AVRUPA KOMİSYONU

Organik Solventlerin Kullanımı ile Yapılan Yüzey İşlemlerindeki

Mevcut En İyi Teknikler

Referans Dokümanı

Ağustos 2007

"Bu doküman, AB Komisyonu tarafından Ağustos 2007'de onaylanan Organik Solventlerin Kullanımı ile Yapılan Yüzey İşlemlerindeki (STS) Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı'nın, otomotiv sanayini ilgilendiren bölümlerinin Türkçe'ye tercümesi ile oluşturulmuştur. Bu çalışma; üye firmalara, kamu kurum ve kuruluşmalarına kaynak teşkil etmesi amacı ile Otomotiv Sanayi Derneği tarafından yaptırılmıştır"

Çeviren: Özlem TEMİZÖZ

İDARİ ÖZET

‘Organik Solventlerin Kullanımı ile Yapılan Yüzey İşlemleri (STS)’ başlıklı BAT (Mevcut En İyi Teknikler) Referans Dokümanı (BREF) 96/61/EC no’lu Konsey Direktifi’nin (IPPC Direktifi) 16(2) no’lu Maddesi uyarınca gerçekleştirilen bilgi alışverişini içermektedir. Bu İdari Özet belli başlı bulguları, başlıca BAT sonuçlarınının özetini, ilgili tüketim ve emisyon düzeylerini açıklamaktadır. Özet; bu dokümanın hedeflerini, nasıl kullanılması gerektiğini ve yasal koşulları açıklayan önsöz ile bağlantı kurularak okunmalıdır. İdari Özet, başlı başına ayrı bir doküman olarak da okunabilir ve anlaşılabilir. Ancak özet niteliğinde olduğundan, tüm belgenin ortaya koyduğu karmaşık bilgileri içermemektedir. Bu nedenle özet, BAT ile ilgili karar alma sürecinde bir araç olarak, bu dokümanın tamamının yerini tutamaz.

Dokümanın Kapsamı

Bu dokümanın kapsamı 96/61/EC no’lu IPPC Direktifi’nin 1, 6.7 no’lu Ek’ine dayanmaktadır: ‘*Solvent tüketim kapasitesi saatte 150 kg’den veya yılda 200 tondan daha fazla olan ve maddelerin, nesnelerin veya ürünlerin özellikle giydirme, baskı, kaplama, yağ alma, su yalıtımı, kalibre etme, boyama, temizleme veya emdirme gibi yüzey işlemlerini organik solventlerin kullanımıyla gerçekleştiren tesisler.’*

Endüstriler ‘organik solventler’ ve ‘tüketim kapasitesi’ gibi kavramların açıklanmasını talep etmiştir. Bilgi alış verişinin sonucundan, söz konusu alış verişin (Solvent Emisyonları Direktifi, 1999/13/EC no’lu Konsey Direktifi’inde belirtildiği şekliyle) VOC’ler (uçucu organik bileşikler) olarak tanımlanan organik solventlerle ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde, BAT’lar ile ilgili sonuçların tespitinde bilgi alışverişinin, gerçek solvent kullanımları, IPPC Direktifi’nde belirtilen tüketim kapasitesi eşik değerlerini aşan tesisler (aktivitenin, atık gaz azaltma ekipmanından geri kazanılan solventleri içerdiği) üzerinde yoğunlaştığı görülebilir. Söz konusu kapasite eşikleri ile ilgili yorumlara Çevre Genel Müdürlüğü’nün, Direktif’in belirli hükümlerinin yorumlanmasına ilişkin kılavuz oluşturma çalışmaları kapsamında değinilmektedir.

Bu doküman aşağıdaki konuları ele almaktadır:

- Yüksek miktarda solvent kullanımını içeren üç baskı prosesi (heatset web ofset, esnek ambalaj ve gravür baskı)
- Tel sargı, otomobil ve ticari taşıt, otobüs, tren, tarım ekipmanı, gemi ve yat, uçak, çelik ve alüminyum bobin, metal paketleme, mobilya ve ahşap, diğer metal ve plastik yüzeylerin kaplama ve/veya boyanması
- Zımpara ve yapışkan bantların imalatındaki yapışkan uygulamalar
- Koruyucuların ahşaba emdirilmesi
- Bu aktivitelerle ilgili temizleme ve yağ alma işlemleri. Ayrı bir yağ alma endüstrisi tanımlanmamaktadır.

Solvent bazlı boyamalara alternatif olarak suda çözünen uygulamaların kullanımı (elektro-kaplama gibi) bu dokümanda ele alınmaktadır: Diğer su bazlı yüzey işlemleri STM BREF’te ele alınmaktadır.

Diğer aktiviteler bu dokümanda ele alınmamıştır. Bu aktiviteler arasında aşağıdakiler sayılabilir:

- Tekstil ve Tabakhane Endüstrisi ile ilgili BREF(ler)in kapsamına giren diğer giydirme, su yalıtımı, kalibre etme ya da emdirme prosesleri
- Su bazlı reçine kullanımı gerektirdikleri için laminat panoların, sunta (chip) panoların, vs. üretimi
- Eşik değerlerin altında işlem yapılan ve solvent kullanılan endüstriler (ya da endüstrilerin bölümleri) veya aktiviteler
- Kapsam dışı olan boya, mürekkep, yapışkanlar, vs.

Bu dokümanda adı geçen tüm endüstriler aynı zamanda Solvent Emisyonları Direktifi (SED, 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi) ile düzenlenmektedir. SED'de emisyon limit değerlerinin (ELV'ler) belirtildiği durumlarda bu değerler, IPPC Direktifi (Madde 18(2)) uyarınca belirlenmiş olan minimum ELV'ler olarak kabul edilmektedir. Bu değerler BAT ile ilgili emisyon değerleri olarak kullanılmaz.

Genel Bilgi

Ele aldığımız sektör homojen bir sektör değildir ve KOBİ'lerden çok uluslu şirketlere, farklı büyüklüklerdeki işletmelerin yer aldığı birden fazla endüstriyi içine alır. Yılda yaklaşık 4.5 milyon ton solvent, Avrupa'da kullanılmak üzere satılmaktadır, bunun %27'si (2003'te) boya ve boya kaplama endüstrilerinde kullanılmıştır. 1998 yılında %47 olan bu oran su bazlı teknolojilerin, toz boya teknolojilerinin ve diğer düşük solventli teknolojilerin artan kullanımı sayesinde bu seviyeye inmiştir. Baskı mürekkebi formülasyonlarında yaklaşık %7 oranında, yapışkan maddelerde ise %4 oranında solvent kullanılmaktadır (Bu rakamlar önemli ölçüde IPPC dışı kullanımı kapsamaktadır).

Temel Çevre Konuları

Başlıca çevre konuları solventlerin havaya, suya, yeraltı sularına ve toprağa emisyonu ile ilgilidir. Tıpkı havaya yapılan partikül emisyonu, atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve yönetimi (uygulama etkinliğinin arttırılması yoluyla hammadde tüketiminin azaltılması dahil), aktivitelere ara verilmesi sırasındaki tesis koşulları gibi, enerji kullanımı da önem arz etmektedir.

Bu Dokümanın Yapısı

Bölüm 2'den 19'a kadar her bir Bölüm sektördeki bir endüstriyi ele almakta olup ve aşağıdaki dört kısmı içine alır:

Bölüm 1: İlgili endüstri veya aktivite ile ilgili genel bilgi
Bölüm 2: Bu endüstride ya da aktivitede kullanılan endüstriyel proseslerin tanımı
Bölüm 3: Mevcut tüketim ve emisyon düzeyleri ile ilgili veri ve bilgi
Bölüm 4: Aşağıda Bölüm 20 için açıklandığı gibi, BAT'ların tespiti için üzerinde durulacak teknikler; ancak burada her bir endüstriye ya da aktiviteye özgü teknik veya bilgi üzerine vurgu yapılmaktadır.

Bölüm 20, tüketimin ve emisyonların azaltılması için geçerli olan genel teknikleri, BAT ve BAT'a dayalı ruhsat koşullarının daha detaylı bir şekilde tespit edilmesi ile ve aynı zamanda ele alınan birden fazla endüstri ya da aktivite ile yakından ilgili olan diğer teknikleri tanımlamaktadır.

Tüketim ve Emisyonlar

En iyi veri; üretim parametrelerine, örn. işlem yapılan yüzeye (m^2) ya da prosesteki atık madde girdilerine, dayalı üretim verimi ile ilgili olandır. Birçok veri belirli fabrikalar için geçerlidir ya da endüstriye göre çeşitlilik gösterir. Çoğunlukla her bir endüstrideki BAT seçimi ile bağlantılı emisyon değerleri, uygun üretim parametrelerine dayalı olarak verilmektedir.

Mevcut En İyi Teknikler (BAT'lar)

BAT bölümü (Bölüm 21) Avrupa düzeyinde Mevcut En İyi Teknik olarak değerlendirilen, temelde Bölüm 20'deki ve spesifik endüstriler ile ilgili bölümlerdeki bilgilere dayanan teknikleri tanımlamaktadır. Söz konusu bölüm Madde 2(11)'deki mevcut en iyi tekniklerin tanımını ve IPPC Direktifi'nin IV no'lu Ek'inde yer alan görüşleri göz önünde bulundurmaktadır. BAT bölümü emisyon limit değerlerini belirlemez ya da öngörmez, ancak genellikle bir BAT kombinasyonunun kullanımı ile ilgili tüketim ve emisyon değerleri konusunda tavsiyelerde bulunur.

Su bazlı yüzey işlemlerinin (IPPCD, Ek 2.6'da açıklandığı gibi) solvent bazlı proseslerle birlikte yürütüldüğü durumlarda, su bazlı yüzey işlemlerine ilişkin ilgili BAT, STM BREF'inde bulunabilir. Ek teknikler ve destekleyici bilgiler özellikle CWW BREF'inde, Depolama BREF'inde ve İzleme REF'inde ve diğer BREF'lerde bulunabilir. Bununla birlikte, söz konusu tekniklerin bu dokümanda ele alınan endüstriler için geçerliliği doğrulanmamıştır.

Aşağıdaki paragraflar en güncel çevre konularını ilgilendiren başlıca BAT sonuçlarını özetlemektedir. Her ne kadar endüstriler, ölçek ve aktivite çeşitliliği bakımından karmaşık da olsa, aynı genel BAT hepsi için kullanılabilir. Sadece belirli prosesler için geçerli olan diğer BAT'lara da yer verilmektedir. Spesifik bir tesis için geçerli olan BAT unsurları - IPPC Direktifi'nin IV no'lu Ek'inde yer alan görüşler de göz önünde bulundurularak - tanımlanan BAT'lar arasından, gerçekleştirilen aktivite ile ilgili olacak şekilde seçilecektir.

Genel BAT

Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu. BAT, aşağıda sıralanan yöntemler yoluyla tüketimin ve emisyonların (özellikle toprağa, suya, yeraltı sularına ve havaya verilen) minimum seviyeye indirilmesidir:

- Dış unsurlar tarafından doğrulanmış olan ya da olmayan çevre ve diğer yönetim sistemlerinin uygulanması ve bu sistemlere bağlı kalınması. Bu da tesisin çevresel izinin (faaliyet ve yatırımlar dahil); yeni fabrikaların tasarlanmasında veya var olanların iyileştirilmesinde, vs. nihai devreden çıkarma aşaması (decommissioning)* da göz önünde bulundurularak, sürekli azaltılmasının planlanmasını; tüketim ve emisyonlarının (belli bir süre boyunca iç ve dış verilerle) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini (benchmarking) kapsar.
- Bir tesisin tasarlanmasında, inşa edilmesinde ve işletilmesinde basit risk yönetiminin kullanılmasının yanı sıra, proses kimyasallarının ve hammaddelerin depolanmasında ve kullanımında bu dokümanda ve Depolama BREF'inde açıklanan tekniklerin

***Çevirmenin notu:** 'Decommissioning' tesisin kapatılması (devreden çıkarılması) ve tesisin kullandığı sahanın farklı işlemler için de kullanılabilmesini sağlamak amacıyla kirlilik (özellikle nükleer) düzeyinin azaltılmasına yönelik adımlar atılması anlamına gelir.

kullanılması. Bu BAT'lar, planlanmayan emisyon salınımının azaltılması, öncelikli ve riskli kimyasalların kullanım kayıtlarının tutulması ve potansiyel kirliliğe derhal müdahale edilmesi yoluyla üretim tesisinin devreden çıkarılmasına yardımcı olur.

- Operasyon ve bakıma yönelik otomasyon, eğitim ve yazılı prosedürleri de içine alan operasyonel tekniklerin kullanılması.

İzleme. BAT, solvent emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesi için, aşağıda sıralanan yöntemler yoluyla bu emisyonların izlenmesidir:

- Geçici ya da toplam emisyonun hesaplanması için gerekli olan solvent yönetim planının kullanılması: Her ne kadar karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking) ve düzenli kontrol için temel parametreler temin edilebilse de bu hesaplamalar düzenli olarak yapılmalıdır. Direkt ölçümler belirtilen tekniklere göre yapılmalıdır.
- Ekipmanın emisyon hesaplamalarının düzenli olarak yapılıp yapılmadığına karşı hassas olmasının ve gerektiğinde yeniden kalibre edilmesinin sağlanması.

Su tüketiminin azaltılması ve/veya suz bazlı işlem proseslerinde hammaddelerin korunması. BAT, aşağıda sıralanan yöntemlerin kullanmasıdır:

- Kaskad (çoklu) durulama*, iyon alış verişi veya membran ayırma gibi teknikler
- Soğutma suyu kullanımının minimum seviyeye indirilmesi için kontrol önlemleri
- Kapalı soğutma sistemleri ve/veya ısı değiştiricileri

Enerji kullanımını minimum seviyeye indirilmesi. BAT, tanımlanan tekniklerin uygulanmasıdır. Bu teknikler arasında, özellikle taşınacak hava hacminin ve reaktif enerji kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi, ekipmanın çalıştırılması aşamasında ortaya çıkan yüksek enerji gereksiniminin kontrol edilmesi ve enerji etkin ekipmanların kullanımı, vs. sayılabilir.

Hammadde yönetimi. BAT:

- Uygun hammadde seçimi ile emisyonların çevresel etkilerinin minimum seviyeye indirilmesi
- Tanımlanan tekniklerden birinin ya da bu tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasyla hammadde kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir.

Yüzey işlemleri, uygulamaları ve kuruma/kurutma sistemleri. BAT, VOC emisyonlarının ve enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi ve hammadde etkinliğinin maksimum seviyeye çıkarılmasıdır (örn. atıkların minimum seviyeye indirilmesiyle). Bunu yaparken her iki hedefi de birleştiren bir sistem seçilir. Bu uygumla yeni bir tesis kurulurken ya da mevcut tesiste iyileştirme yapılırken geçerlidir.

Temizleme. BAT, aşağıda sıralananların gerçekleştirilmesi için tanımlanan tekniklerin kullanılmasıdır:

- Renk değişimlerinin ve temizleme işlemlerinin minimum seviyeye indirilmesi, hammaddelerin korunması ve solvent emisyonlarının azaltılması

***Çevirmenin notu:** Kaskad durulama (Cascade rinsing), daha iyi durulama elde etmek için durulama suyunun farklı durulama tanklarında çok kez (multiple) yeniden kullanılmasıdır. Örneğin, asit temizleme durulama suyunun, alkalin temizlemeden sonra tekrar durulama suyu olarak kullanımı. Böylece, asit durulama suyu, alkalin temizleme sonrasında kalan yapışkan alkalin filmin giderilmesine yardımcı olur.

- Sprey tabancalarının temizlenmesi işlemi için, arındırma solventlerinin toplanıp yeniden kullanılmasıyla solvent emisyonunun azaltılması
- Prosese ve ekipmana, kirliliğin direncine ve ekipmanın mı yoksa alt tabakanın mı temizleneceğine göre bir ya da birden fazla tekniğin seçilmesiyle VOC emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesi

Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı (ikame). BAT:

- Temizleme işlemi için genel BAT'ta tanımlandığı gibi, üretim için ise spesifik endüstrilerde tanımlandığı gibi solvent içermeyen veya düşük miktarda solvent içeren tekniklerin kullanılması
- 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi'nin 5(6) no'lu Maddesi uyarınca R45, R46, R49, R60 ve R61 no'lu risk kodlarında yer alan maddelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılmasıyla, olumsuz fizyolojik etkilerin minimum seviyeye indirilmesi
- Çevreye emisyon salınması riski söz konusu olduğunda ve alternatifler mevcut olduğunda, R58 ve R50/53 no'lu risk kodlarında yer alan maddelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılmasıyla olumsuz ekotoksik etkilerin minimum seviyeye indirilmesi,
- R59 no'lu risk kodunda yer alan maddelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanımıyla, stratosferik (yüksek seviyeli) ozon tüketiminin azaltılmasıdır. Özellikle de R59 no'lu risk kodunda yer alan ve temizlikte kullanılan tüm halojenize ve kısmen halojenize solventlerin yerine, tanmlanan şekilde, daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması ve bu solventlerin kullanımının kontrol edilmesi gerekir.
- Diğer önlemlerin gerekli emisyon değerlerinin elde edilmesinde etkili ya da teknik olarak uygulanabilir olmadığı (olumsuz çapraz medya etkilerinin olması gibi) durumlarda ve yukarıda açıklandığı şekilde ikame uygulanan durumlarda, ya da ozon oluşturma potansiyeli (OFP) düşük olan VOC'lerin ve karışımların kullanılması ile troposferik (düşük seviyeli) ozon oluşumunun minimum seviyeye indirilmesidir. Ancak bu uygulama henüz hiçbir ikamenin mümkün olmadığı otomotiv boyaları ve gravür baskı gibi spesifik tek solventli sistemler için geçerli değildir. OFP'nin yükselmediği durumlarda, yanma noktası > 55 ^{o}C olan solventlerin kullanımı ile ikame gerçekleştirilebilir.

Havaya verilen emisyon ve atık gazların arıtılması. BAT, (tesislerin tasarımı, operasyonu ve bakımında):

- Emisyonların kaynağında minimum seviyeye indirilmesi, emisyondaki solventin geri kazanılması veya atık gazdaki solventin bertaraf edilmesidir. Emisyon değerleri her bir endüstri için ayrı verilmiştir. (Düşük solventli malzemelerin kullanımı termal oksitleyicilerin çalıştırılması için çok fazla enerji gereksinimine yol açabilir. Olumsuz çapraz medya etkilerinin, VOC'nin bertaraf edilmesinin faydalarından daha ağır bastığı durumlarda, oksitleyiciler devreden çıkarılabilir.
- VOC bertarafından doğan fazla ısının geri kazanılmasının ve kullanılmasının ve VOC ekstraksiyonu ve betarafı çin kullanılan enerjinin minimum seviyeye indirilmesinin yollarının aranması
- Ekstraksiyon hacminin azaltılması ve solvent içeriğinin optimize edilmesi ve/veya yoğunlaştırılması dahil, belirtilen tekniklerin kullanılmasıyla solvent emisyonlarının ve enerji tüketiminin azaltılması.

Boya spreyleme ile havaya salınan partiküller. BAT, tanımlanan tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıdır. İlgili emisyon değerleri:

- mevcut tesisler için 5 mg/m^3 veya daha az
- yeni tesisler için 3 mg/m^3 veya daha az.

Ahşap ve mobilya boyama endüstrisi farklı bir durum ortaya koymaktadır: Bu endüstride hem yeni hem de mevcut tesisler için ilgili emisyon değeri 10 mg/m^3 veya daha azdır. Buradan çıkarılan sonuç, sözü edilen değerin ilgili endüstride ekonomik ve teknik bakımdan makul ve uygulanabilir olduğudur.

Atık su. BAT:

- Dokümanda tanımlanan şekilde, su kullanımının minimum seviyeye indirilmesine yönelik tekniklerin, atık su ön arıtma ve arıtma işlemlerinin kullanılmasıyla suya verilen emisyonların minimum seviyeye indirilmesi
- Suya toksik etki eden malzemelerin boşaltımının minimum seviyeye indirilmesi için hammadde ve akışkan atıkların izlenmesi ve bu atıkların su ile teması riskinin olduğu yerlerde şu önlemlerden birinin ya da birden fazlasının alınması suretiyle olumsuz etkilerin azaltılmasıdır: Daha az tehlikeli olan malzemelerin kullanımı, proses arıtma işleminden ve dökülmelerden kaynaklanan malzeme kullanımının ve kayıpların azaltılması, atık suların arıtılması
- Solventlerin su ile temas halinde olması ihtimali söz konusu olduğunda, güvenli boşaltım yapılmasının sağlanması ile atık su kanallarında oluşabilecek tehlikenin önlenmesi
- Su kullanılan boyahanelerde, tanımlanan tekniklerin kullanılması. Yüzey sularına boşaltılabilecek ilgili sıvı emisyon değerleri COD 100-500 mg/l, sıvı atıkla beraber tahliye edilebilecek katı madde miktarı ise 5-30 mg/l'dir.
- Islak temizleyici sistemlerde, boyanın tortulaşmasının minimum seviyeye indirilmesi suretiyle boya transferinin optimize edilmesi, su tüketiminin, akışkan atık boşaltım ve arıtma işlemlerinin azaltılmasıdır.

Biyolojik atık su arıtımı tekniklerine CWW BREF'inden erişilebilir. Diğer teknikler ve ilgili emisyon değerleri STM BREF'inde ele alınmaktadır.

Malzemelerin geri kazanılması ve atık yönetimi. BAT, malzeme kullanımının ve kayıplarının azaltılması; malzemelerin tanımlanan şekilde geri kazanılması, tekrar kullanılması ve geri dönüştürülmesidir.

Koku sorunu. Hassas bir reseptörün kokudan etkilendiği durumlarda BAT, daha az koku yayan malzeme ve/veya proseslerin kullanılması ve/veya yüksek oranda atık gaz arıtımı yapılması gibi VOC emisyon kontrol tekniklerinin kullanılmasıdır.

Gürültü. BAT, önemli gürültü kaynaklarının ve ortamdaki potansiyel hassas reseptörlerin tespit edilmesidir. Gürültünün etki edebileceği durumlarda BAT, ara kapıların kapatılması, gürültü salınımının minimum seviyeye indirilmesi ve/veya mühendislik kontrollerinin kullanılması, büyük fanlara susturucuların takılması gibi iyi uygulama tekniklerinin kullanılmasıdır.

Yeraltı sularının korunması ve üretim tesisinin devreden çıkarılması. Bu konular ile ilgili BAT bilgilerine yukarıda tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu kısmında yer verilmektedir.

Spesifik endüstrilerdeki BAT

Heatset web ofset baskı. BAT; baskı, temizleme, atık gaz yönetimi ile ilgili tekniklerinden oluşan bir kombinasyonun yanı sıra, kaçak emisyonların toplam değerinin ve atık gaz arıtımı sonrasında kalan VOC'lerin azaltılmasına yönelik genel BAT'ın kullanılmasıdır. İzopropil alkol (IPA) ve temizleme solventinden oluşan bileşik için geçerli olan emisyon değerleri şöyledir:

- Yeni kurulan veya iyileştirme yapılan matbaalarda, mürekkep tüketiminin ağırlık bakımından yüzdesi olarak ifade edilen, % 2,5 ila 10 arasında VOC oranı belirtilmektedir.
- Mevcut matbaalarda mürekkep tüketiminin ağırlık bakımından yüzdesi olarak ifade edilen, % 5 ila 15 arasında VOC oranı belirtilmektedir.

Verilen oran aralıklarının ilk yarısı 'zor' işlere ait (tanımlanan şekilde) IPA emisyonları ile ilgilidir. Koku problemleri nedeniyle konsantrasyon teknikleri uygulanamamaktadır.

Ambalaj gravürü ve fleksografi ile esnek ambalaj baskısı.* BAT:

- Geçici ve geçici olmayan VOC emisyonlarının toplam değerinin azaltılması için belirtilen tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıdır. Endüstride ortaya çıkan üç senaryo için verilen (SED'nin IIb no'lu Ek'inde belirtilen referans emisyon değerleri kullanılarak) ilgili emisyon değerleri şöyledir:

(Senaryo 1) Tüm üretim makineleri solvent bazlı olup, azaltma ekipmanına bağlı olan tesisler:

- Yakma ile: Toplam emisyon, referans emisyonunun % 7.5 – 12,5'i arasındadır.
- Solvent geri kazanımı ile: Toplam emisyon, referans emisyonunun % 10.0 – 15.0'ı arasındadır.

(Senaryo 2) Atık gaz azaltma ekipmanı mevcut olan, ancak tüm solvent bazlı üretim makinelerinin bu ekipmana bağlı olmadığı mevcut tesisler:

(2.1) Azaltma ekipmanına bağlı olan makineler için:

- Yakma ile: Toplam emisyon, bu makineler için geçerli olan referans emisyonunun % 7.5 – 12,5'i arasındadır.
- Solvent geri kazanımı ile: Toplam emisyon, bu makineler için geçerli olan referans emisyonunun % 10.0 – 15.0'ı arasındadır.

(2.2) Atık gaz arıtımına bağlı olmayan makineler için, BAT aşağıdakilerden birinin uygulanmasını gerektirir:

- Bu makinelerde düşük solvent içeren ya da solvent içermeyen ürünlerin kullanılması
- Makinelerin, kapasitenin elverdiği ölçüde, azaltma ekipmanına bağlanması
- Yüksek solvent içerikli işlerin tercihen azaltma ekipmanına bağlı olan makinelerde yapılması

***Çevirmenin notu:** Fleksografi (rölyef baskı), flekso olarak da kısaltılır. Çoğunlukla ambalaj yapımı için kullanılan bir baskı.

(Senaryo 3) Tesislerde azaltma ekipmanlarının bulunmadığı ve ikamelerin kullanıldığı durumlarda BAT, düşük solvent içeren ve solvent içermeyen mürekkeplerin, cilaların, yapıştırıcıların kullanılması ve solvent tüketiminin sürekli olarak azaltılmasıdır.

Senaryo 1ve 2.1'de, tesisteki solvent bazlı mürekkep, cila ve yapıştırıcıların toplamındaki katı madde:solvent oranının 1:5.5'ten fazla olduğu durumlarda, bu emisyon değerleri elde edilemeyebilir. Bu durumda BAT, mürekkep musluklarının kaplanması veya sıyırma lak sisteminin uygulanması ve tanımlan şekilde diğer tekniklerin uygun bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.
BAT aynı zamanda:

- Tüm üretim tesislerinde atık gaz arıtımı optimize edilirken enerji tüketiminin de minimum seviyeye indirilmesi
- Tüm üretim tesislerindeki artan enerjinin geri kazanılmasını ve kullanılmasının yollarının aranmasıdır.

Yayın gravürü ile baskı. BAT:

- Toplam solvent girdisi olarak ifade edilen, kaçak emisyonların ve gaz arıtımından geriye kalan VOC'lerin toplamının azaltılması:
- yeni tesisler için, bu tesislere uygulanabilecek tekniklerin kullanılmasıyla % 4 - 5 seviyesine
- mevcut tesisler için, bu tesislere uygulanabilecek tekniklerin kullanılmasıyla % 5 - 7 seviyesine düşürülmesi
- Emisyonların belirtilen emisyon değerleri seviyesinde kalmasının sağlanması için gereken optimum sayıdaki rejenerasyonun kullanılmasıyla aşırı enerji tüketiminin önlenmesi
- Belediye kanalizasyonuna boşaltılan tolüen emisyonunun havayla sıyırma tekniği kullanılarak 10 mg/l'nin altına indirilmesi.

Tel sargı imalatı. BAT:

- Telin kurutulmasından sonra oda ve/veya dış ortam sıcaklığında soğutulması ile enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi
- Genel BAT'ın yanı sıra tanımlanan diğer tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılması ile toplam VOC emisyonlarının azaltılması. Bu teknikler ile ilgili toplam emisyon değerleri şöyledir:
- ince olmayan teller için 5 g/kg veya daha az (>0.1 mm çapında)
- ince teller için 10g/kg veya daha az (0.01 – 0.1 mm çapında)
- Solvent bazlı gres yağları yerine düşük düzeyde solvent içeren ya da hiç solvent içermeyen tekniklerin araştırılması ve uygulanması suretiyle VOC emisyonlarının azaltılmasıdır.

Zımpara imalatı. BAT:

- Genel BAT ile bağlantılı olarak aşağıda sıralananlardan birinin ya da birden fazlasının uygulanması suretiyle toplam VOC emisyonunun azaltılmasıdır:
- Düşük düzeyde solvent içeren ya da hiç solvent içermeyen bağlayıcı malzemelerin kullanılması. Bu, proses esnasında su ile soğutmanın gerekli olmadığı durumlarda yapılabilir, örn. kuru eğeleme zımparalarının imalatı için.
- Kurutuculardaki iç solvent konsantrasyonlarının arttırılması

- Atık gaz arıtma tekniklerinden oluşan uygun bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

Bu tekniklerle ilgili VOC'ler için geçerli olan toplam emisyon değerleri, solvent girdisinin ağırlık bakımından yüzdesi olarak % 9 – 14 oranındadır.

Yapışkan bantların imalatı. BAT:

- Solvent bazlı yapışkan kullanılarak üretilen bantlar için, aşağıdakileri içine alan, genel BAT ile bağlantılı mevcut tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıyla VOC emisyonlarının azaltılmasıdır:
- Mümkün olan durumlarda solvent içermeyen yapışkanların kullanılması. Su bazlı yapışkanlar ve sıcak yapıştırma (hot melt) yapışkanları çok az miktarda solvent kullanımını gerektirir (örn. temizlenirken). Ancak, bu tür yapışkanlar sadece belli uygulamalarda kullanılabilir.
- Aşağıdaki atık gaz arıtma işlemlerinden birinin ya da bunlardan oluşan bir kombinasyonun kullanılması: a+b, a+c, b veya c. Buna göre a, b, c şöyledir:
  a) Ön kurutma aşamasından sonra inert gaz kurutucu kullanılarak yoğunlaştırma
  b) Geri kazanma verimliliği solvent girdisinin % 90'ınına karşılık gelen adsorbsiyon. Bu azaltma tekniğinden sonra elde edilen direkt emisyon oranı % 1'den daha düşüktür
  c) Enerjinin geri kazanımını sağlayan oksitleyiciler

Bu teknikler ile ilgili emisyon değerleri toplam solvent girdisinin ağırlık bakımından % 5'i değerinde ya da daha düşük seviyededir.

Otomobillerin Boyanması. BAT:

- Boyama, kuruma/kurutma ve atık gaz azaltma sistemlerinin seçimi ve operasyonundaki enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi,
- Dokümanda tanımlanan boya ve kurutma sistemlerinin seçimiyle solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir. Prosesin farklı bölümleri için uygulanacak teknikler arasında uyumsuzluk olmaması için, tüm boyama sistemi bir bütün olarak ele alınmalıdır. İlgili emisyon değerleri 10 – 35 g/m$^{2'}$dir (elektro kaplama yapılan alanda) (veya 0.3 kg/araç + 8 g/m^2 ila 1.0 kg/araç + 26 g/m$^{2'}$ye eşdeğerdir). Bildirilen iki istisnai durumda daha düşük değerler elde edilmiştir.
- Çapraz medya etkileri, maliyet-fayda etkisi, yüksek sermaye maliyetleri ve yukarıda belirtilen değerlere ulaşılması için yapılan yatırımların uzun geri dönüş süreleri de göz önünde bulundurularak, mevcut tesislerde yukarıda belirtilen emisyon değerlerinin elde edilebilmesi için, tüketim ve emisyonların azaltılmasına yönelik planların yapılması ve uygulanmasıdır. Büyük ölçekli ilerleme adımlarının ciddi sermaye maliyetleri olan teknikleri gerektirdiği de unutulmamalıdır. Zaman ölçeğine bağlı olarak istenilen ilerlemenin elde edilmesini sağlamayacak olan küçük ve kısa vadeli ilerlemelerden ziyade, büyük ölçekli değişimlerin gerçekleşmesi için beklemek, daha maliyet etkin ve çevreye yararlı olabilir.
- Boya kabini atık gaz arıtımının uygulandığı durumlarda, tanımlanan ön arıtma tekniklerinden birinin kullanılması suretiyle VOC'nin konsantre hale getirilmesi
- Tanımlanan ön arıtma tekniklerinden birinin ya da birden fazlasının kullanılması suretiyle transfer verimliliklerinin optimize edilmesi
- Malzeme transfer verimliliklerinin maksimum seviyeye çıkartılmasıyla hammadde tüketiminin ve atıkların minimum seviyeye indirilmesi

- Boya tortusunun suyunun alınması, geri dönüştürülmesi veya su emülsiyon tekniğinin kullanılması suretiyle atık üretiminin minimum seviyeye indirilmesidir.

Kamyonların ve ticari araçların boyanması. BAT:

- Atık gaz arıtma sistemleri ile bağlantılı olarak boya ve kurutma sistemlerinin bir kombinasyonunun kullanılması suretiyle solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir. Özellikle, gürültüyü azaltma ve zemin kaplamada kullanılan, havasız spreyleme ile uygulanan ve solvent içermeyen poliüretan malzemeler ile ön kaplamalı malzemelerin kullanılmasıdır. Yeni kamyon kasaları için toplam ilgili emisyon değerleri 10 - 55 g/m^2, yeni kamyonet ve kamyonlar için (elektro kaplama alanı) 15 - 50 g/m^2'dir. Temizleme işlemlerinde kullanılan solvent emisyonlarının azaltılması için farklı tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılması da BAT'ın uygulanmasının bir gereğidir. İlgili emisyon değerleri 20 g/m^{2}den (elektro kaplama alanı) daha azdır.
- Malzeme transfer verimliliklerinin maksimum seviyeye çıkartılması, hammadde tüketiminin ve atıkların minimum seviyeye indirilmesi
- Boya tortusunun suyunun alınması, geri dönüştürülmesi veya su emülsiyon tekniğinin kullanılması suretiyle atık üretiminin minimum seviyeye indirilmesidir..

Otobüslerin boyanması. BAT:

- Atık gaz arıtma sistemleri ile bağlantılı olarak boya ve kurutma sistemlerinin bir kombinasyonunun kullanılması suretiyle solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir. Özellikle, gürültüyü azaltma ve zemin kaplamada kullanılan, havasız spreyleme ile uygulanan ve solvent içermeyen poliüretan malzemeler ile ön kaplamalı malzemelerin kullanılmasıdır. Toplam ilgili emisyon değerleri 92 – 150 g/m^2'dir (elektro kaplama alanı).
- Temizleme işlemlerinde kullanılan solvent emisyonlarının azaltılması için farklı tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıdır. İlgili emisyon değerleri 20 g/m^{2}den (elektro kaplama alanı) daha azdır.
- Malzeme transfer verimliliklerinin maksimum seviyeye çıkartılması, hammadde tüketiminin ve atıkların minimum seviyeye indirilmesi
- Boya tortusunun suyunun alınması, geri dönüştürülmesi veya su emülsiyon tekniğinin kullanılması suretiyle atık üretiminin minimum seviyeye indirilmesidir.

Trenlerin Boyanması. BAT:

- Genel BAT dahil, tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıyla VOC emisyonlarının azaltılmasıdır. İlgili emisyon değerleri boyanan alanın (elektro kaplama yapılmayan alanın) 70 – 110 g VOC/m^2'sidir.
- Havaya salınan partikül emisyonlarının azaltılması için geçerli olan tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıdır. İlgili emisyon değerleri 3 mg/m^3 veya daha azdır.

Tarım ve inşaat ekipmanlarının boyanması. BAT:

- Solvent tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması; boya, kurutucu ve atık gaz arıtma tekniklerinden oluşan bir kombinasyon ile boyama verimliliğinin maksimum düzeye çıkarılması ve enerji kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir. İlgili emisyon değerleri:

- Atık gazda 20 – 50 mg/C/ m^3 ve kaçak emisyonlarda % 10 – 20 oranında emisyon veya
- 0.2 ila 0.33 kg VOC/kg katı madde girdisi değerinde toplam emisyondur.

- Parçaların montajdan önce boyanması için daldırma tekniklerinin kullanılması yoluyla malzeme tüketiminin, solvent emisyonlarının ve arıtılması gereken hava miktarının azaltılması
- Halojenize solvent bazlı boyalar yerine diğer boya sistemlerinin kullanılmasıdır.

Gemi ve yatların boyanması. BAT:

- Bu bölümde yer alan BAT'ın montaj için kullanılan kuru dok havuzlarında uygulanmasıyla çevreye salınan emisyonların azaltılması
- Aşağıda sıralananların bazıları ya da tamamı Genel BAT'ın bir kombinasyonunun kullanılmasıyla solvent emisyonlarının azaltılmasıdır:

- Müşteri gereksinimlerinden ve/veya teknik gerekliliklerden kaynaklanan sınırlamaların olmadığı durumlarda su bazlı, yüksek oranda katı maddeli veya 2 bileşenli boyaların kullanılması
- Fazla spreylemenin azaltılmasıyla ve çeşitli tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılması ile uygulama verimliliğinin arttırılması
- Yeni yapılarda, korumalı montaj alanlarından önce atık gaz ekstraksiyon ve arıtma sistemi bulunan sprey bölümlerinin kurulmasıyla.

- Tekniklerden birinin ya da tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıyla partikül emisyonlarının azaltılması
- Boya artıklarının, kalıntıların, konteynırların, kullanılmış zımparaların, çamurun, yağ artıklarının ve diğer artık maddelerin su taşmadan tersaneden kaldırılması ve tekrar kullanım ve/veya imha gibi uygun atık yönetiminin uygulanması için bu malzemelerin konteynırlarda depolanması yoluyla atık su kirliliğinin azaltılmasıdır.

Uçakların boyanması. BAT:

- Alternatif dinlendirme sistemlerinin kullanılmasıyla, suya salınan Cr(VI) emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesi
- Havaya salınan solvent emisyonlarının aşağıda sıralanan maddeler yoluyla azaltılmasıdır:

- yüksek katı maddeli boyaların kullanılması
- parçalara boya uygulandığı sırada ortaya çıkan atık gazın yakalanması ve arıtılması.
  - Aşağıda sıralanan maddelerden birinin ya da daha fazlasının uygulanması yoluyla temizlik sırasında ortaya çıkan emisyonların azaltılması:
- temizlik ekipmanının otomasyonu
- temizlik için kullanılan solventin ölçümü
- önceden emdirilmiş temizleme bezlerin kullanımı.
  - Tanımlanan tekniklerle havaya salınan partikül emisyonlarının azaltılmasıdır. İlgili emisyon değerleri 1 mg/m^3 veya daha azdır.

Diğer metal yüzeylerin boyanması. BAT:

- Solvent tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması; boya, kurutucu ve atık gaz arıtma tekniklerinden oluşan bir kombinasyonun kullanılması ile boyama verimliliğinin maksimum seviyeye çıkarılması ve enerji kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir. İlgili emisyon değerleri 0.1 ila 0.33 kg VOC/kg katı madde girdisidir. Ancak bu durum emisyonların, seri olarak boyanan taşıtlar için yapılan toplu emisyon hesaplamalarına dahil edildiği tesisler için geçerli değildir.
- Verimliliği yüksek olan uygulama tekniklerinin kullanımı ile malzeme tüketiminin azaltılması
- Halojenize solvent bazlı boyalar yerine diğer boya sistemlerinin kullanılmasıdır.

*Coil coating**. BAT:

- Bir dizi tekniğin seçilmesi ile enerji tüketiminin azaltılmasıdır. İlgili tüketim değerleri şöyledir:

Alt tabakanın her 1000 m^2'sine düşen enerji tüketimi	**Minimum**	**Maksimum**
1000 m^2 alüminyum için kullanılan kWh cinsinden elektrik	270	375
1000 m^2 çelik için kullanılan kWh cinsinden elektrik	250	440
1000 m^2 alüminyum için kullanılan MJ cinsinden fosil yakıt	4000	9800
1000 m^2 çelik için kullanılan MJ cinsinden fosil yakıt	3000	10200

Coil coating: alüminyum ve çelik alt tabakaların enerji tüketimi

- Tanımlanan tekniklerden oluşan bir kombinasyonun kullanılmasıyla solvent emisyonlarının azaltılmasıdır. İlgili emisyon değerleri şöyledir:

- Yeni tesisler için: Atık gazlar için 0.73 – 0.84 g/m^2 ve kaçak emisyonlar için % 3 – 5'tir.
- Mevcut tesisler için: Atık gazlar için 0.73 – 0.84 g/m^2 ve kaçak emisyonlar için % 3 – 10'dur.

Mevcut tesislerde ancak ciddi bir iyileştirme yapılması halinde, söz konusu aralığın alt değerleri elde edilebilir.

- Artık alt tabakalardaki alüminyum ve çeliğin geri dönüştürülmesidir.

Metal ambalajların boyanması ve basımı. BAT:

- Çeşitli tekniklerin kullanımıyla enerji tüketiminin azaltılması e/veya termal atık gaz arıtımı ile enerjinin geri kazanılmasıdır. İlgili tüketim değerleri, örn. DWI kutuları (germe ve yüzeyi incelterek çekme ile üretilen) için:

- Doğal gaz 5 – 6.7 kWh/m^2
- Elektrik 3.6 – 5.5 kWh/m^2
- Geri kazanılan enerji (enerjinin geri kazanılabildiği durumlarda geçerlidir, ancak emisyon seviyelerinin ikame ile elde edildiği durumlarda mümkün değildir) 0.3 – 0.4 kWh/m^2.

***Çevirmenin notu:** Coil coating büyük, geniş metal ruloların organik bir kaplama malzemesi ile kesintisiz olarak kaplanması işlemidir (bobin kaplama). Bkz. Resim 1.

Resim 1

- Bir dizi tekniğin kullanımı ile solvent emisyonlarının azaltılmasıdır. İlgili emisyon değerleri şöyledir:

	Uygulamadaki VOC emisyon seviyesi (g/m^2)[(2)]	
	Solvent bazlı	**Su bazlı**
Yiyecek ile temas • DWI içecek kutuları • Uç kısımlar, metal kutular ve parçalar için levha	6.7 – 10.5 4 – 93 90 – 100	3.2 – 4.5 1 – 30
Yiyecekle teması olmayan • Uç kısımlar, metal kutular ve parçalar için levha • Variller	4 – 93 60 – 70	1 – 30 11 – 20
Baskı boyası • Uç kısımlar, metal kutular ve parçalar için levha [(1)]	2.5 – 13	1 – 6
Notlar: [1] UV mürekkebi ve boya uygulamaları yiyecekle teması olmayan, özel bazı uygulamalar ile sınırlıdır. Ancak bu tabloda belirtilenden daha düşük değerler elde edebilmektedir [2] Değerler kaçak emisyonları da içine almaktadır		

Metal ambalaj: Solventlerin BAT ile bağlantılı emisyon değerleri

- Bir dizi tekniğin kullanımı ile suya salınan emisyonların minimum seviyeye indirilmesidir. İlgili emisyon değerleri şöyledir:

Bileşik	**Konsantrasyon (mg/l)**
COD	<350
AOX	0.5 – 1
HC	20 ya da daha az
Sn	4 ya da daha az

Metal ambalaj: Atık su emisyon değerleri

Plastik parçaların boyanması. BAT:

- Solvent tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması; boya, kurutucu ve atık gaz arıtma tekniklerinden oluşan bir kombinasyonun kullanılması ile boyama verimliliğinin maksimum seviyeye çıkarılması ve enerji kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir. İlgili emisyon değerleri 0.25 ila 0.35 kg VOC/kg katı madde girdisidir. Ancak bu durum emisyonların, seri olarak boyanan taşıtlar için yapılan toplu emisyon hesaplamalarına dahil edildiği tesisler için geçerli değildir.
- Verimliliği yüksek olan uygulama tekniklerinin kullanımı ile malzeme tüketiminin azaltılması
- Yeni ve iyileştirilmiş sistemlerde su bazlı tekniklere öncelik verilmesi
- Basit polipropilen alanların yağının solvent emdirilmiş temizleyici bezlerin kullanımıyla manuel olarak giderilmesidir.

Mobilyaların ve ahşap malzememlerin boyanması. BAT:

- Solvent tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması; boya, kurutucu ve atık gaz arıtma tekniklerinden oluşan bir kombinasyonun kullanılması ile boyama verimliliğinin maksimum seviyeye çıkarılması ve enerji kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir. İlgili emisyon değerleri 1 kg katı madde girdisi başına 0.25 kg VOC veya daha az, ya da aşağıdaki tablodaki gibidir:

Organik solvent içerikli boya sistemi	**Solvent içeriği (ağırlık bakımından %)**	**Emisyon azaltma önlemleri**	**VOC emisyonu (g/m^2)**
Yüksek	65	Verimliliği yüksek olan uygulama teknikleri ve iyi idare ve bakım	40 - 60
Orta	20		10 - 20
Düşük	5		2 - 5

Ahşap malzemelerin boyanması: Farklı boyama sistemleri ve birincil emisyon azaltma önlemleri ile VOC emisyonları

Havaya salınan partikül emisyonlarının azaltılmasıdır (bkz. yukarıda yer alan genel BAT). Bu endüstri farklı bir durumu ortaya koymaktadır: Hem yeni hem de mevcut tesislerde ilgili emisyon değeri 10 mg/m^3 veya daha azdır. Buradan çıkarılan sonuç, sözü edilen değerin ilgili endüstride ekonomik ve teknik bakımdan makul ve uygulanabilir olduğudur.

Ahşabın karunması. BAT:

- Su bazlı veya yüksek konsantrasyonlu pestisit sistemleri ile vakum emdirme yapılması ve solvent sistemleri için atık gaz arıtımın yapılması suretiyle solvent emisyonlarının azaltılması
- Fazla solventin veya taşıyıcının giderilmesi için proses döngüsünde nihai vakum aşamasının kullanılması
- Solvent sistemlerinde ozon oluşturma potansiyeli düşük olan bir solventin kullanılması
- Hem su bazlı hem de solvent bazlı sistemlerin uygulandığı alanlara fazla pestisit boşaltılmasıdır.

Toplam uygulama etkinliği düşük olduğundan, spreyleme yönteminin kullanılması BAT niteliğinde bir uygulama değildir.

Aynaların boyanması. BAT:

- Tanımlanan teknikler ile genel BAT'ın bir kombinasyonunun kullanılması ile solvent tüketiminin ve emisyonlarının (özellikle ksilen) azaltılmasıdır. İlgili emisyon değerleri, atık gaz emisyonlarında 1 - 3 g/m^2 (solvent girdisinin % 2 - 3'ü arasında) ve kaçak emisyonlarda 5 -10 g/m^2 (solvent girdisinin % 8 - 15'i arasında)'dir.
- Düşük oranda kurşun içeren boyaların kullanılmasıyla tehlikeli madde tüketiminin azaltılmasıdır.

Bu endüstri aynı zamanda STM BREF'inde (BAT ile) tanımlanan su bazlı yüzey işlemlerini de kullanmaktadır.

Gelişmekte olan teknikler

Çeşitli endüstriler için geliştirilmekte olan ya da bu endüstrilere transfer edilen bazı teknikler ele alınmaktadır. Özellikle mürekkepler, boyamalar veya yapışkanlar için: Daha az solvent kullanılması ya da hiç kullanılmaması; geliştirilmiş su bazlı sistemlerinin, 1 ve 2 bileşenli sistemlerin, çok yüksek katı maddeli boyaların ya da toz boyaların kullanılması gibi. Bu teknikler termal olmayan kurutmayı veya UV ya da diğer radyasyon türleri ile kurutmayı kapsar. Tel sargı üzerine son kat gres uygulanması ile ilgili olarak kaydedilen başlıca gelişme, düşük solvent içeren ya da hiç solvent içermeyen tekniklerin kullanılmasıdır. Halihazırda bu uygulama sınırlı düzeydedir. Otomotiv boyama endüstrilerinde hem metallere hem de plastiklere uygulanabilen ve su ile inceltilebilen, 1 ve 2 bileşenli verniklerde; çok yüksek katı maddelilerde, toz boyamada ve poliüretan (PU) boyalarda gelişmeler kaydedilmektedir. Ön boyaması yapılmış malzemelerin kullanımı ise artış göstermektedir. Bu gibi gelişmelerin sonucunda boya tabakalarının sayısı azalmaktadır.

Sonsöz

Organik solventlerin kullanımı ile yapılan yüzey işlemleri için mevcut en iyi teknikler ile ilgili bilgi alış verişi 2003'ten 2006'ya kadar sürmüştür. Bu hususta yapılan bilgi alış verişi başarıya ulaşmış ve gerek çalışma esnasında gerekse Teknik Çaşılma Grubu'nun toplantılarının ardından büyük oranda uzlaşma sağlanmıştır. Sadece mobilyaların ve ahşap malzemelerin boyanmasından kaynaklanan partikül emisyonları ile ilgili farklı görüşler kaydedilmiştir.

Bilgi alışverişinin sonuçları, bu dokümanın Kapsamı'nda yansıtıldığı şekildedir.

Bilgi birikimindeki eksikliklere ve gelecekte yapılacak olan araştırmalar için sunulan önerilere Sonsöz bölümünde yer verilmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmaların içeriğini oluşturacak başlıca konular, POCP ve VOC'lerin azaltılması için doğal gaz yakılmasının fayda-maliyetidir.

Avrupa Komisyonu, RTD programları vasıtasıyla; temiz teknolojiler, akışkan artık arıtımı ve geri dönüşüm teknolojileri, yönetim stratejileri ile ilgili bir dizi proje başlatmış olup bu projeleri desteklemektedir. Bu projeler potansiyel olarak, gelecekte yapılacak olan BREF araştırmalarına önemli katkı sağlayacaktır. Bu nedenle okuyucular bu dokümanın kapsamı ile ilgili olarak elde ettikleri araştırma sonuçları hakkında EIPPCB'ye bilgi vermeye davet edilmektedir (bkz. bu dokümanın önsözü).

ÖNSÖZ

1. Bu dokümanın statüsü

Aksi belirtilmedikçe, bu dokümanda geçen 'Direktif', entegre kirlilik önleme ve kontrolü ile ilgili 96/61/EC no'lu Konsey Direktif'ine atıfta bulunmaktadır. Nasıl Direktif iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili Topluluk hükümlerine koşulsuz olarak bağlı ise, bu doküman da öyledir.

Bu doküman AB Üye Devletleri ve ilgili endüstrilerin; mevcut en iyi teknikler (BAT), bunlarla ilgili izleme faaliyetleri ve bunlara dair ortaya çıkan gelişmeler hakkında yaptıkları bilgi alış verişinin sonuçlarını ortaya koyan bir dizi yayının bir bölümünü oluşturmaktadır.* Bu doküman, Direktif'in 16(2) no'lu maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır ve bu nedenle "mevcut en iyi teknikler" belirlenirken Direktif'in IV no'lu Ek'i uyarınca göz önünde bulundurulmalıdır.

2. IPPC Direktifi'nin ilgili hukuki yükümlülükleri ve BAT'ın tanımı

Okuyucuların bu dokümanın taslağının hazırlandığı hukuki kapsamı anlamasına yardımcı olmak için, 'mevcut en iyi teknikler' teriminin tanımı da dahil, IPPC Direktifi'nin ilgili hükümleri önsözde açıklanmaktadır. Bu açıklama maalesef henüz tamamlanmamış olup, sadece bilgi amaçlıdır. Hukuki bir değeri yoktur ve hiçbir şekilde Direktif'in gerçek hükümlerini değiştiremez ya da bu hükümlerle çelişemez.

Direktif'in amacı Ek I'de listelenen aktivitelerden kaynaklanan kirliliğin, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlayacak şekilde, entegre bir biçimde önlenmesini ve kontrolünü temin etmektir. Direktif'in yasal dayanağı çevrenin korunması ile ilgilidir. Bu Direktif'in uygulanması sırasında Topluluk endüstrisinin rekabetçi yapısının korunması gibi Topluluk hedefleri de göz önünde bulundurulmalı ve böylelikle sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanmalıdır.

Daha spesifik olarak belirtmek gerekirse bu doküman, belirli kategorilerdeki endüstriyel tesislere, hem tesisteki operatörlerin hem de düzenleyicilerin söz konusu tesisin kirletme ve tüketme potansiyeline entegre ve kapsamlı bir çerçeveden bakmalarını gerektiren bir ruhsat sistemi getirmektedir. Bu tür bir yaklaşımın genel amacı, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamak amacıyla endüstriyel proseslerin yönetimini ve kontrolünü iyileştirmek olmalıdır. Madde 3'te verilen ve operatörlerin, özellikle çevre performansının arttırılmasını sağlayan mevcut en iyi tekniklerin uygulanması yoluyla, kirliliğe karşı gerekli tüm önleyici tedbirleri almaları gerektiğini belirten genel ilke bu yaklaşımın merkezini oluşturmaktadır.

'Mevcut en iyi teknikler' Direktif'in 2(11) no'lu Madde'sinde 'prensipte emisyon salınımını önlemek, bunun mümkün olmadığı durumlarda bu emisyonları ve bunların bir bütün olarak çevreye yaptıkları etkiyi azaltmak için belirlenen emisyon limit değerlerinin tespit edilmesine temel oluşturmak için gerek aktivitelerin gelişiminde gerekse bu aktivitelere ait olan ve belirli tekniklerin pratikte uygunluğunu gösteren operasyon yöntemlerinde ulaşılabilecek en verimli ve ileri aşama' olarak tanımlanmaktadır. 2(11) no'lu Madde bu tanımı daha iyi açıklamak için şöyle devam eder:

***Çevirmenin notu:** Bu belge, STS BREF'inin tamamının değil, sadece otomotiv endüstrisini ilgilendiren kısımlarının çevirisini içermektedir (Bkz. Dizin ve Tablolar Listesi).

‘teknikler’ hem kullanılan teknolojiyi hem de tesisin tasarlanma, inşa edilme, bakımdan geçme, işletilme ve devreden çıkarılma şekillerini kapsamaktadır;

‘mevcut’ teknikler, operatör için makul bir şekilde erişilebilir olmaları koşuluyla, ekonomik ve teknik anlamda tutarlı koşullar altında; ilgili endüstriyel sektörde maliyet ve avantajlar, tekniklerin söz konusu Üye Devlet’te uygulanıp uygulanmadığı veya üretilip üretilmediği de göz önünde bulundurularak uygulama yapılmasına olanak sağlayan bir ölçeğe göre geliştirilen tekniklerdir;

‘en iyi’ bir genel anlamda çevrenin bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlanmada en etkin anlamına gelmektedir.

Ayrıca, Direktif’in IV no’lu Ek’i ‘alınacak önlemin muhtemel maliyet ve faydalarını, önlem ve önleme presiplerini de hesaba katarak… mevcut en iyi tekniklerin tespitinde genel veya spesifik durumlarda göz önünde bulundurulması gereken hususlar’a dair bir listeyi de kapsamaktadır. Bu hususlar 16(2) no’lu Madde uyarınca Komisyon tarafından yayımlanan bilgiyi de içine almaktadır.

Ruhsat vermekle yükümlü yetkili makamların, ruhsat almak için gerekli koşulların neler olduğuna karar verirken, Madde 3’te belirtilen genel ilkeleri göz önünde bulundurmaları gerekir. Bu koşullar, gerektiğinde eşdeğer parametrelerle ya da teknik önlemlerle tamamlanan veya değiştirilen emisyon limit değerlerini içermelidir. Direktif’in 9(4) no’lu maddesine göre; bu emisyon limit değerleri, eşdeğer parametreler veya teknik önlemler (çevresel kalite standartları ile çelişmeksizin) herhangi bir teknik ya da teknolojinin kullanımına dair bir tavsiyede bulunmadan; ancak söz konusu tesisin teknik özelliklerini, coğrafi konumunu ve yerel çevre koşullarını göz önünde bulundurarak, mevcut en iyi tekniklere dayandırılmalıdır. Her halükarda, ruhsat için gerekli koşullar uzun vadeli veya sınırlar ötesi kirliliğin minimum seviyeye indirilmesine dair hükümleri içermelidir.

Direktif’in 11 no’lu Maddesi’ne göre Üye Devletler, yetkili makamların mevcut en iyi tekniklerde ortaya çıkan gelişmeleri takip etmelerini ve bu gelişmelerden haberdar olmalarını sağlamakla yükümlüdür.

3. Bu dokümanın amaçları

Direktif’in 16(2) no’lu Maddesi Komisyon’un ‘Üye Devletler ve ilgili endüstriler arasında mevcut en iyi teknikler, ilgili izleme ve bunlarda ortaya çıkan gelişmeler hakkında bilgi alış verişini’ organize etmesini ve bu bilgi alış verişinin sonuçlarını yayımlamasını gerektirmektedir.

Bilgi alış verişinin amacı Direktif’in 25 no’lu ifadesinde verilmiştir. Bu ifadeye göre; ‘mevcut en iyi teknikler ile ilgili Topluluk düzeyinde bilgi üretimi ve alış verişi; Topluluktaki teknolojik dengesizliklerin düzeltilmesine katkıda bulunacak, Toplulukta kullanılan limit değerlerinin ve tekniklerin dünya çapında yayılmasını sağlayacak ve Üye Devletlerin bu Direktif’i etkin bir şekilde uygulamalarına yardımcı olacaktır.

Komisyon (Çevre Genel Müdürlüğü) 16(2) no’lu Madde kapsamında yapılacak işlere destek vermek amacıyla bir bilgi alış verişi forumu (IEF) kurmuştur ve IEF çatısı altında çok sayıda teknik çalışma grubu oluşturulmuştur. 16(2) no’lu Madde uyarınca, hem IEF’de hem de teknik çalışma gruplarında Üye Devletlerden ve endüstrilerden temsilciler bulunmaktadır.

Bu doküman dizisinin amacı 16(2) no'lu Madde uyarınca, gerçekleştirilen bilgi alış verişini doğru bir biçimde yansıtmak ve ruhsat verme yetkisine sahip makamlara, ruhsat için gerekli koşulları saptarken dikkate almaları gereken referans niteliğindeki bilgiyi sunmaktır. Bu dokümanlar, mevcut en iyi tekniklere dair ilgili bilgi sağlayarak, çevre performansını arttırmak için değerli birer araç işlevi görmelidir.

4. Bilgi kaynakları

Bu doküman, özellikle Komisyon'a çalışmalarında destek olmak için kurulan grupların Komisyon servisleri tarafından da doğrulanan uzmanlıklarından yararlanılması da dahil, çok sayıda kaynaktan toplanan bilginin bir özeti niteliğindedir. Yapılan tüm katkılar için minnettarız.

5. Bu dokümanı anlama ve kullanmanın yolları

Bu dokümanda yer alan bilginin, spesifik durumlarda uygulanacak olan BAT'ın tespit edilmesi için girdi olarak kullanılması amaçlanmıştır. BAT'ın tespitinde ve BAT temelli ruhsat koşullarının belirlenmesinde en büyük önem, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlama hedefine verilmedir.

Bu bölümün geri kalan kısmı, dokümanın her bir bölümünde verilen bilgi türünü tanımlamaktadır.

Bölüm 1 ilgili endüstriler ve aktiviteler hakkında genel bilgi vermektedir. 2. Bölüm'den 19. Bölüm'e kadar her bir Bölüm'de aşağıdaki dört Bölüm yer almaktadır:

1. İlgili endüstri ya da aktivite hakkında genel bilgi
2. Bu endüstri ya da aktivitede kullanılan endüstriyel proseslerin tanımı
3. Bilgilerin yazıya döküldüğü sırada mevcut tesislerdeki durumu yansıtan, tüketim ve emisyon seviyeleri hakkında veri ve bilgi
4. BAT'ın tespit edilmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler (Aşağıda 20. Bölüm için açıklandığı gibi); ancak bu belgenin kapsamına giren her bir endüstri veya aktiviteye özgü teknikler ve bilgiler üzerinde vurgu yapılmaktadır.

20. Bölüm, tüketimin ve emisyonun azaltılması için gereken teknikleri, BAT'ın ve BAT temelli ruhsat koşullarının tespitiyle ve aynı zamanda söz konusu endüstri ve aktivitelerin tamamı ya da birçoğu ile çok yakından ilgili olan diğer teknikleri ayrıntılı bir biçimde tanımlamaktadır. Bu bilgi, ilgili tekniğin kullanımıyla elde edileceği düşünülen tüketim ve emisyon seviyeleri, teknikle ilgili maliyet ve çapraz medya etkileri ve tekniğin bu dokümanın kapsamına giren tesislerin büyük bölümüne uygulanabilirlik oranı hakkında bilgi içermektedir. Bu bilgiye örnek olarak söz konusu tekniğin halihazırda hangi endüstride ya da aktivitede uygulandığı ve yeni, mevcut, büyük, küçük olanlar dahil diğer endüstri ya da aktivitelere uygulanıp uygulanamayacağı gibi konu başlıkları verilebilir. Genel olarak eski ve geçerliliğini yitirmiş tekniklere yer verilmemiştir.

21. Bölüm genel anlamda BAT ile uyumlu sayılan tekniklere, tüketim ve emisyon seviyelerine yer vermektedir. 21.1 no'lu Bölüm, bu sektördeki tüm endüstrilere uygulanabilecek olan genel BAT'ı ortaya koymaktadır. 21.2'den 21.19'a kadar olan Bölümler

ise, 21.1 no'lu Bölümdeki BAT ile bağlantılı olarak kullanılacak olan, her bir endüstriye özgü spesifik BAT hakkında bilgi vermektedir.

Burada amaç, BAT temelli ruhsat koşullarının tespitine veya Madde 9(8) uyarınca genel bağlayıcı kuralların belirlenmesine katkıda bulunmak için uygun referans noktası sayılabilecek tüketim ve emisyon seviyelerine ilişkin genel göstergeler sunmaktır. Ancak bu dokümanın emisyon limit değerleri konusunda tavsiyede bulunmadığının da altını çizmek gerekir. Uygun ruhsat koşullarının tespiti; yerel faktörlerin ve ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafi konumu, yerel çevre koşulları gibi üretim tesisine özgü faktörlerin de göz önünde bulundurmasını kapsamaktadır. Mevcut tesisler söz konusu olduğunda, bu tesisleri iyileştirmenin ekonomik ve teknik bakımdan mümkünlük düzeyi de göz önünde bulundurulmalıdır. Çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamak gibi tek bir hedef bile genellikle farklı türde çevresel etkiler arasında ince değerlendirmeler yapılmasını gerektirir ve bu değerlendirmeler çoğunlukla yerel unsurlardan etkilenir.

Her ne kadar bu meselelerden bazılarına değinme girişiminde bulunulduysa da, bu konuların bu dokümanda tamamıyla ele alınması mümkün değildir. Bu nedenle 21. Bölümde verilen teknikler ve seviyeler tüm tesisler için uygun olmayabilir. Öte yandan, uzun vadeli veya sınırlar ötesi kirliliğin minimum seviyeye indirilmesini de kapsayan yüksek düzeyde çevresel korumanın sağlanması yükümlülüğü, ruhsat koşullarının sadece yerel unsurlara göre belirlenemeyeceği anlamına gelmektedir. İşte bu nedenle bu dokümanda yer alan bilginin ruhsat vermeye yetkili makamlarca dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Bu bölümün geri kalan kısmı, dokümanın her bir bölümünde ne tür bilgiler verildiğini açıklamaktadır.

Mevcut en iyi teknikler zamanla değişeceği için, bu doküman gerektiği gibi gözden geçirilecek ve güncellenecektir. Tüm yorum ve öneriler aşağıdaki adreste yer alan Geleceğe Yönelik Teknoloji Çalışmaları Enstitüsü'ndeki Avrupa IPPC Bürosu'na (European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies) iletilmelidir:

Edificio Expo, c/Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sevilla, Spain
Telefon : +34 95 4488 284
Faks : +34 95 4488 426
e-posta : JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Internet : http://eippcb.jrc.es

IPPC ve Solvent Emisyonları Direktifi'nin ortak noktaları

Aşağıda sunulan konular 11 Mart 1999 tarihli, 1999/13/EC no'lu, belirli aktivitelerde ve tesislerde organik solventlerin kullanımından ötürü ortaya çıkan uçucu organik bileşik emisyonlarının sınırlandırılması konulu Direktif (Solvent Emisyonları Direktifi) ile 24 Eylül 1996 tarihli, 96/61/EC no'lu, entegre kirlilik önleme ve kontrolü Direktifi (IPPC Direktifi) arasındaki ortak noktalar ile ilgilidir.

Topluluk yasalarının nihai yorumunun Avrupa Adalet Divanı'nın yetki ve sorumluğunda olduğu ve bu nedenle bu Mahkeme'nin yapacağı yorumun, gelecekte yeni konuları ortaya atabileceğinin göz ardı edilmemesi gerektiğinin altını çizmek gerekir.

Solvent Emisyonları Direktifi, açık bir şekilde IPPC Direktifi'ne atıfta bulunan şu bilgileri içerir:

- Solvent Emisyonları Direktifi'nin 4. Maddesi, *'96/61/EC no'lu Direktif ile çelişmeksizin Üye Devletler, mevcut tesislerin 5, 8 ve 9 no'lu Maddelere en geç 31 Ekim 2007'de uymasını sağlamak için gerekli önlemleri alır'* şeklindedir. Bu ifade, 9(4) veya 9(8) no'lu Madde hükümlerine göre tespit edilen emisyon limit değerlerini veya eşdeğer parametreleri ve teknik önlemleri de kapsayan ruhsat dahil, Solvent Emisyonları Direktifi'nde yer alan koşullara uymanın, IPPC Direktifi'nin tüm hükümleri ile uyumlu çalışma yükümlülüğünü ortadan kaldırmadığını net bir şekilde göstermektedir. Standart BREF'in önsözünde belirtildiği gibi, hem BAT tanımında hem de IPPC Direktifi'nin 9(4) no'lu Maddesi'nde yer alan hükümlerde belli bir esneklik söz konusudur. Ancak, yetkili makamlar ya da genel bağlayıcı kurallar tarafından, belirli bir ruhsatın alınmasına yönelik olarak IPPC Direktifi'nin gereksinimlerinin yerine getirilebilmesi için Solvent Emisyonları Direktifi'nde yer alan koşullara kıyasla daha katı koşulların getirildiği durumlarda, bu katı koşullar geçerli olur.

- Solvent Emisyonları Direktifi'nin 6. Maddesi Üye Devletlere, yüzey temizleme ve kuru temizleme hariç, Direktif'te yer alan aktivitelerden ve mevcut tesislerden kaynaklanan emisyonların azaltılması için ulusal planlarını belirleme ve uygulama olanağı sağlamaktadır. Ancak bu Direktif'in 6(1) no'lu Maddesine şu ifadeyi içermektedir: *'Ulusal bir plan, hiçbir koşulda, mevcut bir tesisi 96/61/EC no'lu Direktif'te belirtilen hükümlerden muaf tutamaz'*. Bu nedenle, eğer bir tesiste ulusal bir plan uygulanıyor olsa bile, yine de o tesis IPPC Direktifi'nin 9(4) veya 9(8) no'lu Madde hükümlerine göre tespit edilen emisyon limit değerlerini veya eşdeğer parametreleri ve teknik önlemleri de kapsayan ruhsat dahil, IPPC Direktifi'nin tüm hükümleri ile uyumlu hareket etmelidir.

IPPC Direktifi diğer mevzuatlara ve emisyon limit değerlerine aşağıdaki şekilde atıfta bulunmaktadır:

- 18(2) no'lu Madde'ye göre: *Bu Direktif'e göre, Bu Direktif uyarınca tanımlanan Topluluk emisyon limit değerlerinin bulunmaması durumunda, Ek II'de ve diğer Topluluk mevzuatlarında sözü edilen Direktiflerde yer alan ilgili emisyon limit değerleri, Ek I'de listelenen tesisler için minimum emisyon değerleri olarak uygulanacaktır.*

Solvent Emisyonları Direktifi, IPPC Direktifi'nden sonra yürürlüğe girdiği için Ek II'de yer almamaktadır. Ancak, bu Direktif'in (SED) 18(2) no'lu Madde'ye göre *'diğer Topluluk mevzuatı'* olduğu açıktır ve bu nedenle içerdiği emisyon limit değerleri bu endüstri sektörü için minimum emisyon limit değerleridir.

DİZİN VE TABLOLAR LİSTESİ

İDARİ ÖZET 2
ÖNSÖZ 17
KAPSAM 35
1. ORGANİK SOLVENT KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ 39
1.1. Organik Solventler ve işlem yapılan yüzeyler 39
1.2. Temel Çevre Konuları 40
1.2.1. Genel 40
1.2.2. Solventler 41
1.2.3. Metaller 42
1.2.4. Diğer Kirleticiler 43
1.2.5. Enerji 43
1.2.6. Hammadde Kullanımı 43
1.2.7. Su Kullanımı 43
1.2.8. Katı ve Sıvı Atıklar 44
1.2.9. Hava ile Taşınan Partiküller 44
1.2.10. Gürültü 44
6. OTOMOBİLLERİN BOYA KAPLAMALARI 45
6.1. Otomobil endüstrisi ile ilgili genel bilgi 45
6.1.1. Üretim ve Satış Rakamları 45
6.2. Otomobil endüstrisinde uygulanan proses ve teknikler 47
6.2.1. Kalite gereksinimleri 47
6.2.2. Seri boya kaplama 48
6.2.3. Uygulanan boya kaplama malzemeleri 48
6.2.4. Boya kaplama prosesleri 49
6.2.4.1. Boya kaplama teknikleri 49
6.2.4.2. Proses adımlarının açıklanması 49
6.2.4.2.1. Ön İşlem 49
6.2.4.2.2. Elektro kaplama 50
6.2.4.2.3. İnce macun çekme ve gövde altı koruma 50
6.2.4.2.4. Astar boyanın uygulanması 51
6.2.4.2.5. Temizleme 52
6.2.4.2.6. Son kat türleri ve uygulamaları 52
6.2.4.2.7. Kurutma ve kuruma 53
6.2.4.2.8. Kavite giderme 54
6.2.4.2.9. Yeniden işlem yapma 54
6.2.4.2.10. Nakliye koruması 54
6.3. Otomobil endüstrisindeki mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri 55
6.3.1. Kütle dengesi 55
6.3.2. Tüketimler 55
6.3.2.1. Malzemeler 55
6.3.2.2. Su 56
6.3.2.3. Enerji 57
6.3.3. Emisyonlar 58
6.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar 58
6.3.3.2. Suya salınan emisyonlar 61
6.3.3.3. Atık 62

6.4. Otomobillerin boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler ... 62
6.4.1. Boya kaplama sistemleri ... 63
6.4.2. Geleneksel solvent bazlı malzemeler ... 64
6.4.3. Solvent bazlı malzemelerin ikame edilesi ... 65
6.4.3.1. Su bazlı boya sistemleri ... 65
6.4.3.2. Toz boya kaplama ... 67
6.4.3.3. Toz bulamaç boya kaplama ... 68
6.4.4. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları ... 69
6.4.4.1. Daldırma yöntemiyle boya uygulama ... 69
6.4.5. Boya kabinleri ... 70
6.4.6. Hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi ... 70
6.4.6.1. Kullanılan solventlerin geri kazanılması ... 70
6.4.7. Kuru(t)ma teknikleri (drying) ... 71
6.4.8. Atık gaz arıtımı ... 71
6.4.9. Atık su arıtımı ... 71
7. KAMYONET, KAMYON VE KAMYON KASALARININ BOYA KAPLAMALARI 72
7.1. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarına ilişkin genel bilgi ... 72
7.2. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarında uygulanan prosesler ve teknikler ... 72
7.2.1. Şoför mahalli ve hafif ticari araçlar ... 72
7.2.2. Kamyon şasilerinin boya kaplamaları ... 74
7.2.3. Aksların boyanması ... 75
7.3. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki mevcut tüketim ve emisyon değerleri ... 75
7.3.1. Kütle dengeleri ... 75
7.3.2. Tüketim ... 75
7.3.2.1. Malzemeler ... 75
7.3.2.2. Su ... 76
7.3.2.3. Enerji ... 77
7.3.3. Emisyonlar ... 77
7.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar ... 77
7.3.3.2. Suya salınan emisyonlar ... 79
7.3.3.3. Atık ... 79
7.4. Kamyonet, kamyon ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler ... 79
7.4.1. Geleneksel solvent bazlı malzemeler ... 80
7.4.2. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (ikame) ... 81
7.4.2.1. Su bazlı boya sistemleri ... 81
7.4.3. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları ... 82
7.4.3.1. Elektrokaplama ... 82
7.4.3.2. Yüksek hacimli, düşük basınçlı spreyleme (HVLP) ... 82
7.4.3.3. Elektrostatik atomize spreyleme prosesleri ... 83
7.4.3.4. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar ... 83
7.4.3.5. Islak ayırma boya kabinleri ... 83
7.4.4. Atık gaz arıtımı ... 83
7.4.4.1. Oksidasyon ... 83
7.4.4.2. Aktif karbona adsorpsiyon ... 84

7.4.5. Atık su arıtımı ... 84
8. OTOBÜSLERİN BOYA KAPLAMALARI ... 85
8.1. Otobüslerin boya kaplamalarına ilişkin genel bilgi ... 85
8.2. Otobüslerin boya kaplamalarında uygulanan prosesler ve teknikler ... 85
8.2.1. Ön işlem ... 85
8.2.2. Zemin kaplama/dip kaplama ... 85
8.2.3. Gövde altı koruma ve ince macun çekme ... 86
8.2.4. Astar boyanın uygulanması ... 86
8.2.5. Son kat uygulaması ... 86
8.2.6. Kavite giderme ... 86
8.2.7. Alternatif sistemler ve emisyon azaltma teknikleri ... 87
8.2.8. Otobüs boya kaplama tesislerine örnekler ... 87
8.3. Otobüslerin boya kaplamalarındaki mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri ... 89
8.3.1. Kütle dengeleri ... 89
8.3.2. Tüketim seviyeleri ... 89
8.3.2.1. Malzemeler ... 89
8.3.2.2. Su ... 89
8.3.2.3. Enerji ... 90
8.3.3. Emisyonlar ... 90
8.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar ... 90
8.3.3.2. Suya salınan emisyonlar ... 91
8.3.3.3. Atık ... 91
8.4. Otobüslerin boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler ... 91
8.4.1. Geleneksel solvent bazlı malzemeler ... 92
8.4.2. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılması (ikame) 93
8.4.2.1. Su bazlı boya sistemleri ... 93
8.4.2.2. Yüksek katı maddeli boyalar ... 94
8.4.3. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları ... 94
8.4.3.1. Elektro kaplama (e-kaplama) ... 95
13. DİĞER METAL YÜZEYLERİN BOYA KAPLAMALARI ... 96
13.1. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları hakkında genel bilgi ... 96
13.2. Uygulanan proses ve teknikler ... 96
13.3. Mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri ... 97
13.4. Diğer metal yüzeylerin seri olarak boyanmasındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler ... 97
13.4.1. Alüminyum jant tellerinin/jantların boyanması için yeni çoklu boya kaplama sistemleri 98
16. PLASTİK PARÇALARIN BOYA KAPLAMALARI ... 101
16.1. Plastik parçaların boya kaplamaları hakkında genel bilgi ... 101
16.2. Plastik parçaların boya kaplamalarında uygulanan proses ve teknikler ... 102
16.2.1. Tamponların boya kaplamaları ... 103
16.2.2. Jant kapaklarının boya kaplaması ... 105
16.2.3. Direksiyon simitlerinin boya kaplamaları ... 106
16.2.4. Reflektörlerin boya kaplamaları ... 106
16.2.5. Televizyonların, ses sistemlerinin ve bilgisayar parçalarının üretiminde boya kaplama 106
16.3. Plastik parçaların boya kaplamalarında mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri 107
16.3.1. Kütle dengeleri ... 107

16.3.2. Tüketim ... 107
16.3.2.1. Malzemeler ... 107
16.3.2.2. Su ... 110
16.3.2.3. Enerji ... 110
16.3.3. Emisyonlar ... 110
16.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar ... 111
16.3.3.2. Suya salınan emisyonlar ... 112
16.3.3.3. Atık ... 112
16.4. Plastik parçaların boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler ... 112
16.4.1. Hammade tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi ... 113
16.4.1.1. Kesikli boyama/renk gruplama ... 113
16.4.1.2. Pislik temizleme sistemleri ... 114
16.4.1.3. Yüksek devirli çanların sayısının arttırılması ... 114
16.4.2. Su yönetimi ... 114
16.4.3. Geleneksel solvent bazlı malzemeler ... 115
16.4.4. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (ikame) ... 116
16.4.4.1. Su bazlı boyalar ... 116
16.4.4.2. Toz boyama – geleneksel olarak kurutulan ... 117
16.4.4.3. Radyasyon kurutmalı boyalar ... 117
16.4.4.4. Floridasyondan sonra tek katmanlı kaplama ... 118
16.4.5. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları ... 118
16.4.5.1. Kalıp içi boyama ... 118
16.4.5.2. Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme ... 119
16.4.5.3. Yüksek hacimli düşük basınçlı spreyleme (HVLP) ... 119
16.4.5.4. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar ... 120
16.4.5.5. Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme 120
16.4.5.6. Toz boya kaplama işlemleri – elektrostatik destekli spreyleme ... 121
16.4.6. Kurutma ... 121
16.4.6.1. Konveksiyon kurutma ... 121
16.4.6.2. Ultraviyole (UV) kurutma ... 122
16.4.6.3. Elektron ışını ile kurutma ... 122
16.4.6.4. Yoğunlaştırma kurutucularının kullanımı ... 123
16.4.7. Atık gaz arıtımı ... 123
16.4.7.1. Elektrostatik filtre ... 123
16.4.7.2. Venturi partikül ayırma ... 124
16.4.7.3. Ovalayıcı ... 124
16.4.7.4. Boya kabinlerinden çıkan atık gazların arıtımı ... 124
16.4.7.5. Boya kabinlerinden çıkan atık gazların yoğunlaştırılması ve devir daimi 124
16.4.7.6. Termal Oksidasyon ... 125
16.4.7.7. Biyolojik arıtma ... 126
16.4.8. Atık su arıtımı ... 126
16.4.8.1. Ultra ve nanofiltrasyon ... 126
20. TÜM ENDÜSTRİLERDEKİ BAT'IN TESPİTİNDE GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN TEKNİKLER ... 127
20.1. Çevre yönetim teknikleri ... 128
20.1.1. Çevre yönetim araçları ... 128

20.1.2. Süregelen çevresel iyileştirme ve çapraz medya konuları 137
20.1.3. Tüketim ve emisyonlar ile ilgili karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking) yapılması ve ardından yapılması gerekenler 138
20.1.4. Çevresel faydaların maliyetlendirilmesi ve çapraz medya etkilerinin tahmini 140
20.2. Tesisin tasarımı, inşası ve operasyonu (iyi idare ve bakım dahil) 141
20.2.1. Planlanmayan salınımlara yönelik kirlilik önleme 142
20.2.2. Kimyasalların, tehlikeli maddelerin ve atıkların depolanması ve idaresi 144
20.2.2.1. Üretim alanlarında solventlerin idaresi ve kullanımı 145
20.2.3. Ekipmanların otomasyonu 146
20.2.4. Eğitim 148
20.2.5. Proseslerin/Ekipmanların optimizasyonu 148
20.2.6. Bakım 149
20.3. İzleme 150
20.3.1. Solventler için kütle dengesi 150
20.3.2. Solventlerin ve havaya salınan emisyonların doğrudan ölçümü 155
20.3.3. Su 157
20.3.3.1. Kanalizasyonlardaki tehlikeli ortamın önlenmesi 157
20.3.3.2. BOD, COD ve biyolojik çözünürlüğün izlenmesi 158
20.3.3.3. Sudaki toksisitenin izlenmesi ve kontrolü 159
20.4. Su yönetimi 160
20.4.1. Durulama suyunun tekrar kullanımı/geri dönüştürülmesi 160
20.4.1.1. İyon değiştirici ile geri kazanım 160
20.4.1.2. Fabrika içerisinde suyun tekrar kullanımı 161
20.4.1.3. Kaskad durulama 161
20.4.1.4. Su kullanımının kontrolü 163
20.5. Enerji yönetimi 164
20.5.1. Elektrikli güç kaynaklarının optimizasyonu 166
20.5.2. Elektrik gereksiniminin optimize edilmesi 166
20.5.3. Enerji etkin ekipmanlar 167
20.6. Hammade yönetimi 168
20.6.1. Tam zamanında yönetim 168
20.6.2. Boya ve solventlerin kalite güvencesi 168
20.6.3. Hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi 169
20.6.3.1. İleri karıştırma sistemleri 169
20.6.3.2. Geri dönüştürülen boya veya mürekkeplerin tekrar kullanılması 171
20.6.3.3. Geri kazanılan boya kaplamaların veya mürekkeplerin tekrar kullanılması 172
20.6.3.4. Boya veya mürekkebin depodan borularla doğrudan hatta aktarımı 172
20.6.3.5. Solventlerin depodan borularla doğrudan hatta aktarımı 173
20.6.3.6. Kesikli boyama/renk gruplama 174
20.6.3.7. Pig-temizleme sistemleri 175
20.7. Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları 176
20.7.1. Boyamadan önce yapılan ön işlemler 176
20.7.1.1. Solvent bazlı yağ alma 176
20.7.1.2. Su bazlı ön işlemler 177
20.7.1.2.1. Su bazlı yağ alma 177
20.7.1.2.2. Fosfatlama 177
20.7.1.2.3. Krom içeren konversiyon kaplama 178
20.7.1.2.4. Krom içermeyen konversiyon kaplamalar 179

20.7.1.2.5. Banyo bakımı; su, atık ve atık suyun azaltılması 180
20.7.2. Boya Sistemleri 180
20.7.2.1. Geleneksel solvent bazlı boyalar 180
20.7.2.2. Solvent bazlı, yüksek katı maddeli boyalar 182
20.7.2.3. Su bazlı boyalar 183
20.7.2.4. Flash-off süresi azaltılmış su bazlı boya kaplamalar 186
20.7.2.5. Radyasyon kurutmalı boyalar 186
20.7.2.6. Geleneksel olarak kurutulan toz boya kaplamalar 188
20.7.2.7. Toz bulamaç 191
20.7.2.8. Ön işlemden geçirilmiş malzemeler 191
20.7.2.9. Toksik metal içeren boyalar 192
20.7.3. Boya uygulama proses ve ekipmanları 193
20.7.3.1. Rulo ile kaplama 193
20.7.3.2. Perde kaplama (döküm) 194
20.7.3.3. Geleneksel daldırma 195
20.7.3.4. Elektro kaplama 196
20.7.3.5. Taşma 199
20.7.3.6. Vakum kaplama 199
20.7.3.7. Kalıp içi boyama 200
20.7.3.8. Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme 201
20.7.3.9. Yüksek hacimli alçak basınçlı spreyleme (HVLP) (verimliliği yüksek sprey tabancaları) 201
20.7.3.10. Sıcak spreyleme 203
20.7.3.11. Havasız spreyleme 204
20.7.3.12. Hava destekli havasız spreyleme 205
20.7.3.13. CO_2 atomizasyonu – unicarb* sistemi 205
20.7.3.14. Elektrostatik atomize prosesler 206
20.7.3.15. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar 207
20.7.3.16. Elektrostatik destekli yüksek devirli diskler 208
20.7.3.17. Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme 209
20.7.3.18. Toz boya kaplamaların uygulanması – elektrostatik destekli spreyleme210
20.7.3.19. Toz boya kaplamaların uygulanması – toz sinterleme 211
20.7.4. Overspreyin üstesinden gelme teknikleri 212
20.7.4.1. Islak ayırma sprey kabinleri 212
20.7.4.2. Paint-in-paint (boyadan boya) boya kabinleri 213
20.7.4.3. Su emülsiyon teknikleri 214
20.7.4.4. Bakır levha (cold plate) boya kabinleri 214
20.7.5. Atık suyun ve atıkların azaltılması ve atık su arıtımı için su arıtma teknikleri 215
20.7.5.1. Çoklu (kaskad) durulama 215
20.7.5.2. İyon değiştiricilerin kullanımı 216
20.7.5.3. Membran filtrasyonu 217
20.7.5.4. Banyo çamurunun alınması 217
20.7.5.5. Dekantasyon (durultma) sistemi 218
20.7.5.6. Boyadaki katı maddelerin ıslak temizleyicilerde pıhtılaştırılması 218
20.8. Kuruma ve/veya kurutma 219
20.8.1. Buharlaştırma prosesleri 219
20.8.1.1. Geleneksel konveksiyonla kurutma 219
20.8.1.2. Inert (reaksiyona girmeyen) gazla konveksiyon kurutma 221

20.8.1.3. Endüksiyon kurutma ... 221
20.8.1.4. Radyasyonlu kurutma (mikrodalga ve HF) ... 222
20.8.2. Radyasyonlu kurutma prosesleri ... 223
20.8.2.1. Kızılötesi radyasyonlu kurutma ... 224
20.8.2.2. Kızılötesine yakın radyasyonlu (NIR) kurutma ... 225
20.8.2.3. Ultraviyole (UV) kurutma ... 226
20.8.2.4. Elektron ışını ile kurutma (EB) ... 227
20.8.3. Termal reaktör (kombine konveksiyon/radyasyonlu kurutma) ... 228
20.9. Temizleme teknikleri ... 229
20.9.1. Genel temizleme prensipleri ... 229
20.9.2. Temizliğin minimum seviyeye indirilmesi ... 232
20.9.3. Solvent içeren temizlikten ya da diğer temizleme türlerinden önce hazırlık yapılması 233
20.9.4. Geleneksel solvent içeren temizleme ... 233
20.9.5. Buharlaşma hızı düşük olan solventlerle yapılan temizleme ... 234
20.9.6. Güçlü solventlerle yapılan temizleme ... 234
20.9.7. Ozon oluşturma potansiyeli düşük olan solventlerle yapılan temizleme ... 234
20.9.8. Su bazlı temizleme ... 234
20.9.9. Elle temizleme ... 235
20.9.10. Solvent kullanılan yıkama makineleri ... 236
20.9.11. Solventlerin geri kazanımı ile yapılan temizleme ... 237
20.9.12. Yüksek basınçlı su spreyi ile yapılan temizleme ... 237
20.9.13. Ultrasonik temizleme ... 238
20.9.14. Kuru buz (CO_2) ile yapılan temizleme ... 238
20.10. İkame: Daha az zararlı olan maddelerin kullanılması – genel prensipler ... 239
20.10.1. Temizlik maddelerinin daha az tehlikeli olanlarla değiştirilmesi (ikame) . 243
20.10.1.1. Yanma noktası >40 ^{o}C olan temizlik maddeleri ... 244
20.10.1.2. Yanma noktası >55 ^{o}C olan temizlik maddeleri ... 244
20.10.1.3. Yanma noktası >100 ^{o}C olan temizleme maddeleri ... 245
20.10.1.4. Bitkisel temizleme maddeleri (VCA'lar) ... 246
20.10.1.5. Uçucu olmayan güçlü solventler ... 248
20.10.1.6. Su bazlı temizleme ... 249
20.10.2. Ozon oluşturma potansiyeli (OFP) düşük olan solventlerin kullanılması .. 249
20.10.3. Halojenize solventlerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması 252
20.10.4. Solventlerin ve CMR (karsinojen, mutajen, yeniden üretim için toksik) özelliği taşıyan diğer maddelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması 253
20.10.5. Su bazlı temizlik maddeleri ... 254
20.11. Atık gaz arıtımı ... 255
20.11.1. Ekstraksiyon ve azaltma tekniklerinin tasarımı, optimizasyonu ve yönetimi 256
20.11.1.1. Sistem seçimi, tasarımı ve optimizasyonu ... 256
20.11.1.2. Sistemin bakımı ... 261
20.11.1.3. Pik emisyon akışlarının baypas edilmesi (pik düşürücü)* ... 262
20.11.1.4. Fazla kapasitenin kullanılması – düzeltme şekilleri ... 264
20.11.1.5. Arıtmaya giden solvent konsantrasyonunun değişken frekans sürücüleri ile korunması ... 264
20.11.1.6. Her bir kaynak noktası için merkezi olmayan/belli bir bölge için tahsis edilmiş atık gaz arıtma sistemleri ... 265

20.11.1.7. Merkezi atık gaz arıtımı ... 266
20.11.2. Atık gazların tutulması ve toplanması ... 267
20.11.2.1. Kapsülleme/sarmalama ... 267
20.11.2.2. Fırınların/kurutucuların giriş ve çıkışlarının hava sızdırmaz malzeme ile kaplanması 268
20.11.2.3. Kurutmada negatif basınç ... 268
20.11.2.4. Boya kaplama proseslerinden hava ekstraksiyonu ... 269
20.11.2.5. Kurutma proseslerinden hava ekstraksiyonu ... 270
20.11.2.6. Soğutma alanından hava ekstraksiyonu ... 270
20.11.2.7. Temizleme proseslerinden hava ekstraksiyonu ... 270
20.11.2.8. Hammadde ve atık depolarından hava ekstraksiyonu ... 271
20.11.3. Ön işlem, filtrasyon, ovalama ... 272
20.11.3.1. İç solvent konsantrasyonunun arttırılması ... 272
20.11.3.2. Dış solvent konsantrasyonunun arttırılması ... 274
20.11.3.3. Plenum (hava toplama odası) kullanılarak dış hava konsantrasyonunun arttırılması 275
20.11.3.4. Membran filtrasyonu ... 277
20.11.3.5. Venturi ile partikül ayırma ... 278
20.11.3.6. Kuru filtre sistemleri ... 278
20.11.3.7. Elektrostatik filtre (presipitatör) ... 279
20.11.3.8. Ovalayıcı ... 280
20.11.4. Oksidasyon ... 281
20.11.4.1. Proses ısıtmada yakıt desteği ... 281
20.11.4.2. Termal oksidasyon ... 282
20.11.4.3. Reküperatif termal oksidasyon ... 284
20.11.4.4. Rejeneratif termal oksidasyon - çift yataklı ... 285
20.11.4.5. Rejeneratif termal oksidasyon - üç yataklı ya da devirli hava distribütörlü 288
20.11.4.6. Katalitik oksidasyon ... 290
20.11.4.7. UV oksidasyonu ... 292
20.11.5. Yoğunlaştırma ... 293
20.11.5.1. Doğrudan soğutma ... 293
20.11.5.2. Dolaylı soğutma ... 294
20.11.5.3. Refrijerasyon ... 295
20.11.5.4. Kriyojenik (çok soğuk) arıtma ... 296
20.11.5.5. Donma noktasının üzerinde yoğunlaştırma ... 297
20.11.6. Adsorpsiyon ... 297
20.11.6.1. Aktif karbon veya zeolit kullanılarak yapılan adsorpsiyon ... 297
20.11.6.2. Adsorplayıcı performansının sürekli izlenmesi ... 301
20.11.7. Sıvı maddelere absorpsiyon ... 302
20.11.7.1. Suya absorpsiyon ... 302
20.11.7.2. Yağa absorpsiyon ve geri kazanım ... 303
20.11.8. Biyolojik arıtma ... 304
20.11.9. NO_x azaltma teknikleri ... 305
20.11.9.1. Selektif katalitik olmayan azaltım (SNCR) ... 305
20.11.9.2. Selektif katalitik azaltım (SCR) ... 306
20.11.9.3. Suyla ovalama ... 307
20.12. Atık su arıtımı ... 308
20.12.1. Flokülasyon (topaklanma) ... 308
20.12.2. Ayırma ... 309

20.12.3. Elektroflokülasyon ... 309
20.12.4. Vakumlu damıtma ... 310
20.12.5. Biyolojik arıtma ... 311
20.12.6. Ultra ve nanofiltrasyon ve ters ozmoz ... 311
20.13. Atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve solvent içeren atıkların arıtılması . 312
20.13.1. Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanımı ... 313
20.13.2. Kullanılmış solventlerin tekrar kullanılmak üzere arıtılması ... 314
20.13.2.1. Filtrasyon ... 314
20.13.2.2. Damıtma ... 315
20.13.3. Tek kullanımlık temizleme bezleri ... 316
20.13.4. Tekrar kullanılabilen temizleme bezleri ... 317
20.13.5. Kullanılmış solventlerin bezlerden geri kazanımı ... 318
20.13.6. Tekrar kullanılabilen konteynırlar ... 318
20.13.7. Kullanılmış aktif karbonun arıtılması ... 320
20.13.7.1. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların tesis içinde geri kazanılması 320
20.13.7.2. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların tesis dışında rejenerasyonu/solventlerinin giderilmesi ... 320
20.13.7.3. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların yakılması ... 321
20.13.8. Atık su çamurları ... 322
20.13.8.1. Santrifüjler ... 322
20.13.8.2. Filtre presleri ... 322
20.14. Tozun azaltılması ... 323
20.15. Kokunun azaltılması ... 323
20.15.1. Solvent bazlı malzemelerin iletimi sırasında tankların havalandırılması ... 323
20.16. Gürültünün azaltılması ... 324
21. ORGANİK SOLVENTLERİN KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİNDEKİ MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER ... 326
21.1. Sektördeki tüm endüstrilere uygulanabilecek olan mevcut en iyi teknikler ... 330
21.2. Baskı işlemlerindeki mevcut en iyi teknikler ... 344
21.2.1. Heatset web ofset için geçerli olan BAT ... 345
21.6. Otomobillerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler ... 345
21.7. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler ... 348
21.8. Otobüslerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler ... 349
21.13. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler ... 351
21.16. Plastik parçaların boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler ... 352
22. SOLVENTLERİN KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİNDE GELİŞMEKTE OLAN TEKNİKLER ... 354
22.1. Baskı/boya kaplama ... 354
22.1.1. UV kurutmalı fleksografi ... 354
22.2. Tel sargı imalatı ... 354
22.2.1. İnce tellerin vakslanması ... 354
22.3. Zımpara imalatı ... 355
22.3.1. Yüksek hızda kurutma ve sertleştirme prosesleri ... 355
22.4. Yapışkan bant imalatı ... 355
22.5. Otomobillerin ve hafif kamyonetlerin boya kaplamaları ... 356
22.5.1. Geliştirilmiş, suda çözünebilen 1 ve 2 bileşenli vernik kaplama ... 356
22.5.2. Toz boya kaplamadaki gelişmeler ... 356
22.5.3. Düşük maliyetli konversiyon kavramı ... 357

22.5.4. Ön kaplama yapılmış malzemelerin kullanımının artması 357
22.5.5. Poliüretan (PU) boya sistemleri 358
22.5.6. Boya tabakalarının azaltılması 358
22.6. Kamyon ve ticari araçların boya kaplamaları 359
22.7. Otobüslerin boya kaplamaları 359
22.8. Trenlerin boya kaplamaları 359
22.9. Tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamaları 359
22.10. Gemi ve yatların boya kaplamaları 359
22.10.1. Sıcak elektrostatik hava karışımları 359
22.10.2. Biyosid bazlı çürümeyi önleyici boyaların yerine daha az tehlikeli olan boyaların kullanılması (ikame) 360
22.10.2.1. Doğal biyosidli boyalar 360
22.10.2.2. Çürümenin azaltılması için özel yüzey nitelikleri olan boya kaplamalar 360
22.11. Uçakların boya kaplamaları 361
22.12. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları 361
22.13. Coil coating endüstrileri 361
22.14. Metal ambalajların boya kaplamaları ve baskıları 361
22.14.1. Düşük solvent içerikli boya kaplamalar (su bazlı boyalar) 361
22.14.2. Radyasyon kurutmalı prosesler 362
22.15. Plastik parçaların seri olarak boyanması 362
22.16. Mobilya ve ahşap malzemelerin boya kaplamaları 363
22.16.1. Toz boya kaplama 363
22.16.2. Peroksit ve kızılötesi ışınla ağartma 364
22.16.2.1. Termal olmayan plazma ile yapılan arıtma 364
22.17. Ahşap koruma 365
22.18. Ayna imalatı 365
22.19. Atık gaz arıtımı 365
22.19.1. Elektrostatik ısıtmalı karbon adsorpsiyon tüpleri 365
22.20. Atık su arıtımı 366
22.20.1. Islak ayırmalı boya kabinleri – SiO_2 partikülleri ile 366
REFERANSLAR 367
TERİMLER SÖZLÜĞÜ 375
24. EKLER 385
24.1. Fayda maliyetini tahmin etme modelleri 385
24.1.1. EGTEI modeli ve özet belgesi 385
24.1.2. Bölgesel çevresel maliyetleme modeli (MKM, MilieuKostenModel) 388
24.2. VOC emisyonlarının ve kullanılan birimlerin hesaplanması 393
24.2.1. Solvent Emisyonları Direktifi'ne uygunluk 393
24.2.1.1. Emisyon limit değerleri (ELV'ler) ve kaçak emisyonlar (SED Ek IIA) 394
24.2.1.2. Emisyon azaltma planı (SED Ek IIB) 394
24.2.2. Kesinlik 395
24.2.3. Boya kaplamanın uygulama verimliliği 396
24.3. Kaçak emisyonların ölçümü – direkt yöntem 398
24.3.1. Baskı sektörüne uygulanması 405
24.4. Kütle dengeleri ile ilgili yaygın olarak görülen durumlar 408
24.5. Araç boyahanelerinden kaynaklanan VOC'lerin tespit edilmesi 412
24.5.1. Temel prensipler/genel bakış 412
24.5.2. Açıklama 414
24.5.2.1. VOC emisyonlarının kütle akışlarının izlenmesi 414

24.5.2.1.1. Boru sonu önlemleri 414
24.5.2.1.2. Solvent kütle dengelerinin hesaplanması 417
24.5.2.1.3. Spesifik kütle akışlarının belirlenmesini sağlayan yöntemler 418
24.5.2.2. Yüzey alanı üretim hacminin belirlenmesi 420
24.5.2.2.1. Araç yüzey alanı 420
24.5.2.2.2. Birim süre başına düşen araç sayısı 421
24.5.2.3. Kütle dengesinin temsil edebilirliğine ilişkin zaman ölçeği 421
24.5.2.3.1. Kısa ortalama alma periyotlarına dayalı limit değerleri 421
24.5.2.3.2. Yıllık ortalama değere dayalı limit değerleri 422
24.6. Solvent Emisyonları Direktifi'ndeki bazı limit değerleri 422
24.7. Efektif POCP'nin hesaplanması 423
24.8. İklim değişikliğinin marjinal sosyal maliyeti 427
24.9. Atık gaz arıtma tekniklerinin emisyon giderme verimlilikleri 428

Şekil Listesi

Şekil 1.1: 2001 IPPC proseslerinden kaynaklanan, metan olmayan uçucu organik solvent emisyonları ……42
Şekil 6.1: Tipik taşıt gövdesi boyama prosesi şeması ……48
Şekil 6.2: Avrupa'daki 65 otomobil boyahanelerinde ortaya çıkan VOC emisyon aralıkları ……60
Şekil 7.1: Avrupa'daki birkaç kamyonet, kamyon ve kasa montaj fabrikasından kaynaklanan VOC emisyonları ……78
Şekil 8.1: Avrupa'daki birkaç otobüs montaj fabrikasına ait VOC emisyonları ……91
Şekil 13.1: Solvent bazlı vernik kullanımı ile toz vernik kullanımının karşılaştırılması ……100
Şekil 16.1: Su bazlı tampon boya kaplama prosesi ……103
Şekil 16.2: Jant kapaklarının geleneksel boya kaplama sistemi ile boyanmasına ait proses akışı ……105
Şekil 16.3: Otomobil tamponu boyahanesinde VOC girdisinin izlediği yol ……111
Şekil 20.1: Tüm solvent girdileri ve çıktıları (SED'den alınan tanımlarla) ……152
Şekil 20.2: Islak ayırma sprey kabininde kullanılan atık su arıtım şeması ……212
Şekil 20.3: İyon değiştiricili bir fosfatlama ünitesinin şeması ……216
Şekil 20.4: POCP ile yapılabilecek potansiyel ikamelerin değerlendirilmesi ……250
Şekil 20.5: Mevcut VOC azaltma teknolojilerinin uygulama aralıklarına genel bir bakış ……255
Şekil 20.6: Esnek ambalajlarda ototermal noktanın altında gaz tüketimine örnek ……258
Şekil 20.7: Plenum odası ……277

Tablo Listesi

Tablo 6.1: Avrupa'nın en büyük taşıt üreticileri …….45
Tablo 6.2: Bazı boya sistemlerinin spesifik boya tüketimleri …….55
Tablo 6.3: Otomobil boyahanelerinin tipik enerji tüketimi …….57
Tablo 6.4: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar …….63
Tablo 6.5: Otomobiller için boya kaplama kombinasyonu örnekleri …….64
Tablo 7.1: Yeni şoför mahallerinin boya kaplamasında kullanılan boyaların spesifik tüketim değerleri …….76
Tablo 7.2: Şasilerin, şoför mahallerinin ve kamyonetlerin gaz tüketimlerine genel bir bakış …….77
Tablo 7.3: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar …….80
Tablo 8.1: Farklı katmanlar için spesifik malzeme tüketimleri …….89
Tablo 8.2: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar …….92
Tablo 13.1: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar …….98
Tablo 13.2: Boyanan alüminyum jant başına düşen kaynak girdisi/tüketimi …….99
Tablo 13.3: 1 milyon jant/yıl'a ilişkin emisyonlar …….99
Tablo 16.1: Tamponların boyanmasında kullanılan farklı boya kaplama sistemlerindeki solvent oranları ……...105
Tablo 16.2: Jant kapaklarına uygulanan boya kaplama sistemlerindeki solvent oranlarının karşılaştırılması ……...106
Tablo 16.3: 2000'deki VOC kullanımı ……...108
Tablo 16.4: Geleneksel VOC malzemelerinin dökümü ……...109
Tablo 16.5: Düşük VOC emisyonu elde etmek için kullanılan düşük emisyonlu malzemelerin dökümü ……...110
Tablo 16.6: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar ……...112
Tablo 16.7: Plastik parçaların boya kaplamalarından kaynaklan atık su emisyon seviyeleri ……...114
Tablo 20.1: Bölüm 20'de ve Bölüm 2 ila 19'da yer alan tüm Alt Bölüm 4'lerde açıklanan her bir teknikle ilgili bilgi dökümü ……...128
Tablo 20.2: Otomobil montaj hattında iç kısımlara robotla spreyleme uygulaması örneği ……...147
Tablo 20.3: Otomobil montaj hattında dış kısımlara metalik boya kullanılarak robotla spreyleme uygulaması örneği ……...147
Tablo 20.4: Belli bir durulama kriteri ve ters akışlı kaskad durulamadaki aşama sayısı fonksiyonu olarak spesifik durulama suyu miktarı ……...162
Tablo 20.5: Enerji tasarruf önlemleri ve teknikleri ……...165
Tablo 20.6: Temizleme tekniklerinin ve seçeneklerinin uygulama örnekleri ……...231
Tablo 20.7: Solvent bazlı Yüzey İşlemleri (STS) sektöründe kullanılan solvent ikame örnekleri ……...240
Tablo 20.8: Emisyon değerinin 2 ya da 3 yataklı oksitleyici seçimine etkisi ……...257
Tablo 20.9: İklim değişikliğinin marjinal sosyal maliyetleri ile VOC emisyonlarının marjinal hasar maliyetlerinin karşılaştırılması ……...260
Tablo 20.10: İnsinerasyon kapasitesi ile bağlantılı olarak emisyonlar ve maliyetler ……...263
Tablo 20.11: Esnek ambalaj baskısında kullanılan kurutuculardaki kabul edilebilir maksimum LEL seviyeleri ……...272
Tablo 21.1: Temizleme: VOC emisyonlarının azaltılması için kullanılması gereken teknikler ……...338
Tablo 21.6: Araç boya kaplama: Kısa sürede uygulanabilecek VOC azaltma teknikleri ……...346

KAPSAM

Bu dokümanın kapsamı, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü hakkındaki 24 Eylül 1996 tarihli, 96/61/EC no'lu Konsey Direktifi'nin (IPPC Direktifi) 1, 6.7 no'lu Ek'ine dayanmaktadır:

Ek 1, 6.7:
'Solvent tüketim kapasitesi saatte 150 kg'den veya yılda 200 tondan daha fazla olan ve maddelerin, nesnelerin veya ürünlerin özellikle giydirme, baskı, kaplama, yağ alma, su yalıtımı, kalibre etme, boyama, temizleme veya emdirme gibi yüzey işlemlerini organik solventlerin kullanımıyla gerçekleştiren tesisler.'

IPPC Direktifi'nin uygulanmasından kaynaklanan belirli konuların yorumlanması ile ilgili bilgiye Komisyon'un servisleri tarafından hazırlanmakta olan kılavuz dokümanlarından erişilecektir. Bazı konuların, bu dokümanın Kapsamı ile nasıl ilişkilendirildiğine dair bilgi aşağıdadır:

Tesis

'Tesis' IPPC Direktifi'nin 2.3 no'lu Maddesi'nde şöyle tanımlanmaktadır: 'Ek I'de (IPPC Direktifi'nin eki) listelenen ve emisyon, kirlilik üzerinde etkisi olabilecek olan aktivitelerden birinin ya da daha fazlasının bu aktivitelerle teknik bağlantısı olan, doğrudan ilgili diğer aktivitelerin yürütüldüğü sabit teknik ünite'.

Organik solventler ve VOC

Ticari olarak kullanılan organik bileşikler karbon içeren kimyasallardır [76, TWG, 2004]. Solvent Emisyonları Direktifi [123, EC, 1999] organik solventi şöyle tanımlamaktadır: *'Hammaddeleri, ürünleri veya atık maddeleri çözmek için ya da temizlik aracı, çözücü, ayırma aracı, viskozite düzenleyici, plastikleştirici ve koruyucu olarak, kimyasal bir değişikliğe uğramadan, yalnız başına ya da diğer maddelerle birlikte kullanılan herhangi bir VOC'dir.*

Organik solventler kimyasal yapılarına göre sınıflandırılabilir. Üç ana grup vardır:

- oksijen veren solventler:
  - alkoller
  - aldehidler
  - esterler
  - eterler
  - glikol eterler ve onların esterleri
  - ketonlar
- hidrokarbon solventler:
  - alifatikler
  - aromatikler
- halojenize solventler

Solvent Emisyonları Direktifi'nde VOC tanımı şöyledir: *'293.15 K'da buhar basıncı 0.01 kPa ya da daha fazla olan ya da belirli kullanım koşullarında bu değere karşılık gelen uçuculuğa*

sahip olan herhangi bir organik bileşiktir.' Ancak NEC Direktifi'nin [139, EC, 2001] 3. Maddesi'ne (k) göre: *'Uçucu organik bileşikler' ve 'VOC', metan hariç, güneş ışığında nitrojen oksitleri ile reaksiyona girerek fotokimyasal oksitleyiciler üretebilen ve insan aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan tüm organik bileşiklerdir'.* Bunların dışında, gerek Avrupa düzeyinde gerekse ulusal düzeyde yayımlanan mevzuatlar ve kılavuzlarda, farklı VOC tanımlarının örnekleri görülebilir. Yaygın olarak, iki ifade kullanılmaktadır: Metan olmayan VOC için kullanılan NMVOC ve VOC. VOC kullanıldığında, içeriğinde metan olup olmadığı net olarak anlaşılmamaktadır. Fakat bu dokümanda, tüketim ve emisyonlardan söz ederken, VOC genellikle NMVOC anlamında kullanılmıştır. Endüstriler 'organik solvent' ve 'tüketim kapasitesi' tanımlarına açıklık getirilmesini talep etmiştir. Bilgi alış verişinin sonucundan, söz konusu alış verişin (Solvent Emisyonları Direktifi, 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi'inde belirtildiği şekliyle) VOC'ler (uçucu organik bileşikler) olarak tanımlanan organik solventlerle ilgili olduğu anlaşılmaktadır.

Aynı şekilde, BAT'lar ile ilgili sonuçların tespitinde bilgi alışverişinin, gerçek solvent kullanımları, IPPC Direktifi'nde belirtilen tüketim kapasitesi eşik değerlerini aşan tesisler (aktivitenin, atık gaz azaltma ekipmanından geri kazanılan solventleri içerdiği) üzerinde yoğunlaştığı görülebilir. Söz konusu kapasite eşikleri ile ilgili yorumlara Çevre Genel Müdürlüğü'nün, Direktif'in belirli hükümlerinin yorumlanmasına ilişkin kılavuz oluşturma çalışmaları kapsamında değinilmektedir.

Yüzey işlemleri

IPPC Direktifi'nin 1 no'lu Ek'inin 6.7 no'lu Bölüm'ü şu yüzey işlemlerinden söz etmektedir: boyama, yapışkan uygulama, ileri boya kaplama prosesleri, emdirme, su yalıtımı, baskı ve yüzey temizleme. Ancak bilgi alış verişi, çoğunlukla IPPC Direktifi'nin 1 (6.7) no'lu Ek'inde belirtilen tüketim kapasitelerinin altında operasyon gerçekleştiren endüstriler veya bu endüstrilerin bölümleri için BAT'ı göz önünüde bulundurmamaktadır. Aşağıdaki hususlara ise ayrıntılı olarak değinilmektedir:

- baskı (heatset web ofset, fleksografi ve ambalaj gravürü, gravür baskı)
- boyama ve diğer boya kaplama aktiviteleri (tel sargı, otomobil, kamyon, otobüs, tren, tarım ve inşaat ekipmanı, gemi ve yat, uçak, diğer metal yüzeyler, metal bobin, metal ambalaj, plastik, mobilya, ahşap ve ayna)
- su yalıtımı (boyama ve ahşap koruma ile)
- yapışkan uygulamalar (zımpara ve yapışkan bant üretiminde)
- diğer yüzey işlemleri ile bağlantılı olarak temizlik ve yağ almada (bkz. Bu doküman ile diğer BREF'ler arasındaki sınır, aşağıda)
- ahşabın korunması

Tekstil ve Tabakhaneler için hazırlanan BREF'lerde yer alan aktivitelerin bir parçasını oluşturuyorlar ise, aşağıdaki işlemlere bu dokümanda yer verilmemektedir:

- giydirme
- su yalıtımı
- kalibre etme

Boya kaplama preparatlarının, boyaların, mürekkebin ve yapışkanların imalatı, solvent ekstraksiyonu ve kauçuk dönüştürme prosesleri, IPPC Direktifi'nin 1 no'lu Ek'inin 6.7 no'lu Bölüm'ü kapsamına girmemektedir. Sunta (chip) panoların imalatı, yonga ve fiber levhaların

laminasyonu, (örn. emdirme fenolik kağıt ile) gibi ahşap malzeme prosesleri su bazlı yapışkanlar ile yapıldıkları için, bu doküman kapsamına girmemektedir.

Yüzey Temizleme

Yüzey temizlemenin üç farklı yorumu vardır:

1. 'Esas' aktivite olarak temizlik, örn. aktivitenin ağırlıklı olarak temizlik olduğu durumlar,

2. Başka bir yüzey işleminin 'esas' aktivite olduğu durumlardaki temizlik (örn. IPPC Direktifi'nin 1 no'lu Ek'inin 6.7 no'lu Bölüm'ünde tanımlanan bir yüzey işlemi), örn:

- yüzey işleminden önce yüzey ve alt tabakaların temizliği
- ekipmanın temizliği

Her iki durumda da, bu teknikler yüzey işlemi veya ilgili aktiviteler olarak bu dokümanın kapsamında girmektedir.

3. Yüzey işleminin temel aktivite olmadığı durumlarda solvent kullanımı ile yapılan temizlik. Örneğin, boya gibi solvent bazlı bir ürünün imalatı esnasında, üretim partileri arasında, tankın temizliği. Sözü edilen temizlik, yüzey işlemi ile ilgili bir aktivite sayılmamaktadır ve bu nedenle bu dokümanın kapsamında yer almamaktadır.

Bu doküman ile diğer BREF'ler arasındaki sınır

Solvent kullanımı ile yapılan yüzey temizliğine zaman zaman diğer BREF'lerde yer verilmektedir. Bu BREF'lere örnek olarak şunları verebiliriz:

- Post ve derilerin tabaklanması
- Tekstil son işlem (finishing) endüstrisi
- Selüloz ve kağıt imalatı endüstrisi
- Demir veya çelik içeren metalin işlenmesi
- Cam ve mineral lifler
- Metal ve plastiklerin yüzey işlemleri (temizlik ve yüzey ön işlemi).

Bu BREF'ler verilen bilgileri doğrulamak, kıyaslamak ve sorgulamak amacıyla kullanılabilir. Diğer BREF'lerde verilen bilgilerin sonuçları, bu dokümanda yer alan sonuçları etkilemez veya kısıtlamaz.

Diğer IPPC referans dokümanlarından, özellikle CWW BREF[1]'inden, Depolama BREF[2]'inden ve İzleme BREF[3]'inden, ek teknik ve destekleyici bilgilere ulaşılabilir.

[1] Kimyasallar Sektöründe Atık Su ve Atık Gaz Yönetimi/Arıtımı ile ilgili BAT referans dokümanı [67,EIPPCB, 2003]. "Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtımı/Yönetimi Sistemleri'ndeki Mevcut En İyi Teknikler ile ilgili referans dokümanı", Avrupa Komisyonu.
[2] Depolamadan kaynaklanan Emisyonlar ile ilgili BAT referans dokümanı EIPPCB (2005). "Depolamadan kaynaklanan Emisyonlar ile ilgili Mevcut En İyi Teknikler'e dair referans dokümanı".
[3] Genel İzleme İlkeleri ile ilgili referans dokümanı 113 EIPPCB (2003). "Genel İzleme İlkeleri ile ilgili Referans Dokümanı

Bu dokümanlardaki BAT sonuçları solvent boya kaplama prosesleri için henüz doğrulanmamıştır, ancak benzer fiziksel ve/veya kimyasal koşullar söz konusu olduğunda, ekonomik bakımdan uygulanabilirlik faktörü de göz önünde bulundurularak, bu dokümanlardaki sonuçlar bu sektörde uygulanabilir.

