



“Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemi (STM)” Sektöründe Faaliyet Gösteren Tesislerin EKÖK Uyum Durumunun İl Bazında Değerlendirilmesi

Provincial Assessment of IPPC Compliance Status of Facilities Operating in the “Surface Treatment of Metals and Plastics (STM)” Sector

Mehmet Kazım Yetik , Rahman Çalhan*

Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

Öz

Bu çalışma “Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemi (STM)” sektöründe faaliyet gösteren tesisler Referans Belgesi (BREF), 96/61 / EC sayılı Konsey Direktifinin (IPPC Direktifi) 16 (2) Maddesi uyarınca hazırlanan Mevcut En İyi Teknikler (MET) kapsamında Türkiye’de faaliyet gösteren tesislerin Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (EKÖK) mevzuatına uyum durumunun, EKÖK’e geçiş sürelerinin ve illere göre dağılımlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, direktif kapsamına giren tesislere anket düzenlenmiş ve tesislerden gelen cevaplar istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kapsam dahilindeki tesislerin Türkiye’de illere göre dağılımları, EKÖK uyumu için hangi MET’lere öncelik verilmesi gerektiği ve gereken iyileştirme/yatırımlar için gereken süreler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Entegre kirlilik önleme ve kontrol, Metallerin ve plastiklerin yüzey işlemi, Mevcut en iyi teknikler, Yüzey kaplama, Galvaniz, Atıksu

Abstract

This study is carried out in Turkey within the scope of Best Available Techniques (BAT) prepared in accordance with Article 16 (2) of Council Directive 96/61 / EC (IPPC Directive) Reference Document (BREF) for facilities operating in the “Surface Treatment of Metals and Plastics (STM)” sector. It was conducted to ascertain the level of compliance with the Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) regulations of the facilities operating in Turkey, the transitional periods to IPPC, and their distribution by provinces. For the study, a survey of the facilities covered by the directive was conducted, and the responses from the institutions were statistically analyzed. According to the results of the analysis, the distribution of the facilities within the scope by provinces in Turkey, which BAT should be prioritized for IPPC compliance, and the time required for the necessary improvements/investments were determined.

Keywords: Integrated pollution prevention and control, Surface treatment of metals and plastics, Best available techniques, Surface coating, Galvanizing, Wastewater

1. Giriş

Artan dünya nüfusu, gelişen teknoloji ve değişen yaşam şartları insanların tüketim alışkanlıklarının değişmesine neden olurken artan çevre kirliliği ile birlikte çevre insan sağlığı olumsuz şekilde etkilenmiştir. Çevre kirliliğini önlemek amacıyla ortaya çıkan kirleticileri bertaraf etmek amacıyla

çok farklı teknik/teknolojiler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Boru sonu veya kirlilik kontrolü teknikleri olarak adlandırılan bu yöntemler sadece ortaya çıkan kirleticilerin çevresel etkilerinin azaltılmasını sağlamaktadırlar (Çavuşoğlu vd. 2019). Günümüzde kirlilik kontrolü yaklaşımının yerini, kirliliği kaynağında azaltılmasını, su, enerji ve hammadde kullanımının kontrol edilmesini sağlayan temiz/sürdürülebilir üretim prensibi almaya başlamaktadır. Bu kapsamda Avrupa Birliği (AB), üye devletlerde endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan emisyonların azaltılmasını sağlamak amacıyla 1996 yılında Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) direktifini (96/61/EC) ortaya çıkarmıştır. EKÖK direktifi 2010 yılında Endüstriyel Emisyonlar

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: rahmancalhan@karabuk.edu.tr

Mehmet Kazım Yetik orcid.org/0000-0003-1150-3968
Rahman Çalhan orcid.org/0000-0002-3894-8468



Direktifi (EED) (2010/75/AB) olarak değiştirilmiş ve AB ülkeleri için endüstrilerden kaynaklanan emisyonların düzenlenmesindeki temel mevzuat olarak kullanılmaya başlanmıştır (Environment Agency 2004, Vázquez vd. 2015). EED'nin uygulanmasında endüstriyel faaliyetlerden ortaya çıkan emisyonların azaltılması veya önlenmesi amacıyla Mevcut en iyi tekniklerin (MET) kullanılması önerilmektedir. MET'ler Sevilla'da (İspanya) bulunan Avrupa EKÖK Bürosu'nun koordinasyonunda AB üye devletlerinde faaliyet gösteren endüstriyel kuruluşlar, akademisyenler ve çevre ajanslarının ortaklığı ile ortaya çıkarılmıştır (Giner Santonja ve Karlis 2020). MET referans dokümanlarında ilgili sektör kapsamında üretim yapılan prosesler ve prosesler sonucunda ortaya çıkan kirleticiler ile ilgili bilgiler verilmektedir. MET referans dokümanlarının içerisinde bulunan MET sonuçlarında ise komisyon tarafından kabul edilen ve çevresel açıdan en yüksek performansa sahip uygulamalara yer verilmektedir (Karström vd. 2020).

Avrupa birliği üye devletleri, ilgili endüstriyel kuruluşlar ve çevre odaklı sivil toplum kuruluşları arasında, MET'ler hakkında bilgi paylaşımında bulunma ve ilgili düzenlemeleri yerine getirme sorumluluğu Avrupa EKÖK Bürosuna aittir. Bilgi paylaşımı ile EED'nin Avrupa Birliği'nde faaliyet gösteren işletmelerde etkin bir şekilde uygulanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla zaman zaman sektörel araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan bazıları, IPPC Direktifleri ile süt endüstrisinde ve kağıt endüstrisinde farklı ülkelerde incelemeler gerçekleştirilmiş çalışmalardır (Honkasalo, Rodhe, ve Dalhammar 2005, Silvo, Jouttijärvi, ve Melanen 2009).

Metaller ve plastikler, dekorasyon, sertliği ve aşınma direncini artırmak, korozyonu önlemek ve boyama gibi diğer yüzey işlemleri için adezyonu artırmak amacıyla yüzey işlemlerine tabi tutulurlar. Yüzey kaplama işlemine tabi tutulmuş olan ürünler otomotiv, inşaat, içecek-yiyecek kutuları, elektronik ürünler, havacılık gibi oldukça fazla kullanım alanına sahiptirler. Bu nedenle yüzey kaplama işlemi insan yaşamında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu sektör ile ilgili genel çevresel problemler; enerji ve su tüketimi, hammadde kullanımı, katı ve sıvı atıklardan kaynaklanmaktadır. Ancak proses genelinde sürekli olarak yıkama-durulama işlemlerinden kaynaklı olarak su tüketimi temel problem olarak değerlendirilmektedir. Yüzey kaplama sektöründen kaynaklanan çevresel etkilerin en aza indirilebilmesi için üretim sırasında, su, enerji ve hammadde kullanımının optimize edilmesi, üretim prosesinin etkin bir şekilde kontrol edilmesi, daha az atık ortaya çıkaracak yöntemlerin tercih edilmesi ve ortaya

çıkan atıkların yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi veya geri kazanılması işlemleri uygulanabilir (Nakonieczny ve Kieszkowski 2006).

