zn	6.30
Fe	5.50
Cu	0.04
Cd	0.07
Ni	0.02
Sb	0.15
S	2.67
SiO ₂	30.50
BaSO ₄	4.55
Ag (ppm)	180

4.4.4.1. Limonit+mangan liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 4

NÜMUNE CİNSİ	: Limonit+mangan
NÜMUNE MİKTARI (gr)	: 2000
NÜMUNE TENEÜRÜ (gr/t)	: 180 (F.A)
NÜMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -65µ m
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1 (% 10 luk NaCN çözeltisinden 50 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Pb(NO ₃) ₂ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
NÜMUNE ARTIK TENEÜRÜ (gr/t)	: 100 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.00	-	
1	8	12	1.00	6,5	
2	8,2	11.65	0.93	11.1	
4	8.0	11.10	0.92	18.9	17 gr kireç 3,6 cc NaCN
8	7.9	11.54	0.99	20.4	
16	7.9	11.44	0.95	28.7	6 gr kireç 3,7 NaCN
24	7.8	11.55	1.00	30.6	
48	8.2	11.42	0.98	34.2	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.550 kg/Ton
- 2) CaO : 17.490 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : %44.44

4.4.5. Pasa cevher kimyasal analizi

	<u>Tenör %</u>
Pb	0.32
Zn	3.30
Fe	3.20
Cu	0.03
Cd	0.04
Ni	0.01
Sb	0.71
S	4.93
SiO ₂	39.24
BaSO ₄	23.90
Ag (ppm)	466

4.4.5.1. Pasa cevher liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 5

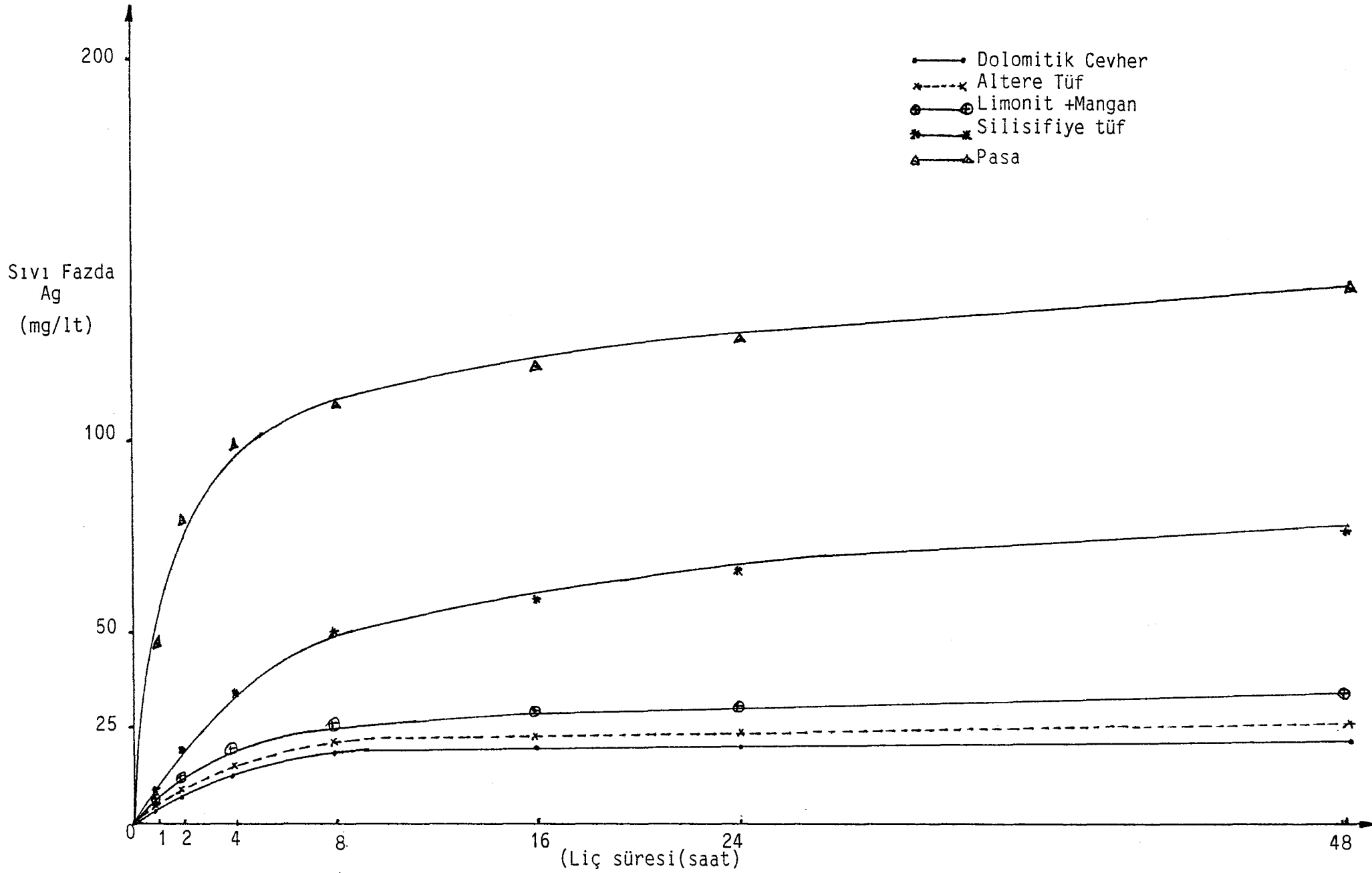
NUMUNE CİNSİ	: Pasa cevher
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 2000
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 466 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -78 μm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1 (% 10 luk NaCN çözeltiden 50 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 139 (F.A)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.00	-	
1	8	12.00	1.00	46.9	
2	8.1	11.79	0.94	79.2	
4	8.2	11.10	0.84	98.9	6 gr kireç 7,5 cc NaCN
8	8.4	11.30	0.96	109.6	6 gr kireç 5,5 cc NaCN
16	8.4	11.20	0.94	119.5	10 gr kireç 3 cc NaCN
24	8.5	12.04	1.00	124.0	
48	8.1	11.90	0.99	140.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.957 kg/ton
- 2) CaO : 17,160 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 70,17



Şekil 4.1. Beş Tip Cevhere, İşletme Tüketimleri Baz Alınarak Yapılan Karıştırma Liç Deneyleri

Çizelge 4.1. İşletme Tüketimleri Baz Alınarak Yapılan Karıştırma Liç Deneyleri Sonunda Elde Edilen Veriler

Deney No	Cevher Cinsi	NUMUNE			TÜKETİMLER						
		Rezerv İçindeki %'si	Tane İriliği (d ₈₀)	Katı %'si	CN ⁻ konsantrasyon %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
1	Dolomit	15.4	-68µm	30	0,1	0.282	0.350	9.90	80	32	60.00
2	Altere Tüf	14.8	-50 µm	30	0.1	0.391	0.350	13.20	115	53	53.91
3	Silisifiye Tüf	45.5	-75µm	30	0.1	0.552	0.350	11.22	276	96	65.22
4	Limonit Mangan	6.9	-65µm	30	0.1	0.550	0.350	19.47	180	100	44.44
5	Pasa	17.4	-78µm	30	0.1	0.957	0.350	17.16	466	139	70.17

NOT: Tüketim değerleri liç deneyleri başlangıcında verilen işletme dozajları ve yalnız gereken yerlerde yapılan reaktif ilaveleri toplamları gözönüne alınarak hesaplanmıştır. Bu deneylerdeki koşullar:

-NaCN konsantrasyonu %0,1 dir.

-pH = 11,50 -12,00 aralığında tutulmaya çalışılmıştır.

- Kireç; CaO tenör bazında değerlendirilmiştir, CaO çözünürlüğü gözönüne alınmamıştır.

4.5. Değişik Cevher Kompozisyonlarının Karıştırma Liç Deneyleri

4.5.1. Limonit+mangan ve altere tuf cevher karışımının karıştırma liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 6

NUMUNE CİNSİ	:Limonit+mangan+altere tuf
NUMUNE MİKTARI (gr)	:(636 gr + 1364 gr)
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	:106 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	:-71 μ m
KATI ORANI (%)	:30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	:1,3 (% 10 luk NaCN çözeltisinden, 65 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	:Pb(NO ₃) ₂ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	:46 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	11.50	1.30	-	
1	7.8	11.80	1.30	12.9	
2	7.9	11.68	1.25	13.6	
4	8.1	11.67	1.27	15.2	
8	8.3	11.58	1.23	17.7	
16	8.1	11.52	1.23	20.5	
24	6.0	11.32	1.21	23.5	
48	8.4	11.32	1.20	25.7	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,417 kg/ton
- 2) CaO : 9,511 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ % 56,60

4.5.2. Dolomit, silisifiye tuf, pasa cevher karışımının liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 7

NUMUNE CİNSİ	: Dolomit + silis tuf + pasa
NUMUNE MİKTARI (gr)	: (393 gr + 1163 gr + 444 gr)
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 306 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -74 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1,4 (% 10 luk NaCN çözeltisinden, 66 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Pb(NO ₃) ₂ (% 20 lik çözeltiden 3,5 ml verildi)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 100 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.40	-	
1	7.8	12.36	1.25	52.2	
2	7.8	12.30	1.21	62.3	
44	8.0	12.27	1.22	79.7	
8	8.2	12.27	1.18	81.1	10 cc NaCN
16	7.9	12.25	1.16	83.1	
24	6,7	12.25	1.14	85.0	9,45 cc NaCN
48	6.7	12.04	1.55	88.3	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,613 kg/ton
- 2) CaO : 14,008 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 67,32

4.5.3. Beş tip cevherin rezerve uygun karışımının liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ- 8

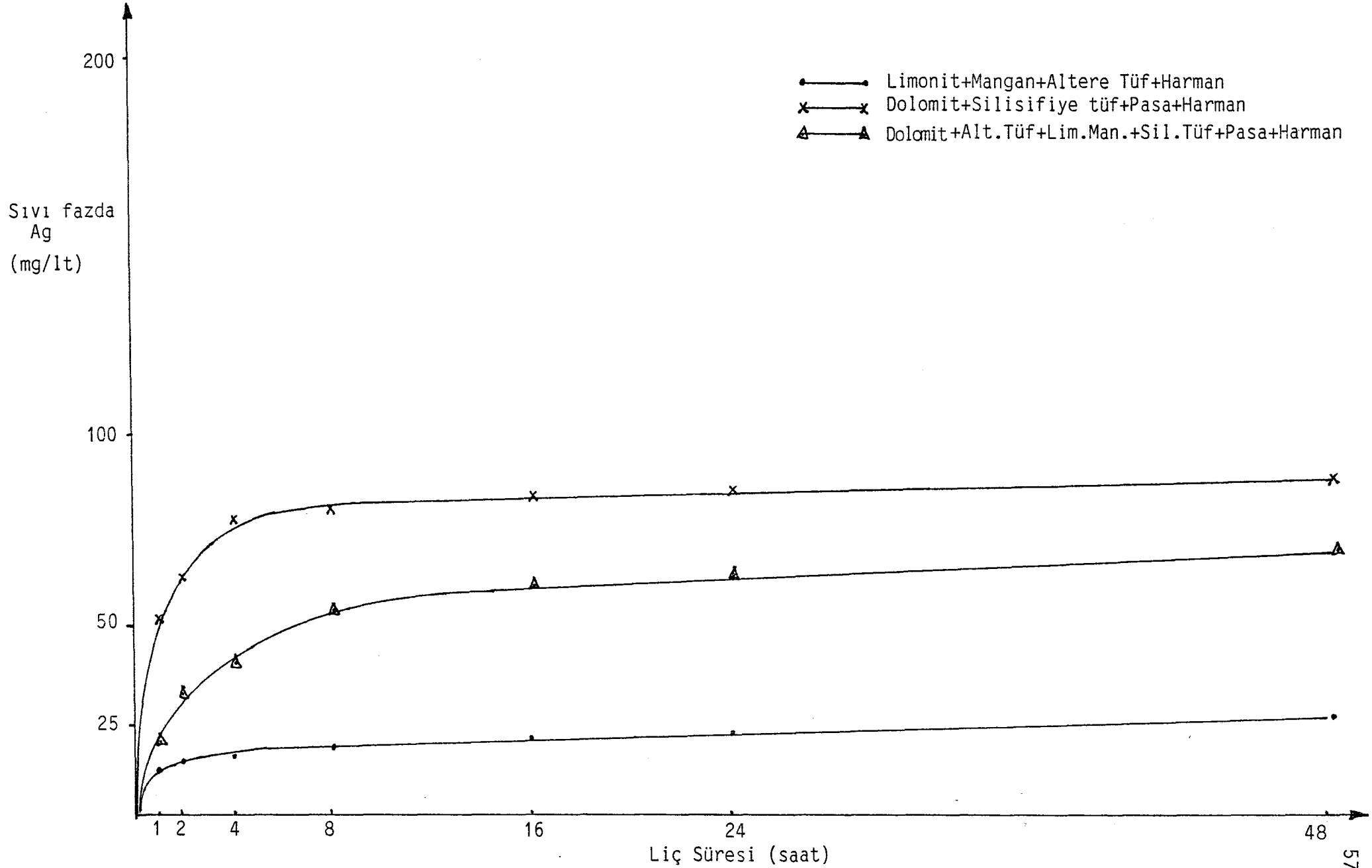
NUMUNE CİNSİ : Dol.+Alt.tüf+Lim.Man+Sil.tüf+pasa
 NUMUNE MİKTARI (gr) : (308 gr+296 gr+138 gr+910 gr+348 gr)
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 253 (F.A)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -73 μ
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/t) : 1,3(% 10 luk NaCN çözeltisinden 66 cc verildi)
 DİĞER REAKTİFLER : Pb(NO₃)₂ (% 20 lik çözeltide 3,5 ml verildi)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 93 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.30	-	
1	8	12.18	1.00	18.9	
2	8.5	12.28	1.22	31.3	
4	9.2	12.31	1.18	39.1	
8	8.7	12.27	1.16	53.9	
16	8.6	12.24	1.14	60.1	
24	8.5	12.23	1.12	64.2	
48	8.0	12.13	1.12	68.6	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,653 kg/ton
- 2) CaO : 12,450 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 63,24



