



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

SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

GALVANİZ KAPLAMA

SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

GALVANİZ KAPLAMA

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 hazırlanmıştır.

ODTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü
2016, Ankara

Proje Yöneticisi:

Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Galvaniz Sektörü Grubu

Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Çevre Y. Müh. Elif Küçük

Çevre Müh. Dilara Danacı

Proje Ekibi:

Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü

Y.Doç. Dr. Derya Dursun Balcı, Y.Doç. Dr.Evrım Çelik

Çevre Y. Müh. Mert Erkanlı, Çevre Y. Müh. Elif Küçük, Çevre Y. Müh. Tolga Pilevneli

Çevre Müh. Ecem Bahçelioğlu, Çevre Müh. Sarp Çelebi, Çevre Müh. Dilara Danacı, Çevre Müh. Cansu Demir, Çevre Müh. Kumru Kocaman, Çevre Müh. Pelin Yılmaz, Çevre Müh. Özge Yücel, Çevre Müh. Ruken D. Zaf

Danışman: Prof. Dr. Tanju Karanfil, Clemson University, Environmental Engineering and Earth Sciences Department, A.B.D.

İÇİNDEKİLER

1.0 GİRİŞ.....	5
2.0 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜ	7
3.0 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER	9
3.1 ELEKTRO GALVANİZ KAPLAMA	9
3.2 SICAK DALDIRMA GALVANİZ KAPLAMA.....	10
4.0 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR ..	15
4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI.....	15
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI	26
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ	29
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI.....	67
7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR.....	83

1.0 GİRİŞ

Sektörel Atık Yönetimi Kılavuzları dizisi, sanayi kaynaklı atıkların tanımlanması, doğru şekilde sınıflandırılması, atıkların önlenmesi/azaltılması ve uygun şekillerde geri kazanımı/bertarafı için öncelikle, atık üreticilerine ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) teşkilatına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmaktadır. İlk dizisi, “LIFE06 TCY/TR/000292 HAWAMAN - Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi”, ikinci dizisi “TÜBİTAK-KAMAG, 107G126, Türkiye’de Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı İle Uyumlu Tehlikeli Atık Yönetimi” projesi kapsamında hazırlanan sektörel kılavuzlarla;

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

hedeflenmektedir.

ÇŞB tarafından desteklenen ve 2016 yılında gerçekleştirilen “Endüstriyel Atıkların Sektörel Yönetimi Kapsamında Atık Üretim Faktörlerinin Belirlenmesi ve Sektör Kılavuzlarının Hazırlanması” başlıklı proje kapsamında, üçüncü dizi olarak aşağıda sıralanan sektörler için Sektörel Atık Yönetimi Kılavuzları hazırlanmıştır:

- Boya üretimi
- Deri sektörü
- Boyama-vernikleme
- Metal kaplama-galvanizleme

- Tekstil ve hazır giyim sektörü
- Ağaç, ağaç ürünleri ve mobilya imalatı sektörü
- Ham petrol işleme
- Petrokimya
- Termik santraller
- Birincil/ikincil alüminyum üretimi
- Akü geri kazanımı

NACE Rev.2 Ekonomik Faaliyet Sınıflaması sistemine göre “25.61 – Metallerin işlenmesi ve kaplanması” kategorisinde olan galvaniz kaplama ya da galvanizleme sektörünü ele alan bu kılavuz kapsamında; öncelikle, sektörde uygulanan olan süreçler ele alınmış, daha sonra bu süreçlerde atık üretimine neden olan noktalar belirlenmiş ve bu atıkların sınıflandırılmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Ardından, galvaniz sektöründe uygulanabilecek atıkların önlenmesi ve azaltılması uygulamaları 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 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜ

Dayanıklılığın fazla olması sebebiyle farklı biçimlerdeki demir ve çelik, inşaat ve yapı sektörünün önemli bir girdisidir. Mühendislik uygulamalarında daha yeni ve gelişmiş malzemeler geliştiriliyor olsa da demir ve çelik, otomobillerde, cihazlarda, araç ve gereçlerde ve makinalarda hala ana yapı malzemesidir.

Demir ve çelik malzemeler buldukları atmosferik ortamdan etkilenecek zaman içinde korozyona uğramaktadır. Malzemelerin oksitlenmesi sonucu oluşan korozyon, görüntü bozukluğunun yanında metallerin aşınmasına, yapısal ve mekanik özelliklerini yitirmesine de yol açmaktadır [1].

Metalleri dış etkilerden korumak için yüzeye çeşitli koruyucu yöntemler uygulanmaktadır. Katodik koruma, anodik koruma, inhibitör eklemesi, koruyucu ve metalik kaplama çeliğin korunmasında ve korozyona uğramasının engellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Metalik kaplama, yüzeyin yapı ve özelliklerini değiştirerek; sadece korozyona karşı dayanıklılık değil; görünüş, aşınmaya karşı dayanıklılık, elektrik iletkenliği ve lehimlenebilirlik gibi özellikler açısından da iyileştirme sağlamaktadır [3].

Metalik kaplamada yaygın olarak çinko ve nikel kullanılırken; kadmiyum, bakır, tunç, kalay, krom, altın, pirinç ve gümüş metalleri de kullanılmaktadır. Çinko kaplamada, farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Bunlar; sıcak daldırma galvaniz kaplama (kesikli ya da sürekli), elektro galvaniz kaplama, çinko püskürtme, mekanik kaplama ve çinko açısından zengin boya kullanımınıdır. Sayılan türler arasında "sıcak daldırma galvaniz kaplama"; dayanıklılık, şekil alabilirlik, hafiflik, yüksek korozyon rezistansı, düşük maliyet ve geri dönüştürülebilirlik gibi üstün özellikleri nedeniyle öne çıkmaktadır [2].

Türk demir çelik sektörü, son 15 yıllık süreçte kapasite ve üretim artış hızı açısından önde gelen ülkelerden biri olmuştur. 2000 yılında 20 milyon ton civarında olan ham çelik üretim kapasitesi, yassı ve yapısal çeliğe dönük yatırımların ivme kazanmasıyla birlikte, 2013 yılı sonunda 50 milyon ton

düzeyine ulaşmıştır. Bu artışa paralel olarak, Türkiye dünya ham çelik üretimi sıralamasında 17. sıradan 8. sıraya yükselmiştir. Demir-çelik sektöründe yaşanan bu gelişmeler, Türkiye’de 50 yıllık bir geçmişe sahip galvaniz kaplama sektörünü de dolaylı olarak iyi yönde etkilemektedir [4]. Ülkemizde galvaniz kaplama oranları, Avrupa ülkelerine göre düşük olmasına rağmen, galvaniz kaplama kalitesi tüm dünyada kabul görmektedir. 2011 yılı verilerine göre ülkemizde toplam kapasiteleri 2 milyon ton civarında olan 34 adet sıcak daldırma galvaniz kaplama firması bulunmaktadır [5].

3.0 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Galvaniz kaplama iki yöntemle uygulanmaktadır: elektro galvaniz kaplama ve sıcak daldırma galvaniz kaplama. Elektro galvaniz kaplama yönteminde; kaplanacak malzeme, hazırlanan çözelti içerisine daldırılan elektrotlardan katoda bağlanırken, anoda da çinko bağlanmakta; verilen akım sayesinde anottan kopan çinko kaplanacak malzemenin yüzeyine yapışmaktadır [6]. Sıcak daldırma galvaniz kaplamada ise, kaplanacak demir ya da çelik malzeme doğrudan erimiş çinko banyosuna daldırılarak yüzey çinko ile kaplanmaktadır.

Galvaniz kaplama temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; kaplama yapılacak yüzeyin hazırlanması ve galvanizlemedir. Kendi içerisinde farklı aşamalardan oluşan yüzey hazırlama, ürün kalitesine önemli oranda etkilediğinden galvaniz kaplamanın önemli bir aşamasını teşkil etmektedir. Kaplama sonrasında uygulanan pasivasyon işlemi ise, galvanizlemenin bir diğer aşamasını oluşturmaktadır.

3.1 ELEKTRO GALVANİZ KAPLAMA

Elektro galvaniz kaplama ya da çinko kaplama, daha çok küçük boyutlu parçalara uygulanmaktadır. Elektro galvaniz kaplama yönteminde, elektroliz prosesinde elektrolitin içerisine anot ve katot olmak üzere iki adet elektrot daldırılır. Anoda çinko (ya da kaplama metal), katoda ise kaplanacak malzeme bağlanır. Uygulanan elektrik akımı sayesinde, anottan kopan çinko iyonları katottaki kaplanacak malzemenin yüzeyine yapışır. Kaplamadan önce, yüzeyin uygulanan çeşitli işlemlerle temizlenmesi, kaplamaya hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Kaplamadan sonra ise, pasivasyon işlemi uygulanarak kaplamanın kalıcılığı sağlanmaktadır [6]. Elektro galvaniz kaplama yapan tesislerde kaplama kalitesini arttırmak ve kullanılan suyu yumuşatmak amacı ile membran ya da iyon değişim sistemleri ile su arıtımı yapılabilmektedir.

3.2 SICAK DALDIRMA GALVANİZ KAPLAMA

Sıcak daldırma galvaniz kaplama, kaplanacak malzemelerin sıvı çinko banyosuna daldırılması sonucu elde edilmektedir. İşlem sırasında, kaplanacak metal ve çinko arasında metalurjik bir reaksiyon gerçekleşmekte ve tüm yüzeyler aynı kalınlıkta çinko ile kaplanmaktadır [1]. Kaplama işleminden önce yüzey temizlenerek, kaplanacak malzemenin yüzeyindeki yağ ve gres kalıntıları, kirlilikler ve varsa daha önce oluşmuş olan korozyon giderilerek galvaniz kaplama işlemine hazır hale getirilmektedir. Yüzey temizlemesinin önemli bir proses aşaması olmasının bir başka nedeni de, çinko tamamen temiz olmayan çelik yüzeyi ile metalurjik olarak tepkimeye girememesi nedeniyle kaplamanın istenilen nitelikte gerçekleşmemesidir [2].

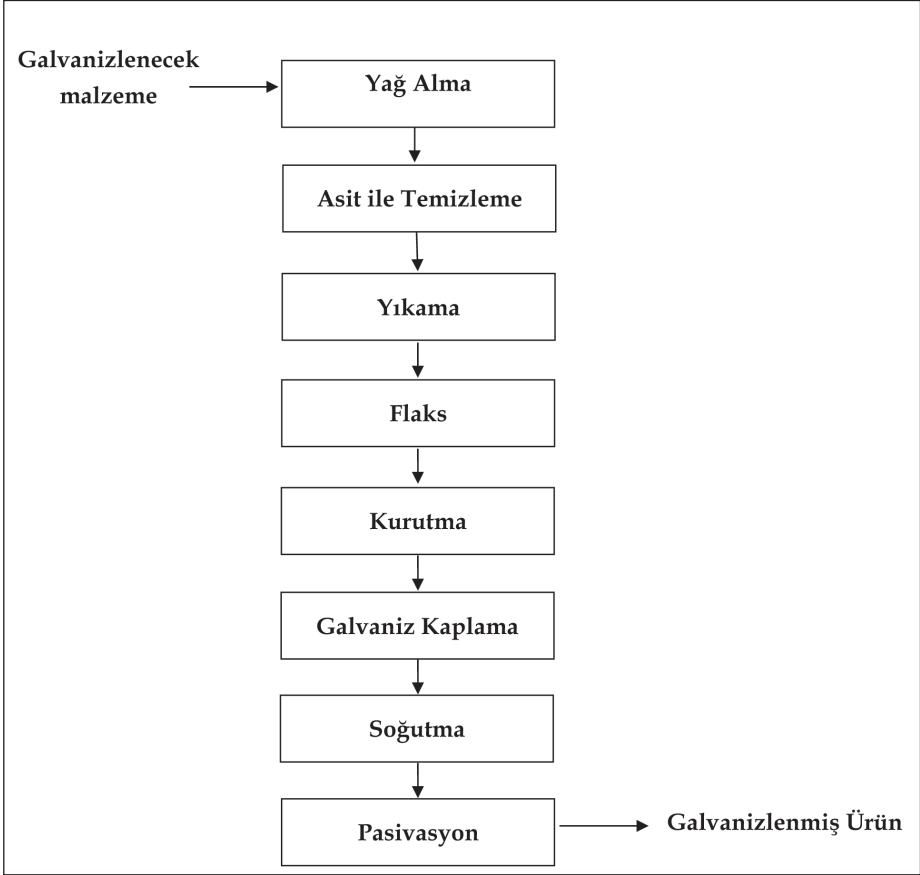
Sıcak daldırma galvaniz kaplama yöntemi ile kalın ve homojen yüzey çinko filmi oluşturulabilmektedir. Ayrıca, bu yöntem diğer yüzey kaplama yöntemlerine göre daha uzun ömürlü kaplama üretmektedir. Bu yöntemin daha düşük maliyetli olması diğer önemli bir avantajdır.

