

## BERGAMA-OVACIK CEVHERİNDEN ALTIN KAZANIMINDA KNELSON SANTRİFÜJ SEPARATÖRÜN KULLANIMI

Sezai ŞEN, Tayfun ÇİÇEK, Mehmet TANRIVERDİ  
Gül AKAR, Üner İPEKOĞLU

D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada, Knelson santrifüj separatörlerin çalışma prensipleri, tipleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmiş, Bergama / Ovacık CIP tesisi öğütme devresine kurulan KC-MD7.5 Knelson santrifüj separatör kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Yapılan çalışmalarda tesisin değirmen geri dönüş yükü altın konsantrasyonunun, öğütme devresi çıkışı altın konsantrasyonuna oranla 4-6 kat daha fazla olduğu 30 gün boyunca yapılan günlük analizlerle tespit edilmiştir. Sınıflandırma siklonları alt akımından (değirmen geri dönüş yükü) sürekli olarak cihaza beslenen 674 kg miktarındaki cevher 12 psi yıkama suyu basıncı kullanılarak teste tabi tutulmuş ve 6780.73 g/t altın tenörlü bir konsantre % 35.18 altın kazanma verimi ile kazanılabilmektedir. Aynı yıkama suyu basıncı kullanılarak ve cihazdan 982 kg cevher geçirilerek yapılan test sonucu ise konsantre tenörü 15020 g/t'a yükselmiş, altın kazanma verimi ise önemli oranda değişmeyerek % 32.32 olarak gerçekleşmiştir. Öğütme devresi çıkışından alınan ince öğütülmüş malzemenin konsantre edilmesi ile ise 598.75 g/t altın tenörüne sahip bir konsantre % 9.71 verim değeri ile üretilebilmiştir.

## THE USE OF KNELSON CENTRIFUGAL SEPARATOR FOR THE RECOVERY OF GOLD FROM BERGAMA-OVACIK ORE

**ABSTRACT:** This study considers giving information about Knelson centrifugal gravity concentrators and results of the experimental studies done by using a KC-MD7.5 Knelson centrifugal gravity concentrator installed on the grinding circuit of Bergama/Ovacık CIP plant. Gold concentration in the grinding circulating load has been determined by doing daily observations for 30 days and it was found that it is 4-6 times greater than that of the classifying cyclones overflow. A concentrate containing 6780.73 g/t Au with 35.18 % recovery was produced by feeding 674 kg of the circulating load of grinding circuit continuously to the Knelson concentrator. Furthermore, a concentrate assaying 15020 g/t with 32.32% au recovery was attained by applying the same concentration conditions but using 982 kg of the same material. A concentrate assaying 598.75 g/t Au with an Au recovery of 9.71 % was obtained by applying Knelson concentration on cyclone overflow material.

## 1. GİRİŞ

1978 yılında Byron Knelson'ın ilk Knelson santrifüj konsantratörü icat etmesinden bu yana, bu yeni nesil gravite konsantratörleri tüm dünyada oldukça yaygın kullanım olanağı bulmuşlardır.

Knelson santrifüj separatörler yüksek tenörlü ağır mineral ön konsantrelerin üretiminde kullanılabilirdiği gibi, fiziksel yöntemlerle üretilmiş ön konsantrelerin temizlenmesi veya artıklara uygulanacak süpürme işlemleri için de ideal konsantrasyon cihazlarıdır. Kolay taşınabilir, kurulabilir ve işletilebilir olmaları nedeniyle küçük çaplı madencilik uygulamaları için yaygın olarak tercih edilmektedirler (Knelson ve Edwards, 1990; Turner, 1991; Knelson ve Jones, 1994; Patchejieff ve ark., 1994; Burt ark.,1995; Dandois ark., 1998; Burt, 1999; Chernet ark., 1999; Delfini ark., 2000; Coulter ve Subasinghe, 2005; Rickford, 2006).

Bu cihazlarla serbest altın kazanımı hızlı, verimli ve düşük maliyetli olmaktadır. Öğütme devrelerinde Knelson santrifüj separatör kullanımı, öğütme ile boyutu küçültülemeyen altın tanelerinin devrede birikmesini önlemekte, bu tanelerin kazanılmasını takiben nakit para akışı sağlamaktadır. Flotasyon ve liç devreleri öncesi Knelson kullanımı ile iri altın tanelerinin bu prosesler de yaratabileceği verim kaybı problemleri önlenmektedir.