Şekil 4.2. Değişik Cevher Kompozisyonlarının Liç Denepleri

Çizelge 4.2. Reaktif Tüketimleri; Önceki Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Veriler Doğrultusunda ve Gümüş Çözünme Verimleri En Kötü Olan Cevher Tiplerinin Paçallanmaları Neticesinde Oluşan Cevherlerin Karıştırma Liç Sonucu Elde Edilen Sonuçlar

Deney No	Cevher Cinsi	NUMUNE			TÜKETİMLER						
		Rezerv içindeki %'si	Tane iriliği (d ₈₀)	Katı %'si	CN ⁻ konsantrasyon %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
6	Lim.-Man.+ Altere Tüf	2.17	-71µm	30	0.13	0.417	0.350	9.511	106	46	56.60
7	Dolomit+ Sil. Tüf + Pasa	78.3	-74µm	30	0.14	0.613	0.350	14.008	306	100	67.32
8	Dolomit + Alt.Tüf + Lim.Man.+ Sil.Tüf + Pasa	100	-73µm	30	0.13	0.653	0.350	12.450	253	93	63.24

4.6. Rezerve Uygun Cevher Karışımlarının Reaktif Cinsi ve Miktarlarının Etkisi

4.6.1. Rezerve uygun cevher karışımının yardımcı reaktif kurşun nitrat miktarının etkisinin incelenmesi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 9

NUMUNE CİNSİ	: Paçal
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 2000 gr
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 253 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -73 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1,4(% 10 luk NaCN çözeltisinden, 66 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Pb(NO ₃) ₂ , (% 20 lik çözeltiden 4,2 ml verildi)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 93 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.40	-	
1	8.1	12.22	1.00	15,4	
2	8,6	12.30	1.28	33.7	
4	9.1	12.30	1.20	40.9	
8	8.6	12.24	1.18	55.8	
16	8.6	12.21	1,14	62.6	
24	8.5	12.19	1.12	65.3	
48	7,9	12.09	1.14	68.6	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,607 kg/ton
- 2) CaO : 12.450 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,420 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 63,24

4.6.2. Rezerve uygun cevher karışımında, siyanür konsantrasyonunun etkisinin incelenmesi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 10

NUMUNE CİNSİ : Paçal
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 2000 gr
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 253 (F.A)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -73 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/t) : 1,71 (% 10 luk NaCN çözeltisinden 80 cc verildi)
 DİĞER REAKTİFLER : Pb(NO₃)₂ (% 20 lik çözeltiden 4,2 ml verildi)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 80(F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.70	-	
1	8.0	11.90	1.71	23.1	
2	8.61	12.10	1.52	43.8	
4	8.78	12.32	1.47	52.2	
8	8.76	12.28	1.43	54.0	
16	8.24	12.27	1.32	66.5	
24	7.15	12.28	1.20	69.9	
48	7.73	12.19	1.29	74.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 1,160 kg/ton
- 2) CaO : 14,940 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,420 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 68,38

4.6.3. Rezerve uygun cevher karışımında, koruyucu alkali ortam sağlamak için sodyum karbonatın etkisinin incelenmesi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ-11

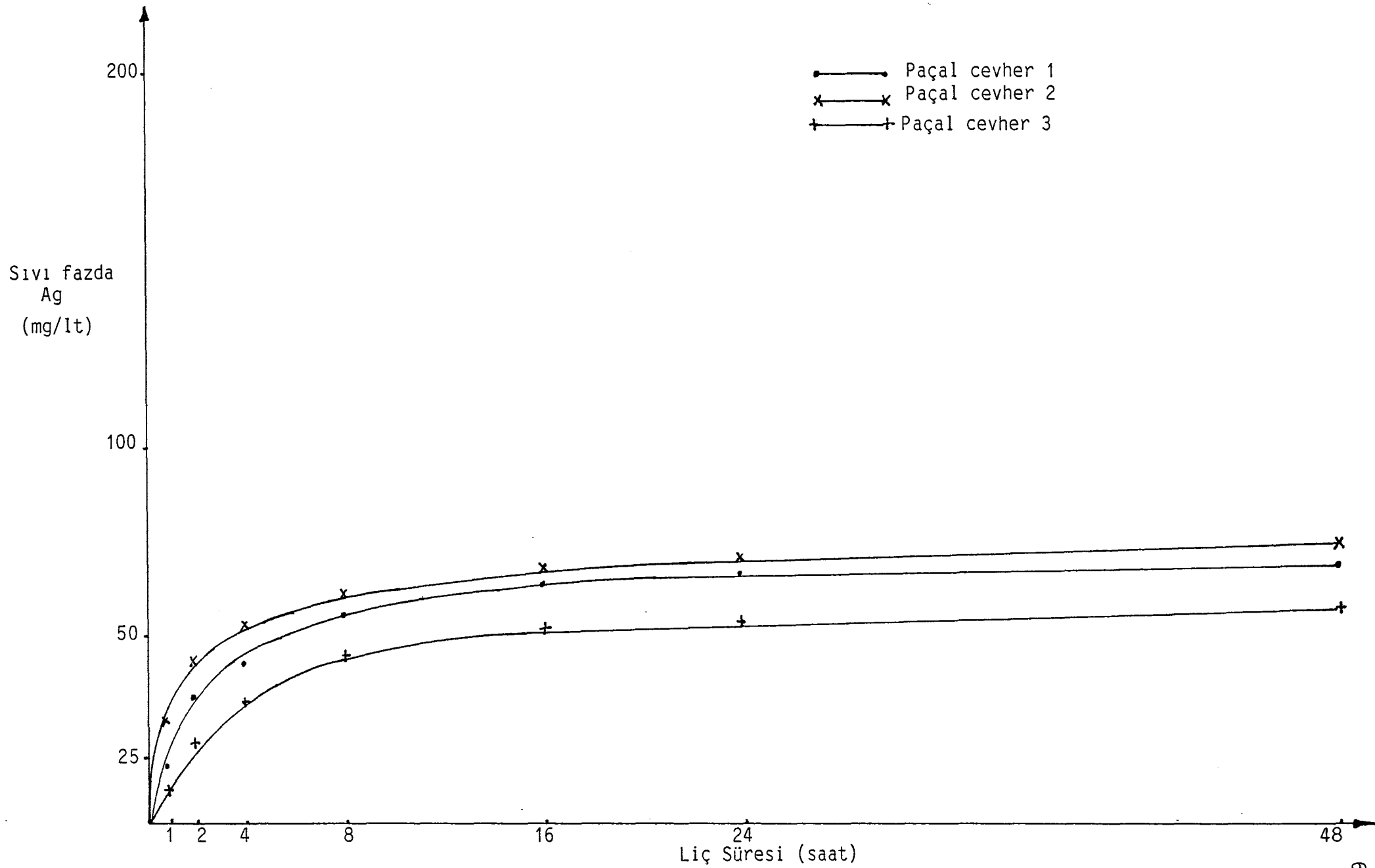
NUMUNE CİNSİ : Paçal
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 2000 gr
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 253 (F.A)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -73 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/t) : 1,7 (% 10 luk NaCN çözeltisinden 80 cc verildi)
 DİĞER REAKTİFLER : Pb(NO₃)₂ (% 20 lik çözeltiden 4,2 ml verildi)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 120 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	-	1.70	-	
1	8	10.36	1.71	8.2	
2	9.04	10.44	1.63	21.3	
4	9.26	10.42	1.61	30.8	
8	9.3	10.40	1.57	43.8	
16	7.93	10.30	1.54	51.0	
24	7.94	10.41	1.51	52.1	
48	7.97	10.32	1.49	57.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.483 kg/ton
- 2) CaO : 20.500 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.420 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 52,57



Şekil 4.3. Rezerve Uygun Cevher Paçalıyla NaCN ve $Pb(NO_3)_2$ 'nin Arttırılması ve Na_2CO_3 Kullanımı ile Yapılan Liç Deneyleri

Çizelge 4.3. Rezerve Uygun Cevher Paçalı ile; NaCN Konsantrasyonu, Pb(NO₃)₂'nin Etkisi ve Koruyucu Alkalinite İçin Kireç ve Na₂CO₃ Kullanılması Sonucu Elde Edilen Veriler

Deney No	Cevher Cinsi	NUMUNE			TÜKETİMLER						
		Rezerv İçindeki %'si	Tane İriliği (d ₈₀)	Katı %'si	CN ⁻ kon-santrasyon %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
1	Paçal 1	100	-73µm	30	0.14	0.607	0.420	12.450 (CaO)	253	93	63.24
10	Paçal 2	100	-73µm	30	0.17	0.160	0.420	14940 (CaO)	253	80	68.38
11	Paçal 3	100	-73µm	30	0.17	0.483	0.420	20.500 (CaO)	253	120	52.57

4.7 Acil Stok Cevherinin, Ön Liç Deneylerinde Uygulanması

4.7.1. Acil stok cevherinin, sülfürik asit ve siyanür liç deneyine uygulanması

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 12

NUMUNE CİNSİ	: Acil stok
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 855
NUMUNE TENEÜRÜ (gr/t)	: 318 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -74 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1,7 (3,42 gr NaCN)
DİĞER REAKTİFLER	: H ₂ SO ₄ ile baştan preleach yapıldı 200 gr (% 98 lik), pH = 1,2 düşürüldü, 6 sa. preleach yapıldı. Pb(NO ₃) ₂ = 0,36 gr
NUMUNE ARTIK TENEÜRÜ (gr/t)	: 90 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.70	- -	
1	7,5	12.00	1.70	39.6	
2	7.2	12.00	1.52	56.0	2 gr kireç ilave
4	7.6	11.94	1.41	75.5	
8	8.1	11.96	1.25	90.9	
16	8.3	11.20	1.00	96.3	3 gr NaCN 5 gr kireç
24	7.0	12.00	1.51	97.2	
48	7.5	11.20	1.45	97.7	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 4,125 kg/ton
- 2) CaO : 27,320 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.420 kg/ton
- 4) H₂SO₄ : 229,2 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 71,70

4.7.2. Acil stok cevherinin, hidroklorik asit ve siyanür liç deneyine uygulanması

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 13

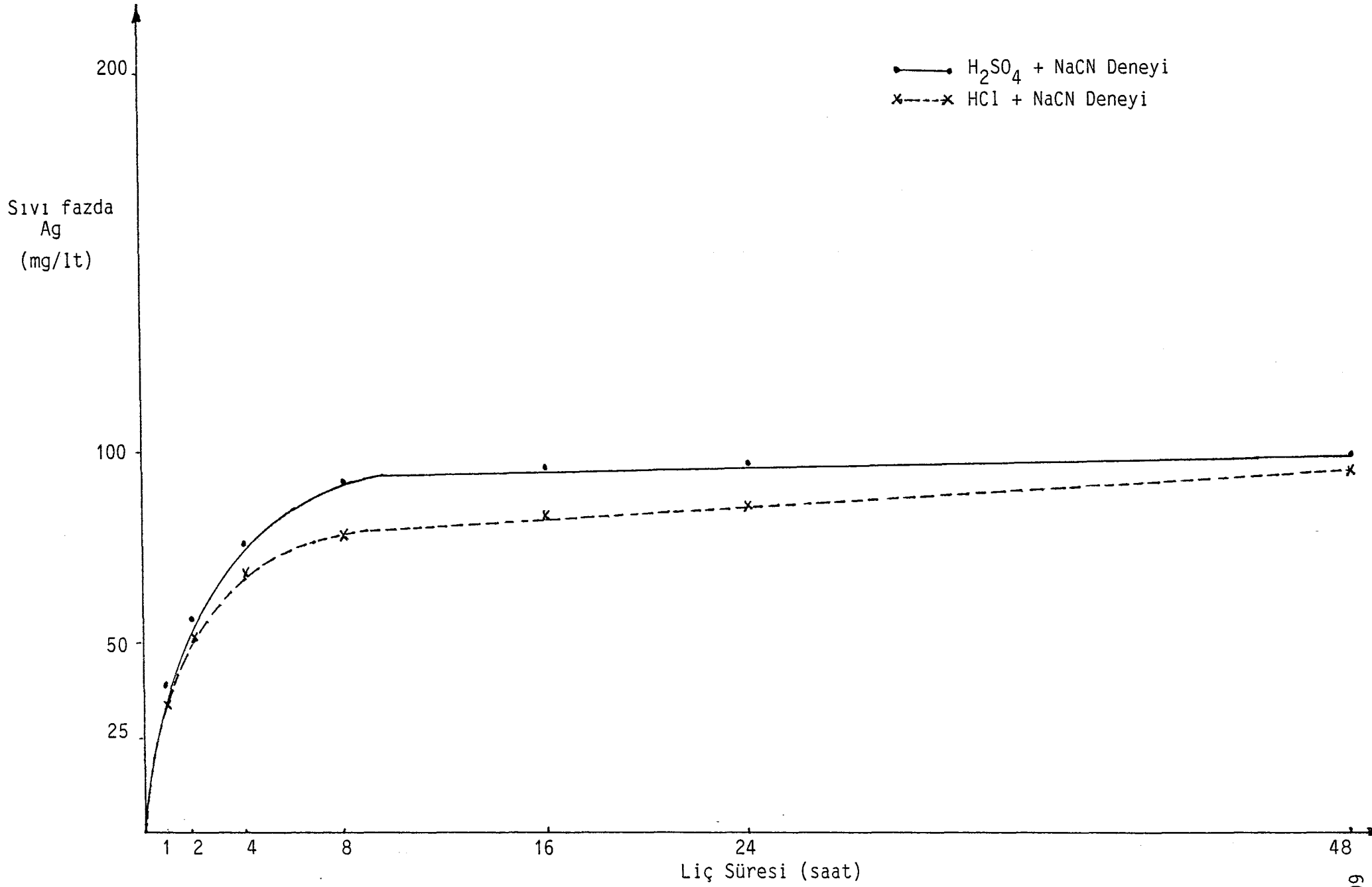
NUMUNE CİNSİ	: Acil stok
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1000
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 318 (F.A)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -74 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/t)	: 1,7 (% 10 luk NaCN çözeltiden 40 cc verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: Hcl asitle preleach yapıldı (222 gr, %37 lik) pH=1,9 oldu. 8 saat preleach yapıldı, % 66 CaO, 42 gr. Pb(NO ₃) ₂ = 2,1 ml %20 lik veri
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 98 (F.A)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	8	12.00	1.70	-	
1	7.4	11.90	1.70	32.7	
2	7.0	11.81	1.12	29.9	23 cl NaCN 5 gr kireç
4	6,7	12.15	1.61	38.6	
8	6.9	11.94	1.52	43.3	
16	7.2	11.81	1.49	83.1	
24	6.7	11.78	1.47	86.7	
48	8	11.75	1.41	94.3	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 2,947 kg/tonr
- 2) CaO : 31,020 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 1.420 kg/ton
- 4) HCl : 82.140 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 69,18