Galvaniz kaplama prosesine ait genel akım şeması **Şekil 1** 'de verilmiştir. Bu akım şeması, sıcak daldırma ve elektro galvaniz kaplama prosesleri için genel bir akım şeması olmakla birlikte, uygulanan işlemlerin sıralamalarında farklılıklar olabilir.

Yağ Alma

Galvaniz kaplamada ilk aşama yağ almadır. Kaplanacak metal ya da çelik malzeme, üzerindeki kirlilik, yağ ve gresi temizlemek için ilk olarak asidik ya da alkali banyoya daldırılmaktadır. Daha sonra, yağ alma banyosundan gelen kirlilikleri diğer temizleme banyolarına taşımamak için su ile yıkama uygulanmaktadır [7].

Galvaniz Kaplama



Şekil 1. Galvaniz kaplama prosesi akım şeması

Asit ile Temizleme

Kaplanacak malzeme yağdan arındırıldıktan sonra üzerindeki pasın (oksit tabakası) atılması için asit havuzuna daldırılarak, kimyasal temizleme uygulanır. Oksit tabakaları olan yerlerde, çinko ile reaksiyon gerçekleşmez ve bu bölgeler çinko ile kaplanmaz. Asit banyolarında, sıcak sülfürik asit veya oda sıcaklığında hidroklorik asit kullanılır. Asit ile yüzey temizleme

süresi hem asit banyosunun konsantrasyonuna hem de malzemedeki pas derecesine bağlı olarak değişmektedir [7]. Kimyasal temizlemeye alternatif olarak ya da ek olarak aşındırıcılı temizleme de uygulanabilir [8].

Yıkama

Yıkama aşamasında ise önceki adımlarda gerçekleştirilen kimyasal temizleme işlemlerinden sonra malzemenin yüzeyinde kalan kalıntıların sonraki aşamalara taşınmasını önlemek için su banyosuna daldırma işlemi uygulanır.

Flaks

Kimyasal temizleme ve su ile yıkamadan sonra uygulanan flaks kaplama, yüzey hazırlama aşamasının son adımıdır. Bu aşama, asit ile temizlemeden sonra malzeme yüzeyinde kalan küçük pas vb. kalıntıların temizlenmesini sağlar. Ergimiş çinko ile temas edecek yüzeyin temiz olduğundan emin olmak gerekmektedir. Flaks kaplaması, ilerleyen aşamalarda oksit oluşmasını da engellemektedir. Flaks, çinko klorür ve amonyum klorür karışımından oluşmaktadır [2, 8].

Flaks kaplama aşamasında farklı metotlar kullanılabilir. Flaksın su ile seyreltildiği banyonun içerisine malzemeler daldırılabilceği gibi; flaks, malzemeler üzerine sıvı olarak (spreyleme) ya da toz olarak kullanılabilir. Bir başka metot ise, flaksın eriyik çinko banyosunun yüzeyine eklenmesi ve malzemelerin kaplama esnasında flaks ile temas ettirilmesidir [7].

Bazı galvaniz kaplama tesislerinde flaks rejenerasyon işlemi de yapılmaktadır. Flaks rejenerasyon işleminin amacı, kullanılan flaksı tekrar kullanıma hazır hale getirmektir. Flaks rejenerasyon işlemi, filtreleme ve çöktürme proseslerini içerir.

Kurutma

Flaks banyosundan ıslak çıkan malzemeler bu aşamada kurutulur. Kurutma işlemi 120°C'de gerçekleştirilir. Zira flaks 150°C'de parçalanmaktadır [2]. Kurutma işleminin amacı sıçramaları, dolayısıyla çinko kaybını önlemektir.

Galvaniz Kaplama

Kaplanacak malzeme tamamıyla temizlendikten sonra galvaniz kaplamaya hazır hale getirilir. Sıcak daldırma galvaniz kaplamada kaplanacak malzeme %98 saflıkta ergitilmiş çinko içeren havuza daldırılır (**Şekil 2**). Banyo sıcaklığı 450 °C'de muhafaza edilir. Çinko çelikteki demir ile alaşım oluşturarak korozyona karşı koruma sağlar [2]. Malzeme çinko banyosundan ayrıldıktan sonra fazla çinko titreşimle ya da santrifüj ile uzaklaştırılır. Çinko banyosuna tipik daldırma süresi dört ile beş dakikadır. Fakat bu süre ağır malzemeler için daha uzun olabilir. Çünkü yüksek termal eylemsizliğe sahip olan malzemelerin içerisine çinkonun nüfuz etmesi daha zordur [9]. Kaplamanın koruma süresi ise kalınlığına bağlıdır. Elektro galvaniz kaplamada ise yüzey temizleme işlemlerinden sonra, ürün elektrolitlerin olduğu kazana getirilir. Kazanın içinde anoda çinko (Zn), katoda ise kaplanacak malzeme bağlanır. Uygulanan elektrik akımı sayesinde, anottan kopan çinko iyonları katottaki kaplanacak malzemenin yüzeyine yapışır.



Şekil 2. Sıcak daldırma galvaniz kaplama banyosu

Soğutma

Kaplamayı iyileştirmek için çinko ile kaplanan malzemeler suya daldırılarak ya da havada soğutulur.

Pasivasyon

Galvaniz kaplama gerçekleştirilmiş malzemeleri depolama ve taşıma aşamalarında korumak için pasivasyon prosesi uygulanır. Bu proses müşteri isteği doğrultusunda uygulanır. Pasivasyonun amacı, ilk altı haftada gerçekleşebilecek beyaz pas (çinko oksit ve çinko hidroksit) oluşumunu engellemektir [7]. Pasivasyon katmanı oluşturmak için çeşitli kimyasallar (krom bileşikleri, vb.) pasivasyonun gerçekleştirildiği banyo suyuna eklenir.

4.0 GALVANİZ KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan atıklar 3 ana sınıf altında incelenebilir.

- Proses atıkları
- Yan proses atıkları
- Proses dışı atıklar

Bu atıklar **Tablo 1'**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 (*) 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. *Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.*

Proses atıkları

Galvanizleme prosesinin doğası gereği, sektörden çıkan atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4'de verilen atık listesinde çeşitli başlıklar altında toplanmıştır. Bu listede tehlikeli atıklar "*" ile işaretlenmiştir. Prosesine özel atıkların listesi **Tablo 1'**de verilmiştir.

Tablo 1. Galvaniz Kaplama sektöründen kaynaklanan proses atıkları

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
11	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanması İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometalurji	
11 01	<i>Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyon, 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 11*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları	M
11 01 12	11 01 11 dışındaki sulu durulama sıvıları	
11 01 13*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M
11 01 14	11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları	
11 05	<i>Sıcak Galvanizleme İşlemleri Atıkları</i>	
11 05 01	Katı çinko	
11 05 02	Çinko külü	
11 05 04*	Iskarta flaks malzemeler	A

Galvaniz sektöründen kaynaklanan atıklar 11 01 kodlu “Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyon, Anotlama)”, 11 05 kodlu “Sıcak Galvanizleme İşlemleri Atıkları” başlıkları altında yer almaktadır.

11 01 05* kodlu “sıyırma asitleri (parlatma asitleri)” veya 11 01 07* kodlu “sıyırma bazları” sıyırma (dekapaj) banyolarından kaynaklanmaktadır. Bunlar genellikle sülfürik-hidroklorik-nitrik asit atıklarıdır [10]. Yukarıda da işaret edildiği üzere, galvaniz kaplama öncesi metal yüzeyindeki oksit tabakasının sıyırılması amacıyla uygulanan asit banyolarından kaynaklanmaktadır.

Galvaniz Kaplama

11 01 11* kodlu “tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları” başlıklı atık, prosesten 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. Bu atıklarda su fazını ayırmak ve nötralize etmek için çökeltme/flokülasyon ve filtreleme işlemleri uygulanabilir [10]. 11 01 12 kodlu “11 01 11 dışındaki sulu durulama sıvıları” ise 11 01 11* dışındaki sulu durulama sıvıları atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

11 01 13* kodlu “tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları” asidik veya bazik yağ giderme banyolarının yanı sıra, yağ giderme banyolarının yüksek miktardaki içeriği nedeniyle yağ giderme işlemlerinden sonraki durulama suları için de kullanılmaktadır. Standart dışı banyolar ya da tesisin bakım ve işletimi sonucu uzun süre beklemiş olan banyolar da 11 01 13* koduna dahil edilmektedir [10]. Ayrıca madeni yağların indirilmesinden kaynaklanan yağ temizleme sonrası durulama banyoları için de 11 01 13* kodlu atıklar kullanılmıştır. 11 01 14 kodlu “11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları” ise 11 01 13* dışındaki yağ alma atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

Sahada kül ve dros olarak geçen terimler ise 11 05 01 kodlu “katı çinko” ve 11 05 02 kodlu “çinko külleri” atıklar altında değerlendirilmektedir ve tehlikesizdir. Kül, galvaniz prosesinde çinko ocağının üstünden sıyrılan, çinko, demir, alüminyum ve çinko oksitten oluşan metalik bileşiktir. Dros da çelik ve çinkonun reaksiyonu sonucu, genel galvanizde oluşup kazan dibine çöken bir demir-çinko alaşımı olup, zaman zaman kazan dibinden temizlenir.

Yüzey temizlemeyi izleyen aşamalardan biri de flakslama işlemidir. Flakslamada amaç metal yüzeyinin galvaniz banyosuna gidinceye kadar oksitlenmesini engellemek ve kaplama kalitesini arttırmaktır. Saf çelik yüzeyinin, galvanizleme öncesi paslanmaması için flaks gereklidir. 11 05 04* kodlu “ıskarta flaks malzemeler” bu işlem sonucunda harcanan flaks malzeme atıklarıdır.

Yan proses atıkları

Yan proses atıkları kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde ana üretim prosesine ek olarak gerçekleştirilen faaliyetler sonucu olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır. Galvaniz kaplama sektöründe yan proseslerden kaynaklanması muhtemel atık listesi ve atık kodları **Tablo 2**'de verilmektedir.

Tablo 2. Galvaniz Kaplama sektöründen kaynaklanan yan proses atıkları

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
11	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanması İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometalurji	
<i>11 01</i>	<i>Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyon, Anotlama)</i>	
11 01 09*	Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri	M
11 01 10	11 01 09 dışındaki çamurlar ve filtre kekleri	
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
<i>11 05</i>	<i>Sıcak Galvanizleme İşlemleri Atıkları</i>	
11 05 03*	Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar	A
12	Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Şekillendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar	
<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	

Galvaniz Kaplama

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
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 13	Kaynak atıkları	
12 01 14*	Tehlikeli maddeler içeren işleme çamurları	M
12 01 15	12 01 14 dışındaki işleme çamurları	
12 01 16*	Tehlikeli maddeler içeren kumlama maddeleri atıkları	M
12 01 17	12 01 16 dışındaki kumlama maddeleri atıkları	
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	

Galvaniz kaplama sektörünün temel yan prosesleri, flaks rejenerasyonu, su ve gaz arıtımı ve metal işlemedir. **Tablo 2'**de verilen liste, yine Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4'den alınmış olup temel yan proses işlemleri için sıralanmış atıkların listesidir. Atık beyanı yapan üreticilerin, işletmelerinde bu yan işlem uygulanıyorsa bu tablo içinden kendileri için uygun olan atıkları seçerek atık beyanlarında göstermeleri gerekmektedir.

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 15* kodlu “membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar” ve 11 01 16 kodlu “doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri”, elektrogalvaniz kaplama yapan tesislerde, suyu yumuşatmak amacı ile membran ya da iyon değişim sistemleri kullanılması durumunda çıkması beklenen atıklardır. Bu atıksuyu yumuşatmak amacıyla kullanılan iyon değişim ya da membran sistemlerinden kaynaklanan çamurlar ve birçok kez kullanılmış işleme banyosu suyu içeren konsantrelerdir [10]. 11 01 16* kodlu “doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri” ise iyon değişim sisteminin kullanımı sonucu oluşan bitmiş iyon değişim reçineleridir.