Knelson santrifüj separatörlerde bir santrifüj alan kuvveti içinde engelli çökme klasifikasyonu geçerli olmaktadır. Konsantrasyon konisi, bir dış duvar ve

sadece su jetlerinin geçişine izin veren bir geçirgen iç duvardan oluşmaktadır. Dönüş eksenli bu duvar arasına su geçişine izin verecek şekilde içi boş olarak tasarlanmıştır. Bu duvarın iç yüzeyine altın taneciklerinin toplanması için yivler açılmıştır (Knelson ve Edwards, 1990).



Şekil 1. Knelson santrifüj separatör.

Cihaz % 0-70 katı oranlarında çalışabilmektedir. Artık, cihazın çıkış kısmından suyla beraber sürekli olarak atılırken, kesikli çalışan konsantratörlerde (Batch type); konsantre temizleme işlemine kadar konik kısmında birikmekte, sürekli çalışan modelde ise belli aralıklarla otomatik olarak cihaz dışına alınmaktadır.

Knelson santrifüj separatör kullanılarak altın taneciklerinin konsantrasyonu üzerine birçok araştırmacı farklı çalışmalar yürütmüştür. Yapılan çalışmalar sonucu cevher içerisindeki gravimetrik altın miktarının tespiti için uygulama prosedürleri geliştirilmiştir

(Woodcock ve Laplante, 1993, Laplante ve ark., 1996a; Laplante ve ark., 1996b). Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalara örnek olarak Celep ve ark., (2006) verilebilir. Celep ve ark., yaptıkları çalışmada laboratuvar çap bir Knelson santrifüj gravite ayırıcısı kullanmışlardır. Bu çalışma ile Mastra (Gümüşhane) altın cevherinden % 47,2 altın kazanım verimi ile 771,95 gr/ton tenörlü bir altın konsantrasi elde edilmiştir.

### 1.1. Knelson Santrifüj Separatör Tipleri

#### 1.1.1. Kesikli Çalışan (Batch) Tip

##### Knelson Santrifüj Separatörler

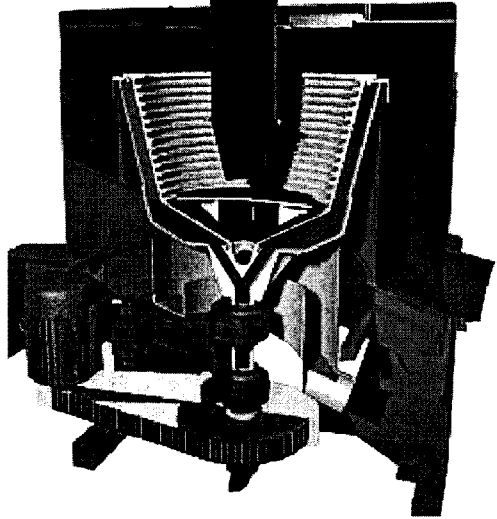
Kesikli (batch tip) Knelson santrifüj separatörler endüstride en çok kullanılan santrifüj konsantratör türüdür. Laboratuvar çaptan 150 ton/saat katı kapasiteye kadar çok çeşitli kapasitelerde çalışabilen tipleri mevcuttur.

Bu tip konsantratörlerin çalışma düzeni aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir;

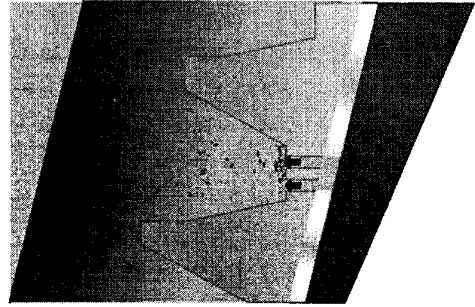
Cihaza verilen su konsantrasyon konisi içerisine yerleştirilmiş olan yivlerden içeri dolar. Cihaza katı-sıvı karışımı beslenir. Pülp koni dibine ulaştığında santrifüj kuvvet etkisiyle koni duvarına doğru savrulur. Konsantrasyon konisi içerisine verilen pülp içerisindeki katı taneler yivleri doldurur. Santrifüj kuvvet tersi yönünde yivler içerisinden verilen suyun etkisi ile katı taneler yivler içerisinde bir akışkan yatak oluşturur. Ağır katı taneler oyuk diplerine yerleşirler. Hafif mineraller akışkan yatak dışında kalarak su tarafından sürüklenip cihazı terk ederler. Belirli bir çalışma süresi sonunda cihaza yeni malzeme ilavesi durdurulur ve

konsantrasyon konisi dibinde birikmiş olan ağır taneler cihaz dışarısına alınırlar.

