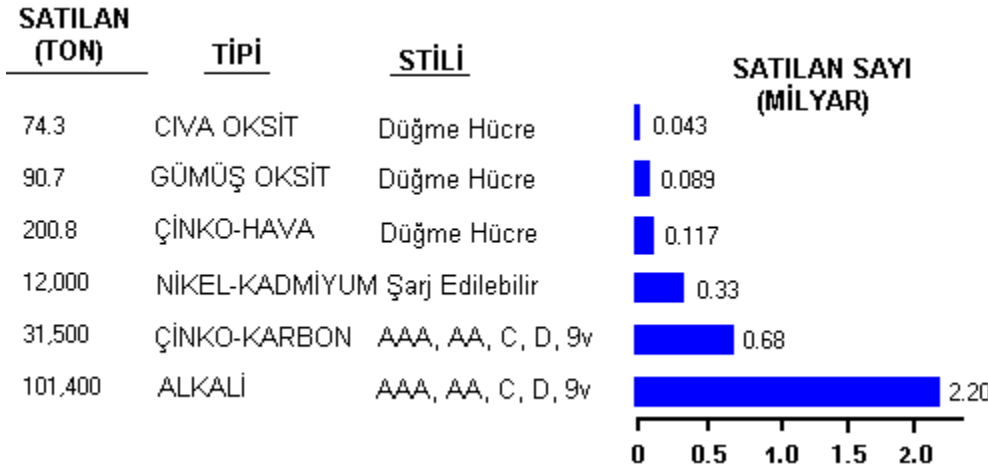


# PİL/AKÜ KULLANIMI VE ATIK PİLLER İLE AKÜLERİN ZARARLARI

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK  
Müşteşar Yardımcısı  
Çevre ve Orman Bakanlığı

Evlerde, işyerlerinde, ulaşımda ve sanayide önemli miktarda pil kullanılmaktadır. Piller, motorlarda, elektronik cihazlarda, saatlerde, kameralarda, hesap makinelerinde, işitme aletlerinde, kablosuz telefonlarda, oyuncaklarda v.b. yerlerde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda artan pil kullanımı insan sağlığı ve çevre için potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Dolayısıyla kullanılmış pillerin tehlike oluşturmaması için ayrı toplanması, taşınması ve geri kazanılması gerekmektedir. Ayrıca pillerdeki tehlikeli ve zararlı metallerin azaltılması da zaruri bir konudur.

Avrupa ve Amerika'da bir kişi normalde yılda 2 adet düğme pili, 10 adet normal (A, AA, AAA, C, D, 9-V) pil kullanmaktadırlar. Almanya'da kişi başına yıllık pil tüketimi 11 adettir. A.B.D., Avrupa ülkeleri ve Türkiye'de ağırlıklı olarak alkali piller ve karbon-çinko piller kullanılmaktadır. Almanya'da 1996 yılında 857 milyon adet akü ve pil satıldı. Bunların %82'si (23.000 ton) karbon-çinko ve alkali pillerdir. 83 milyon adet (3.500 ton) yüksek oranda tehlikeli zararlı madde içeren pil satılmıştır. Amerika'da 1992 yılı verilerine göre 2.82 milyar adet karbon-çinko ve alkali pil satılmıştır. A.B.D.'de pil satış değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Almanya gibi ülkelerde pil kullanan herkes pillerin çevreye zarar vermeden uygun şekilde geri kazanılmasından sorumludur. Atık piller emniyetli şekilde kullanılmalı, paketlenmeli, depolanmalı, toplanmalı, taşınmalı ve bertaraf edilmelidir. Atık pillerde çöpe atıldığı zaman hava, su ve toprak kaynaklarını kirletir.

**Adres:** Çevre ve Orman Bakanlığı-Atatürk Bulvarı No:153, 06100 Bakanlıklar/ANKARA

**Faks:** 0312 4170237, e-mail:mozturk@cevreorman.gov.tr

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
İNŞAAT FAKÜLTESİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



**PİL/AKÜ KULLANIMI  
VE  
ATIK PİLLER İLE AKÜLERİN ZARARLARI**

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK

---

**Adres:** Yıldız Teknik Üniversitesi- Çevre Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş /İSTANBUL  
**Faks:** 0212 261 90 41 , e-mail:mozturk@yildiz.edu.tr

# **PİL/AKÜ KULLANIMI VE ATIK PİLLER İLE AKÜLERİN ZARARLARI**

## **İÇİNDEKİLER**

### **1. GİRİŞ**

### **2. PİLLERİN ÖZELLİKLERİ**

### **3. ISLAK HÜCRELİ PİLLER**

#### **3.1. Kurşun-Asit Piller (Aküler)**

### **4. KURU PİLLER**

#### **4.1. Alkali Piller**

#### **4.2. Çinko Karbon Piller**

#### **4.3.Çinko Hava Pilleri**

#### **4.4.Gümüş Oksit Piller**

#### **4.5. Cıva Oksit Piller**

#### **4.6.Lityum Piller**

### **5. ŞARJ EDİLEBİLİR PİLLER (SEKONDER PİLLER)**

#### **5.1. Nikel Kadmiyum Piller**

#### **5.2.Nikel Metal Hidrid (Ni-MH)**

#### **5.3.Lityum İyon Pilleri**

### **6. TOKSİK METALLERİN ETKİLERİ**

#### **6.1.Cıva**

#### **6.2. Kadmiyum**

#### **6.3.Kurşun (Pb)**

### **7. PİL KULLANIMI VE BAKIMI**

### **8. KURŞUN –ASİT BATARYALARIN (AKÜ) TOPLANMASI**

### **9.KURU PİLLERİN GERİ KAZANILMASI**

### **10. İSTANBUL'DA YAPMASI GEREKLİ ÇALIŞMALAR**

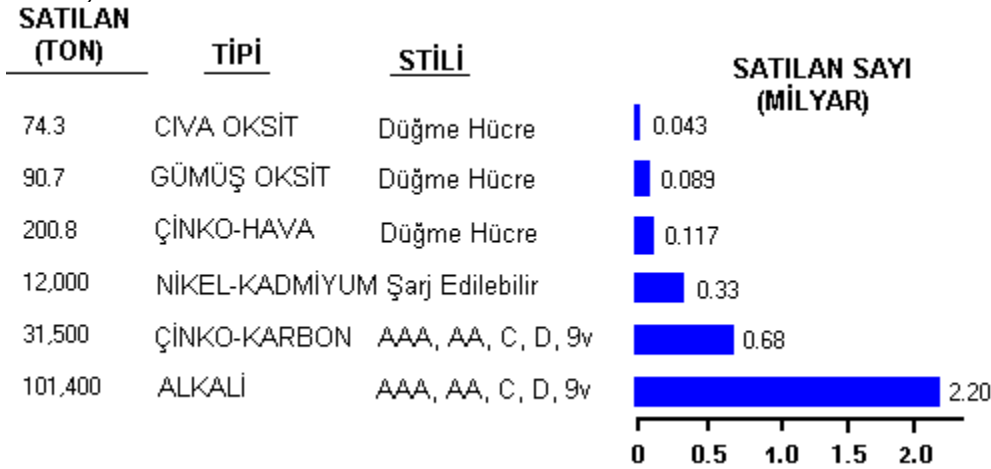
### **11. KAYNAKLAR**

# PİL KULLANIMI VE ATIK PİLLERİN ZARARLARI

## 1. GİRİŞ

Evlerde, işyerlerinde, ulaşımda ve sanayide önemli miktarda pil kullanılmaktadır. Piller, motorlarda, elektronik cihazlarda, saatlerde, kameralarda, hesap makinelerinde, işitme aletlerinde, kablosuz telefonlarda, oyuncaklarda v.b. yerlerde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda artan pil kullanımı insan sağlığı ve çevre için potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Dolayısıyla kullanılmış pillerin tehlike oluşturmaması için ayrı toplanması, taşınması ve geri kazanılması gerekmektedir. Ayrıca pillerdeki tehlikeli ve zararlı metallerin azaltılması da zaruri bir konudur.

Avrupa ve Amerika'da bir kişi normalde yılda 2 adet düğme pili, 10 adet normal (A, AA, AAA, C, D, 9-V) pil kullanılmaktadır. Almanya'da kişi başına yıllık pil tüketimi 11 adettir. A.B.D., Avrupa ülkeleri ve Türkiye'de ağırlıklı olarak alkali piller ve karbon-çinko piller kullanılmaktadır. Almanya'da 1996 yılında 857 milyon adet akü ve pil satıldı. Bunların %82'si (23.000 ton) karbon-çinko ve alkali pillerdir. 83 milyon adet (3.500 ton) yüksek oranda tehlikeli zararlı madde içeren pil satılmıştır. Amerika'da 1992 yılı verilerine göre 2.82 milyar adet karbon-çinko ve alkali pil satılmıştır. A.B.D.'de pil satış değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Almanya gibi ülkelerde pil kullanan herkes pillerin çevreye zarar vermeden uygun şekilde geri kazanılmasından sorumludur. Atık piller emniyetli şekilde kullanılmalı, paketlenmeli, depolanmalı, toplanmalı, taşınmalı ve bertaraf edilmelidir. Atık pillerde çöpe atıldığı zaman hava, su ve toprak kaynaklarını kirletir.

