

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RAMAT İŞLEME VE GERİ KAZANIM TESİSLERİ İÇİN ATIK  
YÖNETİMİ UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Esra ŞAHİN**

**Danışman  
Doç. Dr. Bülent KIRKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SU BİLİMLERİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2021**



©2021 [Esra ŞAHİN]

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. ALTIN İLE İLGİLİ TEORİK BİLGİLER .....	4
2.1. Altın Tarihi.....	4
2.2. Altının Tabiatta Bulunuşu .....	5
2.3. Dünya' da Altın Sektörü .....	7
2.4. Türkiye'de Altın Sektörü. ....	8
2.5. Altının Kimyasal Özellikleri .....	11
2.6. Altının Fiziksel Özellikleri .....	12
2.7. Altının Kullanım Alanları .....	14
2.8. Altın Kaynakları.....	15
2.8.1. Birincil altın kaynakları.....	15
2.8.2. İkincil altın kaynakları.....	16
2.9. İkincil Kaynaklardan Altın Geri Kazanımında Kullanılan Teknikler..	17
2.9.1. Pirometalurjik proses .....	18
2.9.2. Hidrometalurjik proses .....	19
2.9.3. Biyo-hidrometalurjik proses .....	19
2.10. Altın Hurdaları ve Atıkları İçin Rafinasyon Teknikleri.....	20
2.10.1. Küpelasyon .....	20
2.10.2. Analiz ve ayrılma .....	20
2.10.3. Miller klorlama prosesi.....	21
2.10.4. Wohlwill elektrolit prosesi .....	21
2.10.5. Fizzer hücre prosesi .....	22
2.10.6. Solvent ekstraksiyon .....	22
2.10.7. Kral suyu prosesi.....	23
2.10.8. Pirometalurjik proses.....	23
3. LİTERATÜR TARAMASI .....	25
4. RAMATÇILIK FAALİYETİ .....	27
4.1. Ramat Ön Hazırlık İşlemleri.....	30
4.2. Cila Ramatı .....	31
4.3. Atölye(Yer) Ramatı .....	35
5. RAMAT İŞLEMLERİ SONUCU OLUŞAN ATIKLARIN YÖNETİMİ .....	38
5.1. Ramattan Değerli Metal Kazanımı Sonrası Oluşan Atıkların Geri Kazanım ve Bertaraf İşlemleri .....	38
5.2. Değerli Metal Kazanımının Hava Emisyonuna Etkisi .....	39
5.2.1. Torbalı filtre sistemi .....	40
5.2.2. Asit yıkama filtre sistemi.....	41
5.3. Ramat İşlemleri Sonucu Oluşan Atıksu ve Cüruf Miktarının Hesaplanması .....	42

5.4. Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi .....	44
5.4.1. Su kalitesi yönetimi .....	44
5.4.2. Hava kalitesi yönetimi .....	45
5.4.3. Toprak kalitesi yönetimi.....	46
5.4.4. Kimyasal yönetimi.....	47
5.4.5. Katı atık yönetimi.....	47
5.4.6. Flora ve fauna etkisi.....	48
6. MATERYAL VE METOD.....	50
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR .....	55
EKLER.....	58
EK A. Fotoğraflar .....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	60



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## RAMAT İŞLEME VE GERİ KAZANIM TESİSLERİ İÇİN ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Esra ŞAHİN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bülent KIRKAN

Kuyumcu atölyeleri, kuyumcu tamircileri ve küçük çaplı atölyelerde değerli metallerin (altın, gümüş vb.) işlenmesi, parlatılması ve silinmesi sırasında kullanılan değerli metalin oranına göre altın, gümüş vb. metaller içeren çeşitli hurda atıkları meydana gelmektedir. "Ramat" olarak adlandırılan bu hurda atıkların geri kazanım ve atık yönetim uygulamalarının doğru ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, yeniden değerlendirilme imkânı olan atıkların kimyasal ve/veya fiziksel işlemlerden geçirilerek geri kazanıma katılması ve potansiyel kaynakların gelecek nesillere aktarılması için bu değerli maden atıklarının geri kazanımı önem arz etmektedir. Ramatevlerine getirilen cila ramatları, kral suyu prosesiyle; atölye (yer) ramatları ise ergitme ocaklarında kal yöntemleriyle geri kazanılarak hurda atıklardan altın, gümüş vb. değerli metaller elde edilmektedir. Bu metallerin geri kazanım işlemleri ve sonrasında bertaraf edilmesi gereken tehlikeli atıklar oluşmaktadır. Bu atıklar: Çalışan kullanımından kaynaklı koruyucu giysiler, temizleme bezleri, kal ocağından kaynaklı refraktörler, sulu cila ramatlarından oluşan durulama sıvıları, kimyasal maddelerden kaynaklı kontamine ambalajlar, yakma ve asit kaynatma kabininden kaynaklı baca gazı tozları oluşmaktadır. Oluşan atıklar belirlenen atık kodlarına göre lisanslı bertaraf ve geri kazanım tesislerine iletilmektedir.

Bu tez çalışmasında, değerli atıkların yeniden değerlendirilmesi ve ekonomik değeri olan malzemelerin geri kazanım yöntemleri araştırılmıştır. Bu kapsamda değerli metallerin geri kazanım prosesinden atık yönetim sürecine kadar geçen aşamaları incelenmiş ve oluşan atıkların nasıl bertaraf edileceği veya geri dönüşebilecek atıkların nasıl geri dönüşüme katılacakları konusunda bilgiler verilmiştir. Böylelikle geri kazanım işlemleri zor olan kuyumculuk kaynaklı hurda atıklardan değerli metallerin geri kazanılması, tekrar üretim zincirine katılması ve bertarafı konusunda bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Cila ramatı, Atölye (yer) ramatı, Kral suyu, Geri Kazanım, Değerli Metal, Atık İşleme Tesisi

2021, 60 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **EVALUATION OF WASTE MANAGEMENT PRACTICES FOR RAMAT PROCESSING AND RECYCLING FACILITIES**

**Esra ŞAHİN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences Institute  
Department of Water Sciences**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bülent KIRKAN**

During the processing, polishing and wiping of precious metals (gold, silver, etc.) in jewelery workshops, jeweler repairers and small-scale workshops, gold, silver, etc. Contains various scrap containing metals. The recovery and waste management of scrap wastes, translated as "Ramat", was carried out in a correct and controlled manner. The recovery of these precious mineral wastes is important in order to recycle the wastes through chemical and / or physical processes and to transfer potential resources to the future. Polishing ramats brought to the ramatevs, with the royal water process; The ramats are recycled in the melting furnaces by recycling of high-quality workshops and they are collected from scrap waste such as gold, silver etc. precious metals are obtained. These metals have hazardous wastes that need to be recovered and disposed of afterwards. These wastes are: Working protective clothing, cleaning cloths, cleaning fluids, chemical contamination packages, incineration and chemical substances responsible for acid boilers. The waste generated is forwarded to licensed disposal and recycling facilities according to waste codes.

In this thesis, recycling methods of valuable wastes and materials with economic value were investigated. In this context, the stages from the recovery of precious metals to the waste management process were examined and information was given about how these wastes will be disposed of or how those that can be recycled will participate in the transformation. In this way, it is aimed to provide information about the recovery of precious metals from jewelery-based scrap wastes, which are difficult to recycle, to add them to the production chain and their disposal.

**Keywords:** Polish Waste, Ground Waste, Aqua Regia, Recycling, Precious metal, Waste Treatment Plant

**2021, 60 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Bülent KIRKAN'a; yüksek lisans döneminde tez çalışmamın sonuçlanmasına kadar bana gösterdiği her türlü sorunuma çözüm üretici olduğu ve desteğini her zaman hissettirdiği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar desteğini gördüğüm ve her türlü konuda bana ve diğer öğrencilere her daim kapısının açık olduğunu bildiğim, maddi ve manevi desteklerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. M. Yunus PAMUKOĞLU'na teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında yol gösterici oldukları ve çalışmamda kolaylık sağladıkları için Asır Ramatçılık Kuyumculuk San. Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan sevgili aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Esra ŞAHİN  
ISPARTA, 2021

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Altının üretiminin ülkelere göre dağılımı .....	1
Şekil 2.1. Dünyada basılan ilk para .....	9
Şekil 2.2. Türkiye altın potansiyel miktarları .....	10
Şekil 2.3. İnce altın levhanın çeşitli endüstriyel çözeltiler içindeki çözünme hızları .....	12
Şekil 2.4. Altının kullanım alanları .....	15
Şekil 2.5. Cevherden değerli metale uzanan süreç .....	18
Şekil 2.6. Wohlwill elektrolizinin şematik gösterimi .....	22
Şekil 4.1. Ramat için ön hazırlık işlem şeması .....	31
Şekil 4.2. Cila ramatı iş akış şeması .....	34
Şekil 4.3. Atölye (yer) ramatı iş akış şeması .....	37
Şekil 5.1. Torbalı filtre .....	41
Şekil 5.2. Asit yıkama filtresi .....	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Dünya altın üretiminde ilk 8 ülke .....	8
Çizelge 2.2. Altının fiziksel özellikleri .....	13
Çizelge 2.3. İkincil kaynaklar içeren altınların sınıflandırılması.....	17
Çizelge 2.4. Pirometalurjik altın geri kazanım işlemlerinden bazik metallerin uzaklaştırılması.....	24
Çizelge 4.1. 100 kg ramat için kimyasal madde miktarları ve özellikleri .....	28
Çizelge 4.2. Farklı hurda atıklar içindeki altın içeriği .....	29
Çizelge 5.1. Değerli metal kazanılan bölümlerde oluşan emisyonlar.....	39
Çizelge 5.2. Kütle denge sistemi.....	44
Çizelge 5.3. EPA hava kalite indeksi .....	46
Çizelge 6.1. Ramatçılık sektörü kaynaklı atık kod listesi .....	51
Çizelge 6.2. Yıllık atık beyan formu.....	52



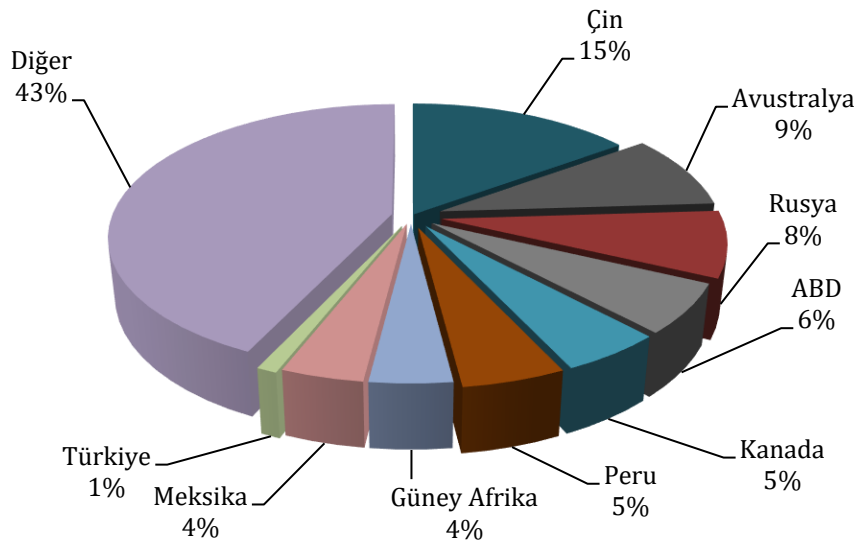
## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Au	Altın
°C	Derece santigrat
CO	Karbonmonoksit
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
EWC	Avrupa atık kodları
g	Gram
HF	Hidrojen florür
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogram
L	Litre
M	Molarite
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
mg	Miligram
mm <sup>2</sup>	Milimetrekare
N	Newton
nm	Nanometre
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
VOC	Uçucu organik madde
W	Watt

## 1. GİRİŞ

Kuyumculuk sektöründe, yeniden değerlendirilme imkanı olan soy metal içeren cevhere (altın, gümüş, platin vb.), yine soy metal ve alaşım içerikli her türlü atığa kimyasal ve/veya fiziksel işlemler uygulanarak ikincil bir hammaddeye dönüştürülmesi ve tekrar üretim sürecine katılması büyük önem arz etmektedir. Değerli metallere takı üretimi sırasında gerek atölyelerdeki geleneksel tekniklerle, gerek fabrikada seri imalat üretim sırasında değerli atık içeren hurda malzeme üretilmektedir. Üretilen bu hurda malzeme atıklarına "ramat" denir. Ramat atıkları: Lavabo atıkları, banyo ve el yıkama suları, cila ramatları, tesviye suları, patlatma suları, elektrolit kaplama banyo suları, kullanılmış potalar, filtreler, cüruflar, çöpler, koruyucu giysiler ve temizleme bezleri olmak üzere daha da çeşitlendirilebilmektedir. Ramatı oluşturan kuyumcu, ramatın içerisindeki değerli metali elde etmek için ramat işleme ve geri kazanım tesisi olan "ramatçılık" adı verilen tesislere göndererek kaybın en aza indirilmesini sağlar.

Dünya'da altın üretimine baktığımızda Çin %15'lik pay ile 1.sırada yer alırken onu takip eden Avustralya ve Rusya olduğu görülmektedir. Türkiye' nin 38 tonla dünya altın üretimindeki payının %1'ler civarında olduğu Şekil 1.1'de görülmektedir (Fidan, 2016).



Şekil 1.1. Altın üretiminin ülkelere göre dağılımı (MTA, 2016)

Kuyumcu atölyelerinden, kuyumcu tamircilerinden, orta ve/veya küçük ölçekli değerli metallerin işlendiği tesislerde parlatma, silinme ve işlem görme sırasında fire kayıpları oluşmaktadır. Kuyumculukta değerli metal üretiminde genel olarak %10 fire verilmektedir (Gündeş, 2015). Oluşan fire miktarı, tasarlanan mücevheratın üretim biçimine ve şekline bağlıdır (Anonim, 2020). Fire miktarı arttıkça üretim maliyetine de yansıtacağından dolayı çalışanlar fire miktarını belirli bir seviyede tutmak için disiplinli ve özenli bir şekilde çalışmalıdır. Dünyadaki kaynakların sınırlı olduğu da düşünülürse kuyumculukta oluşan bu fire kaybının geri kazanılmasının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. İmalat atıkları, içinde bulundurdukları değerli metal miktarına göre iki grupta incelenebilmektedir: Zengin içerikli ramatlar, bünyesinde %20'den fazla değerli metal bulunduran ramat olarak adlandırılırken fakir ramatlar ise içinde %1- %19 arası kıymetli metal içeren atıklardır (MEB, 2011). Bu ramatlar mümkün olduğu kadar değerli metalin işlem gördüğü tesisler içerisinde kaybın en aza düşürülmesi için çalışılmaktadır.

Ülkemizde yıllık ortalama yaklaşık 250-300 ton altın mücevheratı üretilmektedir (TCTB, 2020). Üretim miktarının yüksek olduğu göz önüne alınırsa değerli metallerin geri kazanılmasının ekonomimiz için büyük bir katkı sağlayacağı şüphesizdir. Bu geri kazanım sürecinin işlenmesinde ramatçıların önemi çok büyüktür. Ramatçılarda oluşan fire kaybını azaltmak için geri kazanım ve tekrar kullanılabilme yöntemlerinin araştırılması gerekmektedir. Kaynak tüketiminin önlenmesi ile birlikte, yaşam standartlarını iyileştirme çabaları ve her an ortaya çıkabilecek enerji krizleri ve bu gerçek ile yüzleşen gelişmiş ülkelerde atıkların geri kazanımı ve tekrar kullanılması adına yeni metotların araştırılması ve bunların geliştirilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir. Ekonomik zorluklar içerisinde ve kalkınma çabasında olan ülkemizin doğal kaynaklardan uzun vadede ve maksimum şekilde faydalanabilmesi için ramat içerisindeki değerli metallerin geri kazanımını ve tekrar kullanma yöntemlerinin geliştirilmesi ve araştırılması sağlanmalıdır.

Ekonomik değeri yüksek olan değerli metallerin geri kazanım değeri büyük önem arz etmektedir. Bundan dolayı, ülkemizde kuyumculuk sektöründen kaynaklı

ramatların bir kısmı yer ramatı bir kısmı da cila ramatı yöntemleri ile geri kazanılabilmektedir. Bu yöntemler ile değerli metallerin geri kazanılması ve üretim sonucu açığa çıkan cürufun içerisinde çok düşük miktarda altın, gümüş vb. olması sebebi ile tekrar proses içerisinde işleme alınmaktadır. Çünkü; soy metaller, kimyasal kararlılıklara sahip olduğu için diğer metallere göre farklı bir öneme sahiptir. Bu işlemler sonucunda çevreye zararlı olarak nitelendirilen tehlikeli atıklar oluşmakta olup bu atıkların nasıl ve ne şekilde bertaraf süreçlerine katılması konusunda bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde kullanılan ergitme ve kral suyu prosesleri ile altın, gümüş gibi değerli metallerin geri kazanıldığı yöntemlerde tehlikeli atıklar oluşmaktadır. Bu tehlikeli atıkların yönetimleri konusunda Asır Ramatçılık ve Kuyumculuk Ramat İşleme ve Geri Kazanım Tesisinde kral suyu prosesi ve kal ocaklarında yapılan ergitme işlemleri karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Kuyumculuk atölyelerinde başlayıp buradan ramatçılara, buradan da faaliyetine bağlı olarak döner ocakçı, bertaraf ve arıtma tesislerine düşük miktarda değerli metal içeren tehlikeli atıklar iletilmektedir. İletilen bu atıklar içerisindeki firenin verilmemesi için farklı bir metot geliştirilmesi ve geri kazanılamayan atıkların ise bertaraf yöntemleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## 2. ALTIN İLE İLGİLİ TEORİK BİLGİLER

### 2.1. Altın Tarihçesi

Altın, soy metal bir element olup 79 atom numarası, 196,97 g/mol atom kütlesine ve 19,3 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir. Kimyada Au sembolü olarak gösterilmektedir. Au, Latince "aurum" (parlamak) anlamına gelmektedir ve parlak sarı bir renge sahip olması nedeniyle insanları cezbeden bir görünümü bulunmaktadır. Kolay işlenebilmesi yanında aşındırıcı özelliğe sahip dış etkenlere karşı kararlı yapısı nedeniyle tarihin her döneminde ticari değerini ve kimliğini koruyagelen değerli madenlerin içerisinde ilk sırada gelmektedir. Dünya'da ilk altın üretimi yapan Mısırlılar'dır. Bakır madeni ile alaşım olarak doğada bulunan altın madeni M.Ö. 5000 yıllarında toprak altından çıkarılmaya başlanmıştır. M.Ö. 3900 yıllarında Mısırlılar, geliştirmiş oldukları ısıtma teknikleriyle elde ettikleri altını eritmeyi ve işlenebilecek hale getirmeye başlamışlardır (Anonim, 2020). Altının, bu anlamda zor bir işlem gerçekleştirilmeden yapılabilmesi kolay şekil alabilmesi ve doğada saf haldeyken çok yumuşak olmasından kaynaklanır. Altın kolaylıkla kimyasal reaksiyona girmemesi nedeniyle çok kararlı bir elementtir. Su ve hava ile teması sonrasında hiçbir zaman kararmaz, paslanmaz ve donuklaşmaz (MTA, 2016). Altını mücevherat olarak ilk kullanan uygarlığın Asurlular olduğu söylenmekte ise de Truva bölgesinden çıkarılan altın eşyalar ile arkeologlar Neolitik Dönem'de de takı ve heykelciklerin yapımında, altının kullanıldığına işaret etmektedirler.

