



**T.C.**  
**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK**  
**BAKANLIĞI**  
ÇEVRE YÖNETİMİ  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

## **SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI**

### **METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ**

# SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

## METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ

Tübitak 107G126 “TÜRKİYE’DE AVRUPA BİRLİĞİ ÇEVRE MEVZUATI İLE UYUMLU TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ” Projesi kapsamında hazırlanmış, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen ve ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen “ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN SEKTÖREL YÖNETİMİ KAPSAMINDA ATIK ÜRETİM FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ VE SEKTÖR KILAVUZLARININ HAZIRLANMASI” projesi kapsamında revize edilmiştir.

Revizyon, sadece yan proses atıkları için tanım verilmesi, geri kazanım ve bertaraf yöntemlerinin detaylandırılması ve gerekli güncellemelerin yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

### Hazırlayanlar:

**Dr. Özge Yılmaz**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Ülkü Yetiş**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Tanju Karanfil**, Clemson University, Department of Environmental Engineering and Earth Sciences

### Orta Doğu Teknik Üniversitesi Proje Grubu:

Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Prof. Dr. Celal F. Gökçay, Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü, Y. Doç. Dr. Emre Alp, Dr. Özge Yılmaz, Nur Çakır, Gülnur Ölmez, Çisem Yiğit, Volkan Çağın

### Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Proje Grubu:

Doç. Dr. Mehmet Salim Öncel, Doç. Dr. Nihal Bektaş, Doç. Dr. Güleda Engin, Doç. Dr. Cengiz Yatmaz, Dr. Senem Bayar, Dr. Mahir İnce, Lalehan Akbulut, Yasemin Çalışkan, Neslihan Erdem

### Revize Edenler:

**Prof. Dr. Ülkü Yetiş**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**Çevre Y. Müh. Elif Küçük**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**Çevre Müh. Dilara Danacı**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

## İÇİNDEKİLER

1.0 GİRİŞ .....	5
2.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ .....	7
3.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER .....	9
4.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR .....	17
4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI.....	17
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI.....	29
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ.....	31
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI.....	55
7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR .....	64





## 1.0 GİRİŞ

Sektörel Tehlikeli Atık Yönetimi Rehberleri dizisi, sanayi kaynaklı tehlikeli atıkların tanımlanması, doğru şekilde sınıflandırılması, atıkların önlenmesi/azaltılması ve uygun şekillerde geri kazanımı/bertarafı için atık üreticilerine ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) teşkilatına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu rehberlerle

- o atık üreticileri tarafından ÇŞB'ye yapılan beyanların kalitesinin artırılması,
- o yapılan beyanların ÇŞB tarafından kontrolünün kolaylaştırılması,
- o önleme/azaltma ve geri kazanım yoluyla ürettikleri tehlikeli atık miktarını düşürmek isteyen atık üreticilerine yol gösterilmesi ve
- o atıklara en uygun bertaraf yönteminin seçiminde hem atık üreticilerine hem de İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri'ne destek verilmesi

hedeflenmektedir.

Sektörel Tehlikeli Atık Yönetimi Rehberleri dizisi Türkiye'de yüksek miktarda atık ürettiği belirlenen öncelikli aşağıdaki sektörler için ve bu sektörlerden ortaya çıkan atıklar hakkında bilgi edinmek isteyen herkese hitap edecek şekilde hazırlanmıştır:

- o Ana metal sanayi
  - o Demir çelik sektörü
  - o Döküm sektörü
  - o Metal kaplama sektörü
  - o Otomotiv sektörü
  - o Beyaz eşya sektörü
- o Organik kimya sanayi
  - o İlaç sanayi
  - o Organik bitki koruma ve biyosit üretimi

Metal kaplama sektörünü ele alan bu rehber kapsamında, öncelikle sektörde uygulamada olan süreçler ele alınmış, daha sonra bu süreçlerde tehlikeli atık üretimine neden olan noktalar belirlenmiş ve bu atıkların sınıflandırılmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Ardından metal kaplama sektöründe uygulanabilecek tehlikeli atıkların önlenmesi ve azaltılması ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak atıkların önlenemediği ya da azaltılamadığı durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir.

## 2.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ

Türkiye’de geçtiğimiz son 5 yıllık süreçte metal sektörü önemli bir gelişme göstermiştir. Metal sanayinde oldukça çeşitli türde ürün üretilmekte ve çok sayıda proses kullanılmaktadır. Bir ürünü elde etmek için bu proseslerden bir kaç ya da büyük bir çoğunluğu kullanılabilir. Üretim prosesleri 45 temel prostesten oluşur ve bunların büyük çoğunluğu şekil verme ve yüzey işlenmesi ile ilgilidir [1].

2006 yılı TOBB verilerine göre Türkiye’deki metal kaplama üretim kapasitesi 574,708 ton/yıl’dır [2]. 2011 yılı verilene göre kapasite 2,3 milyon tona ulaşmıştır. 2006 yılından bu yana kapasite hızla artmaktadır. Türkiye’de metal kaplama sektörü 2.330,232 ton üretim kapasitesiyle öncelikli sektörler arasında yer almaktadır [3].

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) metal kaplama sanayine ait diğer kapasite bilgileri aşağıdaki gibidir [3]:

- o 2.330,232 ton/yıl
- o 1.105,985.220 m<sup>2</sup>/yıl
- o 91.354,091 kaplanan parça/yıl

Kapasite ve tesis sayısına göre kaplama sektöründe faaliyet gösteren işletmeler İstanbul, Ankara, Bursa, İzmir, Kocaeli ve Konya’da yoğunlaşmaktadır.

### 3.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Metal veya metal olmayan cisimlerin yüzeyleri farklı yöntemler uygulanarak kaplanabilir. Uygulanan birçok farklı kaplama metodu vardır: sıcak daldırma, elektroliz yolu ile kaplama, püskürtme, gaz kaplama, vakumda yoğunlaştırma, kimyasal indirgeme yoluyla kaplama (electroless), kimyasal yer değiştirme yoluyla kaplama, sementasyon veya difüzyon kaplaması ve pin (vurma) kaplama (peen plating)dir.

#### *Sıcak daldırma:*

- o Erimiş haldeki metale daldırılarak sathi difüzyon (yayınma) yoluyla kaplama sağlanır.
- o Kaplayıcı metal olarak çinko, kalay, kurşun ve alüminyum kullanılır. İşlem sırasında yüzeylerin oksitlenmesini önlemek için uygun flaklar, hidrojen veya soy gazlar kullanılarak yüzeylerin hava ile teması kesilir.

#### *Elektroliz yolu ile kaplama:*

- o Malzeme, kaplama için kullanılacak metalin tuzunun çözeltisi içerisinde katoda bağlanarak, metal katyonlarının, elektrik akımı geçirilerek kaplanacak yüzey üzerinde birikmesi ile gerçekleştirilir.

#### *Püskürtme:*

- o Toz veya tel halinde uygun metal veya metal alaşımları bir tabancada eritilerek kaplanacak yüzeye püskürtülür.
- o Çinko ve alüminyum kaplama için kullanılır.
- o Yerinde kaplanma için kullanılır.

#### *Gaz kaplama:*

- o Kaplama için kullanılacak metalin gaz halindeki bileşiği, genellikle karbonili, kaplanacak cisimde iken cisim ısıtılır. Sıcak yüzeyde gaz halindeki bileşikten metal atomu ayrılarak yüzeyde toplanır.

***Vakumda yoğuşurma:***

- o Kaplama için kullanılacak metal, vakumda tungsten ısıtıcı ile ısıtılarak buharlaştırılır. Kaplanacak parçanın yüzeyi, metal buharı bulunan hücre içerisinde döndürülerek tutulur. Metal buharı soğuk parçanın yüzeyinde yoğuşur.
- o Alüminyum, altın, gümüş ve buharlaştırılabilen diğer metaller bu amaçla kullanılır. Bu tür kaplamalar aşınmaya dayanıklı olmadığından, ayrıca bir lak ile kaplanır.

***Kimyasal indirgeme yoluyla kaplama (Electroless):***

- o Suda çözünen gümüş, altın ve bakır tuzlarının kuvvetli indirgeyici etkisi ile sulu ortamda indirgenmesi yoluyla cam (ayna yapımında olduğu gibi), plastikler ve metaller kaplanabilmektedir.

***Kimyasal yer değiştirme yoluyla kaplama:***

- o Cisimler, çözüldüğü ortamdan yer değiştirme yolu ile bakır, altın, gümüş ve kalay ile kaplanabilir. Kaplama kalınlığı çok incedir ( $2,5 \times 10^{-6}$  mm kadar).

***Sementasyon veya difüzyon kaplaması:***

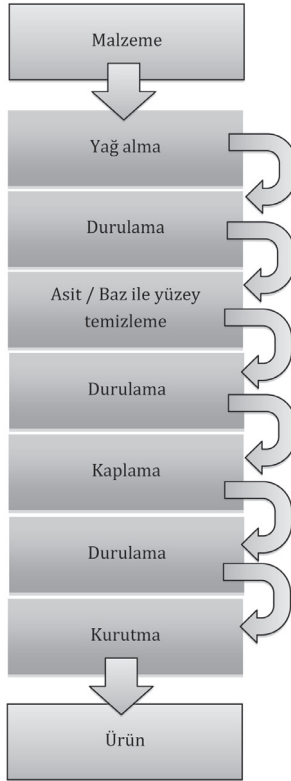
- o Kaplanacak metal, kaplamada kullanılacak metalin tozu içine konularak ısıtılır.
- o Ortamda oksitlenmeyi, hava ile teması önleyici maddeler, soy gazlar bulundurulur.

***Pin (Vurma) kaplama (Peen plating):***

- o Kaplanacak metal parçalar, kaplamada kullanılacak metal tozu ve aktive edici bir çözelti ile birlikte bir döner tambur içine konulur. Tambur içinde düşerek darbe etkisi yapan metal parçalar da vardır. Rondela (pul), çivi, zincir gibi küçük parçalar bu metotla çinko, pirinç ve kadmiyum ile kaplanır.

Dünyada farklı metal kaplama uygulamaları bulunmaktadır. Türkiye’de uygulamaların çoğu sıcak daldırma ve elektrolitik kaplama üzerinde yoğunlaşmıştır. Proses tanımlarında da bu yöntemler üzerinde durulmuştur.

Metal kaplama prosesi bir dizi proses hattından oluşur. Kaplama yapılmadan önce kaplama yapılacak malzemenin yağlardan ve oksitlenmelerden temizlenmesi gerekmektedir. Her uygulamadan sonra malzeme yıkanmak zorunda olduğundan, kaplama işleminde birbirini takip eden yıkama yapılır ve sonunda da lekesiz olarak kurutulur [4]. Proses basamakları yağ alma, asit/baz ile yüzey temizleme, kaplama hatlarından oluşmaktadır. Uygulanan her işlemin ardında yıkama prosesi yer alır. Tipik bir üretim hattının basitleştirilmiş proses akışı **Şekil 1**’de gösterilmektedir [5].



**Şekil 1 Metal kaplama prosesi akım şeması**

### *Yüzey temizleme*

Kaplama işleminin düzgün ve kalıcı olması için, kaplama işlemi uygulanacak parçanın yüzeyi toz, talaş, döküm çapakları, oksitlenmelerden ve yağdan arındırılmış olmalıdır. Bu işlem sayesinde yüzey sadece yağ, çapak gibi kalıntılardan arındırılmakla kalmayıp, kaplama işlemi için kimyasal olarak aktif yüzeyler elde edilir. Yüzey işleminin iyi kalitede olabilmesi için, yüzeyin pürüzsüz olması gereklidir. Hemen hemen tüm kaplama tesislerinde temizleme ya da yağ alma hatları mevcuttur, fakat bileşenlerin aşırı derecede yağlı olduğu durumlarda yüzey hazırlama daha da önem kazanır. Bu durumda yağ alma prosesine ek olarak bir ön yağ alma hattı gerekli olabilir [5].

### **Mekanik temizleme**

- o **Parlatma:** Mekanik parlatma işlemi basınç ve yüksek sıcaklık etkisi altında uygulanır. Aşındırıcı bantlar kullanılarak yüzey temizlenir ve sonrasında kumaş üzerine uygulanmış pasta ile parlatılır. Parlatma işlemiyle yüzeydeki ince izler de giderilir. Modern teknikler daha iyi sonuçlar verdiği için bu uygulamalar günümüzde sıklıkla uygulanmamaktadır.
- o **Aşındırarak parlatma:** Bu yöntemde kum, çakıl gibi malzemeler kullanılır, bunların dışında yerfıstığı kabuğu gibi daha yumuşak, ince aşındırıcılar da kullanılabilir. İşlenecek parçanın üzerindeki vurguyu azaltmak için uygulanır.
- o **Çapak alma:** Çapak alma işlemi küçük, seri üretilen parçalara uygulanır. Temizlenecek parçalar aşındırıcı taşlarla karıştırılır ve saatlerce titreşim uygulanır. Bu işlem, yüzeyi temizleme, çapak alma amaçlı sulu ortamda kimyasal ilavesiyle de uygulanabilir [5].

### **Elektrolitik ve kimyasal temizleme**

- o **Elektropolisaj:** Elektropolisaj, düzeltme, parlatma, çapak alma ve temizleme amaçlı yaygın olarak kullanılan bir elektrokimyasal metodur. Genellikle çelik, paslanmaz çelik, bakır ve alaşımları ve alüminyum ve alaşımları için kullanılır. Elektropolisaj ile ince yüzey tabakası kaldırılır ve pürüzsüz, temiz yüzeyler elde edilir.



İşlenecek parça (anot) elektrolite batırılır, parça ve katot arasında elektrik akımı geçirilir. Parça polarize olur ve metal anottan uzaklaşır. Elektropolisaj işleminde farklı elektrolitler kullanılır. Elektrolitler genellikle çeşitli asitlerin (sülfürik asit, kromik asit, sitrik asit, fosforik asit) karışımından oluşur. Bazen bu karışıma organik maddeler (gliserin, etilen glikol veya dietilen glikolün monobütül eter) de eklenir.

- o **Elektrik deşarjıyla elektropolisaj:** Elektropolisajdan farklı olarak elektrolit olarak karışık asit yerine farklı tuz çözeltileri kullanılır. İnsan sağlığı ve çevre dostu bir uygulamadır. Bu işlemde, çözelti ve sıcaklığa (40-95°C) bağlı olarak anot ve katot arasındaki elektrik potansiyeli 200-400 V doğru akım arasında olmalıdır [5].

### **Solvent ile yağ alma**

Solvent ile yağ alma genellikle klorlu hidrokarbonlar, alkoller, terpenler, ketonlar yardımıyla gerçekleştirilir. Klorlu hidrokarbonlar, temizlik verimliliği ve evrensel uygulanabilirliğinin yanı sıra çabuk kurumaması ve yanmazlık özellikleri açısından tercih edilmekteledir. Fakat kullanımları çevre ve sağlık mevzuatı ile sınırlandırılmıştır.

Solvent seçimini etkileyen birçok faktör vardır, bunlar; giderilecek substrat, yağ ve gresin cinsi, önceki üretim prosesi ve takip eden prosenin gereksinimleridir. Örneğin, klorlu etan ve etilenlar alüminyumunu aşındırır, alüminyumdan yapılmış tank, konteynır, vana gibi malzemelerle ile temas etmemelidir. Dikloroetilen ile bakırın temasından patlayıcı asetilit oluştuğu için bu duruma özen gösterilmelidir [5].

### **Sulu temizlik**

Parçalar birkaç dakika boyunca çözelti içinde tutulur veya sprey banyoya yerleştirilir. Çözeltiler genellikle alkaline veya nötrdür, asidik de olabilir. Geliştirilmiş temizleme etkisi nedeniyle genellikle yüksek sıcaklıklarda (40-90°C) kullanılırlar. Sulu temizleme sisteminin ana bileşenleri alkali veya asit, silikat, fosfat ve kompleks yapıcı ve ıslatıcı maddeleridir. Sulu temizleme sistemleri kararsız emülsiyonlar (zayıf emülsiyon sistemleri olarak da bilinir) ya da stabil emülsiyonlar oluşturarak çalışırlar.

Sulu kimyasal sistemlerde çözücü kullanımından kaçınılır. Sonraki proses elektrokaplama gibi su bazlı ise temizlenen parçalar ıslak kalabilir. Proses çözeltilerinin ömrü parçalarda yağ veya gres miktarına bağlıdır. Sulu temizleme sistemlerinin verimliliği kimyasalların tipine ve konsantrasyonuna, mekanik etkisine, sıcaklık ve zamana bağlıdır. Mekanik etki, püskürtme basıncı veya debi, parçaların ya da çözeltilerin karıştırılması yoluyla veya ultrasonik kullanılarak uygulanabilir [5].

### **Diğer temizleme yöntemleri**

- o **Hava bıçağı** ile yağ giderme, parça üzerinden fazla yağın giderilmesi amaçlı kullanılır. Bu sistemler havanın ince yarıklardan geçerek laminar hava perdesi oluşturduğu, düşük basınç ve yüksek hacimli sistemlerdir. Sistemdeki basınç ve hareket sebebiyle hava ısınır, böylece yağ ve gresin giderimi kolaylaşır.
- o **Santrifüj** ile yağ giderme, küçük parçalar üzerinden fazla yağın giderilmesi amacıyla kullanılır.
- o **Kuru buz** yöntemi yağ ve gres gideriminin yanı sıra parçaların ve boyanın da giderimi için kullanılır. Temizleme etkisi, kontamine yüzeyin soğuması ve çatlamasıyla ve kuru buzun süblümleşmesi sonucu ortaya çıkan gazın kaldırma ve mekanik etkisiyle elde edilir.
- o **El ile silme** yönteminde temiz kumaş parçası ile solvent veya kireçtaşı veya kalker gibi absorbanlar kullanılır. Bu yöntem genellikle havacılık parçaları gibi büyük, çok değerli parçalar üzerinde uygulanır [5].

### **Dekapaj(Asitleme) ve tufal giderme**

Dekapaj ve tufal giderme, parçanın yağı alındıktan sonra parlatma ve oksitlerden arındırma amaçlı uygulanan kimyasal metal sıyırma işlemleridir. Dekapaj işlemi sırasından parçanın yüzeyine yapışık bulunan tufal, oksit filmleri ve diğer korozyon ürünleri asit bazlı dekapaj kimyasalının reaksiyonu sonucu giderilir. Güçlü oksit tabakalarının giderimi için belirlenen asit konsantrasyonu, sıcaklık ve dekapaj sayısına uyulmalıdır. Genellikle hidroklorik ve sülfürik asitler kullanılır.

Özel durumlarda nitrik, hidroflorik veya fosforik asit ya da asit karışımları kullanılmaktadır. Metalik yüzey üzerinde az miktarda erozyon etkisi istenen bir durum olmasına rağmen asidin aşırı aşındırma durumları istenmez. Bu aşırı aşınma, dekapaj inhibitörü ile azaltılabilir.