## 2. PİLLERİN ÖZELLİKLERİ

Piller, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren, kompleks elektro kimyasal aletlerdir. Pil hücresi, metal anot (negatif elektrot), metal oksit katyon (pozitif elektrot) ile iki elektrot arasında kimyasal reaksiyonu sağlayan elektrolitten ibarettir. Anot, elektrolizde aşınırken katotta iyonik değişim reaksiyonu sonucu elektrik akımı meydana gelir. Bu reaksiyon sonucu oluşan elektrik enerjisi çeşitli aletlerde kullanılır. Her bir hücre genel olarak 1.5 voltur. Hücreler birbirine seri bağlanarak daha yüksek voltaj üretebilir. Örneğin, 9 volt pil, 6 adet 1.5 v hücrenin seri halde bağlanması sonucu elde edilir. Elektro kimyasal sisteme bağlı olarak hücre voltajı 1.2 v ile 4 v arasında değişir.

Piller, ıslak veya kuru olarak ikiye ayrılır. Islak hücreli pillerde, elektrolit sıvıdır. Kuru hücreli pillerde elektrolit, pasta, jel veya diğer matrix halde bulunur. Primer pillerde, reaksiyon hücre içinde gerçekleşir ve reaksiyon tersinmezdir. Primer piller şarj edilemez.

Secunder pillerde kimyasal reaksiyonlar tersinirdir. Dıştan bir enerji ile reaksiyon başa döndürülür. Güç, sekonder kaynaktan pile yüklenebilir.

Tablo 2. Evsel Katı Atıklarda Bulunan Pillerin Tipleri ve Kullanım Alanları

Pil Tipleri	Şekli ve Boyutlar	Tipik Voltajı (Volt)	Kullanım Alanı
<b>Islak Hücreli Piller</b> Kurşun-Asit (Akü)	Dikdörtgen		Taşıtlar, motorsikletler, botlar
<b>Kuru Hücreliler</b> <b>Primer</b>			
Karbon-Çinko	Silindir, dikdörtgen, 9-V, D, C, AA,AAA	1.5, 9	Flaş lambaları, radyolar, oyuncaklar, saatler, traş makineleri
Alkali	Silindir, dikdörtgen Yatsı, Düğme, 9-V, D, C, AA,AAA	1.5, 9	Radyolar, oyuncaklar, kaset çalarlar, hesap makineleri, kameralar
Cıva oksit	Düğme, silindir, D, C, AA, AAA		İşitme aletleri, saatler, kameralar, hesap makineleri, kalpleri düzenleyen aletler
Gümüş oksit	Düğme	1.55	Hesap makineleri, kameralar, bilgisayarlar, saatler, işitme cihazları
Çinko Hava	Düğme	1.4	İşitme cihazları, paket hoparlör aletleri
Lityum	Düğme, dikdörtgen, 3V, 6V, 9-V, C, AA, madeni para, ve düğme	3	Paket hesap makineleri, saatler ve fotoğrafçılık cihazları, taşınabilir CD çalarlar, duman alarm sistemleri
<b>Kuru Hücreler - Sekonder Piller</b>			
Nikel – Kadmiyum	Silindir, düğme, 9-V, D, C, AA, AAA	1.2	Güç aletleri, vakumlu temizleme aletleri, taşınabilir telefonlar, oyuncaklar, lap-top bilgisayarlar, traş makineleri, fotoğraf makineleri
Nikel Metal Hidrid	Silindir, düğme	1.2	Mobil telefonlar, lab-top bilgisayarlar comcorders
Lityum İyonu	Düğme, dikdörtgen, yatsı	4	Mobil telefonlar, lab-top bilgisayarlar ve comcorders

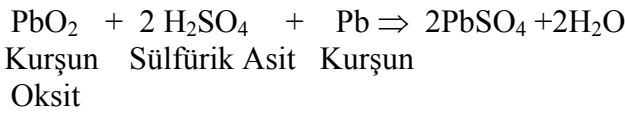
Piller çeşitli şekillerde, boyutlarda ve voltajlarda üretilir. Piller dikdörtgen, silindir, düğme ve metal para şekillerinde üretilir.

### 3. ISLAK HÜCRELİ PİLLER

#### 3.1. Kurşun-Asit Piller (Aküler)

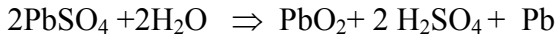
Kurşun-asit aküler ıslak piller olarak bilinir. Sembolü Pb'dir. Kurşun asit piller (aküler) otomobillerde, motorsikletlerde, botlarda ve çeşitli diğer endüstrilerde, çalışma, aydınlatma ve tutuşturma amacı ile kullanılır. Kurşun asit pilleri (aküleri), sülfürik asit elektrolitleri içinde kurşun ve kurşun oksit elektrotları içerir. Bir otomobil kurşun-asit aküsü ortalama 8 kg kurşun ve 0.454 kg sülfürik asit içerir. Anotta Kurşun oksit, katotta ise kurşun bulunmaktadır. Kurşun-asit akününün % 64 Pb, %5 polipropilen, %28.3 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %2.7'ni diğer maddeler oluşturmaktadır. Deşarj ve şarj esnasında aküde gerçekleşen reaksiyon;

Deşarj olurken reaksiyon,



şeklinde gerçekleşir.

Şarj olurken ise reaksiyon,



şeklinde gerçekleşir.

Kurşun ızgaralar çoğunlukla antimonludur. Antimon kurşunun sertliğini artırır ve etkin maddelerin ızgaralara daha iyi tutulmasını sağlar.

12V-44Ah-210 A sert lastik kasalı bataryanın bileşeninde,

Kurşun içeren maddeler	%58.8
Sert lastik	%17.7
Sülfürik asit	%26.2
Ayırıcılar (PVC)	%2.3

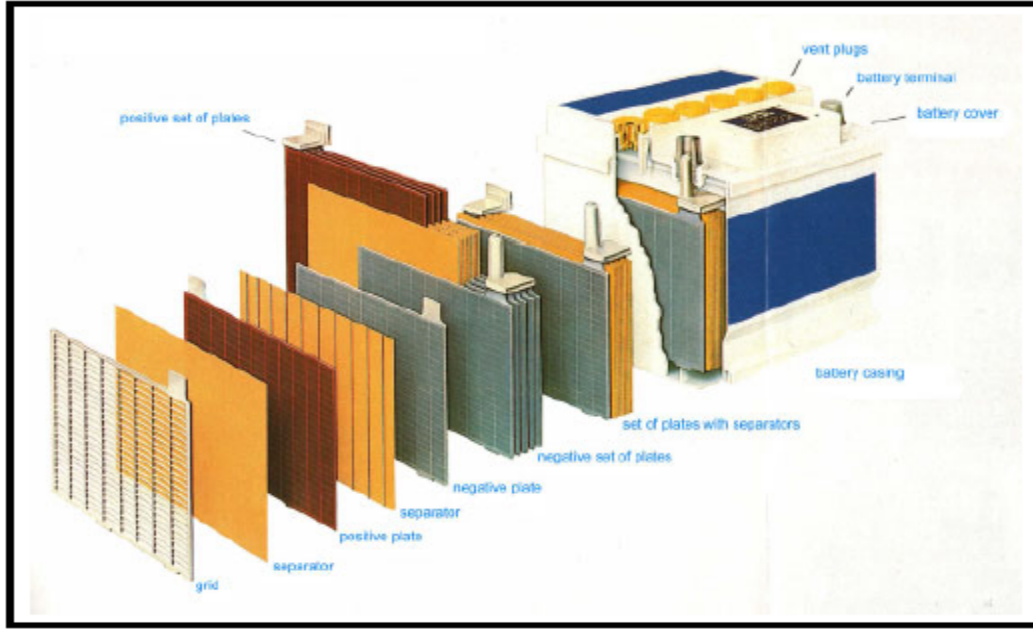
gibi maddeler bulunmaktadır. Bu tür bataryaların ağırlığı ise yaklaşık olarak 15 kg'dır.

12V-44Ah-210 A polipropilen kasalı bataryanın bileşeninde,

Kurşun içeren maddeler	%63.9
PP-elemanlar	%5.0
Sülfürik asit	%26.6
Ayırıcılar (PP, PVC, Selüloz)	%2.5

gibi maddeler içermektedir. PP kaplı akülerin ağırlığı yaklaşık olarak 13-14 kg'dır.

Kurşun taşıyan bileşenlerin %44'nü metal ızgara, kutuplar ve köprüler, %56 ise pasta oluşturmaktadır. Metal ızgara, kutuplar ve köprülerin %96-98'ni kurşun, %2-4'nü antimon ve %0.5'ni kalsiyumdan oluşmaktadır. Pastanın ise %60 PbSO<sub>4</sub>, %19 PbO(PbO<sub>2</sub>) ve %21 Pb'den ibarettir.