'İşlem tankının hacmi 30 m^3'ü aşan, elektrolit veya kimyasal prosesler kullanarak metal ve plastik malzemelerin yüzey işlemlerini gerçekleştiren tesisler' şeklindeki 2.6 no'lu kategoriye atıfta bulunan Metal ve Plastiklerin Yüzey İşlemleri (STM) hakkındaki BREF'in ve aynı zamanda da bu dokümanın kapsamına giren aktivite örnekleri de bulunmaktadır. Her iki BREF'in ya da sadece birinin kapsamına giren aktivitelerin hangi bölümü hakkında bilgi verileceğine dair seçim, uygulamaya yönelik olarak yapılır ve elde edilen veriye referans verilir. Bu dokümanda elektrokaplamaya (e-kaplama) da yer verilmektedir.

1. ORGANİK SOLVENT KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

[128, TWG, 2005]

Bu dokümanda solvent olarak geçen kelime, ('su bazlı', vs. gibi ekstra bir açıklama yapılmadığı sürece) organik solvent anlamına gelmektedir.

1.1. Organik Solventler ve işlem yapılan yüzeyler

Organik solventler genellikle petrol endüstrisinden elde edilmekte ve sabit üreticiler (bitkisel yağ esteri gibi alternatifler de vardır) tarafından yapılmaktadır. Avrupa'da 4.5 milyon ton solvent satılmakta ve kullanılmaktadır. Solventlere yönelik en yoğun talep, açık farkla boya ve boya kaplama endüstrilerinden gelmektedir. Bununla birlikte, bu talep 1998'de % 46'dan 2003'te % 27'ye düşmüştür. Bu düşüş muhtemelen, teknik olarak mümkün olan durumlarda, büyük oranda su bazlı teknolojilere ve toz boya teknolojilerine geçiş yapılmasının bir sonucudur. Geri kalanın % 7'si baskı mürekkebi formülasyonlarında ve % 4'ü de yapışkan formülasyonlarda kullanılmaktadır. Solvent üreticileri, solventlerin ne tür formülasyonlarda kullanıldığını ya da temizlik için kullanılıp kullanılmadıklarını, vs. bilmediklerinden, bu rakamların daha da ayrıntılandırılması mümkün olmamaktadır.

Geçmişteki solvent satış verileri son 10 yılda, yılda %0.1'lik marjinal bir ortalama artışa işaret etmektedir. Bu oran gayri safi yurt içi hâsıladaki artıştan daha azdır. Gelecekteki tüketime dair projeler ise sıfır artışı öngörmektedir. Son yıllardaki azalma eğilimi aşağıdakilerle bağlantılıdır:

- Artan çevre mevzuatları
- Mümkün olan durumlarda, su bazlı ya da alternatif teknolojilere geçişteki artış
- Solventlerin geri dönüştürülmesi ve daha etkin kullanımı

Organik solventler genellikle ürün gruplarına göre sınıflandırılmaktadır. En önemli gruplar:

- Oksijen veren solventler: Esterler, ketonlar, alkoller ve glikol eterler (ve bunların asetat türevleri)
- Hidrokarbon solventler: Aromatik (örn. toluen, ksilen), alifatik ve parafinik hidrokarbon solventler
- Klorlu solventler (Bu istatistiklerde yer almamaktadır).

Solvent ailesi içinde, mümkün olan durumlarda aromatik ve beyaz ispirto türü solventlerden, daha az uçucu (daha az yanıcı, emisyon oranı daha az ve daha az VOC salınımı yapan) ürünlere doğru bir yönelme söz konusudur.

Solvent üretimi doğrudan, yaklaşık 10000 kişiye iş sağlamakta ve 2,5 – 3 milyar Avro iş hacmini kapsamaktadır. Solvent kullanımı ise yaklaşık 200 milyar Avro'luk küresel iş hacmini temsil eden ve çoğu KOBİ olan, AB üyesi 25 ülkedeki 500000 şirketteki yaklaşık 10 milyon işi kapsamaktadır.

Bu IPPC sektöründe, tanımlanan endüstriler çok çeşitli aktiviteler için solventleri kullanmaktadır. Solventler işlem yapılacak yüzeyleri temizlemek için ve işlemin taşıyıcısı olarak (mürekkep, boya, koruyucu, izolasyon, yapışkan gibi) kullanılmaktadır. Endüstriler bu işlemleri, aşağıdakilerden biri ya da bunlardan oluşan bir kombinasyon için kullanmaktadır:

- İletişim (baskı)
- Dekorasyon
- Yüzeylerin ya da ürünlerin korozyonunun ve/veya çürümesinin önlenmesi
- Ürünün korunması ve dağıtımı (yiyecek ve içecek kutuları, yiyecek ambalajları, aerosol kutuları, tuvalet malzemeleri (sabun, diş macunu, kolonya, vs.), varilleri, vs.
- Özel bir fonksiyonlu bir tabakanın uygulaması (örn. elektrik izolasyonu, aşındırma ve yapışma)

Bu bölüm (Bölüm 1) ilgili tüm endüstriler ve aktiviteler hakkında genel bilgi vermektedir. Bölüm 2' den 19.'a kadar her bir bölüm, sektördeki bir endüstriye atıfta bulunmakta ve aşağıdaki dört bölümü içine almaktadır:

Bölüm 1: İlgili tüm endüstriler ve aktiviteler hakkında genel bilgi
Bölüm 2: Bu endüstri ya da aktivitede kullanılan endüstriyel proseslerin tanımı
Bölüm 3: Bu dokümanın yazıldığı sırada mevcut tesislerdeki durumu yansıtan, halihazırda geçerli olan tüketim ve emisyon seviyelerine ilişkin veri ve bilgi
Bölüm 4: BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler (Aşağıda Bölüm 20 için açıklandığı şekilde).

20. Bölüm tüketim ve emisyonların azaltılması gerekli olan genel teknikleri, BAT'ın ve BAT temelli ruhsat koşullarının daha ayrıntılı bir şekilde tespit edilmesiyle ve söz konusu endüstri ya da aktivitelerin tamamı veya birçoğu ile ilgili diğer teknikleri açıklamaktadır.

21. Bölüm iki Bölüm'den oluşmaktadır: 21.1. Bölüm bu sektördeki tüm endüstrilerde uygulanabilecek olan genel BAT'ı ortaya koymaktadır. 21.2. Bölüm'den 21.19. Bölüm'e kadar olan Bölümler ise, her bir endüstri için, 21.1. Bölüm'deki BAT ile bağlantılı olarak kullanılacak olan spesifik BAT'ı açıklamaktadır.

Önsözün beşinci paragrafı bu dokümanın nasıl anlaşılacağını ve kullanılacağını daha kapsamlı bir biçimde açıklamaktadır.

1.2. Temel Çevre Konuları

1.2.1. Genel

STS boya kaplama endüstrileri, yiyecek ve diğer ürünleri ambalajlarında koruma ve dağıtmanın yanı sıra; taşıt (otomotiv) gövdeleri, gemiler, uçak ve inşaat malzemeleri gibi metallerin ömrünü uzatmada çok önemli rol oynamaktadır. Başlıca çevre konuları havaya, suya ve toprağa solvent emisyonu; havaya partikül emisyonu, enerji kullanımı, atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve yönetimi ve aktivitelere ara verilmesi sırasındaki tesis koşulları ile ilgilidir.

Solventler yanıcı olmaları, çalışanların sağlığı ve güvenliği üzerindeki potansiyel etkileri ve rahatsız edici kokuları nedeniyle yıllardır kontrol edilmekte ve proseslerden çıkarılmaktadır (ekstraksiyon). Endüstriler uyguladıkları proseslerde, özellikle spreyleme ve zımparalama yoluyla partikül çıkarabilir. Partikül ekstraksiyonu, solventlerin ve partiküllerin arıtılması çok büyük gürültü kaynağı olabilen büyük fanların ve diğer ekipmanların kullanımını gerektirir. Birçok tesiste, aynı zamanda yapıları gereği gürültülü çalışan üretim ekipmanları da kullanılmaktadır. Solventler yalnızca alt tabakaların değil aynı zamanda ekipmanların temizliğinde de kullanılabilir. Bu da geri kazanma ve bertaraf etme konusunda özel olarak yönetilmesi gereken solvent içerikli atık miktarını arttırır. Sektör hem üretim proseslerinde ve boru sonu atık gazı toplamada hem de operasyonlarda büyük oranda enerji kullanır. Aşağıdaki konular önemlidir:

- Hammadde ve enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi
- Proses tasarımı, yönetimi, bakımı ve atık gaz arıtımı yoluyla emisyonların minimum seviyeye indirilmesi
- Kimyasal güvenliğin sağlanması ve çevre kazalarının önlenmesi

Daha iyi bir çevre performansı yakalamak için alınması gereken önlemler genellikle karmaşık olup ve iş sağlığı ve güvenliği, ürünün ve diğer proseslerin kalitesi, tesisin yaşı ve türü ve bir bütün olarak çevre üzerindeki potansiyel etkileri ile bağlantılı olarak değerlendirilmelidir. Mevcut en iyi teknikler bu kritere göre dengelenecek ve böylece gerek proses birimlerindeki gerekse boru sonu azaltma tekniklerindeki değişiklikleri kapsayacaktır.

Karmaşık proses kontrol ve işlem teknikleri ileri düzeyde bir çevre performansı yakalayabilmede önemli rol oynamaktadır. Ancak etkin bir operasyon ve düzenli bakım da teknoloji seçimi kadar önemlidir. Bu nedenle iyi yönetim ve operasyon uygulamaları, iyi proses ve üretim tesisi tasarımı, iş gücünün çevre ve proses performansı konusunda eğitilmesi, iş güvenliği ve kaza önleme, son olarak da proses ve çevre performansının izlenmesi önem arz eden konulardır.

1.2.2. Solventler

Nitelikleri ve kullanım miktarları nedeniyle solventler çok önemli maddelerdir:

- VOC'ler troposferde ozon oluşturmak üzere güneş ışığında NO_x ile reaksiyona girerler. Bu reaksiyon, genellikle NMVOC (metan olmayan uçucu organik solventler) olarak adlandırılır.
- Halojenize solventlerin toksik etkileri ve stratosferdeki ozonun azalması üzerinde etkileri vardır.
- Bazı solventlerin suda yaşayan organizmalar üzerinde toksik etkileri vardır.
- Bazı solventler biyolojik olarak kolay çözünemezler, bu nedenle toprağı kirletme potansiyeli taşırlar. Geleneksel solventler PBT (dirençli, biyobirikimli, toksik) değildir ve bunların hiçbiri vPvB (çok dirençli, çok biyobirikimli) değildir. Bununla birlikte solventler, onları ortadan kaldıracak ya da parçalayacak mekanizmaların sınırlı olduğu ya da hiç olmadığı durumlarda topraktan yeraltı suyuna kolayca yayılabilir. İçme suyu sağlamak için kullanılan ve solventler (burada sözü edilen endüstrilerden ya da diğerlerinden kaynaklanan) tarafından kirletilen aküferlerin (su taşıyan katman) varlığından söz eden çok sayıda rapor bulunmaktadır.

EPER'e göre (bkz. Şekil 1.1), 2001'de Avrupa'daki IPPC endüstrilerinden doğan VOC emisyonlarının üçüncü en büyük kaynağı, solvent kullanımı ile yapılan yüzey işlemleridir. Ancak, emisyon değerlerini kaydeden cihazın sadece 1 yılda havaya salınan 100 tondan fazla olan emisyonları kaydetmeye yönelik bir eşiği vardır. Bu yüzden sözü edilen miktardan daha düşük emisyon salınımı yapan tesisler raporlanmamıştır.

Şekil 1.1: 2001 IPPC proseslerinden kaynaklanan, metan olmayan uçucu organik solvent emisyonları
[194, EPER, 2001]

1.2.3. Metaller

Kadmiyum kurşun, krom ve nikel gibi toksik metaller su bazlı ön işlemlerde, mürekkep ve boya pigmentlerinde bulunmaktadır. Bu metaller, bunların ve diğer pigmentlerin AB ülkelerinde pazarlanmasına ve kullanımına sınırlama getiren 76/769/EEC no'lu Direktif, Yaşam Süresi Biten Taşıtlara Yönelik Direktif ve elektrikli&elektronik ekipmanlarda belli başlı tehlikeli maddelerin kullanımına sınırlama getiren Direktif, vs. gibi mevzuatlar tarafından kontrol altına alınmaktadır. Söz konusu metaller genellikle organik solvent kullanımı ile yapılan büyük ölçekli yüzey işlemlerinde ve bu dökümanda [98, EC, 1976] [102, EC, 2000] [103, EC, 2003] ayrıntılı bir şekilde ele alınan baskı proseslerinde kullanılmamaktadır.

Organotin bileşikleri ve diğer toksik bileşikler elektro kaplama boya sistemlerinde katalizör olarak kullanılabilir.

Çinko ya da çinko alaşımlı yüzeylerin veya uçak gövdelerinin boyanmasından önce yapılan su bazlı dinlendirme, uygun ikame bulunmasının zorluğu nedeniyle hekzavalan kromun süregelen (2005'te) kullanım alanlarından biridir. Bu konu [59, EIPPCB, 2006] no'lu STM BREF'inde ele alınmaktadır.

Bakır, krom ve arsenik tuzları su bazlı ahşap korumada kullanılmaktadır (bkz. Bölüm 18).

Az miktarda bakır, mürekkeplerdeki bakır ftalosiyanin mavi pigmentlerinde kullanılmaktadır, fakat bunlar su bazlı değildir. Söz konusu bakır yalnızca periyodik olarak atılır ve akışkan

atıklarda sadece zemin değer seviyesinde görülür. Karışım sıkı bağlarla bağlanmıştır ve yaygın olarak görülmez.

1.2.4. Diğer Kirleticiler

Solvent bazlı boya kaplamalar için geçerli olan başlıca ikamelerden birisi, su bazlı boya kaplamaların kullanımıdır. Bu boyaların depoda ya da kullanım esnasında bozulmasını önlemek için bazen biyosid kullanımı gerekmekte veya bunların, biyolojik çözünürlüğü düşük olan çözücülerden yüksek oranda COD (kimyasal oksijen gereksinimi) ve/veya BOD (biyolojik oksijen gereksinimi) karşılamaları söz konusu olabilmektedir.

Gemilerin boya kaplamalarında (eski boyanın kaldırılması ve yeni boyanın uygulanmasında) çürümeyi önleyici (antifouling) maddelerin kullanımı, TBTO (tribütil tin oksit) ve diğer biyosidler gibi kirleticilerin oluşmasına yol açar. Yeni çürümeyi önleyiciler IMO tarafından kontrol edilmektedir (bkz. Bölüm 11).

Ahşap malzemelerin korunması için yapılan işlemlerde toksik bileşiklerin kullanılması gerekmektedir. Bu malzemelerin korunması için yapılan işlemler sonucunda açığa çıkan emisyonlar 1991'de 15 AB ülkesindeki POP emisyonlarının % 30'una tekabül etmiştir ve kullanımları büyük ölçüde düşmüş olsa da POP'lar, özellikle üretim sahasının devreden çıkarılmasında açığa çıkan önemli faktörler arasındadır.

Bazı su bazlı solüsyonlarda amonyak, sabitleyici madde olarak kullanılmaktadır.

1.2.5. Enerji

Tüm endüstriler şu aktiviteler esnasında büyük oranda enerji kullanmaktadır: Yüzey işlem proseslerinde, bu proseslerle ilgili aktivitelerde ve kirlilik azaltma ekipmanlarında. Solventler tarafından kirletilmiş havanın ekstraksiyonu için büyük miktarda enerji kullanılmaktadır. Ayrıca düşük konsantrasyonlu VOC'lerin termal olarak bertaraf edilmesinde destek yakıtı olarak da doğal gaz kullanılabilir. Enerji kullanımı ve VOC'nin azaltılması arasındaki denge dikkatli bir şekilde kurulmalıdır. Çoğunlukla kaçak emisyonların daha iyi kontrolü ve planlı bakım gibi entegre çözümler sadece atık gaz arıtımına dayalı çözümlerden ciddi oranda daha fazla VOC'yi daha enerji etkin bir şekilde azaltabilmektedir.

1.2.6. Hammadde Kullanımı

Genel olarak malzeme tüketimini azaltmak için verimlilik düzeyi yüksek olan teknikler kullanılabilir. Solvent emisyonları, verimlilik düzeyi yüksek olan uygulama tekniklerinin ve yüksek katı maddeli boya kaplama malzemelerinin kullanımıyla büyük ölçüde azaltılabilir.

1.2.7. Su Kullanımı

Su; soğutmada ve diğer proseslerde, özellikle de su bazlı ön işlemlerde ve boya kaplamada kullanılmaktadır. Su tüketimininin azaltılması önemlidir ve bu nedenle bu dokümanda ve

STM BREF'inde bu konuya yer verilmiştir. Bu sektördeki önemli su bazlı kirleticiler Bölüm 1.2.4'te açıklanmaktadır.

1.2.8. Katı ve Sıvı Atıklar

Solventlerin kullanıldığı durumlarda ortaya çıkan atıklar genellikle tehlikeli olarak sınıflandırılmaktadır. Atıkların uygun bir şekilde depolanması ve bertaraf edilmesi ele alınmaktadır.

1.2.9. Hava ile Taşınan Partiküller

Bu partiküller sprey boya kaplama proseslerinden ve diğer bazı proseslerden (ahşap ve diğer alt tabakaların zımparalanması gibi) kaynaklanmaktadır.

1.2.10. Gürültü

Birçok tesiste; matbaalardaki katlama makineleri, frezeler ve metal presler gibi yapısı gereği gürültülü olan ekipmanlar kullanılmaktadır. Ayrıca üretim hacminin ve oranının yüksek olması da gürültüyü arttıran faktörlerdir. İş sağlığı ve güvenliği gerekçesiyle bu ekipmanların etrafı kapatılmalıdır. Atık gaz ekstraksiyon ekipmanları büyük fanlardan dolayı ciddi bir gürültü kaynağıdır ve bunun dışında bazı atık gaz arıtma türleri de gürültüye neden olmaktadır.

6. OTOMOBİLLERİN BOYA KAPLAMALARI

[13, DFIU ve IFARE, 2002, 68, ACEA, 2004] [117, ACEA, 2005] [128, TWG, 2005]

6.1. Otomobil endüstrisi ile ilgili genel bilgi

6.1.1. Üretim ve Satış Rakamları

Bu bölüm M1 kategorisinde yer alan (70/156/EWG no'lu Direktif'e göre) binek otomobillerin büyük ölçekli boya kaplama işlemlerini ve kullanılan entegre çevre koruma önlemlerini ele almaktadır. Aynı tesislerde üretilen bazı N1 taşıtları (kamyonetler) da otomobil gibi kabul edilmekte ve benzer üretim teknikleri kullanılmaktadır.

Taşıt endüstrisi Avrupa'daki en büyük imalat endüstrilerinden biridir. 2005'te tüm Avrupa'da (Rusya dahil), 20.8 milyon taşıt üretilmiştir. Bu oran, dünyadaki toplam üretimin %39.6'sını oluşturmak suretiyle Avrupa'yı bu sektördeki en büyük üretici haline getirmiştir. Batı Avrupa (15 AB ülkesi + EFTA ülkeleri) 2005'te dünya üretiminin %32'sini oluşturan 16 milyon taşıt üretmiştir. Yaklaşık 1.2 milyon insan, doğrudan taşıt imalatında ve 0.8 milyon insan da taşıt parçalarının imalatında (13. ve 16. Bölüm'deki endüstrilerde) istihdam edilmektedir. Sözü edilen oranlar 15 AB ülkesindeki imalat endüstrisinin % 7'sini oluşturmaktadır (2003). Avrupa endüstrisi AB'nin ticaret bilançosuna 33,5 milyar Avro tutarında katkı sağlamaktadır.

Batı Avrupa'da 14.3 milyon binek otomobil üretilmiştir ve bu üretimin yaklaşık 12.9 milyonunu, Avrupa'da 452 milyar Avro'luk bir ticaret hacmi yaratarak, ACEA[4] üyeleri gerçekleştirmiştir. Tüm Avrupa ülkelerinde 154 otomobil üretim fabrikası bulunmaktadır (ACEA üyelerinde:106). 25 AB ülkesinden 18'inde taşıt üretim fabrikaları vardır. Avrupa'da en çok taşıt üreten ülkeler Tablo 6.1'de belirtilmektedir. Bu dinamik göstergelere rağmen, Avrupa'da fazla kapasite oluşması ve üretimin Doğu Avrupa (AB'ye yeni üye olan Devletler dahil) ve Asya'ya kayması ile bu endüstri oldukça rekabetçi bir yapı sergilemektedir. Bazı ülkelerde ise fabrikalar kapanmakta veya üretimi azaltmaktadır (bkz. Tablo 6.1 ve notlar) [152, ACEA, 2006].

[4] ACEA: Avrupa Otomobil İmalatçıları Derneği

Taşıt montaj kapasitesi (1000'lik birim)		2004	2009'a yönelik tahminler
1	Almanya	6190	6398
2	Fransa	4356	4500
3	İspanya[2]	3329	3318
4	Büyük Britanya[2]	2632	2613
5	Rusya	1874	2113
6	İtalya	1803	1802
7	Belçika	1133	1222
8	Türkiye	1003	1105
9	Polonya[1]	847	654
10	Çek Cumhuriyeti[1]	534	854

Notlar:
(1) 2009'a kadar olabilecek değişiklikler: Polonya ilk 10'dan çıkacak; Çek Cumhuriyeti 9. olacak; Slovakya 811000 birimle 10. olacaktır.
(2) Bu tablodan yola çıkarak, 2005'te Birleşik Krallık'ta büyük bir fabrika kapanmış olup, 2007'de de bir tanesi kapanacaktır. Diğer fabrikalar ise vardiyaları azaltacaktır. 2007 civarında, İspanya'da bir fabrika üretimde kısıtlamaya gidecektir.

Tablo 6.1: Avrupa'nın en büyük taşıt üreticileri
(Avrupa Otomotiv Haberleri, 19 Kasım 2004)

Yatırım döngüleri taşıt imalatçıları için önemli bit faktördür. Çevre ile ilgili yatırım yapmak için en uygun zaman, normal yatırım döngüsü içerisindeki ekipmanların yenilenme işleminin yapıldığı zamandır. Genellikle, boyahane tesisatında büyük modifikasyonların yapılması için imkânların ortaya çıktığı durumlar hariç, mevcut tesislerde büyük yatırımlar yapılamamaktadır. Bu tür fırsatlar daha ziyade boya kabininin normal ömrünün (20 - 40 yıl arası) dolması ya da genellikle, ürünlerin ilk kez piyasaya sürülmesi ile bağlantılı olarak gerçekleşen, üretim hacimlerinde değişikliğe gidilmesi yolunda adım atılması gibi durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Mevcut tesisler için yatırım olanakları sınırlıdır, çünkü gereksinim duyulan sermaye yatırımı oldukça yüksektir. Örneğin eksiksiz bir boyahane için gereken sermaye 100 - 500 milyon Avro arasındadır. Bir boya kabinin yerine başka bir boya kabininin kurulması ise (şayet zaman ve yer gibi koşullar uygunsa) 15 ila 35 milyon Avro arasındadır. Bu yatırımlar genellikle 20 senede kendini amorti eder.

Yatırım zamanlaması birkaç faktöre bağlıdır:

- Yeni model programı
- Mevcut ekipmanın tasarımı ve yaşı
- Yükseltme için gereken zaman ve/veya yerin mevcudiyeti
- Yatırım ölçeği
- Önceki yatırımlar

Yılda 15000 km yaptığı düşünülürse, Avrupa'da bir otomobilin ortalama yaşı 8 olarak hesaplanır. Otomobil gövdesinin dayanıklılığı önemli bir konudur; son 20 yıldan bu yana gövdenin ve parçaların boya kaplamasında kaydedilen ilerlemeler, otomobil ömrünün yaklaşık 5 yıl daha uzatılmasında ve sürdürülebilirliğinin arttırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Otomobillerin imalatı sırasında yapılan tüketim ve salınan emisyonlar, otomobillerin yaşam döngüleri boyunca kullandıkları enerji ve yaydıkları emisyonun önemli bir kısmını oluşturur. Enerji tüketimi % 5 ila 15 arasında olabilir (farklı kaynaklara göre). Solvent emisyonları 1970'lerde yaklaşık 300 gr/m^2 oranında olup, o zamandan bu yana bu bölümde ele alınan teknikler sayesinde sürekli azaltılmaktadır.

6.2. Otomobil endüstrisinde uygulanan proses ve teknikler

6.2.1. Kalite gereksinimleri

Boya kaplama yapılan otomobil gövdeleri ve dolayısıyla boyalar aşağıdaki gereksinimleri yerine getirmelidir:

- Korozyona, havaya, kimyasal etkilere (örn. kuş pislikleri, asit yağmurları), küçük hasarlara, güneşe, araba yıkama sırasında oluşan aşınmalara, vs. karşı uzun vadeli koruma
- İdeal optik yüzey özellikleri: Boyama ve akis (metalik cila, vs.) oluşturmada homojenlik ve tutarlılık elde etmek amacıyla parlaklık, renk derinliği, berraklık, kusursuzluk.

Bu yüksek gereksinimler ancak, birbirini tamamlamak üzere uygulanan, en az 3, genellikle 4 ve hatta 5 kat boya ile elde edilebilir. Uzun vadeli korozyon direncini arttırmak amacıyla söz konusu boya katları, ön işlem yapılmış metallerin preslenmesi ve montajlanması ile oluşturulan gövde parçalarına uygulanmaktadır [59, EIPPCB, 2006]. Avrupa'da, aşağıdaki boya katman oluşturma şekilleri ağırlıklı olarak uygulanmaktadır:

- Metallerden oluşturulan gövde parçalarına ve plastiklere ön işlem uygulanır (örn. uzun vadeli korozyon direncini arttırmak için, metal yüzeyler fosfat ile ön işlemden geçirilir.)
- Katodik elektro kaplama astarı
- Gövde altı koruma/ince macun çekilmesi
- Astar boya
- Son kat (baz kat ve vernikten oluşabilir)
- Kavite giderme ve gerektiğinde nakliye koruması

Ön işlem öncelikle preslenen gövdelerdeki kir ve yağın temizlenmesini ve bir sonraki adımda uygulanacak olan boyanın tutunmasına katkıda bulunacak olan anti korozyon fosfat uygulamasını kapsamaktadır. Katodik elektro kaplama tüm kaviteler, üst üste gelen kısımlar ve bağlantılar dahil iç ve dış korumayı sağlamaktadır. Astar boya, optik özelliklerin elde edilmesini (alt yüzeylerin ve çıkıntılı yerlerin kamufle edilmesi) ve küçük hasarlara karşı korumayı sağlamakta, tutunmayı düzenlemektedir. Son katlar bir ya da iki katmanlı sistemlerden (baz kat ve vernik), örn. metalik renklerden, boyama akislerinden (sim dokusu) ve bazen tek renkli yapılardan oluşabilir. Son kat, optik özelliklerin (parlaklık, renk, ışıltı) elde edilmesini, kimyasal ve fiziksel çevre etkilerine (solar radyasyon, yağmur, kimyasallar, yakıt, yıkama etkileri, mekanik stres) karşı korumayı sağlamaktadır [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

6.2.2. Seri boya kaplama

Seri boya kaplama prosesleri her tesiste (aynı üreticiye ait farklı tesislerde bile) farklı uygulansa da belli başlı ortak özellikler sıralanabilir. Temel adımlar ön temizliği, fosfatlamayı, dinlendirmeyi, katodik daldırma astarının atılmasını, gövde altı korumayı, ince macun çekilmesini, astar boyanın uygulanmasını, astar boyanın kurumasını, son katın ve çoğunlukla verniğin (1 ya da 2 katmanlı) uygulanmasını, son katın kurumasını, kavite giderilmesini, şayet gerekiyorsa nakliye korumasını ve montajdan önce boyada oluşabilecek hasarların onarımını kapsamaktadır. Genel olarak Avrupa'da tek katmanlı boya yerine baz kat ve vernikten oluşan iki katmanlı son kat uygulaması yapılmaktadır. Genel proses operasyonu şekil 6.1 de gösterilmektedir.

Şekil 6.1: Tipik taşıt gövdesi boyama prosesi şeması
[68, ACEA, 2004]

6.2.3. Uygulanan boya kaplama malzemeleri

Bu malzemeler boya kaplama proseslerinde açıklanmaktadır, bkz. Bölüm 6.2.4, 6.4.1 ve 20.7.

6.2.4. Boya kaplama prosesleri

6.2.4.1. Boya kaplama teknikleri

Beyaz gövdelerin (BIW)[5] seri olarak boyanması; elektro kaplama (katodik daldırma), ince macun çekme, astar atma, son kat uygulaması ve cila proseslerini kapsamaktadır. Astar ve son kat proseslerinde, özel olarak tasarlanmış boya kabinlerinde; havadaki toz, sıcaklık ve nem oranı kontrol edilerek gerçekleştirilen spreyleme teknikleri (çoğunlukla dış yüzeyler için ve elektrostatik) kullanılmaktadır. Son kat uygulamasının yapıldığı boyahanelerde boya performansının optimize edilmesi için, genellikle flash-off odaları yapılmaktadır. İlk flash-off, baz kat ve vernik uygulaması arasında (su bazlı boyalarda bu proses genellikle sıcak hava ve/veya kızılötesi radyatörlerle hızlandırılmaktadır – 'basınçlı flash-off') ve 2. flash-off vernikten sonra, fırınlamadan önce verilmektedir. Oversprey (püskürtme fazlası); boyahanenin egzoz havasının boyahane ızgarasının altındaki venturi temizleyicide su (ya da alternatif bir çözelti) ile iyice karıştırılması suretiyle tutulmaktadır. [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

Spreylemede en önemli nebülize etme teknikleri [76, TWG, 2004] aşağıdakileri kapsamaktadır:

- Basınçlı hava spreyleme
- Yüksek devirli elektrostatik spreyleme
- Robotlar ile spreyleme
- Basınçlı hava ile elektrostatik destekli spreyleme
- Sıcak spreyleme
- Devirli nebülizasyon
- Havasız spreyleme

6.2.4.2. Proses adımlarının açıklanması

Otomotiv endüstrisi tarafından yapılan (ve yapılmakta olan) yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları sayesinde, Avrupa'da çeşitli ileri boya kaplama teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler aşağıdaki paragraflarda açıklanmaktadır [76, TWG, 2004].

6.2.4.2.1. Ön İşlem

Yağ alma, fosfatlama, diğer konversiyon boya kaplamalar, durulama için gerekli ön işlem teknikleri ve ilgili diğer teknikler STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2006] ele alınmaktadır.

İlk aşamada beyaz gövdelerin yağı temizlenmekte ve ardından iyice durulanmaktadır. Yağ alma prosesi yağ, gres, sabun, kir parçacıkları, zımparalama artıkları, kalan maddeler ve diğer kirleticiler gibi maddeleri gidermektedir. Bu işlem fosfat ve yüzey aktif maddesi (surfactant) de içerebilen, su ve alkalin karışımlı maddelerle yaklaşık 50–60 ^{o}C'de gerçekleştirilmektedir.

[5] BIW (body in white), endüstride standart bir terimdir ve taşıtın yağ alma, daldırma ve boyama işlemlerinden önceki çıplak metal kaplaması anlamına gelir.

Bu işlemin ardından korozyona karşı koruma için alt yapı oluşturan ve boya sisteminin sıkı bir şekilde tutunmasını sağlayan fosfatlama gelmektedir. Spreyleme veya su bazlı solüsyona daldırma ile yaklaşık 1.5 μm kalınlığında bir fosfat tabakası oluşturulur. Fosfat tabakası hızlandırıcı madde olarak; yaygın olarak kullanılan çinko, manganez, nikel gibi ve üçlü metal sistemlerini; kalsiyum, fosforik asit ve nitrit, nitrat, klorat, hidrojen peroksit, hidroksilamin tuzu gibi oksidantları içerebilir. Diğer bir durulama prosesinden sonra, fosfat tabakası tekrar dinlendirilebilir (örn. Cr(VI) veya Cr(III) solüsyonları ile). En son demineralize su ile biten başka durulamalar da yapılır. Fosfatlanan yüzey genellikle 50–60 ^{o}C sıcaklıkta kurutulur ve derhal elektro kaplama odasına alınır (bkz. Bölüm 6.2.4.2.2.).

Atık sular, tipik atık su arıtma tesislerinde arıtılabilir (STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2006] daha fazla bilgiye ulaşılabilir). Proses solüsyonlarında oluşan tortuların, solüsyon bakımının bir parçası olarak ortadan kaldırılması ve atık olarak değerlendirilmesi gerekir [76, TWG, 2004].

6.2.4.2.2. Elektro kaplama

Bu işlem çeşitli şekilde adlandırılmaktadır: e-kaplama, katodik daldırma, elektroforetik boyama, vs. Günümüzde elektro kaplama, korozyona karşı yüksek kaliteli koruma gereksiniminden ötürü tüm Avrupa'da, binek otomobilleri için başlıca kaplama olarak kullanılmaktadır. Su bazlı boya, daldırma yöntemiyle uygulanır ve genellikle ağırlık bakımından % 14-22 katı madde ile ağırlık bakımından yaklaşık % 2-6 solvent içerir. Bu boyalardaki pigmentler kurşunsuzdur. Katı maddeler genellikle asetik asit bazı (ultrafiltre olarak adlandırılır, bkz. aşağıdaki bilgi) içinde çözülen lateks polimerlerdir ve elektrolizle kaplamaya benzer bir proseste uygulanır.

Elektriksel olarak çökeltilmeyen boya partikülleri ultrafiltre ile durulanarak ortadan kaldırılır. Boya kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi için, kaskad durulama sistemleri kullanılır, katı maddeler ve sıvı ultrafiltrasyon ile yeniden kazanılır. Yüksek katı maddeli kısım katı madde için kapalı döngü oluşturularak daldırma banyosuna geri döndürülür. (STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2006] daha fazla bilgiye ulaşılabilir). Elektro kaplama, kurutma işlemi yapılmasını, örneğin 150–180 ^{o}C'de gerektirir. Daha düşük derecelerde fırınlanabilen malzemeler de geliştirilmektedir. Küçük kusurların giderilmesi dışında, astarlamadan sonra zımparalama yapılmaz.

Durulama sonucu ortaya çıkan atık sular tipik arıtma tesislerinde arıtılabilir [76, TWG, 2004] (STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2006] daha fazla bilgiye ulaşılabilir).

6.2.4.2.3. İnce macun çekme ve gövde altı koruma

Astar boyayı uygulamadan önce bağlantı ve kıvrımlara ince macun çekilmesi gerekir. Bu işlem normalde özel tabancalara konulan çeşitli PVC malzemeleri ile kısmen elle, kısmen de robotlarla yapılır. Aynı zamanda bu işlemi izleyen gövde altı koruma kaplaması da PVC plastisollerine (100-1200 μm) veya poliüretanlara dayalı olarak yapılır. Gövde altı koruma genellikle robotlar tarafından havasız teknikler kullanılarak gerçekleştirilir. Küçük hasarlara yönelik ek bir koruma da, keskin ağızlı havasız sprey jetleri vasıtasıyla kritik bölgelere uygulanır. Bazı üretim tesislerinde gövde altı koruma, küçük hasara karşı koruma, ince macun çekme ve kavite düzeltme için kullanılan malzemeler üretimin sonraki aşamalarında, bazen montajın son bölümünde son katın atılmasından sonra uygulanmaktadır.

Almanya'daki bir fabrikada gövde altı koruma, robotlar tarafından ve kısmen döndürülen otomobil gövdeleri üzerinde uygulanmaktadır. Bu teknik yalnızca uygun gövde altı yapısının ve sabit boyuna taşıyıcıların var olduğu durumlarda uygulanabilir. Bu uygulamanın avantajları düşük spreyleme basıncı gerektirmesi ve eşit dağılımlı, tekrarlanabilir kaplama gerçekleştirmesi sayesinde overspreyi azaltmasıdır. Ayrıca, bu teknolojinin daha sonra yapılması gereken manuel operasyonlar açısından ergonomik avantajları da vardır (Volkswagen AG, Wolsfburg).

İnce macun çekme ve gövde altı koruma malzemeleri bazı durumlarda bir sonraki işleme geçmeden kurur/kurutulur. Ancak kurutma işlemi çoğunlukla astar fırınlarında gerçekleştirilir ve bu da enerji tasarrufu sağlar.

Astar boyanın uygulanmasından önce gövde, toz çeken bir temizleyici bez, iyonize hava üflenmesi ya da çoğunlukla deve kuşu tüyü ruloları vasıtasıyla temizlenir. Çünkü kalan parçacıklar, uygulanacak olan son kat boyada hasara yol açabilir.

6.2.4.2.4. Astar boyanın uygulanması

Astar boyanın fonksiyonları şöyledir:

- Yüzey altındaki küçük pürüzleri doldurmak ve son kat uygulamasına hazırlık yapmak
- Hedeflenen kaliteye ulaşılması için gereken katman kalınlığını sağlamak ve sıkı bir tutunmayı garantilemek
- Taş darbelerine karşı koruma sağlamak
- Altta bulunan elektro daldırma katmanları için UV koruması sağlamak

Solvent içeren geleneksel astar boyların yanı sıra, su bazlı astarlar da kullanılmaktadır. Astar boya sektöründe, dış yüzey kaplamaları genellikle elektrostatik olarak yüksek devirli nebülizer cihazlarıyla uygulanmaktadır. Gerektiğinde astar boya bazı bölgelere de (örn. iç kısımlar) manuel olarak uygulanır. Astarlanan gövde, solventlerin giderilmesi için kısa bir süre flash-off alanına geçirildikten sonra, astar boya kurutucusuna (140 – 160 ^{o}C'ye kadar: Sıcaklık elektro kaplama sıcaklığından daha düşük olmalıdır) alınır.

Bundan sonra gelen baz kat işleminde boya tüketiminin azaltılması için, astar boya tüketiminin baz kat tüketimine göre ayarlanması gerekir. Bazı durumlarda baz kat iç uygulamalarda hiç kullanılmaz.

Son birkaç yıldır, toz boya astarlar Amerika'da ve Avusturya'da (Daimler Chrysler, Graz) kullanılmaktadır. Ancak uzun vadeli tecrübeler, elde edilmesi beklenen yüzey kalitesine bu şekilde ulaşılamadığını (öncelikle yüksek katman kalınlığı nedeniyle) ve yüksek malzeme tüketiminin söz konusu olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Avrupa'daki bir fabrika şu anda toz astar boyaları 5 ila 6 renkte başarı ile uygulamaktadır. Toz boyalar suda bulamaç haline getirilir (toz bulamaç). Bu boyalar sıvı boya gibi işlem görür. Bu sistem hala gelişme aşamasındadır. Toz bulamaç boyalar halihazırda son kata uygulanmaktadır. (bkz. Bölüm 6.4) [76, TWG, 2004]

6.2.4.2.5. Temizleme

Son katın uygulanmasından önce mutlaka tam bir temizlik yapılması gereklidir. Bunun için şu prosesler yaygın olarak kullanılır: İyonize hava, fan, tüy ile toz alma, kuruma ve soğutma prosesleri ile gövdenin tam olarak temizlenmesi. [76, TWG, 2004]

6.2.4.2.6. Son kat türleri ve uygulamaları

Son katlar 1, 2 veya daha fazla kattan oluşabilir.

1 kat son kat (tek kat son kat)
1 kat son kat uygulanması işlemi hâlihazırda tek renkli boyama yapılan özel durumlarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda bile, direnç ve optik yüzey kalitesi nedeniyle daha fazla 2. kat uygulaması veya daha fazla boya katmanı kullanılması gerekmektedir. Hafif ticari araçların boyanmasında yine de 1 kat son katlar yaygındır, çünkü müşteriler özel renkler talep etmektedir.

1 kat son katlar klasik tek parti alkil, polyester ya da akrilat yanma sistemlerinden, daha yüksek çapraz bağlı (genellikle izosiyan çapraz bağı) 1 veya 2 bileşenli boyalara kadar çeşitlilik gösterebilir.

Bu sistemler hem suda çözünebilen hem de solvent içeren boyalarda mevcuttur, yalnızca oldukça hafif ve hava şartlarına dayanıklı bileşikler pigment olarak kullanılır.

Son kat malzemesi çoğunlukla birkaç saniye içerisinde hızlı renk değişimini sağlayan otomatik, elektrostatik destekli yüksek devirli nebülizerler ile uygulanmaktadır. Erişilmesi güç kısımlardaki spreyleme öncesi ve spreyleme sonrası uygulamalar manuel olarak (pnömatik olarak) yapılmaktadır. Gereken kuru boya katmanı kalınlığı (1 kat son kat) olan 35-50 µm, bir ya da iki adımda, gerektiğinde kısa flash-off aralıkları verilerek uygulanmaktadır. Daha sonra boya kaplama, yaklaşık 130 – 140 ^{o}C de (bağlayıcı maddeye göre değişir) son kat kurutucusunda fırınlanır.

2 kat (ya da 3 kat) son kat

2 kat son kat uygulamasında renkli baz kat uygulanır ve bunun ardından da vernik kaplaması yapılır. Tek renkli boyalar, optik derinlik kazandıklarından daha cazip görünürler; bu boya kaplamaların büyük ölçüde daha dayanıklı olduğu söylenebilir. Akis yaratan boya kaplamalar ve metalik boya kaplamalar iki şekilde uygulanmaktadır: İlk olarak yüksek devirli elektrostatik çanlar* ile; ikinci olarak pnömatik veya elektro pnömatik teknik ile.

* **Çevirmenin Notu:** Elektrostatik "çan" ya da "disk" spreyleme, ince bir tabaka yaratmak ve boyayı yüksek transfer verimliliği ile uygulamak amacıyla hızla dönen çan ya da disk şeklindeki bir aplikatörün kullanıldığı elektrostatik sprey boyama metodudur. (Bkz. Resim 2)

Resim 2

Baz kat yalnızca 12 ila 35 μm değerinde katman kalınlığı ile uygulanır. Etkin kalınlık boyamanın kamuflaj verimliliğine bağlı olarak değişir. Kamuflaj özelliğini arttırmak için farklı astar boyalar kullanılabilir. Temel pigment olarak ışıltı veya özel efekt veren pigmentler içeren simli baz katlar genellikle kamuflaj yapmazlar ve bu nedenle alt kat olarak ek bir baz kat uygulamasını gerektirirler. Söz konusu alt kat tipik olarak beyaz baz kattan oluşur, ancak kullanılacak olan son katla daha uyumlu bir etki yaratılmak istendiğinde koyu baz katlar da kullanılmaktadır. ('3 kat son kat') Çözünebilen renkler yoluyla veya flor içeren (kire karşı daha dayanıklı) verniklerin kullanımıyla baz katların veya verniklerin renklendirilmesi gibi yeni ortaya çıkan akis tekniklerinden de bu dokümanda kısaca bahsedilmektedir.

Astar boyalardan ve baz katlardan farklı olarak, geleneksel vernik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan su bazlı alternatifler yoktur. Geleneksel verniklerin solvent oranları yaklaşık % 53 ila 57 arasındadır. Yüksek katı maddeli versiyonların VOC oranı % 37 ila 42 arasındadır. Çoğu imalatçı uçucu olmayan madde içeriği arttırılarak % 60 ila 75'i bulan (yüksek katı maddeli) 2 bileşenli solvent bazlı vernikleri kullanmaktadır. Bu katman ilk başta süte benzer beyaz bir görünüme sahiptir, kuruma esnasında açılır ve nihai renk ortaya çıkar. Verniklerden kaynaklanan emisyonların azaltılması için, 2 parti vernik kullanımına olanak sağlamak üzere uygulanan modifiye bağlayıcı maddeler, kurutma sistemleri ve yeni bileşen karıştırma teknolojileri hâlihazırda gelişme aşamasındadır. Öncelikle kapıların iç yüzeyleri, motor parçaları, bagaj kapakları ve gerekiyorsa iç kısımlar manuel olarak ya da robotlarla boyanır. Bu boyalar; tek renkli baz katları, verniği ve akis baz katlarını (robotlarla uygulama yapıldığında sadece ilk spreyleme prosesini) takiben, temelde elektrostatik destekli yüksek devirli aygıtlar veya pnömatik pistollerle uygulanabilir. Metalik ve simli boyaların uygulanması için elektrostatik destekli bir cihaz kullanıldığı zaman, pnömatik olarak uygulanan ek bir boyama yapılması gerekir.

Su bazlı boya kullanılırken ara kuruma prosesi gereklidir. Geleneksel baz katlar için, kısa süreli hava sirkülasyonu ile kuruma (ıslak üstü ıslak olarak bilinen teknik) yeterlidir.

Renkli katlarda (çoğunlukla baz katlar) renk değişimi yapılması gerekir. Renk grupları genellikle ortalama iki otomobilden daha azdır. Solvent bazlı boyalar kullanıldığında, geri kazanma işlemi için en iyi teknikler uygulandığında bile çanların ve tabancaların temizlenmesi/durulanması emisyon oluşumuna ciddi oranda etki eder. Su bazlı boyalar için kullanılan temizleme sıvıları genellikle % 90 su içerir [76, TWG, 2004].

6.2.4.2.7. Kurutma ve kuruma

Kuru(t)ma (drying), uygulanan boya katmanındaki solventin buharlaşmasını hızlandıran bir aşama olup, boya katmanının kimyasal reaksiyonlarla kurutulmasını (curing) kapsamaktadır. Üç tür kuruma sıralanabilir:

- Fiziksel kuruma: Kaplama malzemesi sıvı olarak uygulanır ve solventlerin buharlaşması ile katılaşır
- Kimyasal kurutma: Genellikle fiziksel kurumadan sonra katılaşan film kimyasal reaksiyonlarla çapraz bağlantıya girer. Bu reaksiyonlar yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir ve bu nedenle spesifik termal girdi gerektirir. Ekstra ısı, reaksiyon prosesini belirli düzeyde hızlandırabilir.
- Reaksiyonlu kuruma ile kurutma: İki ya da daha fazla reaktif bileşen, uygulamadan önce ya da uygulama esnasında önceden belirlenen oranlarda karıştırılır ve bu

bileşenler kimyasal reaksiyonla katı filme dönüşür. Sistemler solvent bazlı ya da solventsiz olabilir. Genellikle reaksiyon dış ortam sıcaklığında başlar ve ısıl işlem ile hızlandırılabilir.

Uygulamada, kaplamanın kalite gereksinimlerine bağlı olarak konveksiyon kurutucular, radyasyon kurutucular veya her iki sistemin bir kombinasyonu kullanılmaktadır. Kuruma prosesi sırasında ısıtılan otomobil gövdeleri genellikle bir sonraki işlemden önce soğutulmalıdır, bu nedenle gövdeler soğutma odalarında hava ile soğutulurlar.

6.2.4.2.8. Kavite giderme

Kavitelerin giderilmesi işlemi korozyonu önlemek için, gövdede bulunan kirişler ve kapılardaki kavitelere (yapısal nedenlerle var olan) cila çekilmesini kapsar. Bu işlem aşağıdaki iki tekniğe göre gerçekleştirilebilir:

- Spreyleme: Her bir kavite için en az bir uygulama deliği vardır (gövdede bunun gibi 40 – 50 delik vardır). Uygulanabilir hacmin önceden programlanmasıyla, tekrarlanabilen dozlar elde edilebilir. Spreyleme tekniğinde, genellikle sıvı emülsiyon içerisinde bulunabilen, % 60 – 70 oranında cila içeren malzemeler kullanılmaktadır. Spreyleme dış ortam sıcaklığında yapılır ve uygulanan cilanın ısınarak tüm alana yayılması için, bu işlemi fırınlama takip eder.
- Solvent içermeyen sıcak cila sürme: Sıcak cila (120 ^{o}C'de parafin) otomatik olarak oluklu taşma ağızlıkları vasıtasıyla kavitelerin içine akıtılır. Kaviteler spesifikasyonlara göre doldurulur. Cila sürme prosesinden sonra, geri kalan fazla cila sızıntı açıklıklarından tekrar taşma haznesine akar ve hazne içindeki cila, sirkülasyonla yeniden kullanılır. Uygulanan katmanın münkün olduğu kadar ince olmasını sağlamak için gövde, cila sürme işleminden önce ısıtılır (50 ila 80 ^{o}C'ye kadar). Bu teknik solventsiz olarak uygulanır.

6.2.4.2.9. Yeniden işlem yapma

Toz (boyada kuruyan toz, mekanik hasar, ıslak yüzeye müdahale eden maddeler ,vs.) ile ilgili problemleri önlemeye yönelik olarak alınan tüm detaylı önlemlere rağmen, boya kaplama kusurları tamamıyla engellenememektedir. Kusurlar, problemli bölgenin derhal zımparalanması ile düzeltilir ve kusurun düzeyine göre tamamen ya da kısmen yeni son kat atılır.

6.2.4.2.10. Nakliye koruması

Taşıtın nakliyesi sırasındaki korunması amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Çoğu imalatçı cila koruma katmanı uygular: Bu cila solvent ya da su bazlı olabilir solvent içeriği (yaklaşık % 70 civarında) genellikle elde edilmek istenen korozyon korumasına göre değişiklik gösterir ve bir ölçüde de mevcut uygulama tesislerinin yaşına göre değişiklik gösterir. Söz konusu cila uygulama tesisleri boyama hattının entegre bir parçası değildir ve bu işlem taşıtın montajı sonrasında yapılabilir. Şayet su bazlı cila kullanılıyorsa, basınçlı kurutma yapılması gerekir. Son zamanlarda nakliye koruması sağlamak için folyo kullanımı artış göstermektedir ya da nakliye koruması tamamıyla süreçten çıkarılmaktadır [76, TWG, 2004].

6.3. Otomobil endüstrisindeki mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri

Taşıt imalatçılarının her bir boyahaneden çıkan toplu VOC emisyon rakamlarına dair verileri, SED uyarınca standartlaştırıldıklarından, genellikle Avrupa çapında kıyaslanabilir niteliktedir. Ancak malzeme/ekipman tedarikçilerinden veya AB dışındaki kaynaklardan elde edilen veriler, teknik farklılıklardan (örneğin; renk değişimi, temizleyici solventler) ötürü kıyaslanamayabilir. Diğer tüketim ve emisyonlar, IPPC'deki 'tesis' kavramının Üye Devletler arasında değişik şekillerde yorumlanması nedeniyle kolaylıkla kıyaslanamamaktadır. Bununla birlikte, IPPC'deki entegre yaklaşım büyük önem taşır ve sözü edilen her bir tekniğin diğer emisyonlar üzerindeki ve her bir emisyonun diğer araçlar üzerindeki etkisi ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.

6.3.1. Kütle dengesi

Bilgi sunulmamıştır.

6.3.2. Tüketimler

6.3.2.1. Malzemeler

Tablo 6.2 otomobil gövdesinin yüzey alanındaki boyanan her m^2'ye gram cinsinden düşen boya tüketimini göstermektedir. Bu tabloda VOC emisyonu ve yüzey alanı Ek 24.5'te ayrıntılı olarak tanımlanan tekniklere göre ölçülmüştür. Tüketim, farklı boya sistemlerine ve uygulama sistemlerine vs. göre değişiklik göstermektedir. Söz konusu verilerin sadece bilgi amaçlı olduğu ve bu verilerin, boya sisteminin yalnızca tüketim etkinliğine dayanılarak seçileceği bir 'seçenek listesi' olmadığı unutulmamalıdır. Her tesisteki boya prosesi oldukça karmaşık olup birçok entegre adımı içine alan bütüncül bir yapı sergilemektedir: Her bir adım bir diğerini etkilemekte ve uygulama tekniklerine göre farklı rakamlar elde edilmektedir. Bu nedenle adımlar birbirinden bağımsız olarak düşünülüp seçilirse, en iyi seçeneklerin hangileri olduğu konusunda doğru karar verilmemiş olur.

Boyama Malzemesi[4]	**Spesifik malzeme tüketimi (g boya/m^2)**[1] [6] [3] ***hariç***
Elektro kaplama: Su bazlı, ağırlık bakımından % 5 organik solvent, % 14 – 18 katı madde	70-80
Astar boya: Solvent bazlı, ağırlık bakımından % 45 organik solvent, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	10-15
Astar boya: Su bazlı, ağırlık bakımından % 8 organik solvent, % 50-55 katı madde, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	10-20
1 kat son kat: Solvent bazlı ağırlık bakımından % 45 organik solvent, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	35-60
Baz kat: Solvent bazlı, ağırlık bakımından % 75 organik solvent, [5] elektrostatik destekli spreyleme uygulaması (% 60) ve basınçlı hava ile spreyleme uygulaması (% 40)	45-55[2]
Baz kat: Su bazlı, ağırlık bakımından % 13 organik solvent, % 17-35 katı	45-60[2]

madde, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması (% 60) ve basınçlı hava ile spreyleme uygulaması (% 40) [5]	
Vernik: Solvent bazlı, ağırlık bakımından % 45 organik solvent, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	20-30
Vernik: Su bazlı, ağırlık bakımından % 14 organik solvent, % 42-49 katı madde, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	35-45
Vernik: Toz-bulamaç, ağırlık bakımından yaklaşık % 1 organik solvent, % 38 katı madde, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	42-46
Vernik: Toz boya bazlı, solvent içermeyen, elektrostatik destekli spreyleme uygulaması	100-110
Gövde altı koruması ve ince macun çekme	6-12 kg / araç gövdesi [3]
Nakliye ve dağıtım koruması:	6

[1] SED'te tanımlandığı şekliyle elektro kaplaması yapılan alan. Bu birim gövde altı koruma ve ince macun çekme hariç, sözü edilen tüm boya sistemleri için geçerlidir; ince macun çekme işlemi için alanla bağlantılı birim verilemez.
[2] Proses esnasında ağırlık bakımından % 20- 25 katı madde içeren baz katlar
[3] g/m^2 değil kg/araç
[4] Elektrostatik uygulamaların yüksek, pnömatik olanların düşük uygulama oranları göstermeleri beklenir.
[5] Yüzdeler, uygulanan baz kat filmi ile elde edilen film kalınlığı oranları ile ilgilidir: %60 yüksek devirli elektrostatik çanların kullanımı (örn. 9µ), % 40 ise pnömatik uygulama (örn. 6µ) ile ilgilidir. Pnömatik spreyleme ile yapılan onarımlar elektrostatik kaplama ile uygulanan metalik cilalardan gözle görülür bir şekilde ayırt edilir, bu nedenle pnömatik spreyleme kullanımı ile yapılan seri boyama aracın ömrü boyunca daha kolay onarım yapılmasını sağlar.
[6] Ek 24.5'te açıklanan tekniklere göre alınacak önlemler

Tablo 6.2: Bazı boya sistemlerinin spesifik boya tüketimleri
[13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

6.3.2.2. Su

Su kullanılan başlıca alanlar aşağıdaki gibidir:

- Ön işlem (yağ alma)
- Konversiyon kaplamalar (fosfatlama ve dinlendirme)
- Elektro kaplama
- Boya kabininin egzoz havasının temizlenmesi.

Suyun temel kullanım alanı malzemelerin, bir sonraki prosesten önce yıkanmasıdır: Az miktarda su da buharlaşmadan kaynaklanan kaybı telafi etmek ve yeni solüsyonlar elde etmek için kullanılır. Bu işlemler için gereken su yönetimi ve tasarrufu teknikleri STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2006] ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Bunlar arasında kaskad durulama, su kullanımını minimum seviyeye indirme teknikleri, su ve hammaddelerin geri kazanımı teknikleri yer almakta ve bu teknikler elektro kaplama için de aynı şekilde uygulanmaktadır. STM BREF'inde yer alan BAT ile bağlantılı tüketim aralıkları şöyledir: 3 – 20 l/m^2/durulama aşaması.

Almanya'da büyük bir fabrikanın boyama departmanı, ön işlem ve elektro kaplama astar proseslerinin durulama alanlarında, kapalı döngüler ve çoklu kaskad sistemleri gibi mümkün olan tüm su tasarrufu tekniklerini kullanarak su tüketimini yaklaşık %70 azaltmış ve 3 $litre/m^2$ seviyesine ulaşmıştır. Yeni bir fosfatlama tesisinin kurulumu da yapılanlar arasındadır. Yapılan işlemlerin üç durulama aşamasını kapsadığı düşünülürse (yağ alma, fosfatlama ve elektro kaplama için birer tane), STM BREF'inde yer alan BAT ile bağlantılı tüketim aralığı 9 – 60 l/m^2 olmalıdır.

Boya kabinlerinde overspreyin yakalanmasını sağlayan su perdeleri vardır. Bunlar normalde, boyahanede boya topakları ile birlikte devir daim yapan kapalı su döngüleridir. Ortaya çıkan atık, çamura benzer topaklı yapıdadır ve atık su miktarı çok azdır. Boyahanelerin, temizlik için zaman zaman boşaltılması ve buharlaşma ile kaybedilen suyun telafisi için su eklenmesi gereklidir.

Su, soğutma amacıyla da kullanılabilir. Bu işlem CV BREF'inde [126, EIPPCB] ele alınmaktadır.

6.3.2.3. Enerji

Otomobil boyahanelerinin tipik enerji tüketimleri	
Üretim Kapasitesi	200000 araç/yıl
Boya kaplama sistemi	Su bazlı astar, baz kat, solvent bazlı 2K vernik
Boyahanenin enerji tüketimi	**Birim aralığı**
Toplam enerji tüketimi (tesisin)	380000 – 580000 MWh
Boyahanenin enerji tüketimi (% 60 doğal gaz)	160000 – 240000 MWh
Boyahanenin toplam tesis enerjisindeki yüzdesi	% 38 – 52
Boya proseslerinin enerji tüketimi	**Aralık**
Ön işlem	% 7 – 11
E-kaplama	% 10 – 15
İnce macun çekme / gövde altı koruma	% 12 – 18
Astar	% 12 – 18
Baz kat	% 15 – 22
Vernik	% 22 – 33
Kavite macunlama	% 2 – 2
Toplam	% 80 – 120
Kaynaklar: Ökobilanz Lackierprozess (2003) (Krinke), Pers. Mittl. Hr. Engelmann, Ekim 2005, ACEA 2005	

Tablo 6.3: Otomobil boyahanelerinin tipik enerji tüketimi
[128, TWG, 2005]

Boyama prosesi, taşıt üretimindeki en enerji-yoğun, solvent kullanımı ve emisyonlardan sonra da çevreye en ciddi etkide bulunan proseslerden biridir. Tablo 6.3, boyama için tüketilen enerjinin fabrikadaki tüm montaj işleminin tükettiği enerjinin %38 – 52'sine eşit olduğunu gösteren, otomobil boyahanelerine ait tipik değerleri içermektedir (bazen aynı tesiste yapılan ve montaj dışında kalan döküm, motor bloğu ve diğer parçaların üretimi gibi üretim aktiviteleri hariç). Spesifik bir dizi proses ve bağımsız proses adımları için ortaya çıkacak enerji tüketiminin ayrıntıları, prosesin türüne ve ürün hattının kapasitesine göre değişiklik gösterir. Bu nedenle, elde edilen veriler, aynı üretim tesisindeki farklı üretim hatlarından bile alınsa, genellikle karşılaştırılabilir nitelikte değildir. Çoğunlukla ayrıntılı veri mevcut değildir ya da yayımlanmamaktadır.

6.3.3. Emisyonlar

6.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar

Otomobil üretiminde VOC'ler en önemli emisyon kaynağını oluşturmaktadır. Bu endüstrideki aktiviteler boya kabinlerinden, kurutma fırınlarından ve uygulama ekipmanlarının temizliğinden dolayı, NMVOC açığa çıkmasına yol açmaktadır. Bu sektörden kaynaklanan NMVOC emisyonları ülkeden ülkeye önemli değişiklikler gösterebilir. 2000 yılında, 25 AB ülkesindeki (RAINS modeline göre), sektöre ait NMVOC emisyonları 74.2 kt değeriyle toplam NMVOC emisyonlarının % 0.7'sini oluştmakta idi. Toplam aktivite 18367150 aracın boya kaplamasını içeriyordu ve ortalama emisyon faktörü 4 kg NMVOC/araç idi. Bu da, söz konusu sektörden kaynaklanan emisyonların 25 AB ülkesinde kısmen arıtıldığını* (arıtılmayan* emisyon faktörü ülkeye özgüdür, ancak 10 kg/araç değerine ulaşabilir) göstermektedir. Bu rakam 25 AB ülkesindeki ortalamanın 40 – 67 g VOC/m^2 olduğunu, arıtmanın yapılmadığı durumda 100 – 167 g VOC/m^2 olabileceğini göstermektedir (her iki emisyon aralığı da model ölçülerine göre değişir). Bu endüstride, solvent azaltma aktivitelerine önemli yatırımlar yapılmıştır ve azaltma önlemlerinin uygulanmasından önce (örn. 1970'lerde), tipik emisyon seviyeleri 200 – 300 g/m^2 idi (SED'e göre ölçülen) [117, ACEA, 2005]. (*Arıtılan/arıtılmayan ifadeleri burada, yalnızca atık gaz arıtımını değil, aynı zamanda VOC emisyonlarını azaltmak için alınan tüm diğer önlemleri de kastetmektedir). Emisyonlar ve yüzey alanları Ek 24.5'e göre hesaplanmaktadır.

SED mevcut taşıt boyama tesisleri için 60 g/m^2, yeni tesisleri için 45 g/m^2 değerinde toplam VOC emisyon limiti belirlemiştir. Mevcut fabrikaların toplam emisyon limitini yakalaması için son tarih 31 Ekim 2007'dir. 2005 yılının başlarında Avrupa'da 27 fabrika 60 g/m^2 limitinin üzerinde faaliyet göstermekteydi ve şu anda bu tesisler son tarihe kadar limit değerini yakalayabilmek için iyileştirme programları uygulamaktadır [117, ACEA, 2005].

Üye Devletler'in çoğu SED limitlerini uygulamaktadır, ancak bazı Üye Devletlerde daha düşük emisyon limitleri uygulanmaktadır. Örneğin Almanya'da 20 yıldır, bu endüstrinin katı boyalardaki emisyon miktarının 60'tan 35 g/m^2 ye düşürülmesini gerektiren VOC mevzuatları uygulanmaktadır. Benzer mevzuatlar Avusturya ve Çek Cumhuriyeti'nde de uygulanmaktadır. [128, TWG, 2005]

Genellikle astar boya ve son kat/vernik uygulamalarının yapılması ve kurutulması otomobil üretim sektöründeki boyamadan kaynaklanan VOC emisyonlarının yaklaşık % 80'ini oluşturmaktadır. Son kat rötuşu (düzeltmesi), temizleme işlemleri ve ek kaynaklar (örn. küçük parçaların boya kaplaması, gövde altı koruma uygulanması) ise geri kalan % 20'lik emisyon oranını oluşturmaktadır. Uygulama ve kurutma işlemleri sırasında ortaya çıkan toplam VOC emisyonunun yaklaşık % 70 - 90'ı boya kabinlerinden kaynaklanmaktadır; geri kalan % 10 - 30'luk kısım ise kurutucu kaynaklıdır. Verilen yüzde oranları genellikle kullanılan solvent türlerine, boyama sistemlerine ve tekniğin uygulama verimliliği faktörlerine göre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. VOC yüklü kurutucudan çıkan atık hava termal atık gaz temizleme sistemine aktarılır. Bu bölümde verilen rakamlar, toplam yüzeyin genellikle 65 – 95 m^2 olduğu (küçükten orta boydaki aile otomobillerine kadar); astar boya, baz kat ve son katın boyanan yüzeyin 10-15 $m^{2'}$sine uygulandığı durumlarda, otomobil gövdesinin elektro kaplama uygulanmış yüzeyine ilişkin rakamlardır (bkz. Ek 24.5). Halihazırda, Alman

otomobil endüstrisinin ürettiği ortalama uçucu organik bileşen emisyon değeri yaklaşık 35 - 45 g/m^2 elektro kaplama yapılmış alandır. Bu değer araç başına ortalama 2,5 - 4 kg solvent tüketimine eşittir (modele göre değişir). Avusturya'daki VOC emisyonları 21 – 27 g/m^2 civarında olup, NO_x 40 - 80 mg/Nm^3, CO 25 - 80 mg/Nm^3, partikül (TPB) <3 mg/Nm^3 parametreleri ile araç başı 1.8 kg. değerindedir. Aynı şekilde Avrupa ülkelerindeki (özellikle İsveç ve Hollanda'daki fabrikalarda ve Belçika, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti'ndeki bazı fabrikalarda) otomobil endüstrisinde, 35 - 40 g/m^2 arasında emisyon değerleri elde edilmektedir. Bununla birlikte Avrupa'da, VOC emisyonları 60 - 120 g/m^2'ye ulaşan ve limit seviyelerini yakalayamayan fabrikalar da bulunmaktadır. Şekil 6.2. Avrupa'daki 65 boyahaneden elde edilen VOC emisyon aralıklarını göstermektedir.

İki tesiste (biri İsveç'te, biri Almanya'da yer alan) emisyonlar limit değerlerinin önemli oranda altında olup, 10 g/m^2 ya da daha düşük sonuçlara ulaşmaktadır. Bu fabrikalar sıfırdan kurulan veya tamamıyla yeniden yapılandırılan; son kat, dayanıklılık ve kimyasal direnç, vs. konularında diğer imalatçıların hedefledikleri kalite seviyelerine ulaşamayan sonuçlar veren yeni, çevre dostu teknik ve/veya teknolojilerin bir kombinasyonunu kullanan yeni (ya da yeniye yakın) fabrikalardır [128, TWG, 2005].

VOC emisyonlarının yanı sıra boya partikülleri (genellikle ağır metal içeren) de göz önünde bulundurulmalıdır. Overspreyden kaynaklanan partikül emisyonu genellikle 5 mg/Nm^3'ün oldukça altındadır. Bu seviyenin düşük olması boya kabinlerindeki ıslak ve kuru ayırıcıların (seperatör) kullanımıyla sağlanmaktadır.

VOC emisyonlarının etkin bir şekilde bertaraf edilmesi; uygulamanın verimliliğini, boyanın içindeki VOC oranını, buhar yakalama ve atık gaz arıtımını kapsayan bir dizi tekniğin kullanımına bağlıdır, bkz. Bölüm 11.20.4. Termal işlemden sonra, genellikle 10 mg C/m^3 değerinde temizlenmiş gaz konsantrasyonları elde edilmektedir. Termal işlem genellikle VOC ile yapılan işlemlerin son yarısında emisyon oranını azaltarak, bu işlemlerin ilk yarısına yönelik nispeten iyi düzeyde fayda maliyetleri elde edilmesini sağlar. Termal oksidasyonun ısıtma fırınları için sağladığı verimlilik oranı % 90'dır. Bu işlem karbon absorbsiyonu ile birleştiğinde astar uygulaması için % 80, baz kat için % 70 ve vernik için % 75 verimlilik sağlanmaktadır [68, ACEA, 2004, 128, TWG, 2005]. Almanya'daki atık gaz arıtma (yakma) işlemlerinde, atık gaz yakma sıcaklığının 730'dan 700 ^oC'ye düşürülmesine ve enerji tüketiminin azaltılmasına rağmen, 10 mg C/Nm^3'ün ve NO_x ve CO için 100 mg/m^3'ün oldukça altına inen emisyon değerleri elde edilmiştir.

Şekil 6.2: Avrupa'daki 65 otomobil boyahanelerinde ortaya çıkan VOC emisyon aralıkları [68, ACEA, 2004]

6.3.3.2. Suya salınan emisyonlar

Ön işlem ve daldırma yöntemiyle yapılan astar boyamadan kaynaklanan atık su

Otomobil gövdelerinin yağ alma, fosfatlama, dinlendirme gibi ön işlemleri ve elektro kaplama astar prosesleri sonucu atık su ortaya çıkmaktadır. Atık su çoğunlukla, bir önceki işlemden kaynaklanan malzemelerin temizlenmesi için gövdelerin, işlemler arasında durulanması sonucunda ortaya çıkar. Ön işlem bileşenleri (yağ alma), konversiyon kaplama, dinlendirme, bu işlemlerin hepsine uygulanabilecek olan su yönetim ve tasarruf teknikleri STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2006] ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu teknikler çoklu kaskad durulama, su kullanımını minimum seviyeye indirme teknikleri, su ve hammaddeleri geri kazanma tekniklerini kapsamakta ve aynı şekilde elektro kaplama işlemi için de uygulanabilmektedir.

Elektro kaplama, durulama işlemi için boyadaki katı madde ve sıvının çevriminin yapılarak ayrılmasını (ultrafiltre) ve geri kazanılmasını içeren kaskad durulama yoluyla gerçekleştirilebilir. Her ne kadar sözü edilenler boyadaki katı maddelerin tutulması için kapalı döngü içinde gerçekleşse de bir miktar durulama suyu kaybedilebilir (boya maddesi, su bazlı solvent, vs. içeren) ve bu nedenle periyodik temizlik gerekir. Günümüzde kurşunsuz elektro daldırma boyaları iyi uygulama örnekleri arasındadır. Ancak kurşunsuz bazı ürünlerin kullanımıyla birlikte, atık su arıtımında organotin bileşikleri gibi riskli yeni maddeler ortaya çıkmaktadır. Atık su, arıtma tesislerinde arıtılır ve daha sonra tekrar arıtma işleminin yapılacağı belediye atık su arıtma tesislerine gönderilir. Bu işlem BAT ile ilgili emisyon değerleri ile birlikte STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2006] ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Boya kaplama proseslerinden kaynaklanan atık su

Yukarıda sözü edilenler dışındaki atık sular, genellikle boya overspreyi nedeniyle yapılan ıslak temizlemeden kaynaklanmakta ve sıralanan maddelerden oluşmaktadır:

- Boya, su ve topaklanan madde artıkları
- Nebülizer ünitelerinin ve boya hatlarının temizlenmesinden kaynaklanan boya, su ve solvent karışımı
- Boyahanelerin temizliğinden kaynaklanan boya ve su karışımı

Boyahanelerde boyanın püskürtülerek uygulanması sırasında oversprey ortaya çıkar. Oversprey ıslak temizleyicilerde yakalanır. Bu yakalama işlemi partikül halindeki boya emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesi için gereklidir. Ovalayıcılar tarafından kullanılan bu su kapalı döngü içinde devir daim eder ve boya çamuru ayrılır. Bu çamur periyodik olarak temizlenmelidir. Aynı yöntemler hem solvent bazlı hem de su bazlı boyaların ayrılmasında kullanılmaktadır.

Solvent bazlı boyalardaki organik solventlerin uçuculuk oranı çok yüksek olup, bu maddelerin sudaki çözünürlükleri düşüktür. Su bazlı boyaların solvent oranları daha düşük olup bu boyalar suda neredeyse tamamıyla çözünürler. Eğer bu solventlerin buharlaşma basınçları çok düşük olursa suda birikebilirler. Su bazlı boyalarda kullanılan solventler boya kabininde sadece denge durumuna kadar devir daim yapılarak suda biriktirilirler (genellikle

konsantrasyonları % 0.5 civarındadır). Boya kabininin durulama suyu kapalı döngüde tutulur ve periyodik olarak, örneğin yılda 2 kez ya da daha seyrek olarak yenilenir. Ayrıca boya kabininin egzoz havasına ve ısı rotorlarına ait ısı değiştiricilerin temizlenmesi sonucunda ve boya kabinine verilen havadaki nem nedeniyle de atık su ortaya çıkar [76,TWG,2004].

6.3.3.3. Atık

Ön işlem/katodik daldırma ile astar boya atma ve araç gövdelerinin boyanması işlemlerinden kaynaklanan büyük ölçekli atıklar şunlardır:

- Solvent atıkları: Solvent atıklarının birincil kaynağını geri kazanılan solventler, eski solventler, solvent artıkları, kullanılan ve kirletilen temizleme maddeleri, solvent bazlı boya sistemlerinin kurulması ve temizlenmesi; alet, cihaz ve boya kabinlerinin temizliği, boya ve kurutma proseslerinden kaynaklanan atık gazlar oluşturur.
- Boya artıkları ve eski boyalar: Fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerinin değişikliğe uğramasından dolayı, artık kullanılamayacak durumda olan boya artıkları ve eski boyalar atık madde olarak bertaraf edilmelidir. İstenilen nitelikleri taşımayan ve/veya fazla olan partiler ile kuruyan boyalar da aynı şekilde atık sınıfına girmektedir. Solvent içerikli kurutulmamış boya artıkları ile solvent içermeyen kurutulmuş eski lakerler/boya artıkları arasında ayrım yapmak mümkündür. Su bazlı boyalar ve toz boyalar da aynı kapsamdadır.
- Boya çamuru: Spreyleme ile yapılan boyama sırasında, ayrılmamış olan oversprey suda tutulur ve topaklaşan laker partikülleri sudan atılır. Topaklaşan maddeler ayrılma işlemi ve ileri temizleme prosesi için suya konur, böylece boya çamuru oluşur.
- Kullanılan adsorbsiyon (uzaklaştırma) maddeleri: Eğer karbon filtreye adsorbsiyon gibi atık gaz temizleme yöntemleri kullanılıyorsa, ortaya çıkan solvent yüklü filtrenin bertaraf edilmesi gerekir.
- Ön işlemden kaynaklanan fosfat çamuru.
- Gövde altı koruma uygulaması sonucunda ortaya çıkan PVC atıkları
- Filtreler ve filtre pedleri
- Kullanılan selülozlu ve temizleyici bezler: Uygulama cihazlarının temizlenmesi ile solvent emdirilmiş selülozlu bez ve temizleme bezi atıkları ortaya çıkar. Bunlar kısmen boya ile kirlenmiştir.

6.4. Otomobillerin boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bölüm 20'de, M1 ve N1 kategorileri için otomotiv endüstrisinde de uygulanabilecek teknikler ele alınmaktadır. Bölüm 20.7'de boya uygulanmasına ilişkin teknikler ele alınmaktadır. Bu teknikler aynı zamanda otomobillere de uygulanmaktadır. Tablo 6.4'te, Bölüm 20 ve/veya Bölüm 20.7'de açıklanan, otomobillerle ilgili genel teknikler gösterilmektedir. Bu teknikler otomobil endüstrisine ilişkin bilgi geçmediği sürece, bu Bölüm'de tekrarlanmayacaktır. Her bir teknik için verilmesi planlan bilgi türü Tablo 20.1'de gösterilmektedir.

Otomobillerin boya kaplamasına yönelik olan EGTEI özet belgesi (bkz. Ek 24.1.1) Avrupa çapında VOC emisyonlarını azaltmak için kullanılan tekniklerin fayda maliyetleri hakkında veri sunmaktadır. Ancak EGTEI yaklaşımı söz konusu tekniklerin karmaşık yönlerini

sınırlandırmak zorundadır. Bu nedenle söz konusu özet, çapraz medya etkileri, tesislerin ve ürünlerin teknik özellikleri gibi diğer BAT faktörlerine değinmeksizin, sadece temel teknikleri vermektedir [135, EGTEI, 2005].

Teknik	Bölüm no
Çevre yönetim araçları	20.1.1
Süregelen çevresel iyileştirme	20.1.2
Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)	20.1.3
Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu	20.2
İzleme	20.3
Solventler için kütle dengesi	20.3.1
Su yönetimi	20.4
Enerji yönetimi	20.5
Hammadde yönetimi	20.6
Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları	20.7
Kurutma	20.8
Temizleme	20.9
İkame: Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı	20.10
Atık gaz arıtımı	20.11
Atık gazların sınırlandırılması ve toplanması	20.11.2
Oksidasyon	20.11.4
Yoğunlaştırma	20.11.5
Adsorbsiyon	20.11.6
Atık su arıtımı	20.12
Aıtkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtılması	20.13
Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanılması	20.13.1
Tozun azaltılması	20.14
Kokunun azaltılması	20.15
Gürültünün azaltılması	20.16

Tablo 6.4: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar

6.4.1. Boya kaplama sistemleri

Taşıt imalat endüstrisinde boya prosesi, birbirine bağlı birçok adımdan oluşan, oldukça karmaşık ve tam anlamıyla entegre bir operasyondur. Her bir adım diğer tüm adımları etkilediğinden, bir adımla ilgili verilebilecek bir karar prosesin diğer tüm adımlarını da etkileyebilir. Aynı şekilde bazı teknik kombinasyonları birbiriyle uyumlu olmayabilir. Mevcut bir uygulama sistemi, boya kaplama seçimini sınırlandırabilir. Bu nedenle BAT'ın tespiti için gereken teknikleri ele alırken, her bir adımı ayrı ayrı değerlendirmek mantıklı değildir.

Örneğin aşağıdaki Tablo 6.5'te çeşitli teknik kombinasyonları verilmiştir. Bu konfigürasyonlar bilgi amaçlı olup tek seçenek olarak değerlendirilmemelidir:

Örnek	Astar Boya	Baz kat	Vernik
A	• SB • WB • Hiçbiri • Toz astar boya	• WB	• WB • Toz boya • Toz bulamaç
B	• WB	• WB	• SB
C	• SB • SB, kabin havasına azaltma uygulanmasıyla • WB	• WB • SB • SB, kabin havasına azaltma uygulanmasıyla	• SB • SB, kabin havasına azaltma uygulanmasıyla
Anahtar: SB= solvent bazlı, WB=su bazlı			

Tablo 6.5: Otomobiller için boya kaplama kombinasyonu örnekleri
[117, ACEA, 2005]

6.4.2. Geleneksel solvent bazlı malzemeler

Tanım: Geleneksel solvent bazlı boyaların solvent içerikleri ağırlık bakımından şöyledir: Astar boyalar için % 35 - 45, son katlar için % 40 - 50, yüksek katı maddeli son katlar için % 30 - 35, baz katlar için %70 - 80 ve vernikler için % 50 - 55. Solventler (ağırlıklı olarak VOC) viskozite ve film oluşumunu sağlamak ve düşük buharlaşma enerjisi elde etmek için kullanılır.

Solventlerin uygulanması kapalı bir iletim sisteminden uygulama tabancasına aktarım şeklinde gerçekleştirilir. Uygulama, aşağı akışlı olarak ve egzoz havalandırması olan, amaca uygun inşa edilmiş boya kabinlerinde manuel ya da otomatik olarak yapılabilir.

Çevresel faydalar: Su bazlı boya sistemleriyle kıyaslandığında, her otomobil için doğrudan enerji gereksinimi % 15 daha azdır (su bazlı boya kaplamalarda bu oran 1100 MJ/araç iken solvent bazlılarda 990 MJ/araç'tır). Bunun nedeni solvent bazlı sistemlerin klimatizasyonunun daha iyi olması ve flash-off sürelerinin daha kısa olmasıdır. Ancak sözü edilen enerji miktarı yaklaşık 200 – 400 MJ/araç olan, boya kabini egzoz havasındaki solventin azaltılması için tüketilen enerjiyi kapsamamaktadır. Bkz. Bölüm 6.3.2.3. ve Tablo 6.3.

Çapraz medya etkileri: Temel seviye olarak 20 – 30 yıl önce emisyon kontrolü yapılmayan solvent malzemelerin 100 – 300 g/m^2 emisyon salınımı yapmakta olduğu bilgisi verilebilir. Modern sistemler ise astar boya/baz kat/vernik sistemi için 43 – 72 g/m^2 sonucunu elde etmektedir.

Genellikle fırınlardan çıkan atık gazdaki solventler, geleneksel boya sistemlerinin kullanıldığı bir üretim tesisinden salınan toplam VOC emisyonlarının yaklaşık % 15'ini oluşturduklarından yakılarak bertaraf edilmektedir. Mümkün olan durumlarda ısı üretimli enerji geri kazanılır ve kullanılır, örn. kurutucuların ısıtılması için. Ancak düşük seviyeleri yakalamak için, termal işlemlerde ek yakıt kullanımı gerekir, bkz. Bölüm 20.11.4

Operasyonel veri: Kurutma süreleri su bazlı sistemlerdekine oranla daha kısadır, bu nedenle küçük alanlarda, azalan fırınlama süreleri sayesinde daha yüksek hat hızları elde edilebilir. Solvent bazlı sistemler daha geniş bir sıcaklık ve nem aralığında kullanılabilir. Paslanmaz çelik ekipmanı gerekli değildir.

VOC emisyonlarının azaltılması için solvent bazlı operasyonlarda yapılan modifikasyonlar, daha düşük aksama süresi ile gerçekleştirilebilir (malzeme değişimi gerektiren yeni bir proses kullanımına geçişten farklı olarak)

Bu teknik ile Avrupa'nın bazı bölgelerinde yakalanması gereken emisyon seviyelerine ulaşılamamaktadır ve hatta orta değerde bir performans bile yakalanamamaktadır, örn. Şekil 6.2 de gösterildiği gibi.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı boyalar boyama işleminin her safhasında (astar boya, katı son kat, baz kat, vernik, onarım), metal ve plastik yüzeylerde kullanılabilir. Bu boyalar alanın sınırlı olduğu ve boya malzemelerindeki değişimin teknik olarak mümkün olmadığı yeni ve mevcut boyahanelerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Mevcut boyahanelerdeki ekonomik ve teknik kısıtlamalar, geleneksel solvent teknolojisinin belli aktiviteler için tercih edilmesini sağlayabilir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [76,TWG,2004] [128, TWG, 2005]

6.4.3. Solvent bazlı malzemelerin ikame edilesi

6.4.3.1. Su bazlı boya sistemleri

Tanım: Su bazlı boya sistemlerinin genel tanımı için, bkz. Bölüm 20.7.2.3. Elektro kaplamada, su ile inceltilebilen veya suda çözünebilen boyalar, genellikle ağırlık bakımından % 1 - 2 değerinde ve % 1 - 6 oranında solvent içerir.

Elektro kaplama malzemeleri kapalı bir sistemle iletilir ve dip (batırma) teknikleri ile uygulanır. Astar boya ve baz kat uygulamalarında kullanılan su bazlı boyalar, su ile seyreltilebilen veya suda çözünebilen film oluşturucu maddeler (alkit, polyester, akrilat, melamin ve epoksi reçinesi) içermektedir. Astar boya ve baz kat malzemeleri kapalı bir sistem ile iletilir ve spreyleme teknikleri ile uygulanır. Geleneksel su bazlı sistemler ağırlık bakımından şu oranlarda solvent içeriklerine sahiptir: Astar boya için % 5-10 ve baz kat için % 10-15.

Çevresel fayda: Boyahanedeki su bazlı aşamalardan kaynaklanan tipik VOC emisyon kontrolleri olmaksızın şu değerler elde edilmektedir: Astar boya için 1-2 g/m^2, baz kat için 6-8 g/m^2 (flash-off süresi kısaltılmış ürünler için % 7-9, bkz. Bölüm 20.7.2.4 ve iki bileşenli türler).

Çapraz medya etkileri: Boya kaplama uygulamaları arasında her katmanın kuruması (katlar arası flash-off) gerektiği için, su bazlı boyalarda araç başına düşen doğrudan enerji gereksinimi, solvent bazlı operasyonlardan yaklaşık % 13-17 daha fazladır.

Solventin yakılarak bertaraf edilmesi sonucu enerji üretimi ortadan kalkmaktadır.

Su bazlı malzemelerde malzeme tüketimi, solvent bazlı boyalarla kıyaslandığında astar boyalarda % 0 - 11 ve baz katlarda % 0 - 25 daha yüksektir.

Su tüketimi de daha yüksektir ve atık su arıtımındaki çamurun ayırılması daha zordur.

Operasyonel veri: Enerji gereksinimi genellikle araç başına 1100 MJ'dir. Spesifik proses verileri için bkz. Bölüm 6.3.2.3. ve Tablo 6.3. Operasyonlar üzerindeki etkileri: Üretim hacmi, yerel iklim özellikleri, kullanılan azaltma teknikleri, hava hacmi gereksinimleri, boya kabinlerinin uzunlukları, sıcaklık ve boya uygulama teknikleri gibi boya kabini operasyon kriterleridir.

Uygulanabilirlik: Su bazlı malzemeler elektro kaplama, astar boya, baz kat ve bazı onarım operasyonlarında kullanılabilir. Metal ve plastik malzemelerde de kullanılabilir. Ancak bu malzemeler ince vernik tabakası çekilmesini gerektirdiklerinden, tek katlı tek fırınlı katı boyalarla kullanılamaz. Vernik katında uygulanan su bazlı malzemeler de geliştirilmektedir, fakat görüntü ve kalitelerinin iyi olmamasından ötürü otomobiller için yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bununla birlikte son katların görüntü ve kalitelerindeki sınırlamaların su bazlı ya da solvent bazlı olup olmadıklarıyla değil, reçine teknolojileri (alkit veya akrilik) ve UV ışını etkisi altındaki pigment stabiliteleri ile ilgili olduğu da unutulmamalıdır (örn. Solvent bazlı alkit son katlar da kötü görüntüye neden olur).

Su bazlı katı, renkli son katlar uzun yıllardır ticari taşıtlarda ve şöfor mahallinde ticari amaçlı olarak kullanılmaktadır. Kaydedilen bir vakada, hafif ticari bir taşıt ek vernik katı olmadan su bazlı tek kat boya ile boyanmıştır.

Maliyet ve fiziksel kısıtlamalardan ötürü, geleneksel solvent bazlı boyahanelerden su bazlı sistemlere geçilmesi zordur. Su bazlı sistemlerdeki, ek kurutma gereksinimlerini karşılamak için katlar arası flash-off odaları bulunan genişletilmiş fırınlara olan ihtiyaç, solvent bazlı sistemlere göre tasarlanmış ve kurulmuş olan boyahanelerin su bazlı bir sisteme geçecek kadar yeri olamayabileceği anlamına gelmektedir. Su bazlı sistemde boya besleme hattı ve sistemler paslanmaz çelik olmalıdır. Operasyonel gereksinimler, malzemeler ve ekipman kurulumu ile ilgili ek masraflar su bazlı sistemlerin genellikle sadece yeni boyahanelerde veya halihazırda uygun sistemle donatılmış olan boyahanelerde uygulanabilecekleri anlamına gelmektedir. Su bazlı boya kabinleri, daha sıkı sıcaklık ve nem kontrolleri altında operasyon yapmak zorundadır. Su bazlı sistemlerde kurutma süresi daha uzun olduğundan, hat hızı genellikle diğer sistemlere göre daha düşüktür.

Ekonomiklik: Solvent bazlı boyalarla kıyaslandığında, su bazlı boyaların malzeme maliyetleri % 0 – 20 oranında daha fazladır ve bu oran ölçek ekonomilerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Referans alınan fabrikalardan birinde (aşağıda), fiyat farkı yoktur. Kurutma süresi uzadığından, enerji maliyetleri solvent bazlı malzemelerinkinden daha fazladır. Su bazlı teknoloji, geleneksel boyahanelerde ekipman kurulumu için ciddi yatırımlar yapmadan ve büyük inşaat masrafları ödemeden uygulanamaz. Örneğin, büyük boyahanelerde (yılda 100000 araçtan fazla işlem yapılan), tamamıyla yeni bir boya kabininin kurulumu

yaklaşık 15 – 35 milyon Avro arasındadır; su bazlı boya kabinlerinin maliyetleri ise bundan % 10 - 20 daha fazladır. Bu rakamlar yerel koşullara bağlı olarak önemli miktarlara varabilecek inşaat masraflarını kapsamamaktadır. Teknik sınırlamalarla birlikte düşünüldüğünde bu koşullar, su bazlı teknolojinin sadece büyük iyileştirmeler (upgrade) yapılırken ya da yeni boyahanelerde kullanılabileceğini göstermektedir. 1994'ten bu yana AB ülkelerindeki birçok yeni boyahane su bazlı baz kat sistemine göre tasarlanmaktadır. Flash-off süresi daha kısa olan güçlendirilmiş ürünler baz kat olarak kullanılabilmektedir (bkz. Bölüm 20.7.2.4).

Emisyon azaltma masraflarının düştüğü de göz önünde bulundurulursa, su bazlı boya kaplamaların kullanımı ile toplam maliyetin daha düşük olduğu söylenebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Havaya salınan VOC emisyonlarının azaltılması.

Örnek tesisler: Volkswagen, Wolfsburg, Almanya; Renault, Flins sur Seine, Fransa; GM, Eisenach, Almanya; Opel, Eisenach, Almanya.

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

6.4.3.2. Toz boya kaplama

Tanım: Toz boya kaplamalar elektrostatik işlem gerektiren, solvent içermeyen sistemlerdir. Bu boyalar en çok metal gövdeler için uygundur. Toz boya kaplamalar genellikle asitli ya da anhidritli (susuz) akrilik reçinelere dayalı sistemlerdir. Bu kaplamalar, astar boya ya da vernik uygulamalarında kullanılabilir. Toz boya uygulaması aşağı akışlı olarak ve egzoz havalandırması olan, amaca uygun inşa edilmiş boya kabinlerinde otomatik olarak ya da elle spreyleme ile yapılmaktadır. Bkz. 20.7.2.6.

Çevresel Faydalar: Toz boyama teknolojisinin VOC emisyon oranı sıfırdır ve bu teknoloji partiküllerin azaltılması için su kullanımı gerektirmez. Geri kazanılan toz boyanın kullanımı % 97'ye kadar malzeme geri dönüşümü sağlar. Enerji gereksinimi su bazlı malzemelere göre daha az olup, solvent bazlı teknoloji ile de kıyaslanabilir niteliktedir. Kızılötesi ve hava sirkülasyonu teknikleri ile kurutulması ise enerji tüketimini azaltmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Solventin yakılarak bertaraf edilmesi sonucu enerji üretimi ortadan kalkmaktadır.

Operasyonel veri: Toz boya tekniği geleneksel sistemlere göre, boya kabini havasının işlemden geçme sayısının azalmasını sağlar. Toz boya uygulamalarında, nihai ürüne uygulanan verniğin sarımtırak renge dönüşmesi gibi problemler ortaya çıkmaktadır. En önemli problem ise film kalınlığının kontrolünün zor olmasıdır: Gerekli olan katman kalınlığından daha fazlası oluşturulmaktadır (yaklaşık 65 μm) ve bu da daha fazla boya tüketimini de beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, günümüzde bu uygulamayla, daha ince katmanlar (yaklaşık 55 μm) gittikçe artan oranda elde edilebilmektedir.

Uygulanabilirlik: Toz boya teknolojisi halihazırda astar kat ve vernik uygulamalarında kullanılabilmektedir. Toz boya astarlar mevcuttur ve Avrupa'da bir fabrikada kullanılmaktadır (beş ila altı renkte astar boya seçeneği ile). Toz boya verniği ise Avrupa'daki bir otomobil imalatçısı tarafından kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Mevcut solvent teknolojisinden toz boya teknolojisine geçerken, yüksek sermaye maliyetleri gerekir; çünkü toz boya teknolojisi tamamıyla farklı bir teknolojidir ve tesis, ekipman ve malzemelerin tamamen yenilenmesini gerektirir. Ancak, operasyon maliyetlerinin düşeceği de göz önünde bulundurulmalıdır; mevcut tahminler toz boya kullanımıyla doğacak enerji maliyetinin, su bazlı veya solvent bazlı sistemlere göre en az % 12 oranında azalacağını göstermektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: VOC emisyonlarının azaltılması.

Örnek tesisler: BMW AG Dingolfing, Almanya.

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

6.4.3.3. Toz bulamaç boya kaplama

Tanım: Toz bulamaç boyalar suda dağılan ve dengeli bir biçimde tutulan toz boyalardır ve sıvı boyalar için kullanılan geleneksel ekipmanlarla uygulanır. Vernik uygulamalarında da kullanılabilirler.

Çevresel Faydalar: VOC emisyonlarında önemli bir azalma görülür. Geleneksel 2 bileşenli vernik yerine ıslak üstü ıslak olarak uygulanan toz bulamaç vernik kullanılması önemli oranda enerji tasarrufu sağlar. Islak üstü ıslak uygulama ile, ara kurutma aşaması ortadan kaldırılabilir.

Çapraz medya etkileri: Solventin yakılarak bertaraf edilmesi sonucu enerji üretimi ortadan kalkmaktadır.

Operasyonel veri: Kalite kriterlerini yerine getirebilmek için, boya kabinleri sıkı sıcaklık (20– 24 ^{o}C) ve nem (% 65 – 75) kontrolleri altında tutulmalıdır. Kuru toz boya kaplamalara göre daha ince filmler (45 μm) elde edilebilmektedir.

Daimler Chrysler AG'de, 1997'den bu yana kullanılan toz bulamaç vernik, neredeyse hiç solvent içermemekte ve ıslak üstü ıslak teknikle ile uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Her ne kadar iki büyük tedarikçi toz bulamaç sistemlerini kullansa da, bu sistem taşıtların boya kaplamasına ait genel endüstriyel proseslerde kullanılmamaktadır. Toz bulamaç sistemi, ıslak üstü ıslak uyumluluğunun sağlanabilmesi için uygun renkte boya katmanının uygulanmasını gerektirir. Toz bulamaç boya fırınlanmadan önce ıslak filmdeki su buharlaşmalıdır. Bu nedenle basınçlı flash-off gerekir. Bu sistem Avrupa'da 2 fabrikada kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: VOC emisyonları azaltılır.

Örnek tesisler: Daimler Chrysler AG (Avusturya) ve Rastatt (Almanya)

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

6.4.4. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları

Aşağıdaki boya uygulama teknikleri ve ekipmanları ticari olarak kullanılmaktadır:

- Daldırma ile boya uygulama, bkz. Bölüm 20.7.3.4. ve daha ayrıntılı bilgi için Bölüm 6.4.4.1
- Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme, bkz. Bölüm 20.7.3.8
- Yüksek hacimli alçak basınçlı spreyleme (HVLP), bkz. Bölüm 20.7.3.9
- Elektrostatik atomize spreyleme prosesleri, bkz. Bölüm 20.7.3.14
- Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar, bkz. Bölüm 20.7.3.15
- Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme, bkz. Bölüm 20.7.3.17
- Toz boyama – elektrostatik destekli spreyleme, bkz. Bölüm 20.7.3.18

6.4.4.1. Daldırma yöntemiyle boya uygulama

Tanım: Ön işlemden geçirilmiş araç gövdeleri elektro daldırma boya banyosundan geçirilirken elektriksel olarak yüklenir. Boya kaplamalar genellikle su bazlıdır ve deiyonize suda çözünürler. Solvent içeriği ise genellikle ağırlık bakımından % 2 - 6 ya da % 1 - 2 aralığındadır.

Dip elektro kaplama prosesi hem iç hem dış olmak üzere tüm araç yüzeyini kaplar. Hesaplanan kaplama alanı genellikle araç başına 60 - 100 m^2'dir ve aracın boyutuna ve tasarımına göre değişiklik göstermektedir (bkz. Ek 24.5), bkz. Bölüm 20.7.3.4.

Çevresel faydalar: Söz konusu malzemenin solvent içeriği düşük olduğundan ve bu malzeme spreyleme operasyonlarında olduğu gibi atomize edilmediğinden, VOC emisyon seviyeleri çok düşüktür. Tipik emisyon değerleri <0.2 kg VOC/araç'tır ve bu da de 2 - 4 g VOC/m^2'ye eşittir. Söz konusu emisyon değerleri boyanan otomobilin elektro kaplama yapılmış yüzey alanına göre değişmektedir. Fırından çıkan atık gazın azaltılmasıyla >1 g VOC/m^2 değeri elde edilebilir.

Boya tüketiminin az olmasına ek olarak, ortaya çıkan atık miktarı da daha azdır. Dip boyama tekniğinin uygulama verimliliği oldukça yüksektir ve az malzeme kullanımı sayesinde çok az atık ortaya çıkar

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Uygulama egzoz havalandırması bulunan, amaca uygun olarak inşa edilmiş tesislerde gerçekleştirilir. Astar boyası atılan gövdeler, sonraki boya kaplamalara geçilmeden önce fırınlanmalıdır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik tüm araç gövdelerinde ve erişilmesi güç olan yüzey panelleri dahil metal parçalarda kullanılabilir. Halihazırda, daldırma tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu kullanım sadece astar boya ile sınırlıdır (kataforez uygulaması). Otomobil üretiminde laker tabakanın optik kalitesi çok önemlidir, bu nedenle astar (dolgu) ve son kat uygulamasında sadece spreyleme teknikleri kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kalite ve korozyona karşı koruma.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

6.4.5. Boya kabinleri

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak uygulanmaktadır:

- Islak ayırma boya kabinleri, bkz. Bölüm 20.7.4.1.
- Boya kabinlerinde su emülsiyon teknikleri, bkz. Bölüm 20.7.4.3.

6.4.6. Hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak uygulanmaktadır:

- Kesikli boyama/renk gruplama, bkz. Bölüm 20.6.3.6.
- Pig-temizleme sistemleri, bkz. Bölüm 20.6.3.7.

6.4.6.1. Kullanılan solventlerin geri kazanılması

Tanım: Bkz. Bölüm 20.13.1. Temizleme solventlerinin geri kazanımını sağlayan modern boya besleme ekipmanları yaygın olarak kullanılmaktadır. Geri kazanma işlemi, temizleme maddelerinin borularla uygulama ekipmanından depolama tanklarına aktarılması ile gerçekleştirilir.

Çevresel faydalar: Genellikle % 80 - 90 oranında arındırma solventi yeniden kullanılmak üzere üretim tesisinde ya da tesis dışında geri kazanabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Tipik bir solvent geri kazanma sisteminin kurulması boya kabini başına 0.4 milyon Avro maliyeti beraberinde getirir.

Solvent tüketiminin ve tehlikeli atık miktarının azaltılmasından dolayı tasarruf sağlanmaktadır. Büyük fabrikalarda elde edilen tasarruf, yapılan yatırımın önüne geçmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Ford, Avrupa.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [68, ACEA, 2004, 76, TWG, 2004]

6.4.7. Kuru(t)ma teknikleri (drying)

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak uygulanmaktadır:

- Nemi alınmış hava ya da normal hava sirkülasyonu ile kuruma, bkz. Bölüm 20.8.1.1
- Kızılötesi ışınla kurutma, bkz. Bölüm 20.8.2.1

6.4.8. Atık gaz arıtımı

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak uygulanmaktadır:

- Venturi sistemi, bkz. Bölüm 20.11.3.5.
- Ovalayıcı (scrubber), bkz. Bölüm 20.11.3.6.
- Kuru filtre sistemleri, bkz. Bölüm 20.11.3.8.
- Elektrostatik filtre, bkz. Bölüm 20.11.3.7.
- Atık gaz arıtımı için ön işlem olarak iç solvent konsantrasyonu, bkz. Bölüm 20.11.3.1.
- Atık gaz arıtımı için ön işlem olarak dış solvent konsantrasyonu, bkz. Bölüm 20.11.3.2.
- Kurutucuya entegre edilmiş ayrı atık gaz arıtma sistemi, bkz. Bölüm 20.11.1.6.
- Adsorbsiyon: Sabit yataklı adsorbsiyon, akışkan yataklı kurutucu adsorbsiyonu ve rotor (çark) absorbsiyonu, bkz. Bölüm 20.11.6.
- Oksidasyon: reküperatif, katalitik ve rejeneratif oksidasyon, bkz. Bölüm 20.11.4.

6.4.9. Atık su arıtımı

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak uygulanmaktadır:

- Kaskad durulama, bkz. Bölüm 20.7.5.1.
- İyon değiştirici kullanımı, bkz. Bölüm 20.7.5.2.
- Ultra ve nanofiltrasyon, bkz. Bölüm 20.12.6.

7. KAMYONET, KAMYON VE KAMYON KASALARININ BOYA KAPLAMALARI

[13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [118, ACEA, 2005] [181, ACEA, 2003]

Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplaması ile otomobillerin seri olarak boyanması arasında; farklı boya kaplama malzemelerinin, proseslerinin, uygulama tekniklerinin kullanımından ve katman oluşumlarının farklılığından ötürü, ciddi ayrımlar söz konusudur. Bu araçlarda elde edilmesi gereken yüzey kalitesi en az otomobillerdeki kadar önemli olup, korozyona karşı koruma diğer sektörlerden daha fazla önem taşımaktadır.

Bu bölüm (70/156/EWG no'lu Direktif'e göre) N2 ve N3 kategorilerinde yer alan kamyonetlerin ve kamyon şasilerinin boyanmasında göz önünde bulundurulan entregre çevre koruma önlemlerine işaret etmektedir. Şoför mahalli ve kamyon kasaları kasa olarak tanımlanmaktadır ve teknik ekipman bakımından entegre bir biçimde ele alınmaktadır.

7.1. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarına ilişkin genel bilgi

Taşıt imalat endüstrisine dair ölçek, iş hacmi gibi genel bilgiler için: (bkz. Bölüm 6.1). 2005 yılında AB ülkelerinde 1640769 adet hafif ticari araç ve 549468 adet ağır vasıta (kamyon) üretilmiştir. Bu üretim sonucunda yaklaşık 70 milyar Avro gelir ve doğrudan 250000 kişiye iş sağlanmıştır. Tüm Avrupa'da (Rusya dahil) ticari araç üreten yaklaşık 109 tesis bulunmaktadır [152, ACEA, 2006].

7.2. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarında uygulanan prosesler ve teknikler

7.2.1. Şoför mahalli ve hafif ticari araçlar

[185, May ve diğerleri, 2006]

Uygulanan boya kaplama sistemleri, tıpkı binek otomobillerin seri olarak boyanmasında olduğu gibi, tesisten tesise değişiklik göstermektedir. Ticari araç imalatçıları ya seri boya kaplama sistemlerini (kuruma sıcaklıkları yaklaşık 140 ^{o}C olan) veya onarım için 2 bileşenli boyaları (kuruma sıcaklığı yaklaşık 80 ^{o}C olan) kullanmaktadır; genellikle her iki sistemden oluşan bir kombinasyon da kullanılmaktadır.

Kasalara uygulanan ön işlemler; temizleme, art arda yapılan durulamalarla yağ alma, durulama yoluyla çinko fosfatlama ve bunları izleyen dinlendirme ve demineralize su ile durulama şeklindedir. Ayrıca dip elektro kaplama da kurşunsuz olarak yapılır. Ultrafiltre ve demineralize su ile yapılan iki durulama prosesinin ardından şoför mahalli, yakma sonrası ünitesi olan bir kurutucuda kurutulur. Daha sonra gövde altı koruma uygulamaları olan gürültü önleyici malzeme uygulaması ve ince macun çekimi işlemleri gerçekleştirilir. Araç

gövdesi opsiyonel olarak yapılan eğeleme ve gerekli temizliğin yapılması ile boyanmaya hazır hale getirilir.

Bu işlemlerden sonra şoför mahallinin iç ve dış yüzeylerine cila çekilir ve kurutucuda kurutulur. Katman kalınlığı 25 – 30 μm arasında değişiklik gösterebilir. Ardından boya, hem otomatik hem de manuel spreyleme uygulamaları ile (elektrostatik ve pnömatik) iç ve dış yüzeylere uygulanır. Katman kalınlığı 25 – 35 μm arasında değişiklik gösterebilir. Overspreyi azaltmak için boya kabinlerinde ıslak ayırma yapılır; onarım kabinlerinde ise kuru ayırıcılar yer almaktadır. Daha sonra fırında kurutma gerçekleştirilir.

Baz katların katman kalınlıkları 10 – 20 μm olup, baz kattan sonra uygulanan verniklerinki 40 ± 5 μm'dir. Daha sonra 30 – 40 μm katman kalınlığında 1 kat son kat uygulanır.

Mevcut kamyon kasaları, yüzeyin % 90'ından fazlası katı boya son kat ve geri kalan hacmi de metalik kat olacak şekilde üretilmektedir. Kamyonetlerde ise bu oran, % 85 katı boya son kat ve geri kalan hacim metalik kat olacak şekildedir. Daimler Chrysler Düsseldorf, Almanya'da ve Ludwigsfelde, Almanya'da; MAN Steyr, Avusturya ve Münih, Almanya'da; Volvo Umea, İsveç'te; Fiat Sevel, İtalya'da; su bazlı tek katlı son katlar kabul görmekte ve uygulanmaktadır (1K yüksek derecede fırınlanmış veya 2K düşük derecede fırınlanmış). Bu uygulamanın kabul görmeye devam etmesi beklenmektedir.

Şoför mahallinin boya kaplaması için yaygın veya geleneksel olarak uygulanan sistemler şöyledir:
[8, IFARE ve CITEPA, 2002]

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 solvent içeren)
- Astar boya: Solvent bazlı (ağırlık bakımından % 50 solvent içeren)
- Son kat: Solvent bazlı katı kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); solvent bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 75 solvent içeren) ve solvent bazlı vernik (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren).

  Alternatif sistemler şöyledir:

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 solvent içeren)
- Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren)
- Son kat: Solvent bazlı katı kaplama, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren); solvent bazlı baz kat yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 65 solvent içeren); solvent bazlı vernik yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren) ve elektrostatik uygulama

  ve:

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 solvent içeren)
- Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren)
- Son kat: Su bazlı katı kaplama (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren); solvent bazlı katı kaplama, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren) (özel renkler için); su bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren); ve solvent bazlı vernik, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren) [152, ACEA, 2006].

7.2.2. Kamyon şasilerinin boya kaplamaları

[185, May, ve diğerleri, 2006]

Kamyon şasileri, elektro kaplaması veya geleneksel astar boya uygulaması yapılmış olan profillerin ve parçaların (akslar ve hava tankları gibi) montajlanmasıyla oluşturulmaktadır. Dip kaplama (e-kaplama) yöntemiyle uygulanan boyalarda % 5 – 10 oranında solvent içeren, su bazlı malzemeler kullanılmaktadır. Geleneksel astar boyalar toz boya kaplama, su bazlı (%10 – 15 solvent içeren) ve solvent bazlı (% 45 – 55 solvent içeren) astar boyalarla birlikte kullanılabilir.

Şasinin ön montaj işlemi tamamlandıktan sonra, yüzey kalitesi kontrol edilir ve astar boya ile kusurlar lokal olarak onarılır. Bazı alanlar ise kamufle edilir. Kir, yağ ve yabancı maddeleri gidermek için, manuel yolla ve lokal olarak solvent veya su bazlı temizleme işlemleri gerçekleştirilir. Ardından 1 kat son kat uygulanır ve böylece şasilerin tesis içinde nakliyesi taşıyıcı sistemle otomatik olarak yapılır. Boyut ve yapı bakımından çeşitlilik gösterdikleri için şasiler, manuel olarak boyanmaktadır. Boya öncelikle alt yüzeye, ardından da son kata uygulanır. Yüksek hacimli üretim yapılan tesislerde, şasilerin % 95'inde su bazlı (2 bileşenli) son katlar kullanılır. Özel renker için ise 2 bileşenli solvent bazlı akrilat boyalar uygulanmaktadır. Uygulanan katman kalınlığı 40 ila > 60 µm arasında değişiklik göstermektedir.

Malzeme HVLP, geleneksel, hava karışımlı ya da havasız spreyleme ile uygulanır. Islak toz toplayıcı yoluyla ve boya çamurunun otomatik olarak atılmasıyla overspreyin önüne geçilir. Boyanan şasiler kurutma işlemi için, öncelikle maksimum sıcaklığı 40 ^{o}C olan ve hava akımının az olduğu flash-off odalarına transfer edilir. Daha sonra boya, basınçlı hava veren kurutucularla 85 - 90 ^{o}C sıcaklıkta kurutulur. Kurutmanın ardından, şasiler dış ortam sıcaklığına gelene kadar soğutulur ve demask uygulaması yapılır.

Kamyon şasilerinin boya kaplamaları için yaygın veya geleneksel olarak kullanılan sistemler şunlardır:
[152, ACEA, 2006]

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 – 10 solvent içeren)
- Astar boya: Solvent bazlı (ağırlık bakımından % 45 – 55 solvent içeren); elektrostatik uygulama
- Son kat: Katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 – 55 solvent içeren); elektrostatik uygulama.

Alternatif sistemler şöyledir:

- Elektrokaplama: su bazlı (ağırlık bakımından % 5 – 10 solvent içeren)
- Onarım amaçlı astar boya: solvent bazlı (ağırlık bakımından % 45 - 55 solvent içeren)
- Son kat: katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 – 55 solvent içeren)

ve:

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 – 10 solvent içeren)
- Onarım amaçlı astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 - 13 solvent içeren)
- Son kat: Katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 – 55 solvent içeren)

ve:

- Elektrokaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 – 10 solvent içeren)
- Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 - 13 solvent içeren)
- Son kat: Su bazlı katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 8 - 13 solvent içeren); geleneksel, HVLP, hava karışımlı veya havasız uygulama.

7.2.3. Aksların boyanması

(Bkz. Bölüm 13). Kamyon ve ticari araçların aksları genellikle su bazlı boyalarla kaplanır. Emisyon azaltma önlemleri alınmadığından ya da sadece kurutucunun yakma sonrası ünitesine bağlanmasından dolayı, uygulanan solventin büyük bölümü emisyon olarak dışarı verilir.

7.3. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki mevcut tüketim ve emisyon değerleri

7.3.1. Kütle dengeleri

Bilgi sunulmamıştır.

7.3.2. Tüketim

7.3.2.1. Malzemeler

Tablo 7.1'de, yeni şoför mahallerinin boyanması için kullanılan boyalara ait spesifik tüketim değerlerine genel bir bakış verilmiştir. Tüketim farklı boya ve uygulama sistemlerine, vs. göre değişiklik göstermektedir. Söz konusu verilerin sadece bilgi amaçlı olduğu ve bu verilerin, boya sisteminin yalnızca tüketim etkinliğine dayanılarak seçileceği bir 'seçenek listesi' olmadığı unutulmamalıdır. Her tesisteki boya prosesi oldukça karmaşık olup birçok entegre adımı içine alan bütüncül bir yapı sergilemektedir: Her bir adım bir diğerini etkilemekte ve uygulama tekniklerine göre farklı rakamlar elde edilmektedir. Bu nedenle adımlar birbirinden bağımsız olarak düşünülüp seçilirse, en iyi seçeneklerin hangileri olduğu konusunda doğru karar verilmemiş olur.

Boyama malzemesi	Spesifik malzeme tüketimi (g boya/m^2)	
	Kamyon kasaları	Kamyonetler
Elektro kaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 solvent içeren)	128	128
Astar boya: Solvent bazlı (ağırlık bakımından % 50 solvent içeren)	20	24
Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren)	20	24
Son kat: Solvent bazlı katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren)	134	160
Son kat: Solvent bazlı katı boya kaplama, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren)	117	140
Son kat: Su bazlı katı boya kaplama (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren)	134	160
Son kat: solvent bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 75 solvent içeren)	122	146
Son kat: Solvent bazlı baz kat, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 65 solvent içeren)	116	139
Son kat: Su bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 15 solvent içeren)	122	146
Son kat: Solvent bazlı vernik (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren)	72	86
Son kat: Solvent bazlı vernik, yüksek katı maddeli (ağırlık bakımından % 40 solvent içeren)	63	76

Tablo 7.1: Yeni şoför mahallerinin boya kaplamasında kullanılan boyaların spesifik tüketim değerleri
[185, May, ve diğerleri, 2006]

7.3.2.2. Su

Otomobillerin boya kaplamasında olduğu gibi, kamyon kasalarının ve kamyonetlerin boyanmasındaki başlıca su kullanım alanları da şöyledir:

- Ön işlem (yağ alma)
- Konversiyon boya kaplama (fosfatlama ve dinlendirme)
- Elektro kaplama

Suyun başlıca kullanım alanı durulama işlemleridir; buharlaşmayla daha az su kaybedilmekte ve su yeni solüsyonlar elde etmede kullanılmaktadır. Su yönetim ve tasarruf teknikleri Bölüm 20'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu teknikler çok aşamalı durulama, su kullanımını minimum seviyeye indirme, suyun ve hammaddelerin geri kazanımı teknikleri kapsamaktadır. Kamyon kasalarının ve kamyonetlerin boyanması için yapılan su tüketimi 35 – 80 l/m^2 arasında değişiklik göstermektedir [185, May, ve diğerleri, 2006].

7.3.2.3. Enerji

Tablo 7.2 kamyonetlerin, kamyon şasilerinin ve şoför mahallerinin boyanmasında yapılan gaz tüketimine dair genel bir bakış açısı sunmaktadır.

	Kamyon kasalarının ve kamyonetlerin boyanması	Şasilerin boyanması
Gaz tüketimi	0.7-1 Nm^3/m^2 yüzeyi boyanmış alan	0.7-1 Nm^3/m^2 yüzeyi boyanmış alan

Tablo 7.2: Şasilerin, şoför mahallerinin ve kamyonetlerin gaz tüketimlerine genel bir bakış [185, May, ve diğerleri, 2006].

7.3.3. Emisyonlar

7.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar

Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boyanmasından kaynaklanan VOC emisyonları, otomotiv endüstrisinden kaynaklanan toplam emisyonların % 9.4'ünü oluşturmakta olup [118, ACEA, 2005], aşağıdaki nedenlerden dolayı, metrekareye düşen miktar bakımından otomobil üretimindeki boya kaplama proseslerinden daha yüksektir:

- Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının üretim hacimleri otomobillere göre daha düşüktür (genellikle 150000 – 300000 araç). Bu nedenle VOC emisyonlarının azaltılmasına yönelik yatırımlar, nispeten daha yüksek olmakta ve bu da binek otomobilleri (M1) sektörüne kıyasla, ton başına yapılan VOC azaltma maliyetinin daha yüksek olmasına yol açmaktadır.