Ülkemizde sektörler bazında yeni uygulanacak olan EKÖK mevzuatının, sektörler ile uyumlu bir şekilde ilerleyebilmesi ve sektör temsilcilerinin hem süreç hakkında bilgilendirilmesi hem de sürece dahil olarak birlikte şekillenmesinin sağlanabilmesi açısından T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB) tarafından çalışmalar yürütülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalarda, ilgili sektörlerde saha ziyaretleri gerçekleştirilmiş, prosesler yerinde incelenerek üretim koşulları değerlendirilmiş ve yeni mevzuata uyum durumu ve geçiş süreci ile ilgili bilgi alışverişinde bulunulmuştur. Bugüne kadar çimento endüstrisi, otomotiv endüstrisi, büyük yakma tesisleri, tekstil endüstrisi ve demir-çelik üretim ve işleme endüstrisi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Kocabaş vd. 2009). Metallerin ve plastiklerin yüzey işlemleri ile ilgili çalışmalar, demir-çelik üretim ve işleme endüstrisi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada metallerin ve plastiklerin yüzey işlemleri ile ilgili faaliyet gösteren ve EED kapsamında değerlendirilmeye alınan tesisler üzerinde gerçekleştirilen anket çalışması ile elde edilen sonuçlar bölgesel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı ve kapsamı

Çalışma kapsamında öncelikle tüm Türkiye'de metallerin ve plastiklerin yüzey işlemleri alanında faaliyet gösteren tüm tesislerin envanteri çıkarılmıştır. “Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemi” başlıklı MET Referans Belgesi (Bref), 96/61 / EC sayılı Konsey Direktifinin (IPPC Direktifi) 16 (2) Maddesi uyarınca hazırlanmıştır. Bu dokümanın kapsamı 96/61 / EC sayılı IPPC Direktifinin Ek 1'inci Kısım 2.6'ya göre: **“Sektörlerde tekne hacminin 30 metreküpü aştığı bir elektrolitik veya kimyasal işlem kullanılarak metallerin ve plastiklerin yüzey işlemlerini gerçekleştiren tesisler”** olarak belirlenmiştir (Avrupa Komisyonu, 2006). Envanterde bulunan bütün tesislere entegre çevre bilgi sistemi (EÇBS) üzerinden giriş yaparak doldurabilecekleri anket formu gönderilerek veri girişi yapılmaları sağlanmıştır. Ankette tesisteki işlem teknesi hacimleri sorularak, 30 metreküpün altında kapasiteye sahip olan tesisler kapsam dışı tutulmuşlardır. Ayrıca aşağıdaki faaliyetleri yapan tesisler de kapsam dışında tutulmuşlardır (Avrupa Komisyonu, 2008).

- Sertleştirme (hidrojen ayrışması hariç),
- Metallerin buharla biriktirilmesi gibi diğer fiziksel yüzey işlemleri,

- Sıcak daldırma galvanizleme ve demir ve çeliklerin toplu olarak temizlenmesi,
- Çözücü madde kullanarak yüzey işleme süreçleri ve çözücü yağ giderme işlemi,
- Elektro-boyama (elektroforetik boyama)

2.2. Yöntem

Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemi” başlıklı MET referans belgesi içerisinde bulunan MET’ler sorular haline dönüştürülerek sektörün mevcut durumunun ve EKÖK mevzuatına uyumu için gerekli olan süre ve maliyet verilerinin elde edilebileceği online bir anket tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan anket EÇBS (e-devlet) üzerinden firmaların erişimine açılmış ve tesis sorumlusunun yetkisi ile anketin doldurulması sağlanmıştır. Anket girişi kodları ÇŞB envanteri listesinden alınarak e-posta ile tesis sorumlularına iletilmiştir. Tam sayım olarak tasarlanan çalışma sektörde faaliyet gösteren ya da bu faaliyeti yürütmekte olan ve ÇŞB’den bu hususta izin belgesi alan tüm işletmeleri (tesisleri) kapsamaktadır. Anket tasarımı için IPPC’de belirtilen sektördeki ilgili hususlar tek tek sorulmuş, soru tasarımı için kullanılan kodlama sıralamaları bakanlığın daha sonra yürüteceği çalışmalara yön verebilmek için ÇŞB uzmanlarıyla belirlenmiştir. Kodlamalarda likert aralıkları göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanında yine uzmanların talepleri doğrultusunda bazı kodlamalarda ek (açık uçlu) açıklamalar istenmiştir. Anket kapsamında değerlendirilen temel başlıklar ve MET kodları Çizelge 1’de verilmiştir. MET başlıkları altında toplam 181 ayrı MET bulunmaktadır. Çalışma gönüllülük esasına dayanmakla birlikte tam sayım olarak değerlendirildiği için çalışma sonrasında elde edilen liste ÇŞB tarafından envanter olarak kullanılacak şekilde yapılandırılmıştır.

Tablo1’de verilen MET’ler kapsamında daha temiz üretim gerçekleştirilmesini sağlayacak farklı uygulamalar açıklanmaktadır. Belirtilen uygulamaların, tesislerdeki uygulama durumlarının belirlenebilmesi için tesis yetkililerinden anket sorularına Çizelge 2’de belirtilen cevaplamalardan uygun olanı işaretlemeleri istenmiştir. Eğer ilgili MET’ler tesiste halihazırda uygulanmıyor ve eğer uygulanabilecek durumda ise 0-120 ay aralığında yatırım süresi seçmeleri istenmiştir. Yapılan anket çalışmasında verilen cevapların doğruluğunun teyit edilebilmesi ve veri kalitesini arttırabilmek amacıyla, ÇŞB uzmanları ile birlikte saha ziyaretleri gerçekleştirilerek cevaplar kontrol edilmiştir. Görülen hatalar yerinde düzeltilmiş gibi diğer cevaplar üzerinde de aynı hususlarda hata olma ihtimalinden dolayı inceleme yapılmıştır. Ayrıca, anket

Çizelge 1. Anket kapsamında değerlendirilen temel MET başlıkları

MET başlığı	MET kodu
Yönetim teknikleri	MET 5.1.1
Tesis tasarımı, inşaatı ve işletimi	MET 5.1.2
Proses çözeltilerinin çalkalanması	MET 5.1.3
Yararlı girdiler: Enerji ve su	MET 5.1.4
Su ve malzeme atıklarının minimizasyonu	MET 5.1.5
Malzeme geri kazanımı ve atık yönetimi	MET 5.1.6
Genel proses çözeltisi bakımı	MET 5.1.7
Atık su emisyonları	MET 5.1.8
Hava emisyonları	MET 5.1.10
Jig hatlarında dışa sürüklenmeyi en aza indirmek	MET 5.2.2
Tehlikeli maddelerin daha az tehlikeli olanlar ile değiştirilmesi ve/veya kontrol edilmesi	MET 5.2.5
Parlatma ve cilalama için ikame maddelerin kullanılması	MET 5.2.6
Yağ giderme için kullanılacak ikame maddeler ve seçenekler	MET 5.2.7
Asitle temizleme (dekapaj) ve diğer güçlü asit çözeltileri – çözeltilerin ömrünü uzatma ve geri kazanım teknikleri	MET 5.2.9
Anodlama	MET 5.2.11
Baskılı devre kartları (PCB’ler)	MET 5.2.13