11 05 03* kodlu “gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar”, sıcak daldırma galvaniz kaplama prosesinde yer alan çinko banyosunda oluşan gazlar için arıtım sistemi bulundurulması durumunda çıkması beklenen tehlikeli atıklardır.

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

Galvaniz Kaplama

tezgahında, delmede, kesmede talaş ve toz atıkları oluşabilmektedir [10].

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 [10].

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 [10].

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 işlemleri sırasında oluşabilecek kaynak atıklarıdır.

12 01 14* kodlu “tehlikeli maddeler içeren işleme çamurları” makine yağlayıcılarının filtrelenmesinden kaynaklanan atık çamurlardır [10].

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 taneciği), 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 inşa 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 ege talaşı ve döküntülerden kaynaklı yağ içeren çamurlardır [10].

12 01 19* kodlu “biyolojik olarak kolay bozunur işleme yağı”, metal yüzey işleme esnasında kullanılan 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 kullanılmayacak öğütme parçaları, öğütme tekerleri ve ezerek öğütme proseslerinden gelen kıymıklardır [10]. 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 sektörlerdence genel atık türlerini içeren 13 “Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları”, 15 “atık ambalajlar; başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler”, 16 “listede başka şekilde belirtilmemiş atıklar”, 17 “inşaat ve yıkım atıkları (kirlenmiş alanlardan çıkartılan hafriyat dahil)”, 18 “insan ve hayvan sağlığı ve/veya bu konulardaki araştırmalardan kaynaklanan atıklar (doğrudan sağlığa ilişkin olmayan mutfak ve restoran atıkları hariç)”, 20 “ayrı toplanmış fraksiyonlar dahil belediye atıkları (evlerden kaynaklanan ve benzer ticari, endüstriyel ve

Galvaniz Kaplama

kurumsal atıklar)" gibi sınıflar incelenmiştir. Ayrıca geçmiş yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na yapılan tehlikeli atık beyanları (TABS verileri), tesis çalışmaları ve literatür incelemeleri de göz önünde bulundurulmuştur. Atık beyanı veren atık üreticilerinin aşağıdaki genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıkları göstermeleri gerekmektedir. Proses dışı atıkların listesi **Tablo 3**'te verilmiştir.

Tablo 3. Galvaniz kaplama sektöründen kaynaklanan proses dışı atıklar

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
08	Astarlar (Boyalar, Vernikler ve Vitrikiye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar	
<i>08 03</i>	<i>Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</i>	
08 03 17*	Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri	M
08 03 18	08 03 17 dışındaki atık baskı tonerleri	
13	Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilenebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)	
<i>13 01</i>	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
<i>13 02</i>	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
13 02 05*	Mineral esaslı klor içermeyen motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
<i>13 03</i>	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları	A
<i>13 07</i>	<i>Sıvı Yakıtların Atıkları</i>	
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot	A

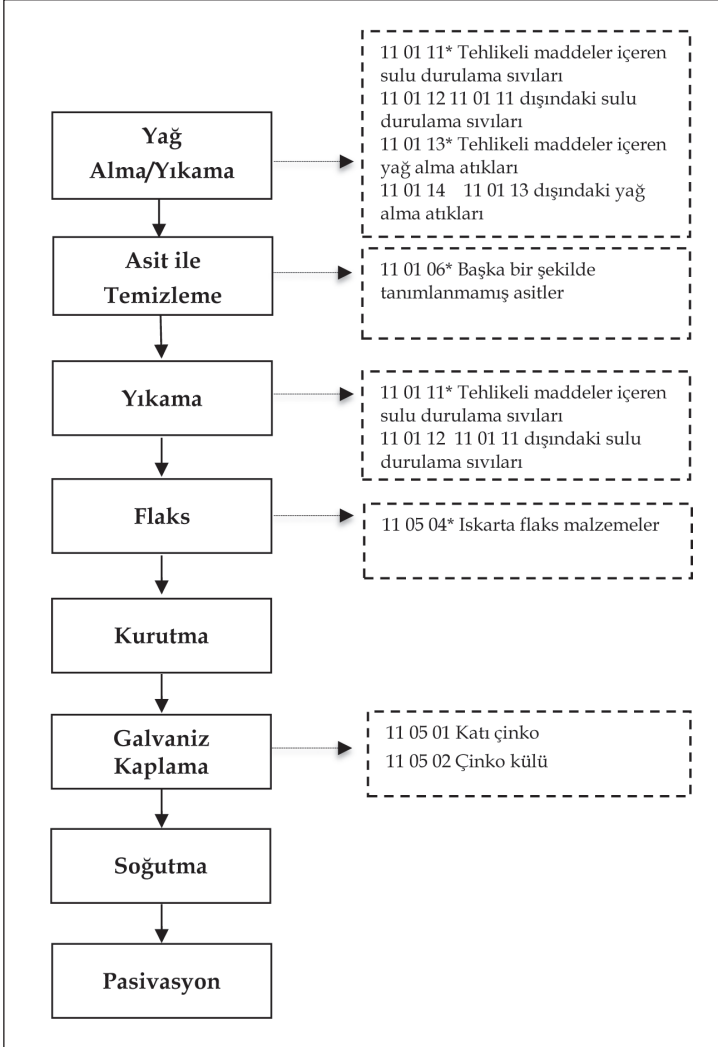
Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
15	Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler	
<i>15 01</i>	<i>Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)</i>	
15 01 01	Kağıt ve karton ambalaj	
15 01 02	Plastik ambalaj	
15 01 07	Cam ambalaj	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
<i>15 02</i>	<i>Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler</i>	
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
15 02 03	15 02 02 dışındaki emiciler, filtre malzemeleri, temizleme bezleri, koruyucu giysiler	
16	Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar	
<i>16 01</i>	<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 03	Ömrünü tamamlamış lastikler	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 01 17	Demir metaller	
16 01 18	Demir olmayan metaller	
<i>16 02</i>	<i>Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları</i>	
16 02 13*	16 02 09'dan 16 02 12'ye kadar olanların dışındaki tehlikeli parçalar içeren ıskarta ekipmanlar	A
16 02 14	16 02 09'dan 16 02 12'ye kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar	
<i>16 06</i>	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	

Galvaniz Kaplama

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A
16 06 02*	Nikel kadmiyum piller	A
16 07	Nakliye Tankı, Depolama Tankı ve Varil Temizleme İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar (05 ve 13 Hariç)	
16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M
18	İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
18 01 03*	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
18 01 04	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olmayan atıklar (örneğin sargılar, vücut alçıları, tek kullanımlık giysiler, alt bezleri)	
20	Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evlerden Kaynaklanan ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)	
20 01	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (1501 Hariç)</i>	
20 01 01	Kağıt ve karton	
20 01 21*	Floresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
20 01 25	Yenilebilir sıvı ve katı yağlar	
20 01 26*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	A
20 01 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkep, yapıştırıcılar ve reçineler	M
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler	
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03'un altında geçen pil ve akümülatör ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A
20 01 40	Metaller	

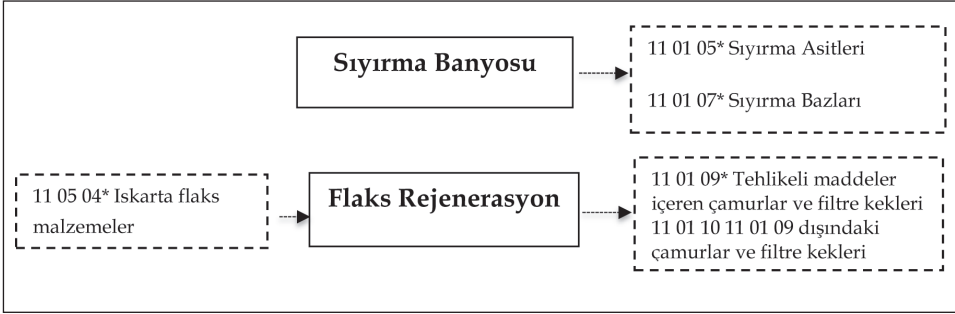
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Şekil 3’de proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3. Galvanizleme tesislerinde atık üretim noktaları

Her galvanizleme tesisinde olmasa da bazı tesislerde yağ alma banyosundan önce sıyırma işlemi ve flaks banyosundan çıkan kullanılmış flaksı geri kullanabilmek için flaks rejenerasyon işlemi yapılmaktadır.



Şekil 4. Sıyırma banyosu ve flaks rejenerasyon proses atıkları

Proses atıklarının üretim noktaları yukarıda verilmektedir. Bahsedildiği üzere; yan proseslerden kaynaklanan atıklar fiziksel yüzey işlemleri uygulanması sebebiyle meydana gelecektir. Proses dışı atıklar için ise; tüm yan işletmeler, yemekhane, ofisler ve revir gibi üniteler de göz önünde bulundurulurken incelenmelidir. Proses dışı atıkların incelenmesi için örnek bir kontrol listesi aşağıda verilmiştir. Ancak bu listenin tesis bazında genişletilmesi gerekebileceği unutulmamalıdır.

- 08 “Astarlar, Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından Kaynaklanan Atıklar”
 - 08 03 “baskı mürekkeplerinin imalat, formülasyon, tedarik ve kullanımından kaynaklanan atıklar” için yazıcıların kullanıldığı ofis ya da laboratuvar gibi alanlar
- 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
 - 13 01 “atık hidrolik yağlar” için tesis bünyesinde kullanılan hidrolik cihazlar

- 13 02 “atık motor, şanzıman ve yağlama yağları” için tesise ait tüm araçlar
- 13 03 “atık yalıtım ve ısı iletim yağları” için ısı yalıtımı amacıyla yağ ve türevlerinin kullanıldığı sistemler
- 13 07 “sıvı yakıtların atıkları” için tesiste kullanılıyorsa sıvı yakıtlara ait depolama tankları ve sıvı yakıt döküntüleri
- 15 “Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler”
 - Tesis içerisinde muhtelif noktalar
- 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
 - 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)
 - 16 02 “elektrikli ve elektronik ekipman atıkları” için tesisin muhtelif yerleri
 - 16 06 “piller ve akümülatörler” için üretim alanları, ofisler, yemekhane ve revir gibi alanlar ile tesise ait araçlar
 - 16 07 “nakliye tankı, depolama tankı ve varil temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıklar (05 ve 13 hariç)” için taşımada ve depolamada kullanılan tanklar ve temizlenen variller
- 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri
- 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları, ofisler ve yemekhaneler.

5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği incelendiğinde *atık hiyerarşisi* ana yaklaşımının altının çizildiği görülmektedir. **Şekil 5'**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 arıtma tesisleri ya da yakma fırınlarında işlem görmelidir. Bu aşamadaki en önemli hedef işlenen 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 5. 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 galvaniz sektörü proses atıklarını kapsamaktadır. Kapsamlı bir literatür taraması sonucu elde edilen Mevcut En İyi Teknikler (MET) **Tablo 4**'te sunulmaktadır. Galvaniz sektörü için önerilen MET'ler genellikle proses çıktılarının geri kullanımı ya da proses modifikasyonuna yöneliktir.

“Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği” Ek-4'de, atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılacak atıklar ile alternatif hammadde ve ek yakıt olarak kullanılacak atıkların listesi verilmektedir. Bu liste incelendiğinde, **Tablo 4**'te listelenen atıklardan 11 01 13*, 11 01 14 ve 11 05 04* kodlu atıkların bulunduğu görülmüştür. 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 ya da ek yakıt olarak, 11 05 04* kodlu “ıskarta flaks malzemeler” ise sadece atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılacağı belirtilmiştir. Fakat bunlar dışındaki atıklar için ise **Tablo 4**'te 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.

