T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HURDA AKÜMÜLATÖRLERİN GERİ KAZANIMI VE ÇEVREYE ETKİLERİ

Savaş Özgür GÖRGÜÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ABD
Konya, 2009

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HURDA AKÜMÜLATÖRLERİN GERİ KAZANIMI VE ÇEVREYE ETKİLERİ

Savaş Özgür GÖRGÜÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez ***03/02/2009*** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Danışman	**Jüri Başkanı**	**Jüri Üyesi**
Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN	Doç. Dr. Ali TOR	Yrd.Doç.Dr. Halil Kürşad ERSOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HURDA AKÜMÜLATÖRLERİN GERİ KAZANIMI VE ÇEVREYE ETKİLERİ

Savaş Özgür GÖRGÜÇ
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç Dr. Şükrü DURSUN

2009, 95 Sayfa
Jüri: Doç. Dr. Ali TOR
Jüri: Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN
Jüri: Yrd. Doç. Dr. Halil Kürşad ERSOY

Tehlikeli atık sınıfına giren hurda akülerin, çevreye ve insan sağlığına en az zarar verecek şekilde berteraf edilmesi gerekmektedir. Ekonomik değere sahip atık akü bileşenlerinin değerlendirilmesi için akü geri dönüşüm tesisleri kurulması yasal zorunluluktur. Ancak gelişmekte olan ülkelerde akü geri dönüşümü, yetersiz teknoloji ve arıtım sistemleri nedeni ile hem çevreye hem de insan sağlığına olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Bu çalışmada akülerin özellikleri ve hurdalarının çevreye ve insan sağlığına olan etkileri, hurda akülerin geri dönüşümü araştırılmıştır. Hurda akü berterafında dünya çapında uygulanan geri dönüşüm faaliyetleri, bu faaliyetler nedeni ile insan sağlığı ve çevre üzerinde meydana gelen olumsuz etkiler incelenmiştir. Ayrıca Türkiye'de bir akü geri dönüşüm tesisi hakkında genel bilgiler verilerek, etkileri incelenmiş, atıksu ve baca gazı analizleri yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Örnek tesiste, deşarj edilen atıksuda kurşun değerlerinin uygun arıtılmadığı (8,95 mg L^{-1}), pH değerinin çok düşük olduğu (2,15) ve baca gazı değerlerinin standartlara uygun olmadığı (CO, 1521,12 mg m^{-3} ve NO_x, 453,1 mg m^{-3}) tespit edilmiştir. Akü geri dönüşümünün çevreye en az zarar verecek şekilde uygulanması için atıksuda kurşun gidriminin iyileştirilmesi ve yakma sisiteminin daha verimli yakılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akü, Hurda Akü, Geri Dönüşüm, Kurşun, İnsan Sağlığı, Çevre Kirliliği

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

SCRAP ACCUMULATORS RECYCLING AND ENVIRONMENT IMPACT

Savaş Özgür GÖRGÜÇ

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2009, 95 Pages

Jury: Assoc. Prof. Dr ALİ TOR

Jury: Assist. Prof. Dr. Şükrü DURSUN

Jury: Assist. Prof. Dr. Halil Kürşad ERSOY

Scrap batteries considered as hazardous waste must be disposed minimizing the risk to people and the environment. Building of the scrap battery recycling plants has now become a lawful absolute necessity especially due to the economic value of battery components. However, due to the limited technology and treating systems in the developing countries, battery recycling is causing serious effects on the people and the environment.

In this study, characteristics of battery and their scraps effects on health and environment are investigated. Moreover, recycling of scrap batteries at all over the world are discussed along with its effects on health and environment. Furthermore, a sample recycling plant in Turkey is examined; the wastewater and gas emissions were analysed and resulsts of anayeses were appreciate to minimize the effects on human health and environment.

In a sample recycling plant, by wastewater analysis, lead was determined to be not treated properly (8,95 mg L^{-1}), pH was very low level (2,15) and gas emissions analysis results showed that treatment is not agreeable for the local standards (CO, 1521,12 mg Nm^{-3} and NO_x, 453,1 mg Nm^{-3}). Rules to minimise negative effect of battery recycling industry were put forwarded minimising lead levels in the waste water and increase of incineration system performance.

Key Words: Battery, Scrap Battery, Recycling, Lead, Human health, Environment impact

ÖNSÖZ

Beni, her türlü zorluğa ve de sıkıntıya katlanarak, büyüten ve bana her konuda destek olan annem Hatice GÖRGÜÇ ve babam Kemal GÖRGÜÇ'e;

Her türlü teknik ve bilimsel desteği benden esirgemeyen, sabır ve titizlikle çalışmalarımı takip edip, bana destek olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN hocama; bu çalışmanın yapılmasında bana imkân sağlıya Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliğine ve desteklerinden dolayı BAP merkezine,

Analizlerin yapılmasında ve de ekipman sağlanmasında bana destek ve sabırla çalışmalarıma izin veren geri dönüşüm şirketi yetkililerine;

Katar'da kütüphane ve de araştırma için bana izin veren ve destek olan Qatar University yetkililerine;

Son olarak Qatar Shell Pearl GTL projesi şantiyesinde bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen GAMA QATAR şirketi yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER ..... Vİ
TABLOLAR LİSTESİ ..... İX
ŞEKİLLER LİSTESİ X
1. GİRİŞ 1
2. AKÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER 3
2.1. AKÜMÜLATÖR (AKÜ) 3
2.1.1. AKÜ'NÜN TARİHÇESİ 3
2.2. AKÜ ÇEŞİTLERİ 4
2.2.1. TRAKSİYONER AKÜLER 4
2.2.2. KURU TİP AKÜLER 5
2.2.3. STASYONER AKÜLER 5
2.2.4. STARTER AKÜLER 6
2.3. KURŞUN-ASİT AKÜ ELEMANLARI VE ÖZELLİKLERİ 6
2.3.1 PLAKALAR 8
2.3.2. SEPERATÖRLER 9
2.3.3. ELEKTROLİT 10
2.3.4. KUTUP UÇLARI 12
2.3.5. AKÜ KUTUSU VE KUTU KAPAKLARI 12
2.4. AKÜ İÇ TEPKİMELERİ VE ELEKTRİK ÜRETİMİ 13
3. HURDA AKÜLER VE ÇEVREYE ZARARLARI 15
3.1. AKÜ BİLEŞİKLERİ 15
3.1.1. KURŞUN METALİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM ŞEKLİ 15
3.1.2 ELEKTROLİT (SÜLFÜRİK ASİT) ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM ŞEKLİ 16
3.1.3 DIŞ KAPLAMA (PLASTİK) ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM ŞEKLİ 17
3.2. AKÜ BİLEŞENLERİNİN ÇEVREYE VE İNSANA ZARARLARI 18
3.2.1 KURŞUNUN ZARARLARI 18
3.2.2 ELEKTROLİTİN (AKÜ ASİDİNİN) ZARARLARI 18
3.2.3. PLASTİKLERİN ZARARLARI 20
4. HURDA AKÜLERİN GERİ KAZANILMASI 21
4.1. SAKLAMA KOŞULLARI 21
4.2. TEKNİK AŞAMALAR 22
4.2.1. AKÜ BİLEŞENLERİNİN AYRILMASI VE ERGİME SAFHALARI 22
4.2.2. GERİ DÖNÜŞÜMDE KULLANILAN METALURJİK YÖNTEMLER 24
4.2.3. KURŞUN İÇEREN BİLEŞENLERİN ERGİME SAFHASI 25
4.2.4. ÇÖKÜNTÜ MALZEMELERİNİN ERGİME SAFHASI 25
4.3. ELDE EDİLEN HAM KURŞUNUN SAFLAŞTIRILMASI 26
4.4. KURŞUN GERİ DÖNÜŞÜM ATIKLARI VE BERTARAF YÖNTEMLERİ 26
4.4.1. KATI FORMDAKİ ATIKLAR 27

4.4.2. SIVI ATIKLARIN – ATIKSULARIN ARITILMASI 28

4.4.3. BACA GAZININ ARITIMI 29

4.4.3.1. TOZ KONTROLÜ İÇİN YAKLAŞIMLAR 30

4.5. AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM SAFHALARI 31

5. TÜRKİYE'DE MEVCUT AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM DURUMU 33

5.1. TÜRKİYE GENELİ AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM FİRMALARI VE TOPLAM HURDA AKÜ MİKTARLARI 34

5.2. GERİ DÖNÜŞÜM BİLGİLERİ 35

5.2.1.TOPLAMA VE DEPOLAMA DURUMU 35

5.2.2. HURDA AKÜMÜLATÖR TAŞINMASI 36

6. TÜRKİYEDE BULUNAN BİR AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ ÖRNEĞİ 37

6.1. TÜRKİYE'DEKİ ÖRNEK TESİS İLE İLGİLİ BİLGİLER 37

6.2. TESİS GENEL AKIM ŞEMASI 38

6.3 HURDA AKÜ DEPOLAMA DURUMU 38

6.4 HURDA AKÜLERDEN KURŞUN GERİ KAZANIM AŞAMASI 39

6.5. ATIKSU ARITMA SİSTEMİ 41

6.6. BACA GAZI ARITMA SİSTEMİ 42

6.7. İŞÇİ SAĞLIĞI, İŞ GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ 43

7. LİTERATÜR TARAMASI 44

7.1. HURDA AKÜLERİN ÇEVREYE VE İNSAN SAĞILIĞINA ETKİLERİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR 44

7.2. AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM ATIKSU BİLEŞİKLERİNİN ÇEVRE VE İNSAN ÜZERİNE ETKİLERİ VE GİDERİM YÖNTEMLERİ 48

7.2.1 KURŞUN (PB) 49

7.2.2 DEMİR (FE) 50

7.2.3. ÇİNKO (ZN) 51

7.2.4. MANGAN (MN) 51

7.2.5. BAKIR (CU) 52

7.2.6. KADMİYUM (CD) 52

7.2.7. KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ) 53

7.2.8. PH 54

7.2.9. İLETKENLİK 54

7.2.10. SICAKLIK 55

7.3. AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM BACA GAZI BİLEŞİKLERİNİN ÇEVRE VE İNSAN ÜZERİNE ETKİLERİ VE GİDERİM YÖNTEMLERİ 56

7.3.1. KARBONDİOKSİT (CO_2) 56

7.3.2. KARBONMONOKSİT (CO) 57

7.3.3. KÜKÜRTDİOKSİT (SO_2) 58

7.3.4. AZOT OKSİTLER (NO_X) 59

8. MATERYAL VE METOD 60

8.1. MATERYAL 60

8.1.1. KULLANILAN CİHAZLAR VE MALZEMELER 60

8.1.2. KULLANILAN KİMYASAL MADDELER VE ÇÖZELTİLER 60
8.2. METOD 61
8.2.1. PH TAYİNİ 61
8.2.2. İLETKENLİK TAYİNİ 61
8.2.3. SICAKLIK TAYİNİ 61
8.2.4. KOİ TAYİNİ 61
8.2.5. ESER METAL ANALİZİ 62
8.2.6.BACA GAZI ANALİZLERİ 62
9. ANALİZLER SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME 63
9.1 ATIKSU ANALİZLERİ 63
9.1.A İLK AY ANALİZ SONUÇLARI 63
9.1.B İKİNCİ AY ANALİZ SONUÇLARI 64
9.1.C ÜÇÜNCÜ AY ANALİZ SONUÇLARI 65
9.1.D. TÜM ANALİZLERİN DEĞER ARALIKLARI VE ORTALAMALARI 67
9.1.1. PH 68
9.1.2. İLETKENLİK 68
9.1.3. KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ) 69
9.1.4. KURŞUN (PB) 70
9.1.6. ÇİNKO (ZN) 72
8.1.7. MANGAN (MN) 72
8.1.8. BAKIR (CU) 72
9.1.9. KADMİYUM (CD) 73
9.2. BACA GAZI ANALİZLERİ, SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER 73
9.2.1. SICAKLIK 75
9.2.2. OKSİJEN (O_2) 75
9.2.3. KARBONMONOKSİT (CO) 76
9.2.4. KÜKÜRTDİOKSİT (SO_2) 77
9.2.5. AZOTOKSİTLER (NOX) 77
9.2.6. KARBONDİOKSİT (CO_2) 78
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 79
KAYNAKÇA 82

Tablolar Listesi

Tablo 2.1. Akü elemanları ve bileşimleri 7
Tablo 2.2. Kurşun ihtiva eden bileşenlerin yaklaşık bileşimleri 7
Tablo 3.1. Kurşun metalinin insan sağlığı üzerine etkileri 19
Tablo 4.1 Akü geri dönüşümü tesisleri için uygun emniyet önlemleri ve saklama koşulları 23
Tablo 9.1 İlk ayda yapılan atıksu numunesi analizi 63
Tablo 9.2 İkinci ayda yapılan atıksu numunesi analizi 65
Tablo 9.3 Üçüncü ayda yapılan atıksu numunesi analizi 66
Tablo 9.4 Yapılan tüm atıksu numunesi analizlerinin ortalamaları 67
Tablo 9.5 Kurşun yükü miktarları 70
Tablo 9.6. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 1. Ay analiz sonuçlarının değerleri 74
Tablo 9.7. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 2. Ay analiz sonuçlarının değerleri 74
Tablo 9.8. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 3. Ay analiz sonuçlarının değerleri 74
Tablo 9.9. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan analiz sonuçlarının ortalama değerleri ve standart sapma değerleri 75

Şekiller Listesi

Şekil 2.1. Otomobil (starter) aküsü 6
Şekil 2.2. Akü Plakaları 8
Şekil 2.3. Seperatörün yerleşim yeri 10
Şekil 2.4. Seperatör 10
Şekil 2.5. Starter akülerinin kutup çıkışları 12
Şekil 4.1 Uyarı levhaları 22
Şekil 4.2. Katı atık deposu örneği 27
Şekil 4.3. Akü geri dönüşümü yapan tesisleri için dizayn edilen tipik bir kimyasal atıksu arıtma şeması örneği: Nötralizasyon Havuzu 29
Şekil 4.4. Gelişmiş bir akü geri dönüşüm tesisinin süreç safhaları 32
Şekil 6.1. Tesis akım şeması 38
Şekil 6.2 Hurda akülerin depolanma şekli 39
Şekil 6.3 Akü kesim hızarı 40
Şekil 6.4 Fırına gönderilmek üzere istiflenen kurşun içerikli malzemeler 40
Şekil 6.5 Fırın Besleme 41
Şekil 6.6 Atıksu arıtma sistemi 42
Şekil 6.7. Baca gazı arıtım sistemi 42
Şekil 7.1. Dakar'da akü geri dönüşümünde sağlıksız koşullarda çalışan çocuk işçiler 47
Şekil 9.1 Birinci analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması 64
Şekil 9.2 İkinci analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması 65
Şekil 9.3 Üçüncü analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması 66
Şekil 9.4 Ortalama analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması 67
Şekil 9.5 Atıksu analizi KOİ değerleri grafiksel karşılaştırılması 69
Şekil 9.7 Kurşun yükü giderimi 71

1. GİRİŞ

Akü, doğru akım elektrik enerjisini kimyasal enerjiye çevirip depo eden ve devrelerine alıcılar bağlandığında bu enerjiyi tekrar elektrik enerjisine dönüştürerek alıcıları çalıştıran, elektrokimyasal statik bir elemandır. Ya da basit tanımıyla; birbirlerinden separatörlerle ayrılan, peş peşe dizilmiş pozitif ve negatif plakaların elektrolit ile reaksiyona girerek elektrik enerjisinin oluşturulduğu ve depolandığı sistemdir.

Hurda aküler, içerdiği asit ve kurşun muhtevası ile tehlikeli/ zararlı atıklar grubuna girmektedir. Tehlikeli/zararlı atıklar, genel olarak zehirlilik, koroziflik, patlayıcılık ve parlayıcılık özellikleri ile diğer atıklara kıyasla arıtma ve bertaraf işlemlerinin seçimi ve uygulanmasında daha dikkatli ve hassas olunması gereken bir atık türüdür. Tehlikeli atıkların oluşumunun sebep olduğu çevresel kötüleşmenin nasıl önleneceği, uygunsuz yönetimlerin geçmiş örneklerinin sebep olduğu problemlerinin fiili olarak nasıl çözümleneceği, tehlikeli atıkların oluşumunun nasıl azaltılacağı ve son olarak kaynakların korunması için içerdikleri kıymetli malzemelerin nasıl geri kazanılabileceği, üzerinde durulması gereken konulardır. Bütün bunlar birçok sosyal, teknik ve yasamaya ilişkin etmenlere bağlı olan karmaşık noktalardır. 2005 yılında revize edilip, Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Tehlikeli Atıklar Kontrolü Yönetmeliği" ne göre hurda aküler, "özel işleme tabi olan atıklar" olarak sınıflandırılmıştır. Hurda akülerin geri kazanımı Türkiye'de hatırı sayılır bir sektör olmakla birlikte mevcut durumda illegal yöntemlerle yürütülmekte olup, insan sağlığını ve çevreyi tehdit edecek boyutlardadır.

Türkiye'de hurda akü geri kazanım faaliyeti daha çok akülerdeki ticari değeri olan kurşun, kurşun bileşikleri ve plastik malzemeleri üzerine yoğunlaşmıştır. Elektrolit yani akü asidi olarak kullanılan ve çevreye oldukça zararlı olan sülfürik asit bertaraf edilememektedir. Türkiye genelinde hurda akülerin toplama işi büyük çoğunlukla hurdacıların elinde olduğu için, hem toplama hem de taşımada sorun yaratan ve de piyasada ticari bir değeri olmayan akü asidi, kontrolsüz bir şekilde çevreye bırakılmaktadır. Bu durum toprak, hava ve su kirliliğine sebep olmasından dolayı çevreyi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca yapılan bu geri kazanım işlemleri sırasında tamamen gelişi güzel bir sistem oluşmuş, toplamada olduğu gibi çoğu lisansız olan geri kazanım tesislerinde de baca gazı arıtım sistemleri ve atık su arıtım sistemleri gibi ekipmanların mevcut olmamasından veya gerekli şekilde çalıştırılmamasından dolayı gerek sağlık açısından gerekse de çevresel açıdan sorunlar oluşmaktadır. Ancak son yıllarda, akü geri dönüşümü yapan firmalar belli standartları

yakalamayı başarmışlardır. Ayrıca kendi kuruluşlarını dernekler altında toplayarak, yapılan işin denetimini ve idaresini kolaylaştırmışlardır.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada akü geri dönüşümünün çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar incelenecektir. Sebepler ve sonuçları örneklemeler aracılığı ile iletilmeye çalışılacaktır. Bunun için ilk önce uygulanması gereken sistemler ele alınacak, daha sonra örnek bir akü geri dönüşüm tesisinin durumu ortaya konulacaktır. Mevcut yasal düzenlemelerin uygulanma durumu ve de eksiklikler belirtilecektir. İleri aşamalarda, akü geri dönüşümü tesislerinin yanlış uygulamaları nedeni ile dünya çapında çeşitli ülkelerde meydana gelen çevre ve insan sağlığında meydana gelen zararlar incelenecektir.

2. AKÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Akümülatör (Akü)

Kimyasal anlamda enerji depolayan ve gerektiğinde bu kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren Akümülatörler ‘Akü’ olarak adlandırılır. Akümülatör (Accumulator), akım toplar anlamına gelir. Kendi içerisinde akım üreten bir sistemdir. Akünün araç üzerinde üç temel görevi vardır, bunlar;

a) Şarj sisteminde üretilen elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek depo eder.

b) Gerektiğinde kimyasal enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştürerek geri verir.

c) Elektrik devrelerinde gerilim (voltaj) dengesi sağlar.

Akünün görevi marş motorunu, ateşleme sistemini, doğru akımla çalışan tüm devreleri, ışık ve alıcıları beslemektir. Benzinli motorlarda kullanılan 12 voltluk akü, birbirine seri olarak bağlanmış altı adet elemandan meydana gelmiştir. Genellikle her eleman içerisinde, yine birbirlerine seri olarak bağlanmış 4 adet pozitif, 5 adet negatif yüklü plakalardan meydana gelir. Bu plakalar, kurşun-antimuan alaşımı petek üzerine, aktif maddelerin sıvanarak fırınlanmasından oluşur. Pozitif plakalar aktif madde olarak, kurşun dioksit içerir. Negatif plakalar aktif madde olarak, saf kurşun içerir. Bu tür plakalar arasına, kısa devreyi önlemek için plakaları izole eden seperatörler yerleştirilir. Seperatörler, plakalar arasındaki kimyasal tepkimeyi engellemeyecek şekilde çok küçük gözenekleri bulunan plastiklerden yapılır. Akünün içinde sülfirik asitle saf su karışımı olan elektrolit konulur. Karışımda %39 asit, %61 su vardır. Elemanlar arası seri köprülerle bağlanmıştır.

2.1.1. Akü'nün Tarihçesi

1800-Alessandra VOLTA, İtalya'da gümüş ve bakır disklerinden tuzlu suda ilk kez doğrudan akım elde eder. **1859**-Gaston PLANTE, saf kurşun yapraklarından ilk aküyü üretir. Ancak kullanım şarj/deşarj verimsizliği nedeniyle çok sınırlıdır. **1881**-FAURE, akü plakalarını kurşun birleştiricileriyle sıvıyarak "hamurlu plakayı" keşfeder ancak hamur

plakasındaki yapışma özelliği zayıftır. **1881-1890** tarihleri arasında birçok bilim adamı kurşun plaka yerine, pastayı daha iyi tutup destekleyecek ızgara üzerine çalışır. Bunların arasında SELLON ilk antimonlu kurşunu kullanır, CORRENS' de 1888'de özel çiftli ızgaralı sistemi oluşturur. **1900**-Akü sanayi bu yıllarda başladı. O tarihe kadar ilk aküler STASYONER uygulamalarda kullanıldı.

2.2. Akü Çeşitleri

Aküleri 2 genel başlık altında incelemek mümkündür (Tümaküder, 2005).

a) **Starter Aküler (SLI, Başlatma, Aydınlatma, Ateşleme)**
   - Otomobiller
   - Hafif ticari araçlar
   - Ağır ticari araçlar
   - Deniz araçları
   - Motosikletler
   - Golf araçları
   - Bahçe araçları

b) **Endüstriyel Aküler, (Stasyoner, Traksiyoner ve özel amaçlı kullanım aküleri)**
   - Telekom santralleri,
   - Enerji santralleri,
   - Forkliftler,
   - Kesintisiz güç kaynakları
   - Diğer kullanımlar

2.2.1. Traksiyoner Aküler

Elektrik ile çalışan araçlar gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Elektrik gücü daha emniyetli ve dünyadaki dengeyi daha az yıpratan bir enerji kaynağıdır. Hali hazırdaki diğer kaynaklar ise ciddi tehlikeleri birlikte taşımaktadır. Taşımacılıkta fork-lift, elektrokar ve elektrikli lokomotifler büyüklük ve modelleri ile önemli bir gelişme göstermektedirler. Bunlara birçok yeni dizaynlı paletli çekiciler ile insan ve malzeme taşıyan araçlar eklenmiştir. Traksiyoner aküler bu tür araçlar için geliştirilmiş ve üretilmiş akülerdir. Temel prensip olarak starter akülere benzerler. Fakat daha zor çalışma koşullarında da uzun ömüre sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir.

2.2.2. Kuru Tip Aküler

Teknoloji geliştikçe insan yaşamını kolaylaştırmak, kesintiye uğratmamak güvenliğini sağlamak adına çeşitli cihazlar üretilmektedir. Üretilen bu cihazlar insanların hayatının geçtiği tüm yerlerde kullanılmakta (evler, işyerleri, oteller, hastaneler, okullar v.b) ve bu cihazlar akü ile beslenmektedir. Kuru akülerinde içerisinde sıvı bulunmadığı bu yüzden de gaz çıkışı olmadığı için insanların yaşadığı tüm alanlarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Tamamen kapalı olduğundan dolayı bakım gerektirmeyen bir yapısı vardır. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışabilmektedir. Özel alçak basınçlı emniyet valfler ile teçhiz edilmişlerdir. Tampon şarj'da çalışmaya müsaitlerdir. İç dirençleri düşük olduğundan bekleme esnasında kayıpları çok düşüktür. İçlerinde asit olmadığı için yatay dikey her pozisyonda kullanabilirler.

Bazı Kullanım Alanları (Tümaküder, 2005);

1. Alarm sistemleri
2. Telefon cihazları
3. Kesintisiz güç kaynakları
4. Yangın emniyet sistemleri
5. Yedek aydınlatma sistemleri, ışıldaklar
6. Tıbbi cihazlar
7. Elektronik yazar kasalar
8. ATM'ler
9. Oyuncaklar
10. Güneş enerji sistemleri

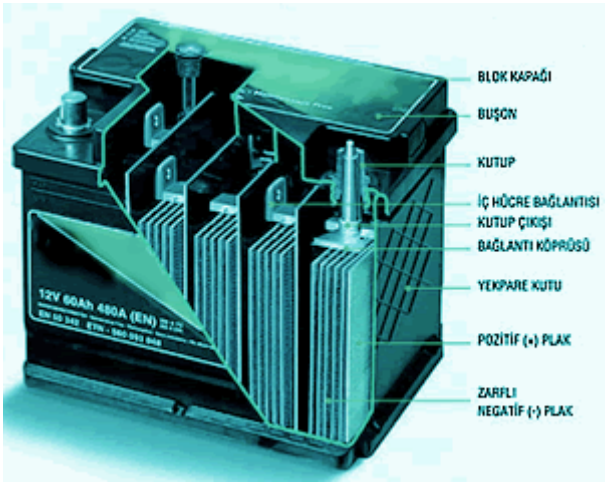
2.2.3. Stasyoner Aküler

Stasyoner aküler, ani güç kesintilerinin sebeb olabileceği duruşları engellemek için kullanılan kesintisiz güç sistemlerinde, enerji kaynağı olarak hazırda duran gerektiği an devreye girerek kesintiyi sisteme hissettirmeyecek şekilde özel dizayn edilmiş akülerdir. Yüzdürme gerilimiyle sürekli şarjlı halde tutulan bu tip aküler, minimum bakım ve düşük enerji maliyeti özellikleri sayesinde telefon santrallerinde, kesintisiz güç sistemlerinde, kontrol panellerinin sinyalizasyon işlemlerinde, alarm ve güvenlik sistemlerinde, güneş enerjisi yada rüzgar enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2.4. Starter Aküler

Starter aküler motorlu kara taşıtları, deniz taşıtları, motosikletlerde motorların ilk hareketini sağlamak, araçtaki elektrikle beslenen tüm cihazları çalıştırmak için geliştirilmiş ve üretilmiş akülerdir. Gelişen teknoloji doğrultusunda araçların orijinalinde elektrikle beslenen sistemler (klima, immoblayzer, yol bilgisayarları vb.) artmakta, araç kullanıma sunulduktan sonra kullanıcılar tarafından ilaveler (alarm, telefon, telsiz, ilave aydınlatma, müzik sistemleri vb.) araç stop ettikten sonra dahi aküyü aktif halde tutmaktadır. Araçlardaki uzun süreli beklemelerde akünün boşalmasına sebep olmaktadır. Bu aküler başlama mantıklı üretildikleri için uzun süreli beklemelerden sonra akü araçtan sökülüp profesyonelce şarj edilmektedir.

Teknolojik bu gelişmeler daha fazla akü kapasitesi demektir. Eğer araçtaki sistem 12 volt'sa araç daha büyük aküye gerek duyacak ya da marş ve tesisatta farklı aküler kullanılmak zorunda kalınacaktır. Elektronik kullanma ihtiyacı bu hızla artarsa akülerin voltajları artacak Ah'leri düşecektir. Örnek olarak 24 V 50 Ah tek parça akü Şekil 2.1'de görülmektedir (Tümaküder, 2005).



Şekil 2.1. Otomobil (starter) aküsü

2.3. Kurşun-Asit Akü Elemanları ve Özellikleri

Kurşun Asit aküleri iki ana unsurdan oluşur. Bunlardan birincisi elektrotlardır. Elektrotlar kurşun ve bileşiklerinden oluşmuş elemanlardır. Akü nün sahip olduğu kapasite oranına göre elektrotlar küçük veya büyük oranlarda olabilir. Kullanım durumuna göre

elektrot plakaların sayısı azaltılıp arttırılabilir. Diğer eleman ise elektrolitlerdir. Elektrolit olarak sulandırılmış sülfürik asit kullanılmaktadır.

Bölme içerisinde mevcut bulunan elektrotların sahip oldukları kapasite ve hacimsel büyüklük ne olursa olsun, sahip olduğu voltaj değeri değişmez. Bunun değeri ise 2V dur. Değişik volt değerlerinde akü yapmak istenilirse, bu plaka bölmeleri birbirlerine seri bağlanarak değişik voltaj değerlerine sahip aküler elde edilir. Genelde voltaj değeri bakımından iki çeşit akü bulunmaktadır. İster ticari ister özel nakil araçlarının aküleri olsun, bunların voltaj değerleri 6V ve 12V'tur.