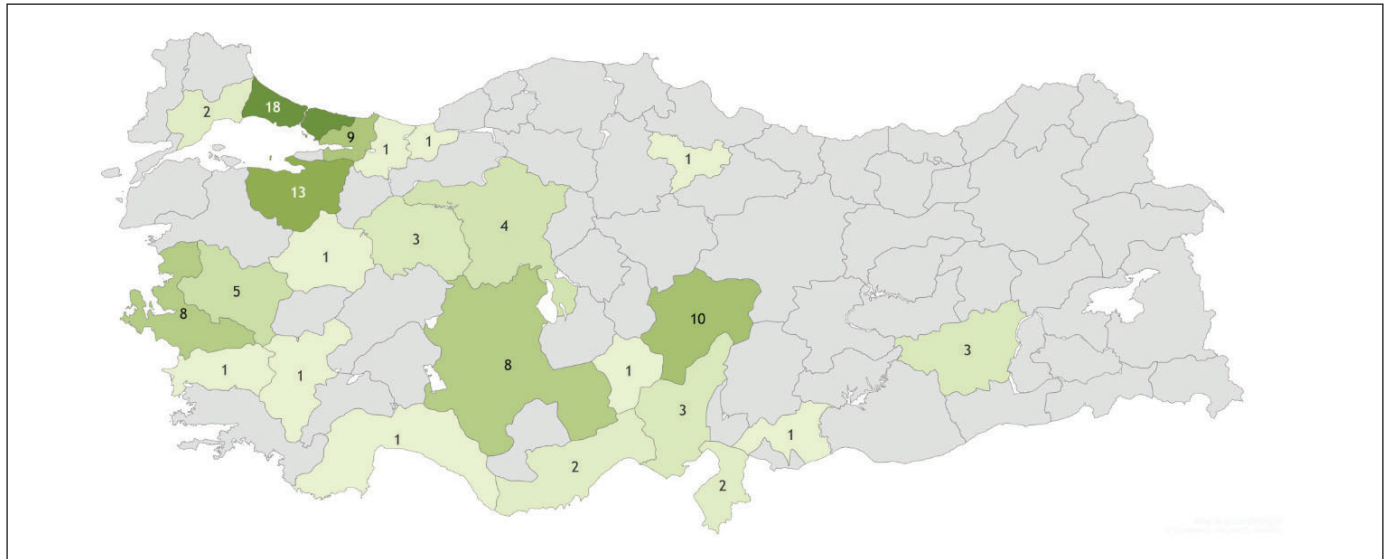
güvenilirliği açısından, her anket doldurulduğunda sistem üzerinden cevap giriş takipleri yapılmış, veri uyumsuzluğu durumunda tesis yetkilisi ile direk iletişime geçilerek gerekli düzeltmelerin yapılması sağlanmıştır. Anketlere verilen cevaplar daha sonra çevrimiçi toplanarak, MATLAB ve Excel paket programları ile analiz edilerek çalışma sonuçları değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Anket sorularına verilebilecek cevaplar

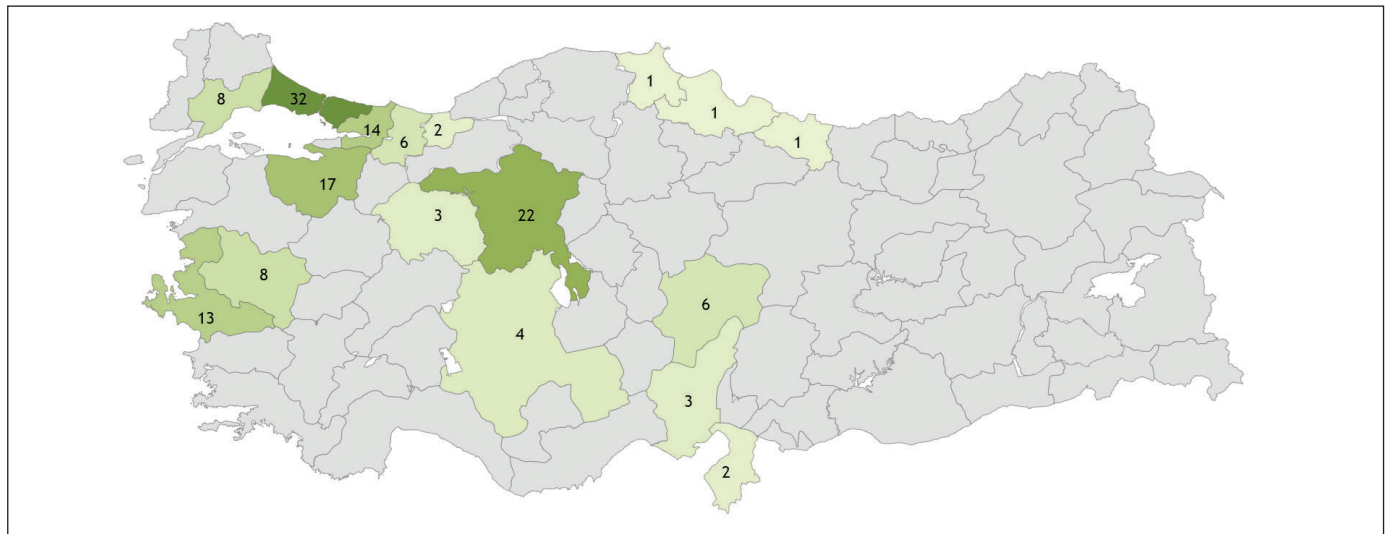
Kod	Tanım
A	Uygulanıyor
B	Uygulanabilir, iyileştirme gerekli
C	Uygulanabilir, yeni yatırım gerekli
D	Uygulanabilir, “Fayda/Maliyet” düşük
E	Uygulanabilir, yapısal değişim gerekli
F	Tesis için geçerli değil

Çizelge 3. Mevcutta uygulanıldığı belirtilen ilk 5 MET

Sıra	Uygulanabilirlik kodu	MET Kodu	MET Açıklaması
1	A	STM Bölüm 5.1.1.1.a	Üst düzey yönetim birimi de dâhil olmak üzere, tüm birimlerin yönetime bağlılığı
2	A	STM Bölüm 5.1.1.1.c	Gerekli prosedürler, amaçlar ve hedeflerin mali planlama ve yatırımlar ile bir arada planlanması ve belirlenmesi
3	A	STM Bölüm 5.1.1.1.b	Yönetim tarafından yürütülen işletmenin sürekli gelişimini kapsayan çevresel politikanın tanımı
4	A	STM Bölüm 5.1.2.1.e	Toprak ve su çevrelerinin kimyasal madde dökülmesi ve sızıntılarından kirlenmesinin önlenmesi
5	A	STM Bölüm 5.1.2.1.c	Yanıcı kimyasalları ve oksitleyici maddeleri ayrı ayrı depolayarak yangın riskinin azaltılması