- Yıllık üretim hacmiyle kıyaslanınca, yapılacak otomasyon yatırım maliyeti de yüksektir ve bu nedenle otomasyon azdır; işlem yapılacak alan daha fazla olup, boyanan tüm yüzeye erişim daha fazla çaba gerektirir. Bu araçların şekil ve boyutlarından kaynaklanan güçlüklerin yanı sıra yukarıda sıralananlar, M1'den daha düşük transfer verimliliğinin söz konusu olmasına ve daha yüksek emisyonların ortaya çıkmasına yol açmaktadır.
- Daha büyük boyutlu araçlar daha geniş boya kabinleri ve fırınları gerektirirler ve böylece emisyon azaltma teknikleriyle arıtılması gereken hava hacmi de daha fazla olur. Bu durum emisyon azaltma işlemlerinin ekonomiklik bakımından daha az uygulanabilir olması sonucunu beraberinde getirir.
- Binek otomobilleri için mevcut olan teknikler genellikle bu sektörde mevcut değildir ya da bu tekniklerin, araç boyutlarının büyüklüğü ve üretim hacminin düşüklüğü nedeniyle bu sektöre uyarlanmaları ancak çok yüksek maliyetlerle mümkün olabilmektedir.
- Renk skalasının daha geniş olması (300 - 800 farklı renk, şirket filolarının gereksinimleri):

  - Su bazlı sistemler çok renkli araçlar için ve çok sayıda farklı renk için mevcut değildir; veya müşteri beklentilerini karşılayamamaktadır.
  - Renk sayısı fazla olduğu için daha fazla durulama yapılır.

- Kesikli boyama sistemi uygulanamadığı için daha fazla temizlik yapılması gerekir.
- Küçük boya partileri seyrek olarak kullanılmaktadır ve bu nedenle malzemenin geri kalanı işe yaramaz hale gelmektedir.
- Bazı renkler konvertibilite gerekçesiyle daha fazla film oluşumunu gerektirir ve bu nedenle ya çok renkli astar boyaların kullanılması ya da iki kat boyama yapılması gerekir.
- Çok renkli araçlar daha çok boya kaplama yapılmasını gerektirir ve bu da daha fazla emisyonun ortaya çıkmasına yol açar.

- Daha geniş yüzey alanları hasar ve kusurlara daha açıktır ve bu nedenle daha fazla onarım gerektirir.
- Metalik boyalara olan talebin artması VOC emisyonlarını arttırır (metalik boyalar solvent bazlıdır).
- Aynı hatta boyanacak farklı türde malzemelerin/araca eklenecek parçaların olması, kullanılan teknolojileri sınırlandırmaktadır.
- Boyanacak iç alan daha fazladır (binek otomobillerine kıyasla daha az panel bulunur)

Şekil 7.1 Avrupa'daki kamyonet, kamyon, ve kamyon kasası montaj fabrikalarından kaynaklanan VOC emisyon değerlerini göstermektedir. Yüzey alanları ve emisyonlar Ek 24.5'e göre ölçülmüştür.

Şekil 7.1: Avrupa'daki birkaç kamyonet, kamyon ve kasa montaj fabrikasından kaynaklanan VOC emisyonları
[118, ACEA, 2005]

Temizleme işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar bakım, temizlik ve ikame tekniklerinde Bölüm 20.2.2, 20.9 ve 20.10'da sözü edilen iyi uygulamaların benimsenmesi ile <20 g/m^2 seviyesine indirilebilir [122, Dupont ve May, 2005].

7.3.3.2. Suya salınan emisyonlar

Bölüm 6.3.3.2'de; ön işlem, e-kaplama, boya kabinlerinin ıslak temizleme sistemleri, vs. gibi su bazlı proseslerden kaynaklanan emisyonlara dair bilgi verilmektedir. Kamyonetler, kamyonlar ve kamyon kasalarına ait spesifik veri sunulmamıştır.

7.3.3.3. Atık

Aşağıdaki atıklar şasi ve şoför mahallerinin ön işlemden sonra, elektroforik dip ile kaplanmasından ve boyanmasından kaynaklanmaktadır:

- Boya konteynırları
- Tortusundan ayrılmış, durultulmuş (dekante edilmiş) boya çamuru
- Kirlenmiş organik solventler
- Atık boyalar
- Maskeleme kağıdı (sadece şasi boyalamalarından kaynaklanan)
- Boyalı su

7.4. Kamyonet, kamyon ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bölüm 20'de kamyon ve ticari araçların boya kaplamalarında da uygulanabilecek olan teknikler ele alınmaktadır. Bölüm 20.7'de boya uygulamasına ilişkin teknikler ele alınmaktadır. Bu teknikler kamyon ve ticari araçların boya kaplamalarında da uygulanabilmektedir. Tablo 7. 3'te; Bölüm 20 ve/veya Bölüm 20.7'de tanımlanan, kamyon ve ticari araçların boya kaplamalarına ilişkin genel teknikler gösterilmektedir. Bu teknikler ele aldığımız endüstriye ilişkin bilgi geçmediği sürece, bu Bölüm'de tekrarlanmayacaktır. Her bir teknik için verilmesi planlan bilgi türü Tablo 20.1'de gösterilmektedir.

Kamyon, kamyonet ve kamyon kasalarının boya kaplamasına yönelik olan EGTEI özet belgesi (bkz. Ek-24.1.1) Avrupa çapında VOC emisyonlarının azaltılması için kullanılan tekniklerin fayda maliyetleri hakkında veri sunmaktadır. Ancak EGTEI yaklaşımı söz konusu tekniklerin karmaşık yönlerini sınırlandırmak zorundadır. Bu nedenle söz konusu özet, çapraz medya etkileri, tesislerin ve ürünlerin teknik özellikleri gibi diğer BAT faktörlerine değinmeksizin, sadece temel teknikleri vermektedir [136, EGTEI, 2005] [137, EGTEI, 2005].

Taşıt imalat endüstrisinde boya prosesi, birbirine bağlı birçok adımdan oluşan, oldukça karmaşık ve tam anlamıyla entegre bir operasyondur. Her bir adım diğer tüm adımları etkilediğinden, bir adımla ilgili verilebilecek bir karar prosesin diğer tüm adımlarını da etkileyebilir. Aynı şekilde bazı teknik kombinasyonları birbiriyle uyumlu olmayabilir. Mevcut

bir uygulama sistemi boya kaplama seçimini sınırlandırabilir. Bu nedenle BAT'ın tespiti için gereken teknikleri ele alırken, her bir adımı ayrı ayrı değerlendirmek mantıklı değildir.

Teknik	Bölüm no
Çevre yönetim araçları	20.1.1
Süregelen çevresel iyileştirme	20.1.2
Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)	20.1.3
Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu	20.2
İzleme	20.3
Solventler için kütle dengesi	20.3.1
Su yönetimi	20.4
Enerji yönetimi	20.5
Hammadde yönetimi	20.6
Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları	20.7
Kurutma	20.8
Temizleme	20.9
İkame: Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı	20.10
Atık gaz arıtımı	20.11
Atık gazların sınırlandırılması ve toplanması	20.11.2
Oksidasyon	20.11.4
Yoğunlaştırma	20.11.5
Adsorbsiyon	20.11.6
Atık su arıtımı	20.12
Atkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtılması	20.13
Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanılması	20.13.1
Tozun azaltılması	20.14
Kokunun azaltılması	20.15
Gürültünün azaltılması	20.16

Tablo 7.3: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar

7.4.1. Geleneksel solvent bazlı malzemeler

Tanım: Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.2.1. Solvent bazlı boya sistemleri şoför mahallerinde aşağıdaki şekillerde uygulanmaktadır:

- Cila: Ağırlık bakımından % 50 solvent
- 1 kat son kat: Ağırlık bakımından % 45 solvent
- Baz kat: Ağırlık bakımından % 75 solvent
- Vernik Ağırlık bakımından % 45 solvent

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Bu tür bir boya kaplama sisteminin VOC emisyon değeri, azaltma işleminden önce, 193 ila 233 VOC/$m^{2'}$ dir.

Operasyonel Veri: Metalik boyalarda baz kat ve vernik daima solvent bazlıdır. Baz katın katman kalınlığı 10 – 20 μm'ye ve bunun ardından uygulanan verniğin katman kalınlığı ise yaklaşık 40 ± 50 μm'ye ulaşmaktadır. 1 kat son katlar ise 30 – 40 μm katman kalınlığında uygulanmaktadır.

Kasalar söz konusu olduğunda, kurutuculardan çıkan atık gaz genellikle yakma sonrası ünitelerine gönderilir, boya kabininden çıkan atık gaz ise genellikle arıtılmaz (sadece bir üretim tesisinde arıtılmaktadır).

Bununla birlikte aksların boyanmasından sonra, emisyon azaltma önlemleri uygulanmadığından ya da sadece kurutucunun yakma sonrası ünitesine bağlanmasından dolayı, uygulanan solventin büyük bölümü emisyon olarak dışarı verilir.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Umea'daki (İsveç) Volvo, solventlerin geri kazanımı için yakma işlemini zeolit filtrasyonu ile birleştirmektedir. Emisyonlar kasa başına 1 kg.'dan azdır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [185, May ve diğerleri, 2006]

7.4.2. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (ikame)

7.4.2.1. Su bazlı boya sistemleri

Tanım: Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.2.3. Su bazlı boya sistemleri aşağıdaki durumlarda uygulanmaktadır:

- Elektrokaplama: Ağırlık bakımından % 8 organik solvent
- Cila/astar boya: Ağırlık bakımından % 15 organik solvent
- Baz kat: Ağırlık bakımından % 15 organik solvent.

Bu kaplamalar için ölçülen toplam emisyon değerleri son kat hariç ve herhangi bir azaltma tekniği uygulanmadan önce 31 ila 36 g VOC/m^2 aralığındadır. Şasilerin hemen hemen % 95'inde yaklaşık 25 farklı su bazlı (2 bileşenli) son kat kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Su bazlı boyaların uygulama verimlilikleri daha düşük olduğundan, bu boyaların kullanıldığı yerlerde daha fazla boya tüketileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuda şu bilgiler verilmektedir:

- Su bazlı boya kaplamalarda astar boya tüketimi, geleneksel solvent bazlı astar boyalara oranla yaklaşık % 5 daha yüksektir.
- Su bazlı boya kaplamalarda baz kat tüketimi, geleneksel solvent bazlı kaplamalara oranla yaklaşık % 10 daha yüksektir.

Operasyonel Veri: Almanya'nın Kassel şehrinde bulunan Daimler Chrysler AG fabrikası 1998'den bu yana aksların boya kaplamalarında su bazlı boyaların kullanıldığı bir tesisi işletmektedir. Alınan önlemler sayesinde yılda 160000 litre solvent salınımı engellenmektedir.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı astar boyaların ve cilaların yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılması, boya kabinlerinin ve otomatik spreyleme aletlerinin değiştirilmesini gerektirir. Bu işlemden doğabilecek masraflar fabrika yapısına göre büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Boya kabinlerini daha uzun hale getirmek için ek yer gereksinimi söz konusu olduğundan, çoğunlukla yeni bir binada yeni bir tesis kurulması gerekir.

Ekonomiklik: Sadece bir boya kabininin ve burada kullanılan otomatik spreyleme cihazlarının (örn. astar boya kabininin) değişikliğinin maliyeti 13 - 25 milyon Avro civarındadır. Yeni bir binada yeni bir tesis kurulması ise tesisin ölçeğine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; yılda 25000 kasa üreten bir tesiste 60 milyon Avro iken, yılda 50000 kamyonet üreten bir tesiste 140 milyon Avro'dur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: SED.

Örnek tesisler: Su bazlı 1 kat son katlar MAN (Münih, Almanya) ve Daimler Chrysler AG (Kassel, Almanya)'da uygulanmaktadır.

Referans Kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [8, IFARE ve CITEPA, 2002] [128, TWG, 2005] [185, May ve diğerleri, 2006]

7.4.3. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları

7.4.3.1. Elektrokaplama

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.3.4. Kullanılan tüm elektrokaplamalar (e-kaplama) su bazlıdır; organik solvent içerikleri genellikle ağırlık bakımından % 8'dir ve kurşun içermezler. Kamyon şasileri elektro kaplama dip prosesinden geçmiş olan profillerin montajlanması ile oluşturulmaktadır. Günümüzde elektro kaplama uygulamaları için daldırma tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektro kaplama, yüksek yatırım ve malzeme maliyetlerini de beraberinde getirmektedir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

7.4.3.2. Yüksek hacimli, düşük basınçlı spreyleme (HVLP)

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20. 7.3.9. Astar boya, şoför mahallinin iç ve dış kısımlarına, manuel yolla çalıştırılan HVLP spreyleme tabancaları ile uygulanmaktadır.

Kamyon şasilerinde su bazlı malzemeler HVLP spreyleme tabancaları kullanılarak uygulanmaktadır. Uygulanan katman kalınlığı 40 - 60 µm'dir. Oversprey, boya çamurunun otomatik olarak durultucuya (dekantere) iletilmesi ile ve ıslak temizleme sistemiyle engellenmektedir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

7.4.3.3. Elektrostatik atomize spreyleme prosesleri

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.3.14. 1 kat son kat: Elektrostatik spreyleme kullanılarak uygulanan, spesifik VOC emisyon değeri 60 – 72 g VOC/m^2 aralığında olan, ağırlık bakımından % 45 oranında organik solvent içeren sistemdir.

7.4.3.4. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.3.15. Cila/astar boya uygulandıktan sonra dış yüzeylere, yüksek devirli çanlar vasıtasıyla otomatik elektrostatik spreyleme yapılarak ikinci bir katman uygulanmaktadır. Katman kalınlığı 25 – 35 µm arasında değişir. Manuel boya uygulaması sadece özel siparişler için yapılır.

Solvent bazlı baz kat genellikle elektrostatik spreyleme (% 50) ve düzenli spreyleme (% 50) uygulamaları ile yapılmaktadır. Vernik de elektrostatik spreyleme kullanılarak uygulanabilmektedir.

Metalik boyalarda baz kat ve vernik solvent bazlıdır. Baz kat yaklaşık 10 - 20 µm kalınlığındadır, bunu izleyen vernik uygulaması 40 ± 5 µm'dir ve tek katmanlı son katlar 30 – 40 µm kalınlığındadır.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

7.4.3.5. Islak ayırma boya kabinleri

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.4.1. Bu kabinler yaygın olarak kullanılmaktadır.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

7.4.4. Atık gaz arıtımı

7.4.4.1. Oksidasyon

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.11.4. Elektrokaplama prosesinin sonunda durulama işlemi yapıldıktan sonra; kamyonetler, kamyonlar, kasalar ve şasiler genellikle içinde oksitleyici bulunan bir kurutucuda kurutulur.

Solvent bazlı boyaların uygulandığı durumlarda, kum boya kabinlerinin üzerindeki kurutucuda genellikle oksitleyici bulunur. Ancak, boya kabinlerinde oksitleyici ile birlikte, aktif karbon adsorpsiyonu da yer alabilir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002] [8, IFARE ve CITEPA, 2002]

Yukarıda sözü edilen emisyon azaltma önlemlerine yönelik yatırımlar, tesisin ölçeğine göre değişiklik göstermektedir.

Yıllık çalışma kapasitesi yılda 25000 araç olan bir kamyon kasası boyahanesinde, kurutuculara yakma sonrası üniteleri kurmak için gereken yatırım yaklaşık 3 milyon Avro

olup bu meblağ, boyanan araç başına 12 Avro'luk bir yatırıma denk gelmektedir. Ayrıca bu işlem, yıllık yaklaşık 300000 Avro enerji maliyeti anlamına gelmektedir. Bu rakam da boyanan araç başına yaklaşık 12 Avro'ya eşittir.

Yıllık çalışma kapasitesi yılda 50000 araç olan bir kamyonet boyahanesinde, kurutuculara yakma sonrası üniteleri kurmak için gereken yatırım yaklaşık 4 milyon Avro olup bu meblağ, boyanan araç başına 8 Avro'luk bir yatırıma denk gelmektedir. Ayrıca bu işlem, yıllık yaklaşık 400000 Avro enerji maliyeti anlamına gelmektedir. Bu rakam da boyanan araç başına yaklaşık 8 Avro'ya eşittir.
[185, May ve diğerleri, 2006]

7.4.4.2. Aktif karbona adsorpsiyon

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.11.6. Solvent bazlı boyaların kullanıldığı durumlarda, boya kabinlerinden ve kurutuculardan çıkan atık gaz ön işlemden geçirilebilir, örn. yakma sonrası ünitesinin ardından bir adsorpsiyon çarkı kullanılarak.

Yıllık çalışma kapasitesi yılda 25000 araç olan bir kamyon kasası boyahanesinde, boya kabini VOC emisyonlarının kısmen arıtımı için bir adsorpsiyon rejeneratif cihazı ve yakma sonrası ünitesi için gereken yatırım yaklaşık 12 milyon Avro olup bu meblağ, boyanan araç başına 60 Avro'luk bir yatırıma denk gelmektedir. Ayrıca bu işlem, yıllık yaklaşık 650000 Avro enerji maliyeti anlamına gelmektedir. Bu rakam da boyanan araç başına yaklaşık 26 Avro'ya eşittir.

Yıllık çalışma kapasitesi yılda 50000 araç olan bir kamyonet boyahanesinde, kurutuculara yakma sonrası üniteleri kurmak için gereken yatırım yaklaşık 15 milyon Avro olup bu meblağ, boyanan araç başına 30 Avro'luk bir yatırıma denk gelmektedir. Ayrıca bu işlem, yıllık yaklaşık 1.2 milyon Avro enerji maliyeti anlamına gelmektedir. Bu rakam da boyanan araç başına yaklaşık 24 Avro'ya eşittir.
[185, May ve diğerleri, 2006]

7.4.5. Atık su arıtımı

Aşağıdaki teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Elektro kaplama dip banyolarında ultra ve nanofiltrasyon yaygın olarak uygulanmaktadır, bkz. Bölüm 20.12.6.
- Kaskad durulama, bkz. Bölüm 20.7.5.1.
- İyon değiştirici kullanımı, bkz. Bölüm 20.7.5.2.
- Boya çamurunun sürekli atılması, bkz. Bölüm 20.7.5.6.
- Durultma (dekantasyon) sistemi, bkz. Bölüm 20.7.5.7

8. OTOBÜSLERİN BOYA KAPLAMALARI

[13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [118, ACEA, 2005] [186, May ve diğerleri, 2006]

8.1. Otobüslerin boya kaplamalarına ilişkin genel bilgi

Bu bölüm (70/156/EWG no'lu Direktif'e göre) M2 ve M3 kategorilerinde yer alan otobüs gövdelerinin ve şasilerinin boyanmasında göz önünde bulundurulan entregre çevre koruma önlemlerine işaret etmektedir. 2005 yılında AB ülkelerinde 30514 adet otobüs ve yolcu otobüsü üretilmiştir. Tüm Avrupa coğrafyasında (Rusya dahil) otobüs üreten yaklaşık 46 tesis bulunmaktadır. Otobüs üretiminden doğan iş hacmi, kamyonet ve kamyon üretiminden doğan iş hacmine dahil edilmekte ve hepsi birden ticari araç olarak adlandırılmaktadır. Bölüm 6.1'de araç yapım endüstrisi ile ve Bölüm 7.1'de de ticari araçlarla ilgili ek bilgi yer almaktadır [152, ACEA, 2006].

8.2. Otobüslerin boya kaplamalarında uygulanan prosesler ve teknikler

8.2.1. Ön işlem

Araç gövdeleri, boyamadan önce, genellikle yağ alma ve fosfatlama gibi geleneksel ön işlem proseslerinden geçmektedir. Ön işlem proseslerinden sonra, sprey uygulaması ya da dip kaplama yöntemiyle zemin kat uygulanmaktadır.

8.2.2. Zemin kaplama/dip kaplama

Bir Alman üretim tesisi araç gövdelerinin zemin kaplamasında kataforik dip kaplama tekniğini kullanmaktadır. Gres, yağ ve zımparalama artıkları ile diğer pislikleri temizlemek için, araç gövdelerinin dış yüzeyleri sıvı alkalin prosesi ile (60 ^{o}C sıcaklıkta) temizlenir. Ardından durulama yapılır.

Yüzeyi bundan sonra yapılacak olan fosfatlama işlemine hazırlamak için aktivasyon yapılır. Araç gövdelerine konversiyon tabakası uygulanması (50 – 55 ^{o}C sıcaklıkta) korozyona karşı korumayı ve daha sonra uygulanacak olan boya tabakasının tutunmasını sağlamaktadır. Fosfat tabakası çekmek için, gövde yüzeyi dinlendirilir. Gövdeler demineralize su ile dış ortam sıcaklığında birkaç kez yıkanır ve ardından kataforik dip kaplama uygulanır. Kullanılan malzeme, organik solvent içeriği ağırlık bakımından yaklaşık % 3 olan su bazlı bir malzemedir. Bu işlemlerin ardından, astarlanan gövdeler demineralize su ile otomatik ve manuel olarak durulanır ve yakma sonrası ünitesi olan bir kurutucuda 175 ^{o}C'de (alt tabaka sıcaklığı) kurutulur ve soğutma alanına nakledilir.

Kataforik dip kaplama yönteminin uygulanması ile, VOC emisyonları % 60'a varan oranlarda azaltılabilir. Bu proses 1990'da uygulanmıştır. Su bazlı malzemelerle yapılan dip kaplamanın

yanı sıra, solvent bazlı 2 bileşenli epoksi malzemeler ile yapılan spreyleme de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler yaklaşık % 40 – 50 oranında solvent içermekte ve manuel spreyleme ile uygulanmaktadır.

8.2.3. Gövde altı koruma ve ince macun çekme

Otobüs gövdeleri temizlendikten sonra iç ve dış kısımlarla gövde altına ince macun çekilir. Gövde altının korunması ancak ince macun çekilmesinden sonra mümkün olur. Gövde altı koruma malzemesi ya 2 bileşenli poliüretandan ya da suda çözünebilen lakerden oluşmaktadır. Macun çekme ve gövde altı koruma işlemleri manuel olarak uygulanmaktadır.

8.2.4. Astar boyanın uygulanması

Astar boya, yüzeyi bir sonraki son boya kaplama işlemi için hazırlar. Son katın daha iyi tutunması ve korozyonun önlenmesi için, astar boya ile pürüzler ve zemin kattaki kusurlar düzeltilir. Astar aynı zamanda otobüs yüzeyinin mekanik direncini de arttırmaktadır.

Halihazırda Almanya'da otobüslerin boya kaplamalarında yalnızca solvent bazlı astarlar kullanılmaktadır. Uygulama manuel olarak yapılmakta ve daha sonra da kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Daimler Chrysler Neu-Ulm (Almanya) fabrikasında astar boyalar, yüksek devirli çanlar ve robotlarla otomatik olarak uygulanmaktadır. Bu uygulamada, kamuflaj özelliği düşük olan renklerde iki kat son kat uygulamasının önüne geçmek için, renkli astarlar da kullanılabilmektedir.

8.2.5. Son kat uygulaması

Otobüs üretiminde değişiklik gösteren renk tasarımları kullanılması nedeniyle, farklı katman konseptleri uygulanmaktadır. Sonradan farklı marka ve motifler eklense de, tüm otobüsler aynı boyama aşamalarından geçmektedir. Bu aşamalar; ya tek katmanlı son katlardan (1 kat son kat) ya da son kat ve vernik içeren çift katmanlı son katlardan oluşmaktadır. Kamuflaj özelliği düşük olan renkler (sarı ve kırmızı gibi) için, iki katman uygulanmakta ve son katlar manuel olarak atılmaktadır. Eğer renkli astarlar kullanılırsa buna gerek yoktur.

Tüm renkler su bazlı olarak mevcut olmadığından, halihazırda özellikle solvent bazlı son katlar uygulanmaktadır. Marka ve diğer motiflerin uygulanması için, folyo kaplamalar kullanılmaktadır. Her ne kadar folyo kaplamalar boya tüketimini azaltsa da, solvent içerikli yapışkanlar kullanıldığından, folyo kullanımı VOC emisyonlarını azaltmamaktadır. Otobüs boyama prosesleri manuel olarak yapılmaktadır ve bu da toz boya kaplamaların kullanımını sınırlandırmaktadır.

8.2.6. Kavite giderme

Korozyona karşı koruma sağlamak için, gövde yapısındaki kaviteli yüzeyler vaks uygulamasıyla düzeltilmelidir. Yaklaşık % 60 oranında solvent içeren solvent bazlı vaks, kavite giderici olarak kullanılmaktadır.

8.2.7. Alternatif sistemler ve emisyon azaltma teknikleri

Otobüslerin boya kaplamaları bazı durumlarda su bazlı boyalarla yapılmaktadır (kataforik dip kaplama ve gövde altı koruma). Bir istisna hariç, su bazlı boyalar son kat olarak kullanılmamaktadır. Sadece bir tesiste, şehir içi otobüsler tamamıyla su bazlı boyalarla boyanmaktadır. Toz boya kaplama hala, otobüslerin seri olarak boyanmasında kullanılmamaktadır. Öncelikli emisyon azaltma önlemleri, otobüslerin boyanması işlemlerinde hala sınırlı düzeyde uygulanmaktadır (manuel uygulama, küçük hacimli partiler ve özel müşteri gereksinimleri gibi nedenlerle).

Emisyonların azaltılması için, sadece kurutuculardan çıkan atık gazların arıtılmasında yakma sonrası ünitelerinin kullanılması gibi boru sonu önlemlerinden yararlanılmaktadır. Böylece, az miktarda VOC emisyonu toplanmakta ve arıtılmaktadır. Ancak, hem boya kabinlerinden hem de kurutuculardan çıkan atık gazların arıtımı için aktif karbona adsorpsiyonun ve yakma sonrası ünitelerinin birlikte kullanımı gibi daha etkin emisyon azaltma önlemlerinin kullanıldığına dair bilgi yoktur.

8.2.8. Otobüs boya kaplama tesislerine örnekler

Otobüs boya kaplama tesislerine dair örnekler arasında Almanya'nın Mannheim ve Neu-Ulm şehirlerindeki Daimler Chrysler AG verilebilir. Bu tesislerin üretim kapasiteleri sırasıyla yılda yaklaşık 2500 – 3000 otobüse denk gelmektedir. Mannheim'da şehir içi otobüslerin ve tur otobüslerinin (yolcu otobüslerinin) gövdeleri üretilmekte ve bu otobüslerin zeminleri kataforik dip kaplama ile boyanmaktadır.

Dip kaplamaları yapıldıktan sonra tur otobüsleri, Neu-Ulm'a transfer edilmekte ve burada sıcak su ile yıkandıktan sonra kurutulmaktadır. Ardından boya kaplama yapılmaktadır. Her iki tesiste de boyama işlem adımları benzerlik göstermektedir. Öncelikli olarak sprey uygulaması gerçekleştirilmektedir. Gövde altı koruma için, su bazlı 2 bileşenli epoksi reçinesi kullanılır. Pürüzsüz bir yüzey elde etmek için araç gövdeleri, parçalar takıldıktan sonra cilalanır ve zımparalanır. Daha sonra, su ya da solvent bazlı astar boya (2 bileşenli epoksi) uygulanır ve tekrar zımparalama yapılır. Boya kabininde akrilik astar boya gövdeye püskürtülür. Malzeme 90 ^{o}C'de kurutulur. Tekrar zımparalamanın ardından, son kat (2 bileşenli malzeme) ve sonra da vernik sprey ile uygulanır. 6000'den fazla renkte baz kat bulunmaktadır. Otobüsler tüm marka etiketlerinin ve motiflerin uygulanması işlemi tamamlanana kadar, boya kabinlerinden ve kurutuculardan 15 kez geçer. Resim ve etiketler sprey, havalı püskürtme (airbrush) ya da folyo kaplama ile uygulanır.

Emisyonların azaltılması için ikincil önlemlerin hiç uygulanmadığı durumlar da vardır, ancak genellikle kurutma fırınlarından çıkan atık gazlara termal oksidasyon uygulanır.

Manheim'deki DaimlerChrysler AG fabrikasında özel bir uygulama söz konusudur. Bu fabrikada yapısal gürültüyü azaltmak için poliüretan malzeme kullanılmaktadır. Bu malzeme genellikle, yaklaşık % 65 solvent içeren solvent bazlı yapışkanlarla bağlanan gürültü azaltıcı PVC matların yerine kullanılmaktadır. Poliüretan malzeme araç gövdesine spreyle 3 – 8 mm kalınlığında uygulanmaktadır. Bu uygulama, kaza oranını azalttığı ve VOC salınımını ortadan kaldırdığı için, aynı zamanda iş sağlığına da katkıda bulunmaktadır.

Otobüslerin iç kısmına gürültü önleyici prosesler uygulanmaktadır. Ardından alternatif zemin kaplayıcı olarak 2 bileşenli poliüretan malzeme döşenmektedir. Genellikle, şehir içi otobüslerde PVC zemin kaplamalar kullanılmaktadır. Bu malzeme uygun ölçülerde kesilip solvent bazlı yapışkanlar yoluyla yapıştırılmaktadır. Buna alternatif olarak, solvent içermeyen poliüretan malzeme, havasız sprey ile uygulanmaktadır. Bu teknik 145 otobüste uygulanmıştır (2002). Daha önce kullanılan PVC kaplamalardan farklı olarak poliüretan yüzeyde, su geçirme ihtimali olan birleşim yerleri yoktur ve bu nedenle araç gövdesinde korozyon oluşması ihtimali ortadan kalkar.

Tur otobüsleri için farklı zemin kaplama yöntemleri uygulanmaktadır; bu malzemeler dağılabilen yapışkanlarla kısmen yapıştırılır. Ayrıca, çift taraflı yapışkan folyolar da kullanılmaktadır.

Özetle, uygulanan en yaygın teknikler şunlardır [8, IFARE ve CITEPA, 2002] [138, EGTEI, 2005]:

- Elektro kaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 solvent içeren)
- Astar boya: Solvent bazlı (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); elektrostatik uygulama
- Son kat: Yüksek katı maddeli boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); elektrostatik uygulama, solvent bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 75 solvent içeren); pnömatik uygulama (% 50) ve elektrostatik uygulama (% 50), solvent bazlı vernik (%45 solvent içeren); elektrostatik uygulama.

Daha seyrek olarak uygulanan alternatif sistemler şunlardır:

- Elektro kaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 solvent içeren)
- Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 solvent içeren); elektrostatik uygulama
- Son kat: Yüksek katı maddeli boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); pnömatik uygulama; solvent bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 75 solvent içeren), pnömatik uygulama; solvent bazlı vernik (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); pnömatik uygulama.

ve:

- Elektro kaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 solvent içeren)
- Astar boya: Solvent bazlı (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); elektrostatik uygulama
- Son kat: Yüksek katı maddeli boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); pnömatik uygulama, su bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 13 solvent içeren); pnömatik uygulama; solvent bazlı vernik (% 45 solvent içeren); pnömatik uygulama.

ve:

- Elektro kaplama: Su bazlı (ağırlık bakımından % 5 solvent içeren)
- Astar boya: Su bazlı (ağırlık bakımından % 8 solvent içeren); elektrostatik uygulama
- Son kat: Yüksek katı maddeli boya kaplama (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); pnömatik uygulama, su bazlı baz kat (ağırlık bakımından % 13 solvent içeren);

pnömatik uygulama, solvent bazlı vernik (ağırlık bakımından % 45 solvent içeren); pnömatik uygulama.

Emisyonların azaltılması içşn alternatif olarak, hava basıncı azaltılmış sprey boyama operasyonları kullanılmaktadır. Genellikle elektrostatik uygulamalar yalnızca astar boya uygulamasında kullanılmaktadır.

8.3. Otobüslerin boya kaplamalarındaki mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri

[13, DFIU ve IFARE, 2002]

8.3.1. Kütle dengeleri

Bilgi verilmemiştir.

8.3.2. Tüketim seviyeleri

8.3.2.1. Malzemeler

Normalde otobüs başına yaklaşık 200 m^2 yüzey boyanmaktadır. Tablo 8.1 ayrı boya kaplama katmanları için geçerli olan spesifik malzeme tüketimini göstermektedir.

Malzeme (ağırlık bakımından %)	**Spesifik malzeme tüketimi (g boya/m^2)**
Katoforik dip kaplama, su bazlı malzeme, % 3 - 4 organik solvent	120-135
İnce macun çekme ve gövde altı koruma (su bazlı, manuel uygulama)	Veri sunulmamıştır
Astar boya (solvent bazlı: % 45 organik solvent, manuel uygulama)	18-22
Astar boya (su bazlı: % 8 organik solvent, manuel uygulama)	22-26
1 kat son kat (solvent bazlı: % 45 organik solvent, manuel uygulama)	10-40
Baz kat (solvent bazlı: % 75 organik solvent, manuel uygulama)	90-100
Baz kat (su bazlı: % 13 organik solvent, manuel uygulama)	100-110
Vernik (solvent bazlı: % 45 organik solvent, manuel uygulama)	50-65

Tablo 8.1: Farklı katmanlar için spesifik malzeme tüketimleri
[57, Rentz ve diğerleri, 1999]

8.3.2.2. Su

Otomobillerin, kamyonetlerin, kamyonların ve kasaların boya kaplamalarında olduğu gibi; otobüslerin boya kaplamasındaki başlıca su kullanım alanları da şöyledir:

- Ön işlem (yağ alma)
- Konversiyon boya kaplama (fosfatlama ve dinlendirme)
- Elektro kaplama

Suyun birincil kullanım alanı durulama aşamalarıdır; buharlaşma ile daha az su kaybedilir ve ayrıca yeni solüsyonlar elde etmek için de daha az su kullanılır. Su yönetim ve tasarruf teknikleri Bölüm 20'de ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu teknikler çok aşamalı durulama, su kullanımını minimum seviyeye indirme, su ve hammaddeyi geri kazanma tekniklerini kapsamaktadır.

8.3.2.3. Enerji

En yüksek enerji gereksinimi, tıpkı binek otomobillerinin seri olarak boyanmasında olduğu gibi, boya kabinlerinin ve kurutucuların ısıtılmasından kaynaklanmaktadır. Enerji gereksinimine dair veri sunulmamıştır.

Boya kabini ısı tüketimi: 1200 – 1400 kW, elektrik enerjisi 150-179 kW.
Fırın: Isı kapasitesi 500-700 kW, elektrik enerjisi 45 kW.

8.3.3. Emisyonlar

8.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar

Otobüslerin boyanmasından kaynaklanan VOC emisyonları, otomotiv endüstrisindeki toplam emisyon hacminin % 0.6'sını oluşturmaktadır [118, ACEA, 2005] ve kamyonlarda geçerli olan nedenlerden ötürü (bkz. Bölüm 7.3.3.1), binek otomobillerinin seri olarak boyanmasından kaynaklanan emisyonlara kıyasla, otobüslerde metrekare'ye düşen emisyon hacmi daha fazladır.

Bölüm 8.2.8'de verilen fabrikalarda, kurutuculardan çıkan atık gazlara yönelik emisyonların azaltılmasına dair herhangi bir önlem alınmadan ortaya çıkan VOC emisyonları, yaklaşık 225 g/m^2'ye ulaşmaktadır. Avrupa'daki birkaç otobüs fabrikasına ait VOC emisyon değerleri Şekil 8.1'de verilmiştir:

Şekil 8.1: Avrupa'daki birkaç otobüs montaj fabrikasına ait VOC emisyonları [118, ACEA, 2005]

Temizleme işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar; Bölüm 20.2.2, 20.9 ve 20.10'da yer alan bakım, temizlik ve ikame tekniklerindeki iyi uygulamalar yoluyla < 20 g/m^2'ye kadar azaltılabilir [122, Dupont ve May, 2005].

Overspreyden kaynaklanan toz emisyonları çoğunlukla 3 mg/m^3'den daha azdır.

8.3.3.2. Suya salınan emisyonlar

Overspreyden kaynaklanan boya zerreciklerini yakalamak için boya kabinlerinde genellikle venturi ovalayıcılar bulunur. Ortaya çıkan boya çamuru enerji geri kazanımı için kullanılabilir.

8.3.3.3. Atık

Overspreyden kaynaklanan boya çamurları atılmakta ve enerji geri kazanımı için yakılabilmektedir. Aletleri ve boya kabinlerini temizlemek için kullanılan organik solventler genellikle (dışarıda) geri dönüştürülür veya atılır ya da enerji geri kazanımı için yakılır.

8.4. Otobüslerin boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bölüm 20'de otobüslerin boya kaplamalarında uygulanabilecek olan teknikler ele alınmaktadır. Bölüm 20.7'de boya uygulamasına ilişkin teknikler ele alınmaktadır. Bu teknikler otobüslerin boya kaplamalarında da uygulanabilmektedir. Tablo 8. 2'de; Bölüm 20 ve/veya Bölüm 20.7'de tanımlanan, otobüslerin boyanmasına ilişkin genel teknikler

gösterilmektedir. Bu teknikler ele aldığımız endüstriye ilişkin bilgi geçmediği sürece, bu Bölümde tekrarlanmayacaktır. Her bir teknik için verilmesi planlan bilgi türü Tablo 20.1'de gösterilmektedir.

Otobüslerin boya kaplamasına yönelik olan EGTEI özet belgesi (bkz. Ek-24.1.1) Avrupa çapında VOC emisyonlarını azaltmak için kullanılan tekniklerin fayda maliyetleri hakkında veri sunmaktadır. Ancak EGTEI yaklaşımı söz konusu tekniklerin karmaşık yönlerini sınırlandırmak zorundadır. Bu nedenle söz konusu özet, çapraz medya etkileri, tesislerin ve ürünlerin teknik özellikleri gibi diğer BAT faktörlerine değinmeksizin sadece temel teknikleri vermektedir [138, EGTEI, 2005].

Taşıt imalat endüstrisinde boya prosesi, birbirine bağlı birçok adımdan oluşan, oldukça karmaşık ve tam anlamıyla entegre bir operasyondur. Her bir adım diğer tüm adımları etkilediğinden, bir adımla ilgili verilebilecek bir karar, prosesin diğer tüm adımlarını da etkileyebilir. Aynı şekilde bazı teknik kombinasyonları birbiriyle uyumlu olmayabilir. Mevcut bir uygulama sistemi boya kaplama seçimini sınırlandırabilir. Bu nedenle BAT'ın tespiti için gereken teknikleri ele alırken, her bir adımı ayrı ayrı değerlendirmek mantıklı değildir.

Teknik	Bölüm no
Çevre yönetim araçları	20.1.1
Süregelen çevresel iyileştirme	20.1.2
Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)	20.1.3
Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu	20.2
İzleme	20.3
Solventler için kütle dengesi	20.3.1
Su yönetimi	20.4
Enerji yönetimi	20.5
Hammadde yönetimi	20.6
Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları	20.7
Kurutma	20.8
Temizleme	20.9
İkame: Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı	20.10
Atık gaz arıtımı	20.11
Atık gazların sınırlandırılması ve toplanması	20.11.2
Oksidasyon	20.11.4
Yoğunlaştırma	20.11.5
Adsorbsiyon	20.11.6
Atık su arıtımı	20.12
Atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtımı	20.13
Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanılması	20.13.1
Tozun azaltılması	20.14
Kokunun azaltılması	20.15
Gürültünün azaltılması	20.16

Tablo 8.2: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar

8.4.1. Geleneksel solvent bazlı malzemeler

Tanım: Geleneksel solvent bazlı boyaların solvent içerikleri ağırlık bakımından şöyledir: Astar boyalar için % 45, 1 kat son katlar için % 45, baz katlar için % 75 ve vernikler için % 45. Uygulama manuel olarak veya tabanca ile yapılmaktadır. Genellikle kurutuculardan çıkan

atık gazlardaki solventler, tesisin iş hacmine ve emisyon seviyelerine bağlı olarak, azaltılmakta veya bertaraf edilmektedir, bkz. Bölüm 20.11.

Çevresel faydalar: Su bazlı boya sistemleriyle kıyaslandığında, doğrudan enerji gereksinimi daha azdır (su bazlı boya kaplamalarda bu oran 1100 MJ/araç iken solvent bazlılarda 990 MJ/araç'tır). Bunun nedeni solvent bazlı sistemlerin klimatizasyonunun daha iyi olması ve flash-off sürelerinin daha kısa olmasıdır. Ancak sözü edilen enerji miktarı atık gazlardaki solventlerin azaltılması için tüketilen enerjiyi kapsamamaktadır.

Çapraz medya etkileri: Bölüm 8.2.8'de verilen fabrikalarda, kurutuculardan çıkan atık gazlara yönelik emisyonların azaltılmasına dair herhangi bir önlem alınmadan ortaya çıkan VOC emisyonları, yaklaşık 225 g/m^2'ye ulaşmaktadır.

Operasyonel veri: Kurutma süreleri su bazlı sistemlerdekine oranla daha kısadır, bu nedenle küçük alanlarda, azalan fırınlama süreleri sayesinde, daha yüksek hat hızları elde edilebilir. Solvent bazlı sistemler daha geniş bir sıcaklık ve nem aralığında kullanılabilir. Paslanmaz çelik ekipmanı gerekli değildir.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı boyalar boyama işleminin her safhasında (astar boya, katı son kat, baz kat, vernik, onarım), metal ve plastik yüzeylerde kullanılabilir. Bu boyalar alan ve maliyet bakımından alternatiflerinin kullanılmasının ve malzeme değişikliklerinin teknik olarak mümkün olmadığı yeni ve mevcut boyahanelerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Mevcut ve belli başlı yeni boyahanelerdeki ekonomik ve teknik kısıtlamalar, solvent bazlı malzemelerin belirli aktiviteler için tercih edilmesini sağlayabilir. Artan kalite hedefleri de solvent bazlı malzemelerin kullanımını teşvik etmektedir.

Örnek tesisler: Daimler Chrysler Mannheim, Daimler Chrysler Neu-Ulm, Almanya.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [186, May ve diğerleri, 2006]

8.4.2. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılması (ikame)

8.4.2.1. Su bazlı boya sistemleri

Tanım: Genel tanım için, bkz. Bölüm 20.7.2.3. Aşağıdaki su bazlı boya sistemleri otobüslerin boya kaplamalarında kullanılmaktadır:

- Elektro kaplama: Ağırlık bakımından % 3 - 4
- Astar boya: Ağırlık bakımından % 8 solvent içeren
- Baz kat: Ağırlık bakımından % 13 solvent içeren.

Çevresel faydalar: VOC kullanımında ve emisyonlarında önemli ölçüde azalma sağlanabilmektedir. Elektro kaplama ve astar boya uygulaması ortadan kaldırılabilmekte ve bu da solvent emisyonlarında 90 – 130 g/m$^{2'}$ye varan düşüşleri beraberinde getirmektedir.

Çapraz medya etkileri: Zımparalama operasyonu sırasında ortaya çıkan toz emisyonları nedeniyle, kurşun içeren elektro kaplama kullanılmamalıdır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bir tek istisna dışında, su bazlı boyalar son kat olarak uygulanmamaktadır ve sadece bir tesiste şehir içi otobüsler tamamıyla su bazlı boyalarla boyanmaktadır.

Ekonomiklik: Elektro kaplama prosesi, sadece üretim hacmi çok yüksek olan (>5000 otobüs) tesisler için ekonomik bakımdan uygulanabilir niteliktedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Daimler Chrysler, Mannheim, Almanya; Iveco, İtalya.

Referans Kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [186, May ve diğerleri, 2006]

8.4.2.2. Yüksek katı maddeli boyalar

Tanım: Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.7.2.2. Yüksek katı maddeli boyalar sadece 1 kat son katlarda uygulanmakta ve ağırlık bakımından % 40 oranında solvent içermektedirler. Ağırlık bakımından % 45 oranında solvent içeren normal son katlardan pek farkları yoktur.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [186, May ve diğerleri, 2006]

8.4.3. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları

Otobüslere sprey boya uygulaması, pnömatik ve elektrostatik spreyleme teknikleri ile manuel olarak yapılmaktadır. Elektrostatik spreyleme yalnızca astar boya için uygulanmaktadır.

Ancak, aşağıdaki spreyleme teknik ve ekipmanlarından hangilerinin uygulandığına dair daha fazla bilgi mevcut değildir:

- Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme, bkz Bölüm 20.7.3.8
- Yüksek hacimli alçak basınçlı spreyleme (HVLP), bkz Bölüm 20.7.3.9
- Elektrostatik atomize spreyleme prosesleri, bkz Bölüm 20.7.3.14
- Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar, bkz Bölüm 20.7.3.15
- Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme, bkz Bölüm 20.7.3.17
- Islak ayırma prosesli boya kabini, , bkz Bölüm 20.7.4.1
- Boya kabinlerindeki su emülsiyon teknikleri, , bkz Bölüm 20.7.4.3

8.4.3.1. Elektro kaplama (e-kaplama)

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.4. Kullanılan tüm elektro kaplamalar su bazlıdır; organik solvent içerikleri ise genellikle ağırlık bakımından % 3 – 4'tür.

Çevresel faydalar: Gövde yüzeyine bağlı olarak, tipik spesifik VOC emisyon değerleri 6 -7 $gVOC/m^2$ aralığındadır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Elektro kaplamanın avantajları istikrarlı ve tam bir kaplama sağlaması (kavitelerde dahi), köşelerde akıntı yapmaması, verimliliğinin yüksek olması ve tam otomatik proseslere uygun olmasıdır. Dezavantajı ise bu uygulamanın, boya tanklarının bakımının çok sıkı bir şekilde yapılmasını gerektirmesidir. Ayrıca kalite güvencesi ile ilgili dezavantajlar da söz konusudur.

Uygulanabilirlik: Günümüzde elektro kaplama otomobillerin, kamyonetlerin ve kamyonların boya kaplamasında yaygın olarak kullanılmakta olup, sadece az sayıda otobüs montaj fabrikasında uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Elektro kaplama yüksek yatırım ve malzeme maliyetini beraberinde getirmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Daimler Chrysler Mannheim, Almanya; Iveco, İtalya.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [186, May ve diğerleri, 2006]

13. DİĞER METAL YÜZEYLERİN BOYA KAPLAMALARI

13.1. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları hakkında genel bilgi

Çok sayıda metal yüzey korozyon önlemeye ve/veya dekorasyona yönelik olarak boya ile kaplanmaktadır. Bu metaller tamamlanmış ürünlerde (temizlik makineleri gibi) ya da taşıtların motor blokları gibi diğer ürünlerin parçaları olan alt tertibattlarda kullanılan metallerdir. Bu metallerden tek tek ayrıntılı olarak söz edilmeyecek, fakat örnek veriler sunulacaktır. Örneklerden bazıları şöyledir:

- Çelik mobilyalar, örn.
    - Ticari kullanım, hastaneler, vs. için mobilya ve teçhizat.
- Ev aletleri, örn.
    - Beyaz eşyalar: buzdolabı, çamaşır makinesi, vs.
- Mekanik, mühendislik aksamları, kabinler, örn.
    - Yüksek voltajlı kumanda mekanizmaları
- Otomotiv alt tertibatları, örn.
    - Motor blokları
    - Cam silecek tertibatı
    - Radyatörler
    - Fren diskleri
    - Alümiyum jant telleri
- İnşaat, örn.
    - Cephe panelleri
    - Kapı ve pencere çerçeveleri
    - Isı panelleri, radyatörler.

Yukarıda sözü edilenler SED'de 'diğer kaplamalar' olarak sınıflandırılan aktivitelerdir [123, EC, 1999]. Boyaların endüstriyel amaçlı olarak uygulanmasına yönelik olan EGTEI verilerinde üç alt gruptan söz edilmektedir [142, EGTEI, 2005]:

- Genel endüstri: Ticari kaplamalar, genel mühendislik ekipmanları, endüstriyel ekipmanlar, orijinal ekipmanlar, ağır mühendislik ve ACE (bkz. Bölüm 10), havacılık ve uzay ekipmanları (bkz. Bölüm 12)
- Kesintisiz prosesler: Mobilya, sert metal ambalajlar ve variller (bkz. Bölüm 15'in bölümleri),
- Plastik kaplama: Plastik ve otomotiv OEM aksamları (bkz. Bölüm 16)

13.2. Uygulanan proses ve teknikler

Bölüm 20'deki tekniklerden herhangi biri uygulanabilir.

13.3. Mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri

Bu aktiviteler solvent içeren boyalardan, tiner ve temizleme solventlerinden dolayı, NMVOC açığa çıkmasına yol açmaktadır. Bu sektördeki NMVOC emisyonları ülkeden ülkeye büyük oranda değişiklik gösterebilir. 2000 yılında 25 AB ülkesinde (RAINS modeline göre), sektöre ait NMVOC emisyonları 543.8 kt değerinde olup, toplam NMVOC emisyonlarının % 5.9'una karşılık gelmektedir. Toplam aktivite 1601 kt boya kullanımını kapsamaktadır. Bu kullanımdan kaynaklanan ortalama emisyon faktörü yaklaşık 339.6 g NMVOC/kg tüketilen boyadır. Bu da söz konusu sektörden kaynaklanan emisyonların 25 AB ülkesinde kısmen arıtılmakta olduğunu göstermektedir (azaltılmayan emisyon faktörü alt sektöre göre, 690 ve 750 g/kg boya aralığında değişmektedir) [142, EGTEI, 2005].

Bu endüstri grubunun kapsamı çok geniş olduğundan, tüketim ve emisyon değerlerine ilişkin ayrıntılı bilgi vermek mümkün değildir. İlgili tüketim ve emisyon aşağıdakilere bağlı olarak değişiklik göstermektedir:

- Uygulanan proses
- Uygulanan boru sonu arıtma işlemleri
- Ürünler
- Üretim hacmi

Genel bilgiye ve uygun tekniklere Bölüm 20'den ulaşılabilir.

13.4. Diğer metal yüzeylerin seri olarak boyanmasındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bölüm 20'de diğer metal yüzeylerin seri olarak boyanmasında da uygulanabilecek teknikler ele alınmaktadır. Bölüm 20.7'de boya uygulamasına ilişkin teknikler ele alınmaktadır. Bu teknikler aynı zamanda diğer metal yüzeylerin seri olarak boyanmasında da uygulanabilmektedir. Tablo 13.1'de, Bölüm 20 ve/veya Bölüm 20.7'de açıklanan, diğer metal yüzeylerin seri olarak boyanması ile ilgili genel teknikler gösterilmektedir. Bu teknikler, metal endüstrisine ilişkin bilgi geçmediği sürece bu Bölüm'de tekrarlanmayacaktır. Her bir teknik için verilmesi planlan bilgi türü Tablo 20.1'de gösterilmektedir.

Boyaların endüstriyel amaçlı olarak kullanımına dair EGTEI özet belgesi (bkz. Ek-24.1.1) Avrupa çapında VOC emisyonlarını azaltmak için kullanılan tekniklerin fayda maliyetleri hakkında veri sunmaktadır. Ancak EGTEI yaklaşımı söz konusu tekniklerin karmaşık yönlerini sınırlandırmak zorundadır. Bu nedenle söz konusu özet; çapraz medya etkileri, tesislerin ve ürünlerin teknik özellikleri gibi diğer BAT faktörlerine değinmeksizin, sadece temel teknikleri vermektedir [142, EGTEI, 2005].

Teknik	Bölüm no
Çevre yönetim araçları	20.1.1
Süregelen çevresel iyileştirme	20.1.2
Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)	20.1.3
Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu	20.2
İzleme	20.3
Solventler için kütle dengesi	20.3.1
Su yönetimi	20.4
Enerji yönetimi	20.5
Hammadde yönetimi	20.6
Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları	20.7
Kuruma	20.8
Temizleme	20.9
İkame: Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı	20.10
Atık gaz arıtımı	20.11
Atık gazların sınırlandırılması ve toplanması	20.11.2
Oksidasyon	20.11.4
Yoğunlaştırma	20.11.5
Adsorbsiyon	20.11.6
Atık su arıtımı	20.12
Aıtkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtımı	20.13
Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanılması	20.13.1
Tozun azaltılması	20.14
Kokunun azaltılması	20.15
Gürültünün azaltılması	20.16

Tablo 13.1: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar

13.4.1. Alüminyum jant tellerinin/jantların boyanması için yeni çoklu boya kaplama sistemleri

Tanım: Alüminyum jantların yapıldığı yeni bir üretim tesisinde aşağıdaki işlemler yapılmaktadır:

- Ön işlemde kromun (VI) yerine ağır metal içermeyen bir sistemin kullanımı
- Solvent bazlı boya yerine toz boya (akrilik reçine) kullanımı
- VOC emisyonlarının azaltılması için, solvent bazlı metalik boya yerine su bazlı metalik boya kullanımı

Seçilen proses bunların yanı sıra, müşterinin kalite standartlarına, yüksek teknik standartlara uygun ve ekonomik olarak da optimum nitelikte olmalıdır.

Çevresel faydalar: Bu tekniğin faydaları şöyle sıralanabilir: (bkz. Şekil 13.1)

- Krom (VI) kullanımı son bulur.
- Metalik katman elde edilmesi için su bazlı boyanın yüksek devirli çanlar ve HVLP ile birlikte uygulanması, % 80'e varan uygulama verimliliğini de beraberinde getirmektedir.
- Baz katman için toz boyamanın uygulanmasında, % 98'e varan uygulama verimliliği elde edilmiştir.

- Akrilik bazlı toz boyamanın son kata uygulanmasında ise, % 98'e varan uygulama verimliliği elde edilmiştir.
- VOC emisyonları yaklaşık % 94 oranında azaltılmıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bkz. Tablo 13.2 ve Tablo 13.3

		Geleneksel Proses		Yeni Proses	
		Boya tüketimi	Katı madde uygulaması	Boya tüketimi	Katı madde uygulaması
Boya kaplama / temel katman	Temel toz boya	80 – 100 g		80 – 100 g	
	Uygulama verimliliği	% 98		% 98	
Metalik temel katman	Solvent bazlı ıslak boya	<60 g	12.5 g (yaklaşık)	--	--
	Su bazlı ıslak boya	--	--	35 gram	<10 gram
	Uygulama etkinliği	% 50 – 60		% 80	
Vernik kaplama	Solvent bazlı vernik	<60 g	15 g	--	--
	Toz boya	--	--	45 g	
	Uygulama verimliliği	% 50 – 60		% 98	

Tablo 13.2: Boyanan alüminyum jant başına düşen kaynak girdisi/tüketimi

	Geleneksel proses	Yeni proses	Açıklamalar
Boya kaplama / temel katman			
Atık toz boya	<2.5 t/yıl	<2.5 t/yıl	Üretim zinciri yoktur, çünkü ayın proses adımı kullanılır.
Metalik temel katman			
VOC	37 t/yıl (yaklaşık)	4 t/yıl (yaklaşık)	Su bazlı boya kaplama ile % 90 civarında azaltma.
Atık sudaki katı madde	8 t/yıl (yaklaşık)	2 t/yıl (yaklaşık)	Tehlikeli maddelerin azaltılması ve yerine daha az zararlı olanların kullanılması, Cr (VI)
Vernik kaplama			
VOC	29 t/yıl (yaklaşık)	0 t/yıl	Yaklaşık % 100 azaltma
Atık sudaki katı madde	20 t/yıl (yaklaşık)	--	Yaklaşık % 100 azaltma
Atık toz boya		1 t/yıl (yaklaşık)	Yeni atık

Tablo 13.3: 1 milyon jant/yıl'a ilişkin emisyonlar

Uygulanabilirlik: Yeni tesislerde uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik: Yeni tesis için gereken sermaye yatırımı 3.975 milyon Avro'dur. Yüksek düzeyde otomasyon kullanılmasını ve kontrollü, minimum kalınlıkta katman elde edilmesini sağladığı için, prosesin ekonomik bir şekilde işlendiği söylenebilir.

Şekil 13.1: Solvent bazlı vernik kullanımı ile toz vernik kullanımının karşılaştırılması

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: 1999/13/EG no'lu Solvent Emisyonları Direktifi

Örnek tesisler: BBS Kraftfahrzuegtechnik AG, Almanya.

Referans kaynakçası: [105, UBA Almanya, 2002]

16. PLASTİK PARÇALARIN BOYA KAPLAMALARI

[13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004, 171, May, 2006]

16.1. Plastik parçaların boya kaplamaları hakkında genel bilgi

Modern ürünlerin büyük bir çoğunluğunda plastik parçalar yer almaktadır. Bu parçaların büyük bölümü kalıba dökme işleminden sonraki halleriyle kullanılmakta ve boyama gerektirmemektedir. Bu endüstrideki boyaların yaklaşık % 75'i genellikle araçların plastik parçalarına uygulanmaktadır. Bu parçaların en önemlileri tamponlar, jant kapakları ve direksiyon simitleridir. Geri kalan % 25'i oluşturan boya ise, televizyonların, ses sistemlerinin (hi-fi) ve bilgisayar parçalarının boyanmasında kullanılmaktadır.

Taşıt endüstrisi için boyanan plastik parçalar arasında; parça tedarikçileri ve taşıt üreticileri (taşıt üretim hattında veya farklı boyama hatlarında) tarafından boyanan parçalar yer almaktadır. Otomobil gövdesine entegre edilen plastik parçaların renklerinin otomobil ile uyum içinde olması gerekir. Günümüzde otomotiv sektöründe renk tasarımına gittikçe daha fazla önem verilmektedir. İç dekorasyon, direksiyon simidinin ön panelle veya iç kısımlarla uyumu örnek olarak verilebilir. Otomobil gövdeleri ve parçaları çoğunlukla farklı tesislerde, farklı araçlar ve/veya kaplama malzemeleri kullanılarak boyanabilir ve bunlar arasında renk uyumunun yakalanması oldukça önemlidir.

Son yıllarda, taşıt parçalarını tedarik eden endüstrilerde geri dönüştürülebilir plastik kullanımının artması nedeniyle, polyolefinlerin kullanımı da büyük ölçüde artmıştır. Polyolefinler kutupsuzdur ve bu malzemelerin yüzeye gerektiği gibi tutunabilmesi için, yüzey hazırlık işlemleri yapılması gerekmektedir.

Plastiklerin genellikle belli başlı temel özellikleri vardır ve bu özellikler, uygulanabilecek yüzey hazırlığını ve bunun uygulanma prosesini etkilemektedir. Plastiklerin bazı temel özellikleri şunlardır:

- Mekanik veya termal strese karşı direnç
- Kimyasal direnç
- Elektrik yalıtkan
- Metal yüzeylere kıyasla ek ıslanma ve yapışma özellikleri
- Plastik içerikte akma ya da yer değiştirme ihtimali.

Boya kaplama sistemleri, içerdikleri solvent bakımından, dikkatle seçilmelidir; zira bazı sert solventler şişmelere, gevremelere ve plastik yüzeyde çatlaklara neden olabilmekte ya da boya kaplama sisteminin tutunma kuvvetini azaltabilmektedir. Ayrıca, deformasyonlara karşı direnç sağlanabilmesi için boyanın, uygulandığı yüzeyden daha esnek olması gerekmektedir.

16.2. Plastik parçaların boya kaplamalarında uygulanan proses ve teknikler

Plastik parçaların seri olarak boyanmasında üç noktaya dikkat edilmelidir:

- Yüzey hazırlığı
- Boya kaplamasının yapısı
- Uygulanan boya kaplama sistemi ve uygulama tekniği

Yüzey hazırlığı

Yüzeyi boyama işlemine hazırlamak için yüzey ön hazırlığı yapılabilir. Yüzey hazırlığı; yüzeyin boyayı tutma özelliğini arttırmak (özellikle de su bazlı boya kaplama sistemleri uygulanacağı zaman), yüzeyi aktif hale getirmek, yüzeyin elektrik iletkenliğini arttırmak (örn. elektrostatik destekli uygulama aletleri ile kullanım için) veya yüzeydeki kusurları (örn. plastiğin içeriğinin akmasından kaynaklanan) azaltmak için uygulanmaktadır. Tipik ön işlemler banyolarda yapılan kimyasal ön işlemleri; alev ile yapılan işlemi; plazma proseslerini; korona tekniğini; tek kat boya kaplama avantajını ve parçaların bir sonraki boya kaplama prosesine gönderilmeden önce daha uzun süre bekletilebilmesini sağlayan floridasyonu kapsamaktadır.

Boya kaplama sisteminin yapısı

Spesifik gereksinimlere göre iki, üç ya da dört kat boya gerekebilir. Bileşime bağlı olarak ilk önce zemin kat boya da uygulanabilir. Polipropilen gibi bir hayli olan zor yüzeylerde de ek astar boya uygulaması gerekli olabilir. Yumuşak PVC ya da PUR yumuşak köpük için de, yumuşak kısmın yer değiştirmemesi için, izole edici veya tutucu bir zemin kat uygulaması gerekir. Yüzey sertliğini gidererek yüzeyi pürüzsüz hale getirmek için, elastik dolgu malzemesi kullanılmaktadır. Son kat bir ya da iki kattan oluşabilir ve elastiktir.

Boya kaplama sistemi ve kullanılan uygulama tekniği

Boya kaplama sisteminin ve uygulama tekniğinin seçimi, nihai ürün gereksinimlerine göre değişiklik göstermektedir. Almanya'da, çoğunlukla PUR'a dayalı, solvent bazlı 1 ve 2 bileşenli sistemler ve akril melamine dayalı, 1 bileşenli boyalar kullanılmaktadır. Ayrıca su bazlı sistemler, UV çapraz bağlı sistemler ve toz boya kaplama da kullanılmaktadır.

Islak boyalar için genellikle yüksek basınçlı hava spreyleme kullanılmaktadır. Uygulama verimliliği, boyanacak parçanın şekline bağlı olarak, % 20 - 40 arasında değişmektedir. Yüksek hacimli, düşük basınçlı (HVLP) boya uygulama yöntemi de bazı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin uygulama verimlilik faktörleri % 25 - 50 arasında değişmektedir. Manuel boyamaya kıyasla daha homojen bir katman kalınlığı elde edilmesini sağladıkları için, boyamada robot kullanımı gittikçe artmaktadır.

Elektrostatik uygulama teknikleri de mevcuttur, ancak şimdiye dek yalnızca çok katmanlı üst yapılarda kullanılmıştır. Burada, öncelikle geleneksel sprey tabancaları ile elektrik iletken bir zemin kat, ardından da yine geleneksel sprey tabancaları ile uygulanan baz kat gelmektedir. Vernik tabakası ise elektrostatik olarak uygulanabilir (örn. yüksek devirli çanlarla).

Elektrostatik teknik kullanımı ile uygulama etkinlik faktörleri büyük ölçüde arttırılabilir. Örneğin, eğer yüksek devirli çanlar kullanılırsa, % 85'e varan uygulama etkinlik faktörleri elde edilebilir. Bazı durumlarda, sadece maksimum % 50 – 65 transfer verimliliği elde edilebilmektedir (otomotiv endüstrisinde, plastik parçalarda alt tabakaların iletkenliğinin düşük olması gibi, birtakım proseslerin karmaşık parçaları söz konusu olduğunda). Bununla birlikte elektrostatik kaplama tekniği, elektrik iletken bir alt kat gerektirdiğinden, tek katlı boya kaplamalarda kullanılamaz.

Boyanacak yüzeyin ısıya duyarlı olması nedeniyle, doğal ve kimyasal kurutma işlemleri maksimum 80 ^{o}C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Ancak bazı durumlarda ısıtma odalarının sıcaklığı 135 ^{o}C'ye ve bekleme odalarının sıcaklığı ise 110 ^{o}C'ye çıkmaktadır. Bazı plastiklerde UV ışını ve elektron ışınıyla yapılan kurutma, soluk renklerin sararmasına yol açabilir.

Aşağıdaki boya kabinleri ve teknikleri kullanılmaktadır:

- Basit boya kabini
- Boya kabini ve kurutucu
- Islak ayırma boya kabini
- Kuru ayırma boya kabini
- Boya kabininde su emülsiyon teknikleri
- Paint-in-paint boya kabinleri

16.2.1. Tamponların boya kaplamaları

Basitleştirilmiş bir tampon boya kaplama prosesi Şekil 16.1'de örneklendirilmiştir. Boyanan parçalar, poliüretan dökümlü malzeme ve termoplastik plastikten oluşmaktadır.

Şekil 16.1: Su bazlı tampon boya kaplama prosesi

Yüzey hazırlığı

Yüzey hazırlığı için farklı teknikler kullanılabilir. Genellikle yüzeydeki parçaların dağılarak uzaklaşmasını sağlayan ve otomasyonla gerçekleştirilen su spreyi ile temizleme işlemleri uygulanmaktadır. Bu işlemler aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

- Sıvı alkalin temizleyici ile ilk yağ alma
- Su ile durulama
- Sulu alkalin temizleyici ile ikinci yağ alma
- Su ile durulama
- Deiyonize su ile son durulama.

Polipropilen tamponlar, su ve kimyasallarla yapılan sprey temizleme yerine, solvent emdirilmiş temizleme bezleri ile manuel olarak silinebilir. Örnek bir tesiste, tamponlar su-izopropanol karışımı ile manuel olarak temizlenmekte (izopropanol oranı ağırlık bakımından % 5) ve ardından konveksiyon kurutucularında kurutulmaktadır.

Su tüketimini azaltmak için genellikle kaskad durulama kullanılmaktadır. Parçalardan akan su, yağ alma aşamasındaki buharlaşma kayıplarını telafi etmek için kullanılabilir. Deiyonize su da geri dönüştürülebilir. Bu önlemler sayesinde yüzey hazırlığının (tankların temizliği için periyodik olarak boşaltılmalarından kaynaklanan atık su dışında) hemen hemen atık su yaratmayacak şekilde yapılması mümkün olmaktadır. Temizleme prosedüründen sonra parçalar hava spreyleme, kurutma ve soğutma ünitelerinden geçmektedir. Eğer yoğunlaştırma kurutucusu kullanılırsa, soğutmaya gerek kalmaz.

Kurutmadan sonra, parça yüzeyleri alev işlemi ya da plazma iyonizasyonu ile aktif hale getirilir. Poliüretan parçalara daha fazla hazırlık işlemi uygulanmasına gerek yoktur.

Boya kaplamanın uygulanması

Tamponlar genellikle zemin kat, baz kat ve vernikten oluşan üç katmanlı boya kaplama ile kaplanır. Boya, elektrostatik destekli spreyleme ya da HVLP tabancaları ile spreyleme yöntemleri kullanılarak robotlarla ya da manuel yolla uygulanmaktadır. İlk önce, plastik parçalara astar boya uygulanır. Astar boya solvent bazlı (örn. solvent bazlı 2 bileşenli zemin kaplama) ya da su bazlı olabilir. Sonraki boyama işlemlerine geçilmeden önce astarın kurutulması gerekebilir (örn. 80 ^{o}C'de, sirkülasyon halindeki hava ile). Baz katın uygulanma tekniği, zemin katın uygulanma tekniği gibidir. Baz katta orta derecede katı madde içeren boyaların kullanılması durumunda, solvent oranı % 70'e kadar çıkabilir. Baz katlar 1 bileşenli, su ya da solvent bazlı boya sistemleridir. Boyama işleminden sonra, geleneksel solvent bazlı 2 bileşenli vernik uygulanır ve buharlaşma sağlanır. Ayrıca, ara kurutma evrelerini ortadan kaldırmak için, ıslak üstü ıslak uygulama da yapılabilir.

Buharlaşmadan sonra, boya katmanları kurutucuda kurutulur. Flash-off alanlarından ve kurutuculardançıkan solvent yüklü egzoz havası yakalanır ve termal arıtma ünitesine gönderilir. Elde edilen verimlilik faktörü (yakma unitesine yüklenen solvent oranına göre değişir) % 95-99 arasında olabilir. Örneğin, işlenmemiş egzoz gazında 277 mg C/m^3 olan solvent yoğunluğu, temizlenmiş gazda 25 mgC/m$^{3'}$ye düşmektedir. Overspreyin temizliği ıslak çökeltme ile gerçekleştirilmektedir. Aşağıda yer alan Tablo 16.1 farklı boya kaplama sistemlerindeki solvent oranlarını göstermektedir.

Boya kaplama yapıları ve sistemleri	Solvent oranı (ağırlık bakımından %)
Zemin kat • Solvent bazlı • Su bazlı	40 – 55 15
Baz kat • Solvent bazlı • Su bazlı	50 15
Vernik • Solvent bazlı • Su bazlı	50 30

Tablo 16.1: Tamponların boyanmasında kullanılan farklı boya kaplama sistemlerindeki solvent oranları

16.2.2. Jant kapaklarının boya kaplaması

Jant kapakları için uygulanan boya kaplama sistemleri iki katmandan oluşmaktadır. İlk önce geleneksel veya su bazlı metalik baz kat ve ardından geleneksel solvent bazlı 2 bileşenli vernik ya da UV vernik uygulanmaktadır. Çizilmeye, suya, taş darbelerine karşı dayanıklılık ve yüksek yüzey kalitesi boya kaplama işleminin sağlaması gereken nitelikler arasındadır. Boyama otomasyon ile yapılmaktadır.

Aşağıda yer alan 16.2 no'lu şekil, solvent bazlı boyalarla üretimi yapılan jantların üretim prosedürlerini örneklemektedir.

Şekil 16.2: Jant kapaklarının geleneksel boya kaplama sistemi ile boyanmasına ait proses akışı

Aşağıda yer alan Tablo 16.2, kullanılan bazı farklı sistemleri karşılaştırmaktadır.

Boya kaplama yapıları ve sistemleri	Solvent oranı (% ağırlık olarak)
Baz kat • Solvent bazlı • Su ile inceltilebilen	75 10
Vernik • Solvent bazlı • UV kurutmalı • Su ile inceltilebilen	50 10 16

Tablo 16.2: Jant kapaklarına uygulanan boya kaplama sistemlerindeki solvent oranlarının karşılaştırılması

16.2.3. Direksiyon simitlerinin boya kaplamaları

Direksiyon simitlerinin boya kaplamalarında güneş ışınlarına, temizlik maddelerine ve el terlemelerine karşı dayanıklılık garanti altına alınmalıdır. Günümüzde direksiyon simitleri kalıp içi (in-mould) tekniği ile boyanmaktadır. Bu teknikte, ısıtılmış kalıp üzerine kalıp ayırıcı madde uygulanır ve kalıp içi boya kaplama bu kalıp ayırıcı maddeye püskürtülür. Bu şekilde, oversprey oranı ve dolayısıyla malzeme kaybı nispeten düşük olmaktadır (yaklaşık % 20). Kısa bir buharlaşma süresinden sonra, karışık PUR bileşenleri dökülmektedir. Kapalı kalıp içinde köpürme prosesinden sonra, malzeme boya kaplamaya kuvvetli bir şekilde tutunur. Uygulanan boya kaplaması kalıp ayırıcı madde ve kullanılan poliüretan sistem ile uyum içinde olmalıdır. Şimdiye dek, solvent bazlı 1 ve 2 bileşenli boya kaplama sistemleri kullanılmıştır ve hala da kullanılmaktadır.

16.2.4. Reflektörlerin boya kaplamaları

Reflektörlerin yüzeyleri son derece pürüzsüz ve homojen olmalıdır. Kullanılan boya kaplamaları tek katmanlıdır.

16.2.5. Televizyonların, ses sistemlerinin ve bilgisayar parçalarının üretiminde boya kaplama

Günümüzde, ses ve video sektöründe daha renkli ürünlere doğru bir yönelme ve hatta renk tasarımı ile ilgili bireysel müşteri talepleri söz konusudur. Bu eşyaların boya kaplamaları alkole, cilt yağına, vs, çizik ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalı ve iyi optik yüzey özellikleri göstermelidir. Her ne kadar solvent bazlı boya kaplama sistemleri hala yaygın olarak kullanılsa da, geliş en teknoloji su bazlı boya kaplamaların seri olarak kullanımını beraberinde getirmektedir. Otomasyonla yapılan boya kaplamalarda, televizyon parçalarının boyanmasında % 45 uygulama verimliliği elde edilebilmektedir.

16.3. Plastik parçaların boya kaplamalarında mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri

Bu bölümün kapsamının çok geniş olmasından dolayı, tüketim ve emisyon seviyelerinin ayrıntılarına yer verilmesi mümkün olmamıştır. Tüketim ve emisyon seviyeleri aşağıdakilere göre değişiklik göstermektedir:

- Uygulanan proses türü
- Uygulanan boru sonu arıtma işlemleri
- Ürünler
- Üretim hacmi.

Bu endüstri, SED'de 'diğer boya kaplamaları' olarak sınıflandırılmaktadır [123, EC, 1999] (bkz. Ek 24.6).

Uygun tekniklerle ilgili genel bilgiye Bölüm 20'den ulaşılabilir.

16.3.1. Kütle dengeleri

Veri sunulmamıştır.

16.3.2. Tüketim

16.3.2.1. Malzemeler

Boya tüketimine dair g/m^2 cinsinden veri elde etmek güçtür. Bunun nedeni (i) parçaların şekillerinin farklı olması ve (ii) bu birimin söz konusu endüstrideki boya ve solvent uygulaması ile ilgili alışılagelen bir ifade olmamasıdır. (Uygulama taşıtlarda olduğu gibi g/m^2 cinsinden e-kaplama yapılan değil, boyanan yüzey şeklinde ifade edilmelidir, bkz. Ek 24.5). Bunu kg VOC/kg katı madde girdisi olarak ifade etmek daha sık kullanılan bir yöntemdir (Ek 24.2).

Tamponların boya kaplamaları

2002'de, Almanya'daki örnek bir üretim tesisindeki (Volkswagen, Wolfsburg) [171, May, 2006] uygulamaya göre:

- Yaklaşık 1 milyon tampon boyanmıştır
- Yüzey alanı (sadece dış kısım): 0.9 - 1.5 m^2 arasında
- Alt tabaka: EPDM modifikasyonlu polipropilen
- Astar boya, baz kat ve vernikten oluşan üç katmanlı boya kaplama sistemi
- Robotlara monte edilmiş sprey tabancaları ile boya kaplama malzemelerinin pnömatik atomizasyonu

- Astar boya ve vernikten sonra fırında kurutma, baz kat ve vernik için ıslak üstü ıslak prosesi.

Tablo 16.3'teki solvent tüketim rakamları solvent bazlı astar boya, su bazlı baz kat ve solvent bazlı vernikten oluşan karma bir boya kaplama sistemine işaret etmektedir. Orta düzeyde katı madde içeren boya kullanıldığında solvent kullanımı % 20 oranında artabilir. Eğer tamamıyla solvent bazlı bir sistem uygulansaydı, solvent tüketimi 550 t/yıl seviyesine çıkardı. Boya katı madde tüketimi ise 207 t/yıl olurdu. EVABAT'a göre, VOC emisyonları 51.75 - 72.45 aralığındadır. Emisyonlar 0.25 - 0.35 kg VOC/kg boya katı maddesi olarak ifade edilir.

Boya kaplama sistemi	**Kullanılan solvent* (t)**	**Kullanılan toplam solvent**
Zemin kat (solvent bazlı)	125	
Baz kat (su bazlı)	31	
Vernik (solvent bazlı)	84	
Boyadaki toplam solvent		240
Zemin kat durulama sıvısı	61	
Baz kat durulama sıvısı	9	
Vernik durulama sıvısı	41	
Toplam durulama sıvısı		111
Kullanılan toplam solvent		351
Not: * Orta derecede katı madde içeren boya kullanıldığında, kullanılan solventin % 20 oranında artabileceği bildirilmiştir. Ayrıca, eğer tamamıyla solvent bazlı bir sistem uygulansaydı, solvent tüketimi 550 t/yıl değerine ulaşırdı.		

Tablo 16.3: 2000'deki VOC kullanımı
[76, TWG, 2004]

Kamyon kasalarının çatılarının ve ticari araçlara ait diğer plastik parçaların boya kaplamaları

Almanya'da fason üretim yapan bir boyahaneden aşağıdaki uygulamalara dair veriler elde edilmiştir [171, May, 2006]:

- Yılda yaklaşık 30000 kamyon kasa çatısının ve tüm plastik parça setlerinin boya kaplaması
- Çatı başına 6 ila 11 m^2 yüzey alanı (sadece dış yüzey)
- Büyük ölçüde lifleri güçlendirilmiş SMC polyesterinden oluşan alt tabaka.

Kullanılan teknikler ise şöyledir:

- Ağırlıklı olarak astar (primer surfacer) ve katı renkli son kattan oluşan iki katmanlı boya kaplama sistemi
- Boya kaplama malzemelerinin şekillendirici hava destekli, ancak elektrostatik yükleme yapılmadan; robotlara monte edilmiş yüksek devirli çanlarla atomizasyonu
- Son kattan sonra kurutma fırınlaması, solvent bazlı astar (primer surfacer) ve son katlar için ıslak üstü ıslak proses.

Geleneksel orta derecede katı madde içeren sistemler kullanıldığında, solvent tüketimi yaklaşık 400 t/yıl olup, boya katı maddesi kullanımı 253 t/yıl idi (2005'te).

Spesifik teknolojik gereksinimlerden dolayı (örn. alt tabaka kusurlarının kapatılması, müşteri talepleri, ıslak üstü ıslak proses), plastik parça boyaması yapan fason üreticiler solvent bazlı boya kaplama malzemelerini kullanmaya devam etmeyi tercih etmektedir. Kamyon ve ticari araçlardaki parçaların % 95'i baz kat/vernik yerine tek katmalı son kat ile kaplanmaktadır. Seri renk şemaları sayesinde renk çeşitleri 600'ün üzerine çıkmaktadır. Bu durum çok sayıda renk değişikliği yapılmasını da beraberinde getirmektedir. Bu noktada robotlara boya besleme yapılabilmesi için kullanılan 5 - 7 m uzunluğundaki hortumlardaki boyanın temizliği de hesaba katılmalıdır. Sonuç olarak, yüksek miktarda temizleme sıvısı kullanılmakta ve geri kazanılmaktadır.

Boya	**Tüketim kg/yıl**	**VOC %**	**VOC kg/yıl**	**Uçucu olmayan %**	**Uçucu olmayan kg/yıl**
Macun	1000	8.5	85	91.5	915
Kumlama astarı	3900	29.5	1150	70.5	2750
Astar (primer surfacer)	88000	32.4	28512	67.6	59488
Son kat	133000	42.2	56126	57.8	76874
Elastik katkı maddesi	4100	22.3	914	77.7	3186
Baz kat	5050	77.3	3904	22.7	1146
Vernik	10400	54.0	5616	46.0	4784
Sertleştirici	66300	54.5	36134	45.5	30166
İnceltici	28600	100	28600	0	0
Özel ürünler	275	46.3	127	53.7	148
Temizleme solventi	137000	100	137000	0	0
Yapılandırılmış son katı	22000	42.0	9240	58.0	12760
Toz boya	2000	0	0	100	2000
Toplam	**501625**		**307408**		**194217**

Tablo 16.4: Geleneksel VOC malzemelerinin dökümü

Düşük VOC emisyonu elde etmenin bir yolu da yüksek katı maddeli ve çok yüksek katı maddeli kaplama malzemelerinin ve uygun temizleme sıvılarının kullanımıdır (bkz. Tablo 16.5). Bu durumda emisyon değeri 0.29 kg VOC/kg boya katı maddesi olacaktır.
Düşük emisyonlu malzemeler şunlardır:

- Çok yüksek katı maddeli ıslak üstü ıslak astarlar
- Yüksek katı maddeli son katlar
- Düşük VOC içeren temizleme sıvıları (% 70 oranında, VOC olarak sınıflandırılmayan organik madde içeren)
- Daha düşük emisyonlu ürünler (bkz. Tablo 16.5).

Boya kaplama malzemesi	Tüketim kg	Solvent içeriği %	Solvent içeriği kg	Katı madde içeriği %	Katı madde içeriği kg
Macun	600	8.5	51	91.5	549
Islak üstü ıslak astar	98985	15	15343	84.5	83642
Kumlama astarı	4260	29.5	1257	70.5	3003
Astar (primer surfacer)	140	56.7	79	43.3	61
Son kat	150955	28.4	42871	71.6	108084
Sertleştirici	49507	25	12376	75	37130
Katkı maddesi	624	22.3	139	77.7	485
Vernik	11027	37	4080	63	6947
Baz kat	5226	9.5	496	23.7	1239
İnceltici	27618	100	27618	0	0
Yapılandırılmış boya kaplama	17022	8	27618	54	9192
Sertleştirici	2635	5	133	95	2505
Özel ürünler	255	46.3	118	53.7	137
Arındırma sıvısı	106311	30	31893	0	0
Toplam	**475165**		**137815**		**252974**
Geri kazanım	197185	33	65071		
Toplam VOC emisyonları			**72744**		

Tablo 16.5: Düşük VOC emisyonu elde etmek için kullanılan düşük emisyonlu malzemelerin dökümü

16.3.2.2. Su

Veri sunulmamıştır.

16.3.2.3. Enerji

Veri sunulmamıştır.

16.3.3. Emisyonlar

Plastiklerin boya kaplaması, endüstriyel boya uygulamalarında yer alan aktivitelerden bir tanesidir (bkz. Bölüm 13). Bu aktiviteler solvent içeren boyalar, tiner ve temizleme solventleri gibi maddelerin kullanımından dolayı NMVOC emisyonlarının açığa çıkmasına neden olmaktadır. Bu sektörden kaynaklanan NMVOC emisyonları ülkeden ülkeye önemli değişiklikler gösterebilir. 2000 yılında sektöre ait, 25 AB ülkesindeki (RAINS modeline göre) NMVOC emisyonları 543.8 kt değeriyle toplam NMVOC emisyonlarının % 0.9'unu oluşturmakta idi. Toplam aktivite 1601 kt boya kullanımını kapsamakta ve ortalama emisyon faktörü yaklaşık 339.6 g NMVOC/kullanılan boya şeklinde ifade edilmektedir. Bu da söz konusu sektörden kaynaklanan emisyonların 25 AB ülkesinde kısmen arıtıldığını (arıtılmayan emisyon faktörü alt sektöre göre 690 – 750 g/kg boya aralığında değişmektedir) göstermektedir.[142, EGTEI, 2005].

16.3.3.1. Havaya salınan emisyonlar

Tamponların boya kaplamaları

Tampon boyahaneleri otomobil boyahanelerinden daha küçüktür ve bu da daha az boya kullanımını beraberinde getirir.

Şekil 16.3, havaya salınan emisyonlarda solventlerin izlediği yolu göstermektedir.

Şekil 16.3: Otomobil tamponu boyahanesinde VOC girdisinin izlediği yol (2000, Volkswagen, Wolfsburg, Almanya).

Jant kapaklarının boya kaplamaları

Boya kabinlerinden, kurutuculardan ve buharlaşma odalarından çıkan egzoz havası yakma sonrası ünitesine gönderilmekte ve böylece % 20 mg C/m^3 temizlenmiş gaz konsantrasyonu elde edilmektedir. Temizleme prosesi sıvı alkalin temizleyicilerle gerçekleştirilmektedir.

16.3.3.2. Suya salınan emisyonlar

Boya partikülleri ıslak temizleyici sistemlerle ortadan kaldırılmaktadır. Sistemler kapalı döngü içinde çalışmakta ve yılda bir ya da iki kez boşaltılıp, temiz su ile doldurulmaktadır. Tamponların boya kaplamalarından kaynaklanan atık su, Şekil 16.3'te gösterilmektedir.

16.3.3.3. Atık

Tamponların boya kaplamalarından kaynaklanan atıklar, Şekil 16.3'te gösterilmektedir.

16.4. Plastik parçaların boya kaplamalarındaki BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bölüm 20'de plastik parçaların seri olarak boyanmasında da uygulanabilecek olan teknikler ele alınmaktadır. Bölüm 20.7'de boya uygulamasına ilişkin teknikler ele alınmaktadır. Bu teknikler plastik seri olarak boyanmasında da uygulanabilmektedir. Tablo 16.6'da; Bölüm 20 ve/veya Bölüm 20.7'de tanımlanan, plastik parçaların boyanmasına ilişkin genel teknikler gösterilmektedir. Bu teknikler ele aldığımız endüstriye ilişkin bilgi geçmediği sürece, bu Bölüm'de tekrarlanmayacaktır. Her bir teknik için verilmesi planlan bilgi türü Tablo 20.1'de gösterilmektedir.

Teknik	Bölüm no
Çevre yönetim araçları	20.1.1
Süregelen çevresel iyileştirme	20.1.2
Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)	20.1.3
Tesisin tasarımı, inşaası ve operasyonu	20.2
İzleme	20.3
Solventler için kütle dengesi	20.3.1
Su yönetimi	20.4
Enerji yönetimi	20.5
Hammadde yönetimi	20.6
Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları	20.7
Kurutma	20.8
Temizleme	20.9
İkame: Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanımı	20.10
Atık gaz arıtımı	20.11
Atık gazların tutulması ve toplanması	20.11.2
Oksidasyon	20.11.4
Yoğunlaştırma	20.11.5
Adsorpsiyon	20.11.6
Atık su arıtımı	20.12
Atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtımı	20.13
Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanılması	20.13.1
Tozun azaltılması	20.14
Kokunun azaltılması	20.15
Gürültünün azaltılması	20.16

Tablo 16.6: Sektöre genel olarak uygulanabilecek tekniklere referanslar

Boyaların endüstriyel amaçlı olarak kullanımına yönelik olan EGTEI özet belgesi (bkz. Ek-24.1.1) Avrupa çapında VOC emisyonlarını azaltmak için kullanılan tekniklerin fayda maliyetleri hakkında veri sunmaktadır. Ancak EGTEI yaklaşımı söz konusu tekniklerin karmaşık yönlerini sınırlandırmak zorundadır. Bu nedenle söz konusu özet, çapraz medya etkileri, tesislerin ve ürünlerin teknik özellikleri gibi diğer BAT faktörlerine değinmeksizin sadece temel teknikleri vermektedir [142, EGTEI, 2005].

16.4.1. Hammade tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi

Tanım: Boyama prosesinde atık miktarını azaltmak için uygulanabilecek bazı teknikler şunlardır:

- Otomasyon kullanılması dahil, boyama prosesinin optimum hale getirilmesi (bkz. Bölüm 20.2.5)
- Boya çamurunun suyunun alınması
- Boya çamurunun geri dönüştürülmesi ya da su emülsiyonu

Çevresel faydalar: Prosesten kaynaklanan atık miktarının (örn. boya overspreyinin) azaltılması.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Tamponların boya kaplamalarında uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Volkswagen, Wolfsburg, Almanya.

Referans kaynakçası: [106, ACEA, 2005]

16.4.1.1. Kesikli boyama/renk gruplama

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.6.3.6. Bu teknik tamponların boya kaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Renk blokları oluşturma boya kaplama malzemesinin ve durulama sıvılarının kullanımını azaltabilir. Ayrıca, durulama tineri yakalanabilir ve geri dönüştürülebilir. Bu şekilde yılda yaklaşık 66 ton durulama tinerinden tasarruf edilebilmektedir. Bu da % 90 oranında geri kazanma anlamına gelir.

16.4.1.2. Pislik temizleme sistemleri

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.6.3.7. Bu teknik, yaygın olarak otomasyonlu sistemlerde kullanılmaktadır.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.1.3. Yüksek devirli çanların sayısının arttırılması

Tanım: Suda çözünebilen astar boyaların ve baz katların uygulama etkinliğinin arttırılması için otomatik uygulama tekniklerine yönelik olarak daha fazla sayıda yüksek devirli çan kullanılmaktadır. Boya artıklarını ve durulama kayıplarını minimum seviyeye indirmek için, otomatik uygulama tekniklerinin kullanıldığı tesislerde kazıyıcı-temizlenebilir çember devreler (scrapper claeanable ring circuit) kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Ortaya çıkan atık miktarının azaltılmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Su bazlı boya kaplamalar halihazırda baz katlar için kullanılmaktadır. Bu boyalar tamponlarda da uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.2. Su yönetimi

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.5. Boya kabinlerinden çıkan tanklardan boşaltılan atıkların minimum seviyeye indirilmesi, su yönetiminde göz önünde bulundurulması gereken teknikler arasında yer almaktadır. Bunun amacı su tüketimini düşürmek ve boya çamuru oluşumunu minimum seviyeye indirerek akışkan atık boşaltımını azaltmaktır. Boya transfer etkinliğinin optimize edilmesi de su değiştirme gereksinimini azaltmaktadır. Ortaya çıkan atık su, atık su arıtma tesisinde arıtılabilir.

Çevresel faydalar: Yukarıda sözü edilen tekniklerin uygulanması, Tablo 16.7'de verilen emisyon değerlerinin elde edilmesini sağlamaktadır.

Atık su parametresi	Konsantrasyon (mg/l)
Süspansiyon halindeki katı maddeler	<1000
BOD	<100
COD	<2500

Tablo 16.7: Plastik parçaların boya kaplamalarından kaynaklan atık su emisyon seviyeleri

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Tamponların boya kaplamalarında uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [106, ACEA, 2005]

16.4.3. Geleneksel solvent bazlı malzemeler

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.2.1. Solvent bazlı boya kaplama sistemleri, genellikle vernik için kullanılmakta ve bunun yanı sıra zemin kat ve baz katta da uygulanmaktadır.

Çevresel faydalar: Su bazlı sistemlere kıyasla, kurutma işlemi için daha az enerji gerektirir.

Çapraz medya etkileri: Solvent bazlı malzemeler kuruma esnasında VOC açığa çıkarmaktadır. Bu emisyonların azlatılması için arıtma yapılması gerekir.

Operasyonel veri: Solvent bazlı boyaların kuruma süreleri daha kısadır ve böylelikle daha yüksek üretim kapasitelerine erişilebilmektedir.

Uygulanabilirlik: Halihazırda direksiyon simitleri, özellikle solvent bazlı 1 ve 2 bileşenli boya kaplama sistemleri ile, 'kalıp içi' olarak adlandırılan teknikle boyanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kuruma sürelerinin kısa olması, solvent teknolojisinin kullanımında önemli bir faktördür. Ulusal mevzuat gerekliliklerinin yerine getirilmesi için VOC emisyonlarının azaltılması gerekmektedir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

16.4.4. Solvent bazlı malzemelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (ikame)

16.4.4.1. Su bazlı boyalar

Tanım: Genel açıklama için bkz. Bölüm 20.7.2.3. Su bazlı boya kaplama sistemleri zemin kat, baz kat ve zaman zaman da vernik uygulamalarında kullanılmaktadır. Aşağıdaki su bazlı boya sistemleri yaygın olarak uygulanmaktadır:

- 1 bileşenli akrilat çözeltisi: Ağırlık bakımından % 5 organik solvent
- 2 bileşenli PUR sistemi: Ağırlık bakımından % 10 – 15 organik solvent
- 2 bileşenli epoksi reçinesi: Ağırlık bakımından % 5 organik solvent.

Çevresel faydalar: Su bazlı zemin katların kullanımı sonucunda solvent kullanımı % 48'e varan oranda azaltılabilmektedir. Tamponların boya kaplamalarından kaynaklanan solvent emisyonları da bu şekilde azaltılabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Taşıtlara yönelik parça tedarik endüstrisinde su bazlı boyalar halizhazırda, astar ve baz kat olarak kullanılmaktadır (örneğin tamponlar ve jant kapakları için). Su bazlı boyalar, plastiğin fiziksel özelliklerinde mekanik problemlere yol açabilir. Televizyonların, ses sitemlerinin ve bilgisayar parçalarının seri olarak boyanmasında, su bazlı boya kaplamalar yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Direksiyon simitlerinde ise, su bazlı kalıp içi boya kaplama sistemleri şu anda deneme aşamasındadır. Elde edilen ilk sonuçlar su bazlı boyaların kuruma sürelerinin, geleneksel sistemlere kıyasla biraz daha uzun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu sistemin mevcut proseslere entegrasyonunun mümkün olduğu söylenebilir.

Diğer bir husus da su bazlı vernik kullanımıdır (% 50 katı madde, % 13 organik solvent içeren). Ürünler formüle edilmekte ve denenmektedir, ancak henüz onaylama ve pazarlama aşamasına geçmemiştir. Bu ürünlerin kullanımı, örneğin Bölüm 16.3.3.1'de referans verilen fabrikada, ekstra 50 t/yıl değerinde bir VOC emisyon azaltımını sağlar. İlk onayın 2007'de alınması beklenmektedir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden güçler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002], [76, TWG, 2004, 171, May, 2006]

16.4.4.2. Toz boyama – geleneksel olarak kurutulan

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.2.6. Geleneksel konveksiyon kurutma ile yapılan toz boya kaplamalar, plastiklerin elektrik iletkenliklerinin ve sıcaklık hassasiyetlerinin olmamasından dolayı, halihazırda yaygın olarak uygulanmamaktadır. Bu yöntem sadece otomobil radyatörlerindeki metal ve plastiklerin kompozit parçaları gibi küçük kısımların boya kaplamalarında kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Termal kurutmalı düşük sıcaklıktaki boya kaplamalarda kaydedilen gelişmeler umut vericidir.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.4.3. Radyasyon kurutmalı boyalar

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.2.5. UV kurutmalı boya kaplamalar verniklerde örn. jant kapaklarında, uygulanır ve ağırlık bakımından % 10 organik solvent içerir. Reflektörlerin boyanmasında otomatik UV uygulaması, gelişmekte olan bir tekniktir; boya kaplama sistemi ağırlık bakımından yaklaşık % 5 – 10 organik solvent içermektedir. UV kurutmalı toz boyanın nispeten yeni olan diğer bir endüstriyel uygulama alanı da PVC zemin döşemelerin boya kaplamalarıdır.

Çevresel faydalar: Su bazlı olan ve solvent içermeyen radyasyon kurutmalı boyalar VOC emisyonu açığa çıkarmazlar.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: UV kurutmalı boyalar fırçalama, rulolama, dökme, spreyleme ve vakum kaplama gibi birkaç farklı teknikle uygulanabilir.

Uygulanabilirlik: Bu boyalar tüm boya katmanlarına uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.4.4. Floridasyondan sonra tek katmanlı kaplama

Tanım: Eğer plastik yüzeyde flor preparatı kullanılarak ön işlem yapılıyorsa, cila katmanı kısmen gereksizdir. Çünkü işlem yapılan parçanın şekli nasıl olursa olsun, bu teknikle zaten homojen bir yüzey elde edilmektedir.

Floridasyonun diğer bir avantajı da florür eklenen parçaların, diğer boyama proseslerine geçmeden önce uzun süre saklanabilmelerini sağlamasıdır.

Çevresel faydalar: VOC emisyonlarının ve boya kaplama malzemelerinin azalmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.5. Boya uygulama teknikleri ve ekipmanları

16.4.5.1. Kalıp içi boyama

Tanım: Bu teknik, 2 bileşenli PUR malzemelerinin kalıba dökülmesiyle üretilen direksiyon simitlerine uygulanmaktadır. Direksiyonun üretimi ve boyaması aynı anda yapılmaktadır. Direksiyonun boyanması sırasında, ısıtılan kalıba kalıp ayırıcı bir madde dökülür ve boya kaplama malzemesi bu kalıp ayırıcının üzerine sprey ile uygulanır. Kısa bir buharlaşma süresinden sonra, direksiyon için hazırlanan PUR malzemesi kalıba dökülür ve kalıp kapatılır. PUR'un köpürme prosesi başlar ve aynı zamanda boya kaplama malzemesi PUR'a tutunur.

Şimdiye dek bu uygulamada yalnızca solvent bazlı malzemeler kullanılmıştır; su bazlı kalıp içi boya kaplama sistemleri ise halihazırda deneme aşamasındadır.

Çevresel faydalar: Oversprey oranı ve dolayısıyla malzeme kaybı, malzeme girdisinin yaklaşık % 20'si kadardır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.5.2. Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.8.Yüksek basınç yöntemi ile basınçlı hava spreyleme, genellikle ıslak boyalara yapılan işlemlerde kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Boya uygulama etkinlik faktörü, uygulama yapılan parçanın şekline bağlı olarak, % 20 ila 40 arasında değişiklik göstermektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.5.3. Yüksek hacimli düşük basınçlı spreyleme (HVLP)

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.9.

Çevresel faydalar: Boya uygulama etkinlik faktörü, uygulama yapılan parçanın şekline bağlı olarak, % 25 ila 50 arasında değişiklik göstermektedir.

Operasyonel veri: Boyamada robotların kullanımı gittikçe artmaktadır. Zira özellikle bu teknikle, manuel boyamaya kıyasla daha homojen katman kalınlığı elde edilebilmektedir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik bazı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.5.4. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.15.

Çevresel faydalar: % 85'e varan uygulama etkinliği elde edilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Şimdiye dek, elektrostatik kaplama teknikleri tek katmanlı kaplamalarda kullanılmamıştır. Bunun nedeni, bu yöntemin yalnızca elektrik iletken ön kaplamalarda kullanılabilmesidir. Vernikler çoğunlukla yüksek devirli çanlar kullanılarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.5.5. Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.17. Genellikle, ilk önce elektrik iletken bir zemin kat geleneksel sprey tabancası ile uygulanır. Ardından, yine geleneksel sprey tabancası ile baz kat uygulanır, örn. tamponların boya kaplamaları elektrostatik destekli spreyleme veya HVLP tabancaları ile otomatik ve manuel olarak uygulanmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Şimdiye dek bu teknik, özellikle çok katmanlı üst yapılarda kullanılmıştır. Bu uygulamaya dair mevcut araştırmalar plastik parçaların, ek işlem ve elektrik iletken boya malzemeleri uygulaması olmaksızın elektrostatik teknikle boyanmasının, üretim koşulları altında ancak kısmen mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu araştırmalar bu teknikle, boya

tüketiminde potansiyel bir düşüşün ve % 40 – 55 oranında solvent kullanımının söz konusu göstermektedir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

16.4.5.6. Toz boya kaplama işlemleri – elektrostatik destekli spreyleme

Tanım: Bkz. Bölüm 20.7.3.18. Toz boya kaplamalar tüm genel sprey uygulama teknikleri ile uygulanabilir. Ancak, en iyi sonuçlar elektrostatik destekli spreyleme yoluyla alınmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.6. Kurutma

16.4.6.1. Konveksiyon kurutma

Tanım: Bkz. Bölüm 20.8.1.1. Temizleme prosesinden sonra parçalar üfleme, kurutma ve soğutma ünitelerinden geçirilir. Konveksiyon kurutucular kısmen, parçaların üzerinde kalan su taneciklerini gidermek için kullanılmaktadır. Konveksiyon kurutucunun kullanıldığı yerlerde, soğutma ünitesi kullanılması gerekli değildir.

Çevresel faydalar: Bu kurutma yönteminden sonra yoğun bir soğutma işlemi gerekmediğinden, geleneksel kurutmaya kıyasla, enerjinin yaklaşık % 25'i tasarruf edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Konveksiyon kurutucular çoğunlukla plastik tamponların boya kaplamalarında kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.6.2. Ultraviyole (UV) kurutma

Tanım: Bkz. Bölüm 20.8.2.3. Alt tabakanın ısı hassasiyeti nedeniyle, genellikle kurutma işlemi maksimum 80 ^{o}C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Kullanılan tekniklerden bir tanesi UV kurutmalı boya kaplama sistemlerinin otomatik olarak uygulanmasıdır (ağırlık bakımından yaklaşık % 5 – 10 oranında solvent ile)

Çevresel faydalar: Solvent oranları ağırlık bakımından % 70'lere varan geleneksel boya kaplama sistemlerine kıyasla, bu teknikle solvent emisyonları büyük ölçüde azaltılmaktadır. Boyama prosesi hızlandırılmakta ve kalite (çizilmeye karşı dayanıklılık, yüksek saydamlık) arttırılmaktadır. Boya kaplama prosesi esnasındaki hızlı kurutma prosesi ve sıcaklık kuvveti sayesinde, yer tasarrufu sağlanmakta ve enerji kullanımı azaltılmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bazı plastiklerde UV kurutma nedeniyle açık renkler sararmaktadır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik yaygın olarak uygulanmaktadır. Reflektörlerin boya kaplamaları örnek olarak verilebilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.6.3. Elektron ışını ile kurutma

Tanım: Bkz. Bölüm 20.8.2.4. Alt tabakanın ısı hassasiyeti nedeniyle, kurutma işlemi genellikle maksimum 80 ^{o}C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bazı plastiklerde elektron ışını ile kurutma nedeniyle açık renkler sararmaktadır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle bu teknik, günümüzde yalnızca geniş yüzeyli hammaddelerde kullanılmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.6.4. Yoğunlaştırma kurutucularının kullanımı

Tanım: Yoğunlaştırma kurutucuları su bazlı boya kaplama sistemleri ile boyanan katmanları kurutmak için kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Kurutma işleminin ardından soğutma yapılmasını gerektirmediklerinden yoğunlaştırma kurutucuları ile, geleneksel kurutuculara kıyasla, enerjinin % 25'i tasarruf edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.7. Atık gaz arıtımı

16.4.7.1. Elektrostatik filtre

Genel açıklama için bkz. Bölüm 20.11.3.7. Boya kabinleri kulanılır. Ancak, atık gazın nasıl arıtıldığına dair bilgi mevcut değildir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.7.2. Venturi partikül ayırma

Genel açıklama için bkz. Bölüm 20.11.3.5. Islak ayırma boya kabinleri kulanılır. Ancak, atık suyun ve atık gazın nasıl arıtıldığına dair bilgi mevcut değildir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.7.3. Ovalayıcı

Genel açıklama için bkz. Bölüm 20.11.3.8. Kuru ayırma boya kabinleri kulanılır. Ancak, atık gazın nasıl arıtıldığına dair bilgi mevcut değildir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.7.4. Boya kabinlerinden çıkan atık gazların arıtımı

Tanım: Boya kabinlerinden çıkan atık gazlar yakalanıp arıtılabilir. Boya kabininden havaya salınan gazların yakalanması ve arıtılması ile VOC emisyonları önemli oranda azaltılabilir (bkz. Bölüm 20.11.2.1).

Çevresel faydalar: VOC emisyonları azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Arıtılması gereken hava hacminin fazla, VOC hacminin ise nispeten düşük olması bu sistemi, özellikle de manuel uygulamaların yapıldığı ve iş güvenliği açısından yüksek hava hacimlerinin gerekli olduğu yerlerde yetersiz kılmaktadır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Atık gazın toplanmasını, içeriğindeki VOC'nin ekstraksiyonunu ve ek yakma işlemleri için enerji kullanılmasını gerektirdiği için pahalı olduğu bildirilmiştir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: SED ve diğer mevzuatlar. Bazı Üye Devletlerde atık gaz arıtımı olmadan da emisyon limitleri yakalanabilmektedir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

16.4.7.5. Boya kabinlerinden çıkan atık gazların yoğunlaştırılması ve devir daimi

Tanım: Plastik parça üretimi yapan bazı imalatçılar solvent bazlı boya kaplama malzemelerini kullanmaya devam etmektedir. Bu durum spesifik teknik gereksinimlerden kaynaklanmaktadır (örn. plastik alt tabakaların özellikleri, müşteri talepleri, solvent bazlı malzemelerin kullanımındaki esneklik ve ıslak üstü ıslak proseslerde kullanılabilme özellikleri gibi).

Plastik boya kaplama endüstrisi düşük solvent emisyonu elde etmek için, çıkan atık gazı dışarıda dönen adsorplayıcılar ile konsantre hale getirmektedir (bkz. Bölüm 20.11.3.2). Düşük solvent emisyonu elde etmenin bir diğer yolu da boyanın otomatik olarak uygulanmasıyla boya kabininin iç devir daiminin sağlanmasıdır.

Boya kabininin egzoz havası (genellikle 40000 ila 80000 m^3/saat), yoğun bir filtrelemeden (genellikle bir venturi ıslak ovalayıcı ile ve ek bir filtreleme sistemi ile yapılan) sonra devir daim edilir. Bu filtreleme, boyanan parçalarda optik yüzey kusurlarının oluşumunu önlemek için partikül konsantrasyonlarının 0.1 mg/m^3 değerinin altında olmasını sağlar. Egzozun ıslak ovalayıcının arkasında yeniden ısıtılması ile sabit hava koşulları (yaklaşık % 70 oranında nem taşıyan) elde edilebilmektedir. Havanın % 90 – 95 oranında devir daiminin sağlanması ile, boya kabinlerindeki solvent konsantrasyonu 10 ya da 20 kat arttırılmaktadır (genellikle 250 mg/m^3'ten 2.5 g/m^3'e). Solvent konsantrasyonları güvenlikle ilgili (en düşük patlama limitlerinin yeterince altında kalması) ve teknik nedenlerle (parçalardan buharlaşan solventlerin yaratacağı etki) kontrol altında tutulmalıdır. Hava hacminin % 5 - 10'u solvent azaltma işlemine maruz kalmaktadır. Düşük hava hacmi ve yüksek solvent konsantrasyonu termal oksidasyon için oluşturulabilecek elverişli koşullardır.

Çevresel faydalar: VOC emisyonları azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Solvent konsantrasyonu arttırılmış havanın devir daimi sadece, boya kabinlerinlerinin etrafı etkin bir şekilde kapatılabilen (küçük hava giriş ve çıkış açıklıkları olan) tesislerde mümkündür. Bu tesislerde söz konusu uygulama otomatik cihazlarla ve iç boşluk hacmi olmayan parçalar için yapılmaktadır. Bu nedenle, otomobil gövdeleri, kamyon kasaları ve benzer nesneler için bu uygulama mümkün değildir. Uygun koşular yakalandığında, VOC emisyonları % 90 oranında azaltılabilir.

Ekonomiklik: Düşük hava hacmi ve yüksek VOC konsantrasyonu sayesinde yakalanan ototermal koşullara bağlı olarak termal arıtımın maliyeti düşer.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: SED. Bkz, yukarıda yer alan Ekonomiklik.

Örnek tesisler: Volkswagen, Wolfsburg, Almanya.

Referans kaynakçası: [171, May, 2006]

16.4.7.6. Termal Oksidasyon

Genel açıklama için bkz. Bölüm 20.11.4.2. Eğer solvent bazlı boya kaplamalar kullanılıyorsa, kurutuculardan çıkan atık gazlar genellikle yakma ünitelerinde arıtılır. Boya kabinlerinden çıkan atık gazlar ise çoğunlukla yakma ünitesinde arıtılmaz. Bununla birlikte, jant kapaklarının geleneksel solvent bazlı boyalarla boyanması işleminde boya kabinlerinden, kurutuculardan ve buharlaşma odalarından çıkan atık gaz yakma sonrası ünitesine gönderilir. Bunun sonucunda, 20 mg C/m^3 temizlenmiş gaz konsantrasyonu elde edilir. Kurutuculardan

çıkan atık gazların yakalanması toplam VOC emisyon oranını sadece % 10 – 30 oranında etkilemektedir.
[13, DFIU ve IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

16.4.7.7. Biyolojik arıtma

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.11.8.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

16.4.8. Atık su arıtımı

16.4.8.1. Ultra ve nanofiltrasyon

Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.12.6. Islak ayırma boya kabinleri kullanılmakta ve bu kabinler daha sonra geri kazanılan boya malzemesinin ayrılması için ultrafiltrasyon üniteleri ile donatılmaktadır.
[13, DFIU ve IFARE, 2002]

20. TÜM ENDÜSTRİLERDEKİ BAT'IN TESPİTİNDE GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN TEKNİKLER

Bu bölüm, bu dokümanın kapsamına giren tüm endüstrilerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlanmasına yönelik potansiyeli olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Her bir spesifik endüstri için ele alınan tekniklere Bölüm X.4'ten (burada X spesifik endüstrinin açıklandığı bölümü ifade etmektedir) ulaşılabilir.

Yönetim sistemlerine, proses entegre tekniklere ve boru sonu önlemlere değinilmektedir, ancak optimum sonuçlar elde edilmek istendiğinde, bu üç unsurun belli bir düzeyde örtüştüğü bir noktanın yakalanması gerekmektedir.

Önleme, kontrol, minimum seviyeye indirme ve geri dönüşüm prosedürlerinin yanı sıra, malzeme ve enerjinin tekrar kullanımı da ele alınan konular arasındadır.

IPPC'nin ortaya koyduğu hedeflere ulaşabilmek için uygulanacak teknikler tek tek ya da kombinasyonlar halinde sunulmaktadır. Direktif'in IV no'lu eki, BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken noktaları ortaya koymaktadır. Bu bölümde yer alan teknikler ise bu noktalardan bir ya da birkaçına değinmektedir. Verilen tekniklerin karşılaştırılabilmesini ve bunların BAT'ta tanımlan tekniklere göre objektif olarak değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, her bir tekniğin açıklanmasında mümkün olduğunca standart bir yapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu bölümde ve Bölüm X.4'lerde yer alan Bölümler'de çok ayrıntılı tekniklere yer verilmemektedir ve BAT çerçevesinde bu tekniklerle aynı düzeyde geçerli olan farklı teknikler de mevcut olabilir veya geliştirilebilir.

Her tekniğin açıklanması sırasında, Tablo 20.1'de gösterildiği gibi, genellikle standart bir yapı kullanılmıştır:

Ele alınan bilgi türü	Verilen bilgi türü
Tanım	Tekniğin teknik anlamda tanımı
Çevresel faydalar	Elde edilen emisyon değerleri ve verimlilik performansı da dahil, tekniğin işaret ettiği başlıca çevresel etki(ler) (proses veya emisyon azaltma)
Çapraz medya etkileri	Tekniğin uygulanmasından kaynaklanan yan etkiler veya dezavantajlar. Tekniğin, diğerlerine kıyasla yol açabileceği çevresel problemlerin ayrıntıları
Operasyonel veri	Emisyonlar/atıklar ve tüketim (hammadde, su ve enerji) ile ilgili performans verileri. Tekniğin güvenlik ile ilgili yönleri, uygulamadaki kısıtlamaları, çıktı kalitesi, vs. dahil; tekniğin nasıl uygulanabileceği, sürdürülebileceği ve kontrol edilebileceğine dair diğer faydalı bilgiler
Uygulanabilirlik	Tekniğin uygulanması ve iyileştirilmesi ile ilgili faktörlerin ele alınması (uygulanmaya elverişli alan olup olmadığı, tekniğin prosese özgü olup olmadığı)
Ekonomiklik	Maliyet (yatırım ve uygulama) ve muhtemel tasarruf (örn. malzeme tüketiminin ve atık oluşumunun azaltılması) ve tekniğin kapasitesi ile ilgili bilgi
Uygulanmasını teşvik eden faktörler	Tekniğin uygulanması için nedenler (örn. diğer mevzuat, üretim kalitesinde artış)
Örnek tesisler	Tekniğin kullanıldığı tesislere referanslar
Referans kaynakçası	Teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgi için kaynakça

Tablo 20.1: Bölüm 20'de ve Bölüm 2 - 19'da yer alan tüm Bölüm 4'lerde açıklanan her bir teknikle ilgili bilgi dökümü

20.1. Çevre yönetim teknikleri

20.1.1. Çevre yönetim araçları

Tanım: En iyi çevre performansı genellikle en iyi teknolojinin en etkin ve verimli şekilde uygulanması ile elde edilmektedir. Bu ifade 'teknikler'i '*hem kullanılan teknoloji hem de tesisin tasarım, inşaa, bakım, operasyon ve devreden çıkarılma yöntemleri'* olarak tanımlayan IPPC Direktifi'nde de benimsenmektedir.

IPPC tesislerinde Çevre Yönetim Sistemi (EMS); operatörlerin tasarım, inşa, bakım, operasyon ve devreden çıkarma konularına sistematik ve somut bir şekilde yaklaşmak için kullanabilecekleri bir araçtır. EMS; çevre politikasını oluşturmak, uygulamak, sürdürmek, gözden geçirmek ve izlemek için gereken organizasyon yapısını, sorumlulukları, uygulamaları, prosedürleri, prosesleri ve kaynakları kapsamaktadır. Çevre Yönetim Sistemleri tesisteki genel yönetim ve operasyonun ayrılmaz birer parçası niteliğinde oldukları zaman, oldukça etkin ve verimli olurlar.

Avrupa Birliği'ndeki birçok organizasyon gönüllü olarak EN ISO 14001:1996'ya veya AB Ekoyönetim ve denetim projesi olan EMAS'a dayalı çevre yönetim sistemlerini uygulama kararı almıştır. EMAS, EN ISO 14001'den kaynaklanan yönetim sistemi gerekliliklerini içine almakta, fakat bunun yanı sıra hukuki uygunluğu, çevre performansını ve çalışan katılımını ayrıca vurgulamaktadır. EMAS aynı zamanda, yönetim sisteminin dışardan onaylanmasını ve

kamu çevre beyanının doğrulanmasını gerektirmektedir (EN ISO 14001'de yeterlilik beyanı, dış onayın alternatifi olabilir). Ayrıca standartlaştırılmamış EMS'leri uygulamaya koymak isteyen çok sayıda organizasyon bulunmaktadır.

Her iki standartlaştırılmış sistem (EN ISO 14001:1996 ve EMAS) ve standartlaştırılmamış ('duruma uygun hale getirilen') sistemler, prensipte *organizasyonu* temel almaktadır. Bu doküman ise organizasyonun tüm aktivitelerini dahil etmeyerek, örneğin ürün ve hizmetleri ele alarak daha dar bir çerçeve benimsemiştir. Bunun nedeni, IPPC Direktifi'nin kapsamında '*tesisin'* temel alınmasıdır (Madde 2'de belirtildiği üzere).

IPPC tesisi için gereken çevre yönetim sistemi aşağıdakileri içine alabilir:

(a) Çevre politikasının tanımlanması
(b) Amaç ve hedeflerin planlanması ve belirlenmesi
(c) Prosedürlerin uygulanması ve operasyonu
(d) Kontrol etme ve düzeltici eylemler
(e) Yönetim değerlendirmesi
(f) Düzenli bir çevre beyanı hazırlanması
(g) Bir sertifikasyon kuruluşu ya da dış EMS sağlayıcı tarafından onay alma
(h) Yaşam süresi sona eren tesislerin devreden çıkarılmalarına yönelik tasarılar
(i) Temizleme teknolojilerinin geliştirilmesi
(j) Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking)

Sıralanan bu nitelikler aşağıda ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır. EMAS'ta yer alan (a)'dan (g)'ye tüm maddeler hakkında daha fazla bilgi için, aşağıdaki referans kaynakçasına başvurulabilir.

(a) Çevre politikasının tanımlanması

Üst yönetim tesis için bir çevre politikası tanımlamakla ve bu politikanın aşağıdaki niteliklere haiz olmasını temin etmekle yükümlüdür. Buna göre çevre politikası:

- Aktivitelerin yapısına, ölçeğine ve çevresel etkilerine uygun olmalı,
- Kirliliğin önlenmesini ve kontrolünü taahhüt etmeli,
- Uygulanabilecek olan ilgili tüm çevre mevzuatlarına ve yönetmeliklere ve organizasyonun bağlı olduğu diğer gerekliliklere uymayı taahhüt etmeli,
- Çevresel amaç ve hedeflerin ortaya konması ve gözden geçrilmesi için bir çerçeve sunmalı,
- Belgelendirilmeli ve çalışanlara bildirilmeli,
- Kamuya ve ilgilenen tüm taraflara açık olmalı.