Küçük ebatlara sahip olan oto aküleri içindeki hücreler birbirlerine, aralarında kurşun köprüler aracılığıyla bağlanırlar. Çeşitli voltaj ve amper değerlerine sahip akü çeşitleri bulunmaktadır.6V 55 A lik araba aküsünden, 220V 22.000A değerindeki sanayi tipi akülere kadar akü çeşidi bulmak mümkündür. Büyük kapasiteli akü hücreleri sabit ve tektir. Aşağıdaki tablolarda bir kurşun asit akünün bileşimini Tablo 2.1 ve kurşun ihtiva eden bileşenlerinin yaklaşık bileşimleri Tablo 2.2 verilmektedir.

Tablo 2.1. Akü elemanları ve bileşimleri (Tümaküder, 2005)

Sert kauçuk kasadaki (Eski Tip) 12V-44Ah-210A oto aküsü	**% bileşim**
Kurşun içeren bileşenler	58.8
Sert kauçuk	12.7
Sülfürik asit	26.2
Seperatörler (PVC)	2.3
Toplam	100
PP kasadaki (Modern) 12V-44Ah-210A oto aküsü	
Kurşun içeren bileşenler	63.9
PP bileşenleri	5.0
Sülfürik asit	28.6
Seperatörler (PP, PVC, selüloz)	2.5
Toplam	100

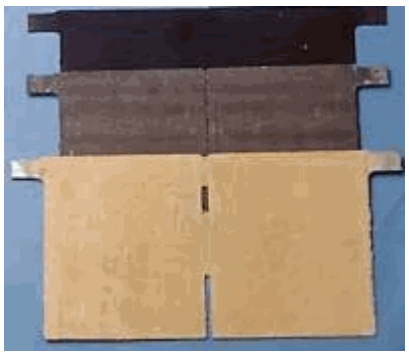
Tablo 2.2. Kurşun ihtiva eden bileşenlerin yaklaşık bileşimleri

Izgara metali, kutuplar, köprüler		**%44**
Pb	%96–98	
Sb	%2–4	
Ca	%<0.5	

Macun		**%56**
$PbSO_4$	%60	
PbO (PbO_2)	%19	
Pb	%21	
Toplam		**%100**

2.3.1 Plakalar

Elektron diye tanımlanan, enerji ortaya çıkaran, pozitif ve negatif olarak iki bölüme ayrılmış hücrelerin iç içe geçerek oluşturduğu gruba plaka grupları adı verilir. Tam olarak dolu olan bir aküde, negatif plaklar üzerinde süngerimsi kurşun, pozitif plaklar üzerinde ise kurşun dioksit (PbO_2) aktif kimyasal madde olarak görev yapmaktadır. Bunlara iskelet görevi gören kurşun ızgaraların alaşımları ve dökümleri özel bir durum içerir. Çünkü bunlar akım toplayan, aktif madde tutan ve plakaların sabitliğini ve dayanma gücünü veren bu döküm parçalardır. Şekil 2.2'de plakalar görülmektedir (Tümaküder, 2005).



Şekil 2.2. Akü Plakaları

Akü içinde iç direncin yükselmesine kurşunun içerdiği safsızlıklar neden olur. Ayrıca bu safsızlıklar akü bileşenlerinin çabuk yıpranmasına da neden olmaktadırlar. Akü içinde bulunana antimon bileşikli maddeler, mekanik ve kimyasal ölçüde dayanıklılık verici bir unsur olarak yer almaktadır. Antimon, ayrıca dökümü kolay olan bir maddedir. Izgaralar üzerinde bulunan aktif maddenin, bunun üzerinde tutunmasını sağlayacak değişik yöntemler mevcuttur. Bunlar, tüplü plak, petekli ızgara ve plak, gözlü ızgara üzerinde sıvama yapılması ve petekli ızgara üzerinde sıvama yapılması şeklindedir.

Tüplü plaka, antimonlu saf kurşundan kalıplarda dökülerek elde edilir. Ana çerçeveye bağlı dikey çubuklar üzerine, gözenekli sentetik malzemeden yapılmış tüpçükler takılmıştır. Toz halindeki aktif madde, vibrasyon metoduyla, tüpçüklerin içerisine doldurulur. Tüpçüklerin açık olan altları, plastik tıkaç dizişi ile kapatılır. Böylece hem aktif maddenin, tüpçükler içinde kalması sağlanır, hem de kurşun çubukların ve tüpçüklerin düz sıralar halinde

sallanmadan durması temin edilir. Bu tür pozitif plaka yapmaktaki hedef, aktif maddenin tüpçük içinde muhafaza edilerek, dökülmesin engellemektir

Petekli ızgara ve plak ise, saf kurşunun, özel profilde dökümü suretiyle elde edilir. Çok sayıdaki dikey çubukların oluşturduğu gerçek yüzey, plakaya dik bakıldığında görünen yüzeyin takriben 12 katıdır. Böylece elektrolitle temas eden plaka yüzeyi arttırılmış olur. Pozitif plakanın açıklanan şekilde imalatına müteakip, formasyon işlemi ile, plaka yüzeyinde kurşun peroksit film halinde aktif madde oluşturulur, işletme süresince deşarjda kurşun sülfat haline dönüşen yüzey şarjda tekrar kurşun peroksit film haline döner.

Akü içerisine aktif madde dışarıdan bir karışım malzemesi olarak verilir. Öncelik tanınan plaka grubu, pozitif plaklardır. Çünkü oksidasyon reaksiyonu ile çalışmaktadır ve yıpranma en fazla bu plaklarda oluşmaktadır. Sıvama malzemesi olarak hazırlanan hamura, kurşun oksit, asit, bazı kimyasal katıklar ve saf su karıştırılır. Ve hazırlanan bu karışım ızgara yüzeyine yedirilir. Bu şekilde hazırlanan plağa ‘Çiğ Plak’ adı verilir. Daha sonra bu plaklar uzun süreli şarj edilerek plaklar üzerindeki aktif maddenin kurşun dioksit haline dönüşmesi sağlanır. Bu yapılan işleme ‘Formasyon’ denir ve bu sayede pozitif plaka enerji vermeye hazır hale gelmiş olur.

Negatif plak üzerine sıvanan aktif madde ise kurşun oksit, asit, saf su ve ayrıca bunlara katılan genleştirici madde muhteva eder. Ne kadar saf kurşun dioksit kullanılır ise, plaka o kadar uzun ömürlü olur. Bu aktif madde formasyon işlemi neticesinde süngerimsi kurşun denilen yapıya dönüşür. Süngerimsi yapısı, içinde sıkışık kurşun ihtiva etmediğinden, yeniden kolayca reaksiyona girmesine kolaylık sağlar.

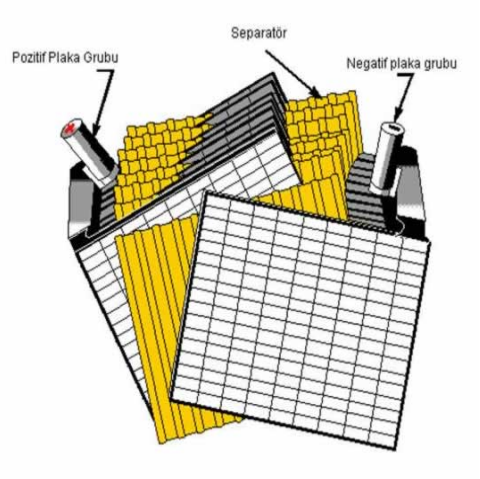
Sıvama işlemlerinde eski teknikler kullanılarak yapılan teknikler (Ör, el ile) sağlıksız sonuçlar vermektedir. Makineler ile basınçlı ve otomatik olarak sıvanan plaklar daha verimli ve daha uzun ömürlü olmaktadırlar. Plakları formasyon işlemlerinden geçmiş olarak monte edilmiş akülere ‘Kuru Şarjlı Akü’, plakları çiğ halde yerleştirilmiş olan akülere ise ‘Sulu Şarjlı Aküler’ olarak isimlendirilmektedir.

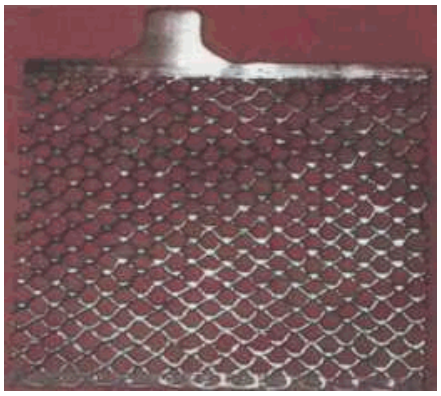
2.3.2. Seperatörler

Zıt kutuplu plakalar eğer ki akü içersinde birbirlerine değer ise aralarında kısa devre oluşabilir. Bunu engellemek amacı ile aralarına parçalar yerleştirilir. Bu parçalara seperatör

denilmektedir. Ancak bu parçaların plaklar arasında oluşan elektron alışverişine engel olmayacak şekilde ve onlar kadar uzun ömürlü olarak üretilmesi gerekmektedir.

Çeşitli seperatör tipleri mevcuttur. PVC, kâğıt, kauçuk, cam elyafı bunlara örnek gösterilebilir. Bunların özellikleri su emme, porozite, mekanik mukavemet ve direnç durumlarına göre belirlenir. Genelde zarf tipi denilen seperatör şekli şu anda kullanılan çeşididir.Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 de seperatörlerin yerleşimi ve özellikleri gösterilmektedir (Tümaküder, 2005).





Şekil 2.3. Seperatörün yerleşim yeri

Şekil 2.4. Seperatör

2.3.3. Elektrolit

Kurşun asit akülerde zıt kutuplu elektronların içinde bulundukları sıvıya elektrolit denir. En bilinen elektrolit sülfürik asittir. Şarj esnasında plaklardaki sülfat kökleri açığa çıkarak elektrolit yoğunluğunu arttırır. Deşarj esnasında ise sülfat kökleri, elektrolitlere bağlanmaya çalışır ve bu nedenle elektrolitin yoğunluğu da azalır. Plakların şarj ölçüm durumuna göre, ilk konulacak elektrolit yoğunluğu da değişik ölçütlerde kullanılır. Bunun nedeni plakların bünyesinde barındırdıkları sülfat köklerinin oranının değişkenlik göstermesidir. Elektrolit yoğunluğu hidrometre ile ölçülmektedir. Anlamı birim elektrolit hacminin ağırlığıdır. Ayrıca ‘bome’ cinsinden değer de kullanılmaktadır. Dönüşüm formulü aşağıda verilmiştir.

$$Be = \frac{144{,}38(d-1)}{d}$$

d: Asit çözeltisinin yoğunluğu.

Be: Asit çözeltisinin Bome cinsinden değeri.

Ne kadar yüksek yoğunlukta elektrolit kullanılırsa, o kadar yüksek hızda çalışma sağlar. Ancak bu durum, süngerimsi kurşun plaklarının çok kısa sürede yıpranıp aşınmasına neden olmaktadır. Eğer ki çok düşük elektrolit yoğunlukları kullanılır ise, yavaş çalışmaya ve akü gücünün düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca hacim olarak daha fazla hacimde elektrolit kullanılması gerekmektedir. Bundan dolayı elektrolit yoğunlukları belli standartlar içerisinde tespit edilerek kullanılmaya başlamıştır.

Elektrolit yoğunluğu, sıcaklık ile değişimler göstermektedir. Gerek hazırlanacak bir elektrolitin yoğunluğu, gerekse servisteki bir akünün elektrolitin yoğunluğu, ölçümlerinde, hassas bir belirleme için, o andaki elektrolit sıcaklığının bilinmesi gerekir. Çünkü elde edilmesi gereken yoğunluk değeri akü imalatçısı tarafından önceden, belli bir sıcaklık için tayin edilmiştir. (Ör: 20 °C'de 1.220 gr/ cm3). Deneyler göstermiştir ki, elektrolit sıcaklığındaki her 1.5 °C' lik değişime karşın, elektrolit yoğunluğu 0.001 değerinde değişir. Bu özellik uygulamada aşağıdaki hususlar dikkate alınarak, yoğunluk değerinin sıcaklığa göre düzeltilmesinde kullanılır (Tümaküder, 2005).

a) Ölçüm esnasındaki elektrolit sıcaklığının nominal sıcaklıktan kaç derece fazla veya az olduğu belirlenir. (Sıcaklık nominalden fazla olduğu zaman yoğunluğun düşük, nominalden az olduğu zaman ise yüksek olacağı dikkate alınır.)

b) Tespit edilen sıcaklık farkında kaç tane 1,5 °C olduğu hesaplanır.

c) Sıcaklık farkına tekabül eden yoğunluk farkı hesaplanır.

d) Ölçüm anındaki sıcaklığı, nominal sıcaklığa göre yüksek veya düşük olması dikkate alınarak, yoğunluk farkı hesaplamaya dahil edilir. Örneğin; 25°C deki yoğunluğu 1,215 gr/cm3 olduğu bilinen bir akünün, elektrolit sıcaklığı 13 °C iken, yoğunluğu ölçülmüştür. Bu ölçümde yoğunluk değeri;

Sıcaklık farkı: 25 – 13 = 12 °C

Farktaki, 1,5 °C adedi: 12 / 1,5 = 8

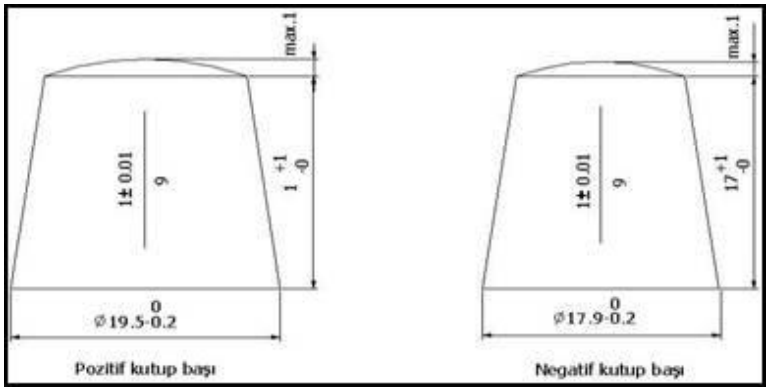
Yoğunluk farkı: 8 x 0,001 = 0.008

Ölçümdeki yoğunluk: 1,215 + 0,008 = **1,223 gr/cm^3** olarak bulunur.

2.3.4. Kutup Uçları

Zıt kutuplu plakaların şarj ve deşarjlarını sağlamak için, akü dışına yerleştirilmiş olan uçları mevcuttur. Pozitif plakaların başı (+), negatif plakaların başı ise (-) uçludur. Ve bu işaretler üzerlerine veya yalarına yazılır. Kutup çıkışları kullanım özelliklerine göre belli ebat ve boyutlarda olabilmektedirler.

TS 1353' e göre starter aküler için kutup çıkışları ölçüleri ve ebatları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekilde de anlaşılacağı üzere pozitif çıkış negatif çıkışa oranla daha kalındır. Çünkü yıpranma daha fazla olmaktadır.



Şekil 2.5. Starter akülerinin kutup çıkışları (ölçüler mm cinsindendir; Tümaküder, 2005)

2.3.5. Akü Kutusu ve Kutu Kapakları

Kutu ve kutu kapakları, plastik ve sert ebonit malzemeden üretilmektedirler. Ama genelde polipropilen maddesi, araç akülerinin kutu ve kapaklarının üretimde daha fazla kullanılmaktadır. Kutu ve kapakların mukavametinin yüksek, yalıtkanlık ve geçirimsizliği sağlayacak şekilde üretilmesi gerekmektedir. Bunları sağlamazlar ise, kısa sürede akünün özelliklerini kaybetmesine neden olabilirler. Eskiden kutu üzerinde seri halde bakım yapılabilmesi için 6 veya 12 adet kapak bulunmaktaydı. Ancak günümüzde bu sayı tek bir

kapağa inmiştir. Büyük kapasiteli akülerin kapakları sert ebonit malzemesinden yapılmaktadır.

2.4. Akü İç Tepkimeleri ve Elektrik Üretimi

Kurşun asit akülerde, deşarj esnasında, elektron alışverişi meydana gelir. Bu sayede ortaya elektrik akımı ortaya çıkar. Bu reaksiyonları kimyasal olarak yazarsak;
Deşarj; (+) kutupta oluşan reaksiyon:

$$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$$
$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4$$
$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O(toplam)$$

Deşarj; (-) kutupta oluşan reaksiyon:

$$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$$
$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4$$
$$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$$

Bu durumda, şarj ve deşarj sırasında oluşan reaksiyonlar;

Şarj;

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb$$

Deşarj;

$$PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

Bu tepkimelerden anlaşılacağı üzere, gerilim meydana gelmesi sırasında en önemli faktör kullanılan sülfürik asit konsantrasyonudur. Meydana gelen toplam voltaj, zıt kutuplar arasında meydana gelen gerilimlerin farkından elde edilir. Elbette kullanılan elektrotun cinsine ve elektrolitin türüne göre farklılıklar göstermektedir. Kurşun asit akülerde ortalama olarak bir hücrede meydana gelen akım miktarı yaklaşık olarak 2V' tur.Bir kurşun asit aküde gerilim değeri 1,75 V un altına düşer ise eğer bu akünün şarj edilmesi gerektiğinin göstergesidir. Özetlenirse;

Şarj esnasında;

a) Pozitif plakalar kurşun sülfattan kurşun peroksite dönüşür.

b) Negatif plakalar kurşun sülfattan, sünger kurşuna dönüşür.

c) Pozitif ve negatif plakalardaki sülfatlar elektrolite geçtiği için elektrolit yoğunluğu yükselir.

d) Şarj boyunca akü voltajı artar.

e) Şarj boyunca elektrolitte gazlanma oluşur.

Deşarj esnasında;

a) Pozitif plakalar, kurşun peroksitten, kurşun sulfata dönüşür.

b) Negatif plakalar, sünger kurşundan, kurşun sulfata dönüşür.

c) Elektrolitteki sülfat, plakalara gittiğinden elektrolitin yoğunluğu azalır.

d) Akü voltajı deşarj boyunca düşer.

3. HURDA AKÜLER VE ÇEVREYE ZARARLARI

Bilindiği üzere aküler üç ana malzemeden oluşmaktadır. Bunlar kurşun, sülfürik asit ve de plastiktir. Bu malzemelerin her birinin çevreye ayrı ayrı etkileri bulunmaktadır. Uygun koşullarda saklanmayan ve korunma önlemleri alınmadan doğaya bırakılan aküler, çevreye kurşun ve kurşun bileşikli sülfürik asit ve atık plastik bırakırlar. Bu nedenle kaynak suları, içme suları, göller ve denizlerde kirlenmeye ve hatta ölümlere, toprak kirlenmesine bu sebeple de çoraklaşma, bitkilerde ise kurumalara sebebiyet verir. Yine önlem alınmadan hurda akülerin içerisindeki kurşunu çıkarmak için yakılır ise, bacadan havaya karışan kurşun emisyonunda artış meydana gelir ve de hava kirliliğine neden olur.

3.1. Akü Bileşikleri

3.1.1. Kurşun Metalinin Özellikleri ve Üretim Şekli

Kurşun metalinin atom numarası 82, atom ağırlığı 207,21'dir. Kurşun kristalleri kübik yapıdır. Gri ve metal parlaklığa sahiptir. Ergime noktası 327 derece kaynama noktası 1525 derecedir. Korozyona karşı dayanıklı olması, kolayca şekillendirilebilen yapısı, 11,4 g/cm^3 değerinde olan yüksek yoğunluğu ile değişik alaşımlar oluşturabilecek özelliklere sahiptir. Yassılaşma ve tel çekme özelliğine sahip olması, korozyona dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Kurşun metalinin, dünya metal rezervleri içerisinde, toplam üretim bakımından beşinci sırada yer almaktadır. Üretilen kurşun sadece madenler tarafından işlenen birincil kaynaklardan değil ayrıca hurda kurşunların geri dönüşümünden de elde edilmektedir. Başta akü imalatı olmak üzere, kabloların izolasyonu, benzin yakıtlarda oktan ayarlayıcısı, tv tüplerinin yapımında, radyoaktif x ışınlarından korunmada, PVC üretiminde ve daha birçok malzemenin imalatında kullanılmaktadır.

Kurşun üretiminde kullanılan iki türlü yöntem mevcuttur. Bunlar: 'Hidrometalurjik' diğeri ise 'Pirometalurjik' prosestir. Hidrometalurjik proses laboratuar ve pilot ölçekli denemeleri yapılmıştır ancak endüstriyel boyutta bir tesis daha faaliyete geçmiş değildir.

Bunun nedeninin yüksek elektrik gücü gerektirmesi ve malzemelerin çabuk korozyona uğraması ve ekonomik bir işletme özelliği taşımaması denilebilir. Pirometalurjik proses en eski kurşun üretim yöntemidir. En sık kullanılan proses ISP (Imperial Simelting Proses)'dir. Bu proseste ayrıca çinko metali de elde edilmekte olup bu sayede yüksek işletim maliyetlerini en aza indirmektedir. Bunların dışında Boliden Kaldo Prosesi, Isasmelt Prosesi, OSL Prosesi, Kiveet Prosesi de kurşun üretiminde kullanılan diğer proseslerdir.

3.1.2 Elektrolit (Sülfürik Asit) Özellikleri ve Üretim Şekli

Sülfürik asit renksiz, yağımsı bir sıvıdır. Konsantre sülfürik asit, kütlece %96-98 oranında H_2SO_4 içerir. Özelliklerinden biri de, suya yakın bir madde olmasıdır. Konsantre sülfürik asit, birçok organik maddeden suyu çeker ve ekzotermik bir tepkime oluşturur. Bu özelliğinden dolayı, temas edildiğinde cilde büyük zararlar verebilir. Yine aynı sebepten dolayı, sülfürik asiti seyreltme işlemi çok dikkatli yapılmalıdır. 1 mol sülfürik asiti bol miktarda suya eklediğimizde, yaklaşık 880 kj ısı açığa çıkar. Konsantre sülfürik asitin içine su eklemek çok tehlikelidir. Çünkü su, yüksek ekzotermik tepkimeden dolayı asitin üstünde kabarcıklar oluşturarak, çok ani bir şekilde kaynar. H_2SO_4 kimya endüstrisinde en çok üretilen ve kullanılan maddelerden biridir. Tarım endüstrisinde büyük miktarlarda asit, kalsiyum fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ gibi çözünmeyen fosfat kayalarından, çözünebilir kalsiyum dihidrojen fosfat elde etmek için kullanılır. Sülfürik asit üretiminde kullanılan endüstriyel metodun adı "kontak işlemi"dir. İlk adımda, sülfür ve sülfitlerin yanmasıyla sülfür dioksit oluşturulur (2.1, 2.2).

$$8SO_2(g) \rightarrow S8(g) + 8O_2(g) \rightarrow 2H_2S(g) + 3O_2(g) \qquad (2.1)$$

$$H = -2374\ kj\Delta$$

$$2SO_2(g) + 2H_2O(g) \qquad (2.2)$$

$$H = -1037\ kj\Delta$$

Sülfür dioksit daha fazla oksijenle tepkimeye girerek sülfür trioksit oluşturur, ama bu tepkime daha yavaş gerçekleşir. Kontak işleminde sülfür dioksit ve oksijen karışımı, platin metali veya vanadyum oksit katalizörleri yüzeyine temas ederek geçer (2.3).

$$\Delta\ 2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g) + V_2O_5 \qquad H = -226\ kj\Delta \qquad (2.3)$$

Sülfürik asidin direkt çözünmesi, sülfürik asit nemi oluşturur. Oluşan bu nem, suyla karıştırıldığında konsantre sülfürik asit elde edilir. Dikkat edilirse kontak işlemindeki tepkimelerin ekzotermik olduğu görülür. Sülfürik asit üreten fabrikalar, açığa çıkan bu ısıdan da yararlanırlar.

3.1.3 Dış Kaplama (Plastik) Özellikleri ve Üretim Şekli

Plastiklerin kaynağı, ham petrol, gaz ve kömürdür. Plastiğin genelde ana kaynağı petrol rafinerisinden arta kalan bakiye maddelerdir. Dünyada üretilen toplam petrolün sadece %4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır. Plastikler, karbonun hidrojen, oksijen, azot ve diğer organik ve inorganik elementlerle oluşturduğu manomerler diye adlandırılan en küçük ve basit moleküllü gruplardaki çift bağın koparılarak polimerler diye adlandırılan uzun zincirli yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen insan yapımı maddelerdir. Polimerler, belli bir sıcaklık ve basınç altında ve belli katalizörler kullanılarak bir reaktörde monomerleri reaksiyona sokularak elde edilir. Bu işlemler sonucu elde edilen polimerler reçine, granüle ve toz halindedir.

Polimerlerin plastik ürünlerine dönüşümü üç kademede gerçekleşir. Bunlar;

1. Reçine granülleri, tozları yumuşatmak için ısıtılır,
2. Yumuşatılmış madde belli kalıplara dökülür,
3. Ürün soğutulur ve şekillenmiş plastik ürün elde edilir.

Plastik ürünlerinin üretildiği birkaç metot vardır. Bunlar;

a. Enjeksiyonla Dökme (Kalıba Dökme),
b. Ekstrüzyonlu Kalıba Dökme,
c. Üflemeli Kalıba Dökme,
d. Sıkıştırmalı Dökme
e. Vakum Termo Şekil Verme

3.2. Akü Bileşenlerinin Çevreye ve İnsana Zararları

3.2.1 Kurşunun Zararları

Kurşunun insan vücuduna bulaşması, kurşun ve türevi bileşiklerin bulaştıkları cisimlere el veya vücudun teması, bu nedenle sindirim sistemine karışması, havaya karışan bu bileşiklerin solunum sistemine girmesi nedeniyle olmaktadır. Kolaylıkla adsorbe olarak kana geçen kurşun türevleri, en çok kırmızı kan hücrelerine ve proteinlere bağlanırlar. İnsan vücudunda karaciğer, dalak, kas, deri, böbrek gibi organ ve dokularda birikir. Daha sonra kalsiyum fosfat moleküllerine dönüşerek kemiklerde birikir. Kurşun vücutta uzun süre birikim yaparak kalabilen bir maddedir. Kurşun zehirlenmeleri akut ve kronik olarak gerçekleşir. Kronik kurşun zehirlenmelerinde ilk belirtiler sinir, kas, mide, barsak, beyin hastalıkları ve böbrek bozuklukları şeklinde ortaya çıkar. Akut zehirlenmelerde ise başlangıçta ağızda metalik tat, boğazda yanma, karın ağrıları, bulantı ve kusma daha sonra sindirim sistemi iltihaplanması gerçekleşir. İleriki saatlerde idrar kesilmesi, dil bölgesinde çizgiler, kalp yetmezliği, kasılmalar ve koma gözlenir. Bu tür zehirlenmelerde ölümcül vakalara rastlanmaktadır. Tablo 3.1 de kurşunun insan sağlığına olan etkileri hastalıkları ile birlikte belirtilmiştir.

3.2.2 Elektrolitin (Akü Asidinin) Zararları

Elektrolit temel olarak sülfürik asit ve saf su bileşiminden meydana gelmiştir. Yüzde olarak değerlendirildiğinde, yüzde 55–60 saf su yüzde 40–45 ise sülfürik asitten meydana gelmektedir. Bütün asitlerde görülen korozif yapı, sülfürik asitte aktiflik bakımından daha fazladır. Sülfürik asit vücuda birebir temas ettiğinde deri ve alt katmanlarında bulunan kas ve kemik dokusunu yakar ve eritir. Vücudun büyük bölümünde veya hayati organların bulunduğu bölgelere temas etmiş ise eğer, ölümle sonuçlanan vakalara neden olabilmektedir. Sülfürik asit buharının uzun süre solunması veya korunma kullanılmadan işlenmeye çalışılması nedeniyle akciğer hastalıklarına ve solunum yollarında iltihaplanma ve hatta kansere yol açabilmektedir.