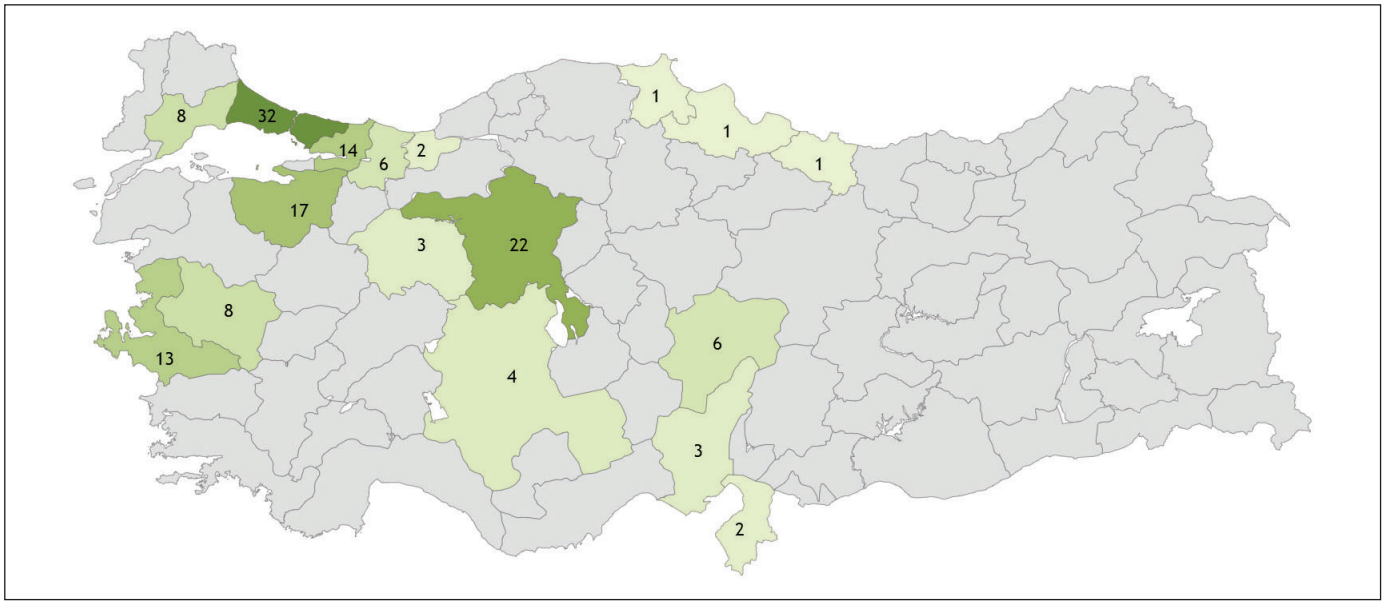
Şekil 2. Yatırım yapmadan uyum sağlayabilecek tesislerin illere göre dağılımı.



Şekil 3. İyileştirme yapılması gerektiğini bildiren tesislerin illere göre dağılımı.

Çizelge 4. Uygulanması için iyileştirme gerekli olduğu belirtilen ilk 5 MET

Sıra	Uygulanabilirlik kodu	MET Kodu	MET Açıklaması
1	B	STM Bölüm 5.1.1.1.b	Yönetim tarafından yürütülen işletmenin sürekli gelişimini kapsayan çevresel politikanın tanımı
2	B	STM Bölüm 5.1.1.1.c	Gerekli prosedürler, amaçlar ve hedeflerin mali planlama ve yatırımla ile bir arada planlanması ve belirlenmesi
3	B	STM Bölüm 5.1.1.4	En iyi tesisler ile karşılaştırma (Benchmark)
4	B	STM Bölüm 5.1.1.1.g	Daha temiz teknolojilerin gelişmesinin takibi
5	B	STM Bölüm 5.1.1.1	Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS)



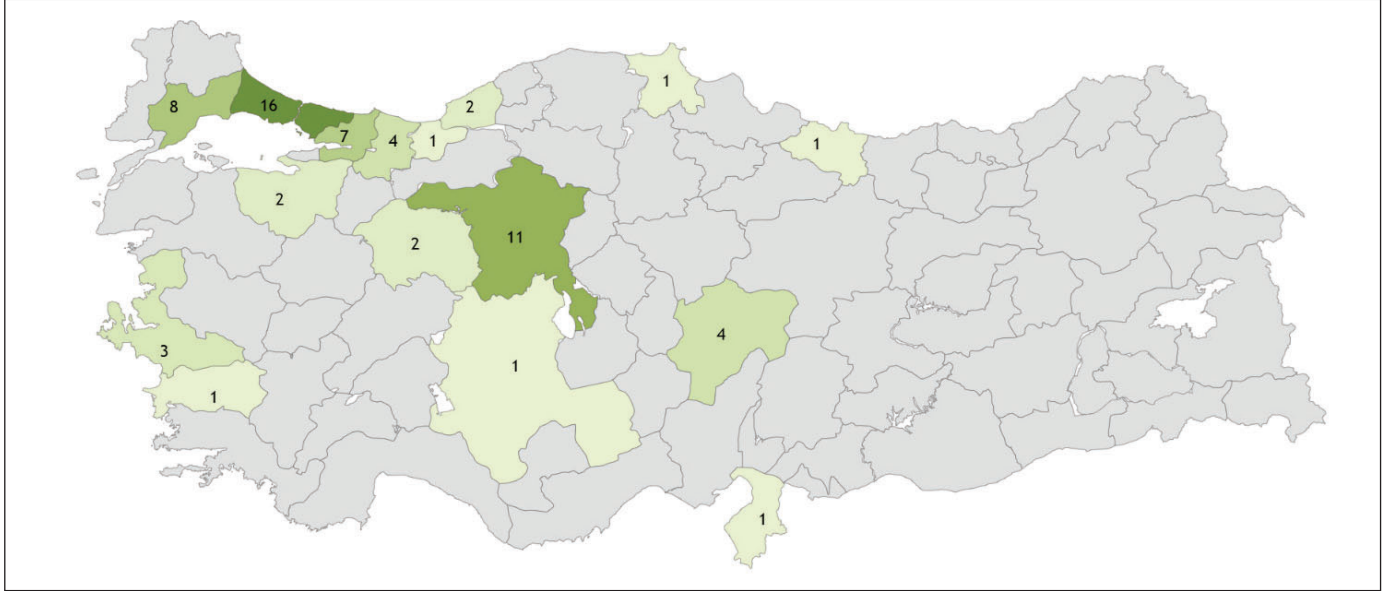
Şekil 4. Yatırım gerektiğini belirten tesislerin illere göre dağılımı.