Dekapaj solüsyonu içerisinde serbest asit gücü azalırken, erimiş metal iyonların konsantrasyonu artar. Metal ve metal oksit dağılması ile ilişkili asit tüketimi, taze dekapaj çözeltisi ekleyerek desteklenebilir. Ancak, bu tekniği sürekli artan metal içeriği sınırlandırır. Demir içeriğinin, sülfürik asit için en fazla %8, hidroklorik asit için %12 ve fosforik asit için %2,5 seviyelerinde olması tavsiye edilir. Sınırlayıcı konsantrasyonlara ulaşıldığında, dekapaj çözeltisi tamamen veya kısmen bertaraf edilmelidir.

Dekapaj süresi, asit konsantrasyonunun ve sıcaklığın artırılması ile düşürülebilir. Maksimum dekapaj etkisine %25 sülfürik asit konsantrasyonu ile ulaşılır. Bunun üzerinde, dekapaj hızı azalır, optimum sıcaklık 60°C'dir [5].

### ***Durulama***

Proses çözeltilerinin bulaşmasını engellemek için proses basamakları arasında ve parçanın üzerinde kalan kimyasallar yüzünden parçanın bozulmasını (aşırı reaksiyon veya çözünmüş kimyasal maddelerin kuruması ile lekeler oluşması) engellemek için durulama gereklidir. Durulama işlemi, neredeyse her proses basamağının ardından gerçekleştirilir [5].

### ***Kurutma***

Tüm prosesin son yıkama adımından sonra elde edilen parçaların lekесiz kurutulması gerekmektedir. Bunu demineralize edilmiş su veya organik su iticiler ile elde etmek mümkündür [4].

### ***Kaplama***

Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan metal kaplama yöntemleri sıcak daldırma ve elektrolitik kaplamadır.

### **Sıcak Daldırma**

Sıcak daldırma kaplama prosesinde, çelik erimiş metalin içerisinden geçirilir. İki metal arasında alaşımlama reaksiyonu başlar, kaplama ve kaplanan malzeme arasında iyi bir bağ oluşur. Sıcak daldırma yöntemiyle kaplamaya uygun

malzemeler; ergime sıcaklığı düşük, çeliğin termal olarak değişime uğramasını önleyecek malzemeler (örneğin, alüminyum, kurşun, kalay ve çinko) olması gerekir. Özellikle çelik üzerine çinko kaplama (galvanizleme) bu yöntemle yapılır. Çinko kaplama, özellikle korozyon kontrolü için yapılır. Kalay, malzemeye parlaklık verir ve lehim için yapışkanlık özelliği kazandırır. Sıcak daldırma galvanizleme işleminde, çelik paslanmaya karşı koruma amacıyla, çinko veya çinko alaşımı tabakası ile kaplanır [6].

Sıcak daldırma kaplama yöntemlerinin uygulanması temel olarak aynıdır. Öncelikle parça asitlenir; durulanır; akış banyosuna daldırılır; kurutulur; ergimiş metal banyosundan geçirilir ve tekrar soğutulur. Sıcak daldırma tesislerinde asitleme, flakslama, galvanizleme ve sonlandırma işlemleri gerçekleştirilir.

- o **Asitleme (Sıyırma):** Yüzey görünümünü iyileştirmek ve yüzeyi kaplamaya hazırlamak amacıyla, parça yüzeyindeki çıkıntıların yok edilmesi için asitleme işlemine tabii tutulur. Bu işlem, telin asit banyosuna daldırılması veya tele doğrudan nötr iki kutuplu elektroliz hücresi ile temas ettirilmesi suretiyle gerçekleştirilir.
- o **Flakslama:** Çinko kaplamanın sağlam bir şekilde tutması için, parça, ısıtılmış sulu  $ZnCl_2$  ve  $NH_4Cl$  solüsyonundan oluşan cüruf banyosuna tabii tutulur (saf  $ZnCl_2$  teneke kaplamalarda kullanılır). Tel üzerindeki fazla curuflar silinerek kaldırılır. Kaplama öncesinde, parça kurutulur, bu işlem fırında veya parçanın iç sıcaklığı ile gerçekleştirilir.
- o **Galvanizleme:** Parça, ergimiş çinko banyosundan (430-470°C) geçirilir. Çinko banyosunda, pek çok Fe-Zn alaşımlı alt tabakalardan oluşan bir demir-çinko difüzyon tabakası oluşur. Çinko tabakası, bu tabakaların üstünde oluşur ve parça çinko banyosunu terk eder. Galvanizleme, ağır (dikey) galvanizleme (yüksek kaplama kalınlığı; kaplama temel olarak ayrılmış çinkodan oluşur) ve normal (yatay) galvanizleme (düşük kaplama kalınlığı; kaplama genellikle, demir-çinko alaşımı tabakasıdır) olarak iki gruba ayrılır.
- o **Sonlandırma:** Son olarak, beyaz pas olarak bilinen çinko tabakasının yüzeyel paslanmasının önüne geçebilmek amacıyla, tele parafin tabakası uygulanır [6].

## **Elektrolitik Kaplama**

Elektrolitik kaplama küçük parçalar için uygulanır. Uygun bir çözeltide, yüzeyi metal kaplanacak parça katot yapılırsa, çözeltideki iyon element halinde katotta toplanır.

Elektrolitik işlemler için akım taşıma kapasitesine sahip elektrolit çözeltisi, en az iki elektron iletkeni (elektrotlar) ve akım (genellikle doğru akım) gereklidir.

Elektrolitik kaplama yönteminde, elektrolit elektrotlar arasında bir elektrik devresi tamamlar. Elektrotlar doğru akım kaynağına bağlandığında, bir elektrot, katot, negatif yüklü hale gelirken, diğer elektrot, anot, pozitif yüklü hale gelir. Elektrolit içinde pozitif iyonlar (katyonlar) anota doğru, negatif yüklü iyonlar (anyonlar) katota doğru hareket eder. Elektrolit içindeki iyonların bu geçişi elektrik akımı oluşturur. Böylece, elektrolizle elektrik enerjisi kimyasal enerjiye dönüşür.

## **Pasivasyon**

Pasivasyon işlemi, kromatlama sonrasında yapılır. Ergitme sırasında oluşan oksit kalınlığını azaltmak için uygulanır. Bu uygulamayla, elektrolitik yolla, hava ile oksidasyonu önleyen ve boya tabakasının yapışmasını artıran krom içeren bir katman oluşturulur. İşlem sodyum dikromat çözeltisi ile yapılır [5].

## 4.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

### 4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan tehlikeli atıklar üç ana sınıf altında incelenebilir.

1. Prosese özel atıklar
2. Yan proseslerden kaynaklanan atıklar
3. Proses dışı atıklar

Bu atıklar Tablo 1 – 3’de sıralanmıştır. Bu tablolarda en sağ kolonda atıkların türleriyle ilgili bilgi verilmiştir. ***Bu kolonda “A” işareti ile gösterilen atıklar içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarından bağımsız olarak tehlikeli kabul edilmektedir. “M” işaretli atıklar ise içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak tehlikeli ya da tehlikesiz olarak sınıflandırılabilir.*** Listede “M” işareti ile gösterilmiş atıklar üzerinde analiz yapılmalı ve analiz sonuçlarına göre atık koduna karar verilmelidir. Eğer yapılan analiz sonucunda atık içerisindeki tehlikeli bileşenler Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B’de verilen konsantrasyonları aşıyorsa atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılır ve “M” işareti ile gösterilen yanında yıldız (\*) işareti bulunan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Eğer tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonları, Ek 3-B’de verilen eşik değerlerin altında kalıyorsa, bu atıklar tehlikesiz olarak sınıflandırılmalı ve “M” işaretli atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Aşağıdaki tablolarda tüm “M” işaretli atıkların altındaki satırda bu atıkların analiz sonucunda tehlikesiz çıkması durumunda almaları gereken altı haneli kodlar da verilmiştir. ***Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.***

#### ***Prosese özel atıklar***

Prosese özel tehlikeli atıklar Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4’de *11 01 Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanması*dan Kaynaklanan Atıklar başlığı altında “\*” işaretli olarak kapsanmıştır. Bu başlıklar altında sıralanan altı haneli kodlar **Tablo 1**’de verilmiştir. Galvaniz kaplamaya ilişkin atık listesi, Galvaniz Kaplama Sektörel Atık Kılavuzunda verilmektedir.

**Tablo 1. Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese özel atıklar [7]**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
11	<b>Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüze İşlemi ve Kaplanması İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometalurji</b>	
11 01	<i>Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüze İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyonu, Anotlama)</i>	
11 01 05*	Sıyırma asitleri (parlatma asitleri)	A
11 01 06*	Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler	A
11 01 07*	Sıyırma bazları	A
11 01 08*	Fosfatlama çamurları	A
11 01 09*	Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri	M
11 01 10	11 01 09 dışındaki çamurlar ve filtre kekleri <sup>1</sup>	
11 01 11*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama suları	M
11 01 12	11 01 11 dışındaki sulu durulama suları <sup>1</sup>	
11 01 13*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M
11 01 14	11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları <sup>1</sup>	
11 01 15*	Membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar	M
11 01 16*	Doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri	A
11 03	<i>Tavlama İşlemleri Çamurları ve Katı Maddeleri</i>	
11 03 01*	Siyanür içeren atıklar	A
11 03 02*	Diğer atıklar	A

<sup>1</sup> Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B'de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

Atık tanımlamaları yapılırken, Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu Cilt 2'den [8] ve saha çalışmalarında edinilen bilgilerden faydalanılmıştır.

Kullanılmış asit/baz ile yüzey temizleme banyoları ile kullanılan asit ve bazlar için 11 01 05\* kodlu ‘sıyırma asitleri (parlatma asitleri)’ veya 11 01 07\* kodlu ‘sıyırma bazları’ kullanılmaktadır [8]. Sıyırma asitleri, aşındırma çözeltileri, asitler ki bunlar genellikle sülfirik-hidroklorik-nitrik asit atıklarıdır. Galvanizleme öncesi metal yüzeyindeki oksit tabakasını sıyırmak için kullanılan sıyırma banyolarından kaynaklanmaktadır.

11 01 08\* kodlu “fosfatlama çamurları” atıkları yüzey temizleme aşamasında kullanılan fosfat nedeniyle oluşan çamurlardır.

11 01 09\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri”, çoğu zaman 11 01 15\* kodlu “membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar” ile karıştırılmaktadır. 11 01 09\* kodlu atık, daha çok flaks rejenerasyon işleminden kaynaklanır. 11 01 09\* kodlu atıklar flakslama prosesinden sonra ağır metallerin çöktürülmesinden kaynaklanan çamurlar ya da çamurun ilave torbalı filtre preslerde filtrelenmesinden kaynaklanan filtre keklerinden oluşmaktadır. Bu çamurlar veya filtre kekleri, metal ve metal bileşiklerini, alkali içeren yağ giderici atıkları ve asit ve alkali içeren kalıntıları içerebilir. 11 01 10 kodlu “11 01 09 dışındaki çamurlar ve filtre kekleri” ise 11 01 09\* kodlu atıkların dışındaki çamur ve filtre kekleri atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

11 01 11\* kodlu ‘tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları’ başlıklı atık, literatürle ve yapılan saha çalışmalarıyla karşılaştırıldığında prosesin her aşamasından sonra uygulanan durulama işleminden kaynaklanan yıkama sıvıları ve yıkama banyoları atıklarıdır. 11 01 11\* kodlu atık metal ve bileşiklerini, yağ temizleme atıkları içeren asit ve bazları ve sızıntılarda bulunan ağır metalleri içermektedir [8]. 11 01 12 kodlu “11 01 11 dışındaki sulu durulama sıvıları” ise Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

Madeni yağların indirilmesinden kaynaklanana yağ temizleme atıkları için 11 01 13\* kodlu ‘tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları’ kullanılmaktadır. Standart dışı banyolar ya da tesisin bakım ve işletimi sonucu uzun süre beklemiş olan banyolar da 11 01 13\* koduna dahil edilmektedir [8]. 11 01 14 kodlu “11 01 13



dışındaki yağ alma atıkları” ise Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

11 01 15\* kodlu atık, suyu temizlemek amacıyla kullanılan iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan çamurlar ve birçok kez kullanılmış işleme banyosu suyu içeren konsantrelerdir [8]. 11 01 16\* kodlu “doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri” ise iyon değişim sistemlerinde kullanılmış olan reçineleri içerir.

11 03 01\* kodlu “siyanür içeren atıklar”ına ise kaplama banyolarında kullanılan siyanür neden olmaktadır.

### *Yan proseslerden kaynaklanan atıklar*

Metal kaplama yapan bir tesiste; ana faaliyet konusunun yanında boyama, fiziksel ve kimyasal yüzey işlem de uygulanabileceğinden, bu yüzey işlemlerin söz konusu olduğu proseslerden kaynaklanan atıkların da listeye eklenmesi gerekmektedir. Bu tür bir değerlendirme çerçevesinde belirlenen, kaplama sektöründe yan proseslerden kaynaklanması muhtemel atık listesi ve atık kodları **Tablo 2**'de sunulmaktadır.

**Tablo 2. Metal kaplama sektörü yan proseslerinden kaynaklanan atıklar [7]**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
08	<b>Astarlar (Boylar, Vernikler ve Vitrikiye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</b>	
08 01	<i>Boya ve Verniğin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) ve Sökülmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
08 01 11*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler	M
08 01 12	08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler <sup>1</sup>	
08 01 13*	Organik çözücüler yada tehlikeli maddeler bulunan boya ve vernik çamurları	M
08 01 14	08 01 13 dışındaki boya ve vernik çamurları <sup>1</sup>	
08 01 15*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernikli sulu çamurlar	M
08 01 16	08 01 15 dışındaki boya ve vernik içeren sulu çamurlar <sup>1</sup>	
08 01 17*	İçinde organik çözücüler ya da tehlikeli maddeler bulunan boya ve verniğin sökülmesinden kaynaklanan atıklar	M

## Metal Kaplama Sektörü

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
08 01 18	08 01 17 dışındaki boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan atıklar <sup>1</sup>	
08 01 19*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan sulu süspansiyonlar	M
08 01 20	08 01 19 dışındaki sulu boya ya da vernik içeren sulu süspansiyonlar <sup>1</sup>	
08 01 21*	Boya ya da vernik sökücü atıkları	A
<b>12</b>	<b>Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Şekillendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>12 01</i>	<i>Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Biçimlendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
12 01 01	Demir metal çapakları ve talaşları	
12 01 02	Demir metal toz ve parçacıklar	
12 01 03	Demir dışı metal çapakları ve talaşları	
12 01 04	Demir dışı metal toz ve parçacıklar	
12 01 05	Plastik yongalar ve çapaklar	
12 01 06*	Halojen içeren madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
12 01 07*	Halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
12 01 08*	Halojen içeren işleme emülsiyon ve solüsyonları	A
12 01 09*	Halojen içermeyen işleme emülsiyon ve solüsyonları	A
12 01 10*	Sentetik işleme yağları	A
12 01 12*	Kullanılmış (mum) parafin ve yağlar	A
12 01 14*	Tehlikeli maddeler içeren işleme çamurları	M
12 01 15	12 01 14 dışındaki işleme çamurları <sup>1</sup>	
12 01 16*	Tehlikeli maddeler içeren kumlama maddeleri atıkları	M
12 01 17	12 01 16 dışındaki kumlama maddeleri atıkları <sup>1</sup>	
12 01 18*	Yağ içeren metalik çamurlar (öğütme, bileme ve freze tortuları)	M
12 01 19*	Biyolojik olarak kolay bozunur işleme yağı	A
12 01 20*	Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri	M
12 01 21	12 01 20 dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri <sup>1</sup>	

<sup>1</sup> Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B'de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

**Tablo 2**'de verilen liste yine Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4'den alınmış olup temel yan prosesler olan boyama ve fiziki yüzeysel işlemler için bu ekte sıralanmış atıkların bir listesidir. Atık beyanı yapan üreticilerin, işletmelerinde bu yan işlemlerden biri ya da birkaçı uygulanıyorsa, bu tablo içinden kendileri için uygun olan atıkları seçerek atık beyanlarında göstermeleri gerekmektedir. Bir başka deyişle yalnızca boyama yapan kuruluşlardan 08 kodlu atıklar ya da yalnızca fiziksel işlem ve şekillendirme yapan kuruluşlardan 12 kodlu atıklar beklenmelidir.

08 01 “boya ve verniğin imalat, formülasyon, tedarik ve kullanımından (İFTK) ve sökülmesinden kaynaklanan atıklar” başlığı altında bulunana atıklar metal kaplama sektöründe yan proses atıkları olarak değerlendirilebilir.

08 01 11\* kodlu “organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler” boya üretiminde tanklarda, karıştırıcılarda ve proseste kullanılan diğer aletlerde kalan organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve verniklerdir. Ayrıca, standartlara uymayan (rengi tutmayan, viskozitesi uygun olmayan) organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boyalar ve vernikler de bu atık kodu kapsamındadır. Toz boya üretiminde ise taşıma dolmuş esnasında dökülen toz boyalar ve ekstrüzyon ve kırma işlemleri sırasında dökülen çips halindeki boyalar 08 01 11\* atık koduna kapsanır. Eğer atık boya ve vernikler, organik çözücü ya da diğer tehlikeli maddeler içermiyorsa 08 01 12 kodlu “08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler” kapsamına girer. Atık bitkisel boyalar buna örnek olarak verilebilir. Bu atıkların, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılacak analizler sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilmeleri gerekmektedir.

08 01 13\* kodlu “organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik çamurları”, boya üretiminde tankların diplerinde biriken organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernik çamurlarını kapsamaktadır. Eğer çamur organik çözücü ya da başka tehlikeli maddeler içermiyorsa 08 01 14 kodlu “08 01 13 dışındaki boya ve vernik çamurları” kapsamına girer. Bitkisel boya çamurları, 08 01 14 kodu ile belirtilen atığa örnek olarak verilebilir. Bu atıkların, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılacak analizler sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilmeleri gerekmektedir.

08 01 15\* kodlu “organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernikli sulu çamurlar” boya üretiminde tankların diplerinde biriken

organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikli sulu çamurlardır. Boya sızıntılarının yerde su ile karışması sonucu oluşan sulu çamurlar da bu kod kapsamına girer. Toz boya üretiminde üretim tanklarının dışına dökülen toz boyanın su ile temizlenmesi esnasında oluşan sulu çamurlar da 08 01 15\* atık kodunca kapsanır. Ancak; boya, organik çözücü ya da diğer tehlikeli maddeleri içermiyorsa tanımlanan sulu çamur 08 01 16 kodlu “08 01 15 dışındaki boya ve vernik içeren sulu çamurlar” kapsamına girer. Bu atıkların, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılacak analizler sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilmeleri gerekmektedir.