Şekil 1. Kurşun –Asit Batarya Dizaynı

Akülerin faydalı kullanım ömrü 3-4 yıldır.

#### 4. KURU PİLLER

Kuru piller kadmiyum, cıva, nikel, gümüş, kurşun, lityum ve çinko gibi çeşitli metalleri içeren potansiyel tehlikeli arz eden elektroliz hücrelerden ibarettir. Evlerde, işyerlerinde kullanılan kuru pillerde kullanılan elektrotlar ve elektrolitler Tablo 3’de verilmiştir. Piller ayrıca, pil içindeki kimyasal reaksiyonları kontrol etmek için başka kimyasal maddelerde içerir. Mesela cıva, primer hücrenin çinko anoduna ilave edilir (alkali ve çinko-karbon pillerde). Böylece korrozyon problemi ve potansiyel patlayıcı hidrojen gazının oluşumu engellenmiş olur. Ayrıca, cıva pilin kendiliğinden boşalmasını önler. Diğer pil bileşikleri, grafit, prinç, plastik, kağıt karton ve çeliktir.

Tablo 3. Evsel Çöplerde Bulunan Primer Piller ve Kimyasal Bileşenleri

Pil Tipleri	Katot	Anot	Elektrolit
Alkali	Mangan Oksit	Çinko	Potasyum ve/veya sodyum hidroksit
Çinko-Karbon	Mangan Oksit	Çinko	Amonyum ve/veya çinko klorür
Cıva Oksit	Cıva Oksit	Çinko Kadmiyum	Potasyum ve/veya sodyum hidroksit
Çinko-Hava	Havadan Oksijen	Çinko	Potasyum hidroksit
Gümüş Oksit	Gümüş Oksit	Çinko	Potasyum ve/veya sodyum hidroksit
Lityum	Çeşitli Metal Oksitler	Lityum	Çeşitli organik ve/veya tuz çözeltileri
Nikel Kadmiyum (Şarj edilebilir)	Nikel Oksit	Kadmiyum	Potasyum ve/veya sodyum hidroksit
Sızdıran Kurşun Asit (Akü)	Kurşun Oksit	Kurşun	Sülfürik asit
Nikel Metal Hidrid	Nikel Oksit	Metal alaşımı	6M Potasyum hidroksit
Lityum İyon	Lityum Kobalit	Grafit Karbon	Lityum Tuzu

Konutlarda ve küçük iş merkezlerinde kullanılan pillerin boyutları, şekilleri ve voltajları Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Çeşitli Pillerin Boyutları ve Voltajı

Boyut	Şekli ve Boyutu	Voltajı (Volt)
D (Büyük Boy)	Silindir: boy 61.5 mm, çap 34.2 mm	1.5
C (Orta Boy)	Silindir: boy 50.0 mm, çap 26.2 mm	1.5
AA (Kalem)	Silindir: boy 50.5 mm, çap 14.5 mm	1.5
AAA(İnce Kalem)	Silindir: boy 44.5 mm, çap 10.5 mm	1.5
9Volt (Dikdörtgen)	Dikdörtgen: boy 48.5 mm, genişlik 26.5 mm, derinlik 17.5 mm,	9
Düğme	Düğme: çapları 4.8mm,-11.4 mm, yüksekliği, 1.05 – 5.4 mm	Elektro kimyasal sisteme bağlı olarak 1.2, 1.35, 1.4, 1.5 veya 1.55 arasında değişir.
Metal Para Piller		

Şarj edilebilir nikel-kadmiyum ve nikel-metal hidrit düğme pilleri vardır. Son zamanlarda şarj edilebilir lityum iyonu düğme pillerde üretilmeye başlanmıştır.

Şarj edilebilir pillerin;

- Uzun süre şarj edilmeksizin kullanılan alanlarda (saatler, kapı zilleri ve duman alarmlarında),
- Şarj edilmesi uygun olmayan amatör fotoğraf makineleri,

gibi alanlarda kullanılması tavsiye edilmez. Şarj edilebilir piller primer pillere göre oldukça yüksek oranda kendi kendine deşarj olurlar. Şarj edilebilir piller ayda %15 ila %25 oranında kendi kendine deşarj olurlar.

Evsel çöplerde sık olarak karşılaşılan piller ve içerdikleri tehlikeli ve toksik ağır metaller Tablo 5. de verilmiştir.

Tablo 5. Evsel Çöplerde Bulunan Pillerde Potansiyel Tehlikeli ve Toksik Ağır Metaller

Pil Tipi	Kadmiyum(%)	Cıva (%)	Nikel (%)	Gümüş (%)	Çinko (%)
Alkali	0.01	0.025 (0.6)*			8-18
Çinko-Karbon	0.03	0.01			12-20
Cıva Oksit		30-50			10-15
Gümüş Oksit		0.5-1.0		30-45	30-35
Çinko-Hava		1-2.0			35-40
Lityum					

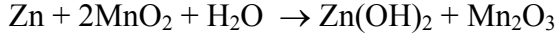
\*:Düğme hücre stillerde

#### 4.1. Alkali Piller

Alkali pillerin anodunda yüksek-yüzey alanlı çinko tozu, katodunda ise yüksek kaliteli mangan dioksit ( $MnO_2$ ) bulunmaktadır. Elektroliti pelteleştirmek için bir selüloz türevi kullanılır. Elektrolit, potasyum hidroksittir. Alkali piller, aktif katot maddesi olarak cıva oksit ( $HgO$ ) veya gümüş oksit ( $Ag_2O$ ) gibi maddeleri de kullanılır.

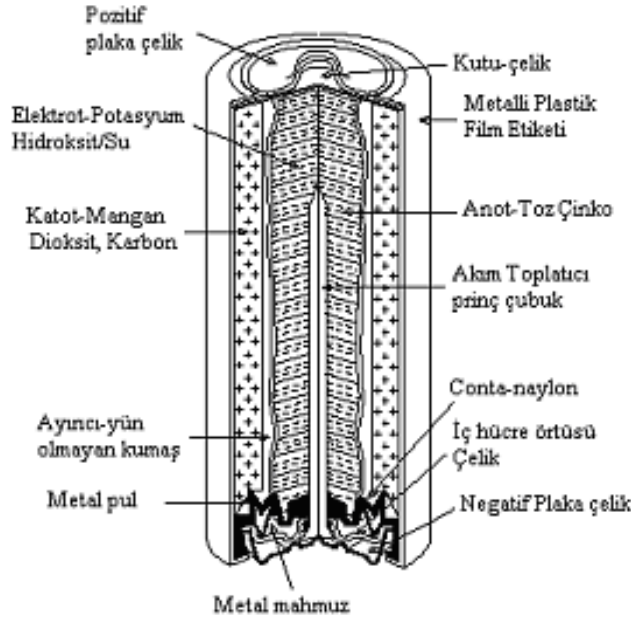


Pil hücresinde enerji üretimi için gerçekleşen reaksiyonu,



şeklinde yayabiliriz.

Alkali pillere ait detay dizayn Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Alkali pil

Alkali pillerde 1985 yılında pilin ağırlığının %1’i oranında cıva bulunurken bugün (2000 yılı) bu değer %0.025-0.0001 oranına düşürülmüştür. Alkali pillerin her birin de 25 mg.dan fazla cıva olması istenmez. Son zamanlarda özellikle cıva içermeyen alkali pilleri üzerinde yoğun çalışmalar devam etmektedir. Cıvaya ilaveten alkali piller kurşun, kadmiyum, arsenik, krom, bakır, indiyum, demir, nikel, kalay, çinko ve magnezyum gibi metalleri de içermektedir.

Kullanılmayan alkali piller kuru ve soğuk yerde depolanmalı. Alkali pil kullanılan cihaz 30 günden fazla çalıştırılmıyorsa pili cihazda tutup deşarj olmasına neden olunmamalıdır.

Alkali pillerde Tablo 6’ de verilen sınır değerlerinin üzerinde ağır metal olması istemez.

Tablo 6. Alkali Pillerdeki Ağır Metaller

Ağır Metal	Alkali Pil (mg/lt)
Arsenik	0.053
Baryum	0.1
Kadmiyum	0.025
Krom	0.01
Kurşun	0.04
Cıva	0.025
Seleryum	0.05
Gümüş	0.01

Alkali pili kendi kendine yılda %2 oranında deşarj olur.

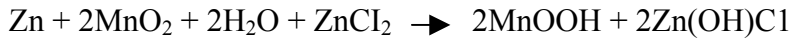
Alkali pilleri, yüksek oranda enerji tüketen cihazlarda (digital kameralar gibi) verimli olarak kullanmak mümkün değildir. Düşük oranda enerji tüketen aletlerde radyo ve saat gibi, çok verimli şekilde kullanılır. Ancak son zamanlarda yüksek oranda enerji tüketen aletler içinde Duracell Ultra, Energizer Advaced Formula, Kodak Photolife gibi alkali piller geliştirmiştir.

Alkali piller yanlış kullanıldığı veya hasar gördüğü zaman pil içindeki alkali madde sızar ve ellere veya göze temas ettiğinde yanmasına neden olur.