Özellikle altın, platin, gümüş, cıva ve nabit bakır zenginleştirilmesinde kullanılmaktadırlar.



(a)



**Şekil 2.** Knelson kesikli (Batch) tip konsantratör çalışma şekli.

#### 1.1.2. Sürekli Çalışabilen (CVD)

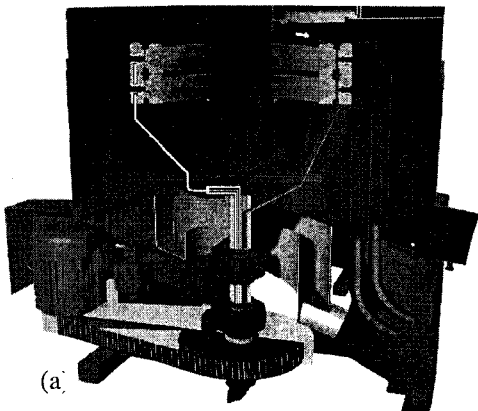
##### Knelson Santrifüj Separatörler

Sürekli çalışabilen Knelson santrifüj separatörler (Continuous Variable-

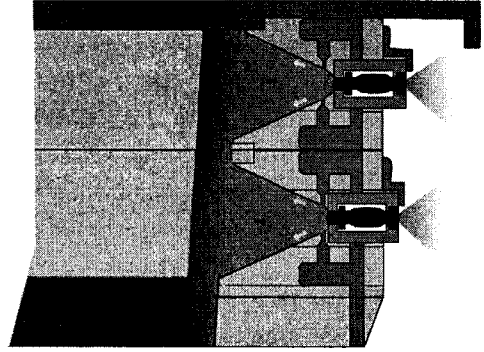
Discharge) yüksek ağır mineral içerikli cevherlerin zenginleştirilmesinde tercih edilmektedirler. Sürekli çalışabilen Knelson santrifüj separatörlerin kesikli çalışan tiplere göre avantajı, üretilen konsantrelerin cihazdan uzaklaştırılmasının sürekli olarak gerçekleştirilebilmesidir. Eğer cevher içerisinde kazanılması hedeflenen mineralin miktarı katı olarak % 0.5 i aşılıyor ise bu tip konsantratörlerin kullanılması daha uygun olmaktadır.

Bu tip cihazlarda yiv diplerine yerleştirilmiş olan valfler, ağır minerallerin yivleri doldurması ile oluşan iç basınç değişikliğinin etkisi ile kontrollü olarak açılıp kapanarak, ağır minerallerin konsantrasyon konisi dışına alınmasını sağlar. Ağır mineraller, ağır mineral tahliye kanalından, hafif mineraller ise akışkan yatak dışında kalarak su tarafından sürüklenip cihazı terk ederler.

Sürekli çalışan Knelson santrifüj separatörler endüstride yaygın olarak talk içerisindeki demirin uzaklaştırılması, kasiterit, altın sülfürler ve kromit zenginleştirilmesi, ince kömür kazanımı amaçları ile kullanılabilirler.



(a)



(b)