08 01 17\* kodlu “organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve verniğin sökülmesinden kaynaklanan atıklar” özellikle tankların ve proste kullanılan diğer alet ve kapların temizlenmesi için uygulanan boya sıyırma ve çatlatma gibi yüzey temizleme işlemlerinden kaynaklanan boya veya diğer kurumuş maddelerden kaynaklanan atıkları kapsamaktadır. Eğer boya veya vernik, organik çözücü ya da diğer tehlikeli maddeler içermiyorsa oluşan kurumuş maddelerden kaynaklanan atıklar 08 01 18 kodlu “08 01 17 dışındaki boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan atıklar” kapsamına girer. 08 01 17\* koduyla tanımlanan boya veya diğer kurumuş maddelerin su-solvent gibi yıkama sıvılarına karışmasıyla oluşan sulu süspansiyonlar ise 08 01 19\* kodlu “organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan sulu süspansiyonlar” atık kapsamındadır. Eğer boya veya vernik, organik çözücü ya da diğer tehlikeli maddeler içermiyorsa oluşan sulu süspansiyon 08 01 20 kodlu “08 01 19 dışındaki sulu boya ya da vernik içeren sulu süspansiyonlar” kapsamına girer. Bu atıkların, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılacak analizler sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilmeleri gerekmektedir.

Boya ve verniğin herhangi bir yüzeyden uzaklaştırılması için kullanılan solventler ise 08 01 21\* kodlu “boya ya da vernik sökücü atıkları” kapsamındadır.

12 01 “metallerin ve plastiklerin fiziki ve mekanik yüzey işlemlerinden ve biçimlendirilmesinden kaynaklanan atıklar” başlığı altında bulunan atıklar, metal yüzey işlemleri yapan tesislerden çıkması beklenen atıklardır.

12 01 01 kodlu “demir çapakları ve talaşları”, 12 01 02 kodlu “demir metal toz ve parçacıklar”, 12 01 03 kodlu “demir dışı metal çapakları ve talaşları” ve 12 01 04 kodlu “demir dışı toz ve parçacıklar” yüzey işleme ve şekillendirme sırasında

oluşan talaş ve tozlardır. Torna tezgahında, freze tezgahında, delmede, kesmede talaş ve toz atıkları oluşabilmektedir [8].

12 01 06\* kodlu “halojen içeren madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)”, halojen içeren soğutma metal işleme yağlarıdır. 12 01 07\* kodlu “halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)”, halojen içermeyen soğutma, metal işleme yağlarıdır. Metal işlemede yağlama, soğutma ve talaş nakli için sıklıkla yağ kullanılır [8]. 12 01 08\* kodlu “halojen içeren işleme emülsiyon ve solüsyonları” soğutma, yağlama ve metal işlemede kullanılan halojen içeren emülsiyon ve solüsyonlardır. 12 01 09\* kodlu “halojen içermeyen işleme emülsiyon ve solüsyonları”, soğutma, yağlama ve metal işlemede kullanılan halojen içermeyen emülsiyon ve solüsyonlardır [8].

12 01 10\* kodlu “sentetik işleme yağları”, metal yüzey işleme prosesleri sırasında sentetik yağ kullanılması durumunda ortaya çıkan atıktır. Petrol esaslı olmayan kimyasal sentez metotları ile sentetik yağlar elde edilir.

12 01 12\* kodlu “kullanılmış (mum) parafin ve yağlar”, metal yüzey işleme prosesleri sırasında kullanılan parafin ve yağlardır.

12 01 13 kodlu “kaynak atıkları”, atölyede yapılan kaynak işlemi sırasında oluşabilecek kaynak atıklarıdır. 12 01 14\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren işleme çamurları” makine yağlayıcılarının filtrelenmesinden kaynaklanan atık çamurlardır [8]. 12 01 15 kodlu “12 01 14 dışındaki işleme çamurları” ise Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır. 12 01 16\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren kumlama maddeleri atıkları” mineral veya metal kumlama malzemelerinden (cüruf, korindon, çelik tanecığı), özel uygulamalar için özel kumlama malzemelerinden (plastik parçalar ya da fındık kabukları gibi sert doğal malzemeler), sabit ya da taşınabilir tesislerden gelen, özellikle tesis cihazlarının yenilenmesinde veya inşaa kısmında kullanılan malzemelerden kaynaklanan atıklardır [10]. Kumlama ile temizlenmiş kaplama ve boyalardan gelen benzofuran içeren katran, ağır metal, organotin bileşikleri ve boya maddeleri içerir. 12 01 17 kodlu “12 01 16 dışındaki kumlama maddeleri atıkları” Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır. 12 01 18\* kodlu “yağ içeren metalik çamurlar (öğütme, bileme ve freze tortuları)” ise metallerin mekanik yüzey işlemleri sırasında ortaya çıkan eğe talaşı ve döküntülerden kaynaklı yağ içeren çamurlardır [10]. 12 01 19\* kodlu “biyolojik olarak kolay bozunur işleme yağı”, metal yüzey işleme esnasında kullanılan

## Metal Kaplama Sektörü

biyolojik olarak parçalanıp bozunabilen işleme yağları kullanımı sonucu ortaya çıkan atıklardır.

12 01 20\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri” ile ifade edilen atık çeşitleri kullanılmış öğütme malzemelerinden dolayı uzun süre kullanılamayacak öğütme parçaları, öğütme tekerleri ve ezerek öğütme proseslerinden gelen kıymıklardır [8]. 12 01 21 kodlu “12 01 20 dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri” ise 12 01 20\* kodlu atıkların dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

### *Proses dışı atıklar*

Proses dışı atıklar kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde uygulanan süreçlerden bağımsız olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır. Genel olarak endüstriyel sektörler incelendiği zaman, proses dışı atıkların farklı sektörler arasında benzerlik gösterdiği görülecektir. Proses dışı atıklar ile ilgili listenin hazırlanması aşamasında endüstriyel sektörlerdense, genel atık türlerini içeren 13 “yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları”, 15 “atık ambalajlar ile başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler”, 16 “listede başka şekilde belirtilmemiş atıklar” gibi sınıflar incelenmiştir. Atık beyanı veren tehlikeli atık üreticilerinin aşağıdaki genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıkları göstermeleri gerekmektedir.

**Tablo 3. Metal kaplama sektöründen kaynaklanabilecek proses dışı atıklar [7]**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
13	<b>Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)</b>	
13 01	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 09*	Mineral esaslı klor içeren hidrolik yağlar	A
13 01 10*	Mineral esaslı klor içermeyen hidrolik yağlar	A
13 01 11*	Sentetik hidrolik yağlar	A

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
13 02	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
13 02 04*	Mineral esaslı klor içeren motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 07*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer makine, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 03	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları	A
<b>15</b>	<b>Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler</b>	
15 01	<i>Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)</i>	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	M
15 02	<i>Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler</i>	
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka bir şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
<b>16</b>	<b>Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar</b>	
16 01	<i>Çeşitli Taşıma Türlerindeki (İş Makineleri Dahil) Ömrünü Tamamlamış Araçlar ve Ömrünü Tamamlamış Araçların Sökülmesi ile Araç Bakımından (13, 14, 16 06 ve 16 08 hariç) Kaynaklanan Atıklar</i>	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 01 14*	Tehlikeli maddeler içeren antifriz sıvıları	M
16 01 15	16 01 14 dışındaki antifriz sıvıları <sup>1</sup>	
16 02	<i>Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları</i>	
16 02 13*	16 02 09 dan 16 02 12'ye kadar bahsedilenlerin dışında tehlikeli bileşenler içeren ıskarta ekipmanlar	M
16 02 14	16 02 09'dan 16 02 13'e kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar <sup>1</sup>	
16 02 15*	İskarta ekipmanlardan çıkartılmış tehlikeli maddeler içeren parçalar	A
16 05	<i>Basınçlı Tank İçindeki Gazlar ve İskartaya Çıkış Kimyasallar</i>	

## Metal Kaplama Sektörü

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
16 05 06*	Laboratuvar kimyasalları karışımları dahil tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren laboratuvar kimyasalları	M
16 05 07*	Tehlikeli maddeler içeren ya da bunlardan oluşan ıskarta anorganik kimyasallar	M
16 05 08*	Tehlikeli maddeler içeren ya da bunlardan oluşan ıskarta organik kimyasallar	M
16 05 09	16 05 06, 16 05 07 ya da 16 05 08 dışında tehlikeli maddeler içeren ıskarta organik kimyasallar <sup>1</sup>	
16 06	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A
16 06 02*	Nikel kadmiyum piller	A
16 06 06*	Piller ve akümülatörlerden ayrı toplanmış elektrolitler	A
18	<b>İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)</b>	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
18 01 03*	Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabii olan atıklar	A
20	<b>Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)</b>	
20 01	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)</i>	
20 01 21*	Floresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
20 01 26*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	A
20 01 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler	M
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler <sup>1</sup>	
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03'un altında geçen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A
20 01 35*	20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ve ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar	M

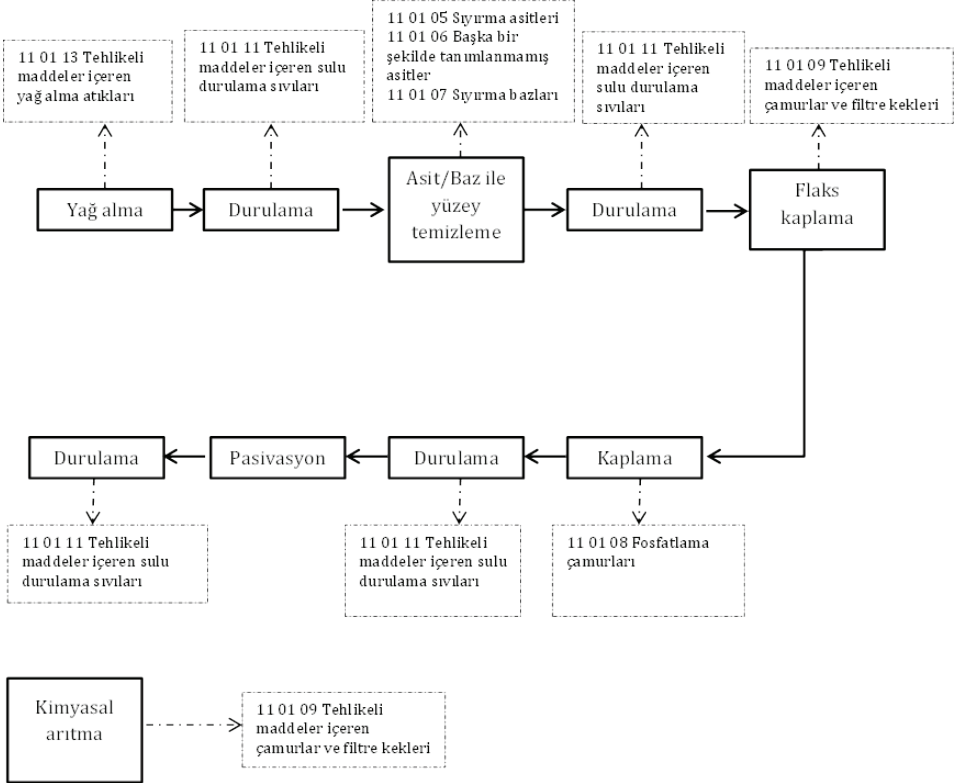


Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar <sup>1</sup>	

<sup>1</sup> Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B’de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

## 4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Şekil 2’de proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 2. Metal kaplama tesislerinde tehlikeli atık üretim noktaları

Yukarıda da belirtildiği üzere yan proseslerden kaynaklanan atıklar metal kaplama tesisinde boyama, ya da fiziksel yüzey işlem uygulanması halinde meydana gelecektir. Proses dışı atıklar için ise tüm yan işletmeler, yemekhane, ofisler ve revir gibi üniteler de göz önünde bulundurularak incelenmelidir. Proses dışı atıkların incelenmesi için örnek bir kontrol listesi aşağıda verilmiştir. Ancak bu listenin tesis bazında genişletilmesi gerekebileceği unutulmamalıdır.

- o 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
  - o 13 01 “atık hidrolik yağlar” için tesis bünyesinde kullanılan hidrolik cihazlar
  - o 13 02 “atık motor, şanzıman ve yağlama yağları” için tesise ait tüm araçlar
  - o 13 03 “atık yalıtım ve ısı iletim yağları” için ısı yalıtımı amacıyla yağ ve türevlerinin kullanıldığı sistemler
  - o 13 05 “yağ/su ayırıcısı içerikleri” için tesis içerisinde yağlı/su karışımlarının ayrıldığı tüm üniteler özellikle fiziksel kimyasal arıtma üniteleri

- o 15 “Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri Ve Koruyucu Giysiler”

Tesis içerisinde muhtelif noktalar

- o 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
  - o 16 01 “çeşitli taşıma türlerindeki ömrünü tamamlamış araçlar ve ömrünü tamamlamış araçların sökülmesi ile araç bakımından kaynaklanan atıklar” için tesise ait tüm araçlar (özellikle araç bakım noktaları)
  - o 16 02 “elektrikli ve elektronik ekipman atıkları” için tesisin muhtelif yerleri
  - o 16 05 “basınçlı Tank İçindeki Gazlar ve Iskartaya Çıkmış Kimyasallar”
  - o 16 06 “piller ve akümülatörler” için gerek üretim alanları gerek ofis, yemekhane, revir gibi alanlar gerekse tesise ait araçlar
- o 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri
- o 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel Ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları ofisler, yemekhaneler.

## 5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği incelendiğinde *atık hiyerarşisinin* altının çizildiği görülmektedir. **Şekil 3**'de şematik olarak gösterilen bu anlayışa göre öncelikle atıkların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa, üretilen miktarların mümkün olduğu kadar aza indirgenmesi esastır. Atıkların önlenemediği ya da miktar olarak azaltılamadığı durumda, atıkların yeniden değerlendirilebilmeleri için geri dönüşüm ya da yeni kullanılabilir ürünler elde edilme fırsatları aranmalıdır. Geri dönüşüm/geri kazanım uygulamaları bir alternatif değilse, atıklar ön işlem tesisleri ya da yakma fırınlarında işlem görmelidir. Bu aşamadaki en önemli hedef işlenen tehlikeli atık hacminin ya da miktarının işlem sonunda düşürülmesidir. Bu sayede en az tercih edilen alternatif olan nihai bertarafa gidecek toplam atık miktarı önemli oranda azaltılacaktır. Atık hiyerarşisi prensibinde, atıklar ancak daha tercih edilebilir alternatifler işe yaramadığı durumda nihai bertarafa gönderilmelidir.



Şekil 3. Atık yönetim hiyerarşisi

Özellikle sanayiden kaynaklı tehlikeli atıkların miktarlarının mümkün olduğu kadar düşürülmesi için, atık önleme ve azaltma ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bunların bir kısmı literatürde önerilmekte ve sanayi kuruluşları tarafından benimsenmekte, bir kısmı da bireysel kuruluşlar tarafından kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmekte ve daha sonra uygulama olarak yayılmaktadır. Atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) sadece üretilen atık miktarlarının düşürülmesi sayesinde pozitif bir çevresel etki yapmakla kalmayıp, atık bertaraf masraflarının önlenmesi ya da azaltılması sayesinde de işletmelere ekonomik bir fayda sağlamaktadır.

Bu bölümde ayrıntıları verilen atık önleme ve azaltma tedbirleri özellikle metal kaplama proses atıklarını kapsamaktadır. İncelenecek tedbirlerin bir özeti **Tablo 4**'de verilmiştir. Bu tabloda tehlikeli proses atıkları bazında MET hakkında kısa bir açıklama verilmiştir. Metal kaplama sektörü için geliştirilen tüm MET'ler, hem yeni hem de kurulu tesislerde uygulanabilmektedir. Son olarak bu uygulamalar ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye ulaşılabilecek kaynaklar verilmiştir. **Tablo 4**'de sıralanmış uygulamaların bir kısmı az önce bahsedilen işletmelerin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirdiği ve saha çalışmaları sonucu bu rehberde eklenen MET'lerdir. "Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği" Ek-4'de, atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilir atıklar ile alternatif hammadde ve ek yakıt olarak kullanılabilir atıkların listesi verilmektedir. Bu liste incelendiğinde, Tablo-1'de listelenen atıklardan 11 01 09\*, 11 01 10, 11 01 13\* ve 11 01 14 kodlu atıkların bulunduğu görülmüştür. 11 01 09\* kodlu "tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri", 11 01 13\* kodlu "tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları" ve 11 01 14 kodlu "11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları" atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilir ve ek yakıt olarak tesisler tarafından kabul edilebileceği belirtilmiştir. 11 01 10 kodlu "11 01 09 dışındaki çamurlar ve filtre kekleri" ise atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilir ile ek yakıt ve alternatif hammadde olarak tesisler tarafından kabul edilebileceği belirtilmiştir. Fakat bunlar dışındaki atıklar için ise **Tablo 4**'de sunulan MET'lerin kullanımı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Bununla birlikte, atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan ulusal mevzuata uygun olması halinde mümkündür.