M.Ö. 3100 yıllarında külçe altın basımına başlanmış ve altın, ödeme amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. Aztekler, İskitler, Mısırlılar, İranlılar, Yunanlar, Lidyalılar başta olmak üzere bütün uygarlıklar altını; takı, para ve süs eşyası olarak kullanmışlardır. Altın üretiminde 18. yüzyılda ilk sırada Rusya bulunurken 1848 yılında ise Kaliforniya'da "Altına Hücum" döneminin yaşanması sonucunda ABD ilk sıraya yükselmiştir. Dünya altın madenciliğinin, en önemli halkasından biri olan Güney Afrika'nın Doğu Transvaal Bölgesinde altın madeni yataklarına 1873 yılında ulaşılmıştır (Çıtak, 2006).

Garantisi anlamında ilk defa üzerinde ayarı ve ağırlığı belirten damga bulunduran paranın kimler tarafından ve hangi tarihte yapıldığına dair kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Bundan 19 asır öncesinde yaşamış olan Lexicographe Pollux tarafından ilk resmi parayı basanın Lidya kralı Gyges mi yoksa Argos kralı Phedion mu olduğu hakkında kesin bir sonuca ulaşamadığını kaydetmektedir. Yapılan son araştırmalara göre M.Ö. 7. yüzyılda ilk paranın Anadolu'da Lidyalılar tarafından basıldığı kaydedilmiştir. Araştırmalar, basılmış olan paranın %75'i altın madeni, %25'i ise gümüş madeni içeren elektirumdan elde edildiğini ortaya koymaktadır. Estetik ve görsel kıymeti oldukça yüksek altın paralar M.Ö. III. ve IV. yüzyıllarda Yunanlılar tarafından basılmıştır (Anonim, 2020).

Yaklaşık 3000 yıllık insanlık tarihi sürecini, basılmış olan madeni paralar tüm açıklığıyla ortaya koymaktadır. Toprak altında yüzyıllarca kalmış olmalarına rağmen az zarar gören madeni paralar, eski kavim ve medeniyetlerin yaşam biçimleri, kültür seviyeleri ve tarihleri hakkındaki tüm gerçekleri tarafsız şekilde ortaya koyan kaybolması mümkün olmayan belgelerdir. Bu tarihe ışık tutan eski paralar sayesinde tarihe mal olmuş Neron, Sezar, Napolyon ve Kleopatra gibi kişilerin portreleri, halkın inançlarını, sanatkârların yeteneklerini, kişilerin ve toplumların psikolojisini incelemeye imkan sağlamaktadır (Anonim, 2020).

Eski çağlardan günümüze kadar uzanan altın, bütün toplumlarda zenginlik simgesi olarak kabul edilen değerli madenlerin arasında kabul edilmiştir. Bu anlamda en çok tercih edilen ve işlevsellik kazandığı alan kuyumculuk sektörüdür. Güzellik, süs eşyası ve takı malzemesi olarak kullanılması nedeniyle altın madeni her zaman gösterişli ve kıymetli bir maden olarak kabul edilmektedir (Altında, 2018).

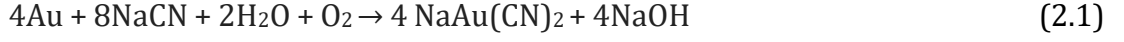
## **2.2. Altının Tabiatta Bulunuşu**

Altın madeni, ilk işlenen metaller arasında yer alması nedeniyle en eski medeniyetler tarafından güç ve zenginlik simgesi olarak kabul edilmiş değerli bir metaldir. Dünya üzerinde bulunan altın madeninin büyük bir kısmı, toprakta mevcut sarı metalik minerallerden elde edilmektedir. Yüksek oranda gümüş

içeren mineral "Elektrum" olarak adlandırılmaktadır. Elektrum minerali beyaz yada sarı renkte bulunabilmektedir. Çok nadir olarak bazı sahalarda altın madeni civa metali ile birlikte amalgam formunda bulunmaktadır. Doğada bulunan önemli ikinci bileşiği ise "Kalaverit" altın tellür formunda bulunur ve bu bileşik bünyesinde %43 miktarında altın madeni ihtiva eder. İçlerinde önemli daha az olan bileşikleri ise Petzit ve Silvanit'dir. Genel olarak altın madenine doğada kuvars kayalar içerisinde dağılmış ince damarlar ve alüvyonlu yataklarda kumla karışmış parçacıklar halinde rastlanır (Anonim, 2013).

Dünya'nın madeni çekirdeği olan altın madeni, eser miktarlarda neredeyse tüm yer kabuğunda bulunabilmektedir. Büyük altın madeni rezervleri Dünya'nın belirli bölgelerinde bulunmaktadır. Volkanik oluşumlu tabakalarda, kuvars parçalarının içerisinde, akarsu tabanında bulunan kum yataklarında toz ve külçe formunda bulunabilmektedir. Altın madeni yeryüzünün ortalama 0,001 ppm'lik bölümünü oluşturmaktadır. Yerkabuğunda izole atomlar halinde ve kayaçları oluşturan minerallere karışmış halde bulunmaktadır. Topraktan altın çıkarılabildiği gibi okyanuslardan da altın çıkarılabilir. Yerkabuğu, bir ton kayada sadece 5 mg altın barındırmaktadır. Okyanuslarda ise ortalama olarak 2 ppm gibi bir konsantrasyonda bulunmakta olup, okyanuslarda mevcut altın madeninin çıkartılma maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle tercih edilen bir yöntem değildir. Doğada yaklaşık olarak 20 farklı mineral formunda altın madeni vardır ve söz konusu bu mineraller oldukça nadir olarak bulunmaktadır. Genel olarak altın madeni, "metalik formda altın içeren cevherler" ve "bileşikleri halinde altın elementini içeren cevherler" olarak sınıflandırılır. Altın madeni doğada, en fazla miktarda metalik formda bulunmaktadır (Altında, 2018).

Cevherlerden metalik formdaki altın madeninin elde edilebilmesi için altın madenini içeren küçük kuvars parçalarına ilk olarak öğütme işlemi ile muamele edilerek hamur haline getirilmektedir. Altın tanecikleri hamur içerisinde kolloidal formda dağılım göstermektedir. Daha sonra magmalanmış hamurun derişimi artırılarak sodyum siyanürün çok seyreltik çözeltisi ile muamele edilir. Burada metalik altın ile sodyum siyanür tepkimeye girerek kompleks bir bileşik oluşturmaktadır (Anonim, 2014). Gerçekleşen tepkimeler aşağıda verilmiştir.



Daha sonra metalik çinko yardımı ile kompleks bileşik formundaki altın metalik formda çöktürülmektedir:



Bu elde edilen çökeltide mevcut olan altın ve gümüş metalleri dışında kalan maddeler, kal yöntemi kullanılarak alınır. Altın metali ile birlikte elde edilen gümüş metali sülfürik ve nitrik asit yardımıyla çözündürülerek geriye saf altın metali kalmaktadır (Anonim, 2014).

### **2.3. Dünyada Altın Sektörü**

Bilinen yazılı tarih sürecinde altın madeni ve insanlık tarihi birbiri ile iç içe geçiş halinde bulunmaktadır. Altın madeni bazı toplumlar tarafından güç sembolü olarak kabul edilirken bazı toplumlar tarafından ise değişim ve servet biriktirme aracı olarak görülmektedir. Bu nedenlerden dolayı altın madeni, 7000 yıldan günümüze kadar dünya üzerindeki tüm medeniyet ve uygarlıklar tarafından kullanılmaktadır (MTA, 2016).

Dünyada toplam işletilebilir altın rezervi 93500 ton ve bunun 41500 tonu işletilebilir durumdadır. Mevcut altın madeni kaynakları yanında yeni maden kaynaklarının bulunabilmesi ve işletilmesi için yoğun araştırmalar devam etmektedir. Dünya üzerinde altın madeni üretiminin %65'lik kısmı Çin, Avustralya, ABD, ve Güney Afrika gibi sanayileşmiş ülkelerde yapılmaktadır. Avrupa'nın dünya üretimindeki payı Rusya hariç yıllık 24 ton olup bu oran %1'dir (Anonim, 2002). Dünya altın üretiminde öne çıkan ilk 8 ülkenin üretim miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir (Altında, 2018).

Çizelge 2.1. Dünya altın üretiminde ilk 8 ülke (Altında, 2018)

<b>DÜNYA ALTIN ÜRETİMİ (Ton)</b>		
	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>1 Çin</b>	426,1	399,7
<b>2 Avustralya</b>	295,0	312,2
<b>3 Rusya</b>	270,7	281,5
<b>4 ABD</b>	230,0	253,2
<b>5 Kanada</b>	175,6	193,0
<b>6 Endonezya</b>	154,3	190,0
<b>7 Peru</b>	162,3	155,4
<b>8 Güney Afrika</b>	139,9	123,5

Altın arayıcıları, ağızı açık leğene benzeyen bir düzenek kullanmışlardır. Bu düzenek "bate" olarak isimlendirilmiş olup 1471 yılında ilk defa Batı Afrika'da, Portekizler'in istilasından önce kullanılmıştır. Kaliforniya'da 19. yüzyılın ortalarında yaşanan "Altına Hücum" dere yatağında bir su değirmeni işçisinin tesadüfen bulduğu saf haldeki nabit altın parçaları ile altın madenciliği başlamıştır. Kıymetli altın madeninin oluşması ile bağlantılı olarak temel teknolojik olaylar ve diğer jeolojik etmenlerin bir araya geldiği bölgeler dünyada altın madenciliğinin ağırlıklı olarak gerçekleştirildiği ülkelerdir. Dünya genelinde 2015 yılı itibari ile çıkartılmış olan altın madeninin yaklaşık 182 bin ton olduğu tahmin edilmektedir. Tahmin edilen bu miktardaki altın madeninin hacmi, kenar uzunlukları 21,13 metre olan bir küpe eşdeğerdir (MTA, 2016).

#### **2.4. Türkiyede Altın Sektörü**

Türkler sistemli ve düzenli olarak Anadolu'ya Büyük Selçuklular zamanında girmişlerdir. Anadolu'da fetih hareketleri ile çok sayıda ve gelişmiş uygarlıklar ortaya çıkmış ve değerli madenlerin bulunduğu bu toprakları kendilerine yurt edinmişlerdir. Bilim dünyasında da Anadolu madenciliğinin beşiği olarak bilinir.

Anadolu'da metal kullanımının en eski izlerinin bulunması yanında diğer bölgelere madenciliğin Anadolu'dan yayıldığı da söylenebilmektedir (Yalçın, 2003).

Tarihte ilk parayı Uygarlık tarihinde Lidyalılar M.Ö. 700 yıllarda kullanmışlardır. M.Ö. 560-547 döneminin Lidya Kralı Kroisos döneminde ilk altın para Anadolu'da Salihli-Sart yöresinde basılmıştır. Dünyada basılan ilk para Şekil 2.1'de verilmiştir. Anadolu'da yaşayan Türk Uygarlıklarının değerli madenlere (altın, gümüş, demir vb.) sahip olması sebebi ile bu madenleri güç sembolü olarak ve çeşitli amaçlar doğrultusunda da kullanımını gerçekleştirmişlerdir.

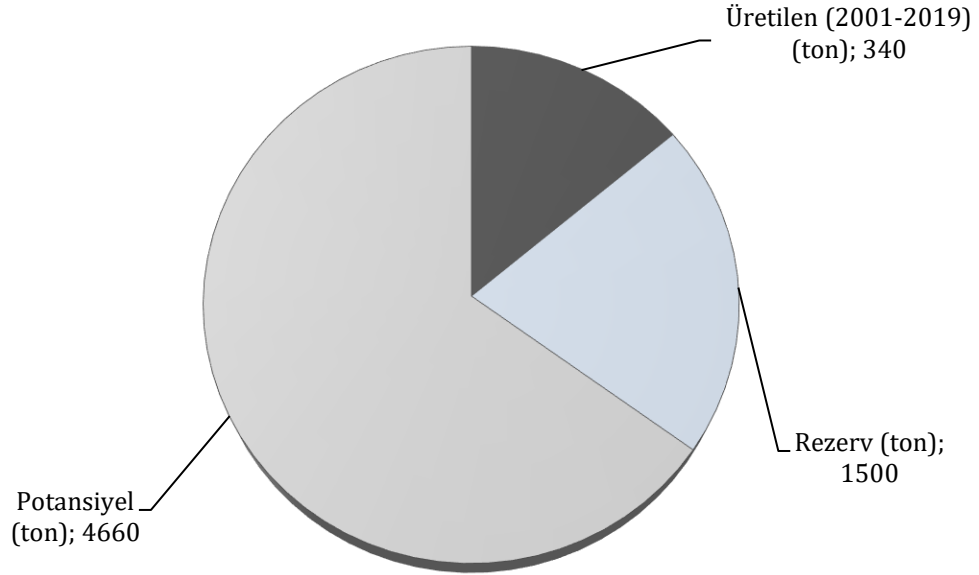


Şekil 2.1. Dünyada basılan ilk para

Osmanlılar döneminde de işletilen değerli madenler, eski Anadolu'daki uygarlıklar da olduğu gibi hazine için zengin bir kaynak oluşturmuştur. Cumhuriyetimizin ilk yıllarında hammadde kaynaklarımızın değerlendirilmesi sonucunda sinai kalkınma hamlesinin gerçekleştirilebileceği bilinci ile madencilik sektörüne çok önem verilmiştir. 1933 yılında Altın Arama ve İşletme İdaresi Başkanlığı olarak ilk madencilik kurumu kurulmuştur. Bu dönemde, madenciliğin ülke çapında yatırımlardaki payı %40 dolayında olmuştur (Anonim, 2002).

Türkiye jeolojisinin incelenmesi sonrasında en çok altın madeni üretimi yapılan ABD'de Nevada ve Kaliforniya'ya benzerlikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle 1997 yılında ülkemizde altın madeni potansiyelinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında ülkemizin altın madeni potansiyelinin yaklaşık 6500 ton civarında olduğu hesap edilmiştir (Anonim,

2002). Türkiye'nin altın potansiyel miktarları Şekil 2.2'de verilmiştir. Günümüzde halen devam eden altın madenciliğinin gelişmesi bakımından yerli ve yabancı maden arama yatırımcılarının maden kaynaklarına ilgisi yoğunlaşmıştır.



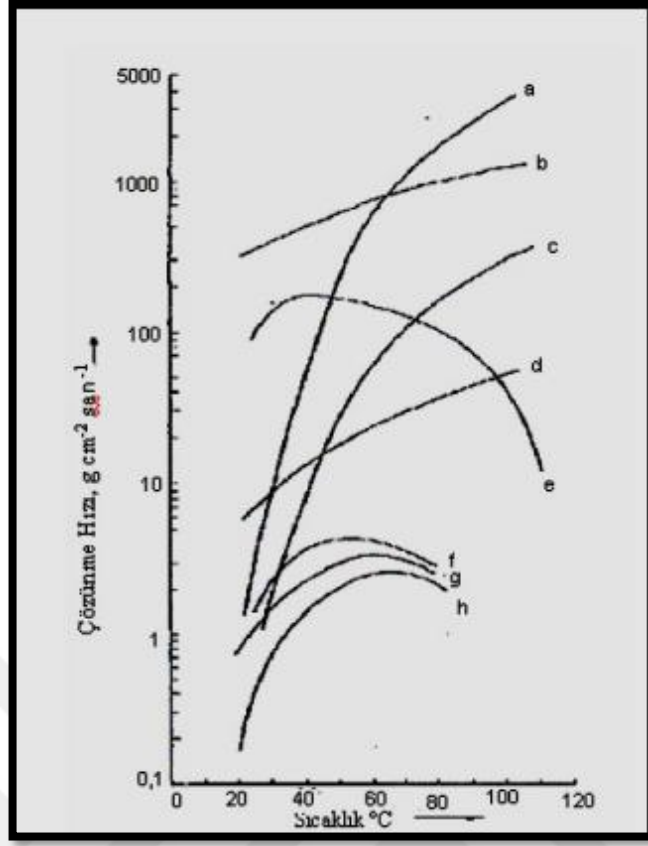
Şekil 2.2. Türkiye altın potansiyel miktarları (Erler, 2020)

Türkiye, kıymetli bir metal olan altının dünya altın üretimi sıralamasında yer almamasına rağmen Hindistan, Rusya, Çin ve ABD ile birlikte dünya altın talebinde en büyük beş pazar arasında yer almaktadır. Üretim alanında ise İtalya ve Hindistan ile birlikte üç ülke arasında bulunmaktadır. Bu anlamda kuyumculuk sektöründe Avrupa ülkelerini geride bırakarak dünyada büyük söz sahibi olmuştur. Yıllık ortalama 400 ton altın madeni işleme kapasitesine sahip olan ülkemizde mevcut kapasitenin tamamı kullanılmamaktadır. Ülkemizde yıllık ortalama 250-300 ton aralığında altın mücevherat üretilmektedir. Üretimi yapılmış olan altın mücevheratının yaklaşık %30- 40'lık miktarı ihraç edilmekte, %40'lık miktarı turist ve bavul ticareti yapanlara, geriye kalan miktarı ise yerli tüketiciye satılmaktadır. Ülkemizin 2011 yılı verileri göz önüne alındığında yaklaşık 1,847 milyon dolarlık altın mücevherat ihracatına ulaştığı belirtilmektedir (TCTB, 2020).