Şekil 4, illere göre yatırım gerektiğini belirten tesislerin dağılımını göstermektedir. Türkiye genelinde 195 tesis, EKÖK'e uyum sağlayabilmek için yatırım gerektiğini belirtmiştir. Şekil 4 incelendiğinde en fazla tesisin bulunduğu İstanbul, Ankara, Bursa ve İzmir'de, sırasıyla 34, 21, 17 ve 17 adet tesis uyum sağlayabilmek için yatırım gerektiğini belirtmiştir. Çizelge 5'te uygulanması için yeni yatırımın gerekli olduğu belirtilen ilk 5 MET gösterilmektedir. MET'ler incelendiğinde MET 5.1.1, MET 5.1.5, MET 5.1.6 ve MET 5.1.8 kapsamındaki MET'lerin uygulanması için yatırım gerektiği görülmektedir. MET 5.1.1 yönetim tekniklerini kapsayan bir MET olup, mevcut durumda herhangi bir ÇYS bulunmayan tesislerin yeni bir ÇYS kurabilmesi için yatırım gerektiğini göstermektedir. Lopez-Gamero vd. EKÖK'ün uygulanabilmesi için işletmelerin öncelikle bir çevre yönetim sistemine sahip olmasının oldukça önemli olduğunu ve bunun sürdürülebilir bir kalkınma stratejisi geliştirme-

nin ilk basamağı olduğunu belirtmektedir (López-Gamero, Molina-Azorín, ve Claver-Cortés 2010). MET 5.1.5 tesis içerisinde kullanılan su ve malzemelerin minimizasyonunu gerektiren MET'tir. Kullanılan suların miktarının azaltılabilmesi için durulama aşamasında kullanılan suların belirli arıtma yöntemleri kullanılarak arıtılması ve proste yeni den kullanması MET olarak önerilmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarla MET 5.1.6 ve MET 5.1.8 için uygun tekniklerin kullanılmış olacağı belirtilmektedir. Ülkemizde organize sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren işletmeler atıksularını arıtılabilmek için organize sanayi bölgelerinde bulunan ortak arıtma tesislerini kullanmaktadırlar. Atıksu arıtma tesisine gönderilen sular arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara deşarj edildiği için arıtılan suların tesis içerisinde yeniden kullanımı gerçekleştirilememektedir. MET'lerde belirtilen arıtma yöntemlerinin kullanılabilmesi için tesis içerisinde arıtma sistemi kurulmasının ise yatırım gerektiren bir uygulama olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Tesislerde fayda/maliyet getirisinin düşük olduğu belirtilen ilk 5 MET

Sıra	Uygulanabilirlik kodu	MET Kodu	MET Açıklama
1	D	STM Bölüm 5.1.6.4.b	Atık suların metallerin geri kazanımı ve/veya geri dönüşümü.
2	D	STM Bölüm 5.1.5.1.b	Durulama sularının geri kazanımı (İyon değiştirme, ters ozmos, kaskat durulama)
3	D	STM Bölüm 5.1.6.2	Dışarı atılan muhtevadaki metali anot malzemesi olarak geri kazanmak MET'dir. Bu, su kullanımının azaltılmasına ve daha fazla durulama aşaması için su geri kazanımına çok yardımcı olabilir.
4	D	STM Bölüm 5.1.1.1.b	Yönetim tarafından yürütülen işletmenin sürekli gelişimini kapsayan çevresel politikanın tanımı
5	D	STM Bölüm 5.1.5.4.b	Çoklu durulamanın etkinliğini artırmak için Eko-Durulama uygulaması.



Şekil 6. Yapısal değişiklik yapılması gerektiğini belirten tesislerin illere göre dağılımı.

miştir. Firmaların anketlere verdikleri cevaplara göre yapısal değişiklik gerektirdiği belirtilen MET'ler MET 5.1.5, MET 5.1.10 ve MET 5.2.11 kapsamındaki MET'lerdir (Çizelge 7). MET 5.1.5 kapsamındaki MET'ler ortaya çıkan atıksuların arıtılması, tesis içerisinde yeniden kullanılması ve atıksu içerisindeki değerli malzemelerin kazanılması uygulamalarını içerdiğinden, büyük boyutlu havuzların ve arıtma sistemlerinin kurulmasını gerektirmektedir. Bu düzenlemelerin yapılabilmesi için büyük boyutlu yapısal değişikliklerin yapılması gerekmektedir. MET 5.2.11 kapsamında teknelerden ısı kayıplarının önlenmesi ve atık ısının geri kazanılması önerilmektedir. Isı kayıplarının önlenmesi uygulamaları için yalıtım yapılması gerekmekte ve çok fazla

alan ihtiyacı bulunmamaktadır. Isı yalıtımı yapılmamış tekneler için teknelere yalıtım işlemi uygulanabilir. Ancak atık ısının geri kazanılması uygulamaları için ısı değiştiricilerin kullanılması ve bu ekipmanlar için yeterli alanın bulunması gerekmektedir. Ayrıca, bu işlemler için yeni borulama sistemleri döşenerek atık ısının ve ısının aktarıldığı malzemenin taşınması gerekmektedir.

Çizelge 8'de referans dokümanda belirtilen ancak ülkemizde faaliyet gösteren tesisler tarafından en fazla uygulanamayan ilk 5 MET gösterilmiştir. Çizelge 8 incelendiğinde uygulanamayacağı belirtilen MET'ler MET 5.2.13 kapsamındaki MET'lerdir. MET 5.2.13 baskılı devre kartı üretimi yapan tesisleri kapsamaktadır. Ülkemizde faaliyet gösteren baskılı

Çizelge 7. Tesislerde uygulanabilmesi için yapısal değişiklik gerektiği belirtilen ilk 5 MET

Sıra	Uygulanabilirlik kodu	MET Kodu	MET Açıklama
1	E	STM Bölüm 5.1.5.1.b	Durulama sularının geri kazanımı (İyon değiştirme, ters ozmos, kaskat durulama)
2	E	STM Bölüm 5.1.5.2	Banyo İçine artık su taşınmasının (drag-in) azaltılması
3	E	STM Bölüm 5.2.11.a	Anodize edilmiş sızdırmazlık banyolarından gelen ısının geri kazanımı
4	E	STM Bölüm 5.1.10.c	Emisyon seviyelerini sağlamak için kullanılan teknikler
5	E	STM Bölüm 5.1.5.4.e	İlk durulama banyosunun proses banyosuna aktarımı ile malzeme geri kazanımı.

Çizelge 8. Tesislerdeki üretim yöntemi ile uyuşmadığı belirtilen (Tesis için geçerli değil kodlu) ilk 5 MET

Sıra	Uygulanabilirlik kodu	MET Kodu	MET Açıklaması
1	F	STM Bölüm 5.2.13.b	İç katmanların üretilmesi: Bu alan, müşteri spesifikasyonlarını yönlendiren teknolojik ilerlemeler ile hızla değişmektedir. Oksit bağlamaya alternatif teknikler gibi düşük çevresel etkilere sahip teknikleri kullanınız
2	F	STM Bölüm 5.2.13.h	Aşındırma (kalay) resistini sıyırma: Durulama sularını toplayın ve ayrı ayrı konsantre ediniz. Kalay bakımından zengin çamur çöktünüz ve dışarıda geri kazanım için gönderiniz
3	F	STM Bölüm 5.2.13.j	Lehim maskesinin uygulanmasından kaynaklanan hava emisyonlarını azaltmak: yüksek katılar, düşük VOC reçinelerin kullanımı
4	F	STM Bölüm 5.2.13.a	Durulama: Adımlar arasında durulama yapılırken, diğer işlemler için açıklanan çoklu durulama ve sprey tekniklerini, dışa sürüklenmeyi azaltmak için sıkma (silme) silindirlerini kullanınız
5	F	STM Bölüm 5.2.13.c	Kuru resistler (duyarlı film): Kuru resisti banyo ederken: taze film banyosu çözeltilisi ile durulayarak dışarı sürüklenmeyi azaltınız, film banyosu çözeltilisinin püskürtülmesini optimize ediniz, film banyosu çözeltilisinin konsantrasyonlarını kontrol ediniz, ultrafiltrasyon gibi yöntemlerle, banyo edilmiş resisti akışkandan ayırınız