Tablo 4. Galvaniz sektörü için sunulan MET'ler

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
11 01 05*	Sıyırma asitleri (Parlatma asitleri)	A	Kademeli sıyırma	Atık miktarını azalır.	[12]
			Serbest asit geri kullanımı		[12][13] [14][15] [16][17]
			Kullanılmış asidin haricen yeniden kazanımı		[12][14] [18][19] [20][17]
			Kullanılmış asidin ikincil hammadde olarak geri dönüşümü		[12]
			Optimize edilmiş çalışma ve kontrol		[12]
			İnhibitör kullanarak harcanan sıyırma çözeltisi miktarını azaltma		[12]
			Aktive edilmiş dekapaj		[12]
			Kullanılmış Sıyırma Çözeltilisinin Geri Kullanımı		[12]
11 01 06*	Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler	A			
11 01 07*	Sıyırma bazları	A	Kademeli sıyırma	Atık miktarını azalır.	[12]

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
11 01 11*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları	M	Durulama işleminin verimliliğinin artırılması	Atık miktarını azaltır.	[21][22] [23][24] [25][26] [27][28] [29][30] [31][32]
			Banyolardan taşan sıvıların en aza indirgenmesi		[6][12][21] [22][24] [29][33] [34]
11 01 12	11 01 11 dışındaki sulu durulama sıvıları		Durulama işleminin verimliliğinin artırılması	Atık miktarını azaltır.	[21][22] [23][24] [25][26] [27][28] [29][30] [31][32]
			Banyolardan taşan sıvıların en aza indirgenmesi		[6][12][21] [22][24] [29][33] [34]

Galvaniz Kaplama

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
11 01 13*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M	Yağ alma banyolarının temizlenip yeniden kullanılması	Atık miktarını azaltır.	[12]
			Kullanılmış yağ alma banyosunun değerlendirilmesi		[12]
			Sızmanın önlenmesi amacı ile sıkma silindirlerin kullanımı		[12]
11 01 14	11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları	M	Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi	Atık miktarını azaltır.	[12]
			Alternatif yağ alma işlemlerinin uygulanması		[12][22] [24][29] [35][36]
11 05 01	Katı çinko	M	Katı çinkonun değerlendirilmesi	Atık miktarını azaltır.	[12]
			Flakslama için kullanılan amonyum klorür yerine potasyum klorür gibi alkali eritken kullanımı		
			Çeşitli yöntemlerle katı çinko oluşumunu azaltılması		
11 05 02	Çinko külü	M	Çinko külünün harici olarak geri dönüştürülmesi	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[12]
			Çinko külünün geri kullanımı		[12]
			Çinko ocağından sıçramaların azaltılması		[12]

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
11 05 04*	Iskarta flaks malzemeler	A	Flaks banyosunu bakım ve temizliği	Atık miktarını azaltır.	[12][23]
			Flaks banyosunun rejenerasyonu (yerinde)		[12]
			Harcanmış flaks banyosunu tekrar kullanma (alan dışı)		[12]
			Optimize edilmiş durulama prosesi ve kademeli durulama kullanılması		[12][21]

Galvaniz Kaplama

MET	<i>Kademeli sıyırma (asit ya da baz ile)</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 07* Sıyırma bazları
Uygun Olduğu Proses	Sıyırma işlemi
Açıklama	Kademeli sıyırma (asit/baz ile), 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/baz ile değil en kirli asit/baz ile temas girer ve tanklarda ilerledikçe gitgide daha temiz asit/baz banyolara girer. Bu şekilde temiz asit/baz ilk tankta malzemenin en kirli haliyle temas etmediği için paralel akıma kıyasla daha az kirlenir ve asit/baz daha etkin bir şekilde kullanılmış olur. Bu yöntemin sıyırma işleminin performansına olumsuz bir etkisi olmadığı gibi asidin/bazın metal tuzlarına dönüşümü daha yüksek oranda gerçekleşir. Ayrıca, bu sayede atık asit/baz oluşumu azalmaktadır [12].
Ekonomik Boyut	Kademeli sıyırma için ilave bir asit/baz tankına ihtiyaç vardır. Mevcut tankı parçalara bölmek yeterli olmamaktadır. İlave asit/baz tankı ile beraber, aside/baza 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 0,4 milyon Euro arasındadır. Yatırım ve işletme maliyetleri ile asit/baz kullanımının ve atık asit/baz oluşumunun azalmasından kaynaklanan tasarruflar karşılaştırılmadığı [12].

MET	Serbest asit geri kullanımı
Kaynaklar	[12][13][14][15][16][17]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	<p>Serbest asidi ayırmak için çeşitli yöntemler vardır;</p> <p>1. Kristalleştirme (H₂SO₄)</p> <p>Kristalleştirme ile H₂SO₄ geri kazanım prosesi; su, H₂SO₄ ve demir sülfat arasındaki çözünebilirlik ilişkisine dayanmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda sıyırma banyosu içerisindeki demir sülfatın çözünebilirliği yüksek iken, banyonun soğutulması ile çözeltinin doygunluğa ulaşması sonucu, demir sülfat kristaller halinde çökmektedir. Serbest H₂SO₄'in, sıyırma banyosundan geri kazanımı, heptahidrat kristalleştirme prosesi olarak bilinen ve çözelti içerisindeki demirin, demir heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) olarak çöktürülmesi ve serbest asitten ayrılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Soğutma tipine bağlı olarak, asit geri kazanımı için heptahidrat kristalleştirme prosesleri şu şekildedir; indirekt soğutma ile kristalleştirme, siklon ile kristalleştirme ve vakum soğutma yoluyla kristalleştirme.</p> <p>Kristalleştirme prosesi ile tuz yüklemelerinde azalma sağlanabilir [12]. Kristalleştirme ile karışık asidin de (hidroflorik asit ve nitrik asit karışımı) geri kazanımı mümkündür. [13][14]</p> <p>Kristalleştirme prosenin en önemli dezavantajları; yüksek enerji sarfiyatı ve çözeltiden uzaklaştırılan kristallerinin yönetiminin sorunlu olmasıdır [15].</p> <p>2. Buharlaştırma ile geri kazanım (HCl)</p> <p>Hidroklorik asidin buharlaştırma yoluyla geri kazanımı; iki basamaklı yoğunlaştırma/ayırma kontrolünde ani buharlaştırıcı sirkülasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Kullanılan asit çözeltisi; 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 doyunluğa ulaştığı anda ayırıcıdan alınır. Ayırıcı çıkışında sisteme beslenen çözeltiyi ısıtan besleme eşanjöründen geçen buhar, sırasıyla asit ve suyun yoğuştuğu tanklara girer. Asit yoğunlaştırma tankında asit konsantrasyonu ve asidin kalitesi sıyırma işleminde geri kullanımı için uygun olacak şekilde ayarlanır. Kalan su buharı, su yoğuşurma tankına girer ve asitten arındırılır. Yoğunlaşan su, yıkama suyu olarak ve geri kazanılan asit de sıyırma işleminde yeniden kullanılmak üzere hazır olmaktadır.</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 [12].</p> <p>3. Geciktirme (HCl, H₂SO₄, HF/HNO₃)</p> <p>Bu yöntem, çözünen metaller reçine yatağından geçerken, serbest asit iyonlarının reçinelerde tutulması esasına dayanmaktadır. Su ile geri yıkama sırasında, adsorbe edilen asit, ozmotik basınçtaki farklılıklar nedeniyle yeniden serbest bırakılır. Serbest asitlerin (hidroklorik ve sülfürik asit) geri kazanım oranı %80-90 civarındadır. Geciktirme 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 çözeltisindeki ortalama metal içeriği 50-60 g/L 'yi aşmamalıdır. Metalik tuz çözeltisinden kaynaklanan atık, içeriğine bağlı olarak kullanılabilir [12].</p> <p>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 doyunluğa ulaştığında rejenere edilmektedir. Rejenere sonucunu</p>
--	--

	<p>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 [16].</p> <p>Bu sistemin avantajları arasında düşük maliyet, işletimin basit olması, güvenilirlik ve üstün performans sıralanmaktadır [15].</p> <p>4. Difüzyon diyalizi (HCl, H₂SO₄, HF/HNO₃)</p> <p>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 da küçük boyutlarından dolayı, anyonlarla birlikte membran boyunca difüzyona uğrar. Demineralize su ve kullanılmış asit, hücreler içinde zıt akımda bulunurlar. Demineralize su, serbest asidi kabul eder ve ortaya çıkan diyalizat sıyırma prosesine geri gönderilir. Difüzyon diyalizi prosesi yıllardır H₂SO₄, HCl, HNO₃ 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 prosenin avantajı az yer kaplaması, 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 [12].</p>
Ekonomik Boyut	<p>İnorganik asitler 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 [17].</p>

MET	<i>Kullanılmış asidin haricen yeniden kazanımı</i>
Kaynaklar	[12][14][17][18][19][20]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	<p>Kullanılmış asidin yeniden kazanımı için çeşitli yöntemler vardır;</p> <p>1. Pirohidroliz</p> <p><u><i>Akışkan yataklı proses-HCl</i></u></p> <p>Bu sürecin temeli; kullanılan sıyırma sıvısının oksijen ve su buharı varlığında, yüksek sıcaklıkta hidroklorik asit (HCl) ve demir okside (Fe₂O₃) termal ayrışmasıdır.</p> $4FeCl_2 + 4H_2O + O_2 \rightarrow 8HCl \uparrow + 2Fe_2O_3$ <p>Akışkan yataklı sisteme verilen sıyırma sıvısından yaklaşık %18 konsantrasyonunda HCl depolama tankında toplanır. Böylece atmosfere verilen gaz içerisinde HCl bulunmamaktadır. Bu esnada demir oksit granülleri oluşur ve bunlar çeşitli endüstrilerde hammadde olarak kullanılır. Tanımlanan akışkan yataklı HCl rejenerasyonu; çok yüksek demir konsantrasyonu içeren (250 g/L) sıyırma sıvısını dahi işleyebilir ve bu esnada borular tıkanmaz. Yeniden kazanılmış asit neredeyse hiç Fe⁺⁺ içermediği için, geri kazanım oranı neredeyse %99'dur [12].</p> <p><u><i>Püskürtmeli tavlama - (HCl, HF/HNO₃)</i></u></p> <p>Hidroklorik asit için diğer geri kazanma seçeneği, püskürtmeli tavlama prosesidir. İşletme prensibi, kullanılan ekipmandaki çeşitliliğin farklılıkları dışında tüm diğer tavlama proseslerine benzerdir. Püskürtmeli tavlama prosesinde demir klorürün (FeCl₃) ve suyun pirohidrolitik ayrılması yaklaşık 450°C ve üzerindeki sıcaklıkta gerçekleşir. Kullanılan asit, reaktöre gelen sıcak gazların soğutulduğu yerlerdeki venturi ısı değiştiricisine beslenir. Yoğunlaştırılmış asit yeniden yukarıdan ateşleme reaktörüne püskürtülür. FeCl₂ (demir klorür) buhar ve havadaki oksijen ile aşağıdaki reaksiyona göre HCl gazına ve demir okside ayrılır.</p>

<p>$4\text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 8\text{HCl} \uparrow + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$</p> <p>$\text{Fe}_2\text{O}_3$; reaktörün tabanından toplanır ve pnömatik olarak oksit tankına taşınır. HCl gazı; buhar ve yanma gazları ön buharlaştırıcı kanalıyla absorblayıcıya nakledilir. Elde edilen demir oksit, kalitesine bağlı olarak farklı amaçlar için kullanılabilir. Üretilen HCl (yaklaşık %18) sıyırma prosesine döndürülebilir</p> <p>Paslanmaz çelik sıyırmadan gelen karışık asitlerin üretimi için püskürtmeli tavlama prosesi, HCl için olana oldukça benzerdir. Ancak bu sistem ayrıca eş-ısı 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 hidroflorik asitleri içeren sıyırma sıvısı önce ön buharlaştırıcıya oradan da püskürtücülerle reaktöre beslenir ve reaktörde metal oksitlere dönüşür. Karışık metal oksitler reaktörün tabanından toplanır.</p> <p>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 [12].</p> <p>Her iki pirohidroliz yöntemi de asit sıyırmada yeniden kullanılabilen özellikte hidroklorik asit elde edilmesine olanak tanımaktadır. Akışkan yatak prosesi, püskürtmeli tavlama işlemine göre daha yüksek sıcaklıklarda işletilmektedir (sırasıyla 850°C ve 450°C). Bu nedenle akışkan yatağın işletim giderleri püskürtmeli tavlama oranla %20-30 daha yüksektir. Ancak, akışkan yatak ile elde edilen demir oksidin demir çelik sanayinde yeniden kullanımı daha kolaydır [18].</p> <p>Püskürtmeli tavlama yönteminin akışkan yatağa göre bir diğer avantajı daha yüksek kapasitelerde çalıştırılabilmesidir. Püskürtmeli tavlama tesisleri 22.000 L/sa'lık kapasitelere kadar çıkarken, akışkan yataklı tesislerin en fazla 10.000 L/sa'lık kapasiteye ulaşabildiği bildirilmiştir [18]. Ancak bu metot yüksek çinko içerikli sıyırma banyolarına uygulandığı durumda, çinko buharlaşarak ekipman duvarlarına yapışmakta ve prosesin uygulanmasını engellemektedir [19].</p>

2. Elektrolitik rejenerasyon (HCl, H₂SO₄)

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. H₂SO₄ rejenerasyonunda ilave elektrot (amonyum sülfat) kullanılır ve katot ve anot, iyon değişimi membranı ile ayrılır. Sülfat iyonları, anyonik kısımda iken demir, katyonik paslanmaz çelik tabakalarda çökler. Tekrar kazanılan H₂SO₄ sıyırma işleminde kullanılır[12].