## 2.5. Altının Kimyasal Özellikleri

Altın, asil metal olarak kabul edilirken, elektropozitif özelliği zayıf bir metal olmasından reaktiflik durumu çok düşüktür ve bozunmaz (Altında, 2018). Bunun nedeni, altının normal koşullar altında oksijen, azot, hidrojen, kuru halojen ve kükürtle reaksiyona girmemesidir. Altın elementi asitlere karşı dayanıklı, çok kararlı, su ve havadan etkilenmez. Bu yüzden kolay kolay paslanmaz. Ancak, su buharıyla yüklü halojenlerden özellikle de hidroklorik ve nitrik asit karışımından oluşan "kral suyu"ndan (1 mol  $\text{HNO}_3$  + 3 mol  $\text{HCl}$ ) etkilenmektedir. Klor ve brom ile tepkimeye girer. Bunun yanında altın metali madencilik ve elektro kaplama sektörlerinde kullanılmakta olan siyanürün alkali çözeltileri içerisinde çözünmektedir. Altının oksidasyon basamağı -1'den +5'e değişim göstermektedir. Oksidasyon basamağı +1 olan altın bileşikleri katı formda, +3 oksidasyon basamağına sahip olan altın bileşikleri ise sıklıkla sıvı halde bulunur.

Altın yüksek sıcaklıklarda bile oksijen ile birlikte tepkime vermez. Altının iyice öğütülmesi durumunda alkali siyanür çözeltilerinde oksijen varlığında kolayca çözünebilmektedir. Bu nedenle siyanür liçi yüksek oksijen basınç altında altın madeni elde edilmesinde Güney Afrika' da kullanılan esas yöntem olarak tercih edilmektedir. Altını, kıymetli yapan özelliği yer kabuğunda az bulunmasından kaynaklanmaktadır. Altın, birçok metal (çinko, bakır, kurşun) ile alaşım oluşturabilme eğilimindedir. Gümüş metali ile metalurjik proseslerinde aynı yöntemler uygulanırken bakır, çinko ve kurşun reaktif toplayıcı gibi davranış göstermektedir. Sırasıyla altın metali çinko, kurşun ve bakır metallerine karşı çok fazla ilgi gösterir. Şekil 2.3'de altın metalinin endüstriyel kaynaklı çözeltiler içinde sahip olduğu çözünürlük hızları verilmiştir (Habashi, 1997).



Şekil 2.3. İnce altın levhanın çeşitli endüstriyel çözeltiler içindeki çözünme hızları (Habashi, 1997). (a) Kral suyu (6 M); b) HCl (6 M) + Br<sub>2</sub> (0,2 M); c) NaCN (0,45 M) + 4-nitrobenzoik asit (0,1 M) + NaOH (0,2 M); d) HCl (6 M) + Cl<sub>2</sub> (doymuş); e) HCl (6 M) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0,22 M); f) NaCN (1 M) + hava; g) NaCN (0,45 M) + NaOH (0,2 M) + hava; h) NaCN (0,006 M) + Ca(OH)<sub>2</sub> (0,04 M) + hava'yı ifade etmektedir)

## 2.6. Altının Fiziksel Özellikleri

Ham ve saf haldeki altın yumuşak ve şekil alabilme kabiliyeti yüksek olan bir metaldir. Altın metalinin doğal rengi parlak sarı olan ve kütle olarak ağır bir metaldir. Tepkimeye girme açısından çok kararlı bir yapıya sahip olan bir element olması nedeniyle hava ve sudan da etkilenmemektedir. Bu özelliğe sahip olması nedeniyle kesinlikle paslanma, kararma ve donuklaşma olaylarına maruz kalmamaktadır. Kolayca dövülerek şekil almasından dolayı tel ve levha haline getirilebilir. Kütleli yaklaşık olarak 10 gram ağırlığa sahip olan altın metalinin ortalama 11 m<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplarken, 2,5 km uzunluğunda bir tel elde edebilmek için 1 gram altın kullanılmaktadır.

Atom numarası 79 olan altın metali, 192 ile 206 arasında değişen kütle numarasına sahip 14 adet izotopu bulunmaktadır. Bu izotoplar arasında en kararlı olan ve yaygın olarak kullanılan Au-197 izotopudur. Tıp alanında kullanılmakta olan önemli izotopu Au-195'dur.  $\alpha$  ve  $\gamma$  ışınları yaymaktadır. Altının elektronik konfigürasyon dizilimi [Xe] 4f<sup>14</sup>5d<sup>10</sup>6s<sup>1</sup> şeklindedir. Altın metalinin sahip olduğu renkler yanında, genel olarak beyaz, kırmızı ve yeşil altın olarak adlandırılan renklere bulunmasının sebebi ise farklı elementlerle oluşturduğu alaşımlardan kaynaklanmaktadır. Çok ince altın folyolar içerisinde ışık geçirilmesi durumunda mavi-yeşil renkli bir görünüm elde edilmektedir. Altın metalinin genel fiziksel özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir (Altın-tepe, 2003).

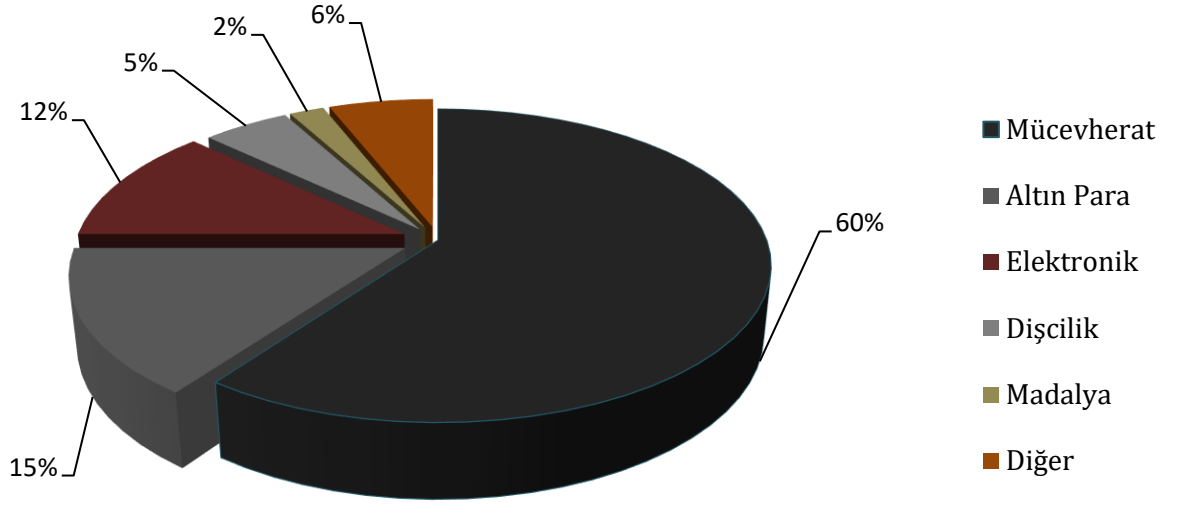
Çizelge 2.2. Altının fiziksel özellikleri (Altın-tepe, 2003)

Özellik	Birim	Değer
Atom numarası		79
Atom ağırlığı	[g]	196,9665
Atom yarıçapı	[nm]	0,1422
Kristal yapısı		Yüzey Merkezli Kübik
Latis sabiti	[nm]	0,407
Atomlar arası mesafe	[nm]	0,2878
Yoğunluk, 273 <sup>0</sup> K	[g/cm <sup>3</sup> ]	19,32
Erime sıcaklığı	[ <sup>0</sup> C]	1064,43
Kaynama sıcaklığı	[ <sup>0</sup> C]	2808
Buharlaştırma ısısı, 289 <sup>0</sup> K	[J/mol]	3,653x10 <sup>5</sup>
Füzyon Isısı	[J/mol]	1,268 x 10 <sup>4</sup>
Brinell sertliği	[kgf/mm <sup>2</sup> ]	7,747x10 <sup>4</sup>
Elastise modülü, 293 <sup>0</sup> K		0,42
Poisson Oranı		39-45
Uzama	[%]	
Buhar Basıncı	10000 <sup>0</sup> K	5,5 x 10 <sup>-8</sup>
	15000 <sup>0</sup> K	8,5 x 10 <sup>-2</sup>
	25000 <sup>0</sup> K	4,9 x 10 <sup>3</sup>
	30000 <sup>0</sup> K	7,10 <sup>5</sup> x 1
298 <sup>0</sup> K'de Spesifik Isı	[J/(g. <sup>0</sup> K)]	0,1288
Elektriksel Direnç, 273 <sup>0</sup> K	[W.cm]	2,05 x 10 <sup>-6</sup>
Termal Direnç Sabiti 273-373 <sup>0</sup> K	[K]	4,06 x 10 <sup>-3</sup>
Termal iletkenlik, 273 <sup>0</sup> K	[W/(m. <sup>0</sup> K)]	311,4
273-373 <sup>0</sup> K'de Termal Genleşme	[K-1]	1,416 x 10 <sup>-7</sup>
298 <sup>0</sup> K'de Entropi	[J/K]	47,33

## 2.7. Altının Kullanım Alanları

Kıymetli değerli madenler arasında yer alan altının, sadece yatırım amaçlı ve süs eşyası kullanımı dışında endüstriyel alanda da birçok kullanımı mevcuttur (Altında, 2018). Kuyumculuk ve takı sektörünün vazgeçilmez metalidir. Kuyumculuk sektöründe genel olarak platin, bakır, gümüş ve paladyum gibi metallere alaşımları kullanılır (Eskier, 2017). Altın metali; korozyon direnci, elektrik iletkenliği, düşük sertlik ve yüksek sıcaklık gibi özelliklere sahip olması nedeniyle endüstri sektörlerindeki kullanım alanları çok geniştir. Endüstri sanayi, ilaç sektörü, sağlık sektörü, elektronik, iletişim, optik, lazer, otomotiv ve havacılık sanayinde kullanım alanı artış göstermektedir (Durmaz, 2012).

Bakır ve gümüşten sonra elektrik iletkenliği yüksek ve kolayca kimyasal tepkimeye girmemesi sebebi ile tercih edilen metal altındır. Altın metali, çoğunlukla elektrik ve elektronik sanayilerinde bağlantı, baskı devresi, terminal ve yarı iletken sistemlerin kaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Kızılötesi ışınların altın metali üzerine düşmesi durumunda yaklaşık olarak %98'lik kısmının geri yansıtılabilmesi özelliğine sahiptir. Altın metali, dışçilikte kaplama malzemesi, uzayda görülen yoğun güneş radyasyonu karşısında çok iyi bir engel oluşturucu, tekstil sektöründe kumaş işleme ve ip olarak kullanıldığı gibi, zenginlik göstergesi olarak kıyafetlerde, bilgisayar ve telefonlardaki işlemcilerde iletkenlik özelliği, kimya endüstrisinde korozyona karşı dayanıklılıkta ve daha pek çok alanda kullanımı mevcuttur. Ancak insanlar çağlar boyunca çoğunlukla en çok takı, aksesuar ve süs eşyası olarak kullanmışlardır. Altının kullanım alanlarına göre dağılımı Şekil 2.4'de verilmiştir (Gün, 2019).



Şekil 2.4. Altının kullanım alanları (MTA, 2016)

## 2.8. Altın Kaynakları

Doğada bulunan altın kaynaklarını başlıca 2 farklı kaynaktan elde edilmektedir. Bunlar birincil ve ikincil kaynak olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

### 2.8.1. Birincil altın kaynakları

Altın cevheri içeren birincil kaynaklar, iri ve serbest taneleri içeren plaser tipi cevherler, genellikle okside olmuş, birincil yataklanma sonucu oluşan serbest halde altın içeren cevherler ve sülfürlü yada karbonlu yapıdaki çok ince taneli refraktör tip cevherler olarak adlandırılırlar (Gün, 2019). Birincil kaynakların yapılarına bakıldığı zaman kompozit yapıda bulunmaları nedeniyle ikincil kaynaklara göre yapıları daha karmaşıktır.

Plaser ve serbest altı içerikli cevherlerden altının elde edilmesinde, siyanürleştirme, dore metal ergitilmesi, çinko ile sementasyon ve aktif karbon üzerine adsorbsiyon ve rafinasyon edilmesi kademe işlemleri uygulanmaktadır.

Karbonlu yapıdaki refrakter tip cevherlerde altın, minarellerin yapısı içinde karbon ve sülfür kapanmalar halinde bulunduğundan, direkt olarak siyanürleştirmeye uygun değildir. Bu nedenden dolayı bu tür altın içeren cevherlerden altının ön hazırlık işlemle (oksidasyon) serbest hale getirilmesi gerekmektedir. Cevhere uygulanan ön hazırlık proses işlemi ile birlikte siyanürleştirme yöntemi ile kolay bir şekilde kompleks olabilir hale getirilmesi ve metal kazanım verimini azaltan bileşiklerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Gürdal, 2008).

### **2.8.2. İkincil altın kaynakları**

Altının ikincil kaynakları; elektronik atık, eski takılar, cila tezgâhları, ergitme potaları ve dişçilik hurdalarından ve değerli metal içeren (altın, gümüş vb.) karışık yapıdaki toz ve cüruf atıklarından oluşmaktadır. Kuyumcu atölyelerinde temizleme/parlatma ve işlenmesi sırasında değerli metal içeren ramat atıkları oluşmaktadır (Sabah ve Şapçı, 2020).

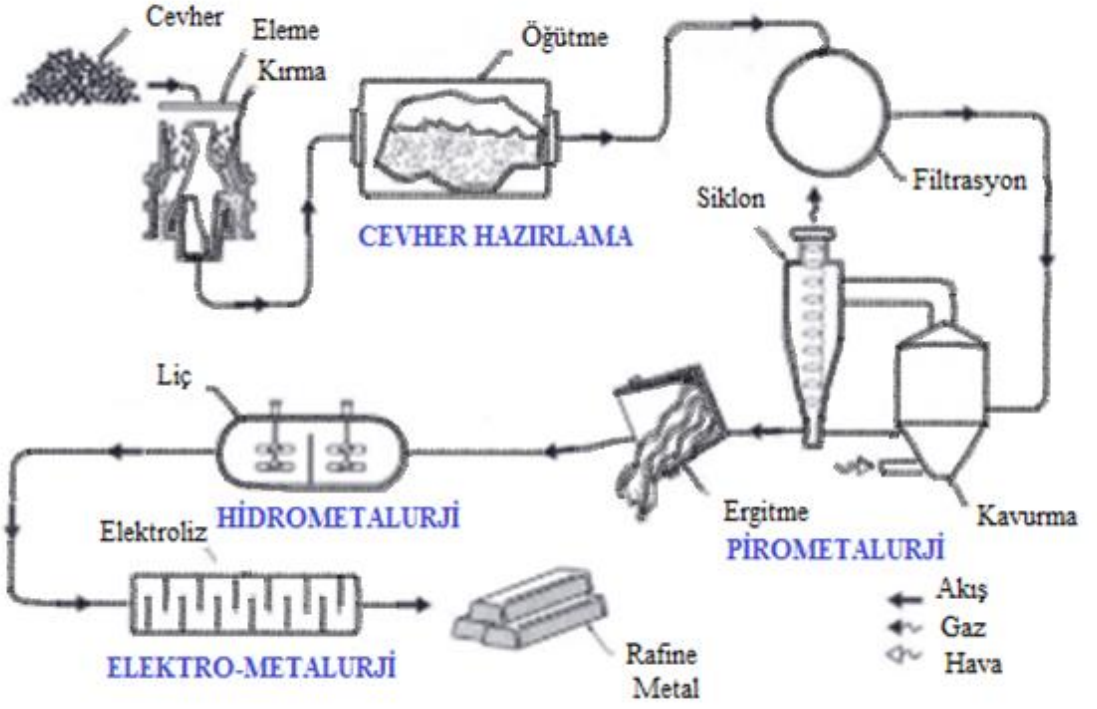
Soy metallerin kazanılmasında uygulanan yöntemleri, değerli metalin mineralojik özellikleri belirlemektedir. Birincil altın kaynaklarına göre ikincil altın kaynaklarından değerli metallerin (altın, gümüş vb.) kazanımında uygulanan yöntemler oldukça farklıdır. Bu anlamda çeşitli sektörler ve farklı alanlardan kullanımından kaynaklı değerli metal içeren hurda atıkları ve bunların geri kazanımı ekonomik ve çevresel açıdan önem arz etmektedir. İkincil kaynakların çeşitlilik göstermesinden dolayı metalik olanlar ve metalik olmayanlar diye iki gruba ayrılabilir (Syed, 2012). İkincil kaynakları içeren altının sınıflandırılması Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. İkincil kaynaklar içeren altınların sınıflandırılması (Syed, 2012)

<b>Metalik olanlar</b>	<b>Metalik Olmayanlar</b>
Bakır anot çamuru	Porselen artıkları
Hurda mücevher	Bilezik artıkları
Alaşım artıkları	Karbon ve fitre
Mücevher parlatma artıkları	PC kartı artıkları
Maden cevherleri	Cep telefonu artıkları
Çeşitli cüruflar	İyon değişim reçineleri
Düşük miktarda tezgah hurdaları	Parlatma tozları
	Alçak gerilim telefon yüklenicisi
	Deniz suyu
	Monte edilmemiş baskılı kablo panoları
	Baskılı devre kartı

## 2.9. İkincil Kaynaklardan Altın Geri Kazanımda Kullanılan Teknikler

Altının geri kazanılmasını bu soy metalin mineralojik özellikleri belirlediğinden, ikincil altın kaynaklarından altın/gümüş kazanımında farklı teknikler karşımıza çıkmaktadır. Değerli metallerin ekonomiye kazandırılması için tüm hammaddelerin zenginleştirilmesi gerekmektedir. Fakat bu zenginleştirme yapılmadan önce değerli metalin veya malzemenin belli bir boyutun altında olması gerekmektedir. Şekil 2.4'de cevherden metale uzanan süreç gösterilmiştir. Geri kazanım maliyetleri ve ramatın değerli metal içeriği düşünüldüğü zaman farklı prosesler vardır. Bu prosesler değerli metalin kimyasal yapısının bozulması ile değişiklik göstermektedir. Bu kimyasal yapının değişimi genellikle ısı işlem uygulanması ile (pirometalurji), bir çözücü (hidrometalurji) ile veya bakteriler (biyo-hidrometalurji) ile sağlanmaktadır (Özer vd., 2020).