(b) Planlama, örn.

- Çevre üzerinde ciddi etkileri olan ya da olması muhtemel olan aktiviteleri tespit etmek amacıyla, tesisin çevreyi etkileyen yönlerini belirlemek için gerekli olan prosedürleri planlamalı ve bu bilgiyi güncel tutmalı,
- Organizasyonun bağlı olduğu ve çevresel yönden aktivitelerine uygulanabilecek olan hukuki ve diğer gereklilikleri tanımlamak ve bunlara erişimi sağlamak için gerekli prosedürleri planlamalı,

- Hukuki ve diğer gereklilikleri ve ilgili tarafların görüşlerini de alarak, belgeye dayalı çevresel amaç ve hedefleri belirlemeli ve gözden geçirmeli,
- Amaç ve hedefleri, ilgili oldukları fonksiyon ve düzeyde yakalamak için gereken sorumluluğun belirlenmesine ve bu amaç ve hedeflere hangi yollarla, hangi zaman diliminde ulaşılacağına dair düzenlenmeleri de içeren bir çevre yönetim programı oluşturmalı ve düzenli olarak güncellemeli.

(c) Prosedürlerin uygulanması ve operasyonu

Prosedürlerin tanınmasını, anlaşılmasını ve bir araya getirilmesini temin edecek sistemlerin uygulamada olması önem arz etmektedir. Bu nedenle etkin çevre yönetimi aşağıdakileri kapsar:

(i) Yapı ve sorumluluk
- Tek bir yönetim temsilcisinin atanması da dahil, rollerin, sorumlulukların, yetkililerin belirlenmesi, belgeye dayandırılması ve bildirilmesi,
- İnsan kaynakları, uzmanlaşmış kişiler, teknoloji ve finansal kaynaklar dahil, çevre yönetim sisteminin uygulanması ve kontrol edilmesi için gereken kaynakların sağlanması.

(ii) Eğitim, farkındalık ve yeterlilik
- Çalışmaları, yapılan aktivitenin çevresel etkilerini önemli ölçüde etkileyebilecek olan personelin uygun eğitimi almasını temin etmek amacıyla eğitim gereksinimlerinin belirlenmesi.

(iii) İletişim
- Tesiste çeşitli düzey ve fonksiyondaki çalışanlar arasında kurum içi iletişimi, ilgili dış taraflarla diyaloğun teşvik edilmesini, söz konusu taraflardan bilgi alınmasını, bunların belgelenmesini ve mümkün olan durumlarda bunlara cevap verilmesini sağlayacak prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi.

(iv) Çalışanların katılımı
- Yüksek düzeyde çevre performansı yakalamak için, öneri kitap sistemi, proje bazlı grup çalışmaları veya çevre komiteleri gibi uygun katılım yaratma yollarına başvurularak çalışanların prosese dahil edilmesi.

(v) Belgeleme
- yönetim sistemindeki temel unsurları ve bunların birbirleri ile etkileşimini tanımlamak ve ilgili dokümanlara yönlendirme yapmak amacıyla, gerek basılı gerek elektronik ortamda, güncel bilgi sağlanması.

(vi) Etkin proses kontrolü
- Operasyonun her aşamasında (hazırlık, başlangıç, rutin operasyon, üretimin durması (shut down) ve anormal durumlar) yeterli proses kontrolünün yapılması,
- Bazı parametrelerin (akış, basınç, sıcaklık, bileşim ve nicelik gibi) ölçümü ve kontrolü için temel performans göstergelerinin ve yöntemlerinin belirlenmesi,
- Anormal işleyen unsurların belgelenmesi ve analizinin yapılması, durumun temel sebeplerinin tespit edilmesi. Ardından benzer bir durumun tekrarlanmaması için, tespitlerin bildirilmesi (bu süreç sorunun sebeplerinin ortaya konmasının, kişileri

suçlamaktan daha önemli olduğu 'suçlamayan' bir kültür yapısı ile daha etkin bir şekilde işletilebilir).

(vii) Bakım programı

- Ekipmanın; teknik özelliklerine, normlarına, vs., ortaya çıkabilecek herhangi bir ekipman hatasına ve bunun sonuçlarına dayalı olarak, bakımına yönelik yapısal bir program oluşturulması,
- Bakım programının, uygun kayıt tutma sistemleri ve konulan teşhise ilişkin testlerle desteklenmesi,
- Bakımın planlanması ve yürütülmesi için sorumluluğun net bir şekilde paylaştırılması.

(viii) Acil durum hazırlığı ve müdahalesi

- Kaza ve acil durum potansiyelini ve bu durumlarda yapılacak müdahalenin belirlenmesi, bu durumların yol açabileceği çevresel etkilerin önlenmesi ve hafifletilmesi için gerekli prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi.

(d) Kontrol etme ve düzeltici eylemler, örn.

(i) İzleme ve ölçüm

- Performans takibi için bilgi kaydı tutulması, ilgili operasyonel kontrollerin yapılması ve tesisin çevre ile ilgili amaç ve hedeflerine uyulması dahil; çevre üzerinde ciddi etkisi olabilecek operasyon ve aktivitelerin temel özelliklerinin düzenli olarak izlenmesi ve ölçülmesi amacıyla belgeye dayalı prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi *(bkz. Emisyonların İzlenmesi ile ilgili Referans dokümanı),*
- İlgili çevre mavzuatı ve yönetmeliklerine uygunluğun periyodik olarak değerlendirilmesi amacıyla belgeye dayalı prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi.

(ii) Düzeltici ve önleyici eylemler

- Ruhsatta yer alan koşullara, diğer hukuki gerekliliklere, amaç ve hedeflere uygun olmayan durumlarla ilgilenilmesine ve bunların incelenmesine ve ortaya çıkan herhangi bir etkinin hafifletilmesi, problemin büyüklüğüne uygun ve karşılaşılan çevresel etki ile orantılı düzeltici ve önleyici eylemin başlatılması ve tamamlanması için harekete geçilmesine yönelik sorumluluk ve yetkinin tespit edilmesi amacıyla prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi.

(iii) Kayıtlar

- Eğitim kayıtları, denetim ve değerlendirme sonuçları dahil; okunabilir, tanımlanabilir ve izlenebilir çevresel kayıtların tanımlanması, korunması ve düzenlenmesi amacıyla prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi.

(iv) Denetim

- Çevre yönetim sisteminin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığını, gerektiği şekilde uygulanıp uygulanmadığını ve sürdürülüp sürdürülmediğini tespit etmek için; tarafsız ve objektif olarak çalışanlarca (iç denetimler) veya dış taraflarca (dış denetimler) yapılan, denetimin kapsamını, sıklığını ve yöntemlerini, ayrıca denetim yapılması ve sonuçlarının raporlanması ile ilgili sorumluluk ve gereklilikleri kapsayan; personelle fikir alış verişini, operasyon koşullarının ve ekipmanın incelenmesini, kayıtların ve belgelerin gözden geçirilmesini içeren ve yazılı rapor haline getirilen

periyodik çevre yönetim sistemi denetimlerine yönelik program(ların) ve prosedürlerin oluşturulması ve sürdürülmesi,
- Aktivitelerin yapısına, ölçeğine ve karmaşıklığına; ilgili çevresel etkilerinin önemine, önceki denetimlerde tespit edilen problemlerin önemine ve aciliyetine ve çevre problemlerine ait geçmiş verilere bağlı olarak en fazla üç yıl aralıklarla yapılan denetimin veya denetim döngüsünün gerektiği şekilde tamamlanması (çevresel etkileri daha ciddi olan daha karmaşık aktiviter daha sık denetlenir),
- Denetim sonuçlarının izlenmesini temin eden uygun mekanizmaların tesisi,

(v) Hukuki uygunluğun periyodik olarak değerlendirilmesi
- İlgili çevre mevzuatına ve üretim tesisi tarafından konulan çevre ruhsat(lar)ı koşullarına uygunluğun gözden geçirilmesi,
- Değerlendirmelerin belgelendirilmesi.

(e) Yönetim değerlendirmesi, örn.
- Çevre yönetim sistemini belirleyen, bu sistemin sürekli uygunluğunu, yeterliliğini ve verimliliğini temin etmek için belli aralıklarla üst yönetim tarafından yapılan gözden geçirmeler,
- Yönetimin bu değerlendirmeyi yapabilmesine olanak sağlayacak gerekli bilginin toplanmasının sağlanması,
- Değerlendirmelerin belgelendirilmesi.

(f) Düzenli bir çevre beyanının hazırlanması

- Üretim tesisinin, çevresel amaç ve hedeflerinin karşılığı olarak, elde ettiği sonuçları dikkate alan bir çevre beyanı hazırlanması. Bu beyan; emisyonların, atık gaz oluşumunun, vs. ciddiyetine bağlı olarak yılda bir kez ya da daha seyrek olacak şekilde, düzenli olarak hazırlanır. Ayrıca, konu ile ilgilenen tarafların gereksinimlerini göz önünde bulundurur ve kamu erişimine açıktır (örn. elektronik yayınlar halinde, kütüphanelerde, vs.).

Operatör beyan hazırlarken, ilgili mevcut çevre performans göstergelerini kullanabilir. Bunu yaparken seçilen göstergelerin aşağıda sıralananları yerine getirmesi gerekir:

i. Tesisin performansına dair doğru bir değerlendirme sunması
ii. Anlaşılır ve net olması
iii. Tesisin çevre performansındaki gelişimin değerlendirilebilmesi için yıl yıl karşılaştırma yapılmasına olanak tanıması,
iv. Sektördeki, ulusal veya bölgesel düzeydeki benchmarklar ile gerektiği gibi karşılaştırma yapılmasına olanak sağlaması,
v. Düzenleyici gereksinimler ile gerektiği gibi karşılaştırma yapılmasına olanak sağlaması.

(g) Bir sertifikasyon kuruluşu ya da dış EMS sağlayıcı tarafından onay alma

- Bir sertifikasyon kuruluşu ya da dış EMS sağlayıcı tarafından incelenmiş ve onaylanmış bir yönetim sistemi, denetim prosedürü ve çevre beyanına sahip olmak, şayet gereğince yapılmışsa, sistemin güvenilirliğini arttırır.

(h) Yaşam süresi sona eren tesislerin devreden çıkarılmalarına yönelik tasarılar

- Bir tesisin ömrü tamamlandığında yapılacak olan nihai devreden çıkarma işleminin çevreyi ne derece ve nasıl etkileyeceğinin önceden, yeni tesisin henüz tasarlanması aşamasında düşünülmesi, devreden çıkarma işleminin daha kolay, temiz ve ucuz olmasını sağlar.
- Devreden çıkarma işlemi tesisin bulunduğu alanın (ve yeraltı suyunun) kirlenmesi gibi çevresel riskler taşır ve büyük miktarlarda katı atık çıkmasına neden olur. Önleyici teknikler prosese özgüdür ancak bu konuda dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdakileri içine alır:

i. Yeraltı yapılarından kaçınılmasına,
ii. Tesise ait teçhizatın sökülüp götürülmesini kolaylaştıracak özelliklere yer verilmesine,
iii. Kolaylıkla temizlenebilecek yüzeyler seçilmesine,
iv. Kimyasalların tutulmasını minimum seviyeye indiren ve bunların boşaltılmasını ya da temizlenmesini kolaylaştıran ekipman gruplarının kullanılmasına,
v. Belli evrelerde kapatılmaya olanak sağlayan, esnek ve bağımsız ünitelerin tasarlanmasına,
vi. Mümkün olan durumlarda biyolojik olarak çözünebilen ve geri dönüştürülebilen malzemelerin kullanılmasına.

(i) Temizleme teknolojilerinin geliştirilmesi

- Çevrenin korunması operatör tarafından yürütülen proses tasarım aktivitelerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Çünkü tasarımın mümkün olan en erken aşamasında uygulanan teknikler hem daha etkin hem de daha ucuz olmaktadır. Örneğin AR-GE aktiviteleri ve çalışmaları sırasında daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar yapılabilir. Tesis içi aktivitelere alternatif olarak, uygun olan durumlarda, ilgili alanda faaliyet gösteren diğer operatörlerin ya da araştırma enstitülerinin yaptığı çalışmalardan yararlanılabilir.

(k) Karşılaştırmalı değerlendirme (Benchmarking), örn.

- Enerji verimliliği, enerji koruma aktiviteleri, üretim malzemelerinin seçimi, havaya salınan emisyonlar, suya bırakılan atıklar (örneğin, Avrupa Kirletici Emisyon Kaydı, EPER'i kullanarak), su tüketimi ve atık oluşumu gibi konularda sektörle, ulusal ve bölgesel benchmarklarla sistematik ve düzenli karşılaştırmalar yapılması.

Standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış EMS'ler

EMS standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış ('duruma uyun hale getirilen') bir sistem şeklinde olabilir. EN ISO 14001:1996 gibi uluslararası geçerliliği olan bir standart sistemine tabi olunması ve bu sistemin uygulanması EMS'nin, özellikle de düzgün bir şekilde gerçekleştirilen bir dış denetime maruz kalındığında, daha güvenilir olmasını sağlayabilmektedir. EMAS ise çevre beyanı yoluyla kamu ile kurduğu etkileşim ve ilgili çevre mevzuatına uygunluğu temin etme mekanizması sayesinde, daha fazla güvenilirlik kazandırmaktadır. Bununla birlikte prensipte, düzgün bir şekilde tasarlanıp uygulandıkları sürece, standartlaştırılmamış sistemler de aynı ölçüde etkili olabilirler.

(Avrupa parlamentosunun ve konseyinin Topluluk eko-yönetim ve denetim projesi olan (EMAS), OJ L 114, 24/04/2001'e gönüllü olarak dahil olmak isteyen organizasyonların kabul edildiğini bildiren (EC) 761/2001 no'lu Yönetmeliği http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:2004, http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html; http://www.tc207.org)

Çevresel faydalar: Bir EMS'ye tabi olunması ve bu sistemin uygulanması, operatörün tesisin çevre performansına hassasiyet göstermesini sağlar. Özellikle, hem normal hem de anormal durumlarda temiz operasyon prosedürlerine uygun işlem yapılması ve durumla ilgilenecek sorumluların belirlenmiş olması tesisin ruhsat koşullarının yerine getirilmesini, diğer çevre hedeflerinin ve amaçlarının her daim yakalanmasını teminat altına almaktadır.

Çevre yönetim sistemleri genellikle tesisin çevre performansının sürekli olarak iyileştirilmesini sağlamaktadır. Başlangıç noktasındaki durum ne kadar kötüyse, o kadar çok ciddi ve kısa vadeli iyileştirmeler yapılması gerekir. Şayet tesisin genel çevre performansı zaten iyiyse sistem, operatörün yüksek düzeyde performans yakalamasına katkıda bulunur.

Çapraz medya etkileri: Çevre yönetim teknikleri, IPPC Direktifi'nin entegre yaklaşımı ile de bağdaşan toplam çevresel etkiye yönelik olarak tasarlanmıştır.

Operasyonel veri: Spesifik bir bilgi verilmemiştir.

Uygulanabilirlik: Yukarıda sıralananlar genellikle tüm IPPC tesislerine uygulanabilir. EMS'nin kapsamı (ayrıntı düzeyi) ve yapısı (standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış oluşu) genellikle tesisin yapısı, ölçeği, karmaşıklığı ve çevreye olan etkisi ile ilgilidir.

Ekonomiklik: İyi bir EMS uygulamaya başlamanın ve sürdürmenin maliyetini ve ekonomik faydalarını doğru bir şekilde tespit etmek güçtür. Aşağıda bir dizi çalışma sıralanmıştır. Ancak, verilenler örnekten ibarettir ve sonuçları tamamıyla tutarlı değildir; ayrıca AB'de yer alan tüm sektörleri temsil etmeyebilir. Bu veriler incelenirken bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

1999'da yapılan bir İsveç araştırması İsveç'te yer alan 360 ISO sertifikalı ve EMAS tescilli bütün tesisleri incelemiştir. % 50 cavap oranı elde edilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- EMS uygulamaya başlamanın ve yürütmenin maliyeti yüksektir. Ancak bu maliyet, çok küçük şirketler dışında, makul olmayan bir meblağ değildir. Söz konusu maliyetin gelecekte düşmesi beklenmektedir.
- EMS'nin diğer yönetim sistemleri ile yüksek düzeyde koordinasyonunun ve entegrasyonunun sağlanması, maliyetleri düşürmenin yollarından biri olarak görülmektedir.
- Çevresel amaç ve hedeflerin yarısının, bir yıl içinde maliyet tasarrufu ve/veya gelir artışı şeklinde, geri dönüşü söz konusudur.
- En büyük maliyet tasarrufları enerjiye, atık arıtımına ve hammaddeye yapılan masrafların azaltılması ile gerçekleştirilmiştir.
- Birçok şirket EMS sayesinde piyasadaki pozisyonunun güçlendiği kanısındadır. Araştırma yapılan şirketlerin üçte biri EMS sayesinde gelirlerinin arttığını bildirmiştir.

Bazı Üye Devletlerde sertifikası olan tesislerden düşük denetim ücreti alma uygulaması geçerlidir.

Yapılan birçok çalışma, şirket büyüklüğü ile EMS uygulama maliyeti arasında ters orantı olduğunu ortaya koymaktadır. Sistemin uygulanması için yapılan yatırımın geri dönüş süresi için de benzer bir ters orantı geçerlidir. Her iki durum da KOBİ'lerde yapılacak EMS uygulamasının fayda maliyetinin, büyük şirketlere kıyasla daha az avantajlı olduğunu göstermektedir.

İsviçre'de yapılan bir araştırmaya göre, ISO 14001 alma ve uygulamanın ortalama maliyeti değişiklik göstermektedir:

- 1 - 49 çalışanı olan şirketler için: EMS oluşturma 64000 İsviçre frangı (44000 Avro) ve yıllık yürütme 16000 İsviçre frangı (11000 Avro).
- 250'den fazla çalışanı olan endüstriyel üretim tesisleri için: EMS oluşturma 367000 İsviçre frangı (252000 Avro) ve yıllık yürütme 155000 İsviçre frangı (106000 Avro).

Verilen ortalama rakamlar ilgili endüstriyel tesise ait gerçek maliyetleri yansıtmayabilir. Çünkü söz konusu maliyet bazı önemli maddelerin miktarına (kirleticiler, enerji tüketimi,…) ve ele alınan problemlerin karmaşıklığına bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik göstermektedir.

Son zamanlarda yapılan bir Alman araştırması (Schaltegger, Stefan ve Wagner, Marcus, Umweltmanagement in deutschen Unternehmen – der aktuelle Stand der Praxis, Şubat 2002, sf. 106) farklı branşlar için aşağıdaki EMAS maliyetlerini ortaya koymaktadır. Bu rakamların yukarıda verilen İsviçre araştırmasındakilerden çok daha düşük olduğu görülebilir. Bu durum EMS maliyetlerini tespit etmenin ne kadar güç olduğunu kanıtlamaktadır.

Sistemin kurulmasının maliyeti (Avro):

- minimum	18750
- maksimum	75000
- ortalama	50000

Sistemin onaylanmasının maliyeti (Avro):

- minimum	5000
- maksimum	12500
- ortalama	6000

Alman Girişimciler Enstitüsü'nün (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, Umweltmanagementbefragung – Öko-Audit in der mittelständischen Praxis – Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis, Bonn.) yaptığı bir araştırma, EMAS sayesinde bir yılda yapılan tasarruf ve yapılan masrafın ortalama geri dönüşü süresi hakkında bilgi vermektedir. Örneğin, 80000 Avro'luk uygulama maliyetine karşılık yılda ortalama 50000 Avro tasarruf yapıldığı ve bunun da maliyetin yaklaşık bir buçuk yılda geri dönüşü anlamına geldiği görülmektedir.

Sistemin doğrulanmasına ilişkin dış masraflara dair tahminde bulunabilmek için Uluslararası Akreditasyon Forumu (http://www.iaf.nu) tarafından yayımlanan kılavuzdan yararlanılabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Çevre yönetim sistemleri çok sayıda avantaj sağlayabilir. Bu avantajlar:

- Şirketin çevresel durumunun daha iyi kavranması
- Karar almada daha sağlam bir temel oluşturulması
- Personelin motivasyonunun artması
- Operasyonel maliyetin azaltılması ve ürün kalitesinin arttırılmasına yönelik yeni fırsatlar
- Çevre performansının artması
- Şirket imajının geliştirilmesi
- Sorumluluğun (çevre zararlarında), sigorta ve uygunsuzluk maliyetlerinin azaltılması
- Çalışanlar, müşteriler ve yatırımcılar açısından cazibenin artması
- Düzenleyici kişi/kurumların güveninin artması (böylece düzenleyici gözetimi azalır)
- Çevre grupları ile daha iyi ilişkiler kurulması.

Örnek tesisler: Yukarıda (a) - (e) maddelerinde sıralanan nitelikler EN ISO 14001:1996'nın (şu anki adı EN ISO 14001: 2004) ve Avrupa Topluluğu Eko-Yönetim ve Denetim Projesi (EMAS)'ın maddeleri arasındadır. Öte yandan, (f) ve (g) maddelerinde geçen nitelikler ise sadece EMAS'a özgüdür. Bu iki standartlaştırılmış sistem çok sayıda IPPC tesisinde uygulanmaktadır. Örneğin, AB'de kimya va kimyasal ürün endüstrisinde (NACE kodu 24) faaliyet gösteren ve çoğu IPPC tesisi işleten 357 organizasyon Temmuz 2002'de EMAS almıştır.

Birleşik Krallık'ta yer alan İngiltere ve Galler Çevre Ajansı 2001'de IPC (IPPC'den önceki oluşum) düzenlemelerine uygun olarak faaliyet gösteren tesislerde bir araştırma yapmıştır. Buna göre, araştırmaya katılanların % 32'si ISO 14001 sertifikalı (bu rakam tüm IPC tesislerinin % 21'ine denk gelmektedir) ve % 7'si de EMAS tescillidir. Birleşik Krallık'taki tüm çimento fabrikaları (yaklaşık 20) ISO 14001 sertifikalı olup, bunların çoğu EMAS tescillidir. IPC lisansı almak için EMS oluşumunun (standartlaştırılmış yapıda olması şart değildir) gerekli olduğu İrlanda'da, yaklaşık 500 lisanslı tesisten neredeyse 100'ü ISO 14001:2004'e göre bir EMS oluşturmuştur. Geri kalan 400 tesis ise standartlaştırılmamış EMS'ler oluşturmayı tercih etmişlerdir.

Hollanda'da sistemlerin kurulumu için gereken maliyetin azaltılması ve yönetim süresinin kısaltılması amacıyla, KOBİ'ler için spesifik EMS'ler bulunmaktadır.

Referans kaynakçası:

- Avrupa parlamentosunun ve konseyinin Topluluk eko-yönetim ve denetim projesi olan (EMAS), OJ L 114, 24/04/2001'e gönüllü olarak dahil olmak isteyen organizasyonların kabul edildiğini bildiren (EC) 761/2001 no'lu Yönetmeliği http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm

- EN ISO 14001:2004:
  - http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html; http://www.tc207.org [128, TWG, 2005]

20.1.2. Süregelen çevresel iyileştirme ve çapraz medya konuları

Tanım: Genel çevresel iyileştirmenin sürdürülmesi EMS'nin önemli bir parçasıdır. Operatörün üretim girdilerine ne olduğunu anlaması (prosesi anlaması), örneğin solventleri, bunların tüketiminin ne şekilde emisyona yol açtığını bilmesi önemlidir. Belli başlı üretim girdilerinin ve çıktılarının kontrolü sırasında, solvent emisyonlarının azaltılması ile enerji, su ve hammadde tüketimi gibi çapraz medya etkileri arasında doğru dengenin kurulması da aynı derecede önem taşımaktadır. Bu durum, tesisin çevresel izini azaltır.

Bu endüstrilerde solvent dengesi (bkz. Bölüm 20.3.1) önemli olduğundan kısa, orta ve uzun vadedeki tüm önemli tüketim ve emisyonlar koordineli bir biçimde, finansal planlama ve yatırım döngüleri ile bağlantılı olarak yönetilmelidir. Örneğin, kısa vadeli boru sonu çözümlerinin solvent emisyonlarına adapte edilmesi, operatörün uzun vadede daha fazla enerji tüketmesine ve daha çevre dostu çözümlere yapabileceği yatırımı ertelemesine yol açabilir. Bu tür bir yönetim çapraz medya etkilerinin göz önünde bulundurulmasını, sözü edilen konularda, maliyet ve maliyet fayda konularında ECM REF [97, EIPPCB, 2005]'te ve Bölüm 20.1.4'te verilen bilgilerden yararlanılmasını gerektirmektedir.

Çevresel Faydalar: Uzun vadede solvent emisyonları, su ve enerji tüketimi azaltılmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Daha uzun vadeli yatırımlar yapılana dek, operasyon tüketiminin veya emisyonlarının (solvent emisyonları gibi) bir bölümü belli bir periyot için orantılı olarak artabilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu çalışmanın kapsamı tesisin büyüklüğüne ve bir dizi değişkene bağlı olarak değişmektedir. Tam bir çapraz medya çalışması seyrek olarak yapılmaktadır. Bkz. aşağıdaki örnek tesisler.

Ekonomiklik: Genel çevre yararı için emisyon azaltımına ve paranın en iyi şekilde değerlendirilmesine yönelik bilinçli sermaye yatırımı yapılması sağlanmaktadır.

Uygulanmasını teşşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Çapraz medya etkilerinin göz önünde bulundurulmasına dair bir örnek ECM REF'te verilmektedir [97, EIPPCB, 2005].

KOBİ'lere uygulanabilirlik: Birleşik Krallık, Londra'da yer alan Bovince Ltd, yaklaşık 48 çalışanı olan, ekran ve dijital baskıda uzmanlaşmış bir şirkettir. Şirket sürdürülebilirlik politikası izlemekte ve sürekli iyileştirme programı olan bir EMS uygulamaktadır. Geri kazanılan solventlerle otomatik ekran temizleme işleminin yapılması, mümkün olduğu kadar çok işte ultraviyole mürekkeplerinin kullanılması, iyi idare ve bakım koşulları solvent tüketiminin 1996'dan bu yana % 50 oranında azaltılmasını sağlamıştır. Bu da 1996 – 2000 arasında yaklaşık 90000 Avro maliyet tasarrufunu beraberinde getirmiştir.

İki teorik örnek:

1. Metal parçaların boyamasını yapan bir boyahanede ortaya çıkan solvent dengesi sonucunda, geçici solvent emisyonlarının azaltılması gereksinimi ortaya çıkmıştır. Başlıca seçenekler; ek solvent ekstraksiyon ekipmanı kurulması, daha geniş bir boru sonu termal oksidasyonu gerçekleştirilmesi veya boya kaplama işlemi için düşük solventli bir prosese geçilmesi olarak sıralanabilir. İlk seçenek daha çabuk kurulabilir, ancak ekstraksiyon fanları için gereken enerjinin ve termal oksidasyon için gereken yakıtın büyük ölçüde artmasına yol açar. Solvent kullanımında azalma olmaz, bu nedenle kullanım, temizlik, vs.den kaynaklanan kaçak emisyonların yönetiminde bir değişiklik olmaz. İkinci bir seçenek olarak da düşük solvent içeren bir boya porosesine geçilerek, daha az enerji ve % 50 daha az solvent, ancak daha fazla su kullanılabilir. Bu seçenek sermaye, aksama süresi, operatör eğitimi/alışması bakımından daha maliyetli olabilir, ancak operasyon maliyeti daha düşük olabilir. Sermaye ve operasyon maliyetleri arasındaki denge bu seçeneğin normal bir iyi uygulama kararı olduğunu göstermektedir. Enerji ve su tüketimi, solvent emisyonu ve diğer emisyonlar ile ilgili veriler tedarikçilerden, diğer operatörlerden, meslek odalarından ve/veya fayda maliyetlerine de yer veren çevresel maliyetlendirme modelleri gibi uluslararası ve ulusal düzeyde yayımlanan kılavuz verilerden elde edilebilir (bkz. Bölüm 20.1.4).

2. Bir taşıt üreticisi solvent emisyonlarını daha da fazla azaltmanın yollarını aramaktadır. Büyük bir değişim adımı atılabilir. Fakat bu adım operasyon ömrü 25 yıl ve sermaye maliyeti 500000 Avro olan bütün bir boyahanenin, farklı bir sistemle çalışan yeni bir boyahane ile değiştirilmesini gerektirir. Boyahanenin enerji tüketimi, tüm tesisin enerji tüketiminin yaklaşık % 38 – 52'si kadar olup, 160000 – 240000 MWh aralığındadır (bunun % 60'ı doğal gazdır). Kullanılan hammadde miktarı, uygulama etkinliği ve kaybedilen solvent oranı, otomasyonun ne derece kullanıldığı ile de ilgili olabilir. Hangi tür boya ve uygulama sisteminin kullanılacağının, otomasyon miktarının, atık gaz arıtım miktarının ve boya sisteminin seçimi; yapılan yatırımın geri dönüşü süresince ortaya çıkan operasyon ve sermaye maliyetlerinin, tüketim ve emisyonların göz önünde bulundurulmasını gerektirmektedir. Mevcut boyahanenin operasyon ömrü de göz önünde bulundurulmalıdır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [157, ACEA, 2005] [128, TWG, 2005] [161, EIPPCB, 2006]

20.1.3. Tüketim ve emisyonlar ile ilgili karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking) yapılması ve ardından yapılması gerekenler

Tanım: Karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking), üretim girdilerinin (hammaddeler, su ve enerji) ve çıktılarının (havaya ve suya salınan emisyonlar ve atıklar) sistematik olarak kaydedilmesi ve elde edilen verilerin tesisin önceki verileri ile, sektördeki, ulusal ve uluslararası düzeydeki ölçütlerle düzenli olarak karşılaştırılmasıdır (bkz. Bölüm 20.1.1 (j)). Bir tesisteki verilerle ilgili olarak karşılaştırmalı değerlendirme yapılırken, toplanan verinin gerektirdiği herhangi bir eylemin tespitine ve bu eylemlerin sonuçlandırılmasına yönelik bir sistem oluşturulması iyi bir uygulama olacaktır (bkz. Bölüm 20.1.1 (d)). Bu sistem aşağıdakileri kapsamalıdır:

- Verilerin değerlendirilmesinden ve yapılan değerlendirme sonucunda harekete geçilmesinden sorumlu olan kişi veya kişilerin belirlenmesi

- Tesis performansından sorumlu kişilerin bilgilendirilmesi, operatörlerin normal performanstan sapmalara karşı ivedi ve etkin bir biçimde uyarılması.
- Performansın neden normalden saptığının ya da neden dış karşılaştırma odaklarından (benchmarklardan) farklı olduğunun tespit edilmesi için diğer araştırmaların yapılması.

Çevresel faydalar: Bu uygulama tesislerin çevre performanslarının diğer tesislerle karşılaştırılmasını ve böylece sektördeki yerlerinin belirlenmesini sağlar. En iyi performans gösteren tesislerin kullandığı tekniklerin belirlenmesine yardımcı olur. Boru ya da pompa contalarında oluşan kaçaklar, toprak ve yeraltı suyuna, vs. giderek kaybedilen maddeler gibi planlanmayan veya gözlemlenemeyen durumları tespit edebilir veya bunların tespitine yardımcı olabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Tesislerin ve tekniklerin operasyonel çevre performanslarına dair karşılaştırmalı değerlendirmeler sunar. Çeşitli düzeylerdeki veriler toplanabilir ve kıyaslanabilir: Teknik veya aktivite (pres, proses tankı veya proses hattı), üretim tesisi, sektör düzeyinde ve bölgesel veya ulusal düzeyde. Elde edilen veriler, tesis bilgileri gizli tutularak, kamuya sunulabilir. Örneğin:

- Tüketilen ve ortaya çıkan solventler. Kaçak emisyonlar ve dolayısıyla toplam emisyon sadece solvent dengesi kullanılarak tespit edilebilir, Bölüm 20.3.1. Karşılaştırmalı değerlendirme uygulaması ile ilgili hususlar solvent dengesi ile ilgili çalışmalar sırasında tespit edilebilir (bkz. Ekler 24.2. ve 24.3.).
- Su tüketimi. Su bazlı boya kaplamalar kullanıldığında su tüketimi önemlidir.
- Enerji tüketimi, örneğin; kurutma ve emisyon azaltma ekipmanlarından kaynaklanan.
- Hammadde tüketimi, örneğin; mürekkep, bez, kağıt. Pres kurulumunda % 10'a varan oranlarda alt tabaka, atık olarak ortaya çıkabilir.
- Ortaya çıkan atıklar
- Suya, havaya, veya toprağa/yeraltı sularına salınan önemli kirleticiler.

Uygulanabilirlik: Doğru karşılaştırmalı değerlendirme (benchmark) uygulaması karşılaştırılabilir veri (elma ile elmanın kıyaslanmasını) elde edilmesini gerektirir. Örneğin yüzey işlemleri ile ilgili aktiviteler için bunu yapmanın en iyi yolu, yine bir yüzey işlemini veya prosesle arasında anlamlı bir ilişki bulunan diğer tüketim ya da proses unsurlarını baz alarak karşılaştırma yapmaktadır. Karşılaştırmalı değerlendirme yapılacak konular dahil, bu uygulama ile ilgili ayrıntılar tüketime bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Ekonomiklik: Verilerin tesisin çevre performansını iyileştirmek için kullanımıyla genellikle ekonomik optimizasyon elde edilmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Karşılaştırmalı değerlendirme uygulaması aynı zamanda iyi ekonomik performans ile de doğru orantılıdır. Karşılaştırmalı değerlendirme yapılması ve çevre performansının optimize edilmesi (hammadde, su, enerji girdilerinin ve malzeme kayıplarının) aynı zamanda ekonomik optimizasyonu da beraberinde getirecektir.

Solvent yönetim planı tesisten kaynaklanan geçici ve toplam emisyonların hesaplanması için tek yoldur ve SED uyarınca bu dokümanın kapsamına giren tüm aktiviteler için gereklidir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2006], [90, Envirowise, 1998], [76, TWG, 2004], [128, TWG, 2005]

20.1.4. Çevresel faydaların maliyetlendirilmesi ve çapraz medya etkilerinin tahmini

Tanım: IPPC kapsamındaki BAT kavramı, tekniklerin muhtemel maliyet ve faydalarını göz önünde bulundurmaktadır. Entegre yaklaşımın hedefi, kirliliğin bir çeşidinden diğerine geçilmesini önlemek ve çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamaya yönelik en etkin teknik veya teknikleri seçmektir. Bu da tesisin sürekli iyileştirilmesini sağlamada tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. (bkz. Bölüm 20.1.2).

Şayet tekniklerin seçimi aşamasında göz önünde bulundurulması gereken sadece bir çevre hedefi, tek bir kirletici ve birkaç tüketim ve emisyon unsuru varsa, maliyet etkinliğinin analizi basitçe yapılabilir. Bu durumda muhtemel emisyon azaltma önlemlerini, marjinal maliyetlerine ve azaltma potansiyellerine dayalı olarak sıralamak ve çevre hedefini gerçekleştirecek olan en ucuz önlem ya da önlemleri seçmek yeterli olur. Ancak, söz konusu analiz genellikle çok sayıda tüketim ve emisyon unsurunu, kirleticiyi, azaltma önlemini, etkileşimi ve alışverişi kapsar. Bu nedenle en ucuz olan çözümün tespit edilmesi kolay olmayabilir.

ECM REF, maliyet ve faydaların değerlendirilmesine, çevreye bir bütün olarak yüksek düzeyde yarar getirecek en etkin tekniklerin (örneğin, çapraz medya etkileri en az olan) değerlendirilmesine yönelik kılavuz niteliğinde bilgi vermektedir.

Maliyetlerin ve çevre yararının değerlendirilmesine yardımcı olmak için bazı kılavuz ve modeller geliştirilmiştir. Örnekler Ek 24.1'de verilmiştir.

Çevresel faydalar: En maliyet etkin seçeneği tespit etmek yoluyla sürece katkıda bulunur.

Çapraz medya etkileri: Çapraz medya etkileri en az olan teknik veya teknikleri tespit ederek sürece katkıda bulunur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu uygulamanın kapsamı tesisin büyüklüğüne ve bir dizi değişkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Eksiksiz bir çapraz medya çalışması seyrek olarak yapılır. Bkz. Bölüm 20.1.2.

Karar alma sürecine katıda bulunacak olan modeller kullanılırken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Gereksinim duyulan katkının elde edileceğinden emin olmak için, söz konusu modelin hedefleri iyi anlaşılmalıdır. Örneğin, bu modelin politikanın bildirilmesi için mi yoksa tesis düzeyinde çapraz medya etkilerinin ve/veya maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi ya da ulusal politikanın bildirilmesi için mi ortaya konduğu anlaşılmalıdır.

- Yapılan tüm tahminler kontrol edilmelidir.
- Modelin sonuçlarının ele alınan diğer verilerle uyumlu olduğundan emin olunmalıdır. Örneğin, maliyetler yıllık bazda verilmeli ya da kolaylıkla kıyaslanabilir üretim veya emisyon önlemlerine dayandırılmalıdır (tavsiye için bkz. ECM REF).
- Modellerin tüm BAT seçeneklerine veya ele alınan tekniklere (bu dokümanda yer almayan yeni teknikler de dahil) ilişkin veri içermeyebileceği anlaşılmalıdır. Daha fazla seçenek söz konusu olabilir.
- Emisyonlarla birlikte tüketimler de değerlendirmeye alınmalıdır. Bu durum genellikle enerji (ve dolayısıyla CO_2) ve bazen de SO_x ve NO_x emisyonları için çok önemlidir.

Tesis düzeyinde seçenekler ele alınırken, bu seçenekleri etkileyebilecek diğer faktörlerin de göz önünde bulundurulması önemlidir. Bunların bazıları Bölüm 21'in giriş kısmında verilmiştir (örn. uygulama hızını, kaliteyi ve müşteri taleplerini, vs. etkileyen faktörler).

Ekonomiklik: En maliyet etkin seçeneklerin belirlenmesine katkıda bulunur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: En maliyet etkin seçeneklerin belirlenmesine katkıda bulunur. SED, WFD, vs. gibi diğer mevzuatlar. EGTEI ve MKM (VITO) gibi modeller emisyon azaltma tekniklerinin maliyetlerini ve çeşitli aktivitelerin fayda maliyetlerini, bölgesel ve ulusal senaryoları ortaya koymayı ve RAINS için veri sağlamayı hedeflemektedir.

Örnek tesisler: ECM REF'te örnekler sunulmaktadır. Model örnekleri Ek 24.1'de verilmektedir.

Referans kaynakçası: [95, Vito, 2005, 97, EIPPCB, 2005, 132, EGTEI, 2005, 133 EGTEI, 2005] [128, TWG, 2005]

20.2. Tesisin tasarımı, inşası ve operasyonu (iyi idare ve bakım dahil)

Bu bölüm tesisin, özellikle toprağa, yeraltı ve yerüstü sularına emisyon salınımının önlenmesi gibi, diğer bölümlerde yer almayan aktivitelerini kapsamaktadır. Ancak uygulanan teknikler havaya kaçak emisyon salınımının önlenmesi ile de bağlantılıdır. Bununla birlikte, entegre operasyon ve IPPC tesisinin karmaşıklığı da göz önünde bulundurulduğunda diğer bölümlerle çakışma ve tekrarın olması kaçınılmazdır: Bu tür durumlarla karşılaşıldığında ilgili bilgiye çapraz referans verilmiştir.

Döküntü ve sızıntıların önlenmesi için yapılan tasarım, inşa ve operasyon çalışmaları (zaman zaman iyi idare ve bakım ya da iyi uygulama olarak da adlandırılır) diğer Bölümler'de kapsamlı olarak açıklanmıştır. Örneğin, genel olarak ESB BREF'inde [91, EIPPCB, 2005], ulusal kılavuz dokümanlarında [119, RIZA, 1999], [120, INRS, 1998] ve özellikle bu sektör için [89, Envirowise, 2003]'de bu açıklamalar yer almaktadır. Bu nedenle aşağıdaki Bölümler, bu sektör ile ilgili temel konulara ilişkin birer özet niteliğindedir.

20.2.1. Planlanmayan salınımlara yönelik kirlilik önleme

Tanım: Çıkış noktası tesisin çevre üzerinde ciddi etkilere yol açabilecek yönlerinin tanımlanması olan planlı ve entegre bir yaklaşım, çevre kazalarını veya planlanmayan salınımları da azaltabilir. Tanımlanan risklere karşı, dikkatli bir tasarım ve inşa çalışmasının yanı sıra, önleme, hafifletme, kaza ve acil durum yönetimi, ruhsat koşullarının ihlali gibi konulara yönelik yönetim sistemleri ile çözüm bulunmaya çalışılır.

Kirliliğin önlenmesine yönelik düzenleyici sistemler ve/veya iyi uygulama sistemleri bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Sektördeki birçok tesis, bu tür teknolojilerin uygulanmaya başlamasının faydasını görmüştür. Aşağıda akut ve kronik kirliliğin havada, yüzey sularında, yeraltı sularında, toprakta yaptığı etkinin ve sıklığının söz konusu teknikler tarafından azaltıldığı aktiviteler örneklenmiştir. Bu aktiviteler aynı zamanda operasyonların daha maliyet etkin olmasını da sağlamaktadır:

- Solvent depolarına ve dağıtım sistemlerine ait kapakların ve boru bağlantılarının bakımı dahil, rutin ve rutin olmayan bakım yapılması
- Hammaddelerin dağıtımı ve depolanması
- Proses kontrolü, prosesin ve çevrenin izlenmesi.

Kirliliği önleme yollarından bazıları şöyledir:

- Risklerin ve bu risklerin izleyecekleri yolların tanımlanması,
- Basit bir risk potansiyeli sıralaması yapılması.

Kirliliği önlemeye yönelik, üç adımdan oluşan uygulama şöyledir:

- Birincil önlemler (yapısal):
    - Tesis boyutlarının yeterli oluşu
    - Kimyasalların depolandığı ya da kullanıldığı yerlerde, örneğin zemin kaplamada ve korumalı alanlarda kullanılan yalıtım (sızdırmazlık) malzemesinin seçimi (bkz. aşağıdaki ikincil önlemler)
    - Proses hattının ve parçaların (ara sıra yapılan bakımda kullanılan pompa ve tanklar gibi geçici ya da seyrek olarak kullanılan ekipmanlar dahil) güvenilirliği.

- İkincil önlemler (tesis ya da ekipman):
    - Koruma (ya da ikincil koruma) depolama tankı kaçaklarına karşı, tank konteynırı tarafından doğal olarak sağlanan korumanın üzerine ek bir koruma yapılması anlamına gelir (bu sektörde tanklar depolama ya da üretim için kullanılabilir). Kaçaklara karşı iki tür ikincil koruma yapılmaktadır. Bunlar aynı zamanda tank imalatının da birer parçasıdır ve çift tabanlı tank yapımını (sadece yerden yüksekte olan tanklar için), çift yüzeyli ve çift duvarlı tankların yapımını ve tankların altındaki toprak yüzeye sızdırmaz malzemelerin uygulanmasını kapsar. Sözü edilen sızdırmaz malzeme kanalizasyon veya yeraltı sularına giden kanalların izole edilmesini ya da buradan kaynaklanan sızıntının minimum seviyeye indirilmesini temin eder. Bunun için erişim kapaklarının (rögar

kapaklarının) kullanılan solvente karşı yalıtımının yapılması, açık kanalların kapatılması da izole edilmesi, vs. gibi işlemler yapılır.
  - Tankların ya da depolama konteynırlarının boşaltılacak olan sıvıyı almasını temin etmek için, bu tank ve konteynırların büyüklük ve dayanıklılıklarının doğru bir şekilde tespit edilmesi (bkz. yukarıdaki birincil önlemlerde yer alan güvenilirlik) ya da kendi kendini kontrol eden hacim kontrol sistemlerinin monte edilmesi
  - Sızıntı tanımlama sistemi

- Üçüncül önlemler (yönetim sistemleri):

  - Dış uzmanlar tarafından yapılan ve içerde yapılan denetimler (düzenli bakım dahil)
  - Potansiyel kazalar için acil planlar
  - Deneme programları.

Çevresel etkilere yönelik önlem ve hedeflerin tanımlanması yer, tesis ve ekipman seçiminin yanı sıra, alt yapının, tesisin tasarımının ve inşasının tespiti için de önemlidir.

Çevresel faydalar: Havaya salınan kaçak emisyonların minimum seviyeye indirilmesine yardımcı olur. Kolayca görünmeyen ve belirlenmesi zor olan kanallar yoluyla toprağın ve yeraltı sularının kirlenmesinin minimum seviyeye indirilmesinde yararlıdır. Üretim tesisinin devreden çıkarılması işlemini kolaylaştırır. Planlanmayan kronik ve akut atıkların yüzey sularına ve belediye atık su arıtma sistemlerine boşaltımını minimum seviyeye indirir.

Çapraz medya etkileri: Olumsuz etkileri bulunmamaktadır.

Operasyonel veri: Operasyon deneyimi ile birleştirilen dikkatli planlama ve tasarım; rutin operasyon, bakım ve izlemeyi daha kolay, ucuz ve çevre açısından daha güvenli hale getirir.

Uygulanabilirlik: Bu önlemler tüm tesisler için geçerlidir; ancak bunların en iyi şekilde uygulanabilmesi için tesisin planlama, tasarlama ve inşaat evrelerinin en başında dikkate alınmaları gerekir. Büyük iyileştirmeler esnasında birçok değişiklik yapılabilir, mevcut tesislerin normal bakım dönemlerinde bazı düzeltmelere gidilebilir. Ancak geriye dönük olarak yapılan ilerlemeler daha güç olabilir ve yeterince etkili olmayabilir. Çeşitli standart ve kılavuzlar tesisin iyileştirilmesine yönelik olarak yapılan daha uzun vadeli planlamaların birer parçası da olabilir.

Ekonomiklik: Bu faaliyetlerin maliyetleri ilk yatırım veya iyileştirmelere ait yatırım maliyetleri arasında yer alır. Bazı teknikler yeni inşaat ya da iyileştirme safhasında uygulanabilecek maliyetsiz tekniklerdir. Yatırım maliyetleri genellikle daha verimli çalışma, bakım, kaza ve ruhsat ihlali maliyetlerinden kaçınma gibi getirileri sayesinde geri kazanılabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Özenli çalışma yükümlülüğü ve ortaya çıkabilecek herhangi bir çevre hasarında yüklenilecek sorumluluk. İlgili maddelerin ve madde miktarlarının geçerli olduğu durumlarda Seveso Direktifi (değişiklik yapılan haliyle).

Örnek tesisler: Birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [91, EIPPCB, 2005] [59, EIPPCB, 2005] [119, RIZA, 1999] [111, Eurofer, 2003] [120, INRS, 1998] [187, EC, 1996] [128, TWG, 2005]

20.2.2. Kimyasalların, tehlikeli maddelerin ve atıkların depolanması ve idaresi

Tanım: Tehlikeli maddelerin depolanması ve idaresi ESB BREF'inde ayrıntılı olarak açıklanmıştır [91, EIPPCB, 2005]. Tehlikeli maddelerin depolanması ve idaresi, bu maddelerin arıtım sistemlerine gönderilmesinin sağlanması bakımından gereklidir.

Çevresel faydalar: Depolama alanları oluşturulması, amaca uygun odalarda, uygun ekipmanlarla işlem yapılması çevresel riskleri azaltmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Aşağıdaki teknikler bu sektör için önemlidir:

- Sadece küçük miktarlar doğrudan uygulama alanlarında depolanır. Yangın riskini ve diğer ve çevresel riskleri azaltmak için, daha büyük miktarlar söz konusu olduğunda, ayrı odalar tahsis edilmesi gerekir.
- Solventler ve solvent içeren sıvılar için kullanılan yığın depolama tanklarından dağıtım tankına doldurma esnasında arkadan havalandırma yapılır (back-venting) ya da havalandırma karbon absorpsiyonu ile sağlanabilir. Arkadan havalandırma işleminden, tanklardan geçen solventlerin sadece % 0.01 – 0.03 kadarı etkilenebilir ve bu işlem daha iyi sonuçlar elde edilebilecekse gerçekleştirilir.
- Kaza ile dökülmelerde dökülen maddeler için koruma alanı yaratılması (örn. küçük çaplı dökülmelerde 'yakalama kapları' ile), hassas bölgelerde absorban malzemelerin kullanımı.
- Tehlikeli maddelerin yeraltında depolanmasının toprak ve yeraltı sularını kirletmesi, planlanmayan kaçakların ortaya çıkması, havaya gözle görünmeyen emisyonlar salınması gibi yüksek riskleri vardır. Bu risk depolama işleminin yer üstünde yapılması ya da yeraltında depolama yapıldığında, çift yüzeyli alanlar inşa edilmesi ve/veya kaçak tespit sitemleri kullanılması yoluyla önlenebilir.
- Tüm sabit yığın depolama tanklarına, aşırı doldurmaya karşı, üst düzey işitsel ve/veya görsel alarmlar ya da hacim göstergeleri konmalıdır. Doldurma sistemleri, ele alınan malzemenin viskozitesinin ya da kullanılan pompa sisteminin izin verdiği ölçüde, aşırı doldurmayı önlemek için alarm sistemlerine kilitli olmalıdır.
- Maddelerin çapraz bulaşmasının (özellikle de birbirine zıt maddelerin) önüne geçmek için her bir tank için tek bir doldurma noktası olmalıdır.

Büyük tanklar ile ilgili tekniklere ESB BREF'inden erişilebilir. Bilhassa, yansıtmayı arttıracak, solar radyasyondan kaynaklanan ısının absorpsiyonunu azaltacak ve böylelikle buharlaşma ile oluşabilecek solvent kaybını en aza indirecek teknikler aşağıdakileri kapsamaktadır:

- Yer üstündeki tankların beyaza boyanması ya da üzerlerine güneşe karşı koruyucuların veya solar kalkanların monte edilmesi,
- Kapakları içte olan, çatısı koni biçimli tankların kullanımı (boşaltılma sıklığına bağlı olarak)

Uygulanabilirlik: Tehlikeli maddelerin özel olarak depolanması hem düzenleyici bir gereksinim hem de iyi uygulama örneği olarak yaygın bir biçimde gerçekleştirilmektedir. Bkz. yukarıda Operasyonel veri kısmında yer alan arkadan havalandırma işlemi.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hukuki gereksinimlere uyulması ve kazaların önlenmesi. Avrupa'da birbirinden farklı ulusal yönetmelikler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Örnek tesisler: Bu doküman kapsamında yer alan tüm endüstrilerde uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [121, UK DEFRA ve notlar, 2003] [68, ACEA, 2004, 91, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.2.2.1. Üretim alanlarında solventlerin idaresi ve kullanımı

Tanım: VOC solventlerinin kullanıldığı durumlarda, bu solventlerin hava geçirmez (ya da neredeyse hava geçirmez) konteynırlarda tutulduğundan emin olmak için, aşağıdaki genel önlemler ve prensipler uygulanabilir:

- Potansiyel emisyon kaynaklarının kapak kullanılarak kapatılması
- Buharlaşma yoluyla oluşabilecek kayıpları önlemek için, bir kısmı kullanılmış solvent varillerinin ya da kutularının yeniden kapatılması
- Buharlaşmanın minimum seviyeye indirilmesi için, solvent konteynırlarının ısı ve hava akımından (açık konteynırların yanından geçen fork liftli kamyonların hareketinden kaynaklanan) uzak tutulması
- Tankların, rezervuarların ve makinelerin iyi oturan kapaklar ve kılıflarla mümkün olduğunca çok sarmalanması
- Tankların ve rezervuarların uygun kapakları olmadığı durumlarda plastik sargıların ve anti statik plastik kapakların; gerektiğinde elastik bantlarla, iç lastik tüpleriyle ya da naylon kanca ve kablo bağlayıcılarla tutturularak kapatılması (sözü edilen malzemeler üzeri kapatılan solvent tarafından çözülmemelidir). Bu tür kapakların sağladığı diğer bir avantaj da solventi toz ve dışarıdan gelen parçacıklardan korumasıdır
- Kirlenmiş bezler, solvent bazlı artıklar gibi solvent içeren atıkların konteynırlarda depolanması (bkz. Bölüm 20.11.2.8)
- Solvent içeren malzemenin gereğinden fazla kullanımını önlemek için, ölçüm sistemlerinin ya da kontrollü dozajların kullanımı, örn. küçük parçaların temizlenmesi için önceden solvent emdirilmiş bezlerin kullanımı etkili olabilir
- Solventlerin ve solvent bazlı malzemelerin kullanım alanına boru sistemi ile (halka devre) ulaştırılması ile elle temastan kaçınılması. Bu uygulamanın avantajları şöyle sıralanabilir:
    - Solventin aktarılması sırasında dökülme riskinin azaltılması

- Daha iyi koruma sağlama ve kirleticilere maruz kalma riskinin azalması
- Doğru denetime olanak sağlayan akış ölçere uygun ortam oluşturması.

Çevresel faydalar: Havaya salınan VOC miktarı azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: İş sağlığı ve güvenliği konuları solvent konteynırının kapatılıp kapatılmayacağını ya da ne ölçüde kapatılacağını belirleyebilir.

Uygulanabilirlik: Çoğu solventin değişen ortam sıcaklığına göre ciddi oranda genleşip sıkışması dikkat edilmesi gereken bir husustur. Kullanılan solvente göre, depolama tankında bu tür bir genleşme için yeterince yer bırakılmalıdır. Örneğin, konteynırlar yaklaşık % 10 oranında fazla hacmi kaldırabilmelidir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. Yasal gerekliliklere uyum, örn. SED.

Örnek tesisler: Airbus, Fransa önceden solvent emdirilmiş bezleri kullanmaktadır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [89, UK ve Program, 1996] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.2.3. Ekipmanların otomasyonu

Tanım: Aktivite ve endüstriye göre, tesislerdeki birçok operasyon otomasyona bağlanabilir. Aşağıdakiler örnek olarak verilebilir:

- Robotla spreyleme:
  - Otomobillerde, bkz. Bölümler 6.2.4.1 ve 6.2.4.2
  - Kamyonlarda, bkz. Bölüm 7.2.1
  - Gemilerde, bkz. Bölüm 11.4.4
  - Plastiklerde, bkz. Bölüm 16.2
- Otomatik karıştırma sistemleri, bkz. Bölüm 20.6.3.1
  - Baskıda, sadece esnek ambalajlara uygulanabilir (bkz. Bölüm 2.4.2.)
- Merdaneli boya kaplamada, bkz. Bölüm 20.7.3.1
- Perdeli boya kaplamada, bkz. Bölüm 20.7.3.2
- Solventlerin ve solvent bazlı malzemelerin boru ile aktarımında (bkz. Bölüm 20.2.2.1, 20.6.3.4 ve 20.6.3.5).

Çevresel faydalar: Overspreyi minimum düzeye indirir, toz miktarını azaltır, malzeme etkinliğini arttırır, atıkları azaltır ve daha az atık solvent oluşuma yol açar.

Çapraz medya etkileri: İlgili bölümlere bakınız.

Operasyonel veri: İlgili bölümlere ve aşağıdaki örnek tesise (Tablo 20.2 ve Tablo 20.3) bakınız.

Uygulanabilirlik: İlgili bölümlere bakınız. Otomobillerin boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Uçak parçalarının boyanmasında kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: İlgili bölümlere bakınız. Taşıtların boyanmasında yapılan malzeme ve zaman tasarrufu için, (bkz. Tablo 20.2 ve Tablo 20.3).

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kalite ve üretkenliğin artması.

Örnek tesisler: İlgili bölümlere bakınız.
Uçak parçaları: Airbus, Nantes, Fransa
Araçlar: Seat, Martorell, İspanya; VW, Pamplona, İspanya; VW, Güney Afrika; Renault, Flins, Fransa; BMW, ESTA ile toz vernik katman, Münih, Almanya; Mercedes, Almanya.

Üst orta segment otomobiller 500 araç/gün. İç boyama: 145 ml ön kapı, 130 ml arka kapı, 255 ml motor kısmı, 150 ml bagaj. Boya maliyeti, 10 Avro/l. Not: Başka temel veri sunulmamıştır.		
Manuel hava spreyinden dönüşüm:	ESTA	ESTA robotlarına otomatik olarak verilen havadan
Boya tasarrufu:	138000 l/yıl 1.2 l/araç	60950 l/yıl 0.53 l/araç
Yıllık maliyet tasarrufu: **CPU (araç başı maliyet) tasarrufu:**	1380000 Avro/yıl 12 Avro	609500 Avro/yıl 5.3 Avro
Geri dönüş süresi, sadece boya maliyetinin (ROI)	20 ay	13 ay
Transfer verimliliği: % 30-35 hava, % 40-60 ESTA Rota uzunluğu % 60'a varan oranda azaltılmıştır Rota hızı % 25'e varan oranda azaltılmıştır Boyama süresi % 25'e varan oranda azaltılmıştır Etrafının sarmalanması sayesinde kalite yükselmiştir Havanın azaltılması ile toz da azaltılmıştır Katman kalınlığı: Aynı, muhtemelen daha kalın		

Tablo 20.2: Otomobil montaj hattında iç kısımlara robotla spreyleme uygulaması örneği [162, Eurocar, 2005]

Üst orta segment otomobiller, 500 araç/gün. Metalik boyama: Araç başına boyanan yüzey 9.5 m^2. Baz kat 2-kat kalınlığı 5µm, % 15 katı madde içerikli. Boya maliyeti, 10 Avro/l Not: Başka temel veri sunulmamıştır.	
Yıllık boya tasarrufu: **Araç başı:**	41641 l/yıl 0.45 l/araç
Yıllık maliyet tasarrufu: **CPU (araç başı maliyet) tasarrufu:**	416410 Avro/yıl 4.5 Avro
Amortisman (ROI)	10 ay

Tablo 20.3: Otomobil montaj hattında dış kısımlara metalik boya kullanılarak robotla spreyleme uygulaması örneği [162, Eurocar, 2005]

Referans kaynakçası: Yukarıdaki Tanım kısmında belirtilen ilgili bölümlere bakınız. [162, Eurocar, 2005]

20.2.4. Eğitim

Eğitim EMS'nin önemli bir parçasıdır (bkz. Bölüm 20.1.1 (c) ii).

Tanım: İşin büyük bir bölümünü yapan ve operasyon ekipmanlarının çoğunu kullanan personelin yeterli eğitimi alması gerekir. Solventlerin ve ilgili ekipmanın kullanımı ve temizlenmesi ile ilgili teorik ve pratik bilgi alınması gerekmektedir. Yeni boya kaplama ve baskı malzemeleri, sistemleri ve uygulama ekipmanları mevcut uygulamalarda değişiklik yapılmasını gerektirir. Yeni boya kaplama malzemelerinin uygulama alanları belli çerçevelerle sınırlı olabilir. Bu nedenle operatörlerin ve destek birimlerinde çalışan personelin teknik becerilerinin arttırılması gerekir, aksi taktirde örneğin çok kalın film oluşumu gibi problemler ortaya çıkabilir.

Çevre, ekonomi ve sağlıkla ilgili hususların da üzerinde durulması gerekebilir. Solventlerin idaresi ve kullanımı dahil, tüm operasyonlar ile ilgili yazılı belgeler aşağıdakileri özellikleri taşımalıdır:

- Gereken kimyasal madde miktarını ayrıntılı bir şekilde gösteren proses kılavuzlarını, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili verileri sağlamalı ve ilgili operasyon prosedürlerini açıklamalı,
- Belli ekipman ve araç-gereçlerin belli solvent ya da kaplamalarla birlikte nasıl kullanılacağını açıklayan operasyon prosedürlerini içermeli,
- Dökülme, sızıntı, vs. gibi durumlar ile ilgili bilgileri içermelidir (bkz. Bölüm 20.2.1).

Çevresel faydalar: Hammadde tüketimi ve ortaya çıkan atık miktarı azaltılır. VOC emisyonları azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği. Kaliteyi arttırır ve kalitenin sürdürülebilirliğini sağlar.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [89, Birleşik Krallık ve Program, 1996]

20.2.5. Proseslerin/Ekipmanların optimizasyonu

Tanım: Birçok aktivitenin optimizasyonunun yapılması gerekmektedir. Örneğin belli proses değişkenlerinde değişiklik yapılırken kalite, üretim hacmi, vs. gibi diğer parametrelerle birlikte tüketim ve/veya emisyonlar da izlenmektedir. Optimizasyon tasarım prosesinden

itibaren başlayabilir ve daha sonra proses sağlayıcılar tarafından ya da bunların desteği ile sürdürülür. Bazı durumlarda, yazılım programları da kullanılabilir.

Örnekler:

- Atık gaz arıtımının tasarım ve operasyonunun yazılımlarla optimizasyonu, bkz. Bölüm 20.11.1.
- Heatset ofset baskının düşük IPA kullanımına yönelik olarak optimizasyonu, bkz. Bölümler 2.4.1.3.2, 2.4.1.3.4 ve 2.4.1.5, vs.

Çevresel faydalar: Aktivitelerin; su ve enerji tüketimi, hammaddelerin korunması, emisyonların, özellikle de VOC'lerin azaltılması bakımından optimizasyonunu sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Mevcut veriler kullanılabilir. Ayrıca performansın karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi ve iyileştirmelerin planlanması için de kullanılabilir.

Uygulanabilirlik: Tüm aktivitelerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Aşağıda yer alan 'Uygulanmasını teşvik eden faktörler' kısmına bakınız.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Çevre ile ilgili olarak yapılacak optimizasyon çalışmaları tesisin proseslerini ve ekonomik performansını da iyileştirebilir.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005]

20.2.6. Bakım

Tüm araç-gereç ve ekipmanın bakımının yapılması önemlidir ve EMS'nin bir parçasını oluşturur (bkz. Bölüm 20.1.1 (c) vii).

Tanım: Bir bakım planı yapılmalı ve yapılan tüm denetim ve bakım aktivitelerinin kayıtları tutulmalıdır. Bu aktiviteler arasında aşağıdakiler yer almaktadır:

- Contalarda, bağlantılarda, valflerde, kaynak yerlerinde, tanklarda ve setlerde ortaya çıkabilecek sızıntıların gözle kontrol edilmesi,
- Boru hatlarına ve tanklarına basınç testleri yapılması,
- Somun ve cıvataların sıkılığının kontrol edilmesi,
- Makinelerdeki, valflerdeki ve setlerdeki aşınma ve yırtılmaların kontrol edilmesi,
- Ölçüm sistemlerinin yeniden kalibre edilmesi,
- Ekstraksiyon ve azaltma ekipmanının tam anlamıyla çalışır durumda olduğunun ve:
    - Kurutucuların ve fırınların sızıntı yapmadığının
    - Borularda kaçak olmadığının
    - Yan boruların düzgün bir şekilde çalıştığının (örn. tıkanmadığının)

temin edilmesi gerekir.

Mümkün olan durumlarda önleyici bakım programı hazırlanmalı ve bu program bilgisayar yazılımı ile desteklenmelidir. Önleyici bakım yazılımı, planlanan bakım programı tamamlanana kadar bu program üzerinde günlük işaretlemeler yaparak, gerekli herhangi bir bakımın unutulmamasını sağlar. Proses operatörleri sızıntıları, kırık ekipmanları, çatlak boruları, vs. tespit edebilir ve böylece planlanmayan emisyonlara yönelik bakım aktivitelerinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunabilirler.

Çevresel faydalar: Solventin havaya karışması ile ortaya çıkan kaybı azaltır, etkinliği ve ürün kalitesini arttırır, iş yerinin düzenli ve iç açıcı bir yer haline gelmesini sağlar.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Genellikle uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Bu sektörde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [89, UK ve Program, 1996]

20.3. İzleme

İzleme ile ilgili olarak, REF (MON) [113, EIPPCB, 2003] kılavuz niteliğinde bilgi vermekte ve aşağıdaki konulara yönelik uygun standart prosedürlerine dair kaynakları sıralamaktadır:

- Geçici ve yayılan emisyonların, vekil (surrogate) parametrelerin ve kütle dengelerinin izlenmesi dahil, tüm emisyonların hesaba katılmasıyla yapılan doğrudan izleme,
- Numune alma işlemi için süre tutma,
- Belirsizlikler ile nasıl baş edileceğini belirleme.

20.3.1. Solventler için kütle dengesi

Tanım: Bir tesisin çevresel iz/yönetim planı hakkında fikir edinmek için (bkz. Bölüm 20.1.2), operatör aşağıdakileri bilmelidir:

- Ne kadar solventin nerede kullanıldığını,
- Ne kadar solventin nerede açığa çıktığını.

Atık gaz ve kaçak emisyon olarak açığa çıkan organik solventlerin tespiti, diğer emisyonların (örn. su) tespitinden çok daha zordur. Emisyonlar, solvent dengesi olarak da adlandırılan, madde dengesi sayesinde tespit edilmektedir. Solvent yönetim planı, kütle dengesini kullanan bir araçtır. SED'in III no'lu Ek'i solvent yönetim planında nelerin bulunması gerektiğine dair

bir kılavuz sunmaktadır [123, EC, 1999]. Burada uygulanması gereken prensipler ve kütle dengesi için bir çerçeve yer almaktadır. Solvent yönetim planı (kütle dengesi) birtakım gereksinimleri tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu gereksinimler şöyledir:

- Toplam emisyon limit değerinin belirtildiği (örn. üretilen birim başına düşen solvent emisyonunun ya da farklı bir birimin belirtildiği) bir azaltma planına uygun faaliyet gösterildiğinin doğrulanması (bkz. Ek 24.2),
- Kaçak emisyonların belirlenmesi.

Şekil 20.1 solventlere ait tüm olağan girdi ve çıktı seçeneklerini göstermektedir.

En yaygın görülen beş durum (Ek 24.4'te örneklenmiştir) şöyledir:

- İçerde solventi tekrar kullanmadan, boru sonu azaltma yapılmadan,
- İçerde solventi tekrar kullanarak, boru sonu azaltma yapılmadan,
- Solventin geri kazanımı ve tekrar kullanımı ile (tesis içinde ve dışında),
- Bertaraf edici boru sonu azaltımının kullanıldığı ve kaçak emisyonların (örn. temizlik maddelerinin) doğrudan kolayca tespit edildiği,
- Boru sonu azaltımının kullanıldığı ve kaçak emisyonların kolayca tespit edilmediği.

Şekil 20.1: Tüm solvent girdileri ve çıktıları (SED'den alınan tanımlarla)

Toplam emisyon E = O1 + kaçak emisyonlar

Kaçak emisyonlar (F) şöyle hesaplanabilir:

$$F = I1 – O1 – O5 – O6 – O7 – O8$$

(O7 bu dokümanda ele alınan endüstrilerde geçerli değildir)

veya $F = O2 + O3 + O4 + O9$

F girdilerin (I) ve çıktıların (O) doğrudan ölçümü yoluyla belirlenebilir, bkz. aşağıda yer alan Bölüm 20.3.2.

Kütle dengesi, genellikle doğrudan ölçüm ve spesifik bir durum için ortaya konan tahminin karışımından elde edilir (bkz. Ekler 24.2, 24.3 ve 24.5). Bazı endüstrilerde (örn. taşıt imalat endüstrilerindeki uygulamalarda, bkz. Ek 24.5) kullanılan bir teknik, atık gaz sisteminin yakalama ve giderme verimliliğinden de yararlanarak, aşağıdakilerin uygulanmasını kapsamaktadır:

- Solvent girdi miktarının ölçümü (I = I1 + I2)
- Sudaki emisyonun ve atık olarak kaybedilen miktarın ölçümü, vs. (Kayıplar = O2, O3, O6, O7, O8, O9)
- Emisyonları giderme tekniğinin ölçümü ya da hesaplanması
- Azaltılmak üzere gönderilen solvent miktarının tahmini (I – Kayıplar)
- Solvent miktarının, azaltma verimlilik yüzdesi ile çarpımı = atık gaz emisyonları O1
- Geçici emisyonlar (yukarıdaki gibi): F = I1 – O1 – O5 – O6 – O7 – O8 ya da F = O2 + O3 + O4 + O9

Not: Kaçak emisyonların hesaplanması için O1'in hesaplanmasına gerek yoktur: O1 toplam emisyonlar hesaplanırken gereklidir (örn. toplam emisyon limitine uyulması gerektiğinde veya azaltma planı uygulandığında, bkz. Ek 24.2).

İşlevleri, yönetmeliklere veya çevre ruhsatlarına uyulduğunu kanıtlamak olan solvent dengeleri normalde yıllık olarak hazırlanır. Ancak dengeler aşağıdaki nedenlerden ötürü aylık ya da üç aylık dönemler için de hazırlanabilir:

- Öncelikle, düzgün bir veri toplama sistemi oluşturmak ve solvent dengelerini hazırlamak, kontrol etmek için, operatörlerin kaynaklara başvurması gerekir, örn. büyük şirketlerde bir ya da iki kişinin aylık çalışması kadar bir süre gerekli olabilir. Sitem kurulduğunda ve temel ölçümler belirlendiğinde kolayca izlenebilir (bkz. Bölüm 20.1.3)
- Sık hazırlanan solvent dengeleri yıllık dengelere göre daha basit olabilir. Örneğin; dengeler hesap çizelgesine işlenebilir ve/veya düzenli kontroller için bu dengelerden temel göstergeler elde edilebilir. Gerçek fiziki envanterden ziyade idari kaynaklardan elde edilebilen stok değişiklikleri bu göstergeler arasında sayılabilir.
- Solvent dengelerinin hazırlanması her zaman kolay olmamaktadır. Bunun için şirketin sürekli yeni bir şeyler öğrenerek ilerlemesi gerekmektedir. Doğru sonuçların elde edilebilmesi için çok sayıda solvent dengesi hesaplanması gerekir.

- Sık hesaplanan dengeler, olası problemlere yönelik erken uyarı sağlayabilir. Solvent dengesi yıllık olarak hesaplandığında bu denge, emisyon limitlerinin aşılması ihtimalinin söz konusu olduğu durumların tespit edilmesini, sakıncalı durumun zamanında düzeltilmesini ve uygunluk sınırları içerisinde kalınmasını sağlar.

Sık hesaplanan dengelerin doğruluğuna ilişkin ilave kontrollerin yapılabilmesi için, yıllık dengeler sadece tüm dengelerin bir toplamı olmakla kalmamalı, mümkün olduğunca orijinal verilerden yararlanılarak ayrı bir şekilde hesaplanmalıdır. Herhangi bir çelişki olup olmadığını görebilmek için, bu şekilde hesaplanan bir yıllık denge, sık hesaplanan dengelerin toplamıyla kıyaslanabilir.

Çevresel faydalar: Solvent dengeleri kaçak emisyonların tahmin edilmesi ve dolayısıyla kontrolü için gereklidir. Sık hesaplanan dengeler herhangi bir düzensiz durumu ortaya çıkarır, çevresel riskleri azaltır ve solvent emisyonlarının azaltılmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Emisyon rakamları karşılaştırılabilir olmalıdır. Bir endüstrinin tamamında aynı tanımların kullanılması, (özellikle de kütle dengesi için 'solvent' olarak sınıflandırılanların) önemlidir. SED'in VOC'yi tanımlarken yalnızca standart koşullardaki buhar basıncını değil, aynı zamanda belli kullanım koşulları altında benzer uçuculuğa sahip olan tüm bileşenleri kastettiğinin altını çizmek gerekir.

Kütle dengesi hesaplanırken, genellikle atık gaz ekstraksiyon ve arıtım sisteminin etkin çalıştığı varsayılır. Örneğin, havalandırılan alanın tasarımda belirtildiği gibi olduğu (örn. kaydedilmemiş bir bağlantı olmadığı), fan gibi ekipmanların tasarımda hedeflenen etkinlikte çalıştığı, vs. varsayılır. Hava akımı hacmi fazla olabilir (örn. zaman zaman 10^6 m^3/saat), bu nedenle bu rakamlarda oluşabilecek hatalar, açığa çıkan emisyonların hesaplanmasında da büyük hatalara yol açabilir (bkz. Ekler 24.2 ve 24.3).

Varsayılanların geçerli olabilmesi için, havalandırma sistemi düzenli bir çalışmayla incelenmeli ve sistemin bakımı yapılmalıdır (bkz. Bölüm 20.2.6 ve özellikle Bölüm 20.11.1.2). Karşılaşılan problem örnekleri şöyledir (bkz. Ek 24.3):

- Ekstraksiyon sistemi tasarlandığı gibi inşa edilmemiş veya ilgili çizimler güncellenmeden değiştirilmiştir.
- Otomatik basınç kontrolleri, valfler ve kapaklar tasarlandığı gibi çalışmaz.
- Sistem yanlış çalışır, örn. emisyonu çıkarmak yerine üfler ve hava akışının yanlış yönde yol almasına neden olur.
- Fan motorlarının, tahrik kayışlarının ve/veya kasnakların değiştirilmesinden dolayı, farklı akış hızları ortaya çıkabilir.

Hacimsel akışın belirlenmesi için bkz. aşağıda yer alan Referans kaynakçası, Bölüm 20.3.2.

Hesaplanan kaynak rakamlarının kütle dengelerine göre doğru olup olmadığı tespit edilmelidir (bkz. Ekler 24.2 ve 24.3). Herhangi bir kaynakta oluşabilecek maksimum hatanın kütle dengesinin hedefine herhangi bir etki etmediği durumlarda, daha net tahminler yapmak için çalışma yapmaya gerek yoktur.

Uygulanabilirlik: Bu teknik solvent kullanılan tüm endüstrilerde uygulanabilir ve ayrıca kaçak emisyonların hesaplanmasında da kullanılır. Bu teknik aynı zamanda emisyon azaltma planının kullanıldığı yerlerde, işletmenin SED'e uygunluğunu da kanıtlar.

Solvent dengeleri karmaşık durumlarda doğru olmayabilir, emisyon azaltma tekniklerinin kullanıldığı durumlarda büyük sapmalar gösterebilir (bkz. yukarıda yer alan operasyonel veri)

Birçok ülkenin ve endüstriyel organizasyonun kütle dengesinin nasıl hesaplanacağına ve solvent yönetim planının nasıl oluşturulacağına dair kılavuzları vardır. Bunlardan bir tanesi (İngilizce) kütle dengesinin hesaplamasına yardımcı olmak için ayrı bir hesap çizelgesi içermektedir.

Ekonomiklik: Solvent kullanımının optimizasyonu ile maliyet azaltılır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Solvent Emisyonları Direktifi (SED). Tüm üretim tesislerinin ya toplam emisyonları ya da kaçak emisyonları ayrı olarak belirlemesi gerekir.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [90, ETBPP ve diğerleri, 2004] [113, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2006] [135, ADEME, 2004].

20.3.2. Solventlerin ve havaya salınan emisyonların doğrudan ölçümü

Tanım: Yukarıda yer alan Bölüm 20.3.1 bazı girdilerin (I) ve/veya çıktıların (O), şekil 20.1 de gösterildiği gibi, doğrudan ölçülebileceğini ifade etmektedir. Ek 24.2'de örnekler yer almaktadır.

Doğrudan ölçüm, solventin veya solvent içeren malzemelerin hacim ya da ağırlık bakımından ölçümü şeklinde olabilir. Bazı durumlarda, örn. birtakım temizlik operasyonlarında kullanılacak olan solventin tamamı buharlaşır ve kaçak emisyon olarak kaybedilir. Bu tür durumlarda kullanılması planlanan hacim veya ağırlıktaki solvent havaya salınan solvent miktarı haline gelir. Solventin atık temizlik malzemeleri ve artıklar içerisinde tutulduğu diğer durumlarda ise, bu artıklar içerisindeki solventlerin ağırlığı tespit edilebilir ve kullanılması planlanan solventten çıkartılır.

Atık gazların doğrudan emisyonu sürekli ya da aralıklı olarak, çeşitli dedektörlerle TOC, CO, toz (partiküller), NO_x gibi parametrelerle ölçülebilir. Akış ve hızın belirlenmesi, ölçümdeki şüphelerin anlaşılması ve tahmin edilmesi de aynı derecede önem taşır. MON BREF [113, EIPPCB, 2003]

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: SED tüm tesislerin kaçak emisyonları tespit etmesini ya da diğer emisyonlardan ayrı olarak sadece kaçak emisyonları tespit etmesini gerektirmektedir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: İzleme BREF'i [113, EIPPCB, 2003] ilgili CEN standartlarını (Avrupa Standardizasyon Komitesi) listelemektedir. Bu standartlar Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu'ndan sonra (ISO) [113, EIPPCB, 2003] en bağlayıcı standartlardır. Şayet maddeler yukarıda sıralanan standartların kullanımıyla izlenemiyorsa, aşağıdakiler gibi diğer akredite yöntemler kullanılabilir:

- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Association Française de Normalisation (AFNOR)
- British Standards Institution (BSI)
- Deutsches Institute für Normung (DIN)
- United States Environmental Protection Agency (US EPA)
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI)
- Diğer akredite ulusal standartlar

Şayet maddeler yukarıda sıralanan standartların kullanımıyla izlenemiyorsa, ISO 17025'te yer alan gereksinimlerin ardından, baca gazı emisyonlarının izlenmesi için aşağıdaki mesleki yöntemler geliştirilebilir:

- İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (Health and Safety Executive, HSE) tarafından yayımlanan Tehlikeli Madde Tespit Yöntemleri (Method for the Determination of Hazardous Substances, MDHS) serisi
- Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH); ve
- İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (Occupational Safety and Health Administration, OSHA).

Belli başlı gazların izlenmesine ve numune alma prosedürlerine yönelik ulusal kılavuzlar da bulunmaktadır, örn. [121, Birleşik Krallık DEFRA ve notlar, 2003] [148, TWG, 2006].

Avrupa Kirletici Salınım ve Taşınım Kaydı (E-PRTR, EC 166/2006 no'lu Yönetmelik'e dayanan) hakkındaki Kılavuz doküman, hava ve su kirletici maddeler için uluslararası düzeyde tanınan ölçüm yöntemlerini listelemektedir:
http://ec.europa.eu/environment/ippc/eper.

20.3.3. Su

20.3.3.1. Kanalizasyonlardaki tehlikeli ortamın önlenmesi

Tanım: Üretim prosesinde solvent kullanıldığı zaman gerek proses sırasında temas edilen su gerekse proses sonucunda dışarı atılan buhar yoluyla ya da planlanmayan salınımlarla (sızıntılar, dökülmeler, vs.) atık sularda da solvent ortaya çıkar. Kanalizasyonlarda solvent bulunması aşağıdakilere yol açabilir:

- En düşük patlama seviyesi (LEL) aşıldığı zaman yangın ve patlama riskleri,
- Mesleki maruz kalma limitleri (TLV, OEL veya MAK değeri) aşıldığı zaman zararlı buharların oluşumu,
- Kanalizasyon borularında hasar,
- Atık su arıtımına müdahale.

Sözü edilen maddeler uçucu ya da suda çözünemeyen maddeler olmayabilir. Zira tesislerden çıkan ve kanalizasyonlarda bulunan atık suların sıcaklığı arttırılarak solventin buharlaşması sağlanabilir. Bazı maddeler nispeten yüksek konsantrasyonlarda dışarı atılabilir; ancak bu yöntemle atık suyun, belediyeye ya da tesise ait bir atık su arıtma tesisinde (WWTP) arıtılabilme ya da öteki kontrol limitlerine başvurma ihtimali göz ardı edilmiş olur.

Planlanmayan atıkların minimum seviyeye indirilmesi Bölüm 20.2.1'de ele alınmaktadır.

Solventlerin atılmasının mümkün olduğu hallerde, kanalizasyon ortamının yukarıda sıralanan durumlara maruz kalmamasını temin etmek için atılması gereken ilk adım, atık suya karışacak olan solvent miktarını ve konsantrasyonunu tahmin etmek ve gerekirse bunu bir analizle doğrulamaktır. Solvent konsantrasyonunun daha ayrıntılı bir araştırmayı gerektirmesi halinde uygulanacak en basit kriter kanalizasyona giren atık suyun, havaya karışması zararlı olabilecek oranda solvent konsantrasyonuna (eşik limit değeri, TLV olarak adlandırılan) sahip olmamasıdır. Bu, yukarıda sıralanan faktörlerin en temel olanıdır ve dolayısıyla diğer faktörlere yönelik olarak da koruma sağlar ve şöyle hesaplanır:

vp = ölçülen buhar basıncı
vp0 = saf organik sıvının buhar basıncı
γ = aktivite katsayısı
mf = mol fraksiyon

iken:

$$vp = vp0 * \gamma * mf$$

Çevresel faydalar: Kanalizasyonlardaki solvent oranının güvenli düzeyde kalmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Atık suda buhar basıncı gibi veriler elde etmek güçtür.

Uygulanabilirlik: Kanalizasyon ortamındaki solvent konsantrasyonunun hesaplanması sık görülen bir uygulama değildir. Ancak atık suya solvent salınımının, özellikle de çözünebilen solvent salınımının yüksek olduğu yerlerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Şayet spesifik bir solvent ile ilgili hiç veri yoksa, veri elde etmek maliyetli olabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Tesiste ve atığın boşaltıldığı kanalizasyonlarda iş sağlığı ve iş güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [92, WRc_plc, 1980] [128, TWG, 2005] [148, TWG, 2006]

20.3.3.2. BOD, COD ve biyolojik çözünürlüğün izlenmesi

Tanım: Atık sudaki organik madde içeriği atık su arıtma tesisinin (belediyeye ya da tesise ait olan) etkinliğini iki şekilde etkileyebilir: Madde yükü ve biyolojik çözünürlük. Genellikle ölçülen parametreler BOD (genellikle BOD_5) ve COD (veya alternatif olarak, TOC) şeklindedir.

Madde yükü, COD ve BOD ile çarpılan saatlik ya da günlük hacimdir ve bu maddenin boşaltıldığı atık su arıtma tesisi, üretim tesisinden gelen madde yükünü alabilecek ve arıtabilecek kapasitede olmalıdır.

COD'nin BOD'ye oranı aynı zamanda akışkan atığın biyolojik olarak arıtılabilirliğinin de yaklaşık bir göstergesidir. COD'nin BOD'ye oranı ne kadar yüksek olursa, atık suyun arıtılması da o kadar zor olur. Bu sonucun doğrulanması gerekirse daha spesifik testler yapılmalıdır. Karşılaştıma yapmak için göstergeler şöyledir:

- Evsel akışkan atıkları ve kolay çözünebilen bazı bileşikler:
  - BOD_5 = 0.68 x COD (güvenilirlik derecesi yeterli olan)
- Bileşikler için, kaba gösterge (her zaman güvenilir değildir):
  - COD:BOD>100:1a bileşik genellikle nispeten biyolojik olarak çözünemez niteliktedir
  - COD:BOD<10:1a bileşik genellikle nispeten biyolojik olarak çözünebilir niteliktedir.

Çevresel faydalar: Atık sudaki BOD ve COD seviyelerinin çevreyi minimum düzeyde etkilemesini sağlar.

Çapraz medya etkileri: Havaya yapılan solvent salınımının azaltılması için su bazlı boyaların kullanılması, bu kez de kanalizasyonlara boşaltılan organik madde yükünü arttırabilir. Bu yük kolayca arıtılabilen BOD ya da yüksek dirençli COD olabilir. Bu durum atık su arıtma tesislerinin (tesisin içinde ya da dışındaki) aşırı yüklenmesine ve yüksek dirençli COD'nin akarsulara boşaltılmasına neden olmaktadır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bkz. yukarıda yer alan Çapraz medya etkileri.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Su tahliye mevzuatına uygunluk .

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [93, Agences de l'Eau de France, ve diğerleri, 2002] [128, TWG, 2005] [94, EIPPCB, 2006] [153, CEFIC, 1998] http://www.cefic.be/activities/hse/rc/guide/11.htm, [113, EIPPCB, 2003] [148, TWG, 2006]

20.3.3.3. Sudaki toksisitenin izlenmesi ve kontrolü

Tanım: Gerek temizlik işlemlerinde gerekse proseslerde (elektro boyamada ya da su bazlı mürekkeplerde, vs.) su kullanıldığında, bu suyun içerisinde su kanallarına (kanalizasyon sistemine) boşaltılan ve toksik madde içeren süspansiyon ya da solüsyonlar bulunabilir. Su bazlı bazı proseslerde, depolama ve kullanım aşamasında biyolojik çözünme olmasını önlemek için biyosid eklenmesi gerekebilir. E-kaplama ile uygulanan boyalar gibi solüsyonlar organotin bileşiği olarak katalizör içermektedir.

Su kanallarına giden hammaddelerin toksisite oranına ilişkin veriler, tedarikçilerin sağladığı bilgilerden (çevre ile ilgili risk kodları olan R50, R53 ve R51 gibi) ya da doğrudan tedarikçiden elde edilebilir. Boşaltımın yapıldığı nokta ve buradaki suyun kullanım alanına (balıkçılık yapılan ya da içme suyu elde edilen, vs. yerler) bağlı olarak diğer risk kodları da geçerli olabilir.

Buradaki en önemli faktör boşaltılan madde miktarıdır ve bu da analizler tarafından tespit edilen operasyonel bilgi kullanılarak hesaplanabilir. Gerektiğinde uygun toksisite testi de yapılabilir.

Boşaltılan maddeyi kontrol etmenin çeşitli yolları vardır. Bunlar:

- Tehlikeli maddelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (bkz. Bölüm 20.10),
- Otomatik doz ayarlama gibi yöntemlerle üretimde kullanılan madde miktarının minimum seviyeye indirilmesi,
- Çoklu (kaskad) durulama, konsantrasyonların devir daimi ile yapılan membran filtrasyonu (bkz. Bölüm 20.7.5.1 ve 20.7.5.3) gibi yöntemlerle üretim tanklarındaki kaybın minimum seviyeye indirilmesi,
- Problem yaratan maddelerin giderilmesi için atık suyun arıtılması.

Bu tekniklerle ilgili daha fazla bilgiye STM ve CWW BREF'lerinden ulaşılabilir.

Suya toksik etkisi olduğu bilinen maddelerin çevreye zarar verebilecek oranda boşaltımının söz konusu olduğu durumlarda, boşaltımın kontrol altına alınabilmesi için, atılan maddenin türüne ve boşaltım sıklığına göre izleme yapılması gerekir (bkz. İzleme BREF'i).

Çevresel faydalar: Su ve katı atıkların geçtiği bölgelerin korunması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak uygulanmaktadır. Suya ne kadar toksik maddenin boşaltılabileceği, boşaltımın yüzey sularına mı yoksa belediyeye ait atık su tesislerine mi yapılacağına bağlı olarak değişmektedir. Bu oran aynı zamanda aşağıdakilere bağlı olarak da değişebilmektedir:

- Biyolojik çözünürlük ve çözünürlük oranı,
- Maddelerin arıtma işlemindeki durumları (örn. su sütununda tutulup tutulmadıkları ya da atık çamuruyla ayrılıp ayrılmadıkları),
- Atık çamurun türü ve durumu (örn. atık sudan çıkan çamurun yakılıp yakılmadığı veya atık su arıtma tesislerinden yüzeye yayılıp yayılmadığı)

Ekonomiklik: Sudaki toksisitenin belirlenmesi pahalı olabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Su boşaltımı ile ilgili mevzuata uygunluk.

Örnek tesisler: AB çapında yaygın olarak uyglanmaktadır.

Referans kaynakçası: [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri 2002, 113, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2005] [67, EIPPCB, 2003, 97, EIPPCB, 2005, 113, EIPPCB, 2003] [59, EIPPCB, 2005] [148, TWG, 2006]

20.4. Su yönetimi

Su tüketimi, yüzey işlemlerinin çoğunun solvent bazlı olduğu durumlarda az olurken, su bazlı temizleme yapılan ve/veya su bazlı boya ve mürekkep kullanılan durumlarda artmaktadır. Bu durum su kirliliği riskini de arttırmaktadır (örn. kanalizasyonlara atılan reçine artıklarından, pigmentlerden ve/veya biyosidlerden kaynaklanan).

Su yönetimi ile ilgili proses açıklamalarına dair daha fazla bilgiye STM BREF'inden ulaşılabilir [59, EIPPCB, 2005].

20.4.1. Durulama suyunun tekrar kullanımı/geri dönüştürülmesi

20.4.1.1. İyon değiştirici ile geri kazanım

Kullanılan durulama suyu geri kazanılabilir. Bu uygulama su tüketiminde tasarruf yapılmasını sağlar, arıtılacak olan atık su miktarını azaltır, sermaye yatırımındaki atık su arıtım maliyetlerini, enerji kullanımını ve kimyasalları azaltır. Ancak durulama suyunun geri kazanımı ile yapılacak olan tasarruf ve atık azaltımı, bu işlem için kullanılan ekipmanın maliyeti, harcayacağı enerji ve yaratacağı kimyasallar ile dengelenmelidir. Prosese gelen suyun arıtıldığı yerlerde, prosese verilen temiz suyun arıtılmasından ziyade verilen durulama suyunun arıtılması genellikle daha kolay ve ucuzdur (harcanan sermaye, kimyasallar ve enerji

bakımından). Bunun nedeni prosese gelen temiz sudaki iyon konsantrasyonunun ya da TDS'nin durulama suyununkinden daha yüksek olmasıdır [59, EIPPCB, 2005].

20.4.1.2. Fabrika içerisinde suyun tekrar kullanımı

Tanım: Soğutma kuleleri veya ısı değiştiriciler gibi kapalı döngü sistemlerinin (açık ve kapalı sistemler) kullanımıyla suyun geri dönüştürülmesi sağlanmakta, hatta kullanılan su miktarını azaltmaktadır.

Çevresel faydalar: Su tüketimini ve atık su boşaltımını azaltır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Kullanılan su kalitesinin nihai ürün kalitesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu tür durumlarda, su kalitesi dikkatlice kontrol edilebilir ve bu da suyun proseste geri dönüştürülmesini sınırlandırabilir. Suyun arıtılmasında kullanılan kimyasallar ürün kalitesini etkileyebilir ve bu da suyun geri dönüştürülmesine kısıtlama getirebilir.

Uygulanabilirlik: Kapalı döngü (durulama) su sistemleri ısı değiştiricilerde ve soğutma proseslerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik coil coating endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Daha az su tüketildiği için tasarruf yapılmış olur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Ekonomik motivasyon.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004].

20.4.1.3. Kaskad durulama

Tanım: Son durulama aşamasındaki iletkenlik ölçümü ve bununla bağlantılı olarak kullanılan akış ölçerlerle birlikte, ters akışlı kaskad durulamanın (çoklu bir durulama tekniğidir) kullanımı minimum su tüketimini ve en az atık oluşumunu garanti altına almaktadır. Genellikle kaskad, üç durulama aşamasından oluşmaktadır. İşlemde ne kadar fazla aşamaya yer verilirse, iletkenlik sınırlarını korumak için son aşamada eklenmesi gereken temiz su miktarı da o kadar az olur. İlk durulama aşamasından taşan su çoğunlukla atık su arıtma sistemine gider.

Çok aşamalı durulama, özellikle az miktarda durulama suyu ile yüksek oranda durulama elde etmek için kullanılır. Örneğin, kaskad durulamada su işlem yapılan parçaya ters yönden akar. Bu da durulama suyunun sürekli durulama özelliği göstermesini (durulama kriteri) gerektirir ve matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Q/t = durulama kriterine ulaşmak için gereken durulama suyu miktarı (l/h)
Sk = durulama kriteri

n = durulama aşama sayısı
V/t = sızdırma (l/h)
l = litre
h = saat

olduğu durumda:

$$Q/t = \{Sk\ (V/t)\}^{(l/n)}$$

Asıl tasarruf ilk aşamadan ikinci aşamaya geçilmesi yoluyla elde edilmektedir. Tablo 20.4'te gösterildiği gibi, doğru durulama sisteminin seçimi ile daha az suyla durulama yapılabilir. Durulama aşamalarının sayısının arttırılmasıyla, kullanılan su hacmi azalır ve su tasarrufu arttırılır. Buharlaşma hacminin sabit olduğu düşünülürse, elde edilebilecek geri kazanım oranı ile ilk durulama aşamasındaki proses kimyasallarının konsantrasyonu arasında doğrudan bir bağ olduğu söylenebilir.

Durulama kriteri	**10000**	**5000**	**1000**	**200**
Aşama sayısı	**Gereken durulama suyu miktarı, l/saat olarak**			
Tek aşama	10000	5000	1000	200
İki aşama	100	71	32	14
Üç aşama	22	17	10	6

Tablo 20.4: Belli bir durulama kriteri ve ters akışlı kaskad durulamadaki aşama sayısı fonksiyonu olarak spesifik durulama suyu miktarı (sızdırılan her bir litre başına kullanılan litre cinsinden durulama suyu)

Çevresel faydalar: Su kullanımının ve atık oluşumunun azalması sağlanır. Durulama suyunu geri dönüştürme sistemi ile kısmen bir araya getirilen çok aşamalı durulama sistemlerinin kullanımıyla atık suyun % 90'a varan oranda azaltılması sağlanabilir. Atık su miktarı sıfır atık oranına yaklaştıkça proses kimyasallarının geri kazanımı daha kusursuz bir şekilde gerçekleşmekte ve daha az atık su arıtma işlemi gerekmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Son durulama aşamasındaki iletkenlik durulama işlemine verilen maksimum kirletici madde yükü ile bağlantılıdır. Bu madde yükü daha sonraki yüzey işlemlerini de etkileyebilir. Durulama suyundaki kirliliğin iletkenlik yoluyla izlenmesiyle, daha sonraki kimyasal arıtma banyolarının ömrü uzatılabilir.

Diğer solüsyon bakım önlemleri alınmadığı sürece, proses kalitesini azaltabilecek çöküntü maddelerinin artması muhtemeldir. Çöküntü maddelerindeki artış iletkenlik ölçümü ile izlenebilir.

Uygulanabilirlik: Tüm üretim tesislerinde kimyasal arıtma banyolarının kullanılabileceği seçenek ve kombinasyonlar mevcuttur.

Ekonomiklik: Çok aşamalı durulama tekniklerinin kullanıldığı tesislerde genellikle daha fazla yer gereksinimi duyulmakta ve daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir (ek tank, parça taşıma ekipmanı ve kontrol maliyetleri). Su tüketiminin azalması, proses kimyasallarının geri kazanımı ve daha az akışkan atığın ortaya çıkması daha küçük atık su işleme tesislerinin ve daha az arıtma kimyasalının kullanımını beraberinde getirir ve bu da toplam maliyeti düşürür.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Bkz. yukarıda yer alan Ekonomiklik.

Örnek tesisler: Bu teknik coil coating endütrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004, 59, EIPPCB, 2006].

20.4.1.4. Su kullanımının kontrolü

Tanım: Su kullanımı, kalite gereksinimlerini yerine getirmek için; karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking), hesaplama, kimyasal analizler ya da fizikokimya analizleri (devrede ya da manuel olarak) gibi yöntemlerle optimize edilebilir. Bu durumda suyun akışı, akış valflerini kilitlemek veya temel parametreleri izlemek gibi çeşitli teknikleri kullanan yetkili bir kişi tarafından kontrol altına alınır. Örneğin durulama söz konusu olduğunda, son durulama aşamasındaki iletkenlik, durulama işlemine verilen maksimum kirletici madde yükü ile bağlantılıdır. Bu madde yükü daha sonraki yüzey işlemlerini de etkileyebilir. Durulama suyundan çıkan atıkların iletkenlik ölçümleri kullanılarak izlenmesi; kullanılan su miktarını azaltabilir, çünkü bu işlem ilave su gereksiniminin kontrol edilmesine yardımcı olur.

Çevresel faydalar: Su tüketimini ve durulama suyundan kaynaklanan atık su miktarı azaltılır ve daha sonraki kimyasal arıtma banyolarının ömrü uzatılır.

Çapraz medya etkileri: Su kullanımının azaltılması BOD ve COD gibi emisyonların seviyesinin ve atık su arıtma tesisi üzerindeki baskının artmasıyla sonuçlanabilir.

Operasyonel veri: İletkenlik ekipmanının kullanımı ve bakımı zor olabilir.

Coil coating yönteminde, son durulama aşamasının iletkenliği bir sonraki prosese bağlı olarak değişir, fakat genellikle 10 ila 100 µS/cm (20 ^{o}C) arasındadır. Ölçüm, sıcaklık dengeli olmalıdır.

Uygulanabilirlik: Su bazlı kimyasal arıtma banyolarının kullanıldığı yerlerde uygulanabilir.

Bu teknik coil coating endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: İletkenlik ekipmanı için gereken yatırım maliyetleri düşüktür. Su tüketimi ve atık oluşumu azaltıldığı için tasarruf yapılabilmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Ekonomiklik ve genel proses istikrarı.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004]

20.5. Enerji yönetimi

Enerji yönetimi enerjinin etkin bir biçimde kullanımına yönelik sistematik ilerleme kaydedilmesi anlamına gelir. Teknik olduğu kadar organizasyonel önlemleri de kapsar. Burada amaç, enerji tüketimini ve enerji maliyetlerini minimum seviyeye indirmektir. Enerji yönetiminde aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır:

- Enerjiye özgü veriler bilinmeli,
- Etkin enerji kullanımı (enerjinin etkin kullanımı ve maliyet tasarrufları)
- Enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi,
- Enerji tasarrufu yapılması için organizasyonun davranış biçiminin (kültür) ve çalışanların etkilenmesi.

Tüm enerji girdileri gerçeğe dayalı olarak kaydedilebilir; türüne ve temel nihai kullanım alanına göre aylık, günlük ve saatlik, vs. olarak spesifik bölümlere ayrılabilir. Bu girdiler aynı zamanda diğer üretim önlemleri ile karşılaştırılabilir (benchmark) ve optimize edilebilir (bkz. Bölüm 20.1.3).
Enerji tasarruf önlemleri ve teknikleri aşağıda Tablo 20.5'te verilmiştir.

		Referanslar
Genel teknikler		
Enerji yönetimi ve bakım	Enerji kullanımını minimum seviyeye indirecek tasarım	Enerji verimliliği REF (ENE)
	Enerji tasarruf seçeneklerinin açıklanmasını da içeren yönetim sistemleri	ENE REF, Bölüm 20.1.1, 20.1.2
	Enerjiye özgü verilerin toplanması ve kullanılması (benchmarking)	Bölüm 20.1.3
	Enerji etkin ekipmanların kurulması (bkz. aşağıda yer alan spesifik referanslar)	Bölüm 20.5.3 ENE REF
	Bakım	Bölüm 20.2.6
Elektrik yönetim teknikleri		
İlgili proseslerdeki üretimin ve ekipmanların; proses ve ekipmanların ayarlanması	Örnekler: • Ayarlanabilir sürücüler ve optimizasyon (örn. baskı preslerinde) • Alan ısıtma ve soğutmada kullanılan enerjinin optimizasyonu • Aydınlatmada kullanılan enerjinin optimizasyonu • Enerji etkin ekipmanların kullanılması • Eski rulmanların zamanında değiştirilmesi	Bkz Bölüm 20.2.5, 20.2.6.
Motorlar	Verimliliği yüksek olan motorlar	Bölüm 20.5.3
	Değişken hız sürücüsü	
	Çalıştırma için gereken elektrik enerjisinin aşağıdaki yöntemlerle azaltılması: • Motorların üçgenden yıldıza dönüştürülmesi (% 50'den az yükleme ile) • Otomatik üçgen yıldız kontrolörleri • Motor enerji tasarruf ediciler • Yumuşak çalıştırıcılar	Bölüm 20.5.2

	‘v’ kemerlerin yerine enerji etkin düz kemerlerin kullanılması	
	Kullanılmadığında kapatılması	
	Gereğinden büyük motorların yerine yeterince büyük olanların kullanılması	
	İyileştirilmiş bakım uygulamaları. Örn. yağlama işleminin temiz elle yapılması, geri sarma işleminin verim kaybına yol açmayacak şekilde yapılması	
Kurutma		Bölüm 20.8
Basınçlı hava (üfleme ya da vakum sistemleri)	Sızıntı kontrolü	
	Her makinede basınçlı hava valfleri	
	Merkezi sistem/kaskad-bağlantı kompresörü	
	Çalışma basıncında azalma	
	Verimli kompresörler	
	Dışarıdan soğuk hava alınması	
Soğutma	Kulede buharlaştırmalı soğutma	CV BREF
	Soğutmanın elektronik olarak ayarlanması	
	Enerji etkin soğutma sistemleri	
Sisteme giren gazın yönetimi teknikleri		
Kurutma		Bölüm 20.8
Artık ısı	Akuple teknolojiden artan ısının tekrar kullanılması	
Buhar kaynatıcılar ve buhar sistemleri	Ekonomizör	
	Baca gazı yoğunlaştırıcı	

		Referanslar
Atık gazlar için enerji yönetim teknikleri		
Tasarımın optimizasyonu, ekstraksiyonun ve azaltma işleminin yönetimi		Bölüm 20.11.1 CWW BREF
Sistem seçiminin tasarımı ve optimizasyonu	Arıtma tekniğinin seçimi Ototermal koşullar altında enerji verimliliği VOC emisyon azaltımı için tüketilen enerjinin fayda maliyeti	Bölüm 20.11.1.1
Bakım	Planlı bakım Önemli ekipmanların (örn.rulmanların) eskime durumunun izlenmesi ve doğru ayarların yapılması	Bölüm 20.11.1.2
Atık gaz arıtma tesisine giden atık gaz yükünün optimize edilmesi	Pik yüklerine baypas uygulanması	Bölüm 20.11.3
	Atık gaz arıtma tesisindeki fazla kapasitenin değerlendirilmesi	Bölüm 20.11.1.4
	Değişken frekans sürücülerinin kullanılmasıyla solvent konsantrasyonunun arıtmaya gönderilmesi	Bölüm 20.11.1.5
Enerji geri kazanım teknikleri	Reküperatif termal , Rejeneratif termal, 2, 3 ve çok yataklı Katalitik	Bölüm 20.11.4.3 – 20.11.4.6

Tablo 20.5: Enerji tasarruf önlemleri ve teknikleri

Su bazlı yüzey işlemlerinde enerji yönetimine ilişkin daha fazla bilgiye (örn. elektro kaplama gibi elektrokimyasal proseslerde, elektrik kullanımında, ısıtma ve soğutmada enerji (akım) kayıplarını minimum seviyeye indirmeye yönelik) ulaşmak için bkz. STM BREF [59, EIPPCB, 2005], [161, EIPPCB, 2006], [4, Intergraf ve EGF, 1999] http://members.rediff.com/seetech/Motors.htm. [128, TWG, 2005]

20.5.1. Elektrikli güç kaynaklarının optimizasyonu

Tanım: Reaktif enerji kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi olarak tanımlanabilir. Transformatör, motor, vs. gibi herhangi bir AC ekipmanı görünür enerji olarak adlandırılan toplam enerjiyi absorbe eder. Görünür enerji, aktif enerji (iş ya da ısı şeklinde) ve üretken olmayan reaktif enerjiden oluşmaktadır. Akım ile gerilim arasındaki faz farkı artarsa reaktif enerji de artar. Reaktif enerji, gerilim ile akım dalga tepe noktaları arasındaki farktır. Elektrikli bir cihazın güç faktörü (cos φ), aktif gücün P (kW) görünür güce S (kVA) oranı ve akım ve gerilimin sinüs eğrilerinin tepe noktaları arasındaki açının cosinüsüdür. Cos φ, birime (1) ne kadar yakın olursa, güç kullanımı da o kadar verimli olur; cos φ değeri ne kadar düşük olursa, enerji de o kadar verimsiz kullanılmış olur. Cos φ sürekli olarak 0.95'in üzerinde olursa, 15 kV ve 150 kV seviyelerindeki reaktif enerji kayıpları da sınırlı olur.

Çevresel faydalar: Enerji kayıplarını minimum seviyeye indirir.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Üç fazlı güç kaynağı kullanan tüm tesislerde kullanılabilir. Güç düzeltme işlemi, reaktif enerjinin ve ani gereksinimin azaltılması; güç gereksiniminin ve düzeltme işleminin ustaca değerlendirilmesini erektirir. Kayda değer üç fazlı güç kaynağı kullanılan tüm tesisler, güç kaynaklarındaki direnç kayıplarını azaltabilirler.

Ekonomiklik: İstenmeyen ısınma, reaktif enerji, vs. gibi enerji kayıpları enerji tüketimini arttırır ve yüksek maliyetleri beraberinde getirir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyet tasarrufu.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2006, 111, Eurofer, 2003] [148, TWG, 2006, 191, Senior, 2006].

20.5.2. Elektrik gereksiniminin optimize edilmesi

Tanım: Yüksek miktarda ani enerji gereksinimi, fazların AC döngülerinin dengeli yapılarını bozarak enerji kayıplarına/faydalı enerji kayıplarına yol açabilir. Düşük yüklemeler için bağlantıları yıldızdan üçgene getirerek, üçgenden yıldıza otomatik dönüştürücüler kullanarak,

yumuşak çalıştırıcılar kullanarak, vs. en baştan bu tür ani gereksinimlerin önüne geçilebilir ya da bunlar kontrol altına alınabilir.

Çevresel faydalar: Enerji kayıplarını minimum seviyeye indirir.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Üç fazlı motor kullanan tüm tesislerde kullanılabilir.

Ekonomiklik: Gereksiz güç tüketimi yüksek maliyetleri beraberinde getirir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyet tasarrufu.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [111, Eurofer, 2003, 191, Senior, 2006]
http://members.rediff/seetech/Motors.htm

20.5.3. Enerji etkin ekipmanlar

Tanım: Enerji etkin ekipmanların (enerji etkin motorlar gibi) kurulumu iyi bir uygulamadır. Enerji gereksinimi yüksek olan ekipmanların önleyici bakımlarının iyi bir şekilde yapılması gibi yönetim teknikleri de enerji kullanımını minimum seviyeye indirebilir.

Yukarıda yer alan Tablo 20.5'te, diğer enerji etkin ekipmanların kullanımına referans verilmiştir.

Çevresel faydalar: Güç tasarrufu sağlanır. Fanların ve motorların önleyici bakımlarının yapılması ile, gürültü emisyonları minimum seviyeye indirilebilir.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Birim boyutuna ve enerji tüketimine bağlı olarak enerji etkin motorların kullanımı büyük çaplı faaliyetlerde doğru bir uygulamadır. Enerji etkin ekipmanlar yeni kurulan tesislerde kullanılabilir. Ayrıca hatalı motorların yenileriyle değiştirilmesi ya da maliyet tasarrufu yapılması için de bu ekipmanlardan yararlanılabilir.

Ekonomiklik: Enerji etkin ekipmanların alımı (daha verimsiz ekipmaların yerine ya da yeni ekipman olarak) minimum ekstra maliyet gerektirir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyet tasarrufu.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [111, Eurofer, 2003]

20.6. Hammade yönetimi

20.6.1. Tam zamanında yönetim

Tanım: Tam zamanında yönetim sisteminin kullanılması, sipariş verilen malzeme miktarının (spesifik bir iş için kullanılacak olan boya ya da mürekkep gibi) gereksinim duyulan malzeme miktarıyla örtüşmesini temin eder. Örneğin; sipariş verilen belli bir renkteki boya miktarı boyanacak belli bir alan için gereken boya hacmine eşit olur. Tam zamanında yönetim dış tedarikçiler için geçerlidir ve tesis içindeki mürekkep, boya, vs. partilerinin hazırlanması işlemlerini kapsamaz.

Çevresel faydalar: Daha az atık madde ortaya çıkar ve daha az hammadde kullanılır.

Çapraz medya etkileri: Bu tür bir yönetim sistemi çevre yükünü tedarikçinin üzerine atar. Ayrıca, daha küçük ürün partilerinin hazırlanmasını ve nakliye işleminin arttırılmasını gerektirir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Boya yönetim sistemleri coil coating fabrikalarında, taşıt boyahanelerinde ve ahşap malzemelerin boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Lojistiğin optimizasyonu sayesinde maliyetin azalmasını sağlar.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyet tasarrufu.

Örnek tesisler: Tüm otomotiv fabrikaları.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.6.2. Boya ve solventlerin kalite güvencesi

Tanım: Boya ve solventler boyahanelerde kullanılmadan önce genellikle yetkin uzmanlar tarafından (tesis içinden ya da dışarıdan) onaylanır. Bu onaylama prosedürü kapsamlı bir kalite testini içermektedir. Ayrıca toksikolojik etkisi ya da çevreye zararı daha fazla olan ikame malzemelerinin kullanılmayacağına dair onayı da kapsamaktadır. Kalite testi ve doğrulama prosedürleri; ürünlerin çevresel riskleri, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili riskleri göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır.

Çevresel faydalar: Havaya ve suya yönelik olumsuz çevresel etkilerin sistematik olarak değerlendirilmesini ve azaltılmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Boya uygulamasının kalite ile ilgili en önemli konu olduğu büyük fabrikalarda uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Tesis içinde gerçekleştirilen malzeme testleri ve onay prosedürü oldukça maliyet yoğun aktivitelerdir ve yalnızca yüksek boya kalitesi elde etmek için uygulanmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kalite gereksinimleri.

Örnek tesisler: Otomotiv sektöründe orijinal ekipman imalatı yapan tüm tesisler (OEM).

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.6.3. Hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi

Bkz. atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve arıtılması ile ilgili Bölüm 20.13.

20.6.3.1. İleri karıştırma sistemleri

Tanım: Otomatik karıştırma sistemleri kullanılırken istenilen rengin elde edilmesi için, standartlaştırılmış renklerin kullanılması zorunlu değildir. Bilgisayarla kontrol edilen ekipmanlar sayesinde, standartlaştırılmamış renklerden spesifik renkler elde edilebilir. Ancak bu işlem oldukça gelişmiş bir yazılımın kullanımını ve karışımda kullanılacak standartlaştırılmamış renklerin çok iyi bilinmesini gerektirir. Bu amaçla, söz konusu standartlaştırılmamış renkler foto spektrometre yardımıyla ölçülmeli ve çıkan sonuç renkli bilgisayara aktarılmalıdır.

Örneğin, boya ya da yapışkan gibi 2 bileşenli ürünler için gereken online karıştırma sistemleri ile, gereksinim duyulan net miktarın doz ayarı yapılır ve kullanılmadan hemen önce karıştırılır. Karıştırma ünitesi boya ya da yapışkan uygulama aletinin bir parçası olmayıp, bağımsız bir ünitedir.

Programlanabilir ölçeklerin ya da bilgisayarla yapılan Pantone renk eşleştirme sistemlerinin kullanımı ile de benzer oransal avantajlar sağlamak mümkündür.

Çevresel faydalar: Atık madde miktarının azaltılmasını ve kaynak tasarrufu yapılmasını sağlar. Manuel karıştırma sırasında, % 1 ya da 2 oranında solvent kayıpları ortaya çıkabilir. Bunun sonucunda açığa çıkacak VOC oranı, toplam VOC emisyonlarının % 15'ini oluşturmaktadır. Kapalı makinelerde yapılan otomatik karıştırma ile bu emisyonların büyük çoğunluğu azaltılabilir. Ayrıca bu yöntemle temizlik maddesi gereksinimi de azalır.

Baskı işlemlerindeki atık mürekkep miktarı, mürekkebin kaç kez karıştırıldığına ve miktarına göre % 75 oranında azaltılabilir. Otomatik teknik sayesinde mükemmel doz ayarlaması yapılabilir ve böylece renk düzeltme işlemine gerek kalmaz ve tam olarak ne kadar kullanılacaksa o kadar mürekkep hazırlanır.

2 bileşenli ürünler için online karıştırma işlemi kullanımı ile atıklar % 10 – 30 oranında azaltılabilir.

Çapraz medya etkileri: Otomasyon kullanımı enerji gerektirir.

Operasyonel veri: Bu yöntem aynı zamanda geri dönüştürülen boya ya da mürekkeplerin yeni boya ya da mürekkeplerin içeriğinde kullanılmasına da olanak sağlamaktadır (bkz. Bölüm 20.6.3.2). Geri dönüştürülen boya ya da mürekkepler açık yeşil, koyu yeşil, açık kırmızı ve koyu kırmızı gibi yaklaşık renge göre karıştırılır. Belli bir miktara ulaşıldığında, ortaya çıkan renk ölçülür ve bilgisayara gerektiğinde bu rengi kullanması komutu verilir.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı mürekkeplerle yapılan flekso ve ambalaj gravürlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda yılda 200 tondan fazla baskıya hazır mürekkep karıştırılmaktadır.

Coil coating endüstrisinde otomatik renk karıştırma işlemi, boya üretim fabrikalarında rutin olarak yapılmaktadır. Bu işlem coil coating hatlarında da uygulanabilmekte ancak, bu durum her zaman mümkün olmamaktadır. Uygulanabilirlik renge ve ürün karışımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tesis içinde bilgisayarla kontrolü yapılan renk karıştırma şemalarının kullanıldığı coil coating hatları mevcuttur.

Tek bir ürün hattına ayrılmış ekipmanlarla üretildikleri zaman, 2 bileşenli ürünler için online karıştırma sitemleri uygulanabilmektedir. Daha sonra uygulanacak tekniklere herhangi bir sınırlama getirilmemektedir. Hollanda'da, fabrikalara 2000 litreden fazla 2 bileşenli boyanın karıştırılmasının gerekli olduğu durumlarda bu tekniği uygulamaları tavsiye edilmektedir. Yapışkan maddeler için ise nispeten küçük miktarlarla karıştırma işlemi yapılmaktadır. Çoğunlukla ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında uygulanmaktadır. Trenlerin boyanmasında da, zemin kat ve astar boya/cila uygulamalarında kullanılabilir.