Şekil 3. CVD tip Knelson santrifüj separatör çalışma şekli

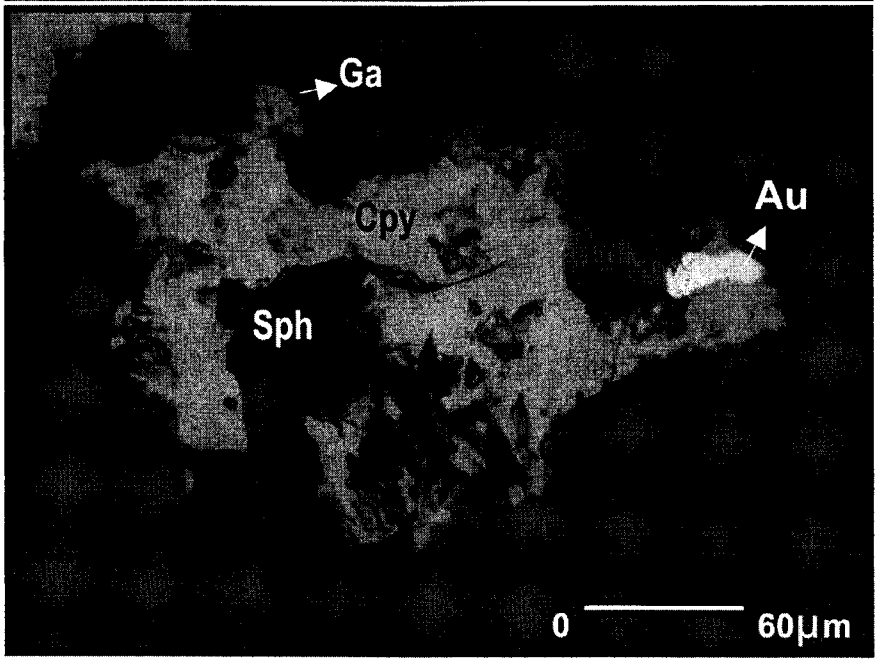
## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Malzeme ve Yöntem

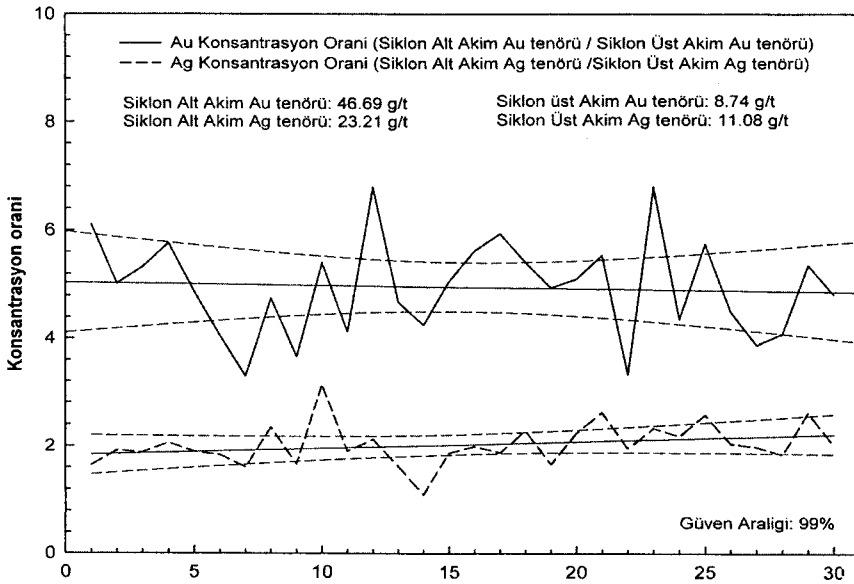
Bergama-Ovacık altın cevheri sülfür içeriği % 2 nin altında ve % 95 oranında SiO<sub>2</sub> içeren, ortalama 8 g/t tenörlü, epitermal tip bir altın cevheridir (Yılmaz ve ark., 2006). Cevher çok ince altın taneleri içermektedir. Yapılan mikroskopik incelemeler ve elek metal çalışmaları cevher altın içeriğinin büyük bir kısmının ince tanede (-106 mikron) yoğunlaştığını göstermektedir

Çalışmaların başlangıç aşamasında tesis öğütme devresi devreden yük altın içeriği değişimi bir ay boyunca günde iki defa yapılan analizlerle takip edilmiştir. Tesis devreden yük altın içeriğinin değişimi Şekil 5'de verilmiştir.

Altın tanecikleri duktil yapıları nedeniyle öğütme işlemi boyunca tane boyutu küçülmesinden daha çok şekil değişikliğine maruz kalmaktadırlar. Bu nedenden ötürü, bir altın tanesinin



Şekil 4. Bergama-Ovacık altın cevheri minerolojisi (Kalkopirit (Cpy), tetrahedrit (Td), nabit altın (Au), Sfalerit (Sph), Galen (Ga))



Şekil 5. Bergama Ovacık CIP tesisi öğütme devresi devreden yük altın ve gümüş tenörlerinin devre çıkışına göre oransal değişimi

parçalanması ve öğütme devresini terk edebilmesi için öğütme devresinde defalarca öğütücüden geçmesi gerekmektedir. Bu olgunun yanı sıra hidrosiklonlar içinde ince ağır tanelerin siklon alt akımına kapılarak iri tane çıkışından cihazı terk etmeleri de bu tanelerin devreden yük içerisindeki konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Şekil 5 den de gözlenebildiği gibi devreden yük altın içeriği öğütme devresi çıkışı altın içeriğine oranla 4-6 kat daha fazla olmaktadır. Bu oran gümüş içeriği için 1.5 ile 2.5 arasında değişmektedir.

altın taneciklerinin kazanılabilirliğinin tespiti için öğütme devresi siklon üst akımı (ince malzeme) çıkışından alınan numuneler ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).