3. Bipolar Membran (HF/HNO₃)

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 diyalizi kullanılabilir. Daha sonra, kalan kullanılan asit çözeltisi KOH ile nötralize 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.

Bipolar membranlar, iki farklı tabaka halindeki zıt yüklü iyon değişimi materyallerinden oluşur. Bipolar membrandan dolayı, su sürekli H⁺ ve OH⁻ iyonlarına ayrılır. Bu durumda tuz çözeltisindeki anyon ve katyonlar (asit ve baz) ile KOH üretilir. Asit, sıyırma prosesine; KOH ise nötralizasyon basamağına geri döndürülür [12][14].

4. Buharlaştırma (HF/HNO₃)

Bu proseste kullanılan sıyırma asitleri vakum altında 80°C sıcaklıkta sülfürik asitle birlikte konsantre edilir. Çöken metal tuzu ise Ca(OH)₂ çamuru ile nötralize edilir. Kullanılan sıyırma asitleri devir daim yapan

	<p>sülfürik asitle birlikte vakum buharlaştırmaya beslenir. Vakum buharlaştırıcıda 80°C sıcaklıkta karışık asitler ısıtılır. Su, HF ve HNO₃ uçurulur ve kondense edilir. Kuvvetli sülfürik asit çözeltisindeki metal formundaki sülfonat zincir kompleksleri, sıcaklığın yükselmesiyle H₂SO₄'e ayrılır. Bu durum metallerin çökmesine ve asit kalıntısının (HF & NO₃) buharlaşmasına neden olur.</p> <p>Buharlaştırma-kristalleşme döngüsünde uzun bekleme süresi, 80°C'deki sülfat tuzlarının filtreleme özelliklerini iyileştirir. Kristalleşme tankından çıkan sülfat çamuru, konik çamur yoğunlaştırıcıya pompalanır. Yoğunlaştırıcının tabanından metal sülfat kekleri presli filtreye geçer. Süzüntü kısım kristalleşme işlemine geri döndürülür. Sülfat keki nötralizasyon tankına beslenerek kireçle karıştırılır.</p> <p>Isıl işlem, batık yakma buharlaştırıcıda gerçekleştirilir. Yanma gazlarını, HF ve HNO₃, 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 arıtılması gerekliliğinin altı çizilmiştir [12][20].</p>
Ekonomik Boyut	<p>İnorganik asitler 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 [17].</p>

Galvaniz Kaplama

MET	<i>Kullanılmış asidin ikincil hammadde olarak geri dönüşümü</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	Galvaniz kaplama sektöründen kaynaklanan kullanılan asitler; FeCl ₃ ve nadiren de olsa pigment üretiminde ikincil hammadde olarak kullanılabilir. 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. Harcanmış asidin yeniden kullanılması ile atık azaltımı sağlanmaktadır [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Optimize edilmiş çalışma ve kontrol</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	Sıyırma işleminin verimi ve buna bağlı asitleme süresi, banyonun kullanımı süresince değişir. Banyo kullanıldıkça, demir konsantrasyonu büyük oranda artar ve başlangıçtaki sıyırma hızını sabit tutabilmek için daha az serbest asit ilavesi gerekir. Sıyırma çözeltisindeki ani değişimler, örneğin daha büyük hacimli banyolar kullanmak, büyük miktarda taze asit ilavesi ve aşırı paklama, farklı sonuçlara neden olabilmektedir. Asit konsantrasyonu, demir içeriği gibi parametrelerin dikkatli izlenmesi ve kontrol edilmesi işlemin optimize edilmesine yardımcı olur. Harcanmış sıyırma çözeltisinin boşaltımı ve yeni asidin sık sık fakat küçük dozlarla eklenmesi ani değişimleri önler ve düzgün bir işlem sağlar [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>İnhibitör kullanarak harcanan sıyırma çözeltisi miktarını azaltma</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	<p>Kaplanacak malzemelerin metalik olarak temiz kısımlarının aşırı dağlanması engellemek için, asitleme solüsyonuna inhibitör kullanımı bir diğer alternatiftir. İnhibitörler; 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 kullanımı 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 asit ile sıyırma inhibitörleri kullanılır [12].</p>
Ekonomik Boyut	İnhibitör kullanımı, asit tüketimini ve buna bağlı olarak atık asit miktarını azalttığı için daha ekonomiktir. Bu yöntem maliyet tasarrufu sağlamaktadır [12].

Galvaniz Kaplama

MET	<i>Aktive edilmiş dekapaj</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	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 [12].
Ekonomik Boyut	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. 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 çözeltilisinin ömrünü yaklaşık %50 oranında arttırmaktadır. Kullanılmış sıyırma banyosu önemli miktarda çinko içermediği takdirde, banyonun bertarafının maliyeti ucuzdur [12].

MET	<i>Kullanılmış Sıyırma Çözeltisinin Geri Kullanımı</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri (parlatma asitleri) 11 01 06* Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler
Uygun Olduğu Proses	Asit ile sıyırma ve temizleme işlemi
Açıklama	<p>1. Demir giderimi yapıldıktan sonra flaks olarak yeniden kullanımı</p> <p>Bu işlem; asit ile temizleme ve sıyırma işlemlerinden gelen yüksek demir ve çinko içerikli HCl solüsyonlarının artılarak, flaks banyosu olarak değerlendirilmesini kapsar.</p> <p>İşletme sırasında flaks çözeltisindeki demir konsantrasyonu artar. Zamanla flaks çözeltisi kullanılamaz hale gelir. Çözeltiyi geri çevrime sokabilmek için, demir içeriği azaltılmalıdır. Bu işlem kesikli ya da sürekli işletmede yapılabilir. Demir, Fe(OH)₃ şeklinde amonyakla nötrale edilerek, H₂O₂'nin de oksidant olarak eklenmesi sonucu çökeltir ve NH₄Cl 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. Geriye kalan, yüksek miktarda çinko klorür ve amonyum klorür içeren çözelti, flaks çözeltisi olarak geri kullanılabilir [11].</p> <p>2. Hidroklorik asit çözeltisinden çinko giderimi yapılması ve sıyırma işleminde tekrar kullanılması</p> <p>Bu işlem 4 basamaktan oluşmaktadır. Bu basamaklar;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çinko giderimi • Durulama I • Sıyırma ve tekrar üretme • Durulama II.

Galvaniz Kaplama

	<p>Katı parçacıkların giderilmesi için sıyırma çözeltisi filtreden geçirilir. Çözelti daha sonra iyon değişim kolonuna çinko giderimi amacıyla gönderilir ve çinko iyon değişim materyali tarafından absorbe edilir. Çinko içermeyen çözelti, sıyırma banyosuna geri gönderilir. Bu şekilde asidin geri dönüşümü sağlanır. Bununla birlikte, asit sisteme geri döndürülmek zorunda değildir, işlenip tanklarda depolanabilir. İkinci basamak, çinko ile doymuş iyon değişim kolonunun durulanmasıdır. Üçüncü basamak, çinko giderimi için iyon değişim materyalinin alkali çözelti ile sıyırılmasıdır. Sıyırma çözeltisi birçok defa kullanılabilir. İyon değişim materyali sıyırılıp, yeniden üretildikten sonra geriye dördüncü basamak olan durulama kahr. Eğer son durulama yapılmazsa sıyırma asidi, NH_4 ile kontamine olabilir [12].</p>
Ekonomik Boyut	<p>Hidroklorik asit çözeltisinden çinko giderimi yapılması ve sıyırma işleminde tekrar kullanılması tekniği önemli miktarda yatırım maliyeti gerektirir ve işletme masrafına sebep olur [12].</p>

MET	Durulama işleminin verimliliğinin artırılması
Kaynaklar	[21][29-22][23][24][25][26][27][28][29][30][31][32]
Hedef Atıklar	11 01 11* Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama suları 11 01 12 11 01 11 dışındaki sulu durulama suları
Uygun Olduğu Proses	Durulama işlemleri
Açıklama	<p>Durulama suları ile ilgili izlenecek yöntemler iki başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması, ikincisi ise durulama suyu geri kazanımıdır.</p> <p>1. Durulama suyu miktarının azaltılması</p> <p>Kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması ile ilgili uygulanabilecek teknikler aşağıdaki gibidir:</p> <ul style="list-style-type: none">• Parçaların durulama tankına birden fazla batırılması: 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 [21][22].• Mümkün olan en küçük boyutta durulama tankları kullanılması [29].• Tank verimliliğinin artırılması: Su giriş ve çıkışlarının zıt şekilde yerleştirilmesi (karşılıklı ve altı üstlü olarak), durulama verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca girişe yerleştirilebilecek perdeler, dağıtıcılar ya da difüzörler tank içinde karıştırma sağlamaktadır [21][22].• Ters akım prensibiyle durulama: Ters akışlı yıkamada kaplanan parça ile durulama suyu ters yönlere 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 [21][22]. Bu nedenle, tank verimliliğini artıran tekniklerin uygulanması gerekmektedir.
- Reaktif durulama: Kaplamanın bir aşamasında açığa çıkan durulama sularının başka bir durulama tankında değerlendirilmesidir. Örneğin asidik durulama suları, alkali temizlik sonrası yapılan durulamada [22] ya da çinko kaplama durulama suları, kaplama öncesi hidroklorik asidin durulanmasında [23][25] kullanılabilir.
- Sprey durulama: Bu yöntem ile durulamada kullanılan su miktarı azaltılabileceği gibi proses banyolarından taşınan süzüntü suyu tanklara geri döndürülebilir [29-22]. Sprey durulama ile daldırmalı durulmaya oranla %10-25 arasında daha az su kullanıldığı bildirilmektedir [23]. Dolayısıyla bu yöntemin sağladığı su tasarrufu ters akışlı durulama kadar yüksek değildir. Ancak süzüntü sularının tanklara geri döndürülmesinde daha etkilidir (Taşınım %75 oranında engellenebilmektedir) [23]. Bunun yanında sprej durulama zamandan ve mekandan da tasarruf sağlar [24]. Sprej durulama iki şekilde gerçekleştirilebilir; proses tankının üzerinde ya da ayrı bir tankta. Proses tankının üzerinde sprej 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 [25][24]. Sprej durulama ayrı tankta yapıldığı durumda ilk aşama durulama görevi görür ve ilerleyen zamanda tankta biriken durulama suyu proses suyunun beslenmesi için kullanılabilir [25]. Uygulama sırasında metodun kaplanan parçalara uygunluğu değerlendirilmelidir.