Şekil 2.5. Cevherden değerli metale uzanan süreç (Özer vd., 2020)

### 2.9.1. Pirometalurjik proses

Pirometalurjik proseste, birincil ve ikincil kaynaklardan değerli metallerin kazanımı proseslerinde, metale bir dizi ısıl işlem uygulanarak, malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilmektedir. Değerli metaller, yakıtlar, katkı maddeleri ve havadaki oksijen pirometalurji işlemlerinin hammaddesini teşkil etmektedir. Pirometalurjinin ürünleri; metaller, alaşımlar vb. malzemelerdir. Pirometalurjik yöntemlerde ergitme, ateşle tasfiye, destilasyon ve döküm gibi uygulamalar akla gelmektedir (Özer vd., 2020).

Kuyumculuk atölyelerinde değerli metalin işlenmesi sırasında fire kaybı oluşmaktadır. Bu fire kaybının geri kazanılması için ülkemizde küçük ölçekli ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde genel olarak pirometalurjik proses tercih edilmektedir. Bu yöntemde, kuyumculuk sektöründe ramat atölyelerine gönderilmek üzere toplanan ramatın ergitme tavalarında yüksek sıcaklıklarda yakılıp kül haline getirilerek değerli metallerin geri kazanımı sağlanmaktadır.

Ramat içindeki organik maddelerin uzaklaştırılması için boraks, karbonat ve kurşun oksit indirgeyici ilavesi yapılarak erimeyi kolaylaştırması sağlanmaktadır. Kal ocaklarında 1200-1500 °C'de sıcaklıklarda eritme işlemi gerçekleştirilerek değerli metallerin kurşunun bünyesinde birbiri içerisinde çözünmeyen ve özgül ağırlık farkından kaynaklı iki faz oluşmaktadır. Bunlardan birincisi altın/gümüş gibi kıymetli metalleri içeren kurşun fazı, diğeri ise gang mineralleri içeren cüruf fazıdır. Kal ocağına alınan kurşun fazı 900-950 °C arasında kurşun uçurularak dore altın/gümüş elde edilmektedir. Ancak bu yöntemde kazanılan altın; gümüş ve platin grubu metallerden ayrılamadığı için dore altının rafinasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir (Syed,2012).

### **2.9.2. Hidrometalurjik proses**

Yüksek sıcaklık gerektiren pirometalurjik proseslerin yerine kullanılan su ve çözücü ile değerli metallerin kazanımı gerçekleştirilmektedir. Hidrometalurjik yöntemde ana adımlar, altın içeren ramatın bir dizi asit veya kostik liçinden oluşur. Bu anlamda ayrılması istenen fazların çözeltiliye geçmesi diğerlerinin ise katı olarak kalması sağlanır. Sonuç olarak solüsyonlar değerli metallerin altın/gümüş gibi kimyasal indirgenme, sementasyon veya kristalizasyon yöntemleri ile işlenebilir hale getirmektedir (Syed, 2012).

### **2.9.3. Biyo-hidrometalurjik proses**

Kimyasal kazanım metodlarından biri olan biyo-hidrometalurjik proses yöntemi bakterileri kullanarak malzemenin oksitlenmesini sağlamaktadır. Malzeme ve mineral endüstrisi için büyük bir teknoloji potansiyeline sahiptir. Metal endüstrisinde son 20 yıldır bu alanda çalışmalar artarak devam etmektedir. Altın geri kazanımda biyo-hidrometalurji prosesinin iki ana alanı vardır. Bunlar; biyo-oksidasyon ve biyo-sorpsiyon yöntemleridir. Biyo-oksidasyon, altının başlıca taşıyıcı mineralleri olan metalik sülfidlerden ve kullanılmış elektronik malzemelerden bakteriler yardımıyla geri kazanımda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Biyo-sorpsiyon yöntemi ise, mikroorganizmaların yüklü yüzey grupları ile çözelti içindeki iyonlar arasında pasif bir fiziko-kimyasal etkileşimdir.

Bu yöntemde ölü ya da canlı organizmalar kullanılabilir. Algler, mantarlar ve mayalar dahil olmak üzere çok sayıda mikroorganizmanın aktif olarak altın topladığı bilinmektedir. Biyo-sorpsiyon tabanlı yöntem, işlenecek kimyasal ve/veya biyolojik çamur hacminde ve detoksifiye edilmesinde yüksek verimlilik sunar. Bu anlamda biyo-hidrometalurjik proses; etkili, kolay ve çevresel açıdan da uyumlu bir teknolojidir (Syed, 2012).

## **2.10. Altın Hurdaları ve Atıkları İçin Rafinasyon Teknikleri**

Kuyumculuk sektöründen kaynaklanan ramat hurdaların, rafinasyon tekniği ile saf altın haline getirmek için kullanılan birçok metot vardır. Elde edilen altının saflığı, kullanılan tekniğe ve uygulamadaki çalışmaya göre değişebilir. Bu işlemler gerçekleşirken kullanılacak olan tekniğe bağlı olarak çevresel, sağlık ve güvenlik tedbirleri göz önünde bulundurulmalıdır.

### **2.10.1. Küpelasyon**

Küpelasyon, gözenekli çanak yapı içerisine kurşun eklenmesi ile altın, gümüşün elde edildiği çok eski bir tekniktir. Değerli metal içerisine kurşun eklenmesi ile 1000-1100 °C'ye kadar ısıtılır. Kurşun da dahil olmak üzere bütün bazik metallere ayrılarak altın-gümüş külçesi elde edilmektedir. Ancak, bu yöntem uygulanırken altın, gümüş ve platin grubu metallere ayrılmadığı için tam anlamıyla rafine işlemi gerçekleşmiş olmaz (Corti, 2002).

### **2.10.2. Analiz ve ayrılma**

Bu işlem hurda ramattan platin grubu yokluğunda %99'u aşan saflıkta altın üretme kapasitesine sahip bir teknik olarak kullanılmaktadır. Altın, gümüş vb. veya kral suyunda çözünebilir benzer metallere eritilerek altın oranı %25 veya altına çekilir (Erdem, 2006). Yüksek miktarda bakır veya gümüş ilavesi gerekmediğinden düşük altın ramatların işlenmesi için uygun bir prostestir. Kral suyu ile rafinasyon işlemleri gerçekleşmeden önce ramatların gümüş içeriğini

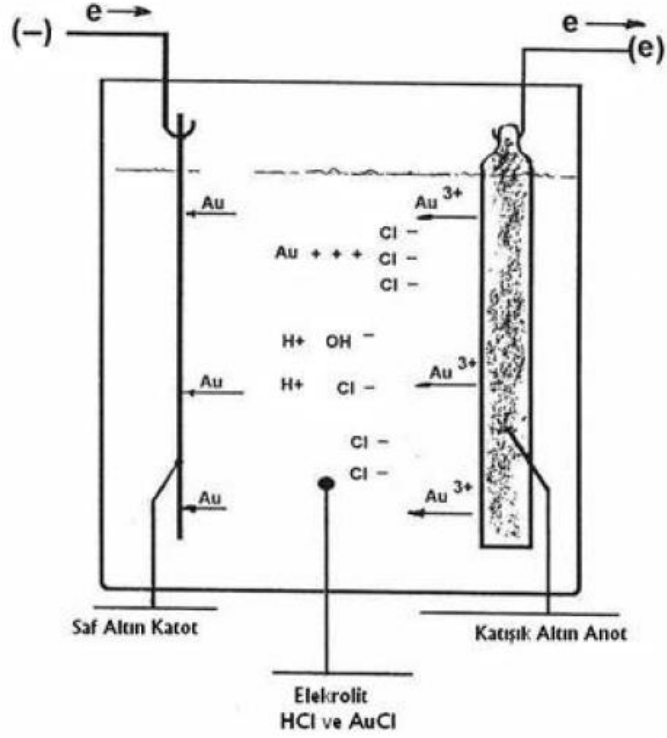
%10'un altına düşürmek için kullanılan bir ön adım uygulaması ile altın geri kazanımına devam edilir (Corti, 2002).

### **2.10.3. Miller klorlama prosesi**

Pirometalurjik bir klorlama işlemi ve büyük ölçekli işletmelerde hurda ramattan altın geri kazanımında kullanılan en eski ve en yaygın yöntemlerdendir. Erimiş haldeki baz metaller ve gümüş, külçe yüzeyinde uçucu hale gelen ve erimiş haldeki cüruf oluşturan klorürler olarak çıkarılır. Klor gazının kullanılmasından kaynaklı sağlık ve güvenlik yönünden teknik personel gerekliliği vardır. Mor renkteki altın dumanı oluşmaya başladığında, altın içeriği %99,5 saflığa kadar sürece devam edilir. Platin grubu metalleri çıkarılamaz olup %99,99 saflığa ulaşmak için farklı bir yöntem gerekmektedir. Küçük-orta ölçekli işletmeler için uygun olmayıp madenlerden dore altının birincil rafine edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Corti, 2002).

### **2.10.4. Wohlwill elektrolit proses**

Wohlwill yöntemi, büyük altın rafinasyon işlemlerinde genellikle Miller Prosesi ile birlikte yaygın olarak kullanılan eski ve köklü bir yöntemdir. Proses için kullanılan çözelti 2M hidroklorik asit ve 2M tetrakloroaurik asitten oluşmaktadır. Kuyumculuğun hurda ramatlarından elektrolitik teknik yöntemi ile hidroklorik asit bazlı bir elektrolit içinde saf olmayan bir altın anodun elektrolitiğin de çözünür. İşlem, katotta %99,99 saf altın birikmesiyle sonuçlanır. Gümüş ve platin grubu metaller anot inceltici olarak düşer, gümüş ise gümüş klorür (AgCl) olarak çamur halinde uzaklaştırılır. Anot için en az %98,5 saflıkta altın gerekmektedir. Çünkü aşırı şekilde gümüş anot yüzeyinde AgCl birikmesine ve altının çözünmesine engel olur. Prosesin şematik gösterimi Şekil 2.6'de verilmiştir. Kuyumculuk ramat ve hurdalarına rafinasyon işlemi uygulandığından, Miller veya analiz prosesleri gibi ön işlemler gereklidir (Corti, 2002).



Şekil 2.6. Wohlwill elektrolizinin şematik gösterimi (Erdem, 2006)

### 2.10.5. Fizzer hücre prosesi

Fizzer prosesi, Wohlwill elektrolitik işleminin bir çeşididir. Kuyumculuk sektörünün ramatları için uygun bir prostestir. Elektrolitik hücrede katot, yarı geçirgen yapıda olup anot tarafındaki çözünen altının katot üzerinde birikmesini engelleyen seramik bir zar ile ayrılır. Bu yarı geçirgen yapı sayesinde altın ve çözünen diğer metal klorürler birikir ve gümüş, platin grubu metalleri gibi çözünmeyen metal klorürler hücre dibine çöker. Kral suyu prosesinde olduğu gibi indirgeyici madde ile çökeltme işlemi gerçekleştirilir. Çözünen platin grubu metalleri altından ayrıştırılarak %99,99 saflığa ulaşılabilir (Corti, 2002).

### 2.10.6. Solvent ekstraksiyon

Bazı kimyasallar ile yapılan çözüldürme işlemlerinde hammaddedeki altın oranı minimum seviyededir ya da hammadde çok kirlidir. Bu işlemlerde altının farklı metallerle karışık katı bir ürün elde edilir. Bu işlemlerde en iyi yöntem solvent ekstraksiyon'dur. Bu işlem için altını suda karışmayan organik çözücüler içinde

çözünür hale getirmek için dibütütkarbitol (dietilen glikol dibütül eter) kullanılmaktadır. Altını diğer metallerden ayırmak için 1,5 M HCl ile işlenerek giderim sağlanır. Organik oksalik asit ile solvent temizlemeden sonra direkt redüksiyona tabi tutularak altın kazanma işlemleri gerçekteşmiş olur (Erdem, 2006).

#### **2.10.7. Kral suyu prosesi**

Kral suyu prosesi, 3:1 (3 Hacim Hidroklorik Asit, 1 Hacim Nitrik Asit) oranında hazırlanan karışım ile değerli metallerin çözümlendirilmesi sağlanır ve %99,99 saflıkta altın üretilebilmektedir. Ramat ve hurdalardan altın, indirgeyici madde yardımı ile çözümlerden ayrılması sağlanır ve eritilerek külçe haline getirilir. Uygulamada, yüzey alanını artırmak için hurda malzemeler parçalanır, üzerine asit ilavesi ile ısı verilerek çözünme işlemleri hızlandırılır. Kaynatma işlemleri uygulanırken bir çubuk vasıtası ile karıştırılarak sarı renkte azot oksit gazı çıkışı gözlemlenmektedir. Gaz çıkışı gerçekteşince karıştırma işlemleri tamamlanır. Çözelti içerisinde çözünmeyen metalleri uzaklaştırmak ve altını çöktürmek için çeşitli indirgeyici maddeler (demir sülfat, sodyum bisülfid, sülfür dioksit vb.) kullanılır. Redüktantlar eklendikten sonra çözelti içinden altın parçacıkları dibe çamur olarak çöker. Daha sonra suyla yıkanır, kurutulur ve eritilerek külçe haline getirilir (Corti, 2002).

#### **2.10.8. Pirometalurjik proses**

Ramat ve hurda atıklara bir dizi ısı işlem uygulanması ile değerli metallerin kazanılması ve saflaştırılması işlemleridir. Pirometalurjide uygulanan yöntemler ergitme, kavurma, ateşle tasfiye ve döküm gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Değerli metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilirken kullanılan yakıtlar, katkı maddeleri ve havadaki oksijen hammaddeyi teşkil etmektedir. Ergitme prosesi ile farklı metallerde elde edilebilmektedir. Çizelge 2.4'de bazı metallerin elde edilme oranları verilmiştir (Corti, 2002)

Çizelge 2.4. Pirometalurjik altın geri kazanım işlemlerinden bazik metallerin uzaklaştırılması (Corti, 2002)

<b>Metal</b>	<b>Uzaklaştırma %</b>
Çinko	99
Kurşun	92
Kalay	96
Demir	99
Kadmiyum	91
Antimon	90
Arsenik	94
Nikel	90

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde kuyumculuk sektöründen kaynaklı altın, gümüş vb. metallerin geri kazanım yöntemleri ve deneysel çalışmaları hakkında daha önce yapılmış olan örnek çalışmalar verilmiştir.

Sabah ve Şapçı (2020) yapmış oldukları çalışmada, ramat geri kazanım prosesinde açığa çıkan cürüflardan gravite ayırması ile altın geri kazanımı konusunda çalışmalar gerçekleştirilmiş olup maliyetleri azaltmak ve değeri olan metallerin geri kazanımını en üst seviyeye çıkarmak için gravite ayrılması ile zenginleştirme yöntemi ile santrifüj esaslı knelson konsantratörü kullanılarak Au tenörü ve altının geri kazanım verimine etkisini incelemişlerdir.

Günder (2015) yapmış olduğu çalışmada, kuyumculuk atölyelerinde altın üretiminde cila ramatında kullanılan kral suyunun sıvı gübreye dönüştürülerek çevreye herhangi bir zarar vermeden doğaya fayda sağlayabileceğini göstermiş ve tarımda kullanmak için toprak verimliliğini artırıcı sıvı gübre kullanımını sağlamıştır.

Syed (2012), ikincil kaynaklardan altının geri kazanılmasında farklı metodolojilere genel bir bakış konusunda çalışma gerçekleştirmiştir. Altının geri kazanımı, piyasa fiyatlarının yüksek oluşu, takı olarak yaygın kullanımı, endüstriyel alandaki geniş kullanımı, kutsal değer sayılmasından dolayı uluslararası alanda ekonomik ve siyasi kriz yaratması, metalin sınırlı bir kaynağı olması ve artan altın hisse değeri üzerinde durulmuştur. İyileşme sağlamak için kullanılan son teknolojiler olan pirometalurji, hidrometalurji ve biyo-hidrometalurji tekniklerine vurgu yapılmıştır. Geçmişte uygulanmış olan başarılarla ve mevcut altın geri kazanım yöntemlerinde ekonomik olarak hizmet verme konusunda geri kazanım çalışmaları sunulmuştur. Ayrıca bu çalışma, altının geri kazanılmasında çimentolama, indirgeyiciler, pıhtılaştırıcılar, adsorbanlar, aglomerasyon çözücüler, iyon değişim reçinleri ve biyo-sorbentler ile altının geri kazanılmasına ilişkin öngörüler de sunmaktadır. Çevre dostu

teknolojilerin, birincil ve ikincil kaynaklardan altın geri kazanımındaki değerlendirilmesi yapılmıştır.