#### 4.2. Çinko Karbon Piller

1870-90'lı yıllarda ilk geliştirilen kuru pildir. Elektrolit, sulu amonyum klorür veya çinko klorüdür. Elektrolite inert bir metal oksit ilave edilerek pelteleşmesi sağlanır.

Pil hücrelerinde gerçekleşen reaksiyonu,



şeklinde yapabiliriz.

Eğer elektrolit olarak  $\text{NH}_4\text{Cl}$  kullanılırsa,



şeklinde gerçekleşir.

$\text{MnO}_2$ , kompleks ve polimorfik bileşiktir.

En çok kullanılan pillerden biridir. Genelde “Heavy Duty”, “General Purpose”, “Extra Heavy Duty” isimler altında satılır. Çinko karbon pillerin ömrü alkali pillerden daha kısadır ve daha az güçlüdür. Çinko karbon pillerde sızıntı sıkça görülür. Anodun yapısından dolayı çinko-karbon piller alkali pillerden daha az cıva içerir. Korrozyon kontrolü ve hidrojen gazının serbest hale geçmesini önlemek için cıvaya ilaveten çinko karbon pilleri, kurşun, kadmiyum, arsenik, krom, bakır, demir, mangan, nikel, çinko ve kalay gibi metaller içerir. Çinko – karbon pillerde %0.01'in altında cıva bulunmalıdır.

Kullanılmayan alkali piller kuru ve soğuk yerde depolanmalıdır. Çinko karbon pil kullanılan cihazlar 30 günden fazla çalıştırılmıyorsa pili cihazda tutup deşarj olmasına neden olunmamalıdır.

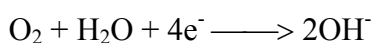
Pilden sızan amonyum klorür göze temas ettiğinde ciddi sulanmaya neden olur. Çinko klorür çok korrozif bir maddedir.

Çinko karbon piller 54 °C üzerinde depolandığı zaman hidrojen gazı kaçmasına neden olabilir.

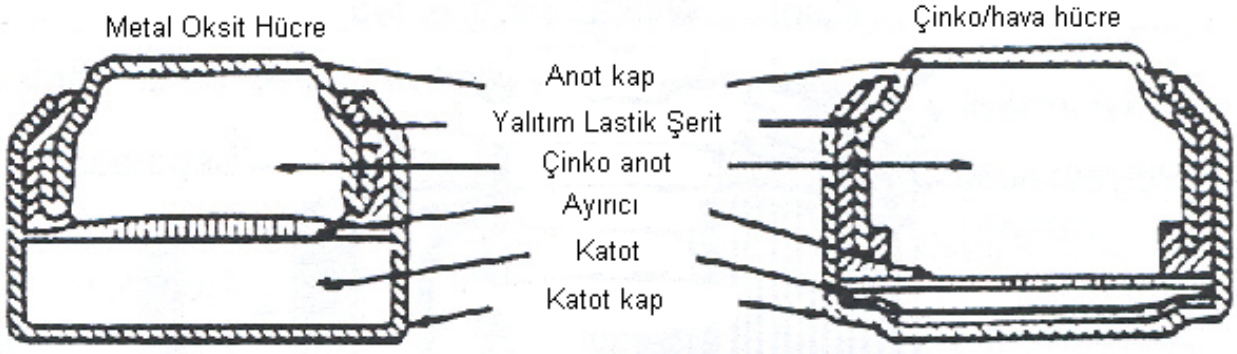
#### 4.3.Çinko Hava Pilleri

Katot olarak atmosferik havadan temiz edilen oksijen gazı ( $\text{O}_2$ ) kullanılır.

Çinko anotta okside olurken katotta gerçekleşen reaksiyonu,



şeklinde yazmak mümkündür.



Şekil 3. Çinko-Hava Pil Kesiti

Elektrolit, %20 – 40 oranında potasyum hidroksit çözeltisi içerir. Potasyum hidroksit'i elektrolit çözeltisi olarak kullanmakta büyük problem var. Havanın oksijeni kullanılırken havada bulunan karbondioksit potasyum hidroksitle reaksiyona girerek potasyum karbonat oluşur. Dolayısıyla bu reaksiyonlar pillerin kullanım ömrünü kısaltır. Bu sebepten dolayı bu tür piller genelde işitme cihazlarında kullanılır.

Çinko hava piller sürekli kullanımlar için değil, kesikli kullanımlar için uygundur.

Hem çok az nemli hem de çok fazla nemli ortamlar çinko hava pillerin ömrünü kısaltır. Havadan alınan oksijen, gözenekli, hidrofobik elektrot (karbon polimer veya metal polimer bileşeni) arasından elektrolizde çözünür.

Katot çevresinden taşınma söz konusu olmadığından dolayı bu pillerin enerji yoğunluğu oldukça yüksektir. Bu nedenle de işitme cihazlarında kullanılır.

Çinko – hava pillerde gazın serbest hale geçmesini önlemek için cıva oranı maksimum %5 cıva kullanılır. Çinko-hava piller sürekli kullanım için uygun değildir. Kesikli enerji tüketimi gerektiren aletlerde kullanılabilir. Çinko hava piller kendi kendine yılda %4 oranında deşarj olur.

#### 4.4.Gümüş Oksit Piller

Gümüş oksit piller çok az miktarda kullanılır. Bu piller düğme şeklinde çeşitli boyutlarda üretilir. Alkali veya çinko-karbon düğme hücreli pillerden daha fazla sabit voltaj üretirler. Gümüş oksit piller, cıva oksit pillerle içten şarj edilebilirler. İşitme cihazlarında ve saatlerde kullanılmaktadır.

Cıva Oksit pillere göre gümüş oksit piller genelde çok daha pahalıdır. Gümüş oksit piller %1 oranında cıva içerir. Bu piller ayrıca gümüş de içerir.

Gümüş oksit pillerde gaz oluşumunu önlemek için cıva kullanılır. Gümüş oksit piller, diğer düğme pillere çok benzediğinden diğerlerinden ayırmak oldukça zordur.

Bu pillerde cıva miktarı %0.025 fazla olmamalıdır.

Gümüş oksit piller tehlikeli atıklar sınıfına girmektedir.

#### 4.5. Cıva Oksit Piller

Bu pillerin üretimi bazı ülkelerde durdurulmuştur. Genelde düğme hücre tipi pillerdir.

Cıva Oksit Piller;

- Çinko/cıva oksit,
- Kadmiyum/cıva oksit,

olmak üzere iki gruba ayrılır.

Pil hücresindeki reaksiyonları;

- Çinko-cıva oksit piller için:  $Zn + HgO \rightarrow ZnO + Hg$
- Kadmiyum/cıva oksit piller için:  $Cd + HgO + H_2O \rightarrow Cd(OH)_2 + Hg$

şeklinde yazmak mümkündür.

Cıva oksit piller yerine, teknoloji geliştikçe daha az cıva içeren gümüş oksit ve çinko-hava düğme piller kullanılmaktadır.

Bu pillerin kullanımı sürekli azalmaktadırlar. Düğme hücreler halinde üretilmektedir. Ağırlığının 3/2'si (%20-40) cıva oksittir. Kullanılmış cıva oksit piller tehlikeli atıklar sınıfına girer. Bir düğme hücre cıva oksit pili 800.000 litre içme suyunu kirletir. Yani 800.000 litre içme suyunu cıva kirleticisi bakımından standartların üzerine çıkartır.

Çöp depolama alanlarındaki cıva kaynağının %88'ni piller oluşturmaktadır.

#### 4.6.Lityum Piller

Lityum, metaller içinde en düşük redox potansiyeline sahiptir. Çok hafiftir ve toksik madde değildir. Bu sebeplerden dolayı lityum çok geniş alanda kullanımı araştırılmakta ve anot olarak kullanılmaktadır. Lityum hücreler çok uzun ömre sahiptir. Düşük hızda enerji tüketimi gerektiren aletlerde (saatler ve hesap makineleri gibi) küçük silindir veya düğme hücreler halindeki lityum piller kullanılır. Bu aletleri birkaç yıl çalıştırabilir.

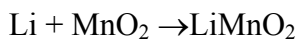
Lityum piller hava ile temas ettiği zaman bozular. Lityum çok aktif bir metaldir. Lityum su ile reaksiyona girdiğinde hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) gazı açığa çıkar ve derhal pil hücresi patlar. Su ile reaksiyona girdiğinde hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) gazı üretir. Buda hücrelere zarar verir. Susuz elektrolit kullanılır. Lityum pilleri tam olarak deşarj olmadan toplamak tehlikelidir. Bunlar çözünmüş lityum tuzu içeren polar organik sıvılar (dimetil eter veya propilen karbonat)'dan ibarettir.

Poli etilen oksit/tuz kompleksleri gibi polimer esaslı elektrolitlerin kullanımı araştırılmaktadır.

Lityum piller, silindir, düğme veya metal para şeklinde üretilir. Askeri ve tıbbi aletlerde kullanılır.