2. Durulama suyunun geri kazanımı

Durulama sularına uygulanabilecek diğer yöntemler geri kazanım ile ilgilidir. Bu sayede su tasarrufu sağlanabileceği gibi arıtılması gereken atıksu miktarı da azalmaktadır [25]. Bu amaçla aşağıdaki teknikler kullanılabilir:

- 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 [25][26]. 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 [25]. Durulama sularından iyon değiştiriciler yardımıyla metal (çinko, nikel, bakır ve kadmiyum) geri kazanımı da mümkündür [28].
- 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'ya sahip sular da membranların bozulmasına yol açabilmektedir [25]. Asit sıyırma durulama sularının ters ozmoz ve iyon değiştiricilerden oluşan bir sistem ile geri kazanımı İsvç'te bir tesiste uygulanmış ve sonuçta durulama suyu ile atılan nitrat (nitrik asit olarak geri dönüştürülmek üzere) %60 oranında azaltılmıştır. Ayrıca

Galvaniz Kaplama

	<p>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 [26].</p> <ul style="list-style-type: none">• 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 [29].• Elektrolitik yöntemler (electrowinning/electrodialysis): Bu yöntemler genel olarak duruma suyundan metal geri kazanımı için kullanılmaktadır [32].
Ekonomik Boyut	<p>Durulama suyunun geri kazanımı ile ilgili yöntemler su tasarrufu ve arıtılan atıksu miktarının düşmesi sayesinde ekonomik kazanç sağlamaktadır. Bu kazançlar geri kazanım yöntemlerinin maliyetleri ile karşılaştırılmalıdır.</p>

MET	<i>Banyolardan taşınan suların (drag-in/drag-out) en aza indirgenmesi</i>
Kaynaklar	[6][12][21][29-22][24][33][34]
Hedef Atıklar	11 01 05* Sıyırma asitleri 11 01 11* Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama suları 11 01 12 11 01 11 dışındaki sulu durulama suları 11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 11 05 04* Iskarta flaks malzemeleri
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 [6][33]. Bu durumun 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 edilmektedir [6][21].</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 azalmasını sağlamaktadır. Ancak, tanklar arası taşınımın tamamıyla önlenmesi mümkün değildir [6]. Taşınımın azaltılması ile ilgili 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">• Ardışık tanklarda birbiriyle uyumlu kimyasalların kullanılması: Sıyırma ve kaplama öncesi aktivasyon için aynı kimyasalların kullanılması gibi [6]

	<ul style="list-style-type: none">• Kaplanan malzemenin en geniş yüzeyi dikey, en uzun yüzeyi yatay konumda kalacak şekilde yerleştirilmesi: [6][24][21]• Kaplanan malzemenin eğimli bir şekilde yerleştirilmesi: [6][21]• Malzemelerin tanklardan düşük hızlarda çıkarılması ve bu sayede kimyasalların ya da durulama sularının tanklara geri damlaması için zaman verilmesi [6][12][24][34]: Tahliye süresinin 3 saniyeden 10 saniyeye çıkarılmasının taşınan çözeltiler miktarını %40 azalttığı bildirilmektedir [33]. Tahliye süreleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [21].• Drenaj levhalarının yerleştirilmesi: Eğer tanklar ardışık olarak yerleştirilmemiş ise tanklar arasında konumlandırılmış eğimli levhalar, çözeltilerin tanka geri aktarılmasını sağlayacaktır [6][24][33].• Banyo sıcaklıklarının yükseltilmesi: çözeltilerin viskozitelerini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınımı azaltmaktadır [6][24][21][33][34].• Banyoların mümkün olan en düşük konsantrasyonda işletilmesi - özellikle taze çözeltilerin konsantrasyonlarının en düşük seviyede tutulması ve konsantrasyonların gerekirse zamanla artırılması: çözeltilerin viskozitelerini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınımı azaltmaktadır [6][24][21][22][33][34].• Yüzey aktif maddeler kullanılması: yüzey gerilimini azaltarak daha az taşınım gerçekleşmesine neden olmaktadır [21][22][34].
--	--

	<ul style="list-style-type: none">• Proses banyoları ile durulama arasında taşınan çözeltilerin geri kazanımı için tanklar yerleştirilmesi: 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 [12][33][34]. Durağan durulama tankları proses tanklarından hemen önce ya da hemen sonra kullanılmalıdır. Bu uygulama eko-durulama olarak da adlandırılmaktadır [6][21].
Ekonomik Boyut	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].

MET	<i>Yağ alma banyolarının temizlenip yeniden kullanılması</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 11 01 14 11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ Alma işlemi
Açıklama	<p>Yağ alma banyoları yüksek oranda yağ içerir ve bu durum yağ alma işleminde kullanılan solüsyonları kullanılamaz duruma getirir. Bu sebeple, yağ alma banyolarının ömrünü uzatmak amacıyla çeşitli temizleme teknikleri kullanılmaktadır;</p> <p>1. Mekanik Temizleme</p> <p>Yağ içerikli çamur, diğer kirlilikler ve kullanılmış yağ gidericiler, yağ alma banyosunun dibine çöker ve kazıyıcılarla giderilebilir. Askıda kalan maddeler de çöktürme yöntemiyle giderilebilir. Yüzeyde kalan yağ ve gres ise sıyrıcılarla veya tahliye oluklarıyla bertaraf edilebilir. Bu yöntemlerle, doğal yerçekimi kullanılarak yağ alma banyolarının 2 ile 4 kat arası ömrü uzatılır. Çıkan çamur, yağ, gres, yağ giderici, toz ve pas gibi kirlilikler içerir. Santrifüj separatör veya hidrosiklon kullanımı daha efektif bir ayırma işlemi sağlar. Yağ ve su fazı saniyeler içinde ayrılır. Yağ alma banyolarının ömrü 16 kata kadar uzatılabilir [12].</p> <p>2. Manyetik Separatör/Filtre</p> <p>Manyetik separatörler demir tozu ve yağ karışımını gidermek amacıyla kullanılabilirler [12].</p> <p>3. Membran Filtrasyonu</p> <p>Mikro-filtrasyon ve ultrafiltrasyon yöntemlerindeki prensip, yağ alma banyosunun membrana pompalanması, yağ ve gresin molekül büyüklüğünden dolayı uzaklaştırılmasıdır. Membrani korumak için, genellikle yağ alma banyosu solüsyonu, çöktürme tankı veya başka yollarla parçacıklardan temizlenir. Mikro-filtrasyon ve ultrafiltrasyon yağ alma banyosunun ömrünü 10 ile 20 kat arası uzatır [12].</p>
Ekonomik Boyut	Yüksek yatırım ve işletme maliyeti içerir.

MET	<i>Kullanılmış yağ alma banyosunun değerlendirilmesi</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 11 01 14 11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ Alma işlemi
	Yağ alma banyosu için çeşitli temizleme yöntemleri kullanılmasına rağmen, belli bir zaman sonunda yağ alma banyoları ıskarta durumuna gelmektedir. Bu noktadan sonra, örnek olarak yakma yöntemiyle yağ konsantrasyonuna bağlı olarak, oluşan yağlı atık tekrar kullanılabilir ve filtrelenmiş süzüntü veya yağdan arındırılmış su fazı ise atıksu arıtma tesislerinde arıtılır [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Sızmanın önlenmesi amacı ile sıkma silindirlerin kullanımı</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 11 01 14 11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ Alma işlemi
	Çelik şerit veya levha üzerinde kalan yağ giderici solüsyon veya durulama suyunu gidermek için işlem sonunda sıkma silindir kullanımı, ileriki aşamalara yağ gidericinin sızmasını, kimyasal kaybını ve aynı zamanda durulama suyunun kontamine olmasını azaltır [12].
Ekonomik Boyut	Yatırım maliyeti çok yüksek değildir ve işletme maliyeti uygundur [12].

MET	<i>Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 110114 11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi için aşağıdaki uygulamalardan faydalanılabilir;</p> <p>1. Tesise giren yağ miktarının azaltılması Yağ alma atıklarını önlemenin veya azaltmanın en kolay, etkili ve ucuz yollarından biri tesise parçalar üzerinde gelen yağın azaltılmasıdır. Bu şekilde hem atık miktarı azaltılır hem de banyo kullanım süresi uzar [12].</p> <p>2. Yağ alma işleminin optimize edilmesi 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 [12].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Alternatif yağ alma işlemlerinin uygulanması</i>
Kaynaklar	[12][29-22][24][35][36]
Hedef Atıklar	11 01 13* Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları 110114 11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları
Uygun Olduğu Proses	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>En sıklıkla uygulanan yağ alma yöntemlerinden biri klorlu çözücülerin kullanıldığı bir daldırma tankını takip eden buharlı yağ alma işlemidir [24][35]. Genellikle trikloroetilen (TCE) ve perkloroetilen (PERC) kullanılmaktadır [35]. 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 [24]. Bunun yanında aşağıdaki gibi sıralanan alternatif yöntemler de mevcuttur;</p> <p>1. Su bazlı temizleyicilerin kullanılması</p> <p>Alkali ve asidik kimyasallar, su ve yüzey aktif maddelerinden oluşan yağ alma çözeltileri su bazlı temizleyiciler olarak sınıflandırılmaktadır [35]. Klorlu çözücülerin kullanıldığı buharlı yağ alma işlemine alternatif olarak su bazlı temizleyicilerin kullanılması önerilmektedir [22]. 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 artırılabilmesi nedeniyle bu yöntemin uygulanması önerilmektedir [24][22]. Ayrıca yağ içeriğinin ayrılmasının ardından bu kimyasalların yeniden kullanımının mümkün olduğu bildirilmektedir [14][23]. Alkali temizleyicilerin kullanıldığı durumda, durulama aşaması önem kazanmaktadır [35]. Ancak klorlu çözücüler kadar olmasa bile alkali çözeltilerin içinde bulunması olası yüzey aktif maddeler, inhibitörler ve kompleks yapıcı maddeler çevresel problemlere neden olabilmektedir [35].</p>

	<p>2. Ultrasonik temizleme</p> <p>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 anda 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 [35][36]. Bu yöntem özellikle diğer metotlarda ulaşılamayan küçük boşluklara sahip parçalar üzerinde etkilidir. 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 gereksinimi nedeniyle büyük parçaların temizlenmesi ekonomik olmamaktadır [36].</p> <p>3. Elektrolitik temizleme</p> <p>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 [35].</p> <p>4. Biyolojik yağsızlaştırma</p> <p>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 [12].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Katı çinkonun değerlendirilmesi</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 01 Katı çinko
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	Sıcak daldırma galvanizleme işleminde, tüketilen metalik çinkonun %10' undan daha fazlası katı çinko formuna geçer. Oluşan katı çinko manuel olarak toplanır ve çinko döküm tesislerine satılabilir veya direkt olarak saha içinde çinko külü elde etmek için işlenir ve daha sonrasında çinko üretim endüstrilerine yüksek fiyatta satılabilir [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Flakslama için kullanılan amonyum klorür yerine potasyum klorür gibi alkali eritken kullanımı</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 01 Katı çinko
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	Flakslama işleminde flaks ajanı olarak amonyum klorür yerine potasyum klorür gibi alkali ajanlar kullanımı katı çinko (dross) oluşumunu azaltmaktadır [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

Galvaniz Kaplama

MET	<i>Çeşitli yöntemlerle katı çinko oluşumunu azaltmak</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 01 Katı çinko
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	<p>Katı çinko oluşumunu azaltmak için aşağıdaki uygulamalardan faydalanılabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yeterli durulama • Flaks banyosunun sürekli olarak yenilenmesi • Flaks ajanı olarak amonyum klorür oranı az, asitleme etkisi düşük olan ajanların kullanımı (demir giderimi) • Dıştan ısıtmalı çinko banyolarında aşırı lokal ısıtmadan kaçınmak (kazan duvarları ile tepkime) [12]
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Çinko külünün harici olarak geri dönüştürülmesi</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 02 Çinko külü
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	<p>Çinko külü toplanır ve daha sonra çinko geri dönüşümü yapılması amacıyla çinko üreticilerine gönderilir ve bu şekilde atık miktarı azaltılır [12].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Çinko külünün geri kullanımı</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 02 Çinko külü
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	<p>Çinko külü eritilerek çinko taneleri elde edilebilir ve galvanizleme potasında geri dönüştürülebilir. İndirgenme derecesi %60-70 arasındadır. Geriye kalan çinko oksit külü, özel işlemler uygulanarak arıtılır.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çinko külünü toplamak amacıyla özel ergitme potaları kullanılır. • Ergitme potası, çinko külünün yaklaşık olarak 520 °C 'de döner hareketle eritildiği Zinkoff fırınına koyulur. Erimiş çinko (%60-65 ağırlığında) çinko banyosuna geri döndürülür. Geriye kalan oksit çinko külü ise ikincil çinko sanayilerine satılır [12].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Çinko ocağından sıçramaları azaltmak</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 02 Çinko külü
Uygun Olduğu Proses	Çinko Ocağı
Açıklama	<p>Çinko ocağından sıçramalarla oluşan kaybı ve atığı önlemek amacıyla aşağıdaki önlemler alınabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flakslamadan sonra yeterli kurulamanın yapılması • Tekrar kazanılabilir çinkonun minimum kirlilikle elde edilebilmesi için çinko banyosunun etrafının temiz tutulması [12]
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