Gürdal (2008) yapmış olduğu çalışmada, kuyumculuk sektörünün kıymetli atıklarının işlenmesi zor ve düşük içerikli olan cila ramatından altının geri kazanımı ve optimizasyon çalışmasını gerçekleştirmiştir. Cila ramatları yakılarak ön işlemlerden geçirilmiş, kül haldeki cüruflar 4 saat karıştırıcılarda homojenleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra küpelasyon ve titrasyon işlemlerinden geçirilerek altın miktarı tespit edilmiştir. Bilinen altın miktarı, kral suyunun ( $3\text{HCl}+\text{HNO}_3$ ) ve  $\text{HCl}+\text{H}_2\text{O}_2$  kombinasyonu ile farklı sıcaklıklarda çözünürleştirilmiş, HCl miktarını sabit tutarak  $\text{HNO}_3$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  miktarlarını belirleyerek kral suyunun 30-80 °C sıcaklık arasında zamana bağlı olarak çözme verimleri tespit edilmiştir. Son olarak, maksimum seviyede altını çöktürme işlemlerinin de en çok kullanılan demir sülfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve sodyum bisülfid ( $\text{NaHSO}_3$ ) kullanılarak elde edilen veriler kıyaslama yapılarak altın için uygun geri kazanım prosesi seçimini oluşturmuştur.

Erdem (2006), ülkemizde ikincil kaynaklardan altın geri kazanımında çevreye verilen zararlar yok sayılarak ve ilkel yöntemler kullanılarak, altın kaybına rağmen uygulanan metotlara alternatif bir proses tasarlamaya ve rafinasyon optimizasyonunu sağlamaya çalışmıştır. Bu çalışmada, 60-100 °C sıcaklık aralıklarında saf altın, yeşil, sarı ve kırmızı altın alaşımları ile çalışarak kral suyunu oluşturan hidroklorik asit ve nitrik asit oranlarının belirlenmesinin ardından sodyum bisülfid kullanılarak çöktürme deney çalışmaları gerçekleştirmiştir.

#### 4. RAMATÇILIK FAALİYETLERİ

Kuyumculuk sektöründe, madenleri (altın, gümüş vb.) işleyen fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutan ve değerli madenlere ısı işlem uygulayarak ergitme yapan kuyumculuk atölyelerinin önemli bir payı vardır. Kuyumculuk atölyelerinde altın, gümüş gibi değerli madenlerin işlenmesi esnasında kopan parçacıklar ortama dağılır. Değerli madenlerin işlendiği atölyelerde, fiziksel ve kimyasal işlemler sonrasında suya, havaya ve yerdeki tozlara karışan altın, gümüş, renyum, rodyum, paladyum, iridyum ya da platin gibi değerli metal kaybı söz konusudur. Kaybedilen değerli metal oranı %5-10'a kadar değişmektedir. Kuyumculuk sektöründe oluşan bu atıklara "ramat" adı verilir. Değerli metallerin geri kazanılması işlemine ise "ramatçılık" adı verilir. Ramatçılık ayrıca, gözle görülemeyen altın parçacıklarının yakma ve elektroliz yolu ile geri kazanılması işlemidir. Kuyumcu atölyelerinde oluşan atıklar, durulama suları, çamur atıkları, pota atıkları, değerli metallerin kimyasal yüzey işlemlerinden kaynaklı atıklar, iş kıyafetleri-koruyucu giysiler-temizleme bezleri vb. atıklar ramatçılara hammadde olarak işlem görmeleri amacıyla gönderilmektedir (Corti, 2002).

Hammadde olarak kabul edilen atıklar atölye (yer ramatı) ve cila ramatı olmak üzere iki farklı proseste işlenmektedir. Kuyumculuk atölyelerinden toplanan atıklar fırında yakıldıktan sonra ramata bağlı olarak atölye (yer ramatı) ve cila ramatı olmasına bağlı olarak proseslerden geçirilir. Ramat, üretim sırasında engellenemeyen maden atıklarının atölyenin çöp ve atıklarından geri dönüşümünü sağlamaktadır. Bu atıkların geri kazanılıp, piyasaya ürün olarak sunulması ülke ekonomisi açısından önem arz etmektedir. Ramat işlemleri sonucu altın, gümüş vb. değerli metallerin geri kazanımının gerçekleştirilebilmesi 100 kg ramat için hazırlanan kimyasal madde miktarları ve özellikleri hakkında bilgi Çizelge 4.1'de verilmiştir (Verisk, 2021).

Çizelge 4.1. 100 kg ramat için hazırlanan kimyasal madde miktarları ve özellikleri (Verisk, 2021)

Kimyasal Adı	Formül	Miktar(kg)	Özellikleri
Nitrik asit	HNO <sub>3</sub>	75	Yakıcıdır, yanıcı değildir. Aşındırıcı özelliğe sahip olup, kuvvetli asittir.
Hidroklorik asit	HCl	25	Yakıcıdır, yanıcı değildir. Metallerin birçoğu ile hidroklorik asit reaksiyona girerek havayla karıştığında, patlayan hidrojen gazı açığa çıkarır.
Demir (II) Sülfat	FeSO <sub>4</sub>	10	Yutulması halinde zararlıdır. Deri ve göz temaslarından kaçınılmalıdır.
Boraks	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	40	Ağızda tatlı bir alkali tadı bırakır, dehidrasyon sonucunda tebeşirimsi Tinkalkonite dönüşebilmektedir. Boraks, evaporitik ortamlarda oluşan bir mineraldir. Tuzlu göl sularının buharlaşması ile oluşur. Karbonatlar, sülfatlar ve halit gibi diğer evaporasyon mineralleri ile birlikte bulunur.
Sodyum Karbonat	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	40	Zararlı değildir. Parlama Sıcaklığı 220°C dir. Toz şeklinde olup, 20°C'de su ile çözülebilir.
Kurşun	Pb	80	Katı, gri renkte, kolay işlenebilir ağır metaldir. Doğada az miktarlarda fakat yaygın olarak bulunur. Erime noktası 327,5°C, kaynama noktası 1740°C'dir.

Atıklar, imalat ve üretimin her aşamasında ortaya çıkabilmektedir. Aşağıdaki Çizelge 4.2'de hurda ve atıkların içerisindeki değerli metal içeriği verilmiştir. Altın ve değerli metal içeriği, yapılan mücevheratın özelliklerine ve kullanılan ekipman türüne bağlı olarak bu oran değişiklik gösterir (Corti, 2002).

Çizelge 4.2. Farklı hurda atıklar içindeki altın içeriği (Corti, 2002)

Malzeme	Altın içeriği, ağırlıkça %
Eski mücevher	Yaklaşık 39-73
Tezgah hurdası	19-52
Lavoba tuzak tortuları	Yaklaşık 6-8
Halı ve ahşap zeminler	0,1-9
Eski potalar	0,85
Parlatma tozları ve süpürmeler	0,5-5
Saat kayışı ve çeşitli altın dolu hurda	0,25-5
Zımpara kağıtları, yer ve diğer mağaza kirleri, fırçalar	0,1-4

Kuyumculuk sektörü, değerli metal ve taşların işlenip şekillendirmesiyle tasarımını yapıp bilimsel teknik ve metotları uygulayıp özen ve sabır göstererek takı haline getirirler. Altın ve gümüş gibi değerli metallerin üzerine herhangi bir süs işlemi yapılmadan sadece metale yuva açan ve delme işlemi uygulayan kişilere "Sadekar" denir. Sadekarlar tarafından taşa yuva açma ve delme gibi işlemlerden sonra tasfiyesi yapılan ve kıymetli metal alaşımlarından yapılmış takılar, üzerine taş takma işlemi mihlamacılar tarafından da gerçekleştirildikten sonra da cila bölümüne gelir. Cilalama, mücevheratta takıların zarafet ve cezbedici ışıltısını ortaya çıkarmak için kuyumculukta yapılan bir işlemdir. Cilalama işlemi tamamlandıktan sonra cila motorunun vakum motoru çalışır iken tezgah üzerindeki bir fırça yardımıyla tozlar temizlenir (MEB, 2011). Vakumlama yöntemiyle temizlenen tozlar tezgah haznesine toplanır. Altının en çok fire verdiği bölümdür. İşlem gören mücevheratın şekline ve üretim sistemine bağlı olarak fire miktarı değişmektedir. Genelde fire ortalaması %10'dur. Yani 1 kg altın mücevheratı üretmek için 100 g altın firesi verilir (Gündeş, 2015).

Döner fırçalarını, mücevherlerin yüzeylerinden sürtünme etkisi ile aldığı mikrometrik kıymetli metal zerrecikleri, fırçaların arasındaki deliklerden vakumlama yöntemiyle alınır. Cila motoru içinde petek veya torbalarda biriken bu tozlar, geri kazanılmak üzere ramatçılara gönderilir (MEB, 2011). Cila motoru

dışında tezgahlar üzerinde el ile yapılan işçilik sonrasında atölye (yer) ramatı olarak isimlendirilen bir miktar atık oluşur. Kaybedildiği düşünülen fireler, cila ve atölye (yer) ramatlarının biriktirilerek Ramatçılara gönderilmesiyle büyük bir bölümü tekrar kazanılmış olur.

Cilalama ve imalat işlemlerinde takıların yüzeylerine bulaşmış çeşitli yağ, toz vb. kirleticiler takıların yüzeylerinde istenmeyen leke ve izler bırakmaktadır. Bu durum, takıların parlaklığını ve ışıltısını azaltmaktadır. Yıkama işlemi uygulanarak takılar yüzeyindeki kirlere arındırılarak takılara parlaklık kazandırılır. Yıkamada kullanılan malzeme ısıya ve paslanmaya dayanıklı olmalıdır.

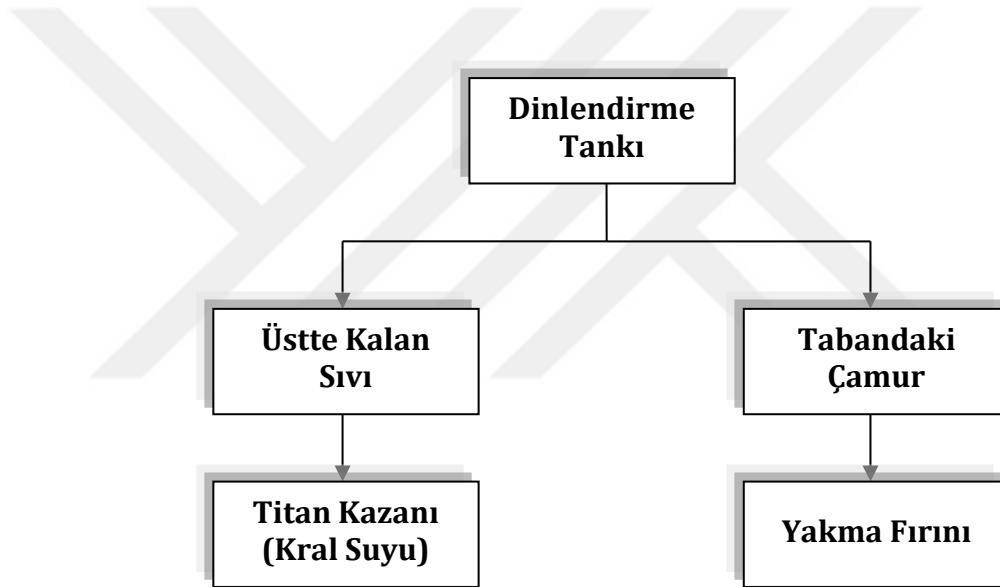
Cilalama işlemi sonrası ürünlere parlaklık kazandırılması için yıkama yapılmasının ardından bir miktar su oluşmaktadır. Oluşan bu sular yıkama ramatı olarak adlandırılmaktadır. Bu sular; lavabo atıkları (çamur ve sıvılar), banyo ve el yıkama suları gibi içerisindeki değerli metalleri geri kazanmak için belli aralıklarla toplanmaktadır. Ramatçılarda, kuyumculuk üretim sürecinde ortaya çıkan değerli metalleri içeren hurda atıklar, yer ve cila ramatları, yıkama suları, sulu-kuru tesviye ramatları, patlatma suları, elektrolit kaplama banyolarının atık suları, kullanılmış potalar, filtreler, cürufklar ve çöpler yapıldığı ramat türüne göre kral suyu ve/veya kal yöntemi ile saflaştırılmakta, %99,94-99,99 safiyette değerli metal elde edilmektedir (Fidan, 2016).

#### **4.1. Ramat Ön Hazırlık İşlemleri**

Atıklar, geri kazanılmaya başlanmadan önce hazırlık gerektiren ön işlemlere tabi tutulmaktadır. Tesise gelen atıklar, katı ve sıvı formlarda olabilmektedir. Atığın özelliğine göre, kimyasal (kral suyu ile çözdürme) veya kal (ergitme) prosesi gibi işlemlerden geçirilmektedir. Özellikle katı formda olan yer ramatları (eldiven, temizleme bezleri, üstüğü, koruyucu giysiler vb.) kontamine olmuş ramat atıkları ergitme (kal) prosesi işlemine tabi tutulmaktadır.

Cila ramatları, kaynağına bağlı olarak katı ve sıvı formlarda olmaktadır. Sıvı halde bulunan ramat atıkları; durulama suları, patlatma suları, el yıkama ve banyo sularıdır. Kaba malzeme içermeyen ramat atıkları ile sıvı haldeki atıklar kimyasal proses (kral suyu ile çözdürme) işlemine tabi tutulmaktadır.

Sıvı nitelikte olan ramat atıkları dinlendirme tanklarında bir süre bekletilir. Bekleme işleminden sonra değerli metaller tabanda çökmüş halde üst sıvıdan ayrılır. Daha sonra ramatın formuna göre yer ramatı veya cila ramat bölümlerinde belirli işlemlere tabi tutularak değerli metallerin (altın, gümüş vb.) geri kazanımı sağlanmaktadır. Ramat için uygulanan ön hazırlık işlemi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



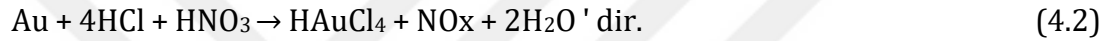
Şekil 4.1. Ramat için ön hazırlık işlem şeması

#### 4.2. Cila Ramatı

Ramatçıya kapalı kaplarda gelen cila ramatları içerisindeki organik atıklardan ve kimyasallardan kurtulmak için yakma fırınında yakılmaktadır. Bu yanma işlemi tavalarda içerisinde gerçekleşmektedir. Yanma işlemi sonrasında, tavalarda kül halde bulunan altın ve diğer değerli metal içeren tozlar oluşmaktadır. Oluşan bu küllerin içerisindeki değerli metal tozlarını ayırmak için kimyasal işlemlere tabi tutulmaktadır. Bu işlemde altın, gümüş dışında platin grubu metalleri içeren ramatlardan değerli metalleri geri kazanım yöntemlerinden biri de

kuyumculukta kullanılan kral suyu olarak bilinen kuvvetli asit birleşimi ile reaksiyona alınmaktadır. Kül içerisindeki değerli metali almak için kral suyu 3:1 (3 Hacim Hidroklorik Asit, 1 Hacim Nitrik Asit) oranında hazırlanmaktadır (Erdem, 2006). Kral suyu miktarının belirlenmesinde ramat miktarı önemlidir.

Kral suyu, konsantre nitrik asit ( $d = 1,38 \text{ g.ml}^{-1}$ ) ve hidroklorik asitin ( $d = 1,19 \text{ g.ml}^{-1}$ ) birleşiminden oluşturulmaktadır (Günder, 2015). Bu ortamda altının kuvvetli asit çözeltisi olan kral suyu ile çözünmesini sağlayan reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.

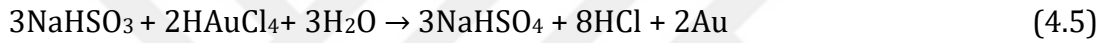


Tavada bulunan kül aside dayanıklı kap olan titanyum kazanına alınarak üzerine hazırlanan kral suyu konulur. Hazırlanan karışım kap ile birlikte kapalı halde bulunan asit kabine alınarak kaynatılır. Kaynatma işlemi sırasında çubuk vasıtası ile karıştırma işlemi yapılarak azot oksit gazının uzaklaştırılması ve kral suyu içerisinde çözünmesi sağlanmakta olup sarı renkli gaz çıkışı gözlenmektedir. Bu karıştırma işlemi katalizör etkisi sağlamış olup gaz çıkışı gerçekleşince karıştırma işlemi bırakılır ve karışım başka bir plastik kaba alınır.