Tablo 3.1. Kurşun metalinin insan sağlığı üzerine etkileri (Güler, 1996)

Etkilenen Sistem	**Belirti**
Sinir Sistemi	Ataksi Sakral nöropati Kranyal nöropati Görme bozukluğu Başağrısı Psikomotor fonksiyon yetersizliği Kafa içi basınç artması Bellek zayıflaması Myoklonus Organik affetif sendrom Nistagmus Opsokionus Parapleji Parkinson
Kap ve Dolaşım Sistemi	Kordiyomiyopati, periferal vasküler hastalıklar Koroner arter hastalığında ‘ Mortalite’ oranı artışı, Hipertansiyon Akut miyokart enfaktiisü, Arterioskleroz, Anjinaaritmi, Ani ölüm Kadiyomiyopati
Böbrek ve İdrar Yolu	Akut böbrek yetmezliği Hemoglobinün Myoglobinüri întersitisyen nefrit Glomenılonefrit Nefrotik Sendrom
Hemapoetik Sistem	Hemolitik anemi Hipoproliferatif anemi Trombositopeni Lösemi Methemoglobinemi
Troid Bağışıklık Sistemi	Guatrojenik veya antitiroid etki İmmün sistem disfonksiyonu
Kadın Üreme Sistemi	Adet düzensizlikleri, irtibite gerilemesi, menapoz Gelişimsel etkiler (Fötotoksisite, teratojenite) Gebelikle ilgili (kanama bozuklukları, toksemi, erken membran rüptürii, prematüre doğum)
Erkek Üreme Sistemi	Babaya bağlı sportan düşükler konjenital anomaliler Libido azalması, İmpotans, Sperm anomalileri İnfertilite

Korozif özelliğinin yanı sıra, sülfürik asit reaktif bir maddedir. Bu nedenle sülfürik asit diğer maddelerle kolayca tepkimeye girebilir ve bunun sonucunda hidrojen gazı açığa

çıkabilir. Hidrojen gazı oldukça yanıcı bir gaz olup kolayca tutuşabilme özelliğine sahiptir. Hurda akülerden çıkan elektrolit, yani sülfürik asit, ayrıca kurşun bileşikleri ihtiva eder. Doğaya arıtılmadan verilen kullanılmış akü asidi ise, kurşun bileşiklerinin yaratmış oldukları zararlı etkilerin tamamını göstermektedir.

3.2.3. Plastiklerin Zararları

Akülerin dış kaplaması plastiktendir. Hurda akünün iç bölümündeki kurşun ve akü asidi çıkarıldıktan sonra ortaya plastik dış kaplama kalır. Plastik biyolojik olarak bozulmayan bir maddedir. Bu nedenden dolayı uzun yıllar toprakta bozulmadan kalabilir. Toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca sulara atılan plastik malzeme biyolojik yaşamı olumsuz etkileyerek, sudaki canlıların ölümüne neden olabilmektedir.

4. HURDA AKÜLERİN GERİ KAZANILMASI

Kurşun metalinin birincil üretiminin pahalı olması nedeniyle, ikincil üretimden faydalanılması daha cazip hale gelmiştir. Akülerin içerdikleri kurşun metal miktarının fazla olması, çevre kirliliğine sebebiyet vermesi ve kolay geri dönüşümü sağlanabildiğinden, akülerden kurşun elde edilmesi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için avantajlı bir yöntemdir.

Genel olarak akü geri dönüşümünde kullanılan iki proses mevcuttur. Birincisi akünün bileşiklerinin ayrıştırılarak, her birinin ayrı ayrı işlem görmesini sağlamaktır. Diğer proses ise, akü asidinin ayrıştırılarak, geriye kalan plastik ve kurşun muhtevasının birlikte işlem görmesidir. Birinci prosesin avantajları, her bir bileşiğin geri kazanılmasının sağlanabilmesidir. Ancak zaman alan ve pahalı bir prosestir. Diğer yöntemde ise kurşun ve kısmen de olsa akü asidi geri kazanılabilir. Avantajı ekonomik olmasıdır. Ancak çevresel açıdan risk içermektedir.

Kurşun geri dönüşümünü gelişmekte olan ülkelerde, hem kayıtlı, endüstriyel teknolojileri kullanan hem de özgün teknolojiden yoksun ve de resmi olarak kayıt altına alınmamış şekilde faaliyetini sürdüren işletmeler aracılığıyla yapılmaktadır. Geri dönüşümü yapılan atıklar arasında, hurda akü geri dönüşümü diğer atıklara göre daha fazla paya sahiptir.

4.1. Saklama Koşulları

Hurda akü tesisinde depolanacak hurda aküler için, özel saklama koşulları sağlanmalıdır. Rüzgar, yağmur, izinsiz girişler vb. doğa ve insan etkilerinden korunması için, depo alanının yanlardan ve üstten kapalı olması gerekmektedir. Zeminin akü asitlerinden meydana gelen sızmaları engellemesi için asfalt veya beton kaplamalar ile koruma sağlanmalıdır. Akü asitlerinin sızıntılarının toplanması için, depo alanına drenaj sistemi kurulmalı ve bu drenaj sistemi, nötralizasyon havuzuna bağlanmalıdır. Depo hacmi gerekli miktarda akü saklayacak büyüklükte olmalı ve de aşırı biriktirme yapılmamalıdır. Araçların kolayca girip çıkabilmesi için yol bölümleri oluşturulmalı ve de bu bölgelere malzeme istifi yapılmamalıdır. Depo giriş ve çıkışları gerekli şekilde aydınlatılmalı, ‘GİRİŞ’ ‘ÇIKIŞ’

ibareleri, yangın söndürme sistemleri, ve gerekli uyarı levhaları ile donatılmalıdır. Şekil 3.1 de bu levhalara dair örnekler bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Uyarı levhaları

Geri dönüşümüne gönderilecek hurda aküler, uygun saklama koşullarında ve uygun istifleme yapılmadığı takdirde, çevreye zarar verecek döküntülere neden olabilmektedir. Ayrıca sağlık açısından da problemlere sebep olmaktadır. Aküde meydana gelecek çatlaklar ve kırılmalardan dolayı oluşan bu çevre kirliliği ve sağlık sorunu faktörü, çok basit önlemler ile çözülebilecek bir sorundur. Tablo 4.1'de uygulanması durumunda çevre ve insan sağlığına en az zararı verecek depolanma koşulları belirtilmiştir.

4.2. Teknik Aşamalar

Akü geri dönüşümünde ilk aşama, akülerin sökülmesi ile başlamaktadır. Burada akü elemanları birbirinden ayrılmaktadır. Daha sonra eriyik hale getirilmesi için bu parçalar enerji kaynağı olarak sıvı yakıt kullanan döner davul fırınlara verilmektedir. Izgara ve macun malzeme, daha ileri aşamalarda birbirinden ayrılmaktadır. Izgara malzeme eriyik haline (450–550 santigrat derece arasında) külçelere dökülecek haldedir. Kalan kısım metalurjik işlemlerden geçerek eritilir, tasfiye edilir ve külçelere dökülür.

4.2.1. Akü Bileşenlerinin Ayrılması ve Ergime Safhaları

Akü bileşiklerinin ayrılması safhasında, ilk olarak, asit aküden boşaltılmaktadır. Akü kapakları açılarak akü asidi plastik varillere veya akü drenaj hattına aktarılır. Eğer ki akü asidi

satılmak isteniyorsa, plastik varillere konularak bekletilmeli ve de çöküntü maddelerden ayrıştırılarak satışa verilmelidir. Çöküntü madde ise kireç ile etkisiz hale getirilerek fırın besleme malzemesi olarak kullanılabilinir. Ancak asit satış için arıtılmayacak ise, drenaj hattı ile nötralizasyon havuzuna aktarılmalıdır.

Tablo 4.1 Akü geri dönüşümü tesisleri için uygun emniyet önlemleri ve saklama koşulları

Emniyet Önlemleri	1. Akümülatörler tam kapalı değildir. Ters çevrilerek taşınmamalıdır. 2. Akülerde oluşan hidrojen gazı son derce yanıcıdır. Kıvılcım, alev yanan sigara ve diğer tutuşturma kaynaklarını akülerden uzak tutun. Aksi takdirde gaz ateş alıp patlayabilir. 3. Sulu aküleri herhangi bir yana 55° den fazla eğmeyin. 4. Aküler ciddi yanığa sebep olabilecek sülfürik asit içerirler. Asit ile temasın engellenmesi için, koruyucu kişisel kıyafetlerin giyilmesi gerekmektedir. Bunlar en azından, plastik tulum, emniyet gözlüğü, PVC eldiven, iş güvenliği ayakkabısı ve plastik ayakkabı koruyucusudur. Asit ile temas halinde, temas yerine bol su tutup yıkanmalıdır. Göze asit kaçması halinde yıkamanın, hemen arkasından tıbbi kontrolden geçmek gerekir. 5. Hurda akü depolarının günlük denetimi yapılmalıdır. Bu sayede elektrolit döküntüsü olduğu zaman gerekli önlemler alınabilir. 6. Devrilme tehlikesine karşı, hurda aküler üst üste 1 m'den daha fazla üst üste istiflenmemelidir.
Depolama Koşulları	1. Sulu aküleri herhangi bir yana 55° den fazla eğilmemelidir. 2. Depo zemini, alt tabakası plastik üst tabakası ise beton ile kaplanmalıdır. 3. Atıksu tahliyesi için, drenaj kanalları yapılmalı ve bu kanallar atıksu arıtma sistemine bağlanmalıdır. 4. Depolama mahalli temiz olmalıdır. 5. İlk giren malzeme, ilk çıkar prensibi uygulanmalı, girişi yapılan malzemenin envanter listesi oluşturulmalıdır. 6. Depolanan aküler, kendi ebat ve boyutlarına göre istiflenmelidir.

Diğer adım ise, asidi boşaltılmış akü kabının plastik malzemesinin ayrıştırılmasıdır. Bunun için giyotin veya hızar ile kesilerek ızgara paketleri çıkartılır. Çıkarılan ızgara malzemesi, sulu döner tambura yerleştirilerek, yıkanması sağlanır. Bu şekilde macun malzeme ızgaralardan ayrıştırılmış olur. Tamburu korozyondan korumak için, yıkama suyuna kireç katılmalıdır.

Diğer bir ayrıştırma biçimi ise, akülerin bütün olarak, otomatik bir çekiç mili tarafından ezilerek, parçalanmasıdır. Bu işlemde parçalar tambura yerleştirilir ve yıkama işleminden çıkan su çökelti için çöktürme tanklarına konur. Burada dibe çöken katı madde güneşte kurutularak veya filtrelenerek, besleme fırınlarına geri gönderilir. Üstte kalan sıvı ise ana işlemin başına geri gönderilir. Öğütme davulunu en uç kısımda terk eden kaba malzeme elle ayrıştırma için iletim hattına gönderilir.

4.2.2. Geri Dönüşümde Kullanılan Metalurjik Yöntemler

Akü geri dönüşümünde hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesleri kullanılmaktadır. Hidrometalurjik proseste, aküyü oluşturan her bir eleman aküden parçalanarak ayrıştırılır. Daha sonra fiziksel olarak ayrıştırılmış elemanlardan metaller, fiziksel ayırma , sıvı sıvı ayırma, flotasyon ve iyon değiştirme işlemiyle ayrıştırılacağı gibi, elektroliz veya tuz çöktürme gibi yöntemlerle de, metallerin elde etme yöntemleri mevcuttur. Pirometalurji yönteminde ise kurşun geri kazanımı sırasında, akü macununun arıtılması esnasında hidrometalurji yönteminden yararlanılır.

Akü geri dönüşümü sırasında, akü malzemelerinde bulunan kurşun bileşikleri, Pb, PbO, PbO_2, $PbSO_4$ dür. Kurşun (Pb) hariç diğer bileşiklerin oluşması için tepkimelerin gerçekleşmesi gerekmektedir. Bunların tepkime sıralaması ve oluşum şekli şu şekildedir:

$$2PbO + C \longrightarrow 2Pb + CO_2 \quad (4.1)$$

$$PbO_2 + C \longrightarrow Pb + CO_2 \quad (4.2)$$

İkinci tip kimyasal reaksiyon, $PbSO_4$ 'ü yine indirgeme işlemiyle PbS'e dönüştürür.

$$PbSO_4 + 2C \longrightarrow PbS + 2CO_2 \quad (4.3)$$

Son olarak PbS aşağıdaki reaksiyonlarla Pb'ye dönüştürülür.

$$PbS + Fe \longrightarrow Pb + FeS \quad (4.4)$$

ya da;

$$PbS + 2PbO \longrightarrow 3Pb + SO_2 \quad (4.5)$$

$$PbS + PbO_2 \longrightarrow 2Pb + SO_2 \quad (4.6)$$

Bu tepkimeler yaklaşık olarak fırının 900 ila 1200 santigrat derece aralığında iken meydana gelmektedir. Bu esnada karbon atomları kömür, demir ise demir talaşı olarak katkı sağlarlar. Cüruf bileşeninde ise sıvılaştırıcı olarak kullanılan soda külü ve diğer çöken madde karışımları bulunmaktadır. Bundan sonraki aşama olan eritme işleminde, ham kurşun ve atık soda ürünleri tasfiye edilir. Buradaki önemli husus, soda cürufunun suda çözülme durumumun olmasından dolayı korunmasız olarak bırakılması ve bilinçsiz atılması halinde tehlikeli çevresel etkilere neden olabileceğinden, özel arıtma sistemlerini kullanılarak bu cürufun arıtılması gerekmektedir. Alternatif olarak suda çözülmeyen silika cürufları kullanılmaktadır.

Ancak silika cüruflarının kullanılabilmesi için, fırın sıcaklığının 1400 santigrat derece sıcaklıklarda olması gerekmektedir.

Tasfiye edilecek kurşun yaklaşık olarak 500 santigrat derecede özel tasfiye kazanlarında yapılır. Akü üretim aşamasında kullanılmak üzere hazırlanması için bakır ve antimonun giderilmesi gerekmektedir. Bakır giderimi sülfür ilavesi yapılarak, antimon ise sodyum nitrat ilavesiyle giderilmektedir. Kazanda karıştırılan kurşun, bir tabaka oluşturur. Bu tabakada oluşan kirlilikler bulunmaktadır. Bu tabakaya kaymak tabakası adı verilir ve sıyrılarak alınır. Kalite kontrolü için kimyasal analiz yapılmalıdır. Bundan sonra kurşun kalıplara dökülerek külçeler elde edilir.

4.2.3. Kurşun İçeren Bileşenlerin Ergime Safhası

Parçalama işleminde elde edilen iri parçalar besleme kazanına gönderilir. Bu parçalar terminaller, ızgaralar ve köprülerden oluşmaktadır. Besleme kazanına soda külü ilavesi konularak, eritilir ve çözünemeyen malzeme, bu soda eriyiğine karışır. Daha sonra bu eriyik sıvı halde arıtılacağı kazana aktarılır veya daha sonra işlem yapılmak üzere külçelere dökülür. İşlem sırasında meydana gelen gazlar, baca arıtma sistemine gönderilir.

4.2.4. Çöküntü Malzemelerinin Ergime Safhası

Filtrelemeden çıkan malzemeler, çöküntü malzemeleri, cüruf yapıcı bileşikler (soda külü) ve tepkime süresince kullanılan katkı malzemeleri (kömür, demir talaşı) eritme safhası için döner eritme kazanına gönderilir. Burada yakıt olarak, malzeme içerisindeki kömür, dizel, atık motor ve mutfak yağları, fuel oil, vb. yanıcı malzemeler kullanılmaktadır.

Kazan içerisinde eriyik hale gelen malzemelerden, yoğunluğu en fazla olan kurşun, fırının en altında eriyik halde çöker. Buradan kurşun sıyrılarak, arıtma kazanına veya külçelere dökülür. Arta kalan karışım içerisinde, belli miktarda kurşun kalıntısı bulunmaktadır. Bu kalıntının giderilmesi için, geri besleme malzemesi olarak, karışım, ikinci veya üçüncü defa kazana yerleştirilerek, belli miktarda kurşun geri kazanımı sağlanabilir.

Üretim atığı olan cüruf malzeme, kontrollü bir şekilde depolanmalı ve tehlikeli atık olarak bertaraf tesislerine gönderilmelidir. Ancak geri kazanım sürecinde, bu cüruf, yol inşaatlarında asfaltın altında yer alan dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

4.3. Elde Edilen Ham Kurşunun Saflaştırılması

Ergimiş halde fırından alınan veya külçelere dökülen ham kurşun, saflaştırma işlemi için, içerisinde bulunan antimon, bakır, oksitler, cüruf ve düşük miktarlarda bulunan Ca, Sn, As, Zn gibi maddelerden temizlenmelidir. Saflaştırma işlemi artık cürufların ve oksitlerin giderilmesi ile başlar. Eritilmiş külçeler veya eriyik halde fırından alınan kurşun içerisine demir talaşları ve de zift katılır ve de karıştırılarak, katışıkların yüzeye biriktirilmesi sağlanır. Yüzey sıyrılarak giderim sağlanır.

Bundan sonra eriyik içerisine sülfür ilave edilerek karıştırılır ve karışım içerisinde bakır sülfatların (Cu_2S) oluşması sağlanır. Ayrıca kurşun eriyiği içerisindeki Ca, Sn, As, Zn gibi maddeler sülfür ile tepkimeye girerek indirgenirler. Bakırsızlaştırma işlemini takiben antimon giderimi için, oksitlendirme işlemi uygulanır. Bu işlemde kurşun eriyiğine basınçlı hava gönderilir ve eriyik karıştırılır. Bu sayede oksitlenen malzemeler yüzeye toplanır ve yüzey sıyrılarak giderim sağlanır.

En son işlem, elde edilen kurşunun ve artıkların kimyasal olarak analiz edilmesidir. Artık maddelerde kurşun tespit edilmesi durumunda, sistemin en başına gönderilir ve tekrar kurşun elde edilmesi için arıtma işlemlerine tabi tutulur.

4.4. Kurşun Geri Dönüşüm Atıkları Ve Bertaraf Yöntemleri

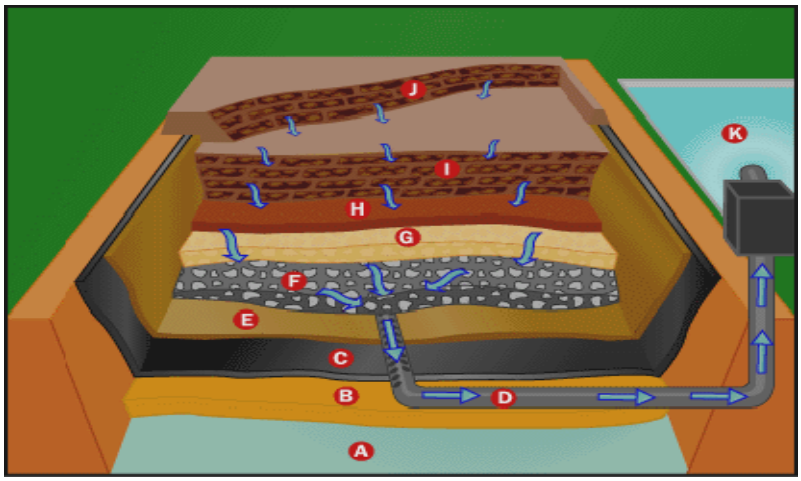
Akü geri dönüşümü esnasında, her aşamada, belli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip artıklar oluşmaktadır. İlk ayrıştırma esnasında; plastik (PVC), kurşunlu sülfürik asit, macun ve ergime safhasında; demir talaşı, cüruf, zift artıkları, zararlı baca gazları, mikron ölçekli tozlar, kontamine su buharı ve birçok minimal ölçekli, değişik fiziksel özelliklerde madde bileşikleri oluşur. Her fiziksel ve kimyasal özellikli atık için, ayrı boyutlarda arıtma

metodları bulunmaktadır. En sık kullanılan arıtma yöntemleri ile yeni teknolojiler bu bölümde incelenecektir.

4.4.1. Katı Formdaki Atıklar

Akü geri dönüşümünde ilk ayrılan katı bileşen, plastik (PVC) atıktır. Hızar ile kesilen veya öğütme makinesinden elde edilen akünün plastik parçaları, ilk önce yıkama havuzuna gönderilerek sülfürik asit ve diğer katı malzemelerden (antimon, kurşun, macun) arındırılarak, plastik atık deposunda biriktirilir. Daha sonra bu atıklar, plastik geri dönüşümü yapan firmalara gönderilir. Bazı gelişmiş ülkelerdeki akü geri dönüşüm tesislerinde, plastik geri dönüşümü fabrikanın içerisinde oluşturulan tesislerde yapılmaktadır.

Eritme kazanında, geri dönüşüm işlemi sonrasında arta kalan cüruf artıkları ve küller, fırına tekrar beslemek için geri verilemeyeceğinden dolayı, bertaraf için genellikle toprak altına gömülürler. Bunun için gömülecek alanın sızdırmazlık özelliğine sahip olması önemlidir. Şekil 4.2'de bir kontrollü depo örneği verilmektedir.



A: Yer altı Suyu **B:** Sıkıştırılmış Kil($k \leq 1{,}0*10^{-9}$) **C:** HDPE Kaplama **D:** Atıksu Borusu
E: Jeotekstil Hasır **F:** Çakıl Kaplama **G:** Drenaj Tabakası $k \geq 1{,}0*10^{-4}$) **H:** Toprak Tabaka
I: Önceki Yüzey Tabakası **J:** Yeni Yüzey Tabakası **K:** Atıksu Havuzu

Şekil 4.2. Katı atık deposu örneği.

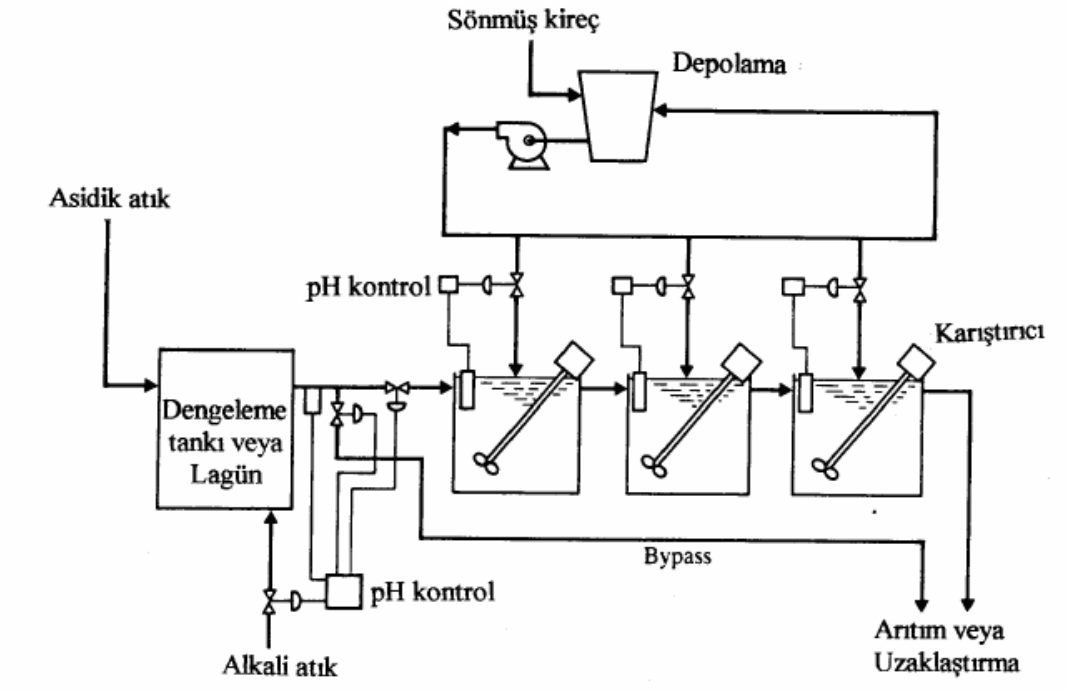
Fırın cüruflarının bertaraftı için yeni yöntemler de araştırılmaktadır. Cürufun, asfalt yolların yapımında alt tabaka olarak kullanılması buna bir örnek olarak verilebilinir.

4.4.2. Sıvı Atıkların – Atıksuların Arıtılması

Geri dönüşüm sürecinde, hem akü bileşiklerinden biri olan sülfürik asit, hem de diğer elemanların temizlenmesi ve de çöktürülmesi esnasında ortaya çıkan sıvılar atıksu kategorisine girmektedir. Geri dönüşüm tesisi çevresinde yapılan temizlik işlemleri sırasında oluşan sular da atıksu olarak değerlendirilmelidir. Akü içerisindeki sülfürik asit, geri dönüşüm öncesinde ayrıştırılmaktadır. Asit, arıtma sistemine kanalize edilmelidir. Akü geri dönüşüm tesislerinde akü depolarında meydana gelen sızıntı sularını toplamak için drenaj sistemi yapılmalıdır. Buradan kanallar aracılığı ile atıksular, atıksu geri dönüşüm sistemine aktarılmalıdır. Kanal drenaj yapısı beton kanal veya HDPE borudan dizayn edilmelidir. Bu şekilde sülfürik asitten meydana gelebilecek korozyon minimize edilmiş olacaktır. Ayrıca depoda meydana gelecek döküntülerin kolaylıkla giderilmesi için bir sistem oluşturulmuş olmaktadır.

Atıksu oluşturan diğer bir geri dönüşüm safhası ise, akü malzemelerinin kırıcı ile parçalanıp türüne göre ayrıştırılması esnasında oluşmaktadır. Burada iri parçalar direk fırına besleme için gönderilirken diğer ufak parçalar, yıkama havuzuna gönderilir. Yıkama havuzunda katı partiküller dibe çökerken, yıkama üst suyu presli filtreden geçirilerek atıksu arıtma sistemine verilir. Yıkama üst suyu kurşun metali ihtivası açısından yüksek değerliğe sahiptir. Ayrıca asiditesi de yüksektir. Atıksu arıtma sistemine bağlanacak olan diğer bir atıksu kaynağı ise, katı atık deposundan toplanan, sızıntı suyudur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, sızıntı suyundaki kurşun konsantrasyonunun düşük (<10 mg/lt), toplam katı madde konsantrasyonu yüksek (>250 mg/lt) olmasıdır. Bundan dolayı, kimyasal arıtmaya verilmeden önce sızıntı suyunun ön çöktürmeye veya filtrasyondan geçmesi, kimyasal arıtım verimini yükseltir ve de arıtım giderlerini azaltır. Şekil 4.3 de akü arıtma tesislerini atıksularını arıtmak için dizayn edilen tipik bir kimyasal arıtma sistemi şeması verilmiştir.

Atıksu içerisinde bulunan kurşun ihtivası, çöktürme işlemi ile giderilmektedir. Çöktürme işleminde, genellikle kireç, kostik, soda külü, amonyak trisodyum fosfat, sodyum sülfür, demir sülfat,alüm gibi kimyasallar kullanılmaktadır. Atıksudaki kurşun, $PbCO_3$, $Pb(OH)_2$, PbS, $Pb_3(PO_4)_2$,$PbSO_4$ şeklinde çöktürülerek uzaklaştırılır. Çöktürmeden sonra çamur yoğunlaştırma ve filtrepres işlemleri uygulanarak oluşan çamur keki ergitme fırınına gönderilerek kurşun geri kazanılır. Ayrıca iyon değiştirme ve adsorpsiyon gibi arıtım yöntemleriyle de atıksulardan kurşun giderilir ve geri kazanılabilir.



Şekil 4.3. Akü geri dönüşümü yapan tesisleri için dizayn edilen tipik bir kimyasal atıksu arıtma şeması örneği: Nötralizasyon Havuzu (Öztürk, 2005)

4.4.3. Baca Gazının Arıtımı

Havada bulunan toz emisyonları toz, kir, is, duman ve asılı halde duran sıvı damlalarından oluşur. Ayrıca bu partiküller havada bulunan organik ve inorganik maddelerin kompleks karışımından da oluşabilir. Tozlar fiziksel olarak kütle konsantrasyonu ve büyüklük olarak karakterize edilirler. 2.5 mikrondan büyük olan partiküller genellikle kaba partikül olarak, 2.5 mikrondan küçük olanlar ise ince partiküller olarak adlandırılırlar. Geliştirilmiş proses dizaynı, bakım, işletme içi önlemler gibi diğer yönetim tedbirleriyle emisyonlar azaltılabilir. Yakma sisteminin veriminin arttırılması ile tamamlanmayan yanma neticesinde oluşan yan ürünlerin miktarı ve toz miktarı önemli derecede azaltılabilir. Uygun yakıt yakma teknikleri ve yanma bölümünün konfigürasyonu (yeterli hava miktarı) yan ürün miktarının azaltır. Atmosferik toz emisyonları daha temiz yakıtların seçimi ile azaltılabilir. Yakıt olarak doğalgaz kullanımı daha az miktarda partikül madde oluşumuna neden olur. Yağ bazlı prosesler kömür kullanılan yakma tesislerine göre de daha az toz oluşumuna neden olurlar. Düşük küllü fosil yakıtlar daha az yan ürün içerirler. Görüldüğü gibi yakıt seçimi ekonomik olduğu kadar ekolojik anlamda da etkileri olan önemli bir konudur.