Galvaniz Kaplama

MET	<i>Flaks banyosunu bakım ve temizliği</i>
Kaynaklar	[12][23]
Hedef Atıklar	11 05 04* Iskarta flaks malzemeler
Uygun Olduğu Proses	Flakslama
Açıklama	<p>Flakslama banyosunda çok fazla demir konsantrasyonu olması durumu, çinko banyosuna da demirin taşınmasına sebep olmaktadır. Çinko banyosuna giren her 1 kg demir, dross oluşumuyla 25-30 kg çinko kaybına neden olur. Bu nedenle demir konsantrasyonu düşük tutulmalı ve kontrol edilmelidir. Parçalar flaks banyosuna sokulmadan önce iyi durulanmalı ve demir oranı takip edilmelidir. Eğer demir klorür oluşumu engellenemezse, flaks solüsyonunun değiştirilmesi veya yenilenmesi gerekmektedir. Flaks banyosunda aşırı akış olmamalı, bakım ve temizlik sebebiyle atıksu akışı yılda bir veya birkaç olarak sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlandırmaya, durulama suyunun flaks banyosuna taşınmasını minimize ederek ulaşılabilir. Galvanizlenecek materyalin doğru hazırlanması ve flaks banyosundaki tuzun konsantrasyonunun sık sık kontrol edilmesiyle flaks konsantrasyonu optimize edilebilir [12].</p> <p>Bakım ve temizliğin geliştirilmesinin yararlarını ölçmek zor olabilmektedir, fakat bakım ve temizliği geliştirmek adına yapılan basit teknikler düşük maliyetlerle atık miktarını azaltabilir. Önleyici bakım, uygun ekipman ve malzeme yönetimi ile kaçaklar, taşmalar ve kimyasalların salınımı minimize edilebilir. Tesisler, denetleme ve bakım planı hazırlayarak, hammaddelerin satın alımı ve kullanımını kontrol ederek, banyolardan düşen parçaların hızlı bir şekilde kaldırılmasını sağlayarak, filtre kullanımıyla ve proses ekipmanlarının iyi çalışır durumda olmasını sağlayarak atıkları azaltabilirler [23].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Flaks banyosunun rejenerasyonu (yerinde)</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 04* Iskarta flaks malzemeler
Uygun Olduğu Proses	Flakslama
Açıklama	<p>Flaks solüsyonu içerisinde demir konsantrasyonu işlem sırasında artar ve belli bir noktadan sonra flaks solüsyonu kullanılmaz hale gelir. Solüsyonu tekrar kullanabilmek için demirin giderilmesi gerekmektedir.</p> <p>Fe(+2) durulama banyolarından flaks banyolarına taşınır. Atmosferde bulunan oksijenle Fe(+2) Fe(+3)'e dönüştürülür. Demir iyonları demir hidroksit olarak çöker. Çıkan çamur bertaraf edilirken, sıvı faz, flaks banyosuna geri gönderilir. Eğer atmosferdeki oksijen yeterli değilse farklı yöntemler uygulanır.</p> <p>1. Amonyak ve H₂O₂ oksidasyonu kullanarak demir giderimi</p> <p>pH ayarlaması için amonyak ve oksitleyici olarak H₂O₂ eklenmesi yoluyla, demir Fe(OH)₃ olarak çöktürülür ve NH₄Cl oluşur. Tepkime denklemleri şu şekildedir;</p> $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{NH}_4\text{Cl}$ <p>Çöken demir hidroksit çamuru çekilir ve bertaraf edilir.</p> <p>Otomatikleştirilmiş pH ve redoks kontrolleri, selektif demir çökmesine (yaklaşık %50 demir), oksitleme potansiyelinin düşük olmasına, organik katkıların tahribatından kaçınılmasına olanak sağlar. Maksimum verimli yoğunlaştırma ve filtrasyon için yumaklaştırıcı (floculant) eklenir ve sonuç olarak yüksek çökme hızı, berraklık ve iyileşmiş filtrasyon karakteristiği elde edilir. Presli filtre kekinde %50 katı madde oranına erişilebilmektedir. Galvaniz tesisleri için gereken kompozisyonda flaks solüsyonunu oluşturmak mümkündür. İdeal kompozisyonda flaks için, çinko klorür veya amonyum klorür eklentileri gerekli olabilmektedir [12].</p>

	<p>2. Elektrolitik Oksidasyon</p> <p>Elektrolitik oksidasyon prosesi, çözünmüş demirin elektrolitik oksidasyonu için bir veya birden fazla reaktör modülünden ve çöktürme gidermek için bir grup çöktürme tankından oluşur. Flaks solüsyonu reaktörden geçtiği sırada, Fe(+2) okside olarak Fe(+3)'e dönüşür. Asit oluşumu eşliğinde demir iyonu ise hidroksit olarak çöker.</p> <p>-Sistem klorür dengesine bağlıdır, durulama tankından flakslama tankına taşınan bütün klorür, çinko amonyum klorür oluşumunda kullanılır.</p> <p>- Demir giderilir.</p> <p>- Atık su arıtma tesisi gerekli değildir.</p> <p>- Asit maliyet tasarrufu sağlar.</p> <p>- Su girişi ve maliyeti minimize edilir.</p> <p>Ekipmanlar için yedek parçaları satın almak potansiyel bir sorun olarak rapor edilmiştir. Bunun sebebi tedarikçi firmanın Avustralya'da olmasıdır [12].</p> <p>3. İyon Değişimi Yöntemi ile Demir Giderimi</p> <p>İyon değişim yöntemiyle reçineler kullanılarak demir absorbe edilir. Bu proses hassas olduğu için, flaks solüsyonu öncelikle filtre edilir. Filtreleme standart plakalı filtre ile yapılabilmektedir. Konsantre NaOH eklentisiyle, pH ayarlaması yapılır. Nötralizasyon ünitesi, homojen bir solüsyon oluşması için sürekli olarak karıştırılır. Solüsyon daha sonra iyon değişim kolonlarına pompalanır. Reçine demir açısından doyduğunda, reçine karıştırılmalı ve rejenere edilmelidir. Karıştırma/rejenere solüsyonu depolama tankından pompalanır. Demir HCl içinde çözünürken, asit reçineler tarafından absorbe edilir [12].</p>
Ekonomik Boyut	Eğer harcanan flaks miktarı çok düşük tutulabilirse, rejenereasyon ünitesine yatırım yapmak çok gerekli olmayabilir [12].

MET	<i>Harcanmış flaks banyosunu tekrar kullanma (alan dışı)</i>
Kaynaklar	[12]
Hedef Atıklar	11 05 04* Iskarta flaks malzemeler
Uygun Olduğu Proses	Flakslama
Açıklama	<p>Tüketilmiş flaks banyoları, genellikle flaks ajanı üreticilerine geri dönüşüm için gönderilir. Kullanılmış flaks solüsyonundaki tuzlar, flaks ajanı üretiminde tekrar kullanılır. Bu amaçla aşağıdaki yöntemler kullanılabilir;</p> <ol style="list-style-type: none">1. Yeni Flaks Üretimi İçin NH₃ Giderimi, Çöktürme ve Kısmen Geri Kullanım2. Yeni Flaks Üretimi İçin H₂O₂ Oksidasyonu, Geri Kullanım
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Optimize edilmiş durulama prosesi ve kademeli durulama kullanılması</i>
Kaynaklar	[12][21]
Hedef Atıklar	11 05 04* Iskarta flaks malzemeler
Uygun Olduğu Proses	Flakslama
Açıklama	<p>Ters akım kademeli durulama bazı önlemler ile kombinasyon halindedir. Bu önlemler; sızdırmanın minimize edilmesi için silme sıyrma aletlerinin kurulması (hava bıçağı, damlalık çubuğu, vb.), sürekli olarak durulama suyunun kalitesinin izlenmesi, geri kazanılmış suyun kullanımı, durulama suyunun tekrar başka uygulamalarda kullanımınıdır. Bu önlemlerle flaks banyosuna taşınan demir iyonları azaltılabilir ve böylelikle flaks banyolarının ömrü uzatılır [12] [21].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI

Sektörden kaynaklanan atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumda, atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda (Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 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. 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.

Geri kazanıma ait kolonda, geri kazanılabilir atıklar için kullanılabilir 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:

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

- R5: Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
- R6: Asitlerin veya bazların yeniden üretimi
- R7: Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
- R8: Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı
- R9: Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer yeniden kullanımları
- R10: Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
- R11: R1 ile R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- R12: Atıkların R1 ile R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- 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:

- D1: Toprağın altında veya üstünde düzenli depolama (örneğin, düzenli depolama ve benzeri)
- D2: Arazi ıslahı (örneğin, sıvı veya çamur atıkların toprakta biyolojik bozulmaya uğraması ve benzeri)
- D3: Derine enjeksiyon (örneğin, pompalanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu ve benzeri)

Galvaniz Kaplama

- D4: Yüzey doldurma (örneğin, sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması ve benzeri)
- D5: Özel mühendislik gerektiren düzenli depolama (çevreden ve her biri ayrı olarak izole edilmiş ve örtülmüş hücresel depolama ve benzeri)
- D6: Deniz/okyanus hariç bir su kütesine boşaltım
- D7: Deniz yatakları dahil deniz/okyanuslara boşaltım
- 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
- 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)
- D10: Yakma (Karada)
- D11: Yakma (Deniz üstünde)
- D12: Sürekli depolama (bir madende konteynerlerin yerleştirilmesi ve benzeri)
- D13: D1 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
- D14: D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
- D15: D1 ile D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Tablo 5. Proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
11 01 05*	✓ R4-R6	✓ D9/R12			Geri kazanım ve ön işlem adı altında uygulanan yöntemler asit ya da metal geri kazanımına yöneliktir. Bu durumun dışında kalan uygulamalardan biri asit nötralizasyonudur. Ancak bu yöntem bertarafı problemlidir, yüksek miktarda çamur oluşumuna sebep olmaktadır [3][37]. Sıyırma asitlerinden asit ve metal geri kazanım yöntemlerinin açıklamaları Bölüm 5’de verilmektedir. Geri kazanım yöntemleri sonucu ortaya çıkan tehlikeli çamurlar ve işlem atıkları ise düzenli depolama sahalarına gönderilmelidir.
11 01 06*					
11 01 07*	✓ R4-R6	✓ D9/R12			Sıyırma asitlerinde olduğu gibi sıyırma bazlarında da öncelik geri kazanıma verilmelidir. Ancak geri kazanım uygulanmadığı durumlarda nötralizasyon ile ön işlem yapılmalı ve ortaya çıkan çamurlar düzenli depolama sahalarına gönderilmelidir.

Galvaniz Kaplama

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
11 01 11*	✓ R4/R5/ R6/R9	✓ D9/R12			<p>Durulama sularının geri dönüşümü önceliklidir. Bu atıklarda su fazını ayırmak ve nötralize etmek için flokülasyon/çöktürme ve filtreleme işlemleri uygulanabilir. Metal içeren durulama sularında metalin giderimi için tartarat, fosfat, EDTA ve amonyak yerine sodyum sülfat ve demir sülfat kullanımı önerilmektedir [22].</p> <p>Yağ alma atık sularının ön işlemden 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 arıtma sonucu oluşan gerekse yağ giderme tanklarının temizlenmesinden kaynaklanan yağlı çamurlar ise atıktan türetilmiş yakıt üretiminde ya da ek yakıt olarak değerlendirilebilir [12].</p>
11 01 12					
11 01 13*					
11 01 14	✓ R1/R9	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
11 05 01	✓ R4				Çinko geri kazanımı yapılır; katı çinkodan ve çinko külünden çinko geri kazanımı ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 5'de verilmektedir.
11 05 02	✓ R4				
11 05 04*	✓ R5	✓ D9/R12			Flaks banyolarına demir taşınması durumunda demir oksitlerin tank içinde çöktürülmesinden sonra flaks çözeltilisinin yeniden kullanılması önerilmektedir. Demirin çözeltiden uzaklaştırılması için hidrojen peroksit ile oksidasyon ve iyon değiştiricilerin kullanımı da mümkündür. Ayrı flaks çözeltilerindeki tuzların tesis dışında yeniden kazanımı mümkündür. Geri kazanılmayan flaks çözeltilerinin zaman içerisinde asiditesi ve metal içeriği artmaktadır. Bu nedenle bu atıkların nötralize edilmeleri ve susuzlaştırılmaları gerekmektedir. Daha sonra düzenli depolamaya gönderilmeleri gerekmektedir [12].

¹ 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

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
11 01 09*	✓ 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 [22]. Bu atıkların düzenli depolamaya gönderilmeden önce susuzlaştırılmaları gerekebilir.
11 01 10	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	
11 01 15*	✓ R5/R7	✓ D9/R12			Öncelikle geri kazanım araştırılmalı yoksa ön işlemler uygulanmalıdır. Ön işlem atıkları düzenli depolamaya gönderilebilir. Sıyırma asitlerinin geri kazanımı amacıyla iyon değiştiricilerden geçirilmesiyle de oluşabilir.
11 01 16*	✓ R1		✓ D10		Bitik iyon değiştiriciler yakmaya gönderilmelidir.