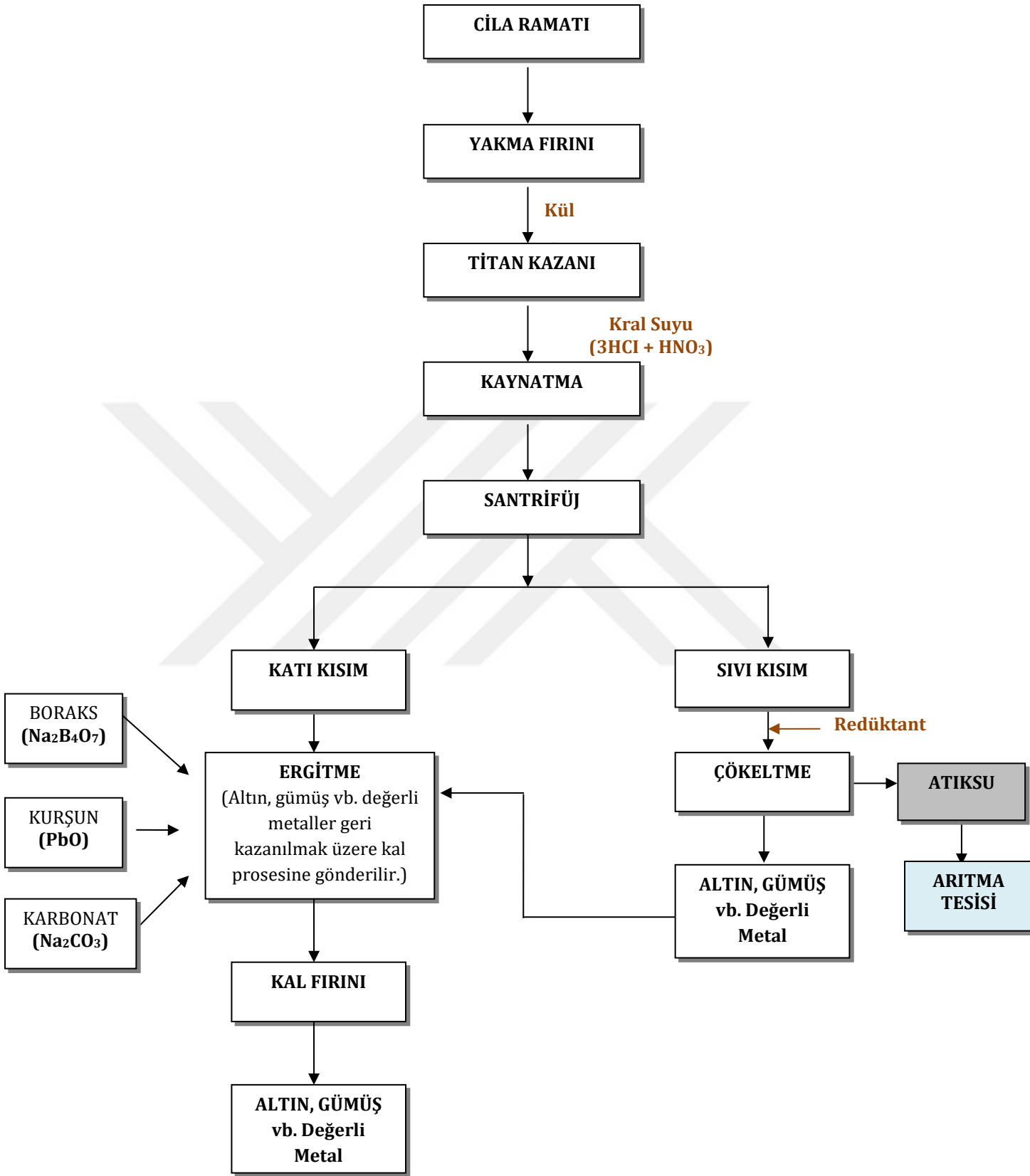
Karışım su ilave edilir ve santrifüj cihazına alınır. Örnek santrifüj fotoğrafı EK A-4'de yer almaktadır. Çalışma süresi yaklaşık yarım saat olarak ayarlanarak makine çalıştırılır. Süre sonunda çözeltideki katı ve sıvı fazların ayrılması sağlanmaktadır. Çöken katı kısım bir miktar değerli metal içermesi nedeniyle tekrar işleme tabi tutulmak üzere kal bölümüne iletilir. Çamurdan ayrılan sıvı kısım yani kral suyundan altını ayırt edebilmek için nitrik asitin tam olarak bitmiş olması gerekmektedir. Kısaca kaynatma işlemi sırasında oluşan azot oksit gazlarının uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bunun içinde ilk olarak kral suyuna üre ( $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$ ) eklenerek reaksiyon oluşturulmaktadır. Üre; nitrik asit, sodyum hipoklorit gibi bileşiklerin etkisiyle azot, su ve karbondioksit

dönüştürülmektedir. Kral suyu içerisinde ürenin çözünmesinden sonra altın çöktürme işlemine tabi tutulmaktadır (Gündeş, 2015).

Değerli metalleri kral suyunda çöktürmek için çeşitli indirgeyici redüktantlar kullanılmaktadır. En çok kullanılanlar ise demir (II) sülfat ( $\text{FeSO}_4$ ), kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ), ve sodyum bisüfit ( $\text{NaHSO}_3$ ) tir. Ama bunların içerisinde de en çok tercih edilen ise  $\text{FeSO}_4$ 'dir. Bunların altın ile oluşturduğu tepkime denklemleri aşağıda gösterilmektedir:



Ayrı bir kaba alınan sıvı kısım yani kral suyu içine redüktant madde eklenerek indirgenmesi sağlanıp yanındaki safsızlıklardan arındırılması sağlanmaktadır. İndirgeyici madde olarak eklenen madde 1/5 oranında olup bu işlem sonunda değerli metal çöktürülerek saf olarak alınmaktadır. Çöktürme işleminde çöken kısım saf altın olup, üst kısımda bulunan sulu kısım ise pH nötralize ( $\text{pH} = 7$ ) oluncaya kadar seyreltme işlemi yapılarak bünyesindeki değerli metallerin çökmesi sağlanır. Altının ortalama %94-97 oranında geri kazanımı mevcuttur. %2-3'lük kısım kral suyunun içerisinde mevcuttur. Nihai olarak oluşan kral suyu kapalı olacak şekilde biriktirilir ve içerisine alüminyum levha bırakılarak 5-6 gün bekletilmektedir. Bekleme işlemi sonunda dipte oluşan tortu değerli metal içermesi sebebi ile geri kazanım işlemine tabi tutulmaktadır. Bu sayede verimlilik yüzdesi %99 oranlarına ulaşabilmektedir. Son işlemde sonra oluşan atıksu pH seviyesi kostik ile 7'e ayarlanarak kanalizasyona ya da arıtma tesislerine iletilir. Ramatın yakılmasından ve geri kazanılma işlemine kadar olan süreç Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Cila ramatı iş akış şeması

### 4.3. Atölye (Yer) Ramatı

Kuyumculuk atölyelerinde değerli metallerin işlenmesi esnasında cila motorunda yapılan metallerin fiziki ve mekanik yüzey işlemlerinin şekillendirilmesinden kaynaklanan ve bunun dışında el ile yapılan işçilik sonrasında koruyucu giysiler, temizleme bezleri vb. malzemeler üzerindeki değerli metallerin bulunduğu tozlar atölye (yer) ramatı olarak adlandırılır.

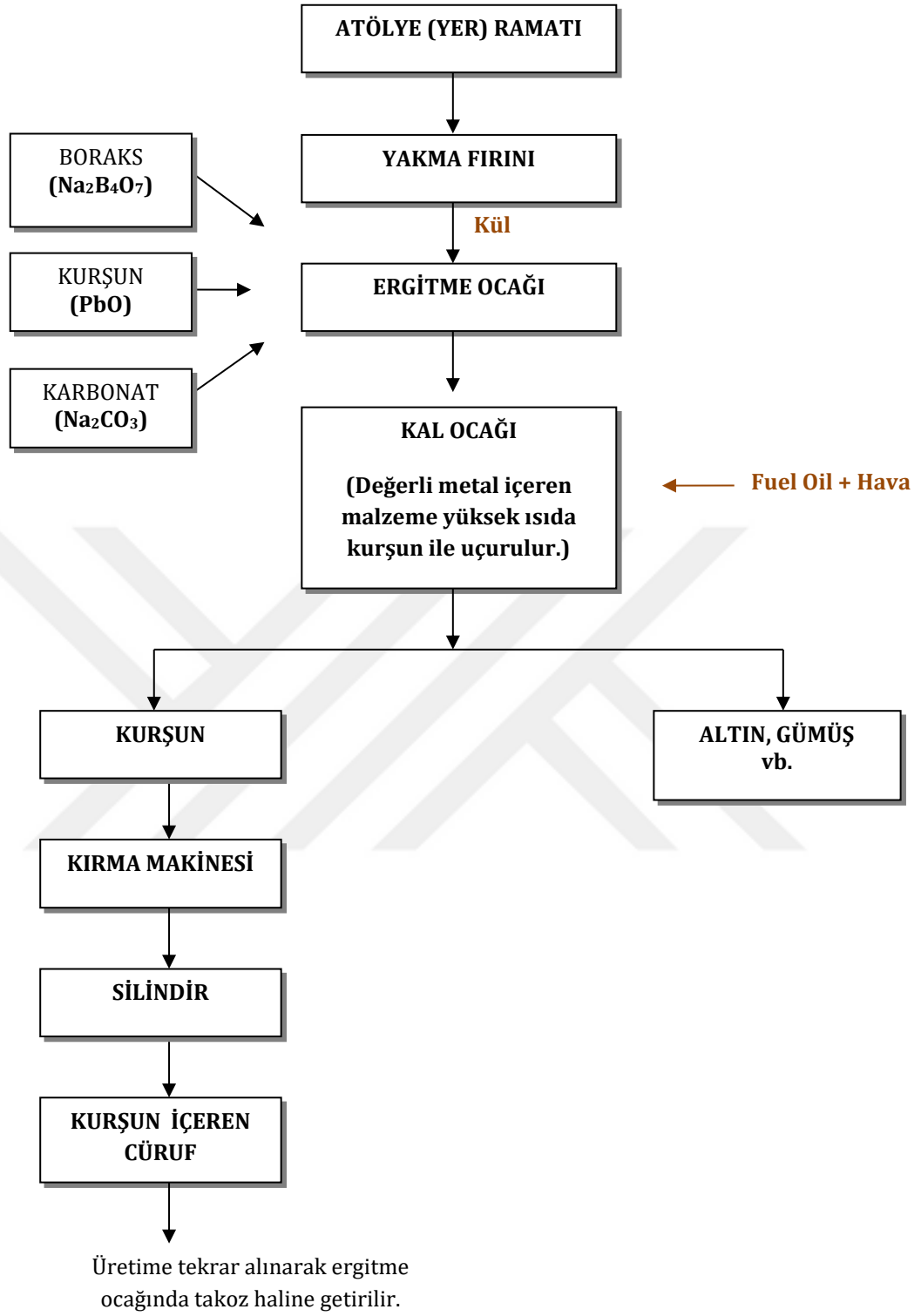
Öncelikle cila çamurları, atölye ramatları, ocak ramatları ve ayarı bozuk külçeler yapısına göre 400 °C ile 700 °C arasında yakma fırınına alınan yer ramatları ısıtma işlemi gördükten sonra, yanma saç tepsilerde değerli metal içeren altın, gümüş vb. tozları içeren kül kalmaktadır. Ön eleme işlemi yapılarak yakılmış ramat içerisinde külün kaba partiküllerden ayrılması sağlanmaktadır. Ergitme işlemine hazır olan ramata, ergimeyi kolaylaştırması ve homojen bir akışkanlık kazandırması amacıyla cüruflaştırıcı boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), metalleri toplaması için kurşun tozu ( $\text{PbO}$ ) ve fuel-oil ramat içerisine ilave edilmektedir. Kullanılan ham maddenin içeriğine bağlı olarak 1200-1500 °C 'de ısıtma işlemi gerçekleştirilerek ve indirgeyici şartlar nedeniyle altın ve gümüş kurşunun bünyesinde toplanır.



Ergitme ocaklardaki tavalarda eritilen malzeme kal ocaklarında işlenmek üzere potaya alınarak eritme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem yaklaşık olarak 1-1,5 saatte 950-1200 °C sürmektedir. Saç tava içerisindeki kül, değerli metallerden ayırmak için kal ocağında işleme tabi tutulmaktadır. Kal metodu, kuyumculukta oluşan ramat atıkları, altın izabe tesisleri ve cila evlerinde oluşan ramat atıklarını yıllar boyunca işlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca herhangi bir alaşım içerisindeki değerli metallerin belirlenmesinde kullanılan kantitatif bir analiz yöntemidir. Soy metal içeren cevher (altın, gümüş, platin vb.) alaşımı ve soy metal içerikli her türlü katı atığa uygulanabilen bir metottur. Kal ocakları; kiremit tozu, ateş tuğlası tozu, kül ve çimentodan yapılmıştır. İçerisinde erimiş halde bulunan potalar ocak içerisinde yüksek sıcaklıklara tabi tutulmaktadır. Yüksek sıcaklıkta

kurşun metali erimekte ve pota dibine çökmekte olup ayrıca kurşunun bir bölümü uçurulmaktadır. Sonuç olarak, ergitme ve redüksiyon esaslı bu aşamada iki katmanlı metal ve cüruf elde edilmektedir. Bunlardan biri değerli metalleri içeren erimiş haldeki kurşun iken diğeri ise soy metalleri ve metalik olmayan elementleri içeren cüruftur. Oluşan bu ürünün birbiri içerisinde çözünmesi olmadığından ve özgül ağırlık farkı büyük olmasından kaynaklı birbirinden kolayca ayrılabilir. Yoğunluk farkından kaynaklı üst kısımda cüruf tabakası, orta kısımda atılan toz kurşun, alt kısımda ise değerli metallerin bulunduğu dip kısımlara çöker. Katılmış olan ramat kalıptan bu şekilde çıkartılır. Üst kısımda bulunan cüruf tabakası tekrar geri kazanılmak üzere kırma ünitesine gönderilir. Kıymetli metal içeren kurşun metali demir yardımıyla dövülerek küp şekline getirilmektedir. Değerli metallerin kurşundan ayrılma işlemi kal ocaklarında gerçekleştirilir.

Kal ocaklarında kurşundan değerli metalleri ayırma işlemi gerçekleştirilmesi için bir karışım oluşturulur. Bu karışım; çimento, kiremit tozu, ateş tuğlası tozu, ve külden yapılmış karışım hafif ıslatılmış şekilde kal ocaklarına alınır. Kal ocaklarında yüzeyi düzeltilerek içine kalı alacak şekilde küpel pota denilen "yuva" açılır. Bu yuvaların adına da "küpel potası" denir. Elde edilen küpel potaları kurşunu bünyesine hapsedecek kadar porozlu bir yapıya sahiptir. Küpel potalara yerleştirilen kurşun küpleri 850-900 °C'lere kadar ısıtma işlemi gerçekleştirilir. Yer ramatında kullanılan malzeme fotoğrafları EK A.1-2-3-5-6-7'de verilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda kurşun metali erimekte olup bir bölümüde uçurulmaktadır. Erimiş kısımdaki kurşunun, küpel potası tarafından emilimi gerçekleşirken pota tabanında altın, gümüş, bakır vb. değerli metalleri içeren dore metal elde edilmektedir. Şekil 4.3'de yer ramatından değerli metalin geri kazanım süreci anlatılmıştır. Ancak, kullanılan bu yöntemle geri kazanılan altın; gümüş, bakır ve platin grubu metallere ayrılamadığı için dore metalin hidrometalurjik proses yöntemi ile rafine edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.3. Atölye (yer) ramatı iş akış şeması

## **5. RAMAT İŞLEMLERİ SONUCU OLUŞAN ATIKLARIN YÖNETİMİ**

### **5.1. Ramattan Değerli Metal Kazanımı Sonrası Oluşan Atıkların Geri Kazanım ve Bertaraf İşlemleri**

Ramat atıklarından değerli metaller (altın, gümüş vb.) geri kazanıldıktan sonra tehlikeli madde ihtiva eden atık oluşmaktadır. Bu atıkların kontrolü, depolanması ve bertarafa iletilmesi önem arz etmektedir. Bu anlamda ramatların atık işleme ve geri kazanım tesislerine ulaşmasından itibaren uygulanan işlemlerde tehlikeli atıklar oluşmaktadır. Ramatçılık faaliyetlerinde kullanılmış koruyucu giysiler, eldiven, temizleme bezleri, filtreler vb. gibi kontamine atıklar oluşmaktadır.

Yakma işlemlerinden kaynaklı bacalarda bulunan filtrelerde toz atıklar oluşmaktadır. Bu toz atıkları, baca gazı tozu olarak adlandırılıp ramat geri kazanım işlemleri sırasında kimyasal kullanılmasından dolayı tehlikeli atık olarak nitelendirilirler. Bu toz içeriğinin %80'ini kurşun oluşturmaktadır. Değerli metallerin kazanımında uygulanan ergitme ve redüksiyon gibi işlemlerden sonra birincil üretim tuz cürufları oluşmaktadır. Oluşan bu cüruflar, düşük oranda da olsa değerli metal ihtiva etmesinden dolayı tekrar geri kazanım işlemine tabi tutulmaktadır. Dönüştürülme işlemi tamamlandıktan sonra da geriye tehlikeli atık olarak nitelendirilen cüruflar oluşmaktadır.

Kal bölümlerinde ramatın geri kazanım işlemlerinde kullanılan; boraks, kurşun, karbonat vb. kimyasalların taşındığı ambalajlardan dolayı kontamine atıklar oluşmaktadır. Kimyasal malzemelerinde kullanıldığı ısıya dayanıklı ateş tuğlası olarak da adlandırılan refrakter atığı ve yine kimyasal kullanımından kaynaklı tehlikeli durulama sıvıları oluşmaktadır. Oluşan bu durulama sıvıları arıtma tesislerine iletilmektedir. Düşük oranda da olsa değerli metal ihtiva etmektedir. Arıtma tesislerinde de değerli metalleri belli aralıklarla geri kazanımı yapılmaktadır. Bunların herhangi bir malzeme ile temasından kaçınıp geri kazanım/bertarafa iletilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde ramat atıklarından geri kazanım sonrası oluşan atıkların lisanslı firmalara iletilerek bunların güvenli bir şekilde bertarafı gerçekleştirilmektedir. Atıklar, lisanslı firmalara gönderilirken bir atık transfer kodu belirtilmelidir. Altı haneli bu kod atık üreticisini ve bertaraf noktasını açıklar niteliktedir. Bu anlamda standart bir kodlama sistemi yaparak atık türünü sınıflandırır. Bu sınıflandırma, Atık Yönetmeliği listesinde de belirtilmiş olan EWC (Avrupa Atık Kodları) olarak adlandırılır.

Ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde değerli metallerin geri kazanımı sonrasında oluşan atıkların yönetimi oldukça önemlidir. Bu atık yönetiminin uygulanması ile toprak, hava, göl veya deniz vb. alıcı ortamlarda canlıların nesillerini sürdürebilmesine ve dolaylı yollardan insanların daha kaliteli bir yaşam sürmesine olanak sağlar.

## 5.2. Değerli Metal Kazanımının Hava Emisyonuna Etkisi

Değerli metaller, cila ramatı ve yer ramatı gibi geri kazanım işlemleri gerçekleştirilmesi esnasında hava emisyonu oluşmaktadır. Oluşan bu emisyonlar ısıl işlemlerden kaynaklanan yakma fırını, kal ocağı ve ergitme ocağında, kral suyu işleminin yapıldığı asit kabinindeki kaynatma işleminden ve kırma-ezme makinelerinden kaynaklanmaktadır. Çizelge 5.1'de ramatla geri kazanım işlemleri gerçekleşirken yakma işleminin gerçekleştiği ergitme bölümü ve kaynatma işleminin yapıldığı kimyasal bölümlerin bacalarında oluşabilecek emisyon parametreleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. Değerli metal kazanılan bölümlerde oluşan emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Parametreler											
	Yanma Gazları			Toz	VOC	İslilik	HF	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ağır Metal	PAH	HNO <sub>3</sub>
	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>									
Ergitme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
Kimyasal İşlem	-	-	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓

CO: Karbonmonoksit

VOC: Uçucu organik madde

PAH: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar

Emisyon azaltımını sağlamak ve atmosfere doğrudan verilmesini engellemek için filtre kullanılmaktadır. Genel olarak ülkemizde ramat sektöründe torbalı ve asit yıkama filtre kullanımı mevcuttur.