Şekil 4.4. Ön-Liç ve Siyanür Liç Deneyleri

Çizelge 4.4. Stoktan Alınan Cevherin, Ön-Liç Deneyleri Sonucu Elde Edilen Veriler

Deney No	Cevher Cinsi	Rezerv Rezerv %'si	Tane İriliği (d ₈₀)	Katı %'si	CN ⁻ Konst. %'si	NaCN (kg/ton)	H ₂ SO ₄ veya HCl (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ on)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
12	Stok	-	-74µm	30	0.17	4.125	229,9 H ₂ SO ₄	0,420	27,320	318	90	71,70
13	Stok	-	-74µm	30	0.17	2.947	82,14 HCl	0,420	31,020	318	98	69,18

4.8. Sodyum Siyanür Konsantrasyonlarının Değişimlerinin İncelenmesi

4.8.1. % 0,1 Sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 14

NUMUNE CİNSİ : Yıkanmış cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 250
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 492 (AA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80) : -40 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt) : % 0,1 (% 10 luk NaCN çözeltiden 5,83 ml verildi)
 PULP pH : 12 (%60,2 CaO'ten 65 cc % 10 luk çözelti verildi)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 84 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	12.00	1.00	-	
1	6,5	12.25	0.69	119.4	
2	6.5	12.24	0.65	134.6	1.81 ml NaCN
4	6.5	12.27	0.85	145.5	0.82 ml NaCN
8	6.8	12.19	0.91	150.4	
16	6.7	12.11	0.87	158.1	
24	7.0	12.00	0.86	163.2	0.82 ml NaCN
48	5.9	11.90	1.08	174.9	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 1,156 kg/ton
- 2) CaO : 15,652 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 82,93

4.8.2. % 0.2 Sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 15

NUMUNE CİNSİ	: Yıkanmış cevher
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 250
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 492 (AA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80)	: -40 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt)	: % 0,2 (11,62 ml NaCN, % 10 luk çözelti)
PULP pH	: 12 (% 60, 2 CaO' 60 cc, % 10 luk çözelti)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 90 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	12.00	2.00	-	
1	7.0	11.97	1.49	116.9	
2	7.2	11.93	1.45	135.7	2.97 ml NaCN
3	6.8	11.90	1.69	138.3	1.81 ml NaCN
8	6.9	11.90	1.94	143.1	
16	7.1	11.87	1.89	148.0	
24	6.3	11.70	1.86	151.9	0.82 ml NaCN
48	5.7	11.46	1.98	172.4	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 2.202 kg/ton
- 2) CaO : 14.448 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 81,71

4.8.3. % 0,05 Sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 16

NUMUNE CİNSİ	: Yıkanmış cevher
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 250
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 492 (AA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80)	: -40 µ m
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt)	: %0,05 (2,915 ml NaCN, % 10 luk)
PULP pH	: 12 (65 cc kireç, % 10 luk çözelti, % 60,2 CaO)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 114 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	A Ç I K L A M A L A R
-	-	12.00	0,5	-	
1	7.0	11.95	0.75	113.3	
2	6.0	12.03	0.25	130.7	1.46 cc NaCN ilave
4	6.5	11.90	0.22	141.3	1.64 cc NaCN ilave
8	6.3	11.95	0.80	146.7	
16	6.1	11.38	0.65	153.9	
24	6.2	11.40	0.73	156.0	
48	6.4	11.35	0.69	162.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,773 kg/ton
- 2) CaO : 15,652 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 76,83

4.8.4. % 0,3 Sodyum siyanür konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ-17

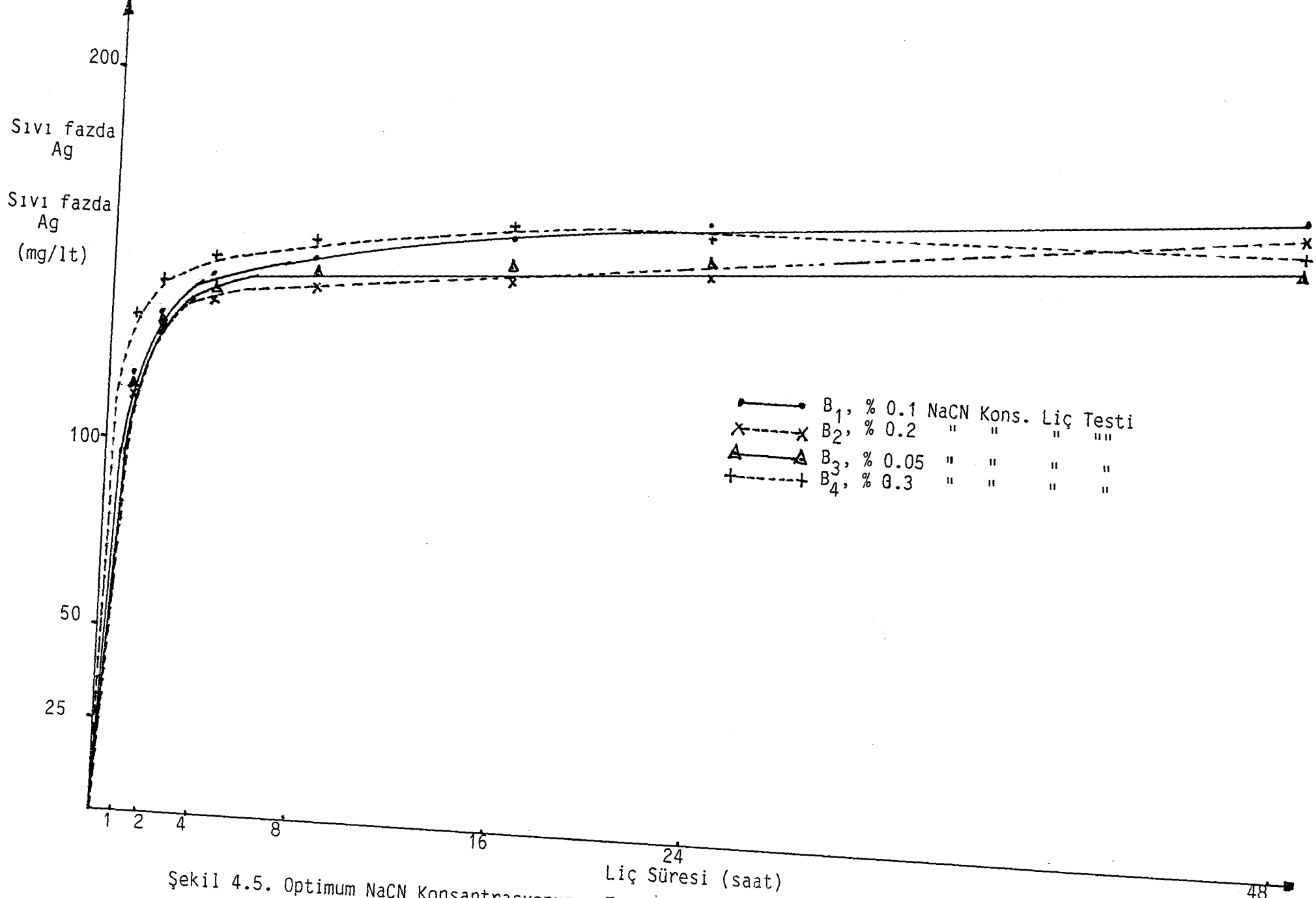
NUMUNE CİNSİ : Yıkanmış cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 250
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 492 (AA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80) : -40 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt) : % 0,3 (17,49 ml NaCN % 10 luk çözelti)
 PULP pH : 12 (60 cc kireç, % 10 luk çözelti % 60, 2 CaO)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 104 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	A Ç I K L A M A L A R
-	-	12.00	3.00	-	
1	6.5	12.10	2.16	135.2	4.78 cc NaCN
2	6.7	12.32	2.02	142.1	5.71 cc NaCN
4	6.4	12.16	2.59	149.3	2.40 cc NaCN
8	6.5	12.00	3.54	155.9	
16	6.5	11.95	3.13	163.7	
24	6.5	11.85	3.48	163.9	
48	6.5	11.25	3.35	166.4	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 4,218 kg/ton
- 2) CaO : 14,448 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 78,86



Şekil 4.5. Optimum NaCN Konsantrasyonunun Tesbiti İçin Yapılan Şişe Liç Deneyleri

Çizelge 4.5. Optimum NaCN Konsantrasyonunun Tesbiti İçin Yapılan Şişe Liç Deney Verileri

Deney No	Cevher Cinsi	NUMUNE				TÜKETİMLER				Verim %'si	
		Rezerv İçindeki %'si	Tane İriliği (d_{80})	Katı %'si	CN ⁻ kon-santrasyon %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)		Artık Ag (ppm)
14	Stok	--	-40 μ m	30	0.1	1.156	0.350	15.652	492	84	82.93
15	Stok	--	-40 μ m	30	0.2	2.202	0.350	14.448	492	90	81.71
16	Stok	--	-40 μ m	30	0.05	0.773	0.350	15.562	492	114	76.83
17	Stok	--	-40 μ m	30	0.3	4.218	0.350	14.448	492	104	78.86

- Numune; yüksek tenörlü bir cevher olup, kilinden arındırılmış ve $d_{80} = -40 \mu\text{m}$ 'a öğütülmüştür.
- Bu deneyler 2,5 lt'lik şişelerde gerçekleştirilmiştir.
- Atılan kil, %22 ağırlık ve 100 ppm Ag içermektedir.

4.9. Kalsiyum Oksit Konsantrasyonlarının Değişimlerinin İncelenmesi

4.9.1. % 0,01 Kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 18

NUMUNE CİNSİ : Yıkanmış cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 250
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 492 (AA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80) : -40 µ m
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt) : 1 (5,83 ml % 10 luk NaCN çözelti)
 PULP pH : 11.32
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 112 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.32	1100	-	
1	6.5	11.32	0.53	96.0	
2	6.5	11.32	0.53	109.3	2,74 cc NaCN
4	6.7	11.32	0.88	119.1	0,7 cc NaCN
8	7.2	11.30	0.94	124.8	
16	6.8	11.27	0.88	134.0	0.7 cc NaCN, 4,3 gr kireç
24	7.4	11.00	0.92	141.7	0.46 cc NaCN, 0,5 gr kireç
48	7.5	11.48	1.04	163.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 1.705 kg/ton
- 2) CaO : 11,318 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 77,24

4.9.2. % 0,0 Kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 19

NUMUNE CİNSİ : Yıkanmış cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 250
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 492 (AA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -40 µm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1 % 0,1 (5,83 ml, % 10 luk NaCN çözelti)
 PULP pH : 11,92 %CaO; 0,04 (65 cc baştan %60,2 cc % 10 luk çözelti)
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 104 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.00	-	
1	6.5	11.72	0.51	113.6	0,6 gr CaO
2	6.3	11.78	0.53	118.7	2,86 cc NaCN
4	7.3	11.78	0.88	125.6	0,7 cc NaCN, 0,5 gr CaO
8	7.4	11.80	0.90	132.1	0,6 cc NaCN
16	6.1	11.55	1.0	141.9	0,5 gr CaO
24	6.3	11.88	1.0	152.0	
48	6.5	11.96	1.02	166.4	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 1,577 kg/ton
- 2) CaO : 19,505 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 78,86

4.9.3. % 0.06 Kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ - 20

NUMUNE CİNSİ : Yıkanmış cevher
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 250
 NUMUNE TENEÜRÜ (gr/t) : 492 (AA)
 NUMUNE TAHE İRİLİĞİ(d 80) : -40 μ m
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt) : 1 (5,83 ml, % 10 luk NaCN çözeltisi)
 PULP pH : ph=12,10, CaO % 0.06(80 cc CaO baştan % 10 luk çözelti, % 60,2C
 NUMUNE ARTIK TENEÜRÜ (gr/t) : 138 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	A Ç I K L A M A L A R
-	-	12.10	1.00	-	
1	6.2	11.40	0.91	79.9	
2	6.2	11.19	0.51	102.7	2,86 cc NaCN, 3,0 gr CaO
4	8.4	12.24	0.87	114.1	
8	7.8	12.15	0.78	120.8	1,3 cc NaCN
16	8.4	11.12	0.76	135.7	1,28 cc NaCN
24	7.6	12.19	0.84	137.1	0.93 cc NaCN
48	7.8	12.38	1.06	151.8	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 2,359 kg/ton
- 2) CaO : 26,488 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 71,95