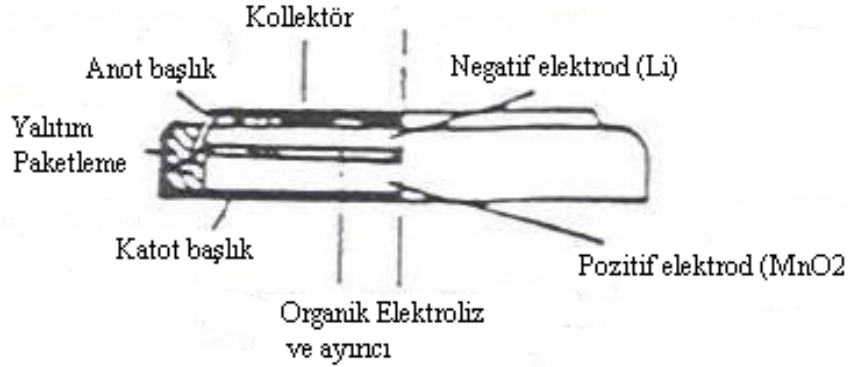
Lityum pillerde ihmal edilebilecek miktarda cıva bulunur.

Lityum pil hücresinde reaksiyon;



şeklinde gerçekleşir.

Lityum tonil pilleri tehlikeli atıklar sınıfına girerken diğer türleri (lityum-mangan dioksit, lityum -kükürt dioksit) tehlikeli atık değildir. Lityum mangan dioksit pil kesiti Şekil 3’de verilmiştir.



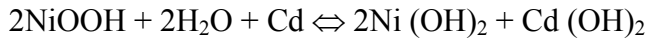
Şekil 3. Lityum Mangan Dioksit Pil Kesiti

## 5. ŞARJ EDİLEBİLİR PİLLER (SEKONDER PİLLER)

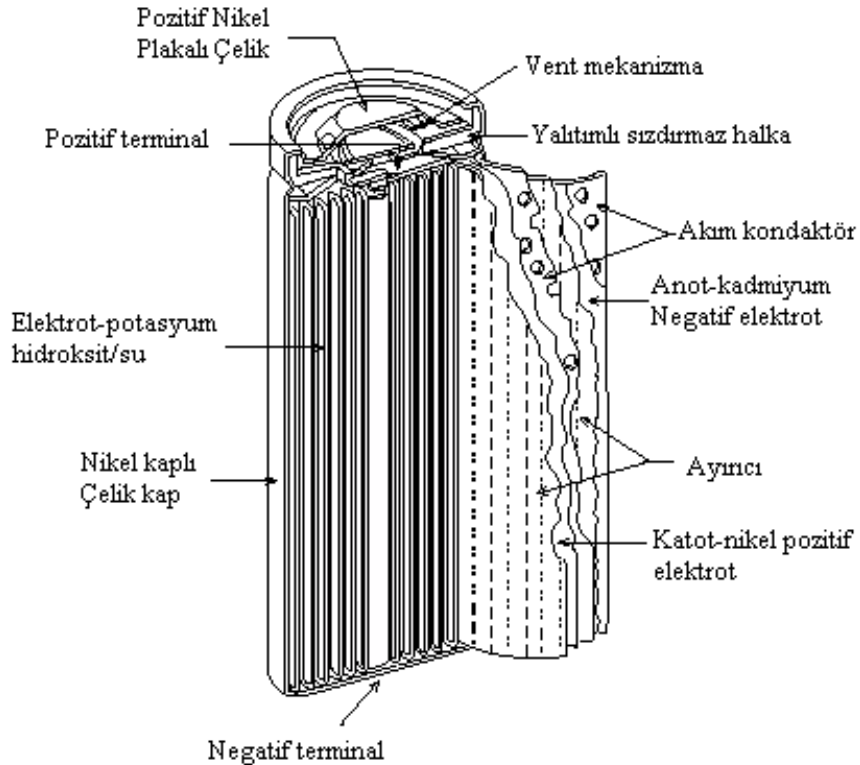
### 5.1. Nikel Kadmiyum Piller

Nikel Kadmiyum pilleri piyasada Ni-Cd veya “Ni-Cads” sembolleri altında satılmaktadır.

Bu pillerdeki reaksiyonu;



şeklinde yazmamız mümkündür.



Şekil 4. Nikel-Kadmiyum Piller

Ni (OH)<sub>2</sub>, CdI<sub>2</sub> kaplı yapıya sahiptir. NiOOH, kompleks ve çok fazlı bir maddedir. Bu önemli bir avantajdır. 1000 defa şarj imkanı sağlar ve kendi kendine deşarj olmaksızın uzun zaman kalmasını sağlar. Aşırı şarj, kadmiyum hidroksitinin elektrotu pasifleştirilmesine neden olur.

Bu pillerde kadmiyum miktarı %11 ila 20 arasında değişir. Kullanılmış Nikel-kadmiyum piller tehlikeli atıklar sınıfına girer. Geri dönüşüm merkezlerinde eskisi getirilmeyen nikel-kadmiyum pillerin yenisi verilmemesi geri dönüşüm metotlarından biridir.

Dünyada son 30 yılda Ni-Cd pili üretiminde 16.000-18.000 ton kadmiyum tüketilmiştir. Dünyada üretilen kadmiyumun 2/3'ü Ni-Cd üretiminde kullanılmıştır. Ni-Cd pillerin 3/4 küçük boyutludur. Evler aletlerinde, güç aletlerinde ve aydınlatma kullanılmaktadır. Geriye kalan 1/4 ise büyük endüstriyel hücre tipi bataryalardır.

Çöp depolama alanlarındaki kadmiyumun %50 si Ni-Cd pillerden ileri gelmektedir.

Nikel kadmiyum pillerin yerine mümkünse kadmiyum içermeyen nikel metal hidrid ve lityum pilleri gibi alternatifleri kullanılmalıdır.

## 5.2.Nikel Metal Hidrid (Ni-MH veya NiMH)

Nikel metal hidrit hücrelerde (Ni-MH veya NiMH), azot metal hidrit elektrottur ve protonlar oluşturmak için okside olabilen indirgenmiş hidrojenin katı kaynağı gibi hizmet eder.

Toplam reaksiyonu;



şeklinde yazabiliriz.

Anotlar, hidrojen depolama kapasitesine sahip metal alaşımıdır. Anot olarak bir metal alaşımı kullanılır. Kullanılan metaller, V, Ti, Zr, Cr, Co ve Fe'dir. Ticari olarak en çok kullanılan metal alaşımı Li Ni<sub>5</sub>'dir. Bu alaşımın her bir atomu 6 adet Hidrojen atomunu LaNi<sub>5</sub>H<sub>6</sub> depolayabilirler.

Ticari Ni-MH pillerinin elektroliti, 6M KOH çözeltisidir.

Ni-MH pilleri kendi kendine boşalma hızları yüksek olan pillerdir. Ayda %20-25 oranında kendi kendine boşalır.

Ni-Cad pillerinin aksine Ni-MH pilleri toksik metaller içermez. Özel olarak bertaraf edilmesine gerek yoktur.

Ni-MH pilleri Ni-Cad pillere göre daha büyük kapasiteye (D boyut hariç) sahiptir. Ni-MH piller ayrı boyuttaki Ni-Cad'den %40 daha yüksek ömre sahiptir.

## 5.3.Lityum İyon Pilleri (Li-Ion)

Lityum iyon (Li-Ion) pillerde, Lityum metali kullanılmaz. Çünkü Lityum metali çok aktiftir. Lityum metali yerine Lityum bileşiği kullanılır.

Lityum iyon pillerin katodunda lityum kobalit,  $\text{LiCoO}_2$ , anotta ise grafik karbon ve elektrolizde lityum tuzu kullanılır. Lityum tuzu, susuz bir solventte çözülerek elektrolit elde edilir.

Lityum iyon pilleri Ni-Cad (Ni-Cd) veya Ni-MH (NiMH) pillerden oldukça hafiftir. Li-Ion pilleri, aynı boyuttaki Ni-MH pillerin dört katı güce sahiptir.

Lityum pilleri, düşük enerji tüketimi gerektiren aletlerde (duman alarmı gibi) kullanılması çok faydalıdır. Böylece uzun zaman (birkaç yıl) kullanılabilir.

Lityum piller özel olarak bertaraf edilmesi için yeterli miktarda zararlı ve zehirli madde içermez.

## 6. TOKSİK METALLERİN ETKİLERİ

### 6.1.Cıva

Piller çöpe atıldığı zaman katı atık depolama sahasında zamanla bozularak bazı tehlikeli ve zararlı maddeler serbest hale geçer. Bunlardan biride cıvadır.

Cıva doğada bozulmaz. Cıva ve cıva bileşikleri halk ve çevre sağlığı bakımından çok tehlikeli ve toksittir.

Akan pildeki cıva hızla deri veya solunum yolu ile vücuda girebilir. Bu maddenin eser miktarda suda bulunması dahi ciddi tehlike oluşturur. İçme suyu veya gıda zinciri yolu ile insan vücuduna giren cıva;

- Parastezi, ataksi, dişartri ve sağırlık gibi nörolojik bozukluklara,
- Merkezi sinir sisteminin tahribine ve kansere,
- Böbrek, karaciğer, beyin dokularının tahribine,
- Kromozonları tahrip edip sakat doğumlara,

neden olmaktadır.