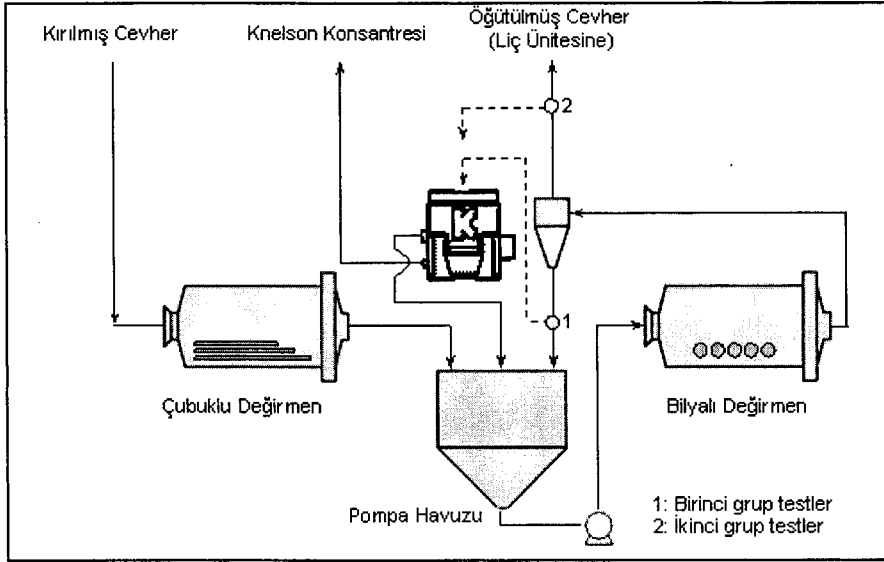
## 2.2. Konsantrasyon Testleri

### 2.2.1. Test 1: 12 psi Yıkama Suyu

#### Basıncı, 45 dk. Konsantrasyon Süresi

İlk test sırasında cihaza beslenen toplam malzeme miktarı 674 kg olarak ölçülmüştür. Cihaz yıkama suyu basıncı 12 psi olarak ayarlanarak test gerçekleştirilmiştir.

Deney esnasında sürekli beslemenin



Şekil 6. Knelson santrifüj separatör test düzeneği

Konsantrasyon testleri KC-MD7.5 Knelson santrifüj separatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk grup testler öğütme devresi hidrosiklon ünitesi iri malzeme çıkışına kurulan paralel bir besleme hattı ile cihaza malzeme beslenerek, ikinci grup testler ise çok ince

yapıldığı boru hattından belirli zaman aralıklarıyla alınan besleme malı numunesi, deney sonucu elde edilen konsantre ve cihazın çalışması sırasında artık çıkışından yine belirli zaman aralıklarıyla alınan artık numunelerinin elek-metal analizleri yapılmıştır. Besleme

**Çizelge 1.** Besleme malı elek/metal analiz sonuçları.

Tane iriliği (mikron)	Ağırlık (%)	Tenör (g/t)		Kümülatif Elek Altı		Au dağılım	
		Au	Ag	Au (g/t)	Ag (g/t)	(%)	Elek altı (%)
2000 - 1180	10.53	9.24	7.79	35.78	15.39	2.72	100.00
1180 - 710	7.79	8.56	6.79	38.90	16.29	1.86	97.28
710 - 180	34.98	7.98	5.64	41.79	17.19	7.80	95.42
180 - 106	20.59	11.94	6.28	67.12	25.85	6.87	87.62
106 - 38	16.26	87.24	30.55	110.64	41.29	39.66	80.74
-38	9.84	149.3	59.02	149.30	59.02	41.08	41.08
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>35.78</b>	<b>15.39</b>			<b>100.0</b>	

malı elek metal analizleri incelendiğinde altın içeriğinin % 80 inin 106 mikron tane iriliğinin altında, % 41 inin ise 38 mikron tane iriliğinin altında olduğu görülmektedir. Konsantrenin -38 mikron tane boyutu fraksiyonundaki altın tenörü 117.2 kg/t olarak oldukça yüksektir. Bu fraksiyonda Au/Ag tenör oranı 170 iken toplam konsantredeki Au/Ag tenör oranı 9.9 dur. Bu fark tanelerin boyutu küçüldükçe yüksek oranda altın içeren taneciklerin yüksek özgül ağırlıklarından dolayı seçimli olarak konsantreye geçtiklerinin bariz bir göstergesidir.