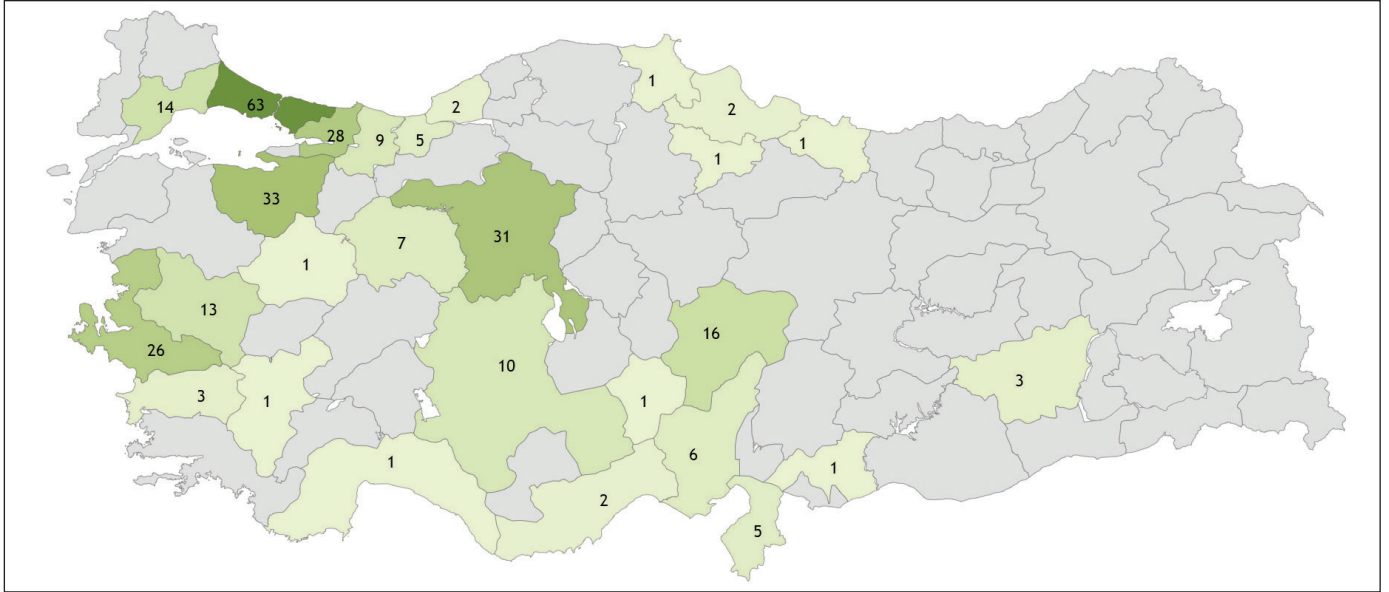
devre kartı üreticileri 96/61 / EC sayılı IPPC Direktifinin Ek 1'inci Kısım 2.6'da belirtilen 30 metreküp tekne hacmine sahip olma koşuluna uymadıkları için anket kapsamı dışında tutulmuşlardır. Bu nedenle MET 5.2.13 metallerin ve plastiklerin yüzey işlemini gerçekleştiren diğer tesislerin kapsamı dışında kalmaktadır. Şekil 7'de, Çizelge 8'de belirtilen MET'lerdeki uygulamaların tesislerdeki üretim yöntemi ile uyuşmadığı belirtilen tesislerin illere göre dağılımını gös-

termektedir. Yukarıda belirtilen açıklamalar doğrultusunda Şekil 1 ile Şekil 8'in oldukça benzer olduğu görülmektedir.

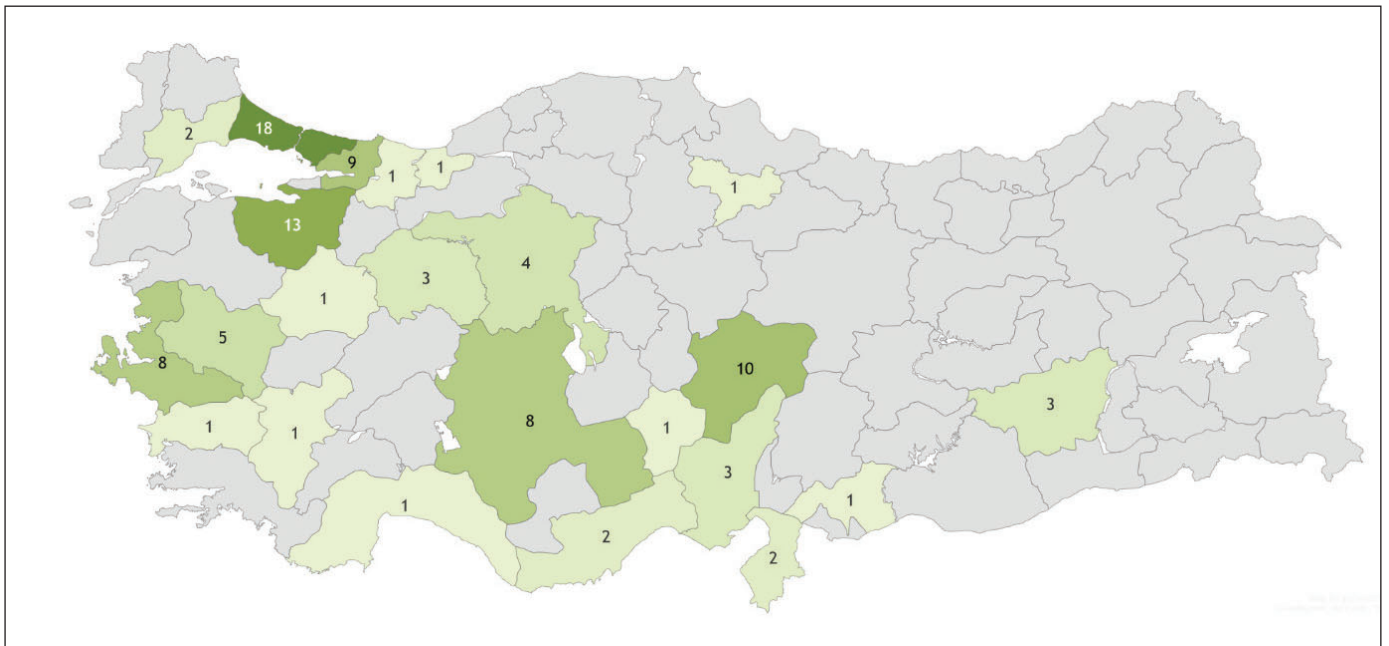
Anket soruları cevaplanırken, tesislerden verdikleri cevaplara göre MET'in uygulanabilmesi için gereken süreyi de belirtmeleri istenmiştir. Verilen cevaplara göre tesislerin EKÖK uyumluluk durumları belirlenmiştir. Şekil 8'de anket cevaplarına göre halihazırda EKÖK'e uyumlu olduğu tespit edilen tesislerin illere göre dağılımı verilmiştir. Buna göre,

en fazla EKÖK'e uyumu olan tesis sayısı 18 ile İstanbul'da bulunmaktadır. Bunu 13 tesis ile Bursa ve 10 tesis ile Kayseri izlemektedir. Anket cevaplarına göre Türkiye genelinde faaliyet gösteren kapsam içerisindeki tesislerin %34'ü EKÖK'e uyum sağlamaktadır. Hiçbir yatırıma ihtiyaç duymadan EKÖK'e uyumlu hale gelebilecek tesis sayısı 99 iken, üç ay içerisinde tesislerini gerekli düzenlemelerle hazır hale getirecek tesis sayısı 12'dir. Bu durumda ilk üç ay içerisinde