Cıva oksit pilindeki cıva miktarı 800.000 litre suyun kirleterek içme suyu standartları üzerine çıkartır.

Tüm pillerdeki cıva miktarı eser miktarda olsa dahi miktarı pil üzerine yazılmalı. Dünya Sağlık Teşkilatına göre içme suyunda cıvanın 0.001 mg/lt fazla olması istenmez.

### 6.2. Kadmiyum

Ağır metaller içerisindeki en tehlikeli ve toksit maddelerden biri kadmiyumdur. Piller çöpe atıldığı zaman depo sahasında piller bozularak Kadmiyum ve bileşikleri serbest hale geçerek suya karışır. Kadmiyumlu sızıntı suyu, içme suyunu ve toprağı kirleterek gıda zinciri ve içme suyu yolu ile insan vücuduna girer.

Kadmiyum;

- İtai – itai ve akciğer hastalıklarına, prostat kanserine, kansızlığa, doku tahribine,
- Anfiyen ve kronik neval tübüler bozukluğa ve böbrek üstü bezlerin tahribine

neden olur.

Kadmiyumun vücuttaki yarılanma ömrü 10-25 yıl arasında değişir. Dolayısıyla havada, gıdada ve içme suyunda kadmiyum buldukça, kadmiyumun sudaki birikmesi artarak devam eder.

İçme suyu veya gıda zinciri ile kadmiyumun %2'si vücutta birikirken, solunum yolu ile gelen kadmiyumun %10-50'si vücutta tutulur.

Vücut kadmiyumu kalsiyum gibi algılar ve kadmiyum vücutta birikmeye başlar. Vücutta kalsiyum eksilmesinden dolayı kemikler yavaş yavaş zayıflamaya başlar. Ayakta durmak hatta öksürmek bile kemiklerin kırılmasına hatta iskelet ufalanarak neticede hastanın ölmesine neden olur.

Ayrıca günde bir paket sigara içen insanların vücutlarında, daha ziyade karaciğer ve böbreklerinde sigara içmeyenlere nazaran %50 oranında daha fazla kadmiyum taşımaktadırlar.

Kadmiyum 400 °C'nin üzerinde aerosol halinde atmosfere geçer. Dünya Sağlık Teşkilatına göre içme suyunda kadmiyumun 0.005 mg/lt'den fazla olması istenmez.

Evsel çöpteki kadmiyumun %50'si pillerdeki kadmiyumdan ileri gelmektedir.

Tüm pillerdeki Kadmiyum miktarı eser miktarda olsa dahi miktarı pil üzerine yazılmalı.

### **6.3.Kurşun (Pb)**

Kurşun vücuda solunum, içme suyu ve gıda zinciri yolu ile girer. Vücuda giren kurşun ciğerlere kadar ulaşır ve ciğerlerde yavaş yavaş absorbe edilerek kana karışır. Kurşun kan yolu ile önce karaciğer, böbrek, beyin ve kas gibi yumuşak dokularda 35-40 gün bekledikten sonra kurşun metabolitleri yardımı ile kemik ve diş gibi sert dokularda yarılanma süresi 20 yıldır.

Vücutta demir, kalsiyum eksik, D vitamini yüksekse kurşun fazla miktar birikir.

0-6 yaş grubu çocuklar kurşun kirliliğine karşı yetişkinlere göre en az 4 kat daha fazla etkilenirler.

Kurşun; işitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde ve hemoglobin bileşiminde düşmeye, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanmasına, kısırlığa, kansere ve ölüme neden olmaktadır.

Tüm pillerdeki kurşun miktarı eser miktarda olsa dahi miktarı pil üzerine yazılmalı.

Dünya Sağlık Teşkilatına göre içme suyunda kurşunun 0.05 mg/lt'den fazla olması istenmez.

## **7. PİL KULLANIMI VE BAKIMI**

Lityum pilleri kullanıldığı zaman Lith-X veya D-Class küçük yangın söndürücü devamlı mevcut olmalıdır. Su bazlı yangın söndürücüler, lityum pillerde kullanılmamalıdır. Çünkü lityum su ile reaksiyona girerek fazla miktarda patlayıcı hidrojen (H<sub>2</sub>) gazı açığa çıkarır. Lityum pillerini ıslak elle tutulmamalıdır.

Lityum pillerini çöpe atılmamalıdır. Bu pillerdeki lityum su ile reaksiyona girerek patlamaya neden olabilir.

Sekonder (şarj edilebilir) piller kullanıldığı zaman pil için uygun şarj aleti kullanılmalıdır. Böylece şarj edilebilir pilin aşırı yüklemesi ve aşınması önlenir.

Ni-Cad pilleri, sıcakken kesinlikle şarj edilmemelidir. Özellikle yaz aylarında araç içinde kalan piller çabuk ısınır. Bu durumlarda piller soğutulmalı ve sonra şarj edilmelidir.

Sekonder piller, duman dedektörlerin de kullanılmamalıdır. Çünkü Sekonder piller kendi kendine yüksek oranda deşarj olurlar.

Tahrip olmuş, bozulmuş şarj edilebilir piller tekrar şarj edilmemelidir.



Pil hücreesindeki bileşiklerle çıplak elle direk temas edilmemelidir. Pilin asidik veya bazik elektroliti, deri sulanmasına ve yanmasına neden olabilir. Cıva veya Kadmiyum gibi elektrot maddeleri çok toksittir. Diğer bileşikler vücutta çeşitli kısa süreli (sulanma ve yanmaya) veya uzun süreli (sinir sisteminin tahribatına) hastalıklara neden olabilir.

Piller ateşe atılmamalıdır. Pilin metalik bileşikleri yanmaz ve yanan elektroliz dağılır, patlayabilir veya toksik duman çıkarabilir. Piller endüstriyel tıbbi atık yakma tesislerinde yakılabilir.

Piller çantada açıkta taşınmamalıdır. Aksi durumda metal paraları, anahtarlar veya diğer metalik maddeler pille temas ederek kısa devre meydana getirebilir. Bu da aşırı ısınmaya, akıntıya veya patlamaya neden olur.

Pilleri muhafaza ederken kısa devre oluşturucu veya herhangi yük boşaltıcı yerlerden (metalik malzemeler gibi) uzak tutulmalıdır.

Pilleri soğuk ve karanlık yerlerde saklanmalıdır. Bu durum pilin ömrünü uzatır. Pilleri buzdolabında sızdırmaz bir kap içinde saklamak sağlıklıdır. Böylece pilin ömrü uzatılmış olur. Piller buzlukta kesinlikle depolanmamalıdır. Pili alete takmadan önce oda sıcaklığına gelmesi beklenmelidir.

Çok hücreli aletlerde farklı piller bir arada kullanılmamalıdır. Voltajlardaki, akımlardaki ve kapasitedeki küçük farklılık, tüm pillerin ortalama faydalı kullanım ömrünü kısaltır.

Sekonder pilleri çok hücreli alette kullanırken aynı yaşta ve aynı şekilde şarj edilmiş piller kullanılmalıdır. Böylece piller aynı hızda ve oranda deşarj olurlar.

Sekonder Ni-Cd pilleri zaman zaman hafıza kaybına uğrarlar. Bu durumlarda pilleri tam olarak deşarj ettikten sonra tekrar şarj edilebilir.

Piller yüksek sıcaklıkta kullanılmamalıdır. Isı kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Aksi durumda elektriksel potansiyel, hızlı bir şekilde bozulacaktır.

Pil satın alırken kapasitesine (mAh) mutlaka bakılmalıdır. Kapasitesi düşük olan pillerin daha pahalıya mal olduğu unutulmamalıdır. Çinko karbon ve Ni-Cad pillerin kapasiteleri düşüktür. Ni-MH pillerin kapasiteleri orta ve Alkali ve Lityum pillerin kapasiteleri yüksektir.

Primer piller kesinlikle şarj aletine takılmamalıdır. Aksi durumda çok toksit ve tehlikeli olan maddelerin akmasına neden olunur.

## **8. KURŞUN –ASİT BATARYALARIN (AKÜ) TOPLANMASI**

Dünyada toplam kurşun üretiminin takriben %47'i kurşun ikincil eğitmeden elde edilmektedir. Kullanılmış akülerin %80-85'i geri kazanılmakta ve geri kalan %15-20 kısım çöp depolama alanındaki toplam kurşunun %65'ni oluşturmaktadır.

1995 yılı verilerine göre dünyada yılda 96 milyon adet kurşun-asit bataryası üretilmektedir. Yıllık batarya büyüme hızı  $\leq$  %2 civarındadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde taşıt sayısındaki artışlar paralel olarak akü tüketimi de artmaktadır.

A.B.D.'de 1986 yılında akü üretiminde 941.000 ton kurşun kullanılırken bu değer 2000 yılında 1.200.000 tona çıkmıştır.