Besleme malı, konsantre, artık elek/metal analizleri ve Çizelge 2'deki (Çizelge 2 son sütun) konsantre artık ağırlık dağılımı kullanılarak hesaplanan tane boyutu sınıflarına göre -710 +106 mikron tane sınıfındaki altın taneciklerinin verim değerlerinin ortalama % 45 civarında olduğu gözlenmektedir. Daha alt

fraksiyonlarda verim değerleri % 28'lere düşmektedir.

Çalışmada dikkati çeken ve olası bir Knelson uygulamasının avantajlarından biri olarak kabul edilmesi gereken husus Knelson konsantratörünün seçimli olarak oldukça saf altın taneciklerini zenginleştirmesidir. Knelson konsantresin de Au tenörü Ag tenörünün 35 katına kadar çıkabilmektedir. Diğer bir deyişle Knelson konsantresinde elde edilen altının saflığı % 97 oranında olabilmektedir.

#### 2.2.2. Test 2: 12 psi Yıkama Suyu

##### **Basıncı, 60 dk. Konsantrasyon Süresi**

Bu testte sınıflandırma siklonu alt çıkışından sürekli olarak cihaza 982 kg malzeme beslenmiş ve 12 psi çalışma suyu basıncı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmektedir.

Bu test ile çalışma süresinin uzaması durumunda cihazın performansı

**Çizelge 2.** Konsantre elek/metal analiz sonuçları.

Tane iriliği (mikron)	Ağırlık (%)	Tenör (g/t)		Kümülatif Elek Altı		Au dağılımı		Fraksiyonel Au kazanımı (%)
		Au	Ag	Au (g/t)	Ag (g/t)	(%)	Elek altı	
2000 - 1180	11.15	1591.00	405.00	6780.73	682.21	2.62	100.00	25.30
1180 - 710	10.59	1342.00	366.00	7432.00	716.99	2.10	97.38	24.92
710 - 180	43.85	1977.00	552.50	8256.09	764.49	12.78	95.29	41.80
180 - 106	21.72	5972.00	1265.00	16257.78	1034.64	19.13	82.50	56.13
106 - 38	10.37	15216.11	629.81	33862.74	640.36	23.27	63.37	39.11
-38	2.32	117210.00	687.50	117210.00	687.50	40.10	40.10	28.32
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>6780.73</b>	<b>682.21</b>			<b>100.0</b>		<b>35.18</b>

**Çizelge 3.** Artık elek/metal analiz sonuçları.

Tane iriliği (mikron)	Ağırlık (%)	Tenör (g/t)		Kümülatif Elek Altı (%)		Au dağılımı		Fraksiyonel Au kaçağı (%)
		Au	Ag	Au (g/t)	Ag (g/t)	(%)	Elek altı (%)	
2000 - 1180	8.56	11.35	8.48	23.23	12.21	4.18	100.00	74.70
1180 - 710	7.72	10.29	7.6	24.35	12.56	3.42	95.81	75.08
710 - 180	35.73	6.27	5.53	25.64	13.02	9.64	92.39	58.20
180 - 106	24.13	7.8	5.81	40.07	18.60	8.10	82.75	43.87
106 - 38	13.87	32.88	15.45	72.70	31.53	19.63	74.65	60.89
-38	9.99	128	53.86	128.00	53.86	55.03	55.03	71.68
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>23.23</b>	<b>12.21</b>			<b>100.0</b>		<b>64.82</b>

incelenmiştir. Üretilen konsantreden ve çalışma süresi boyunca belirli zaman aralıklarıyla besleme girişinden ve cihaz artık çıkışından alınan numuneler analiz edilmiştir. Ürün analizlerinden yola çıkılarak hesaplanan verim değerleri Au için % 32.32 ve Ag için % 1.11 olarak gerçekleşmiştir.

Üretilen altın konsantresi toplam malzemenin % 0.12 sini oluşturmaktadır. Konsantre tenörü 15 kg/t gibi oldukça yüksek bir değerdir.