Ekonomiklik: Baskı işlemlerinde yaklaşık 50000 Avro'dan başlayan yatırım maliyetleri, işlemin büyüklüğüne ve istenen net miktara göre değişmektedir. Ancak yine de daha az mürekkep kullanıldığı ve daha az atığın bertarafı gerektiği için, operasyonda maliyet tasarrufu yapılabilmektedir. Yapılan tasarruf, operasyonun ölçeğine bağlı olarak, yatırımın oldukça kısa bir sürede geri dönüşünü sağlayabilir.

Baz katların karıştırılması için kullanılan ve mekanik olarak çalışan tesislerde 2 bileşenli ürünlerin online karıştırma sistemleri için gereken yatırım maliyeti 9000 – 18000 Avro arasındadır. Elektronik olarak çalışan tesislerde ise bu maliyet 27000 – 37000 Avro arasındadır. Küçük serilerin boya kaplamalarını yapan fabrikalarda yatırımın geri dönüş süresi normal şartlar altında birkaç yıldır. Ancak bu süre önlenen atık miktarına, karışımı yapılan maddenin fiyatına ve bertaraf işlemi için yapılan masraflara göre değişiklik göstermektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Uygulanmasını teşvik eden faktör atık oluşumundan kaçınmaktan ziyade, karıştırma yönteminin otomatik olmasıdır. Yapışkan uygulamalarda otomasyon, uygulamayı teşvik eden bir faktördür.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [63, Vito, 2003] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

20.6.3.2. Geri dönüştürülen boya veya mürekkeplerin tekrar kullanılması

Tanım: Geri dönüştürülen solvent ya da su bazlı boya ve mürekkepler, çok fazla seyreltilmedikçe ve temizlik maddeleri ile kirletilmedikçe (bu durum seyreltici olarak solventin kullanıldığı durumlarda farklıdır) tekrar kullanılabilir. Temizlik maddeleri ile kirletilen su bazlı boya ve mürekkepler tekrar kullanılamaz. Geri kalan boya ya da mürekkebin kirlenmesini önlemek için, makinelerin boya ya da mürekkep içeren kısımları, mümkünse temizlik işleminden önce boşaltılmalıdır.

Çevresel faydalar: Yeni boya ya da mürekkep kullanımının azalmasını ve bertaraf edilecek daha az atık ortaya çıkmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Solvent bazlı olanlara kıyasla genellikle daha az su bazlı boya ya da mürekkebin geri dönüştürülmesi mümkün olmaktadır. Solvent bazlı flekso proseslerde, bertaraf edilmesi gereken atık mürekkep miktarı % 30 – 50 oranında azaltılabilmekte ve böylece daha az yeni mürekkep gerekmektedir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik standartlaştırılmış renklerin kullanıldığı durumlarda uygulanmaktadır. Standartlaştırılmamış renklerin kullanıldığı durumlarda bir karışımın, yeni bir karışımın kaynağını oluşturabilmesi için bilgisayarlı renk eşleştirmesi (renk analizi) yapılması gerekir.

Bu teknik sadece dört standart rengin kullanıldığı durumlarda heatset ofset ve yayın gravüründe uygulanabilir. Bu proseslerde, aynı mürekkep bir sonraki aşamada da kullanılır ve baskı makinesinin içinde kalır. Baskı geri dönüşümleri sadece spesifik renklerin spesifik işlemler için karıştırıldığı durumlarda problem yaratabilir, örn. esnek ambalaj baskıları.

Coil coating yönteminde boya uygulama borularından geri dönen boyanın tekrar kullanılması normal bir uygulamadır. Boya varili, aynı ürünün/rengin elde edilmesi gerektiğinde daha sonra yeniden kullanılmak üzere kapatılır. Coil coating yönteminde ortaya çıkan tek atık rulolar ve boya iletme ekipmanları üzerinde kalan ince filmdir. Ürün/renk değişiklikleri yapılabilmesi için bu filmin yüzeylerden elle silinerek temizlenmesi gerekir.

Çok farklı renk çeşidinin kullanıldığı ahşap yüzeylerin ve mobilyaların boyanmasında geri kazanılan boyaların tekrar kullanımı zordur. Bu uygulama ancak aynı rengin çok fazla malzeme için kullanılacağı durumlarda mümkündür.

Ekonomiklik: Yeni boya veya mürekkep tüketiminin azalması ve bertaraf edilecek daha az atık ortaya çıkması sayesinde tasarruf yapılmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

20.6.3.3. Geri kazanılan boya kaplamaların veya mürekkeplerin tekrar kullanılması

Tanım: Su bazlı boya kaplamaların, boyaların ya da mürekkeplerin kullanıldığı durumlarda geri kazanılan boya ya da mürekkep çamurunun tekrar kullanılması mümkündür, örn. ultrafiltrasyon uygulanması ile (bkz. Bölüm 20.12.6). Karışım içeren atık suyun yakalandığı durumlarda, geri kazanılan boya ya da mürekkep siyah boya ya da mürekkebe katkı maddesi olarak tekrar kullanılabilir. Atık su her bir üniteden ayrı ayrı toplandığında, farklı renkler aynı renk için tekrar kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Daha az atık ortaya çıkar ve daha az yeni malzeme tüketilir.

Çapraz medya etkileri: Filtrasyon enerji gerektirir.

Operasyonel veri: Elektro daldırma kaplama proseslerinde (bkz. elektro kaplama, Bölüm 20.7.3.4), boyanın ve tamamen demineralize olan suyun geri dönüştürülmesi kapalı döngü kullanımıyla mümkündür. Bu durumda ultrafiltrasyon da sıkça kullanılmaktadır.

Uygulanabilirlik: Sadece su bazlı 1 bileşenli mürekkeplerde su bazlı ya da solvent bazlı 1 bileşenli boyalarda ve toz boya kaplamalarda kullanılabilir. Bu tekniğin uygulanmasına yönelik kısıtlamalar şöyle açıklanabilir:

- Siyah mürekkep az miktarda kullanılır
- Her renk mürekkebin yüksek kalitedeki preparatı farklıdır
- Çamur temizlik maddeleri içerebilir

Bu teknik otomotiv endüstrisinde bir firma tarafından astar atılırken kullanılmaktadır.

Baskı endüstrisinde ise esnek ambalaj baskısında kullanılır. Mürekkeplerin kontrol edilemeden bulaşmış bazı katkı maddeleri ihtiva etmesi söz konusu olabileceğinden bu tekniğin yiyecek ambalajlarında kullanımı uygun değildir.

Ekonomiklik: Enerji tüketimi yüksek olduğundan, bu tekniğin kendine ait atık su arıtma tesisi bulunan fabrikalarda kullanılması daha maliyet etkin bir uygulamadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Avusturya, 2003]

20.6.3.4. Boya veya mürekkebin depodan borularla doğrudan hatta aktarımı

Tanım: Boya veya mürekkep depolardan boyama ya da mürekkepleme ünitelerine doğrudan borularla taşınır.

Çevresel faydalar: Boru ile taşıma sisteminin birçok avantajı vardır. Bu avantajlar şöyle sıralanabilir:

- Aktarım ya da boşaltım sırasında dökülme riskini azaltır.
- Tank ve rezervuarların kapaklarının açılması gereksinimini ortadan kaldırır, daha iyi koruma sağlar ve kirletici maddelere maruz kalma riskini azaltır.
- Akış ölçerlerin doğru denetimi sağlayabileceği uygun ortam oluşur.

Boru sistemlerinin kullanımı ile daha az atık boya ya da mürekkep, daha az konteynır ve temizlenmesi gereken daha az madde ortaya çıkar. Örneğin, heatset tesislerde artık madde miktarı satın alınan mürekkebin % 1'inden daha aşağı çekilebilmiştir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Boru ile doğrudan hatta aktarma, tekrar kullanılabilir boya veya mürekkepler için büyük konteynırların kullanıldığı büyük tesislerde uygulanmaktadır.

Baskı işlemlerinde mürekkep tüketimi yeterince çok olan tesislerde uygulanmaktadır, bu uygulamalar daha çok büyük heatset tesislerinde görülmektedir. Yayın gravüründe standart bir teknik olarak kullanılmaktadır. Flekso ve ambalaj gravüründe ise, çok sayıda farklı renk kullanıldığından boru ile hatta aktarma yönetim uygulanmaz.

Otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Boru hatları ve pompaların kullanımı ciddi yatırım gerektirir. Örneğin, baskı endüstrisinde minimum yatırım maliyeti 5000-24000 Avro arasında değişmektedir. Nispeten daha ucuz mürekkep kullanımı ve daha az atık bertarafı maliyeti sayesinde düşük miktarlarda tasarruf sağlanmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [76, TWG, 2004] [89, UK ve Program, 1996]

20.6.3.5. Solventlerin depodan borularla doğrudan hatta aktarımı

Tanım: Viskozite kontrolü için gerekli olan solventler, depolardan boyama ya da mürekkepleme ünitelerine doğrudan borularla taşınır. Solventlerin yeraltı boru sistemleri ile aktarılması, önemli ölçüde toprak ya da yeraltı suyu kirliliği yaratabileceğinden, aktarımın daha iyi kontrol edilmesini sağlamak için yer üstü boru sistemleri kullanılmalıdır.

Düzenli denetim ve bakımla desteklenirse sistem daha etkin işleyebilir. Aksi takdirde pompalardan, valflerden ve birleşim yerlerinden çıkan solvent kayıpları birleşerek önemli bir VOC emisyon kaynağı haline gelebilir.

Çevresel faydalar: Boru sistemlerinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Aktarım ya da boşaltım sırasında dökülme riskini azaltır
- Tank ve rezervuarların kapaklarının açılması gereksinimini ortadan kaldırır, daha iyi koruma sağlar ve kirletici maddelere maruz kalma riskini azaltır.
- Akış ölçerlere doğru denetimi sağlayacak şekilde uyum sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Yayın gravüründe sadece tolüen kullanılmaktadır ve bu nedenle doğrudan besleme yapmak daha kolaydır ancak esnek ambalaj baskılarında durum daha karmaşıktır, çünkü viskozite kontrolünün yapılan işe göre farklı solventlerle yapılması gerekir. Genellikle etanol (flekso için), etil asetat, spesifik etanol/etil asetat karışımları (gravür için), MEK (yapışkanlar ve boyalar için) ve bazen de diğer solventler kullanılır.

Ölçüm yapmadan borularla aktarma yapılması, bazı spesifik proses bölümlerinde solvent tüketiminin ölçülmesini imkansız hale getirmektedir. Bu da solvent yönetim planı için gereken veri miktarını azaltmakta ve kaçak emisyonların tespitini ve miktarlarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik yayın gravürü ve esnek ambalaj baskısı proseslerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca otomobil endüstrisinde de kullanımı yaygındır. Coil coating endüstrisinde ise uygulanmamaktadır. Büyük hacimlerde boya kullanımı söz konusu olduğunda ahşap ve mobilyaların boya kaplamalarında yaygın olarak uygulanmaktadır, örn. orta ölçekli ya da daha büyük fabrikalarda.

Ekonomiklik: Yeni tesislerde uygulanmasının maliyeti düşüktür, ancak mevcut tesislerde güçlendirme yapılması halinde kullanımı oldukça pahalıdır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Solvent kullanımını ve emisyonlarını azaltmanın yanı sıra, boyama ve mürekkepleme ünitelerinin çalışmama süresini de kısaltır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [76, TWG, 2004] [89, Birleşik Krallık ve Program, 1996] [128, TWG, 2005]

20.6.3.6. Kesikli boyama/renk gruplama

Tanım: Renk gruplama ya da blok blok boyama olarak da adlandırılan kesikli boyama, bir seri spesifik ürünün aynı renge boyanması anlamına gelmektedir. Bu uygulama farklı renge geçişin daha nadir olmasını sağlar.

Çevresel faydalar: Boya hattındaki temizlik/arındırma işlemlerinin azalmasına paralel olarak VOC emisyonları da azalır. Daha az boya artığı ortaya çıkar.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Ürünler için yeterince alan ve uygun bir lojistik planlama sistemi mevcut olmalıdır. Bu uygulama aynı zamanda prosesteki farklı renk sayısına ve üretim programında

renk başına düşen ürün miktarına göre de değişmektedir. Otomotiv endüstrisinde ortalama renk grubu uzunluğu iki - altı birim arasında değişiklik göstermektedir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik otomotiv endüstrisinde, kamyon ve ticari araçların boya kaplamalarında, metal ambalajların boya kaplamalarında yaygın olarak uygulanmaktadır. Baskı proseslerinde ise kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Boyadan, solventlerden, temizlik/aksama süresinden yapılan tasarruflar, yüksek depolama kapasitesi maliyetleriyle dengelenmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Otomotiv sektöründeki fabrikaların çoğunda kullanımı yaygındır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.6.3.7. Pig-temizleme sistemleri

Tanım: Bu yöntem, sisteme boyama prosesleri için ne kadar boya gerekiyorsa sadece o kadar boya doldurmaktadır. Boya tüpten (esnek) boya besleme bölmesine elastik bir ayırma modülü (pig-temizleme) ile geri preslenir ve tekrar kullanılır. Temizlenen solventler geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir.

Özel bir temizleme yöntemi de 'yumuşak temizleme' olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde tabanca ve hatların temizlenmesi için solventlerden ziyade düşük VOC içeren boya malzemeleri kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Daha az temizlik maddesinin kullanımı, boya ve solvent kayıplarının azaltılması, renk değişikliği için uygulanan manuel proseslerin azaltılması bu yöntemin avantajları arasında sayılabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Sadece aşağıdaki durumlarda uygulanabilir:

- Boya ve mürekkeplerin makinelere borular vasıtasıyla iletildiği,
- Farklı renklerin düzenli olarak aynı borulardan geçtiği durumlarda.

Modülden akıp gidecekleri için, düşük viskoziteli ürünlerin kullanıldığı durumlarda bu teknik uygulanamaz. Halihazırda otomotiv boyahanelerindeki bazı baz kat hatlarında uygulanmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde daha özel renklere doğru bir eğilimin ortaya çıkması, renklerde ekonomik değişikliğe olanak veren yeni laker besleme sistemlerinin geliştirilmesini de beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda yumuşak temizleme yöntemi de uygulanmaktadır.

Mobilya endüstrisinde de birbirinden bağımsız olarak ve özel renklerde boyanan mobilyalara olan talep ve bunun sonucunda da pig-temizleme yönteminin kullanımı artış göstermektedir.

Bu teknik trenlerin boya kaplamalarında genellikle kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Boya ve solvent tüketim maliyetleri düşmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Volkswagen AG, Wolfsburg, Almanya; Renault, Flins sur Seine, Fransa.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7. Boya kaplama prosesleri ve ekipmanları

20.7.1. Boyamadan önce yapılan ön işlemler

Temizleme teknikleri ve bu tekniklerin seçimi Bölüm 20.9'da ele alınmıştır. Daha fazla bilgiye STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2005] ulaşılabilir.

20.7.1.1. Solvent bazlı yağ alma

Tanım: Metal ya da plastik alt tabakalardaki yağ, gres ve kir solventlerin kullanımıyla giderilmektedir. Bu işlem genellikle içi solvent dolu bir tanka daldırma yoluyla veya sıvı üzerindeki solvent buharı ile yapılmaktadır. Variller açık ya da kapalı olabilir ve ultrasonik sistemlerle kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Genellikle uçuculuk oranı yüksek olan ve/veya halojenize VOC'lerin kullanımı ile yapılmaktadır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Malzemelere uygun olduğu sürece yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu prosesler ahşap malzemelerin ve mobilyaların boya kaplamalarında gerekli olmadıklarından ve ahşap üzerindeki yağı aldıklarından, bu malzemelerde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005]

20.7.1.2. Su bazlı ön işlemler

Su bazlı ön işlemler üç sebepten ötürü uygulanmaktadır: Önceki operasyonlardan kaynaklanan gres ve yağı gidermek, korozyon direncini arttırmak ve daha sonra uygulanacak olan boya tabakalarının tutunma yetisini arttırmak. Genellikle uygulanan ön işlemler yağ alma, fosfatlama ve kromatlamadır. Daha fazla bilgiye STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2005] ulaşılabilir. Bu prosesler ahşap malzemelerin ve mobilyaların boya kaplamalarında gerekli olmadıklarından ve ahşap üzerindeki yağı aldıklarından, bu malzemelerde kullanılmamaktadır.

20.7.1.2.1. Su bazlı yağ alma

Tanım: Metal ya da plastik alt tabakalardaki yağ, gres ve kir su bazlı deterjan solüsyonlarının kullanımıyla giderilmektedir. Her duruma uygun olabilecek çeşitli deterjanlar, asit ya da alkali solüsyonlar mevcuttur (bkz. Bölüm 20.9).

Çevresel faydalar: Solvent emisyonlarını, özellikle de halojenize solventleri azaltır.

Çapraz medya etkileri: Genellikle ısı gerektirir. Bu sistemler atık su arıtımı gerektiren yüzey aktif maddeleri içermektedir.

Operasyonel veri: Alt tabakaya uyacak ve yağı/gresi temizleyebilecek bir sistem seçilmelidir.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak kullanılmaktadır. Seçeneklerin irdelenmesi için bkz. STM BREF.

Ekonomiklik: Kurulumu ve çalıştırılması ucuzdur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Hukuki uygunluk, örn. SED, su bazlı sistemlerin kullanımını teşvik etmektedir.

Örnek tesisler: Coil coating yönteminde ve otomotiv gövdelerinde yapılan yüzey işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.7.1.2.2. Fosfatlama

Tanım: Fosfat konversiyon kaplamalar korozyona karşı direncini arttırmak ve daha sonra yapılacak boya kaplamaların çelik alt tabakalara daha iyi tutunmasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Genellikle demir, çinko, nikel ve manganez içermektedir. Sprey ile de uygulanabilir, ancak daha kususrsuz ve tutarlı bir kaplama elde etmek için, halihazırda çoğunlukla daldırma yöntemiyle uygulanmaktadır. STM BREF'inden daha fazla veriye ulaşılabilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Genel olarak etkileri zayıftır. Kullanılan metallerin yanı sıra, anyonlar nitrit ve florid içerebilir. Fakat genellikle bunların giderilmesi için spesifik bir atık su arıtımı gerekli değildir. Proses solüsyonlarında çamur oluşur. Bu çamurun giderilmesi ve atık olarak yönetilmesi gerekir. Nitrit gibi bileşenlerle ilgili iş sağlığı ve güvenliğini ilgilendiren hususlar bulunmaktadır.

Operasyonel veri: Bkz. STM BREF.

Uygulanabilirlik: Fosfatlama, çelik malzemelerin büyük hacimli boyama işlemlerinde ön işlem olarak neredeyse evrensel düzeyde kullanılmaktadır. Alt tabakanın yağ alma işlemi iyi yapılırsa kolaylıkla uygulanabilir. Yüzey, titanyum ve magnezyum içeren özel solüsyonlarla aktive edilebilir.

Ekonomiklik: Uygulama sisteminin otomasyonuna bağlı olarak değişmekle birlikte ucuz olduğu söylenebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Ürünün nihai kalitesi.

Örnek tesisler: Tüm otomobil tesislerinde uygulanmaktadır, ayrıca diğer endüstrilerde de yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005] [59, EIPPCB, 2005]

20.7.1.2.3. Krom içeren konversiyon kaplama

Tanım: Kromat konversiyon kaplamalar tri ya da hekzavalan krom içermektedir. Elektro kaplama yapılmış çinko, sıcak daldırma galvanize çinko, alüminyum, paslanmaz çelik, soğuk hadde çeliği, kalay, bakır ve magnezym gibi çeşitli metal yüzeylerde korozyona karşı korumayı arttırır.

Koruma mekanizması filmin yüzeyinde bulunan Cr(VI)'nın çözünmesine bağlıdır. Kromat, etkiye maruz kalan metal yüzeyde bölgesel olarak oluşabilecek herhangi bir korozif etkiyi engellemeye yarar. Bu tür bir koruma olmadığında, çinko ile kaplanmış çelik yüzeylerde beyaz pas oluşma ihtimali yüksektir.

Hekzavalan krom konversiyon kaplamaları, ilgili teknikler ve alternatifler STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2005] de ele alınmaktadır.

Çevresel faydalar: Ürünün malzeme ömrünün uzamasını sağlar. Kromatlamanın alt tabaka metallerinin geri dönüştürülmesi üzerinde bir etkisi yoktur.

Çapraz medya etkileri: İşlem banyosundaki hekzavalan krom konsantrasyonu, şayet uygulamadan sonra durulama yapılıyırsa, atık su kirliliğini ve atık su arıtımını etkilemektedir.

Hekzavalan krom (CrVI) karsinojenisitesinden (kanser hücrelerinin oluşumuna yol açmasından) dolayı toksik olup, çevreye zararlıdır. Günümüzde otomotiv endüstrisinde, elektrikli ve elektronik eşyalarda bu maddenin kullanımı neredeyse yasaklanmıştır. 2005 yılına kadar, hekzavalan kromun yerine kullanılabilecek daha az tehlikeli bir alternatif ortaya atılmamıştı [59, EIPPCB, 2005]. Ancak coil coating yönteminde alternatifler tespit edilmiş

olup, korozyona maruz kalma ihtimali düşük olan uygulamalarda kullanılmaktadır (bkz. 20.7.1.2.3).

Operasyonel veri: Kromat kaplamaların katman kalınlığı 0.1 - 2 μm arasındadır. Daha sonra yapılacak olan boya ya da sentetik madde kaplamalarının daha iyi tutunması için uygun bir ara işlem özelliği taşımaktadır. İşlem yapılan parçaların sürtünme değerlerini azaltmak için yağlayıcı maddeler kullanılabilir.

Bu sistem sprey/daldırma, çekçek ya da rulolama (chemcoater) yoluyla uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Kaliteyi arttırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Coil coating yönteminde kromatlama; elekro kaplama yapılmış çinko, sıcak daldırma galvanize çinko, alüminyum, paslanmaz çelik, soğuk hadde çeliği, kalay ve bakır gibi çeşitli metal yüzeylerde korozyona karşı korumayı arttırmak için kullanılmaktadır. Bu tür bir koruma uygulanmadığında, çinko kaplama yapılmış çelik yüzeylerin birkaç saat içinde beyaz pas tutma ihtimali çok yüksektir.

Otomotiv endüstrisinde, çinko fosfatlama yapılan katmanın dinlendirilmesi işlemi eskiden krom (VI) veya zirkonyum heksaflorid solüsyonlarla yapılmaktaydı. Günümüzde ise korozyona karşı yüksek düzeyde koruma sağlamak için katodik daldırma ile astar atma işlemi, doğrudan fosfat tabakasının üzerine uygulanmaktadır.

Kromatlama uçaklarda nem oranı yüksek iklim koşullarından, tuz oranı yüksek atmosfer şartlarından veya müşteri isteklerinden ötürü korozyona karşı korumayı arttırmak için kullanılmaktadır (uçağın yaklaşık % 10'unda). Şayet uçak normal iklim koşullarında kullanılacaksa, kromat içermeyen bir astar uygulanabilir. Kromat içeren iki bileşenli astar boya (wash primer) yalnızca metal yüzeylere uygulanmakta ve kompozit malzemelere uygulanmamaktadır. Ayrıca güvenlik ile ilgili gerekçelerle de olsa bu maddenin ikame edilmesi söz konusu değildir.

Ekonomiklik: Kullanımı ucuzdur.

Uygulanmasını teşvik eden fakrörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak kullanım oranı gittikçe düşüş göstermektedir.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004] [102, EC, 2000]

20.7.1.2.4. Krom içermeyen konversiyon kaplamalar

Tanım: Kompozit organik-zirkonyum florid solüsyonlar, titanyum florid, tartarat, fosforik asit ile ya da organik silikon türevleri (silanlar) ile yapılan işlemlere dayalı, krom içermeyen bazı konversiyon kaplamalar da bulunmaktadır. Korozyona karşı istenilen ölçüde direnç elde edilmesi için, bu kaplamalardan sonra bir polimer tabakası uygulanması gerekebilir.

Çevresel faydalar: Atıktaki ve atık sudaki kromu Cr(VI) ortadan kaldırır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Krom içermeyen astarların, agresif çevre şartlarındaki uzun ömürlü kaplama sistemlerinde kullanılmasının güvenli olup olmadığı hala netlik kazanmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu kaplamalar bazı spesifik metal alt tabaka kombinasyonları ve boya sistemlerinde, özellikle de nihai kullanım uygulamaları için kullanılmaktadır, örn. iç kısımlar ve düşük spesifikasyonlu sistemler için.

Taşıt imalat endüstrilerinde e-kaplama daldırma ile astar atma işlemi, korozyona karşı yüksek düzeyde koruma sağlamak için kromatlama yapılmadan, doğrudan fosfat tabakasının üzerine uygulanmaktadır.

Titanyum, fosforik asit ve organik polimer ile yapılan kromsuz ön işlemler (Tablo 14.9'da listelenmiştir), bilinen sprey ve dip proseslerinde kimyasal sağlayıcıların kullanımı ile daha da geliştirilmiştir. 1998'den bu yana bir fabrika, bu yöntemi coil coating makinelerinde başarıyla kullanmaktadır.

Krom içermeyen, tartarat ve fosforik asit bazlı konversiyon kaplamalar uçak endüstrisinde anodizasyon için kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden fakrörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: CrVI'ya alternatifler, Airbus, Fransa.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.7.1.2.5. Banyo bakımı; su, atık ve atık suyun azaltılması

Bkz. Bölüm 20.7.5

20.7.2. Boya Sistemleri

20.7.2.1. Geleneksel solvent bazlı boyalar

Tanım: Geleneksel solvent bazlı boyalar viskozitenin ayarlanması ve film oluşumunun sağlanması için yaklaşık ağırlık bakımından % 35 – 80 organik solvent içerir. Kullanılan solventlerin türü temelde, kullanılan reçine ya da bağlayıcıya göre belirlenmektedir. Malzemeler film oluşturma prosesine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- Solventin buharlaşması ile kuruyan ve kurumuş boya filminde kimyasal olarak herhangi bir değişikliğe uğramayan termoplastik boya kaplamalar, örn. akrilikler, viniller

- Çözülmez çapraz bağlı polimer ağları oluşturmak üzere, solventin kimyasal kurutma ya da reaksiyon sonucunda buharlaşması ile 'kuruyan' termoset boya kaplamalar, örn. polyester/amino, poliüretan, epoksi (sert, sentetik reçine)
- Atmosferik oksijen ile reaksiyon sonucunda, doğal olarak kuruyan yağ kürü ile modifiye edilmiş alkit reçineden oluşan, oksidatif kuruyan boya kaplamalar.

Kullanılan solvent türünün seçimi aşağıdaki temel kriterlere bağlıdır:

- Reçineyi çözme yetisi
- Buharlaşma oranı (kuruma oranı)
- Tehlike, koku ve maliyet.

Çevresel faydalar: Su bazlı sistemlerle kıyaslandığında, kurutma için daha az enerji gereklidir.

Çapraz medya etkileri: Geleneksel solvent bazlı boyaların kullanımı en yüksek VOC emisyonunu ortaya çıkarır ve genellikle Bölüm 20.11.'de belirtilen VOC emisyonunu azaltma önlemlerini gerektirir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı ürünler, endüstriye ve uygulandığı alt tabakaya göre ilk kat/macun, astar ve son kat olarak kullanılır.

Solvent bazlı boyalar yaygın olarak aşağıdakilerde kullanılır:

- Otomotiv endüstrisi: Bkz. Bölüm 6.4.1
- Kamyon ve ticari araçların boya kaplaması: Bkz. Bölüm 7.4.1
- Otobüslerin boya kaplaması: Bkz. Bölüm 8.4.2.2
- Trenlerin boya kaplaması: Bkz. Bölüm 9.4.1
- Tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplaması: Bkz. Bölüm 10.4.1
- Gemi ve yatların boya kaplaması: Bkz. Bölüm 11.4.1
- Uçakların boya kaplaması: Bkz. Bölüm 12.4.1
- Coil coating yöntemi: Bkz. Bölüm 14.4.2
- Metal ambalajların boya kaplaması: Bkz. Bölüm 15.4.1
- Plastik parçaların boya kaplaması: Bkz. Bölüm 16.4.3
- Mobilya ve ahşap malzemelerin boya kaplaması: Bkz. Bölüm 17.4.2

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.2.2. Solvent bazlı, yüksek katı maddeli boyalar

Tanım: Geleneksel solvent bazlı boyalarla kıyaslandığında, daha yüksek oranda katı madde içeren boyaların kullanımı daha az solvent tüketimini beraberinde getirir. Ayrıca bu boyalar da yeterli düzeyde boyama işlemini de gerçekleştirebilmektedir. Bu boyalardaki katı madde miktarı hacim bakımından % 65'ten fazladır (örn. yatlarda suyun altında kalan kısım için 450 g/l epoksi kullanılmaktadır). Kullanılan film oluşturucular büyük ölçüde epoksi, 2 bileşenli poliüretan, polisiloksan, oksiran veya alkit reçine bazlıdır.

Çevresel faydalar: Solvent kullanımında ve emisyonlarda önemli ölçüde azalma sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel Veri: Tarım ve inşaat makinelerinin ya da ev eşyalarının boyanmasında kullanılan boyalarda, çoğunlukla akrilat ve polyester izosiyanet bazlı yüksek katı maddeliler kullanılmaktadır.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Gemi ve yatların boya kaplamalarında, yüksek katı maddeli epoksi kaplamalar bu taşıtların suyun altında kalan kısımlarına yaygın olarak uygulanır.

Uçakların boya kaplamalarında, yüksek katı maddeli kaplamalar zaman zaman son katta uygulanır.

Trenlerin boya kaplamalarında, yüksek katı madde bazlı boyalar sadece 1 kat son katta uygulanır.

Otobüslerin boya kaplamalarında, yüksek katı maddeli boyalar 1 kat son kat sisteminde uygulanır.

Coil coating yönteminde, yüksek katı maddeli boyalar yaygın olarak kullanılır.

Yüksek katı maddeli boyalar, halihazırda metal ambalajlara uygulanmamaktadır.

Yüksek katı maddeli boyalar, halihazırda ahşap malzemelere ve mobilyalara uygulanmamaktadır, çünkü bu boyalar oldukça yapışkandır ve boyanan ahşap yüzeylerde 'plastiğe benzer', istenmeyen bir görünüme yol açmaktadır.

Ekonomiklik: Geleneksel boyalarla kıyaslandığında yüksek katı maddeli boyaların fiyatları daha yüksektir, ancak bu boyalar yüzeyleri daha iyi kapattıkları için m^2' ye düşen boya fiyatı genellikle daha düşük olur. İş gücü maliyetinden tasarruf edilmesi de söz konusudur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesis: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.2.3. Su bazlı boyalar

Tanım: Su bazlı boyalar, su bazlı ya da suda çözünebilen film oluşturucu maddeler içerir. Su bazlı boya sistemleri 1 bileşenli boyalar olabilir; ancak çoğunlukla 2 bileşenli ve UV kurutmalı boyalar uygulanır. Bu boyalar genellikle alkit, polyester, akrilat, melamin ve epoksi reçinesi bazlıdır. Su bazlı toz ve toz bulamaç (powder slurry) boyamalar sırasıyla Bölüm 20.7.2.6 ve Bölüm 20.7.2.7'de ele alınmaktadır.

Su bazlı boya sistemleri normalde ağırlık bakımından % 10 – 65 su ve bunun yanı sıra çözücü olarak ve ıslak film tabakasının niteliklerini iyileştirmek için de genellikle < % 3 – 18 organik solvent içerir. Hiç organik solvent içermeyen boyalar da vardır. Bu tür boyaların depolanmasında, mimari uygulamalarda ve elektro kaplamalarında (tanklarda kullanılan) koruyucu madde olarak biyosidler, formülasyonun bir parçası olabilirler.

Bu malzemelerin getirdiği başlıca yenilik, korozyana karşı koruyucu ve dış etkenlere (iklimsel etkilere) karşı dayanıklı olmalarıdır.

2 bileşenli su bazlı boyalar, özellikle mekanik olarak, daha ileri düzeyde dayanıklılık sergilemekte ve aynı zamanda doğal yağlar bakımından zengin ahşap yüzeylerde bile iyi derecede izolasyon sağlamaktadır.

Çevresel faydalar: Su bazlı boyaların başlıca avantajı; VOC emisyonlarını azaltmaları ve belli uygulamalarda kullanılan boyanın, geri dönüştürülebilme özelliğidir, örn. ultrafiltrasyon kullanılarak. Spreyleme cihazlarının ve diğer aletlerin temizliği yaklaşık % 5 – 20 oranında solvent içeren su/solvent karışımları ile yapılabilir.

Diğer bir avantaj da bu boyalarda yanma noktası tehlikesi olmamasıdır ve bu da yanma ve patlama tehlikesini minimum seviyeye indirmektedir.

Çapraz medya etkileri: Organik solventlerle kıyaslandığında, suyun buharlaşma enerjisi daha fazladır. Bu nedenle, şayet solvent bazlı boyalardaki kuruma oranı elde edilmek istenirse, su bazlı boyaların kuruması için gereken enerjinin daha fazla olması beklenir. Bununla birlikte, boya kabinlerinin atomizasyonu, aklimatizasyonu, alt tabakaların ısıtılması, fırınlama kayıpları, vs. ile kıyaslandığında uçucu bileşiklerin buharlaşması için gereken enerji birçok endüstriyel proseste, kullanılan toplam enerjinin sadece %'1'i oranındadır. Organik solventler yerine göre su kullanımının, toplam proses enerjisi üzerinde çok az bir etkisi vardır. Ek enerji gereksinimi yalnızca dış ortam koşullarında kurutma yapıldığında ve ıslak üstü ıslak proseslerde önem kazanmaktadır.

Su bazlı boyaların uygulama verimlilikleri düşük olduğundan, boya tüketimi fazla olabilir. Bununla birlikte dışardan şarj kullanıldığında, pratikte yüksek devirli elektrostatik çan uygulamalarında da düşük transfer verimliliği görülür (maksimum % 5 daha az). Güvenlik nedeniyle düşük voltajın kullanıldığı elektrostatik destekli manuel uygulamalarda da düşük transfer verimliliği ortaya çıkabilir. Alternatif teknikler (içerden şarj etme) de mevcuttur ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Su bazlı boyama, çoğunlukla yeni ya da yeniden dizayn edilmiş tesislerde kullanıldığı için, ekipman performansının daha iyi olması ve 'ilk seferde

doğru' sonucun elde edilmesi oranındaki artış sayesinde verimlilik genellikle artmaktadır. Otomotiv sektöründeki uygulamalardan örnekler, solvent bazlı sistemlerin kullanımı ile kıyaslanabilecek ölçüde transfer verimliliğinin elde edildiğini göstermektedir.

Su bazlı boyaların kullanımı ile atık sudaki biyolojik oksijen gereksinimi (BOD), kimyasal oksijen gereksinimi (COD), biyosid, organotin katalistler ve amonyak gibi maddeler artacaktır ve bu maddelerin uygun şekilde arıtılması gerekmektedir.

Kullanılan sistemlere bağlı olarak, tehlikeli atıkların niceliği ve niteliği önemli ölçüde değişebilir.

Operasyonel veri: Su bazlı boyalar su ve oksijen içerdiklerinden, spreyleme sistemlerinde ciddi korozyon problemlerine yol açabilirler. Geleneksel tesislerde su bazlı boyaların kullanımına geçilmesi, sistemde boya besleme kolonunun yüksek oranda çelik içeren malzemelerle yenilenmesi gibi, genellikle önemli değişikliklerin yapılmasını gerektirir.

Mobilya ve ahşap malzemelerin boya kaplamalarında sprey ekipmanının daha fazla tıkandığı bildirilmiştir. Bunun bir proses problemi olup olmadığı ya da eğitim ve adaptasyonla çözülüp çözülmeyeceği bilinmemektedir.

Su bazlı boyalar kullanılacaksa, genel olarak aşağıdaki gereksinimler yerine getirilmelidir:

- Ortam sıcaklığı 18 – 28 ^{o}C arasında olmalıdır.
- Üzerinde çalışılan malzemenin yüzey sıcaklığı 15 ^{o}C'den daha düşük olmamalıdır.
- Optimum proses, havadaki nem oranının 55 – 75 ^{o}C olduğu koşullarda elde edilir.
- Su bazlı boyalar 0 ^{o}C'nin altında saklanmamalıdır (don hasarı).
- Yüzeye, uygun hava akımı sağlanmalıdır.

Uygulanabilirlik: Su bazlı boyalar uzun yıllardan beri piyasada olup yaygın olarak kullanılmaktadır. Su bazlı boyalarda sürekli gelişme kaydedilmesinden dolayı, bu malzemelerin uygulama alanları da hızla artmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gemi ve yatların boya kaplamalarında su bazlı boyalar birkaç uygulamada kullanılsa da, bu boyaların söz konusu endüstrilerdeki kullanımları sınırlıdır. Su bazlı uygulamalar havasız sprey veya rulo ile yapılmakta ve bu uygulamalarda yüksek devirli elektrostatik çanlar kullanılmamaktadır.

Trenlerin boya kaplamalarında epoksi esaslı 2 bileşenli kromatsız su bazlı boyalar; zemin katta, astar/cilada ve bazen de son katta kullanılmaktadır. Su bazlı boyalar aynı zamanda gövde altı koruması için de kullanılmaktadır.

Otobüslerin boya kaplamalarında zaman zaman su bazlı boyalar kullanılmaktadır (kataforik dip kaplama ve gövde altı koruma). Bir istisna dışında, su bazlı boyalar son katta uygulanmamaktadır. Sadece bir tesiste şehir içi otobüslerin tamamı su bazlı boyalarla kaplanmaktadır.

Tarımsal ekipmanların ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında, su bazlı boyalar genellikle kataforik dip kaplamada ve 1 kat son katlarda uygulanmaktadır.

Kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında, su bazlı boyalar genellikle ticari araçların, kamyon kasalarının, şasilerin ve aksların kataforik dip kaplamalarında, primer/cila uygulamalarında ve baz katlarda kullanılmaktadır.

Coil coating yönteminde su bazlı boyaların kullanıldığı durumlarda, yapılan uygulama çoğunlukla astar ve destekleyici katlarla sınırlı kalmaktadır.

Metal ambalajların boya kaplamalarında su bazlı boyalar kullanılmaktadır, ancak bu boyalar % 38'e varan oranda organik solvent içermektedir. Varillerin dış yüzeylerinin boyanmasında < % 10 organik solvent içeren su bazlı boya kaplamalar kullanılmaktadır.

Plastik parçaların boya kaplamalarında, su bazlı boya kaplama sistemleri çoğunlukla zemin katta, baz katta ve zaman zaman da vernik katında kullanılmaktadır.

Mobilya ve ahşap malzemelerde 2 bileşenli ve UV kurutmalı su bazlı boyalar genellikle montajdan önce bazı düz yüzeylere uygulanır. Ancak boyanın uygulandığı alt tabakaya göre, liflerin kabarması gibi teknik sınırlamalar bulunmaktadır. Su bazlı boyalarda daha fazla boyama ve kurutma aşaması olduğu, ek ara zımparalama ve parlatma yapılması gerektiği için, bu boyalara geçiş yapıldığında kurutulması gereken toplam ürün hacmi artar. Hem zımparalama hem de ek kurutma yapılması, daha fazla enerji, hammadde ve iş gücü kullanımını beraberinde getirir. Alternatif olarak diğer kurutma sistemleri kullanılabilir. Bu da iyileştirme çalışmalarını gerektirmekte ve maliyetleri arttırmaktadır. Montajlanmış mobilyalara UV ile son işlem yapılması mümkün değildir.

Uçakların boya kaplamalarında halihazırda su bazlı boyalar kullanılmamaktadır. Bunun nedeni bu boyaların hidrolik yağ gibi kimyasallara karşı direncinin düşük olmasıdır. İmalatçının verdiği korozyana karşı koruma garantisi 25 yıl sürdüğü için yalnızca spesifik, onaylı boya sistemleri kullanılabilir.

Bu teknik gemilerde genellikle kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Mevcut otomatik boyama hatlarının değiştirilmesi bazen büyük maliyetleri beraberinde getirebilir. İyileştirmeler genellikle mevcut tesisin teknik ömrünün bittiği dönemlerde yapılmaktadır. Boyamanın manuel olarak yapıldığı durumlardaki iyileştirme maliyetleri daha düşük olmakla beraber yine de hatırı sayılır orandadır. Söz konusu maliyetler manuel ekipmanın kullanımının otomatik ekipmana kullanımına olan oranına göre değişiklik göstermektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referanslar: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [8, IFARE ve CITEPA, 2002] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [168, ESIG, 2005] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

20.7.2.4. Flash-off süresi azaltılmış su bazlı boya kaplamalar

Tanım: Diğer sistemlerden su bazlı boya kaplamalara geçiş yapmak için, aşağıda yer alan Operasyonel veri bölümüne bakınız. Baz kat sistemler, mevcut suda çözünebilen sistemlere benzer özellikler göstermektedir.

Çevresel faydalar: Su bazlı sistemlerde enerji tüketimi, geleneksel solvent sistemlerine ve geleneksel suda çözünebilen baz kat sistemlerine kıyasla daha düşük olabilir (kızılötesi kurutucu gerekli değildir).

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Standart su bazlı baz katlar, boya kabinlerinin iklim kontrollerinin iyi yapılması (operasyon penceresinin dar olması gibi), beş-altı dakikalık zorunlu flash-off'ların ve paslanmaz çelik boru hatlarının kullanımı gibi yöntemlerle boya kabinlerinin çalışma koşullarının sıkı bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir. Su bazlı boya kaplamalardaki flash-off gereksinimi, bu boyaların mevcut tesislerde kullanılmasını engelleyen en önemli faktörlerden biridir. Flash-off süresi daha kısa olan baz katlarda, 90 – 150 saniyelik flash-off'lar yeterli olmaktadır (çabuk kuruyan reçine, uçuculuk oranı yüksek olan azotropik co-solventler ve yüksek hızda üfleme alanı sayesinde). Bu nedenle flash-off süresi kısa olan baz katlar mevcut birçok tesiste uygulanabilir. Aynı zamanda, operasyon pencereleri de daha geniştir.

Uygulanabilirlik: Bu sistemin kullanımı, ardından uygulanacak olan boya tabakası tarafından sınırlandırılmaktadır. Yapılan testler 2 bileşenli verniklerle yüzeylerde iyi nitelikli kalite sonuçları elde edilirken, 1 bileşenli vernik sistemlerinde hala birtakım kalite eksikliklerinin (örn. bulanıklık) ortaya çıktığını göstermektedir. Başarılı hat denemeleri yapılmaktadır. 2 bileşenli ve 1 bileşenli verniklerde onaylanmış uygulamalar bulunmaktadır.

Ekonomiklik: Solvent bazlı baz katların yerine, yeni bir tesis oluşturulmasına kıyasla nispeten küçük teknik masraflar yapılarak suda çözünebilen baz katlar kullanılabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Flash-off süreleri düşürülmüş ürünler Güney Kore'de Hyundai Assam'da ve İtalya'da Alfa Romeo Pomigliano'da ticari amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005]

20.7.2.5. Radyasyon kurutmalı boyalar

Tanım: Radyasyon kurutmalı boyaların kurutma işlemi, UV ışınlarındaki belirli kimyasal grupların aktivasyonuna veya hızlı elektronlara dayalıdır (bkz. Bölüm 20.8.2). Bu özellik hem reçinelerde hem de sıvı çözücülerde bulunabilir, böylece ısı kullanımı ve VOC emisyonu olmadan kuruyup sertleşen sıvı kaplama sistemlerinin üretilmesi mümkün olmaktadır. Alternatif olarak, su bazlı ve hatta katı maddeli (toz) boya kaplamalar için de benzer bir kimyasal işlevsellik geçerli hale getirilebilir. Baz kat reçineleri epoksi, polyester, poliüretan

içerir, fakat bunların hepsi akrilik ya da vinil işlev taşımaktadır. Kurutma reaksiyonu doğrudan elektron ışın radyasyonu (EB) ile ya da bir foto-tetikleyici yoluyla uygulanan ultraviyole (UV) ışını ile başlatılır.

Aşağıdakiler hakkında daha fazla bilgi için:

- UV (ultraviyole) ışını ile kurutma: bkz. Bölüm 20.8.2.3,
- EB (elektron ışını ile) radyasyon kurutma: bkz. 20.8.2.4.

Çevresel faydalar: Hem su bazlı hem de solvent içermeyen radyasyon kurutmalı boyalar atık su ya da VOC emisyonu açığa çıkarmamaktadır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: UV kurutmalı boyalar fırçalama, rulolama, döküm, spreyleme ve vakum kaplama gibi çeşitli tekniklerle uygulanabilir. Radyasyon kurutmalı toz boya kaplamalar da geliştirilmektedir, fakat toz boya kaplamaların büyük çoğunluğu yüksek sıcaklıktaki geleneksel fırınlarda kurutulmaktadır, bkz. Bölüm 20.7.2.6.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Metal ambalajların boya kaplamalarında, UV kurutmalı kaplamalar üç parçalı metal kutu imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, DWI kutularında ve alüminyum tüp imalatında kullanılmamaktadır.

UV kurutmalı kaplamalar, plastik parçaların boya kaplamalarında vernik katında uygulanmaktadır, örn. jant kapaklarında.

Mobilya ve ahşap yüzeylerin boya kaplamalarında, UV kurutmalı su bazlı kaplamalar bazı mobilya ve ahşap yüzeylerin kaplanmasında yaygın olarak uygulanmaktadır. Uygulama genellikle düz panellerin ayrı ayrı boyanabildiği ve boyamanın mobilyanın montajlanmasından önce yapıldığı durumlarda kullanılmaktadır.

UV kurutmalı kaplamalar halihazırda otomotiv endüstrisinde, uçakların, gemilerin, trenlerin, otobüslerin, tarım ve inşaat ekipmanlarının, kamyonların, ticari araçların ve coil coating yönteminde uygulanmamaktadır (bkz. Bölüm 22.14.2).

Ekonomiklik: Maliyetler istenen özelliklere, miktara ve tedarikçiye göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, su bazlı UV boyaların (yaklaşık % 50 katı maddeli) kilosu hemen hemen 6.50 Avro olup, bu boyalar geleneksel boyalardan daha pahalıdır (örn. 1 kilo 2 bileşenli pliüretan (PU) boyanın fiyatı 4.35 Avro'dur). Bununla birlikte, katkısız UV kurutmalı boyalarda (% 100 katı maddeli olan) m^2'ye düşen toplam maliyet daha düşüktür, çünkü yüksek katı maddeli boyalarda daha yüksek verimlilik elde edilmekte ve overspreyin en az % 50'si tekrar kullanılmaktadır.

UV kurutmalı toz boya kaplamaların 1 kilosunun fiyatı yaklaşık olarak 3.01 – 5.38 Avro arasındadır.

Yeni bir UV kurutmalı toz boya kaplama ünitesinin yatırım maliyeti 875000 Avro'dur. Bu miktar, uygulama kabini ve kurutma tesisi için harcanacak olan 275000 Avro ile otomasyon,

malzeme koruyucuları, iletim sistemleri, vs. için harcanacak olan 600000 Avro'yu kapsamaktadır. Operasyonel maliyet ise mevcut geleneksel solvent bazlı uygulama ünitesinin maliyeti ile hemen hemen aynıdır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004] [155, CEPE, 2006]

20.7.2.6. Geleneksel olarak kurutulan toz boya kaplamalar

Tanım: Toz boya kaplamalar partikül boyutları 25 – 60 μm arasında değişen, toz boya içerikli solvent içermeyen malzemelerdir. Bölüm 20.7.2.5'te toz boya kaplamalarda radyasyonlu kurutmanın gelişmesinden söz edilmektedir, ancak toz boya kaplamaların çoğunluğu yüksek sıcaklıktaki geleneksel fırınlarda kurutulmaktadır.

Ana film oluşturucular polyester veya epoksi reçinelerdir. Kurutma işleminin gerçekleştirilmesi için malzeme, eriyip film haline dönüşmesini sağlayan konveksiyon fırınlarında ısıtılır. Toz boyama sistemleri aşağıdaki olumlu özellikleri taşımaktadır:

- Neredeyse hiç solvent içermez.
- Laker partiküllerinin absorbe edilmesi için boya kabininde su kullanılması gerekmez.
- Boyanın geri dönüştürülmesinden yararlanılırsa, atık oluşumu azalır.
- Boyanın geri dönüştürülmesi teknik olarak mümkündür (% 95'e varan oranda) ve ekonomik nedenlerle gereklidir.
- Enerji verimliliği yüksektir (% 100'e varan oranda).
- Boya kabininde devir daim yapan hava oranının yüksek olması enerji tüketimini azaltır.

Bununla birlikte, toz boyama aşağıdaki dezavantajları da beraberinde getirmektedir:

- Film kalınlığının kontrolü zordur (bkz. aşağıda yer alan Operasyonel veri). Örneğin, otomotiv endüstrisinde gerekenden daha kalın bir film tabakası oluşmakta (yaklaşık 65 μm) ve bu da daha fazla boya tüketimine neden olmaktadır. Ancak günümüzde giderek daha ince tabakalar da (yaklaşık 55 - 60 μm) elde edilebilmektedir.
- Daha yüksek kurutma sıcaklıkları gerekmektedir (yaklaşık 140 - 200 ^{o}C) ve bu nedenle toz boya kaplama tekniği tüm alt tabakalara uygulanamamaktadır. Bununla birlikte, düşük sıcaklıkta kuruyan (yaklaşık 60 – 100 ^{o}C'de) toz boya kaplamalar da giderek daha kolay bir şekilde elde edilmektedir.
- Uygulama koşullarının çerçevesi katı bir biçimde çizilmiştir (sıcaklık, nem)
- Manuel uygulama, ancak belli güvenlik düzenlemelerine (toza, elektrostatik voltaja karşı) uyulduğunda mümkün olmaktadır.

Çevresel faydalar: Toz boya kaplamaların uygulanması, atık su ya da önemli oranda VOC emisyonu açığa çıkarmamaktadır.

Elektrostatik destekli spreyleme ile uygulanan toz boya teknolojisinde overspreyin su ile yakalanmasına gerek yoktur. Böylelikle, atık suyun tekrar işlenmesine gerek kalmaz ve pıhtılaştırma maddeleri gibi katkı maddelerinin eklenmesinin önüne geçilebilir.

Uygulama araçları ve kabinlerin tamamı vakumlama ya da basınçlı havayla üfleme yoluyla temizlenebilir. Bu şekilde, kaynaklardan tasarruf edilir ve solvent emisyonlarının önüne geçilebilir.

Çapraz medya etkileri: Yüksek kurutma sıcaklıkları gerekir. Ancak, kızılötesi ve hava sirkülasyon tekniklerinin bir kombinasyonu ile yapılan kurutma sonucunda, geleneksel kurutma tekniklerine kıyasla daha yüksek enerji verimliliği elde edilmektedir.

Kurutma esnasında, reaksiyon kimyasallarından ötürü, düşük seviyede de olsa VOC emisyonu açığa çıkabilir.

Kullanılan triglisidil izosiyanürat (TGIC) gibi maddelerden ötürü, iş sağlığına yönelik riskler ortaya çıkabilir.

Elektrostatik tehlikeler söz konusu olabilir.

Operasyonel veri: Toz boya kaplamalarda film kalınlığı meselesi basit bir konu değildir. Uygulanabilecek filmin kalınlığı toz boyanın partikül büyüklüğü boyutlarına, uygulama hızına ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, 5 mikron kadar ince bir kat uygulamak teknik olarak mümkündür, ancak toz boyanın çok ince bir şekilde sıkıştırılması ve dikkatlice kontrol edilmesi gerekir. Bu, oldukça pahalı bir operasyondur. Ayrıca, çok ince olan toz boyaların akış ve taşınma özellikleri zayıftır ve bu da uygulanmalarını zorlaştırır. 30 mikron kalınlığında uygulanabilen toz boyalar bazı nihai kullanım alanlarında uygulanmaktadır. Öte yandan toz boya sinterleme yöntemiyle çok kalın kaplamalar da uygulanabilmektedir. Kalın uygulamayı sağlayan faktör toz boyanın erimesi, akması ve yüzeye işlemesi için gerekli olan ısının yüzeye daha kısa süreyle uygulanmasıdır. Eğer formülasyon termoset (ısıyla sertleşen) özellik taşıyorsa, yüzey tam erime olmadan ve boya yüzeye işlemeden kuruyabilir ve film üzerinde hava baloncukları oluşabilir. Belirli bir nihai kullanım için gerekli olmadığı sürece, 90 mikronun üzerindeki film kalınlıkları ekonomik açıdan uygun değildir. Günümüzde toz boya kaplamalar yüzeylere çoğunlukla elektrostatik destekli spreyleme ile uygulanmaktadır (öncelikli olarak metal ve sonra da cam yüzeylere). Ahşap malzemelerin seri olarak boyanması için kullanılan toz boya kaplamalar çok yüksek sıcaklıkta kuruduklarından, çok az tesiste uygulanmaktadır. Orta yoğunluklu fiber levhalar (MDF) toz boya kaplamaların başarılı bir şekilde kullanıldıkları alanlardan biridir. Toz boya kaplamaların plastik yüzeylere uygulanma olasılığı da sınırlıdır. Bunu nedeni plastik malzemelerin elektrik iletkenliğinin olmaması ve sıcaklığa karşı hassas olmalarıdır.

Uygulanabilirlik: Bazı sektörlerde, toz boya kaplamaların kullanımı artık yerleşmiş bir tekniktir. Çevresel avantajlar açısından bakıldığında, overspreyin geri dönüştürülebilme ihtimali sayesinde otomasyona geçilebilmesi ve kar elde edilmesi olasılığı bulunmaktadır ve bu da toz boya kaplamalarının kullanımını sürekli olarak arttırmaktadır. Toz boya kaplamalar elektrostatik uygulama tekniklerinin kullanımını gerektirir ve bu nedenle öncelikli olarak metaller için uygundur.

Otomotiv endüstrisinde toz boya astar ve vernik, Avrupa'daki endüstride sadece bir tesiste kullanılmaktadır, bkz. Bölüm 6.4.3.2. Öte yandan ABD'de ise daha yaygın olarak

kullanılmaktadır. Günümüzde toz boya sistemi, proses değişimi ile ilgili operasyonel problemlere (örn. doğru renklerin ve doğru nihai görünümün elde edilmesi ile ilgili) yol açmasının yanı sıra, Avrupalı imalatçıların çoğunun kalite gereksinimlerini de karşılamamaktadır.

Tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarına gelince, bu sektördeki bir imalatçı halihazırda toz boya kaplamanın kullanılacağı bir tesis inşa etmektedir. Bu üretim hattı geleneksel, solvent bazlı, 2 bileşenli 1 katlı son kat uygulayan bir hattın yerini alacaktır. Bu teknik tarım ve inşaat ekipmanlarının seri olarak üretimi için kullanılabilmektedir.

Coil coating yönteminde, toz boyama sadece sınırlı oranda kullanılmaktadır. Bunun nedeni toz boya kaplamalarda hız ve kontrolün zor olmasıdır. Bu kaplamalar inşaat sektöründe ağırlıklı olarak kullanılmaktadır, örn. düz panellerde, pencere çerçevelerinde, umumi tuvaletlerin yapımında ve levha metal işleme endüstrisinde.

Metal ambalajların boya kaplamalarında toz boyama, üç parçalı metal kutuların kaynak kısımlarına uygulanmaktadır. Ancak bu boyalar DWI kutularına uygulanmaz.

Plastik parçaların boya kaplamalarında toz boyama, günümüzde sadece otomobil radyatörlerinin kompozit metal ve plastik parçaları gibi küçük parçaların kaplanmasında, küçük partiler halinde uygulanmaktadır.

Mobilya ve ahşap malzemelerin boyanmasında, toz boyama sadece MDF'ye başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Toz boya kaplamalar günümüzde uçakların, gemilerin, trenlerin, otobüslerin, kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında kullanılmamakta, ancak bu araçların parçalarında kullanılmaktadır (diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları ile ilgili Bölüm 13 ve plastiklerin boya kaplamaları ile ilgili Bölüm 16'da olduğu gibi). Uçak ve gemilerde toz boyaların kullanılması halinde, basınçlı kurutma aşamasının gerekli olduğu ve toz boyaların bu endüstrilerde sadece parçalara uygulanabileceği öne sürülmektedir.

Ekonomiklik: Maliyetler istenen özelliklere, miktara ve tedarikçiye göre değişiklik göstermektedir. Günümüzde hala toz boya kaplama sistemlerinin fiyatı geleneksel boya kaplama sitemlerinden daha pahalıdır. 2006 yılında 1 kilo toz boyanın fiyatı 3.01 – 5.38 Avro arasında idi.

Geleneksel solvent bazlı uygulama ünitesinin yerine toz boya kaplama ünitesinin kullanılması, sadece boya uygulama sistemlerinin değiştirilmesini gerektirir; fırınların değiştirilmesi gerekmeyebilir. Ancak, otomotiv endüstrisinde kullanılacak toz boya kaplamalar tamamıyla yeni boya kabinlerinin, besleme sistemlerinin ve kurutma fırınlarının kurulmasını gerektirir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: VOC emisyonlarının azalmasını sağlar.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [155, CEPE, 2006] [168, ESIG, 2005] [89, Envirowise, 2003] [90, Envirowise, 1998]

20.7.2.7. Toz bulamaç

Tanım: Toz bulamaç boyalar suda dağılan ve dengeli bir biçimde tutulan toz boyalardır ve sıvı boyalar için kullanılan geleneksel ekipmanların kullanımı ile uygulanmaktadır. Bu boyalar vernik katının uygulanması için kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Toz bulamaç boya kaplamanın uygulanması sonucunda atık ya da VOC emisyonu açığa çıkmaz. Otomotiv endüstrisinde geleneksel 2 bileşenli vernik yerine ıslak üstü ıslak yöntemiyle uygulanan toz bulamaç verniğin kullanılması ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır. Islak üstü ıslak uygulama ile ara kurutma aşaması ortadan kaldırılabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Basınçlı kurutma aşaması gereklidir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik günümüzde sadece otomobillerin boya kaplamalarında kullanılmaktadır, bkz. Bölüm 6.4.3.3.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Flash-off süreleri düşürülmüş ürünler Güney Kore'de Hyundai Assam'da ve İtalya'da Alfa Romeo Pomigliano'da ticari amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002].

20.7.2.8. Ön işlemden geçirilmiş malzemeler

Tanım: Ön işlemden geçirilmiş malzemeler ürünlerin montajında kullanılabilir ve atılan boya katının sayısını veya boya gereksinimini azaltır. Ön işlem, montajlanmış ürünlere ya da ürün parçalarına uygulanması daha zor, ancak daha çevre dostu olan tekniklerin kullanılmasıyla coil coating uygulanmış metaller, ahşap ve fiber levhalar, vs gibi tek biçimli alt tabakaların kaplanmasında uygulanmaktadır (bkz. 20.7.3).

Çevresel faydalar: Spreyleme aktivitelerinin yerine coil coating uygulaması yapılmış malzemelerin kullanımına bağlı olarak VOC emisyonlarında önemli ölçüde düşüş sağlanmaktadır. Kuruma veya kurutma daha verimli olmaktadır. Coil coating esnasında ortaya çıkan emisyonlar daha etkin bir şekilde toplanır ve bertaraf edilir. Çünkü, şekillendirilmiş parça ve gövdelerden ziyade, kesintisiz, düz bir yüzey üzerine kaplama uygulanması ve bu uygulamadan kaynaklanan atık gazların ekstraksiyonu daha kolay ve verimli olmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur. Her ne kadar emisyonlar bu kez de coil coating üreticisinden kaynaklansa da, miktarı azalmaktadır, bkz. yukarıda yer alan Çevresel faydalar.

Operasyonel veri: Ön işlemden geçirilen malzemeler coil coating yöntemi ile üretilmektedir, bkz. Bölüm 14.

Uygulanabilirlik: Coil coating uygulanan metaller genellikle son kat dahil tüm katlar uygulanmış olarak sunulur, fakat zaman zaman da astar katı atılmış ve daha sonra atılacak olan kat(lar) için hazır hale getirilmiş olarak sağlanır. Bu yöntem gittikçe daha fazla alanda kullanılmaktadır: Yapı ve inşaat ürünlerinde, elektrikli aletlerde (beyaz eşyalar), otomotiv endüstrisinde, karavan ve mobil evlerde, metal kabinlerde, vs.

Trenlerin boya kaplamalarına gelince, yük vagonlarının üretiminde coil coating uygulanmış malzemelerin kullanımı gittikçe artmaktadır.

Tarım ve inşaat ekipmanlarında, bazı imalatçılar elektro kaplama ve son kat atma işlemlerini montajdan önce uygulamaktadır; coil coating uygulanan malzemeler de bu noktada bir alternatif olabilir.

Metal ambalajların boya kaplamalarında, coil coating uygulanan malzemeler üç parçalı metal kutu imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Üretim aşamalarının azaltılmasını ve esas işe konsantre olunmasını sağlar.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş yerine ve çevreye verilen emisyon miktarının azalmasını sağlar.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.2.9. Toksik metal içeren boyalar

Tanım: Boya pigmentleri, bileşiklerindeki renkler ve korozyona karşı direnç için kadmiyum, hekzavalan krom, nikel ve kurşun gibi toksik metaller içermektedir. Ancak bu maddelerin kullanımı, bu dokümanın kapsamına girmeyen birtakım aktivitelerle ilgili olarak hazırlanan yönetmeliklerle yasaklanmıştır, bkz. Bölüm 1.2.3.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Çevreye yayılan toksik maddeler.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Restorasyon, vs. gibi spesifik uygulama alanları bu dokümanın kapsamına girmememektedir**.**

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. Pazarlama ve kullanım yönetmelikleri. Ürün ve atık mevzuatı.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [102, EC, 2000]

20.7.3. Boya uygulama proses ve ekipmanları

Uygulama verimi yüksek olan prosesler arasında sıvama, rulolama, döküm, daldırma, taşırma ve vakum kaplama sayılabilir. Bu prosesler sprey uygulamalarına kıyasla daha az oversprey oluşumuna yol açar, ancak dünya çapında yaygın olarak uygulanmamaktadır. İki tür daldırma prosesi vardır: Geleneksel ve elektro kaplama.

Spreyleme elektrostatik destekli ya da desteksiz olabilir. Elektrostatik destekli spreyleme için boyanacak parça ile sprey tabancası arasında bir elektrik alanı oluşturulur. Daha sonra çevre ve maliyet etkinliği ile ilgili aşağıda sıralanan avantajlar elde edilir:

- Malzeme tüketimi, emisyon oranı, boya çamuru miktarı ve boyanan alanların kirlenme oranları azalır (daha az temizleme gerekir).
- Boyama proseslerinin otomasyon olasılığı, boya kaplama hızı ve dolayısıyla üretkenlik artar.
- Hava tüketimi azalır (daha az enerji gereksinimi).

Elektrostatik destekli sprey uygulamalarının dezavantajları ise köşelerden taşmaların ve katmanların kalın olmasıdır. Taşmaların olduğu ya da katmanların kalın olduğu alanlardaki boya konsantrasyonu nedeniyle içeri doğru derin çukurlar oluşabilir. Elektrostatik destekli birkaç uygulama kullanılmakta olup aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır. Ayrıca elde edilen kaliteye, şekle, boya malzemesine, elektrik iletkenliğine (örn. yüzeyin yeniden boyanabilirliğini etkileyen) ve yüksek voltaj kullanımı ile ilgili iş güvenliğine dair birtakım özel gereksinimler de söz konusu olabilir.

Elektrostatik uygulama tekniklerinin kullanımındaki artışa rağmen, elektrostatik şarj olmadan yapılan spreyleme de hala çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrostatik proseslere kıyasla, elektrostatik şarj olmadan yapılan spreylemede için gereken yatırımlar çok daha küçük ölçeklidir. Ayrıca şekil, boya malzemesi, elektrik iletkenliği ve iş güvenliği ile ilgili özel gereksinimler bulunmamaktadır. Bu uygulama tekniklerinin dezavantajı ise verimliliklerinin düşük olmasıdır. Overspreyi minimum seviyeye indirecek ve verimliliği elektrostatik proseslerdeki verimlilik ile kıyaslanabilir düzeye getirecek yeni teknikler de geliştirilmiştir. Bu teknikler aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır. [128, TWG, 2005]

20.7.3.1. Rulo ile kaplama

Tanım: Uygulama boya kaplanmış lastik ya da sünger ruloların döndürülmesi ile gerçekleşir; iki taraflı boyama yapılması da mümkündür. Uygulama yoğunluğu rulolar arasındaki boşluğun değiştirilmesi ile ayarlanabilir. Boyanan parça ve rulo aynı yönde hareket ediyorsa, sadece 12 μm'ye kadar olan tabakalar boyanabilir ve sadece belli bir viskozitesi olan malzemeler kullanılabilir. Ruloların hareketinin parçanın hareketinin tersi yönünde olduğu ters boyama proseslerinde bu tür problemler ortaya çıkmaz. Ters boyamanın özellikle kullanıldığı uygulamalardan biri de ahşap malzemelere dolgu maddesi uygulanmasıdır. Otomatik proseslerde, dolgu malzemesi ters yönde hareket eden rulolarla uygulanır ve fazla malzeme silinir. Malzemenin sertleşmesinden sonra pürüzsüz bir yüzey elde etmek için zımparalama yapılması gerekir.

Çevresel faydalar: Uygulama yapılan parçaya ve proses koşullarına bağlı olarak yaklaşık % 90-100'e varan malzeme verimliliği elde edilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Rulo ile kaplama özellikle 1 ve 2 bileşenli malzemelerde ve viskozite oranı yüksek olan ya da % 100 katı madde içerikli polimerizasyon malzemelerinde kullanılabilir.

Metal ambalajların kaplamalarına gelince, rulo kaplayıcılar metal kutuların dış yüzeylerinin kaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Üç parçalı metal kutu imalatında rulo kaplayıcılar özellikle levhaların boyanmasında kullanılır ve ayrıca 'yan şeritler' de ruloların kullanımıyla kaplanabilir. Ekstrüze alüminyum tüp imalatında rulo kaplayıcılar özellikle baz katın uygulanmasında kullanılmaktadır.

Bu teknik coil coating uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır, bkz. Bölüm 14.4.4.1

Ahşap malzeme ve mobilyaların boya kaplamalarında, rulolama çoğunlukla ahşap kompozitlerden yapılmış paneller (plakalar), gibi düz parçalara uygulanabilir. Ayrıca ahşap paneller gibi hafif kıvrımlı ürünler de bu şekilde işlem görebilir. Daha kıvrımlı yüzeylerde ise palet bıçakları gibi ekipmanların kullanımıyla dolgu malzemesi manuel olarak uygulanır.

Bu yöntem sadece denizcilik endüstrisinde balık ağlarının kaplanmasında kullanılır.

Ekonomiklik: Ahşap malzeme ve mobilya boyama endüstrisinde kullanılan, uygulama genişliği 1.3 m olan ve elektrik yükü 5.5 kW olan hafif bir dolgu makinesi 2000 yılında 55000 Avro idi. Uygulama genişliği 1.3 m olup elektrik yükü 3 kW olan bir sünger rulo ise 26000 Avro idi. Aynı uygulama genişliğinde olup elektrik yükü 6 kW olan 2 rulolu (çift sistem) bir makine ise 52000 Avro idi (verilen örnekler 2000 yılına aittir).

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Bkz. Ekonomiklik.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

20.7.3.2. Perde kaplama (döküm)

Tanım: Boya ya da kaplama, ana boru oluklarında tutulur ve kaplanacak parçaların içinden geçtiği katmerli bir filme dökülür. Fazla gelen kaplama malzemesi bir rezervuarda tutulur ve tekrar ana besleme alanına gönderilir.

Çoğunlukla polyester bazlı, solvent içermeyen laker uygulaması yapılır, fakat başka kaplama malzemeleri de kullanılabilir. Perde boyama ile katmanların eşit bir şekilde dağılımında yüksek düzeyde kalite elde edilebilir.

Çevresel faydalar: Kaplanan parçaya ve kaplama koşullarına bağlı olarak, % 90 – 98'e varan oranda malzeme verimliliği elde edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Perde boyama yöntemi ile düz ya da neredeyse düz olan parçalar kaplanır. Makinenin türüne göre, uygulama ağırlığı 40 – 500 g/m^2 arasında değişiklik gösterebilir.

Perde boyama genellikle mobilya endüstrisinde kapıların, duvar ünitelerinin ve diğer plakaların kaplanması için kullanılmaktadır.

Bu yöntem, baskılı devre levhalarının kaplanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır (daha fazla bilgi için STM BREF'ine [59, EIPPCB, 2005] başvurulabilir).

Ekonomiklik: Ahşap malzeme ve mobilya boyama endüstrisinde kullanılan, uygulama genişliği 1.3 m olan ve elektrik yükü 3 kW olan bir döküm tesisi 2000 yılında 35000 Avro idi.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [59, EIPPCB, 2005]

20.7.3.3. Geleneksel daldırma

Tanım: Kaplanacak parçalar manuel olarak ya da otomatik sistemlerle nakledilerek, kaplama malzemesiyle dolu tanklara daldırılır. Daldırma işlemi 1 bileşenli tüm sistemlerde uygulanabilir.

Çevresel faydalar: Daldırma yönteminin avantajları arasında % 100'e varan oldukça yüksek verimlilik elde edilmesini, parçaların tam olarak boyanmasını (iç ve dış yüzeylerin), maliyet etkinliğini, yüksek operasyon kapasitesini ve otomasyona geçişteki elverişliliği saymak mümkündür. Bununla birlikte elde edilen etkinliğin % 80 – 90 aralığında olduğu durumlar da mevcuttur.

Solventin açığa çıkmasına meydan veren bir spreyleme eylemi yoktur, fakat tanktan buharlaşma olabilir.

Çapraz medya etkileri: Spreylemeye kıyasla daha kalın kaplama tabakaları elde edilir ve bu da daha fazla hammadde kullanımını beraberinde getirir. Tarım ve inşaat ekipmanlarının kaplanmasında, daldırma uygulaması ile elde edilen 85 μm'lik kalınlık yerine sprey uygulaması ile (HVLP) 50 μm'lik tabaka kalınlığı elde edilebilir ve böylece malzeme tüketimi daha az olur (ancak sprey uygulamasından ötürü verimlilik daha düşüktür).

Operasyonel veri: Tutulan havanın atılabilmesi için parçalara hava delikleri açılması gerekebilir.

Su bazlı boyalarla yapılan daldırma işlemi köpük oluşumuna yol açabilir. Su bazlı boyalar yanlızca küçük bir pH aralığında durağan kalabilir ve bu nedenle ön işlem prosesinden

kaynaklanabilecek herhangi bir kirliliğe karşı çok hassastır (daha fazla bilgi için STM BREF'ine [59, EIPPCB, 2005] bakılabilir). Su bazlı boyaların uygulandığı durumlarda, temizlik prosesleri gibi ön işlemlerden sonra kurutma yapılması genellikle gerekli değildir.

Uygulanabilirlik: Aynı tonda, renk değişimi olmadan boyanacak parçaların toplu halde seri olarak boyanmasında daldırma yönteminin uygulanması mümkündür. Uygulama ağırlığı 60 – 200 g/m^2 aralığında değişiklik gösterebilir.

Tarım ve inşaat ekipmanlarının kaplanmasında, 1 kat son katlar uygulanırken daldırma yöntemi kullanılır. Çoğunlukla 85 µm kalınlığında tabakalar elde edilmektedir.

Ahşap malzemelerin ve mobilyaların kaplanmasında daldırma tekniği, ahşap pencere çerçevelerinin seri olarak kaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tekniğin ahşap ve mobilya endüstrisindeki kullanım alanı bu uygulama ile sınırlıdır.

Bu teknik halihazırda uçak ve gemilerin kaplamalarında uygulanmamaktadır. Uygun olan durumlarda sadece yeni üretilen parçalara uygulanmaktadır. Daldırma ile kaplama, trenlerin kaplamalarında da kullanılmamaktadır.

Denizcilik endüstrisinde ise balık ağlarının kaplamalarında kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Daldırma ile kaplama maliyet etkin bir tekniktir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [59, EIPPCB, 2005]

20.7.3.4. Elektro kaplama

Tanım: Bu teknik aynı zamanda elektro boyama, elektroforetik daldırma, e-kaplama, ELPO, kataforik daldırma, vs. olarak da adlandırılmaktadır. Su bazlı boya tankında; elektrotlardan birini oluşturan kaplanacak parça ile, tankta bulunan zıt kutuplu elektrotlar arasında doğru elektrik akımı devir daim eder. Böylece, sabit koruyucu bir film oluşturulur. Kaplanacak parçanın kutbuna göre farklı özellikler taşıyan anodik (anoforetik) ya da katodik (katoforetik) elektro kaplama yapılır. Anodik kaplama ile kaplanan alt tabakanın, asitli yüzey tabakası ile karşılaşınca kendi yüzeyindeki metalin bir kısmını bırakarak metal kaybına uğraması ihtimali söz konusudur. Bu da kolayca paslanmayı (korozyonu) beraberinde getirir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan katodik* sistemlerde ise böyle bir durum ortaya çıkmamakta ve bu da yüksek korozyon dirençli, modern kaplama sistmelerinin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır (örneğin otomobillerde kalite standartları açısından bu durum önemlidir).

Elektrolit, asılı kalan boya pigmentlerindeki ve bazlardaki pozitif yüklü partiküller (polimer reçinesi olarak) ile organik asit R-COOH'daki anyonların negatif yüklü partiküllerini (genellikle R = CH_3 olan asetik asit) içermektedir.

***Çevirmenin notu:** Orijinal dokümanda (İngilizce) 'anodik' yazmasına rağmen 'katodik' olmalıdır. Muhtemelen orijinal metinde bir yazım hatası olmuştur.
Bkz. Orijinal doküman, Surface Treatment using Organic Solvents, Ağustos 2007; Bölüm 20.7.3.4 Sf.448, 9. satır

Solüsyondaki (ya da daha iyi olan, koloidal süspansiyonda) asit anyonları (uygun oranda) yük yoğunlukları oldukça yüksek olan, çözülebilen reçine partiküllerine doğru çekilir. Reçine partikülleri, organik asit solüsyonunda pozitif yüklü kuarterner amonyum iyonları oluşturmak için reaksiyon gösteren yüksek molekül ağırlıklı tersiyer aminler (genellikle $R_1R_2R_3$-N) tarafından oluşturulmaktadır.
Boya preparatındaki ilk reaksiyon:

$$R_1R_2R_3\text{-N} + R_4\text{-COOH} \longrightarrow R_1R_2R_3\text{-N-H-OOC-}R_4$$

Solüsyonda oluşan ayırma (dissosiasyon) prosesleri:

$$2\ H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^-$$

$$R_1R_2R_3\text{-N-H-OOC-}R_4 \longrightarrow R_1R_2R_3\text{-N-H}^+ + R_4\text{-COO}^-$$

Anotta oluşan elektrokimyasal prosesler:

$$4\ OH^- \longrightarrow O_2 + 2\ H_2O + 4e$$

$$R_4\text{-COO-} + 2\ H_2O \longrightarrow O_2 + 4\ R_4 - COOH + 4e$$

Pozitif yüklü koloidal partiküller katoda (negatif) uygulanan elektroforez yoluyla iletken solüsyon içerisinde (uygulanan potansiyeli (gerilimi) ile) hareket ettirilir. İlk aşamada katotta aşağıdaki elektrokimyasal prosesler oluşur:

$$2\ H_3O^+ + 2e \longrightarrow H_2 + 2\ H_2O$$

$$2\ R_1R_2R_3\text{-N-H+} + 2e \longrightarrow 2\ R_1R_2R_3\text{-N}$$

Bu proseslerin pH nötr solüsyonda, anot yüzeyinde (12-14 arası pH değerindeki) gerçekleşmesi halinde alkalin difüzyon tabakası oluşur.

Katyonlar (reçine ve pigment) çözünmez hale gelmek için hidroksil iyonlarla reaksiyona girerken partiküllerde elektrobiriktirme ile biriktirilir. Son olarak, boyadaki katı maddeler, katotta çökeltilir, su elektroendosmosis ile katodun çevresinden yarı gözenekli filme doğru çekilir. Bu işlem sonucunda fiziksel olarak dayanıklı, kuvvetlice tutunan bir film oluşturulmaktadır. Bu film nispeten yüksek derecede dayanıklı olduğu için, film kalınlığı tüm yüzeylerde ve köşelerde hemen hemen eşit hale geldiğinde proses kendini sonlandırır.

Akıp giden maddeler içerisinde, daha sonraki kaplamalarda yüksek kalite elde edilebilmesi için, hemen temizlenmesi gereken çökelmemiş boya da bulunmaktadır.

Çevresel faydalar: Kullanılan tüm elektro kaplamalar su bazlı ve kurşunsuzdur (kurşun yerine itriyum ya da bizmut kullanılır); organik solvent içerikleri yaklaşık % 2-6 arasında değişmektedir. Membran filtrasyonu ile yapılan ters kaskad durulama ile birlikte kullanıldığında, akıp giden boyanın büyük bir çoğunluğu (neredeyse % 100'ü) geri kazanılmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Atık su oranı artabilir. Katalist gibi organotin bileşikler ve diğer ekotoksik bileşikler boyadaki katı maddelerin geri dönüştürülmesi sistemi ile büyük ölçüde

proseste tutulsa da yine de boya süspansiyonu içinde bu maddelere rastlanabilir. Akışkan atık aynı zamanda COD (durulama proseslerinde açığa çıkan 1000-5000 mg/l) ve 200-1000 mg/l BOD (1-3 g/m^2 COD ve 0.2-1 g/m^2 BOD) değerindeki maddeyi içerir. COD'nin % 90'ı ve BOD'nin % 99'u biyolojik arıtma öncesinde yapılan fiziko-kimyasal arıtma ile ortadan kaldırılabilir.

Operasyonel veri: Elektro kaplamanın avantajları şöyledir:

- Köşelerde taşma olmadan, eşit kalınlıkta (kavitelerde bile) tutarlı ve tam kaplama sağlar.
- Parametreler; uygulanan voltaj (potansiyel), kaplama süresi ve banyo katı maddeleri (proses sınırları dahilinde) tarafından kontrol edilebilir.
- Tam otomasyona geçişi mümkün olan, verimliliği yüksek bir prosestir.

Dezavantajları ise şöyledir:

- Kalite teminatı için boya tanklarının üst düzeyde bakımlarının yapılması gerekir.
- Tam bir sistemin kurulmasının maliyeti yüksektir.

Elektro kaplamada kullanılan durulama tankları için kaskad tekniklerin ve ultrafiltrasyonun kullanımı yaygın bir uygulamadır (bkz. Bölüm 20.12.6). Daha fazla bilgi için STM BREF'ine bakılabilir [59, EIPPCB, 2005].

Uygulanabilirlik: Otomotiv endüstrisinde, otobüslerin kaplamalarında, tarım ve inşaat ekipmanlarının kaplamalarında, kamyon ve ticari araçların kaplamalarında yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ayrıca metal parçalarda ve hatta sert lehimli ya da kaynaklı alaşım ve alt montaj gibi karışık metallerde de kullanılabilir. Elektro kaplama çeşitli küçük parçaların kaplamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik günümüzde uçakların, trenlerin, gemilerin ve yatların kaplamalarında kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Elektro kaplamanın, otomasyonun yüksek düzeyde kullanıldığı bir teknik olmasından, akıp giden boyanın geri kazanılması için ters akışlı çoklu durulama sistemlerinin ve membran filtrasyonunun gerekli olmasından dolayı yatırım ve malzeme maliyetleri genellikle yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş güvenliği üzerindeki etkisi düşüktür.

Örnek tesisler: Taşıt imalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır; CROPUSA, Burgos, İspanya'da (parçalar için).

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005] [179, Fransa ve TWG, 2003 177] [180, Çek Cumhuriyeti, 2006] [181, ACEA, 2003]

20.7.3.5. Taşma

Tanım: Kaplanacak parçalar iletim sistemleri yoluyla kapalı bir kanala getirilir, daha sonra bu kanala enjeksiyon tüpleri yardımıyla boya malzemesi boşaltılır. Fazla gelen malzeme toplanılır ve yeniden kullanılır.

Çevresel faydalar: Kaplanan parçaya ve proses koşullarına bağlı olarak, % 95 - 99'a varan oranda verimlilik elde edilir.

Çapraz medya etkileri: Daldırma uygulamalarına kıyasla, buharlaşma kayıpları daha fazladır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Proses ısıtma elemanları, kamyon şasilerinin parçaları, tarım makineleri ve otomotiv endüstrisindeki kavite macunlama uygulamaları gibi yüzey alanı geniş olan büyük parçalar için daha uygundur.

Uygulama ağırlıkları 60 - 200 g/m^2 aralığındadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

20.7.3.6. Vakum kaplama

Tanım: Kaplanacak parçalar iletim sistemleri yoluyla içinde vakum oluşturulan kapalı bir bölüme getirilir. Boyanacak olan ürünler bu alandan yüksek hızla geçirilir. Boya dört farklı taraftan uygulanır.

Çevresel faydalar: Kaplanan parçaya ve proses koşullarına bağlı olarak, % 80-100'e varan oranda verimlilik elde edilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Vakum kaplama MDF panellerinin, masif ahşabın, ahşap kaplamanın, kağıt kompozitlerinden yapılmış profillerin, pencere çerçevelerinin, süpürgeliklerin, duvar ve tavan panellerinin boyanmasında kullanılabilir.

Vakum kaplama su bazlı boyaların yanı sıra, ahşap veya ahşap kompozitlere uygulanan UV kurutmalı boyalarla kullanılmaktadır. Vakum kaplama yalnızca vakuma dayanabilen ahşap malzemelere uygulanabilir.

Ekonomiklik: Gerçeğe dayalı bir senaryoya göre, kızılötesi kurutmalı su bazlı boyaların hava destekli olarak havasız spreylenmesinden vakum kaplamaya geçilmesi ve UV kurutmalı boyalarla kullanılması yıllık 262000 Avro tasarruf sağlamaktadır. Yapılan yatırımın geri dönüş süresi ise iki yıldan azdır (2003'te belirtilmiştir). Sonuç olarak VOC emisyonları (14 ton/yıl), atıklar (önceden 100 ton/yıl olan) önlenmiş ve UV kurutmalı boyanın malzeme verimliliği % 100 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004]

20.7.3.7. Kalıp içi boyama

Tanım: Yüzey kaplama işlemi bir kalıba uygulanır ve bu kalıbın içindeki ya da üzerindeki kaplama, kaplanacak olan malzemeye uygulanır.

Bu teknik kalıba dökülen ve kalıbın içinde kurutulan iki bileşenli PUR malzemelerinden yapılan direksiyon simitlerinde uygulanmaktadır. Direksiyonun üretimi ve boyanması aynı anda yapılmış olur. Direksiyon simidinin kaplanması için ısıtılan kalıba kalıp ayırıcı bir madde uygulanır ve kaplama malzemesi bu kalıp ayırıcı malzemenin üzerine spreylenir. Kısa bir buharlaşma süresinden sonra direksiyon simidi için hazırlanan PUR malzemesi kalıba dökülür ve kalıp kapatılır. PUR'un köpürme prosesi başlar ve aynı zamanda kaplama malzemesi de PUR'a tutunur.

Çevresel faydalar: Ortaya çıkan oversprey oranı ve dolayısıyla malzeme kaybı, malzeme girdisinin yaklaşık % 20'si kadardır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Su bazlı kalıp içi boyama sistemleri hala deneme aşamasında olduğundan bugüne kadar yalnızca solvent bazlı kaplama malzemeleri uygulanmıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik plastik reçine parçalarının yapımında (örn. gemi tekneleri ve direksiyon simitlerinin üretiminde) kullanılabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

20.7.3.8. Geleneksel yüksek ve alçak basınçlı spreyleme

Tanım: Boya malzemesinin atomizasyonu, basınçlı hava kullanılarak mekanik yolla geçekleştirilir. Geleneksel bir sprey tabancasında, boya malzemesi ve basınçlı hava boyanın atomize edildiği bir jete iletilir. Çıkan hava boya partiküllerini yüzeye püskürtür. Daha yüksek hava basıncıyla daha fazla boya spreylenir, ancak bu durumda oversprey kayıpları da artar. Hava basıncı çok düşük olduğunda da kötü yüzey kalitesi elde edilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Diğer uygulama tekniklerine kıyasla en fazla kaynak tüketimi bu teknikte ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu tekniğin kullanımı ile daha fazla VOC emisyonu açığa çıkar.

Operasyonel veri: Bu yöntem ile tüm yüzeyler kaplanabilir ve yüksek yüzey kalitesi elde edilebilir.

Uygulanabilirlik: Elde edilen verimlilik gözenekli parçalarda yaklaşık % 5 iken, yüzey alanı daha geniş olan parçalarda % 30 - 60'a kadar ulaşabilir. Spreylemenin elektrostatik destek olmadan manuel olarak yapıldığı otomotiv endüstrisindeki verimlilik ise % 18-35 aralığındadır.

Geleneksel spreyleme; taşıtların, mobilya ve makinelerin kaplamaları gibi her çeşit yüzeyde uygulanabilir. Uygulama ağırlığı 250 g/m^2 'ye ulaşabilir.

Otomotiv endüstrisinde istenilen optik kalitenin (metalik ve sim etkisi) yakalanabilmesi için, genellikle baz katın elektrostatik uygulama ile gerçekleştirilmesinden sonra, geleneksel hava sprey tabancalı işlem yapılması gereklidir.

Bu yöntem tarım ve inşaat ekipmanlarının, trenlerin, metal ambalajların (DWI kutularının iç kısımlarının), ahşap malzemelerin ve mobilyaların boya kaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Geleneksel sprey, son derece parlak bir görünüm sağladığı için, yatlarda kaliteli bir son kat uygulanabilmesi için en önemli seçeneklerden biridir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

20.7.3.9. Yüksek hacimli alçak basınçlı spreyleme (HVLP) (verimliliği yüksek sprey tabancaları)

Tanım: Boya malzemesinin atomizasyonu, basınçlı hava kullanılarak mekanik yolla gerçekleştirilir. Atomizasyon için, boya malzemesi ve basınçlı hava boyanın sprey

tabancasında atomize edildiği bir jete iletilir. Çıkan hava boya partiküllerini yüzeye püskürtür. Daha yüksek hava basıncıyla daha fazla boya spreylenir, ancak bu durumda dağılan hava akışı nedeniyle, oversprey kayıpları da artar. Hava basıncı çok düşük olduğunda kötü yüzey kalitesi elde edilir. Bölüm 20.7.3.8'de verilen geleneksel spreyleme tekniklerine kıyasla HVLP, daha az miktarda atomize olmuş küçük boya partikülünün ortaya çıkmasına yol açar. Bunun nedeni uygulanan hava basıncının daha düşük olmasıdır.

HVLP 1980'lerde, atomizasyon basıncının 0.7 bar ile sınırlandırılması yoluyla % 60 transfer verimliliği elde edilmesi fikrinden doğmuştur. Ancak bu basınç, istenilen kalitenin ya da uygulama hızının elde edilmesi için yeterli olmamıştır. İstenilen transfer verimliliğini, kaliteyi ve uygulama hızını yakalamak için yeni hava kapsülü tasarımları geliştirilmiştir. Ancak bu kapsüller de daha yüksek atomize hava basıncı altında çalışmaktadır. Bu yeni tabancalardaki atomizasyon basıncı, HVLP için gereken basınçtan daha yüksek olmakla birlikte, yine de geleneksel hava atomize sprey tabancalarında kullanılan basıncın yarısından daha azdır. Düşük basınçlı tabancalar her türlü boya konteynırından beslenebilir. Tabancaya tutturulan, basınç beslemeli tank ya da pompa bunlar arasında sayılabilir. Boya konteynırı tabancanın tepesine ya da altına yerleştirilebilir; üste yerleştirilen konteynır tamamıyla boşalana kadar kullanılabilir.

Çevresel faydalar: HVLP % 40 – 80 oranında malzeme kullanımını sağlamaktadır. Boya konteynırı sprey tabancasının üzerine yerleştirildiğinde, yüksek basınçlı basınçlı hava ile spreylemeye kıyasla % 20'ye varan oranda malzeme tasarrufu sağlanabilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Püskürtülen boya partikülleri daha büyük olduğu için, geleneksel spreylemeye kıyasla elde edilen optik görünüm farklı olur. Ancak modern düşük basınçlı tabancalar benzer iş yükü ile, yüksek basınçlı tabancalarla elde edilenle aynı kalitede kaplama sağlayabilmektedir. HVLP kullanımı ile yakalanan faaliyet hızı düşük olabilir ve kuru film kalınlığının kontrolü de azalır.

Uygulama ağırlığı 250 g/m^2'ye ulaşabilir.

Uygulanabilirlik: HVLP tüm yüzeylere uygulanabilir. HVLP, ahşap malzemelerin ve mobilyaların boya kaplamalarında, düşük viskoziteli ahşap boyalarla kullanılmakta ve ayrıca diğer boya sistemlerinde de gittikçe artan oranda uygulanmaktadır. Bu teknik genelde otomotiv endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmakta; ancak kamyonların, ticari araçların, tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında daha kısıtlı düzeyde uygulanmaktadır. Trenler manuel olarak boyandıkları için, son katlarda HVLP kullanılabilir. Ayrıca plastik parçaların boya kaplamalarında da kullanılabilir.

Bu teknik gemilerin boya kaplamalarında (HVLP bazı son kat uygulamalarında ve cilalamada kullanılabilir) ya da uçaklarda yaygın olarak uygulanmamaktadır

Ekonomiklik: HVLP sprey tabancaları yaklaşık 275 – 550 Avro arasındadır. Kompresörün ve basınçlı hava tüplerinin yüksek hava akışına adapte edilmesi için gereken maliyetler bu fiyata dahil değildir. Personelin yaklaşık bir ya da iki gün eğitilmesinin maliyeti de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan yatırımın geri dönüş süresi genellikle bir yıldan az olmaktadır. Bu süre, uygulanan boya miktarına ve elde edilen verimliliğe bağlı olarak değişmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.3.10. Sıcak spreyleme

Tanım: Boya malzemesinin atomizasyonu basınçlı hava kullanılarak ya da sıcak havasız spreyleme ile gerçekleştirilebilir. Boya malzemesi ve/veya basınçlı hava ısıtılır, böylece boya sisteminin viskozitesi düşürülür ve kullanılan tiner miktarı da azaltılabilir. Bu da VOC emisyonlarının azalmasını sağlar. Boya malzemesinin ısıtılması işlemi (60 – 70 ^{o}C'ye kadar) sprey tabancasının konteynırının içinde ya da basınçlı hava ve boya malzemesi için kullanılan ısıtılmış borular yoluyla gerçekleştirilir. Boya malzemeleriyle birlikte kullanılacak olan basınçlı havanın ısıtılması için akış ısıtıcılar kullanılmaktadır. Aksi taktirde boya, bu sıcaklıkta reaksiyon göstermeye başlayacaktır. Bu teknik su bazlı, solvent bazlı ya da solvent içermeyen 2 bileşenli epoksi sistemlerinde kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Kullanılan tiner miktarının azaltılması daha düşük oranda VOC emisyonunun açığa çıkmasını ya da hiç çıkmamasını sağlar. Geleneksel spreylemeye kıyasla, uygulanan tabaka sayısı azaltılabilir.

% 40 – 60'a varan oranda malzeme verimliliği elde edilebilir. Geleneksel spreylemeye kıyasla, % 10'a varan oranda verimlilik artışı sağlanabilir.

Çapraz medya etkileri: Isıtma için enerji kullanılır.

Operasyonel veri: Genellikle yüksek katı madde içerikli boyalarda kullanılmaktadır, fakat sıcak-vaks spreylemede de kullanılabilir. Bu teknik aşağıdaki koşullarda uygulanabilir:

- Spreylenen boya yüksek oranda solvent ya da su içerdiğinde 60 – 200 bar'da,
- Spreylenen boya koyu, yüksek katı madde içerikli olduğunda 200 - 400 bar'da,
- 2 bileşenli boyalarda online karıştırma işleminin uygulandığı durumlarda, (bkz. Bölüm 20.6.3.1).

Sıcaklığın arttırılmasıyla kenarlardan taşma olmaksızın, yüksek tabaka kalınlıkları elde edilebilir. Ancak bu kez de aşağıdaki kısıtlamalar ortaya çıkar:

- Pot (uygulama) ömrü çok kısadır.
- Ekipmanlar pahalıdır.
- Tamsayı olarak tek bir hacim karışım oranı gerekir.
- Yüksek katı maddeli/solvent içermeyen epoksi boyalar kullanılır.
- Operatörün eğitim alması gerekir, çünkü ekipmanın kullanımı zordur.

Uygulanabilirlik: Renk değişikliklerinden sonra yeniden ısıtma işlemi yapılması gerektiği için bu teknik, sık renk değişikliğinin gerekli olduğu prosesler için uygun değildir.

Sıcak spreyleme zaman zaman mobilyaların (mutfak dolaplarının) boya kaplamalarında kullanılmaktadır. Bu teknik gemilerin ve yatların boya kaplamalarında da kullanılabilir.

Ekonomiklik: Daha kalın tabakalar uygulandığı için, geleneksel boya kaplamalara ve bunlara ait uygulama yöntemlerine kıyasla, iş gücü için gereken maliyet azalmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

20.7.3.11. Havasız spreyleme

Tanım: Boya malzemesinin atomizasyonu hidrostatik basınç kullanılarak mekanik yolla gerçekleştirilmektedir. Boya malzemesi 80 – 250 bar malzeme basıncı ile, küçük (<2 mm) sert bir metal delikten itilir. Boya jeti daha sonra genleşme ve boya jetinin, jet deliğinin dışındaki durağan hava ile etkileşimi sonucunda harekete geçer. Havasız spreyleme tekniği tamamıyla otomatikleştirilebilir ya da manuel olarak uygulanabilir.

Çevresel faydalar: Havasız spreyleme tekniği ile elde edilen malzeme verimliliği gözenekli parçalarda yaklaşık % 5 iken, yüzey alanı daha geniş olan parçalarda % 40 – 75'e kadar ulaşabilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Yüksek basınçla sıkıştırılmış havayla spreyleme tekniği ile kıyaslandığında, benzer yüzey özelliklerinin elde edilmesi için, proses koşullarının ayarlanması gerekir. Yüksek basınçlı pompalardan ötürü boya değişikliklerinin hızlı bir şekilde yapılması mümkün değildir.

Havasız spreyleme sonucunda kaba bir profil ortaya çıkar. Bu profilin daha ince ve düzgün olması gereken kaplamalardan önce zımparalanması gerekir.

Uygulanabilirlik: Havasız spreyleme otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca mobilya endüstrisinde, uçak, gemi ya da ağır makineler gibi büyük nesnelerin endüstriyel amaçlı kaplamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Havasız spreyleme trenlerde zemin katın atılmasında kullanılabilir. Gemilerde hemen hemen tüm boya tabakaları çoğunlukla havasız spreyleme ile uygulanmaktadır. Bu teknik ucuz ve hızlı bir tekniktir. Ayrıca uzun yıllardan beri kullanıldığı için de yaygın olarak bilinmektedir. Bu teknikle kuru film kalınlığının kontrolü de rahatlıkla yapılabilmektedir. Hem 1 bileşenli hem de 2 bileşenli boyalarda kullanılabilir.

Ekonomiklik: Sprey tabancası, pompa ve gerekli diğer ekipmanlar dahil, bu teknik için yapılması gereken yatırımın maliyeti 3600 – 7800 Avro arasındadır. Operatörlerin eğitimi için de ek masraflar yapılması gerekir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004]

20.7.3.12. Hava destekli havasız spreyleme

Tanım: Bölüm 20.7.3.11'de verilen havasız tekniğin kullanımındaki koşulların aynısı geçerlidir.

Çevresel faydalar: Hava destekli havasız tekniğin malzeme verimliliği yaklaşık % 35 – 70 aralığındadır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Hava destekli havasız spreyleme genellikle havasız spreylemeden daha iyi performans göstermektedir. Operatörlere iyi bir eğitim verilmesiyle, özellikle de astar katlarda, geleneksel spreylemedeki ile aynı performans elde edilebilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik çoğunlukla büyük parçaların ve geniş yüzeylerin kaplanmasında kullanılmaktadır. Yatların son katlarının uygulanmasında, hava destekli havasız spreyleme tekniğinin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Ekonomiklik: Sprey tabancası, pompa ve gerekli diğer ekipmanlar dahil, bu teknik için yapılması gereken yatırımın maliyeti 2600 – 5200 Avro arasındadır (bkz. aşağıda yer alan Referans kaynakçası). Operatörlerin eğitimi için de ek masraflar yapılması gerekir.

Spesifik bir uygulamada, bu tekniğin uygulanmasının başlangıçtaki maliyeti 2900 Avro olmuştur. Öte yandan boya tüketiminde ayda 3100 Avro tutarında tasarruf edilmiştir. Bu durumda, yapılan yatırımın geri dönüşü bir aydan kısa bir sürede gerçekleşmiştir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Bkz, Ekonomiklik.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [128, TWG, 2005]

20.7.3.13. CO_2 atomizasyonu – unicarb* sistemi

Tanım: Bu proseste, organik bileşiklerin yerine yüksek viskoziteli boya malzemesine yedirilen CO_2 kullanılmaktadır. Boya/CO_2 karışımı 40 – 70 ^oC'de ve yaklaşık 100 bar basınç

***Çevirmenin notu:** Birlik Karbür Derneği'nin (Union Carbide Corporation) ticari markası.

altında işlenmektedir. Atomizasyon, havasız sprey uygulaması ile yapılmaktadır. CO_2'nin hızlı bir şekilde buharlaşmasından dolayı, bu uygulamada düzenli havasız spreylemeden farklı olarak, hareket hızları daha az olan boya partikülleri ile çan şeklindeki bir sprey levhası kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Çoğunlukla ABD'de bulunan çeşitli sektörlerden elde edilen ilk uygulama sonuçları, malzeme tüketiminin ve VOC emisyonlarının ciddi oranda düştüğünü göstermektedir.

Çapraz medya etkileri: Isıtma için enerji kullanılmaktadır. Her ne kadar önemli miktarda salınım olmasa da, açığa çıkan CO_2'nin küresel ısınmaya etkisi vardır.

Operasyonel veri: İlk uygulama sonuçlarına ait veriler, çoğunlukla ABD'de bulunan çeşitli sektörlerden elde edilmiştir.

Uygulanabilirlik: Birkaç sektörde uygulanabilmektedir. CO_2, kurutma maddesi ile reaksiyona girdiğinden, epoksi reçineleri ile CO_2 atomizasyonu gerçekleştirilememektedir.

Boya/CO_2 karışımı 40 - 70 ^oC'de işlemden geçirildiği için, alt tabakanın ısıya karşı dayanıklı olması gerekir. Bu sıcaklık zaman zaman ahşap için çok yüksek olmaktadır (lekelenme riski).

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.7.3.14. Elektrostatik atomize prosesler

Tanım: Bu proseste boya malzemesi elektrik alanı vasıtasıyla atomize edilmektedir. Boya malzemesi, atomizasyonu sağlayan elektrik alanı ile, kaplama yapılacak parçaya iletilir.
Üç farklı seçenek bulunmaktadır:

- Spreyleme boşluğu, girintili olmayan, düz parçalar için uygundur. Maksimum malzeme akış hızı 2 - 3 ml/dak.'dır. Renk değişikliği için gereken süre uzundur (yaklaşık 30 dakika). Boyanan parçaya ve işlem koşullarına bağlı olarak, verimlilik % 99'a kadar çıkmaktadır.
- Spreyleme çanı, küçük parçalar ve yalnızca küçük girintileri olan boru şeklindeki yapılar için uygundur. Spreyleme çanlarının boyutlarına göre, maksimum malzeme akış hızı 250 ml/dak.'ya ulaşabilir. Renk değişikliği birkaç dakika içerisinde elde edilebilir. Malzeme verimliliği de oldukça yüksektir (işlem koşullarına ve boyanan parçanın şekline göre % 95'e varabilir).
- Spreyleme diski, boru şeklindeki yapılar ve girintili küçük parçalar için uygundur. Diskin boyutuna göre maksimum malzeme akış hızı 800 ml/dak.'ya ulaşabilir. Renk değişikliği için gereken süre ve elde edilen verimlilik, spreyleme çanları ile kıyaslanabilir düzeydedir.

Çevresel faydalar: Boyanan parçaya ve işlem koşullarına bağlı olarak, verimlilik % 95'ten % 99'a kadar çıkmaktadır. Geleneksel spreyleme ile kıyanslandığında, daha az artık madde ortaya çıkar ve boya kabinleri daha az kirlenir, böylece daha az temizlik maddesi gerekir. Boyama süresi de kısalır.

Çapraz medya etkileri: Enerji tüketimi.

Operasyonel veri: Ahşap malzemelerle yapılan uygulamalarda, ahşabın nem içeriği en az % 10 oranında olmalıdır.

Uygulanabilirlik: Elektrik destekli sprey uygulamalarının gerçekleştirilmesi için, genellikle alt tabakanın iletken olması gerekir, bu nedenle mevcut kaplamalara yeniden kaplama yapılması mümkün değildir (örn. gemi onarımı ve bakımında). Bu durum, bu tekniklerin kullanılabileceği kaplama ve alt tabakalara da sınırlama getirmektedir. Yük transferi katkı maddesinin eklenmesi gerekebilir. Su bazlı malzemelere bu teknoloji ile işlem yapılamaz, bu nedenle elektrostatik atomizasyonlu prosesler sadece spesifik uygulamalarda kullanılabilir. Bu uygulamanın avantajı güvenilirliğinin ve veriminin yüksek olmasıdır. 'Faraday kafesi' etkisi boya partiküllerinin kavitelere ulaşmasını imkansız hale getirmektedir. Küçük deliklerin oluşması ve kötü bir görüntü ortaya çıkması gibi problemler de ortaya çıkabilir.

Otomatik elektrostatik sprey uygulaması otomobillerin, kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında, elektrostatik spreyleme zaman zaman sandalyelerde ve pencere çerçevelerinde kullanılmaktadır. Bu uygulama genellikle pnömatik, havasız ya da hava destekli diğer spreyleme teknikleri ile birlikte de kullanılmaktadır.

Bu teknik gemilerin ve trenlerin boya kaplamalarında kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Sprey tabancası, sekiz litrelik konteynır ve gerekli diğer ekipmanlar dahil, sıvı boyaların spreylenmesi için gereken elektrostatik sistemin maliyeti 5100 – 7800 Avro arasındadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

20.7.3.15. Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar

Tanım: Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar boya malzemesini mekanik olarak atomize eder. Bu nedenle, boya malzemesinin elektriksel özelliklerinin uygulama ile ilgisi yoktur. Elektrostatik atomizasyonla kıyaslandığında bu proses, boya malzemeleri ve malzeme akışı bakımından daha esnek bir yapı sergilemektedir.

1000 ml/dak.'ya varan malzeme akışı elde edilebilir. Renk değişikliği birkaç saniye içerisinde gerçekleştirilebilir.

Çevresel faydalar: Malzeme tüketiminin ve atıkların minimum seviyeye indirilmesi sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Elektrik yükü dışardan ya da içerden verilebilir; içerden şarj daha pahalıdır, fakat daha yüksek transfer verimliliği sağlar. Su bazlı boyalar kullanıldığında, boya uygulama çanından çıkmadan önce elektrostatik olarak yüklenmemelidir (dışardan şarj edilmelidir). Şayet özel lakerler (metalik boyalar) uygulanıyorsa, renkte ve yüzey kalitesinde değişiklikler görülebilir.

Boyanacak parçaya ve proses koşullarına bağlı olarak, % 95'e varan uygulama verimliliği elde edilebilir. Otomotiv endüstrisinde içerden şarj edilen elektrostatik sistemler kullanıldığında, % 70'e varan oranda verimlilik elde edilmektedir. Geleneksel spreyleme ile kıyanslandığında, daha az artık madde ortaya çıkar ve boya kabinleri daha az kirlenir, böylece daha az temizlik maddesi gerekir. Boyama süresi de kısalır.

Uygulanabilirlik: Su bazlı boyalarla işlem yapılabilir. Bu teknik otomatik uygulamalarla kullanılabildiği gibi manuel olarak da uygulanabilir.

Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tekniğin otomotiv parçalarında kullanımı ise gittikçe artmaktadır.

Elektrostatik destekli sprey uygulamaları, uçakların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektrostatik destekli sprey uygulamaları, kamyonların ve ticari araçların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik gemi ve trenlerin boyanmasında ise uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: İçerden şarj edilen proseslerin maliyeti, otomasyonun ölçeğine ve miktarına bağlı olarak genellikle 250000 - 1600000 Avro arasında değişmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Renault, Fransa.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.3.16. Elektrostatik destekli yüksek devirli diskler

Tanım: Elektrostatik destekli yüksek devirli diskler, Bölüm 20.7.3.15'te açıklanan yüksek devirli çanlar gibi, boya malzemesini mekanik olarak atomize eder.

Çevresel faydalar: Boyanacak parçaya ve proses koşullarına bağlı olarak, % 95'e varan uygulama verimliliği elde edilebilir. Geleneksel spreyleme ile kıyaslandığında, daha az oversprey oluşur ve boya kabinleri daha az kirlenir, böylece daha az temizlik maddesi gerekir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Genellikle profillerin ve bisiklet şasilerinin boyanmasında kullanılır. Bu proses su bazlı boyalar dahil, hemen hemen tüm boya malzemeleri için uygundur. Bu teknik otomatik ya da manuel uygulamalarda kullanılabilir.

1500 ml/dak.'ya varan malzeme akışı ve % 95'e varan malzeme verimliliği sayesinde, bu proses tüm endüstriyel boyama operasyonlarında kullanılabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Boyama süresi kısaltılabilir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

20.7.3.17. Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreyleme

Tanım: Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli spreylemede boya malzemesinin atomizasyonu, havasız teknik hariç, normal basınçlı havalı spreylemedekine benzerlik göstermektedir. Burada atomizasyon, malzemenin hidrostatik basınçla itilmesi yoluyla gerçekleştirilir. Ayrıca, boya partikülleri elektrik yüklüdür, ancak su bazlı boyaların uygulanması işleminde bu durum geçerli değildir. Uygulama koşullarına göre basınçlı havalı işlemlerde malzeme akışı 1000 ml/dak.'ya ulaşmaktadır. Havasız ya da hava destekli tekniklerde ise malzeme akışı 3000 ml/dak. kadar olabilir.

Toz boyaların elektrostatik destekli olarak spreylenmesine Bölüm 20.7.3.18'de değinilmiştir.

Çevresel faydalar: Malzeme verimliliği yaklaşık % 85 oranındadır. Mobilya ve ahşap yüzeylerin boyanmasında, % 50 - 70 düzeyinde verimlilik elde edilebilmektedir. Geleneksel spreyleme ile kıyanslandığında, daha az artık ortaya çıkar ve boya kabinleri daha az kirlenir, böylece daha az temizlik maddesi gerekir. Boyama süresi de kısalır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Renk değişikliği için gereken süre, kullanılan besleme ekipmanına (sadece bir pompa mı yoksa her renk için ayrı bir pompa mı kullanıldığına) göre değişiklik gösterir.

Girintili, karmaşık şekilli nesneler basınçlı havalı spreyleme ile boyanabilir.

Uygulanabilirlik: Tüm elektrostatik teknikler su bazlı ve geleneksel malzemeler için kullanılabilir. Bu teknikler tamamen otomatik olabilir ya da manuel olarak uygulanabilir. Ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında çoğunlukla havasız veya hava destekli havasız teknikler kullanılmaktadır. Bunun nedeni, malzeme tüketim miktarının ve üretim hacminin yüksek olmasıdır. Örnek olarak, mobilyaların otomatik olarak boyanmasını (girintili parçaların), pencere çerçevelerinin otomatik olarak boyanmasını ve büyük parçaların manuel olarak boyanmasını vermek mümkündür.

Otomotiv endüstrisinde bazı uygulamalarda yalnızca pnömatik teknikler, manuel olarak ya da robotlarla, kullanılmaktadır (örn. iç kısımların boyanmasında).

Uçakların boya kaplamalarında, elektrostatik destekli sprey uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Trenlerin boya kaplamalarında, zemin katların uygulanmasında havasız spreyleme sistemleri kullanılabilmektedir; ancak, trenlerin elektrostatik destekli spreyleme ile boyandıklarına dair bir bilgi mevcut değildir.

Plastik parçaların boya kaplamalarında, elektrostatik destekli sprey uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik çoğunlukla gemilerin boya kaplamalarında kullanılmamaktadır, çünkü açık havada çok fazla hava hareketi vardır ve bunun dışındaki iyi havalandırılmayan yerlerde ise patlama tehlikesi sözkonusudur. Yine de Hollanda'da bazı tersanelerde kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Bkz. yukarıda yer alan Uygulanabilirlik.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

20.7.3.18. Toz boya kaplamaların uygulanması – elektrostatik destekli spreyleme

Tanım: Toz boya partikülleri elektrostatik olarak yüklenir ve basınçlı hava kullanılarak boyanacak parçanın zeminine spreylenir.

Çevresel faydalar: % 80 -95 aralığında malzeme verimliliği elde edilebilir. Boya kabinleri ve uygulama aletleri vakumlama ya da basınçlı havayla üfleme yoluyla temizlenebilir. Bu şekilde, kaynaklardan tasarruf edilmiş ve solvent emisyonlarının önüne geçilmiş olur.

Çapraz medya etkileri: Basınçlı hava enerji kullanımını gerektirir.

Operasyonel veri: Elektrik iletkenliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Uygulanabilirlik: Genellikle uygulanmaktadır.

Az sayıda coil coating hattında kullanılmaktadır, ancak hız ve film kalınlığı bakımından ciddi kısıtlamalar bulunmaktadır, bkz. Bölüm 14.4.3.3. Mobilya ve ahşap malzemelerin boyanmasında toz boyamanın kullanıldığı durumlarda, yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.7.3.19. Toz boya kaplamaların uygulanması – toz sinterleme

Tanım: Toz boya kaplamaların sinterlenmesinde kaplama uygulanmadan önce, boyanacak parçalar toz boya kaplamanın erime sıcaklığının üzerinde ısı verilerek ısıtılır. Toz boya yüzeyle temas eder etmez, sinterleme ve kaynaşma meydana gelir. Bu prensibin uygulandığı başka teknikler de mevcuttur (örn. akışkan yataklı boya kaplama).

Çevresel faydalar: Kullanılan malzemenin verimliliği yüksektir.

Çapraz medya etkileri: Enerji tüketimi artar.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Genellikle uygulanmaktadır.

Bu tekniğin bir benzeri, coil coating uygulaması için geliştirilme aşamasındadır. Ancak bu teknikte, önceden ısıtılmış metal tabakaya 'sürülen' katı formüllü bir kaplama malzemesi kullanılmaktadır. Bu yeni teknik genellikle pek kullanılmamaktadır, bkz. Bölüm 14.4.3.3.

Boyanacak parçaların ısıtılması gerektiğinden, alt tabakalar ısıya dayanıklı olmalıdır. Bu sıcaklık ahşap malzemeler için çok yüksektir. Zira ahşap malzemelerde lekelenme ve/veya yanma riski ortaya çıkabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.7.4. Overspreyin üstesinden gelme teknikleri

20.7.4.1. Islak ayırma sprey kabinleri

Tanım: Boya malzemelerinin yüzeylere spreylendiği boya kabinlerindeki oversprey, su perdesi uygulaması ile yakalanabilir. Su-boya karışımı yakalanır ve boya kabininin altındaki bir rezervuarda arıtılır. Atık su arıtımı için, bkz. Bölüm 20.12. Şekil 20.2'de ıslak ayırma boya kabininde kullanılan atık su arıtma şeması gösterilmektedir.

Şekil 20.2: Islak ayırma boya kabininde kullanılan atık su arıtma şeması [63, Vito, 2003] Kluthe Benelux BV'ye göre.

Çevresel faydalar: TPM (toplam partikül malzemesi)'nin ortadan kaldırılması sağlanır. % 98 – 99'a varan oranda verimlilik elde edilir. Zaman zaman boya tekrar kullanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Genellikle tekrar kullanılabilen atık su ve bertaraf edilmesi gereken kirli çamur ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Atık su normalde flokülasyon (topaklanma) ve koagülasyon (pıhtılaşma) ile temizlenir. Su, kaskadlar ile hareket eder ya da hava ile devir daim edilir.

Uygulanabilirlik: Islak ayırma boya kabinleri su ve solvent bazlı boyalarda uygulanabilir. Yaygın olarak kullanıldığı yerler şöyledir:

- Ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanması
- Otomotiv endüstrisi
- Uçak parçalarının boya kaplamaları
- Trenlerin boya kaplamaları

- Kamyon ve ticari araçların boya kaplamaları.

Ekonomiklik: 2 – 5 m^3/saat atık su tutma kapasiteli ve yaklaşık 4 m^2 yüzey alanını kaplayan bir tesisin tahmini maliyeti 20000 Avro ya da Nm^3 başına 1 – 2 Avro'dur. Bu büyüklükte bir tesis, birkaç su perdesi olan geniş spreyleme alanları için uygundur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

20.7.4.2. Paint-in-paint (boyadan boya) boya kabinleri

Tanım: Boya spreyleme prosesindeki oversprey kısmen Teflondan yapılmış bir bölme ile tutulur. Bu bölmenin sıcaklığı yalnızca birkaç santigrat derecedir ve bu nedenle bölme üzerinde yoğunlaşan bir tabaka oluşur. Bölme üzerinde toplanan boya, yerçekiminden dolayı aşağıya doğru, rezervuara ya da kayış presine (belt press) akar. Toplanan bu boya tekrar kullanılır.

Çevresel faydalar: Genellikle overspreyin % 33 – 50'si tekrar kullanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Solvent bazlı boyalar kullanıldığında solvent tüketimi artar.