4.9.4. % 0,10 Kalsiyum oksit konsantrasyonunun etkisi

ŞİŞE LİÇ DENEYİ- 21

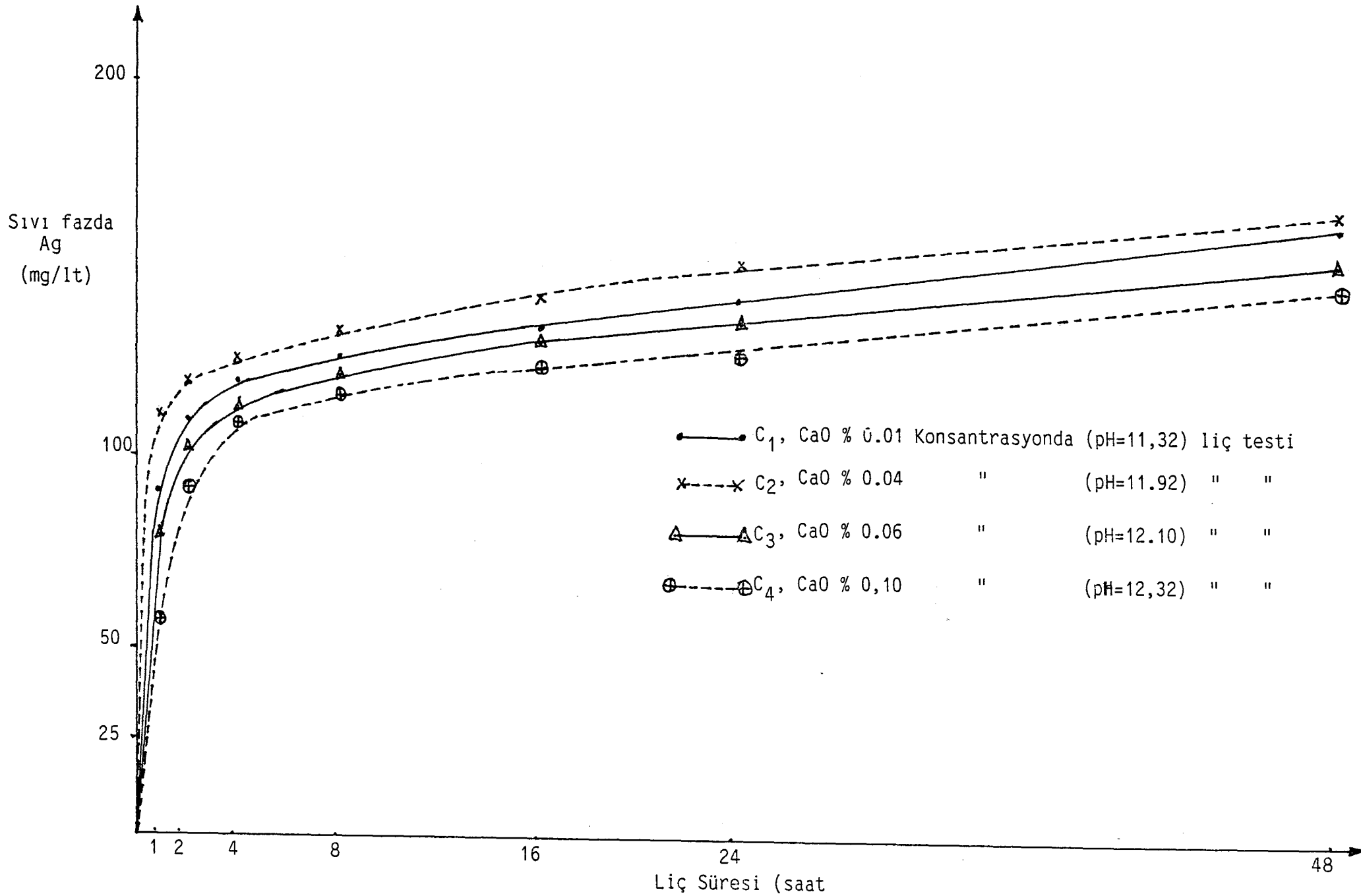
NUMUNE CİNSİ	: Yıkanmış cevher
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 250
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 492 (AA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ(d 80)	: -40 µm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU(gr/lt)	: 1 (5,83 ml, % 10 luk NaCN çözeltisi)
PULP pH	: 12.32, %CaO: 0,10 (120 cc CaO baştan, % 10 luk çözelti %60,2 CaO)
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 150 (AA)

SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	12.32	1.00	-	
1	6,5	12.23	0.89	57.3	
2	6.2	11.60	0.51	90.7	2,86 cc NaCN, 4,5 gr CaO
4	6.5	12.37	0.96	108.7	
8	6.8	12.30	0.76	115.5	1,3 cc NaCN
16	8.4	11.12	0.74	124.0	1,28 cc NaCN
24	8.3	12.22	0.82	127.2	1,05 cc NaCN
48	7,8	12.42	1.06	146.7	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 2,407 kg/ton
- 2) CaO : 39,732 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 69,51



Şekli 4.6. Optimum CaO Konsantrasyonunun Tesbiti İçin Yapılan Şişe Liç Deneyleri

Çizelge 4.6. Optimum CaO Konsantrasyonunun Tesbiti İçin Yapılan Şişe Liç Deney Verileri

- Numune; yüksek tenörlü bir cevher olup, kilinden arındırılmış ve $d_{80} = -40 \mu\text{m}$ öğütülmüştür.
- Bu deneyler 2,5 cl'lik şişelerde gerçekleştirilmiştir.
- Atılan kil, % 22 ağırlıkta ve 110 ppm Ag içermektedir.

Deney No	NUMUNE			SOLÜSYON			TÜKETİMLER					
	Cevher Cinsi	Rezerv %'si	Tane İriliği (d_{80})	Katı %'si	CN ⁻ Konst. %'si	CaO Konst. %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
18	Stok	-	-40 μm	30	0,1	0,01 ph=11,32	1,705	0,350	11,318	492	112	77,24
19	Stok	-	-40 μm	30	0,1	0,04 ph=11,92	1,577	0,350	19,505	492	104	78,86
20	Stok	-	-40 μm	30	0,1	0,06 ph=12,00	2,359	0,350	26,488	492	138	71,95
21	Stok	-	-40 μm	30	0,1	0,10 ph=12,32	2,407	0,350	39,732	492	150	69,51

4.10. Beş Tip Cevherin Tane Boyutu, Kurşun Nitratin Etkisinin İnce-
lenmesi, Optimum Koşullarda Maksimum Verimlerin ve Reaktif Tüketim
lerinin Saptanması

4.10.1. Altere tuf cevheri ; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ Boyutta ve kurşun nitratsız liç
deneyi

KARIŞTIRMA LİÇ DENEYİ - 22

NUMUNE CİNSİ : Altere tuf
NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800 gr
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 200 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -74 μm
KATI ORANI (%) : 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 gr/lt 6,36 gr=63,6 ml(% 10 luk NaCN çöz. verildi)
DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ilavesi yok
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 73 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	6.8	12.46	1.43	24.0	0.55	2,94 cc NaCN ilave
2	6.6	12.08	1.41	29.3	1.05	3.78 cc NaCN ilave
4	6.5	12.15	1.53	34.7	0.28	0.59 gr CaO ilave
8	6.9	12.19	1.57	37.7	0.35	0.23 gr CaO ilave
16	7.3	12.19	1.57	40.5	0.35	0.23 gr CaO ilave
24	6.9	12.11	1.51	44.7	0.21	0.9 gr CaO ilave
48	8.4	12.07	1,51	54.4	0.18	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.344 kg/ton
- 2) CaO : 5.682 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: ----

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 63,50

4.10.1.1. Altere tuf cevheri ; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 23

NUMUNE CİNSİ	: Altere tuf
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 200 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: $-74 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 (63,6 ml NaCN, % 10 luk çözeltiden verildi)
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 67 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	6.9	12.18	1.41	28.9	0.45	3.78 cc NaCN ilave
2	7.0	12.20	1.47	32.0	0.40	1.26 cc NaCN ilave
4	7.2	12.22	1.45	35.2	0.40	2.1 cc NaCN ilave
8	6.9	12.17	1.47	38.0	0.30	1.26 cc NaCN ilave 0,47 gr CaO ilave
16	7.3	12.16	1.29	41.7	0.4	8.8 cc NaCN ilave
24	7.6	12.07	1.60	48.8.	0.18	1.04 gr CaO ilave
48	7.0	12.05	1.63	57.0	0.25	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.641 kg/ton
- 2) CaO : 5,302 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 66,50

4.10.1.2. Altere tuf cevheri; $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı Liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 24

NUMUNE CİNSİ	: Altere tuf
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 200 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d_{80})	: $-53 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 - 63,6 ml (% 10 NaCN çözeltiden verildi)
DIĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 67 (FA)

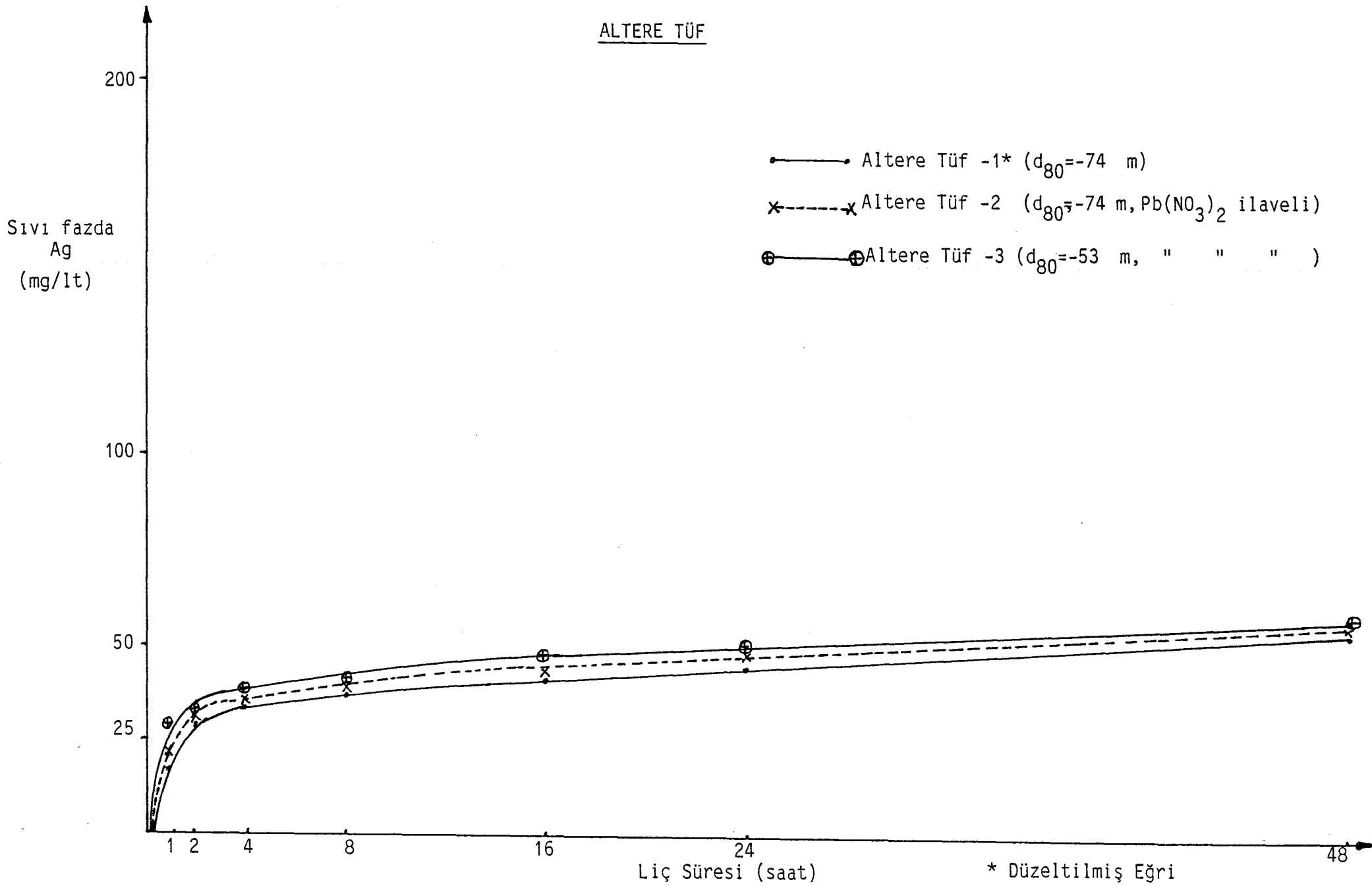
SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	6.6	11.95	1.57	29.1	0.35	0.23 gr CaO ilave
2	6.8	12.00	1.57	31.7	0.35	0.23 gr CaO ilave
4	7.4	12.07	1.57	37.1	0.40	
8	7.5	12.10	1.49	39.2	0.40	0.4 cc NaCN ilave
16	7.5	12.00	1.57	46.6	0.40	
24	7.5	11.89	1.55	50.4	0.18	1.07 gr CaO ilave
48	7.7	11.88	1.34	57.0	0.05	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.393 kg/ton
- 2) CaO : 5.778 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 66.50

ALTERE TÜF



Şekil 4.7. Altere Tüf Cevherin Optimum Koşullarda Liç Deneylemleri

4.10.2. Dolomit cevheri; $d_{80} = -74 \mu m$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 25

NUMUNE CİHSİ : Dolomit
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 67 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : $-74 \mu m$
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml (% 10 luk NaCN çözeltisi)
 DİĞER REAKTİFLER : $Pb(NO_3)_2$ ilavesi yok
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 33 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1,5	-	0.4	
1	7.8	12.25	1.25	10.5	0.6	10,5 cc NaCN ilavesi
2	7.8	12.30	1.57	11.11	0.5	
4	8.0	12.20	1.49	12.0	0.4	0,4 cc NaCN ilavesi
8	8.3	12.24	1.53	12.7	0.2	0,84 gr CaO ilave
16	8.1	12.18	1.55	13.6	0.25	0.78 gr CaO ilave
24	7.8	12.15	1.57	14.1	0.4	
48	8.1	11.92	1.53	14.6	0.4	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,528 kg/ton
- 2) CaO : 4,656 kg/ton
- 3) $Pb(NO_3)_2$: ---