### 2.2.3. Test 3: Ögütülmüş Malzeme Konsantrasyon Testi

Test besleme malı olarak siklon üst



**Çizelge 4.** Test sonuçlarını içeren birleştirilmiş çizelge

Ürün	Ağırlık %	Tenör (g/t)	Verim (%)	
			Au	Ag
Konsantre	0.185	Au 6780.73	Au 35.18	Ag 9.41
Artık	99.81	23.23	64.82	90.59
Besleme Malı	100.00	35.78	100.00	100.00

**Çizelge 5.** 12 psi yıkama suyu basıncı ve 60 dk. çalışma süresi kullanılarak yapılan test sonuçları.

Ürün	Ağırlık %	Tenör (g/t)		Verim (%)	
		Au	Ag	Au	Ag
Konsantre	0.12	15020.0	203.80	32.32	1.11
Artık	99.88	39.00	22.44	67.68	98.89
Besleme Malı	100.00	57.55	22.66	100.00	100.00

**Çizelge 6.** Siklon üst akım numunesinden elde edilen konsantrenin elek/metal analiz sonuçları

Ürün	Ağırlık %	Tenör (g/t)		Dağılım (%)	
		Au	Ag	Au	Ag
180 - 75	58.96	65.46	18.93	6.45	5.70
-75.00	41.04	1365.00	450.21	93.55	94.30
Toplam	100.00	598.75		100.00	100.00

**Çizelge 7.** Siklon üst akım numunesinden elde edilen artığın elek/metal analiz sonuçları

Ürün	Ağırlık %	Tenör (g/t)		Dağılım (%)	
		Au	Ag	Au	Ag
180 - 75	19.30	10.9	3.1	15.28	6.26
-75.00	80.70	14.5	10.9	84.72	93.74
Toplam	100.0	13.80		100.00	100.00

çıkışından temsili olarak alınan, 100 kg numune kullanılmıştır. Cihaz yıkama suyu basıncı 5 psi olarak ayarlanmıştır. Testin uygulanması aşamasında, konsantrasyon konisi içerisinde yapay bir yatak tabakası oluşturmak amacı ile -3 mm temiz kuvars kumu kullanılmıştır.

zenginleşme oranına göre daha düşük olması dikkati çeken bir husustur.

D80 tane iriliği 75 mikron olan sınıflandırma siklonları üst çıkışından (öğütme devresi çıkışı) alınan öğütülmüş malzeme ile test yapılmış ve yapılan test sonucu % 9.61 altın kazanma verimi ile

**Çizelge 8.** Siklon üst akım numunesi ile yapılan testin kütle/metal bilançosu.

Ürün	Ağırlık %	Tenör (g/t)		Verim (%)	
		Au	Ag	Au	Ag
Konsantre	0.24	598.75	203.80	9.61	2.18
Artık	99.76	13.80	22.44	90.39	97.82
Besleme Mali	100.00	15.23	22.88	100.00	100.00

Elde edilen konsantre ve artıktan alınan numuneler üzerinde elek-metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde söz konusu numunelerde ki altın taneciklerinin % 95 e yakın kısmının -75 mikron tane iriliğinde olduğu tespit edilmiştir. 0.6 kg/t Au tenörlü bir konsantre % 10 civarı bir verim değeri ile üretilebilmiştir.

### 3. SONUÇLAR

Çalışma öncesi Bergama CIP tesisi devreden yük altın içeriği bir ay boyunca günde 2 defa yapılan analizlerle izlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda tesis devreden yük altın içeriğinin öğütme devresi çıkışı altın içeriğine oranla 4-6 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu oran gümüş içeriği için 1.5 ile 2.5 arasında değişmektedir. Hidrosiklon alt akımında gümüş zenginleşme oranı altının

598.8 g/t tenörlü bir konsantre üretilebilmiştir. Verim değeri oldukça düşüktür. Bunun en önemli sebebi ise cevher içerisindeki altın taneciklerinin tane iriliğinin oldukça ince olmasıdır.