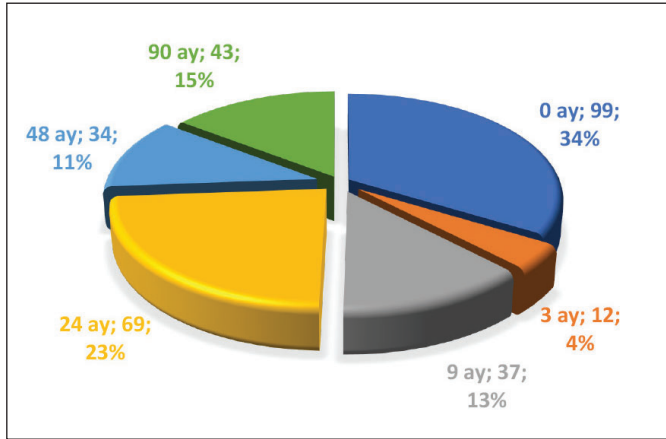
294 tesisden 111'i ilk üç ay içerisinde EKÖK'e uyumlu hale gelebilecek durumdadır. Tesislerin gerekli yatırımları 9 aylık bir süre içerisinde tamamlamaları durumunda bu sayıya 37 tesis daha eklenmekte ve toplam uyumlu hale gelebilecek tesis sayısı 148'e ulaşmaktadır. Sektörde faaliyet gösteren tesislerin %34'ü hemen, %4'ü 3 ay, %13'ü 9 ay, %23'ü 24 ay, %11'i 48 ay, %15'i ise 90 ay içerisinde EKÖK'e uyumlu hale gelebilecekleri tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 7. Tesislerdeki üretim yöntemi ile uyumsuzluğu belirtilen tesislerin illere göre dağılımı.



Şekil 8. EKÖK'e uyumlu olduğu tespit edilen tesislerin illere göre dağılımı.



Şekil 9. Aylara göre EKÖK şartlarına uyumlu hale gelebilecek olan tesislerin dağılımı.

Yatırım süresine göre en fazla zaman ihtiyacı olan MET’ler Çizelge 9’da gösterilmektedir. Genel olarak incelendiğinde MET 5.1.1, MET 5.1.4, MET 5.1.5, MET 5.1.6, 5.1.8, MET 5.1.10 ve MET 5.2.9 en fazla yatırım süresi gerektiren MET’ler olarak tespit edilmiştir. Su ve atıksu arıtımı, suların yeniden kullanılması, malzemelerin yeniden kullanılması/geri kazanımı uygulamaları ve ÇYS’nin kurulması uygulamaları büyük ölçekli yatırımlar gerektirmesi nedeniyle süre olarak da en uzun süre ihtiyacı olan MET’ler olarak görülmektedir.

Benzer çalışmalar AB üye ülkelerinde de gerçekleştirilmiş olup yapılan çalışmalarda hem EKÖK’ün uygulanabilirliği hem de gereklilikleri tartışılmıştır. Kovacs vd. yaptıkları çalışmada Romanya’da faaliyet gösteren bir yüzey işleme tesisini incelemişler ve suya verilen emisyonların azaltılabilmesi için MET’lerin uygulanmasının önemini araştırmışlardır. İncelenen tesiste su geri kazanımı yapılmadığı ve durulama tanklarında ortaya çıkan atıksuyun kısmi bir arıtmadan sonra tesis yakınında bulunan Mures nehrine deşarj edildiği belirtilmiştir. MET 5.1.8.4.’te belirtildiği gibi sıfır deşarj tekniklerinin kullanılmasının hem su tüketimini hem de alıcı ortam kalitesini iyileştireceğini belirtmişlerdir (Kovacs vd. 2019). Barros vd. İspanya’nın Galiçya bölgesinde yaptıkları çalışmada yüzey işleme endüstrisinde ortaya çıkan kirliliği önleme ve/veya azaltma seçeneklerini değerlendirmişler ve uygulanan işlemler ve bunların çevresel boyutları analiz edilerek genel bir sektör değerlendirmesi yapmışlar-

dır. Değerlendirme neticesinde Galiçya bölgesinde halihazırda sadece üç adet tesisin hazır olduğunu altı adet tesisin ise uygulamaları hayata geçirdikleri taktirde hazır hale gelebilecekleri belirtilmiştir (Barros vd. 2008). Gartiser vd. metal yüzey işlemleri faaliyeti gösteren bir işletmede MET uyumluluğunun sağlanabilmesi amacıyla işletmeden ortaya çıkan atıksuların değerlendirilebilmesini incelemek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda elektrokaplama yapılan bir tesisten ortaya çıkan atıksuların kirlilik yükünün oldukça fazla olduğu ve MET’lerde belirtilen yöntemler kullanılarak kirlilik yükünün düşürülebileceği ve su kullanımının en aza indirilebileceği belirtilmiştir (Gartiser vd. 2010).

3. Sonuç ve Değerlendirme

Gerçekleştirilen çalışmada ülkemizde “Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemi (STM)” sektöründe faaliyet gösteren tesislerin, Referans Belgesi (BREF), 96/61 / EC sayılı Konsey Direktifinin (IPPC Direktifi) 16 (2) Maddesi uyarınca hazırlanan Mevcut En İyi Teknikler (MET) kapsamında hazırlanan anketlere verdikleri cevaplar değerlendirilmiştir. Anket sonuçlarına göre Türkiye genelinde değerlendirmeler yapılarak MET’lere göre il bazlı dağılımlar incelenmiştir. Değerlendirmeye sadece direktifte belirtilen, 30 metreküp tekne hacmine sahip olan tesisler dahil edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre kapsam dahilinde 294 tesis olduğu tespit edilmiştir. Metallerin ve plastiklerin yüzey işlemleri sektöründe faaliyet gösteren tesis sayısı en fazla İstanbul’da (63 tesis) bulunmaktadır. Kapsam içerisinde bulunan tesislerden 99 tanesinin, EKÖK için halihazırda tam uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Tesislerin genellikle, atıksuların arıtılması, atıksuların tesis içerisinde yeniden kullanılması, atıksu içerisinde bulunan değerli maddelerin geri kazanımı/yeniden kullanılması, yeni bir ÇYS kurulması ve uygulanmaya başlaması ile ilgili MET’lerin uygulanmasında zorluk çektikleri belirlenmiştir. Bunun yanında, ihracat yapan firmaların çevre ve temiz üretim konusunda oldukça hassas oldukları ve MET’lere uyum konusunda zorluk çekmedikleri görülmüştür. Tesislerin EKÖK’e uyumlu hale gelebilmeleri için %6.1’inin 3 ay, %19’unun 9 ay, %35.4’ünün 24 ay, %17.5’inin 48 ay ve geri kalan %22 tesisin ise 90 ay süreye ihtiyaçları olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 9. Yatırım süresi en uzun olan 15 MET