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 50,75

4.10.2.1. Dolomit cevheri ; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 26

NUMUNE CİNSİ : Dolomit
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 67 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : $-74 \mu\text{m}$
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml (% 10 luk NaCN çözeltisi)
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 33 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	8.1	12.25	1.27	9.5	0.4	9.60 vcc NaCN ilave
2	8.2	12.22	1.49	11.8	0.4	1.2 cc NaCN ilave
4	8.1	12.21	1.47	12.5	0.3	0.5 gr CaO ilave
8	8.0	12.18	1.49	15.5	0.2	0.4 ccNaCN ilave 1.03 gr CaO ilave
16	7.6	12.12	1.41	13.8	0.35	3.78 cc NaCN ilave 0.26 gr CaO ilave
24	7.8	12.13	1.55	14.0	0.3	0,5 gr CaO ilave
48	8.1	11.93	1.57	14.6	0.3	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.659 kg/ton
- 2) CaO : 5.190 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 gr

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 50.75

4.10.2.2. Dolomit cevheri; $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratsız
liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 27

NUMUNE CİNSİ : Dolomit
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 67 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -53 μ
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml (% 10 luk NaCN çözeltisi)
 DİĞER REAKTİFLER : Pb(NO₃)₂ ilavesiz
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 21 (FA)

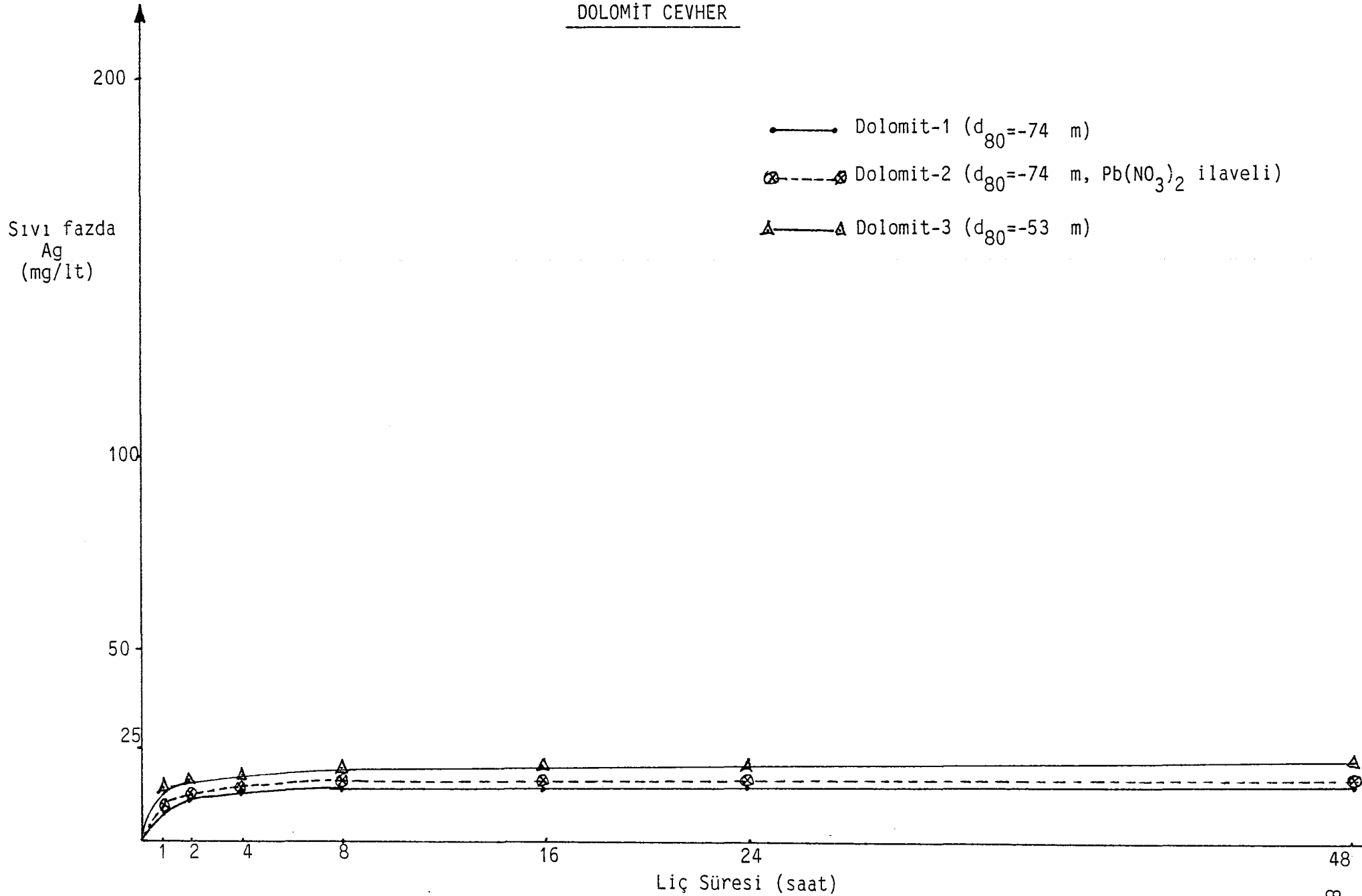
SAAT	O ₂ mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	7.7	12.10	1.37	13.7	0.4	5,4 cc NaCN ilave
2	7.7	12.11	1.41	14.9	0.2	3,7 cc NaCN ilave 0,8 gr CaO ilave
4	7.9	12.11	1.47	15.9	0.15	1,26 cc NaCN ilave 1,30 gr CaO ilave
8	8.1	11.25	1.29	19.4	0.4	8,8 cc NaCN ilave
16	8.0	12.10	1.72	19.7	0.2	1,03 gr CaO ilave
24	8.4	12.15	1.72	19.8	0.5	
48	8.8	11.75	1.72	19.9	0.3	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.538 kg/ton
- 2) CaO : 5.569 kg/ton
- 3) Pb(NO₃)₂ : --

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 68,66

DOLOMİT CEVHER



Şekil 4.8. Dolomit Cevherin Optimum Koşullarda Liç Deneyleri

4.10.3. Silisifiye tuf cevheri; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ -28

NUMUNE CİNSİ : Silisifiye tuf cevheri; d_{80}
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 327 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -74 μm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml (% 10 luk NaCN çözeltisi)
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ilavesi yok
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 167 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	11.92	1.5	-	0.4	
1	8.0	11.86	1.33	31.9	0.1	2.08 gr CaO ilave 7.1 cc NaCN ilave
2	8.1	12.02	1.41	39.4	0.15	1.7 gr CaO ilave 3.78 cc NaCN ilave
4	8.0	12.10	1.53	51.2	0.2	1.39 gr CaO
8	8.4	12.24	1.47	55.8	0.15	1.74 gr CaO ilave 1.26 cc NaCN ilave
16	8.5	12.00	1.53	66.5	0.45	
24	8.7	11.93	1.51	67.3	0.10	2.08 gr CaO ilave
48	8.8	11.92	1.41	68.6	0.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.876 kg/ton
- 2) CaO : 9,225 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: ---

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 48,93

4.10.3.1. Silisifiye tuf cevheri; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 29

NUMUNE CİHSİ : Silisifiye tuf
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 327 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d_{80}) : $-74 \mu\text{m}$
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -0,63 gr
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 153 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1,5	-	0.4	
1	8.9	12.22	1.33	36.7	0.25	1.04 gr CaO ilave
2	9.2	12.27	1.37	40.3	0.3	12,6 cc NaCN ilave 0,69 gr CaO ilave
4	9.0	12.9	1.39	44.2	0.2	1.38 gr CaO ilave 4,5 cc NaCN ilave
8	8.8	12.20	1.57	50.4	0.35	0.35 gr CaO ilave
16	8.7	12.14	1.57	63.9	0.2	1.38 gr CaO
24	8.8	12.09	1.53	66.9	0.15	1.73 gr CaO ilave
48	8.9	11.98	1.53	74.6	0.1	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.869 kg/ton
- 2) CaO : 8.398 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 53.21

4.10.3.2. Silisifiye tuf cevheri ; $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ- 30

NUMUNE CİNSİ : Silisifiye tuf
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 327 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -53 μm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - 0,63 gr
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 127 (FA)

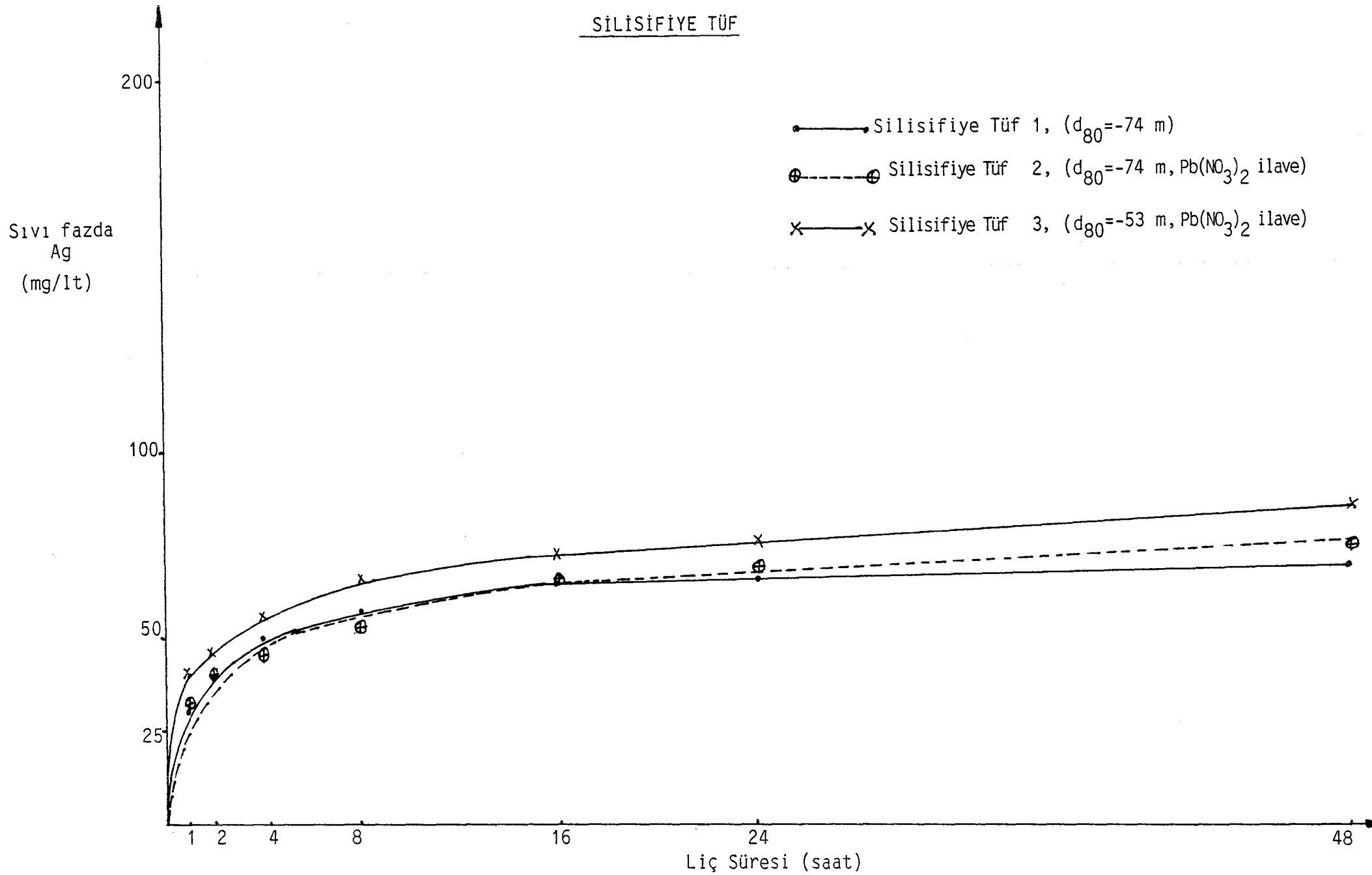
SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	8.8	11.94	1.37	41.1	0 0	5,4 cc NaCN ilave 2,08 gr CaO ilave
2	8.7	11.94	1.51	46.4	0.0	2.78 gr CaO ilave
4	8.6	12.10	1.45	54.7	0.35	2,1 cc NaCN ilave 0,35 gr CaO ilave
8	8.6	12.05	1.41	65.7	0.35	3.8 cc NaCN ilave 0.35 gr CaO ilave
16	8.7	12.00	1.51	72.0	0.20	1.38 gr CaO ilave
24	8.3	12.04	1.45	75.9	0.10	21 cc NaCN ilave 2.08 gr CaO ilave
48	8.5	11.78	1.51	85.7	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.712 kg/ton
- 2) CaO : 9.455 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ :% 61.16

SİLİSİFİYE TUF



Şekil 4.9. Silisifiye Tuf Cevherin Optimum Koşullarda Liç Deneyleri

4.10.4. Limonit+mangan cevheri; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratsız
liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ -31

NUMUNE CİNSİ	: Limonit + mangan
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 147 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d_{80})	: $-74 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 - 63,6 ml
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ilavesiz
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 73 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.0	11.74	1.27	18.4	0.0	9.7 cc NaCN ilave 2.8 gr CaO ilave
2	6.7	11.84	1.50	21.0	0.1	2.1 gr CaO ilave
4	7.0	11.86	1.49	21.2	0.35	0.4 cc NaCN ilave 0.3 gr CaO ilave
8	6.8	11.81	1.49	26.1	0.4	0.4 cc NaCN ilave
16	7.1	11.77	1.51	30.2	0.1	2 gr CaO ilave
24	7.0	11.70	1.47	31.6	0.0	5.56 gr CaO ilave 1,3 cc NaCN ilave
48	7.2	11.87	1.49	31.7	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,670 kg/ton
- 2) CaO : 11.011 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: ---