Operasyonel veri: Otomatik spreyleme alanının ya da hattının entegre bir parçası şeklinde farklı tasarımlar da bulunmaktadır. Renk değişikliğinden sonra bölmenin temizlenmesi yaklaşık beş dakika sürmektedir.

Uygulanabilirlik: Bu proses 1 bileşenli, solvent ya da su bazlı boyalarda uygulanabilir. Otomatik ya da manuel spreyleme aktivitelerinde uygulama yapmak mümkündür. Ancak çok fazla renk değişikliği gerektiren küçük seri işlemler için ve raf ömrü kısa olan boyalar için pek uygun değildir.

Bu proses zaman zaman ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında uygulanabilir, fakat bu uygulamalarda çok fazla renk değişikliği gerektiği için yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Yoğunlaştırma bölmesinin soğutulması için gereken enerji maliyeti yılda yaklaşık 1000 Avro'dur. Boyanın tekrar kullanılması ve daha az atık boyanın bertaraf edilmesi, hammadde tasarrufunu beraberinde getirmektedir.
Bu sistem yılda 15 ton ya da daha fazla boya kullanılan fabrikalar için ekonomik bir uygulamadır. Sistemin uygulanabilmesi için yapılan yatırımın geri dönüş süresine ilişkin veri toplanan altı vakadan alınan bilgilere göre, geri dönüş süresi 1.5 – 5 yıl arasındadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: İlk referansta yer verilen (bkz. aşağıda yer alan Referans kaynakçası) altı vaka incelemesi.

Referans kaynakçası:[63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

20.7.4.3. Su emülsiyon teknikleri

Tanım: Kabindeki su kullanımını ve boya çamuru atıklarını azaltmak için boya overspreyi emülsiyon teknikleri kullanılabilir. Boya overspreyi bir emülsiyon içerisinde yoğunlaştırılır ve üretim sahasının dışına çıkartılır. Boya malzemesi teorik olarak tekrar kullanılabilir durumdadır ancak pratikte kullanılmamaktadır.

Çevresel faydalar: Bu proses, kabindeki su kullanımını % 100'e varan oranda ve atık çamur üretimini ise >% 95'e varan oranda azaltır. % 99'a varan oranda partikül ayırma işlemi yapılmasını ve egzoz havasında kalan partikül miktarının <3 mg/m^3 olmasını sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu proses su bazlı ve 1 bileşenli, solvent bazlı boya kabinlerinde uygulanabilmekte ve otomotiv endüstrisindeki bazı üretim tesislerinde de kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Su tasarrufu (su emülsiyonu kabinde devir daim eder) ve temizlik işlemlerinin azaltılması sayesinde maliyet tasarrufları yapılabilir. Kurulum maliyeti genellikle 1 milyon Avro'dur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Temizlik işlemlerinin azaltılması sağlanır.

Örnek tesisler: Ford, Almanya.

Referans kaynakçası:[68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.7.4.4. Bakır levha (cold plate) boya kabinleri

Tanım: Overspreyin geri dönüştürülebilmesi için bakır levhalar kullanılır. Boya kabinindeki oversprey, soğutulmuş bir metal duvarda tutulur, biriktirme sistemine doğru akar ve uygulama prosesine geri döndürülür.

Çevresel faydalar: Genellikle overspreyin büyük bir çoğunluğu tekrar kullanılabilir. Malzeme tüketimi azalır.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik su bazlı lakerlerin ve boyaların geri dönüştürülmesinde kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Bu boya kabinlerinin fiyatları 25000 – 60000 Avro arasında olup, dışarı verilen hava akışı 5000 – 10000 m^3/saat'tir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Airtech, Danimarka.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

20.7.5. Atık suyun ve atıkların azaltılması ve atık su arıtımı için su arıtma teknikleri

Aşağıdaki bölümlerde açıklanan önlemlerin genel amacı suya giden malzeme kayıplarının ve emisyonlarının önlenmesi, su kullanımının düşük seviyeye indirilmesi ve bunun sonucunda atık su arıtma ihtiyacının azaltılmasıdır. Bunun için, aşama ve malzeme ayırmaya yönelik, bilinen birkaç ünite operasyonu uygulanmaktadır. Bu tekniklerin çoğu STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2005] ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır.

20.7.5.1. Çoklu (kaskad) durulama

Tanım: Yağ alma, fosfatlama ve elektro kaplamadan oluşan proses adımlarından sonra, ürüne tutunan fazla malzemenin temizlenmesi için durulama prosesi uygulanır. Su tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi için, birden fazla durulama tankında durulama kaskadı kullanılır. Bir tanktan diğerine yapılan su akışı, malzeme akışının zıttı yönündedir. Art arda yapılan su ekleme adımları sayesinde durulamanın etkinliği artar ve yüzeydeki kirletici maddelerin istenilen ölçüde temizlenmesi için gereken su miktarının azalması sağlanır. STM BREF'inde çoklu durulama ile ilgili daha fazla bilgi ve seçenek yer almaktadır.

İlk tanktan taşınan malzemeler tekrar proses banyosuna verilebilir. Bu işlem Bölüm 20.4'te açıklanan konsantrasyon teknikleri ile desteklenebilir. Bu konu ile ilgili daha fazla tekniğe STM BREF'inde yer verilmiştir.

Çevresel faydalar: Proses tankına geri gönderilen ürünler sayesinde tasarruf edilmiş olur. Temiz su tüketiminde ve atık su oluşumunda ciddi oranda azalma sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Atık sudaki kirli madde konsantrasyonunun artmasına yol açabilir.

Operasyonel veri: Boyama prosesindeki kalite problemlerinin ortadan kaldırılması gerekir.

Uygulanabilirlik: Kaskad durulama genellikle ön işlem proseslerinde uygulanmaktadır, örn. otomotiv endüstrisinde, coil coating tekniğinde (bkz. Bölüm 14.4.1.2), tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında.

Ekonomiklik: Temiz su maliyetlerinin ve atık su arıtma maliyetlerinin azalması sağlanır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kalite, maliyetlerde azalma ve bazı Üye Devletler'de hukuki gereksinimler.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004] [58, ECCA, 2004]

20.7.5.2. İyon değiştiricilerin kullanımı

Tanım: İyon değiştirici, fosfatlama ve dinlendirme aşamalarında banyo bakımı ve su tasarrufu yapılmasını sağlar, bkz. Şekil 20.3. Burada iyon değişimi, fosfat havuzundan ilk durulama banyosuna gelen metalik iyonların giderilmesi için kullanılabilir.

Şekil 20.3: İyon değiştiricili bir fosfatlama ünitesinin şeması [13, DFIU ve IFARE, 2002]

Çevresel faydalar: Durulama kaskadındaki su tüketiminin azalmasını sağlar. Atık miktarı azalır ve atıklar daha konsantre hale gelir.

Çapraz medya etkileri: Hammadde tüketimi ve iyon değiştiriciyi yeniden çalıştırmak için enerji gereksinimi ortaya çıkar. İyon değiştiricinin yeniden çalıştırılmasından dolayı atık meydana gelir.

Operasyonel veri: Uzmanlar tarafından yapılmazsa, bakterilerle kontaminasyon riskinden ötürü, operasyon güvenliğinin bozulması olasıdır. Ayrıca, teknik bakım için daha fazla çaba gösterilmesi gerekir. Bunun yanı sıra, partiküllerin mekanik olarak sürekli aşınması söz konusu olabilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik otomotiv endüstrisinde, tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Temiz sudan ve atık su arıtma işlemlerinden tasarruf edilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Durulama ve üretim proseslerinin kalitesi, maliyetlerde azalma ve bazı Üye Devletler'de hukuki gereksinimler.

Örnek tesisler: VW Wolfsburg, Almanya.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002, 76, TWG, 2004]

20.7.5.3. Membran filtrasyonu

Tanım: Su kullanılan ön işlemlerde çeşitli membran filtrasyon prosesleri uygulanmaktadır. Örneğin:

- Yağ alma banyosunun yağın giderilmesi ile rejenerasyonu işlemi ultrafiltrasyon ile yapılır.
- Elektro kaplama sırasında salınan nötralizasyon maddeleri, dahili anyon değiştirme membranlarına doğru yayılır ve anolit devir daiminin içindeki solüsyona geçer.
- Durulama suyuna taşınan ve daldırma banyolarına geri gönderilen, elektro kaplamadaki boya katı maddelerinin ayrılması için ultrafiltrasyon kullanılır, bkz. çoklu durulama, Bölüm 20.7.5.1.

Bu konuda daha ayrıntılı bilgi STM BREF'inde yer almaktadır.

Çevresel faydalar: Hammaddelerin tutulması sağlanır. Su tüketimi azaltılır. Atık su miktarı azaltılır ve atık sudaki kirletici maddeler daha konsantre bir hale getirilir.

Çapraz medya etkileri: Arıtılması gereken atık ve atık su ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik otomotiv endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Temiz su maliyeti ve atık su arıtma maliyeti azalır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Durulama ve üretim proseslerinin kalitesi, maliyetlerde azalma ve bazı Üye Devletler'de hukuki gereksinimler.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005]. [76, TWG, 2004]

20.7.5.4. Banyo çamurunun alınması

Tanım: Otomobil gövdelerine uygulanan spreyleme ve yağ alma işlemlerinden sonra temizleme banyosunda partiküller oluşur. Zamanla, temizleme banyosu tankının dibi çamurla kaplanır. Bu artıklar, temizleme banyosundaki sıvının geçici olarak yedek tanklara (karşı tanklara) pompalanmasının ardından manuel olarak temizlenir. Fosfatlama prosesinde ortaya çıkan demir fosfat çamurunun temizlenmesi için de periyodik olarak aynı işlem yapılır.

Bu teknik ve diğer bakım teknikleri STM BREF'inde açıklanmaktadır.

Çevresel faydalar: Ön işlem banyolarının operasyon ömrü uzatılarak malzemelerin korunması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Atık madde ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Çamur alma sıklığı, diğer banyo bakım operasyonları ile sıkı bir ilişki içerisindedir. Genellikle, yağ alma banyoları her 2 - 6 ayda bir, fosfat banyoları ise aylık ya da yıllık olarak temizlenir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik otomotiv endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Yeni solüsyonların hazırlanması işleminden tasarruf edilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Ön işlemin kalitesi arttırılır. Banyo ömrünün uzatılması sağlanır. Malzeme tüketimi azaltılır. Malzeme satın alma oranının ve atık su arıtma işleminin azaltılması ile maliyet tasarrufu sağlanır.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

20.7.5.5. Dekantasyon (durultma) sistemi

Islak ayırma boya kabinlerindeki dekantasyon sistemleri prosesteki suyun kullanım ömrünü uzatır. Bu teknik aşağıdakilerde yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Otomotiv endüstrisinde
- Kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında
- Trenlerin boya kaplamalarında.

[13, DFIU ve IFARE, 2002]

20.7.5.6. Boyadaki katı maddelerin ıslak temizleyicilerde pıhtılaştırılması

Tanım: Sprey boyamada, püskürtme fazlası (oversprey) oluşur. Oversprey, endüstriyel tesislerde ya da boya kabinlerinde ıslak yıkayıcılar tarafından yakalanır. Havadaki atıkların temizlenmesi için gerekli olan su, kapalı bir sistem içerisinde devir daim eder. Uygun operasyon koşullarının elde edilmesi ve sürdürülmesi için, yakalanan oversprey ya da boya çamurunun bu sudan temizlenmesi gerekir.

Solvent bazlı boyalardan elde edilen oversprey genellikle suda dağılmaz. Solvent bazlı oversprey suda yüzen pıhtılaşmış bir tabaka haline gelir ve temizlenmesi kolaydır. Bu pıhtıyı ayrıştırmak (detackify) için adsorbanlar kullanılırsa oversprey, temizleme suyunun içinde dağılır. Oversprey, aşma borularında (baypas) ya da ana akış yolunda temizlenebilir. Su, çökeltme ve/veya topaklaştırma maddeleri ile temizlenir.

Solvent bazlı boyaların aksine su bazlı boyalar çok miktarda, suda süspansiyon yaratacak malzeme içerir. Solvent bazlı boyalarda kullanılan aynı ayırma yöntemleri kullanılır.

Çevresel faydalar: Sistemde devir daim eden su tüketiminin azaltılması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Pıhtılaşan maddenin, su döngüsünden ayrılması ve bertaraf edilmesi gerekir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknikler otomotiv endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Temiz su maliyeti ve atık su arıtma maliyeti azalır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Boya partiküllerinin atık havadan temizlenmesi için ıslak ovalayıcıların kullanılması gerekir. Su döngüsünün ömrünü uzatabilmek için, sürekli pıhtılaştırma yapmak en iyi yöntemdir.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

20.8. Kuruma ve/veya kurutma

Kuruma (drying) en çok enerji tüketen proseslerden biridir. Kuruma aşağıdakiler için kullanılır:

- Boyaların kuruması
- Mürekkebin kuruması
- Yapışkanların kuruması
- Ön işlemden ya da kurutma alanlarından ayrılan suyun ya da diğer sıvıların kuruması
- Yapışkan maddelerin ya da gövde altı koruma malzemelerinin jelleştirilmesi ve katılaştırılması
- İşlem yapılan parçalara ön işlem uygulanması (ahşap malzemelere laker son kat uygulanırken soğuk yüzeylere ya da tutulan havaya karşı).

20.8.1. Buharlaştırma prosesleri

20.8.1.1. Geleneksel konveksiyonla kurutma

Tanım: Isının işlem yapılan parçaya iletilmesi için, ısıtılan havanın kurutucuda ya da fırında devir daim etmesi sağlanır. Hava, kurutulacak nesne ya da yüzey ile doğrudan temas halindedir. Kuruma süresi nesneye ya da alt tabakaya, uygulanan kaplamanın türüne, kaplama kalınlığına göre değişir ve birkaç dakikadan bir saate kadar çıkabilir.

Su bazlı boya kaplamaların kurutulması ya da ıslak üstü ıslak uygulama yapılan tabakaların ön kurutma işlemleri için nemi alınmış hava kullanılır. Bu hava ek bir dehidrasyon aşaması uygulanan konveksiyon kurutucularla elde edilir. Havadaki suyun alınması sayesinde, kuruma süresi önemli ölçüde azaltılır.

Kurutucular düz hatlı (flat-line) kurutucular, delikli (nozzle) kurutucular, tepsi (tray) sistemleri ve kule tipi (tower) kurutucular olarak tasarlanabilir. Enerji gereksinimi büyük ölçüde kurutucunun ısı kaybına bağlıdır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Kuruma süresi ve sıcaklığı yüzey kalitesini etkilemektedir. Islak tabakaya toz yapışması riski söz konusudur. Kuruma süreleri genellikle uzundur ve enerji gereksinimleri ise yüksektir. Bununla birlikte, yüksek düzeyde otomasyon kullanımı mümkündür ve bu kurutma tekniğinde esneklikten büyük ölçüde yararlanılabilir.

Isı iletimi yapan aletler kısa bir süreliğine duraklasa bile, konveksiyonla kurutmada istikrarlı bir ısıtma prosesi izlendiği için, aşırı ısıtma riski düşüktür.

Kurutma süresinin kısaltılması ve enerji tüketiminin azaltılması için, devir daim eden hava ile birlikte kızılötesi radyasyonlu kurutma (termal reaktör) kullanılabilir. Bu kombinasyon ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında uygulanabilir. Fakat bu uygulamanın 25 AB üyesi ülkede yaygın bir uygulama olmadığı bildirilmiştir.

Uygulanabilirlik: Kağıt ve plastik folyo tomarları gibi kurutucudan hızlı ve sürekli olarak geçen alt tabakalar ya da sürekli olarak ilerleyen içecek kutuları gibi küçük nesneler için kullanılan kurutucularda; kuruma süreleri saniyelerle, kurutucuların boyutları ise santimetre ile ifade edilmektedir. Burada en önemli husus sıcaklık değil, hava akışıdır. Havanın devir daimi sağlanarak enerji tasarrufu yapılabilir. Ancak yangın ya da patlamadan kaçınmak, nihai üründe koku oluşumunu önlemek için, devir daim uygulaması sınırlı oranda hayata geçirilebilir. Kurutucular alev, buhar, termal yağ ya da elektrikle ısıtılır.

Bu teknik, gerek solvent bazlı gerekse solvent içermeyen heatset boya kaplama ve baskı malzemelerinde uygulanabilir. Katman kalınlığı ya da pigmentasyon konusunda herhangi bir sınırlama yoktur. Boyanan ya da baskı yapılan alt tabakanın şekli önemli değildir, ancak ısıya dayanıklı olmalıdır.

Konveksiyon kurutucular su bazlı boya tabakalarının kurutulmasında, ön kurutma aşamasında ya da ıslak üstü ıslak tabakalı yapılarda kullanılabilir. Çoğunlukla plastik tamponların boyanmasında, coil coating proseslerinde, ahşap malzemelerin ve mobilyaların boyanmasında, yapışkan bantların imalatında ve otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır.

Konveksiyon kurutucular zımpara imalatında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Otomotiv endüstrisindeki kurutma maliyeti, boyama hattındaki toplam enerji maliyetinin % 15 – 20'sini oluşturmaktadır.

Ahşap malzeme ve mobilya boyama endüstrisinde elektrik yükünün 30 kW, dışarıya verilen havanın 1500 m^3/saat olduğu 10 dakikalık bir konveksiyon kurutmanın maliyeti 2000 yılında 60000 Avro idi. Sözü edilen maliyet elektrik kontrolünün ve iletim ünitesinin maliyetini kapsamamaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [12, UBA Almanya, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.8.1.2. Inert (reaksiyona girmeyen) gazla konveksiyon kurutma

Tanım: Inert gaz, ısı değiştiricilerden kaynaklanan gaz ya da buharla veya fuel oil ile ısıtılır. Normal hava yerine inert gaz uygulanması ile, >1200 g/m^3 nitrojen solvent yükü elde edilebilir.

Çevresel faydalar: Inert gaz normal havadan çok daha fazla solventi içine alabilir. Örneğin; inert gaz kurutma prosesinde 400 kg/saat değerinde solvent oranı elde edilmesi için 2000 m^3'lük bir gaz hacminin devir daim etmesi gerekir. Hava ile kurutmada ise LEL değerinin % 40'ının karşılanabilmesi için bu hacmin 10 kat daha fazlası gereklidir.

Enerjiden tasarruf edilir ve normal hava kullanımına kıyasla daha düşük kapasiteli atık gaz arıtma sistemleri tasarlanabilir. Alev alma ihtimali daha düşüktür.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Kurutma için inert gazın kullanıldığı durumlarda, solventlerin geri kaznılması için yoğunlaştırma tekniği kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.11.5).

Uygulanabilirlik: Yeni ve mevcut fabrikalara ve tesislere uygulanabilir. Ancak, mevcut tesislerde iyileştirme amaçlı kurulum zor olabilir.

Bu teknik çoğunlukla yapışkan bantların imalatında ön kurutma aşamasında uygulanmaktadır.

Bu teknik kurutucuların düzenli olarak açılmasını gerektiren uygulamalarda kullanılamaz. Kurutucunun açılması temizlik işlemi yapılmasını (örn. havanın yerine inert gaz verilmesini) gerektirir. Bu işlem maliyetlidir ve zaman alır. İşte bu nedenle tüm baskı tekniklerinde olduğu gibi (örn. esnek ambalajlama) yapılan işte günlük değişikliklerin söz konusu olduğu endüstrilerde uygulanmamaktadır.

Zımpara imalatında, coil coating uygulamasında, otomotiv endüstrisinde, ahşap malzemelerin ve mobilyaların boya kaplamalarında da uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [14, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.8.1.3. Endüksiyon kurutma

Tanım: Boyanan bobine yakın bir yere monte edilen elektromanyetik bobinler, metalin içerisinde saniyede yüzlerce derece ısı üretecek şekilde ayarlanabilen salınımlı akım oluşturur.

Çevresel faydalar: Elektrikli ısıtma kontrol edilmesi kolay ve verimli bir tekniktir. Lokal emisyon açığa çıkarmaz.

Çapraz medya etkileri: Gaz yerine elektrik kullanılması ve ardından elektrik üretim tesislerine gaz yerine emisyon gönderilmesi.

Operasyonel veri: Mevcut tesislerde atık gaz arıtma ünitelerinin yeniden tasarlanması gerekir, çünkü geleneksel kurutuculara kıyasla ısıtma süreleri çok daha kısadır.

Uygulanabilirlik: Bu teknoloji rutin olarak metalin sertleştirilmesi ve tavlanması için kullanılır, fakat hızlı boya kurutma işlemi için de uygundur. Kurutulacak alt tabaka ya da nesne elektriği iletiyorsa uygulanabilir. Mevcut gaz alevli fırınların yerine ya da bu fırınlara destek olarak kullanılabilir. Elektrik gereksiniminin yüksek olması uygulanmasını kısıtlayabilir.

Metal ambalaj baskısı söz konusu olduğunda, bu teknik tüm heatset kaplama ya da baskı malzemelerine ve ferromanyetik alt tabakalara uygulanabilir. Ancak kaplama formülasyonlarının farklı ısılara titizlikle ayarlanması gerekebilir. Çok hızlı ısıtma tekniği ile elde edilebilecek film kalınlığına ilişkin bazı kısıtlamalar olabilir.

Endüksiyon çoğunlukla otomotiv endüstrisinde yapısal bağların (yapışkanların) sertleştirilmesi gibi birtakım özel uygulamalarda kullanılmaktadır. Coil coating uygulamasında birkaç hatta kullanılır.

Alt tabakanın metal olmasını gerektirdiğinden baskıda, zımpara imalatında, yapışkan bant imalatında, ahşap malzemelerin ve mobilyaların kaplamalarında kullanılmaz. Tel sargı endüstrisinde de uygulanmaz.

Ekonomiklik: Sadece yeni tesislerde ya da fırının değiştirilmesinin gerekli olduğu durumlarda ekonomik olarak makul bir uygulamadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.8.1.4. Radyasyonlu kurutma (mikrodalga ve HF)

Tanım: Bu proseste ıslak boya tabakası elektromanyetik mikrodalgalarla ısıtılmaktadır. Uygulanabilecek teknikler mikrodalga kurutma ve yüksek frekanslı kurutmadır (HF). Bu elektromanyetik dalgaların etkisinden dolayı, dipoller salınım yapar ve böylelikle elektromanyetik enerji ısı enerjisine dönüştürülür. Bu şekilde, yüzeydeki su hızla buharlaşır ve buharlaşan suyun atılması gerekir.

HF kurutucularda; yüksek frekanslı jeneratör, iletim ünitesi, kolektör elektrotları ve buharlaşan suyun alınması için uygun flash-off odaları bulunmaktadır. Islak boya tabakasının

elektromanyetik mikrodalgalarla ısıtılması ise alternatif bir yoldur. Buharlaşma ve kuruma, boya tabakasının içinden dışına doğru olmaktadır. Isınma homojendir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Elektromanyetik dalga kurutucuları özellikle su bazlı boya kaplamalarda, mürekkeplerde ve metal olmayan alt tabakalarda kullanılabilir.

HF kurutucuları zımpara imalatında yaygın olarak kullanılmakta olup, yapışkan bantların imalatında ya da tel sargı endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Mikrodalga kurutma ahşap malzemelerin kaplamalarında, parçalar montajlanmadan önce ve küçük boyutlu parçalarda kullanılmaktadır. Büyük parçalar için enerji maliyetleri daha yüksek olan büyük mikrodalga fırınlar gerekir. Pratikte kullanımı yaygın değildir. Zımpara ve yapışkan bant imalatında kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Ahşap malzeme ve mobilyaların kaplamalarında uygulanan, 60 kW elektrik yüklü ve 1500 m^3/saat hava çıkışlı iki dakikalık bir mikrodalga kurutmanın maliyeti 2000 yılında 75000 Avro idi. Elektrik kontrol ve iletim üniteleri bu maliyete dahil edilmemiştir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.8.2. Radyasyonlu kurutma prosesleri

Tanım: Radyasyonlu kurutma, ultraviyole ışınlarına (UV) ya da yüksek enerjili elektron ışınlarına (EB) maruz kalınca birlikte reaksiyona giren reçinelere ve reaktif çözücülere (monomerler) dayalı bir kurutma tekniğidir. Reçineler genellikle akrilat ya da metakrilat işlevli polyesterler, poliüretanlar ya da epoksilerdir. Fakat diğer kimyasallar da kullanılabilmektedir. Formülasyonlar likit olup solvent içermemektedir. Kurutma çok hızlıdır; genellikle dış ortam koşullarında ya da sıcaklığın çok az arttırılmasıyla sadece birkaç saniyede gerçekleşmektedir.

Bölüm 20.8.2.1, 20.8.2.2, 20.8.2.3 ve 20.8.2.4'te çeşitli radyasyonlu kurutma teknikleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Çevresel faydalar: Kaplama sisteminde solvent kullanımının tamamen ortadan kaldırılması sağlanmıştır. Kurutma sırasında normalde önemli miktarda emisyon açığa çıkmaz ve kuruyan kaplamalarda uçucu bileşen kalmaz. Sıcaklığı yüksek olan fırınlara ve egzozun yakılmasına gerek kalmayacağından, minimum gaz tüketimi yeterli olur. Bu da enerji verimliliğini arttırır.

Çapraz medya etkileri: Formülasyonlarda reaktif organik monomerler kullanıldığından, düşük seviyede de olsa VOC emisyon potansiyeli bulunmaktadır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Radyasyon kurutmalı kaplamaların ahşap kaplama ve baskı endüstrisinde, düz parçaların ve levhaların boyanmasında kullanımı yerleşmiştir. Ancak henüz metallerin kaplamalarında aynı başarı yakalanamamıştır. Coil coating uygulaması kaplama sisteminin tutunma, esneklik ve dayanıklılık gibi özellikler taşımasını gerektirmektedir. Coil coating uygulaması yapan tesisler ve kaplama tedarikçileri bu gereksinimleri karşılamak için büyük gayret göstermektedir. Fakat şimdiye dek tam anlamıyla başarılı bir şekilde uygulanan radyasyon kurutmalı coil coating işlemine rastlanmamıştır, bkz. Bölüm 22.14.2.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Solventlerin giderilmesi ve enerji verimliliği sağlanır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.8.2.1. Kızılötesi radyasyonlu kurutma

Tanım: Kızılötesi radyasyonlu kurutmada, boyanacak parça kızılötesi radyasyonun absorpsiyonu ile ısıtılır. Kurutma prosesi içten yüzeye doğru ilerler. Kızılötesi radyasyonun yoğunluğu, dalga uzunluğu aralığına ve dolayısıyla radyatörün sıcaklığına bağlı olarak değişir. Işınların absorpsiyonu yüzeyin pürüzsüzlüğüne, rengine ya da açıklığına ve kimyasal yapısına göre değişiklik gösterir.

Çevresel faydalar: Devir daim eden havanın kullanıldığı kurutuculara kıyasla, enerji gereksinimi daha düşüktür.

Çapraz medya etkileri: Kurutuculardan çıkan radyan ısı nedeniyle solventler, tıpkı geleneksel ısıtma proseslerinde olduğu gibi buharlaşmaktadır.

Operasyonel veri: Bu teknik hızlı ısıtma sağlayan bir tekniktir (NIR* ortamında ya da uzun dalgada 1 – 5 saniyede, fakat IR**'de daha uzun sürer). Boyanın kurutulması sırasında alt tabakanın sıcaklığı düşük olduğu zaman, soğutma süreleri de kısa olur. Solvent yapısının radyasyon enerjisine göre ayarlanması gerekir.

Kenarlarda ve çukur kısımlarda gölge oluşma riski vardır.

Kullanılan dalga uzunluğuna göre farklı radyatörler bulunmaktadır. Kurutma ve yüzey kalite koşullarına göre akış düzlemi veya programı kontrol edilen tesisatlar kullanılmaktadır.

***Çevirmenin notu:** NIR (near infrared): Kızılötesine yakın
****Çevirmenin notu:** IR (infrared): Kızılötesi

Uygulanabilirlik: Çok kısa sürede kuruma elde edilmesinin gerektiği durumlar (örn. coil coating gibi alt tabakaların hızla hareket ettiği durumlar) hariç, katman kalınlığı ile ilgili herhangi bir sınırlama yoktur.

Kaplanan ya da baskı yapılan alt tabakanın şekli önemli değildir. Ancak bu tabakalar ısıya karşı dayanıklı olmalıdır. Bazı durumlarda sıcaklık ahşap malzemeler için çok yüksek olabilir. Bu durumda ahşapta lekelenme ya da yanma riski ortaya çıkabilir.

Kızılötesi kurutma az sayıda coil coating hattında kullanılmaktadır. Coil coating uygulamasındaki mevcut durumda, atık gaz arıtma ünitesinin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Çünkü kızılötesi kurutmada ısıtma süreleri, geleneksel kurutuculara kıyasla çok daha kısadır.

Bu teknik otomotiv endüstrisinde ıslak üstü ıslak tekniği ile uygulanan son katların ön kurutma işlemleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapışkan bant imalatında da gittikçe artan oranda kullanılmaktadır.

Zımparaların imalatında kullanılmamaktadır.

Mürekkeplerin geliştirilmesinden ötürü baskı endüstrisinde artık kullanılmamaktadır. Kızılötesi radyasyonlu kurutma tekniğinin kullanılmasının dezavantajı, bu tekniğin basılan kağıt yığınlarında ısı oluşumuna ve tıkanmaya neden olmasıdır (örn. basılan yazı ya da resim kağıdın arka yüzeyinde de çıkar).

Ekonomiklik: Yatırım maliyetleri nispeten düşüktür; ancak mevcut tesislerde iyileştirme yapmak amacıyla, varolan kurutma sistemlerinin yerine kurulmak istendiğinde maliyetli olabilir. Coil coating endüstrisinde bu teknik, sadece yeni tesislerde ya da fırının değiştirilmesinin gerekli olduğu durumlarda ekonomik olarak makul bir uygulamadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Opel Eisenbach GmbH, Almanya.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.8.2.2. Kızılötesine yakın radyasyonlu (NIR) kurutma

Tanım: NIR yayıcılar çok yüksek sıcaklıklarda çalışmakta ve kutup yoğunluğu çok yüksek, dalga uzunluğu çok kısa olan kızılötesi radyasyon dalgaları üretmektedir. Spesifik bir dalga uzunluğunun boya kaplama tarafından absorbe edilmesi ve kısa süreli aralar verilmesi alt tabakanın ısısını düşürebilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Yüksek miktarda elektrik enerjisi gerekir. NIR sağlam ve çok güçlü bir elektrik enerjisi kaynağı gerektirir.

Operasyonel veri: NIR tekniği ile ahşap malzemelerin boya kaplamalarında en kısa kurutma ve işlem döngüsü elde edilir.

Uygulanabilirlik: Kurutma süresi çok kısa olduğu için (1 – 5 saniye), bu teknik ahşap ve plastik gibi ısıya duyarlı malzemeler için çok uygundur. Toz boya kaplamalar ve ahşap yüzeylere uyugulanan su bazlı boyalar çoğunlukla NIR kurutma uygulanarak kurutulmaktadır.

NIR kurutma toz boya kaplamalarda ve ince kaplamaların hızlı kurumasını sağlamak için coil coating uygulamalarında kullanılmaya başlamıştır. Bu tekniğin genel proses hatlarında da uygulanması için, olumlu sonuç veren daha fazla denemenin yapılması gerekir.

Zımpara, yapışkan bant imalatında, tel sargı ve otomotiv endüstrilerinde uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Daha kısa süreli, kompakt fırın işlemleri ve hızlı, kontrol edilebilir enerji elde edilir.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.8.2.3. Ultraviyole (UV) kurutma

Tanım: Gazlardaki elektrik akımının boşaltılması UV kurutma için radyatör görevi görmektedir. Çoğunlukla cıva buhar lambaları bu amaçla kullanılmaktadır. Radyasyon, boya ya da mürekkep tabakasında kimyasal çapraz bağlar oluşturur. UV kurutma, foto başlatıcı kullanımını gerektirir.

Çevresel faydalar: Enerji tüketimi düşüktür. UV kurutmalı sistemlerde daha az solvent kullanılır ya da hiç solvent kullanılmaz.

Çapraz medya etkileri: Ozon emisyonları ortaya çıkar, ozon tamamıyla ayrılır ve katalizör içeren bir ozon ayırıcıya ya da termal oksitleyiciye gönderilir. Az miktarda cıva içeren ve uygun arıtma yöntemleriyle bertaraf edilebilen cıva buhar lambaları kullanılır.

Operasyonel veri: Ahşap ve plastik yüzyler sararabilir ve kırılganlaşabilir. Bu teknik küçük bir alanda uygulanabilir ve kurutma işlemi birkaç saniye içerisinde (yüksek hızda) gerçekleşir.

Uygulanabilirlik: Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Doymamış polyesterlere, poliakrilatlara, epoksi reçinelere, vs. uygulanabilir. Özellikle kalın tabakalı verniklere ve cilalara uygulanabilir. Pigmentli kaplamalarda, UV kurutma yalnızca ince tabakalı katmanlara uygulanabilir. Ayrıca UV kurutmalı mürekkepler de UV kurutma tekniği ile kurutulur.

Kaplanan tabakalar UV ışınlarına karşı dayanıklı ve tercihen düz ya da iki boyutlu olmalıdır. Toz boya ile kaplanmış, üç boyutlu, ahşap ya da plastik parçaların kurutulması daha karmaşık bir işlemdir, ancak yine de iyi performans gösteren kurutma sistemleri bulunmaktadır.

UV kurutma kağıt ve karton alt tabakalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca düz panellerin ayrı olarak boyanabileceği ve kaplamanın, parçanın montajından önce yapılabileceği mobilya boyalarının kurutulması için kullanılır. Yapışkan bantların üretiminde kullanımı da gittikçe artmaktadır.

Bu teknik coil coating uygulamasında değerlendirme aşamasındadır (bkz. Bölüm 22.14.2).

Zımpara imalatında ya da otomotiv endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Geleneksel kurutucularla kıyaslandığında, enerji maliyetleri % 70'e varan oranda azaltılmaktadır. Su bazlı boyalarda kullanılan geleneksel gaz yakıtlı fırınlara (vantilatörlü) kıyasla, enerji maliyetleri % 40–50 oranında azaltılmıştır. Baskı uygulamalarında enerji maliyetleri geleneksel kurutmada olduğu kadar yüksek olabilir. Flash kurutma sistemlerinin kullanımıyla enerji kullanımı % 50 oranında azlatılmaktadır. Çünkü bu sistemlerde lamba sadece işlem yapılacak olan alt tabaka, lambanın altına geldiği zaman yanar. Bu da, örneğin non web baskı yapılan durumlarda ekonomik fayda sağlamaktadır.

UV kurutma sistemleri ile normalden 3 – 4 kat daha hızlı baskı yapılabilir.

Yaygın olarak kullanılan ve genişliği 25 cm olan bir UV kurutma sisteminin maliyeti yaklaşık 6600 Avro'dur (sadece, başlı başına bir aktivite olup bu dokümanın kapsamına girmeyen, etiket basımında kullanılabilecek olan). Bu tekniğin maliyeti düşüş göstermektedir. Her biri 5.6 kW'lık 12 lambalı bir ünitenin operasyon maliyeti enerji bakımından 5 Avro/saat'tir (Flanders, 2003). Bununla birlikte, 25 cm'lik bir UV kurutma sistemi genellikle diğer baskı prosesleri için geçerli değildir.

Ahşap ve mobilya boyama endüstrisinde kullanılan, UV kurutma alanı olan kompakt (tek birimlik) bir UV boya uygulama tesisinin maliyeti 2000 yılında kabaca 40000 Avro idi.

Kurutma/kuruma süresinin daha kısa olması ve üretim hızının artması finansal anlamda yarar sağlamaktadır.

Bu tekniğin kullanılması için yapılan yatırımın geri dönüşü yaklaşık iki ya da üç yılda mümkün olmaktadır. UV kurutma sistemlerinin uygulanmasında daha az iş gücü kullanımı gerekmesinin de bu geri dönüş süresi üzerinde etkisi vardır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.8.2.4. Elektron ışını ile kurutma (EB)

Tanım: EB kurutma sıcak katot tüpünden elektron ışını yayılması ile başlatılır. Polimerizasyon ve dolayısıyla boyanın kuruması elektronların monomerler üzerinde yaptığı etki sonucunda gerçekleşir. Yüksek düzeyde otomasyon mümkündür. Elektronların hızı

arttırılır, böylece bu elektronların boya malzemesinin içinden geçmesi ve boyayı çok kısa sürede kurutması sağlanır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Radyasyon çalışanlar üzerinde risk oluşturmaktadır. Çalışanların kurşun levhalar ya da beton duvarlar ile elektron ışınlarından korunması sağlanmalıdır.

Operasyonel veri: Boyanan alt tabakanın gevrekleşmesi ve renginin bozulması riski vardır. Uygulanması için çok az bir yer yeterlidir.

Uygulanabilirlik: Doymamış polyesterlere, poliakrilatlara, poliüretanlara, epoksi reçinelere, vs. uygulanabilir. Katman kalınlığı ya da pigmentasyon konusunda herhangi bir sınırlama yoktur.

EB radyasyonunu geçiren alt tabakalarda (özellikle kağıt, ahşap ya da folyolarda), tabaka şeklinin nasıl olduğu önemli değildir. Metallerde ise EB sadece düz alt katmanlarda kullanılabilir. Yatırım maliyetleri yüksek olduğu için, bu teknik halihazırda yalnızca geniş yüzey uygulamalarında kullanılmaktadır.

EB kurutmanın yapışkan bantların üretiminde kullanımı gittikçe artmaktadır.

Coil coating endüstrisinde EB'nin yeni yeni uygulanmaya başlayan bir teknik olduğu söylenebilir.

Zımpara imalatında, coil coating uygulamalarında ve otomotiv endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Geleneksel kurutucular ile kıyaslandığında, EB kurutmanın yatırım maliyeti daha yüksektir. Bununla birlikte, EB kurutmanın enerji tüketimi çok daha düşük olabilmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.8.3. Termal reaktör (kombine konveksiyon/radyasyonlu kurutma)

Tanım: Termal reaktör konveksiyon ısının yanı sıra kızılötesi radyasyon da yayan bir radyatördür. Kızılötesi radyasyon doğal gaz ya da propan yakılması ile elde edilir.

Çevresel faydalar: Yalnızca devir daimli hava uygulaması yapan kurutuculara göre, daha az enerji gerektirmektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Boya sistemine ve üretim türüne göre, toplam kurutma süresi 6–10 dakika arasındadır.

Uygulanabilirlik: Solvent bazlı, solvent içermeyen tüm heatset kaplama ve baskı malzemelerinde ve toz boya kaplamalarda uygulanabilir. Termal reaktörler su bazlı boya sistemleri için de kullanılabilir.

Boyanan ya da baskı yapılan alt tabakanın şekli önemli değildir, ancak bu tabaka ısıya dayanıklı olmalıdır.

Her ne kadar aşağıda bazı maliyet bilgileri verilmiş olsa da, bu tekniğin ahşap malzemelerin boya kaplamalarında ticari olarak kullanıldığına dair bir bilgi yoktur. Sıcaklığın çok artması halinde ahşabın lekelenmesi ve yanması riski söz konusudur.

Zımpara ve yapışkan bant imalatında, coil coating ya da otomotiv endüstrilerinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Ahşap ve mobilya boyama endüstrisinde kullanılan, kurutma süresi altı dakika olan, elektrik yükü 10 kW ve dışarıya verdiği hava 2000 m^3/saat olan, doğal gazla ısıtılan bir termal reaktörün maliyeti 2000 yılında 95000 Avro idi. Elektrik kontrol ve iletim üniteleri bu maliyete dahil değildir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.9. Temizleme teknikleri

[148, TWG, 2006, 154, Tempany, 2006, 160, ESVOCCG, 2006]

20.9.1. Genel temizleme prensipleri

Tanım: Kullanılacak temizleme tekniklerinin seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir:

1. Temizlemenin türü:

- Proses ekipmanlarının temizlenmesi. Tüm aktivitelerde, proses ekipmanları temizlenir. Bu işlem iki şekilde yapılır:
  - Operasyonel ya da ara temizleme. Uygulama sisteminin düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekir, örn.
    - Renk değişimi ya da kalite gibi gerekçelerle. Örneğin; otomobillerin spreylenmesinde 5 - 10 araç arasında ya da renk değişimi yapılacağı zaman.
    - Boya kabinlerinin düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekir.
    - Baskı uygulamaları arasında.

- Bakım, periyodik ya da derinlemesine temizlik. Biriken kalıntıların ve çabucak temizlenmesi zor olan parçaların giderilmesi için, uygulama ekipmanlarının periyodik olarak, ayrıntılı bir biçimde temizlenmesi gerekir. Bu işlem genellikle montajlanmış parçaların sökülmesini gerektirir.

Kullanılan teknik, ekipmanın yerinde mi yoksa tamamen ya da kısmen sökülerek mi temizlendiğine bağlı olarak değişiklik gösterir.

- Alt tabaka ya da işlem yapılcak parçanın temizlenmesi. Boyama ve cilalama gibi bazı aktivitelerde, gres, kir, vs.'nin giderilmesi için, kaplamadan önce alt tabakanın ya da işlem yapılacak parçanın temizlenmesi gerekir. Ancak baskı gibi aktivitelerde buna gerek yoktur.

2. Kirlilik türü:

- Proses ekipmanları için:
  - Kalıcı olmayan kir. Kirlilik henüz tazedir, örn. Henüz kurumamıştır, hala orijinal malzemede bulunan solventin kalıntıları vardır ya da kaplama reaksiyonu henüz tamamlanmamıştır. Bu tür kirlerin temizlenmesi kolaydır, örn. fiziksel olarak elle (bkz. Bölüm 20.9.3), kaplamada kullanılan orijinal solventle ya da bu solventin bir benzeri ile, uçuculuk oranı düşük olan solventlerle (parçaların kurutulması gerekip gerekmediğine bağlı olarak, bkz. Bölüm 20.10.1.1 – 20.10.1.4), yıkama makineleri ile (bkz. Bölüm 20.9.10), vs.
  - Kalıcı kir. Bu tür kirler kurumuş solvent bazlı ürünlerden, UV ya da diğer radyasyon kurutmalı ürünlerden, su bazlı veya reaktif (2 bileşenli) ürünlerden, vs. kaynaklanabilir. Uçucu solventler kullanılarak elle yapılan temizlik etkili değildir. Parçalar aşağıdakilerin kullanımıyla temizlenebilir:

    - Yıkama makinesinde (gerektiğine tekrarlanarak), (bkz. 20.9.10)
    - Güçlü, uçuculuğu düşük olan solventlerle (bkz. 20.9.6)
    - Güçlü solventlerin kullanılmasından sonra yüksek basınçlı su ile ya da aşındırıcı eklenmesiyle (bkz. 20.9.12)
    - Ultrasonik temizleme ile (bkz. 20.9.13)
    - Kuru buz püskürtme ile (bkz. 20.9.14)

- Alt tabakalardaki ve işlem yapılacak parçalardaki kirlilik daha önceki proseslere bağlı olarak değişir ve depolanma sırasında oluşan korozyon, pres yağı; kesme, şekillendirme, eğeleme işlemleri sırasında oluşan kir ve artıklar, tutma sonucu oluşan parmak izleri, vs. gibi kirlerden oluşabilir. Bu kirlilik çeşitleri ve temizleme seçenekleri STM BREF'inde ele alınmıştır. Bu sektörde, parçalar genellikle bez kullanılarak elle temizlenmektedir (bkz. Bölüm 20.9.9). Büyük hacimli işlerde ise su bazlı deterjan sistemleri kullanılabilir (bkz. bölüm 20.9.8). Daha küçük parçalarda ise yıkama makinelerinde solventler kullanılabilir (bkz. 20.9.10). Ultrasonik teknik ya da kuru buz tekniği de kullanılabilecek teknikler arasındadır (bkz. Bölüm 20.9.13 ve 20.9.14).

3. Teknik ve/veya solvent seçimi. Kullanılan teknik ve/veya solvent aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- Proseste gerek duyulan temizliği sağlayabilmeli

- Temizlenen parçalara uygun olmalı (alt tabaka mı, işlem yapılacak parça mı yoksa ekipman parçası mı olduğuna göre)
- Prosese ve yüzey işlemine uygun olmalı. Örneğin, esnek ambalaj baskısı işleminde, yeni mürekkep eklenmeden önce sistemdeki tüm solvent kurumalıdır. Diğer aktivitelerde ise temizleme sistemleri prosese uygun olmalıdır ve kurutma yapılmasına gerek olmayabilir
- Solvent emisyonunu azaltmalıdır ve /veya troposferik ozon oluşumunu minimum seviyeye indirmelidir (bkz. Bölüm 20.10.2)
- Temizlik için ayrılan zamanı göz önünde bulundurmalıdır. Bazı durumlarda, temizlik için ayrılan süre sınırlıdır; bazı durumlarda ise daha fazla zaman gerektiren temizleme sistemleri kullanılabilir.

Bazı proseslerde, bakım aşamasında ekipmanların sökülmesi ve elle temizlenmesi şarttır.

Operasyonel temizlemede otomatik sistemler kullanılabilir.

Bu bölümde ele alınan tekniklerle Bölüm 20.10'da (İkame) ele alınan tekniklerin bazıları birbiriyle örtüşmektedir. Burada ele alınan faktörler Tablo 20.6'da özetlenmiştir. Tabloda her iki Bölüm'e ait teknikler de yer almaktadır. İstenilen temizliğin elde edilmesi için, tekniklerin birlikte kullanımı ya da tekrarı mümkündür.

Temizleme Teknikleri		**Proses Ekipmanları**		**Alt tabaka ya da boyanacak parça**
Bölüm	**Teknik**	**Kalıcı olmayan kirler**	**Kalıcı kirler**	
20.9.2	Temizliğin minimum seviyeye indirilmesi	Evet	Evet	Evet
20.9.3	Solvent içeren temizlikten ya da diğer temizlik işlemlerinden önce hazırlık yapılması	Evet		
20.9.4	Geleneksel solventli temizleme	Evet	Evet	
20.9.5	Buharlaşma hızı düşük solventlerle temizleme	Evet		
20.9.6	Güçlü solventlerle temizleme		Evet	
20.9.7	Ozon oluşturma potansiyeli (OFP) düşük olan solventlerle temizleme	Evet	Evet	Evet
20.9.8	Su bazlı temizleme	Evet	Evet	Evet
20.9.9	Elle temizleme	Evet		Evet
20.9.10	Solvent kullanılan yıkama makineleri ile temizleme	Evet	Evet	
20.9.11	Solvent geri kazanımı ile temizleme	Evet		
20.9.12	Yüksek basınçlı su spreyi ile temizleme		Evet	
20.9.13	Ultrasonik temizleme		Evet	Evet
20.9.14	Kuru buzla (CO_2) temizleme		Evet	Evet

Tablo 20.6: Temizleme tekniklerinin ve seçeneklerinin uygulanabilirlik örnekleri

Çevresel faydalar: Doğru temizleme sisteminin seçimi solvent emisyonlarını ve/veya troposferik ozon oluşumunu azaltabilir.

Çapraz medya etkileri: Geleneksel tekniklerden yeni tekniklere geçilmesi daha fazla enerji kullanılmasına, arıtılması gereken daha fazla atık su ortaya çıkmasına ya da daha fazla atık oluşumuna yol açabilir.

Operasyonel veri: Bkz. yukarıda yer alan Tanım kısmı ve Bölüm 20.9.2 – 20.9.12'de açıklanan teknikler. Belli endüstrilerde spesifik olarak kullanılan diğer teknikler ise, endüstrilere özgü bölümlerde açıklanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Bkz. yukarıda yer alan Tanım kısmı ve Bölüm 20.9.2 – 20.9.12, 20.10'da açıklanan teknikler. Temizleme tekniklerinin belli endüstrilerdeki ugulamaları da, endüstrilere özgü bölümlerde ele alınmaktadır.

Ekonomiklik: Üretim tesisine ve tekniğe özgüdür.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. Kalite ve müşteri gereksinimleri.

Örnek tesisler: Temizlik tüm tesislerde yapılmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999, 154, Tempany, 2006]

20.9.2. Temizliğin minimum seviyeye indirilmesi

Tanım: Aşağıdaki tekniklerin tamamı temizliğin minimum seviyeye indirilmesine katkıda bulunmaktadır:

- Temiz çalışma uygulamaları
- Kaçak ve dökülmelerin kontrol edilmesi (bkz. Bölüm 20.2.1)
  - Çalışma ve depo alanlarının düzenli olarak incelenmesi
  - Her ölçekte dökülmeye anında müdahale edilebilmesini sağlamak üzere hazırlanmış dökülme planları
  - Malzeme kaçaklarının durdurulması gibi ani bakım yöntemlerinin uygulanması
- Depoda korozyon oluşumunun ya da toprakla kirlenmenin önlenmesi ve metal parça gibi maddelerin uygun şekilde idaresi (STM BREF'inde su bazlı işlemlerle bağlantılı olarak ele alınmaktadır).

Çevresel faydalar: Temizlik maddesi, özellikle de solvent kullanımını minimum seviyeye indirir.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Tüm tesislerde uygulanır.

Ekonomiklik: Maliyeti düşüktür.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği: Hammadde ve temizlik maddelerine gereğinden fazla maruz kalınmasını önler, kayma riskini azaltır.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [63, Vito, 2003]

20.9.3. Solvent içeren temizlikten ya da diğer temizleme türlerinden önce hazırlık yapılması

Tanım: Ekipman üzerindeki kaplama malzemesinin, boyanın ya da mürekkebin çoğunun mümkün olduğu kadar konsantre haldeyken temizlenmesi, solvent ve/veya su ile temizlenmesi gereken malzeme miktarını azaltır. Bunun için Bölüm 20.6.3'te açıklanan hammadde tasarruf teknikleri kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Dışarıya atılmadan önce ön arıtmadan geçmesi gereken solvent, temizlik maddesi ve su kullanımını azaltır. Hammadde tasarrufu sağlar.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Aksama süresini arttırabilir. Personelin tehlikeli maddelerle temasını arttırabilir.

Uygulanabilirlik: İş sağlığı ve güvenliği bu tekniğin uygulanmasına sınırlama getirebilir.

Ekonomiklik: Maliyeti düşüktür, ancak zaman kaybına yol açabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

20.9.4. Geleneksel solvent içeren temizleme

Tanım: Solvent kullanımı ile yapılan temizlik oda sıcaklığında ya da ısıtma ile gerçekleştirilebilir.

Oda sıcaklığında yapılan temizlik manuel olarak (bez, fırça, sprey ya da 'musluk' ile), düşük toksisiteli solventlerle, açık banyolarda ya da kapalı sistemlerde yapılabilir.

Sıcak solventlerin kullanımı ile yapılan temizlik ise kapalı ya da yarı kapalı tankların kullanımını gerektirir (örn. bkz. Bölüm 20.9.7 ve 20.9.8). Yanma noktasının yeterince altında ya da inert atmosfer koşullarında çalışılarak alev alma riski gereğince kontrol edilmelidir.

Çevresel faydalar: Yoktur.

Çapraz medya etkileri: Solvent tüketimi söz konusudur. VOC emisyonları ve solvent/boya atıkları ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Temizleme proseslerinde kullanılan organik solventlerin açığa çıkardığı VOC emisyonları, boyahanelerden çıkan toplam VOC emisyonunun yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Temizleme proseslerinden kaynaklanan VOC emisyonlarının % 80'i,

tabancaların ve diğer uygulama ekipmanlarının temizlenmesinde kapalı sistemlerin kullanılmasıyla azaltılabilir. Bu sistemin maliyeti 150 – 3000 Avro arasındadır.

Zaman zaman solventlerin yerine su bazlı deterjanlar da kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.9.8).

Uygulanabilirlik: Temizleme prosesleri her boyahane için gereklidir.

Ekonomiklik: Bkz. yukarıda yer alan Operasyonel veri.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Kalite, müşteri gereksinimleri.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

20.9.5. Buharlaşma hızı düşük olan solventlerle yapılan temizleme

Ayrıntılı bilgi için bkz. düşük buharlaşma hızının yerine daha yüksek yanma noktasının kullanıldığı durumlara yer verilen Bölüm 20.10.1.1 – 20.10.1.4 (bu verilere kolaylıkla erişilemeyebilir).

20.9.6. Güçlü solventlerle yapılan temizleme

Ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 20.10.3. Buharlaşma hızı düşük olan güçlü solventler kalıcı kirlerin temizlenmesi için kullanılabilir.

20.9.7. Ozon oluşturma potansiyeli düşük olan solventlerle yapılan temizleme

Ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 20.10.2. Ozon oluşturma potansiyeli düşük olan solventlerin kullanılmasıyla, solvent emisyonlarının yol açtığı en önemli etki (troposferik ozon oluşturma) azaltılabilir. Bu teknik, normalde tek bir solventten ya da basit karışımlardan oluşan temizleme solventleri için kullanılabilmektedir. Fakat solvent buharlarının emisyon azaltma tesisine göderildiği durumlarda kullanılmamaktadır.

20.9.8. Su bazlı temizleme

Tanım: Parçalar ve alt montajlar, teknelerde deterjanlı sistemlere dayalı su bazlı temizleme ya da yağ alma teknikleri ile temizlenebilir. Bu sistemler aynı zamanda su bazlı işlem teknikleri için kullanılacak olan alt tabakaların veya boyanacak parçaların temizlenmesinde de kullanılabilir, örn. bkz. Bölüm 20.7.1.1. Temizlenecek alt tabakalara ve malzemelere bağlı olarak değişiklik gösteren, deterjanlarla birlikte alkali ve diğer maddelerin kullanımına dayalı çok çeşitli kimyasal sistem kullanılmaktadır. Bu sistemler ve bu sistemlerle ilgili olarak yapılması gerekenler STM BREF'inde ele alınmıştır.

Çevresel faydalar: Solvent emisyonu açığa çıkmaz.

Çapraz medya etkileri: Ek ısıtma gerekebilir. Temizlik işleminden sonra ortaya çıkan atık suyun arıtılması gerekebilir.

Operasyonel veri: Solvent bazlı tekniklerin kullanımına kıyasla, parçaların temizlenmesi daha uzun zaman alabilir.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Bkz. Bölüm 20.10, Uygulanmasını teşvik eden faktörler.

Örnek tesisler: Su bazlı yüzey işlemlerinden önce ön işlem olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005]

20.9.9. Elle temizleme

Tanım: Parçalar solvent ya da su bazlı deterjan sistemleri ile temizlenir. Kirin kalıcılık düzeyine bağlı olarak fırçalar, bezler, zımpara, el aletleri, vs. ile uygulan fiziksel ovalama, kazıma ya da kuvvetlice silme yoluyla yapılır. Solvent küçük bir kaptan (örn. çanak), musluk ya da spreyden (çeşme) ya da açık banyolardan bez ya da fırçayla alınarak uygulanır. Önceden solvent emdirilmiş bezler de kullanılabilir (örn. bkz. Bölüm 14.4.4.2, 16.2.1 ve 20.2.2.1).

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Geleneksel solventler için, bkz. Bölüm 20.9.3.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Her ne kadar iş sağlığı ve güvenliği, elle temizleme tekniğinin kullanımına sınırlama getirse de, bu tekniğinin bir dereceye kadar kullanılmasından kaçınılamaz.

Solvent emisyonları şöyle kontrol edilebilir:

- Kullanılan solvente sınırlama getirilerek (örn. Çanakta kullanılacak solvent miktarı ölçülerek ve sınırlandırılarak, önceden solvent emdirilmiş bezler kullanılarak, vs.)
- Uçucu solventlerin elle kullanılması ve geri kalan solventin derhal kapalı bir konteynıra boşaltılmasıyla. Çalışma alanında, temizlenecek nesnenin yakınında sıvı haldeki solvent üzeri açık olarak bırakılmamalıdır. İçerisinde solvent bulunan kapalı bir varilden oluşan ve gerektiğinde varilin üzerinde yer alan kısmen kapalı bir alanda, temizlenecek nesneye bir musluk ya da sprey yoluyla solvent ileten ekipmanlar bulunmaktadır. Bu ekipmanlarla, fazla gelen solvent (kaba filtrelerden geçerek) varile geri gönderilir. Solvent varilin içindeki solventin yüzeyinden pompalanır, bu sayede

içinde oluşabilecek kirler de dibe çöker. Solvent kullanılamaz duruma geldiğinde, geri dönüştürülebilir.

- Yanma noktası, kaynama noktası yüksek; ya da ozon oluşturma potansiyeli düşük olan düşük toksisiteli solventlerin kullanılmasıyla (bkz. Bölüm 20.10.2).

Ekonomiklik: Maliyeti düşüktür.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Otomatik yöntemlerle yeterli düzeyde temizliğin elde edilemediği ya da bu yöntemlerin temizlenecek parçalara zarar vereceği durumlarda kullanılır.

Örnek tesisler: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [160, ESVOCCG, 2006]

20.9.10. Solvent kullanılan yıkama makineleri

Tanım: Bu makineler kesikli olarak gruplanan parçalarla doldurulan kapalı makinelerdir. Parçalar kaplanacak parçalar da olabilir, bakım sırasında temizlenmesi gereken proses makinelerine ait parçalar da olabilir. Makinede hafifçe kaynayan ve parçaların üzerinde yoğunlaşan ve böylece temizlenecek parça üzerine daima temiz solvent temas etmesini sağlayan solvent bulunur. Bu solvent (i) daldırma, (ii) spreyleme ya da (iii) buhar yöntemleriyle parçaları temizler. Solventler kapalı kaplarda tutulur ve tekrar kullanım için toplanır. Solvent genellikle ısıtılır.

Çevresel faydalar: Solventlerin kapalı kaplarda tutulmadığı temizlik uygulamalarına kıyasla, solvent emisyonları önemli ölçüde azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Parçalar çıkarılmadan önce, makinenin parçaları barındıran teknesinin solvent buharından arındırılması gerekir. Havalandırma ile çıkan solvent buharı zaman zaman havaya salınır.

Solventin pompalanması için enerji kullanılır. Absorpsiyon silindirleri kullanılacaksa aktif karbon kullanımı gerekir ve karbonun da geri kazanılması ya da atık olarak ayrılması gerekir.

Operasyonel veri: Havalandırmadan gelen solvent emisyonları, solvent buharının tesiste bulunan bir atık gaz arıtma sistemine (örn. bkz. Bölüm 2.4.2.6.3) ya da aktif karbon bulunduran özel silindirlere yönlendirilmesi ile önemli ölçüde azaltılabilir.

Uygulanabilirlik: Bkz. yukarıda yer alan Tanım kısmı.

Zor kalıntıların ya da kalıcı kirlerin söz konusu olduğu durumlarda halojenize solventlerin kullanılması gerekebilir. Solventler tamamen kapalı sistemlerde kullanılabilir ve işlem sonunda buharlaşan solventler arıtılabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. SED'in bazı halojenize solventler için spesifik limit değerler (ELV) belirlediği unutulmamalıdır.

Örnek tesisler: Birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [160, ESVOCCG, 2006]

20.9.11. Solventlerin geri kazanımı ile yapılan temizleme

Tanım: Tabancaların/diğer uygulama ekipmanlarının ve renklerin birbirine karışmaması, farklı renkler arasında hatların temizlenmesi için arındırma solventi kullanılır. Temizleme solventi ise ekipman ve kabinlerin temizlenmesi için kullanılır. Arındırma solventi ve temizleme solventi toplanıp depolanabilir ve solvent besleme stoğu olarak tekrar kullanılabilir ya da bertaraf edilebilir. Bazı modern boyahanelerde, kullanılan temizleme maddelerinin geri kazanılması için tesisler bulunmaktadır.

Çevresel faydalar: Temizleme ve arındırma solventlerinin % 80 – 90'ı tekrar kullanılmak üzere geri kazanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: 2 bileşenli vernik malzemelerinin problem yarattığı, genellikle geri kazanım tankı besleme borularında tıkanıklığa yol açtığı bildirilmiştir.

Uygulanabilirlik: Bu sistem solvent bazlı boya uygulama proseslerinde ve solventlerin boya kabinlerini temizlemek için kullanıldığı tüm uygulamalarda kullanılabilir. Toplanan solvent proseste tekrar kullanılmak üzere arıtılabilir ya da alternatif olarak üretim tesisinden gönderilerek orijinal operatör ya da üçüncü bir tesis/kurum tarafından tekrar kullanılmak üzere işlenebilir.

Ekonomiklik: Otomotiv endüstrisinde tipik bir solvent geri kazanım sisteminin maliyeti 2004 yılında boya kabini başına 0.4 milyon Avro idi.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Solventlerin geri dönüştürülmesi ve VOC emisyonlarının azaltılması.

Örnek tesisler: Otomotiv endüstrisinde standart bir uygulamadır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

20.9.12. Yüksek basınçlı su spreyi ile yapılan temizleme

Tanım: Makine parçaları ve neşterler (baskıdaki) temizlenirken organik solvent kullanmak yerine, yüksek basınçlı su ve sodyum bikarbonat ya da buna benzer sistemler kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Solvent emisyonları azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Su tüketimi artar ve daha fazla atık su ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik esnek ambalajlamada kullanılan silindirlerin ve aniloks ruloların derinlemesine temizliğinde kullanılmaktadır. Yüksek basınçlı suya sodyum karbonat eklenmesi ile yapılır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999, 76, TWG, 2004]

20.9.13. Ultrasonik temizleme

Tanım: Utrasonik temizleyici sıvı madde (genellikle su bazlı detrerjanlar) aracılığıyla yüksek frekanslı titreşimler (örn. saniyede 20000 – 100000 çevrim) oluşturur. Bu titreşim sıvı maddede mikroskopik baloncuklar oluşturur ve sıvıya batırılan parçaların üzerine baskı yaparak temizleme işlemini gerçekleştirir.

Çevresel faydalar: Solvent bazlı temizleme maddesi kullanılmaz ve VOC emisyonları ortadan kaldırılır.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik esnek ambalaj basımında, silindirlerin ve aniloks ruloların derinlemesine temizliğinde kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [21, İskandinav Bakanlar Konseyi, 1998] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005]

20.9.14. Kuru buz (CO_2) ile yapılan temizleme

Tanım: Kurumuş boya ya da mürekkep kuru buz parçacıkları püskürtülerek temizlenebilir.

Çevresel faydalar: Solvent emisyonlarının oluşumu tamamıyla önlenir.

Çapraz medya etkileri: Püskürtme işlemi enerji gerektirir; gürültüye (tesis içinde) ve püskürtme uygulanan boya ya da mürekkepten dolayı toz çıkmasına yol açar.

Operasyonel veri: Diğer parçalara zarar vermemek amacıyla, makinenin temizlenecek parçalarının tamamıyla izole edilmesi için yapılan hazırlık çok fazla zaman alır.

Uygulanabilirlik: Genellikle temizlenecek parçaların sökülmesi gerektiğinden, günlük temizleme proseslerinden ziyade bakım dönemi temizliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Baskı proseslerinde bu teknik pres parçalarında kalan çok kalıcı kirleri gidermek için kullanılmaktadır. Normalde temizleme solventi olarak tolüen veya özel solvent karışımları kullanılan yayın gravürü ve heatset tesislerinde bu teknik, birkaç ayda bir yapılan periyodik yoğun temizlikte kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Maliyetler geleneksel temizleme tekniklerinin maliyetleri ile kıyaslanabilir niteliktedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Avrupa çapında yayın gravürü ve heatset tesislerinde kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005]

20.10. İkame: Daha az zararlı olan maddelerin kullanılması – genel prensipler

Tanım: Solventlerin kullanımı ile yapılan yüzey işlemlerinde çok çeşitli proseslerde çok çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. IPPC Direktifi'nin IV no'lu Ek'inin 2 no'lu maddesi zararlı maddelerin yerine daha az zararlı olan maddelerin kullanılmasını öngörmektedir.

Daha az zararlı olan maddelerin kullanımı (ikame) aşağıdaki üç yoldan biri ile gerçekleştirilebilir:

1. Zararlı bir maddenin doğrudan, daha az zararlı olan bir alternatif ile değiştirilmesi. Bu uygulama daha çok, basit sistemlerle sınırlı kalmaktadır. Örneğin, yanma noktası düşük olan temizleyicilerin yerine yanma noktası daha yüksek olan temizleyicilerin kullanılması (bkz. Bölüm 20.10.1).
2. Zararlı madde ve tekniklerin farklı proses kimyasalları ile ya da daha az zararlı madde kullanımını gerektiren teknikler ile değiştirilmesi. Aynı malzemelere bile uygulansalar, farklı kaplama prosesi kimyasalları farklı özellikte işlemler oluştururlar. Örnek için bkz. Tablo 20.7. Tabloda bu sektördeki zararlı maddeleri ikame etmek için izlenecek prensip rotası verilmiş olup, bilgiler ilgili aktivite ve endüstrülere ait bölümlere yöneliktir.
3. Tesisteki yüzey işlemlerinin ortadan kaldırılması ve üretimde ön kaplaması yapılmış malzemelerin kullanılması gibi (örn. Beyaz eşya ve inşaat panellerinin yapımında) yöntemlerin tercih edilmesi. Bu tür bir ikame, çevre dostu gibi görünebilir (örn. Yaşam döngüsü çalışmalarında) ve operatör tarafından VOC emisyonlarının

azaltılması dahil, birçok hedefin yakalanması için bir yol olarak görülebilir. Ancak, IPPC Direktifi hem tesis ile hem de uygulanan aktivitelerle ilgilenmektedir. O nedenle bu tür bir ikame (aslına bakılırsa prosesin tesis içinde kesintiye uğratılması) BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulacak bir teknik değildir ve bu referans dokümanında da daha ayrıntılı olarak ele alınmayacaktır.

Düşük solvent içeren boya kaplamalar	Yüksek katı maddeliler
	2 bileşenliler (kimyasal olarak birbiri ile reaksiyona giren)
	Su bazlı
	Toz bulamaç
Solvent içermeyen boya kaplamalar	Isı ile eriyenler
	Toz boya kaplama
	Toz polyester boya kaplama
	Radyasyonla kurutulabilen boya kaplama

Tablo 20.7: Solvent bazlı Yüzey İşlemleri (STS) sektöründe kullanılan solvent ikame örnekleri

İkame yalnızca alt tabakalar, ekipman ve tesisleri temizlemede kullanılan solventler için değil, aynı zamanda pigmentler, koruyucular, bağlayıcılar, yüzey aktif maddeleri, vs. gibi proseste kullanılan diğer maddeler için de geçerlidir.

Avrupa düzeyindeki ve/veya ulusal düzeydeki diğer mevzuat ve kılavuzlarda, endüstrilerde kullanılan bazı maddeler ele alınmıştır. Bu kapsamda imalatçılara sunulan risk kodları, sağlığa ve çevreye önemli ölçüde zarar verebilecek malzemelerin tanınması açısından iyi bir başlangıç niteliğindedir. Aşağıda bu sektörde kullanılan maddelerin yol açabileceği olası zararlı etkiler sıralanmaktadır:

- **Fizyolojik yan etkiler** (bkz. Bölüm 20.10.4)**:**
  - R45, R46, R49, R60 ve R61 no'lu risk kodlarında yer alan maddeler
  - R40 ve R68 no'lu risk kodlarında yer alan maddelerin, bu maddelere maruz kalma riskinin doğması halinde öncelikli olarak iş sağlığı ile ilgili nedenlerle, ikame edilmesi düşünülebilir
- **Fizikokimyasal etkiler:** Şu risk kodları çevresel etki önlemleri arasında sayılmamaktadır ([134, EC, 2003]'e tabi olunan durumlar hariç): Patlayıcı, oksitleyici, alev alma ihtimali aşırı derecede yüksek olan, alev alma ihtimali çok yüksek olan, alev alma ihtimali olan
- **Fotokimyasal oksidant oluşumu (ozon oluşturma potansiyeli, OFP):** bkz. Bölüm 1 ve Bölüm 20.10.2.
- **Stratosferik ozon azaltma potansiyeli (ODP)** (bkz. Bölüm 20.10.3)
- **Küresel ısınmaya katkı potansiyeli (GWP):** Bir maddenin küresel ısınmaya katkı potansiyeli, o maddenin 1 kilogramının atmosfere aniden verilmesi sonucu atmosferde tutulan ekstra ısının ölçülmesi ile elde edilir. Bu durumda 1 kg karbondioksitin atmosfere salınması ile aynı etki ortaya çıkar.
- **Ekotoksik etkiler:** Bu etkiler, değişiklik yapılmış şekliyle Pazarlama ve Kullanım Direktifi'nde [98, EC, 1976] belirtilen hammaddelerin etiketlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sektörde, R50/53 no'lu risk kodlarında tanımlandığı şekliyle sıvı toksisitesi en çok, zararlı maddenin su ile temasının söz konusu olduğu durumlarda (solvent bazlı sistemlerin yerine büyük ölçüde su bazlı sistemlerin kullanıldığı durumlarda) ortaya çıkmaktadır. Biyosid eklenmesi, malzemelerin kendiliğinden sıvı toksisitesine sahip olması ya da dökülme riskinin söz konusu olması gibi durumlar bu kapsamda ele alınmaktadır, bkz. Bölüm 20.3.3.

- **Koku:** VOC'lerin çoğu koku yayar. Belli koşullar altında VOC emisyonları lokal koku problemlerini arttırabilir (bkz. Bölüm 20.15). Bazı Üye Devletler'de kokunun azaltılması için kullanılan yöntemler bulunmasına rağmen, AB çapında bir koku önlemi bulunmamaktadır.
- **Malzeme hasarı:** VOC'lerin malzemelerde hasara yol açabilecek korozyon oluşturma, vb. özellikleri ile ilgili bilgiye ulaşılabilir. Ancak, VOC'ler yayılma etkisiyle çözündükleri için, boşaltım noktasına herhangi bir mesafeden bu tür bir hasarın ortaya çıkma olasılığı çok zayıftır. Her ne kadar POCP (bkz. Bölüm 20.10.3), belli malzemeler üzerinde ozon etkisi yapabilen ozon oluşturma riskine işaret etse de, sözü edilen nedenlerden ötürü bu tür VOC'ler tehlikeli sayılmamaktadır.

Çevresel faydalar: Zararlı maddelerin, örneğin solventlerin kullanımını ve bu kullanımdan kaynaklanan planlı (atık gazlarla) ya da plansız (kaçak emisyonlar, kaçaklar, kullanım kazaları, vs. ile) emisyon miktarını azaltır.

Ayrıca proseste ya da atık gaz arıtımında enerji tasarrufu yapılması, proseste ya da atık su arıtımında daha az hammadde kullanılması, daha az su kullanılması, daha az atık oluşumu ve daha az gürültü ya da tozun açığa çıkması, vs. gibi çevre performansını iyileştirici etkileri de bulunmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Sözü edilen etkiler, kullanılacak alternatif tekniklere bağlı olarak değişmektedir. Bazı tekniklerin enerji kullanımını, atık oluşumunu, su veya hammadde tüketimini arttırma gibi etkileri olabilir. Bazı alternatif malzemeler ise sağlık ve güvenlik risklerini arttırmakta, daha fazla fotokimyasal reaktivite (bkz. Bölüm 20.10.2) taşımakta ya da diğer çevresel riskleri arttırmaktadır. Sağlık ile ilgili risklerin artıp artmadığını değerlendirmek için uygulanabilecek basit bir yaklaşım da Buhar Risk Oranı'nın (Vapour Hazard Ratio, bkz. aşağıda yer alan Uygulanabilirlik kısmı) kullanılmasıdır. Daha fazla bilgi için ECM REF'ine bakılabilir.

Operasyonel veri: Bkz. Bölüm 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 11.4.7,12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4 ve 17.4.3.

Uygulanabilirlik: İkame ile ilgili kararlar, yapılacak uygulamaya göre alınmalıdır ve yapılan ikame ile istenilen nihai performans özellikleri (işlevsellik) yeterli düzeyde elde edilebilmelidir. İkame yapılmadan önce her zaman, yapılacak olan değişikliklerin müşteri ile tartışılması gerekir. İstenilen nihai performans özellikleri tam olarak bilinmeden değişiklik yapılmaması iyi bir uygulamadır. Bu özelliklerin karşılanamaması riski de söz konusu olduğu için, hem operatörün hem de müşterinin istenilen özellik ile ilgili kalite ve performans sonuçlarını izlemesi ve bu konuda bilgi alış verişi yapması önerilmektedir.

Tek bir maddenin kullanıldığı proseslerde ikame mümkün olmayabilir. Örneğin, sadece tolüen kullanılan yayın gravür baskısında tolüenin yerine daha az zararlı başka bir maddenin kullanılması şu anda mümkün değildir.

Bu sektörde kullanılan kimyasalların çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, çevreye zarar verme potansiyeli olan tüm kimyasalların uygun bir şekilde ikamesinin mümkün olmayabileceği söylenebilir. Bazı prosesler uygun ikamenin bulunmadığı zararlı maddelerin kullanımına dayalı olabilir ya da bu proseslerin çapraz medya etkileri (bkz. yukarıda) faydalarından daha ağır basabilir.

Kullanılabilecek alternatif maddelerin kıyaslanmasına yardımcı olmak için, oranlar geliştirilebilir. Örneğin, fizyolojik etkiler için Buhar Risk Oranı (VHR), ürünün buharlaşma olasılığı ile OEL'sini (Mesleki Maruz Kalma Limiti) şöyle karşılaştırmaktadır:

$$VHR = \frac{\text{Denge buhar konsantrasyonu (20 }^{o}\text{C'de)}}{OEL}$$

Sonuç olarak:

- OEL değeri benzer olan ürünler için, uçuculuk oranı en az olan ürün seçilmelidir,
- Uçuculuk oranı benzer olan ürünler için, OEL değeri daha yüksek olan ürün seçilmelidir.

Verilerin yorumlanmasının zor olduğu durumlarda, hesaplamalar yapılabilir.

Toksisite, ekotoksisite gibi diğer faktörler, risk kodu daha düşük olan bir maddenin kullanılması gibi basit yöntemlerle değerlendirilebilir. Alternatif olarak diğer ölçümler (ozon oluşturma reaktivitesi gibi, bkz. Bölüm 20.10.2) kullanılabilir. OFP gibi bazı durumlarda da VHR'ye benzer bir oran geliştirilebilir.

Ekonomiklik: İkamelerin kullanımı daha maliyet etkin sonuçlar doğurabilir, fakat bu durum uygulamadan uygulamaya değişebilir, o nedenle yapılacak uygulamaya göre belirlenmelidir. Yapılan ikameler tesisin birden fazla hukuki gereksinime uygun hale gelmesini sağlayabilir (bkz. aşağıda yer alan Uygulanmasını teşvik eden faktörler). Şu hususlar sayesinde tasarruf yapılabilir:

- Daha az enerji, su ve hammadde kullanımı
- Daha az atık gaz oluşumu ve arıtımı
- İş yerinde iş sağlığı ve güvenliğine uygunluğun artması
- Prosesin kalitesinin ve güvenilirliğinin artması.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Daha az zararlı olan maddelerin kullanılmasını teşvik eden en önemli faktör çalışanların iş sağlığı ve güvenliğidir. (Not: Yapılan ikamelerin mevcut tüm verilere göre gerçekten daha az zararlı madde ya da tekniklerden oluşmasını temin etmek için, bu ikamelerin iş sağlığına yönelik olmasına özen gösterilmelidir).

Bu uygulamayı teşvik eder nitelikte olan, çevre ile ilgili diğer mevzuatlar arasında Solvent Emisyonları Direktifi'ni ve suya salınan maddeler için PARCOM tavsiyesini saymak mümkündür. Bazı durumlarda elde edilen solvent azaltma oranı solvent kullanımının, IPPC ya da diğer düzenlemelerde öngörülen seviyelerin altına düşmesini sağlayabilir.

Örnek tesisler: Bkz. Bölüm 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 11.4.4.2,12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4 ve 17.4.3.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005] [89, Envirowise, 2003, 97, EIPPCB, 2005, 123, EC, 1999, 128, TWG, 2005, 168, ESIG, 2005]

20.10.1. Temizlik maddelerinin daha az tehlikeli olanlarla değiştirilmesi (ikame)

[128, TWG, 2005]

Bkz. Bölüm 20.9. Solventlerin buharlaşma hızları, temizleme aktivitesi sırasında ve daha sonra kirlenen bezlerin depolanması aşamasında buharlaşacak olan solvent miktarını belirler (standart bir test kullanılır: DIN 53170). Geleneksel solventlerin buharlaşma hızları (örneğin baskıda kullanılan tolüen ve etil asetat), yanma noktaları orta ve yüksek düzeyde olan solventlerin buharlaşma hızlarından daha yüksektir. Bu nedenle yanma noktaları orta ve yüksek düzeyde olan solventlerin kullanımıyla, temizlik sırasında ortaya çıkabilecek buharlaşma azaltılabilir. Buharlaşma hızı ile ilgili veriler solvent kullanıcıda mevcut değilse, tedarikçiden elde edilebilir. Şayet bu tür bir bilgiye ulaşılamıyorsa solventin yanma noktası, o solventin buharlaşma hızı ile ilgili bir gösterge olarak kullanılabilir. Solventlerin ambalajlarında en düşük yanma noktalarının gösterilmesi gerekir.

Yanma noktaları orta ve yüksek düzeyde olan temizlik maddelerinin kullanımının iş sağlığı ve güvenliği yönünden de avantajları vardır, çünkü bu maddelerin kullanımı ile, çalışanların buharlaşan solventlere maruz kalma oranı azaltılmaktadır. Bununla birlikte, zaman zaman mesleki maruz kalma limitlerinin (OEL) çok düşük olmasından ötürü (etil asetat için 150 ppm iken 1 ya da 2 ppm görülmesi gibi) sözü edilen avantajlar yalnızca, alternatif temizlik maddeleri aşağıdaki özellikleri taşıdığında elde edilebilmektedir:

- Mesleki maruz kalma limitinin önceki solventin limitinin çok altında olmadığı,
- Solvent değişikliğinin ısınmaya yol açmadığı,
- Solventin yüksek basınçlı hava ile zorla kurutulmadığı durumlarda.

Kaplama genellikle orijinal solventin içerisinde kolaylıkla çözündüğü ya da asılı kaldığı için, zorlu temizleme işlemlerinde temizleme işleminin geleneksel, yanma noktası düşük temizlik maddelerinin kullanımıyla desteklenmesi gerekebilir. Depoda geleneksel, yanma noktası düşük temizlik maddelerinden bir miktar (toplam temizlik maddesinin yaklaşık % 5'i kadar) bulundurulması gerekir. Örneğin, HBS'nin (kaynama noktası yüksek olan solventler) ya da uçuculuk oranı düşük olan diğer solventlerin tüm baskı fabrikalarında kullanılması mümkün olmayabilir. Uçucu solvent bazlı mürekkepler kuruduklarında, orijinalde kendi içlerinde bulunan solventin içerisinde kolaylıkla çözünürler. Bu durumda orijinal solventten başka solventlerin kullanımı genellikle verimli sonuç vermemektedir. Sonucun verimli olmamasının bir nedeni de HBS kullanımına geçildiğinde, mevcut tesis içi damıtma ve tekrar kullanım makinelerinin artık kullanılamayacak olmasıdır. HBS'ler için tesis içi filtreleme sistemleri geliştirilmektedir. Uçucu temizlik maddelerinin kullanılmasının gerekeceği durumlara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir (bkz. Bölüm 20.9):

- Nemlendirme rulolarının temizlenmesi
- Bakım
- UV kurutmalı mürekkeplerin temizlenmesi
- Zorlu renk değişiklikleri.

Yerlerin temizlenmesi için uçuculuk oranı düşük/yanma noktası yüksek alternatif solventlerin kullanıldığı durumlarda, bu solventler (tanımları gereği) kolayca buharlaşmaz ve bu nedenle yerlerin kaygan olmasına yol açar. Bu yüzden yerlerin, bazen az miktarda uçucu solventle kurulanması gerekir[148, TWG, 2006].

20.10.1.1. Yanma noktası >40 ^{o}C olan temizlik maddeleri

Tanım: Geleneksel solventlerin buharlaşma hızları, yanma noktası >40 ^{o}C olan solventlerin buharlaşma hızlarından çok daha yüksektir. Bu nedenle temizlik esnasındaki buharlaşma, yanma noktası orta seviyede olan solventlerin kullanımı ile azaltılabilir. Bu solventlerın kullanımı, uçucu temizlik maddelerinden daha az uçucu temizlik maddelerine geçişte bir ara aşama olarak yararlı olabilir.

Çevresel faydalar: Yanma noktası yüksek olan solventlere kıyasla, havaya salınan VOC emisyon oranının % 40'a varan düzeyde azaltılmasını sağladığı bildirilmiştir (bkz. Bölüm 20.10.1.2). Toprakta kirlilik yaratma riski de daha azdır. Daha az solvent buharlaştığı için, solvent tüketimi de azalır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Yanma noktası orta seviyede olan solventler temizlikte geleneksel solventler kadar etkili ve verimli olmayabilir ve temizlik işlemi daha fazla zaman alır.

Uygulanabilirlik: Tüm endüstrilerde kullanılmamaktadır, bkz aşağıda yer alan Bölüm 20.10.1.2).

Ekonomiklik: Baskı işlemlerinde, temizlik daha fazla zaman alır ve pres zamanı çok pahalıdır. Bu nedenle şayet gerçek baskı zamanından kayıp söz konusuysa uçuculuğu düşük olan solventlerin kullanımı, tercih edilmeyecek kadar pahalı olmaktadır. Örneğin, heatset baskıda solventin daha yavaş buharlaşmasından dolayı üretim zamanında ortaya çıkacak kaybın maliyeti saatte 1000 Avro'yu aşabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [35, Animal ve diğerleri, 2002] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Avusturya, 2003]

20.10.1.2. Yanma noktası >55 ^{o}C olan temizlik maddeleri

Tanım: Geleneksel solventlerin buharlaşma hızları, yanma noktası >55 ^{o}C olan solventlerin buharlaşma hızlarından yaklaşık 100 kat daha yüksektir. Bu nedenle temizlik esnasındaki buharlaşma, yanma noktası yüksek seviyede olan solventlerin kullanımı ile büyük ölçüde azalabilir.

Çevresel faydalar: Havaya salınan VOC emisyonlarındaki azalma başlangıçtaki duruma göre değişir: Yanma noktası <21 ^{o}C olan solventlerden bu solventlerin kullanımına geçiş ile VOC emisyonları % 90 oranında azaltılabilir; yanma noktası 21 - 55 ^{o}C olan solventlerden bu solventlerin kullanımına geçiş ile VOC emisyonları % 50 oranında azaltılabilir. Diğer bir avantaj da toprakta kirlilik yaratma riskinin daha az olmasıdır. Daha az solvent buharlaştığı için, solvent tüketimi de azalır.

Çapraz medya etkileri: Ara solventlerle yapılan temizlikten sonra temizlik maddelerinin uçması daha fazla zaman aldığından kağıt kayıpları artabilir ve bu da kağıt tomarının bölünmesine yol açabilir.

Operasyonel veri: Yanma noktası yüksek seviyede olan solventler temizlikte geleneksel solventler kadar etkili ve verimli olmayabilir, ancak deneyimler sonucunda elde edilen sonuçlar gittikçe kabul edilebilir hale gelmektedir. Yanma noktası yüksek seviyede olan solventlerle yapılan temizlik daha fazla zaman almaktadır, ancak eğitim ve deneyimle bu zaman kaybı kabul edilebilir bir düzeye getirilebilir.

Almanya'da iş sağlığı ve güvenliği örgütü ile heatset ofset baskı endüstrisi arasında bir anlaşma yapılmıştır, bu anlaşma uyarınca bu endüstride faaliyet gösteren tesisler yalnızca yanma noktası >55 ^{o}C olan ve aromatik içeriği % 1'in altında olan solventleri kullanmaktadır. Her ne kadar bu solventlerin kullanılmasındaki en önemli etken iş sağlığı olsa da, uçuculuğu/ozon oluşturma potansiyeli yüksek olan solventlerin kullanımı büyük ölçüde, bu solventlerin yerine geleneksel 'beyaz ispirto' türü solventlerin kullanılması nedeniyle azaltılmıştır.

Uygulanabilirlik: Bu solventler hem manuel hem de otomatik temizlikte kullanılmaktadır. Çoğunlukla, uygun kuruma hızına ulaşabilmek için VCA karışımlarının ve yüksek yanma noktasının (55 – 100 ^{o}C) kullanıldığı heatset baskıda uygulanmaktadır.
Esnek ambalajlarda, çok kalıcı kirlerin temizlenmesi için çoğunlukla, az miktarda yanma noktası yüksek solvent kullanılmaktadır. Ancak temizlik makinelerinin günlük temizliği için, genellikle yanma noktası yüksek olan bu temizleyiciler kullanılmamaktadır. Bu konuda bazı deneyler yapılmaktadır, fakat bu deneylerin hiçbirisi başarıyla sonuçlanmamıştır.

Ekonomiklik: Baskı işlemlerinde, temizlik daha fazla zaman alır ve pres zamanı çok pahalıdır. Bu nedenle şayet gerçek baskı zamanından kayıp söz konusuysa uçuculuğu düşük olan solventlerin kullanımı, tercih edilmeyecek kadar pahalı olmaktadır. Örneğin, heatset baskıda solventin daha yavaş buharlaşmasından dolayı üretim zamanında ortaya çıkacak kaybın maliyeti saatte 1000 Avro'yu aşabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [29, Hollanda, 1996] [76, TWG, 2004] [168, ESIG, 2005]

20.10.1.3. Yanma noktası >100 ^{o}C olan temizleme maddeleri

Tanım: Yanma noktası >100 ^{o}C olan temizleme maddeleri kaynama noktası yüksek solventler (HBS) olarak da adlandırılmaktadır. Bu solventler yanma noktası >55 ^{o}C olan solventlerden bile daha düşük (neredeyse sıfır) buharlaşma yapar.

Çevresel faydalar: En önemli avantajı kullanılan solventlerin ve kirlenmiş bezlerin depolanması sırasında, yanma noktası daha düşük olan solventlerin kullanıldığı durumlara kıyasla daha az buharlaşma olmasıdır. Toprağın solvent içeriği açısından zengin hava ile

kirlenmesi riski de azalır. Diğer bir avantaj ise, çalışanların zararlı maddeye maruz kalma riskinin minimum düzeye indirilmesidir.

Çapraz medya etkileri: Daha az solventin buharlaşması, geride arıtılacak ya da bertaraf edilecek daha fazla atık solventin kalması anlamına gelir. HBS ile yapılacak olan temizlikten sonra su ile yapılacak yeni bir temizlik işlemi gereklidir. Bu durumda su tüketimi ve akışkan atık miktarı da artar, çünkü HBS zaten normalde su ile inceltilir. Su/HBS karışımları filtrasyon uygulaması ile arıtılabilir. Bu işlemden sonra HBS tekrar kullanılabilir, geride kalan su ise kanalizasyon sistemine boşaltılabilir.

Operasyonel veri: Heatset ofset baskıda HBS uygulaması, geleneksel solventlere kıyasla farklı bir çalışma yöntemi gerektirir. Bu nedenle HBS uygulamasının sonuçları değişkendir, fakat genellikle olumludur. Sözü edilen durum preslerin elle temizlendiği hallerde geçerlidir.

Otomatik temizleme sistemlerinin kullanıldığı durumlarda HBS'nin kullanılabilmesi için, imalatçının buna itirazının olmaması gerekir. Bu ürünlerin kullanılması ile bazı otomatik sistemler hasar görebilir. HBS'nin özellikle 1996 yılından daha önceki dönemlerden kalma otomatik sistemlerde kullanılabilmesi için, bu makinelerin doz ayarı ve sprey sistemlerinde adaptasyonlara gidilmesi gerekebilir.

Uygulanabilirlik:

- Heatset ofset baskı tesislerinde uygulanabilir.
- HBS hem manuel hem de otomatik temizlemede kullanılabilir.

Ekonomiklik: Bu teknik genellikle kendi kendini finanse eder, ancak aşağıdaki koşullar da göz önünde bulundurulmalıdır:

- Eski fabrikalardaki otomatik temizlik sistemleri hariç, çünkü bu tür tesislerde HBS'nin uygulanabilmesi için yapılması gereken iyileştirme maliyetleri yüksek olabilir.
- Modern otomatik temizleme ünitelerinde, şayet hala uçuculuğu yüksek olan solventler kullanılıyorsa, bu solventler her bir temizlik döngüsü için sadece birkaç ml. düzeyinde kullanılır.
- Avro/kg açığa çıkmayan madde şeklinde ifade edildiğinde, her bir temizlik döngüsü başına üretim zamanında küçük de olsa bir kaybın ortaya çıkması bile, bu tekniğin çok pahalı bir tekniğe dönüşmesine yol açmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [21, İskandinav Bakanlar Konseyi, 1998] [29, Hollanda, 1996] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Avusturya, 2003] [128, TWG, 2005]

20.10.1.4. Bitkisel temizleme maddeleri (VCA'lar)

Tanım: Bitkisel temizleme maddeleri (VCA'lar) yanma noktası >100 olan temizleme maddeleri grubuna girmektedir (bkz. Bölüm 20.10.1.3). İlk ortaya çıkan VCA'lar biraz fazla kıvamlı ve kullanılması zor olan rafine bitkisel yağlardı. Şu anki VCA'lar ise doygunluk

dereceleri (iyodin numaraları) ve yağ asidi içerikleri (asit numaraları) değişiklik gösteren farklı yağ asitlerinin mono esterleridir. Özellikle VCA'lar ile kullanılmak üzere geliştirilmiş otomatik temizleme sistemleri de bulunmaktadır.

Çevresel faydalar: Bu VCA'lar yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir ve bu nedenle sera etkisi yaratan gazların emisyonunu arttırmaz. Elde edilen diğer bir avantaj ise kullanılan solventlerin ve kirlenmiş bezlerin depolanması sırasında, yanma noktası daha düşük olan solventlerin kullanıldığı durumlara kıyasla daha az buharlaşma olmasıdır. Toprağın kirlenmesi riski de azalır. Diğer bir avantaj ise, çalışanların zararlı maddeye maruz kalma riskinin minimum düzeye indirilmesidir.

Çapraz medya etkileri: VCA'lar ile yapılacak olan temizlikten sonra su ile yapılacak yeni bir temizlik işlemi gereklidir. Bu durumda ortaya çıkan atık su miktarı da artar. Su/VCA karışımları filtrasyon uygulaması ile arıtılabilir. Bu işlemden sonra VCA tekrar kullanılabilir, geride kalan su ise kanalizasyon sistemine boşaltılabilir. Bazı VCA'ların insanlar üzerinde toksikolojik etkisi olabilir.

Bazı VCA'ların % 15'e varan oranda solvent ya da toksik madde içerdiği bildirilmiştir (fakat bu bilgiler daha sonra ayrıntılı bir şekilde izah edilmemiştir). Bu tür VCA'ların artı bir çevresel değer ya da iş sağlığı ve güvenliğine yönelik ek bir koruma sağlamayabileceği açıkça görülmektedir. Bu bölümde ele alınan VCA'ların kullanımı solvent ya da toksik madde içermeyen VCA'lara dayanmaktadır.

Operasyonel veri: VCA'ların uygulanması, geleneksel solventlere kıyasla farklı bir çalışma yöntemi gerektirir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar değişkendir, fakat genellikle olumludur. Sözü edilen durum preslerin elle temizlendiği hallerde geçerlidir. Fakat, eğitim ve deneyimin olumlu etkisi olduğu görülmektedir.

Baskı endüstrisinde, ofset baskı tesislerinde otomatik temizleme sistemlerinin kullanıldığı durumlarda VCA'ların kullanılabilmesi için, imalatçının buna itirazının olmaması gerekir. Bu ürünlerin kullanılması ile bazı otomatik sistemler hasar görebilir. VCA'ların özellikle 1996 yılından daha önceki dönemlerden kalma otomatik sistemlerde kullanılabilmesi için, bu makinelerin doz ayarı ve sprey sistemlerinde adaptasyonlara gidilmesi gerekebilir. Zaman zaman macunların yenilenmesi gerekebilir.

Uygulanabilirlik: VCA'lar sheetfed (kağıt beslemeli) ofset tesislerinde kullanılabilir. Coldset ve heatset web ofset proseslerinde VCA'lar, yanlızca presin nihai temizliğinin yapılmasında kullanılmaktadır. Çünkü baskı sırasında durulama suyu, kağıt tomarını kolaylıkla bölebilir. Danimarka'da yapılan bir araştırma sheetfed ofset yazıcıların yaklaşık % 65'ininde düzenli olarak VCA'ların kullanıldığını, uçucu solventlerin ise sadece kurumuş mürekkebin çıkarılması için kullanıldığını göstermiştir. Bu tesislerdeki VCA tüketimi, kullanılan solventlerin yaklaşık % 2'sini oluşturmaktadır. Diğer araştırmalar, örneğin Hollanda'da yapılan bir araştırma ise bu temizlik maddelerinin heatset baskıya uygulanamayacağını, sheetfed baskıda ise her zaman uygulanamayacağını göstermiştir. Bu araştırma ayrıca heatset baskıda HBS ve VCA uygulamaları arasındaki emisyon farkının, ekstra maliyet ya da zaman kaybına değecek düzeyde olmadığını ortaya koymaktadır.

VCA'ların kullanımı, toksikolojik etkisi ve diğer çapraz medya etkileri bilinen VCA'ların kullanılmayacağı şekilde sınırlandırılmalıdır.

Ekonomiklik: Genellikle VCA'lar geleneksel temizlik maddelerinden dört kat daha pahalıdır. Ancak, kesintisiz, dümdüz bir yüzeyi temizlemek için gereken VCA hacmi, aynı işlem için gereken geleneksel temizlik maddesinin hacminin 1/2'si kadardır. Bu teknik, genellikle kendi kendini finanse eder, ancak aşağıdaki koşullar da göz önünde bulundurulmalıdır:

- VCA'ların uygulanabilmesi için yapılması gereken iyileştirme maliyetlerinin yüksek olabileceği eski fabrikalardaki otomatik temizlik sistemleri.
- Modern otomatik temizleme ünitelerinde, şayet hala uçuculuğu yüksek olan solventler kullanılıyorsa, bu solventler her bir temizlik döngüsü için sadece birkaç ml. düzeyinde kullanılır.
- Avro/kg açığa çıkmayan madde şeklinde ifade edildiğinde, her bir temizlik döngüsü başına üretim zamanında küçük de olsa bir kaybın ortaya çıkması bile, bu tekniğin çok pahalı bir tekniğe dönüşmesine yol açmaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [21, İskandinav Bakanlar Konseyi, 1998] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004]

20.10.1.5. Uçucu olmayan güçlü solventler

Tanım: n-metil-2-pirolidon (kaynama noktası 202 ^{o}C, yanma noktası 95 ^{o}C) ve etanolamin (kaynama noktası 170 ^{o}C, yanma noktası 85 ^{o}C, buhar basıncı 0.2 mm Hg) gibi güçlü solventler kuvvetli solvent işlemlerinin gerekli olduğu durumlarda, genellikle temizlikte kullanılabilmektedir. Bu solvenler halojenize solventlerin yerini alabilir (bkz. Bölüm 20.10.3).

Çevresel faydalar: Havaya salınan emisyonlar ve tehlikeli atık oluşumu azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Uçuculuk oranı düşük olan güçlü solventler, oda sıcaklığında kullanıldığında emisyon açığa çıkarmaz ve bu durumda sınırlı düzeyde iş sağlığı ve güvenliği ekipmanı gerekir. Ancak bu solventler, verimlilikleri arttırılmak amacıyla daha yüksek sıcaklıklarda kullanılırlarsa, sözü edilen bu avantajlar ortadan kalkar. 2006 yılının sonunda n-metil-2-pirolidon incelenmiş olup CMR (karsinojen, mutajen, yeniden üretim için toksik) olarak sınıflandırılma ihtimali vardır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Uygulanabilirliği spesifik kullanımlara göre değişiklik göstermektedir (bkz. Bölüm 20.9). Baskı endüstrisinde (mevzuatlar ve AB çapında endüstri anlaşmalarıyla), fren balatası imalatında, bu solventlerin ikamesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir ve ikame tüm endüstri sektörlerinde de yaygın olarak uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Geleneksel solventlerden daha pahalıdır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Bkz. yukarıda yer alan Uygulanabilirlik kısmı.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [12, UBA Almanya, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [148, TWG, 2006]

20.10.1.6. Su bazlı temizleme

Bkz. Bölüm 20.9.8.

20.10.2. Ozon oluşturma potansiyeli (OFP) düşük olan solventlerin kullanılması

Tanım: Farklı VOC'ler havaya salındığında farklı reaksiyon gösterirler: Buna ozon oluşturma reaktivitesi ya da potansiyeli denir. VOC reaktivitesi bir bileşiğin statik bir işlevi olmayıp, dış ortam koşullarına göre değişmektedir. Sıcaklık, ortamdaki güneş ışığı miktarı, NO_x konsantrasyonu ve havadaki diğer VOC bileşikleri belirli bir bileşiğin ozon oluşturma potansiyelini etkileyebilir. Meteoroloji de önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle VOC'lere reaktivite değeri vermek karmaşık bir iştir.

Farklı VOC'lerin reaktivitelerini karşılaştırmak için kullanılan en yaygın ölçekler şöyledir:

- Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (POCP) (ECM REF'inde ele alınmıştır).
- Maksimum arttırıcı reaktivite (MIR), Kaliforniya, ABD'deki bir yönetmelik için hazırlanmıştır.

Birleşik Krallık'ta ise alternatif bir ölçek olan IDOP – maksimum entegre rüzgar yönlü ozon üretimi – geliştirilmiştir. IDOP saatte açığa çıkan ton cinsinden VOC emisyon oranı başına düşen ppb ozon şeklinde ifade edilmektedir. Tek tek maddeler için yaklaşık 100 IDOP değeri hesaplanmıştır ve IDOP'un rutin olarak uygulanmasından önce daha fazla değerlendirme yapılması önerilmektedir. Bu, gelecekte araştırılmaya uygun bir konudur (bkz. Sonsöz, Bölüm 23.4). MIR Kaliforniya'daki iklim koşulları için hesaplandığından, şu anda üzerinde çalışılacak en uygun seçenek POCP'dir.

OFP için bir ölçek kullanılması, VOC karışımının toplanmasını sağlar (bkz. ECM REF). Ancak, OFP genellikle tıpkı modellemede olduğu gibi, zaten buharlaşmış (örn. boya kabinlerinde, kurutucularda) ve salınımı yapılmış olan maddelerin etkisini değerlendirmede kullanılmaktadır. Maddelerin otomatik olarak buharlaşmadığı durumlarda (örn. bazı temizlik malzemelerinde olduğu gibi), bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Swan Eko-etiketi efektif bir ozon oluşturma potansiyelini kullanmaktadır, $POCP_{(effective)}$ (POCP'un, nisbi buharlaşma oranı ile çarpımı). Bunun yerine geçebilecek benzer bir yol da POCP ile çarpılan buhar basıncının kullanılmasıdır (bkz. Ek 24.7):

O halde solvent karışımının ozon oluşumu üzerindeki etkisi malzemeler için şöyle ifade edilebilir:

x_1'in karışımdaki 1. maddenin konsantrasyonu,
$(POCP_{effective})_1$'in efektif ozon oluşturma potansiyeli (bu, prosesteki tüm solventin buharlaştığı durumlarda POCP'ye eşittir)

olduğu durumlarda:

$POCP_{(effective)} = \Sigma_1^n x_1(POCP_{effective})_1 + x_2(POCP_{effective})_2 + \ldots\ldots x_n(POCP_{effective})_n$

şeklinde ifade edilir.

Farklı formülasyonlardan kaynaklanan farklı solventlerin, farklı miktarlardaki salınım etkilerini karşılaştırmak için benzer bir formül (fakat konsantrasyon yerine buharlaşan ağırlığın kullanıldığı) kullanılabilir.

Aşağıda yer alan Şekil 20.4, herhangi bir ikame önerisinin çevresel bir fayda sağlayıp sağlamadığı değerlendirilirken formülün nasıl işlediğini grafiksel olarak göstermektedir. VPn n sayıda bileşenin buhar basıncıdır (İlk bakışta yapılabilecek tahmine göre; bu hesaplamanın farklı bileşenler arasında fizikokimyasal bir etkileşim olabileceğini, ki böyle bir şey olusa bu durum 'en kötü vaka' yaklaşımı halini alır, hesaba katmadığı söylenebilir).

Şekil 20.4: POCP ile yapılabilecek potansiyel ikamelerin değerlendirilmesi

Çevresel faydalar: Yüksek reaktiviteli hafif aromalı solventlerin (tolüen, ksilen ve solvent nafta (C9 aromalı)) yerine doğrudan düşük reaktiviteli alternatiflerin kullanılması ile VOC bağlantılı POCP yaklaşık % 20 – 40 oranında azaltılabilir. (bkz. aşağıda yer alan Uygulanabilirlik kısmı).

Bazı aromatik solventler çevreye zararlı olarak sınıflandırılmaktadır (R51/53: tolüen, ksilen ve etil benzen hariç), bu nedenle bu solventlerin yerine daha az zararlı maddelerin kullanılması, seçilen ikame malzemesine bağlı olarak, su kaynakları için de yararlı olacaktır.

Çapraz medya etkileri: Klorlu VOC'lerin ozon oluşturma reaktiviteleri düşüktür, ancak stratosferik ozon azaltma ve toksik etkileri yüksektir.

Operasyonel veri: Bkz. aşağıda yer alan Uygulanabilirlik kısmı.

Uygulanabilirlik: Her ne kadar VOC emisyonlarının azaltılmasının gerekliliğinin arkasında yatan neden OFP de olsa, OFP'nin kullanımı henüz çok yenidir ve SED (operatör düzeyinde) ve Ulusal Emisyon Tavanları (Üye Devlet düzeyinde) gibi mevcut mevzuatlara uygunluğu göstermek için kullanılamaz.

Bu teknik solvent emisyonlarının yeterince azaltıldığı ya da önlendiği (örn. atık gaz arıtımı ile) tesislerde uygulanamaz, bkz. Bölüm 20. 11.

Farklı VOC'lerin relatif sıralamalarında bazı değişiklikler olsa da VOC reaktivite hesaplamaları, her üç ölçek de göz önünde bulundurulduğunda hafif aromalı solventlerin, ozon oluşumu bakımından en reaktif ürünler olduğunu göstermektedir (ABD'de test edilen diğer ölçeklerde de aynı sonuca ulaşılmıştır). Genellikle yüzey işlemleri formülasyonlarında hafif aromalı ürünlerin yerine daha az zararlı maddelerin kullanımı, POCP (ya da diğer reaktivite) değerleri ile ilgili belirsizliklere rağmen, nihai ürünün OFP oranında önemli ölçüde düşüş sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, her ne kadar klorlu VOC'ler ozon oluşturma ölçeklerinde genellikle düşük değerler taşısalar da, ODP değerleri ile iş sağlığı ve güvenliği etkileri yüksek olduğundan, bu maddelerin klorlu olmayan VOC'lerin yerine ikame olarak kullanılmamaları gerektiğinin altı çizilmelidir.

Otomotiv boyaları (ve bazı baskı mürekkep türleri) gibi karmaşık sistemler 30 kadar farklı solvent içerebilir. Bu karmaşık solvent karışımları renk, kuruma, dayanıklılık, vs. gibi belli özellikleri elde etmek için kullanılmaktadır. Bir yandan toplam $POFP_{total}$ değerinin düşürülmesi için bu solventlerde değişiklik yapılırken, diğer yandan kalite gereksinimlerinin yerine getirilmesi, endüstride büyük bir yatırım yapılmasını gerektirmektedir (bkz. Ekonomiklik) ve bu da sadece bir imalatçının ya da tesisin yapabileceği bir iş değildir. Ancak, böyle bir değişikliğin uzun vadede, üretilen boyaların formülasyonları göz önünde bulundurularak (örn. REACH vasıtasıyla, aşağıda yer alan bkz. Uygulanmasını teşvik eden faktörler kısmı) yapılması mümkündür ve bu konu gelecekte araştırılmaya uygun bir konudur (bkz. Sonsöz, Bölüm 23.4).

Daha yüksek OFP kullanılan bazı proseslerde, teknik nedenlerden ötürü bu solventlerde değişiklik yapılamaz. Yayın gravür baskısında tolüenin kullanılması gibi, proseste başlıca tek bir solventin kullanıldığı durumlar buna örnek olarak verilebilir.

OFP, yapılan ikamelerin toplam OFP'yi azalttığını (ya da en azından arttırmadığını) temin etmek için, diğer tehlikeli maddelerin ikame edilmeleri konusunda da kılavuz olarak (Bölüm 20.10'da açıklandığı gibi) da kullanılabilir (bu bölümde açıklanan sınırlar içerisinde). Hedeflenen emisyon değerlerinin yakalanması için nerede ikame kullanılacağına karar verilmesi önemli bir konudur. İkame; alınan diğer önlemlerin ilgili emisyon değerinin yakalanması için yetersiz kaldığı ya da teknik olarak uygulanabilir nitelikte olmadığı durumlarda (olumsuz çapraz medya etkilerinin görüldüğü) kullanılabilir. İkame, temizleme solventlerinin (bkz. Bölüm 20.9 ve 20.10.3) ve ahşap malzemelerin korunması için gereken solvent taşıyıcıların (bkz. Bölüm 18) değiştirilmesinde yol gösterici olan sistemler gibi basit sistemlerde kolaylıkla kullanılabilir. OFP'nin kullanıldığı durumlarda, solventin buharlaştığı

hallerde POCP rakamı kullanılabilir; buharlaşmanın yalnızca kısmen olduğu durumlarda ise (örn. bazı temizleme tekniklerinde) $POCP_{effective}$ kullanılmalıdır.

Ekonomiklik: Otomotiv endüstrisinin tahminlerine göre, otomotiv boyalarında OFP kullanımının maliyeti 100 milyon ile 3.5 milyar Avro arasında değişmektedir ve bu uygulamaya geçilmesi yaklaşık 10 yıl alabilir. Ayrıca üretimde, yeni solvent sistemlerinin eskisinden farklı özellikler taşıyabileceği bu tür bir değişiklik yapılması, bazı görünmeyen maliyetleri de beraberinde getirebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Taban seviyesinde ozon oluşumunun azaltılması için uygulanan politika ve düzenlemeler (UNECE Gothenburg Protokolü ve AB Emisyon Tavan Direktifi 2001/81/EC), CAFÉ (Avrupa için Temiz Hava), REACH, vs.

Hafif aromali solventlerin mesleki maruz kalma limitleri nispeten düşüktür, bu nedenle iş sağlığı bakımından bu solventlerin ikame edilmesi de iyi bir uygulama olacaktır.

Endüstriyel ksilenin bir bileşeni olan etil benzen, Mevcut Maddeler Yönetmeliği 793/93/EEC kapsamında bir AB risk değerlendirmesinden geçmektedir. Etil benzen üzerinde yapılan toksikolojik testler sonucunda bu maddenin sıçanlar ve fareler üzerinde bazı karsinojen etkileri olduğu görülmüştür ve bunun sonucunda da Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı etil benzeni 2B Grubu karsinojen madde (insanlar üzerinde kanserojen etki ihtimali olan) olarak sınıflandırmıştır.

Örnek tesisler: ABD'de yerel hava kirliliği kontrolü yapan yetkililer tarafından kullanılmaktadır. Özellikle MIR, Kaliforniya'daki yetkililer ve endüstriler tarafından kullanılmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [96, Avrupa Solvent Endüstrisi Grubu, 2005] [97, EIPPCB, 2005] Swan Eko etiketi [www.Svanen.nu] [148, TWG, 2006, 169, Lemoine, 2006, 170, Tempany ve Lemoine, 2006, 172, May, 2006]

20.10.3. Halojenize solventlerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması

Tanım: Halojenize solventlerin yerine, daha az tehlikeli olan maddeler kullanılabilir, örn. Temizlik işlemleri için güçlü bir solvent kullanımı gerektiğinde. n-metil-2-prolidon ve etanolamin gibi güçlü solventler kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.9.5). Kullanılan boyaların halojenize solvent bazlı olduğu durumlarda, alternatif boya sistemleri kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.7).

Çevresel faydalar: Emisyonların kullanım esnasında vereceği zararın ve havaya zararının azaltılması ve daha az tehlikeli atık oluşması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Klorlu hidrokarbonlar zaman zaman fren balatası üretiminde, yüzeylerdeki yağ alma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu maddeler ayrıca tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında da solvent olarak kullanılmaktadır.

Esnek ambalajlarda metilen klorid gibi halojenize solventler, kalıcı kirlerin temizlemesi için kullanılmakta idi. Ancak bu maddelerin yerine artık n-metil-2-prolidon ve etanolamin gibi uçucu olmayan solventler kullanılmaktadır.

Uygulanabilirlik: Uygulanabilirliği spesifik teknik ve kullanımlara göre değişiklik göstermektedir. Baskı endüstrisinde (mevzuatlar ve AB çapında endüstri anlaşmalarıyla), fren balatası imalatında, bu solventlerin ikamesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir ve ikame tüm endüstri sektörlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Halojenize solventlerin kulanıldığı boyaların yerini alabilecek boya sistemleri de bulunmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. R40 no'lu risk kodunu taşıyan halojenize VOC kütle akışının 100 g/saat'e eşit ya da bu orandan daha fazla olduğu durumlarda SED, emisyon limit değerini 20 mg/Nm^3 olarak belirlemiştir.

Almanya'da halojenize solventlerinin kullanımı geride kalmıştır.

Örnek tesisler: Halojenize solventlerin yerine çoğunlukla daha az tehlikeli olan maddeler kullanılmaktadır (örn. Almanya).

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [12, UBA Almanya, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.10.4. Solventlerin ve CMR (karsinojen, mutajen, yeniden üretim için toksik) özelliği taşıyan diğer maddelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması

Tanım: 67/548/EEC Direktifi uyarınca karsinojen, mutajen ya da yeniden üretim için toksik olarak sınıflandırılan türde VOC içerdikleri ve R45, R46, R49, R60 ve R61 no'lu risk kodlarını taşıdıkları için, bazı maddelerin veya preparatların yerine farklı madde ve/veya teknikler kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Baskı endüstrisinde bu solventlerin ikamesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu solventlerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması için: Tesisler, kullanılan solventler CMR solventleri olmasa bile, solventlerle yapılan yağ alma işlemlerinin yerine solvent içermeyen temizlik proseslerini kullanmaktadır (bkz. Bölüm 20.10.1.6).

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği. SED, Pazarlama ve Kullanım Direktifi.

Örnek tesisler: Almanya'daki çoğu boyahanede ve Avrupa'daki benzer alt tabakalarla işlem yapan birçok elektro kaplama tesisinde uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [98, EC, 1976, 123, EC, 1999] [128, TWG, 2005]

20.10.5. Su bazlı temizlik maddeleri

Tanım: Su bazlı boya kullanılan boyahanelerde saf organik solventlerin yerine alkol veya glikol/su karışımları (bütil glikol/su) kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Solvent tüketimi azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Bir yandan solvent içeriği büyük ölçüde azaltılırken, öte yandan su bazlı temizleyicilerin de % 15'e varan oranda solvent içerebileceği unutulmamalıdır. Temizlik ve daha sonra uygulanacak prosesler arasında ek kurutma gerekli olacaksa, o zaman enerji tüketimi de artacaktır.

Operasyonel veri: Su bazlı temizlik maddeleri biyolojik arıtma ile bağlantılı olarak kullanılabilir.

Uygulanabilirlik: Su bazlı temizlik maddeleri, otomotiv endüstrisinde su bazlı boyaların uygulandığı durumlarda kullanılmaktadır.

Su bazlı temizlik maddeleri ofset baskıda kullanılmamaktadır. Solvent bazlı mürekkeplerin, boyaların ve yapışkanların kullanıldığı yayın gravürü ve esnek ambalaj uygulamalarında su bazlı temizlik maddeleri kullanılmamaktadır.

Temizleme işleminin ardından solvent bazlı bir proses uygulanacağı zaman da su bazlı temizlik maddelerinin kullanılması problemlere yol açabilir. Bu maddelerin kullanımı, temizlik işlemi ve ardından uygulanacak prosesler arasında bir ek kurutma yapılmasını gerektirebilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Avrupa'daki otomotiv, coil coating fabrikalarında ve birçok elektro kaplama tesisinde (boyahanelerde benzer alt tabakalarla işlem yapan) uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11. Atık gaz arıtımı

Bu bölümde solvent içeren atık gazlar için kullanılan arıtma sistemleri ele alınmaktadır. Burada yalnızca mevcut farklı arıtma türlerine değil aynı zamanda bunlara ait tasarım ve düzenlemelere de yer verilmektedir. Bu bölüm ayrıca, arıtılması gereken hava akışının optimize edilmesine, minimum seviyeye indirilmesine ve emisyonu azaltılmış solventlerin geri kazanılmasına yönelik teknikleri (damıtma gibi) de kapsamaktadır. Şekil 20.5, 2000 yılına kadar mevcut VOC azaltma teknolojilerinin uygulama aralıkları hakkında bir fikir vermektedir. İlgili endüstrilerden; ıslak ovalayıcıların yalnızca partiküllerin ortadan kaldırılması için kullanıldığı, yoğunlaştırmanın inert gaz kurutma ile birlikte kullanılması gerektiği ve daha yüksek konsantrasyonlar için kullanıldığı, rejeneratif yakmanın (oksidasyon) günümüzde daha yaygın bir şekilde uygulandığı (<5000 - >100000 m^3/h) yönünde yorumlar alınmıştır [76, TWG, 2004].