### **5.2.1. Torbalı filtre sistemi**

Torbalı filtreler, endüstriyel tesislerde üretimde oluşan ve geri kazanımın gerçekleştiği ramatçı atölyesinde ortama yayılan toz partikülleri tutmak ve bu toz partiküllerini havadan ayrılmasını sağlayarak depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Çalışanların sağlığı için iç ortamın hava kalitesini de yükseltirler. Bununla birlikte atmosfere salınabilecek gazların tutulmasına yardımcı olurlar. Bu filtrelerin diğer partikül tutma mekanizmalarına göre avantajları; düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine ve de yüksek verim sistemlerine sahip olmalarıdır. Filtrelerin dış yapıları çelik gövdeye sahiptir. Bu yapı içerisinde basınçlı hava mekanizması, hava kilidi, konveyör bölümü, otomatik kontrol sistemi ve fandan meydana gelmektedir. Bu sistemde, basınç veya vakum oluşmasında kullanılan hava yada gaz, sisteme filtre gövdesinin alt kısmından girer. Filtre torbaları yönünde olan havanın hareketi, taşımakta olduğu toz partiküllerini torbanın dış yüzeyine bırakmaktadır. Torba kafesinin iç bölümüne geçen temiz hava venturi bölümünü geçerek filtre ünitesi temiz bölmesine erişir, buradan egzoz sistemi sayesinde üniteyi terk eder. Şekil 5.1'de şematik gösterimi gösterilmiştir (FTA, 2020).



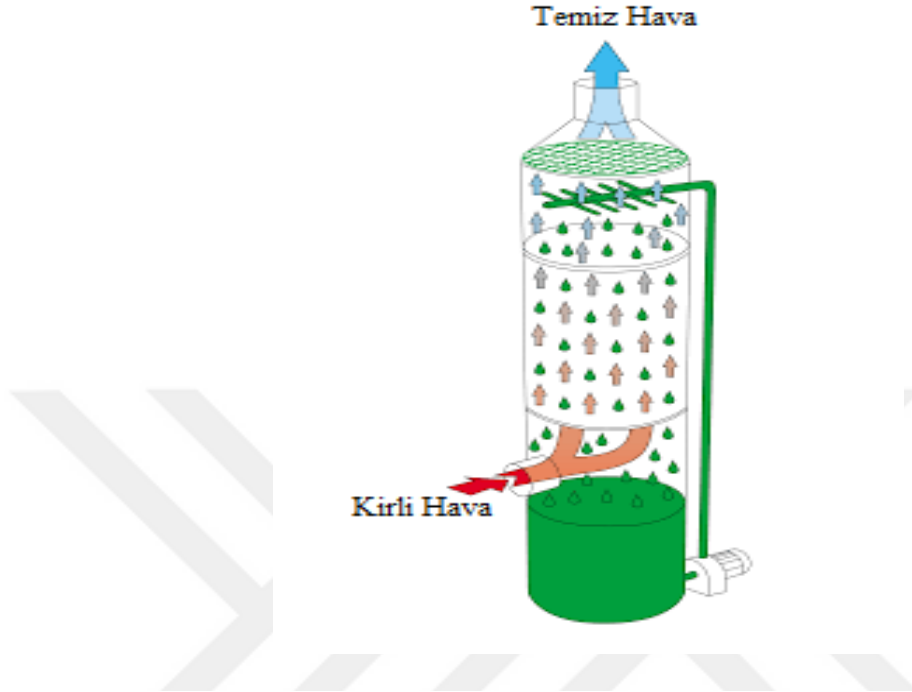
Şekil 5.1. Torbalı filtre (Simtes, 2020)

### 5.2.2. Asit yıkama filtre sistemi

Ramatçıların ve endüstriyel tesislerin kimyasal işlem faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon ve kokunun giderilmesi için bir gaz arıtma sistemi (scrubber – asidik filtre) kullanılmaktadır. Sistem, kirlenmiş hava gaz karışımının gaz absorpsiyonu, oksitleme ve nötralizasyon gibi yöntemler ile arıtılması esasına göre çalışmaktadır. Kirlenen gaz, bir fan yardımıyla çekilerek gaz yıkama kulesi içerisinden aşağıdan yukarıya doğru geçirilmektedir. Aynı zamanda kulenin alt haznesinde bulunan özel çözelti (kostik), nozul yardımıyla püskürtülmektedir (İnter, 2017).

Solüsyonun gaz ile teması için dolgu malzemeleri ve medyalar (rashing halkaları) kullanılır. Kule içerisindeki bu malzemeler, kirli gazın çözelti ile reaksiyonunu kolaylaştırmak için geniş bir yüzey alanı sağlamaktadır. Gaz akımı ile sürüklenen sıvı damlacıkları, kulenin üst kısmına yerleştirilen damla tutucu ile tutulur. İstenmeyen gaz konsantrasyonu limit değerlerin altında ve kokusuz olarak atmosfere salınır. Şekil 5.2'de asit yıkama filtresi şematik olarak gösterilmiştir. Kimyasal buharın emilmesi (scrubber/asidik filtre sistemleri) olarak da isimlendirilen bu sistem az bakım gerektirmesi, direnç kaybının düşük olması,

inorganik koku ve dumanların çevre kanunlarına uygun sınır değerlere indirilmesinde, toz ve gazların giderilmesinde yüksek performans göstermesi nedeniyle özellikle “Ramatçılık” sektöründe tercih edilmektedir (İnter, 2017).



Şekil 5.2. Asit yıkama filtre (İnter, 2017)

### 5.3. Ramat İşlemleri Sonucu Oluşan Atıksu ve Cüruf Miktarının Hesaplanması

Kuyumculuk atölyelerinden ramatçıya gelen değerli metallerin geri kazanım işlemlerinin gerçekleştirilmesi sırasında ve/veya sonrasında tehlikeli atıklar oluşmaktadır. Kuyumculuk atıklarına uygulanan cila ramatı ve yer ramatı gibi işlemlerden altın geri kazanılmaktadır. Yapılan saha çalışmaları sonucunda, geri kazanım sonrası açığa çıkan atıksu ve cüruf miktarının yaklaşık olarak aşağıdaki gibi olduğu belirlenmiştir.

#### **10 kg atölye(yer) ramatı için:**

Yer ramatından altının geri kazanılması sırasında koruyucu giysiler, filtreler ve temizleme bezleri gibi üzerinde değerli metallerin toz parçacıkları bulunan değerli atıklar oluşmaktadır. Bu malzemelerden altının kazanılmasında kullanılan kimyasallar sonucu oluşan cüruf miktarı %30-%35 civarındadır.

Oluşan cürufun ramatçı da tekrar üretim sürecine dâhil edilerek kazanımı mümkündür.

➤ (10 kg ramat) x (0,30) → 3 kg cüruf oluşmaktadır.

**10 kg cila ramatı için:**

Kuyumculukta oluşan cila ramatları ise; durulama suları, patlatma suları, elektrolit kaplama suları, banyo ve el yıkama suları geri kazanılmak üzere belirli aralıklarla biriktirildikten sonra ramatçıya getirilir. Cila ramatı prosesi sonucu açığa çıkan atıksu yüzdesi %95-98 ve cüruf yüzdesi ise %5-6 civarındadır.

➤ (10 kg ramat) x (0,05) → 0,5 kg cüruf oluşmaktadır.

➤ Ortalama 500 L atıksu oluşmaktadır.

(Kullanılan 500L'lik su, santrifüj makinesinden ve durulamadan kaynaklı sulardan oluşmaktadır)

**Örneğin;** Bir ramat işleme ve geri kazanım tesisi olan X firmasına Y isimli kuyumculuk imalat firmasından;

**10 07 02** (Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruf ve köpükler) → 90 kg

**12 01 04** (Demir dışı metal toz ve parçacıklar) → 10 kg

kodlu atıklar gönderilmiştir. Buna göre proses sonucu oluşan altın, tuz cüruf ve su miktarının hesaplanması yanında proses girdi ve çıktıları Çizelge 5.2'de kütle denge sistemi üzerinde verilmiştir.

**Su Miktarı:** Santrifüj makinasından kaynaklı su miktarı 500L' dir.

**Altın:**  $90 \text{ kg} \times 0,0002 = 0,01 \text{ kg}$   
 $10 \text{ kg} \times 0,05 = 0,5 \text{ kg}$  } Saha çalışmalarında bu oranlar belirlenmiştir.  
**Toplam:**  $0,018 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} = 0,52 \text{ kg}$  altın

**Cüruf:**  $(90 \text{ kg} \times 0,05) + (10 \text{ kg} \times 0,3) = 7,50 \text{ kg}$

**Fire:**  $100 \text{ kg} - 7,50 \text{ kg} - 0,51 \text{ kg} = 92,00 \text{ kg}$

Çizelge 5.2. Kütle denge sistemi

Proses Girdileri		Proses Çıktıları	
Atık	Miktar (kg)	Atık	Miktar (kg)
10 07 02	90,00	10 08 08	7,50
12 01 04	10,00	11 01 11	500 L
		<b>Ürünler</b>	
		Altın	0,52
		<b>Fire</b>	
		Yanma sonucu oluşan kayıp	92,00

#### 5.4. Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi

##### 5.4.1. Su kalitesi Yönetimi

Su kirliliği; su kaynağının kimyasal, bakteriyolojik, fiziksel, ekolojik ve radyoaktif özelliklerinin negatif yönde değişiklik göstermesi şeklinde gözlenmektedir. Doğrudan veya dolaylı yoldan insan sağlığında, su kalitesi ve su ürünlerinde, biyolojik kaynaklarda ve suyun diğer kullanım amaçlarını da engelleyici bozulmalar oluşturacak madde ve enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (CSB, 2004).

Altın, gümüş vb. değerli metallerin geri kazanımı gerçekleşirken su kalitesi bakımından öncelikli olarak suyun hangi alanda ve ne amaç ile kullanılacağıdır. Su kalitesi için kriterlerin, etkilerin ve sonuçların belirleneceği, sorunlara karşı farklı mühendislik çözümleri belirleneceği, fayda-maliyet tablosu analizlerinin, sosyoekonomik alandaki etkilerinin tanımlanacağı su kalitesi yönetimi belirlenmelidir (Erdem, 2006).

Ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde çalışanların ihtiyaçlarını gidermek için kullanılan evsel nitelikli atıksular, değerli metallerin kazanım proseslerinde

kullanılan kimyasal içerikli sular, kuyumculuk kaynaklı atıksular; banyo ve el yıkama suları, patlatma suları, tesviye suları, elektrolit kaplama suları vb. gibi suların tesise ulaşmasından itibaren atıksu çıkışı olduğu gözlemlenmektedir. Tesis içerisindeki her bölüm için bir çalışma gerçekleştirilerek iş bazlı atıksu miktarları gözlemlenmeli ve buna bağlı olarak arıtma ile ilgili çalışmalar yürütülmelidir. Bu çalışmaları yürütürken Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliğine uyulması esastır.

#### **5.4.2. Hava kalitesi Yönetimi**

Modern hayatın getirdiği şehirleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, küresel ölçekte geniş bir etki alanına sahiptir. Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığına etkileri olması nedeniyle tüm dünyada hava kalitesine büyük önem verilmektedir. Geri kazanım işlemleri gerçekleştirirken çalışanların çalışma ortamının hava kalite değerlerinin düzenli olarak takip edilmesi, mevcut durumu korumak ve gerekli ölçümlerin düzenli yapılması önemlidir.

Değerli metalleri işleme ve geri kazanım tesislerinde kal ocağında, kral suyu proses uygulamalarının gerçekleştiği asit kabinlerinde yanma prosesleri sonucu zehirli gazlar ortaya çıkmaktadır. Bu zehirli gazların atmosfere salınımını engellemek için filtreler kullanılmaktadır. Tesis içerisinde torbalı, siklon ve sulu filtre kullanımları mevcuttur.

Günümüzde hava kirliliğinin olumsuz etkilerini takip etmek için Hava Kalitesi İzleme İstasyonları oluşturulmuş ve bu istasyonlarda çeşitli parametreler izlenmektedir. EPA hava kalitesi indeksini ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlanarak oluşturulmuştur. 5 temel kirletici gaz için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler (PM<sub>10</sub>), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>)'dur. EPA hava kalitesi indeksi Çizelge 5.3'de verilmiştir (IHKİM, 2018).

Çizelge 5.3. EPA hava kalite indeksi (IHKIM, 2018)

Hava Kalitesi İndeksi (AQI)	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renk Sembolü	Anlamı
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamını etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alanı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

#### 5.4.3. Toprak kalitesi Yönetimi

Toprak kirliliği; insan etkinlikleri sonucu oluşan toprağın fiziksel, biyolojik, jeolojik ve kimyasal yapısının bozulmasıdır. Endüstriyel tesislerin çalışmaları sonucunda oluşan su ve hava kirlilikleri kimyasal yöntemlerle toprağa karışma eğilimindedir. Bununla birlikte tehlike arz eden endüstriyel atıkların açık yerlerde yayılması muhtemeldir (Aydın, 2012). Tehlikeli atık ve kimyasallarla kirlenmiş toprakların kirlilik durumunun tespiti, çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturabilecek risklere karşı iyileştirme ile ilgili çalışmalar yapılması gerekir.

Mevzuata ilişkin yönetmelik gereğince şartlara uyulması esastır. Bu anlamda ramat işleme ve geri kazanım tesisleri Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik Madde 8 (Faaliyet ön bilgi formu düzenleme yükümlülüğü) gereğince Entegre Çevre Bilgi Sistemi üzerinden form doldurulması ile çevreye ve insan sağlığına zarar vermediğini denetim ile kayıt altına alınmış olur. Denetim esnasında kullanılan kimyasalların depolandığı zeminin sızdırmazlık

kontrolü, sadece yetkili kişiler tarafından kullanıldığı, depolama alanı sorumlusu dışında izinsiz girişlerin engellendiği, kullanılan bütün kimyasalların malzeme güvenlik formunun bulunduğu ve kimyasal temas halinde olacak personelin kişisel koruyucu donanımlarının kontrolü sağlanmaktadır. Bu tesisler bu şartları sağladığı takdirde çevre ve insan sağlığını tehdit etmediği kanıtlanmış olur (Kekeç, 2014).

#### **5.4.4. Kimyasallar yönetimi**

Değerli metal işleme ve geri kazanım tesislerinde ergitme ocaklarında ve asit yakma kabininde kimyasal kullanılmaktadır. Proseslerde kimyasalların kullanılmasından dolayı çevreye ve insan sağlığına olabilecek etkilerinin minimum seviyede tutulabilmesi için malzeme güvenlik bilgi formları temin edilmesi gerekmektedir. Formlarda yer alan bilgilere göre tüm önlemlerin alınması, ortam şartlarının fiziksel bakımdan takip edilmesi, kimyasal yönetim planlarının hazırlanması ve bunlara karşı acil eylem planlarının oluşturulması gerekir (Kekeç, 2014).

Çevre ve insanlara en az zarar verecek şekilde sınırlamak için gerekli tüm önlemleri almakla yükümlüdür. Bunların takibi açısından Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik'in ekinde yer alan, tehlikeli maddeleri bulduran tesislerin, kullanmış oldukları kimyasal maddeleri ve miktarlarını beyan etmeleri gerekmektedir (CSB, 2019). Kimyasal maddelerin bulunduğu depolama alanının yanıcı ve patlayıcı maddelerden uzak olması, depolama alanında yangın söndürme tüpü bulunması ve zeminde kimyasal sızıntıya karşı talaş vb. malzemeler depolama alanı girişinde bulundurulması gerekmektedir.

#### **5.4.5. Katı atık yönetimi**

Değerli metal işleme ve geri kazanım tesislerinde idari bölümün olduğu ofisler, bakım ve onarım atölyeleri, revir, üretim alanı ve mutfak bölümünden kaynaklı niteliğine göre tehlikeli, tehlikesiz ve tıbbi atık oluşacağı gözlemlenmiştir (Kekeç, 2014). Bu atıklar belirlenip Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne sunulması gereken bir

Endüstriyel Atık Yönetim Planı hazırlanmaktadır. Bu hazırlanan planın 3 yıllık geçerliliği olup artış miktarı düşünülerek oluşturulmaktadır.

Endüstriyel Atık Yönetim Planı içerisinde ramat işleme ve geri kazanım tesisleri için belirtilebilecek atıklar; proseslerde kullanılan kimyasalların taşındığı ambalajlar, personellerin kullanımından kaynaklı üstübüleri, koruyucu giysiler, eldivenler, bezler ve kimyasal ile kontamine olmuş tehlikeli atıklar oluşmaktadır. Tesis içerisinde kompresör ve makinaların bakımından kaynaklı atık yağ oluşumu söz konusudur. Yakma işlemleri sonucunda tesisten çıkan ve değerli madenden büyük oranda arındırılmış cüruf oluşmaktadır. Kal ocaklarındaki bakımlardan refraktör, aydınlatma amacı ile kullanılan floüresan lambalar, mekanik ekipmanların kırılması, değişmesi ile hurda metal, demir atıklar vb., yemekhaneden kaynaklı bitkisel atık yağ ve ofis ortamından kullanılan atık baskı tonerleri, kartuş, yazıcı vb. tehlikeli atık oluşumu söz konusudur. Çalışanların tedavi amaçlı kullanacakları revirden çıkan tıbbi atık oluşacağı gözlemlenmiştir. Bu atıklar Entegre Çevre Bilgi Sistemi üzerindeki MoTAT sistemi üzerinden talep oluşturularak lisanslı bertaraf firmalarına iletilerek yakma veya düzenli depolama yapılmaktadır. Sıfır atık yönetmeliği kapsamında tesis içerisinde kağıt, metal, plastik ve cam atıkları ayrı atık kutularında biriktirilerek lisanslı olan geri dönüşüm firmalarına iletilmekte olduğu gözlemlenmiştir.