Sıra	Yatırım süresine göre en çok süre gerektiren MET ler	MET Açıklama
1	STM Bölüm 5.1.6.4.b	Atık sulardan metallerin geri kazanımı ve/veya geri dönüşümü.
2	STM Bölüm 5.1.6.2	Dışarı atılan muhtevadaki Metali anot malzemesi olarak geri kazanmak MET'dir. Bu, su kullanımının azaltılmasına ve daha fazla durulama aşaması için su geri kazanımına çok yardımcı olabilir.
3	STM Bölüm 5.1.6.1.a	Metallerin ve diğer hammaddelerle birlikte kaybının önlenmesi MET'dir. Banyo dışına sürüklenen muhtevanın miktarı geri kazanım yöntemleri ile azaltılmalıdır.
4	STM Bölüm 5.1.1.1.g	Daha temiz teknolojilerin gelişmesinin takibi;
5	STM Bölüm 5.1.6.4.c	Alüminyum yüzey işlemlerinde ortaya çıkan alüminyum hidroksit süspansiyonunun atık su arıtma tesislerindeki son atıklardan fosfatın çöktürülmesi için kullanılması gibi, kalitenin ve miktarın izin verdiği yerlerde malzemelerin harici olarak yeniden kullanılması
6	STM Bölüm 5.1.6.4.a	Geri kazanımı veya yeniden kullanımı kolaylaştırmak için atıklar ve atık suları proses aşamasında veya atık su arıtımında ayrıştırmak
7	STM Bölüm 5.1.5.4.c	Durulamada atılan su miktarının 3-20 litre/m ² /durulama aralığında sınırlandırılması
8	STM Bölüm 5.1.5.4.b	Çoklu durulamanın etkinliğini artırmak için Eko-Durulama uygulaması.
9	STM Bölüm 5.1.5.1.b	Durulama sularının geri kazanımı (İyon değiştirme, ters ozmos, Kaskat durulama)
10	STM Bölüm 5.1.5.1.a	Su ve malzeme kullanımının, tesisin tüm noktalarında düzenli aralıklarla izlenmesi ve referans değerlere göre karşılaştırılması.
11	STM Bölüm 5.1.4.3.a	Isı geri kazanım fırsatlarının araştırılması
12	STM Bölüm 5.1.10.a	Çekilen (ekstraksiyon) havanın sınırlandırılması
13	STM Bölüm 5.2.9	Asitleme (asitle yıkama) (dekapaj) için asit tüketiminin yüksek olduğu durumlarda, belirtilen tekniklerden biri kullanılarak asit ömrünü uzatmak veya bazı organik bileşikler oksitlemek ve metal-bağları uzaklaştırmak için elektroliz kullanarak elektrolitik asitleme asitlerinin ömrünü uzatmak MET'dir. Asitleme ve diğer güçlü asitler de dışarıda yeniden kullanılabilir veya toplanabilir.
14	STM Bölüm 5.1.8.4	Sıfır deşarj teknikleri
15	STM Bölüm 5.1.5.4.d	Sprey tekniklerinin uygulanması

4. Kaynaklar

Avrupa Komisyonu (AB) (2008). Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, 15 Ocak 2008 tarih ve 2008/1/EC sayılı Entegre Kirliliği Önleme ve Kontrol konulu konsey direktifi. Brüksel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0001>. 25.05.2022.

Barros, M.C., Torres. M.T., Bello P.M. 2008. Integrated pollution prevention and control in the surface treatment industries in Galicia (NW Spain). *Clean Technologies and Environmental Policy* 10(2): 175–188.

Çavuşoğlu, B., Ekmekyapar, F. 2019.“Mevcut en iyi teknikler (MET) kapsamında tekstil endüstrisinde kostik geri kazanımının değerlendirilmesi. *European Journal of Engineering and Applied Sciences* 2 (1): 6–10.

Environment Agency. 2004. Consultation Draft - Guidance for the Surface Treatment of Metals and Plastics by Electrolytic and Chemical Processes. Bristol. www.environment-agency.gov.uk. 26.04.2022

- Gartiser, S., Hafner, C., Hercher, C., Kronenberger-Schäfer, K., Paschke, A. 2010.** Whole effluent assessment of industrial wastewater for determination of BAT compliance. Part 2: Metal surface treatment industry. *Environmental Science and Pollution Research* 17(5): 1149–1157.
- Honkasalo, N., Rodhe, H., Dalhammar, C. 2005.** Environmental permitting as a driver for eco-efficiency in the dairy industry: A closer look at the IPPC directive. *Journal of Cleaner Production* 13(10–11): 1049–1060.
- Karström, K., Noreng, J., Gidlund, J., Lundström, J., Amanda, H., Cederberg-Krohn, B., Skinnari, V. 2020.** Surface Treatment Industry in the Nordic Countries Overview and BAT Examples Nordic Publications, Copenhagen.
- Kocabas, A.M., Yukseler, H., Dilek, F.B., Yetis, U. 2009.** Adoption of European Union’s IPPC directive to a textile mill: Analysis of water and energy consumption. *Journal of Environmental Management* 91(1): 102–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.012>.
- Kovacs, M., Calamar A.N., Toth, L., Simion, S. Simion A. 2019.** Verifying compliance of a metallic surface treatment company with bat requirements, to minimize emissions of pollutants in water. International symposium “The Environment and The Industry”. SIMI 2019, s. 285–292.
- López-Gamero, M. D., Molina-Azorín, J. F., Claver-Cortés, E. 2010.** The potential of environmental regulation to change managerial perception, environmental management, competitiveness and financial performance. *Journal of Cleaner Production* 18(10–11): 963–974.
- Nakonieczny, A., M. Kieszkowski. 2006.** Toward cleaner production technologies in surface treatment of metals. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 92: 57–64.
- Santonja, G.G., Karlis, P. 2020.** Developing EU environmental standards for the food, drink and milk industries: key environmental issues and data collection. *Environmental Sciences Europe* 32(1): 1–26.
- Silvo, K., Jouttijärvi, T., Melanen, M. 2009.** Implications of regulation based on the IPPC directive - a review on the finnish pulp and paper industry. *Journal of Cleaner Production* 17(8): 713–723. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.11.011>.
- Vázquez, V.L., Rodrigues, G., Daddi, T., Giacomo, M.R.D., polders, C., Dils, E. 2015.** Policy challenges in transferring the integrated pollution prevention and control approach to southern mediterranean countries: A case study. *Journal of Cleaner Production* 107: 486–97.