Şekil 20.5: Mevcut VOC azaltma teknolojilerinin uygulama aralıklarına genel bir bakış [60, ESIG, 2000]

20.11.1. Ekstraksiyon ve azaltma tekniklerinin tasarımı, optimizasyonu ve yönetimi

20.11.1.1. Sistem seçimi, tasarımı ve optimizasyonu

Tanım: Solvent içeren hava ekstraksiyon sistemlerinin çoğu öncelikli olarak çalışma alanındaki havayı ve ekipmanları LEL (en düşük patlama seviyesi) değerinin yeterince altında ve solvent konsantrasyonlarını da OEL (mesleki maruz kalma limiti) değerinin altında tutacak şekilde tasarlanmıştır (Solvent konsantrasyonlarının OEL'nin altında tutulması gereken alan, LEL'in altında tutulması gereken alandan daha fazla olabilir). Ana solvent kaynaklarından çıkan hava, atık gaz arıtma sistemlerine iletilebilir. Bazı durumlarda (solvent kullanılan yıkama makinelerinin bulunduğu durumlar gibi) hava, öncelikli olarak solvent emisyonlarının azaltılması için arıtmaya gönderilebilir. Diğer birçok durumda da atık gazın arıtılmasının asıl amacı kokunun azaltılmasıdır.

Ekstraksiyon sistemlerinin tasarlanmasında aşağıdakiler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Atılacak hava miktarı
- Muhtemel solvent seviyesi
- Arıtma türü ve bu arıtma tekniğinin fayda maliyeti, çapraz medya etkileri
- Yıllık operasyon süresi (saat olarak).

Solvente oranla hava hacminin yüksek olduğu yerlerde yapılacak olan ekstraksiyon, emisyon azaltma sisteminin ölçeğini yükseltir ve yakma işlemi için kullanılacak ek enerji gereksinimini de arttırır.

Ekstraksiyon sistemleri ve atık gaz arıtma sistemleri tarafından yakalanamayan kaçak emisyonlar çoğunlukla solvent emisyonlarının en önemli bölümünü oluşturmaktadır (bkz. Bölüm 2.3). Ekstraksiyon ve emisyon azaltma sistemleri tasarlanırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Su bazlı ya da solvent bazlı mürekkeple yapılan fleksografik baskının çapraz medya etkilerinin değerlendirilmesine ait örneğe ECM REF'inden [97, EIPPCB, 2005] ulaşılabilir.

Ek 24.9, atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanılması ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

Her ne kadar sistem seçimi, tasarımı ve optimizasyonu için uzman yardımı gerekse de aşağıdaki hususlar da bu konuda destek verici niteliktedir:

- **Fasılalı emisyonlar:** Fasılalı proseslerde, basit termal oksidasyon (yakma) ya da adsorpsiyon (örn. kartuşlar) gibi değişken ve küçük yüklü teknikler en maliyet etkin tekniklerdir.

- **Kesintisiz operasyonlarda termal arıtmanın seçimi** [112, Verspoor ve imalatçı], 2005]**:** Emisyonların kesintisiz olduğu ve çok yataklı oksitleyicilerin kullanıldığı durumlarda kullanılabilir. Hava ekstraksiyonu ve ek yakıt için gereken enerji miktarı daha yüksektir. Tablo 20.8 farklı emisyon seviyelerinin elde edilmesi için uygulanması gereken arıtma tekniklerini göstermektedir.

Arıtmadan sonra atık gazdaki VOC konsantrasyonu (mgC/Nm^3)	**Yapılması gereken arıtma**
24 saatte ortalama 20 mg C	3 yataklı oksitleyici
24 saatte ortalama 50 mg C	2 ya da 3 yataklı oksitleyici (emme noktalarındaki maksimum VOC'ye bağlı olarak)
24 saatte ortalama 100 mg C	2 yataklı oksitleyici
Daima 20 mg C	3 yataklı oksitleyici
Daima 50 mg C	3 yataklı oksitleyici
Daima 100 mg C	3 yataklı oksitleyici

Tablo 20.8: Emisyon değerinin 2 ya da 3 yataklı oksitleyici seçimine etkisi [112, Verspoor ve imalatçı, 2005]

2 yataklı oksitleyicilerin yatırım maliyetleri 3 yataklı oksitleyicilerden % 10 – 15 daha düşüktür. Rejeneratif ön ısıtmalı yakma tesislerinde (rejeneratif termal oksidasyon, RTO tesisleri), şimdiye dek proses enerjisinin çok büyük bir bölümü entegre ısı değiştiricilerden elde edilmiştir (%>95). Bu nedenle, 20 mg/m^3 oranında arıtılmış gaz elde etmek için atık gaz arıtma tesisine gereken enerji miktarı, 50 mg/m^3 ya da 100 mg/m^3 oranını yakalamak için gerekenden çok da fazla değildir. Ancak bu kez de, ekstraksiyon sisteminin ana fanı için daha fazla enerji tüketimi ve daha fazla bakım masrafı ortaya çıkacaktır. Arıtılan gazla daha fazla VOC konsantrasyonu serbest bırakıldığı için proses sıcaklıkları düşürülürse, CO emisyonları büyük ölçüde artabilir.

- **Enerji tüketiminin ototermal koşulların altında olmasının etkileri:** Ortalama solvent içeriğinin, örneğin kullanılan kaplama malzemesinin içeriğindeki solventin düşmesinden dolayı, yapısal olarak zamanla azalmasının insineratörün çalışma maliyetine olan etkisi için, bkz. Şekil 20.6. Bu şekil bir esnek ambalaj fabrikasındaki insineratöre ait verileri göstermektedir. Ototermal noktadan sonra kullanılan gaz miktarı, orta ve düşük akışlarda katlanarak artmaktadır.

Şekil 20.6: Esnek ambalajlarda ototermal noktanın altındaki gaz tüketimine örnek [112, Verspoor ve imalatçı, 2005]

- **Düşük solvent emisyonlarını kontrol etmek için enerji tüketilmesinin fayda maliyeti:** ECM REF emisyonları yedi çevresel etkiyle (temayla) eşleştirmek suretiyle, alternatif proses seçeneklerinin çapraz medya etkilerini hesaplama ve yorumlamanın yollarını açıklamaktadır. Bu etkiler, söz konusu çevresel etki ölçeklerinin, salınan her bir madde ya da bu maddelerin toksisiteleri için kullanılmasıyla karşılaştırılabilir (bkz. Bölüm 20.10). Ancak bir etkinin diğeriyle kıyaslanması (fotokimyasal ozon oluşumunun küresel ısınma potansiyeli ile kıyaslanması gibi) zor bir iştir ve daha fazla çapraz medya değerlendirmesinin yapılmasını gerektirir.

Bu farklı etkileri kıyaslamak için kullanılabilecek diğer bir alternatif yöntem de olumsuz dış etkilerin maliyetlerinin (hasarlar veya negatif marjinal sosyal maliyetlerin) kıyaslanmasıdır. Ele alınan durumda sözü edilen dış etken, insan sağlığını da etkileyen çevre hasarıdır. Bu konuda mevcut verilerin sayısı az olabilir, fakat havaya salınan emisyonlarla ilgili veri bulunmaktadır (bkz. bu bölümde aşağıdaki kısım). Bu teknik farklı faaliyetlerin etkinliğinin kıyaslanması için kullanılabilir. Örneğin, atık gazda daha az VOC emisyonu bulundurmak için destek yakıtının yakılması işlemi, kaçak emisyonları azaltmak için alınan önlemlerle kıyaslanabilir. Bilinen belli bir miktardaki (ton cinsinden) VOC emisyonunu bertaraf etmek üzere (örn. belli bir atık gaz akışındaki emisyon seviyesini 10'dan 3 mg C/m^3'e düşürmek için), ek yakıt yakabilmek için bir yılda yayılan CO_2 miktarı (ton olarak) hesaplanabilir. Elde edilen sonuçlar daha sonra ilgili marjinal sosyal maliyet ile çarpılır ve kıyaslanır. CO_2'nin yarattığı hasar ile VOC'nin yarattığı hasarın kıyaslanması basittir: NO_X'te meydana gelen değişiklikler (şayet biliniyorsa) de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yakılan VOC'den kaynaklanan CO_2 de eklenmelidir.

İklim değişiklinin marjinal sosyal maliyetlerine ilişkin elde edilen son verilerden yola çıkılarak yapılabilecek tahminlere göre; bu maliyet 2000 yılındaki 20 - 25 Avro/ton CO_2 oranından, 2020 yılında 34 Avro/ton CO_2 oranına yükselecektir (bkz. Ek 24.8) [116, AEA ve diğerleri, 2005]. EUA (Avrupa Birliği Ödeneği)'nın karbon alışveriş fiyatı 2005 yazında 19 - 23 Avro/ton CO_2 iken, 2006 yazında 15 Avro/ton CO_2'e düşmüştür. Yapılan birçok çalışma EUA'nın 2005-2007 dönemi için 5 - 10 Avro/ton CO_2; 2008 - 2012 dönemi için ise 10 - 25 Avro / ton CO_2 aralığında olabileceğini göstermektedir.

CAFE'ye ait fayda maliyeti değerlendirmesinden elde edilen veriler (bkz. ECM REF) emisyon tonu başına düşen VOC'nin neden olduğu hasara dair bilgi vermektedir. 25 AB ülkesi (Kıbrıs hariç) için farklı varsayımlar dahilinde elde edilen ortalama değer aralığı, emisyon tonu başına 950 - 1400 Avro'dur. Her bir ülke için tespit edilen en düşük ve en yüksek değer aralığı, emisyon tonu başına 140 - 4000 Avro'dur. Bu değerler belirlenirken farklı analiz hassasiyetleri olan SOMO 35 yaklaşımı kulanılmaktadır. Söz konusu ülkeler nüfus yoğunlukları ve düşük seviye ozon oluşum etkileri bakımından çeşitlilik göstermektedir, bu nedenle farklı tesisler için ulusal ve yerel rakamlar kullanılabilir.

Bu iki veri grubu karşılaştırılırken, bazı etkilerin dikkate alınmayabileceği, modelleme varsayımlarının ve önemli istatistiksel belirsizliklerin olabileceği de akıldan çıkarılmamalıdır. Elde edilen rakamlar AB düzeyinde, ulusal ya da uluslararası düzeyde fayda ve maliyetlerin tahmin edilmesi için hazırlanmakta olup, tek bir tesis için yapılacak bir hesaplamaya uyarlanamayabilir veya elde edildiği bölgenin yerel çevre kalite standartlarını göz önünde bulundurmayabilir.

AB düzeyinde ortalama VOC hasarı aralığı ile merkezi CO_2 sınırı maliyetleri kıyaslandığında, bir ton VOC'nin azaltılmasının 32 – 140 ton CO_2 aralığına denk geldiği görülmektedir (40000 – 175000 m^3 doğal gaz), bkz. Tablo 20.9. Bununla birlikte, bu maliyet oranları bir ton VOC azaltma maliyetinin 14000 – 63000 Avro arasında olduğunu ve bu miktarın da ton başına düşen marjnal VOC hasarının 10 – 66 kat fazlası olduğunu göstermektedir (2006'da GJ başına düşen gaz maliyetinin 7.52 – 10.48 Avro olduğu bilgisine dayanarak). İki ülke (Belçika ve Holanda) azaltılan 1 ton VOC'nin toplam maliyet olarak (sırasıyla), 3200 ve 4500 Avro'yu fayda maliyeti benchmark değeri olarak kullanmaktadır. Yapılan bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilen veriler, 25 AB ülkesi düzeyinde bu kadar çok gazın yakılmasının ekonomik olarak hiç de makul olmadığını ortaya koymaktadır (Kullanılan CO_2'nin marjinal sosyal maliyetinin çok düşük olduğu söylenebilir).

Bu değerler alınırken VOC'lerin oksitlenmesinden kaynaklanan CO_2, NO_x etkileri göz ununde bulundurulmamıştır.

İklim değişikliğinin marjinal sosyal maliyeti Avro/t CO_2	VOC Avro/ton emisyonu için marjinal hasar	1 ton VOC'yi azaltmak için gereken CO_2 (ton cinsinden)	1 ton VOC*'yi azaltmak için gereken '000 m^3 doğal gaz
10	950	95	119
10	1400	140	175
20	950	48	60
20	1400	70	88
30	950	32	40
30	1400	46	58
*STP'de 0.8 kg/m^3 doğal gaz yoğunluğuna dayalı olarak			

Tablo 20.9: İklim değişikliğinin marjinal sosyal maliyetleri ile VOC emisyonlarının marjinal hasar maliyetlerinin karşılaştırılması (bkz. Ek 24.8)

- **CO limit değerinin etkisi:** İnsineratörün dışındaki CO değeri büyük ölçüde yakma odalarına, sıcaklığa ve egzoz gazının yakma odasında kaldığı süreye bağlı olarak değişmektedir. CO seviyelerinin düşürülmesi aşağıdakilerin yerine getirilmesi anlamına gelir:
  - Yakma odası sıcaklığının arttırılması (işletme maliyetlerini arttırır). Genellikle yakma sıcaklığının 850 ^oC'ye çıkarılması yeterlidir. VOC konsantrasyonlarının ototermal noktaya yakın ya da bu noktadan yüksek olduğu durumlarda bu sıcaklık, otomatik olarak elde edilecektir. CO seviyelerini düşürmek için sarf edilen maliyetin, işletme ve sermaye maliyetlerine toplam etkisi önemsenmeyecek düzeydedir.
  - Egzoz gazının yakma odasında kaldığı sürenin uzatılması için, yakma odasının genişletilmesi (yatırım maliyetlerini arttırır).

- **CO, NO_x ve VOC azaltımı arasındaki denge:** Veri sunulmamıştır.

- **Bakım:** Bkz. aşağıda yer alan Bölüm 20.11.1.2.

Çevresel faydalar: Atık gaz arıtımının yapıldığı durumlarda VOC'nin ve kokunun azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Enerji tüketimi ve ekstraksiyon sistemleri önemli olabilir. Düşük VOC seviyelerinin yakalanması için tüketilen enerji önemli miktarda olabilir. Gürültü önemli bir faktör olabilir. 1 ton VOC'nin bertaraf edilmesi için 40000 – 175000 m^3 doğal gaz yakılması, sürdürülebilir bir uygulama olmayabilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Düşük solvent emisyonlarının kontrol edilmesi için enerji tüketimi yapılmasının fayda maliyeti: CO_2'nin marjinal sosyal maliyetleri ile VOC'nin marjinal sosyal maliyetlerinin karşılaştırılması artık çok basittir. Hava kirliliği ile sera etkisi yaratan gaz emisyonları arasında anti sinerjik etkiler olduğu gibi sinerjiler de söz konusudur. Bazı etkilerin göz önünde bulundurulmadığının unutulmaması gerekir (örneğin CO_2 emisyonlarının azaltılmasının NO_x, SO_x ve belki $PM_{2.5}$ değerlerini de azaltabileceğinin). Bu durum faydaların

ve maliyetlerinin değerlendirilmesini karmaşık hale getirmektedir. Model varsayımları ve önemli istatistiksel belirsizlikler de bulunmaktadır. Ayrıca elde edilen rakamlar AB düzeyindeki, ulusal ya da uluslararası düzeydeki fayda ve maliyetlerin tahmin edilmesi amacıyla hazırlanmakta olup, tek bir tesis için yapılacak bir hesaplamaya uyarlanamayabilir veya tesisin bulunduğu bölgenin yerel çevre kalite standartlarını göz önünde bulundurmayabilir.

Ekonomiklik: Bkz. yukarıda yer alan Uygulanabilirlik kısmı.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler:

- **Ekstraksiyon:** İş sağlığı ve güvenliği.
- **Yapılan tüm işlemler:** Koku, SED, ulusal mevzuat.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005, 165, ECN, 2005] [116, AEA, ve diğerleri, 2005, 166, AEA ve Enstitü, 2005] [67, EIPPCB, 2003] ec.europa.eu/environment/air/cafe/activities
www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html
Enerji maliyetleri: Eurostatt http://epp.eurostat/ec.europa/eurostat

20.11.1.2. Sistemin bakımı

Tanım: Tüm atık gaz sistemlerine hem önleyici nitelikte hem de ortaya çıkan arızaları gidermek için bakım yapılması gereklidir. Arıtılmayan emisyonlar şu yollarla minimum seviyeye indirilebilir:

- Planlı bakım ile (bkz. Bölüm 20.2.6). Ana emisyon azaltma ekipmanlarının durdurulmasının gerekli olduğu zamanlarda (ekipmanın dokunulabilecek sıcaklığa gelmesi için birkaç gün soğumasının beklenmesi gerekebilir), bakım yapılarak emisyonların minimum seviyeye indirilmesi mümkündür:
    - Üretimin düşük olduğu ya da hiç olmadığı zamanlarda (örn. tatil ve shutdown dönemlerinde).
    - Emisyonların en az etki edeceği dönemlerde, örn. VOC emisyonları için güneş ışığının düşük seviyelerde olduğu, inversiyon tabakası oluşma ihtimalinin düşük olduğu, vs. zamanlarda. Bu da hava durumuna, mevsime ve yerel koşullara bağlı olarak değişir.

- Ana ekipmanın titreme, emisyon kaçakları gibi problemlere ve planlı onarımlara (yukarıdaki gibi) yönelik olarak izlenmesi ile.

- Merkezi olmayan, sadece kullanıldığı sisteme tahsis edilmiş arıtma sistemlerinin kullanılması ve böylece ortaya çıkan arızanın/yapılan onarımın yalnızca belli bir sistemi etkilemesinin sağlanması ile (bkz. 20.11.1.6).

- Arıza ve tespit edilen aksaklıklara mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmesi ile.

Çevresel faydalar: Toplam emisyon yükü azaltılır. Genellikle insinerasyon ekipmanındaki arızaların neden olduğu günlük VOC emisyon artış oranı, yıl içinde tesise giren emisyonun % 0.4'üne eşittir, bkz. Bölüm 2.4.2.5.4.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004].

20.11.1.3. Pik emisyon akışlarının baypas edilmesi (pik düşürücü)*

Tanım: Her bir kurutucunun maksimum hava akışı; birim zaman başına düşen, kurutulacak maksimum solvent miktarı ile güvenli bir şekilde baş edebilecek şekilde tasarlanmıştır, (örneğin, esnek ambalaj uygulamalarında alt tabakanın % 100'ünün kalın bir cila tabakası ile kaplanması durumunda açığa çıkan solventle). Üretim tesisinin maksimum hava akışı, her bir kurutucudan çıkan maksimum hava akışlarının toplamına eşittir. Bu miktar insineratörün teorik olarak gereksinim duyduğu kapasitedir (baypas uygulaması olmazsa). Ancak, tüm tesisin maksimum hava akışına nadiren ulaşılabilmektedir. Bunun nedeni (a) kurutucuların çoğunun, operasyon süresinin büyük bir çoğunluğunda maksimum miktarda solventi tahliye etmemesi, (b) makinelerin uzun süre boyunca atıl olarak durmasıdır (tam kapasite esnek ambalaj üretiminde makineler, üretim süresinin % 50'si boyunca atıl olarak durmaktadır). Sonuç olarak, insineratörün teorik kapasitesinin son % 20'lik kısmının çok nadir olarak kullanıldığı söylenebilir.

Çevresel faydalar: Enerji tüketiminde önemli ölçüde düşüş kaydedilmektedir. Gereksinim duyulan azaltma ekipmanı kapasitesinin düşmesinden dolayı, daha küçük vantilatörlerin kullanılması yeterli olur. Termal azaltma tekniklerinin uygulanması için daha az ek yakıt kullanılması yeterli olabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Solvent girdisi yıllık yaklaşık 1000 ton, maksimum hava akışı 80000 m^3/saat olan gerçek bir esnek ambalaj fabrikasında simülasyonlar yapılmaktadır. Aşağıda yer alan Tablo 20.10'daki her bir adım, 2000 m^3/saatlik kapasite değişikliğine ve yaklaşık 20000 – 30000 Avro marjinal ek yatırıma işaret etmektedir.

***Çevirmenin notu**: Pik düşürücü (peak shaving): Yoğun tüketim saatlerinde yapılan takviye sağlama amaçlı gaz uygulamalarıdır.

Maksimum hava akışının %'si şeklinde yakma kapasitesi	Bir yılda baypaslanan solvent miktarı (kg cinsinden)	Tesisin solvent girdisinin %'si şeklinde baypaslanan solvent	Emisyon azaltımı için marjinal Avro/ton
92.5 – 95	240	0.024	24000
90.0 – 92.5	990	0.099	5800
87.5 – 90.0	1290	0.129	4470
85.0 – 87.5	2270	0.227	2560
82.5 – 85.0	4040	0.404	1450
80.0 – 82.5	6190	0.619	950
77.5 – 80.0	9040	0.904	670

Tablo 20.10: Yakma kapasitesi ile bağlantılı olarak emisyonlar ve maliyetler [4, Intergraf ve EGF, 1999]

Uygulanabilirlik: Arıtma kapasitesinin altında bir kapasite kullanıldığında bu teknik, solvent konsantrasyonu düşük olan atık gaz akımı eklenmesi ile düzeltilen pik/dip değerleri ile bağlantılı olarak da kullanılabilir, bkz. Bölüm 20.11.1.4.

Şayet operasyon esnasında maksimum yüke çok nadiren ulaşılacağı öngörülüyorsa, azaltma ekipmanının kapasitesi maksimum atık gaz akışından daha az olan miktarı alacak şekilde tasarlanabilir. Bu durumda operasyonel maksiumum yükün aşılması (ve baypasa gidilmesi) ihtimali, bir makine yönetim sistemi ile minimum seviyeye indirilmelidir.

Ayrıca, baypas uygulamasında ortaya çıkan arıtılmamış gazlar da solvent yönetim planında toplam atık gaz emisyonlarının bir parçası olarak ele alınmalıdır. Bu teknik atık gaz emisyon limit değerlerinin uygulandığı durumlarda kullanılamayabilir. Bu nedenle söz konusu teknik yalnızca bir emisyon azaltma planının uygulandığı durumlarda kullanılabilir.

Ekonomiklik: ECM REF, açığa çıkan 1 ton VOC başına ortalama marjinal hasarın (sağlığa olan etkiler dahil) 25 AB ülkesinde 950 – 2800 Avro arasında olduğunu bildirmektedir: Maliyetler emisyon salınımının yapıldığı yere göre değişmekte olup, tek tek ülkeler için yapılan hesaplamalarda bir ülke için 8000 Avro'ya kadar çıkabilmektedir.

Yıllık olarak, solvent emisyonlarının % 1'inden daha az bir miktarın baypaslanması kapasite gereksinimini azaltmakta ve böylelikle hem yatırım hem de operasyon maliyetlerinde % 50'ye varan tasarruflar yapılmasını sağlamaktadır. Tam havalandırma kapasiteli bir azaltma ekipmanı tasarlanmasından ziyade kaçak emisyonların azaltılma yüzdesinin biraz arttırılması, fayda maliyeti yönünden daha anlamlı olabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Fayda maliyeti ve EMS, bkz. Bölüm 20.1.2.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.11.1.4. Fazla kapasitenin kullanılması – düzeltme şekilleri

Tanım: Bkz. Bölüm 20.11.2.4. Çoğunlukla yüzey işlem modüllerinden birinin (pres, boya kabini, kurutucu, vs) atıl olması ya da kurutucuların çoğunun kullanılmaması nedeniyle, mevcut atık gaz arıtma sistemi (örn. insineratörler) genellikle tam kapasitede kullanılmamaktadır. Bu durumda Bölüm 2.4.2.5.2'de açıklanan lokal ekstraksiyon için fazla kapasite devreye sokulabilir. Bu durumda ekstra kanal sisteminin ve insineratörün, preslerin tam kapasite çalışması için verilen düşük konsantrasyonlu hava akışı nedeniyle aşırı yüklenmesini önleyecek bir sistemin kullanılması gerekir.

Çevresel faydalar: Solvent emisyonlarının azalması sağlanır. Sürekli ekstraksiyona kıyasla daha az enerji tüketilir (bkz. Bölüm 2.4.2.5.2).

Çapraz medya etkileri: Sonuçta ortaya çıkan hava akışındaki solvent konsantrasyonlarına dikkat edilmesi gerekir. Bu konsantrasyonlar eskisinden daha düşük olur, bu nedenle insineratörün ototermik operasyon sınırlarının dışında kalabilir ve ek yakıt tüketimi yapılması gerekebilir.

Operasyonel veri: SED'in uygulanması. İş sağlığı ve güvenliği. Maruz kalma limitlerinin kontrolü.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Bu sisteme geçiş yapılmasının maliyeti 100000 Avro'dan fazladır. Sistemin operasyon maliyeti ise daha düşüktür ve ek sermaye maliyetlerinin (daha büyük bir insineratör gibi) önüne geçilebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

20.11.1.5. Arıtmaya giden solvent konsantrasyonunun değişken frekans sürücüleri ile korunması

Tanım: Merkezi atık gaz arıtma sistemlerinin büyük çoğunluğunda, hava akışının çalışır durumda olabilecek ekipmandan gelen egzoza göre ayarlanmasını sağlayan değişken frekans sürücü fanlar kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Solvent emisyonlarının azalması sağlanır. Ekstraksiyon ve yakma desteği için yapılan enerji tüketimi minimum seviyeye indirilir.

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Esnek ambalaj prosesi kesikli bir prosestir. Her bir pres, kurulum ya da değiştirme işlemi nedeniyle üretim süresinin % 30 - 50'si kadar bir süre boyunca hat dışında kalabilir. Şayet her bir pres için bir oksitleyici kullanılırsa, preslerin aktif olmadığı bu süre içerisinde sıcaklığın aynı kalması için bu oksitleyicinin yakıt yakmaya devam etmesi gerekir.

Bu durum rejeneratif termal oksitleyiciler için çok önemlidir, bu nedenle bu oksitleyicilerde sadece solvent yüklü hava yakılır ve genellikle, ek yakıt gerektirmeyen ototermal operasyon sürdürülebilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

20.11.1.6. Her bir kaynak noktası için merkezi olmayan/belli bir bölge için tahsis edilmiş atık gaz arıtma sistemleri

Tanım: Her bir baskı ve boyama hattının kendine ait bir atık gaz arıtma sistemi olabilir. Örneğin bu sistem, kurutucu(lar) içine entegre edilirse, kurutuculardaki havayı ısıtmak için atık gazın ısısını kullanabilir.
Presler ve boyama hattı tek bir merkezi atık gaz arıtma sistemine bağlı değildir. Örneğin, yayın gravüründe her presin kendine ait bir atık gaz adsorpsiyon sisteminin bulunmasının avantajlarından biri de aktif karbon yatağının temizlenmesi gerektiğinde bu işlemin sadece bir tek presi etkilemesidir. Öte yandan merkezi bir adsorpsiyon sisteminin temizlenmesi, birkaç presi birden etkilemektedir.

Çevresel faydalar: Yaygın olarak görülen merkezi atık gaz arıtma sistemi ile karşılaştırıldığında, daha yüksek temizleme verimliliğine ulaşılabilir. Bunun nedeni arıtma sisteminin kapasitesinin baskı ya da boyama hattı için gereken kapasiteye tam olarak denk gelmesidir. Ayrıca tek bir merkezi sistem kullanılan tesislere oranla merkezi olmayan sistemlerin kullanıldığı tesislerde, değişiklikler yapmak, örneğin tesise yeni bir pres ya da boyama hattı daha eklemek çok daha kolay olmaktadır.

Bu teknik kurutucuya entegre edildiğinde, ısıl (kalorifik) kayıplar minimum seviyeye indirilir ve böylece atık ısıdan elde edilen enerji, oldukça verimli bir biçimde tüketilebilir.

Bu tekniğin kullanımı ile arıza ve bakım etkileri azaltılabilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bkz. yukarıda yer alan Tanım kısmı.

Uygulanabilirlik: Bu teknik yayın gravürü baskı tesislerinde kullanılabilir. Ayrıca, heatset ofset baskı proseslerinde de uygulanabilir, çünkü her presin yalnızca tek bir kurutucusu vardır ve bu da termal gaz arıtımına entegre edilebilir. Kurutucudan elde edilen enerji tasarrufu,

yapılacak ek bir yatırımın finansmanını sağlayabilir. Yayın gravüründe de, heatset ofset baskı proseslerinde de bu teknik yalnızca yeni preslere uygulanabilir.

Otomotiv endüstrisinde standart bir teknik olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik adsorpsiyon sistemleri merkezi olan ve birkaç absorblayıcısı bulunan ambalaj gravürü baskı tesislerinde kullanılamaz. Bu tekniğin kullanımı ile her bir adsorblayıcı, emisyonları ve presin çalışmasını etkilemeksizin, ayrı ayrı kapatılabilir.

Coil coating endüstrisinde uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Bu teknik merkezi atık gaz arıtma sisteminden daha pahalıdır; ancak, mevcut sisteme bağlı olarak enerji tasarrufları önemli seviyelere ulaşabilir. Merkezi olmayan bir atık gaz arıtma sisteminin yeni bir prese kurulması, mevcut bir tesise eklenmesinden daha ucuzdur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Volkswagen AG, Wolfsburg, Almanya.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [54, BMLFUW Avusturya, 2003] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [128, TWG, 2005

20.11.1.7. Merkezi atık gaz arıtımı

Tanım: Esnek ambalaj üretiminde merkezi olmayan atık gaz arıtımının herhangi bir avantajı yoktur. Preslere 8 – 12 kurutucu yerleştirilir ve farklı preslerden gelen tüm kurutucular tek bir merkezi termal arıtmaya gönderilir. Bunun nedeni her bir pres için kullanılacak olan emisyon kontrol ekipmanının genellikle tepeye, presin hemen üzerine takılmak zorunda olmasıdır. Tepe destek kuvvetinin bazı özellikleri, daha büyük ve ağır olan kontrol ekipmanlarının kullanılmasına olanak vermemektedir. Rejeneratif termal oksitleyici gibi, üretim binasının hemen yanına kurulabilecek bir merkezi gaz arıtma sistemi, atık gazların sistemde daha uzun süre kalabilmesine ve daha fazla termal verimlilik elde edilmesine olanak sağlayacak büyüklükte inşa edilebilir.

Esnek ambalaj baskısı kesikli bir prosestir. Her bir pres, kurulum ya da değiştirme işlemi nedeniyle üretim süresinin % 30 - 50'si kadar bir süre boyunca hat dışında kalabilir. Preslerin aktif olmadığı bu süre içerisinde, pres için tahsis edilmiş spesifik bir oksitleyicinin sıcaklığın aynı kalması için yakıt yakmaya devam etmesi gerekir. Merkezi atık gaz arıtma sistemlerinin büyük çoğunluğunda, hava akışının çalışır durumda olabilecek herhangi bir pres ya da preslerden gelen egzoza göre ayarlanmasını sağlayan değişken frekans sürücüler (bkz. Bölüm 20.11.1.5) kullanılmaktadır.

Rejeneratif termal oksitleyicilerde sadece solvent yüklü hava yakıldığından, ek yakıtın gerekli olmadığı durumlarda genellikle ototermal operasyon sürdürülebilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [54, BMLFUW Avusturya, 2003] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

20.11.2. Atık gazların tutulması ve toplanması

Bu bölümde boya kaplama uygulamalarından ve kurutma proseslerinden kaynaklanan atık gazların tutulması ve toplanması ele alınmaktadır. Solventlerin idaresi ve depolanması, Bölüm 20.2.2.1'de ele alınmıştır. Toplama ve arıtma sistemlerine dair seçenekler ise CWW BREF'inde açıklanmıştır [67, EIPPCB, 2003].

20.11.2.1. Kapsülleme/sarmalama

Tanım: Kaçak emisyonların salınımını engellemek için, makinelerin parçaları ya da tüm hat kapsüllenebilir/sarmalanabilir. Sarmalama, makinelerin yol açabileceği kazaları önlemek ya da gürültüyü azaltmak amacıyla iş sağlığı ve iş güvenliğine yönelik olarak da kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyon salınımının ve gürültünün azalması sağlanır. Atılacak hava hacmini (ve dolayısıyla kullanılan enerjiyi) düşük seviyeye indirir. Atık gaz arıtma tesisinin ölçeğini ve burada kullanılan enerjiyi azaltır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Yayın gravürü baskı makinelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

20.11.2.2. Fırınların/kurutucuların giriş ve çıkışlarının hava sızdırmaz malzeme ile kaplanması

Bkz. Bölüm 20.11.2.1 ve 14.4.8.2.

Tanım: Fırınların/kurutucuların giriş ve çıkışlarının hava sızdırmaz malzeme ile kaplanması kaçak emisyonların önlenmesine yardımcı olur.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyon salınımının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Coil coating endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurutuculara genellikle negatif basınç yapılması gerekir (bkz. Bölüm 20.11.2.3).

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

20.11.2.3. Kurutmada negatif basınç

Bkz. Bölüm 20.11.2.1 ve 14.4.8.2.

Tanım: VOC emisyonlarının, sızıntı ya da kaçak yoluyla salınımı ihtimalinin minimum seviyeye indirilmesi için, fırınlar/kurutucular negatif basınç altında tutulur. Genellikle uygulanan hava enjeksiyon hacmi, egzoz hacminin % 70 - 75'i kadardır.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyon salınımının azalması sağlanır. Negatif basınç, havanın fırına gitmesini sağlar ve ıslak boyama prosesinden çıkan VOC buharının fırına girerken yakalanmasını kolaylaştırır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Ekstraksiyon sisteminin kullanılmasını gerektirir.

Uygulanabilirlik: Coil coating endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.11.2.4. Boya kaplama proseslerinden hava ekstraksiyonu

Tanım: Ana proseste kullanılan baskı presleri gibi uygulama makinelerinden, coil coating hatlarından ya da otomotiv kaplama hatlarından hava çekilebilir. Uygulama ekipmanı açık olabileceği gibi (aslında tüm alandan hava ekstraksiyonu yapılır: Bazı endüstrilerde bu işlem iş sağlığı ve güvenliği gerekçesi ile uygulanır), kısmen ya da tamamen kapalı da olabilir. Ekstraksiyon işleminden geçen hava arıtılabilir.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyon salınımının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Ekstraksiyon işlemi enerji gerektirir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Solvent bazlı hammaddelerin karıştırıldığı (örn. belli bir viskozite ya da renk elde etmek için) alanlara ekstraksiyon sistemi kurulabilir ve böylece solvent yüklü hava atık gaz arıtma sistemine yönlendirilir.

Uygulanabilirlik: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Fleksografi ve ambalaj gravüründe, mürekkep karıştırma alanlarından hava ekstraksiyonu yapılır, ancak bu hava normal bir şekilde yakılmaz.

Esnek ambalaj üretiminde modern cilalama makineleri tamamıyla kapsüllenebilir ve kapsüllenen alan negatif basınçlı kurutucular yoluyla havalandırılır. Tüm emisyonlar insineratöre gönderilir.

Coil coating fabrikalarında, proses ekipmanlarından çıkan emisyon miktarı kurutucuların çalışmasından kaynaklanan emisyon miktarı ile kıyaslandığında önemli sayılmayacak düzeyde ise, doğrudan havaya bırakılır. Bu işlemdeki hava akış hacminin yüksek olması nedeniyle, havadaki emisyonların azaltılması için çok fazla enerji gerekir. Kullanılan enerji miktarı emisyonların azaltılması ile kazanılabilecek çevresel faydayı geride bırakabilir. Kurutuculardan (ve yeni tesislerde boya kaplamadan) çıkan hava, ekstraksiyon işleminden geçer ve termal oksidasyon ile arıtılır.

Uçak gövdeleri ve gemi gibi büyük parçaların boya kaplamalarında, atık gaz için kapsama alanı yaratılması ve ekstraksiyon işlemleri pek de pratik olmayabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.2.5. Kurutma proseslerinden hava ekstraksiyonu

Tanım: Kurutuculara ve fırınlara, solvent emisyonlarını atık gaz arıtma sistemine yönlendiren hava ekstraksiyon sistemi kurulur.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyon salınımının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Ekstraksiyon işlemi enerji gerektirir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Genelikle uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.11.2.6. Soğutma alanından hava ekstraksiyonu

Tanım: Kuruma/kurutma işleminden sonra soğutma yapılabilir. Soğutmanın yapıldığı alan kapatılabilir. Solvent içeren atık gazlar ekstraksiyon işleminden geçebilir ve ardından azaltma ekipmanına gönderilebilir.

Çevresel faydalar: VOC emisyonlarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Coil coating tesislerinde yaygın olarak uygulanmaktadır (bkz. Bölüm 14.4.8.7).

Ekonomiklik: Maliyeti yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.11.2.7. Temizleme proseslerinden hava ekstraksiyonu

Tanım: Makine parça ve ekipmanlarının elle ya da otomatik olarak temizlendiği alanlara, solvent emisyonlarını atık gaz arıtma tesisine yönlendiren hava ekstrakiyon sistemi kurulur.

Çevresel faydalar: Kaçak solvent emisyonlarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Ekstraksiyon işlemi enerji gerektirir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Temizleme makineleri seyrek olarak ve düzensiz aralıklarla kullanılıyor olabilir. Bu makinelerin azaltma ekipmanına bağlanması, nadiren kullanılacak ekstra kapasitenin temin edilmesini gerektirebilir.

Uygulanabilirlik: Bkz. Bölüm 20.9.

Elle yapılan temizleme çok düşük solvent konsantrasyonuna neden olur ve ekstraksiyon işleminden geçirilen havadaki emisyon oranı OEL'nin çok altında kalabilir. Genellikle bu kadar düşük konsantasyonlu atık gazların insineratöre gönderilmesi pratik bir yol değildir.

Otomatik temizleme: Yıkama makineleri açılmadan önce bu makinelerin içindeki havanın alınması gerekir. Bu makinelerde kısa süreliğine de olsa oldukça yoğun konsantrasyonlar oluşur. Buradan çıkarılan hava, özellikle de atık gaz arıtma sistemi tam olarak kullanılmıyorsa, genellikle insineratöre gönderilir. Bu uygulama ambalaj baskı tesislerinde kullanılmaktadır, çünkü bu tesislerde atık gaz arıtma sistemi bulunmaktadır.

Emayedeki solventlerin kaynama noktaları çok yüksek olduğundan, bu işlem tel sargı endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Maliyet mevcut ekstraksiyon sistemine ve atık gaz arıtma tekniğinin kapasitesine göre değişir. Bu nedenle mevcut sistemlerde iyileştirme yapılması amacıyla uygulanması çok pahalı olabilir. Ancak, otomatik yıkama makinelerine küçük insineratörler yerleştirilebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.2.8. Hammadde ve atık depolarından hava ekstraksiyonu

Tanım: Güvenlik gerekçesi ile yeni malzemelerin bulunduğu depolar, solvent içeren atıklar (konteynırlarda depolanan kirli bezler, solvent bazlı artıklar, bkz. Bölüm 20.2.2.1) ayrı birer ekstraksiyon noktaları olabilir. Solvent buharları havadan daha ağır olduğu için, ekstraksiyon noktası düşük bir seviyeye ayarlanmalıdır.

Çevresel faydalar: Atık gaz arıtılırsa, kaçak solvent emisyonlarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir. Ekstraksiyon işlemi için tüketilen enerji artar.

Operasyonel veri: Yayın gravürü tesislerinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Yeni ve mevcut tesislerde, solvent içeren atıkların saklandığı tüm kapalı depolarda kullanılabilir. Ekstraksiyon işleminden geçen havanın atık gaz arıtma sistemine gönderilip gönderilmeyeceği havanın hacmine ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. VOC konsantrasyonları genellikle düşüktür.

Ekonomiklik: Solvent geri kazanım sisteminin toplam maliyeti ile kıyaslandığında, bu uygulamanın maliyeti düşüktür. Kazanılan 1 kg. tolüen başına yapılan tasarruf yaklaşık 0.50 Avro'dur. Ancak, gereksinim duyulan ekstra kapasite de maliyetlidir. Atılmayan 1 kg başına düşen maliyet yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.3. Ön işlem, filtrasyon, ovalama

20.11.3.1. İç solvent konsantrasyonunun arttırılması

Tanım: Solvent yüklü havanın kurutucularda veya boya kabinlerinde devir daim etmesinin sağlanması (gerekli partikül ayırma ve dehidrasyon işlemlerinden sonra) havadaki solvent konsantrasyonunu arttırır ve bu da atık gaz arıtma sistemindeki solvent azaltma verimliliğinin artmasını sağlar. Bu işleme 'iç konsantrasyon' da denir.

Yangın ve patlama risklerinden kaçınmak için hava akışının azaltılması işlemi sınırlı ölçüde yapılmaktadır: Hava akışı ne kadar az olursa, solvent konsantrasyonu o kadar çok olur ve böylece yangın ve patlama riskleri de artar.

Bu nedenle bu tekniğin kurutucularda uygulanmasının ön koşulu bir en düşük patlama limiti kontrol sisteminin kurulmasıdır. Bu kontrol sistemi; kurutuculardaki havalandırma oranının, ortaya çıkabilecek maksimum solvent konsantrasyonlarının söz konusu solventin LEL değerinin belli bir yüzdesini aşmamasını sağlayacak şekilde tasarlanmasını temin etmek için gereklidir. Tablo 20.11'de esnek ambalaj baskısında güvenli sayılabilecek LEL %'leri gösterilmektedir:

Durum	Maksimum LEL %'si
Açık alev ya da elektrikle ısıtılan kurutucular	25
Açık alev ya da elektrikle kapsamlı güvenlik önlemleri ile ısıtılan kurutucular	50
Termal yağ ya da buharla ısıtılan kurutucular	50

Tablo 20.11: Esnek ambalaj baskısında kullanılan kurutuculardaki kabul edilebilir maksimum LEL seviyeleri
[4, Intergraf ve EGF, 1999]

İç konsantrasyonun haricinde, 'dış' konsantrasyon oluşturulması da mümkündür. Örneğin: insinerasyondan önce uygulanabilecek bir adsorpsiyon adımı ile; bkz. Bölüm 20.11.6.1.

Çevresel faydalar: Kurutuculardan gelen hava akışının azaltılması için herhangi bir önlemin alınmadığı flekso ya da ambalaj gravürü tesislerinde, atık gazdaki ortalama solvent konsantrasyonu 1 – 2 g/m^3'ten daha fazla olamaz.

Etanol, etil asetat ya da MEK gibi solventler için, ilgili operasyon sıcaklıklarındaki LEL yaklaşık 50 g/m^3'tür. % 25 LEL seviyesi ise aşağı yukarı 10 veya 12 g/m^3'tür. Bu oran her bir kurutucudaki maksimum konsantrasyona denk gelmektedir ve bu konsantrasyon tüm kurutuculardа aynı anda elde edilemez. Hava akışının azaltılması için önlemlerin alındığı durumlarda, ortalama solvent konsantrasyonu 4 – 6 g/m^3'e kadar çıkabilir. Bu seviyeler ekstra yakıt eklenmeden rejeneratif insinerasyon yapılmasına olanak verir.

Hava zaten ısıtıldığı ve ısıyı hala muhafaza ettiği için düşük sıcaklıklarda, enerji kullanımı azalır. Bu nedenle devir daim etmiş havanın optimum (kabin) hava sıcaklığına ulaşması için daha az enerji gerektiği söylenebilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Emisyon azaltma ekipmanının maliyetinin problem teşkil etmediği durumlarda, genellikle geniş güvenlik payı bırakılır. Ancak emisyon azaltma ekipmanı için yatırım yapılması gerektiğinde, söz konusu güvenlik payı gözden geçirilmelidir. Güvenlik payı, maksimum hava akışını ve dolayısıyla emisyon azaltma ekipmanının minimum ölçeğini belirler.

Aktif LEL olmadan da devir daimin yapılabileceği bildirilmiştir. Kabul edilebilecek maksimum devir daim düzeyi, güvenlikle ilgili düzenlemelere göre değişir. Isıtmanın buhar ya da termal yağ ile yapıldığı durumlarda genellikle % 25 LEL, kabul edilebilir bir seviyedir. Isıtmanın elektrikle ya da açık alevle yapıldığı durumlarda ise, kurallar daha katıdır.

Otomotiv endüstrisinde, su bazlı boyahanelerde daha yüksek devir daim seviyeleri elde edilmektedir. Bunun nedeni su bazlı boyalardaki düşük solvent içeriği sayesinde, mesleki maruz kalma limitlerine (manuel kabinlerde) ya da patlama limitlerine (otomatik kabinlerde) daha geç ulaşılmasıdır. Ancak, su bazlı boya kabinlerinde sıcaklık ve nem açısından uygulanması gereken sıkı operasyon parametreleri nedeniyle devir daim sınırlandırılabilir.

Uygulanabilirlik: Düşük solvent konsantrasyonlarının yüksek egzoz hava akışı oranı ile bir arada bulunduğu durumlarda, yapılan arıtmanın ekonomik olabilmesi için belli bir düzeyde solvent konsantrasyonu yapılması gerekir. Hava akışındaki solvent konsantrasyonunun arttırılması geleneksel kurutuculardа ve boya kabinlerinde uygulanabilir.

Kurutuculardа bu teknik çoğunlukla baskı proseslerinde, yayın gravüründe (tolüenin geri kazanım düzeyini arttırmak için), fleksografide, ambalaj gravüründe ve otomotiv endüstrisinde uygulanmaktadır. Yayın gravüründe ise yeni preslerin hava akışları çok fazladır. Bu nedenle iç solvent konsantrasyonu arttırma işleminin mevcut geri kazanım tesislerine entegre edilmesi pek de ekonomik değildir. Ayrıca yeni presler için verilecek ruhsatlarda daha sıkı ELV'ler uygulanmaktadır. Bu da sistemin mevcut geri kazanım tesislerine entegre edilmesini zorlaştırmaktadır.

Bu teknik zımpara imalatında da, maksimum üretim hattı hızının, tutuşma noktası en düşük olan maddenin % 50 LEL seviyesinde yakalandığı durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır: Hattın hızı bu seviyeye gelene kadar elektronik olarak kontrol edilmektedir.

Ekonomiklik: Solvent konsantrasyonlarını arttırmanın ve hava akışını azaltmanın maliyeti sadece preslerin yaşına ve yapısına değil, aynı zamanda elde edilen azaltmanın ölçeğine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Boru sonu azaltma tekniğinin uygulanacağı durumlarda genellikle hava akışının, daha sonra yapılacak azaltma işlemlerinin marjinal maliyeti, ek emisyon azaltma ekipmanı kapasitesinin marjinal maliyetine eşit olana kadar düşürülmesi mantıklı bir uygulama olacaktır. Baskı tesislerinde kullanılan insineratörlerde bu maliyet m^3/saat başına yaklaşık 10 – 15 Avrodur.

Hava akışının azaltılması enerji tüketimini de azaltır. Daha az hava kullanılacağından, ısıtılması gereken hava miktarı da daha az olur. Kurutma sıcaklıklarının düşük olduğu durumlarda (40 – 60 ^{o}C) bu tür tasarruflar tek başlarına, yapılan tasarrufla yeni bir yatırım yapılabileceğine dair teminat veremez.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Sermaye yatırımının, emisyon azaltma ekipmanlarının operasyon maliyetlerinin ve enerji gereksiniminin daha düşük olması.

Örnek tesisler: Avrupa'daki Ford fabrikaları. Tüm modern ambalaj gravürü presleri.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [4, Intergraf ve EGF, 1999] [12, UBA Almanya, 2002] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.3.2. Dış solvent konsantrasyonunun arttırılması

Tanım: Havadaki solvent konsantrasyonu, boya kabininin ya da kurutucunun içindeki havanın adsorpsiyon ekipmanı aracılığıyla sürekli olarak devir daim ettirilmesi ile arttırılabilir. Bu ekipman aşağıdakilerden biri olabilir:

- Aktif karbon ya da zeolit polimerli sabit yataklı adsorber,
- Aktif karbonlu akışkan yataklı adsorber,
- Aktif karbonlu rotor adsorber (yoğunlaştırıcı çark)

Çevresel faydalar: Solvent yükünün 1:6 – 1:30 oranında (işlenmemiş gaz konsantrasyonuna bağlı olarak) dış sıcak hava akımına dönüştürülmesi sağlanır. Nispeten düşük orandaki atık gaz akışı insinerasyon ya da tekrar kullanılmak üzere yoğunlaştırma yoluyla (temizleme soventi gibi) ekonomik olarak bertaraf edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Enerji kullanımı artar.

Operasyonel veri: Otomotiv endüstrisinde hava akışı, adsropsiyon işleminden önce partiküllerin temizlenmesi için arıtılmalıdır; aksi taktirde adsorpsiyon işlemi partiküllerden etkilenir. Arıtma işlemi ile 1 – 3 mg/m^3 oranının altına inilmelidir. Temizlik aşağıdaki tekniklerden biri ile yapılabilir:

- Islak elektrostatik çökeltme

- Yüksek basınçlı işlem
- Kaset filtreleri.

Uygulanabilirlik: Bu teknik sadece konsantrasyonu arttırma ve hava akışını azaltma maliyetinin, ek arıtma kapasitesi maliyetinden daha az olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Kosantrasyonların ototermik yakma için yeterli olduğu hallerde bu teknik uygulanmaz.

Bu teknik genellikle konsantrasyonu çok düşük olan büyük hacimli hava akışlarının arıtılmasının gerektiği durumlarda (0.25 g/m^3 konsantrasyonlu 250000 m^3/saat) kullanılmaktadır. Operasyonel maliyetler yükseldiğinden (fanlar, ısıtma ve soğutma, vs.), bu hava akışı oranı geçerli olduğunda bile, uygulama ile fayda maliyeti elde edilip edilmeyeceği kesin değildir.

Uygulama ayrıca sadece belli solvent türleri ile yapılabilmektedir. Solventler çok yüksek olmayan, uygun sıcaklıklarda zeolitten karbona gönderilmelidir, aksi taktirde karbon tıkanır ve ömrü kısalır.

Otomotiv endüstrisinde bu teknik, solvent bazlı boya kabinlerinden çıkan atık gazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Su bazlı boya kabinlerinde de kullanılabilir, fakat su bazlı boyalarda hava akışındaki solvent oranı düşük olduğundan bu tekniğin kullanımı pek de ekonomik değildir.

Bu teknik yapışkan madde imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Solvent gaz sıcaklıkları 38 ^{o}C'yi aştığında, aktif karbonlu ya da zeolit polimerli rotor adsorplayıcıların (yoğunlaştırıcı çark) verimliliği büyük ölçüde düşmektedir. Esnek ambalaj üreten preslerdeki kurutuculardan çıkan atık gazın sıcaklıklığı genellikle 38 ^{o}C'yi aşar. Bu da esnek ambalaj endüstrinde rotor yoğunlaştırıcı kullanılmasının, uygun bir seçenek olmadığı anlamına gelir. Bu teknik yayın gravüründe, heatset ve esnek ambalaj baskısında kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Solventlerin tekrar kullanılmak üzere yoğunlaştırılmasının getireceği maliyete karşı yeni malzeme satın alınmasının maliyeti, bu tekniğin kullanımının yerel maliyet koşullarına ve yeni malzemelerin satın alma fiyatlarına bağlı olarak değiştiği anlamına gelmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: VOC emisyonlarının azaltılması ve atık gazların tekrar kullanılması olasılığı.

Örnek tesisler: Avrupa'daki Ford fabrikaları.

Referans kaynakçası: [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.3.3. Plenum (hava toplama odası) kullanılarak dış hava konsantrasyonunun arttırılması

Tanım: Plenum, fandan gelen havayı dağıtmak üzere (havalandırma sisteminde olduğu gibi) çeken bir yapı içerisindeki havayla dolu alandır. Plenum bu teknikte, solvent konsantrasyonunun arttırılması ve emisyon azaltma tekniği ile arıtılacak net hava hacminin

düşürülmesi için, kurutuculardan çıkan havanın dış sirkülasyonunu sağlayan sistemin en önemli parçasıdır.

Birkaç kurutucudan ve çoğunlukla birkaç farklı boyama makinesinden çıkan egzoz havası büyük bir odaya, yani plenum'a gönderilir. Kurutucuların emme havasının büyük bir çoğunluğu bu odadan alınır. Kurutucuların emme havaları boyama makinesinin çevresideki hava ile de desteklenir. Böylece, plenumdan kurutucuya çekilecek havadan daha fazlası plenuma girmiş olur. Plenumdan çıkacak fazla hava, boru sonu azaltma sistemine gönderilir.

Plenumdaki solvent konsantrasyonu sürekli olarak ölçülür. Kurutucuların plenumdan aldığı havanın konsantrasyonunun % 25 LEL seviyesine kadar çıkmasına izin verilir. Kurutucular egzoz havalarının % 25 LEL seviyesini aşmamasını sağlayacak kadar temiz havayı da çevrelerinden alırlar. Plenumdaki havanın konsantrasyonu çok yükselirse, plenumdan daha fazla hava alınır ve içerisindeki hava temiz hava ile desteklenir.

Plenum kurutuculardaki iç hava sirkülasyonuna alternatif bir sistemdir.

Çevresel faydalar: Emisyon azaltma tekniği ile arıtılması gereken net hava hacmi büyük ölçüde azaltılır. Azaltma tekniğinin ototermik operasyonu mümkün olur. Yakma işleminden enerji geri kazanımı sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Kurutuculardaki ısıtılması gereken net hava miktarı, kurutucunun etrafından alınan hava miktarı seviyesine düştüğü için, enerji tasarrufu sağlanır.

Operasyonel veri: Kurutucuların herhangi bir iç devir daim olmadan kullanıldığı ve bu şekilde çıkış solvent konsantrasyonunun m^3 başına bir ya da iki gramı geçmeyeceği durumlarda bu sistemin kullanılmasıyla, emisyon azaltma tekniği ile arıtılması gereken net hava akışı % 80'e varan oranda azaltılabilir.

Uygulanabilirlik: Kurutucudan çıkan havadaki solvent konsantrasyonunun düşük olduğu, kurutucunun içindeki havanın devir daiminin teknik olarak mümkün olmadığı ya da bu işlemin tesiste çok fazla kurutucu olmasından dolayı çok pahalı olduğu durumlarda kullanılabilir. Örnek olarak her birinde sekiz ya da daha fazla kurutucu bulunan, birkaç eski fleksografik presin ya da gravür presinin kullanıldığı durumlar verilebilir.

Tüm kurutucuların emme sıcaklığı aynıdır. Kurutuculardan birkaçında yüksek sıcaklığın gerektiği, diğerlerinde ise gerekmediği hallerde bu durum problemlere yol açabilir.

Ekonomiklik: Plenum ucuz bir teknik değildir. Kurutucularda iç devir daimin yapılabildiği ve kurutucu sayısının sınırlı olduğu durumlarda, büyük bir oksitleyici ile birlikte uygulanan iç devir daimin net maliyeti daha düşük olabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Alternatifleri ile kıyaslandığında uygulanabilir olduğu (bkz. yukarıdaki bilgiler) ve ekonomik olarak avantaj sağladığı durumlarda kullanılabilir.

Örnek tesisler: LPF, Leeuwarden, Hollanda.

Referans kaynakçası: [167, Verspoor ve Sitmae Danışmanlık, 2005]

Şekil 20.7: Plenum odası

20.11.3.4. Membran filtrasyonu

Tanım: Membran filtrasyonu, VOC bakımından zengin olan gazın organik seçici membran modülünden geçirildiği bir konsantrasyon tekniğidir.

Çevresel faydalar: VOC bakımından zengin olan gazdaki VOC'lerin geri kazanılması sağlanır [yoğunlaştırma (bkz. Bölüm 20.11.5) ya da adsorpsiyon (bkz. Bölüm 20.11.6) yoluyla].

Çapraz medya etkileri: Filtreleme için enerji gerekir. Daha sonra yapılan arıtmaların ardından bile, bertaraf edilmesi gereken kalıntılar ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Membranlar spesifik moleküllerde daha iyi sonuçlar verir.

Solventler proseste tekrar kullanılamadığından, bu teknik tel sargı endüstrisinde uygulanmamaktadır. Metal ambalaj üretiminde ve otomotiv endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004]

20.11.3.5. Venturi ile partikül ayırma

Tanım: Boya partikülleri içeren atık gaz, bir venturi sistemi yardımıyla su damlacıkları ile hızlandırılır. Büyük partiküllerin ayrılmasından sonra yoğun karıştırma yapılır. Su bazlı boya kullanılan durumlarda, ayrıştırılan boya tekrar kullanılabilir.

Çevresel faydalar: % 99'a varan oranda partikül ayırma işlemi gerekleştirilebilir ve geri kalan partiküllerin atık havadaki oranının <3 mg/m^3 (yeni ovalayıcılar kullanıldığında) ve <5 mg/m^3 (geleneksel yanal ovalayıcılar kullanıldığında) olması sağlanabilir (bkz. Bölüm 20.11.2.8).

Kullanılan boya türüne göre, overspreyin geri dönüştürülebilme verimliliği % 50 – 90 arasında değişmektedir.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi yükselebilir. Su damlacıkları atık suyun kristalleşmesine yol açar.

Operasyonel veri: Boyanın spreylenmesi sonucunda yakalanması ve arıtılması gereken oversprey oluşur. Venturi sistemleri genellikle boya malzemelerinin ayrılması için uygulanacak ilk yöntemdir. Tüm tesisin güvenli bir şekilde çalışması, havanın devir daim edebilmesi, çalışma ve çevre ile ilgili hukuki gereksinimlerin yerine getirilmesi için, bu birincil ayırma işleminin yapılması gereklidir.

Uygulanabilirlik: Venturi sistemleri genellikle boya malzemelerinin ayrılması için uygulanacak birincil yöntemdir.

Bu sistemler, ayırma işleminin gerekli olmadığı ve partiküllerin tekrar kullanılmasının mümkün olmadığı tel sargı endüstrisinde uygulanmamaktadır. Taşıt boyahanelerinde de kullanılmamaktadır.

Venturi tekniği toz miktarının azaltılması bakımından da iyi bir uygulamadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Havaya verilen partikül emisyonlarının azalması sağlanır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.11.3.6. Kuru filtre sistemleri

Tanım: Kuru filtre sistemleri atık gazdaki partikülleri gidermek için kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan kuru filtre sistemleri şunlardır:

- Labirent filtreler
- Kağıt filtreler

- Matlar (‘boyahane filtreleri’).

Kuru filtrelerin boya kabinlerinden gelen atık havadaki boya partiküllerini ayırma verimlilikleri yüksektir. Ancak toz boya türlerinden ziyade yapışkan boya spreylerinin ayrılmasında kullanıldıkları zaman, bu filtrelerin kullanım ömürleri oldukça kısadır ve bu tür boyalarla kullanılacakları zaman, filtrelere çok iyi bakım yapılması gerekir.

Çevresel faydalar: Partikülleri giderme verimliliği % 85 – 95 arasındadır. Labirent filtreleri ile çoğunlukla % 85, kağıt filtrelerle % 90 ve ‘boyahane filtreleri’ ile % 95 oranında verim elde edilir.

Çapraz medya etkileri: Filtreleme enerji gerektirir, atık ve gürültüye yol açar. Islak ayırma tekniklerine göre, yangın riski daha yüksektir.

Operasyonel veri: Boyanın spreylenmesi sonucunda yakalanması ve arıtılması gereken oversprey oluşur. Kuru filtreler Bölüm 20.11.3.5’te açıklanan venturi siteminden sonra ikinci ayırma yöntemi olarak uygulanmaktadır. Kuru filtre, solvent konsantrasyonu elde edilmesi için ön işlem işlevi görür (bkz. bölüm 20.11.3.2). Geri kalan partikül miktarı, boya kabininden çıkan temizlenmiş atık gazın doğrudan atık gaz arıtma tesisine gönderilip gönderilmediğine bağlı olarak değişir. Boya partiküllerinin venturi yıkayıcılardan geçtikten sonra tekrar ayrılması için, ek boya partikül ayırıcıları gerekebilir. Özellikle de solventlerin geri kazanımına yönelik hava akışı devir daimi söz konusuysa ya da daha sonra kullanılacak tesis parçalarının (rotor, ısı değiştirici) korunması gerekiyorsa, ikincil ayırma yöntemleri kullanılır.

Uygulanabilirlik: Kuru filtrelerin ahşap malzeme ve mobilya boyama işlemlerinde kullanımları gittikçe artmaktadır. Bu filtreler zımpara imalatında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca zımparalama, kesme, bıçkı, vs. gibi aktivitelerle ilgili işlemlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu teknik genellikle otomotiv endüstrisindeki büyük boyahanelerde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Yatırım maliyetleri düşüktür, ancak operasyon maliyetleri yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: İş sağlığı ve güvenliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [68, ACEA, 2004] [12, UBA Almanya, 2002] [67, EIPPCB, 2003, 76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

20.11.3.7. Elektrostatik filtre (presipitatör)

Tanım: Elektrostatik filtreler (presipitatörler) atık gazdaki partikülleri gidermek için kullanılmaktadır. Partiküller elektrostatik bir alanda yüklenir ve yoğunlaştırma plakalarına doğru ilerler. Partiküller ortadan kaldırılır: Islak sistemlerde bu işlem su ile yıkama yoluyla yapılır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir. Islak elektrostatik filtrelerle yapılan işlemlerde arıtılması gereken ıslak atık ve atık su ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Boyanın spreylenmesi sonucunda tutulması ve arıtılması gereken oversprey oluşur. Elektrostatik filtreler Bölüm 20.11.3.5'te açıklanan venturi siteminden sonra ikinci ayırma yöntemi olarak uygulanmaktadır. Elektrostatik filtre solvent konsantrasyonu elde etmek için ön işlem işlevi görür (bkz. bölüm 20.11.3.2).

Uygulanabilirlik: Fiili kullanımına ilişkin veri sunulmamıştır.

Otomotiv endüstrisinde, zımpara imalatında ya da gemi ve uçak parçalarının boya kaplamalarında kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Genellikle, kuru filtrelere göre elektrostatik filtrelerin kurulum maliyetleri daha yüksektir, ancak operasyon maliyetleri düşüktür.

Kurulum/yatırım maliyetleri: 30000 – 200000 Nm^3/saatlik sistemler için 60 – 300 Avro. Operasyon maliyetleri: 50000 Nm^3/saatten daha büyük sistemler için 1000 Nm^3/saat başına 0.05 – 0.1 Avro'dur. Çamurun ortadan kaldırılmasından kaynaklanan ek maliyetler ve çevresel etki, temel tesis için enerji maliyetleri (0.17 – 0.35 kWh/Nm^3), vantilatör fanının tükettiği enerji (0.17 – 0.5 kWh/Nm^3), (2004'te yayımlanmıştır).

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [67, EIPPCB, 2003, 68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006] [145, VITO, 2004]

20.11.3.8. Ovalayıcı

Tanım: Atık gazdaki boya partikülleri hava akımı beslemeli ovalayıcı kollektörlerde atık havanın su ile yoğun bir şekilde karıştırılması sonucunda ayrılır. Toz ve NOx gibi diğer kirleticileri gidermek için su ovalayıcıları da kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.11.9.3).

Otomobil endüstrisinde partiküllerin su ile çok iyi derecede karıştırılmasını sağlamak için, venturi ovalayıcı denilen özel bir ovalayıcı (venturi prensibine dayalı olan) kullanılmaktadır. Venturi ovalayıcı, atık havadaki boya overspreyinin ayrılması için başka bir ön işlem yapılmaksızın kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Havaya verilen partikül emisyonunun azalması sağlanır. Hava akışı beslemeli bir ovalayıcıda, boya partikülleri % 90'a varan oranda ayrılabilmektedir (Bölüm 20.11.3.5'te açıklanan birincil ayırma işleminden sonra).

Çapraz medya etkileri: Filtreleme işlemi enerji gerektirir ve gürültüye, atık ve atık su oluşumuna yol açabilir.

Operasyonel veri: Boyanın spreylenmesi sonucunda yakalanması ve arıtılması gereken oversprey oluşur. Ovalayıcılar Bölüm 20.11.3.5'te açıklanan venturi siteminden sonra ikincil

ayırma yöntemi olarak uygulanmaktadır. Ovalayıcı, solvent konsantrasyonunun arttırılması için ön işlem işlevi görebilir (bkz. bölüm 20.11.3.2). Geri kalan partikül miktarı, boya kabininden çıkan temizlenmiş atık gazın doğrudan atık gaz arıtma tesisine gönderilip gönderilmediğine bağlı olarak değişir. Boya partiküllerinin venturi yıkayıcılardan geçtikten sonra tekrar ayrılması için, ek boya partikül ayırıcıları gerekebilir. Özellikle de solventlerin geri kazanımına yönelik hava akışı devir daimi söz konusuysa ya da daha sonra kullanılacak tesis parçalarının (rotor, ısı değiştirici) korunması gerekiyorsa, ikincil ayırma yöntemleri kullanılır

Uygulanabilirlik: Bkz. yukarıda yer alan Tanım kısmı.

Tel sargı endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Sermaye maliyeti: 1000 Nm^3/saat başına 2000 – 30000 Avro (devir daim pompası ile ovalayıcı); maliyet uygulamaya bağlı olarak (örn. gazdaki pisliğin türüne) büyük ölçüde değişmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [145, VITO, 2004]

20.11.4. Oksidasyon

Ek 24.9, atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanımı ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

Ek yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında, normalde 50 mg/m^3 değerinin altında seyreden yanmayan CH_4 emisyonları otaya çıkabilir.

Şayet solvent karışımı H, C veya O dışındaki elementleri içeriyorsa tehlikeli, toksik ve/veya korozif yan ürünler ortaya çıkabilir. Halojenize bileşikler içeren solventler zararlı baca gazları çıkmasına neden olur. Bu baca gazları nitrojen içerdiği zaman NO_x, sülfür içerdiği zaman SO_x ortaya çıkar. Kanal sisteminin ve baca deliğinin oksidasyonu söz konusu olabilir.

20.11.4.1. Proses ısıtmada yakıt desteği

Tanım: Arıtılacak olan atık gaz, yakma havası ya da tamamlayıcı yakıt olarak mevcut bir ısıtıcıya gönderilir (örn. buhar kazanı).

Çevresel faydalar: Solvent emisyonları arıtılır, buhar kazanının emisyonlarında bir değişiklik olmaz, çünkü yakıt yerine solvent kullanılır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bu işlem için kullanılacak buhar kazanının çalışır durumda olması ve buhar oluştuğu sürece buhar alabilmesi gerekir. Buhar kazanları genellikle sürekli çalışır, ancak solvent yüklemesi kesintili bir şekilde gerçekleşebilir. Halojenize solventlerde gerektiğinde düşük seviyeler yakalanabilir, ancak daha düşük VOC seviyelerine ulaşmak için ek yakıt desteği gereklidir.

Emme gazının konsantrasyonunu sınırlayan tek şey, arıtılabilecek maksimum LEL değeri ve hava akışının mevcut buhar kazanının kapasitesine bağlı olmasıdır.

Bu teknik ile tüm solvent türleri ve solvent karışımları arıtılabilir ve spesifik bir ön işlem ya da uygulama sonrası işlem gerektirmez; ancak genellikle düzgün bir CO kontrolü yapılır.

Uygulanabilirlik: Bu tekniğin uygulanması kolaydır ve kapasitesi yeterli olan buhar kazanları ile enerji gereksinimi yüksek olan üretim prosesleri için kullanımı uygundur.

Sülfür, nitrojen ya da diğer tehlikeli maddeleri içeren halojenize solventlerde uygulanmamaktadır (bkz. yukarıda yer alan Çapraz medya etkileri).

Tel sargı endüstrisinde, araç boyahanelerinde, yayın gravüründe (solvent geri kazanımı yapan), heatset ya da esnek ambalajlarda (kapasitesi yeterli olan ısıtıcı yoktur) kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Prosesin buhar kazanına uzaklığı arttıkça, maliyet de artmaktadır. Bununla birlikte bu teknik genel anlamda düşük maliyetli bir tekniktir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.4.2. Termal oksidasyon

Tanım: VOC'lerin basit bir oksidasyon odasında, egzoz havasından gelen oksijenle oluşan kimyasal reaksiyon sonucunda oksitlenmesi işlemidir.

Çevresel faydalar: Emisyonların >% 99'a varan oranda (ortalama 24 saatte) temizlenmesi sağlanır, ancak bu durum emme konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Arıtmadan sonra elde edilen konsantrasyon değeri genellikle 20 – 50 mg C/m^3 arasında olup, daha düşük değerlerin yakalanması da mümkündür. Halojenize solventlerde de gerektiğinde daha düşük seviyelere ulaşılabilmektedir. Fakat daha düşük VOC seviyelerinin elde edilmesi için ek yakıt kullanılması gerekebilir.

Zımpara imalatında maksimum fenol ve formaldehit seviyesinin 20 mg/m^3'ün altında olduğu uygulamalar mevcuttur.

Bu teknik, kokunun azaltılması için de kullanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Gereken yanma sıcaklıklarına ulaşabilmek için, büyük miktarda ek yakıta ihtiyaç duyulmaktadır: Enerji gereksinimi reküperatif ve rejeneratif oksidasyonda olduğundan daha yüksektir. NO_x, CO ve CO_2 emisyonları açığa çıkabilir, bu maddelerden her biri için maksimum seviye normalde 200 mg/m^3'ün altındadır.

Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Atık gazdaki solvent normalde 680–750 ^oC sıcaklıkta bertaraf edilmektedir ve bu şekilde solvent yükünün hemen hemen tamamı yakılabilmektedir. Oksitleyiciler genellikle dengeli minimum toplam emisyona göre ayarlı parametrelerle çalışmaktadır.

Emme gazının konsantrasyonuna sınırlama getiren tek şey, maksimum LEL değerleridir. Sistemin çalışmaya başlama süresi sadece beş dakikadır. Emme sıcaklığı ile ilgili herhangi bir limit yoktur.

Oksitleyiciler kaplama sistemine monte edildikleri zaman, sürekli çalışır halde olmalıdır, çünkü kaplama sistemi sıcak tutulmalıdır. Sitemin atıl olduğu zamanlarda da sıcak tutulması için gereken yakıt miktarı, sürekli çalışmayan sistemler için önemli bir konudur.

Toz konsantrasyonu <3 mg/Nm^3 olmalıdır, fakat organik toz partikülleri yakılırken bu oran daha fazla olabilir.

Üniteler kurutucuya entegre edilebilir ya da birkaç kurutucu için merkezi bir sistem olarak kullanılabilir.

Otomotiv endüstrisinde, termal oksidasyondan sonra, 10 mg C/m^3 oranında temizlenmiş gaz konsantrasyonu elde edilebilmektedir.

Uygulanabilirlik: Özellikle VOC konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda (5–16 g/Nm^3) kullanılması uygundur. 25000 Nm^3/saat'ten küçük olan düşük-orta hızdaki hava akışı arıtılabilir. Bu tekniğin en ekonomik şekilde uygulanabildiği akış hızı 5–1000 Nm^3/saat aralığındaki akış hızlarıdır; ve uygulamanın en uygun olduğu prosesler kesikli proseslerdir (örn. günde veya haftada birkaç saat ya da yılda birkaç hafta). Bu teknikle tüm solvent türleri ve solvent karışımları arıtılabilir. Spesifik bir ön işlem ya da uygulama sonrası işlemi gerekmez.

Zımpara imalatında, özellikle geri kazanılmış ısının kullanılamadığı durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknik otomotiv endüstrisinde, kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında da kullanılır. Ayrıca heatset baskı proseslerinde de uygulanmaktadır, ancak günümüzde bunun yerine rejeneratif yakma tercih edilmektedir.

Bu teknik tel sargı endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Bu teknik yatırım maliyeti bakımından en düşük maliyetli oksitleyici türüdür. Ancak çok fazla ek yakıt gerektirdiğinden, operasyonel maliyeti yüksektir. Sermaye ve operasyon maliyetleri yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Koku probleminin kontrol edilmesi.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [12, UBA Almanya, 2002] [54, BMLFUW Avusturya, 2003] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [145, VITO, 2004]

20.11.4.3. Reküperatif termal oksidasyon

Tanım: Bölüm 20.11.4.2'de açıklanan, solventlerin yakılarak bertaraf edilmesi prensibi geçerlidir. Ancak atık sıcak hava, sisteme giren soğuk solvent yüklü havayı ısıtmak için kullanıldığı ya da kurutma prosesine tekrar gönderildiği için enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Her ne kadar ısı değiştiriciler kullanılsa da, yine de ek yakıt kullanımı gerekebilir.

Çevresel faydalar: VOC'lerin neredeyse % 100'ünün bertaraf edilmesi sağlanabilir ve genellikle elde edilen emisyon seviyeleri (24 saatte ortalama) <20 mg C/m^3 ya da (saatte ortalama) <30 mg C/m^3 değerindedir. Termal oksidasyonla kıyaslandığında, bu teknik ile enerjinin % 50 - 70'i ısı değiştiricide toplam ısı olarak geri kazanılabilir.

Metal ambalajların boya kaplama ve baskılarında genellikle elde edilen emisyon seviyeleri 20–50 mg C/Nm^3 arasındadır. Bu sektörde ve bilhassa varil imalatında çoğunlukla % 95 oranında ve maksimum % 97 oranında emisyon bertaraf edilmektedir. Otomobil imalat proseslerinde ise 10 mg C/m^3'e varan temizlenmiş gaz konsantrasyonları elde edilmektedir. Coil coating endüstrisinde de 20–50 mg Cm^3 aralığında emisyon seviyelerine ulaşılmaktadır.

Çapraz medya etkileri: NO_x CO_2 ve CO emisyonları açığa çıkabilir. Gürültü seviyesi artabilir.

Her ne kadar bu teknik, termal oksitleyiciden (bkz. Bölüm 20.11.4.2) daha az enerji harcasa da; emme VOC konsantrasyonunun, yaklaşık 2-3 g/m^3 oranında olan ototermal limitin altında olduğu durumlarda yüksek miktarlarda enerji harcar. Brülörde her zaman bir pilot alev (enerji tüketen) kullanılması gerekir.

Operasyonel veri: Emme gazının konsantrasyonunu sınırlayan tek şey maksimum LEL değerleridir ve VOC seviyeleri düşük olduğunda daha fazla yakıt kullanılması gerekir. Maksimum emme sıcaklığı 400 ^{o}C'dir. Sıcaklık kontrolü yapılması gerekir. Uygulamadan sonra ortaya çıkan VOC konsantrasyonu da sürekli ölçülebilir.

Oksitleyicilerden çıkan enerji, hem gazın hem de solventin yakılmasından kaynaklanmaktadır. Yakılan gazların sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı, enerjinin büyük bir bölümü ısı değiştiricilerde aşağıdaki işlemlerde kullanılmak üzere geri kazanılabilir:

- Yakma işleminden önce, atık gazlara yaklaşık 500 ^{o}C'de ön ısıtma yapılmasında (insineratördeki gaz tüketimini azaltmak için),
- Özellikle 'sıcak hava konveksiyon' fırınlarının kullanıldığı durumlarda, hava enjeksiyonuna fırında, maksimum 400 ^{o}C'de ön ısıtma yapılmasında (fırınlardaki gaz tüketimini azaltmak ya da ortadan kaldırmak için)

- Suyun ısıtılmasında (proses ve/veya temizlikte kullanım için).

'Kızılötesi' veya 'endüksiyon' kurutma gibi teknolojilerin kullanıldığı durumlarda bu tekniğin kullanılmasının, temel enerji gereksinimleri üzerindeki etkisinin belirlenmesine yönelik yeterince veri mevcut değildir. Ancak bu tekniğin kullanılmadığı durumlardaki enerji geri kazanım olanakları, bu tekniğin kullanıldığı durumlarda geçerli değildir.

Halojenize solventler için gerektiğinde daha düşük seviyeler elde edilir.

Uygulanabilirlik: 25000 Nm^3/saat'ten küçük olan düşük-orta hızdaki hava akışı arıtılabilir. Bu tekniğin en ekonomik şekilde uygulanabildiği akış hızı 1000–15000 Nm^3/saat aralığındaki akış hızlarıdır ve uygulamanın en uygun olduğu durumlar kesintisiz prosesler ve 6-12 g/m^3 solvent konsantrasyonundaki atık gazların kullanıldığı durumlardır. Bu teknikle tüm solvent türleri ve solvent karışımları arıtılabilir. Spesifik bir ön işlem ya da uygulama sonrası işlemi gerekmez. Çalışmaya başlama süresi 1 saatten az olduğu için bu teknik hem kesintisiz hem de fasılalı olarak kullanılabilir.

Bu teknik çoğunlukla aşağıdaki uygulamalarda kullanılmaktadır:

- Baskı endüstrisinde, daima ek yakıt ile birlikte
- Coil coating endüstrisinde
- Otomotiv endüstrisinde
- Varil imalat endüstrisinde
- Metal ambalaj endüstrisinde. Ancak yüksek VOC konsantrasyonları, renkli kaplamalarda kalite problemlerine yol açabilir, örn. Beyaz renkler bozulabilir.

Gemilerin boya kaplamalarında nadiren uygulanmakta olup tel sargı endüstrisinde hiç uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Operasyon sıcaklıkları 700 ^oC'den fazla olduğunda sıcaklık uyarmalı malzeme yorgunluğu nedeniyle ısı değiştiricilerin ömrü 8-12 yıla düşebilir. 10000 m^3/saat üretim hacmi olan tesislerde yatırım maliyetleri 150000-250000 Avro arasındadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Reküperatif termal oksidasyon enerji ile ilgili gerekçelerle uygulanmaktadır, örneğin Kyoto anlaşması.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [12, UBA Almanya, 2002] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [79, SEFEL, 2004] [58, ECCA, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.4.4. Rejeneratif termal oksidasyon - çift yataklı

Tanım: Bu oksitleyici her bir yatağı seramik ambalaj ile dolu olan çift yataklı bir sistemden oluşmaktadır. Yataklardan biri arıtılacak gaza ön ısıtma yapılması için kullanılır; diğeri ise oksidasyondan kaynaklanan baca gazları tarafından ısıtılır. Ön ısıtma ve ısı geri kazanım yatakları arasında değişiklik yapılması için, akışın yönü düzenli olarak tersine döndürülür. Bu değişiklik sırasında yanmayan birtakım VOC'ler açığa çıkar.

Emme gazındaki VOC konsantrasyonu ototermal seviyenin üzerinde olan rejeneratif oksitleyiciler 'alevsiz oksitleyiciler' olarak adlandırılmaktadır. Alevsiz operasyon, doğrudan bir yakıt enjeksiyonu (sadece gazlı yakıt ile) ve işlenmemiş gazdaki yeterli oksijen konsantrasyonu kullanılarak da elde edilebilir.

Çevresel faydalar: Bu sistem ile (24 saatte ortalama) 10–20 mg C/Nm^3 aralığında emisyon seviyelerine ve % 95 - 99.5 aralığında emisyon giderme verimliliğine ulaşılabilir. Üretilen fazla enerji tekrar kullanılabilir ve toplamda önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir.

Otomotiv endüstrisinde 10 mg C/Nm^3 oranında temizlenmiş gaz konsantrasyonu elde edilebilir. Flekso ve ambalaj gravüründe ise bu oran 10–20 mg C/Nm^3 aralığındadır. Bu durumda geri kalan emisyon < % 0.5 ve emisyon giderme verimliliği de mantıksal olarak > % 99.5 olur.

Zımpara imalatında rejeneratif oksitleyici genellikle 2–3 g/m^3 oranının üzerindeki solvent konsantrasyonları ile ototermal olarak çalışmaktadır. 66000 Nm^3/saat'e varan atık hava hacimlerinin söz konusu olduğu durumlarda, tesislerdeki emisyon değerleri < 20 mg C/Nm^3 (yarım saatlik ortalama değer) seviyesine ulaşır. Fenol ve formaldehitlerde elde edilen maksimum seviyeler 20 mg/Nm^3 değerinin altındadır.

Çapraz medya etkileri: Geleneksel termal oksitleyicilerle kıyaslandığında çapraz medya etkisi yoktur. Normalde CO, CO_2 ve NO_x emisyon seviyeleri 100 mg/m^3'ün altındadır. CH_4 seviyesi ise 50 mg/m^3'ün altındadır. Yakma işlemi, özellikle operasyonun başlangıcında, enerji (gaz) gerektirir.

750–820 ^oC ve hatta 750 ^oC'nin de altında olan düşük yanma sıcaklıkları uygulanması ile düşük NO_x oluşumları sağlanabilir. Genellikle elde edilen emisyon konsantrasyonu <50 mg/m^3.

Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Havada bulunan ve arıtılması gereken solvent konsantrasyonu 1.5–3 g/m^3 seviyesine ulaştığında, sistem ototermal bir hal alır ve ek yakıt kullanılmasına gerek kalmaz. Atık gaz arıtma sisteminden çıkan havanın termal enerjisi, ısı transfer yataklarının değiştirilmesi yoluyla, işlenmemiş gazın ısıtılması için kullanılır. 4–6 g/m^3 oranında konsantrasyonu olan fazla ısı geri kazanılabilir ve üretim proseslerinde kullanılabilir. Bu değerleri yakalayabilmek için kurutucu hava akışının konsantrasyonunun Bölüm 20.11.3.1'de belirtilen konsantrasyona ulaşması gerekebilir.

Sistem, besleme noktasında toza karşı hassastır çünkü toz, seramik ambalajların tıkanmasına yol açar. Bununla birlikte belli bir düzeyde yanabilir tozun varlığı problem yaratmayabilir. Sıcaklık, arıtma işleminden sonra kontrol edilir; VOC konsantrasyonu da sürekli kontrol edilebilir.

Ortalama bir flekso ve ambalaj gravür baskısı tesisinde ortaya çıkan fazla ısı miktarı, kullanılabilecek olandan daha fazladır. Isı tüketen başlıca unsurlar preslerdeki kurutuculardır. 1 g solventin oksitlenmesi ile 1 m^3 hava yaklaşık 25 ^oC'ye kadar ısıtılabilir. Genellikle yaklaşık 3–4 g/m^3 oranında solvent bulunmaktadır. Bu da 1 metreküp havanın 75–100 ^oC'ye kadar ısıtılması için yeterli enerji miktarına denk gelmektedir. Bununla birlikte kurutma

havası için gerekli olan sıcaklık artışı yalnızca 30 ^{o}C civarındadır. Bu da geri kazanılan ısının yarısından fazlasının kullanılabileceği farklı seçeneklerin bulunması gerektiği anlamına gelmektedir. Zaman zaman fazla enerji komşu tesislere satılmaktadır. Bu durumda geri kazanılan ısının taşınması gerekir. Bu amaçla buhar ya da termal yağ kullanılabilir. Fakat kurutucuların çoğu açık gaz alevi ya da elektrikle çalışmaktadır. Oksitleyicilerden çıkan fazla ısının kurutucularda kullanılması için tüm kurutucuların değiştirilmesi gerekir. Bu işlem için gereken yatırım maliyeti sadece enerji maliyetindeki düşüşlerle karşılanamaz.

DWI'lara ait boya kaplama ve baskı işlemlerinde, fazla ısı belirli operasyonlar için kullanılabilir (örneğin, temizleme proseslerinde ve kurutuculara gelen havanın ısıtılmasında).

Coil coating uygulamasında, atık gazlar önceden dönüşümlü olarak ısıtılmış iki odalı sistemlerde (twin chamber) oksitlenir. Odalar operasyon halindeki diğer bir odadan gelen atık gaz ile önceden ısıtılmaktadır. İşlemi başlatmak için, her zaman olmamakla beraber gaz yakıcı kullanılır. Bu sistem atık gazdaki VOC konsantrasyonun çok azını işleyebilir. Oksidasyondan çıkan enerji sadece solventin yakılmasından kaynaklanmaktadır. Rejeneratif oksitleyicinin enerji verimliliğinden ötürü egzoz sıcaklıkları düşüktür. Bu da enerji geri kazanımı olanağını zayıflatır. Prosesin özelliğinden dolayı enerjinin büyük bir bölümü oksidasyon işleminden geri kazanılmaktadır. Enerjinin geri kalanı ise, fırındaki hava enjeksiyonuna ön ısıtma yapılması (düşük sıcaklıkta) ve suyun ısıtılması (proses ve/veya temizlikte kullanılan) için ısı değiştiricilerde geri kazanılabilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik genellikle tek bir çift yataklı ünitedeki >1500-70000 Nm^3/saat aralığındaki hava akışlarına uygulanmaktadır. 70000 Nm^3/saat'ten fazla olan hava akışları için çok yataklı sistemlerin kullanılması daha ekonomiktir. Maksimum emme sıcaklığı 400 ^{o}C'dir. Maksimum VOC emme konsantrasyonu, güvenlik nedeniyle % 25 LEL değeri ile sınırlandırılmakta olup, genellikle 12 g/m^3'tür (tipik LEL değerleri 40 veya 50 g/m^3 olan tolüen, etil asetat, veya etanol gibi solventler için). Seramik yataklarda patlamayı önlemek için güvenlik sınırları konması gereklidir.

Bununla birlikte < 20 mg C/Nm^3 emisyon değerini yakalamak için (emisyon giderme verimliliği ~ % 98.75), VOC emme konsantrasyonunun < 1.5 g/m^3 olması gerekir.

Bu teknik tüm solvent türlerinin ve solvent karışımlarının arıtılmasında kullanılabilir. Ancak yapışkan maddelerde düzenli 'tam yanma' gereklidir. Silikon hidrokarbonlarda düzenli temizlik yapılması gerekir ve bu nedenle bu maddelerle bu teknik kullanılmamalıdır.

Bu teknik çoğunlukla kesintisiz proseslerde uygulanır. Fasılalı proseslere kullanıldığında ise genellikle bekleme (stand by) modunda ve belli sıcaklıklarda uygulanır. Çalışmaya başlama süresi 1-4 saat arasındadır.

Bu tür rejeneratif oksitleyiciler genellikle şu işlemlerde kullanılmaktadır:

- Flekso ve ambalaj gravürü baskı tesislerinde
- Heatset ofset baskı tesislerinde
- Zımpara imalatında
- Metal ambalajların boya kaplamalarında ve baskılarında (varil imalatı hariç)
- Coil coating uygulamasında
- Otomotiv endüstrisinde.

Bu teknik tersanelerde ara sıra uygulanmakta olup tel sargı endüstrisinde hiç uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Rejeneratif oksitleyici için gereken yatırım maliyeti reküperatif oksitleyici için gerekenden daha fazladır. Boru sonu azaltma ekipmanlarının yatırım ve operasyon maliyetleri büyük ölçüde, arıtılması gereken maksimum hava akışı tarafından belirlenmektedir. Yapılması gereken yatırım tahmini olarak şöyledir: 10000 m^3 /saatlik kapasitede minimum 200000 Avro ve ekstra her m^3/saat başına artı 10 – 15 Avro tutarındadır. Bu tutar basit, merkezi bir toplama kanalının maliyetini içermekte, ancak hava akışının optimizasyonu için gereken maliyeti kapsamamaktadır (bkz. Bölüm 20.11.3.1). Yakıt gereksinimi düşüktür, operasyon maliyetini belirleyen en önemli faktör elektrik fanıdır. Operasyon maliyetleri 10000 m^3/saatlik bir arıtma için yılda yaklaşık 15000 Avro tutarındadır.

Fazla ısının geri kazanımı ve taşınması ek yatırım yapılmasını gerektirmektedir. Fazla ısının tamamının kullanılması ve bu ısının kullanılması için hiçbir ek yatırımın gerekli olmaması halinde bu yatırım, daha düşük enerji maliyetleri ile geri kazanılabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: AMCOR Flexibles, Gent, Belçika. HFP Bandstahl GmbH & Co KG, Bad Salzungen, Almanya.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [12, UBA Almanya, 2002] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [79, SEFEL, 2004] [58, ECCA, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.4.5. Rejeneratif termal oksidasyon - üç yataklı ya da devirli hava distribütörlü

Tanım: Tekniğin tanımı için bkz. Bölüm 20.11.4.4. Ancak bu kez ele alınacak olan teknik, iki yataklı (çift yataklı) yerine, üç yataklıdır. Üçüncü yatağa 'arındırma yatağı' denir. Çok yataklı sistemler (beş ya da yedi yataklı) de bulunmaktadır. Çok yataklı sistemlerin yerine, devirli hava distribütörlü, tek tekneli sistemler de mevcuttur. Bu tek tekneli sistemler birkaç alandan (yatak ya da dairesel kamadan) oluşmaktadır.

Çevresel faydalar: Üç yataklı bir sistem ya da devirli hava distribütörü ile (24 saatte ortalama) 10 – 20 mg C/Nm^3 aralığında emisyon seviyelerine ulaşılabilmektedir; emisyonları giderme verimliliği ise emme konsantrasyonlarına ve operasyon koşullarına bağlı olarak değişir ve % 98 – 99.9 aralığındadır. Bu seviyelerin yakalanabilmesinin nedeni yatak sayısının artmasından ötürü, çift yataklı sistemlerde gaz akışının yönünün değiştirilmesi esnasında ortaya çıkan arıtılmayan VOC emisyonlarının da giderilebilmesidir. Geleneksel oksitleyicilere kıyasla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır. Üretilen fazla enerji tekrar kullanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Geleneksel oksitleyicilerle kıyaslandığında, egzoz havasını ısı değiştiricilerden atmak için gerekli olan daha büyük fanlara güç sağlamak için enerji gerekmektedir. Normalde CO, CO_2 ve NO_x emisyon seviyeleri 100 mg/m^3'ün altındadır. CH_4

seviyesi ise 50 mg/m^3'ün altındadır. Yakma işlemi, özellikle operasyonun başlangıcında, enerji (gaz) gerektirir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Bu teknik genellikle tek bir çift yataklı ünitedeki > 1500-120000 Nm^3/saat aralığındaki hava akışlarına uygulanmaktadır. 70000 Nm^3/saat'ten fazla olan hava akışları için çok yataklı sistemlerin kullanılması daha ekonomiktir. Maksimum emme sıcaklığı 400 ^{o}C'dir. Maksimum VOC emme konsantrasyonu, maksimum LEL değeri ile sınırlandırılmakta olup, teorik olarak 12 g/m^3'tür.

Sistem 1.5 – 3 g/m^3 aralığındaki VOC konsantrasyonu ile ototermal olarak çalışmaktadır, ancak >3 g/m^3 oranındaki konsantrasyonlarda da kullanılmaktadır. Oto termal noktanın üzerindeki konsantrasyonlarda, fazla ısı geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir.

Bu teknik çoğunlukla kesintisiz proseslerde uygulanır. Fasılalı proseslerde kullanıldığında ise genellikle bekleme (stand by) modunda ve belli sıcaklıklarda uygulanır. Çalışmaya başlama süresi 1-4 saat arasındadır.

Bu teknik tüm solvent türlerinin ve solvent karışımlarının arıtılmasında kullanılabilir. Ancak yapışkan maddelerde düzenli 'tam yanma' gereklidir. Silikon hidrokarbonlarda düzenli temizlik yapılması gerekir ve bu nedenle bu maddelerle bu teknik kullanılmamalıdır.

Sistem, besleme noktasında toza karşı hassastır; ancak belli bir düzeyde yanabilir tozun varlığı problem yaratmayabilir.

Uygulanabilirlik: Bu tür rejeneratif oksitleyiciler genellikle şu işlemlerde kullanılmaktadır:

- Flekso ve ambalaj gravürü baskı tesislerinde
- Heatset ofset baskı tesislerinde
- Zımpara imalatında
- Metal ambalajların boya kaplamalarında ve baskılarında (varil imalatı hariç)
- Coil coating uygulamasında
- Otomotiv endüstrisinde.

Bu teknik tersanelerde ara sıra uygulanmakta olup tel sargı endüstrisinde hiç uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Çift yataklı sistemle kıyaslandığında, yapılması gereken ek yatırım yaklaşık % 25 civarındadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.4.6. Katalitik oksidasyon

Tanım: VOC'lerin oksidasyonu bir katalizör (genellikle platin) ile gerçekleştirilmektedir. Katalizör sayesinde, oksidasyon prosesi için gerekli olan sıcaklık 250 – 400 ^{o}C'ye düşürülebilir. Ancak tel sargı imalatında oksidasyon prosesi için gereken sıcaklık 500 – 750 ^{o}C aralığındadır. Egzoz ısısı geri kazanılabilir ve reküperatif ya da rejeneratif ısı değiştiricileri kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Emisyonları giderme verimliliği % 95 – 99 arasındadır. Genellikle elde edilen konsantrasyon aralığı 10 – 50 mg C/Nm^3'tür. Termal oksidasyonla kıyaslandığında (bkz. Bölüm 20.11.4.2) daha az ek yakıt gerekmektedir. Egzoz ısısının reküperasyonu ile birlikte katalizör kullanılması, katalizör kullanılmadan yapılan reküperatif oksidasyondan daha az enerji gerektirir, bkz. Bölüm 20.11.4.3.

Tel sargı üretiminde genellikle elde edilen emisyon değerleri; çapı ortalama 0.10 mm'nin üzerinde olan tellerde 5 g VOC/kg ürün, çapı ortalama 0.10 mm'nin altında olan tellerde 10 g VOC/kg ürün seviyesindedir. Hukuki emisyon limit değerleri olan 20 mg C/m^3'ün elde edilebildiği bildirilmiştir.

Baskı endüstrisinde, yukarıda sözü edilen emisyon giderme verimlilikleri şu koşullar altında elde edilebilmektedir: 1000 – 30000 Nm^3/saat ya da üzeri hava akışı ve >1 – 2 g/ Nm^3 VOC konsantrasyonu ile. Heatset baskıdaki (şu anda nadiren kullanılsa da) ve coil coating endüstrilerindeki tipik seviyeler ise 20 – 50 mg C/ Nm^3 arasındadır.

Çapraz medya etkileri: Katalizörler periyodik olarak değiştirilmeli/tekrar yüklenmelidir. Ek yakıt gereklidir; ancak bu gereksinin termal oksidasyona oranla daha azdır. Gürültü seviyesi artabilir.

Genellikle elde edilen CO ve NO_x emisyon seviyeleri 50 mg/m^3'ün altındadır.

Tel sargı endüstrisinde NO_x için bildirilen emisyon seviyeleri, çapı ortalama 0.10 mm'nin üzerinde olan tellerde 10 g/kg ürün, çapı ortalama 0.10 mm'nin altında olan tellerde 12.5 g/kg ürün oranındadır (bkz. Bölüm 20.11.9). Ancak bu oranlar kullanılan N içerikli solvent miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Operasyonel veri: 5 g/Nm^3'e varan oranda VOC konsantrasyonu arıtılabilir. Bu teknik 10 – 30000 Nm^3/saat aralığındaki hava akışlarında uygulanabilir. Ancak, bu tekniğin kullanılmasının en uygun olduğu durum 10000 Nm^3/saat oranındaki fasılalı hava akışının olduğu durumlardır.

400 ^{o}C'nin üzerindeki emme sıcaklıklarında, katalizörün çalışmaya başlama sıcaklığına ulaşılması için, ön ısıtma yapılması gerekmez. Sülfür içerdiği ve katalizöre toksik etki yapacağı için, normalde yakıt olarak petrol kullanılmaz.

Bu teknik çoğunlukla kesintisiz ya da fasılalı olarak uygulanabilir. Ancak, kesintisiz olarak uygulandığı durumlarda, katalizörün ömrü yaklaşık 15000 – 25000 saat ile sınırlıdır.

Bu teknik tüm solvent türlerinin ve solvent karışımlarının arıtılmasında kullanılabilir. Ancak katalizörü zehirleyebilecek kirletici maddelerin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir.

Emme konsantrasyonunun çok yüksek olması aşırı ısınmaya ve katalizörün zehirlenmesine neden olabilir. Bu teknik de besleme noktasında toz ya da su damlacıklarına karşı çok hassastır ve bu nedenle hava akışına ön işlem yapılması gerekir. Teknik aynı zamanda emme konsantrasyonundaki değişikliklere karşı da hassastır. Halojenize ya da silikon hidrokarbonlar ve silikonlar da problem yaratabilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknik, egzoz ısısının reküperasyonu da dahil, tel sargı endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Coil coating endüstrisinde nadiren kullanılmaktadır. Bu teknik otomotiv endüstrisinde de test edilmiştir, ancak körleme (blinding) ile ilgili problemlerden ötürü yaygın olarak uygulanmamaktadır.

Katalitik oksidasyon baskı endüstrisinde sınırlı sayıda işlemde uygulanmakta olup yalnızca heatset baskı proseslerinde kullanılmaktadır. Günümüzde bu işlemlerde katalitik oksidasyon yerine rejeneratif oksidasyon tercih edilmektedir.

Ekonomiklik: Bu teknikte genellikle ortaya çıkan maliyet, ömrü tamamlandığında değiştirilmesi gereken katalizör maliyetidir ve katalizörün ömrünün tamamlanıp tamamlanmadığı da düzenli ölçümlerle anlaşılabilir. Ancak bu tekniğin maliyeti genel anlamda, rejeneratif oksitleyicinin maliyeti ile kıyaslanabilir niteliktedir.

Aşağıda yer alan fiyatlar Flaman ahşap endüstrisini temsil etmektedir ve gerçekçi teorik faaliyet parametrelerine dayanmaktadır. Bu bilgiyi sağlayan ekipman tedarikçileri, hava akışı ve VOC yükleri temel alınarak, örneklerde verilen maliyetlerin tahmin edilmesinin imkansız olduğunun altını çizmişlerdir. Bu nedenle, sayılar tamamıyla gösterge niteliğinde olup, tahminlerin yapıldığı zaman için (Kasım 2004) geçerlidir.

A tedarikçisinin sunduğu maliyet:

1) Akış: 15000 Nm^3/saat
   - VOC emme konsantrasyonu: 1500 mg/Nm^3, VOC emisyonu: <20 mg/Nm^3
   - Fiyat: 325000 Avro.

2) Akış: 59000 Nm^3/saat
   - VOC emme konsantrasyonu: 300 mg/Nm^3, VOC emisyonu: <50 mg/Nm^3
   - Fiyat: 628000 - 770000 Avro.

B tedarikçisinin sunduğu maliyet:

1) Maksimum akış: 15000 Nm^3/saat
   - VOC emme konsantrasyonu: 1500 mg/Nm^3, VOC emisyonu: <90 mg/Nm^3
   - Fiyat: 300000 Avro.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [12, UBA Almanya, 2002] [58, ECCA, 2004] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [64, EWWG, 2004] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.11.4.7. UV oksidasyonu

Tanım: Solvent yüklü hava, bir dizi UV lambası ile yönlendirilir. VOC molekülleri dalga boyu kısa olan enerji tarafından parçalanır ve oksijenden ozon elde edilir. Ozon, parçalanmış VOC molekülleri ile reaksiyona girer ve bu da ozonun kısmen oksitlenmesini sağlar. Bunu izleyen ünitede katalizör maddesi (çoğunlukla TiO_2) bulunur, ozon ile VOC moleküllerinin oksidasyonu devam eder ve ortaya çıkan fazla ozon bertaraf edilir.

Çevresel faydalar: VOC konsantrasyonu 0.5 g/Nm^3 olan atık gazlar için, emisyonların ortadan kaldırılma verimliliği % 95 civarındadır. Arıtılan atık gazda 25 - 50 mg/Nm^3 oranında VOC konsantrasyonu elde edilebilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Lambalardan ve egzoz vantilatörlerinden kaynaklanan enerji tüketimi, arıtılan her 1000 m^3 atık gaz için 50 kWh'dir. Lambalar, O_3 (bertaraf edilir) ve uygun önlemlerle bertaraf edilmesi gereken cıva açığa çıkarır. Gürültü seviyesi artabilir.

Genellikle elde edilen CO ve NO_x emisyon seviyeleri 50 mg/m^3'ün altındadır.

Tel sargı endüstrisinde NO_x için bildirilen emisyon seviyeleri; çapı ortalama 0.10 mm'nin üzerinde olan tellerde 10 g/kg ürün, çapı ortalama 0.10 mm'nin altında olan tellerde ise 12.5 g/kg ürün oranındadır (bkz. Bölüm 20.11.9). Ancak bu oranlar kullanılan N içerikli solvent miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Operasyonel veri: Atık gazın sıcaklığı 60 ^oC'yi aşmamalıdır ve nem oranı % 85'ten az olmalıdır.

Bu teknik aslında kokunun azaltılması ve toksik maddelerin yok edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Ancak gittikçe artan oranda, özellikle de düşük konsantrasyonlu atık gazlardaki (ortalama <0.5 g/Nm^3 oranında ve zaman zaman da <1.0 g/Nm^3 gibi tepe noktasındaki) VOC'lerin tamamen yok edilmesi için kullanılmaya başlanmıştır.

Uygulanabilirlik: Ahşap ve mobilya endüstrisinde solvent bazlı boyaların kullanıldığı zamanlarda kullanılabilir. Fakat UV oksidasyonu tekniği günümüzde bu endüstride kullanılmamaktadır.

Araç boyahanelerinde kullanılmamaktadır.

Bu teknik halihazırda metalürji endüstrisinde ve elektronikte solvent bazlı boyaların kullanıldığı boya kabinlerinden çıkan VOC'lerin arıtılması için kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: 10000 m^3/saat oranında muhtelif arıtma yapılan bir tesiste yatırım maliyeti, 1000 m^3/saat atık gaz başına yaklaşık 5000 – 7000 Avro civarındadır. 8000 saat sonra, UV lambalarının değiştirilmesi gerekir; maliyet, 1000 m^3/saat atık gaz başına yaklaşık 0.06 – 0.2 Avro'dur. Enerji maliyeti 1000 m^3/saat atık gaz başına yaklaşık 4 Avro'dur. Operasyonel maliyetler (lambalar, enerji ve katalizör) giderilen bir kilo VOC için 3 – 25 Avro'dur.

Bu tekniğin kullanıldığı spesifik durumlarda UV oksidasyonunun, aktif karbona adsorpsiyon ya da herhangi bir termal oksidasyon türüne göre daha ucuz olduğu bildirilmiştir. Ancak, bu durumun IPPC ölçekli tesisler için geçerli olup olmadığına dair veri mevcut değildir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.5. Yoğunlaştırma

Ek 24. 9 atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanımı ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

VOC bakımından zengin olan gaz, buharın büyük bir bölümü yoğunlaşana kadar soğutulur. Ağır, uçuculuk oranı düşük olan solventler oda sıcaklığında geri kazanılabilir; uçuculuk oranı yüksek olan solventlerin % 95 ya da daha fazla oranda geri kazanılabilmesi için ise, 0 ^{o}C'nin çok altındaki sıcaklıklara kadar soğutulmaları gerekmektedir. Bu kadar düşük sıcaklıklara kadar soğutma yapılmasının, yüksek enerji maliyetleri ve soğutma elemanlarında donma riski gibi önemli dezavantajları vardır. 0 ^{o}C'nin hemen üzerindeki sıcaklıklara kadar soğutma yapılması buz oluşumunu önler, ancak suyun yoğunlaşmasına olanak sağlar. Bu da pahalı bir dehidrasyon işlemi gerektiren geri kazanılmış solvent ile karşı karşıya kalınmasına yol açabilir.

Yoğunlaştırma proseslerinde genellikle, solventlerin tekrar kullanılması sağlanır. Aşağıdaki bölümlerde farklı yoğunlaştırma teknikleri ele alınmaktadır.

20.11.5.1. Doğrudan soğutma

Tanım: VOC bakımından zengin olan gaz, ovalayıcı içerisinde, soğuk akım ile doğrudan temas yoluyla soğutulmaktadır. Bu teknikteki soğutma sorpsiyonu, absorpsiyonun etkilerini ve doğrudan temasla yapılan yoğunlaşmayı bir araya getirmektedir.

Çevresel faydalar: VOC'ler geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir. Konsantre akımlar kullanıldığında, emisyonları giderme verimliliği daha yüksek olmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Soğutma işlemi için enerji gerekir.

Operasyonel veri: Bu teknik tek başına uygulandığında, atık gazda konsantrasyon seviyesine ulaşılması için gereken bazı yapısal gereksinimleri yerine getiremeyebilir.

Uygulanabilirlik: Soğutma sorpsiyonu, genellikle atık gazlar için uygulanan ilk temizleme adımıdır.

Bu teknik baskı proseslerinde, tel sargı endüstrisinde ve araç boyahanelerinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.5.2. Dolaylı soğutma

Tanım: VOC bakımından zengin olan gaz, 0 ^{o}C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, ısı değiştirici içerisinde, soğutma suyu ile ya da başka bir yolla soğutulmaktadır.

Çevresel faydalar: VOC'ler geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir. Konsantre akımlar kullanıldığında emisyonları giderme verimliliği daha yüksek olmaktadır. Fakat yine de verimliliği düşük olan bir prosestir.

Çapraz medya etkileri: Soğutma işlemi için enerji gerekir. Atılmadan önce arıtılması gereken atık su açığa çıkar.

Operasyonel veri: Uçuculuk oranı düşük olan solvent içeren konsantre akımlarda bu prosesin kullanılması faydalı olabilir. Bununla birlikte bu teknik, genellikle başka bir işlemle bir arada uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: 0 ^{o}C'nin üzerindeki sıcaklık uygulaması ile yapılan yoğunlaştırma, yalnızca uçuculuk oranı düşük olan solventlerde geçerlidir. Bu teknik uçuculuk oranı düşük olan solvent içerikli mürekkeplerin kullanıldığı durumlarda, heatset ofset baskı proseslerinde uygulanmaktadır.

Bu tekniğin önemli sakıncalarından biri de, heatset ofset baskı proseslerinde kullanıldığı zaman atık gazdan IPA'yı temizlememesidir. Bu nedenle yılda 25 tondan fazla solvent kullanılan tesislerde 20 mg C/Nm^3 olan emisyon limitlerine (Solvent Emisyonları Direktifi'nde belirlenen) uyulması konusunda problemlerle karşılaşılmaktadırlar. Heatset atık gazındaki kötü koku tamamıyla ortadan kaldırılmamaktadır.

Bu teknik tel sargı endüstrisinde veya araç boyahanelerinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.5.3. Refrijerasyon

Tanım: VOC bakımından zengin olan gaz 0 ^{o}C'nin altında, dondurulmuş bir ortamda ısı değiştirici içerisinde soğutulmaktadır. Genellikle iki kondansatörlü sistem, dönüşümlü olarak yoğunlaştırma ve buz çözme modlarında kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: VOC'ler geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir. Konsantre akımlar kullanıldığında emisyonları giderme verimliliği daha yüksek olmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Soğutma işlemi için enerji gerekir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Atık gazdaki nemlilik, buzlanmanın ortaya çıkmasına yol açar. Bu da düzenli aralıklarla buz çözme işlemi yapılmasını gerektirir. Su içeriğinin azaltılması için genellikle 0 ^{o}C'nin üzerindeki sıcaklıklardaki yoğunlaştırma aşaması, yukarı yönde uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Su buharı içeriği yüksek olan gazlarda uygulanması pek uygun değildir, çünkü bu tür gazlarda buzlanma oluşmaktadır. Bu proses, uçuculuğu yüksek olan solventleri içeren akımlarda daha verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu teknik gerek yeni gerekse mevcut tesislerde, yapışkan bant imalatında uygulanmaktadır.

Solvent konsantrasyonu çok yüksek olan atık gazlarda uygulandığı zaman, bu teknikten en iyi sonuç alınmaktadır (muhtelif 100 g/m^3). 40 ^{o}C'de yaklaşık 20 g/m^3 olan LEL değeri nedeniyle bu tür atık gazlarda, inert gaz (N_2) kullanılan kapalı kurutma sistemleri gereklidir. Ancak, inert gaz kullanılan kapalı kurutma sistemleri yalnızca, kurutucunun sık sık açılmasının gerekmediği hallerde başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. Yapılan testlerden sonra, sözü edilen durumdan ötürü bu tekniğin esnek ambalaj baskısında kullanılamayacağı ortaya çıkmıştır. Çünkü bu işlemde, günde birkaç farklı iş üretilmekte ve kurutucuların çok sık açılması gerekmektedir.

Bu teknik diğer baskı endüstrilerinde veya araç boyahanelerinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Yoğunlaştırma tesisinin kapasitesi 400 kg/saat olan, örnek bir yapışkan bant imalat fabrikasının sermaye maliyeti 1992 yılında 0.88 milyon Avro idi. Adsorpsiyon ve yaoğunlaştırma için gereken operasyon maliyeti yaklaşık 0.51 milyon Avro/yıl idi. Değişken maliyetler yaklaşık 1.12 milyon Avro/yıl olup, sabit masraflar ise yaklaşık 1.38 milyon Avro/yıl idi.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.5.4. Kriyojenik (çok soğuk) arıtma

Tanım: Uçuculuk oranı çok yüksek olan solventler bakımından zengin gazların, genellikle likit nitrojen kullanılarak, çok düşük sıcaklıklara maruz bırakılması ile yapılmaktadır.

Çevresel faydalar: Teorik olarak, şayet sıcaklık yeterince düşük olursa, oldukça yüksek arıtma verimliliği elde edilebilir. Ancak, pratikte sıcaklık -95 ^{o}C'nin altına düşmez ve bu sıcaklıkta da yeterince düşük konsantrasyon seviyeleri elde edilememektedir.

% 99 ya da daha fazla emisyon giderme verimliliği elde edilebilmektedir; bu oran arıtılmış gazda 1 – 5 g/Nm^3 konsantrasyonlar şeklinde kendini göstermektedir. Bu oran, arıtmaya giren 200 – 1000 g/Nm^3 değerindeki VOC konsantrasyonuna 0 – 1000 Nm^3/saat aralığında gaz akışı arıtımı uygulanması ile elde edilebilir. Geri kazanılan VOC'ler tekrar kullanılabilir.

Çapraz medya etkileri: Likit nitrojeni soğutmak için enerji gerekir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Buharlaşan nitrojen, tesiste yastıklama (blanketing) amacıyla kullanılabilir. Uygulama sonrası işlem gerekli ise, genellikle adsorpsiyon tekniği kullanılır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik çoğunlukla, nispeten düşük gaz akışlarında (50 m^3/saat'e varan) ve kesikli proses emisyonlarında kullanılmaktadır. 250 m^3/saat ya da daha fazla kapasitedeki kesintisiz sistemlerde daha nadir olarak uygulanmaktadır.

Bu teknik, boya uygulamasından ve kurutuculardan gelen atık gazların arıtılması için kullanılmaktadır. Ancak ahşap ve mobilya boyama, tel sargı, coil coating endüstrilerinde, baskı proseslerinde ve araç boyahanelerinde uygulanmamaktadır.

Su buharı içeriği yüksek olan gazlarda uygulanması pek uygun değildir, çünkü bu durum buz oluşumuna yol açmaktadır.

Ekonomiklik: Nitrojen depolama işleminin maliyeti hariç yatırım maliyeti, 1000 Nm^3/saat atık gaz başına yaklaşık 500000 Avrodur.

Enerji maliyeti önemli düzeyde değildir. Nitrojen kullanımı için gereken maliyet, 1000 Nm^3/saat atık gazın arıtıldığı düşünüldüğünde, 1 kg. nitrojen başına yaklaşık 0.12 Avrodur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.5.5. Donma noktasının üzerinde yoğunlaştırma

Tanım: Donma noktasının üzerinde yoğunlaştırma işlemi için çok yüksek solvent konsantrasyonları gereklidir (tercihen birkaç 100 g/m^3). Solventin yalnızca bir bölümü buharlaştırılır. Hava, solventin geri kalanı ile birlikte dışarı atılamaz ve kurutma prosesine gönderilir. Bu da solvent konsantrasyonunun daima çok yüksek olduğu (örneğin, emme seviyesinin 100 g/m^3, çıkış seviyesinin 200 g/m^3 olduğu) normal havadan ziyade, inert gaz dolu kapalı bir döngünün kullanımını (güvenlik nedeniyle) gerektirir.

Çevresel faydalar: Solventlerin geri kazanımı sağlanır. Macunlanmış bir sistemden düşük seviyede emisyon açığa çıkması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005]

20.11.6. Adsorpsiyon

Ek 24.9, atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanımı ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

20.11.6.1. Aktif karbon veya zeolit kullanılarak yapılan adsorpsiyon

Tanım: Bu teknik aktif karbonların veya zeolitlerin yüzeyindeki VOC'leri adsorbe etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca atıkların daha ekonomik bir biçimde yakılmak üzere daha konsantre bir hal alması için, 'yoğunlaştırıcı' ön işlem olarak da uygulanmaktadır.

Aktif karbon (veya zeolit) yatağının, adsorpsiyon kolonunda ya da devirli adsorpsiyon çarkındaki operasyonu sırasında, yatakta ortaya çıkan solvent oranı gittikçe artmaktadır. Belli bir sürede, adsorpsiyon yatağının verimi azalır ve çıkış konsantrasyonu yükselmeye başlar. Bu noktada, adsorpsiyonun yeniden harekete geçirilmesi gerekir. Solventler geri kazanılabilir veya bertaraf edilebilir. Genellikle sıcak gaz akışı (nitrojen, hava veya buhar) ile sürükleme

yoluyla desorpsiyon uygulanmaktadır. Bu işlem vakumlama yoluyla da (basınç salınımıyla adsorpsiyon) gerçekleştirilebilir. Atık gaz akışının düşük olduğu durumlarda (örn. solvent yıkama makinelerine giden) adsorplayıcı, tesis dışında rejenere edilebilir (bkz. Bölüm 20.13.7.2).

Daha uzun süre geçtikten sonra ise, adsorplayıcının tam olarak yeniden harekete geçirilmesi için solventin giderilmesi yeterli olmaz ve farklı türde bir reaktivasyon işlemi uygulanması gerekir (genellikle ısıl işlem ile). Bu işlem tesis içinde ya da dışında yapılabilir (bkz. Bölüm 20.13.7.1). Şayet rejenere edilemeyecek aktif karbonlar veya diğer adsorplayıcılar kullanılmışsa, aktif karbon bertaraf edilir (bkz. Bölüm 20.13.7.3).

Aktif karbonun adsorpsiyon verimliliğinin yeterli olup olmadığının kontrol edilmesi için, çıkış konsantrasyonlarının kesintisiz bir şekilde izlenmesi gerekir (bkz. Bölüm 20.11.6.2).

Yataklar paralel ve/veya art arda kullanılabilir. 2 yataklı bir sistemde, yataklardan biri adsorpsiyon modunda ve diğeri de desorpsiyon modunda kullanılır. 3 yataklı sistemde ise, yataklardan ikisi adsorpsiyon modunda ve biri de desorpsiyon modunda kullanılır.