4.4.3.1. Toz Kontrolü İçin Yaklaşımlar

Partikül giderme teknikleri için pek çok çeşitte ve farklı fiziksel ve ekonomik özellikler ile karakterize edilen sistemler mevcuttur.

a. ***Seperatörler****,* taşıyıcı gaz akımı içerisindeki tozun ayrılması için iyi bir yöntemdir. Ataletli separatörler orta ve büyük çaplı partiküllerin ayrılması için etkilidir. Bunlar çöktürme odalarını ve santrifüj siklonları içerirler. Siklonlar, düşük maliyetli ve düşük bakım gerektirip genelde partikül büyüklüğü 10–100 mikron olan tozları tutmak için verimlidir. Siklonlarla ince tozların giderme verimi %70'den düşüktür. Bu nedenle ince tozların tutulması için elektrostatik çöktürücüler ve torba filtreler önerilir. Siklonlar genel olarak toz artımı için birincil arıtma görevi görürler.

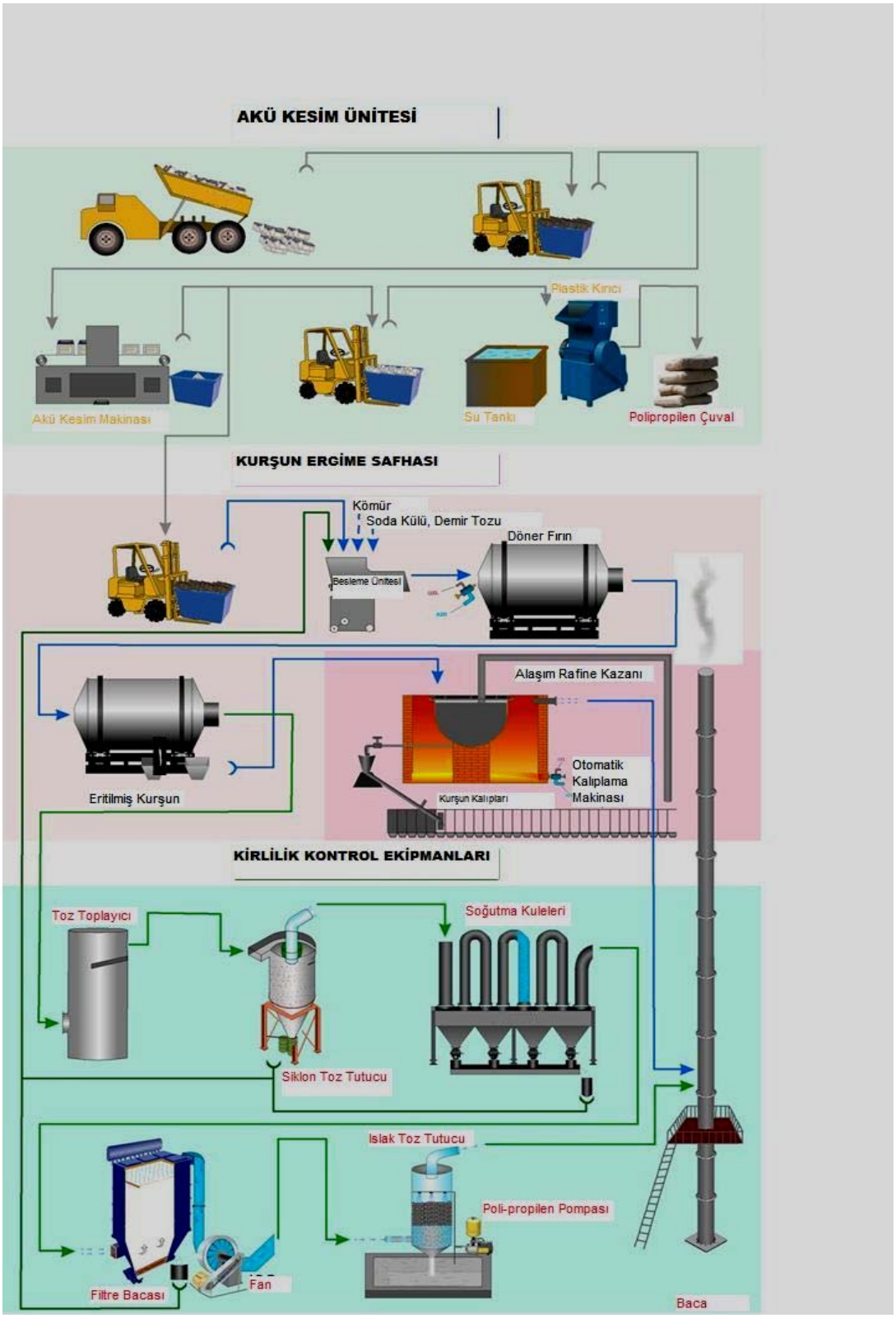
b. ***Elektrostatik çöktürücüler****,* elektrostatik bir alanda toz partiküllerinin elektrodlara yapışması suretiyle çalışırlar. İyi dizayn edilmiş ve iyi işletilen sistemlerde %99,9 oranında ince tozların giderildiği görülmüştür. Elektrostatik çöktürücüler özellikle ince tozların giderilmesinde ve özellikle bazı toksik metallerin iz emisyonlarının giderilmesinde oldukça verimlidir (%99). Yüksek sıcaklıklarda torba filtrelere göre daha az hassastır ve düşük basınçlarda çalışırlar. Elektrostatik çöktürücüler özellikle çimento geri kazanımında kullanılabilirler.

c. ***Filtreler ve toz kollektörleri (Torba filtreler)****,* akışkan gaz içerisinde bulunan tozun kumaş bir filtreden tutulması prensibiyle çalışırlar. En çok kullanılan çeşidi torba şeklindeki filtrelerdir. Torba filtrelerde kumaş tipinin seçimi gaz sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Partiküller mekanik olarak çalkalama, gaz akımında dönme veya yüksek basınçlı hava akımı olarak giderilir. Kumaş filtrelerde verim %99,9 civarındadır. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel giderme verimi de %99'dan büyüktür.

d. ***Islak çöktürücüler****,* akışkan gazdaki toz emisyonlarını sıvı spreylemek suretiyle tutulması prensibine göre çalışır. Bu filtreler özellikle gaz emisyonların giderilmesinde kullanılır ve partiküller ikincil olarak giderilmiş olur. En önemli tipleri, venturi yıkayıcıları, jet yıkayıcılar, sprey kuleleri veya odalarıdır. Venturi yıkayıcılar yüksek miktarda su tüketimine neden olurlar.

4.5. Akü Geri Dönüşüm Safhaları

Yukarıda belirtilen akü geri dönüşüm, arıtım safhalarını incelediğimizde, sisteme giren hurda akü, en ufak birimlerine kadar ayrılmakta ve de geri dönüşüme uygun kurşun cevheri elde edilmektedir. Bu sırada ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi, her bir atık çeşidinin kendi fiziksel ve de kimyasal özelliklerine göre yapılmaktadır. Arıtma sistemlerinde elde edilen atıkların sistemin başına tekrar verilmesi, sonsuz döngü sağlamakta, bu şekilde de minimum atık elde edilmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere, akü geri dönüşümünde dikkat edilmesi gerekilen en önemli husus, baca gazı arıtımının en ileri düzeyde yapılması gerekliliğidir. Çevre etkisi yönünden en fazla zararlı etkiye sahip olan zararlı baca gazı, yerel olarak etkiye sahip olduğu gibi, global etkilere de sahiptir. Şekil 4.4 de gelişmiş bir akü geri dönüşüm tesisinin sistematik olarak akü geri dönüşüm safhaları ve de bağlantıları özet şeklinde verilmektedir.



Şekil 4.4. Gelişmiş bir akü geri dönüşüm tesisinin süreç safhaları

5. TÜRKİYE'DE MEVCUT AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM DURUMU

Şu ana kadar anlatılan kısımlardan da anlaşılacağı üzere, akü geri dönüşüm sistemleri gelişmiş ülkelere ait olan sistem yapılarını açıklamış olduk. Türkiye' de mevcut bulunan akü geri dönüşüm tesisleri, genel olarak değerlendirildiğinde, standartların altında çalıştırılmaktadır. İlerdeki bölümlerde daha detaylı olarak ele alınacak olan akü geri dönüşümünün çevreye olan etkilerini ve Türkiye' de bulunan akü geri dönüşüm firmalarının standart dışı faaliyetlerini ele alınırken, nedenleri de sunulmaya çalışılacaktır.

Akümülatör sektörü, Akümülatör Üretim/ithalat sektörü ve Hurda akümülatör sektörü olarak iki ayrı ana başlık altında toplanabilir. Ülkemizde pazara sunulan akümülatörlerin çok büyük bir kısmı Kurşun-asit akümülatörlerdir. Nikel-Kadmiyum ve benzeri diğer akümülatörlerin pazar payları ihmal edilebilecek derecede azdır. Gerek üretim, gerekse ithalat yoluyla ülkemize giren akümülatörlerin tüketiciye ulaşma sayısı 50 bini bulan satış noktaları kanalıyla yapılmaktadır. Ülkemizde tüketilmekte olan akümülatörlerin yaklaşık olarak (adetsel bazda) %45'i üretim, %55'i ithalat yoluyla pazara sunulmaktadır. Akümülatör ithalat sektörünün toplam adetsel satışlarda payı yaklaşık %55 olup, toplam ithalatın yaklaşık %85'i de Türkiye'de üretimi yapılmayan Kuru tip (AGM ve JEL Akümülatörler) akümülatörlerdir. Türkiye'nin; milli savunma, sağlık, ulaşım ve iletişim gibi hayati öneme sahip sektörlerinin gereksinimleri ithal akümülatörle sağlanmaktadır.

Akümülatör ithalatçısı durumunda yaklaşık olarak 200 civarında firma bulunmakta bunların bir kısmı, üretmekte oldukları akülü cihaz üretiminde kullanmak üzere ithalat yapmaktadır. Türkiye'de sadece "sulu" Elektrolitli tipte Kurşun-asit akümülatör üretimi yapılmakta ve akümülatörler içinde de kg olarak en büyük payı otomotiv akümülatörleri almaktadır (yaklaşık %75).İki üretim firması, toplam ülke üretiminin yaklaşık %2'si oranında; elektrolitli endüstriyel tipte üretim yapmaktadır, traksiyoner-forklift aküsü ve stasyoner-telekom aküsü üretmektedir. Otomotiv akümülatör üretiminde ilk üç firma toplam üretim içinde yaklaşık %80 paya sahiptir. Orta ve küçük ölçekli üretim yapan diğer yaklaşık 100 firma geriye kalan yaklaşık %20'yi paylaşmaktadır. Yaklaşık olarak 100 civarında firma Akümülatör üretimi yapmaktadır. Üretim sektöründeki ilk üç firma, toplam üretimden %80 civarında pay almaktadır. Geriye kalan orta ve küçük ölçekli firmalar da geriye kalan %20 içinde kendilerine pazar payı bulmaktadır. Orta ve küçük ölçekli üretim yapan firmaların önemli bir kısmı montaj üretimi yapmakta, kullanmakta oldukları akümülatör plakası ve

akümülatör kurşunu gereksinimlerini büyük ya da bazı orta ölçekli firmalardan karşılamaktadır. Akümülatör üretiminin ana girdisi saf kurşun ve kurşun bileşimidir.

Ülkemizde cevherden kurşun üretimi yapılmamakta, saf kurşun ithal yoluyla, kurşun bileşiminin büyük kısmı da hurda akümülatörlerin geri dönüşümü yoluyla karşılanmaktadır. Geri dönüşümden elde edilen kurşunun küçük ilavelerle, akü plakası aktif malzemesi üretimine uygun hale getirilebilmesi nedeniyle, geri dönüşüm sektörü akümülatör üreticileri için büyük önem taşımaktadır. Orta ve küçük ölçekli üretim yapan firmaların önemli bir kısmının, kendi akü plakası üretim tesisleri bulunmaması ve bu plakaları büyük akümülatör üreticilerinden tedarik ediyor olmaları nedeniyle de, kurşun geri dönüşümü daha da büyük önem taşımaktadır. Hurda akümülatör sektörü 2005 yılı başlarına kadar, Hurda akümülatör sektörü ve sektörün büyüklüğü konusunda ülkemizde yapılmış resmi ve sağlıklı bir çalışma bulunmamaktadır. 2005 yılı için, sektör dernekleri ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nca yapılan çalışmalar ışığında ülkemizdeki toplam hurda akümülatör miktarı; 80–120 bin ton/yıl arasındadır. Bu miktar, yaklaşık olarak 50–75 milyon YTL arasında bir değer ifade etmektedir. Hurda akümülatör sektörü; toplama-depolama, taşıma ve geri dönüşüm olarak alt sektörlere ayrılmaktadır.

5.1. Türkiye Geneli Akü Geri Dönüşüm firmaları ve Toplam Hurda akü Miktarları

2004 ve 2006 yılarına bakıldığında akü üretim miktarı yüzde 13'lük bir gerileme, ithalat miktarında yüzde aynı oranda bir yükseliş yaşanmıştır. Akü de 2004 yılında yüzde 21 olan toplam ithalat miktarı 15 milyon 138 bin 289 ton olarak gerçekleşirken, 2006 yılında yüzde 22 milyon 107 bin 552 tonla yüzde 34 seviyesine ulaşmıştır. 2004 yılında yüzde 57 milyon 358 bin 400 ton ile yüzde 79 olan toplam üretim miktarı ise, 2006 yılında 42 milyon 753 bin 316 tonla yüzde 66' ya gerilemiştir. Akü pazarında ithalat ve üretim dâhil toplam miktar ise 72 milyon 526 bin 698 tondan 64 milyon 860 bin 868 tona gerilemiştir.

Türkiye' de 3' ü büyük, 20 civarında orta büyüklükte, 50 civarında ise küçük ölçekte akümülatör üreticisi bulunmaktadır. Bu üreticilerin yıllık üretim kapasitesi ise 12 milyon adettir. Bu kapasitenin büyük bir kısmını otomotiv tipi aküler oluşturmaktadır. Bir kısım sektör temsilcisine göre bu üretim oranı piyasadaki ürünün yüzde 40'ını oluştururken, geriye kalan yüzde 60' ı teşkil eden endüstriyel akülerin ithal yoluyla karşılandığını belirtmektedir. Üstelik bu endüstriyel akülerin Türkiye'de üretimi bulunmadığı da belirtilmektedir. Diğer

taraftan bazı sektör temsilcileri de Türkiye' de her türlü endüstriyel akülerin üretilebildiğini belirtmektedir. İthal edilenlerin ise, üretimi ekonomik olmayan küçük tip UPS (Kesintisiz Güç Kaynağı) aküleri ve bazı özel aküler olduğu dikkati çeken bir husustur.

5.2. Geri Dönüşüm Bilgileri

Ülkemizde sadece kurşun-asit akümülatörlerin geri dönüşümü yapılmaktadır. Kurşun asit akümülatörler aşağıdaki malzeme bileşenlerinden oluşmaktadır;

a-Kutu-kapak ve seperatörler; plastik kökenli malzemeler

b- Akümülatör plakaları; saf kurşun, kurşun alaşımı ve kurşun oksit

c- Elektrolit; sülfürik asit çözeltisi

Ülkemizde, akü elektroliti geri kazanımı konusunda anlamlı bir çalışma yoktur. Geri dönüşüm tesislerinde ağırlıklı olarak nötralize edilmekte, düşük bir oranda da farklı sektörlere ikinci kullanım için satışı yapılmaktadır. İlk iki malzeme gurubunun tamamına yakın bir kısmı geri kazanılabilmektedir. Kurşun geri dönüşüm sektöründe yaklaşık 30 civarında firma bulunmaktadır. Bu firmalardan bir kısmı aynı zamanda akümülatör üreticisi durumundadır. Üretim sektöründe hâkim durumda olan iki firmadan her biri, hurda akümülatörden kurşun elde eden birer geri dönüşüm firması ile ortak sermaye yapısına sahiptir; Geri dönüşüm firmalarından 18'i teknik düzenleme ve yatırım yaparak, 2005 yılı içinde lisans alma çalışmalarına başlamışlar ve 2005 yılı için geçici çalışma izni almışlardır. Bu firmalardan 6'sı, Ekim 2006 itibarı ile lisans almış durumdadır. Lisans almış durumda olan firmaların toplam kurulu kapasitesi, Türkiye hurda akümülatör toplamının altındadır.

5.2.1.Toplama ve Depolama Durumu

2004 yılı sonu itibarı ile "Genel Hurda" toplama, biriktirme ve taşıma sektöründe faaliyet gösteren firma sayısının 25 bin civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu firmalardan bir kısmı sadece hurda akümülatör konusunda çalışmakta, diğerlerinin önemli bir kısmı da diğer hurdalarla beraber hurda akümülatör de toplamakta ve biriktirmektedir. Hurda akümülatörlerin önemli bir değer ifade etmesinden dolayı bu sektör; toplama-biriktirme-geri

dönüşüm konusunda çok iyi organize olmuş durumdadır. Bu sektörün faaliyeti sonucu çöpe atılan hurda akümülatör miktarı ihmal edilebilir bir düzeye inmiştir. Ancak bu faaliyetler sırasında; gerek ihmal, gerek bilgi eksikliği ve özellikle de mevzuat ve denetim eksikliği nedeniyle bir çok firmanın çevresel riskleri dikkate aldığı söylenemez. 2005 yılı başından itibaren, APAK(Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü) yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte, geri dönüşüm firmaları ile birlikte, hurda toplama faaliyetinde bulunan firmalar da yeniden düzenleme, hurda akü konusuna yönelme ve yapılanma süreci başlatmışlar, yönetmeliğe uygun teknik kriterleri yerine getirme çabası içine girmişlerdir.

5.2.2. Hurda Akümülatör Taşınması

2005 yılı başına kadar yeni veya hurda akümülatör taşıma araçları konusunda bir uygulama bulunmamaktadır. 2005 yılı başından itibaren, üretimden tüketime taşımalarda herhangi bir hüküm getirilmemiş, hurda akümülatörlerin taşınmasında kullanılacak araçlara lisans alma zorunlu getirilmiştir. 2005 Mart ayında yapılan bir düzenleme ile lisanslı araç kullanma sadece; geçici depolama tesislerinden geri dönüşüm tesislerine yapılan taşımalar için zorunluluğu kılınmıştır. Şu anda; bir kısmı hurda akümülatör toplama-geçici depolama firmalarına, bir kısmı geri dönüşüm firmalarına bir kısmı da taşıma firmalarına ait yeterli sayıda lisanslı taşıma aracı parkı oluşmuştur.

6. TÜRKİYEDE BULUNAN BİR AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ ÖRNEĞİ

Akü geri dönüşümü, teorik olarak çevreye verilen olumsuz etkileri azaltıcı özelliğe sahip gibi görünüyor olsa da, uygulama safhasında yapılan yanlışlar nedeni ile çevreye zararlı bir endüstriyel faaliyet haline dönüşmektedir. Akü geri dönüşümü esnasında, her fazın kendine özgün çevre etkileri mevcuttur. Örneğin hurda akülerin toplatılması ve depolanması esnasında, uygun olmayan saklama koşulları, çevreye akü asitlerinin dökülmesine neden olabilmektedir. Ayrıştırma esnasında, asitli suyun toplatılmaması, arıtıma verilmemesi, yıkamaya verilen akü parçalarının, yıkama işlemi bittikten sonra, yıkama suyunun arıtılmaması, baca gazı arıtım safhasında filtrelerin temizlenmemesi gibi işletim hataları nedeni ile akü geri dönüşümü çevreye olumsuz etkilerde bulunmaktadır.

Akü geri dönüşümünde çalışan işçilerin yeterli kişisel koruyucu kıyafetleri bulundurmaması, yerleşim yerlerine yakın işletilen tesisler, arıtımını yeteri derecede yapmayan işletmeler, çevreye saldıkları kurşun muhteva eden atıksu ve baca gazı nedeni ile kronik hastalıklara sebep olabilmektedir.

Aşağıda Türkiye'de işletilen örnek bir tesisin işletme durumu ele alınmıştır. Tesisin işletim durumu, mevcut özellikleri ve standartlara uygunluğu incelenmiştir. İleri aşamalarda tesis atıksu analizleri ve baca gazı analizleri yapılarak standartlara uygunluğu değerlendirilmiştir.

6.1. Türkiye'deki Örnek Tesis ile İlgili Bilgiler

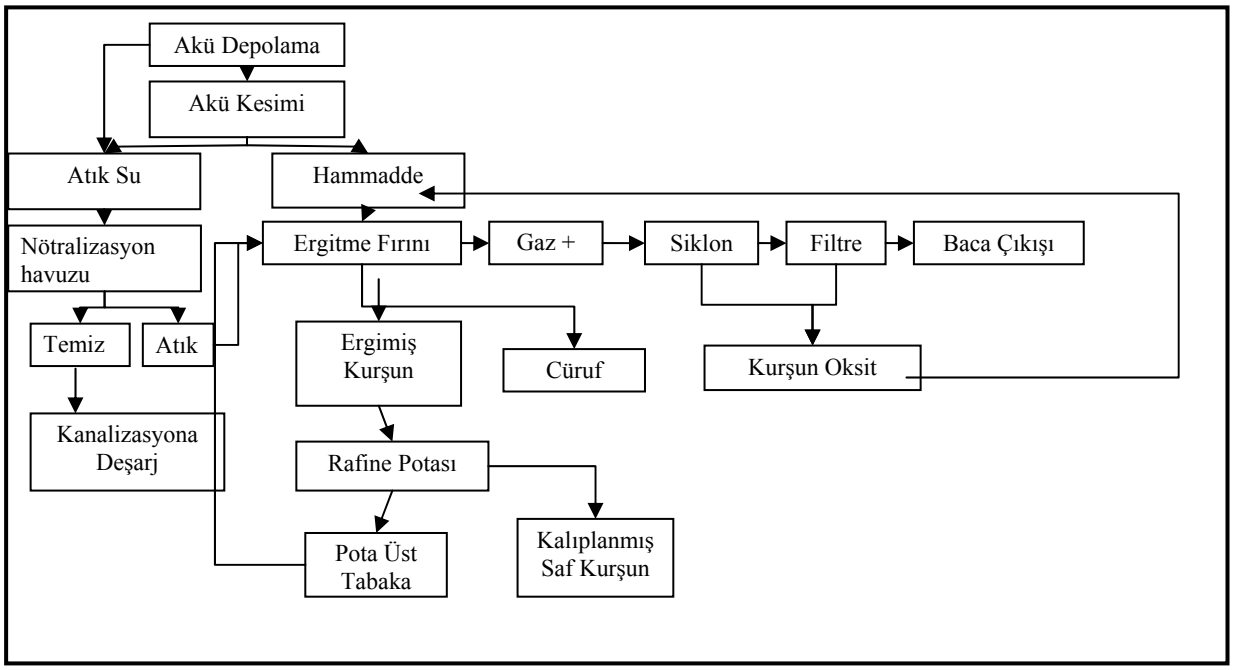
Geri dönüşüm tesisi, il sınırları içerisinde bulunan sanayi bölgesinde yer almaktadır.620 m² alan üzerine kurulu tesiste, 13 işçi gündüz vardiyasında, 11 işçi ise gece vardiyasında olmak üzere, 24 işçi çalışmaktadır. Şirket, Çevre Bakanlığından onaylıdır. Ayrıca TÜMAKÜDER üyesi bir firmadır. Firma A grubu emisyon izin belgesi sahibidir. ÇED genel müdürlüğü tarafından, '*ÇED GEREKLİ DEĞİLDİR'* belgesi de almıştır.

Maksimum akü geri dönüşüm günlük kapasitesi 18 ton olarak belirlenmiştir. Ancak incelemelerin yapıldığı zamanlarda ortalama olarak günlük 11,5–12,5 ton arası hurda akü işlenmekte idi. Günlük hesaplanan maksimum kurşun geri dönüşümü 8,5 ton olarak hesaplanmıştır. Ancak verim düşüklüğünden ancak 4,5 ton kurşun geri dönüşümü

yapılabilinmektedir. Tesis yakıt olarak fuel oil ve atık yağ kullanmaktadır. Belli bir süre (2,5 ay) bio dizel kullanılmış ancak ekonomik olarak uygun olmadığından dolayı bu seçenekten vazgeçilmiştir. Tesis durumu yakından incelendiğinde, karşılaşılan uygun olmayan durumlar, aşağıda başlıklar altında sunulacaktır.

6.2. Tesis Genel Akım Şeması

Orta ölçekli tesisin kapalı alan içerisinde yerleşik bulunan üretim ekipmanları ve arıtma sistemleri ve bunların çalışma sistemleri şematik olarak Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Tesis akım şeması

6.3 Hurda Akü Depolama Durumu

Akü geri dönüşümüne gelen hurda akülerin istiflendiği alan tesis içerisindedir. Belirli bir alan belirlenmemiş ve de ana kazana 2,5 m uzaklıkta gelişigüzel atılmıştır. Belirli bir sıralama ve tarihleme olmaksızın getirilen bu aküler, biçimlerine ve de sınıflarına göre de ayrılmamıştır. Çoğu akü parçalanmış ve elektrolit sıvısının aktığı gözlenmiştir.

Tesis tabanı çimento ile kaplanmıştır. Drenaj kanalı tesis kapalı alanının merkezine yerleştirilmiş, beton kanal açılmıştır. Depolanan akülerden sızan elektrolitin toplatılması için

yapılan bu kanal, depodan kanala yeterli eğim verilmediğinden dolayı betonda birikintiler oluşturmuş, tesis dışarısına giriş çıkışlarda çalışan ve de ziyaretçilerin ayakkabılarına yapışan elektrolit sıvının, dışarı toprağa taşındığı gözlemlenmiştir. Kanala taşınamayan elektrolit sıvının drenaj kanalına aktarılması için şehir şebeke suyu kullanılarak, alan yıkanmaktadır. Bu durumda atıksu debisi ve miktarı artmaktadır. Şekil 6.2' de depolanan aküler görülmektedir.



Şekil 6.2 Hurda akülerin depolanma şekli

6.4 Hurda akülerden Kurşun Geri Kazanım Aşaması

Hurda aküler plastik kaplamalarından ayrılması için hızara gönderilmektedir (Şekil 6.3). Plastik malzemeler ayrı bir noktada istiflenmektedir. Plastik kaplamalar yıkanmamaktadır. Malzeme üzerinde elektrolit kalıntıları tespit edilmiştir. Daha sonra plastik geri dönüşümü yapan, aynı il sınırları içerisinde bulunan bir fabrikaya gönderilmektedir. İncelemede bulunmak için, plastik geri dönüşümü yapan diğer tesise gidilmiş, ancak içeriye girişe izin verilmediğinden dolayı buradaki geri dönüşüm işlemleri incelenememiştir. Ancak tesiste plastik poşet, ayakkabı tabanı ve şerit plastik malzeme üretildiği bilgisi elde edilmiştir. Plastik geri dönüşüm tesisinin akü kaplama malzemesine ön yıkama yapıp yapmadığı da öğrenilememiştir. Akü kesimi sırasında bazı akülerin içerisinde bulunan elektrolitin yere döküldüğü tespit edilmiştir.

Akü içerisinden çıkarılan seperatör, anot ve katot başı, çamur ve plaklar yıkanma havuzuna gönderilmektedir. Burada yıkanan akü elemanları, fırına gönderilmek üzere istiflenmektedir.(Şekil 6.4) İstiflenen malzemeler akü anot çamuru, akü plakaları, akü kutup başları, akü seperatörleridir. Fırına verilmek üzere, tesis içi atıkları ve imalat artıkları da biriktirilmektedir. Bunların dışında yan girdiler de denilen malzemeler fırına gönderilmektedir. Bunlar yıkama çamuru, arıtma çamuru, kömür, silisyum ve demir talaşıdır.



Şekil 6.3 Akü kesim hızarı

Fırına malzemeler işçiler tarafından ellerle atılarak gönderilmektedir (Şekil 6.5). Yakıt olarak Fuel Oil No.6 yakıtı kullanılmaktadır. Yakıt girdisi kazana otomatik motor pompa ile gönderilmektedir. Maksimum yakıt tüketimi 29 litre/saat ya da diğer bir değer ile 27 kg/saat dir. Kazan, yakıt beslemesini elektrik motorlu brülör ile sağlamaktadır. Burada fuel oil 130 ^{0}C ila 145 ^{0}C arasında ısıtmakta, saatte maksimum 280 m^3 hava sağlayan hava gazı pompası ile bu yakıt kazana püskürtülmektedir. Kazan maksimum kapasitesi (Isıl gücü) 500,000 kcal/saat, 581,0 KW dir.

Fırın sıcaklığının 900–1100 derece arasında tutulmaktadır. Fırından çıkarılan kurşun eriyiği ham kurşun olarak nitelendirilmektedir. Ham kurşunu saflık oranını %99 oranına çıkarmak için, kurşun oksitlerden arındırmak gerekmektedir. Bunun için ham kurşun potalara dökülmektedir. Burada üst ham kurşunun oksitli yüzey sıyrılarak saflık oranı yükseltilir. Sıyrılan oksitli üst yüzey daha sonra fırına tekrar gönderilmektedir.