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 50,34

4.10.4.1. Liminit + mangan cevheri; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA Liç DENEYİ - 32

NUMUNE CİNSİ	: Limonit + mangan
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 147 (AA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: -74 μm
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 63,6 ml
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - 0.63 gr
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 67 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.0	11.85	1.22	22.2	0.0	11.8 cc NaCN ilave 2,8 gr CaO ilave
2	7.1	12.00	1.47	24.6	0.00	1.26 cc NaCN ilave 2,8 gr CaO ilave
4	7.1	12.06	1.53	27.2	0.6	
8	7.2	12.02	1.50	28.4	0.45	
16	7.4	11.91	1.51	30.0	0.40	
24	7.5	11.76	1.53	33.0	0.0	2.8 gr CaO ilave
48	7.5	11.72	1.56	34.4	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.576 kg/ton
- 2) CaO : 10.256 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 54,42

4.10.4.2. Limonit + mangan cevheri; $d_{80} = -53 \mu m$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 33

NUMUNE CİNSİ	: Limonit + mangan
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 147 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: $-53 \mu m$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 - 63,6 ml
DİĞER REAKTİFLER	: $Pb(NO_3)_2$ ilavesi yok
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 53 (FA)

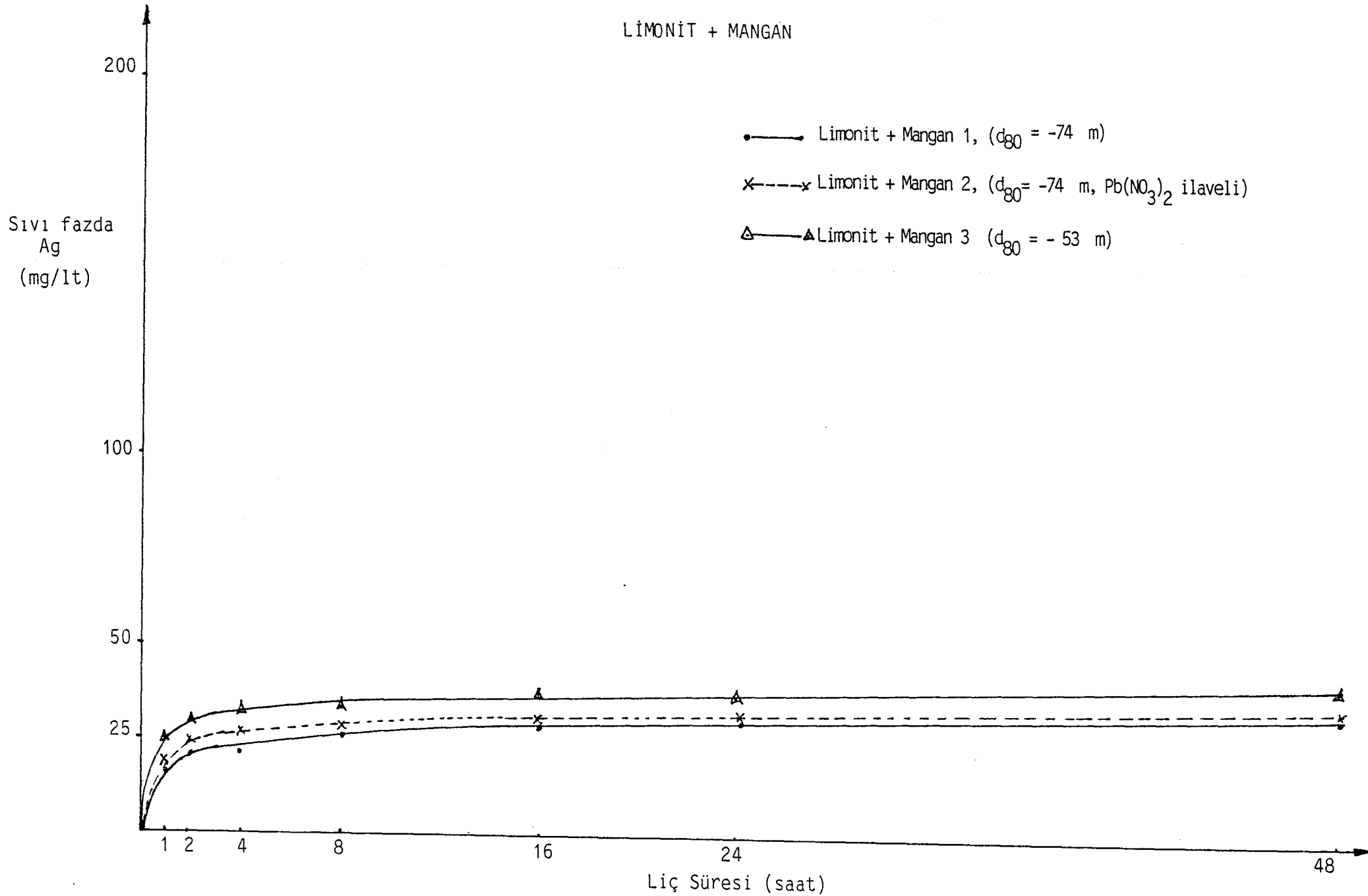
SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.8	11.76	1.35	24.8	0.0	6,3 cc NaCN ilave 2,6 gr CaO ilave
2	7.7	11.91	1.33	30.2	0.0	7,1 cc NaCN ilave 2,6 gr CaO ilave
4	7.7	11.99	1.53	32.0	0.0	2,6 gr CaO ilave
8	7.5	12.05	1.45	33.8	0.0	2,1 cc NaCN ilave 2,6 gr CaO ilave
16	7.7	12.03	1.50	37.5	0.0	2,8 gr CaO ilave
24	7.8	11.99	1.55	37.7	0.0	2,8 gr CaO ilave
48	7.6	11.80	1.53	40.3	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.781 kg/ton
- 2) CaO : 13.000 kg/ton
- 3) $Pb(NO_3)_2$: ---

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 63.94

LİMONİT + MANGAN



Şekil 4.10. Limonit + Mangan Cevheri, Optimum Koşullarda Liç Deneyleri

4.10.5. Pasa cevheri; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratsız liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 34

NUMUNE CİNSİ	: Pasa
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 460 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: $-74 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 (% 10 luk çözeltiden 63,6 ml) verildi
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ilavesiz
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 160 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.1	12.23	1.35	47.6	0.4	6,3 cc NaCN ilave
2	7.0	12.12	1.40	58.1	0.4	4,2 cc NaCN ilave
4	6.8	12.23	1.51	67.5	0.4	
8	6.6	12.15	1.55	79.2	0.35	0,3 gr CaO ilave
16	7.1	12.06	1.47	84.4	0.125	1,8 gr CaO ilave 1,3 cc NaCN ilave
24	6.9	12.12	1.51	120.7	0.4	
48	6.7	11.92	1.57	128.6	0.2	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.484 kg/ton
- 2) CaO : 5.943 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: ---

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 65,22

4.10.5.1. Pasa cevher ; $d_{80} = -74 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 35

NUMUNE CİNSİ	: Pasa
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÜRÜ (gr/t)	: 460 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: $-74 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 - 63,6 ml % 10 luk NaCN çözeltisi verildi
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - 0.63 gr
NUMUNE ARTIK TENÜRÜ (gr/t)	: 132 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	A Ç I K L A M A L A R
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.1	11.22	1.49	72.9	0.0	2,58 gr CaO ilave
2	7.0	11.94	1.47	77.5	0.45	1.26 cc NaCN ilave
4	6.8	11.96	1.35	95.8	0.15	1,62 gr CaO ilave 6,3 cc NaCN ilave
8	7.1	11.97	1.43	100.7	0.10	1,94 gr CaO ilave 2,9 cc NaCN ilave
16	7.6	12.05	1.55	110.8	0.30	0,65 gr CaO ilave
24	7.5	12.08	1.51	118.8	0.40	
48	8.1	11.86	1,51	140.0	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,550 kg/ton
- 2) CaO : 8,280 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 71,26

4.10.5.2. Pasa cevheri; $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 36

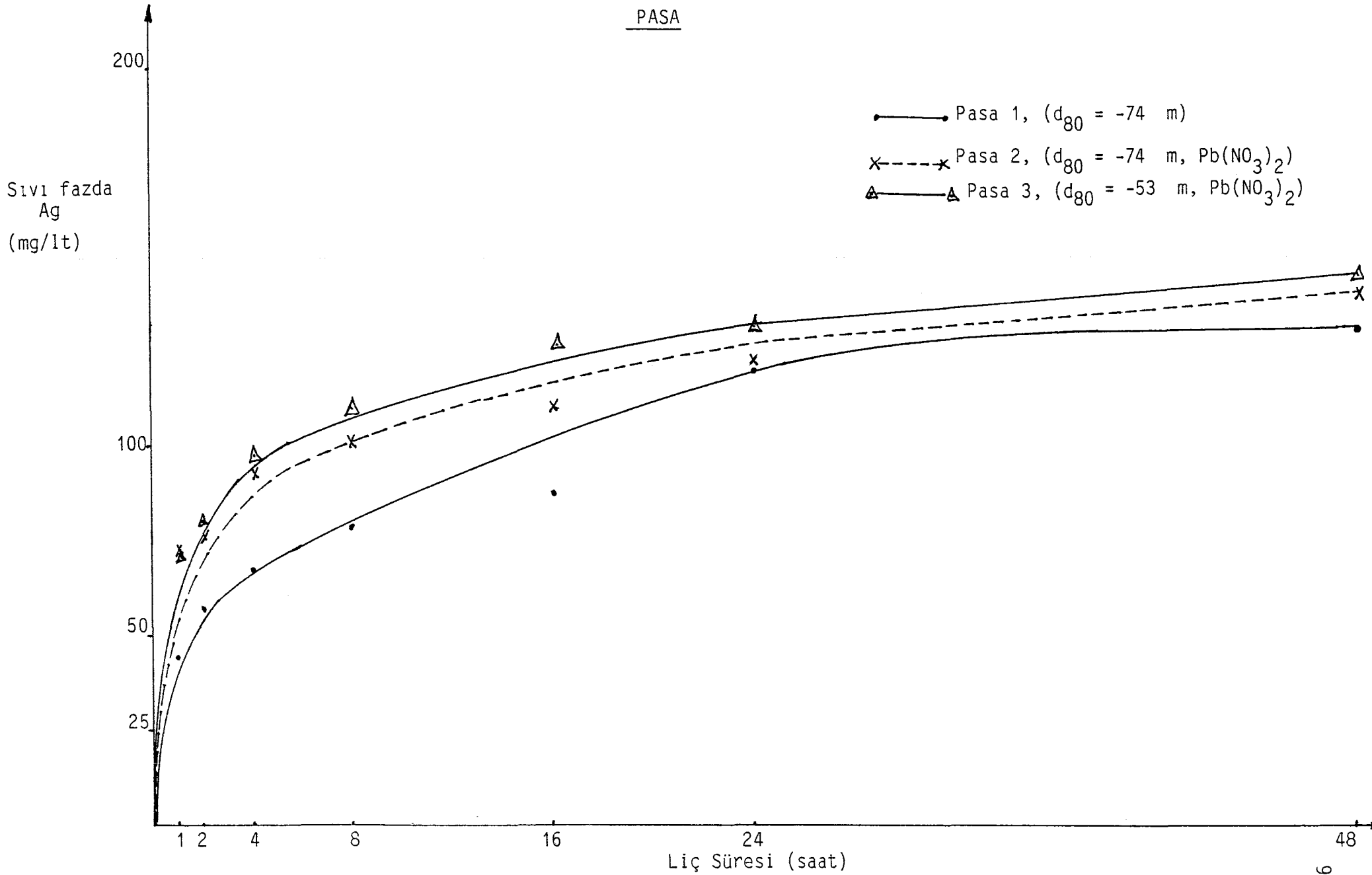
NUMUNE CİNSİ	: Pasa
NUMUNE MİKTARI (gr)	: 1800
NUMUNE TENÖRÜ (gr/t)	: 460 (FA)
NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80)	: $-53 \mu\text{m}$
KATI ORANI (%)	: 30
NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt)	: 1,5 -63,6 ml % 10 luk NaCN çözeltiden verildi
DİĞER REAKTİFLER	: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - 0,63 gr verildi
NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t)	: 118 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.0	12.05	1.37	71.1	0.25	5,5 cc NaCN ilave 1 gr CaO ilave
2	7.4	12.05	1.47	80.3	0.40	1,3 cc NaCN
4	7.8	12.00	1.49	96,3	0.40	0.4 cc NaCN ilave
8	7.8	12.02	1.49	109.7	0.30	0.65 gr CaO ilave
16	8.0	11.96	1.43	128.2	0.075	2,1 gr CaO ilave 2,9 cc NaCN ilave
24	8.1	12.02	1.49	132.7	0.40	0.4 cc NaCN ilave
48	8.1	11.77	1.49	146.6	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.599 kg/ton
- 2) CaO : 7.186 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 74,35



Şekil 4.11. Pasa Cevheri Optimum Koşullarda Liç Deneyleri

Çizelge 4.7. Beş Ayrı Tip Cevherin Optimum Koşullarda sınıanarak NaCN ve CaO tüketimlerinin ve Maksimum Verimlerin Tesbiti İçin Yapılan Seri Deney Verileri
 -NaCN konsantrasyonları % 0,15'te sabit tutulmuştur.
 -CaO konsantrasyonları % 0,04'te sabit tutulmuştur.