#### **5.4.6. Flora ve fauna**

Değerli metallerin kazanımı gerçekleşirken bulunduğu bölgedeki flora ve faunanın bozulabileceği göz önüne alınmalıdır. Buna bağlı olarak flora ve fauna yapısı, çalışmaları gerçekleştirilen tesisler göz önünde bulundurularak ender türlerin belirlenmesi ve korunması, tüm türlerin bölgeden uzaklaştırılması ve güncel olarak varlıkların takibinin sağlanması gerekir (Kekeç, 2014).

Aşağıdaki potansiyel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Bitki ve hayvan türlerinin varlığı,
- Tesis kurulum yerinin doğal habitata etkisi,

- Tesis içerisinde oluşabilecek tehlikeli ve tehlikesiz atıkların kontrolsüz bertarafının önlenmesi ile habitatın olası kirliliği engellenebileceği,
- Tesis içerisinde kullanılan makine ve ekipmanların düzenli olarak bakım ve onarımlarının yapılması ile kaynaklanan gürültü seviyesinin en az düzeyde tutulabileceği gözlemlenmiştir.
- İhtiyaçlar dışındaki gereksiz araç kullanımından kaçınılarak araç trafiğinin habitat üzerinde oluşabilecek etkilerinin minimum seviyeye indirilebileceği gözlemlenmiştir.



## 6. MATERYAL VE METOD

Yapılan saha çalışmalarında, ramatçılık sektöründe kullanılan yöntemlerin iş akış ve prosesleri hakkında bilgi verilmiştir. İncelenen tesislerde hurda ramatlardan cila ramatı ve yer ramatı prosesleri ile geri kazanım işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Buna bağlı olarak cila ramatı ve yer ramatları proseslerinden; santrifüj ve çöktürme işlemlerinden oluşan 11 01 11 kodlu sulu durulama atıkları, yakma işlemlerinden kaynaklı kal fırını sonucu oluşan 10 08 08 kodlu cüruf atığı, 16 11 03 kodlu refraktör atığı ve yanma sonucunda bacalardaki toz torbalı filtrelerde birikme sonucu açığa çıkan 10 08 15 kodlu baca gazı tozu oluşmaktadır. Kullanılan iki prostedede çalışanların kullanımından kaynaklı 15 02 02 kodlu kontamine atık, kimyasallar işlemlerden kaynaklı 15 01 10 kodlu kontamine ambalaj ve ekipmanların bakım ve kontrollerinden kaynaklı 13 02 08 kodlu motor ve şanzuman yağı kodlu atıklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Proseslerin işleyişi hakkında bilgi Şekil 4.2 Cila ramatı iş akış şeması ve Şekil 4.3 Atölye (yer) ramatı iş akış şemasında açıklamalı olarak verilmiştir.

EWC kodlarının kullanımında öncelikli amaç insanlara ve çevreye zarar vermemektir. Atığın sınıflandırılması, atıkların hangi kategoride işleme alınacağı konusunda hızlı ve efektif bir şekilde karar verilmesine yardımcı olur. 02/04/2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanarak yürürlüğe giren Atık Yönetimi Yönetmeliğinin eklerinde verilen atık kod listesine göre ramat sektöründe oluşan atık kodları tablosu hazırlanıp ve buna göre Çizelge 6.1'de ramat sektöründen kaynaklı atıkların hangi atık tanımına uydukları ve tehlike durumları hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 6.1. Ramatçılık sektörü kaynaklı atık kod listesi (CSB, 2015)

ATIK KODU	ATIK KODU TANIMI	AÇIKLAMA (-M/A)
10	Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar	
10 08	Demir Dışı Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıklar	
10 08 08*	Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan tuz cürufu	A
10 08 15*	Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu	M
11	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi Ve Kaplanması İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometalurji	
11 01	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyonu, Anotlama)	
11 01 11*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları	M
13	Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)	
13 02	Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları	
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
15	Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler	
15 01	Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
15 02	Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler	
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
16	Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar	
16 11	Atık Astarlar ve Refraktörler	
16 11 03*	Metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refraktörler	M

(\*) işareti : Tehlikeli atıklar olduğunu ifade etmektedir.

(A) işareti : Bu şekilde ifade edilmiş atıklar analiz yapılmaksızın kesin tehlikeli atık olarak sınıflandırılırlar.

(M) işareti : Atığın tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesi konsantrasyon çalışma yapılır. Çalışma sonucunda konsantrasyon değerlerinin üzerinde olması halinde bu kod verilir.

Ramat işleme ve geri kazanım tesislerinden çıkan tehlikeli atıkların, berataraf ve geri kazanım tesislerine Atık Yönetim Uygulaması üzerinden MoTAT sistemine giriş yapılarak en az yılda iki defa gönderdikleri gözlenmiştir. Yıl sonunda gönderilen bu atıkların Atık Beyan Sistemi (TABS) üzerinden beyan edildiği görülmüştür. **Örnek;** X firmasında yıl içerisinde ramat işleme ve geri kazanım faaliyetleri için 495 kg ramat işlenmektedir. Çizelge 6.2'de yıllık olarak geri kazanım faaliyetleri sonucu oluşan atıklar için Entegre çevre bilgi sistemi üzerinden yıllık beyan verilmektedir.

Çizelge 6.2. Yıllık atık beyan formu (CSB, 2015)

ATIK BEYAN FORMU								
YIL		: 2019						
TESİS ADI		:						
TESİS ADRESİ		:						
TESİS SORUMLUSU		:						
Beyan Kontrol No	Atık Kodu	Atık Adı	Atık Yağ Kateg.	Miktar	Ölçü Birimi	İşlemin Nereden Yapıldığı	Atık İşleme Yöntemi	Atık İşleme Tesisi/ Tıbbi atık alan belediye/ İhracatçı
XXXXXX	100808	Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan tuz cürufu		259	Kg	Tesis Dışı	R13	
XXXXXX	100815	Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu		89	Kg	Tesis Dışı	R13	
XXXXXX	150110	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar		5	Kg	Tesis Dışı	R13	
XXXXXX	150202	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler		7	Kg	Tesis Dışı	R13	
XXXXXX	161103	Metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refraktörler		6	Kg	Tesis Dışı	R13	
XXXXXX	110111	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları		2460	Kg	Tesis Dışı	R4	
XXXXXX	130208	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	II.Kateg.	1	Kg	İhracat		TAYRAŞ

**R4:** Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü

**R13:** R1 ila R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların ara depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde kuyumculuk sektöründen kaynaklı ramatçılık atıklarından değerli metal (altın, gümüş) elde etmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bilinen en eski ramatçı atölyelerinde genel olarak tercih edilen yöntem, pirometalurjik proses(ergitme) yöntemidir. Bu işlemde uygulanan yöntem sonucunda boraks-kurşun-soda esaslı cüruf açığa çıkmakta ve altın zerrecikleri cüruf yapısı içinde bulunmaktadır. Cüruf yapısı içindeki değerli metallerin geri kazanım verimi ergitme sıcaklığına, uygulama süresi ve flaksın özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu anlamda elde edilen değerli metal içerisinde platin grubu metalini içerdiğinden dolayı rafine işleminden sonra diğer metallere arındırılarak %99,5-99,9 değerinde hammadde halini almaktadır. Hidrometalurjik proste kullanılan kral suyu metodu orta ve yüksek ölçekli değerli metal kazanımı sağlamaktadır. Bu anlamda tercih edilmesi gereken bir proses türü olmaktadır.

Geri kazanım veriminin düşük seviyelerde olmasının en önemli nedeni, cüruf içine hapsolmuş altın zerreciklerinin küçük olması, çalışanların ramattan geri kazanımı sağlarken ergitme bölümünde sürelerin uzun tutulması ve hızlı soğutma kullanımı gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle işletmelerde eğitici olması açısından çalışanlara bilgilendirme yapılmalı ve çalışanlar uzun süre gözlem altında tutulmalıdır.

Ramat işlemleri sonucu oluşan atıksularda ve cüruf yapısında çok düşük miktarda da olsa değerli metal kalabilmektedir. Biriken cüruf yapısındaki değerli metaller, döner ocakçılarda atıksu bünyesindeki değerli metaller ise arıtma tesislerinde geri kazanılmaya çalışılmaktadır. Bu anlamda geri kazanımdaki verimi artıracak daha farklı metotlar geliştirilmesi sağlanarak ekonomiye katkı sağlanmalıdır.

Ramat işlemleri sonucu oluşan atıkların Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından onaylanan Endüstriyel Atık Yönetim Planına bağlı olarak atıklar cinsine, atık koduna ve tehlikelilik durumuna göre uygun depolama koşullarında

sızdırmazlık zemin, drenaj bağlantısı, yabani hayvan ve izni olmayan kişilere karşı tehlikeli atık alanının kapısının kilitli olması gerekmektedir.

Ramat atölyelerinde kullanılan kimyasal malzemeler, çalışanların sağlığı göz önünde bulundurularak MSDS'lere (Malzeme Güvenlik Bilgi Formları) uygun şekilde depolanması ve kullanım koşullarına dikkat edilerek çevre kirliliğinin önüne geçilmesi amaçlanmalıdır.

Su kaynaklarının sınırlı olduğu düşünülürse, ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde sıvı cila ramatlarında ve tesis içerisinde kullanılan su %95-98 oranında faaliyetler sonucunda atıksu olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun için tesisler içerisinde arıtma sistemi kullanılarak suyun tekrar tesis içerisinde kullanımları gerçekleştirilmesi ile su tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Ramat işleme ve geri kazanım tesislerinde değerli metaller kazanılması sırasında veya sonrasında kontamine atık, kontamine ambalaj, refraktör, baca gazı tozu, birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruflar ve sulu durulama sıvıları oluşmaktadır. Oluşan bu atıkların yönetimi konusunda teknik personel ve bilinçlendirme yetersizliği sonucunda atıkların direkt olarak alıcı ortamlara vahşi depolama veya kanalizasyon yoluyla verilmesi ile oradaki canlı yaşamları ve gelecek nesillerin yaşam alanları yok edilmektedir. Bu bilinçsiz çalışmanın önüne geçebilmek adına personellere atıkların yönetimi konusunda düzenli olarak eğitimler düzenlenmelidir. Atık yönetiminin ne kadar önemli olduğunu sürekli hatırlatmak için tesis içerisine plazmalar yerleştirilerek düzenli olarak bilgi paylaşımı yapılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Altında Fırsat, 2018. Erişim Tarihi: 20.06.2020.  
<http://www.altindafirsat.com/altin-nedir/>
- Altıntepe, M., 2003. Altının Farklı Liç Çözeltilerinde Çözünme Davranışı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İstanbul.
- Anonim., 2002. Dünyada ve Türkiye'de Altın Madenciliği. Türkiye Madenciler Derneği Yayınları, 35s, Türkiye.
- Anonim., 2013. Altının Tabiatta Bulunuşu ve Özellikleri. Erişim Tarihi: 23.06.2020. <https://pirlantasarrafi.wordpress.com/category/altinin-tabiatta-bulunusu-ve-ozellikleri/>
- Anonim., 2020. Altının Tarihçesi ve Altın Hakkında Genel Bilgiler. Erişim Tarihi: 32.07.2020. <https://www.ekodialog.com/Makaleler/altinin-tarihcesi-altin-hakkinda-bilgiler.html>
- Anonim., 2014. Altın. Erişim Tarihi: 23.06.2020. <http://www.bilgiler.gen.tr/altin-1.html>
- Aydın, M., 2012. Toprak Fizikinin Kısa Bir Tarihçesi. Toprak Bilimi ve Bitki Beslenme Dergisi, 1(1), 1-3.
- Corti, C., 2002. Recovery and refining of gold jewellery scraps and wastes. Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology, 15 Mayıs, Londra, 1-21.
- Corti, C., 2001. Assaying of gold jewellery-Choice of technique, Gold Technology, 32, 20-30.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (CSB), 2015. Atık Yönetimi Yönetmeliği. Erişim Tarihi: 02.08.2020. <https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (CSB), 2019. Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. Erişim Tarihi: 24.01.2021. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=31298&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (CSB), 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Erişim Tarihi: 24.01.2021. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Çıtak, S., 2006. Altın. Destek Yayınları, 160, Ankara.

- Durmaz, C., 2012. Kuyumculuk Kökenli Cürüflardan Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ile Altın Geri Kazanımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İstanbul.
- Erlar, A., 2020. Türkiye' nin Altın Potansiyeli. Türkiye Madenciler Derneği. Erişim tarihi: 20.07.2020. <http://altinmadencileri.org.tr/turkiyenin-altin-potansiyeli/>
- Erdem, B., 2006. İkincil Kaynaklardan Altın Geri Kazanım ve Rafinasyon Prosesinin Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, İstanbul.
- Eskier, U., 2017. En Değerli Metal Altın Nedir, Özellikleri Nelerdir?. Erişim Tarihi: 11.07.2020. <https://www.makaleler.com/altin-nedir>.
- Fidan, A., 2016. Dünyada ve Türkiye'de Madencilik Faaliyetleri, Altın Madenciliği'nin Çevresel Açından Değerlendirilmesi. Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi, 9(2), 26-39.
- FTA Endüstriyel Makine ve Çevre Teknolojileri, 2020. Torbalı Jet Filtre. Erişim Tarihi: 2.11.2020. <https://fta-endustriyel.com/urun/torbalı-jet-filtre/>
- Gün, Ahmet., 2019. Altın Madeni Atıklardan Altın Geri Dönüşümü Prosesinin Optimizasyonu Çalışmaları. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Ankara.
- Gündeş, A., 2015. The Liquid Fertilizer Production From Aqua Regia Used in Gold Producement. Journal of Engineering Sciences, 18(2), 67-71.
- Gürdal, B., 2008. Cila Ramatlarından Altın Geri Kazanımı ve Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, İstanbul.
- Habashi, F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, Wiley-VCH, 2435s. Germany.
- İnter Havalandırma Baca ve Çevre Teknolojileri, 2017. Dolgulu Scrubber (Packing Bed Scrubber) Nedir?. Erişim Tarihi: 02.11.2020. <http://www.interhavalandirma.com/yazilarimiz/dolgulu-scrubber-packing-bed-scrubber/>
- İstanbul Hava Kalitesi İzleme Merkezi (İHKİM), 2018. Hava Kalitesi İndeksi. Erişim Tarihi: 24.01.2021. <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/hava-kalitesi-indeksi>
- Kalender, A., 2016. Hurda Altının Çeyrekleme Yöntemiyle Saflaştırılmasının İncelenmesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 87s, İstanbul

- Kekeç, M., 2014. Altın Madeni İşletmeciliğinden Kaynaklanan Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Kahramanmaraş
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2016. Türkiye ve Dünyada Altın. Erişim Tarihi: 05.03.2020.  
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Altin.pdf>
- Manziek, L., 1990. Precious Metals Recovery and Refining, Ilse V. Nilsen, 97-112s, U.S.A.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011. Kuyumculuk Teknolojisi. Erişim Tarihi: 18.07.2020. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modullerpdf/Delme-kesme.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modullerpdf/Delme-kesme.pdf)
- Özer, M., Burat, F., Bulut, G., 2020. Cevher Hazırlama ve Kimyasal Zenginleştirme Yöntemleri. Erişim Tarihi: 18.09.2020.  
<http://www.turkchem.net/cevher-hazirlama-ve-kimyasal-zenginlestirme-yontemleri.html>
- Sabah, E., Oruç Şapçı, F., 2020. Ramat Geri Kazanım Prosesinde Açığa çıkan Cüruflardan Gravite Ayırması ile Altın Kazanımı. Politeknik Dergisi, 0(0),
- Sayın, E., 2010. Altın Konsantresinden Doğrudan Liç ile Altın Eldesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 188s, İzmir.
- Simtes Havalandırma Toz Toplama Sulu Filtre Doğalgaz Baca Sistemleri, 2020. Jet Pulse Filtre Çeşitleri. Erişim Tarihi: 02.11.2020.  
<https://www.simteshavalandirma.com/urun-62-jet-pulse-filtre-cesitleri>
- Syed, S., 2012. Recovery of gold from secondary sources—A review. Hydrometallurgy, 115-116, 30-51.
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2020. Mücevherat Sektörü Raporu. Erişim Tarihi: 31.07.2020.  
<https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/M%C3%9CCEVHERAT%20SEKT%C3%96R%20RAPORU%202020.pdf>
- Verisk 3E, 2021. Erişim Tarihi:02.01.2021. <https://www.msds.com/>
- Yalçın, Ü., 2003. Anadolu Madenciliği. Arkeotlas, 2, 72-79.

## EKLER

### EK A. Fotoğraflar



Fotoğraf A.1. Yakma Fırını



Fotoğraf A.2. Kal Ocağı



**Toz Kurşun**



**Karbonat**



**Boraks**

Fotoğraf A.3. Ramatın Ergitilmesinde Kullanılan Malzemeler



Fotoğraf A.4. Santrifüj Makinesi



Fotoğraf A.5. Ergitme Ocağı



Fotoğraf A.6. Kúpeller



Fotoğraf A.7. Kúpel içindeki  
altın bulyon



## **Yayınlar**

Pamukoğlu, M.Y., Bayrak, H., Demir, H., Grlr, H., Türk, S.D., oban, ., Avcı, T., Şahin, E., 2018. Akuaponik (Biyolojik Arıtma Tekniği) Tekniği ile Balık Atıksularının Arıtılması. İklm DeđiŐikliđi ve evre, 3, (2) 1-9,

Şahin, E., Kırkan, B., 2020. Kuyumculuk Kaynaklı Atıkların Ramat Sektörü İle Geri Kazanım Yöntemleri ve Atık Yönetimi. Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi, 4-5 Aralık, Kocaeli, 77-78.