Şekil 6.4 Fırına gönderilmek üzere istiflenen kurşun içerikli malzemeler



Şekil 6.5 Fırın Besleme

6.5. Atıksu Arıtma Sistemi

Akü geri dönüşüm tesisinde, kesikli arıtım sistemi kullanılmaktadır. Tesis drenaj kanallarından toplanan atıksu ile akü elemanlarının yıkama suyu bu sisteme dahil edilir. Atıksu arıtma tesisi basit bir nötralizasyon sisteminden oluşmaktadır (Şekil 6.6). 3 m^3 hacimli yere gömülü havuza toplanan tesis atıksuları, daha sonra pompa kullanılarak 1 m^3 hacimli nötralizasyon tankına gönderilmektedir. Burada kireç ve NaOH ilave edilerek bekletilmektedir. pH ölçümü yapılan atıksu, daha sonra kanalizasyon deşarjına gönderilmektedir. Yoğunlaşan katı maddeler dibe çökmektedir. Alta çöken katı madde, veya diğer tanımla çamur, besleme fırınına gönderilmektedir.

İlk tespit edilen husus, atıksu biriktirme tankına gönderilen atıksuların, sadece akü geri dönüşümünden kaynaklanan atıklardan oluşmamasıdır. Tesis içerinde yapılan temizlik faaliyetleri sırasında, şehir şebeke suyu kullanılmakta ve atıksular drenaj kanalı ile atıksu toplama tankına gönderilmektedir. Tesis dışından gelen en önemli atığın, tesise giriş yapan araç ve insanlardan kaynaklanan çamur girişi olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda atıksuyun organik yükünde bir artış olması kaçınılmazdır.

İkinci ve en önemli husus, atıksu arıtma sistemini işleten, atıksuyun pH değerlerini ölçen ve kanalizasyona deşarj eden çalışanın, bu konu hakkında eğitim almamış bir işçi olmasıdır. İşçi, atıksuda sadece pH ölçümü yapılmakta ve de pH 5–9 arasında olduğu vakit kanalizasyona gönderildiğini belirtmiştir. Ayrıca başka atıksu analizlerinin nötralizasyon havuzunda yapılmadığı tespit edilmiştir ve bu şekilde kanalizasyona deşarj edilen atıksuyun, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kanalizasyon deşarj standartlarına uygun olup olmadığının denetlenmediği anlaşılmıştır.



a) Atıksu toplama havuzu



b) Nötralizasyon havuzu

Şekil 6.6 Atıksu arıtma sistemi

6.6. Baca Gazı Arıtma Sistemi

Arıtma ünitesinde 2 adet siklon seperatör ve 1 adet torbalı filtreden oluşmaktadır (Şekil 6.7). Ergitme fırınından çıkan sıcak baca gazı, siklon seperatörlere aktarılmaktadır. Burada 10 mm çapından daha büyük olan toz zerreciklerinin tutulması sağlanmaktadır. Burada belli derecede soğuma sağlanan baca gazı, daha sonra torbalı filtreye gönderilmektedir. 10 mm den ufak toz zerreciklerinin tutulduğu bu sistemden geçen baca gazı daha sonra deşarj edildiği bacaya gönderilmektedir. Siklon seperatör ve torbalı filtreden elde edilen ve kurşun oksit muhteva eden toz, tekrar sisteme hammadde girdisi olarak verilmektedir.

İleri seviye baca gazı analizleri Bölüm 9' da yapılacaktır.



a) Siklon Seperatör



b) Torbalı Filtre

Şekil 6.7. Baca gazı arıtım sistemi

6.7. İşçi Sağlığı, İş Güvenliği Önlemleri

Yapılan incelemeler neticesinde, fabrika da çalışan işçilerin kişisel koruyucu kıyafetlerinde eksiklikler ve de yanlış kullanımlar tespit edilmiştir. İşçilerin, sıvı madde geçirmez mumlu tulum kullanmadıkları, ergitme kazanında çalışan işçilerin kazandan kaynaklı toz ve emisyonlardan korunmak için sadece toz maskesi kullandığı ve emisyonlardan korunmak için gaz maskesi kullanmadıkları, kurşun ve sülfürik asitlerden kaynaklı tahrişlerden korunmak için kullanmaları gerekli olan PVC eldiven kullanmadıkları, toz ve sıvı maddelerden korunmak için emniyet gözlüğü kullanmadıkları tespit edilmiştir.

Tesis içerisinde, gerekli uyarı ve önlemleri ifade eden Şekil 4.1 de bulunan uyarı levhaların ve yazıların bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Çalışan işçilerin geneli sigortalı olarak çalışmaktadır. Günlük mesai süresi 8 saat olarak belirlenmiştir. Ancak bazı günlerde bu süre 10 saate kadar çıkabilmektedir. İşçilerin öğle yemeklerini tesis içerisinde bulunan mutfak kısmında yedikleri gözlemlenmiştir. Tesis içerisinde yiyecek yenilmesi, ayrı bölümde olsa bile, sakıncaları bulunan bir faaliyettir. Geri dönüşüm esnasında ortaya çıkan gazlar, işçilerin kıyafetleri ile taşınan partiküller yemek esnasında vücuda nüfuz edebilmektedir.

Tesis içerisinde duş kabini bulunmaktadır. Ancak göz yaralanmaları sırasında kullanmak için göz yıkama istasyonu bulunmamaktadır. Acil durumlarda kullanmak üzere ilk yardım çantası bulundurulmaktadır. Ancak çalışanların ilk yardım eğitimi almadıkları tespit edilmiştir.

Yetkililer tarafından edinilen bilgilere göre, çalışanlar 3 ayda bir sağlık muayenesinden geçirilmektedir. Ancak bu muayenelerin kayıtlarına gösterilmemiştir.

7. LİTERATÜR TARAMASI

7.1. Hurda Akülerin Çevreye ve İnsan Sağılığına Etkileri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Aşağıda akü geri dönüşümü üzerine yapılan araştırmalar verilmiştir. Akü geri dönüşümü üzerine çok az sayıda araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardaki esas amaç, akü geri dönüşümü sırasında meydana ortaya çıkan zararlı maddelerin, çevreye ve insan sağlığına olan etkilerinin tespit edilmesidir. Daha çok akü geri dönüşümü esnasında ortaya çıkan kirleticilerin etkileri araştırılmıştır.

a. 1987 yılı Ağustos ayında, Jamaikalı sağlık uzmanları, kurşun zehirlenmeleri olaylarının yüksek miktarlarda (%86) Kingston şehrindeki hurda akü depolama ve tamirat atölyelerinin çevresinde yaşayan çocuklarda olduğu tespit edilmiştir. Çocuklardan dokuzunda, akut ensefalopati (Deli Dana Hastalığı) ve nöbetler tespit edilmiş ve dört çocuk 15 ay boyunca kurşun zehirlenmesi nedeni ile tedavi edilmiştir. O tarihlerde Jamaika da yaklaşık 50 adet hurda akü depolama ve tamirat atölyesi tespit edilmiştir. Her atölyede 1 veya 2 işçi çalıştığı ve her atölyenin ayrıca bir ev olarak kullanıldığı anlaşılmıştır. Bu atölyelerde ve evlerde yapılan toprak analizleri sonucunda, toprakta çok yüksek miktarlarda kurşun tespit edilmiştir (Matte ve diğ., 1989).

b. 1991 yılında Tunapuna bölgesinde, iki kardeş hastalandıktan sonra, nöbet ve felç teşhisi ile hastaneye kaldırılmış, daha sonra aynı durumda ağır kurşun zehirlenmesine maruz kalan farklı ailelerden 20 çocuk tespit edilmiştir. 2 yaşında olan genç kardeşe ölmeden önce yapılan kan testinde, kanında 218 µg/dL oranında kurşun tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütünün değerine göre, kandaki kabul edilebilir kurşun miktarı 10 µg/dL'dir. 6 yaşındaki kız kardeşi kelasyon tedavisi görerek kurtulmuş ancak vücudunda ciddi ve kalıcı nörolojik hasarlar oluşmuştur. Kız kardeşinin kanındaki kurşun oranı 235 µg/dL olarak tespit edilmiştir. İncelemeler sonucunda, ailesinin bir kurşun geri dönüşüm firması bulunan bir sahada yaşadığı anlaşılmıştır. Aküden arta kalan atık malzemelerin toprakla karıştırılmış olduğu ve gömüldüğü anlaşılmıştır. Bu durum topraktaki kurşun muhtevasını arttırmış ve o bölgede yaşayan çocukların bu kurşun miktarı yüksek topraktan geçen kurşuna maruz kalmıştır. Bu sahada 5 evin inşa edildiği ve bu evlerde toplam 18 çocuğun

yaşadığı tespit edilmiştir. Bu çocukların hepsi kan testine girmiş ve hepsinin kanlarında yüksek miktarlarda kurşun bulunmuştur (Yen ve ark., 1991)

c. Nikaragua'nın en büyük akü üretim ve geri dönüşüm firması olan FANABASA şirketi, Managua' nın güneydoğusunda Barrio Pablo Ubeda' da 15 yıl boyunca faaliyet göstermiştir. 1996 yılında tesis yakınında oturan çocuklu aileler tesisten kaynaklı kirlilikten şikâyet etmeye başlamışlardır. Bölgede yaşayan çocuklara kan testi yapılmıştır. Ayrıca, şehrin güneyinde yer alan Villa Venezuela bölgesinde yer alan 30 çocuk üzerinde de aynı testler yapılmıştır. Tesis çevresinde yaşayan yaşları 6 ila 13 arasında değişen çocukların kanındaki ortalama kurşun muhtevası 17 ug/dL seviyesinde çıkmıştır. Villa Venezuela bölgesinde yaşayan çocuklarda yapılan analiz sonuçlarına göre ortalama kurşun muhtevası 7 µg/dL seviyesinde çıkmıştır. FANABASA bu yapılan tetkikler sonucunda yetkililer tarafından kapatılmıştır (Bonilla ve Mauss, 1998).

d. Haina da bulunan kurşun geri dönüşüm tesisi Mart 1997 yılında kapatılmıştır. Tesis kapatıldıktan hemen sonra bölgedeki çocuklar üzerinde, kurşun kirliliğinin etkilerini belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. 116 çocuk üzerinde yapılan testlerin sonucunda ortalama kanda bulunan kurşun muhtevası 71 µg/dL çıkmıştır. Kurşun geri dönüşümü devam etmemesine rağmen, kurşun tozu formundaki kurşun atığı geride bırakılmıştır. 5 ay daha devam eden araştırmalar sonucunda, 146 çocuk üzerinde daha analizler yapılmıştır. Ortalama kandaki kurşun muhtevası 32 µg/dL azalmıştır. Bu değerin WHO 'nun değerinden 3 kat fazla olmasına rağmen, kurşun geri dönüşüm tesisinin kapatılması, çocuklardaki kurşun miktarında hatırı sayılır düzeyde azalma sağlamıştır (Kaul ve diğ., 1997).
e. 2005 yılında Çin' in en önemli otomobil akü üreticisi Guangzou Nanfang Guangyuan Energy Battery Ltd. şirketinin çoğu çalışanı mide bulantısı ve mide ağrısı şikâyeti ile hastanelere başvurmuştur. 400 işçi tıbbi testlere tabi tutulmuş, 140 işçinin kurşundan zehirlendiği tespit edilmiş ve yakında bulunan hastanelere gönderilmiştir. Kelasyon tedavisinin hemen ardından, çalışma koşullarında hiçbir değişiklik olmamasına karşın, işçiler fabrikaya geri dönmeleri için zorlamışlardır. Fabrika yetkilileri bütün iddialara karşı çıkmış ve bütün teknik emniyet ve güvenlik önlemlerini aldığını ve işçilerin kurşun zehirlenmesine karşı uyarıldığını iddia etmiştir (Frost, 2005).

f. Tianneng kurşun-asit fabrikası Meishan bölgesinde bulunmaktadır. 2005 yılı Mayıs ayında, 1300 çocukta yapılan kan testleri sonucunda 700 çocuğun kanındaki kurşun muhtevasının 10 μg/dL değerinden yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Şehirde yaşayan halk, şirketi protesto etmek için şirket çalışanlarını fabrikaya kilitlemişlerdir. Halk çocuklarını zehirlediği için hükümetin fabrikanın kapatılmasını veya yerinin değiştirilmesi gerektiğini dile getirmişlerdir. Ekim 2004 yılında Devlet Çevre Koruma Bürosu tarafından yapılan atık deşarj değerlerinin standartlara uygun olduğuna karar vermiştir. Protesto gösterileri, hükümetin şirket için gerekli adımları atacağına söz vermesi ile sonra ermiştir (Anonim, 2005).

g. Dong Mai, Hanoi şehrine 40 km uzaklıkta yer alan, çok sayıda ufak çapta, günlük ortalama 40 ton hurda akü işleyen ve bunlardan kurşun elde eden işyerleri mevcuttur. 2006 yılında bu bölgede hava gazı analizi ve de su analizleri yapılmış, havadaki kurşun oranı ulusal standartların 4600 katı, sudaki kurşun oranı ise 15 katı kadar fazla çıkmıştır. 500 yerleşimcide, kurşun zehirlenmesinden kaynaklı kronik rahatsızlıklar tespit edilmiş, 25 kişinin öldüğü ve 25 çocuğun ileri seviyede nörolojik bozukluklardan etkilendiği ortaya çıkmıştır. Vietnam hükümeti bu köydeki kurşun ergitme işyerlerinin çoğunu kapatmıştır ancak bazı yerlerde kurşun ergitme faaliyetlerinin devam ettiği bildirilmiştir (Chia ve diğ., 2007).

h. Dünya Sağlık Örgütü Dakar' ın Thiaroye sur Mer şehri varoşlarında 2008 yılında üç aylık süre içerisinde 18 çocuğun kurşun zehirlenmesinden dolayı öldüğünü bildirmiştir. Bu bölgede yaşayan halk, geçimini kullanılmış akülerdeki kurşunu eriterek ve bu eritilmiş kurşunu satarak sağlamaktadır (Şekil 7.1). Ölüm olayları tespit edildikten sonra inceleme başlatılmış ve inceleme sonunda bu bölgede yaşayan 950 kişinin kurşundan etkilendiği ve düzinelerce çocuğun kanında ölümcül oranlarda kurşun olduğu tespit edilmiştir. Bazı kritik şekilde hasta olan çocukların kanında yapılan ölçümlerde, normal değerlerin 8 katı kurşun muhtevası tespit edilmiştir. WHO ve Senegal Sağlık Bakanlığı bu çocukları hemen tedavi altına almış ancak çoğunda geri döndürülemez ileri seviye nörolojik bozukluklar oluşmuştur (Jerome ve diğ., 2008).



Şekil 7.1. Dakar'da akü geri dönüşümünde sağlıksız koşullarda çalışan çocuk işçiler (Jerome ve diğ., 2008)

i. Kolombiya'nın merkez eyaletlerinden olan Cundinamarca eyaletinin başkenti Soacha da meydana gelen birkaç kurşun zehirlenmesi vakasından sonra, çocuklardaki kurşun değerlerini belirlemek amacı ile bir araştırma yapılmıştır. Araştırmanın amacı, akü geri dönüşümü yapan tesis çevresinde yetişen çocukların kanlarındaki kurşun değerlerini tespit etmektir. Araştırmada, 32 çocuktan kan örneği alınmıştır. Bu çocukların hepsinin yaşları 12'nin altındadır. Çocukların hepsinin kanında normal seviyenin(10 µg/dL) 2 ila 9 katı arasında kurşun muhtevası tespit edilmiştir. Ve üçte ikisinin kurşundan zehirlendiği ortaya çıkmıştır. Yüksek derecede kurşundan zehirlenmiş çocuklarda, kara hipertrofi (diş etlerinde meydana gelen siyahlaşma) tespit edilmiştir (Hurtado ve diğ., 2008).

j. Hindistan'da bir akü fabrikasında yapılan araştırmada, kurşunun çevresel ve biyolojik kirliliğini ortaya koymak için analizler yapılmış, bu analiz sonuçlarına göre, kurşunun havadaki miktarı, cilalama ünitesinde 1445 µg/m^3, plaka kesme ünitesinde 430,14 µg/m^3, pastalama ünitesinde ise 277,48 µg/m^3 olarak bulunmuştur. Ayrıca işçilerin tümünde yapılan kan analizlerine göre, hepsinin kanındaki kurşun değeri normalin üzerinde çıkmıştır (Ravichandran ve ark., 2005).

k. Tayland'da yapılan bir araştırmada, terk edilmiş akü geri dönüşüm tesisi sahası çevresinden alınan toprak numunelerindeki kurşun muhtevaları tespit edilmeye çalışılmıştır. Saha çevresinde 3 nokta belirlenmiş ve bu üç noktadan iki seviyede numune alınmıştır. İlk seviye 15 cm derinlikten alınmış, ikinci seviye ise 30 cm den alınmıştır. Numune incelemelerinde, pH değerinin 4,8 ila 5,9 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kurşun değerlerinin 153 mg/kg (ppm) ila1620 mg/kg (ppm) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu veriler neticesinde, akü geri dönüşümüne getirilen akülerden sızan akü elektrod sıvılarının toprağa deşarj edildiği anlaşılmıştır (Tawinteung ve ark., 2005).

l. Güney Afrika'da kurşun sektörü için 2002 yılında düzenlenen yeni işçi sağlığı ve iş güvenliği kanun düzenlemesinden sonra, düzenlemenin uygulamalarını ve etkinliliğini analiz etmek amacı ile bir kurşun asit akü geri dönüşüm tesisinde bir araştırma yapılmıştır. Bu şirkette çalışan 22 işçi gözlemlenmiş ve incelenmiştir. Çalışanların kişisel bilgileri, çalışma alanı ile ilgili düşünceleri, sağlık açısından riskleri ve çalışma deneyimleri hakkında bilgiler edinilmiştir. Çalışanlardan kan örnekleri alınmıştır. Çalışma alanından çeşitli bölgelerde, hava gazı ölçümleri yapılmıştır. Tesisteki havalandırma sisteminin standartlara uygun olduğu tespit edilmiş, ancak bazı alanlarda yapılan hava gazı ölçümlerinde, özellikle eritme kazanı ve rafineri alanında, havadaki ortalama kurşun miktarının 0,15 mg/m^3 ten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kan ölçümlerinde ise, akü kırım sahasında çalışan işçilerin kanlarındaki kurşun muhtevasının en yüksek değerde olduğu, kurşun ergitme kazanında çalışan işçilerin kanlarındaki kurşun muhtevasının ikinci yüksek değerde olduğu anlaşılmıştır. İşçilerin çoğunda (%90) kanlarındaki kurşun muhtevası 40 µg/dL den düşük çıkmasına rağmen, ergitme kazanında çalışan işçilerin %70 inde 2001 yılından bu yana bazı sağlık sorunları yaşadıkları tespit edilmiştir. Kontrol önlemleri alınmasına ve kişisel koruyucu kıyafetlerin sağlanmış olmasına rağmen, havadaki kurşun muhtevası standartların üzerinde çıkmış olması, bu sağlık sorunlarının bir nedeni olarak görülmektedir (Dyosi ve Sindiswa, 2007).

7.2. Akü Geri Dönüşüm Atıksu Bileşiklerinin Çevre ve İnsan Üzerine Etkileri ve Giderim Yöntemleri

Akü geri dönüşümü sırasında ortaya çıkan atıksular, çevre ve insan sağlığına zararlı maddeler içermektedir. Genellikle en fazla bulunan kirletici türleri; ağır metaller [Kurşun (Pb), Demir

(Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Mangan (Mn)], çökmüş tuzlardan kaynaklı iletkenlik, asit kaynaklı düşük pH, mevcut organik ve inorganik kaynaklı kimyasal maddelerden kaynaklı KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), sıcaklık olmaktadır. Atıksuyun yarattığı kirliliğin anlaşılabilmesi için, bu atıksu muhtevalarının zararlarının bilinmesi gerekmektedir.

7.2.1 Kurşun (Pb)

Kurşun, çocukların (özellikle çok küçük yaştakilerin) sinir sistemlerine zarar veren, kan ve beyin hasarlarına yol açan zehirli bir ağır metaldir. Düşük aktifliği ve çözünürlüğü neden ile kurşun metalinden kaynaklı zehirlenmeler genellikle bu metale uzun süre maruz kalma neticesinde meydana gelir. Uzun süre boyunca kurşun ve tuzları (özellikle PbO_2) nefropati (üst solunum yolu enfeksiyonu) ve kulunç ağrılarına benzeyen karın ağrıları neden olurlar. Çocukların zihinsel gelişimine yol açtığı zararlardan dolayı kurşunun kullanımında azalma meydana gelmiştir (Çocuklarda şizofreniye neden olduğu tahmin edilmektedir).Yetişkinlerde kanlarında tespit edilen yüksek kurşun oranları, genelde çalışma alanları kaynaklıdır. Kanda bulunan yüksek kurşun, kızlarda erginliğe erme döneminin gecikmesine neden olduğu belirtilmektedir (Schoeters, 2008). Kurşunun, kadınların üremelerini etkilediği tahmin edilmektedir. Bundan dolayı çoğu üniversitede kurşun analizlerinin kadınlar tarafından yürütülmesine izin verilmemektedir. Tarihçiler, kurşun metalini su saklama haznelerinde ve su iletim kanallarında kullanmış olan Roma İmparatorluğunun, doğum oranlarını düşürdüğüne ve de zehirlenmeler neticesinde ölümlere neden olduğuna inanmaktadırlar. Bu nedenle imparatorluğun çökmesinin bir nedeninde, kurşun metalinin kullanımı olduğuna inanılmaktadır (Anonim, 2008).

Ekolojik olarak kurşun katı olarak çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genelde doğaya salınan kurşun zor çözünür bileşikler (($Pb_3(PO4)_2$, $Pb_4O(PO_4)_2$, $Pb_5(PO4)_3OH$), ($PbCO_3$) (PbS) oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı, beslenme zincirinde yer alan bitkiler, kurşun emilimi yapamazlar. Besin zincirinde kurşun yayınımı genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir. Tek hücreli canlıların ve balıkların 0,05 – 0,2 mg/l inorganik kurşun içeren suları tolere edebildikleri ancak daha düşük miktarlarda kurşunun besin yoluyla alınmasında akut zehirlenme gösterdikleri bilinmektedir (Güley ve Vural, 1976).

Atıksularda mevcut bulunan kurşunun gideriminde, metal giderme yöntemleri arasında yer alan kimyasal çöktürme, adsorpsiyon, elektrokimyasal arıtım, iyon değiştirme gibi

yöntemler uygulanmaktadır. Adsorpsiyon yöntemi pek çok toksik organik bileşikte olduğu gibi metal gideriminde de sıklıkla kullanılan etkin bir yöntemdir. Ancak en sık kullanılan yöntem çöktürmedir. Kurşun, karbonat ($PbCO_3$) veya hidroksit ($Pb(OH)_2$) formunda çöktürülür. Kurşun pH=9–9,5'da soda ile karbonatı şeklinde çöktürülür. Bu yöntemle arıtılmış sudaki bakiye kurşun 0.01–0.03 mg/l aralığındadır. pH=11,5'da kireçle çöktürme sonucu bakiye kurşun miktarı 0.019–0,2 mg/l'dir. Bunların dışında sodyum sülfür ile pH=7,5-8,5 da kurşun sülfür formunda çöktürülebilir (Öztürk ve ark., 2005).

7.2.2 Demir (Fe)

Demir elementi doğada bileşikleri halinde bulunmaktadır. Demir, ağır metaller içerisinde en zararsız olarak bilinen elementtir. Toprak ve de su kaynaklarında, tedrici olarak zehirsiz sayılmaktadır. Buna rağmen sulardaki yüksek demir konsantrasyonu mikro-floranın büyük ölçüde değişmesine neden olur. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikleri fazla zararlı değildir. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda Ph' ı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olur. 1 mg Fe/1 balıklar için zararlı bir konsantrasyondur. İçme sularında ise 0,5 mg 1 Fe/1, renk ve tat ile anlaşabilecek bir konsantrasyondur. Kanalizasyona deşarj edilen atıksulardaki demir muhtevasının araştırılması, bundan dolayı önem arz etmektedir (Kahvecioğlu ve ark.,2004).

Atıksularda demir pH ve çözünmüş oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak +2 veya +3 değerlikli olabilir. Nötr pH ve oksijenli ortamda çözünür Fe^{+2} , Fe^{+3}'e dönüşür, demirin bu formu kolayca hidrolize olarak çözünmez $Fe(OH)_3$ oluşturur. Yüksek pH değerlerinde $Fe(OH)_3$ çözünür formdaki $Fe(OH)_4$ kompleksine dönüşür. Demirin Fe^{+2} (Ferro) ve Fe^{+3} (Ferri) formları siyanürlü ortamda çözünür ferrosiyanür ve ferrisiyanür komplekslerini oluşturabilirler. Atıksularda demir giderilmesinde temel yöntem Fe^{+2} 'nin Fe^{+3}'e dönüştürülmesi, ve $Fe(OH)_2$'nin pH=7 civarında (minimum çözünürlükte) çöktürülmesidir. Fe^{+2} 'nin Fe^{+3}'e dönüştürülmesi pH=7,5 da havalandırma ile çok hızlı olarak gerçekleşir. Ortamda çözünmüş organik madde varsa demirin oksitlenme hızı düşer (Öztürk ve ark., 2005).

7.2.3. Çinko (Zn)

Çinko, bileşiklerinde +2 değerlikli olarak bulunur. Oluşturduğu bileşiklerde genelde iyonik bağ yapar. Amonyak, amin, siyanür ve halojen iyonları ile kompleks bileşikler meydana getirir. Mineral asitlerinde H_2 çıkışıyla çözünür. Ancak nitrik asitte NO_x çıkışı olur. Dolayısıyla çinko, özellikle toz halde çok etkili bir indirgeyicidir. Normal sıcaklıkta havada bırakılan metalin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluştuğundan bu sıcaklıkta halojenlere bile dayanıklıdır **(**Addemir ve ark., 1994). Çinko (Zn), insanda az toksik etkiye sahip olmasına rağmen, balıklarda ölümlere neden olmaktadır. Bakır ve nikel, çinkonun zehir etkisini artırır. Çinko metalinin fazlası (>30 mg/gün) bulantı, kusma ve ishal, huzursuzluk, terleme ve titreme gibi sorunlara ve kolesterol dengesizliğine neden olabilir. Ayrıca, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve aşırı kullanımlarda tümör oluşumuna neden olur.

Atıksulardan çinko gideriminde en çok kullanılan yöntem çöktürmedir. Çinko düşük pH ve asidik ortamda sülfat ile birleşerek çöker (7.1) ya da pH 11 düzeyinde, kireç veya kostik ile hidroksiti şeklinde çöktürülür (7.2) (Timur ve Altınbaş, 1997).

$$Zn^{+2} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \quad (7.1)$$

$$Zn^{+2} + 2NaOH = Zn(OH)_2 + 2Na^{+2} \quad (7.2)$$

7.2.4. Mangan (Mn)

Mangan ve tuzları çelik alaşımı, kuru pil üretimi, cam ve seramik, boya ve vernik ve mürekkep gibi üretim atıksularında bulunur. Manganın sadece Mn^{+2} tuzları ve permanganat anyonu çözünürdür. Permanganat kuvvetli bir oksitleyici olup normal şartlarda çözünmez formdaki mangan dioksite (MnO_2) indirgenir. Manganın uzaklaştırılması teknolojisi çözünebilen Mn^{+2} iyonunun çözünmeyen çökeltiye dönüştürülmesidir. Oluşan çözünmez mangan oksit ve hidroksitler daha sonra ortamdan uzaklaştırılır. Mn^{+2} iyonunun oksijene karşı reaktivitesi düşük olduğundan pH=9 un altında basit bir havalandırma ile yükseltgenmesi mümkün değildir. Hatta yüksek pH'larda dahi ortamdaki organik madde mangan ile birleşerek oksitlenmesini önler. Çöktürme ile yeteli mangan giderimi sağlamak için pH=9.4'ün üstünde çalışılması gerekmektedir (Altınbaş ve ark., 1995).

7.2.5. Bakır (Cu)

Bakırdan kaynaklanan akut zehirlenme olaylarına nadir olarak rastlanmıştır. Halk arasında bakır çalığı olarak nitelendirilen bakır zehirlenmesi, genelde yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya bilinmeden bakır tuzlarının sindirilmesi nedeni ile gerçekleşir. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme insanlarda, 100 mg/kg (ppm)'dir, ancak 600 mg/kg (ppm)'a kadar emilim olduğunda dahi tedavisi mümkündür. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12mg/gün, erkeklerde 10mg/gün, 6–10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg/gündür (WHO, 1996).