Almanya'da 1998 yılında çıkan yasaya göre kurşun-asit akü üreticileri ürettiklerinden sorumludurlar. Dolayısıyla kullanılmış akülerine toplanmasından, geri dönüşünden ve bertarafından sorumludur. Kurşun-asit bataryalar (aküler) gelişi güzel olarak bertaraf edilmemelidir. Evsel çöplere kesinlikle atılmamalıdır. Bataryalar üzerinde 'aküler illegal olarak atılamaz', 'kullanılmış piller geri kazanılmalıdır', 'kanunlar kullanılmış bataryaların geri dönüşüm merkezlerine teslim edilmesi gerektiğini emrediyor' gibi kullanıcıları uyarıcı bilgiler olmalıdır.

Otomotiv tamir bakım merkezlerinde ve oto garajlarında araçların bataryaları değiştirildiğinde eskisi bakım merkezinde kalmalıdır. Yani bu merkezler kullanılmış akü toplama merkezi olmalıdır. Vatandaş kurşun-asit bataryası satan yerlerden batarya satın alıyorsa eskisini teslim ettikten sonra yenisini satın almalıdır. Aksi durumda batarya verilmemelidir. Tamir bakım atölyeleri, akü satıcıları kullanılmış kurşun-asit bataryaları geri almak zorunda olmalıdırlar.

Kullanılmış akü geçici depolama yerlerinin kapasitesi 90 günden az olmamalıdır. Büyük kapasiteli yerlerde sert beton veya asfalt zemin ve duvar üzeri aside karşı dayanıklı epoksi boya ile kaplanmalıdır. Böylece asit sızıntısı veya akıntısı zemine veya duvara zarar vermemelidir. Sızdırma ve akıntı yapmayan akülerin en fazla beş adeti üst üste konabilir. Sızdıran bataryalar tek tek 18 litrelik sızdırmaz poli propilen kaplara konmalıdır. Küçük kapasiteli tamir-bakım ve satış merkezlerinde aside dayanıklı polietilen, poli propilen, veya PVC ile zemin duvarlar kapatılmalı ve üzerleri örtülmelidir. Depolama yerleri sızdırmaz olmalıdır. Akülerin depolandığına dair uluslar arası işaretler olmalıdır.

Kurşun-asit batarya toplayıcılar bu malzemeleri kesinlikle bertaraf edemezler. Akü toplayıcılar, Çevre ve Orman Bakanlığının izin verdiği ikincil kurşun ergiticilere bu malzemeleri teslim etmek zorundadırlar. Çevre ve Orman Bakanlığı akü toplayıcı ve geri kazanıcı firmaların oluşmasına ve gelişmesine öncülük etmelidirler. Sekondery kurşun ergitme tesislerinde kurşun, asit ve polipropilen geri kazanılır.

Kurşun-asit batarya toplayıcıları ve kurşun ergitme firmaları sık aralıklarla yerel yönetimler ve ilgili bakanlıklar tarafından denetlenmelidir.

Kurşun-asit bataryaların ve parçalarının çöpe atılması önlenmelidir. Maksimum geri kazanma ile ilgili yasal düzenleme yapılmalıdır.

## **9.KURU PİLLERİN GERİ KAZANILMASI**

1986 yılında A.B.D'de kadmiyum tüketimi 4800 ton iken 2000 yılında bu değer 2285 tona çıkmıştır. 1986 yılında tüketilen kadmiyumun %28'i pil üretiminde kullanılmıştır.

1988 yılında A.B.D.'de 1755 ton cıvanın 225 tonu pil üretiminde kullanılmıştır. . Bu cıvanın da yaklaşık %73'ü cıva oksit pillerinin üretiminde kullanılmıştır. Pillerde cıva azaltılması 1984 yılında başlamıştır. Beş yıl içinde pil içinde kullanılan cıva miktarı %86 oranında azaltılmıştır. Alkali pillerde cıva miktarı %97 oranında azaltılmıştır.

Almanya'da yılda 30 000 ton, yaklaşık 900 milyon kuru pil tüketilmektedir. Pillerden temel pillerin %78'i silindir alkali ve çinko karbon, %8.7 çinko cıva, gümüş oksit, alkali, çinko oksijen ve lityum, şarj edilebilir silindirik pillerin %7 nikel kadmiyum, %4 nikel hidrid, %1.2 isi nikel kadmiyum düğme ve nikel hidrid pildir. 14 milyon adet akü tüketilmektedir.

Her yıl İngiltere'de 20.000 ton pil depolama alanında bertaraf edilmektedir. Yine İngiltere'de bir konutta yılda 21 pil tüketilmektedir. İngiltere'de kuru pillerin geri kazanılması minimumdur. Bunların çoğu depolama alanına gitmektedir. Avrupa Topluluğu Ülkelerde 2001 yılında alınan kararla 2008 yılında

kadmiyum pillerin kullanımı yasaklanacaktır. Almanya’da pil üretimi için yılda 615 ton kadmiyum, 5.5 ton cıva, 5 ton gümüş, 600 ton nikel ve 4000 ton çinko kullanılmaktadır.

Dünyada pillerde kullanılan ağır metal miktarının azaltılmasında ana kriter,

1. Pillerde kullanılan ağır metal miktarını azaltmak,
2. Pillerin ayrı toplanarak bunların çevreye zararlarını minimize etmektir.

Almanya standardına göre pillerde cıva miktarı ağırlıkça %0.0005 den, hücre başına 25 mg dan (alkali piller hariç), alkali piller ağırlıkça %0.025 den fazla ise bu piller zararlı atıklar sınıfına girmektedir. Alkali pillerde kullanılan cıva miktarı pilin ağırlığına göre %0.025’den fazla olmamalıdır. Kadmiyum miktarı ağırlıkça %0.025 den ve kurşun miktarı ağırlıkça %0.4 den fazla olan pillerde tehlikeli atıklar sınıfına girmektedir. Düğme-hücre pil üreticileri pil içindeki elektrot türünü açıkça belirtmek zorundadırlar (cıva oksit, çinko-oksit, gümüş oksit v.s.de kullanılan). Cıva konsantrasyonu 25 mg dan fazla olan düğme-hücre pillerin satışına izin verilmemelidir (bir ton alkali veya çinko karbon pil içinde 25 gram). Avrupa Topluluğu Ülkelerinde 1999 yılından itibaren 5 ppm’den fazla cıva içeren pillerin kullanımı yasaklanmıştır. 2003 yılından itibaren tüm piller ayrı toplanmak zorundadır. 2004 yılında Avrupa Topluluğu Ülkelerinde tüketilen pillerin %75, sanayide tüketilen pillerin ise %95 toplanıp geri kazanılacaktır. Tüketilen pillerin %55’den fazlası geri kazanılmak zorundadır. Yıllara göre pillerdeki cıva miktarındaki değişim Tablo 7’de verilmiştir. Tablo de görüldüğü gibi en fazla kullanılan alkali pillerde cıva miktarı önemli miktarda azaltılmıştır.

Tablo 7. Pillerdeki Cıva Miktarının Yıllara Göre Değişimi

<b>Pil Türü</b>	<b>1985 yılından önce cıva oranı (%)</b>	<b>1985 yılından önce cıva oranı (%)</b>
Cıva oksit	30	30
Gümüş oksit	1	0.5-1
Lidyumlu	Eser miktarda	Eser miktarda
Çinko Karbon	0.01	0.01
Alkali	1	0.025

Pil üreticileri şarj edilebilir pilleri geri kazanıp bertaraf etmiyorlarsa satışına izin verilmemelidir.

Tüketiciler pillerin tipine, üreticiye ve pazarlamacıya bakmaksızın tüm pillerini geri toplamak ve geri dönüşüm kutusuna atmak zorundadır. Özellikler cıva oksit, gümüş oksit, nikel-kadmiyum veya sızdırmaz kurşun-asit bataryalar çöpe kesinlikle atılmamalıdır. Bu piller özellikle sağlık merkezlerinde, endüstride, ticarete ve resmi merkezlerde kullanılmaktadır.

Çöpe atılan pillerdeki ağır metaller zamanla bozunarak serbest hale geçer, sızıntı suyu ile birlikte yer altı sularının, toprağın ve yüzeysel suların kirlenmesine neden olur. Kirlenen yer altı sularını arıtmak çok pahalıdır. A.B.D.’de katı atık depolama alanlarındaki cıvanın %88 ve kadmiyumun ise %54’ü pillerden ileri gelmektedir. Almanya’da evsel katı atık içindeki çinkonun %10, nikelin %67 ve kadmiyumun ise %85’ü pillerden ileri gelmektedir.

Çöp yakma tesislerinde ise yanma sonucu bir grup ağır metal uçucu hale geçer, atmosferde geniş alana dağılır, akarsuların ve göllerin kirlenmesine neden olur. Baca gazı arıtma tesisinde tutulan tozlarda ağır metal konsantrasyonu yüksek olabilir. Bu tür atıklar dikkatli olarak incelendikten sonra depolanmalıdır. Küle karışan kısım ise çöp depolama alanında problem oluşturur.