## Metal Kaplama Sektörü

---

Aşağıda ayrıntıları verilen tekniklere ek olarak literatürde yer verilen çeşitli öneriler şu şekildedir:

- o Flakslama ünitesinden çıkan torba filtre tozlarının amonya klorür ve çinko klorürün değerlendirilmesi için flaks çözültisi üreticilerine geri gönderilmesi [6]
- o Proses tanklarının filtreden geçirilerek banyo ömrünün uzatılması [25] [26][29]
- o Çinko banyolarının üzerinin örtülerek buharlaşma kayıplarının azaltılması [6]
- o Galvanizleme işleminden kaynaklanan çinko ve baca gazı tozlarından çinko elde edilmesi [46]

**Tablo 4 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan proses atıkları için kullanılabilir mevcut en iyi tekniklerin listesi**

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET	Açıklaması	Referans
11 01 05* 11 01 06*	Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) Başka şekilde tanımlanmamış asitler	A	Sıyırma banyolarından asit ve metal geri kazanımı	Atık miktarını azaltır	[6][9][24]
			Kademeli sıyırma	Atık miktarını azaltır	[6]
			Kullanılmış asidin ikincil hammadde olarak yeniden değerlendirilmesi	Atık miktarını azaltır	[6]
			Aşırı dağlamanın engellenmesi	Atık miktarını azaltır	[6]
			Asitleme ve sıyırma çözeltilerinin flaks banyosunda yeniden kullanımı	Atık miktarını azaltır	[6]
11 01 07*	Sıyırma bazları	A	Kademeli sıyırma	Atık miktarını azaltır	[6]
11 01 09*	Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri	A	Toksik ve kanserojen kadmiyum kaplamadan vazgeçilmesi	Atığın tehlikeli madde içeriğini azaltır	[25][27]
			Siyanür içermeyen sistemlerin kullanılması	Atığın tehlikeli madde içeriğini azaltır	[25][29]
			Cr <sup>+6</sup> yerine Cr <sup>+3</sup> 'ün kullanımı	Atığın tehlikeli madde içeriğini azaltır	[5][27][29][31]
11 01 11*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları	M	Banyolardan taşınan sıvıların (drag-out) en aza indirgenmesi	Atık miktarını azaltır	[5][6][25][28][29][32][34]
			Durulama işleminin verimliliğinin artırılması	Atık miktarını azaltır	[25][28][29][33][35][36][43]
11 01 13*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M	Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi	Atık miktarını azaltır	[6][44]
			Alternatif yağ alma işlemlerinin uygulanması	Atık miktarını azaltır	[6][25][29][44][45]

## Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Asit ve Metal Geri Kazanımı</i>
Kaynaklar	[6][9][24]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri
Uygun Olduğu Proses	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
	<p>Aşağıda kullanılmış asit sıyırma banyolarından serbest ve metal ile tepkimeye girmiş asitlerin geri kazanımı ile ilgili uygulanabilecek metotlar verilmiştir.</p> <p><b>Serbest Asit Kazanımı</b></p> <p><u><i>Kristalleşme (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve HF/HNO<sub>3</sub> karışımı)</i></u></p> <p>Kristalleşme ile H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geri kazanım süreci; su, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve demir sülfat arasındaki çözünürlük ilişkisine dayanmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda sıyırma banyosu içerisindeki demir sülfatın çözünürlüğü yüksek iken banyonun soğutulması ile çözeltinin doygunluğa ulaşması sonucu demir sülfat kristaller halinde çökmektedir. Serbest H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'in, sıyırma banyosundan geri kazanımı, heptahidrat kristalleşme süreci olarak bilinen ve çözelti içerisindeki demirin, demir heptahidrat (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) olarak çöktürülmesi ve serbest asitten ayrılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Soğutma tipine bağlı olarak, asit geri kazanımı için heptahidrat kristalleşme süreçleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o indirekt soğutma ile kristalleşme,</li> <li>o siklon ile kristalleşme ve</li> <li>o vakum soğutma yoluyla kristalleşmedir.</li> </ul> <p>Kristalleşme süreci ile tuz yüklemelerinde azalma sağlanabilir [6]. Kristalleştirme ile karışık asidin de (hidroflorik asit ve nitrik asit karışımı) geri kazanımı mümkündür. [9][10]</p> <p>Kristalleştirme sürecinin en önemli dezavantajları tanesi yüksek enerji sarfiyatı ve çözeltiden uzaklaştırılan kristallerinin yönetiminin sorunlu olmasıdır [11].</p> <p><u><i>Buharlaştırma ile geri kazanma (HCl)</i></u></p> <p>Hidroklorik asidin buharlaşma yoluyla geri kazanımı; iki basamaklı yoğunlaştırma/ayırma kontrolünde ani buharlaştırıcı sirkülasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Kullanılan asit çözeltisi; kullanılan atıktan asit ve suyu ayırmak için ısıtılır. Isıtma sonucunda yalnızca yoğunlaştırılmış demir klorür çözeltisi kalır.</p> <p>Atık banyo çözeltisi besleme eşanjörü ve ana eşanjörden geçtikten sonra ayırıcıya girer. Ayırıcıda çözeltinin sıcaklığı 110°C'ye kadar yükselir ve doygunluğa ulaştığı anda ayırıcıdan alınır. Ayırıcı çıkışında sisteme beslenen çözeltiyi ısıtan besleme eşanjöründen geçen buhar sırasıyla asit ve suyun yoğunlaştığı tanklara girer. Asit yoğunlaşma tankında asit konsantrasyonu, asidin kalitesi sıyırma işleme geri dönüştürülmesine uygun olacak şekilde ayarlanır. Arda kalan su buharı, su yoğunlaştırma tankına girer ve geride kalmış olan asitten arındırılır. Yoğunlaşan su yıkama suyu olarak ve geri kazanılan asit de sıyırma işleminde yeniden kullanılmak için uygundur.</p> <p>Sistemin işletiminin basit olduğu bildirilmektedir. Asit buharı sistem çalışırken bir yandan da temizlenmesini sağlamaktadır. Bu da eşanjörlerin ve reaktörlerin bakımı için harcanan süreyi düşürmektedir.</p> <p>Bu sistemin kullanımı taze asit tüketimini düşürmektedir.</p> <p><u><i>Geciktirme (yavaşlatma) (HCl.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.HF/HNO<sub>3</sub>)</i></u></p> <p>Bu yöntem, çözünen metaller reçine yatağından geçerken, serbest asit iyonlarının reçinelerde tutulması esasına dayanmaktadır. Su ile geri yıkama sırasında, adsorbat asit ozmotik basınçtaki farklılıklar nedeniyle yeniden serbest bırakılır. Serbest asitlerin (hidroklorik ve sülfürik asit) geri kazanım oranı %80-90 civarındadır. Geciktirme</p>



prosesinin avantajı yer ve ekipman ihtiyacının az olmasıdır. Bu prosesin kullanımının, asit tüketiminin en az 40 l/sa olarak gerçekleştiği durumlarda uygun olduğu bildirilmektedir. Sıyırma çözeltilisindeki ortalama metal içeriği 50-60 g/L 'yi aşmamalıdır. Metalik tuz çözeltilisinden oluşan atık içeriğine bağlı olarak kullanılabilir [6].

İyon değiştiriciler sadece asit geri kazanımı için değil aynı zamanda asit sıyırma çözeltilerinden metal geri kazanımı için de kullanılmaktadır. Bu işlem uygulanırken çözülmüş metaller reçinede tutulmakta ve reçine doygunluğa ulaştığında rejener edilmektedir. Rejenerasyon sonucu açığa çıkan yüksek metal içerikli çözelti, çöktürme ya da damıtma gibi işlemlere tabi tutularak metal geri kazanımı sağlanır. Çözeltiden birden fazla metalin geri kazanımı arzu edildiği durumda bu metaller için seçiciliği yüksek farklı reçinelerin seri olarak kullanılması önerilmektedir [12].

Bu sistemin avantajları arasında düşük maliyet, işletimin basit olması, güvenilirlik ve üstün performans sıralanmaktadır [11].

#### Difüzyon diyalizi (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF/HNO<sub>3</sub>)

Bu yöntem için kullanılmış asit ve demineralize sudan oluşan iki farklı sıvıyı ayıran iyon değişimi membranları kullanır. Bu proseste metaller (katyonlar) pozitif yüklerinden dolayı tutulurken, ayrılmış asitlerin (anyonların) difüzyonuna neden olur. Hidrojen iyonları küçük boyutlarından dolayı, anyonlarla birlikte membran boyunca difüze olarak bu duruma istisna oluşturur. Difüzyon diyalizi prosesi yıllardır H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub> ve HF asitlerinin geri kazanımı için başarıyla kullanılmaktadır. Kullanılan sıyırma sıvısından serbest asitlerin %80-85'ini ayırmak mümkündür. Membran kullanım ömrü yaklaşık 3-5 yıldır. Ancak bazı organik maddeler, aktif karbon gibi ön arıtım işlemleri uygulanmadığı durumda membranın tıkanmasına neden olur. Bu prosesin avantajı az yer kaplaması ve az ekipmana ihtiyaç olması ve işletme masraflarının düşük olmasıdır. Ayrıca membran ömrünün uzun olduğu bildirilmektedir. Amortisman ömrü kısadır. Taze asit ihtiyacında önemli ölçüde azalma gerçekleşmektedir [6] [13].

Her iki teknik için (geciktirme ve difüzyon diyalizi) ilave su gereksinimi olması nedeniyle, temelde sıcak daldırmanın sıfır atıksu amacıyla çelişki oluşturmaktadır.

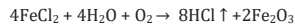
#### **Asit Rejenerasyonu**

1. Pirohidroliz (Akışkan yataklı proses-HCl, ve püskürtmeli tavlama)
2. Elektrolitik rejenerasyon (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
3. Bipolarmembran (HF/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
4. Buharlaştırma prosesi (HF/HNO<sub>3</sub>)

#### Pirohidroliz

##### Akışkan yataklı proses-HCl

Bu sürecin temeli; kullanılmış sıyırma sıvısının oksijen ve su buharı varlığında, yüksek sıcaklıkta hidroklorik asit (HCl) ve demir okside (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) termal ayrışmasıdır.



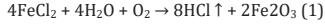
Akışkan yataklı sisteme verilen sıyırma sıvısından ağırlıkça yaklaşık %18 konsantrasyonunda HCl depolama tankında toplanır. Böylece atmosfere verilen gaz içerisinde artık HCl bulunmamaktadır. Bu arada bu sürecin işlenmesi esnasında demir oksit granülleri oluşur ve bunlar çeşitli endüstrilerde ham materyal olarak kullanılır.

Tanımlanan akışkan yataklı HCl rejenerasyonu; çok yüksek demir konsantrasyonu dahi içeren (250 g/L) harcanan sıyırma sıvısı işleyebilir ve bu esnada borular tıkanmaz [6].

##### Püskürtmeli tavlama - Ruthner metodu (HCl, HF/HNO<sub>3</sub>)

Hidroklorik asit için diğer geri kazanma seçeneği, püskürtmeli tavlama prosesidir.

İşletme prensibi, kullanılan ekipmandaki çeşitliliğin farklılıkları dışında tüm diğer tavlama prosesine benzerdir. Püskürtmeli tavlama prosesinde demir klorürün ( $FeCl_3$ ) ve suyun pirohidrolitik ayrılması yaklaşık  $450^{\circ}C$  ve üzerindeki sıcaklıkta gerçekleşir. Kullanılan asit, reaktöre gelen sıcak gazların soğutulduğu yerlerdeki venturi ısı değiştiricisine beslenir. Kondanse olan asit tekrar direkt olarak yukarıdan ateşleme reaktörüne püskürtülür.  $FeCl_2$  (demir klorür) buhar ve havadaki oksijen ile aşağıdaki reaksiyona göre HCl gazına ve demir okside ayrılır:



Buradan oluşan  $Fe_2O_3$ ; reaktörün tabanından toplanır ve pinometrik olarak oksit tankına taşınır. HCl gazı; buhar ve yanma gazları ön buharlaştırıcı kanalıyla absorbere nakledilir. Elde edilen demir oksit, kalitesine bağlı olarak farklı amaçlar için kullanılabilir. Üretilen HCl (yaklaşık %18) sıyırma prosesine döndürülebilir

Paslanmaz çelik sıyırma gelen karışık asitlerin üretimi için püskürtmeli tavlama prosesi HCl için olana oldukça benzerdir. Ancak bu sistem ayrıca isoterml absorpsiyon basamağı ve  $NO_x$  için katalitik dönüştürücüde kullanılan tali gaz temizleme sistemi içerir. Fe, Cr, Ni metallerinin florür komplekslerini ve bunun yanı sıra nitrik asit ve hidroflik asitleri içeren sıyırma sıvısı önce ön buharlaştırıcı oradan da konsantre hale gelen sıyırma sıvısı püskürtücülerle reaktöre beslenir ve reaktörde metal oksitlere dönüşür. Karışık metal oksitler reaktörün tabanından toplanır.

Su buharı, yanma gazları,  $HF, HNO_3$  ve  $NO_x$  içeren kapalı gaz iki basamaklı absorpsiyon kolonuna gönderilir. Kolonlarda rejener edilmiş asit üretilir ve bu asit sıyırma prosesinde tekrar kullanılır. Ayrıca proseste  $NO_x$ ; zararsız olan azot ve suya dönüştürülür [6].

Her iki pirohidroliz yöntemi de asit sıyırma yeniden kullanılacak özellikle hidroklorik asit elde edilmesine olanak tanımaktadır. Akışkan yatak prosesi püskürtmeli tavlama işlemine göre daha yüksek sıcaklıklarda işletilmektedir (sırasıyla  $850^{\circ}C$  ve  $450^{\circ}C$ ). Bu nedenle akışkan yatağın işletim giderleri püskürtmeli tavlama oranla %20 -30 daha yüksektir [14] ancak akışkan yatak ile elde edilen demir oksidin demir çelik sanayinde yeniden kullanımı daha kolaydır. Püskürtmeli tavlama yönteminin akışkan yatağa göre bir diğer avantajı daha yüksek kapasitelerde çalıştırılabilmesidir. Püskürtmeli tavlama tesislerinin 22.000 L/sa'lik kapasitelere kadar çıkarken akışkan yataklı tesislerin en fazla 10.000 L/sa'lik kapasiteye ulaşabildiği bildirilmiştir [14]. Ancak bu metot yüksek çinko içerikli sıyırma banyolarına uygulandığı durumda, çinko buharlaşarak ekipman duvarlarına yapışmakta ve prosesin uygulanmasını engellemektedir [15].

#### Elektrolitik rejenerasyon ( $HCl, H_2SO_4$ )

Asidin elektrolitik rejenerasyonu; elektrolitik hücrenin katodunda demir ve demir-çinko alaşımının çökmesine, suyun ayrılmasına ve anotta asidin geri kazandırılmasına dayanır.

Serbest ve demir bağlı asidin HCl için geri kazanımı ancak aynı anda anotta suyun ayrılması ve klor gazının elde edilmesiyle mümkündür. Bu durum atık gaz ekstraksiyonu ve atık gaz temizleme ünitesine ihtiyaç duyulmasına yol açmaktadır.

$H_2SO_4$  rejenerasyonunda ilave elektrot (amonyum sülfat) kullanılır ve katot ve anot iyon değişimi membranı ile ayrılır. Sıyırma işlemine yeniden verilebilecek sülfat iyonları anyonik kısımdaki  $H_2SO_4$  formundayken; demir, katyonik paslanmaz çelik tabakalarda çöker.

Bu yöntemin en önemli avantajlarında birinin düşük kimyasal kullanımı olduğu

<p>belirtilmektedir [16][17]</p> <p><u>Bipolar Membran (HF/HNO<sub>3</sub>)</u></p> <p>Bipolar membranlar, kullanılan asit rejenerasyonu proses adımlarının bir kombinasyonunu içerir. Yöntem öncelikle serbest asidin daha sonra metal ile tepkimeye girmiş olan asidin geri kazanımını kapsar. Serbest asit geri kazanımı için difüzyon dializi kullanılabilir. Daha sonra kalan kullanılan asit çözeltisi KOH ile nötrale edilmesiyle metal hidroksit ve tuzları (KCl, KF gibi) üretilir. Metal hidroksitler çamur olarak çöktürülür ve sonrasında susuzlaştırılır. KCl/KF içeren tuz çözeltisi ise elektrodializle yoğunlaştırılır. Açığa çıkan su, metal hidroksit çamurunun yıkanması için kullanılabilir.</p> <p>Bipolar membranlar, iki farklı tabaka halindeki zıt yüklü iyon değişimi materyallerinden oluşur. Bipolar membrandan dolayı, su sürekli H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonlarına çözünür (ayrılır). Bu durumda tuz çözeltisindeki anyon ve katyonlar (asit ve baz) ile KOH üretilir. Asit sıyırma (pickling) prosesine; KOH ise nötralizasyon basamağına geri döndürülür [6][10].</p> <p><u>Buharlaştırma (HF/HNO<sub>3</sub>)</u></p> <p>Bu proseste kullanılan sıyırma asitleri vakum altında 80°C sıcaklıkta sülfürik asitle birlikte konsantre edilir. Çöken metal tuzu ise Ca(OH)<sub>2</sub> çamuru ile nötrale edilir. Kullanılan sıyırma asitleri devirdaim yapan sülfürik asitle birlikte vakum buharlaştırmaya beslenir. Vakum buharlaştırmada 80°C sıcaklıkta karışık asitler ısıtılır. Su, HF ve HNO<sub>3</sub> uçurulur ve kondense edilir. Kuvvetli sülfürik asit çözeltisindeki metal formundaki sülfonat zincir kompleksleri sıcaklığın yükselmesiyle H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e ayrılır. Bu durum metallerin çökmesine ve asit kalıntısının (HF &amp; NO<sub>3</sub>) buharlaşmasına neden olur.</p> <p>Buharlaştırma-kristalleşme döngüsünde uzun bekleme süresi, 80°Cdeki sülfat tuzlarının filtreleme özelliklerini iyileştirir. Kristalleşme tankından çıkan sülfat çamuru konik çamur yoğunlaştırıcıya pompalanır. Yoğunlaştırıcının tabanından metal sülfat kekleri pres filtreye geçer. Süzüntü kısım kristalleşme işlemine geri döndürülür. Sülfat keki nötralizasyon tankına beslenerek kireçle karıştırılır.</p> <p>Isıl işlem, batık yakma buharlaştırmada gerçekleştirilir. Yanma gazları, HF ve HNO<sub>3</sub>leri geri almak için venturi yıkaması kullanılarak yıkanır ve bu çözelti daha sonra ana sıyırma asidi akış hattı ile birleştirilir.</p> <p>Buharlaşma esasına dayalı olarak çalışan ve ön buharlaştırıcı, buharlaşma tankı ve asit soğurucu kolondan oluşan bir kurulum denenmiştir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan demir içerikli çamurun artırılması gerekliliğinin altı çizilmiştir [18].</p> <p><u>Çözücü ekstraksiyonu (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF, HNO<sub>3</sub>)</u></p> <p>Asit ve metal geri kazanımı için kullanılabilen bir diğer yöntem de çözücü ekstraksiyonudur. Yapılan çalışmalarda Alamine 336 sülfürik asit D2EHPA ve MIBK demir geri kazanımı için denenmiştir [19]. Sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ile tributil fosfat (TBP) kullanılarak nitrik ve hidroflorik asit geri kazanımı mümkündür [10].</p> <p>Sıyırma banyolarından çinko geri kazanımı ise için TBP'nin bir dizi çözücü içerisinde en iyi performansı gösterdiği bildirilmektedir [15][17][20]. Bu işlemde çözeltideki çinko klorür bileşiği HCl ile birlikte organik malzemeye bağlanır. Yoğunluğu az olan bu malzeme, banyo üzerinden süzülerek ayrıştırılabilir. Bu organik malzeme, yeniden çözelti içerisinde bulunduğu reaksiyon ters yönde çalışır. Böylece oluşan organik çözücü geri dönüştürülür ve seyreltilmiş ZnCl<sub>2</sub> çözeltisi oluşur. Bu çözelti buharlaştırılarak, çinkoca zenginleştirilir. Kondanse kısım yeniden ekstraksiyon için</p>
---

## Metal Kaplama Sektörü

	<p>geri dönüştürülür. Konsantre olan kısım satılır [20]. Ayrıca proses sırasında emülsiyon oluşumun en aza indirgenmesi için çinko ekstraksiyonunun membranlar varlığında uygulanması önerilmiştir [21].</p> <p>Bu yöntem ile daha fazla bilgi için bakınız: [11][19][22]</p> <p><u><i>Biyolojik yöntem</i></u></p> <p>Biyolojik yöntemlerin metal geri kazanımına yönelik uygulanması önerilmiştir. Demir ve sülfürik asit içeren sıyırma sularından demir ve sülfürik asidin geri kazanımı <i>Tribacillus ferrooxidans</i> kullanılarak biyolojik oksidasyonla mümkündür. Bu işlem sırasında demir; sülfat olarak (ammoniajarosite ve <math>FeOHSO_4</math>) çöker ve %97 verimle demir geri kazanılır. Alternatif olarak, ammoniajarosite yüksek saflıkta demir üretiminde hammadde olarak kullanılabilir [23].</p>
Ekonomik boyut	<p>İnorganik asitler görece olarak düşük maliyetli olsa da ömrünü tüketmiş asitlerin nötralizasyonu ve bertarafı, kullanılmış banyo çözeltilerinin boşaltılmaları sırasında üretimin durması, ve asit yenileme sırasında karşılaşılan aşırı dağlama gibi problemlerin yarattığı dolaylı maliyetler mevcuttur. Asit sıyırma prosesinin geneli göz önünde bulundurulduğunda dolaylı maliyetler asit geri kazanım maliyetlerinin ötesine geçebilmektedir [24].</p>

<b>MET</b>	<b><i>Kademeli Sıyırma (Asit ya da Baz ile)</i></b>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri
Uygun Olduğu Proses	Galvanizleme
Açıklama	Kademeli asitleme, sıyırma işlemi sırasında iki ya da daha fazla banyo kullanımını içerir. Bu banyolarda asit ile kaplanan malzeme karşı akım prensibiyle hareket eder. Malzeme ilk tankta en temiz asit ile değil en kirli asit ile temasa girer ve tanklarda ilerledikçe gitgide daha temiz asit banyolarına girer. Bu şekilde temiz asit ilk tankta malzemenin en kirli haliyle temas etmediği için paralel akıma kıyasla daha az kirlenir ve asit daha etkin bir şekilde kullanılmış olur. Bu yöntemin sıyırma işleminin performansına olumsuz bir etkisi olmadığı gibi asidin metal tuzlarına dönüşümü daha yüksek oranda gerçekleşir. Ayrıca bu sayede atık asit oluşumu azalmaktadır. Aynı prensip ile baz kullanılarak yapılan sıyırma işlemlerinde atık baz oluşumunu azaltmak mümkündür.
Ekonomik boyut	Kademeli sıyırma için ilave bir asit tankına ihtiyaç vardır. Mevcut tankı parçalara bölmek yeterli olmamaktadır. İlave asit tankı ile beraber aside dayanıklı yer kaplaması ve bir pompa sistemi ihtiyacı da doğmaktadır. Ayrıca kaplama ve havalandırma sistemi de gerekebilir. Genel olarak maliyet kurulacak sistemin kapasitesine bağlı olmakla beraber 0,2 ile 0,5 milyon Euro arasındadır. Yatırım ve işletme maliyetleri ile asit kullanımının ve atık asit oluşumunun azalmasından kaynaklanan tasarruflar karşılaştırılmamıştır.