Atıksulardan bakır giderim yöntemleri arasında, çöktürme ve iyon değişimi, buharlaştırma, ve elektrodiyaliz gibi geri kazanım prosesleri bulunmaktadır. İyon değişimi ve aktif karbon yöntemleri, bakır muhtevası 200 mg/l nin altında olan atıksularda daha ekonomik bir yöntem olarak kullanılabilir. Yüksek pH değerlerinde bakır, bakır hidroksit şeklinde çökmektedir. Atıksuda eğer yüksek miktarda sülfat bulunuyor ise oluşan çamurda bakırın geri kazanımı zorlaşır ve ekonomik yararı olmaz. Saf bir çamur elde etmek için daha yüksek konsantrasyonlu NaOH kullanımı gerekmektedir. Bakır oksit pH = 9–10,3 aralığında en düşük çözünürlüğe sahiptir (0.01 mg/l). Yapılan analizler ve uygulamalar neticesinde kimyasal çöktürme ile ekonomik olarak erişilebilen en düşük bakır düzeyi 0,02–0,07 mg/l'dir. pH=8,5 da sülfürle çöktürme sonucu çıkış suyunda 0,01–0,02 mg/l bakır seviyelerine inilebilmektedir (Arceivala, 2002).

7.2.6. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, diğer ağır metallerin aksine suda çözünme özelliği en yüksek olan element olma özelliği gösterir. Bu özelliği doğada yayılma hızını yükseltmiştir. Kadmiyum, insan gereksinimi olan diğer eser ağır metallerden değildir. Çözünebilirliğinden dolayı kadmiyum bitkilerde, küçük toprak ve deniz canlılarında biyolojik olarak birikir. İnsan vücudunda da biyolojik olarak birikime neden olur. Yeni doğan bir bebekteki Cd muhtevası hiç yok iken, yaşam süresi boyunca insan vücudunda biriktiğinden dolayı, orta yaşlarda bir insanın kan seviyesindeki Cd muhtevası en yüksek seviyesine ulaşır (Hayes, Wallace, 2001).

Kadmiyum vücutta %20 lik gibi bir oranla çok iyi absorbe edilemiyor olsa bile, bu diğer birçok metale kıyasla oldukça yüksek bir orandır. Araştırmalara göre kadmiyum ve

bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikirler ve ilerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. Kısa süreli olarak 0,05 mg/kg (ppm) kadmiyum alınımı mide rahatsızlıklarına neden olurken, uzun süreli (>14 gün) 0,005 mg/kg/gün (ppm/gün) dozu böbrek ve kemiklerde önemli problemlere neden olmaktadır (WHO, 2004).

Atıksulardan bulunan kadmiyum çöktürme veya iyon değiştirme ile uzaklaştırılır. Atıksu konsantre ise elektrolitik ve buharlaştırma geri kazanım yöntemleri de uygulanabilir. Alkali pH'da kadmiyum çözünmez ve stabil hidroksiti formuna dönüşür. Atıksudaki kadmiyum muhtevası pH=8'de 1 mg/l değerinde iken, pH=10-11'de 0,05 mg/l miktarına düşmektedir (Öztürk ve ark., 2005).

7.2.7. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), su ve atıksuların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. KOİ, organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eşdeğeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır. Diğer bir ifade ile KOİ, kimyasal olarak oksitlenebilen maddeler için gerekli oksijen miktarının bir ölçüsüdür. Bu ölçüm ile atıksu içerisinde bulunan kimyasal maddelerin miktarının belirlenmesi sağlanmaktadır. Yani KOİ, bir atıksuyun oksitlenebilir kimyasal maddelerce ne kadar kirletildiğinin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Timur ve Altınbaş, 1997).

KOİ, su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici ile oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kolektif bir parametredir. Ölçüm sonuçlarının teorik değerlere ne kadar yaklaşacağı, oksidasyonun hangi oranda tamamlandığına bağlıdır. Çok sayıda organik bileşik %90–100 oranında oksitlenebilmektedir. Bu gibi durumlarda KOİ, teorik oksijen ihtiyacının gerçekçi bir ifadesidir. Bu koşullar altında oksitlenmesi zor olan organik bileşikler içeren atıksularda ise KOİ, teorik oksijen ihtiyacının zayıf bir ölçütüdür. Bazı endüstriyel atıksularda bu durumla karşılaşılabilmektedir. Bu yüzden KOİ değerinin anlamı, incelenen suyun bileşimine bağlıdır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar değerlendirilirken bu nokta göz önünde tutulmalıdır (İTÜ, 2005).

Atıksulardaki KOİ giderim yöntemleri arasında, aerobik ve anaerobik biyolojik arıtma, kimyasal çöktürme ve sulak alanlar yöntemleri bulunmaktadır (Cheremisinoff, Nicholas, 2002).

7.2.8. pH

Bir akü geri dönüşüm tesisinin atıksuyunda sülfürik asit (H_2SO_4) yüksek miktarda bulunduğundan, düşük pH değerinin bulunması beklenmelidir. Düşük pH seviyesine sahip atıksuların doğaya deşarj edilmesi durumunda hesaplanamayacak ve geri dönüşü olmayan etkilere sebep olabilmektedir. Özellikle su yataklarına deşarj edilmesi durumunda su içerisinde bulunan kirleticilerin durumunu da değiştirmektedir. Düşük pH ayrıca suda ve de toprakta bulunan Al, B, Cu, Cd, Hg ve Mn ve Fe gibi birçok elementin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Chambers ve Holliday, 1975).

7.2.9. İletkenlik

Suyun iletkenliği, iyonik türlerin veya tuz konsantrasyonlarının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Tüm inorganikler suda çözülmektedir. Yağışlarla veya çeşitli kaynaklarla yeryüzüne düşen sular; yüzey üstü, yer altı ve akarsulardaki akımları sırasında zeminde bulunan çok çeşitli tuzları bünyelerine alarak, bunları gittikleri ortama taşımaktadır. Sularda doğal olarak en sık rastlanan tuzlar kalsiyum, magnezyum ve sodyum bikarbonat, sülfat ve klorürleridir. Çeşitli tuzların sudaki çözünürlüğü önemli değişimler gösterir. Bazı tuzların sudaki doygunluk derişimleri oldukça düşüktür. Buna karşılık diğer bazı tuzlar (Örneğin NaCI) suda olağanüstü yüksek çözünürlük göstermektedir.

Evsel ve endüstriyel atık suların yüzeysel sulara deşarjı sonucunda bu sulardaki klorür (CI^-), sülfat (SO_4^{-2}), nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^{-2}) derişimleri yükselir..Söz konusu atık sular, alıcı ortamlara ayrıca diğer bazı toksin elementleri de taşımaktadır. Dolayısıyla suların tuzlar tarafından kirletilmesi, tuz içeriği fazla olan suların sulamada kullanılmasıyla yol açacağı problemler açısından birinci aşamayı oluşturmaktadır. NaCl ve K_2SO_4 gibi tuzlar içme suyu ve atıksu arıtma sistemlerinden arıtılmadan geçebilmektedirler. Yüksek tuz seviyesinde bulunan atıksuların deşarjı, su kaynaklarında ve toprakta tahribata neden olacak etkilere sebep olabilmektedir (Arceivala, 2002).

Atıksularda iletkenliğin giderilmesinde için, iletkenliğin sebebi olan tuzların giderilmesi gerekmektedir. Filtrasyon, ters ozmoz işlemleri, iletkenliğin giderilmesinde kullanılmaktadır (Ahn ve Song, 1999).

7.2.10. Sıcaklık

Atıksularda sıcaklık değerinin yükselmesi, atıksu içerisinde çözünmüş oksijen değerinin neden olur. Çözünmüş oksijen değeri düşük atıksuların, doğal ortama deşarjı durumunda, özellikle suda yaşayan canlılar zarar görmektedir. Yüksek sıcaklıktaki atıksular sucul ortamdaki canlıların metabolizmalarını da etkilemektedir. Enzim aktifliği artan bu organizmalar daha fazla yiyecek tüketirler. Daha fazla yiyecek tüketilmesi, daha fazla oksijenin tüketilmesi demektir. Fazla tüketim ayrıca populasyon artışına da sebep olur. Ortam değişikliği nedeni ile bu ortama adapte olan canlılarda artış, olamayanlarda ise azalma meydana gelir. Ortamdaki canlı popülasyonunda ve çeşitliliğinde değişiklik oluşur. Ayrıca ortamdaki oksijen miktarında ve tüketimden kaynaklanan artıklarda artış meydana gelir (Laws, Edward, 2000).

Bitkilerin sıcaklık artışı nedeni ile büyüme değerlerinde artış meydana geldiği bilinmektedir. Su içerisindeki bu artış, suyun ışık geçirimliliğini azaltır. Fotozentez azalır ve bitkiler sudaki oksijeni kullanmaya başlar. Sudaki oksijen miktarındaki düşüş nedeni ile anaerobik ortam oluşmaya başlar. Bu durum ötrafikasyona sebep olur. Sıcaklık değerlerinin tatlı sularda 21,2 ^{o}C, tuzlu sularda 26,7 ^{o}C den yüksek sıcaklıklar bu etkilere sebep olmaktadır.

Kanalizasyon sistemlerine deşarj edilen sıcak sular, kanalizasyon sistemlerinde tahribata neden olmaktadır. Arıtma sistemlerinde sıcak su bulunması, biyolojik arıtma yapan sistemlerde, biyomas gelişimini arttırmakta, bundan dolayı tüketilen oksijen miktarını da çoğaltmaktadır. Bu durum ileri aşamalarda sistemdeki oksijen miktarını azaltmakta, sistemi anaerobik hale getirmekte ve arıtma verimini düşürmektedir.

Düşük dereceli atıksuların doğal ortamlara bırakılması özellikle sucul ortamlarda yaşayan canlıları kötü etkilemekte, üremelerini azaltmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ortamlarda yaşayamayan türler elenmekte, diğer türlerin ise populasyonu çoğalmaktadır. Bu durum doğal ortamdaki türlerin çeşitliliğini bozmaktadır.

Kanalizasyon sistemlerine verilen soğuk sular, özellikle biyolojik arıtma yapan atıksu arıtma sistemlerin biyomas kütlelerinde azalmaya neden olurlar. Bu durum arıtma verimini

düşürmektedir. Sıcaklık değerleri -1 ^{o}C'den düşük atıksuların biyolojik arıtıma verilmesi sakıncalıdır (Cheremisinoff, Nicholas, 2002).

7.3. Akü Geri Dönüşüm Baca Gazı Bileşiklerinin Çevre ve İnsan Üzerine Etkileri ve Giderim Yöntemleri

Akü geri dönüşüm tesislerinde, besleme kazanının yakılması sonucu salınan baca gazı fiziksel ve kimyasal parametreler ihtiva etmektedir. Bu bileşenlerin tespit edilmesi için baca gazı analizleri yapılmaktadır. Baca gazı analiz bileşenleri ve etkileri aşağıda belirtilmiştir.

7.3.1. Karbondioksit (CO_2)

Havadaki oranı %0-0.03 arasında bulunan CO_2 gazı, bu düşük oranına karşın yaşamsal süreçlerde rol oynaması, miktarının değişkenlik göstermesi nedeniyle önemli bir gazdır. Karbondioksit toksik gazlar sınıfına girmemektedir. Şehirlerdeki karbondioksit miktarları, deniz ve ormanlık alanlardakine göre oldukça fazladır. Bunun nedeni şehirlerde bulunan canlı sayısının fazlalığı, otomobil ve fabrika bacalarının mevcudiyeti, bitki azlığı nedeni ile fotosentez yapılamaması bunların en önemli nedenidir. Atmosfere karışan karbondioksitin yaklaşık %80–85'i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmakta, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır (Mitscherlich, 1995).

Atmosferde bulunan karbon dioksit konsantrasyonu fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucunda her yıl 2.3 ppm kadar artmaktadır. Bunun üçte biri okyanus veya derin su kaynaklarınca ve bitkiler tarafından alınarak atmosferden uzaklaştırılmaktadır. Geri kalan 1,5 ppm ise atmosferdeki karbon dioksit konsantrasyonuna ilave olmaktadır. Bu miktar da atmosferin tedrici olarak ısınmasına neden olarak sera (greenhouse) etkisini her geçen gün biraz daha arttırmaktadır (Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, 2001).

Yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksitin baca gazları içerisinde yüksek oranda bulunması tercih nedeni olmaktadır. Doğalgazda %11, sıvı yakıtta %14, katı yakıtta %14 karbondioksit değerleri, baca gazı analizleri için uygun mertebeler olarak söylenebilmektedir (Bilgin, 2007).

7.3.2. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup karbon iceren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil bir hava kirletici olan karbonmonoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda, CO_2 yerine meydana gelmektedir. Kararlı bir gaz olan karbon monoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Bütün dünyada karbon monoksit üretiminin yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında bu miktarın dünya atmosferi için yarattığı sorun daha da belirgin olmaktadır (Masters, 1991).

Karbon monoksitin atmosferdeki kalış süresi diğer kirleticilere göre daha uzundur. Atmosferde karbon monoksitin karbon dioksite dönüşümü; ortamdaki serbest oksijen molekülüne, sıcaklığa ve katalizörlere bağımlıdır. Karbon monoksitin karbon diokside dönüşümündeki muhtemel reaksiyonlar aşağıda gösterilmektedir (7,3, 7,4, 7,5, 7,6). Ancak bu reaksiyonların oluşumu için güneş enerjisi gerekmektedir (Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, 2001).

$$CO + O_2 \rightarrow CO_2 + O \quad \textbf{(7.3)}$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad \textbf{(7.4)}$$

$$CO + O_3 \rightarrow CO_2 + O_2 \quad \textbf{(7.5)}$$

$$CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO \quad \textbf{(7.6)}$$

Neden olduğu enerji kaybı ve islilik sonucu kirlenme nedeniyle karbonmonoksit, baca gazları içerisinde arzu edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıta verilen oksijen artırılarak, eksik yanma tamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksite dönüştürülmelidir. Baca gazı analizlerinde karbonmonoksit miktarı 100 ppm değerine kadar normal kabul edilebilmektedir (Bilgin, 2007).

Karbon monoksit, vücut sistemine solunum yolu ile girer. Kanda bulunan hemaglobin prothem demiri ile reaksiyona giren karbon monoksit, karboksihemoglobin oluşturur (7.7).

$$O_2Hb + CO \rightarrow COHb + O_2 \quad \textbf{(7.7)}$$

Bu durumda, karbonmonoksit akciğerlerde oksijenin yerini almakta ve ölüme neden olmaktadır. Ayrıca Parkinson hastalığına yol açtığı bildirilmiştir. Karbonmonoksidin hemoglobine doymazlığı oksijenden 210 defa fazladır. Soluduğumuz havada binde iki nisbetinde karbonmonoksit bulunsa, kanımızdaki hemoglobinin üçte ikisini doyurmaya yeter. Bu özelliği sebebiyle kandaki hemoglobin miktarının deneysel olarak tayininde kullanılabilir. Karboksihemoglobin pembe-kırmızı renklidir. Kandan, oksijeni bol ve karbondioksitten iyice arınmış havanın solunmasıyla uzaklaştırılabilir (WHO, 1983).

7.3.3. Kükürtdioksit (SO_2)

Kükürtdioksit konsantrasyonunun fiziksel ve biyolojik çevre üzerindeki etkisinde en önemli oluşum asitleşme olayıdır. $S0_2$ atmosferde oksidasyonla SO_3'e dönüşmektedir. Bu oksidasyon süreci katalitik veya fotokimyasal süreçle devam edebilir ve SO_3 derhal H_2O ile reaksiyona girerek sülfürik asiti oluşturur. Sülfürik asit su ile birleştiğinde sıvı sülfürik asit meydana gelir. Bu da, yoğunlaşmış asidin depolanmasına neden olur ya da şayet amonyak mevcutsa $(NH_4)_2SO_4$'e dönüşür. Eğer sodyum klorür varsa Na_2SO_4 ve HCl oluşur. Kömür veya petrolün yakıldığı termik santrallerin deniz kıyısında işletilmesi halinde, sodyum klorürlü deniz sularının santralden verilen dumanla teması sonucunda önemli miktarlarda hidroklorik asit meydana getirilebilir (Taylor, 1980).

Kükürt dioksit, partiküler madde ve asit aerosolleri doğrudan doğruya solunum yollarını etkilerler. Kükürt dioksit ve atmosferdeki ürünleri irritan etki gösterirler. Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin %95'i üst solunum yollarından absorbe olur. Bunun sonucu olarak, bronşit, anfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelir. Ayrıca, etkiler sonucunda ortaya çıkan önemli rahatsızlıklar arasında; pulmoner fonksiyon bozuklukları, kronik bronşit vakalarında artış, bronşiyal mukoza silialarının temizleme hızında artış, solunum yolları epitel dokusunda kalınlaşma gibi sağlık problemleri örnek olarak verilebilir (WHO, 1983). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından; halk sağlığının korunabilmesi amacıyla 500 $\mu g/m^3$ /10 dakika kükürt dioksit sınır değerinin aşılmaması tavsiye edilmektedir. Yapılan hesaplamalarda bu değer maksimum 1 saatlik ortalama değer olan 350 $\mu g/m^3$'e eşdeğer bulunmaktadır (WHO,1979).

Baca gazı sistemlerinde, brülör ve kazanda alınacak önlemlerle ilgisi olmayan kükürt dioksit, ancak düşük kükürtlü yakıtlarla baca gazlarında azaltılabilmektedir. Kükürt dioksitin,

baca gazlarında, düşük sıcaklıklarda, su buharı ile birleşerek sülfürik aside dönüştüğü ve kazanlarda tahribatlara neden olduğu bilinmektedir (Bilgin, 2007).

7.3.4. Azot Oksitler (NO_x)

Fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda yüksek sıcaklıklarda meydana gelen azot oksitlerin çok az miktarını azot dioksit, en fazla kısmını da azot monoksit oluşturur. Atmosfere yayılımı; taşıt egzozları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması, elektrik üretimi gibi emisyon kaynaklarından olmaktadır. Azot dioksitin sağlık üzerine etkileri; çeşitli kesimlerdeki bireylere değişik konsantrasyonlar uygulanması ile tespit edilmiştir. 3000-9400 μg/m^3 konsantrasyonlarına 10-15 dakika süre ile marufiyet sonucunda; normal ve bronşitli kişilerde akciğer fonksiyon değişimleri gözlenmiştir (WHO, 2005).

Yakıt cinsine bağlı olarak, ocağa verilen havanın fazlalık katsayısı ile ocak dizaynından kaynaklanan nedenlerle oluşan azot oksitler, çevre açısından emisyon kabul edilmektedir. Yakıt hava ayarının elverdiği oran dışında azot oksitlere müdahale imkanı bulunmamakta, kazan alımı sırasında dikkate alınması gereken bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Bilgin, 2007).

Azot dioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşimlerin arttığı belirlenmiştir. Bir haftadan bir aya kadar olan sürede 1880 μg/m^3 den az konsantrasyona marufiyette; bronşiyel ve pulmoner bölgelerdeki hücrelerde anormal değişiklikler, 940 μg/m^3 konsantrasyona marufiyette ise akciğerlerin bakteriyel enfeksiyonlara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir (İlhan ve ark., 2003).

8. MATERYAL VE METOD

Atık su numuneleri il sınırları içerisinde bulunan örnek bir akü geri dönüşüm tesisinden alınmıştır. Numuneler akü geri dönüşüm tesisinde iki noktadan alınmıştır. Örnek noktası olarak sistem atık sularının en yoğun olduğu nötralizasyon tankı ve deşarj özelliklerini temsil eden kanalizasyon bağlantı noktası seçilmiştir. Analizler 3 ay boyunca yapılmış, her noktadan ayda 3 defa olmak üzere, toplamda 18 örnek alınmış ve numuneler fiziksel ve kimyasal olarak analiz edilmiştir. Bu analizler numune noktalarında ve de laboratuarda gerçekleştirilmiştir.

Baca gazı deşarj kalitesinin belirlenmesi amacı ile baca gazı analizleri yapılmıştır. Tesis son deşarj bacasında her ay 3 defa olmak üzere, toplamda 9 analiz yapılmıştır. Analizler tesis deşarj bacasının bulunduğu çatı alanında gaz ölçüm cihazı kullanılarak elde edilmiştir.

8.1. Materyal

8.1.1. Kullanılan Cihazlar Ve Malzemeler

Aşağıda analiz esnasında kullanılan cihazlar ve de malzemelerin listesi verilmiştir.

1. Dijital termometre
2. WTW-pH 330 marka portatif pH Meter
3. Hanna HI 8333 iletkenlik ölçüm cihazı
4. Vista AX CCD Simultaneous ICP-AES ağır metal ölçüm cihazı
5. Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı.

8.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Çözeltiler

Aşağıda yapılan analizler esnasında kullanılan kimyasal maddelerin listesi verilmiştir.

1. 0,001 M KCl çözeltisi
2. DAS (Demir Aluminyum Sülfat, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$)
3. Dikromat ($C_2O_7^{-2}$)

8.2. Metod

Atıksu numune alımında 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği esas alınmıştır. Baca gazı analizlerinde 'Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' ve kullanılan baca gazı ölçüm cihazının kılavuz yöntemleri kullanılmıştır.

KOİ ve fiziksel analizler için alınan numuneler cam şişelere konulmuş ve tam şekilde doldurularak ağzı kapatılmıştır. Eser metal analizleri için numuneler plastik kaplara konulmuştur.

8.2.1. pH Tayini

Atık suyun pH değeri Griffin 40 Model pH metre ile tespit edilmiştir. pH analizleri numune alım noktasında yapılmıştır.

8.2.2. İletkenlik Tayini

Numunelerin iletkenliğini ölçmek için, Hanna HI 8333 iletken metre kullanılmıştır. Cihaz kullanılmadan önce 25°C de 0.001 M KCl ile kalibre edilmiştir. Analizler laboratuar ortamında yapılmıştır.

8.2.3. Sıcaklık Tayini

Numunelerin sıcaklığını ölçmek için dijital termometre kullanılmıştır. Analizler numune alım noktasında yapılmıştır.

8.2.4. KOİ Tayini

KOİ, bir su örneğindeki organik maddenin, yüksek sıcaklıkta (150ºC) konsantre sülfürik asit içinde potasyum dikromat ile gümüş katalizör yardımıyla CO_2 ve H_2O ya

oksitlenmesi yoluyla ölçülmektedir (8.1). Bu işlem %50 sülfürik asitli ortamda, geri soğutma altında, 2 saat içerisinde gerçekleştirilmektedir. Bu yükseltgeyici ortamda, azotlu organikler NH_3'e dönüşmektedir. KOİ deneyinde amonyak oksitlenmemektedir. Organik maddenin dikromatla ($Cr_2O_7^{-2}$) yükseltgenmesi aşağıdaki reaksiyon denklemleri uyarınca %95-98 verimle gerçekleşmektedir. Reaksiyonda belli ve aşırı miktarda dikromat kullanılmakta ve reaksiyondan arta kalan dikromat, demir amonyum sülfat ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) geri titrasyonuyla tayin edilerek, organik maddenin oksitlenmesinde harcanan dikromat kantitatif olarak belirlenmektedir. Dikromat fazlası, demir amonyum sülfat ile titre edilerek tayin edilmekte, titrasyonun son noktası ferroin indikatörü ile belirlenmektedir. Ortamda Cr^{+6} kalmadığında, demir amonyum sülfattaki Fe^{2+} iyonları ferroin ile koyu kiremit kırmızısı renkli bir kompleks oluşturmaktadır. Bu sayede KOİ değeri aşağıdaki bağlantı (8.1) ile hesaplanmaktadır:

$$KOİ = \frac{(a-b) * N * 8 * 1000}{V_{örnek}} \qquad \textbf{(8.1)}$$

a= Şahidin *DAS sarfiyetı (Mililitre)

b=Numunenin DAS sarfiyatı(Mililitre)

N:DAS çözeltisinin normalitesi

(DAS=Demir Amonyum Sülfat Çözeltisi)

8.2.5. Eser Metal Analizi

Analizler laboratuarda yapılmıştır. Analiz edilecek numune, alım noktasında plastik 1 lt lik kaplarla taşınmıştır. Analiz için Vista AX CCD Simultaneous ICP-AES model ICP cihazı kullanılmıştır. Analiz edilen veriler; Kurşun (Pb), Demir (Fe), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Copper (Cu), Kadmiyum (Cd) olmuştur. Veriler mg/lt cinsindendir.

8.2.6.Baca Gazı Analizleri

Baca gazı analizleri tesis son deşarj bacasında ölçülmüştür. Analiz için Tempest 100 model analiz cihazı kullanılmıştır. Analiz verileri olarak Sıcaklık (^oC), Oksijen Oranı ($\%O_2$),Karbonmonoksit (CO), Kükürtdioksit (SO_2), Azotdioksitler (NOx), Karbondioksit Oranı ($\%\ CO_2$) sayısal olarak ölçülmüştür.

9. ANALİZLER SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

9.1 Atıksu Analizleri

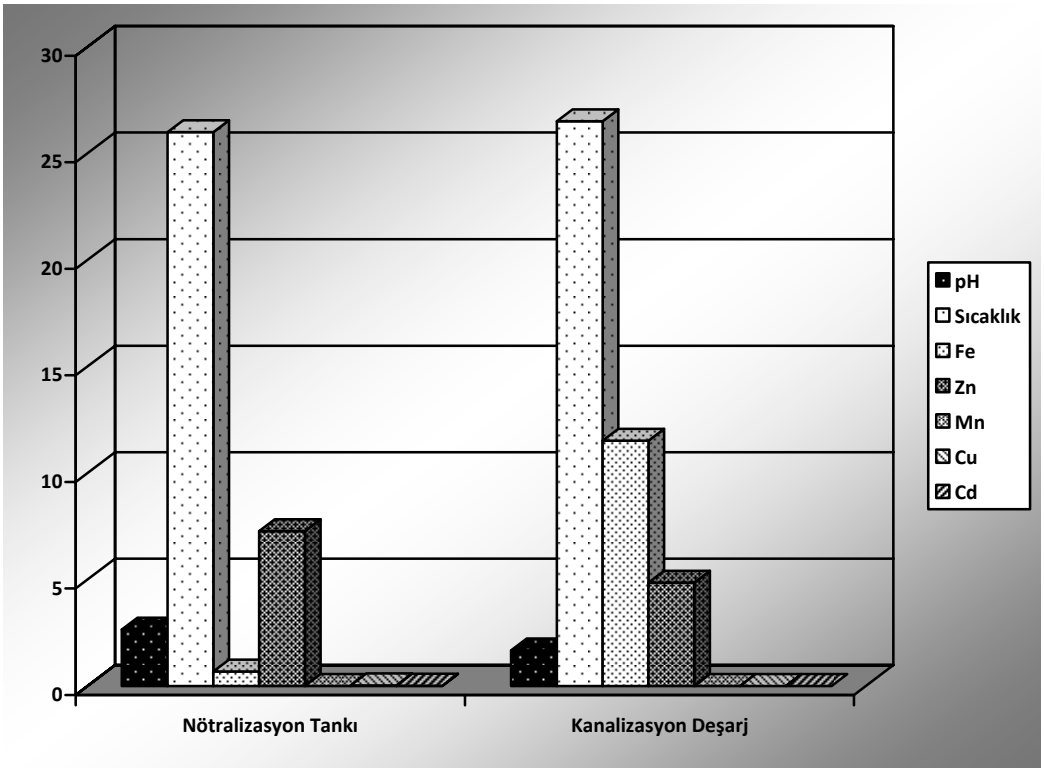
3 ay boyunca yapılan atıksu analiz sonuçları ve oluşturulan tablo ve de grafikler ve değerlendirmeleri aşağıda verilmiştir. Atıksu analiz sonuçları 'Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği-Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarj Standartları' na göre değerlendirilmiştir.

9.1.a İlk Ay Analiz Sonuçları

İlk atık su numunesinin analiz sonuçlarına (Tablo 9.1) göre pH değeri nötralizasyon tankında 2,18 ile 2,65 arasında, kanalizasyon deşarj noktasında ise 1,68 ile 2,25 değerleri arasında bulunmuştur. Sıcaklık değerleri, nötralizasyon tankında 26-27°C arasında ve kanalizasyon deşarj noktasında 26,5-27°C arasındadır. İletkenlik değerleri, nötralizasyon tankında 200 ila 1200 $\mu S\ m^{-1}$ arasında, kanalizasyon çıkış noktasında ise 1020 ila 4500 $\mu S\ m^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. KOİ değeri nötralizasyon tankında 38 ila 47 mg L^{-1} arasında, kanalizasyon deşarj noktasında 31 ila 32,5 mg L^{-1} arasında bulunmuştur. Nötralizasyon tankında; Pb değerleri 3.47 ila 7.32 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 0.044 ila 0.68 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0.18 ila 7.27 mg L^{-1} arasında değişkenlik gösterirken, kanalizasyon deşarj noktasında; Pb değerleri 2.89 ila 5.11 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 0.028 ila 11.52 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0,12 ila 4,85 mg L^{-1} arasında değişkenlik göstermiştir. Mn, Cu ve Cd değerleri nötralizasyon tankında ve kanalizasyon deşarj noktasında çok düşük çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar, KOİ ve Sıcaklık Hariç, grafik olarak Şekil 9.1' de gösterilmiştir.