Pilleri geri kazanma programı geliştirmeden önce ilk kademe olarak toplanacak pil tipleri belirlenmelidir. Toplanacak pil tipleri, halkla ilişkiler stratejisini, toplama yerleri merkezlerini, toplama kapları tiplerini ve nihai olarak bertaraf esasını etkiler. Genelde üç toplama stratejisi, 1. sadece düğme piller, 2. düğme piller

ve nikel kadmiyum piller, 3. tüm pillerin toplanması gibi geliştirilmiştir. Geri kazanma stratejisi geliştirmede diğer önemli basamak, pillerin toplanması, taşınması ve bertarafı için yasal düzenlemelerin incelenmesi ve bilinmesi gereklidir. Yine pilleri toplamaya başlamadan önce pilleri toplamada kontrol yönteminin nasıl olacağını bilmesi gereklidir.

Temel araştırmalar tamamlandıktan sonra pil toplama programında ilk basamak eğitim ve ödüllendirme için halkla ilişkiler programını geliştirmektir. Aşağıda potansiyel promosyon stratejilerinin bir listesi verilmiştir. Bunlar;

1. Bir ana konu ve strateji belirlenmelidir.
2. Sık sık promosyonlar geliştirilmelidir.
3. Gazeteler, posterler ve torlar geliştirilmelidir.
4. Hakla duyuru anonsları, TV, radyo, yazılı basın, okul eğitim merkezleri, reklam panoları ve sivil toplum örgütlerinden yararlanılmalıdır.

Üçüncü basamak, pil toplama merkezleri oluşturulmalıdır. Bu merkezler halkı ödüllendirme programına uygun yerler olmalıdır. Bu bölgeler toplanacak pil tiplerinin yapısını yansıtmalıdır. Pil parakente satış merkezleri, ofisler, transfer istasyonları pil toplama merkezleri olarak kullanılabilir.

Pilleri toplayan kişileri tespit etme toplama merkezlerinin tipini belirlemenin bir fonksiyonudur. Toplama merkezi olarak parakente satış yerlerini kullananlar, genelde gönüllü kuruluşlar, komşuluk grupları, yaşlı vatandaşlardır.

Pillerin toplanmasında kullanılan çeşitli kaplar var. Evlerde kullanılan piller torbaları kırmızı renkli, üzerinde geri kazanma logosu ve e-mail adresi olmalıdır. Torbalar parakente satış merkezlerinden ve geri dönüşüm merkezlerinden ücretsiz temin edilebilmelidir. Bu yerlerde torbalar kolay görülebilir yerlere konmalıdır. Parakente satış merkezlerinde piller 7-8 litre büyüklüğünde farklı kovalarda toplanır. Kovalar üstten kapalıdır. Kovalar sürekli kapalı, nemsiz yerde muhafaza edilmelidir. Bunlara bir örnek Şekil de verilmiştir. Şehrin muhtelif yerlerinde oluşturulan toplama bölgelerinde plastik torbalar kullanılabilir.

Toplama sıklığı zamanla ve tecrübe ile tespit edilir. Ayrıca toplanan malzemenin tipinin bir fonksiyonu olarak toplama sıklığı belirlenir. Perakende satış merkezlerinden piller belli aralıklarla pikaplarla toplanır. Eğer toplama merkezlerinde sadece düğme ve nikel-kadmiyum piller toplanıyorsa toplama sıklığı buna göre belirlenir. Tüm toplama merkezlerinin telefon ve e-mail adresleri olmalıdır. Şehrin muhtelif yerlerinde oluşturulan merkezlerden pikapla pil toplama programı ile parakente satış merkezlerinden pil toplama programı birleştirilmelidir.

Yeterli sayıda pil ekonomik ve verimli bertarafı ile ilgili program belirlendikten sonra bu pillerin hangi tür kaplara konulacağı belirlenmelidir. Toplanmış piller korozyona dayanıklı polietilen 210 litre hacminde plastik varillerde depolanmalıdır. 210 litre varillerin ağırlığı 360 kg'dır. Varillerin depolandığı yerler kapalı, nemsiz, mümkünse soğuk ve havalı ortamlar olmalıdır. Kötü hava şartlarından etkilenmemelidir. Aksi durumda bu piller bozunabilir. Yangına karşı güvenli ortam olmalıdır. Piller diğer tehlikeli ve yanıcı maddelerden ayrı yerlerde depolanmalıdır.

Yeterli miktarda pil toplandıktan sonra bu piller bertaraf edilebilir.

Yukarıda tarif edilen program sayılı sayıda pil üreticisi firma veya yerel yönetimlerle birlikte yapılmalıdır. Sayılı sayıda geri dönüşüm merkezlerinde piller sınıflara ayrılabilir. Ayrıştırılan piller bertaraf tesisine gönderilir.

Tüm pil üreticileri ürettikleri pillerin üzerine '**Çöpe Atılması Yasaktır**' ibaresini veya şeklini koymalıdır.

## 10. PİLLERLE İLGİLİ YAPMASI GEREKLİ ÇALIŞMALAR

Türkiye’de tüketilen pil türleri belirlenmelidir. Özellikle cıvalı ve kadmiyumlu pillerin ülkeye girişinde sınırlamalar getirilmelidir. İthalatçı firmalar bu konuda önceden uyarılmalıdır. Kullanıcılar (özellikle hastaneler) bu konuda bilgilendirilmelidir. Gereğini yerine getirmeyenler cezalandırılmalıdır.

Akü üreticileri kesinlikle bayileri vasıtasıyla aküleri geri kazanmalı ve çevreye zarar vermeyecek hale dönüştürmelidirler. Bu konuda ilgili akü üreticileri ile toplantılar yapıp gereği devreye gindirilmelidir.

Bunların ülkede kullanımını sınırlandırılmalıdır. İstanbul’da pil tüketimi yılda 5 milyon ile 18 milyon adet arasında değişmektedir. A.B.D.’de yılda tüketilen pil miktarı 3 milyardır. Bu pillerin %75’i Alkali pillerdir, %15’i çinko karbonlu pillerdir. Nikel-kadmiyumlu piller %1 oranındadır. İl belediyelerinden başlanarak pillerin ayrı toplanması sağlanmalıdır. Bu konuda belediyeler aşağıdaki çalışmalarını yapabilirler.

- Pillerdeki cıva, kadmiyum ve kurşun gibi zehirli ağır metaller konusunda halkı bilinçlendirmek .
- Pillerin ayrı toplanmasını sağlamalı. Kırmızı renkli pil kutuları ile pil toplama merkezleri oluşturmak.
- Vatandaşların pilleri nasıl ayrı toplayacakları konusunda bilgilendirmek.
- Kırmızı renkli pil toplama araçları oluşturmak.
- Pil toplama işlemini İllerin geneline yaygınlaştırılmalı.
- Pillerin depolama alanlarında ayrı özel hücrelerde depolanması sağlanmak.
- Medya’ya piller konusunda bilgi verilmek.
- Pillerin tehlikeli madde (cıva,kadmiyum ve kurşun gibi) içerdiğini gelişi güzel kullanılmaması gerektiğini anlatmak.
- Akmış pillerin çok tehlikeli olduğunu, eldivensiz dokunulmaması gerektiği ve ellerin mutlaka yıkanması gerektiği öğretilmek.
- Pillerin tehlikeli madde içermesi sebebiyle dille kontrol edilmemesi gerektiği kamuoyuna duyurulmak.





**PİL TOPLAMA KUTULARI**

## 11. KAYNAKLAR

1. 'Battery Recycling', Umweltbundesamt.de,1998.
2. 'New Technology Batteries Guide: Available Battery Types', [www.nlectc.org](http://www.nlectc.org).
3. Noreus D., 'Substitution of Rechargeable NiCd Batteries', Stockholm University, 2000.
4. 'Battery Recycling and Disposal Guide for Households', Environment, Health and Safety Online, 2003.
5. 'Battery Recycling and Disposal Program', The George Washington University.
6. Vest H., 'Fundamentals of the Recycling of Lead-Acid Batteries', Infogate, 2002.
7. 'Decree Regarding the Colletion and Disposal of Used Batteries and Accumulators (German Battery Decree-BattV', Federal Law Gazete, Vol.1, No:33, 2001.
8. Rydh C. J., Karlström M., 'Life Cycle Inventory of Recycling Portable Nickel-Cadmium Batterie', Resources, Conservation and Recycling', 34, 289-309, 2002.
9. Stone H., 'Effects of Amendments to the Basel Convention on Battery Recycling', Journal of Power Sources, 78, 251-255, 1999.
10. Zabaniotou A., Kouskoumvekaki E., Sanopoulos D., 'Recycling of Spent lead/acid Batteries:the Case of Greece', Resources, Conservation and Recycling', 25, 301-317, 1999.
11. Phillips M.J., Lim S. S., 'Secondary Lead Production in Malaysia', Journal of Power Sources, 73, 11-16, 1998.
12. Adam A. P., Amos C. K., 'Batteries', The McGraw-Hill Recycling Handbook' Herbert F. Lund, 1993.
13. Brenniman G. R., Cospers S. D., Hallenbeck W. H., Lyznicki J. M., 'Automobive and Household Batteries', Handbook of Solid Waste Management, Frank Kreith, McGraw-Hill, 1994.