<b>MET</b>	<b><i>Kullanılmış Asidin İkincil Hammaddede Olarak Yeniden Değerlendirilmesi</i></b>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri
Uygun Olduğu Proses	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Metal kaplama sektöründen kaynaklanan kullanılan asitler, FeCl<sub>3</sub> ve nadiren de olsa pigment üretiminde ikincil hammadde olarak kullanılabilir.</p> <p>Geri dönüştürülen kullanılmış asitten değerli kimyasal üretilme olasılığı Avrupa'nın birçok bölgesinde mümkündür. Bazı firmalar kullanılan asitteki bazı metal kirlilikleri için zorunlu limitleri uygulamaya sokmuşlardır. Son zamanda birkaç firma kullanılmış asitlerden Zn ve Pb gibi metalleri uzaklaştırmak için patent aldıkları özel süreçler geliştirmişlerdir.</p> <p>Burada kullanılan asidin yeniden kullanılması ile atık azaltımı sağlanmaktadır.</p>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

<b>MET</b>	<b><i>Aşırı Dağlanmanın Engellenmesi</i></b>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri
Uygun Olduğu Proses	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Aşırı dağlama, sıyırma işleminin optimize edilmesi, aktif asitleme yapılması ya da inhibitör kullanımı ile engellenebilir.</p> <p><u><i>Asit sıyırma işleminin optimize edilmesi</i></u></p> <p>Asitleme verimi ve buna bağlı asitleme süresi, banyonun kullanım süresine göre değişir. Banyo kullanıldıkça, demir miktarı önemli oranda artar. Başlangıçtaki asitleme hızının sağlanabilmesi için, daha az serbest asit ilavesi gerekir. Asit banyosuna büyük miktarda taze asit ilavesi gibi ani müdahaleler, asitlenme şartlarının kontrolünün kaybolmasına neden olur. Asit konsantrasyonu, demir miktarı gibi verilerin izlenmesi, işletme prosedürlerinin değiştirilmesine ve aşırı dağlamanın önlenmesine imkan sağlar.</p> <p><u><i>Aktive edilmiş asitleme</i></u></p> <p>Sıyırma işleminin düşük hidroklorik asit ve yüksek demir içeriği ile gerçekleştirilmesi aktive edilmiş sıyırma olarak isimlendirilmektedir. Çelik parçaların hidroklorik asit ile sıyırılması sırasında işlemin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için asit miktarının %10 – 12 arasında olması gerekmektedir. Ancak bu asit miktarı ile hidrojen klorür oluşumu da yüksek olmaktadır. Demir konsantrasyonunun 120 – 180 g/l seviyesinde olması koşuluyla, aktive edilmiş sıyırma uygulanması durumunda sıyırma hızı etkilenmeden kullanılan asit miktarını yarıya düşürmek mümkündür. Banyo sıcaklığının ise 20 – 25°C'de tutulması gerekmektedir.</p> <p>Bu yöntem Danimarka'da bir tesis tarafından 1996 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Bu tesiste biyolojik yağ alma işleminin ardından aktive edilmiş sıyırma uygulanmaktadır. Yağ alma işlemi ile sıyırma arasında durulama uygulanmamakta ve böylece yağ alma tankından taşınan çözelti inhibitör görevi görerek, sıyırma asidinin kaplanacak metalle tepkimeye girmesini engellemektedir. Ayrıca sıyırma banyoları çözeltilerde çinko bulunmayacak şekilde işletilmektedir. Atık sıyırma banyosu çözeltileri atıksu artıma tesisinde çöktürme amacıyla kullanılmaktadır.</p> <p><u><i>Inhibitör kullanımı</i></u></p> <p>Kaplanacak malzemelerin metalik olarak temiz kısımlarının aşırı dağlanmasını engellemek için, asitleme çözümüne inhibitör kullanımı bir diğer alternatiftir.</p> <p>Inhibitörler; parçadaki metal kayıpları %98'e varan oranlarda azaltabildiği gibi, asit tüketimini de azaltabilmektedir. Ancak, inhibitörlerin daha sonraki asit geri dönüşüm sürecine olumsuz etkileri nedeniyle inhibitör kullanımında konusunda dikkatli olunması gerekmektedir.</p> <p>Asit tüketiminin azaltılması açısından bu süreç önemlidir. Asit tüketimindeki tahmini azalım, %10-20 civarındadır. Tüm galvanizleme işleminin %90'ında çok yaygın olarak asitleme sıyırma inhibitörleri kullanılır.</p>

Ekonomik boyut	<p>Aktive edilmiş sıyırma, biyolojik yağ alma işlemi ile beraber uygulanmaya başladığı için sadece aktive edilmiş sıyırma ile ilgili ekonomik analiz yapmak zordur. Ancak çinko içeriğinin düşük olduğu durumlarda atık sıyırma banyosu çözeltilerinin bertaraf edilmeleri çok kolay olmaktadır. Ayrıca normal sıyırma banyoları 120 g/l demir içeriğine ulaştığında bertaraf edilmeleri gerekirken aktive edilmiş sıyırma banyoları 180 g/l demir içeriğine kadar çıkabildiği için bu alternatifin uygulanması sıyırma banyosu çözeltisinin ömrünü yaklaşık %50 oranında arttırmaktadır.</p> <p>İnhibitör kullanımı, asit tüketimin ve buna bağlı olarak daha az atık asidin oluşumdan dolayı ekonomiktir. Ürünün iyileştirilmiş kalitesi ve işletme masraflarının azalması uygulamada cazip olmaktadır.</p>
----------------	---

MET	<i>Asitleme ve Sıyırma Çözeltilerinin Flaks Banyosunda Yeniden Kullanımı</i>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri
Uygun Olduğu Proses	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Bu işlem; asitleme ve sıyırma işlemlerinden gelen yüksek demir ve çinko içerikli kullanılan HCl solüsyonlarının arıtılarak, flaks banyosu olarak değerlendirilmesini kapsar.</p> <p>İşletme sırasında flaks çözeltisindeki demir konsantrasyonu artar. Belli seviyede zamanla, flaks çözeltisi kullanılamaz hale gelir. Çözeltiyi geri çevrime sokabilmek için, demir içeriği giderilmelidir. Bu işlem kesikli ya da sürekli işletmede yapılabilir. Demir, Fe(OH)<sub>3</sub> şeklinde amonyakla nötralize edilerek, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin de oksidant olarak eklenmesi sonucu çökelir ve NH<sub>4</sub>Cl aşağıdaki reaksiyona göre üretilir.</p> $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{NH}_4\text{Cl}$ <p>Çökeltilen demir hidroksit çamuru alınır ve uzaklaştırılır.</p>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

## Metal Kaplama Sektörü

<b>MET</b>	<b><i>Toksik ve Kanserojen Kadmiyum Kaplamadan Vazgeçilmesi</i></b>
Kaynaklar	[25][26][27]
Hedef Atıklar	11 01 09* Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri
Uygun Olduğu Proses	Elektrolitik kaplama
Açıklama	<p>Kadmiyum kaplama sağladığı üstün korozyon direnci, kayganlık ve kaplandığı malzemede mantar ve küf yetişmesini engellemesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak kadmiyum son derece toksik bir kimyasaldır. Ürün kalitesinden ödün vermeden kaplamada kadmiyum yerine başka metaller kullanılması mümkündür. Bu alternatifler aşağıda sıralanmıştır:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Çinko grafit, titanyum dioksit, alüminyum</i>: kadmiyum yerine bu malzemeler kullanıldığı durumda ekipman değişikliği gerekebilir [25].</li> <li>○ <i>Çinko - nikel</i>: Gitgide daha sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Çinko - nikel kaplama için alkali ya da asidik çözelti kullanmak mümkündür [26]. Çinko 1 milimetreden kalın kaplamalarda korozyon direnci bakımından en az kadmiyum kadar iyi performans göstermektedir. Ancak 1 milimetreden ince kaplamalarda kadmiyumun korozyon direnci daha yüksektir [27]. Çinko - nikel kaplanmış malzemenin dış görünüşü (parlaklığı) de iyi olarak değerlendirilmektedir [26]. Ancak kayganlık bazında nikel, kadmiyum kadar iyi sonuç vermemektedir. Alkali çinko - nikel çözeltisi ile kaplama, asidik çözeltiliye oranla daha uzun süre almaktadır [26].</li> <li>○ <i>Çinko - kobalt</i>: Çinko - nikel kaplama gibi çinko - kobalt kaplamalar da alkali ya da asidik çözeltiler kullanılarak yapılabilmektedir [26]. He iki çözelti de iyi korozyon direnci sağlamaktadır. Ayrıca asidik çinko - kobalt kullanıldığı durumda bitmiş kaplamanın dış görünüşü mükemmel olarak değerlendirilmektedir. Alkali çözeltiliye kıyasla asidik çözelti daha yüksek katot verimliliğine sahiptir. Ancak alkali çözeltilinin kaplamada dağılımının daha düzgün olduğu bildirilmektedir [26].</li> <li>○ <i>Çinko - demir</i>: Bu kaplama da iyi korozyon direnci sağlamaktadır ancak yüksek sıcaklıktaki uygulamalar için önerilmemektedir. Kabarmanın engellenmesi için demir içeriğine dikkat edilmesi gerekmektedir [26]. Ayrıca dış görünüş bakımından bu kaplamanın kadmiyum kadar iyi performans göstermediği bildirilmektedir [27].</li> <li>○ <i>Çinko - kalay</i>: Yüksek korozyon direnci ve lehimlenebilirlik ve ortalama bir dış görünüş sağlamaktadır. Uygulama sırasında soğutucu gerekmektedir [26].</li> <li>○ <i>Nikel - kalay</i>: Yüksek korozyon direncinin yanı sıra dekoratif dış görünüş sağlamaktadır. Ancak bu kaplama için de soğutma ekipmanı gerekmektedir [26].</li> </ul>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.



<b>MET</b>	<b><i>Siyanür İçermeyen Sistemlerin Kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[25][26][27][28][29]
Hedef Atıklar	11 01 09* Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri
Uygun Olduğu Proses	Siyanür kullanılan temizleme ve elektrolitik kaplama işleri
Açıklama	<p>Sodyum ve potasyum siyanür çözeltileri, elektrolitik bakır, çinko, kadmiyum, gümüş, altın ve pirinç ve bronz gibi alaşım kaplamalarında kullanılmaktadır [27]. Yüksek toksisite ve bertaraf giderleri nedeniyle siyanürlü bileşiklerin kullanımına son verilmesi ve siyanür içermeyen kaplama çözeltilerinin kullanılması önerilmektedir. Siyanürsüz kaplama alternatifleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Çinko kaplama: :Çinko siyanür aşağıdaki kimyasallarla değiştirilebilir. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Çinko klorür: Özellikle dökme demir parçaların kaplanması için önerilmektedir. Hem alkali hem de asidik çözeltiler kullanılırken proses kontrolüne özen gösterilmesi gerekmektedir [25][28]. Çinko klorür yüksek katot verimliliğine sahiptir ancak uygulama sırasında karıştırma gerektirmektedir [26]. Ayrıca çelik kaplama tanklarının aside dayanıklı malzeme ile kaplanması önerilmektedir [29].</li> <li>o Çinko floroborat [25]</li> <li>o Sodyum ve çinko hidroksit (alkali çinko çözeltileri): Bu alternatif proses kontrolüne dikkat edildiği durumlarda düşük maliyete sahiptir. Ayrıca durulama sularının daha kolay arıtılması ve düşük metal konsantrasyonları nedeniyle daha az çamur oluşumu gibi yararları da vardır. Alkali çözeltiler ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir nokta, kaplama yapılmadığı durumlarda çözeltinin çinko anotlar ile tepkimeye girmesidir. Bu nedenler kaplama yapılmadığı zamanlarda anotların tanklardan çıkarılması gerekmektedir [26].</li> </ul> </li> <li>Siyanürlü çinko sülfat kullanıldığı durumlarda siyanür yerine protein ilavelerinin tercih edilebileceği ve siyanürün kullanımından vazgeçilmesinin mümkün olmadığı durumlarda düşük siyanürlü banyoların kullanılacağı de bildirilmektedir [25].</li> <li>2. Bakır kaplama: Bakır siyanür aşağıdaki kimyasallarla değiştirilebilir. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Bakır sülfat: Sülfat banyoları yüksek iletkenliğe sahiptir ve banyoların hazırlanması, işletilmesi ve arıtılması ekonomiktir [26]. Çelik, çinko ve kalay malzemelerin kaplanmasında kullanıldığı zaman bakır siyanür ile son işlem uygulanması gerekebilir [25][26].</li> <li>o Bakır pirofosfat: Bu alternatifin kullanıldığı durumlarda elde edilen kaplama verimliliği yüksek siyanür banyoları ile elde edilen kaplamalara yakındır. Bir diğer avantajı ise nötre yakın pH aralığında çalışmasıdır [26]. Dezavantajları ise işletim masraflarının yüksek olması ve amonyak salınımına neden olmasıdır [25][26].</li> <li>o Bakır floroborat: Bakır floroborat, yüksek iletkenlik ve kaplama hızı gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca banyoların hazırlanması ve işletimi basittir. %100'e yakın işletim verimlerine ulaşılabilirdiği belirtilmektedir [26]. Ancak yüksek maliyeti ve diğer siyanürsüz alternatiflere göre daha tehlikeli olması bakır floroboratın dezavantajları arasında sayılmaktadır [25][26].</li> <li>o Alkali bakır çözeltileri: Genel olarak kalın kaplama gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir. Kaplama hızı düşüktür. Daha yüksek akım uygulanarak kaplama hızı iyileştirilebilir. Ayrıca az miktarda çamur oluşmaktadır [30].</li> </ul> </li> </ol>

## Metal Kaplama Sektörü

	<p>Sistemin en önemli dezavantajlarından biri çinko toleransının düşük olmasıdır. Bu nedenle çinko üzerinde bakır kaplandığı durumlarda tercih edilmemelidir. İkinci dezavantajı işletim giderlerinin yüksek olmasıdır [25][26].</p> <p>3. Kadmiyum siyanür: Bakınız <i>Toksik ve kanserojen kadmiyum kaplamadan vazgeçilmesi</i></p> <p>Siyanür kullanımının sınırlandırılabilceği bir diğer uygulama da parçaların temizlenmesidir. Siyanürlü temizleme malzemelerinin yerine trisodyum fosfat ya da amonyak kullanımı önerilmektedir. Sıcak işletilen ve ultrason kullanılan yağ giderme işlemlerinde bu kimyasallar iyi performans göstermektedir. Metallerle tepkimeye gireceği için atıksu arıtımında sorun yaratması söz konusudur [25][29].</p>
Ekonomik boyut	Bazı alternatiflerin işletim giderleri daha yüksektir.