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
11 05 03*	✓ R4/R5			✓ D5	Metal içeriği bulundurması durumunda geri kazanım araştırılmalı yoksa ön işlemler uygulanıp düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
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*	✓ R9		✓ D10		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır.

Galvaniz Kaplama

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
12 01 07*	✓ R1/R3/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Bu atıkların tesis içerisinde sıyırıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.
12 01 08*	✓ R1	✓ R12	✓ D10		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır.
12 01 09*					Bu atıkların tesis içerisinde sıyırıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Ayrıca
12 01 10*	✓ R1/R3	✓ D9/R12	✓ D10		metal işleme sıvılarının elektrokoagülasyon ile arıtımı, biyolojik olarak arıtımı ve mikrodalga – kızılaltı ışınlarla arıtımı hakkında [39] [40][41] numaralı referanslardan bilgi alınabilir. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
12 01 12*	✓ R1/R9		✓ D10		Öncelikle geri kazanım alternatifi değerlendirilmeli, uygun olmadığı takdirde yakılmalıdır.
12 01 13	✓ R4			✓ D5	Metal geri kazanımı yapılır. Geri kazanım yapılmıyorsa oluşan atıklar düzenli depolamaya gönderilmelidir.
12 01 14*	✓ R1/R4/R5	✓ D9/R12	✓ D10	✓ D5	Bu çamurlar susuzlaştırmaya ya da faz ayırımına tabi tutulmalıdır. Yağ içeriği yakmaya gönderilebilir. Arıtım artıkları ve yakılamayan kısım düzenli depolamaya gönderilmelidir.
12 01 15	✓ R1/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 gönderilmektedir [10].
12 01 17	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	

Galvaniz Kaplama

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
12 01 18*	✓ R4/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Metal ve yağ bileşenlerinin geri kazanımı araştırılmalıdır. Bu çamurların susuzlaştırılması gerekebilir. Yağ fazı yakmaya gönderilebilir. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.
12 01 19*	✓ R9	✓ D9/R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanım mümkün değilse biyolojik olarak kolay bozunabilen yağlar olduğu için ön işlem ya da kalorifik değeri yeterliyse yakma uygulanabilir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.
12 01 20*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	Öğütme malzemelerinin geri kazanılma imkanı incelenmelidir. Aksi takdirde düzenli depolamaya gönderilebilir [10].
12 01 21	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	

¹ 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

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
08 03 17*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Atık baskı tonerlerin geri kazanımı araştırılmalı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya düzenli depolamaya gönderilmelidir.
08 03 18					
13 01 13*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi [38] numaralı referanstan kontrol edilebilir. Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.
13 02 05*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 08*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 03 07*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 07 01*	✓ R1/R9		✓ D10		Atık fuel oil ve mazotun geri kazanımı önceliklidir. Bu kod altında sınıflandırılan atıkların gerek ürün olarak gerek atık olarak yakılarak yüksek kalorifik değerlerinden yararlanılması gerekmektedir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.

Galvaniz Kaplama

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
15 01 01	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [10]. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
15 01 02	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
15 01 07	✓ R5	✓ R12			Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır.
15 01 10	✓ R1/R3-R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [10]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da düzenli depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Temizleme malzemeleri, filtreler ve gıysilerin kirlilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Özellikle çoğunluğun inorganik kirletici olduğu durumlarda düzenli depolama uygulanabilir.
15 02 03	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
16 01 03	✓ R1/R3	✓ D9/ R12	✓ D10		Gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra yeniden kullanımı mümkündür [42]. Enerji geri kazanımı amaçlı uygulamalarda Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği esasları uygulanmaktadır. Tebliğde ömrünü tamamlamış lastiklerin ek yakıt olarak kullanılabilceği belirtilmektedir.
16 01 07*	✓ R1/R4		✓ D10		Yağ filtreleri atıktan türetilmiş yakıt üretiminde veya ek yakıt olarak değerlendirilebilir ve eğer içinde metal bileşenler bulunuyorsa geri kazanılabilmektedir.
16 01 17	✓ R4	✓ R12			Demir geri kazanımı yapılır.
16 01 18	✓ R4	✓ R12			Metal geri kazanımı yapılır.
16 02 13*	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Sınıflandırma ve geri dönüşüm yapılmalı, geriye kalanlar yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir [10].
16 02 14	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
16 06 01*	✓ R4/R5	✓ R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [43] ve [44] numaralı referanslardan kontrol edilebilir.
16 06 02*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	

Galvaniz Kaplama

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
16 07 08*	✓ R1/R9	✓ D9/ R12	✓ D10		Tank ve varillerden yağ bileşenleri temizlenmeli ve bunlar geri kazanılmalıdır. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda temizlenen yağ atıkları yakmaya gönderilmelidir.
18 01 03* 18 01 04		✓ D9	✓ D10		Geri kazanım ve mekanik arıtım yapılmaz. Sadece dezenfeksiyon uygulanabilir. Bunun dışında yakmaya gönderilmelidir. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için [45] numaralı referansa bakılabilir. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [46] numaralı referansta bulunabilir.
20 01 01	✓ R1/R3	✓ D9/ R12	✓ D10		Kağıt ve karton atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
20 01 21*	✓ R4/R5/ R13			✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [43][47]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem ¹	Yakma	Düzenli Depolama	
20 01 25	✓ R1/R9	✓ R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmalıdır. Uygulanmadığı durumda yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [38] numaralı referans kontrol edilebilir.
20 01 26*					
20 01 27*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Geri kazanımı araştırılmalı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
20 01 28	✓ R1		✓ D10	✓ D5	
20 01 33*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılamayan parçalar daha sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [43] ve [44] numaralı referanslardan edinilebilir.
20 01 40	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.

¹ 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 galvaniz kaplama sektöründen kaynaklanan atıkların tanımlanması, önlenmesi/azaltılması, geri kazanımı ve bertarafı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu başlıklar ile ilgili olarak daha ayrıntılı bilgilere aşağıdaki kaynaklardan ulaşılabilir:

- 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, atık taşıma, geri kazanım ve bertaraf için lisans almış firmaların listelerine ve duyurulara ulaşmak mümkündür.

- Galvaniz kaplama sektörüne ilişkin IPPC BREF-MET dokümanları:
 - European Commission. (2006). IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. URL:

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm_bref_0806.pdf

Bu doküman galvaniz kaplama sektörü prosesleri, sektörden kaynaklanan atıklar ve MET'leri hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.

- Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması 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_2-03_04_2012.pdf
 - http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_3-03_04_2012.pdf

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

- 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, arıtma ve bertaraf yöntemleri ile ilgili rehberler mevcuttur.

- 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/editedosya/TABSkilavuz2013.pdf>

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

Galvaniz kaplama sektör kılavuzunun hazırlanması sırasında yararlanılan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

- [1] Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama. Erişim Tarihi: 27.06.2016.
URL:http://www.kanalsan.com.tr/technicaldetails/Kanalsan_sicakdaldirma.pdf
- [2] Shibli, S. M. A., Meena, B. N., Remya, R. (2015). A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process. *Surface & Coatings Technology*, 262, 210-215.
- [3] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi Metal Kaplama Galvanizasyon Rehber Doküman.
- [4] Şahin, İ. (2015). Demir Çelik Sektörü. Türkiye İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü. Erişim Tarihi: 25.06.2016.
URL:https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/demir_celik_sektoru.pdf
- [5] Galvaniz sektörü son yıllarda büyük gelişme kaydetti. Erişim Tarihi: 01.07.2016
URL:<http://www.makinamagazin.com.tr/dergioku.php?haberid=2309>
- [6] European Commission. (2006). IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. Erişim Tarihi: 12.09.2016
URL:http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm_bref_0806.pdf
- [7] Mitaş Galvaniz. Erişim Tarihi: 25.06.2016.
URL: <http://www.mitasgalvanising.com/tr/galvaniz-prosesi>
- [8] American Galvanizers Association. (2010). Hot-Dip Galvanizing for Corrosion Protection of Steel Products.
- [9] Galvanizers Association. The Galvanizing Process. Erişim Tarihi: 27.06.2016.
URL: <http://www.galvanizing.org.uk/learn-more/the-process/>

- [10] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu, Cilt II. Erişim Tarihi: 12.09.2016
URL:https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi, Metal Kaplama Galvanizasyon. Rehber Doküman. Erişim Tarihi: 25.06.2016.
URL:<https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/metalgalvaniz2.pdf>
- [12] European Commission. (2001). IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry.
- [13] Sartor M., Buchloh D., Rögener F., Reichardt T. (2009). Removal of iron fluorides from spent mixed acid pickling solutions by cooling precipitation at extreme temperatures, Chem. Eng. Jour., 153, 50-55.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Özdemir T., Öztin C., Kıncal N.S. (2006). Treatment of waste pickling liquors: Process synthesis and economic analysis. Chemical Engineering Communications, 193 (5), 548 – 563
- [18] Kladnig, WF. (2008). New development of acid regeneration in steel pickling plants, J of Iron and Steel Inter., 15,41-6.
- [19] 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.

- [20] 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
- [21] Environmental Initiatives in Indigenous Industry. Best Practices in Metal Plating and Finishing. Erişim Tarihi: 29.09.2016.
URL:<http://www.envirocentre.ie/includes/documents/MetalFinishing.pdf>
- [22] Environmental Guidelines Part III: Micro- and Small Enterprises Chapter 4.4 Metal Finishing. (2009). Erişim Tarihi: 01.11.2016
URL: <http://www.encapafrika.org/egssaa/metalfinish.pdf>
- [23] Illinois Sustainable Technology Center. Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Plating Processes. Erişim Tarihi: 29.09.2016.
URL:http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/plating.htm
- [24] 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
- [25] European Commission. (1998). Clean Technologies for Waste Minimization Final Report. Belgium.
- [26] 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.
- [27] Hosea M., Kostura J. (2007). Rinse water reuse pays off for West coast plating facility. *Metal Finishing*, 24. Erişim Tarihi: 25.10.2016.
URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026057607805824>
- [28] 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. Erişim Tarihi : 25.10.2016.
URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X00000773?np=y>
- [29] 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.

- [30] 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.
- [31] Christensen E.R., Delwiche J.T. (1982). Removal of heavy metals from electroplating rinse waters by precipitation, flocculation and ultrafiltration. *Water Research*, 16, 729 – 737.
- [32] Bolger P.T., Szlag D.C. (2002). Electrochemical treatment and reuse of nickel plating rinse waters. *Environmental Progress*, 21 (3), 203 – 208.
- [33] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Rinsing. Erişim Tarihi: 25.10.2016.
URL: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] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pre-finishing Operations. Erişim Tarihi: 25.10.2016
URL:http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/prefinop.htm
- [36] United States Environmental Protection Agency. (1994). Guide to Cleaner Technologies Cleaning and Degreasing Process Changes.
- [37] 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.
- [38] Secretariat of the Basel Convention. Basel Convention Technical Guidelines on Waste Oils from Petroleum Origins and Sources. Erişim Tarihi: 10.11.2016.
URL:<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y8.pdf>

- [39] Bensadok K., Benammar S., Lapique F., Nezzal G. (2008). Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminum plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 423 - 430.
- [40] 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.
- [41] Kuo C.H., Lee C.L. (2010). Treatment of oil/water emulsions using seawater-assisted microwave radiation. *Separation and Purification Technology*, 74, 288 - 293.
- [42] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği. Resmi Gazete Tarihi: 20.06.2014.
- [43] Secretariat of the Basel Convention. (2004). Basel Convention Technical Guidelines on the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds (R4). Erişim Tarihi: 10.11.2016.
URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/r4-e.pdf>
- [44] Secretariat of the Basel Convention (2003). Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries. Erişim Tarihi: 10.11.2016.
URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>
- [45] Secretariat of the Basel Convention. (2004). Draft guidance paper on hazard characteristics H6.2 (infectious substances). Erişim Tarihi: 10.11.2016.
URL: <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/11a1r1e.pdf>
- [46] Secretariat 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>
- [47] U.S. Environmental Protection Agency. (2016). Recycling and Disposal of CFLs. U.S. Environmental Protection Agency. Erişim Tarihi: 10.11.2016.
URL: <https://www.epa.gov/cfl/recycling-and-disposal-cfls>



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

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı
www.csb.gov.tr/gm/cygm