Yapılan testler sonucunda, cevher numunesinin içerdiği altın tanelerinin Knelson santrifüj separatör kullanılarak gravimetrik konsantrasyon işlemi için uygun bir cevher olmadığı söylenebilir. Tamamen gravimetrik separasyon tekniği kullanılarak üretim ekonomik değildir. Öğütme devresine kurulacak bir Knelson santrifüj separatör ile devrede biriken altının sadece % 32 si kazanılabilmektedir. Öğütme devresinde kullanılan Knelson konsantratörü çok düşük kapasiteli pilot çap bir separatör olduğundan devreden yükteki birikmiş altınının çok az bir bölümünü alabilmiştir. Öğütme devresinde bu cihazın kurulması ile

endüstriyel boyuttaki uygulamalarda olduğu şekilde bir denge kurulması mümkün olmamış, dolayısıyla cihaza kısa test süresi esnasında beslenen malzemenin altın tenörü endüstriyel uygulamalardan farklı olarak zamanla düşüp dengede kalmamıştır. Öğütme devresinde endüstriyel boyutta bir Knelson konsantratör kullanıldığında elde edilen altın veriminin çok daha düşük olacağı açıktır. Bu sebepten dolayı bu tip bir uygulama ekonomik olmaktan oldukça uzaktır.

#### 4. TEŞEKKÜR

Bergama Ovacık Liç Tesisi yönetimi ve çalışanlarına, D.Ė.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Tolga Oyman'a yardımları ve verdikleri teknik destek için teşekkürlerimizi sunarız.

#### 5. KAYNAKLAR

Burt R.O., Korinek G., Young S.R., Deveau C., 1995, *Ultrafine tantalum recovery strategies*, *Minerals Engineering*, 8, 8, pp. 859-870.

Burt, R., 1999, *The role of gravity concentration in modern processing plants*, *Minerals Engineering*, 12, 11, pp. 1291-1300.

Celep, O., Alp, İ., Deveci, H., Vıçıl, M., Yılmaz, T., 2006, *Knelson Santrifüj Gravite Ayırıcısıyla Mastra (Gümüşhane) Cevherinden Altın Kazanımı*, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 19, 2, 175-182.

Chernet T., Marmo J., Nissinen A., 1999, *Significantly Improved Recovery of*

*Slightly Heavy Minerals from Quaternary Samples Using GTK Modified 3" Knelson Preconcentrator*, *Minerals Engineering*, 12, 12, pp. 1521-1526.

Coulter, T., and Subasinghe, G.K.N., 2005, *A mechanistic approach to modelling Knelson concentrators*, *Minerals Engineering*, 18, pp.9-17.

Dandois, P., Cáceres, G., Joly P., and Frenay J., 1998, *Development of a pilot plant using clean technology for the recovery of gold from small scale mines*, *Minerals Engineering*, 11, 5, pp. 453-455.

Delfini M., Manni A., Massacci P., 2000, *Gold Recovery from Jewellery Waste*, *Minerals Engineering*, 13, 6, 2000, pp. 663-666.

Knelson B., and Jones, R., 1994, *"A new generation of Knelson concentrators" a totally secure system goes on line*, *Minerals Engineering*, 7, 2-3, pp. 201-207.

Knelson, B., Edwards, R., 1990, *Development and economic application of Knelson concentrators in low grade alluvial deposits. The AusIMM Annual Conference, Rotorua/New Zealand*, 123-128.

Laplante A.R., Shu, Y. and Marois, J., 1996, *Canadian Metal. Quart.*, 35(1), pp. 23-29.

Laplante, A.R., Vincent, F., Luinstra, W., 1996, *A Laboratory Procedure to determine the amount of the gravity recoverable gold. Proc. of 28th Ann. Canadian Mineral Processors Conf. Ottawa, January, paper 8, 8-14.*

Patchejieff, B., Gaidarjiev St., and Lazarova, D., 1994, *Minerals Engineering*, 7, 2-3, pp. 405-409.

- Rickford V., 2006, *Mercury-free gold mining technologies: possibilities for adoption in the Guianas*, *Journal of Cleaner Production* 14, pp. 448-454.
- Turner, J.F., 199,. *Gravity concentration, past, present and future*, *Minerals Engineering*, 4, 3-4, pp. 213-223.
- Woodcock, F. and Laplante A.R., 1993. *A laboratory method for determining the amount of gravity recoverable gold*, *Randol Gold Forum*, Beaver Creek, Septemper, 151-155.
- Yılmaz, H., Oyman, T., Arehart, G. B., Colakoglu A. R., and Billor, Z., 2007, *Low-sulfidation type Au–Ag mineralization at Bergama, Izmir, Turkey*, *Ore Geology Reviews*, 32, 1-2, pp. 81-124.