<b>MET</b>	<b><i>Cr<sup>+6</sup> Yerine Cr<sup>+3</sup>'ün Kullanımı</i></b>
Kaynaklar	[5][27][29][31]
Hedef Atıklar	11 01 09* Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri
Uygun Olduğu Proses	Dekoratif krom kaplama
Açıklama	<p>Altı değerlikli krom kaplama iki uygulama alanına sahiptir: dekoratif ve sert krom kaplama. Dekoratif kaplama, genel olarak parlak nikkelle kaplanmış çelik, alüminyum, plastik, bakır alaşım ve çinko malzemelere uygulanmaktadır. Temel amaç nezih bir dış görünüş yaratmaktır. Dekoratif krom kaplamada kaplama kalınlığı 0,005 mil ile 0,01 mil arasında. Dış görünüşün sağlanması dışındaki tüm uygulamalar sert krom kaplama olarak adlandırılmaktadır. Bu tarz kaplamada, kaplama kalınlığı 0,1 mil ile 10 mil arasında değişmektedir. Krom kaplama kaplanan malzemeye, düşük maliyetle parlak bir dış görünüş, sertlik ve korozyon direnci sağlamaktadır [31]. Bununla beraber krom kaplama malzemesi olarak düşük katot verimliliğine ve zayıf metal dağılımına sahiptir.</p> <p>Altı değerlikli kromun kanserojen ve düşük konsantrasyonlarda bile suda yaşam için toksik olduğu bilinmektedir. Kaplama aşamasında düşük metal verimliliği nedeniyle uygulanan akımın büyük kısmı suyu hidrojen ve oksijene ayırmaktadır. Hidrojen ve oksijen molekülleri banyo yüzeyinden ayrılırken kromik asidi de beraberinde taşımakta ve kromik asit hava temizleme ünitesinde sıyrıcıda tutulmaktadır. Sıyrıcı da oluşan krom içeren atık dışında, kurşun anot kullanılması durumunda çözeltide oluşan kurşun kromat ve çözeltilerin sülfat içeriğinin kontrol edilmesi için baryum ile artırılması sırasında oluşan baryum sülfat tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır [27].</p> <p>Altı değerlikli krom kaplamaya alternatif olabilecek yöntemler araştırılmaktadır. Bunlar arasında en sık uygulama alanı bulan altı değerlikli krom yerine üç değerlikli krom kullanılmasıdır. Üç değerlikli krom, dekoratif kaplamalarda altı değerlikli kroma yakın performans gösterebilirken, sert krom kaplamada altı değerlikli krom kaplamaya alternatif olamamaktadır.</p> <p>Dekoratif kaplamada üç değerlikli krom için üç banyo türü kullanılmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Üç değerlikli kromun anotlarda oksidasyonunun önlenmesi için grafit ya da kompozit anotlara sahip tekil elektrolit çözeltisi</li> <li>○ Oksidasyonun, anotların sülfürik asit içeren kutularda tutularak önlendiği sülfat bazlı çözelti</li> <li>○ Oksidasyonun, çözünmez katalitik anotlar kullanılmasıyla önlendiği sülfat bazlı çözelti [31]</li> </ul> <p>Altı değerlikli krom ile karşılaştırıldığında üç değerlikli krom daha yüksek katot verimliliğine, daha yüze daha düzgün dağılıma özelliğine ve banyo çözeltilerinde çok daha düşük konsantrasyonda üç değerlikli krom bulunduğu için daha düşük toksisiteye sahiptir [5][31]. Düşük konsantrasyon aynı zamanda daha düşük viskozite ve banyolardan daha az miktarda çözeltinin parçalarla dışarı taşınması anlamına gelmektedir. Uygulamalar incelendiği zaman atıksu arıtma çamurlarında düşüş, enerji sarfiyatında azalma, hava temizleme giderlerinde düşüş ve kaplama banyolarının membran elektrolizi ya da iyon değiştirici yardımıyla yeniden kullanılabilirdiği görülmüştür [5]. Ayrıca altı değerlikli kromdan üç değerlikli kroma geçiş aynı ekipmanlar kullanıldığı için kolay olmaktadır [29].</p> <p>Bununla beraber üç değerlikli krom kaplama, metalik safsızlıklara karşı daha</p>

## Metal Kaplama Sektörü

	<p>duyarlıdır. Bu nedenle iyi değiştirici ya da çöktürme yöntemleri ile bu safsızlıkların ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir [5][31].</p> <p>Sert ve dekoratif krom banyolarına alternatif olarak krom içermeyen yöntemler de önerilmektedir. Bunlar arasında elektrolitik nikel kaplama, elektrolitik nikel dışı kaplama, elektrosuz kaplama gibi teknikler bulunmaktadır. Ayrıntılı bilgi için bakınız: [31]</p> <p>Altı değerlikli krom kaplamalarda vakum buharlaştırıcı ile süzüntü suyundan (drag-out) krom geri kazanımı için bakınız: [32]</p>
Ekonomik boyut	<p>Üç değerlikli krom kullanılması durumunda iyon değiştirici sistemlere ihtiyaç vardır. Ayrıca temel kimyasallar altı değerlikli krom kaplamaya göre daha pahalıdır. Ancak üç değerlikli krom ile %30'a varan enerji tasarrufu yapılabildiği gibi katı atık bertaraf ve arıtma maliyetleri de düşmektedir [5].</p>

MET	<i>Banyolardan Taşınan Süzüntü Sularının (Drag-in/Drag-out) En Aza İndirgenmesi</i>
Kaynaklar	[5][6][25][28][29][33][34]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri 11 01 11* Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları 11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Başta durulama işlemi olmak üzere tüm adımlar
Açıklama	<p>Banyoların arasında taşınan süzüntü sularının mümkün olan en alt seviyede tutulması önemlidir. Bir önceki işlemin ardından iyi durulama yapılmaması durumunda proses çözeltileri, parçaların üzerinde taşınan kimyasallarla kirlenebilmektedir (drag-in). Ayrıca yıkama banyolarından proses banyolarına taşınan yıkama suları banyoları seyrelterek ömürlerini kısaltmaktadır [5][33]. Bu durum önlenmesi için yıkama işlemleri iyileştirilmesi (bakınız: <i>Durulama işleminin verimliliğinin artırılması</i>) ya da yıkama sonrası hava bıçağı gibi ekipmanların kullanılması ile parçaların üstünden mümkün olduğu kadar suyun uzaklaştırılması tercih edilebilir [5][28].</p> <p>Bir sonraki banyoya taşınan süzüntü sularının (drag-out) azaltılması, banyo kimyasallarının durulama tanklarına taşınarak bu aşamada kaybolmasını, gereken durulama suyu miktarının azalmasını, hammadde giderlerinin düşürülmesini, takip eden aşamalarda kalite kontrol ve bakım ile ilgili sorunların azalmasını ve durulama sularından kaynaklanan çevresel problemlerin azaltılmasını sağlamaktadır. Ancak hatırlatılmalıdır ki, tanklar arası taşınımın tamamıyla önlenmesi mümkün değildir [5]. Taşınımın azaltılması ile ilgili aşağıdaki öneriler aşağıdaki şekilde sıralanabilir. Bu öneriler gözden geçirilirken tesis içi uygulamalar göz önünde bulundurulmalı ve tesis için uygun olabilecek seçenekler değerlendirilmelidir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>Ardışık tanklarda birbiriyle uyumlu kimyasalların kullanılması</u>: sıyırma ve kaplama öncesi aktivasyon için aynı kimyasalların kullanılması gibi [5]</li> <li>○ <u>Kaplanan malzemenin en geniş yüzeyi dikey, en uzun yüzeyi yatay konumda kalacak şekilde yerleştirilmesi</u>: [5][25][28]</li> <li>○ <u>Kaplanan malzemenin eğimli bir şekilde yerleştirilmesi</u>: [5][28]</li> <li>○ <u>Malzemelerin tanklardan düşük hızlarda çıkarılması ve bu sayede kimyasalların ya da durulama sularının tanklara geri damlaması için zaman verilmesi</u> [5][6][25][34]: Tahliye süresinin 3 saniyeden 10 saniyeye çıkarılmasının taşınan çözelti miktarını %40 azalttığı bildirilmektedir [33]. Tahliye süreleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [28].</li> <li>○ <u>Drenaj levhalarının yerleştirilmesi</u>: Eğer tanklar ardışık olarak yerleştirilmemiş ise tanklar arasında konumlandırılmış eğimli levhalar, çözeltilerin tanka geri aktarılmasını sağlayacaktır [5][25][33].</li> <li>○ <u>Banyo sıcaklıklarının yükseltilmesi</u>: çözeltilerin viskozitesini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınımı azaltmaktadır [5][25][28][33][34].</li> <li>○ <u>Banyoların mümkün olan en düşük konsantrasyonda işletilmesi</u> - özellikle taze çözeltilerin konsantrasyonlarının en düşük seviyede tutulması ve konsantrasyonların gerekirse zamanla artırılması: çözeltilerin viskozitesini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınımı azaltmaktadır [5][25][28][29][33][34].</li> <li>○ <u>Yüzey aktif maddeler kullanılması</u>: yüzey gerilimini azaltarak daha az taşınım gerçekleşmesine neden olmaktadır [28][29][34].</li> <li>○ <u>Proses banyoları ile durulama arasına taşınan çözeltilerin geri kazanımı için</u></li> </ul>

## Metal Kaplama Sektörü

	<p><u>tanklar yerleştirilmesi</u>: Bu tanklara durulama suyunun akışı sürekli olmadığı için durağan durulama tankları da denmektedir. Kaplanan malzeme durulama tankından önce bu tanklara batırılmaktadır. Bir süre sonra bu tanklardaki kimyasal konsantrasyonları çok yükseldiği için tanklar proses banyolarını tazelemek için kullanılabilir hale gelmektedir [6][33][34]. Durağan durulama tankları proses tanklarından hemen önce ya da hemen sonra kullanılmalıdır. Bu uygulama eko-durulama olarak da adlandırılmaktadır [5][28].</p>
Ekonomik boyut	<p>Yukarıda sıralanan pek çok tekniğin uygulaması kolay ve maliyeti düşüktür. Genel olarak geri ödeme süreleri kısadır. Tanklar arası taşınımın engellenmesi sayesinde gerçekleşen daha az kimyasal kullanımı kaplama maliyetinde düşüş sağlamaktadır. Ayrıca arıtma maliyetlerinde de düşüş olmaktadır [33].</p>

MET	<i>Durulama İşleminin Verimliliğinin Artırılması</i>
Kaynaklar	[25][28][29][33][35][36][37][38][39][40][41][42][43]
Hedef Atıklar	11 01 11* Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama suları
Uygun Olduğu Proses	Durulama işlemleri
Açıklama	<p>Durulama suları ile ilgili izlenecek yöntemler iki başlık altında toplanabilir. Bunlarda ilki kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması, ikincisi ise durulama suyu geri kazanımıdır.</p> <p><u><i>Durulama suyu miktarının azaltılması</i></u></p> <p>Kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması ile ilgili uygulanabilecek teknikler aşağıdaki gibidir.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <u><i>Parçaların durulama tankına birden fazla batırılması</i></u>: Parçaların durulama tankına birden fazla batırılması, bir kere batırılıp tank içinde çalkalanmasından daha etkilidir. Kaplanan malzemenin durulama banyosuna iki kere batırılması, bir kere batırılmasına göre süzüntü suyunun önlenmesinde 16 kat daha etkilidir [28][29].</li><li>○ <u><i>Mümkün olan en küçük boyutta durulama tankları kullanılması</i></u>: [29]</li><li>○ <u><i>Tank verimliliğinin artırılması</i></u>: Su giriş ve çıkışlarının zıt şekilde yerleştirilmesi (karşılıklı ve altlı üstlü olarak), durulama verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca girişe yerleştirilebilecek perdeler, dağıtıcılar ya da difüzörler tank içinde karıştırma sağlamaktadır [28][29].</li><li>○ <u><i>Ters akım prensibiyle durulama</i></u>: Ters akışlı yıkamada kaplanan parça ile durulama suyu ters yönere akmaktadır. Malzeme ilk tankta en temiz durulama suyu yerine en kirli durulama suyu ile temasa girer ve tanklarda ilerledikçe gitgide daha temiz banyolara girer. Bu şekilde temiz su ilk tankta malzemenin en kirli haliyle temas etmediği için paralel akıma kıyasla daha az kirlenir ve su daha etkin bir şekilde kullanılmış olur. Bu yöntem ile %90'dan fazla su tasarrufu yapılabileceği bildirilmektedir [28][29]. (Ters akışlı sistemin sağlayacağı su tasarrufuna dair hesap için bkz: [28]). Ters akışlı durulama uygulaması sırasında dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi tanklarda iyi bir karışım sağlanması gereksinimidir [35]. Bu nedenle, tank verimliliğini artıran tekniklerin uygulanması gerekmektedir.</li><li>○ <u><i>Reaktif durulama</i></u>: Kaplamanın bir aşamasında açığa çıkan durulama sularının başka bir durulama tankında değerlendirilmesidir. Örneğin asidik durulama suları, alkali temizlik sonrası yapılan durulamada [29] ya da çinko klorür ve nikel kaplama durulama suları, kaplama öncesi hidroklorik asidin durulanmasında [33][36] kullanılabilir.</li><li>○ <u><i>Sprey durulama</i></u>: Bu yöntem ile durulamada kullanılan su miktarı azaltılabileceği gibi proses banyolarından taşınan süzüntü suyu tanklara geri döndürülebilir [29]. Sprey durulama ile daldırmalı durulmaya oranla %10 - 25 arasında daha az su kullanıldığı bildirilmektedir [33]. Dolayısıyla bu yöntemin sağladığı su tasarrufu ters akışlı durulama kadar yüksek değildir. Ancak süzüntü sularının tanklara geri dönüştürülmesinde daha etkilidir (Taşınım %75 oranında engellenebilmektedir) [33]. Bunun yanında sprey durulama zamandan ve mekandan da tasarruf sağlar [25]. Sprey durulama iki şekilde gerçekleştirilebilir; proses tankının üzerinde ya da ayrı bir tankta. Proses</li></ul>

	<p>tankının üzerinde sprey durulama yapıldığı durumda kullanılan durulama suyu, su dengesinin sağlanması için proses tankından taşınan ya da ısıtılmış tanklar için buharlaşma ile kaybolan sıvı miktarına eşit olmalıdır [5][25]. Sprey durulama ayrı tankta yapıldığı durumda ilk aşama durulama görevi görür ve ilerleyen zamanda tankta biriken durulama suyu proses suyunu beslenmesi için kullanılabilir [5]. Devirdaim yapan sprey durulama sistemi örneği için bakınız: [25]. Uygulama sırasında metodun kaplanan parçalara uygunluğu değerlendirilmelidir.</p> <p><u>Durulama suyunun geri kazanımı</u></p> <p>Durulama sularına uygulanabilecek diğer yöntemler geri kazanım ile ilgilidir. Bu sayede su tasarrufu sağlanabileceği gibi artırılması gereken atıksu miktarı da azalmaktadır [5]. Bu amaçla aşağıdaki teknikler kullanılabilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ İyon değiştiriciler: Katyonik ve anyonik iyon değiştiriciler yardımıyla durulama suları prosese geri döndürülebilmektedir. Ancak bu sistem kuvvetli oksitleyiciler, yüksek konsantrasyonda organik maddeler ve metal siyanür komplekslerinin varlığında kullanılamamaktadır [5][37]. Ayrıca derişik durulama sularının geri kazanımı için iyon değiştiricilerin çok sık rejenere edilmeleri gerekmektedir. Durulama sularında kirleticiler bulunduğu durumda sisteme aktif karbon gibi organiklerin uzaklaştırılması sağlayacak bir eklenti yapılması gerekmektedir [5]. Örnek durulama suyu geri kazanımı uygulaması için bakınız: [38]. Durulama sularından iyon değiştiriciler yardımıyla metal (çinko, nikel, bakır ve kadmiyum) geri kazanımı da mümkündür [39].</li> <li>○ Ters ozmoz: Bu sistem hem durulama suyunun hem de durulama sularında kimyasalların geri kazanımı için kullanılabilir. Ters ozmoz ile kimyasal geri kazanımı nikel (sülfamat, floroborat, parlak nikel), bakır (asit ve siyanür), çinko (asit) ve kromat kaplamada uygulanmaktadır. Beslenen sudaki organikler, sertlik, oksitleyiciler ve askıda katı maddeler, membranda tıkanmalara sebep olabilmektedir. Ayrıca yüksek ve düşük pH'a sahip sular da membranların bozulmasına yol açabilmektedir [5]. Asit sıyırma durulama sularının ters ozmoz ve iyon değiştiricilerden oluşan bir sistem ile geri kazanımı İsveç'te bir tesiste uygulanmış ve sonuçta durulama suyu ile atılan nitrat (nitrik asit olarak geri dönüştürülmek üzere) %60 oranında azaltılmıştır. Ayrıca kullanılan durulama suyu miktarı %75 ve durulama suyunun nötralizasyonu için kullanılan kalsiyum hidroksit miktarı %25 oranında düşürülmüştür. Bunun karşılığında nötralizasyon sonucu oluşan çamur da %20 azalmıştır [37].</li> <li>○ Membran prosesleri: Durulama suyu geri kazanımı için ters ozmoz dışında ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyonun da kullanılması mümkündür. Bu sistemler sadece metal içerikli durulama suları için değil yağ alma işlemi durulama suları için de kullanılmıştır [40]. Membranların diğer işlemler ile birlikte kullanımı için bakınız: [41][42].</li> <li>○ Elektrolitik yöntemler (electrowinning/electrodialysis): Bu yöntemler genel olarak durulama suyundan metal geri kazanımı için kullanılmaktadır [43].</li> </ul>
Ekonomik boyut	<p>Durulama suyunun geri kazanımı ile ilgili yöntemler su tasarrufu ve artılan atıksu miktarının düşmesi sayesinde ekonomik kazanç sağlamaktadır. Bu kazançlar geri kazanım yöntemlerinin maliyetleri ile karşılaştırılmalıdır.</p>



MET	<i>Mevcut Yağ Alma İşleminin İyileştirilmesi</i>
Kaynaklar	[6][29][44]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi için aşağıdaki uygulamalardan faydalanılabilir:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <u>Tesise giren yağ miktarının azaltılması</u>: Yağ alma atıklarını önlemenin veya azaltmanın en kolay yollarından biri tesise parçalar üzerinde gelen yağın azaltılmasıdır [6].</li><li>○ <u>Yağ alma işleminin optimize edilmesi</u>: Yağ alma işleminin kontrolü için sıcaklık ya da indirgen kimyasalların konsantrasyonları gibi parametrelerin kontrol edilmesi önerilmektedir. Bu sayede yağ alma banyolarının ömrü uzamaktadır. Ayrıca temizlenen parça ile yağ alma çözeltilisinin temasının iyileştirilmesi de işlemin etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca kademeli yağ alma da uygulanabilecek metotlar arasındadır [6].</li><li>○ <u>Tankların üstünün örtülmesi</u>: Buharlı yağ alma kullanıldığı durumda uçucu organik kirleticilerin emisyonlarının düşürülmesi için tanklarının üstünün örtülmesi önerilmektedir [29][44].</li></ul>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