Tablo 9.1 İlk ayda yapılan atıksu numunesi analizi

	Nötralizasyon Tankı			**Kanalizasyon Çıkışı**		
Parametre	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**
pH	2,65	2,2	2,18	1,68	2	2,25
Sıcaklık (°C)	26	26	27	26,5	26,5	27
İletkenlik ($\mu S\ m^{-1}$)	200	1080	1200	4500	1200	1020
KOİ (mg L^{-1})	38	39,2	47	31	31,3	32,5
Pb (mg L^{-1})	3,47	4,21	7,32	2,89	3,47	5,11
Fe (mg L^{-1})	0,68	0,044	0,078	11,52	0,028	0,087
Zn (mg L^{-1})	0,18	5,076	7,27	0,12	3,64	4,85
Mn (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	-
Cu (mg L^{-1})	0,032	-	0,021	-	-	-
Cd (mg L^{-1})	0,013	0,012	-	-	-	-



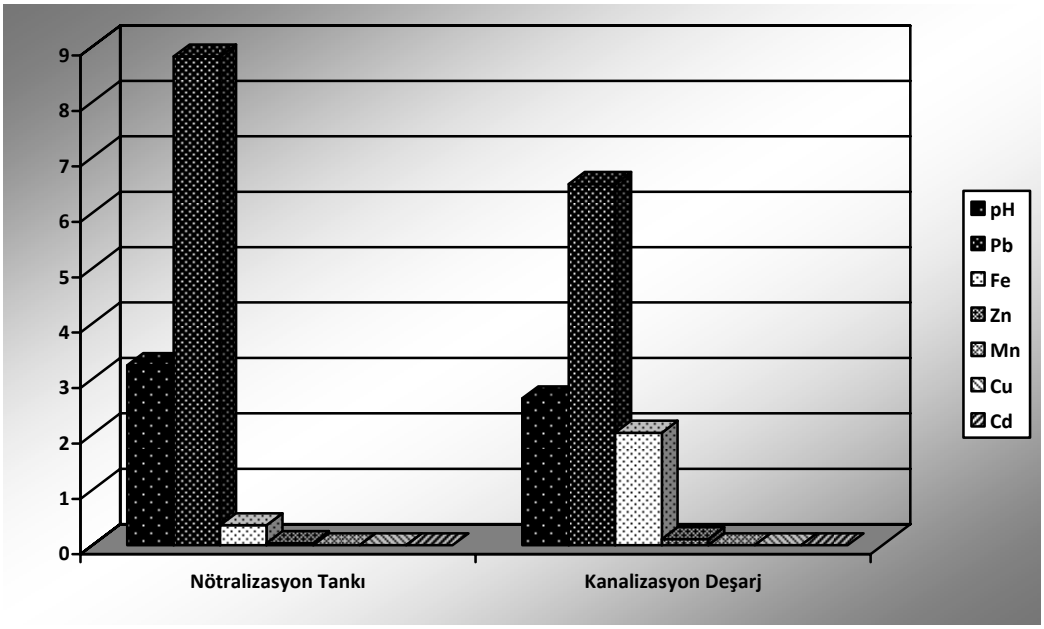
Şekil 9.1 Birinci analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması (KOİ ve Sıcaklık Hariç) .

9.1.b İkinci Ay Analiz Sonuçları

İkinci atıksu numunesinin analiz sonuçlarına (Tablo 9.2) göre pH değeri nötralizasyon tankında 3.15 ile 3.75 arasında, kanalizasyon deşarj noktasında ise 2.20 ile 2.65 değerleri arasında olmuştur. Sıcaklık değerleri, nötralizasyon tankında 25.8-26.5°C ve kanalizasyon deşarj noktasında 24-26.5°C olmuştur. İletkenlik değerleri, nötralizasyon tankında 230 ila 448 µS m^{-1} arasında, kanalizasyon deşarj noktasında ise 1000 ila 2900 µS m^{-1} olduğu tespit edilmiştir. KOİ değeri nötralizasyon tankında 43,5 ila 49,2 mg L^{-1} arasında, kanalizasyon deşarj noktasında 37,2 ila 39,1 mg L^{-1} arasında bulunmuştur. Nötralizasyon tankında, Pb değerleri 6.38 ila 8.82 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 0.36 ila 2.17 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0.037 ila 0.107 mg L^{-1} arasında değişkenlik gösterirken, kanalizasyon deşarj noktasında, Pb değerleri 4.72 ila 6.52 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 1.96 ila 11.3 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0.083 ila 0.138 mg L^{-1} arasında değişkenlik göstermiştir. Mn, Cu ve Cd değerleri nötralizasyon tankında ve kanalizasyon çıkışında düşük çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar, KOİ ve Sıcaklık Hariç, grafik olarak Şekil 9.2' de gösterilmiştir.

Tablo 9.2 İkinci ayda yapılan atıksu numunesi analizi

	Nötralizasyon Tankı			Kanalizasyon Çıkışı		
Parametre	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**
pH	3,25	3,75	3,15	2,65	2,45	2,2
Sıcaklık (°C)	26,5	25,8	25,8	26,5	26	24
İletkenlik (µS m^{-1})	300	230	448	1050	1000	2900
KOİ (mg L^{-1})	43,5	44,3	49,2	37,2	38	39,1
Pb (mg L^{-1})	6,38	6,93	8,82	4,72	5,38	6,52
Fe (mg L^{-1})	0,36	2,17	-	2,03	1,96	11,3
Zn (mg L^{-1})	0,037	0,035	0,107	0,111	0,138	0,083
Mn (mg L^{-1})	-	-	0,63	-	-	0,13
Cu (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	-
Cd (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	-



Şekil 9.2 İkinci analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması (KOİ ve Sıcaklık Hariç) .

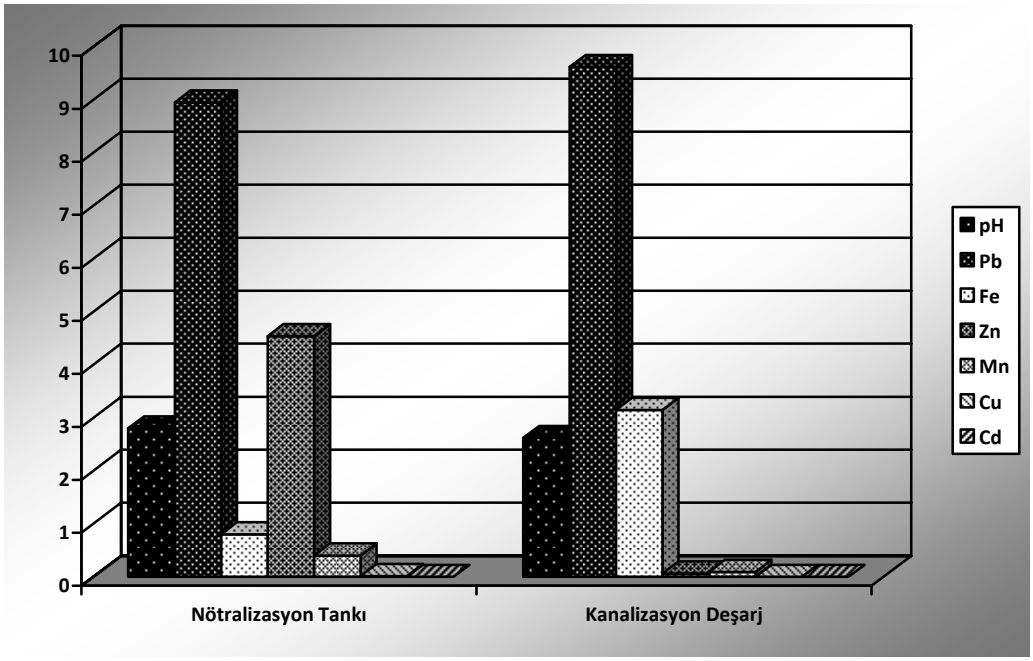
9.1.c Üçüncü Ay Analiz Sonuçları

Üçüncü atıksu numunesinin analiz sonuçlarına (Tablo 9.3) göre pH değeri nötralizasyon tankında 2.75 ile 3.25 arasında, kanalizasyon deşarj noktasında ise 2.62 ile 2.86 değerleri arasında olmuştur. Sıcaklık değerleri, nötralizasyon tankında 28–29°C arasında ve kanalizasyon deşarj noktasında 26–28,8°C olmuştur. İletkenlik değerleri, nötralizasyon tankında 250 ila 500 µS m^{-1} arasında, kanalizasyon deşarj noktasında ise 1350 ila 3500 µS m^{-}

^{1} olduğu tespit edilmiştir. KOİ değeri nötralizasyon tankında 89,7 ila 98,2 mg L^{-1} arasında, kanalizasyon deşarj noktasında 101,3 ila 107,2 mg L^{-1} arasında bulunmuştur. Nötralizasyon tankında; Pb değerleri 7,94 ila 8,95 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 0,2 ila 1,73 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0,14 ila 4,64 mg L^{-1},Mn değerleri 0,13 ila 0,402 mg L^{-1} arasında değişkenlik gösterirken, kanalizasyon deşarj noktasında; Pb değerleri 8,79 ila 9,62 mg L^{-1} arasında, Fe değerleri 2,72 ila 3,15 mg L^{-1} arasında, Zn değerleri ise 0,065 ila 0,106 mg L^{-1}, Mn değerleri 0,55 ile 0,111 mg L^{-1} arasında değişkenlik göstermiştir. Cu ve Cd değerleri nötralizasyon tankında ve kanalizasyon çıkışında yine düşük çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar, KOİ ve Sıcaklık Hariç, grafik olarak Şekil 9.3' de gösterilmiştir.

Tablo 9.3 Üçüncü ayda yapılan atıksu numunesi analizi

	Nötralizasyon Tankı			**Kanalizasyon Çıkışı**		
Parametre	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**	**Analiz 1**	**Analiz 2**	**Analiz 3**
pH	2,8	3,25	2,75	2,62	2,86	2,65
Sıcaklık (°C)	28	28	29	26	26,5	28,8
İletkenlik (µS m^{-1})	250	300	500	3500	1350	3200
KOİ (mg L^{-1})	89,7	91,3	98,2	101,3	104,3	107,2
Pb (mg L^{-1})	7,94	8,12	8,95	8,79	8,97	9,62
Fe (mg L^{-1})	0,803	1,73	0,2	3,15	3,1	2,72
Zn (mg L^{-1})	0,14	4,54	4,24	0,106	0,065	0,092
Mn (mg L^{-1})	0,402	0,13	0,16	0,095	0,111	0,55
Cu (mg L^{-1})	0,015	-	-	-	-	-
Cd (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	-



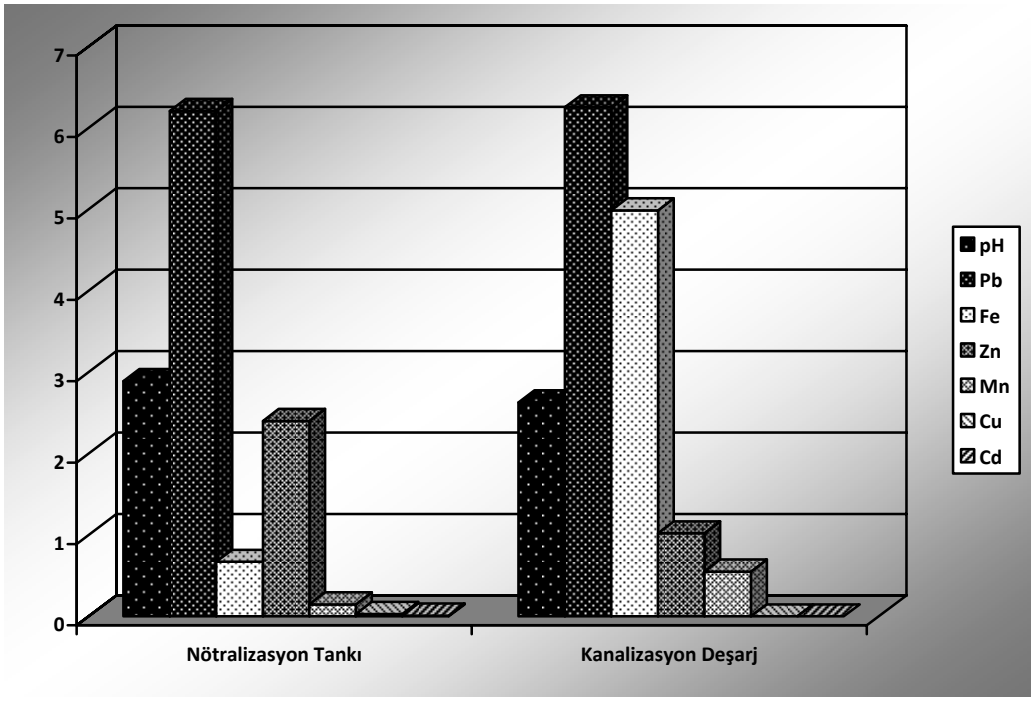
Şekil 9.3 Üçüncü analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması (KOİ ve Sıcaklık Hariç)

9.1.d. Tüm Analizlerin Değer Aralıkları ve Ortalamaları

Aşağıda yapılan tüm analizlerin değer aralıkları ve de ortalamaları Tablo 9.4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, KOİ hariç, grafik olarak Şekil 9.4' de gösterilmiştir.

Tablo 9.4 Yapılan tüm atıksu numunesi analizlerinin ortalamaları

	Nötralizasyon Tankı		Kanalizasyon Çıkışı		SKKY standart
Parametre	**Aralık**	**Ortalama**	**Ortalama**	**Aralık**	
pH	2,18-3,75	2,89±0,51	2,63±0,51	1,68-2,86	**6-9**
Sıcaklık (°C)	25,8-29,0	26,8±1,21	26,4±1,22	24,0-28,8	**-**
İletkenlik (µS	200-1200	500±376,6	2191,1±133	1000-4500	**-**
KOİ (mg L^{-1})	38-98,2	68,1±30	69,1±38	31-107,2	**250**
Pb (mg L^{-1})	3,47-8,95	6,21±3,075	6,255±3,36	2,89-9,62	**2**
Fe (mg L^{-1})	0-2,17	0,67±0,78	4,99±4,26	0,3-11,52	**3**
Zn (mg L^{-1})	0,04-7,27	2,40±2,85	1,02±1,85	0,07-4,85	**5**
Mn (mg L^{-1})	0-0,63	0,147±0,23	0,55±0,18	-	**-**
Cu (mg L^{-1})	0-0,03	0,03	-	-	**2**
Cd (mg L^{-1})	0-0,01	0,01	-	-	**-**



Şekil 9.4 Ortalama analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırılması (KOİ ve Sıcaklık Hariç) .

9.1.1. pH

Tablo 9.4 de görüldüğü gibi nötralizasyon tankı ve kanalizasyon çıkış noktasından alınan numunelerin ortalama pH değeri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği standardı olan 6-9 arası değerlerden hayli düşüktür. pH değerinin, hidrojen konsantrasyonunun bir ölçütü olduğu bilinmektedir. Düşük pH değeri, atıksuyun asiditesinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bunun nedeni yüksek ihtimal ile yüksek konsantrasyonlardaki H^+ iyonlarının atıksu içerisindeki mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır. Burada hurda akü içerisindeki H_2SO_4 (Sülfürik asit) maddesinin bulunması en önemli faktörlerdendir.

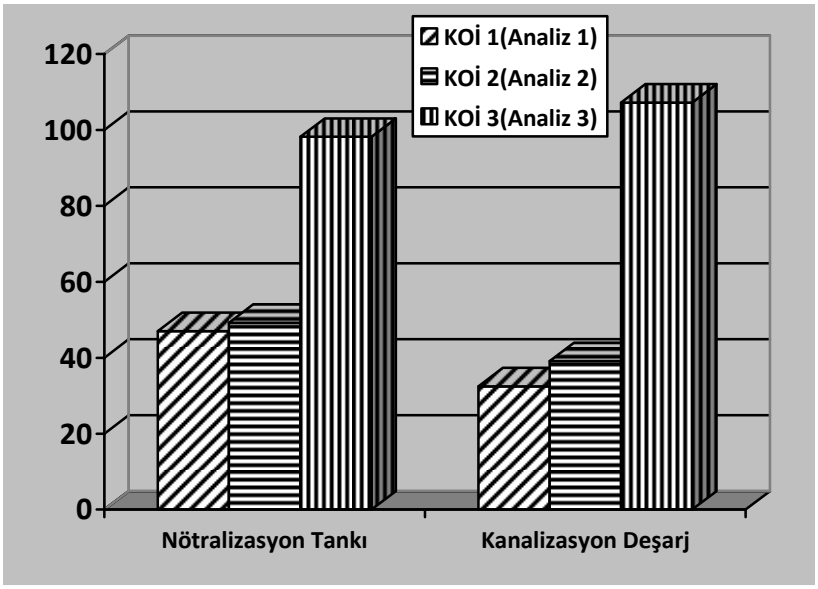
Şekil 9.2, Şekil 9.3 ve Şekil 9.4 de görüleceği üzere, nötralizasyon tankından alınan örneklerdeki pH değeri, deşarja gönderilen değerden daha yüksektir. Bu durumda, arıtma sisteminin asiditenin giderilmesi için etkili olmadığını göstermektedir.

9.1.2. İletkenlik

Nötralizasyon tankından ve kanalizasyon deşarj noktasından alınan numunelerin analiz sonuçlarından elde edilen ortalama iletkenlik değerleri, oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır. Ancak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde iletkenliğe ait bir standart bulunmamaktadır. Ancak iletkenliğin başlıca sebebinin çözülmüş tuzların olduğu bilinmektedir. Bu durumda atıksuda çözünmüş tuzların oranının yüksek olduğu kesinleşmiştir. Yüksek tuzluluk oranına sahip atıksuların, atıksu arıtma tesislerinde biyolojik aktiviteyi olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri EPA (Çevre Koruma Ajansı) standartlarına göre, su kaynaklarına deşarj edilecek atıksuların iletkenliği 250 $\mu S\ m^{-1}$ değerinin altında olmalıdır. Tablo 9.4, Şekil 9.1, Şekil 9.2 ve Şekil 9.3' de nötralizasyon tankı ve kanalizasyon deşarj noktasından alınan örneklerdeki iletkenlik değerleri incelendiği taktirde, deşarj noktasından alınan numunedeki iletkenlik değerinin nötralizasyon tankından alınan örnekten daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda arıtma sisteminin konsantre tuz çözünürlüğünün gideriminde etkili olmadığı anlaşılmaktadır.

9.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ değerleri, diğer ölçümlere göre yüksek değerlikli çıktığından, grafiksel olarak ayrı bir şemada gösterilmiştir.(Şekil 9.5)



Şekil 9.5 Atıksu analizi KOİ değerleri grafiksel karşılaştırılması

İlk yapılan atıksu analizi ile üçüncü ve son atıksu analizi incelendiğinde, KOİ değerlerinde belirgin bir artışının yaşandığı görülmektedir. Yapılan her üç analiz sonucu ve ortalama analiz değerlerine göre (Tablo 9.1, Tablo 9.2, Tablo 9.3 ve Tablo 9.4), kanalizasyon deşarj değeri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği standardı olan 4000 mg L^{-1} değerinden düşük çıkmıştır. Atıksuyun deşarjı uygundur. İkinci ve üçüncü analiz sonuçları incelendiğinde, ilk analiz sonuçlarına göre hızlı bir artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca üçüncü analiz incelendiğinde, nötralizasyon tankından alınan numunedeki KOİ değerinin, kanalizasyon deşarj noktasından alınan değerden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Nötralizasyon tankında yapılan arıtma çıkış noktasında herhangi bir iyileştirme sağlamamıştır. Bu dramatik artışın nötralizasyon tankında yapılan arıtmanın, KOİ giderim veriminde etkili olmadığı sonucunu bize vermektedir. KOİ değerinde meydana gelen arıtışın, atıksuyun organik yükünde meydana gelen artış ile doğrudan bir bağlantısı olduğu kesindir. Ancak nötralizasyon tankına bu seviyede organik yükün tespit edilmiş olması, arıtmaya gönderilen atıksuyun sadece akü geri dönüşümünden ortaya çıkan kirleticilerden oluşmadığını, arıtma sistemine organik yükü fazla kirleticilerin de gönderildiğinin bir göstergesidir.

9.1.4. Kurşun (Pb)

Kurşun ortalama değerleri Tablo 9.4 de incelendiğinde, değerlerin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği standardı olan 3 mg L^{-1} değerinden oldukça yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Üçüncü ay ölçümlerinde ise, nötralizasyon tankından alınan numunenin kurşun analiz değeri, kanalizasyon deşarjından alınan numuneden daha düşük çıkmıştır. Bu durumda, nötralizasyon tankında yapılan arıtmanın, kurşun gideriminde etkili verimi sağlamadığı tespit edilmiştir. Akü geri dönüşümü atık sularında kurşun muhtevasının yüksek değerlerde çıkması, elektrolit sıvısı içerisinde mevcut bulunan kurşun bileşiklerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Nötralizason havuzunda yapılan arıtma sadece atıksuyun pH seviyesini ayarlamak için yapılmaktadır.

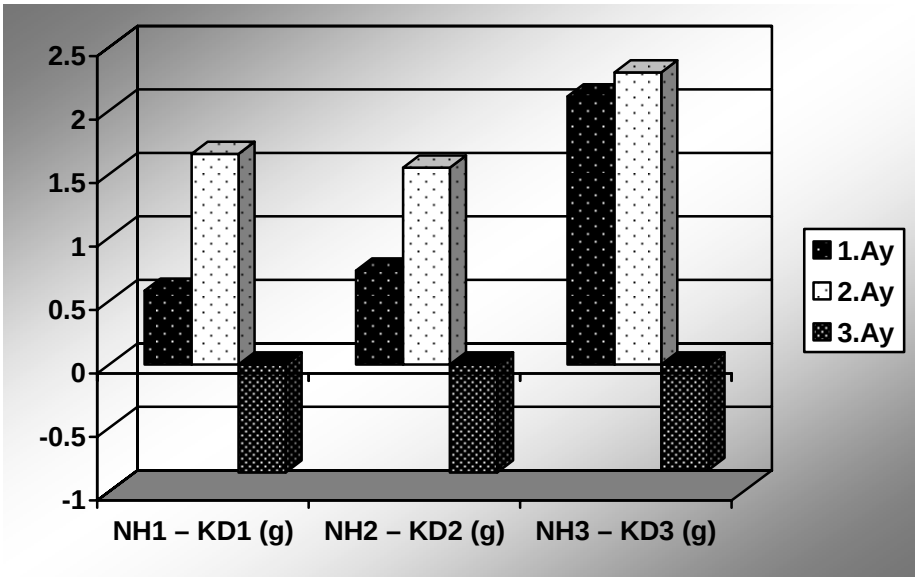
Atıksuyun ortalama analiz sonuçlarını (Tablo 9.4) incelediğimizde, atıksu deşajında pH değeri 2,63±0,51 değerinde olduğu görülmektedir. Düşük değere sahip pH nedeni ile kurşun muhtevasının atıksu içerisindeki çözünürlüğü çok az miktarda giderilebilmiştir. Atıksudaki kurşun yükü hesap edildiğinde;

Atıksu miktarı = Nötralizasyon Tankı Hacmi =1 m^3 =1000 litre
Atıksu Kurşun Yükü=Hacim(L)*Kurşun Değeri(mg/lt)
Örnek: Nötralizasyon Havuzu 1. Ay, Analiz 1 Değeri = 3,47 mg/lt
Kurşun yükü = 3,47 mg/lt * 1000 lt = 3470 mg = 3,47 g

Tablo 9.5 da kurşun giderim miktarlarının aylara göre değerleri gram cinsinden verilmektedir.

Tablo 9.5 Kurşun yükü miktarları

	Nötralizasyon Havuzu (NH)			**Kanalizasyon Deşarj (KD)**			**Fark = Giderim (NH- KD)**		
Analiz	Analiz 1 (g)	Analiz 2 (g)	Analiz 3 (g)	Analiz 1 (g)	Analiz 2 (g)	Analiz 3 (g)	$NH_1 – KD_1$ (g)	$NH_2 – KD_2$ (g)	$NH_3 – KD_3$ (g)
1.Ay	3,47	4,21	7,32	2,89	3,47	5,11	0,58	0,74	2,11
2.Ay	6,38	6,93	8,82	4,72	5,38	6,52	1,66	1,55	2,3
3.Ay	7,94	8,12	8,95	8,79	8,97	9,62	-0,85	-0,85	-0,83



Şekil 9.7 Kurşun yükü giderimi

Şekil 9.7 'de giderilen kurşun muhtevasının aylara göre grafiksel dökümünü vermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, giderim verimi aydan aya düşüş göstermiş, 3. Ayda ise sudaki kurşun muhtevasında artış meydana gelmiştir. Bunun en önemli nedeninin işletme sorunu olduğu kesindir. Arıtma havuzuna konulan kireç miktarının ayarlanamaması, düşük pH nedeni ile $PbCO_3$ ve $Pb(OH)_2$ olarak çöken bileşiklerin, tekrar düşük pH etkisi ile atıksuda çözünür hale gelmiştir. Bunun en önemli sebebi başta da belirtildiği gibi, nötralizasyon havuzunun işletilmesinden kaynaklanan problemdir.

9.1.5. Demir (Fe)

Tablo 9.4 incelendiğinde, ortalama nötralizasyon havuzu Fe muhtevası ortalaması 0,67 mg L^{-1} değerinden, 4,99 mg L^{-1} değerine yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci ayda yapılan analizde, Fe muhtevası 0 mg L^{-1} değerinden, 11,52 mg L^{-1} gibi bir değere ulaştığı gözlemlenmiştir (Tablo 9.2 ve Şekil 9.2). Ayrıca her bir analiz sonucu incelendiğinde, nötralizasyon havuzundan alınan numunenin Fe muhtevası, kanalizasyon çıkışından alınan numunenin Fe muhtevasından düşük çıktığı anlaşılmıştır (Tablo 9.1, Tablo 9.2 ve Tablo 9.3). Ancak, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, kanalizasyon deşarj standartlarına göre, Fe muhtevasının standart değeri bulunmadığından dolayı, elde edilen bu değerlerin standartlara uygun olup olmadığı tespit edilememiştir.

Fe muhtevasında meydana gelen bu artışın, nötralizasyon havuzunda Fe iyonlarının aktif hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Çökmüş ve de bileşik halde bulunan Fe iyonlarının (FeO_2, FeO_3, $FeSO_4$) ayrışarak, Fe iyonlarının tekrar aktif hale geldiği anlaşılmaktadır. Bunun oluşumundaki en önemli etkenin, düşük değerlikli pH olduğu görülmektedir.

9.1.6. Çinko (Zn)

Tablo 9.4 incelendiğinde, ortalama çinko muhtevası nötralizasyon havuzunda 2,04 mg L^{-1} değerinden, kanalizasyon çıkışında 1,02 mg L^{-1} değerine düştüğü tespit edilmiştir. Her üç analizde de kanalizasyon çıkış noktasında çinko muhtevası Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği standardı olan 10 mg L^{-1} değerini geçmediği tespit edilmiştir (Tablo 9.1, Tablo 9.2 ve Tablo 9.3). Atıksu çinko muhtevası deşarj standartlarına uygundur.

Çinko muhtevasının azalmasındaki en önemli etmen, pH değerinin düşük olmasıdır. Düşük pH seviyelerinde, Zn^{+2} asitlerle birleşerek çöker **(**Addemir ve ark., 1994). Çinko muhtevasındaki azalmanın nedeni de, atıksu içerisinde bulunan organik kökenli asitlerdir.

8.1.7. Mangan (Mn)

Tablo 9.4 incelendiğinde, ortalama magnezyum muhtevası nötralizasyon havuzunda 0,147 mg L^{-1} değerinden, kanalizasyon çıkışında 0,55 mg L^{-1} değerine çıkmıştır. Magnezyum yüksek pH seviyelerinde, $Mn(OH)_2$ olarak çöker (Altınbaş ve ark., 1995). Kanalizasyon çıkışında ortalama pH değerinin düşük olmasından dolayı, çökmüş halde bulunan Mn bileşikleri, tekrar ayrışarak Mn^{+2} iyonlarını açığa çıkarmıştır. Bu durumda atıksuyun Mn muhtevasında artış meydana gelmiştir. Ancak atıksu kanalizasyon deşarj Mn değeri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği standardı olan 10 mg L^{-1} değerinden düşük çıkmıştır. Deşarj standartlara uygundur.