Deney No	Cevher Cinsi	Rezerv %'si	Tane İriliği (d ₈₀)	Katı %'si	CN ⁻ Konst. %'si	CaO Konst. %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
22	Altäre Tüf	14,8	-74µm	30	0,15	0,04	0,344	-	5,682	200	73	63,50
23	Altäre Tüf	14,8	-74µm	30	0,15	0,04	0,641	0,350	5,302	200	67	66,50
24	Altäre Tüf	14,8	-53µm	30	0,15	0,04	0,393	0,350	5,778	200	67	66,50
25	Dolomit	15,4	-74µm	30	0,15	0,04	0,528	-	4,656	67	33	50,75
26	Dolomit	15,4	-74µm	30	0,15	0,04	0,659	0,350	5,190	67	33	50,75
27	Dolomit	15,4	-53µm	30	0,15	0,04	0,538	-	5,569	67	21	68,66
28	Silisifiye Tüf	45,5	-74µm	30	0,15	0,04	0,876	-	9,225	327	167	48,93
29	Silisifiye Tüf	45,5	-74µm	30	0,15	0,04	0,869	0,350	8,398	327	153	53,21
30	Silisifiye Tüf	45,5	-53µm	30	0,15	0,04	0,712	0,350	9,455	327	127	61,16

Çizelge 4.7'nin devamı

31	Limonit Mangan	6,9	-74 μ m	30	0,15	0,04	0,670	-	11,011	147	773	50,34
32	Limonit Mangan	6,9	-74 μ m	30	0,15	0,04	0,576	0,350	10,256	147	67	54,42
33	Limonit Mangan	6,9	-53 μ m	30	0,15	0,04	0,781	-	13,00	147	53	63,94
34	Pasa	17,4	-74 μ m	30	0,15	0,04	0,484	-	5,943	460	160	65,22
35	Pasa	17,4	-74 μ m	30	0,15	0,04	0,550	0,350	8,280	460	132	71,26
36	Pasa	17,4	-53 μ m	30	0,15	0,04	0,593	0,350	7,186	460	118	74,35

4.11. Rezerve Uygun Harman Cevherin, Tesbit Edilen Optimum Koşullarda Sınanması

4.11.1. Harman cevher; $d_{80} = - 53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 37

NUMUNE CİHİŞİ : Harman
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÜRÜ (gr/t) : 287 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -53 μm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml % 10 luk NaCN verildi
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
 NUMUNE ARTIK TENÜRÜ (gr/t) : 96 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.5	11.03	1.27	44.6	0.0	9,6 cc NaCN ilave 2,58 gr CaO ilave
2	7.3	11.49	1.49	54.0	0.0	2,5 gr CaO ilave
4	7.3	11.66	1.47	57.0	0.0	1.26 cc NaCN ilave 2,58 gr CaO ilave
8	7.4	11.85	1.51	62.0	0.05	2,2 gr CaO ilave
16	7.9	11.45	1.51	70.0	0.0	2.1 cc NaCN ilave 2.58 gr CaO ilave
24	8.0	11.84	1.49	82.0	0.0	2.58 gr CaO ilave
48	7.8	11.73	1.51	86.0	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.687 kg/ton
- 2) CaO : 11,759 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 66,55

4.11.2. Harman cevher, ince kısmı su ile yıkanarak ayrılmış $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 38

NUMUNE CİNSİ : Harman (iri) + 53 m (yıkılmış)
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÜRÜ (gr/t) : 313 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : - 53 μm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml % 10 luk NaCN çözeltiden verildi
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
 NUMUNE ARTIK TENÜRÜ (gr/t) : 87 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	8.0	11.82	1.29	57.0	0.1	8.8 cc NaCN ilave 1.93 gr CaO ilave
2	8.1	11.85	1.51	72.0	0.15	1,61 gr CaO
4	8.2	11.96	1.45	75.6	0.25	2,1 cc NaCN ilave 0.97 gr CaO ilave
8	8.3	12.01	1.51	88	0.2	1.29 gr CaO ilave
16	8.1	12.00	1.49	92.0	0.3	
24	8.1	11.97	1.47	96	0.1	1.2 cc NaCN ilave 1,9 gr CaO ilave
48	7.1	11.33	1.41.	97	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.874 kg/ton
- 2) CaO : 9.264 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 72,20

4.11.3. Harman cevher; $d_{100} = -53 \mu\text{m}$ boyutta ve kurşun nitratlı liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 39

NUMUNE CİNSİ : Harman (ince) -53 m
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÜRÜ (gr/t) : 160 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : -53 μm
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 - 63,6 ml
 DİĞER REAKTİFLER : $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - 0,63 gr
 NUMUNE ARTIK TENÜRÜ (gr/t) : 87 (FA)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	AÇIKLAMALAR
-	-	-	1,5	-	0.4	
1	7.8	11.16	1.25	23.9	0.0	2,36 gr CaO ilave 10,5 cc NaCN ilave
2	8.0	11.47	1.47	24.3	0.0	1,26 cc NaCN ilave 2,36 gr CaO ilave
4	8.1	11.67	1.55	24.9	0.0	4,75 gr CaO ilave
8	8.1	11.96	1.50	26.2	0.3	
16	7.9	11.83	1.42	27.0	0.95	
24	7.0	11.65	1.37	28.2	0.0	2,6 gr CaO ilave 5,46 cc NaCN ilave
48	7.3	11.57	1.59	31.3	0.0	

TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0.735 kg/ton
- 2) CaO : 10.779 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0.350 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 45,63

4.11.4. Harman cevher; $d_{100} = -53 \mu\text{m}$ boyutta, kurşun nitrat ve sodyum silikat disperse liç deneyi

KARIŞTIRMA LIÇ DENEYİ - 40

NUMUNE CİNSİ : Harman (ince) - 53 m
 NUMUNE MİKTARI (gr) : 1800
 NUMUNE TENÖRÜ (gr/t) : 160 (FA)
 NUMUNE TANE İRİLİĞİ (d 80) : $-53 \mu\text{m}$
 KATI ORANI (%) : 30
 NaCN KONSANTRASYONU (gr/lt) : 1,5 (% 10 luk çözeltiden 63,6 ml verildi)
 DİĞER REAKTİFLER : Na_2SiO_3 600 gr/ton (% 48 lik), 2,25 gr verildi
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,63 \text{ gr}$
 NUMUNE ARTIK TENÖRÜ (gr/t) : 60(Fa)

SAAT	O_2 mg/lt	pH	CN g/lt	Ag mg/lt	CaO g/lt	A Ç I K L A M A L A R
-	-	-	1.5	-	0.4	
1	7.1	11.05	1.25	-	0.0	2.78 gr CaO ilave 10 cc NaCN ilave
2	7.2	11.38	1.57	35.0	0.0	2,78gr CaO ilave
4	6.8	11.62	1.57	40.1	0.0	2,7 gr CaO ilave
8	7.4.	11.67	1.55	41.1	0.0	2,7 gr CaO ilave
16	6.7	11.83	1.31	41.6	0.04	8 cc NaCN ilave 2,3 gr CaO ilave (%65)
24	7.3	11.85	1.57	37.7	0.1	1,9 CaO ilave (%65)
48	8.3	11.65	1.61	42.9	0.4	

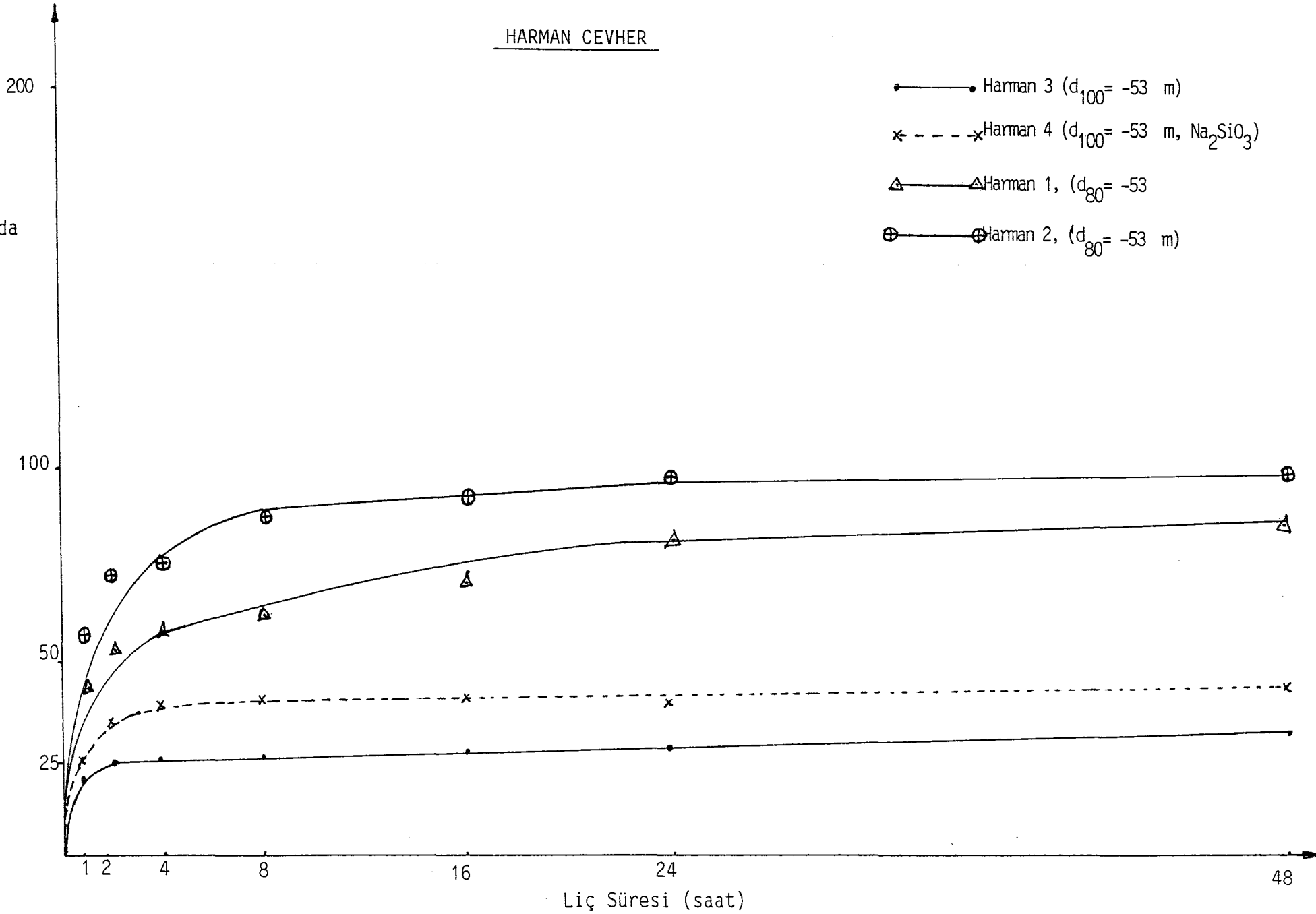
TÜKETİM DEĞERLERİ

- 1) NaCN : 0,731 kg/ton
- 2) CaO : 0,989 kg/ton
- 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: 0,350 kg/ton
- 4) Na_2SiO_3 : 0,600 kg/ton

GÜMÜŞ ÇÖZÜNME VERİMİ : % 62,50

HARMAN CEVHER

Sıvı fazda
Ag
(mg/lt)



Şekil 4.12. Harman Cevherin Optimum Koşullarda Liç Deneyleri

Çizelge 4.8. Harman Cevher ile Yapılan Karıştırma Liç Deney Verileri

Deneş No	NUMUNE			SOLÜSYON				TÜKETİMLER				Beslenen Ag (ppm)	Artık Ag (ppm)	Verim %'si
	Cevher Cinsi	Rezerv %'si	Tane İriiliđi	Katı %'si	CN ⁻ Konst. %'si	CaO Konst. %'si	NaCN (kg/ton)	Pb(NO ₃) ₂ (kg/ton)	CaO (kg/ton)	Na ₂ SiO ₃ (kg/ton)				
37	Harman	100	d ₈₀ = -53µm	30	0,15	0,04	0,687	0,350	11,759	-	287	96	66,55	
38	Harman (+53 m)	83	d ₈₀ = -53µm	30	0,15	0,04	0,874	0,350	9,264	-	313	87	72,20	
39	Harman (-53 m)	17	d ₁₀₀ = -53µm	30	0,15	0,04	0,735	0,350	10,779	-	160	87	45,63	
40	Harman (-53 m)	17	d ₁₀₀ = -53µm	30	0,15	0,04	0,731	0,350	10,989	0,600	160	60	52.50	

BÖLÜM V

SONUÇLAR

1) I. Grup Liç Deneyleri : Beş ayrı tip cevherin komple analizleri yapılmıştır. İşletme tüketim değerleri baz alınarak her bir cevher için liç deneyleri yapılmıştır.

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde her cevher için ayrı ayrı NaCN tüketimi bulunmuştur. Bu deneyler sırasında NaCN konsantrasyonu % 0.1 ve pH aralığı 11.5 - 12.0 arasında tutulmaya çalışılmış, gerçek değerleri vermemesine karşın CaO tüketimleri kabaca belirlenmiştir.

Bu grup deneylerin sonucu olarak, Pasa % 70.17, silisifiye tuf % 65.22, dolomit % 60.00, altere tuf % 53.91, ve limonit mangan cevherleri % 44.44 gümüş çözünme verimlerine göre sıralanabilir.

2) II. Grup Liç Deneyleri : Bir önceki grupta bulunan tüketim ve verimler esas alınarak cevherler kendi aralarında rezerv içindeki % oluşumları göz önüne alınarak, karıştırma liç deneylerine tabi tutulmuşlardır. NaCN konsantrasyonlarında artış sağlanmış, yaklaşık NaCN konsantrasyonları % 0.13 civarında tutulmuş, pH bazik değerleri bir miktar artırılmış ve sonuçta gümüş kazanım verimleri artmıştır. Limonit + mangan % 56.60, silisifiye tuf + dolomit + pasa cevheri % 67.32 ve rezerve uygun harman cevher gümüş çözünme verimi % 63,24 olmuştur.