<b>MET</b>	<b>Alternatif Yağ Alma İşlemlerinin Uygulanması</b>
Kaynaklar	[6][25][29][44][45]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>En sıklıkla uygulanan yağ alma yöntemlerinden biri klorlu çözücülerin kullandığı bir daldırma tankını takip eden buharlı yağ alma işlemidir [25][44]. Genellikle trikloroetilen (TCE) ve perkloroetilen (PERC)'dir [44]. Ancak bu çözücülerin insan sağlığı ve çevre üzerinde zararlı etkileri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle alternatif yağ alma kimyasallarının kullanılması önerilmektedir. Klorlu çözücülere alternatif olarak nafta gibi alifatik kimyasalların kullanılması mümkündür [25]. Bunun yanında aşağıdaki gibi sıralanan alternatif yöntemler de mevcuttur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Su bazlı temizleyicilerin kullanılması:</b> Alkali ve asidik kimyasallar, su ve yüzey aktif maddelerinden oluşan yağ alma çözeltileri su bazlı temizleyiciler olarak sınıflandırılmaktadır [44]. Klorlu çözücülerin kullandığı buharlı yağ alma işlemine alternatif olarak su bazlı temizleyicilerin kullanılması önerilmektedir [29]. Alkali çözeltiler genel olarak yağ ve diğer organik kirleticilerin uzaklaştırılması için kullanılırken asidik çözeltiler asit sıyırma işleminde oksidasyon ürünleri ve tortuların temizlenmesinde kullanılır. Alkali kimyasalların toksisitesinin daha düşük olması ve kimyasal olarak artılabilmesi nedeniyle bu yöntemin uygulanması önerilmektedir [25][29]. Ayrıca yağ içeriğinin ayrılmasının ardından bu kimyasalların yeniden kullanımının mümkün olduğu bildirilmektedir [25][44]. Bu amaçla sıyırıcılar (banyo ömrünü 2 - 4 kat uzatmaktadır), santrifüj (banyo ömrünü 16 kata kadar uzatmaktadır) ve mikro ve ultrafiltrasyonun (banyo ömrünü 10 - 20 kat uzatmaktadır) kullanılabilmesi bildirilmektedir [6]. Alkali temizleyicilerin kullanıldığı durumda durulama aşaması önem kazanmaktadır [44]. Ancak klorlu çözücüler kadar olmasa bile alkali çözeltilerin içinde bulunması olası yüzey aktif maddeler, inhibitörler ve kompleks yapıcı maddeler çevresel problemlere neden olabilmektedir [44].</li> <li>○ <b>Ultrasonik temizleme:</b> Bu yöntem, temizleme çözeltilisine yüksek frekanslı ses dalgalarının uygulanmasını ve bu sayede oluşan kavitasyon etkisi ile parçaların temizlenmesini içerir. Ses dalgaları çözeltiliye uygulandığı zaman sıvı içerisinde yüksek ve alçak basınç alanları oluşur. Vakum oluşan alanlarda kaynama noktası düşer ve mikroskobik kabarcıklar oluşur. Ses dalgalarının hareketi ile aynı alanda yüksek basınç oluştuğunda bu kabarcıklar patlar. Bu durum mikroskobik ölçekte parça üzerinde çok yüksek sıcaklıkların ve basıncın oluşmasına neden olur. Bu sayede parçanın üzerindeki kirleticiler uzaklaştırılır [44][45]. Bu yöntem özellikle diğer metotlarda ulaşılamayan küçük boşluklara sahip parçalar üzerinde etkindir. Ayrıca sadece yağ değil inorganik kirleticilerin uzaklaştırılmasında da işlevseldir. Ek olarak çok daha düşük konsantrasyonlarda temizleyici kullanımına olanak sağlamaktadır. Yatırım maliyetleri yüksek olsa da kimyasal kullanımında gerçekleşen tasarruf sayesinde geri ödeme süresi kısadır. Bu teknik uygulanırken dikkat edilmesi gereken bir nokta, parçaların tamamen suya batması gerekliliğidir. Dolayısıyla tank hacimlerinin buna göre belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca elektrik</li> </ul>

	<p>gereksinimi nedeniyle büyük parçaların temizlenmesi ekonomik olmayabilmektedir [45].</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <u>Elektrolitik temizleme</u>: Bu yöntem alkali çözeltiler varlığında ters, doğrudan ya da periyodik olarak uygulanan ters akım ile parçalar üzerindeki toprağın uzaklaştırılmasını ve metal yüzeyin aktive edilmesini içermektedir [44].</li><li>○ <u>Biyolojik yağsızlaştırma</u>: Mikroorganizmaların yardımıyla yağın uzaklaştırılmasını kapsar. Bu sayede banyo ömrü sınırsız hale gelmekte ve atık olarak işlem sonunda kanalizasyon sistemine deşarj edilebilecek biyolojik çamur çıkmaktadır. Çözelti içerisinde mikroorganizmaların büyümeleri için gerekli fosfatlar, silikatlar, bazik, iyonik olmayan ve katyonik maddeler bulunur. Tanka hava ve karıştırma uygulanır. İşletim sıcaklığı 37°C'dir. İşlem sonunda mikroorganizmalar sistemden lamella ayırıcısı ile uzaklaştırılır [6].</li></ul>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

## 6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI

Sektörden kaynaklanan tehlikeli atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumda, atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda (**Tablo 5 - 7**) proses atıkları, yan proseslerden kaynaklanan atıklar ve proses dışı atıklar için uygun olan teknolojiler gösterilmektedir. Bu tablolarda atıkların dört ana işleme uygunlukları değerlendirilmiştir. Bunlar geri kazanım, ön işlem, yakma ve düzenli depolamadır. Bazı atıklar birden fazla işlem için uygun olabilmektedir. Bu durumda atık hiyerarşisi göz önünde bulundurulmalı ve öncelik sırasıyla geri kazanım, ön işlem, yakma ve son olarak düzenli depolamaya verilmelidir. Aşağıda da görüleceği gibi bazı atıkların sıralanan işlemlere ardışık olarak tabi tutulması da mümkündür. Bu tablolarda verilen bilgilerin okuyucuya rehberlik etmeyi amaçladığı ve gerçek uygulamaların tesislerden kaynaklanan atıklar, tesis içi uygulamalar ve sözü geçen teknolojilerin mevcut olmalarına göre değişiklik gösterebileceği unutulmamalıdır.

Geri kazanıma ait kolonda geri kazanılabilir atıklar için kullanılacak geri kazanım işlemleri Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-B’de listelenen R kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-B’ye göre R kodları aşağıdaki geri kazanım işlemlerine karşılık gelmektedir [4]:

- o R1: Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma
- o R2: Solvent (çözücü) ıslahı/yeniden üretimi
- o R3: Solvent olarak kullanılmayan organik maddelerin ıslahı/geri dönüşümü (kompost ve diğer biyolojik dönüşüm prosesleri dahil)
- o R4: Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü
- o R5: Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
- o R6: Asitlerin veya bazların yeniden üretimi

- o R7: Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
- o R8: Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı
- o R9: Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer yeniden kullanımları
- o R10: Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
- o R11: R1 ile R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- o R12: Atıkların R1 ile R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- o R13: R1 ile R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların ara depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Bertaraf yöntemleri, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-A'da listelenen D kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-A'ya göre D kodları aşağıdaki bertaraf yöntemlerine karşılık gelmektedir:

- o D1: Toprağın altında veya üstünde düzenli depolama (örneğin, düzenli depolama ve benzeri)
- o D2: Arazi ıslahı (örneğin, sıvı veya çamur atıkların toprakta biyolojik bozulmaya uğraması ve benzeri)
- o D3: Derine enjeksiyon (örneğin, pompalanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu ve benzeri)
- o D4: Yüzey doldurma (örneğin, sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması ve benzeri)

## Metal Kaplama Sektörü

- o D5: Özel mühendislik gerektiren düzenli depolama (çevreden ve her biri ayrı olarak izole edilmiş ve örtülmüş hücresel depolama ve benzeri)
- o D6: Deniz/okyanus hariç bir su kütesine boşaltım
- o D7: Deniz yatakları dahil deniz/okyanuslara boşaltım
- o D8: D1 ile D7 ve D9 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan ve bu ekin başka bir yerinde ifade edilmeyen biyolojik işlemler
- o D9: D1 ile D8 ve D10 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan fiziksel-kimyasal işlemler (örneğin, buharlaştırma, kurutma, kalsinasyon ve benzeri)
- o D10: Yakma (Karada)
- o D11: Yakma (Deniz üstünde)
- o D12: Sürekli depolama (bir madende konteynerlerin yerleştirilmesi ve benzeri)
- o D13: D1 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
- o D14: D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
- o D15: D1 ile D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

**Tablo 5. Prosese özel atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri**

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
11 01 05*	✓ R4/R6	✓ D9/R12			Gerek geri kazanım gerek ön işlem altında sınıflandırılmış olmuş olsun, günümüzde yaygın olarak uygulanan yöntemlerin bir çoğu asit ya da metal geri kazanımına yöneliktir. Bu durumun dışında kalan uygulamalardan biri asit nötralizasyonudur. Ancak bu yöntem bertarafı problemli, yüksek miktarda çamur oluşumuna sebep olmaktadır [4][50]. Sıyırma asitlerinden asit ve metal geri kazanım yöntemlerinin tanıtımı için bkz: Bölüm 5. Geri kazanım yöntemleri sonucu ortaya çıkan tehlikeli çamurlar ve işlem artıkları depolama sahalarına gönderilmelidir.
11 01 06*					
11 01 07*	✓ R4/R6	✓ D9/R12			Sıyırma asitlerinde olduğu gibi sıyırma bazlarında da öncelik geri kazanım verilmelidir. Ancak geri kazanım uygulanmadığı durumda nötralizasyon ile arıtım yapılmalı ve ortaya çıkan çamurlar depolama sahalarına gönderilmelidir.
11 01 08*	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	Fosfatlama çamurunun çimento yapımında değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar mevcuttur [51]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumda bu çamurların susuzlaştırılmaları veya katılaştırılmaları gerekmektedir. Daha sonra depolama sahalarına gönderilmeye uygun hale gelebilirler.
11 01 09*	✓ R3/R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	Özellikle metal içeriğinin yüksek olduğu durumlarda geri kazanım fırsatları değerlendirilmelidir. Metal içeriği yüksek çamurlarda elektrolitik yöntemler kullanılarak metal geri kazanımı uygulanabilir [29]. Bu atıkların depolamaya gönderilmeden önce susuzlaştırılmaları gerekebilir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız: [52] Siyanür içeren atıkların geri kazanımı ve arıtımı için bakınız: [53]
11 01 10	✓ R3/R4/R5	✓ D9/R12		✓ D1	
11 01 11*	✓ R4/R5/R6/R9	✓ D9/R12			Durulama sularının geri dönüşümü önceliklidir. Süzüntü sularından vakum buharlaştırıcı ile nikel geri kazanımı için bakınız: [54] Bu atıklarda su fazını ayırmak ve nötralize etmek için çöktürme/flokülasyon ve filtreleme işlemleri uygulanabilir. Metal içeren durulama sularının da metalin giderimi için tartarat, fosfat, EDTA ve amonyak yerine sodyum sülfat ve demir sülfat kullanımı önerilmektedir [29].
11 01 12					

<sup>1</sup> Tehlikeli atık ön işlem uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [47]

<sup>2</sup> Tehlikeli atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [48]

<sup>3</sup> Tehlikeli atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [49]

## Metal Kaplama Sektörü

Atık Kodu	Uygunluk			Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>	
11 01 13*	✓ R1/R9	✓ D9/R12	✓ D10	Yağ alma atık sularının arıtımından önce yağ içeriğinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla ultrafiltrasyon kullanılabileceği bildirilmektedir. Daha sonra atık su kireç ya da hidroklorik asit kullanılarak nötralize edilmeli ve filtreden geçirilmelidir. Ortaya çıkan çamur susuzlaştırıldıktan sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Gerek ön işlem sonucu oluşan gerekse yağ giderme tanklarının temizlenmesinden kaynaklanan yağlı çamurlar ise yakıt olarak değerlendirilebilir [6].
11 01 14				
11 01 15*	✓ R5/R7	✓ D9/R12		Öncelikle geri kazanım araştırılmalı yoksa ön işlem uygulanmalıdır. Ön işlem artıkları depolamaya gönderilebilir. Sıyırma asitlerinin iyon değiştiricilerden geçirilmesinden kaynaklanan atıkların geri kazanımı ve arıtılması ile ilgili deneysel çalışmalar için bkz: [55]
11 01 16*	✓ R1		✓ D10	Bitik iyon değiştiriciler yakmaya gönderilmelidir.
11 03 01*	✓ R1	✓ D9/R12	✓ D10	Mümkün olduğu ölçüde siyanür içermeyen kaplama banyolarının kullanılması önceliklidir [56][57][27]. Siyanür içeren kaplama atıkları alkali klorlama, çeşitli oksidasyon yöntemleri (elektrokimyasal, UV, ısı yöntemlerle ve hidrojen peroksit ve ozon ile) ve asit hidrolizi ile arıtılabilir [58].
11 03 02*				Atıkların içeriğine bakılıp geri kazanım ve bertaraf yöntemlerine ona göre karar verilmelidir.

- D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.



**Tablo 6 Yan proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri**

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
08 01 11*	✓ R1/R2/R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Mümkün olduğu durumlarda çözücülerin geri kazanımı önceliklidir. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir. Alternatif olarak organik içeriğinden dolayı bu atıklar yakılabilir.
08 01 12	✓ R1/R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği'ne göre bu atıkların geri kazanımı sağlanabilir [60]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda, düzenli depolanarak bertaraf edilmelidir.
08 01 13*	✓ R1/R2/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Organik içeriği nedeniyle bu atıkların yakmaya uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Aksi takdirde düzenli depolamaya gönderilebilir. Her iki koşulda da öncelikle susuzlaştırma gerekip gerekmediğine bakılmalıdır.
08 01 14	✓ R1	✓ D9/R12		✓ D5	Yakmaya uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Aksi takdirde düzenli depolamaya gönderilebilir. Her iki koşulda da öncelikle susuzlaştırma gerekip gerekmediğine bakılmalıdır.
08 01 15*	✓ R1/R2/R5	✓ D9/R12	✓ D10		Öncelikle çözücü geri kazanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Sulu çamurlar kalorifik değerine göre yakmaya gönderilse öncelikle mutlaka susuzlaştırılmalıdır. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.
08 01 16	✓ R1	✓ D9/R12			
08 01 17*	✓ R1/R2/R5	✓ D9/R12	✓ D10		Organik çözücü içeren boya sökme atıkları kalorifik değerine göre yakma ya da düzenli depolamaya gönderilebilir. Sıvı içeriği yüksek olan atıklarda faz ayrımı ya da susuzlaştırma ile arıtım gerçekleştirilmelidir. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.
08 01 18	✓ R1	✓ D9/R12			
08 01 19*	✓ R1/R2/R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10		Sulu süspansiyon halindeki bu atıklardan solvent geri kazanımı olasılığı araştırılmalıdır. Mümkün değilse koagülasyon ve çöktürme işlemi ile süspansiyon arıtılmalı çıkan çamur susuzlaştırıldıktan sonra kalorifik değerine göre yakma ya da depolamaya gönderilmelidir. Solvent içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.
08 01 20	✓ R1	✓ D9/R12			
08 01 21*	✓ R1/R2	✓ D9/R12	✓ D10		Atığın fiziksel kimyasal özelliklerine göre ön işlem, kalorifik özelliklerine göre yakma alternatifi değerlendirilebilir. Bunların uygun olmadığı durumda atıklar depolanmalıdır.
12 01 01	✓ R4				Demir geri kazanımı yapılır.
12 01 02	✓ R4				Demir geri kazanımı yapılır.
12 01 03	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.
12 01 04	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.
12 01 05	✓ R3	✓ D9/R12	✓ D10		Gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra plastik geri kazanımı yapılabilir. Plastiklerin yakılmasıyla ilgili gerekli şartları sağlamaları koşuluyla yakılabilir.
12 01 06*	✓ R1		✓ D10		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar kesinlikle uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır.

## Metal Kaplama Sektörü

Atık Kodu	Uygunluk			Notlar	
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>		
12 01 07*	✓ R1/R3/R9	✓ D9/R12	✓ D10	Bu atıkların tesis içerisinde sıyrıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkzn: [61]	
12 01 08*	✓ R1		✓ D10	Halogen içerikleri nedeniyle bu atıklar kesinlikle uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [62][63]	
12 01 09*	✓ R1/R3/R9	✓ D9/R12	✓ D10	Bu atıkların tesis içerisinde sıyrıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Ayrıca metal işleme sıvılarının elektrokoagülasyon ile arıtımı, biyolojik olarak arıtımı ve mikrodalga - kızılaltı ışınlarla arıtımı için bakınız: [64][65][66]. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkzn: [61].	
12 01 10*					
12 01 12*	✓ R1/R9		✓ D10	Öncelikle geri kazanım alternatifi değerlendirilmeli uygun olmadığı takdirde yakılmalıdır.	
12 01 14*	✓ R1/R3/R4/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Bu çamurlar susuzlaştırılmaya ya da faz ayırımına tabi tutulmalıdır. Yağ içeriği yakmaya gönderilebilir. Arıtım artıkları ve yakılamayan kısım düzen depolamaya gönderilmelidir.
12 01 15	✓ R1/R3/R4/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	
12 01 16*	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	Metal kumlama malzemeleri genellikle peletleme gibi ön işlemlerden sonra ikincil metalürji için ya da çelikhanelerde geri kazanım yapılır. Kalan kısım depolanmaya gönderilmelidir [8].
12 01 17	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	
12 01 18*	✓ R4/R9	✓ D9/R12	✓ D10	Metal ve yağ bileşenlerinin geri kazanımı araştırılmalıdır. Bu çamurların susuzlaştırılması gerekebilir. Yağ fazı yakmaya gönderilebilir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız: [52]. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkzn: [61].	
12 01 19*	✓ R9	✓ D9/R12	✓ D10	Yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanım mümkün değilse biyolojik olarak kolay bozunabilen yağlar olduğu için arıtım ya da kalorifik değeri yeterliyse yakma uygulanabilir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][67]	
12 01 20*	✓ R3/R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	Öğütme malzemelerinin geri dönüşüm olasılığı incelenmelidir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız: [52]. Aksi takdirde depolanmaya gönderilebilir [8].
12 01 21	✓ R3/R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	

- D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

**Tablo 7 Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri**

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
13 01 09*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda ya da yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][67]
13 01 10*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 01 11*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 01 13*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 04*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 07*	✓ R1/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Gerri kazanım (enerji geri kazanımı dahil) önceliklidir. Gerri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıkların biyolojik olarak arıtılma olanakları araştırılmalı bunlar uygun olmadığı durumda atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][67]
13 02 08*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Gerri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][67]
13 03 07*	✓ R1/R9		✓ D10		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkzn [61]. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [62][63]
15 01 10*	✓ R1/R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [8]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*	✓ R1/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Temizleme malzemeleri, filtreler ve giysilerin kirlilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Çoğunluğun inorganik olduğu durumlarda depolanmaya gönderilmelidir [8].
16 01 07*	✓ R1/R4		✓ D10		Yağ filtreleri yakıt olarak değerlendirilebilir ve eğer içinde metal bileşenler bulunuyorsa geri kazanılabilmektedir.
16 01 14*	✓ R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10		Antifirizin organik ya da anorganik içeriğine göre bileşenlerin geri kazanımı önceliklidir. Mümkün olmadığı durumlarda arıtma ve yakmaya gönderilmelidir.
16 01 15	✓ R1/R3/R5	✓ D9/R12	✓ D10		
16 02 13*	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	İskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun geri kazanım yöntemi seçilmelidir [8]. Sınıflandırma ve geri dönüşüm yapılmalı, geriye kalanlar yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir [8].
16 02 14	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	İskarta ekipmanların bileşenlerine göre geri kazanım yöntemi seçilmelidir. Gerri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda düzenli depolama veya yakma yöntemi seçilmelidir [8].
16 02 15*	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	İskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun geri kazanım yöntemi seçilmelidir [8]. Sınıflandırma ve geri dönüşüm yapılmalı, geriye kalanlar yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir [8].
16 05 06*	✓ R2/R6	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Laboratuvar kimyasallarının geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. İkinci seçenek olarak basit fiziksel kimyasal arıtma işlemleri ile arıtım uygulanmalıdır. Aksi takdirde bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.
16 05 07*	✓ R2/R6	✓ D9/R12			Gerri kazanım olanakları araştırılmalıdır. Aksi takdirde ıskarta anorganik kimyasal arıtmaya tabi tutulmalı, tehlikeli arıtma çamurları susuzlaştırma sonrası düzenli depolamaya gönderilmelidir.
16 05 08*	✓ R2/R6	✓ D9/R12	✓ D10		Organik kimyasallar için geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. Bu kimyasallar uygun şekilde arıtmaya tabi tutulmalıdır. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için

## Metal Kaplama Sektörü

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
					ayrıntılı bilgiye [59]'den ulaşılabilir. Kalorifik değer ve su içeriği göz önüne alınarak bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.
16 05 09*	✓ R2/R6	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Bu atıklara öncelikle kimyasal temizlikle ön işlem uygulanmalı daha sonra geri kazanım seçenekleri değerlendirilmelidir. Organik içeriği nedeniyle yakma seçeneği de uygulanabilir.
16 06 01*	✓ R4/R5				Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılamayan parçalar daha sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [52][71]
16 06 02*	✓ R4/R5			✓ D5	
16 06 06*	✓ R4/R5	✓ D9/R12			Atık elektrolitler nötrale edilmelidir.
18 01 03*		✓ D9	✓ D10		Geri kazanım ve mekanik arıtım yapılamaz. Sadece dezenfeksiyon uygulanabilir. Bunun dışında yakmaya gönderilmelidir. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için bakınız: [68]. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [69]'de bulunabilir.
20 01 21*	✓ R4/R5/R13			✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [52][70]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.
20 01 26*	✓ R1/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmalıdır. Uygulanmadığı durumda yakılmalıdır.
20 01 27*	✓ R1	✓ D9/R12	✓ D10		Organik içerikleri sebebiyle enerji üretimi amacıyla yakılabilmektedirler.
20 01 28	✓ R1	✓ D9/R12	✓ D10		
20 01 33*	✓ R4/R5	✓ D9/R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılamayan parçalar daha sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [52][71]
20 01 35*		✓ D9/R12		✓ D5	Iskarta ekipmanları tehlikeli bileşenlerden ayırmak için ön işlem uygulanmalıdır. İçeriklerine göre geri kazanım seçeneği değerlendirilmelidir.
20 01 36		✓ D9/R12		✓ D5	

- D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

## 7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Bu kılavuzda kaplama sektöründen kaynaklanan tehlikeli atıkların tanımlanması, önlenmesi/azaltılması, geri kazanımı ve bertarafı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu başlıklar ile ilgili olarak daha ayrıntılı bilgilere aşağıdaki kaynaklardan ulaşılabilir:

- o Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü resmi internet sitesi.