8.1.8. Bakır (Cu)

Yapılan analizler neticesinde, ortalama bakır muhtevasının nötralizasyon havuzunda 0,03 mg/lt değerinden kanalizasyon deşarj noktasında 0 değerine indiği belirlenmiştir (Tablo 9.4). Üç ay boyunca yapılan analizler sırasında bakır muhtevasının 0 ile 0,03 mg/lt değeri

arasında olduğu saptanmıştır (Tablo 9.1,Tablo 9.2 ve Tablo 9.3). Bakır, atıksu içerisinde CuO_2 olarak bulunmaktadır. Asidik ortam neticesinde, Cu^{+2} iyonları sülfürik asitden ayrılan SO_4^{-2} iyonları ile birleşerek $CuSO_4$ olarak birleşirler ve böylece çökme meydana gelir.

Atıksu muhtevasındaki bakır oranı, deşarj standardı olan 10 mg/lt değerinden düşüktür. Atıksu deşarja uygundur.

9.1.9. Kadmiyum (Cd)

Tablo 9.4 incelendiğinde, ortalama kadminyum muhtevasının nötralizasyon tankında 0,01 mg/lt değerinden durultma tankında 0 değerine indiği görülmektedir. Yapılan bütün analiz sonuçları incelendiğinde (Tablo 9.1,Tablo 9.2 ve Tablo 9.3), kadminyum değerinin düşük çıktığı ve kanalizasyon deşarj değerinin standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

Bu değerlerin elde edilmesinde, kadmiyum metalinin kimyasal özelliği nedeni ile çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklandığı ve nötralizasyon havuzu arıtma öncesinde, SO_4^{-2} iyonları ile birleşmesinden dolayı atıksuda çözündüğü düşünülmektedir. Düşük değerlikli muhtevasından dolayı, nötralizasyon havuzu arıtması sırasında, kireç ilavesi neticesinde OH^- iyonları ile birleşerek çöktüğü anlaşılmaktadır.

9.2. Baca Gazı Analizleri, Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Üç ay boyunca ayda bir yapılan baca gazı analizlerine göre, baca gazı sıcaklık değerlerinin 213 ila 278 santigrat derece arasında olduğu, oksijen oranlarının (O_2) %12,72 ila %14,96 arasında olduğu, karbonmonoksit (CO) değerlerinin 1215 ppm ila 1465 ppm arasında olduğu, kükürtdioksit (SO_2) değerlerinin 291 ppm ila 325 ppm arasında olduğu, azotoksitler (NOx) değerlerinin 232 ppm ila 263 ppm arasında olduğu, karbondioksit oranlarının %9,3 ila %8,7 arasında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan tüm analiz ölçümlerinin değerleri Tablo 8.6 da verilmiştir. Yapılan analizlerin ortalamaları ve standart sapmaları ise Tablo 9.7 de verilmiştir. Veriler Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Ölçülen değerler ayrıca mg/Nm^3 cinsinden eşitliği de bulunmuştur. Bunun için aşağıdaki bağlantı kullanılmıştır (9.2):

$$C\,(mg/Nm^3) = C(ppmV) * \frac{M}{22,4} \quad \textbf{(9.2)}$$

C *(mg/Nm3) : Normal koşullarda (0 derece C. 1 atm) kütlesel konsantrasyon*
C *(ppmV) : Hacimsel konsantrasyon (milyonda bir birim)*
M: *Bir molekül gazın ağırlığı.Burada M (Mol) değerleri CO için 28 g, SO_2 için 64 g ve NO_x için NO_2 baz alınarak 44 g alınmıştır.*

Tablo 9.6. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 1. Ay analiz sonuçlarının değerleri

Parametre	**Analiz 1**		**Analiz 2**		**Analiz 3**	
Sıcaklık (^{0}C)	213		252		278	
O_2 (%)	12,72		13,58		14,96	
CO	1465 (ppm)	1831,25 (mg/Nm^3)	1328(ppm)	1660 (mg/Nm^3)	1155(ppm)	1443,75 (mg/Nm^3)
SO_2	325(ppm)	929,5 (mg/Nm^3)	302(ppm)	863,72 (mg/Nm^3)	291(ppm)	832,26 (mg/Nm^3)
NO_x	213(ppm)	426 (mg/Nm^3)	249(ppm)	498 (mg/Nm^3)	282(ppm)	564 (mg/Nm^3)
CO_2 (%)	9,3		9,1		8,7	

Tablo 9.7. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 2. Ay analiz sonuçlarının değerleri.

Parametre	**Analiz 4**		**Analiz 5**		**Analiz 6**	
Sıcaklık (^{0}C)	163		201		198	
O_2 (%)	11,62		11,18		10,25	
CO	1003 (ppm)	1253,75 (mg/Nm^3)	1098 (ppm)	1372,5 (mg/Nm^3)	1203 (ppm)	1503,75 (mg/Nm^3)
SO_2	332 (ppm)	949,52 (mg/Nm^3)	348 (ppm)	995,28 (mg/Nm^3)	367 (ppm)	1049,62 (mg/Nm^3)
NO_x	154 (ppm)	308 (mg/Nm^3)	192 (ppm)	384 (mg/Nm^3)	199 (ppm)	398 (mg/Nm^3)
CO_2 (%)	9,9		9,2		9,6	

Tablo 9.8. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan 3. Ay analiz sonuçlarının değerleri.

Parametre	**Analiz 7**		**Analiz 8**		**Analiz 9**	
Sıcaklık (^{0}C)	211		245		188	
O_2 (%)	9,2		11,2		9,8	
CO	1352 (ppm)	1690 (mg/Nm^3)	1059 (ppm)	1323,75 (mg/Nm^3)	1289 (ppm)	1611,25 (mg/Nm^3)
SO_2	301 (ppm)	860,86 (mg/Nm^3)	284 (ppm)	812,24 (mg/Nm^3)	328 (ppm)	938,08 (mg/Nm^3)
NO_x	262 (ppm)	524 (mg/Nm^3)	286 (ppm)	572 (mg/Nm^3)	202 (ppm)	404 (mg/Nm^3)
CO_2 (%)	8,9		9,4		8,8	

Tablo 9.9. Kurşun geri kazanım fırını bacasında Tempest 100 model baca gazı analiz cihazı ile yapılan analiz sonuçlarının ortalama değerleri ve standart sapma değerleri.

Parametre	Ortalama değerler		ETK-HKKY-Standart
Sıcaklık (^{0}C)	216,55		-
O_2 (%)	11,62		**3**
CO	1216,89 (ppm)	1521,12 (mg/Nm^3)	**150 (mg/Nm^3)**
SO_2	319,78 (ppm)	914,58 (mg/Nm^3)	**1700 (mg/Nm^3)**
NO_x	226,56 (ppm)	453,10 (mg/Nm^3)	**800 (mg/Nm^3)**
CO_2 (%)	9,21		-

9.2.1. Sıcaklık

Yanma sonucu kazandan çıkan baca gazının düşük sıcaklıklarda olması tercih sebebidir. Baca gazı sıcaklığı ayrıca yakılan yakıt içerisindeki kükürt oranına ve yakıt içerisindeki kükürt muhtevasına ve yakıtın cinsine göre değişiklik göstermektedir. Genelde yakıtın yakıldığı kazanın ısıtma yüzeyi, aşırı derecede verilen yakıt, yüksek sıcaklıktaki baca gazı sıcaklığına neden olmaktadır. Burada dikkat edilecek husus kazan hacmine göre uygun şekilde yakıt debisi ayarlanmasıdır. Çünkü yüksek baca gazı sıcaklığı, düşük verimde işletilen bir kazan anlamına gelmektedir. Sıvı yakıt yakan kazan sistemleri için tespit edilen optimum baca gazı sıcaklığı 130°C ila 175°C arasındadır. Teorik olarak her 20 °C baca gazı sıcaklık düşümü, verimde %1 artış sağlamaktadır (Bilgin, 2007).

Elde edilen analiz verilerine göre sıcaklık değerleri, ilk ayda 213 ^{0}C ile 278 ^{0}C arasında (Tablo 9.6), ikinci ayda 163 ^{o}C ile 201 ^{0}C arasında (Tablo 9.7), üçünci ayda ise 211 ^{o}C ila 245 ^{o}C arasında (Tablo 8.8) ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre baca gazında ölçülen ortalama sıcaklık 216,55 °C olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9). Sıvı yakıt olan fuel oil kullanan bir kazan sistemi için bu sıcaklık değeri uygun bir değer olmamaktadır. Bu durumda sistemin verimsiz çalıştığını ve fazla yakıt tükettiğininin göstergesidir. Fazla miktarda yakıt tüketimi, bacadan salınan kirleticilerin değerinde de artış meydana getirmektedir.

9.2.2. Oksijen (O_2)

Hava kirliliği kontrolünde oksijen muhtevası oldukça önemli bir parametredir. Baca gazında tespit edilen yüksek oksijen miktarı, kazana verilen hava kütlesinin fazlalığının göstergesidir. Baca gazı ölçümlerinde tespit edilen diğer kirlilik parametrelerini de

etkilemektedir. Yüksek seviyede hava verilen baca gazındaki bileşenlerde seyrelme meydana gelmektedir. Bu nedenle ölçülen değerler, gerçek değerlerden düşük çıkmaktadır. Fazla hava miktarı olursa, bacagazı miktarını artırır ve artan bu miktardaki hava, bacagazı sıcaklığına kadar ısınıp enerji alacağından daha fazla ısının bacadan dışarı atılmasına neden olur (OECD, 1985).

Yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısına bağlı olarak, karbonmonoksit oluşumuna neden olmayacak şekilde, baca gazları içerisinde oksijen oranının mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir. Sıvı yakıt kullanan sistemlerde %3-4, oksijen oranı baca gazı analizleri için ideal değerler olarak kabul edilmektedir.

Yapılan baca gazı analizlerine göre oksijen değerleri 1. Ay da %12,72 ila %14,96 oranları arasında (Tablo 9.6), ikinci ayda % 10,25 ila %11,62 oranları arasında (Tablo 9.7), üçüncü ayda ise %9,2 ila % 11,2 oranları arasında (Tablo 9.8) tespit edilmiştir. Ortalama oksijen oranı %11,62 olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9). Elde edilen bu verilere göre, tespit edilen oksijen muhtevası oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır. Standart değere göre baca gazında ölçülen oksijen miktarının maksimum %8 oranında olması istenmektedir. Kazana otomatik elektrikli fan ile verilen hava gazı kütlesinin yüksek olması ve kazan hacminin düşüklüğü bunun oluşumunda etken olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yüksek değerde ölçülen bu oksijen miktarı, elde edilen diğer parametrelerin seyreltilmiş değerler olduğunu da ortaya koymuştur. Yani diğer ölçülen parametrelerin esas değerleri, elde edilen değerlerden daha yüksektir.

9.2.3. Karbonmonoksit (CO)

Yapılan baca gazı analizlerine göre karbonmonoksit muhtevasının, 1. Ay da 1443,75 mg/Nm^3 ila 1831,25 mg/Nm^3 (1155 ppm ila 1465 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.6), 2. Ay da 1253,75 mg/Nm^3 ila 1503,75 mg/Nm^3 (1003 ppm ila 1203 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.7), 3. Ay da 1323,75 mg/Nm^3 ila 1690 mg/Nm^3 (1059 ppm ila 1352 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.8) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama CO değeri de 1521,12 mg/Nm^3 (1216,89 ppm) olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9).

Referanslar kısmında da belirtildiği üzere (Bölüm 7.3.2 Karbonmonoksitler), karbonmonoksit emisyonunun nedeni, karbon içeriğinin oksijen ile tam olarak yakılamamasından, tutuşma sıcaklığının düşüklüğünden, yüksek sıcaklıktaki gazın kazanı kısa zamanda terk etmesinden, kazan içerisinde yeterli türbülansın yaratılamaması gerekçe

olarak gösterilmektedir. Bölüm 9.2.2 de yapılan tespitlerde baca gazında elde dilen oksijen miktarı yüksek seviyelerde çıkmıştır. Sorunun yetersiz oksijen miktarı olmadığı anlaşılmaktadır. Yönetmelikte, demir dışı metallerin kazanıldığı tesisler için standart karbonmonoksit değeri ile ilgili veri bulunmamaktadır. Ancak standartlarda, mevcut emisyon değerlerinin düşürülmesi için en uygun sistemin seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Karbonmonoksit emisyon değerlerinin azaltılması için yukarıda belirtilen gerekçeler düzeltilebilinir. Ayrıca baca gazı arıtma sisteminin değiştirilmesi ve optimum bir sistemin kurulması da çözümler arasındadır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, karbonmonoksit gibi toksik bir gazı bu seviyelerde deşarj edilmesi, hem insan sağlığına hem de çevre üzerine zararlı bir etki bırakacağı kesindir.

9.2.4. Kükürtdioksit (SO_2)

Yapılan baca gazı analizlerine göre kükürtdioksit (SO_2) muhtevasının, 1. Ay da 832,26 mg/Nm^3 ila 929,5 mg/Nm^3 (291 ppm ila 325 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.6), 2. Ay da 949,52 mg/Nm^3 ila 1049,62 mg/Nm^3 (332 ppm ila 367 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.7), 3. Ay da 812,24 mg/Nm^3 ila 938,08 mg/Nm^3 (284 ppm ila 328 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.8) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama kükürtdioksit değeri de 914,58 mg/Nm^3 (319,78 ppm) olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9).

Yönetmeliğe göre, demir dışı metallerin kazanıldığı tesisler için standart kükürtdioksit değeri 3000 mg/Nm^3 değerini geçmemelidir. Elde edilen bu değere göre, baca gazı kükürtdioksit değeri standartlara uygundur. Ancak çevreye deşarj edilen bu değerin, havadaki kükürtdioksit değerini arttıracağı kesindir. Havadaki kükürtdioksit değerinin artması, asit yağmurlarının oluşmasına, insan vücudunda rahatsızlıklara özellikle solunum sistemlerinde tahribatlar oluşmasına sebebiyet vermektedir. Kükürtdioksit giderimi iyileştirmek ve standartlara uygun, ancak yine yüksek ortalama değerde olan bu değerleri azaltmak için, baca gazı arıtma sistemi değişikliği ile düzeltilebilinir.

9.2.5. Azotoksitler (NOx)

Yapılan baca gazı analizlerine göre azotoksitler (NO_x) muhtevasının, 1. Ay da 426 mg/Nm^3 ila 564 mg/Nm^3 (213 ppm ila 282 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.6), 2. Ay da 308 mg/Nm^3 ila 398 mg/Nm^3 (154 ppm ila 199 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.7), 3. Ay da 404

mg/Nm^3 ila 572 mg/Nm^3 (202 ppm ila 286 ppm) değerleri arasında (Tablo 9.8) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama azotdioksitler değeri de 453,1 mg/Nm^3 (226,5556 ppm) olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9).

Elde edilen değerler neticesinde, azotmonoksit değerlerinin yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak yönetmeliğe göre standart azotoksit değeri bulunmamaktadır. Bölüm 6.3.4 de de belirtildiği üzere, yüksek azotoksitlerin oluşma nedeni, kazana verilen yüksek miktardaki havadır. Elde edilen oksijen değeri de bu kanıyı doğrulamaktadır. Azotoksit emisyonlarının azaltılması için verilen hava miktarının optimum düzeye indirilmesi gerekmektedir.

9.2.6. Karbondioksit (CO_2)

Yapılan baca gazı analizlerine göre karbondioksit değerleri 1. Ay da % 8,7 ila % 9,3 oranları arasında (Tablo 9.6), ikinci ayda % 9,2 ila % 9,9 oranları arasında (Tablo 9.7), üçüncü ayda ise % 8,8 ila % 9,4 oranları arasında tespit edilmiştir (Tablo 9.8). Ortalama karbondioksit oranı % 9,21 olarak tespit edilmiştir (Tablo 9.9).

Bölüm 7.3.1 de de belirtildiği gibi, baca gazında karbondioksit emisyonlarının sıvı yakıtlar için %14 seviyelerinde olması uygun olarak görülmektedir. Bunun nedeni, bu seviyedeki karbondioksit oranının, kazandaki yanma veriminin yüksek seviyede olduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir. Yönetmeliğe göre standart bir karbondioksit emisyon değeri bulunmamaktadır. Ancak elde edilen verilere göre ortalama karbondioksit oranı düşük seviyelerde çıkmıştır. Bu durum kazanın verimsiz işletildiğinin, tam yanma sağlanamadığının bir göstergesidir. Elde edilen karbonmonoksit değerleri de bunun bir göstergesidir.

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünya üzerinde enerji ihtiyacının çok önemli hale geldiği bugünlerde, kaynak araştırmaları yanında, elde edilen enerjinin depolama teknolojilerin de araştırıldığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çok büyük önem arz ettiği bir yüzyıldayız. Ayrıca doğal kaynakların hızla tükenmeye başlaması gözleri enerji depolayan ve de tekrar üreten akümülatör sistemlerine çevirmiştir. Bu nedenle enerji depolayan ve tekrar üreten akümülatörlerin yaşamımızda çok önemli bir yeri olduğu kesindir. Son teknolojik gelişmeler sayesinde hibrit araçlar üretilmiş ve yüksek akım üreten aküler araç sektöründe yerini almıştır. Yani fosil kaynaklı yakıt tüketen araçlar, ileriki yıllarda yerini akümülatör ile çalışan araçlara bırakacaktır. Bu yönde ileri seviyede araştırmalar hala devam etmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan akümülatör, fosil yakıtların tüketilmesinden kaynaklanan çevre kirliliği ve insan sağlığına olan etkileri önemli ölçüde azaltabilecektir. Ancak, içerdiği çevreye ve insan sağlığına zararlı kimyasal maddeler nedeni ile hurda akümülatörlerin uygun şekilde berterafı gerekmektedir.

Yapılan araştırmalar ve örnek akü geri dönüşüm tesisinde 3 ay boyunca analizler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

10.1. Sonuçlar

a. Araştırmalar neticesinde ülkemizde ve de dünya üzerinde akü üretimi hızla artmaktadır. Bundan kaynaklı hurda akü miktarları da büyük artış göstermiştir.
b. Hurda akülerin çevreye verdiği zararların minimize edilmesi için ileri seviye teknolojiler kullanılarak geri dönüşüm uygulanması, hem ekonomik olarak fayda sağlamakta hem de çevre etkilerini azaltmaktadır.
c. Dünya çapında yapılan araştırmalarda, akü geri dönüşümünden kaynaklı çevre kirliliği olayları, gelişmekte olan 3. Dünya ülkelerinde görülmüştür. Çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen faaliyetlerin oluşmasındaki nedenler incelendiğinde, yetersiz teknolojilerin kullanılması, çalışan işçilerin eğitilmemesi, gerekli korunma önlemlerinin alınmaması ve yetkililer tarafından yapılan denetimlerin yetersizliği gösterilebilinir.
d. Türkiye'deki mevcut akü tüketimi ve hurda akü miktarı, geri dönüşüm tesislerinin kapasitesinden fazladır.

e. Mevcut yönetmelik olan Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği hem akü geri dönüşüm sektörüne yönelik hem de çevrenin korunmasına yönelik ihtiyaçları tam olarak karşılamamaktadır.
f. Akü geri dönüşümünde faaliyet gösteren firmaların kurmuş olduğu derneklerin faaliyetlerini sürdürürken, ticari nedenlerden ötürü haksız rekabete yol açacak faaliyetler yürüttükleri tespit edilmiştir.
g. Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında kurşun geri dönüşümü yapan tesisler için özel bir madde bulunmamaktadır. Bundan dolayı belli bir standart bulunmamaktadır. Bu tür tesisler 'Demir Dışı Metallerin Kazanıldığı Tesisler' kapsamında değerlendirilmektedir. Ancak kapsamı, karmaşık yapıda bulunan akü geri dönüşüm tesislerine yetmemektedir.
h. İncelemeler sonucunda örnek tesiste işçi sağlığı ve iş güvenliği için alınması gereken önlemlerin tam olarak alınmadığını ortaya koymuştur.
i. Örnek tesis incelendiğinde, Çevre Bakanlığı'ndan almış olduğu 'ÇED Gerekli Değildir' raporu ve A Grubu Emisyon İzni, yapılan analizlerin sonucuna göre uygun olmamaktadır. Atıksu deşarjında elde edilen yüksek seviyede kurşun değerleri, baca gazından elde edilen yüksek karbonmonoksit ve kükürtdioksit değerleri, tesisin işletilmeden önce ÇED Raporu alması gerektiğini ortaya koymuştur.
j. Baca gazı ve içme suyu arıtma sistemlerine sahip olmasına rağmen, bir akü geri dönüşüm tesisi atık deşarj değerleri, arıtma yapılmadan geri dönüşümü yapılan hurda akülerin çevreye ve insan sağlığına ne kadar zarar verebileceğini göstermiştir.

10.2. Öneriler

a. Hurda akülerin geri dönüşümünün yapıldığı tesislere ÇED raporu zorunlu olmalıdır.
b. Akü geri dönüşüm atıksuları, ileri düzey nötralizasyon ve/veya kimyasal çöktürme tesisleri ile arıtılmalıdır.
c. Akü geri dönüşüm tesislerinde için optimum arıtma sağlayan baca gazı arıtma sistemleri kullanılmalıdır.
d. Akü geri dönüşüm tesislerinin emisyon ölçümleri aylık bazda incelenmeli ve emisyon değerleri raporlanmalıdır.
e. Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde akü geri dönüşüm tesisleri için özel standartlar getirilmelidir.

f. Akü geri dönüşümü, hurda akü depolanması ve satışı, yetkili olan tesisler dışında yapılmamalı ve sanayi bölgelerine ve hurdacılara yapılacak denetimlerle bu durum sağlanmalıdır.
g. Akü geri dönüşümü yapan tesislerde çalışan işçilere, iş güvenliği ile ilgili eğitimler verilmelidir. Ayrıca çalışan işçilere gerekli kişisel koruyucu kıyafetler ve ekipmanlar sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

1. Addemir O., Açma E., Arslan C., 1994, Çinko, Sistem Yayıncılık, İstanbul.
2. Ahn, K.H., Song, K.G., 1999. Treatment of Domestic Wastewater Using Microfiltration for Reuse of Wastewater. *Desalination*.
3. Altınbaş, U., Dökmeci, S., Barıştıran, A., 1995. "Treatability study of wastewater from textile industry", *Environmental Technology,*
4. Anonim, 1995, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 27 Ağustos 1995 tarih ve 22387 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
5. Anonim, 2001, Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Ankara
6. Anonim, 2004, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği 31 Ağustos 2004 tarih ve 25569 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
7. Anonim, 2004, Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 7 Ekim 2004 tarih ve 25606 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
8. Anonim, 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Yayımlandığı 31 Aralık Cuma 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
9. Anonim, 2005, Kimyasal Oksijen İhtiyacı. İTÜ Çevre Mühendisleri Laboratuvarı Temel Parametre Analizleri, İstanbul.
10. Anonim, 2008, New York Times,2008, The Pernicious Allure of Lead.
11. Arceivala, Soli J., 2002, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata Mcgraw-Hill Publishing Company Limited.
12. B Kaul, R S Sandhu, C Depratt, And F Reyes, 1997, Follow-Up Screening Of Lead-Poisoned Children Near An Auto Battery Recycling Plant, Haina, Dominik Cumhuriyeti.
13. Bilgin A., 2007, Kazanlarda Enerji Verimliliği ve Emisyonlar,Doğalgaz Semineri.
14. C. Morales Bonilla, E. A., Mauss, 1998, A Community-Initiated Study Of Blood Lead Levels Of Nicaraguan Children Living Near A Battery Factory, Nikaragua
15. Chambers, C., Holliday, A. K., 1975, Modern Inorganic Chemistry, Butterworth & Co. Ltd, , Great Britain.
16. Cheremisinoff, Nicholas P., 2002, Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies.
17. Chia, Sin Eng; Ali, Safiyya Mohamed ; Lee, Bee Lan ; Lim, Gek Hsiang ; Jin, Su ; Dong, Nguyen-Viet ; Tu, Nguyen Thi Hong ; Ong, Choon Nam; Chia, Kee Seng , 2007,

Association of Blood Lead And Homocysteine Levels Among Lead Exposed Subjects İn Vietnam And Singapore, Occupational & Environmental Medicine, Vietnam.

18. Dyosi, Sindiswa, 2007, Evaluation Of Preventive And Control Measures For Lead Exposure In A South African Lead-Acid Battery Recycling Smelter, Güney Afrika.
19. Frost,S., 2005, Csr Asia Weekly, Vol. 1, China View, Çin.
20. Güler, Ç., 1996, Sağlığa Az Ya Da Çok Zararlı Olabilecek Kuruluşlar, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:21, Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara.
21. Güley. M. Vural. N., 1976, Toksikoloji, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ankara.
22. Hayes, A. Wallace, 2001, Principles and Methods of Toxicology, Fourth Edition, Taylor and Francis Publishing Inc., Philadelphia.
23. Hurtado, Carlos Mauricio; Gutiérrez, Myriam; Echeverry, Jairo; 2008 Clinical manifestations of lead levels in children exposed to automobile battery recycling processes in Soacha and Bogotá, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C, Kolombiya.
24. I.Cheny Yen, C.Emrit, A.Hosein Rahaman, 1991, Incidence of severe lead poisoning in children in trinidad resulting from battery recycling, Çin.
25. İlhan, Ali İhsan, Dündar C., Öz N., Kılınç, H., 2003, Hava Kirliliği Ve Asit Yağmurlarının Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri
26. Jerome O. Nriagu, Mary L. Blankson And Kwamena Ocran, 2008, Childhood Lead Poisoning In Africa: A Growing Public Health Problem, Dakar.
27. Kahvecioğlu, Ö. Kartal, G. Güven, A. Timur, S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Maslak-İstanbul
28. Laws, Edward A., 2000, Aquatic Pollution: An Introductory Text, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-34875-9
29. Masters, G.M., 1991, Introduction to Environmental and Science, Prentice Hall International Editions.
30. Matte, Thomas D., Figueroa, J. Peter, Gregory Burr, Flesch, Jerome P., Keenlyside, Richard A., Baker, Edward L., 1989, Lead Exposure Among Lead-Acid Battery Workers In Jamaica, Jamaika.
31. Mitscherlich, G., 1995, Yaşadığımız Dünyanın Oluşumu-Gelişimi ve Bugünkü Durumu, Rombach Okologie, Rombach Verlag, Freiburg.

32. OECD, 1985, Group on Energy and Environment Air Management Policy Group, Control of Air Pollution From Fossil Fuel Combustion, Environment Committee.
33. Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2005, Atıksu Arıtımının Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, İstanbul.
34. Ravichandran, B; Ravibabu, K; Raghavan, S; Krishnamurthy, V; Rajan, B K; Rajmohan, H R (2005) Environmental and biological monitoring in a lead acid battery manufacturing unit in India; Hindistan
35. Schoeters G, 2008, Endocrine Disruptors and Abnormalities of Pubertal Development, Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology.
36. Tawinteung, Nukoon ; Parkpian, Preeda; DeLaune, R D, Jugsujinda, Aroon, 2005, Evaluation of extraction procedures for removing lead from contaminated soil; Inter-University Program on Environmental Toxicology, Technology and Management, School of Environmental Resources and Development, Asian Institute of Technology, Klong Luang, Patumthani, Tayland.
37. Taylor, O. C. , 1980, Phytotoxic Air Pollutanats and Their Source, Papers presented to the Symposium on the Effects of Air-Borne Pollution on Vegalation, UN, Economic Commission for Europe, Warsaw, Poland,
38. Timur H., Altınbaş, U., 1997, Treatability Studies And Determination Of Kinetic Parameters For A High-Strength Opium Production Wastewater, Environmental Technology.
39. Tümaküder, (Tüm Akü İthalatçıları, Üreticileri, Satıcıları, Hurda Akü Toplayıcıları, Geri Dönüşümcüleri Derneği), 2005, Kitapçık, İstanbul
40. WHO, 1979, World Health Organization, Environmental Health Criteria 8. Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter
41. WHO, 1996, World Health Organization, Trace Elements In Human Nutrition and Health, Geneva.
42. WHO, 2004, World Health Organization, Guidelines For Drinking Water Quality.
43. WHO, 1983, World Health Organization, Indoor Air Pollutants Exposure and Health Effects. Euro Reports and Studies No:78
44. WHO, 2005, World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe,

İNTERNET KAYNAKLARI

[1]www.wikipedia.org

[2]www.tumakuder.org.tr

[3]www.sciencedirect.com

[4]www.batterycouncil.org

[5]www.cevreorman.gov.tr

[6]www.europa.eu.int/comm/environment/waste/batteries

[7]www.google.com

[8]www.pekingduck.org/2005/06/chinese-rioters-assault-battery-factory/, 2005, Çin.