3) III. Grup Liç Deneyleri : Cevherlerin rezerv içindeki % miktarlarına uygun paçallama yapılmış, NaCN konsantrasyonunun artması ile verim artışı arasındaki ilişki, koruyucu alkalitenin ifadesi olan, bazik pH'nın sağlanması için kireç ve Na_2CO_3 karşılaştırılması yapılmış ve Na_2CO_3 'ün yeterli alkali ortam sağlayamadığı dolayısı ile gümüş çözünme veriminde düşmeler gözlenmiştir. Paçal cevher 1'de % 63,24, ikinci numunede % 68.38 ve Na_2CO_3 'lü deneyde % 52.57 gümüş çözünme verimine ulaşılmıştır.

4) IV. Grup Liç Deneyleri : Cevher stoğundan alınan, karışık bir numune üzerinde çalışmalar yapılmış, ön liç deneyleri olarak adlandırılan bu çalışmalar önce H_2SO_4 ile ön çözündürme ardından NaCN ile gümüş

çözündürme işlemi yapılmış, ayrıca HCl ile ön çözündürme ardından, NaCN ile gümüş çözündürme işlemleri yapılmıştır. Gümüş çözünme verimlerinde yükselme olmasına karşın, ön çözündürme işlemlerinde kullanılan H_2SO_4 ve HCl asit tüketimlerinin, pH = 1-2 civarında tutulabilmesi için, aşırı derecede fazla kullanılması peşi sıra NaCN miktarlarında ve sonraki aşamalarda yeterli bazik ortam (pH = 11.5 - 12.0) sağlanabilmesi için CaO tüketim miktarlarında da aşırı artışlar getirmiştir. H_2SO_4 ile yapılan deneyde % 71,70, HCl ile yapılan deneyde ise % 69.18 gümüş çözünme verimi elde edilmiştir.

5) V. ve VI. Grup Şişe Liç Deneyleri : Şişe liç deneyleri 2,5 lt lik laboratuvar reaktif şişelerinin döner rulolar üzerine yan yatırılıp gerekli karıştırma işleminin sağlandığı sistemlerdir. Pulp bu yan yatırılan şişeler içersine yerleştirilir, reaktif ilaveleri yapılarak gerekli liç deneyleri yapılabilir. Ancak bu tip çalışma oldukça az miktarlarda numunelerle çalışabilme olanağı sağladığından, şişe liç deneyleri ön bilgi almak için kullanılmaktadır. Sonuçları ilkelere uygun standart liç hücrelerinde gerçekleştirilmelidir. Şişe liç deneylerinin yapılmasındaki amaç; en kolay biçimde NaCN ve CaO konsantrasyonlarının tesbitidir,

Hazırlanan Numune ; zengin cevher türünden olup, yıkanarak, kilin olumsuz etkilerini önlemek için, kilinden arındırılmıştır. % 22 ağırlıkta ve 100 ppm tenörde bir malzeme atılmıştır. Kilinden arındırılan cevher oldukça ince ($d_{80} - 40 \mu m$) öğütülmüş ve şişe liç deneylerine tabi tutulmuştur.

% 0,05, % 0,1, % 0.2 ve % 0.3 NaCN konsantrasyonlarında seri deneyler yapılmıştır. Optimum NaCN konsantrasyonu % 0.1 olarak tesbit edilmiştir. Bu konsantrasyonda maksimum verim (% 82,93) ve oldukça düşük (1,193 kg/ton) NaCN tüketimi saptanmıştır.

Ayrıca aynı numune üzerinde değişik CaO konsantrasyonları denenmiştir. % 0.01, % 0.04, % 0.06, % 0.10 CaO konsantrasyonlarında deneyler yapılmıştır. Optimum CaO konsantrasyonu % 0.04 (pH = 11,92) olarak tesbit edilmiştir. Bu konsantrasyonda maksimum verim (% 78,86) ve kireç tüketimi 19,505 kg/ton olarak tesbit edilmiştir. Ancak gerçek CaO tüke-

timi, sıvıdaki CaO'in okzalik asit ile titrasyonu sonucu belirlenebileceği, buradaki çalışmada pH = 11,92 civarında tutularak yapılmıştır. İleriki çalışmalarda gerçek CaO tüketimleri saptanmıştır.

Bu gruptaki çalışmalar sonucunda, killi kısım atılsa dahi, üst boyuttaki yıkanmış cevher çekince öğütme ($d_{80} = -40 \mu\text{m}$) ile maksimum verim (% 82,93) üzerinden hesaplama sonucu, gümüş çözünme verimi % 78,92 olmaktadır.

6) VII. Grup Liç Deneyleri : Açık işletmeden, cevherleşmelerin Ocak içi kompozisyonlarını karakterize edecek biçimde toplanan numuneler üzerinde, daha önceki liç deneylerinde tesbit olunan optimum değerlerin beş ayrı tip cevhere iki farklı tane iriliğinde ve $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ gerektiği yerlerde ilave edilerek, CaO tüketimleri belirlenerek, fiili tüketimler ve maksimum verimleri tesbit edilmiştir. Tüm çalışmalar tablolarda gösterilmiş, sıvı faza geçen gümüş miktarlarını ve süre ilişkilerini gösteren eğriler çizilmiştir. Altere tuf % 66.5, dolomit % 68.66, silisifiye tuf % 61.16, Limonit+mangan % 63.91 ve pasa cevherde % 74.35 gümüş çözünme verimleri elde edilmiştir.

7) VIII. Grup Liç Deneyleri : Rezerv içindeki % dağılımlara uygun harman cevher oluşturulmuş, cevherin ince ($-53 \mu\text{m}$) kısmı yıkanarak arındırılmış, ince fraksiyondaki malzeme dispersiyon deneylerine tabi tutulmuştur.

Dispersiyon deneyleri, ince-killi malzemenin bağlayıcı özelliğini yok etmek için iki tip reaktif kullanılmıştır. Na-Hexametafosfat ve Na_2SiO_3 dağıtıcılarından, 0,600 kg/ton tüketim değerlerinde deneyler yapılmıştır. Na-Hexametafosfat ile yapılan deney olumsuzdur. Na_2SiO_3 ile yapılan dispersiyon deneyinden çok iyi sonuçlar alınmış ve harman cevher (ince- $53 \mu\text{m}$)'in Na_2SiO_3 ilavesiz ve Na_2SiO_3 (0.600 kg/ton) dozda) ilaveli karıştırma liç deneyleri yapılmıştır. Na_2SiO_3 ilavesi ile yapılan deney sonucunda gümüş çözünme veriminde % 17'lik artış olmuştur.

Harman cevher (iri $+53 \mu\text{m}$) numune, $d_{80} = -53 \mu\text{m}$ 'a öğütülmüş ve karıştırma liç deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, harman cevher (kili atılmı) karıştırma liç deneyleri yapılmıştır.

Bu çalışmada harman cevherin (% 17 miktarda ve 160 ppm tenörde) oldukça fazla miktarda ve yüksek tönlerde ince (killi kısım) malzeme içermekte olduğu gözlenmektedir. Harman cevherde % 66,55 olan verim, kili atılan harman cevherde ise % 72,20'ye çıkmıştır. Harman cevherin yıkılarak - 53 m'den ayrılan kısmına uygulanan liç deneylerinin ilkinde verim % 45.63 iken, Na_2SiO_3 kullanımı ile bu verim % 62.5 'a çıkmıştır. % 17 lik bir verim artışı getirmiştir.

Son söz olarak; Gümüşköy-Aktepe cevherlerinin zenginleştirilmesinde tesbit edilen ana kriterler:

A) Cevherlerin mümkün olduğunca ince boyuta ($d_{80} = - 53 \mu\text{m}$) öğütülmesi gerekmektedir. Daha iri boyuttaki malzeme liç kinetiğini olumsuz yönde etkilemektedir.

B) Yüksek alkali ortam gerekmektedir. $\text{pH} = 11.50 = 12.00$

C) Liç pulp yoğunluğu minimumda tutulmalıdır.

D) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ilavesi belirli bir miktarda (350 - 400 gr/ton) iyi sonuçlar alınmaktadır. Artması halinde olumsuz etkileri görülmüştür.

ÖNERİLER

Gümüşköy cevherlerinde bugüne kadar birçok araştırma yapılmıştır. Ancak farklı konularda yapılacak araştırmalar yeni fikirlerin ortaya çıkarılmasına yardımcı olabilecektir.

Aktepe maden yatağının polimetalik bir yatak olması nedeniyle, sülfür ve oksit flotasyonu, manyetik separasyon deneyleri yapılarak ön konsantre elde edilmeli, bu konsantreye liç deneyleri uygulanmalıdır. Liç öncesi ve sonrası barit kazanımı incelenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

Liç yöntemlerinden, bakteriyel liç deneyleri ve uygulanabilirliği araştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Arbiter, N., Han, K.N., 1990, Gold advances in precious metals recovery,
- Bayraktar, İ., Yarar, B., 1985, Altın cevherlerinin zenginleştirilmesi ve altının ekstraksiyonu, Madencilik Dergisi.
- Canbazoğlu, M., 1986, ETİBANK-Keban manganezli gümüş cevherlerinden man-gan ve gümüş kazanılması laboratuvar çalışmaları, M.T.A.
- Canbazoğlu, M., Uzun, M., Çelik, Ö., Köse, M., 1985, Küre piritli bakır cevherlerinden kobalt, bakır, altın ve gümüşün hidrometalürjik sü-reçlerle kazanılma olanakları, Madencilik Kongresi.
- Carnahan, T.G., Flynn, C.M. and Lindstrom, R.E., 1980, Recovery of silver from chlorite leach solutions by iodite precipitation, B.U. of Mines, PGH, P.A. 24393.
- Chen, C.K., Lung, T.N. and Wan, C.C., 1980, A study of the leaching of go gold and silver by acidothioureation, Hydrometallurgy.
- Doğan, Z., 1981, Chemical mining, İ.T.Ü. Maden Fakültesi.
- Dorr, U.N.J., Bosqui I.F., 1950, Cyanidation and concentration of gold and silver ores, McGraw Hill Book Comp. Inc.
- Elselle, J.A., Hunt, A.E., Lampshire, D.L., 1988, Leaching gold silver ores with sodium cyanite and thiourea under comparable conditions.
- Groenewald, T., 1976, The dissolution of gold in acidic solutions of thiourea, Hydrom tallurgy.
- Guerra, C., Carlos, J., 1988 , Interference of manganese oxide minerals in recovery of silver from oxidized silved bearing ores from Guanacevi mining district, Durango, Mexico, Desarrello ServiciosInd Pendes SA de CV Mexico.
- Habashi, F., 1967, Kinetics and mechanism of gold and silver dissolu-tion in cyanite solutions, Montana college of Mineral Science and Technology.
- Habashi, F., 1969, Principles of extractive metallurgy, Hydrometallurgy Gordon and Bread Sciences Publishers.
- Habashi, F., 1983, Dissolution of minerals and hydrometallurgical process, Department of Mining and Metallurgy, Laval University, Quebec City, Canada.

- Hedley, N., Tabachnick, H., 1968, Chemistry of Cyanidation, Cyanamid Comp.
- Henley, K.J., 1975, Gold-ore mineralogy and its relation to metallurgical treatment, Mineral Sci. Eng.
- Kafkas, A., 1991, Gümüşköy cevherlerinin mineralojik yapısının saptanmasının gerekliliği ve yararları.
- Kunda, W., 1983, Hydrometallurgical processing of silver concentrate.
- Önal, G., Acarkan, N., Acarkan, S., 1985, Bolkardağ madenine ait altın-gümüş-kurşun cevherini zenginleştirme olanakları, Madencilik Kongresi.
- Özdağ, H., 1989, İleri Hidrometalürji, Anadolu Üniversitesi Maden Müh. Bölümü, Ders notları.
- Özdağ, H., 1983, The dissolution of Çayeli ore in acidified ferric sulphate solutions, Thesis of Ph.D., University of Birmingham.
- Parker, D.P., and Bonucci J.A., 1981, Recovery of high purity silver from sulfated copper refinery slimes, AMAX Base Metals Research and Development, Inc. Cartened, New Jersey.
- Potter, M.G. and Bhappu, B.R., 1981, The chemistry of gold and silver recovery from natural resources, Hydrometallurgical recovery from ores.
- Sandberg, R.G., and Huiatt, J.L., 1986, Recovery of silver, gold and lead from a complex sulfide ore using ferric chloride, thiourea and brine leach solutions, B.U. of Mines PGH P.A. 28250.
- Scheiner, B.J., Pool, D.L., Sjoberg, J?j. and Lindstrom, R.E., 1973, Extraction of silver from refractory ores, B.U. of Mines Report 7736.
- Sivrioğlu, İ., 1989, Altın ve gümüş cevherlerinin işlenmesi, Etibank 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessese Müdürlüğü.
- Topkaya, Y.A., 1980, Kütahya Gümüşköy kompleks cevherinden gümüş ve diğer ürünlerin elde edilebilirliğinin laboratuvar araştırması, M.T.A.
- Shomaker, R.S., McQuiston, F.W., 1981, Gold and silver cyanidation plant practise, AIME.
- Taggart, A., 1945, Mineral dressing handbook.
- American cyanamid company, 1986, Mining chemicals handbook.
- ETİBANK, 1985, Bülten.

ETİBANK, 1987, Bülten

ETİBANK, 1987, 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesese Müdürlüğü,
Tanıtım Broşürü.

Gümüş Sempozyumu, 1988, Dokuz Eylül Üniversitesi, Temizocak Kuyumculuk
A.Ş., İzmir.

Hidrometalürji, 1974, Altın ve gümüş hidrometalürjisi, İ.T.Ü.

International Mining, 1990.

Mineral processing handbook, 1985, (SME-AIME).

Society of Mining Engineers of AIME, 1981, Gold and silver leaching,
recovery and economics.