URL: <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=birimler>

Bu siteden yürürlükte olan mevzuata, tehlikeli atık taşıma, geri kazanım ve bertaraf için lisans almış firmaların listelerine ve duyurulara ulaşmak mümkündür.

- o IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry ve IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics.

URL: <http://eippcb.jrc.es/reference>

Bu doküman kaplama prosesleri, sektörden kaynaklanan emisyonlar ve MET hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.

- o Tehlikeli Atık Sınıflandırma Kılavuzu. URL:

[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_1-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_1-03_04_2012.pdf)

[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_2-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf)

[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_3-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_3-03_04_2012.pdf)

Bu doküman özellikle “M” kodlu atıkların sınıflandırılmalarını kolaylaştırmak için hazırlanmıştır. Tüm “M” kodlu atıklar için atık bilgi formları oluşturulmuş ve atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

- o Basel Sekretaryası teknik rehberleri:

URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>

Bu web sitesinde genel atık gruplarının yönetimi ile ilgili bilgilerin yanı sıra çeşitli geri kazanım, ön işlem ve bertaraf yöntemleri ile ilgili rehberler mevcuttur.

- o Tehlikeli Atık Beyan Formu, Atık Üreticileri için Kullanım Kılavuzu, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı.

URL: <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/eduardosya/TABSkilavuz2013.pdf>

## Metal Kaplama Sektörü

Bu web sitesinde atık üreticilerinin atıklarını beyan ederken kullanacakları TABS arayüzünün kullanımına ilişkin bilgiler mevcuttur.

Metal kaplama sektör kılavuzunun hazırlanması sırasında yararlanılan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

- [1] Bursa Sanayi ve Ticaret Odası Organize Sanayi Bölgesi, Bursa Çevre Merkezi. Aylık Bülten
- [2] Yılmaz Ö. (2006). Hazardous Waste Inventory of Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [3] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Sanayi Veritabanı. Erişim tarihi: 25.05.2011. URL: <http://www.tobb.org.tr/BilgiHizmetleri/Sayfalar/SanayiVeritabanı.aspx>
- [4] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2009). Metal Kaplama Galvanizasyon Rehber Doküman, Erişim Tarihi: 20.04.2011. URL: [http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Belgeler/kilavuzlar/metal\\_kaplama\\_galvanizasyon.pdf](http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Belgeler/kilavuzlar/metal_kaplama_galvanizasyon.pdf)
- [5] European Commission. (2006). IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment and Metals.
- [6] European Commission. (2001). IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry.
- [7] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 29314, 02.04.2015.
- [8] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2009). Tehlikeli Atık Sınıflandırma Kılavuzu, Cilt 2. Erişim Tarihi: 20.04.2011. URL: [https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_2-03\\_04\\_2012.pdf](https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf)
- [9] Sartor M., Buchloh D., Rögener F., Reichardt T. (2009). Removal of iron flourides from spent mixed acid pickling solutions by cooling precipitaton at extreme temperatures, Chem. Eng. Jour., 153, 50-55
- [10] Kladnig W.F. (2003). A review of steel pickling and acid regeneration: an environmental contribution. International Journal of Materials and Product Technology, 19 (6), 550 - 561
- [11] Agrawal A., Sahu K.K. (2009). An overview of the recovery of acid from spent acidic solutions from steel and electroplating industries. Journal of Hazardous Materials, 171, 61 – 75

- [12] Marañón E., Fernández Y., Suárez F.J., Alonso F.J., Sastre H. (2000). Treatment of acid pickling baths by means of anionic resins. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39, 3370 – 3376.
- [13] Negro C, Blanco M.A., López-Mateos F., DeJong A.M.C.P., LaCalle G., Van Erkel J., Schmal D. (2001). Free acids and chemicals recovery from stainless steel pickling baths. *Separation Science and Technology*, 36 (7), 1543 – 1556.
- [14] Kladnig, WF. (2008). New development of acid regeneration in steel pickling plants, *J of Iron and Steel Inter.*, 15,41-6.
- [15] Regel M., Sastre A.M., Szymanowski J. (2001). Recovery of Zn (II) from HCl spent pickling solutions by solvent extraction, *Env. Sci and Tech.* , 35,630-635.
- [16] Paquay E., Clarinval A.M., Delvaux A., Degrez M., Hurwitz H.D. (2000) *Chemical Engineering Journal*, 79, 197 – 201. Ve Kerney U. (1994) Treatment of spent pickling acids from hot dip galvanizing. *Resources, Conservation and Recycling*. 10, 145 – 151.
- [17] Kerney U. (1994) Treatment of spent pickling acids from hot dip galvanizing. *Resources, Conservation and Recycling*. 10, 145 – 151.
- [18] Kumar M.S., Ghare N.Y., Vaidya A.N. & Bal A.S. (1998) Recovery of acid from pickling liquors. *Environmental Engineering Sciences*, 15 (4), 259 – 263
- [19] Agrawal A., Kumari S., Ray B.C., Sahu K.K. (2007). Extraction of acid and iron values from sulphate waste pickle liquor o a steel industry by solvent extraction route, *Hydrometallurgy*, 88, 58-66.
- [20] Cierpiszewski R., Miesiac I., Regel-Rosocka M., Sastre A.M., Szymanowski J. (2002) Removal of Zn (II) from spent hydrochloric acid olutions from zinc hot galvanizing plants, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41, 598-603.
- [21] Ortiz I., Bringas E., San Román M.F. ve Utiaga A.M. (2004). Selective separation of zinc and iron from spent pickling solutions by membrane-based solvent extraction. *Process viability*, 39,2241-2455.
- [22] Agrawal A., Kumari S., Sahu K.K. (2009). Iron and copper recovery/removal from industrial wastes: A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48, 6145 – 6161.
- [23] Lopez-Delgado A., Alguacil F.J. ve Lopez F.A. (1997). Recovery of iron from bio-oxidized sulphuric pickling waste water by precipitation as basic sulphates, *Hydromet*, 45, 97-112.

- [24] Özdemir T., Öztin C., ve Kıncal N.S. (2006). Treatment of waste pickling liquors: Process synthesis and economic analysis. *Chemical Engineering Communications*, 193 (5), 548 – 563
- [25] California Department of Toxic Substances Control. (1993). Hazardous Waste Minimization Checklist and Assessment Manual for the Metal Finishing Industry. Erişim tarihi: 24.05.2011. URL: [http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/P2\\_SB14MetalFinishingChecklist.pdf](http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/P2_SB14MetalFinishingChecklist.pdf)
- [26] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Plating Processes. Erişim: 17.07.2011. URL: [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/manuals/finishing/plating.htm](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/plating.htm)
- [27] United States Environmental Protection Agency. (1994). Guide to Cleaner Technologies Alternative Metal Finishes. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.p2pays.org/ref/02/01052.pdf>
- [28] Environmental Initiatives in Indigenous Industry. Best Practices in Metal Plating and Finishing. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.envirocentre.ie/includes/documents/MetalFinishing.pdf>
- [29] USAID. 3.4G Metal Finishing: Cleaner Production Fact Sheet and Resource Guide. Erişim tarihi: 24.05.2011. URL: [http://www.usaid.gov/our\\_work/environment/compliance/ane/ane\\_guidelines/metalfinishing.pdf](http://www.usaid.gov/our_work/environment/compliance/ane/ane_guidelines/metalfinishing.pdf)
- [30] Freeman H.M. (1995). *Industrial Pollution Prevention Handbook*. McGraw-Hill. USA.
- [31] Northeast Waste Management Officials' Association. (2003). Pollution Prevention Technology Profile Trivalent Chromium Replacements for Hexavalent Chromium Plating. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.newmoa.org/prevention/p2tech/TriChromeFinal.pdf>
- [32] DeDietrich Process Systems. (1995). Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11943&lang=en&module=media&action=Display>
- [33] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Rinsing. Erişim: 17.07.2011. URL: [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/manuals/finishing/rinsing.htm](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/rinsing.htm)



- [34] Babu B.R., Bhanu S.U., Meera K.S. (2009) Waste minimization in electroplating industries: A review. *Journal of Environmental Science and Health Part C: Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 27 (3) 155 – 177.
- [35] DeDietrich Process Systems. (1995). *Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing*. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11946&lang=en&module=media&action=Display>
- [36] European Commission. (1998). *Clean Technologies for Waste Minimization Final Report*. Belgium.
- [37] Schmidt B., Wolters R., Kaplin J., Schneiker T., Lobo-Reico M.A., López F., López-Delgado A., Alguacil F.J. (2007). Rinse water regeneration in stainless steel pickling. *Desalination*, 211, 64 – 71.
- [38] Hosea M., Kostura J. (2007). Rinse water reuse pays off for West coast plating facility. *Metal Finishing*, 24. Erişim tarihi: 20.06.2011. URL: [www.metalfinishing.com](http://www.metalfinishing.com)
- [39] Koivula R., Lehto J., Pajo L., Gale T., Leinonen H. (2000). Purification of metal plating rinse water with chelating ion exchangers. *Hydrometallurgy*, 56, 93 – 108.
- [40] Qin J.J., Oo M.H., Wong F.S. (2006). Pilot study on the treatment of spent solvent cleaning rinse in metal plating. *Desalination*, 191, 359 – 364.
- [41] Wong F.S., Qin F.F., Wai M.N., Lim A.L., Adiga M. (2002). A pilot study on a membrane process for the treatment and recycling of spent final rinse water from electroless plating. *Separation and Purification Technology*, 29,41 – 51.
- [42] Christensen E.R., Delwiche J.T. (1982). Removal of heavy metals from electroplating rinsewaters by precipitation, flocculation and ultrafiltration. *Water Research*, 16, 729 – 737.
- [43] Bolger P.T., Szig D.C. (2002). Electrochemical treatment and reuse of nickel plating rinse waters. *Environmental Progress*, 21 (3), 203 – 208.
- [44] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. *Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pre-finishing Operations*. Erişim: 23.06.2011. URL: [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/manuals/finishing/prefinop.htm](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/prefinop.htm)

- [45] United States Environmental Protection Agency. (1994). Guide to Cleaner Technologies Cleaning and Degreasing Process Changes. Erişim tarihi: 22.07.2011. URL: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r93017/625r93017.pdf>
- [46] Barakat M.A. (2003). The pyrometallurgical processing of galvanizing zinc ash and flue dust. Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, 55 (8), 26 – 29.
- [47] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste Physico-Chemical Treatment Biological Treatment. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d8d9.pdf>
- [48] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Incineration on Land. Erişim tarihi: 19.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d10.pdf>
- [49] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d5.pdf>
- [50] Negro C., Blanco M.A., Lopez-Mateos F., DeJong A.M.C.P., LaCalle G., Van Erkel J., Schmal D. (2001). Free acids and chemicals recovery from stainless steel pickling baths. Separation Science and Technology, 36 (7), 1543 – 1556.
- [51] Doğan Ö., Karpuzcu M. (2010). Recovery of phosphate sludge as concrete supplementary material. CLEAN – Soil, Air, Water, 38 (10) 977 – 980.
- [52] Secreteriat of the Basel Convention. (2004). Basel Convention Technical Guidelines on the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds (R4). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/r4-e.pdf>
- [53] United States Environmental Protection Agency. (2000). Capsule Report: Managing Cyanide in Metal Finishing. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: [http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/CN\\_Capsule.pdf](http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/CN_Capsule.pdf)
- [54] DeDietrich Process Systems. (1995). Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11945&lang=en&module=media&action=Display>

- [55] Ma P., Lindblom B., Björkman B. (2005). Experimental studies on solid-state reduction of pickling sludge generated in the stainless steel production. *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 34, 31 – 40.
- [56] Multilateral Investment Guarantee Agency. Environmental Guidelines for Electroplating Industry. Erişim tarihi: 21.06.2011. URL: <http://www.miga.org/documents/ElectroplatingIndustry.pdf>
- [57] LaGrega M.L., Buckingham P.L., Evans J.C. (1994). Hazardous Waste Management. McGraw-Hill, USA.
- [58] United States Environmental Protection Agency. (2000). Capsule Report: Managing Cyanide in Metal Finishing. Erişim tarihi: 22.06.2011. URL: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/30004TAD.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=625R99009%20or%20EPA%20or%20Capsule%20or%20Report%20or%20Managing%20or%20Cyanide%20or%20Metal%20or%20Finishing%20or%20EPA%20or%20R%20or%20December&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=pubnumber%5E%22625R99009%22&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=pubnumber&IntQFieldOp=1&ExtQFieldOp=1&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5CTxt%5C0000016%5C30004TAD.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=10&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL#>
- [59] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste from the Production and Use of Organic Solvents. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y6.pdf>
- [60] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği. Resmi Gazete Tarihi: 20.06.2014.
- [61] Secreteriat of the Basel Convention. Basel Convention Technical Guidelines on Waste Oils from Petroelums and Sources. Erişim tarihi: 21.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y8.pdf>
- [62] Secreteriat of the Basel Convention. Updated Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Polychlorinated

- Terphenyls (PCTs) or Polybrominated Biphenyls (PBBs). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-PCBs.pdf>
- [63] Secreteriat of the Basel Convention. Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.pdf>
- [64] Bensadok K., Benammar S., Lopicque F., Nezzal G. (2008). Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminum plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 423 – 430.
- [65] van der Gast C.J., Knowles C.J., Starkey M., Thompson I.P. (2002). Selection of microbial consortia for treating metal-working fluids. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29, 20 – 27.
- [66] Kuo C.H., Lee C.L. (2010). Treatment of oil/water emulsions using seawater-assisted microwave radiation. *Separation and Purification Technology*, 74, 288 – 293.
- [67] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Usel Oil Re-Refining or Other Reuses of R-Previously Used Oil. Erişim tarihi: 21.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-r9.pdf>
- [68] Secreteriat of the Basel Convention. (2004). Draft guidance paper on hazard characteristics H6.2 (infectious substances). Erişim tarihi: 19.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/11a1r1e.pdf>
- [69] Secreteriat of the Basel Convention. (2003). Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf>
- [70] United States Environmental Protection Agency. (2009). Flourescent lamp recycling. Erişim Tarihi: 22.04.2011. URL: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/wastetypes/universal/lamps/lamp-recycling2-09.pdf>
- [71] Secreteriat of the Basel Convention (2003). Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries. Erişim tarihi: 18.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>

Bu döküman; Prof. Dr. Ülkü Yetiş'in (Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği) yönetici olarak görev yaptığı; Prof. Dr. İsmail Toröz (İTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü), Doç. Dr. S. Zehra Can (Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Y.Doç. Dr. Salim Öncel (Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü) ve Dr. Özgür Doğan'ın (TÜBİTAK MAM) yürütücü olarak görev aldıkları, Prof. Dr. Tanju Karanfil'in (Clemson University, Environmental Engineering and Earth Sciences Department) danışman olarak görev yaptığı, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın müşteri kurum olduğu, TÜBİTAK tarafından desteklenen 107G126 nolu, "TÜRKİYE'DE AVRUPA BİRLİĞİ ÇEVRE MEVZUATI İLE UYUMLU TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ" projesi kapsamında hazırlanmıştır. Projede yer alan kurumlar aşağıdaki ekiplerle çalışmışlardır.

### **ODTÜ**

Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Prof. Dr. Celal F. Gökçay, Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü, Y. Doç. Dr. Emre Alp, Dr. Özge Yılmaz, Nur Çakır, Gülnur Ölmez, Çisem Yiğit, Volkan Çağın

### **CLEMSON University**

Prof. Dr. Tanju Karanfil

### **İTÜ**

Prof. Dr. İsmail Toröz, Prof. Dr. Fatoş Germirli Babuna, Prof. Dr. Kadir Alp, Edip Avşar, Onur Özcan

### **Marmara Üniversitesi**

Doç. Dr. S. Zehra Can, Prof. Dr. Barış Çallı, Doç. Dr. Bülent Mertoğlu, Yrd. Doç. Dr. Orhan Gökyay, Arş. Gör. Deniz Akgül, Burcu Yazıcı, Burcu Yazıcı

### **GYTE**

Doç. Dr. Mehmet Salim Öncel, Doç. Dr. Nihal Bektaş, Doç. Dr. Güleda Engin, Doç. Dr. Cengiz Yatmaz, Dr. Senem Bayar, Dr. Mahir İnce, Lalehan Akbulut, Yasemin Çalışkan, Neslihan Erdem

### **TÜBİTAK MAM**

Dr. Özgür Doğan, Dr. Burcu Uyuşur, Volkan Pelitli, Sinem Erdoğan, Hatice Merve Başar



**T.C.  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI**

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı  
[www.csb.gov.tr/gm/cygm](http://www.csb.gov.tr/gm/cygm)