Çevresel faydalar: Adsorplayıcılar ile >% 99 oranında emisyon giderme verimliliği elde edilebilir. Ancak bu oran emme konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin, >7 g/m^3 emme konsantrasyonu ile >% 99 oranında emisyon giderme verimliliği elde edilebilir. <50 mg C/m^3 (24 saatte ortalama) VOC konsantrasyonlarına ulaşılabilir ve hatta <20 mg C/m^3 seviyesinin elde edilmesi de mümkündür.

Otomotiv endüstrisinde, karbon fiber kağıt, zeolit ve aktif karbon gibi adsorpsiyon malzemeleri kullanılmaktadır. Bu tekniğin kullanımıyla, 1:6 – 1:30 oranında (işlenmemiş gaz konsantrasyonuna bağlı olarak değişir) solvent yükünün bir dış sıcak hava akımına aktarılması mümkün olmaktadır.

Yapışkan bant imalatında temizlenmiş gazda 70–90 mg/m^3 oranında emisyon konsantrasyonu elde edilebilmektedir. Daha düşük konsantrasyonlara da ulaşılabilmektedir; bunun tek yolu adsorpsiyon periyotlarının kısaltılmasıdır. Bu da daha düşük konsantrasyonlara ulaşılması ile daha fazla buhar üretimi arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Geri kazanma prosesinde (bkz. Bölüm 20.13.7.1) 70–90 mg/m^3 oranında emisyon konsantrasyonu elde edilebilmesi için, geri kazanılan 1 kg solvent başına 2 – 3 kg buhar kullanılmaktadır.

Desorpsiyon ve reaktivasyon karbon tüketimini azaltır. Yoğunlaşan buhar, adsorplayıcının temizlenmesi için ve buhar kazanı suyu olarak tekrar kullanılabilir. Kuruyan hava da desorpsiyon prosesinden sonra geri dönüştürülebilir.

Çapraz medya etkileri: Solventlerin geri kazanılması proseslerinde; buhar, dolayısıyla su ve enerji kullanılır. Yoğunlaşan buhar solvent izleri taşımaktadır. Gürültü seviyesi artabilir. Aktif karbonun geri kazanılması sonucunda atık su ortaya çıkar.

Optimum adsorpsiyon/desorpsiyon döngüsünün yakalanması için, kabul edilebilir emisyon konsantrasyonu ve gereksinim duyulan kaynaklar (örn. enerji, periyodik olarak değiştirilmesi gereken absorplayıcı, su) ile buhar kullanımından dolayı karbon yatağının temizlenmesi için ortaya çıkan atık su arasındaki doğru dengenin yakalanması gerekmektedir.

Önceden kestirilemeyen egzotermik reaksiyonların ortaya çıkması riski söz konusu olduğundan, bu tekniğin uygulanması sırasında gaz akışlarının dengesine çok dikkat edilmelidir (bkz. aşağıda yer alan Operasyonel veri).

Operasyonel veri: Adsorpsiyon, aldehitler ve ketonlar gibi reaktif bileşiklere uygulanmamaktadır. Çünkü bu maddeler aktif karbon üzerinde polimerize olabilir ve bu da aşırı ısınmaya yol açabilir. Polimerler desorbe edilmezler, bu nedenle MEK ve benzer ürünlerin kullanımı uygun değildir. Ancak, uygun güvenlik önlemleri alındığı taktirde bu problem aşılabilir. Hafta sonlarından ve tatillerden önce daima sistemin desorbe edilmesi ve otomatik fıskiye sistemlerinin kullanılması bu önlemler arasında sayılabilir.

Bu teknik, nem oranı % 60'tan fazla olan gazlarda da kullanılamaz, çünkü su buharı da aktif karbonda adsorbe edilir ve bu da VOC'ler için geçerli olan adsorpsiyon kapasitesini azaltır. Hidrofobik zeolitlerde bu problen yaşanmaz. Sistem, besleme noktasında toza karşı hassastır, çünkü toz, adsorplayıcı yatağını tıkar.

Adsorpsiyon çarkları termal oksidasyondan önce ön işlem olarak kullanılabilir. Bu da termal oksidasyonun enerji gereksinimini azaltır (bkz. Bölüm 20.11.4.2). Birlikte kullanıldığında termal oksitleyicinin fiziksel boyutlarının küçültülmesine de olanak sağlar.

Uygulanabilirlik: Bu teknik solvent konsantrasyonu 0.8 g/m^3'ten daha fazla olan atık gazlarda kullanılabilir. Burada LEL limitlerinin bir rolü yoktur. Sistem tek bir solvente ya da solvent karışımlarına uygulanabilir. Su ile karıştırılamayan tek bir solventin adsorbe edildiği durumlarda, buharla rejenerasyon yapılabilir. Solvent karışımları adsorbe edildiğinde ise, rejenerasyonun ısıtılmış hidrojenle ve 150 – 300 ^{o}C sıcaklıkta yapılması gerekir.

1000 – 1 milyon m^3/saat aralığındaki hava akışları arıtılabilir. Bu aralığın üst seviyeleri için, 14 yataklı bir ünite gerekmektedir. Bir yatağın kapasitesi sadece sistemin aktarımına bağlıdır. Sistem kesintisiz ya da fasılalı olarak çalışabilir ve sistemin ömrü teknik olarak 30 yıldan fazladır. Ancak bu süre içerisinde sistemin çevre gereksinimlerine, proses ekipmanlarında ve/veya solvent sistemlerinde yapılan değişikliklere, vs. uygun olarak adapte edilmesi ya da yenilenmesi gerekebilir. Bu da sistemin ekonomik ömrünün daha kısa olmasına neden olur.

Bu teknik tüm yayın gravürü tesislerinde uygulanmaktadır. Ayrıca otomotiv endüstrisinde, kamyonların ve ticari araçların boya kaplamalarında, yapışkan bant imalatında yakma işleminden önce gerçekleştirilen yoğunlaştırma adımı olarak, yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Daha seyrek olmakla birlikte, flekso ve ambalaj gravürü gibi, solvent karışımı kullanılan proseslerde de uygulanmaktadır. Bu teknik İtalya'da uzun yıllardan beri etil asetatın geri kazanımı için kullanılmaktadır.

Adsorpsiyonun en uygun olduğu durumlar, atık gazdan 4 g/m^3'e varan yoğunlukta solventin giderilmesinin gerekli olduğu durumlardır. Ancak, 10 ya da 12 g/m^3 oranındaki konsantrasyonlara da uygulanmaktadır. Genellikle orta ya da düşük VOC konsantrasyonu içeren gazlarda kullanılabilir. Sadece küçük moleküller adsorbe ve desorbe edilebilir. Otomotiv endüstrisinde, boya kabinlerinden çıkan havanın temizlenmesi için kullanılan bazı uygulamalar bulunmaktadır. Genellikle karşılaşılan emme konsantrasyonları 300 – 1200 mg/m^3 arasındadır.

Uçuculuk oranı düşük olan bazı solventler aktif karbona daimi olarak yapışabilir ve adsorpsiyon kapasitesini azaltabilir. Bunun sonucunda da aktif karbonun normalden daha önce değiştirilmesi gerekir.

Yayın gravürü proseslerinde kullanılan tolüenin adsorpsiyonu ve geri kazanımı yaygın olarak görülen bir uygulamadır. Tolüen aktif karbona iyi adsorbe olur ve karbonun buharla ısıtılması ile kolaylıkla geri kazanılabilir. Tolüenin giderilmesi için su buharı ve solvent buharı yoğunlaştırılır. Yoğunlaştırılan su buharının tolüen konsantrasyonu 380 – 540 mg/l arasında olabilir ve tolüenin sudan ayrılması için hava kabarcıkları akımı kullanılır. Ayırma işleminde bu akımın tolüen konsantrasyonu 1 – 10 mg/l aralığında olabilir. Atık su, arıtıldıktan sonra, dışarı atılır ya da soğutma suyu veya buhar olarak tekrar kullanılabilir. Tolüenin bir kısmı tekrar kullanılabilir ve bir kısmı da mürekkep imalatçılarına geri satılabilir. Bu geri kazanım prosesinde normalde, geri kazanılan 1 kg tolüen başına 3 – 6 kg buhar kullanılmaktadır. Standart dört presli bir tesiste yılda yaklaşık 7000 ton tolüen, yaklaşık 20000 – 30000 ton su kullanılarak geri kazanılmaktadır.

Flekso ve ambalaj gravürü gibi, solvent karışımlarının kullanıldığı proseslerde hem adsorpsiyon hem de geri kazanım daha zordur. Etanol ve etil asetat da tolüen gibi karbona adsorbe olmaz ve bunun yanı sıra daha geniş karbon yatakları gerekir. Burada kullanılan su buharı geri kazanılarak tekrar kullanılamaz, çünkü bu solventler suda çözünür. Bu nedenle genellikle N_2 gibi sıcak inert gaz kullanılır. Geri kazanılan solvent karışımının ayrılması için, damıtma prosesi gereklidir.

Yapışkan bant imalatında, geri kazanım prosesinde 70 – 90 mg/m^3 oranında emisyon konsantrasyonuna ulaşılabilmesi için, geri kazanılan 1 kg solvent başına 2 – 3 kg su buharı kullanılmaktadır.

Hollanda'da ve Belçika'daki Flanders bölgesinde bu teknik, flekso ve ambalaj gravüründe uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Genellikle bu teknik oksidasyondan iki kat daha pahalıdır. Solventlerin geri kazanılması için yapılan yatırım, oksitleyiciye yapılan yatırımdan 0.5 milyon – 1 milyon Avro daha fazladır. Fakat solventlerin geri kazanılması ile bu yatırımın geri dönüşü sağlanır. Adsorpsiyon maddesi olarak zeolit, aktif karbondan 10 kat daha pahalıdır ve çoğunlukla yoğunlaştırma prosesleri için kullanılır.

Adsorpsiyon üniteleri aktif karbonun toplam yüzeyinin arttırılmasıyla ya da daha kısa adsorpsiyon döngülerinin uygulanmasıyla, çok düşük emisyon değerleri elde edilebilecek şekilde tasarlanabilir. Fakat, her iki yöntemin de yatırım ve operasyon maliyetlerini arttıracağı ve daha fazla enerji tüketimini beraberinde getireceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kapasitesi 800 kg/saat olan örnek bir yapışkan bant imalat tesisinde, adsorpsiyon ekipmanının sermaye maliyeti 1992 yılında 2.7 milyon Avro idi. Adsorpsiyon ve yoğunlaştırma için gereken operasyon maliyetleri ise 0.51 milyon Avro/yıl idi. Değişken maliyetler yaklaşık 1.12 milyon Avro/yıl ve sabit maliyetler de yaklaşık 1.38 milyon Avro/yıl şeklinde idi.

Flekso ve ambalaj gravüründe adsorpsiyon ve ardından yapılan solvent geri kazanımının yatırım ve operasyon maliyetleri diğer tüm termal arıtma işlemlerinden daha yüksektir. Operasyon maliyetleri, geri kazanılan 1 kg solvent başına 0.15 – 0.25 Avro'dur. Eğer solvent, üretim tesisinde tekrar kullanılırsa, geri kazanım maliyeti 0.10 Avro/kg solvent olup, yapılan

tasarruf 0.60 – 0.70 Avro/kg geri kazanılan solvent oranında olmaktadır. Solvent tüketiminin yılda 500 tondan daha az olduğu durumlarda solvent geri kazanımının, oksidasyona göre daha ekonomik bir alternatif olması pek mümkün değildir.

Ambalaj gravürü proseslerinde, şayet etil asetat kullanımı toplam solvent kullanımının % 90'ından fazlasını oluşturuyorsa, tekrar kullanılabilecek solvent miktarı o kadar çok artar ki, tesis neredeyse kendi kendine yeter hale gelir ve inceltme işlemleri için artık etil asetat satın almasına gerek kalmaz.

Aktif karbon adsorpsiyonu için aşağıda verilen fiyatlar Flaman ahşap endüstrisini temsil etmekte ve gerçekçi teorik faaliyet parametrelerinde dayanmaktadır. Bu bilgiyi sağlayan ekipman tedarikçileri, hava akışı ve VOC yükleri temel alınarak, örneklerde verilen maliyetlerin tahmin edilmesinin imkansız olduğunun altını çizmişlerdir. Bu nedenle, sayılar tamamıyla gösterge niteliğinde olup, tahminlerin yapıldığı zaman için (Kasım 2004) geçerlidir.

- Tesis kirası: 6052 – 8544 Avro/yıl
- Tesisin gerçekleştirdiği satın alma: 22355 – 23740 Avro/birim
- Fiyat verilen alım: 10000 Nm^3/saat ve 500 mg VOC/Nm^3 (220 iş günü/yıl, 8 saat/gün, VOC emisyon standardı 90 mg/m^3 ve zaman yükü % 50):
  - Aktif karbon: 5400 kg için 8316 Avro (82 iş günü süren) = 22311 Avro/yıl
- Fiyat verilen alım: 10000 Nm/saat ve 500 mg VOC/Nm^3 (diğer faaliyet koşulları aynı):
  - Aktif karbon: 5400 kg için 8316 Avro (823 iş günü süren) = 2230 Avro/yıl

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Oksidasyon tekniklerinden daha ekonomik olabilir.

Örnek tesisler: Ford, Daimler Chrysler, VW, Renault, Audi, Avrupa'daki Toyota fabrikaları. Etten-Leur, Hollanda'daki RSDB; etil asetatın geri dönüştürülüp tekrar kullanıldığı İtalyan ambalaj gravürü endüstrisi.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [14, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [62, CITEPA, 2003] [75, Jansen, 2005 [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.11.6.2. Adsorplayıcı performansının sürekli izlenmesi

Tanım: Adsorplayıcı performansının sürekli olarak kontrol edilmesi (örn. İşlenmemiş gazdaki ve arıtılan gazdaki kirletici madde seviyelerinin sürekli olarak karşılaştırılması) için izleme ekipmanları bulunmaktadır.

Çevresel faydalar: Arıtılmayan emisyonların azaltılması sağlanır. Çünkü bu yöntemle, iyi çalışmayan bir adsorplayıcı hızlı bir şekilde tespit edilebilir ve düzeltici faaliyetler hayata geçirilebilir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Sistemin iki ya da daha fazla paralel adsorpsiyon ünitesinin olması halinde, izleme faaliyeti bu üniteler arasında sırayla uygulanabilir. Konsantrasyon

değişikliklerinin az olduğu otomotiv endüstrisinde ölçümlerin, taşınabilir ekipmanla haftada bir, hatta daha da seyrek olarak yapıldığı bildirilmiştir.

Yayın baskı tesislerinde yaygın olarak görülen bir uygulamadır. Yayın gravüründe, karbon yatağı geri kazanım döngüsünün kontrolü, konsantrasyon ölçümleri ve sabit zaman aralıkları ile yapılmaktadır. Bu uygulama tolüen adsorpsiyon sistemlerindeki karbon yatağının ne zaman temizlenmesi gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Kurutucudan çıkan havanın solvent içeriği değişken olduğundan, karbon yatağı geri kazanım döngüsünün kontrolünü sağlayan bu iki yöntem adsorplayıcıların ya çok erken ya da çok geç çalışmalarına neden olabilir. Çok erken çalışmaları aşırı enerji tüketimine, çok geç çalışmaları ise emisyonların orantısız bir şekilde artmasına yol açar.

Uygulanabilirlik: Bu teknik endüstri farkı gözetilmeksizin, yeni ve mevcut adsorplayıcılarda uygulanabilir. Sürekli izleme yalnızca, konsantrasyonların fazla olduğu ya da paralel adsorpsiyon ekipmanlarının kullanıldığı durumlarda gereklidir. Absorplayıcının emisyon azaltma sisteminin entegre bir parçası olduğu ve havaya salınımın söz konusu olmadığı durumlarda gerekli değildir. Solventlerin geri kazanımlarında da uygulanabilir (bkz. Bölüm 20.13.7.1 ve 20.13.7.2).

Ekonomiklik: Yazılım ve erişim platformları da dahil, dört tane sürekli VOC ölçüm cihazının kurulmasının maliyetinin 2004 yılında 2 milyon Avro olduğu bildirilmiştir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: VW Hannover, Almanya (solvent bazlı cila malzemesi uygulanmasından kaynaklanan kabin havasının arıtılmasında).

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [128, TWG, 2005]

20.11.7. Sıvı maddelere absorpsiyon

Ek 24.9, atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanımı ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

20.11.7.1. Suya absorpsiyon

Tanım: Suya absorpsiyon (ya da ıslak ovalama) birbiri ile temas halindeki çözünebilen bir gaz ve solvent (çoğunlukla su) arasındaki kütle transferidir.

Çevresel faydalar: NO_x, hidrojen halojenür, SO_2, amonyak, hidrojen sülfid ya da VOC'ler (su ile çözünebilenlerdense, IPA, etanol, vs.) gibi gazlı kirleticilerin giderilmesi sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Araç boyahanelerinde ve baskıda kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [67, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2005].

20.11.7.2. Yağa absorpsiyon ve geri kazanım

Tanım: Atık gazdaki solventler damıtılmış organik yağlara absorbe edilerek geri kazanılabilir.

Çevresel faydalar: Geri kazanılan solvent tekrar kullanılabilir. Temizlenmiş gazda, 30 mg/m^3'ten daha düşük konsantrasyonlar elde edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Uygulanan tekniğin ayrıntılarına bağlı olarak geri kazanılan 1 ton solvent başına, havadaki nemden kaynaklanan yaklaşık 0.1 – 0.5 m^3 atık su ortaya çıkabilir. Ancak, genellikle hiç atık su oluşmaz; çünkü işlem sonucu ortaya çıkabilecek atık su, damıtma ekipmanında ayrılır ve temizlik için tekrar kullanılır ya da ayrıştırılmak üzere su buharına dönüştürülür. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Ekonomik nedenlerden ötürü bu teknik yalnızca saf solventlerde kullanılmaktadır. Teknik, minimum 2 g/m^3 oranındaki atık gaz yükleri için uygundur.

Uygulanabilirlik: Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. Bu teknik bir esnek ambalaj tesisinde kaplama ve laminasyon için kullanılmaktadır; ancak maliyetinden ötürü yaygın olarak uygulanmamaktadır.

Tel sargı endüstrisine uygulanmamaktadır, çünkü bu endüstride solventler proseste tekrar kullanılamamaktadır. Bu teknik ayrıca diğer baskı proseslerinde, coil coating proseslerinde, metal ambalaj endüstrisinde ve otomotiv endüstrisinde de kullanılmamaktadır, çünkü bu endüstrilerde genellikle solvent karışımları kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Bu teknik, aktif karbon kullanılarak yapılan absorpsiyon uygulamasından daha pahalıdır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Etil asetatın ftalik asit ester içerisinde absorpsiyon ile geri kazanıldığı esnek ambalaj fabrikası olan Almanya'daki Bischof und Klein.

Referans kaynakçası: [14, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.11.8. Biyolojik arıtma

Ek 24.9, atık gaz arıtma tekniklerine (oksidasyon, adsorpsiyon, yoğunlaştırma ve biyolojik arıtma) ve bu tekniklerin uygulanabilirliklerine dair bir özet sunmaktadır. Burada, yaygın olarak uygulanan tekniklerin, farklı emme konsantrasyonlarındaki farklı solvent türlerinin kullanımı ile ulaştıkları emisyon temizleme verimlilikleri karşılaştırılmaktadır [148, TWG, 2006].

Tanım: Atık gaz, mikroorganizmaların solventi ortadan kaldırdığı bir biyofiltre ya da biyolojik temizleyiciden geçirilir. Atık gazın sıcaklığı 40 ^{o}C'yi aşmamalıdır. Bu teknik CWW BREF'inde [67, EIPPCB, 2003] ele alınmaktadır.

Çevresel faydalar: % 75 – 95 arasında solvent giderme verimliliği elde edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Koku problemi ortaya çıkabilir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Bu teknik bir heatset baskı fabrikasında test edilmiştir. Ancak, solvent konsantrasyonlarında ortaya çıkan değişiklikler, kullanılan solventlerin çeşitliliği ve miktarlarındaki farklılıklar nedeniyle başarılı olamamıştır.

Uygulanabilirlik: Biyolojik arıtma biyolojik olarak çözünebilen, seyreltilmiş solvent akışlarında uygulanabilir. Bu nedenle genellikle koku kontrolü için kullanılır. Biyofiltreler, düşük seviyede, hidrokarbon ve aromatikler gibi (örn. tolüen ve ksilen) büyük ölçüde hidrofobik olan kirleticileri arıtmak için kullanılır. Biyofiltrelerin kullanımı özellikle eter, ester, keton, alkol ve nitrojen içeren bileşikler gibi suda kolaylıkla çözünebilen kirleticiler için uygundur.

Baskı endüstrisinde solvent konsantrasyonunun 1.5 g/m^3'ten fazla olduğu durumlarda, bu tekniğin kullanımı verimsizdir. Konsantrasyonların normalde 1 - 2 g/m^3 olduğu heatset uygulamasında, bu teknik test edilmiş ve sonuç olumsuz olmuştur. Esnek ambalajlarda biyolojik arıtma sistemleri 100 mg/m^3 emisyon limitini karşılayacak şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca Birleşik Krallık'ta kaplama operasyonlarında da başarıyla kullanılmaktadır.

Bu teknik, Almanya'da mobilya ve ahşap boyama sektöründe yalnızca bir tesiste, solvent emisyonlarından kaynaklanan koku problemini gidermek için kullanılmaktadır.

Zaman zaman zımpara imalatında kullanılmakta olup, otomotiv ya da tel sargı endüstrilerinde uygulanmamaktadır.

Uzun süren üretimi durdurma dönemlerinde (shut down) biyofiltrelere solvent girdisinin yerine besin verilmesi gerekebilir.

Ekonomiklik: Yatırım maliyetleri 1000 m^3/saat atık gaz kapasitesi için, 5000 – 20000 Avro arasındadır. Operasyon maliyetleri 5000 m^3/saat kapasiteli bir tesis için, arıtılan 1000 m^3 gaz başına 10 – 50 Avro arasında değişmektedir.

Aşağıda yer alan fiyatlar Flaman ahşap endüstrisini temsil etmektedir ve gerçekçi teorik faaliyet parametrelerine dayanmaktadır. Bu bilgiyi sağlayan ekipman tedarikçileri, hava akışı ve VOC yükleri temel alınarak, örneklerde verilen maliyetlerin tahmin edilmesinin imkansız

olduğunun altını çizmişlerdir. Bu nedenle, sayılar tamamıyla gösterge niteliğinde olup, tahminlerin yapıldığı zaman için (Kasım 2004) geçerlidir.

Hava akışı: 10000 Nm^3/saat:

- VOC emme konsantrasyonu: 500 mg/Nm^3, VOC emisyonları: t: <90 mg/Nm^3.
- Fiyat: 135000 – 250000 Avro.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [12, UBA Almanya, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

20.11.9. NO_x azaltma teknikleri

NO_x emisyonları atık gazlardaki VOC'lerin termal oksidasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Nitrojen içerikli solventlerin açığa çıktığı durumlarda NO_x emisyonları artabilir. Tel sargı endüstrisinde araştırmalar yapılmış (bkz. Bölüm 3.3.3.1) ve bu endüstriden kaynaklanan NO_x emisyonlarının yıllık yaklaşık 1 – 2.7 kiloton olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, bu endüstride NO_x azaltma tekniklerinin uygulanmasının teknik ve ekonomik açıdan makul olmadığı saptanmıştır (bkz. aşağıdaki bölümler). Bu sonuç diğer tesisler için de geçerlidir. Nitrojen içeren solventlerden kaynaklanan toplam emisyon düzeyi düşüktür. REACH ve benzeri uygulamalar, nitrojen içeren solventlerin kullanımının azalmasına yol açabilir. Ayrıca, tel sargı endüstrisi önemli bir NO_x kaynağı değildir ve bu nedenle ikinci bir gaz arıtma sisteminin kullanılması genellikle sürdürülebilir bir uygulama olmayıp, gerek teknik gerekse ekonomik olarak uygulanabilir nitelikte değildir. (Bkz. Bölüm 3.3.3.1).

Nitrojen içeren solventlerin kullanımı genellikle STS sektöründe düşük seviyededir ve bu sektör önemli bir NO_x kaynağı değildir. Bu sektördeki NO_x emisyonlarının azaltılmasının en etkili yolu, oksidasyon koşullarının sadece VOC'lerin bertaraf edilmesi için değil, aynı zamanda NO_x oluşumunun minimum seviyeye indirilmesi için de optimize edilmesidir (bkz. Bölüm 20.11.1 ve 20.11.4).
[54, BMLFUW Avusturya, 2003] [163, EWWG, 2005] [170, Tempany and Lemoine, 2006].

20.11.9.1. Selektif katalitik olmayan azaltım (SNCR)

Tanım: Yüksek oranda NO_x içeren atık gazlar SNCR ile arıtılabilir. Bu teknik CWW BREF'inde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. NO_x, katalizör olmadan fırına enjekte edilen üre ya da amonyak maddesi yoluyla azaltılır. Bu reaksiyon yüksek sıcaklık gerektirir (850 – 1050 ^oC). Verimlilik % 50 – 70 arasında olup, NH_3:NO oranı 2.5:1 şeklindedir.

Çevresel faydalar: NO_x emisyonlarında önemli ölçüde azalma sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Atık gazın ısıtılması için enerji kullanılması gerekir. Amonyak kullanılır, amonyağın bir kısmı çözülerek kaybedilir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Tel sargı endüstrisinde, VOC'lerin azaltılması için emaye fırınlara bağlanan azaltma sisteminden çıkan atık gaz, işlem sonunda da yüksek seviyede NO_x içermeye devam etmektedir. Bu atık gaz imkanlar dahilinde SNCR'den geçirilebilir.

Uygulanabilirlik: Önemli ölçüde NOx salınımı yapan, nitrojen içerikli solvent kullanılan endüstrilerde uygulanmaktadır, örn. kurumadan (buharlaştırma/kurutma) sonra.

Tel sargı endüstrisi ile ilgili Avusturya'da yapılan bir araştırmaya göre, bu teknikle nitrojen içermeyen solventlerde 100 mg/m^3, nitrojen içeren solventlerde ise 150 mg/m^3 seviyesinde NO_x (NO_2 olarak) elde edilebilmektedir (bkz. aşağıda yer alan Ekonomiklik kısmı).

Ekonomiklik: Bu tekniğin maliyeti SCR'den daha yüksektir. 1000 Nm^3/saat başına sermaye maliyeti 7500 – 32000 Avro arasındadır. Giderilen 1 ton NO_x başına operasyon maliyetleri ise 500 – 5000 Avro arasındadır.

SNCR, ekonomik nedenlerden ötürü tel sargı endüstrisinde uygulanmamaktadır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Yerel hava kalitesi. Sınırlar ötesi hava kirliliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [54, BMLFUW Avusturya, 2003, 67, EIPPCB, 2003]

20.11.9.2. Selektif katalitik azaltım (SCR)

Tanım: Yüksek oranda NO_x içeren atık gazlar SCR ile arıtılabilir. Bu teknik CWW BREF'inde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. NO_x katalizör kullanılarak, amonyak ile azaltılır. Bu reaksiyon 280 – 400 ^oC sıcaklık gerektirir. Elde edilen verimlilik atık gazdaki NO_x içeriğinin % 90'a varan oranda azaltılmasını beraberinde getirir ve NH_3:NO oranı 0.7-1:1 şeklindedir.

Çevresel faydalar: NO_x emisyonlarında önemli ölçüde azalma sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Atık gazların tek bir merkezi SCR ünitesine sevk edilmesi halinde, bu gazların yeniden ısıtılması için enerji gerekebilir. SCR'de amonyak ve katalizör kullanılır. Amonyağın çözülerek kaybedilme ihtimali vardır. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Tel sargı endüstrisinde, VOC'lerin azaltılması için emaye fırınlara bağlanan azaltma sisteminden çıkan atık gaz, işlem sonunda da yüksek seviyede NO_x içermeye devam etmektedir. Bu atık gaz imkanlar dahilinde, SCR'den geçirilebilir.

Uygulanabilirlik: Önemli ölçüde NOx salınımı yapan, nitrojen içerikli solvent kullanılan endüstrilerde uygulanmaktadır, örn. kurumadan (buharlaştırma/kurutma) sonra.

Tel sargı endüstrisi ile ilgili Avusturya'da yapılan bir araştırmaya göre, bu teknikle nitrojen içermeyen solventlerde 100 mg/m^3, nitrojen içeren solventlerde ise 150 mg/m^3 seviyesinde NO_x (NO_2 olarak) elde edilebilmektedir (bkz. aşağıda yer alan Ekonomiklik kısmı).

Ekonomiklik: 1000 Nm^3/saat başına sermaye maliyeti 2300 – 3900 Avro arasındadır, giderilen 1 ton NO_x başına operasyon maliyetleri ise 700 – 1200 Avro arasındadır.

Yılda 44 ton NO_x gideren emaye bir grup tel sargı makinesinden oluşan NO_x azaltma sistemi için yapılan örnek bir hesaplama; yatırım maliyetinin yaklaşık 985000 Avro, giderilen 1 ton NO_x başına ısıtma gazı ve amonyak için gereken operasyonel maliyetin ise 11000 Avro olduğunu göstermektedir.

SNCR, ekonomik nedenlerden ötürü tel sargı endüstrisinde uygulanmamaktadır.

KOBİ'lerde SCR kullanılarak NO_x azaltımı yapılmasının ekonomikliği ile ilgili örnek bir hesaplamaya STM BREF'inden erişilebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Yerel hava kalitesi. Sınırlar ötesi hava kirliliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [67, EIPPCB, 2003] [66, UBA Almanya, 2003] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Avusturya, 2003] [128, TWG, 2005] [59, EIPPCB, 2005]

20.11.9.3. Suyla ovalama

Tanım: NO_x, ovalama yoluyla atık gazlardan temizlenebilir. Bu teknik CWW BREF'inde ele alınmıştır. Ovalama işlemi tek ya da birçok silecek kullanılarak, su ya da alkali solüsyonlarla yapılabilir.

Çevresel faydalar: Açığa çıkan NO_x, % 98'den fazla NO_2 içermektedir. Su kullanıldığında, 100 mg/Nm^3'ten daha düşük seviyeler ve % 95 – 99'a varan giderme oranı elde edilebilir.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Ya her bir atık gaz çıkışına ovalayıcı yerleştirilmeli, ya da atık gazların hepsi tek bir merkezi ovalama ünitesine yönlendirilmelidir. Yaklaşık 40 – 170 hattan oluşan tel sargı tesisleri, bu sistemin uygulanması sırasında yaşanabilecek karmaşıklığa örnek olarak verilebilir.

Uygulanabilirlik: Önemli ölçüde NOx salınımı yapan, nitrojen içerikli solvent kullanılan endüstrilerde uygulanmaktadır, örn. kurumadan (buharlaştırma/kurutma) sonra. Bu teknik STS sektöründe kullanılmamaktadır.

Çoklu kurulum ya da gaz akışlarının tek bir merkezi arıtma ünitesine gönderilmesi ve uygulamadaki deneyimin yetersizliği, bu tekniğin bu sektörde uygulanmasına teknik ve ekonomik anlamda engel olmaktadır.

Ekonomiklik: Çoklu ovalayıcı ünitelerinin kurulumunun ya da tüm gaz akışının tek bir merkezi arıtma noktasına gönderilmesinin maliyeti yüksektir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Yerel hava kalitesi. Sınırlar ötesi hava kirliliği.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [94, EIPPCB, 2004] [67, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2005]

20.12. Atık su arıtımı

Atık su arıtımı tesis içinde ya da dışında yapılabilir. Tesis dışında yapılan arıtmalarda, atılan suyun kirletici madde yoğunluğunun az olması gerekir. STS sektöründe, solvent bazlı ürünlerin yerine su bazlı alternatiflerin kullanıldığı durumlarda (örn. Atık suda, suda çözünebilen solventlerin, polimerlerin ya da plastikleştiricilerin olduğu durumlarda), atık su arıtımı ile ilgili problemler ortaya çıkabilir. Atık su arıtımı ile ilgili ayırıntılı bilgiye ayrıca CWW BREF'inde [67, EIPPCB, 2003], bu sektör için de [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002]'de yer verilmiştir. Su bazlı işlemler için kullanılan atık su arıtma teknikleri ile ilgili daha fazla bilgiye STM BREF'inden [59, EIPPCB, 2005] ulaşılabilir.

Boya kabinlerinden çıkan atık su dahil, ortaya çıkan atık suyun azaltılması için kullanılan teknikler Bölüm 20.7.5'te ele alınmaktadır

Arıtma yapılması gereken durumlarda, aşağıda açıklanan tekniklerin kullanılması ve yukarıda referans verilen dokümanlardaki bilgilerin hayata geçirilmesiyle, bu sektörde aşağıdaki seviyeler yakalanabilmektedir [117, ACEA, 2005] [121, Birleşik Krallık ve diğerleri, 2003]:

- BOD (nehir ya da kontrollü bir su kaynağına boşaltıldığında) <100 mg/l
- COD (belediye atık su arıtma tesisine boşaltıldığında) <2500 mg/l
- Süspansiyon halde bulunan katı maddeler (belediye atık su arıtma tesisine boşaltıldığında) <1000 mg/l

20.12.1. Flokülasyon (topaklanma)

Tanım: Flokülasyonda, boşaltılan atık su flokülant madde içeren bir tanktan geçer. Atık sudaki partiküller çoğunlukla bentonit ya da poliakrilattan oluşan bu flokülant maddede absorplanır ya da bu maddelerde bulunan flokülant molekülleri etrafında topaklanır ve böylelikle akışkan atıktan ayrılır (bkz. Bölüm 20.12.2).

Çevresel faydalar: Çökelebilir nitelikteki katı maddelerin akışkan atıktan uzaklaştırılması sağlanır. Bu da BOD oranını ve dolayısıyla atık suyun gönderildiği arıtma tesisinde daha sonra yapılması gereken arıtma işlemilerini azaltır.

Çapraz medya etkileri: Atık çamur miktarı artar.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik atık suda süspansiyon halde katı maddelerin bulunduğu tüm proseslerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Atık su boşaltım limit değerlerine uygunluk.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002] [128, TWG, 2005]

20.12.2. Ayırma

Tanım: Flokülasyondan (bkz. Bölüm 20.12.1) sonra flotasyon, sedimantasyon ya da filtrasyon uygulanabilir. Katılaşan çamurun boya kabinlerindeki sudan ayrılması için sedimantasyon ya da flotasyon uygulanabilir (bkz. Bölüm 20.7.5.8) Flotasyon ya da sedimantasyon işlemleri, ayırma için gereken yoğunluk farkına dayanmaktadır; sedimantasyonda çamur dibe çöker; flotasyonda ise yüzeye çıkar. Sedimantasyon prosesi paralel plaka ya da lamel ayırıcı kullanılarak daha iyi hale getirilebilir, flotasyon prosesi ise çözünmüş hava kullanımıyla iyileştirilebilir. Sedimantasyon işleminde, konsantre olmuş çamur ayırıcıdan pompalanır; flotasyonda ise çamur tanktaki sıvının üzerinden mekanik olarak sıyrılır.

Bu teknikler referans kaynakçasındaki belgelerde daha ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır.

Çevresel faydalar: Bazı zararlı maddeler de dahil, katı madde seviyelerinin azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Atık miktarı artar.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknikler otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tel sargı endüstrisinde, su bazlı tel çekme emülsiyonu sedimantasyon ve filtrasyon ile arıtılmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Atık su boşaltım limit değerlerine uygunluk.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [59, EIPPCB, 2005] [67, EIPPCB, 2003] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002] [128, TWG, 2005]

20.12.3. Elektroflokülasyon

Tanım: Bu teknik proses suyunun tekrar kullanılmasına yardımcı olmak amacıyla ve arıtmadan önce bir ön arıtma sistemi olarak kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Atık sudaki VOC'lerin azaltılması sağlanır. Boya çamurları sıyrılarak atık sudan ayrılır. Su tüketimi azalır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik bol miktarda su bazlı mürekkep kullanılan esnek ambalaj tesislerinde kullanılmaktadır. Ancak bu su bazlı mürekkebin çok kullanılması, atık su miktarının da çok olduğu anlamına gelmemelidir. Aslına bakılırsa, atılan su miktarını azaltmayı hedefleyen temizleme tekniklerinin kullanılması halinde, su bazlı mürekkeplerin kullanımı sonucunda mürekkeple kirlenen atık su miktarı çok az olur. Küçük esnek ambalaj tesislerinde mürekkep içeren atık su miktarı o kadar azdır ki, bu atıklar sıvı atık olarak arıtılabilir ya da belediyenin atık su arıtma tesisine gönderilebilir.

Ekonomiklik: Arıtma kapasitesi 15 m^3/saat olan bir tesis için 100000 Avro yatırım yapılmıştır (1999). Boşaltılan su oranı atık su arıtma yüküne bağlı olarak değişmektedir. Akışkan atık kalitesinin yükseltilmesine dair tesislere getirilen kısıtlamaların kaldırılması halinde maliyet düşebilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002]

20.12.4. Vakumlu damıtma

Tanım: Vakumlu damıtma, atık sudan VOC'leri ayırmak için vakum kullanılan bir tekniktir. Bu sistem basıncın düşürülmesi için vakum uygulanan ve böylece daha düşük sıcaklıkta damıtma yapılan, buharlaşmalı bir geri kazanma sistemidir. Bu uygulama ısıtma masraflarından tasarruf edilmesini sağlar ve daha istikrarsız olan maddelerin atmosfer basıncı altında, yüksek sıcaklıklarda parçalanmasını önler.

Çevresel faydalar: Atık sudaki VOC'lerin azaltılması sağlanır. Atık su hacmi azalır.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir. Isıtma ve vakum pompalama için enerji harcanır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Araç boyahanelerinde kullanılmamaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [21, İskandinav Bakanlar Konseyi, 1998] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002] [128, TWG, 2005]

20.12.5. Biyolojik arıtma

Tanım: Atık su ön detoksifikasyondan geçirilmişse ve biyolojik çözünürlüğü yeterli düzeyde ise biyolojik arıtma yapılabilir.

Çevresel faydalar: BOD ve COD seviyeleri azaltılabilir.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Zımpara imalatı endüstrisinden kaynaklanan, fenol ve florid içeren ya da baskı endüstrisinden kaynaklanan ve solvent içeren atık su, biyoreaktör ya da biyofiltre kullanılarak arıtılabilir. Zımpara imalatı endüstrisinde biyolojik arıtma nötralizasyon, floridli damıtma ve filtrasyondan sonra uygulanır.

Uygulanabilirlik: Solvent içerikli atık su üreten yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [12, UBA Almanya, 2002] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002] [128, TWG, 2005]

20.12.6. Ultra ve nanofiltrasyon ve ters ozmoz

Tanım: Ultra ve nanofiltrasyonda (UF ve NF) ve ters ozmozda kirli su; yüksek basınç altında, su gibi küçük moleküllü maddelerin geçmesine izin veren, ancak büyük partikülleri tutan, yarı geçirgen bir diyaframdan geçer. Atık su filtreden tekrar tekrar geçirildikçe, kirli maddelerin yoğunluğu artar. Bu tekniklerin arasındaki fark, filtre deliklerinin boyutlarından ve dolayısıyla filtrelenen molekül miktarından kaynaklanmaktadır.

Çevresel faydalar: Boya ya da mürekkep gibi filtrelenen artıklar bazen geri kazanılıp tekrar kullanılabilir. Temizlenen su ise geri dönüştürülebilir ya da atık su olarak boşaltılabilir (bkz. Bölüm 20.7.5.3). Bu teknik ortaya çıkan tehlikeli atık miktarını azaltabilir.

Çapraz medya etkileri:

- Filtrelenen atık su, şayet geri dönüştürülmüyorsa, kanalizasyon sitemine boşaltılır
- Tüm filtrasyon sistemleri enerji gerektirir
- Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Temizleme aktivitelerinden, boyanın spreylenmesi sırasında ortaya çıkan overspreyin giderilmesi için su kullanılan boya kabinlerinden, yağ alma proseslerinden ya da elektro daldırma yöntemiyle yapılan kaplamalardan dolayı atık su ortaya çıkabilir. Otomotiv endüstrisinde elektro daldırma yöntemiyle yapılan kaplamalarda ve genellikle araç kaplamalarında, boyanın geri dönüştürülmesi ve suyun kapalı döngü yardımıyla tamamen demineralize edilmesi için filtrasyon yöntemi kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.4.1, 20.4.1.2 ve 20.4.1.3). Eğer demineralize durulama suyu kullanılıyorsa, büyük kaskadlara entegrasyon UF olmadan da yapılabilir.

Yağ alma işleminde de bol miktarda su kullanılır. Yağ alma aşamasında uygulanan bir banyo bakım önlemi olarak UF, aşağıdakileri sağlamaktadır (bkz. Bölüm 20.7.5):

- Yağ alma banyosunun daha kaliteli olmasını
- Kullanım ömrünün uzatılmasını
- Gereksinim duyulan temizlik maddelerinin azaltılmasını
- Tesisin kullanılabilirliğinin arttırılmasını.

Uygulanabilirlik: Bu teknik bol miktarda su bazlı mürekkep, boya ve yapışkan malzemenin kullanıldığı (örn. ambalaj baskısında) baskı tesislerinde uygulanmaktadır. Otomotiv endüstrisinde ve tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bazı solvent türleri, özellikle de keton ve ester, membrana zarar verip prosesin çalışmasına engel olabileceğinden, membran seçiminin dikkatlice yapılması gerekir.

Ekonomiklik: Otomotiv endüstrisinde, UF ve NF tesislerinin kurulmasının maliyeti genellikle 0.5 – 1 milyon Avro arasında değişmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Opel Eisenbach GmbH, Almanya.

Referans kaynakçası: [21, İskandinav Bakanlar Konseyi, 1998] [18, UBA Almanya, 2003] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France ve diğerleri, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

20.13. Atıkların minimum seviyeye indirilmesi ve solvent içeren atıkların arıtılması

IPPC Direktifi'nin IV no'lu Ek'i (madde 3) *'işlemler sonucunda ortaya çıkan ve proseste kullanılan maddelerin ya da atıkların, uygun hallerde, geri kazanımını ve geri dönüştürülmesini sağlayan faaliyetlerin arttırılmasını'* gerektirmektedir.

Aşağıdaki bölümler atıkların, geri kazanım ve tekrar kullanım yoluyla minimum seviyeye indirilmesi için kullanılan teknikleri açıklamaktadır.

Ayrıca hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi ile ilgili Bölüm 20.6.3'e ve hammaddelerin proses sularında kaybının azaltılması için alınacak önlemler ile ilgili olarak da Bölüm 20.7.5'e bakınız.

20.13.1. Kullanılan solventlerin prosesten geri kazanımı

Tanım: Kullanılan solventler (örn. temizlikte kullanılan) tekrar kullanılmak üzere (örn. filtrasyonda veya damıtmada) arıtılabilir (bkz. Bölüm 20.13.2.1 ve 20.13.2.2). Hem geri kazanım hem de tekrar kullanım işlemi tesis içinde ya da dışında yapılabilir. Örneğin pig temizleme ve arındırma sistemlerinin kullanıldığı durumlarda, her renk değişiminden sonra sistemin temizlenmesi (arındırma) için tesis içerisinde solvent kullanılır. Modern boya besleme ekipmanları ile, arındırma solventlerinin geri kazanımı mümkündür. Solventler ayrıca tehlikeli atık olarak üretim tesisinin dışındaki bir solvent geri kazanım tesisine de gönderilebilir. Bu tesiste temizlenen solventler tekrar kullanılır. Fakat yeni kullanıcı, solvent atığını gönderen tesis olmayabilir.

Temizleme işlemi yıkama makinelerinde de gerçekleştirilebilir, bu durumda solvent tesis içinde geri kazanılır ve tekrar kullanılır (bkz. Bölüm 20.9). Halojenize VOC'ler, kapalı depolama ve atık sistemleri ile bağlantılı olarak bu teknikte kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Tehlikeli atık miktarının ve temiz solvent tüketiminin azalması sağlanır. Tehlikeli atıkların (bu durumda solventlerin) tekrar kullanımı ile bu atıkların daha uzun süre kullanılması sağlanır.

Otomotiv endüstrisinde, genelikle % 80 – 90 oranında temizleme ve arındırma solventi, tekrar kullanılmak üzere gerek tesis içinde gerekse dışında geri kazanılabilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Gürültü seviyesi artabilir. Riskli maddeler için depolama riski söz konusudur.

Operasyonel veri: Ekonomik bir şekilde filtrasyon ve damıtma yapılabilmesi için, fazla miktarda (bir seferde birkaç ton) maddenin işlenmesi gerekir ve bu maddeler genellikle sıkıştırılarak küçültülür. Bu da çok miktarda temiz ve kullanılmış solventin depolanmasını gerektirir. Hem giderilmeyi bekleyen kullanılmış solventin hem de işlemden geçerek temizlenmiş olan solventin saklanmasına yetecek büyüklükte bir depo bulunmalıdır: Kullanım miktarı değişmediği sürece, bu iki miktar da birbirine eşit olmalıdır.

Coil coating proseslerinde, atık boyalardan kaynaklanan solventler çoğunlukla geri kazanılır ve temizlik işlemlerinde tekrar kullanılır. Geri kalan katı atıklar genellikle üretim tesisinin dışında yakılır.

Uygulanabilirlik: Çok miktarda solvent kullanılan tesislerde uygulanabilir. Temizlik maddelerinin ger kazanımı genellikle şu tesislerde uygulanmaktadır:

- Yayın gravürü, heatset ofset, flekso ve ambalaj gravürü tesislerinde. Ancak haftada 200 litreden fazla temizlik maddesi kullanılan yayın gravürü ve ofset tesislerinde
- Metal ambalajların boya kaplama ve baskılarında
- Mobilyaların boyanmasında, örn. ahşap mutfak ve banyo mobilyalarının boya kaplamalarında

- Tel sargı endüstrisinde
- Otomotiv endüstrisinde.

Arındırma solventlerinin temizlenmesi işlemi boru hattı sistemi kullanılan tüm endüstrilerde uygulanabilir, örn. boya ve mürekkep besleme hatlarında ve otomotiv endüstrisinde.
Damıtma ya da filtrasyon ile (ya da herhangi bir diğer yöntemle) geri kazanılan solventlerin yalnızca, gerekli teknik özelliklerin yerine getirildiği durumlarda kullanılmasına özen gösterilmelidir. Bu solventler alternatif olarak diğer uygulamalarda da kullanılabilir ya da gerekli özelliklere uygun hale getirilmek üzere yeniden işlenebilir (fakat bu işlemler genellikle yeni solvent satın almaktan daha pahalıya gelir).

Ekonomiklik: Solvent tüketiminin ve tehlikeli atık miktarının azalması sayesinde tasarruf yapılmaktadır. Büyük tesislerde yapılan tasarruflar neredeyse bu işlem için yapılan yatırımdan daha fazla olmaktadır. Örneğin, temizlik maddelerinin geri kazanımı için gereken yatırım maliyeti 3000 – 150000 Avro arasındadır. Bu miktar işlem ölçeğine, tank kapasitesine ve otomasyona bağlı olarak değişmektedir.

Kullanılmış tehlikeli solventlerin tekrar kullanımı maliyet etkin bir aktivitedir. Kullanılmış tehlikeli solventlerin kullanılması, kullanılmış solvent açığa çıkaran tesisler için kazançlı bir uygulamadır. Çünkü bu şekilde tesisin tehlikeli atıkları bertaraf etmek için para harcamasına gerek kalmaz. Kullanılmış solventleri işleyen tesisler gerekli miktarda solventi ucuza almış olur. İmalat proseslerinde kullanmak için, işlenmiş haldeki kullanılmış solvente gereksinim duyan nihai kullanıcılar da hammaddelerini rekabete dayalı bir fiyata alırlar.

Otomotiv endüstrisinde tipik bir solvent geri kazanım sisteminin kurulum maliyeti boya kabini başına 0.4 milyon Avro'dur.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Solventlerin geri dönüştürülmesi ve VOC emisyonlarının azaltılması.

Örnek tesisler: Avrupa'daki Ford fabrikaları.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [13, DFIU ve IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.13.2. Kullanılmış solventlerin tekrar kullanılmak üzere arıtılması

20.13.2.1. Filtrasyon

Bkz. Bölüm 20.13.1.

Tanım: HBS ve VCA gibi kirlenmiş temizleme solüsyonları filtrelenebilir. Solventler tekrar kullanılabilir ve geri kalan atık su belediyeye ait atık su sistemine boşaltılabilir.

Çevresel faydalar: Daha az atık suyun ortaya çıkması ve daha az temiz solventin kullanılması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Filtrasyon enerji gerektirir ve geride kalan atık suyun boşaltılması gerekir. Gürültü seviyesi artabilir. Bu tekniğin kullanılmasının su kaynakları üzerindeki etkisi yeterince göz önünde bulundurulmamaktadır. Çözünen HBS ya da VCA, belediyeye ait atık su sistemine boşaltılan suyun kimyasal oksijen gereksinimini ve biyolojik oksijen gereksinimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Operasyonel veri: Hollanda'da esnek ambalajlar için kullanılan temizleme makinelerindeki uçuculuk oranı düşük temizlik maddeleri ile deneyler yapılmaktadır. Bu temizlik maddelerinin filtrasyonu ve tekrar kullanımı bu deneylerin önemli birer parçasıdır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [18, UBA Almanya, 2003] [76, TWG, 2004]

20.13.2.2. Damıtma

Bkz. Bölüm 20.13.1.

Tanım: Mürekkep, boya ve yapışkan maddeler gibi solvent bazlı atıklar solventin geri kazanılabilmesi ve tehlikeli madde miktarının azaltılması için damıtılabilir. Özel amaçlı damıtma ekipmanları bulunmaktadır.

Çevresel faydalar: Tehlikeli atık miktarı azaltılabilir ve solventler tekrar kullanılabilir (örn. temizlik için).

Çapraz medya etkileri: Damıtma enerji gerektirir. Ancak CO_2 açığa çıkaran ve enerji kullanımını gerektiren yakma işlemine kıyasla, damıtma işleminin ve solventlerin geri kazanılmasının enerji tasarrufu sağladığı söylenebilir. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: Damıtma ekipmanı dikkatle kurulmalı ve çalıştırılmalıdır. Yanma noktası yüksek olan temizlik maddelerinin genellikle kaynama noktaları da yüksektir. Bu tür solventlerde sadece vakumlu damıtma ekipmanı kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.12.4); bu tür durumlarda membran filtrasyonu kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.12.6). Nispeten küçük vakumlu damıtma ünitelerinin (50 litre) mevcut olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, membran filtrasyonu pahalı olabilir ve kullanılan solventlerin çoğu membrana zarar verebilir. Damıtma ekipmanı ile birlikte satılan temizleme makineleri bulunmaktadır.

Yayın gravürü tesislerinde (mürekkep inceltici madde olarak sadece tolüenin kullanıldığı durumlarda), temizlik maddelerinin damıtımı için kullanılan ekipman, uygun olan hallerde, atık mürekkep için de kullanılabilir. Sadece atık mürekkeplerin damıtılması ise maliyet etkin bir yöntem değildir.

Uygulanabilirlik: Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. Solvent bazlı mürekkeplerde ve yapışkan maddelerde kullanılabilir.

Yayın gravüründe atık mürekkep damıtılmaz, çünkü bu işlemde yalnızca dört renk kullanılır ve çok az atık mürekkep ortaya çıkar.

Ambalaj gravüründe, atık mürekkeplerin damıtılması uygulaması gittikçe azalmaktadır. Bunun nedeni otomatik mürekkep karıştırma uygulaması sayesinde bu prosesteki atık mürekkep miktarının azalmış olmasıdır. bkz. Bölüm 20.6.3.1).

Üretim tesisinde damıtma yapılmasının maliyet etkin bir yöntem olmadığı durumlarda, dış damıtma cihazları kullanılabilir (örn. yayın gravüründe).

Otomobil endüstrisinde, kalite gereksinimi daha düşük olan proseslerde (genel temizlik gibi), geri kazanılan solventlerin kullanılabileceği durumlarda kullanılır.

Ekonomiklik: Daha küçük vakumlu damıtma tesislerinin yatırım maliyetleri 10000 Avro'dan başlamakta olup işlem ölçeğine, tank kapasitesine ve otomasyon miktarına bağlı olarak değişmektedir. Temizlik maddelerinin damıtılması için mevcut ekipman da kullanılırsa, ek maliyetler ortaya çıkabilir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [14, DFIU ve IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.13.3. Tek kullanımlık temizleme bezleri

Tanım: Temizleme işlemi tek kullanımlık ya da tekrar kullanılabilen bezlerle yapılabilir. Tek kullanımlık bezler kirlendiğinde atılır ve tehlikeli atık olarak işlem görür. Bu da genellikle yakma işlemidir.

Tek kullanımlık bezler genellikle sentetik elyaftan yapılır. Bu bezler tekrar kullanılabilen bezlere kıyasla çok daha fazla temizlik maddesini ve kiri üzerlerinde taşıyabilirler. Kullanıldıktan sonra, taşıdıkları kir ile birlikte yakılırlar. Tek kullanımlık bezler hafif olduklarından, tekrar kullanılabilen bezlerin üzerindeki çamur maddesinin yakılması, tek kullanımlık bezlerin tamamının yakılmasından çok da fazla avantajlı değildir.

Tek kullanımlık bezlerin adsorpsiyon özellikleri tekrar kullanılabilen bezlerinkinden çok daha iyidir. Bu nedenle ağırlık ve hacim bakımından daha az bez kullanılmasını sağlarlar. Sonuç olarak nakliyesi gereken malzeme miktarı da azalır.

Çevresel faydalar: Tekrar kullanılabilen bezlerle tek kullanımlık bezler arasında çevre üzerindeki etkileri bakımından net bir fark yoktur. Bu nedenle bu ikisi arasında çevresel etki bakımından bir tercih yapılması da söz konusu değildir.

Çapraz medya etkileri: Tek kullanımlık bezlerin üretiminde hammadde kullanılmaktadır.

Operasyonel veri: Tek kullanımlık bezlerin tercih edilmesindeki önemli faktörlerden biri de bir önceki kullanımlarından arta kalan kirleri tam olarak temizlenmemiş olabilecek tekrar kullanılabilen bezlerin, ofset plakaları ve gravür silindirleri gibi çok hassas yüzeylere zarar vermeleri ihtimalidir.

Uygulanabilirlik: Tek kullanımlık bezler tüm endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (örn. baskı ve coil coating endüstrilerinde).

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.13.4. Tekrar kullanılabilen temizleme bezleri

Tanım: Temizleme işlemi tek kullanımlık ya da tekrar kullanılabilen bezlerle yapılabilir. Tekrar kullanılabilen bezler normalde kiralanır. Kirlendiğinde ise kiralandıkları firmaya geri gönderilir. Burada yıkanıp temizlenir ve tekrar tesislere kiralanırlar.

Tekrar kullanılabilen bezler genellikle doğal tekstil elyafından yapılır. Kullanıldıktan sonra solventlerle yıkanır ve kurutulur. Kirlenen solvent damıtılır ve ortaya çıkan çamur tehlikeli atık olarak yakılır. Tekrar kullanılabilen bezlerin yıkanması, kurutulması ve damıtılması gibi prosesler solvent emisyonlarını arttırır.

Tekrar kullanılabilen bezlerin adsorpsiyon özellikleri tek kullanımlık bezlerinkinden çok daha zayıf olduğundan, ağırlık ve hacim bakımından çok daha fazla bez kullanılması gerekir. Sonuç olarak aynı temizlik işlemi için nakliyesi gereken malzeme miktarı da artar. Ancak, tekrar kullanılabilen bezler tek kullanımlık bezlere göre daha az atık oluşmasını sağlar.

Çevresel faydalar: Tekrar kullanılabilen bezlerle tek kullanımlık bezler arasında çevre üzerindeki etkileri bakımından net bir fark yoktur. Bu nedenle bu ikisi arasında çevresel etki bakımından bir tercih yapılması da söz konusu değildir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Tekrar kullanılabilen bezler tek kullanımlık bezlere göre daha güçlü ve kalındır. Bu özelliklerinden dolayı tekrar kullanılabilen bezler, temizlik işlemi için manuel kuvvetin ve tekrarlanan hareketlerin gerekli olduğu durumlarda kullanılabilecek en uygun malzemelerdir. Sözü edilen manuel kuvvet hassas yüzeylere uygulanmaz.

Uygulanabilirlik: Tekrar kullanılabilen bezler tüm endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (örn. baskı ve coil coating endüstrilerinde).

Tekrar kullanılabilen temizleme, bezleri ahşap parçaların son katlarına yapılan işlemlerde kullanılamayacak kadar serttir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [18, UBA Almanya, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

20.13.5. Kullanılmış solventlerin bezlerden geri kazanımı

Tanım: Temizleme bezlerindeki solventlerin büyük bir çoğunluğu kütle çekimi, mengene ile drene etme ya da taşınmadan önce santrifüjleme ile giderilir.

Bu teknik, çok fazla solvent kullanılması ve kullanılan fazla solventin ayrıca bertaraf edilmemesi için bezlere dökülmesi gibi yanlış uygulamalar için bir çözüm niteliğindedir.

Çevresel faydalar: Geri kazanılan solventler temizlik işlemlerinde tekrar kullanılabilir ya da eğer çok kirli ise, damıtılıp tekrar kullanılabilir (bkz. Bölüm 20.13.2.2). Bu tekniğin kullanımı ile ağırlık bakımından, nakledilmesi gereken atık miktarı daha az olur. Depolama ve nakliye sırasında daha az emisyon açığa çıkar.

Çapraz medya etkileri: Solventlerin bezlerden temizlenmesi için yapılan işlemler sonucunda üretim tesisinde solvent açığa çıkar. Gürültü seviyesi artabilir.

Operasyonel veri: ABD'de baskı endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik: Solvent kullanılan tüm baskı tesislerinde uygulanabilir. Bezler tekrar kullanılabilir nitelikte ya da tek kullanımlık olabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [53, US EPA ve diğerleri, 2003] [76, TWG, 2004]

20.13.6. Tekrar kullanılabilen konteynırlar

Tanım: Hammaddelerin çoğu, yaklaşık 1 ton kapasiteli IBC konteynırlar veya standart 200 litrelik metal variller gibi, tekrar kullanılabilen konteynırlarda tedarik edilmektedir. Bu konteynırlar aynı amaçla tekrar kullanılmak üzere geri dönüştürülebilir ya da solvent kabı olarak tekrar kullanılabilirler. Konteynırların yapımında, içlerine konan maddelere karşı

reaksiyon göstermeyen ve bertaraf edilebilen tabakaların kullanılması, 200 litre kapasiteli bu üstü açık varillerin hasar görmelerine engel olur ve tekrar kullanılmalarını kolaylaştırır.

Çevresel faydalar: Atık miktarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Tekrar kullanılmadan önce konteynırların temizlenmesi gerekir, bu işlem normalde tesis dışında yapılır.

Operasyonel veri: Büyük ofset baskı tesislerinde, boru hattı sistemleri ile doğrudan mürekkep beslemesi yapılır. Temizlik maddesi olarak kullanılan solventler de çoğunlukla tekrar kullanılabilen konteynırlarda tutulur. Daha az atık konteynırının ve daha büyük konteynırların kullanılması, boru hattı sistemleri ile preslere doğrudan mürekkep beslemesi yapılmasını sağlar.

Boş mürekkep ve solvent konteynırlarının tekrar kullanılabilmesi için imalatçılarına geri gönderilmesinin gerekmesi, bu konteynırların kullanılmasının bir dezavantajı olarak ifade edilebilir. Mürekkep ticareti uluslararası nitelikte olduğundan, boş metal konteynırların Avrupa çapında toplanması, depolanması ve nakliyesi gereklidir.

Uygulanabilirlik: Çok miktarda malzeme kullanılan tüm tesislerde uygulanabilir.

Heatset web ofset baskıda ofset mürekkeplerinin standart renkleri, tekrar kullanılabilir konteynırlarda sunulmaktadır.

Esnek ambalajlarda çok sayıda renk kullanılması, bu uygulamanın kullanımını sınırlandırmaktadır. Beyaz mürekkep, bazı boyalar ve bazı yapışkanların kullanıldığı durumlar hariç, boya başına düşen konteynır miktarının çok olması, konteynırların tedarikçiye geri gönderileceği anlamına gelmemektedir. Mürekkeplerin bulunduğu konteynırlar içlerindeki mürekkep tüketildikten sonra, tesis içinde de tekrar kullanılabilmektedir. Bu konteynırlar renklerin karıştırılması, mürekkeplerin inceltilmesi ve preslere gönderilmesi için kullanılmaktadır. Konteynırlar sık sık temizlenmekte ve defalarca tekrar kullanılmaktadır.

Boyalar için kullanılan tekrar kullanılabilir nitelikteki yığın konteynırları, çoğunlukla coil coating tesislerinde kullanılmaktadır. Bu konteynırlar tel sargı endüstrisinde de kullanılmakta olup, kullanıldıktan sonra tedarikçiye geri gönderilmektedir.

Ekonomiklik: Mürekkep ve solventler, tekrar kullanılabilir nitelikteki yığın konteynırlarında, çok miktarda tedarik edildiklerinde genellikle daha ucuz olur ve bu şekilde, bertaraf edilmesi gereken daha az atık ortaya çıkar.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [4, Intergraf ve EGF, 1999] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.13.7. Kullanılmış aktif karbonun arıtılması

Atık gazların arıtılması için adsorpsiyon yöntemi kullanılabilir (bkz. bölüm 20.11.6.1). Adsorplayıcı malzemenin yüzeyi kapasitesinin aldığı kadar maddeyi adsorbe ettikten sonra, adsorpsiyon verimliliği düşer. Bu durumda adsorplayıcı, üzerindeki solventin (ve diğer maddelerin) desorpsiyonu ile temizlenerek yeniden kullanılabilir hale getirilir. Bu işlem tesis içinde (bkz Bölüm 20.11.6.1) ya da tesis dışında (bkz. Bölüm 20.13.7.2, aşağıda) yapılabilir. Adsorplayıcı aynı zamanda desorbe edilen maddeleri de toplar. Bu maddeler yüzey alanının büyük bir bölümünü kaplar ve asıl kirletici maddelerin giderilme verimliliğini azaltır. Adsorplayıcı ısıl işlem ile yeniden kullanılabilir hale getirilebilir (bkz. Bölüm 20.13.7.1).

20.13.7.1. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların tesis içinde geri kazanılması

Tanım: Karbon, atık gazlarda bulunan solventlerin yanı sıra, geri kazanılamayan solventler, kimyasal tepkime önleyiciler ve plastikleştiriciler gibi rejenerasyon/solvent giderme prosesinde desorbe edilmeyen malzemeleri de adsorbe eder (bkz. Bölüm 20.11.6.1). Bu da kullanılan adsorplayıcının verimliliğinin bir süre sonra düşmesine neden olur. Adsorplayıcı, belli durumlarda, tesis içinde ya da dışında ısıl işlem ile yeniden kullanılabilir hale getirilebilir.

Çevresel faydalar: Adsorplayıcının ömrünün uzaması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Rejenerasyon işlemi için enerji kullanılması gerekir. Isıl işlem adsorbe edilen maddelerden ve bunların açığa çıkardığı unsurlardan kaynaklanan emisyon miktarını arttırabilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Daha az temiz adsorplayıcı satın alınması sayesinde tasarruf yapılmaktadır, ancak enerji maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005]

20.13.7.2. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların tesis dışında rejenerasyonu/solventlerinin giderilmesi

Tanım: Solvent yüklü atık gazlar aktif karbon ya da diğer adsorban maddelerden oluşan bir adsorplayıcıdan geçmektedir. Bu adsorplayıcı, havalandırma deliğine yerleştirilmiş, içinde

adsorban madde bulunan metal bir kaptan oluşabilir. Bu metal kap adsorbe ettiği maddelere doyduğunda, rejenerasyon için tedarikçisine geri gönderilir. Atık gazın birkaç farklı solventten oluştuğu durumlarda, solventlerin geri kazanılması karmaşık bir proses haline gelmektedir. Bu durumda rejenerasyon, uzman firmalarca daha etkin bir biçimde gerçekleştirilebilir.

Çevresel faydalar: Daha az adsorban madde tüketilir.

Çapraz medya etkileri: Tesis dışında rejenerasyon işlemi, adsorblayıcının nakledilebilecek kadar güçlü olmasını gerektirir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Metal kaplar özellikle yük miktarı düşük olan yavaş akışlı solventler için uygundur. Akış oranı yüksek olanlarda, kartuşun sık sık değiştirilmesi gerekir. Metal kaplardan oluşan adsorplayıcılar genellikle kokunun azaltılması için kullanılmaktadır.

Özellikle tek tip solvent kullanılan tesisler için uygundur.

Araç boyahanelerinde uygulanmamaktadır. Ancak otomotiv endüstrisindeki diğer parçalara ait boyahanelerde kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: 7000 m^3/saat hava akışı ve 20 t/yıl'dan daha düşük solvent oranları için gereken maliyet yılda 100000 Avro'nun üzerindedir. Ancak düşük hava akışları için metal kapların kullanılması daha düşük yatırımı da beraberinde getirir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [14, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

20.13.7.3. Kullanılmış aktif karbonun ve diğer adsorplayıcıların yakılması

Tanım: Şayet aktif karbon ya da diğer adsorplayıcılar tekrar kullanılabilir hale getirilemiyorsa, genellikle yakılarak bertaraf edilirler.

Çevresel faydalar: Tek kullanımlık karbon ya da diğer adsorplayıcılar, genellikle rejenere edilebilenlerden daha çok solvent adsorbe edebilir.

Çapraz medya etkileri: Yakılacak toplam madde miktarı daha fazladır, çünkü sadece solvent değil aynı zamanda karbon da yakılmaktadır. Sonuç olarak daha fazla karbon tüketilir.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [35, Aminal ve diğerleri, 2002] [14, DFIU ve IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [128, TWG, 2005]

20.13.8. Atık su çamurları

Atık su çamurlarının arıtım ve yönetim teknikleri STM BREF'inde [59, EIPPCB, 2005] ve CWW BREF'inde [67, EIPPCB, 2003], ayrıca [93, Agences de l'Eau de France, ve diğerleri, 2002] gibi uzman metinlerinde daha ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır.

20.13.8.1. Santrifüjler

Tanım: Santrifüjler boya çamurunun daha kuvvetli bir biçimde drene edilmesi için kullanılmaktadır. Boya çamuru bertaraf edilir, ancak sıvı genellikle atık su arıtma prosesine geri gönderilir.

Çevresel faydalar: Atıkların daha kolay işlenmesi sağlanır. Bertaraf edilmesi gereken daha az katı madde ya da çamur maddesi kalır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: % 50 – 70 su içeriği elde edilebilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknikler otomotiv endüstrisinde atıktaki su içeriğinin, sedimantasyon ya da flotasyondan sonra bile çok fazla olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Fosfat çamuru söz konusu olduğunda, bu tekniğin yerine filtre presleri kullanılabilir.

Ekonomiklik: Nakliye maliyeti ve boya çamurunun giderilmesinin maliyeti düşer.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyetin düşmesi, hukuki gereklilikler.

Örnek tesisler: VW, Emden, Almanya.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

20.13.8.2. Filtre presleri

Tanım: Sedimantasyon işlemi ile ayrılan fosfat çamurunun (örn. lamel ayırıcıdan gelen) içindeki su genellikle dokuma kumaş filtrelerden oluşan filtre presleri kullanılarak alınmaktadır.

Çevresel faydalar: Atıkların daha kolay işlenmesi ve bertaraf edilmesi sağlanır. Atık maddeler hacim ve ağırlık bakımından azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: % 40 – 60 su içeriği elde edilebilir.

Uygulanabilirlik: Bu teknikler otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekonomiklik: Nakliye maliyeti ve boya çamurunun giderilmesinin maliyeti düşer.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Maliyetin düşmesi, hukuki gereklilikler.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

20.14. Tozun azaltılması

Boya kabinlerinden kaynaklanan tozun ve partikül emisyonlarının azaltılmasına yönelik proses içi teknikler için, bkz. Bölüm 20.7.4.1, 20.7.4.2 ve 20.7.4.3. Boru sonu tozun azaltılması için, bkz. Bölüm 20.11.3 – Atık gaz ön işlemi).

20.15. Kokunun azaltılması

Solvent kullanılan birçok proseste koku ortaya çıkar. Ancak solvent emisyonlarının azaltılması için proses içi ve boru sonu atık gaz önlemlerinin alınması, atık gaz emisyonları için yüksek bacaların kurulması koku problemini çözebilir, bkz. Bölüm 20.10 – İkame ve 20.11 – Atık gaz arıtımı).

20.15.1. Solvent bazlı malzemelerin iletimi sırasında tankların havalandırılması

Tanım: Solvent içerikli malzemelerin iletimi sırasında boru hattındaki ya da tankın açık kalan kısmındaki buhar dışarı verilir ya da arkadan havalandırma ile dışarı atılır (back-venting) (bkz. Bölüm 20.2.2). Arkadan havalandırma yönteminin kullanılmadığı ya da uygun olmadığı durumlarda, örneğin, malzemenin boru içinde katedeceği yolun fazla olması, arkadan basınç uygulanması, solvent iletimi ile ilgili olarak yapılan anlaşmalarda bu durumun istenmemesi ve hava tahliye deliklerinin yerinin değiştirilmesi gibi durumlarda solvent içerikli malzemeler rahatsız edici kokunun, üretim tesisi sınırlarını aşıp gideceği şekilde yönlendirilmelidir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [121, Birleşik Krallık ve diğerleri, 2003] [128, TWG, 2005] [164, Verspoor, 2006]

20.16. Gürültünün azaltılması

Tanım: Tesisteki gürültünün, hassas noktaları etkilemeyecek ölçüde azaltılması iyi bir uygulamadır. Gürültü şunlardan kaynaklanabilir:

- Proseste, özellikle hızlı çalışan makinelerden (baskı proseslerindeki katlama ve kesme makinelerinden, baskı ve çizim ekipmanlarından, hızlı çalışan ileticilerden, vs.)
- Hava kompresörleri, hava/atık gaz ektraksiyon sistemleri, atık gaz oksitleyicileri gibi, prosesle ilgili aktivite ve ekipmanlardan.

Gürültü aşağıdakilerin uygulanmasıyla ortadan kaldırılabilir ya da azaltılabilir:

- Proses içi çözümlerle ve mühendislik çözümleri ile:
    - Gerektiğinde, büyük fanlara susturucu takılması, akustik kaplamaların kullanılması gibi, gürültünün kontrol edilmesinde yönelik mühendislik kontrolleri
    - Yüksek ya da tonal gürültü seviyesinde ses çıkaran ekipmanların seçilmesinden kaçınılması
    - Preslerin ve diğer gürültü kaynaklarının etrafının kapatılması
- Yönetim sistemleri ile:
    - Gürültülü tesislerde etkili önleyici bakımın yapılması, örn. fan motorlarının üzerindeki taşıyıcıların yerinin değiştirilmesi
    - Çıkan malzemenin nakliyesi de yerel düzeyde gürültü yaratabilir. Bu sorun malzeme çıkış seferlerinin azaltılması ve/veya çıkış zamanlarının yönetimi ile çözülebilir.
    - Etkin tesis operasyonu, malzemenin dışarıya verildiği alanın ve iş yerinin kapılarının kapatılmasını da gerektirir.

Çevresel faydalar: Gürültünün azalması sağlanır. Fan ve motorlara etkili önleyici bakım yapılması enerji gereksinimini azaltabilir.

Çapraz medya etkileri: Susturucuların kullanılması ile basınç düşüşleri artacağından, enerji kullanımı da artabilir.

Malzemenin dışarıya verildiği alanın kapısının kapatılması iç havalandırma ve soğutma gereksinimini arttırır.

Operasyonel veri: Üretim tesisine özgüdür.

Uygulanabilirlik: Heatset ve yayın gravürü (katlama/kesme makinelerinin etrafının genellikle kapatıldığı) gibi yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak web baskı proseslerinde (ürünün rulolar üzerinde olduğu) kullanılamaz.

Ekonomiklik: Duruma özgüdür. Ancak genellikle bu işlemler için yapılan yatırımların geri dönüşü söz konusu değildir. Malzemenin dışarıya verildiği alanın ve iş yerinin kapılarının kapatılması, havalandırma maliyetini arttırır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Gürültü şikayetlerinin önlenmesi. İş sağlığı mevzuatına uygunluk (genellikle tesisin dışına yüksek seviyede gürültü verilmesini önlemek için gürültü kaynaklarının etrafının kapatılmasını gerektirir).

Örnek tesisler: Yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans kaynakçası: [111, Eurofer, 2003] [128, TWG, 2005]

21. ORGANİK SOLVENTLERİN KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİNDEKİ MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER

Giriş

Bu bölümü daha iyi kavrayabilmek için, okuyucunun bu dokümanın önsözüne, özellikle de önsözün 5. bölümü olan 'Bu dokümanı anlama ve kullanmanın yolları' kısmına bakması gerekir. Bu bölümde sunulan teknikler, ilgili tüketim ve/veya emisyon seviyeleri ya da seviye aralıkları, aşağıdaki adımları kapsayan yinelemeli bir prosesten geçilerek değerlendirilmiştir:

- Organik solventlerin kullanımı ile yapılan yüzey işlemleri ile ilgili başlıca çevresel konuların tanımlanması: Bunlar havaya salınan solvent emisyonları, enerji tüketimi, suya salınan solvent emisyonları (özellikle yeraltı sularına), solventlerin neden olduğu toprak kirliliği ve atıklar ile ilgilidir.
- Bu önemli çevresel konulara yönelik olarak kullanılabilecek tekniklerin incelenmesi
- Avrupa Birliği'ndeki ve dünyadaki mevcut verilere dayanılarak en iyi çevre performans seviyelerinin belirlenmesi
- Bu performans seviyelerinin yakalandığı koşulların incelenmesi; örneğin bu tekniklerin uygulanmasında geçerli olan maliyetlerin, çapraz medya etkilerinin ve temel teşvik edici faktörlerin incelenmesi
- Direktif'in IV no'lu Ek'i ve 2(11) no'lu Maddesi uyarınca, bu sektör için genel anlamda geçerli olan mevcut en iyi tekniklerin (BAT) ve ilgili tüketim ve/veya emisyon seviyelerinin tespit edilmesi.

Avrupa IPPC Bürosu ve ilgili Teknik Çalışma Grubu (TWG) yukarıda sıralanan adımların hepsinde ve burada yer alan bilgilerin sunuluş şeklinin belirlenmesinde çok önemli bir rol üstlenmiştir.

BAT'ın kullanımı ile ilgili teknikler ve mümkün olan durumlarda da tüketim ve emisyon seviyeleri, yapılan değerlendirmeye dayalı olarak bu bölümde sunulmuştur. Sunulan bilgiler bir bütün olarak sektöre uygun olan ve çoğunlukla da aynı sektördeki bazı tesislerin mevcut performanslarını yansıtan bilgilerdir. 'Mevcut en iyi tekniklerin kullanımı ile ilgili' tüketim ve emisyon seviyelerinin verildiği durumlarda söz konusu seviyelerin, BAT tanımında belirtilen maliyet ve avantaj dengesi de göz önünde bulundurularak tanımlanan tekniklerin bu sektörde uygulanması sonucunda elde edilmesi beklenen çevre performansına işaret ettiği unutulmamalıdır. Ancak verilen bu seviyeler tüketim ya da emisyon limit değerleri değildir ve bu şekilde değerlendirilmemelidir. Bazı durumlarda, daha iyi tüketim veya emisyon seviyelerine ulaşmak teknik olarak mümkündür, ancak bu seviyelerin yakalanması ile ilgili maliyetler ve çapraz medya etkileri, söz konusu tekniklerin sektör için bir bütün olarak BAT olarak kabul edilmesine engel olmaktadır. Bununla birlikte, bu seviyelerin elde edilmesi için uygulanacak tekniklere yönelik özel teşvik edici faktörlerin bulunduğu daha spesifik durumlarda, bu seviyelerin uygun seviyeler olarak belirlenmesi mümkün olabilir.

BAT'ın kullanımı ile ilgili tüketim ve emisyon seviyeleri, belirtilen referans koşulları (örn. ortalama periyotlar) da göz önünde bulundurularak hep birlikte ele alınmalıdır.

Yukarıda tanımlanan 'BAT'ın kullanımı ile ilgili seviyeler' kavramı, bu dokümanın herhangi bir yerinde geçen 'elde edilebilir seviye' kavramı ile karıştırılmamalıdır. Belirli bir teknik ya da teknik kombinasyonları kullanılarak 'elde edilebilecek' seviye denildiği zaman anlaşılması gereken; belirli bir süre içerisinde, iyi yönetilen ve yürütülen bir tesis ya da proseste, ilgili tekniklerin kullanımıyla elde edilmesi beklenen 'seviye'dir.

Mümkün olan durumlarda, önceki bölümde verilen tekniklerle ilgili açıklamaların yanı sıra, maliyetlerle ilgili veriler de sunulmuştur. Bu rakamlar ilgili maliyetin büyüklüğüne dair kabaca bir fikir vermeye yöneliktir. Ancak, bir tekniğin uygulanmasının gerçek maliyeti büyük ölçüde vergiler, ücretler, ilgili tesisin teknik özellikleri gibi spesifik durumlara bağlı olarak değişmektedir. Bu dokümanda bu tür tesise özgü bilgilere tam anlamıyla yer verilmesi mümkün değildir. Maliyetler ile ilgili verilerin mevcut olmadığı durumlarda, tekniklerin ekonomik bakımdan uygulanabilir olup olmadıklarına dair sonuçlar, mevcut tesislerde yapılan gözlemlere dayanılarak çıkarılmaktadır.

Bu bölümdeki genel BAT'ın, mevcut bir tesisin halihazırda geçerli olan performansını değerlendirmesine ya da yeni bir tesis için ortaya atılan bir önerinin değerlendirilmesine yönelik bir referans noktası olması hedeflenmektedir. Bu şekilde mevcut ya da yeni tesisler, bu tesisler için geçerli olan uygun 'BAT temelli' koşulların tespit edilmesine ya da Madde 9(8) uyarınca genel bağlayıcı kuralların belirlenmesine de destek olmuş olurlar. Yeni tesislerin burada belirtilen genel BAT seviyelerinde ve hatta bu seviyelerin de üzerinde performans gösterecek şekilde tasarlanabileceği öngörülmektedir. Ayrıca tekniklerin ekonomik ve teknik anlamda ele alınan duruma uygulanabilirliklerine göre, mevcut tesislerin genel BAT seviyelerine yaklaşabilecekleri veya daha iyiye gidebilecekleri düşünülmektedir.

BAT referans dokümanları, her ne kadar hukuki olarak bağlayıcı standartlar getirmese de endüstrilere, Üye Devletlere ve kamuya belirli tekniklerin kullanımıyla elde edilebilecek tüketim ve emisyon seviyeleri ile ilgili kılavuz niteliğinde bilgi sunmayı amaçlamaktadır. Herhangi bir spesifik durum için geçerli olacak uygun limit değerlerinin, IPPC Direktifi'nin hedefleri ve yerel konular göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekir.

Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler:

1. 'Solventlerin Kullanımı ile Yapılan Yüzey İşlemleri' sektörü; aktivitelerin karmaşıklığı, ölçeği ve yapısı bakımından çeşitlilik gösteren (Bölüm 2 – 19'da ele alınan) geniş bir endüstri yelpazesini içine almaktadır. BAT'ın tespitinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler, her endüstriye ait Bölüm'ün 4. Bölüm'ünde ele alınmaktadır. Ancak, aynı temel çevre konuları tüm endüstriler için geçerlidir. Bu konulara yönelik olan teknikler de bu tekniklerin genel anlamda birden fazla endüstride uygulanmalarına yönelik olarak değerlendirilmiştir. Bu tekniklerin büyük bir çoğunluğu Bölüm 20'de açıklanmıştır. Bu nedenle BAT ile ilgili olan bu bölümün (Bölüm 21), Bölüm 20 ve ilgili endüstrileri açıklayan 2–19 no'lu Bölümlerin 4. Bölümleri ile bağlantılı olarak okunması önemle tavsiye edilmektedir. Okuyucuya yardımcı olabilmek için, Bölüm 20'ye ve ilgili diğer bölümlere ait çapraz referanslar bu bölümde (Bölüm 21) verilmiştir.

2. Bu bölümde sektör için geçerli olan BAT sonuçları iki seviyede ele alınmıştır. Bölüm 21.1 genel BAT sonuçları ile ilgilidir (örn. genel olarak tüm sektöre uygulanabilecek olanlar ile). Bölüm 21.2'den itibaren olan bölümler ise spesifik endüstriler ile ilgili BAT sonuçlarını içermektedir. Yüzey işlemlerini gerçekleştiren herhangi bir spesifik tesis için geçerli olan BAT aşağıdakilerin bir kombinasyonundan oluşmaktadır:

- Sektör için geçerli olan genel ya da yaygın tekniklerin (Bölüm 21.1)
- Belirli durumlarda uygulanabilecek, endüstriye özgü tekniklerin (Bölüm 21.2 ve sonrası)

Şayet BAT'ın belli koşul ya da durumlarda uygulanamayacağının bilindiği istisnai durumlar söz konusuysa, bu durum ilgili bölümde belirtiliştir.

3. Su bazlı yüzey işlem proseslerinin (IPPC Direktifi'nin 2.6 no'lu Ek'inde belirtildiği gibi) solvent bazlı proseslerle (IPPC Direktifi'nin 6.7 no'lu Ek'inde belirtildiği gibi) birlikte kullanıldığı durumlarda, su bazlı işlemlerle ilgili BAT'a STM BREF[6]'inden ulaşılabilir. STM BREF'i temelde su bazlı temizleme/yağ alma, dinlendirme, fosfatlama işlemlerinde ya da su bazlı diğer kimyasal işlemlerde ve su ile durulamada geçerlidir. Solvent bazlı proseslerin yerine su bazlı proseslerin kullanılmasına yönelik teknikler ve ilgili BAT, bu dokümanda açıklanmaktadır.

4. Ek tekniklere ve destekleyici bilgilere diğer IPPC referans dokümanlarınadan, özellikle de CWW BREF[7]'inden, Depolama BREF[8]'inden ve İzleme REF[9]'inden ulaşılabilir. Bu dokümanlardaki BAT sonuçlarının solvent kaplama prosesleri için geçerliliği henüz doğrulanmamıştır, ancak sözü edilen sonuçlar benzer fiziksel ve/veya kimyasal koşullar söz konusu olduğunda, ekonomik olarak uygulanabilirliğin de göz önünde bulundurulması koşuluyla, bu sektörde uygulanabilir.

Bu bölümün kullanıcıları/okuyucularına yardımcı olabilecek bazı temel konular

Bu dokümanın hazırlanması sırasında, temel çevresel konular göz önünde bulundurulduğunda, birkaç önemli nokta ortaya çıkmıştır. Bu noktaların bilinmesi kullanıcı/okuyuculara yardımcı olabilir:

5. Bu sektördeki birçok tesis, bazı durumlarda yıllardır, havaya verdikleri emisyonlarla ilgili olarak başka spesifik düzenlemelere tabidir. Bu düzenlemeler arasında, havaya salınan bazı maddeler için emisyon limit değerleri (ELV'ler) uygulanması da yer almaktadır. Bu konuda 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi (Solvent Emisyonları Direktifi) de atık gaz, kaçak ve toplam emisyonlar ile ilgili çeşitli ELV'lerin yanı sıra, hedef emisyon değerleri ve tehlikeli solventlerin yerine daha az tehlikeli olanların kullanılması (ikame) gibi hususları içeren bir alternatif azaltma programını kapsamaktadır, (bkz. Önsöz ve Ek 24.2).

6. BAT'ların kullanımı ile ilgili olarak emisyon seviyelerini ve performans seviyelerini bu bölümde belirtildiği şekliyle yorumlarken kullanıcı/okuyucu şunlara dikkat etmelidir:

---

[6] Metallerin ve Plastiklerin Yüzey İşlemleri ile ilgili BAT referans dokümanı [59, EIPPCB, 2005]

[7] Kimyasallar Sektörü'nde Atık Su ve Atık Gaz Yönetimi/Arıtımı ile ilgili BAT referans dokümanı [67, EIPPCB, 2003]. "Kimyasal Sektörü'nde Genel Atık Su ve Atık Gaz Arıtım/Yönetim Sistemleri ile ilgili Mevcut En İyi Teknikler hakkında referans dokümanı", Avrupa Komisyonu.

[8] Depolamadan kaynaklanan Emisyonlar ile ilgili BAT referans dokümanı [91, EIPPCB, 2005]. "Depolamadan kaynaklanan Emisyonlar ile ilgili Mevcut En İyi Teknikler hakkında referans dokümanı".

[9] Genel İzleme Prensipleri ile ilgili referans dokümanı [113, EIPPCB, 2003]. "Genel İzleme Prensipleri ile ilgili Referans Dokümanı".

- BAT'ın kullanımı ile ilgili şeklinde ifade edilen emisyon ve performans değerleri ile emisyon limit değerleri (ELV'ler), özellikle SED'de, aynı değildir (bkz. yukarıda yer alan Giriş kısmı).
- AB düzeyinde, ulusal ya da yerel yeterlilik ile ilgili bir durum söz konusu ise, ELV'ler farklı şekilde belirlenir ve uygulanır.
- Ruhsatlarda ve mevzuattaki ELV'lere uyulması, emisyon ve performans değerlerin doğal olarak ELV'lerin altında olması sonucunu beraberinde getirecektir.
- Emisyon seviyeleri farklı şekillerde, örneğin farklı zaman ölçekleri üzerinden (bir saat, 24 saat, her zaman), farklı konsantrasyon ifadeleri ile (mg C/Nm^3, VOC/m^3, vs.) ifade edilebilir.
- BAT'ın kullanımı ile ilgili emisyon ve performans değerleri, mümkün olan durumlarda, üretimle ilgili ifadelerle verilmektedir (mürekkep katı maddesi girdisinin ağırlık bakımından %'si olarak VOC, g/m^2 e-kaplama yapılan alan, 1 kg katı madde girdisi başına ortaya çıkan kg cinsinden VOC, vs. gibi). Terimler çoğunlukla SED ile ilgilidir ve endüstri ya da düzenleyiciler tarafından, SED'de yer alan ELV'lere ya da azaltma programına uyulduğunun göstergesi olarak kullanılmaktadır. Mevcut verilerden yararlanılabilmesi ve tutarlılık sağlanması için burada da aynı terimler kullanılmaktadır. Bu terimler Ek 24.2'de daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

7. BAT maliyetlerin, faydaların ve çapraz medya etkilerinin göz önünde bulundurulmasını gerektirmektedir (bkz. yukarıda yer alan Giriş kısmı). Bu nedenle tesislerin, BAT ile ilgili tüm değerlerde, bütün parametreleri en düşük seviyede tutacak şekilde faaliyet göstermeleri beklenmemektedir.

8. Tek bir ya da bir dizi BAT'ın bir tesistıe uygulanabilme hızı ve o tesisin BAT ile ilgili seviye aralıklarındaki ulaştığı nokta aşağıdakiler gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (bkz. [97, EIPPCB, 2005]):

- Tesisin yeni mi yoksa mevcut bir tesis mi olduğuna, ekipmanlarının yaşına ve tasarımına
- Tesisin yatırım döngüsü içindeki yerine
- Proseslerin karmaşıklığına ve operasyonda kullanılacak tekniklere dair yapılan gerçek seçimlere
- Yeni bir tesiste ya da büyük bir iyileştirme yapılırken, teknik seçimine ne kadar önem verildiğine
- Üretim kapasitesine ve hacmine, üretilen ürünlerin karışımına
- Uygulanan işlem türüne ve kalite gereksinimlerine (renk uyumu gibi)
- Mevcut yer hacmine
- Operatörün gereksinim duyduğu zaman ölçeği içerisinde, tekniğin maliyetine, 'erişilebilirliğine' ve sağlamlığına,
- Tesisteki aktivitelerde değişiklik (yapısal değişiklikler de dahil) yapmak için gereken zamana ve üretim gereksinimlerine göre bu sürenin nasıl optimize edilebileceğine
- Süregelen bir solvent emisyonu azaltma işleminin maliyetine, faydasına ve çapraz medya etkisine
- Daha düşük maliyetle ve daha az çapraz medya etkisi ile daha düşük VOC emisyon seviyeleri elde edilmesini sağlayabilecek yeni ve gelişmekte olan tekniklere.

9. Gelişme: Bazı operatörler ve/veya tedarikçiler, diğerlerinin görünüşte aynı durumlarda başarısız bir şekilde kullandıkları ya da istenilen bir çevresel sonuca ulaşılmasını sağlamak

için yatırım yapılması gereken bir teknik olarak görmedikleri herhangi bir teknik ile tatmin edici sonuçlar elde edebilmektedirler. Herhangi bir tekniğin, en düşük tüketim ve/veya emisyon seviyelerini sabit olarak yakalayacak şekilde uygulanmasından, tamamıyla ticari nitelik taşır hale gelmesinden ve/veya başka aktivitelerde de uygulanmasından önce, uzun bir gelişme aşamasından geçmesi (yıllar süren) gerekebilir.

10. Çevre ile ilgili ilerlemelerin çok hızlı bir biçimde sağlanması şart değildir, (örn. emisyon oranında yıldan yıla % 2 düşüş, her beş yılda 5 g/m^2 ilerleme, vs.), çünkü önemli aşama kaydedilmesini sağlayan değişiklikler yukarıda da belirtildiği gibi, genellikle yapılan sermaye yatırımına, büyük ölçekli mühendislik çalışmalarına ve piyasada ikamelerin bulunup bulunmamasına bağlı olarak değişmektedir.

11. Müşteri talepleri (pazarlama departmanları gibi tesis içi müşterilerden gelenler de dahil) iki şekilde baskı uygulayabilir:

- Çevresel ilerleme kaydedilmesi yönündeki uygulamaların tersine, yalnızca önemli miktarda VOC solventi tüketilmesini gerektiren ve bunun sonucunda emisyon açığa çıkmasına yol açan tekniklerin kullanımıyla uygulanabilecek işlemler ya da son katlar kullanarak, örn. otobüslerde metalik boya son katları gibi
- Aynı şekilde, bazı son katlar ya da standartlar da yalnızca solvent içermeyen ya da düşük oranda solvent içeren proseslerle elde edilebilmektedir, örn. esnek ambalaj uygulamasındaki 2 bileşenli yapışkanlar gibi.

21.1. Sektördeki tüm endüstrilere uygulanabilecek olan mevcut en iyi teknikler

ÇEVRE YÖNETİMİ İÇİN BAT

Çok sayıda çevre yönetim tekniği BAT olarak değerlendirilmektedir. EMS'nin kapsamı (örn. ayrıntı düzeyi) ve yapısı (örn. standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış olması) genellikle tesisin yapısı, ölçeği, karmaşıklığı ve neden olacağı çevresel etki ile ilgilidir.

12. BAT, spesifik koşullara uygun olacak şekilde, aşağıdaki özellikleri bir araya getiren bir Çevre Yönetim Sistemi (EMS) uygulanması ve bu sisteme bağlı kalınmasıdır (bkz. Bölüm 20.1.1):

- Üst yönetim tarafından tesis için bir çevre politikasının belirlenmesi (üst yönetimin kararlılığı EMS'nin diğer unsurlarının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için de bir önkoşul olarak kabul edilmektedir)
- Gerekli prosedürlerin planlanması ve temin edilmesi
- Prosedürlerin aşağıdakilere özellikle dikkat edilerek uygulanması
    - Yapı ve sorumluluk
    - Eğitim, farkındalık ve yeterlilik
    - İletişim
    - Çalışanın katılımı
    - Dokümantasyon
    - Etkili proses kontrolü
    - Bakım programı

- Acil durum hazırlığı ve müdahale
- Çevre mevzuatına uygunluğun korunması.

- Performans kontrolünün ve düzeltici eylemin aşağıdakilere özellikle dikkat edilerek gerçekleştirilmesi
  - İzleme ve ölçüm (bkz. Emisyonların İzlenmesi ile ilgili Referans dokümanı)
  - Düzeltici ve önleyici eylem
  - Bakım kayıtları
  - Çevre yönetim sisteminin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığını, düzgün bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını ve sisteme bağlı kalınıp kalınmadığını tespit etmek için bağımsız iç denetim yapılması (uygun olan durumlarda)

- Üst yönetim tarafından değerlendirme yapılması.

Yukarıda sıralanan adımları tamamlayacak olan aşağıdaki üç adım da destekleyici önlem olarak değerlendirilmektedir. Ancak, bu üç adımın uygulanmaması genelikle BAT açısından sorun teşkil etmemektedir. Bu adımlar:

- Akredite bir sertifikasyon kuruluşu ya da bir dış EMS sağlayıcısı tarafından incelenen ve geçerli kılınan bir yönetim sistemine ve denetim prosedürüne sahip olunması,
- Tesisin çevre ile ilgili tüm önemli yönlerini açıklayan, çevresel amaç ve hedefler bakımından yıl yıl kıyaslama yapan, mümkün olan durumlarda sektörle ilgili karşılaştırmalı değerlendirmelere yer veren düzenli bir çevre beyanının hazırlanması ve yayımlanması (mümkünse dış onaydan geçmesi)
- EMAS ve EN ISO 14001:2004 gibi uluslararası düzeyde kabul gören, gönüllülük esasına dayalı sistemlerin uygulanması ve bu sistemlere bağlı kalınması. Gönüllülük esasına dayalı olan bu adım, EMS'nin çok daha güvenilir olmasını sağlayabilir. Özellikle de yukarıda sıralanan tüm özellikleri kapsayan EMAS, üst düzeyde güvenilirlik sağlamaktadır. Ancak düzgün bir şekilde tasarlanıp uygulandığında, standartlaştırılmamış sistemler de prensipte aynı ölçüde etkili olabilir.

13. Özellikle bu endüstri sektörü için, EMS'nin aşağıdaki potansiyel özelliklerinin göz önünde bulundurulması da önemlidir:

- Tesisin çevresel izinin azaltılmasının planlanması (bkz. aşağıda yer alan BAT 14)
- Düzenli olarak, aşağıdakileri de kapsayan endüstriyel ve tesis içi karşılaştırmalı değerlendirmelerin yapılması:
  - Hammadde, enerji ve su tüketimi ve bunların verimli bir şekilde kullanılması
  - Havaya ve suya salınan emisyonlar ve atık oluşumu
- Üretim malzemelerinin seçimi
- Yeni bir tesisin planlanması aşamasında eski tesisin nihai olarak devreden çıkarılmasından, mevcut bir tesiste modifikasyon yapılmasına kadar tüm aşamalarda çevresel etkinin göz önünde bulundurulması
- Daha temiz teknolojilerin geliştirilmesine önem verilmesi.

14. BAT, ilerleme kaydedilebilmesi için fayda maliyetleri ve çapraz medya etkileri (bkz. Bölüm 20.1.2) de göz önünde bulundurularak, eylemlerin ve yatırımların kısa, orta ve uzun vadede planlanması yoluyla çevresel izin minimum seviyeye indirilmesidir. Bu uygulama aşağıdakiler tarafından desteklenmektedir:

- Tüketim ve emisyonların tesis içinde izlenmesi ve karşılaştırmalı değerlendirmelerin yapılması, bkz. Bölüm 20.1.3
- Solvent yönetim planının uygulanması, bkz. Bölüm 20.3.1
- Proseslerdeki tüketim ve emisyonların birbiri ile ilişkisinin kavranması
- İlerleme kaydedilmesi gereken alanların tespiti ve BAT'a uygunluğun sağlanması
- Belirlenen eylemler ve yatırımlar arasından önceliklerin tespiti
- Uygulama için bir zaman çizelgesinin hazırlanması.

TESİSİN TASARIMI, İNŞASI VE OPERASYONU

Planlanmayan salınımların/emisyonların önlenmesi

15. BAT, tehlikelerin ve bunların ulaşabileceği yerlerin belirlenmesi, risk potansiyelinin basit bir şekilde derecelendirilmesi ve kirliliğin önlenmesi için üç adımdan oluşan bir eylem planının uygulanması (bkz. Bölüm 20.2.1) yoluyla, tesisin planlanmayan emisyonlardan kaynaklanan kirliliği önleyecek şekilde tasarlanması, inşası ve operasyonudur. Bu uygulama; özellikle yeraltı suları ve toprak kirliliğinin önlenmesi, aktivitelere ara verilen dönemlerde üretim tesisinin temizlenmesine katkıda bulunması bakımından yararlı olacaktır. Planlanmayan salınımları minimum seviyeye indirmek için, uygulanan adımlar aşağıdaki tüm maddeleri göz önünde bulunduran önlemleri içine almalıdır:

1. Adım:

- Tesisin yeterli boyutlarda olmasının temini
- Herhangi bir kimyasal maddenin dökülmesi halinde risk altında kalabilecek olan alanların, sızdırmaz bariyerler oluşturulması için uygun olan malzemelerin kullanımı ile koruma altına alınması. Drenler ve bakım kapakları gibi kanalizasyonlara giden yolların tespit edilmesi ve bunların düzgün bir şekilde sızdırmaz hale getirilmesi bu uygulamaya örnek olarak verilebilir
- Proses hatlarının ve parçalarının sabit olmasının temini (geçici ve seyrek olarak kullanılan ekipmanlar dahil).

2 Adım:

- Riskli malzemeler için kullanılan depolama tanklarının, çift yüzeyli tankların kullanımı gibi inşaat teknikleri ile ya da bu tankların korumalı alanlara konulmasıyla korunmasının sağlanması
- Proses hattında kullanılan tankların korunaklı bir alanda bulundurulmasının sağlanması
- Sıvı maddelerin tanklar arasında pompalandığı durumlarda, sıvının gönderildiği tankın pompalanan miktarı alabilecek boyutta olmasının ya da arızaya karşı, emniyetli seviye kontrol sistemlerinin kurulmasının sağlanması
- Ayrıca bir kaçak belirleme sisteminin bulunmasının sağlanması ya da koruma alanlarının, bakım programının bir parçası olarak düzenli bir biçimde kontrolünün yapılması.

3 Adım:

- Düzenli teftiş ve test programlarının yapılması
- Potansiyel kazalara karşı, aşağıdakileri de kapsayan acil durum planlarının yapılması:

    - Tesis çapında büyük ölçekli planlar (tesisin ölçeğine ve yerine uygun olarak)
    - Kimyasal madde ve yağ dökülmelerine karşı acil durum prosedürleri
    - Koruma ve önleme olanaklarının teftişi
    - Dokülmelerin kontrol edilmesinden kaynaklanan atıklarla ilgili atık yönetim kılavuzlarının bulunması
    - Uygun ekipmanların belirlenmesi ve bu ekipmanlarının mevcut olup olmadığının ve düzgün çalışıp çalışmadığının düzenli olarak kontrol edilmesi
    - Çalışanların çevre bilinci edinmesinin sağlanması, dökülme va kazalarla baş edebilecek şekilde eğitilmesi
    - Proseslerde yer alan kişilerin görev ve sorumluluklarının belirlenmesi.

Kimyasalların ve atıkların depolanması

16. BAT, tehlikeli maddelerin ve özellikle aşağıdaki maddelerin depolanması ve kullanılması sırasında ortaya çıkabilecek yangın riskinin ve çevresel risklerin azaltılmasıdır:

- Solventler
- Solvent bazlı hammaddeler
- Atık solventlerin ve kirlenmiş temizlik malzemeleri

Yukarıdaki işlem için Bölüm 20.2.2 ve 20.2.2.1'deki teknikler kullanılmalıdır.

- Uygulama alanında yalnızca üretim için gerekli olan miktar kadar tehlikeli hammaddenin depolanması
- Daha fazla miktarda olan maddelerin parçalara bölünerek depolanması
- Mümkün olan durumlarda, yığın depo tankları doldurulurken arkadan havalandırma yapılması
- Tüm sabit depo tanklarının üzerinde yüksek seviyeli alarmlar bulunması
- Yığın haldeki malzemeler için tek bir doldurma noktasının belirlenmesi
- Solventlerin, atık solventlerin ve atık temizlik malzemelerinin (yangın güvenlik uygulamalarının elverdiği durumlarda) sızdırmaz konteynırlarda depolanması.

Daha fazla bilgiye Depolama BREF'inden ulaşılabilir.

Tesisin inşası ve operasyonu

17. BAT, aşağıdakilerin uygulanmasıyla tüketim ve emisyonların minimum seviyeye indirilmesidir:

- Yüzey işlem tekniklerinin aktiviteye ve endüstriye uygun olarak otomatikleştirilmesi, bkz. Bölüm 20.2.3
- Operasyon, idare ve bakım aktivitelerini yürüten tüm personelin yapacakları işle ilgili olarak eğitilmeleri, bkz. Bölüm 20.2.4

- Yazılı, güncel operasyonel prosedürlerin ve proses el kitaplarının sağlanması, bkz. Bölüm 20.2.4
- Aktivitelerin optimize edilmesi, bkz. Bölüm 20.2.5 ve yukarıda yer alan 14 no'lu BAT
- Bölüm 20.2.6'da belirtildiği gibi planlı bir bakım sisteminin uygulanması. Bu uygulama planlanmayan emisyonların azaltılması için önemlidir ve EMS'nin bir parçasıdır, bkz. BAT 12.

İZLEME

18. BAT, VOC emisyonlarının minimum seviyeye indirilebilmesi için, izlenmesidir (bkz. Bölüm 20.3). Solvent yönetim planı solventlerin tüketiminin, kullanımının ve emisyonlarının, özellikle de kaçak VOC emisyonlarının anlaşılabilmesi açısından çok önemli tekniktir, bkz. Bölüm 20.3.1.

Ek teknik ve bilgiye İzleme REF'inden ulaşılabilir.

BAT, Bölüm 20.3.2'de geçen ve VOC emisyonları, atık gazdaki partiküller, hacimsel akış, vs. gibi, havaya salınan emisyonların tespiti için doğrudan ölçümlerin yapılmasını gerektiren ilgili tekniklerin kullanılmasıdır.

19. BAT, her ne kadar düzenli kontrol amaçlı temel parametreler belirlense ve ikame edilse de, solvent dengelerinin düzenli olarak (emisyonun ölçeğine göre) hesaplanmasıdır (bkz. karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking), Bölüm 20.1.1.(j), 20.1.2 ve 20.3.1).

20. Belli ekipmanların (örn. fanlar, havalandırmalar, atık gaz arıtma sistemleri, vs.) solvent dengesi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Emisyonların temel parametrelerce öngörülen seviyede kalabilmelerini sağlamak için, bu tür ekipmanların düzenli olarak kullanılmasının temin edilmesi BAT'tır (bkz. Bölüm 20.2.6 ve 20.11.1.2). Kritik bir ekipmanın (fan motoru, döndürme kayışı ya da atık gaz arıtma ekipmanı gibi) değiştirilmesi halinde, ya önceki ekipmanların orijinal özelliklerinin aynıları sağlanmalı (örneğin motorların tam olarak aynı özellikleri taşıması, döndürme kayışlarının aynı boyutlarda olması, vs. gibi) ya da sistem doğrudan ölçüm ile yeni ekipmanlara göre yeniden kalibre edilmelidir.

SU YÖNETİMİ

21. Bu sektörde, alt tabakaların ya da kaplanacak parçaların ön işlemlerinde su bazlı tekniklerin kullanıldığı durumlar hariç, su tüketimi genellikle düşüktür (bkz. Paragraf 3). Bu konularla ilgili daha fazla bilgi, BAT, tüketim ve emisyon seviyeleri STM BREF'inde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

DURULAMA SUYUNUN VE HAMMADDELERİN AZALTILMASI, TEKRAR KULLANILMASI VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

22. BAT, su bazlı işlem tekniklerinde hammaddelerin ve suyun aşağıdakilerin uygulanması ile korunmasıdır:

- Kaskad (çoklu) durulama, bkz. Bölüm 20.4.1.3
- Aşağıdaki tekniklerin kullanılmasıyla hammaddelerin ve/veya suyun geri kazanımı:
  - İyon değişimi, bkz. Bölüm 20.4.1.1
  - Membran ayırma ya da diğer konsantrasyon teknikleri, bkz. Bölüm 20.7.5.3

- Durulama suyu kullanımının minimum seviyeye indirilmesi için kontrol önlemlerinin alınması, bkz. Bölüm 20.4.1.4.

Soğutma suyunun tekrar kullanılması/geri dönüştürülmesi

23. Ekipmanların, proses hattının, vs. soğutulması için su kullanılan durumlarda BAT, kapalı soğutma sistemleri ve/veya ısı değiştiriciler kullanılarak su tüketiminin azaltılmasıdır, bkz. Bölüm 20.4.1.2.

ENERJİ YÖNETİMİ

24. BAT, Bölüm 20.5'te verilen önlemlerin uygulanmasıyla enerji verimliliğinin maksimum düzeye çıkarılması ve enerji kayıplarının minimum düzeye indirilmesidir.

Enerji tüketiminin azaltılmasının planlanması, enerji ile ilgili verilerin toplanması ve kullanılması ve bakım tekniklerine dair BAT; 12, 13 ve 14 no'lu BAT'larda verilmektedir.

BAT 28; kuruma ve kurutma dahil, enerji kullanımını optimize eden işlemlere ait sistemlerin seçimi ile ilgilidir.

BAT 37; havaya salınan solvent emisyonlarından kaynaklan ve atık gaz arıtımı için kullanılan enerjinin optimize edilmesi ile ilgilidir.

Enerji tüketmini azaltmak için uygulanabilecek temel teknikler şunlardır:

- Ayarların düzeltilmesi için ekipmanlara bakım ve ayar yapılması
- Hareket eden hava hacminin minimum seviyeye indirilmesi, minimum hava girişi ile, yakalanan solvent miktarının maksimum seviyeye çıkarılması, vs.
- Gerilim ve akım tepe noktası arasındaki güç faktörünün (cos φ), daima 0.95'in üzerinde olacak şekilde düzeltilmesi ile reaktif enerji kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi,
- Çalıştırma sırasında ani yüksek enerji gereksinimlerinin önlenmesi ya da kontrol edilmesi (örn. düşük yüklemeler için bağlantıların yıldızdan üçgene çevrilmesi, otomatik üçgenden yıldıza dönüştürücülerin ve yumuşak çalıştırma sistemlerinin, vs. kullanılmasıyla)
- Uygun güçte motor kullanılması ve/veya değişken hızlı motorların kullanılması,
- Enerji etkin ekipmanların, bilhassa motorların kurulması. Bu tür ekipmanlar; yeni kurulumlar, yenileme amaçlı kurulumlar ya da arızalı ekipmanların yerine yapılan kurulumlar şeklinde sınıflandırılabilir.

HAMMADDE YÖNETİMİ (Bkz. BÖLÜM 20.6)

Çevresel ve toksikolojik etkilerin kontrol edilmesi

25. BAT, kullanılan hammaddenin, muhtemel çevresel etkisi en düşük olan hammadde olması sağlanarak emisyonların çevresel etkilerinin minimum seviyeye indirilmesidir. Bu husus özellikle ikame yapılması, proses ya da tedarikçilerde değişikliğe gidilmesi sırasında önem arz etmektedir. (bkz. Bölüm 20.6.2, 20.7 ve 20.10).

Hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi (bkz. Bölüm 20.6.3)

26. BAT, aşağıdaki tekniklerden birinin ya da birkaçının kullanımı ile hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir:

- Otomatik karıştırma sistemleri, bkz. Bölüm 20.6.3.1
- Programlanabilir ölçekler, bkz. Bölüm 20.6.3.1
- Bilgisayarlı Pantone eşleştirme sistemleri, bkz. Bölüm 20.6.3.1
- Geri dönüştürülen mürekkep ya da boyaların tekrar kullanılması, bkz. Bölüm 20.6.3.2
- Geri kazanılan mürekkep ya da boyaların tekrar kullanılması, bkz. Bölüm 20.6.3.3
- Mürekkep veya boyaların depodan direkt olarak boru hattı ile alınması, bkz. Bölüm 20.6.3.4
- Solventlerin depodan direkt olarak boru hattı ile alınması, bkz. Bölüm 20.6.3.5
- Kesikli boyama/renk gruplama, bkz. Bölüm 20.6.3.6
- Pig temizleme sistemleri, bkz. Bölüm 20.6.3.7.

BOYA KAPLAMA PROSESLERİ VE EKİPMANLARI

Su bazlı ön işlemler

27. Aşağıdaki su bazlı ön işlemlerden oluşan prosesler için geçerli olan BAT, STM BREF'inde açıklanmıştır. (bkz. bu bölümün 3. paragrafı)ıııı

- Yağ alma
- Banyo bakımı
- Su ve atıkların minimum seviyeye indirilmesi
- Atık su miktarının azaltılması

Bu konuyla ilgili örneklere Bölüm 20.7.1.2. ve 20.7.5'ten ulaşılabilir.

TÜM YÜZEY İŞLEMLERİ İÇİN KURUMA/KURUTMA

Boya kaplama sistemleri, uygulama ve kuruma/kurutma teknikleri

28. Gerek yeni bir tesis için, gerekse mevcut bir tesisin iyileştirilmesi sırasında uygulanacak yüzey işlem proses(ler)inin (kuruma/kurutma dahil) seçiminde BAT, aşağıdakileri göz önünde bulunduran bir sistemin seçilmesidir:

- Solvent emisyonlarını
- Enerji kullanımını

minimum seviyeye indiren;

- Hammadde verimliliğini

maksimum seviyeye çıkaran.

Boya kaplama ile ilgili genel teknikler Bölüm 20.7.2 ve 20.7.3'te açıklanmıştır. Endüstrilere özgü diğer boya kaplama ve baskı teknikleri, endüstrilere özgü bölümlerde verilmiştir.

Kuruma/kurutma teknikleri genellikle enerji tüketimine neden olan en önemli unsurlardır. Bu hususta genel seçenekler Bölüm 20.8'de sunulmuştur. Endüstrilere özgü diğer boya kaplama ve baskı teknikleri endüstrilere özgü bölümlerde verilmiştir.

Kuruma/kurutma tekniğinin seçimi, yüzey işleminin türü (örn. UV ya da kızılötesi ışınlarla reaksiyona girmesi gereken spesifik boya ya da mürekkep türleri) ve aşağıdakilerden oluşan faktörler tarafından sınırlandırılmaktadır:

- Bu bölümün giriş kısmında özellikle Paragraf 8'de sözü edilen konular
- Alt tabakanın türü, boyutları ve şekli
- İstenilen son katın kalitesi, türü ve kalınlığı
- Genel işlem sistemi (örn. önceki ve sonraki boya kaplamalar)
- Kullanılacak uygulama tekniği
- Boru sonu atık gaz azaltma tekniklerinin kullanılıp kullanılmadığı

BAT ile ilgili toplam VOC emisyon seviyeleri endüstrilere özgü bölümlerde verilmektedir. Çeşitli atık gaz arıtma teknikleri için geçerli olan emisyon seviyeleri (ya da bu tekniklerin emisyon giderme verimlilikleri) Bölüm 20.11'de verilmektedir.

TEMİZLEME

Temizleme sistemleri

29. BAT, renk değişimlerinin ve temizleme işlemlerinin 26 no'lu BAT'ta (bkz. Bölüm 20.6.3) açıklanan şekilde minimum seviyeye indirilmesi ile solvent emisyonlarının azaltılması ve hammaddelerin korunmasıdır.

Temizleme teknikleri

30. Sprey tabancalarının temizlenmesi sırasında BAT, bu tabancalardaki ve/veya hatlardaki boyanın temizlenmesi için kullanılan arındırma solventinin tekrar kullanılabilmesi için, açığa çıkan solventin toplama, depolama ve geri kazanma yoluyla minimum seviyeye indirilmesidir: % 80-90 oranında solvent tekrar kullanılabilmektedir, bkz. Bölüm 20.9.3.

31. BAT, Bölüm 20.9'da belirtilen, solvent içermeyen ya da düşük solvent emisyonu açığa çıkaran temizleme tekniklerinden birinin ya da daha fazlasının (bkz. aşağıda yer alan Tablo 21.1) kullanılmasıyla VOC emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesidir:

Temizleme Teknikleri		Proses Ekipmanları		Alt tabaka
Bölüm	**Teknik**	**Kalıcı olmayan kirler**	**Kalıcı kirler**	
20.9.2	Temizliğin minimum seviyeye indirilmesi	Evet	Evet	Evet
20.9.3	Solvent içeren temizlikten ya da diğer temizlik işlemlerinden önce hazırlık yapılması	Evet		
20.9.4	Geleneksel solventli temizleme	Evet*	Evet*	
20.9.5	Buharlaşma hızı düşük solventler	Evet		
20.9.6	Güçlü solventlerle temizleme		Evet	
20.9.7	Ozon oluşturma potansiyeli (OFP)** düşük olan solventlerle temizleme	Evet	Evet	
20.9.8	Su bazlı temizleme	Evet	Evet	Evet
20.9.9	Elle temizleme	Evet		Evet
20.9.10	Solvent kullanılan yıkama makineleri	Evet	Evet	
20.9.11	Solvent geri kazanımı ile temizleme	Evet		
20.9.12	Yüksek basınçlı su spreyi ile temizleme		Evet	
20.9.13	Ultrasonik temizleme		Evet	Evet
20.9.14	Kuru buzla temizleme		Evet	Evet
* Geleneksel solventler, emisyonları minimum seviyeye indirme teknikleri ile birlikte kullanılmalıdır (Bölüm 20.9'da belirtildiği gibi hava çıkışı, atık gaz arıtım sistemine verilen sızdırmaz yıkama makinelerinde vs.) İstisnalar Bölüm 20.9.9'da verilmiştir.				
** Bkz. 36 no'lu BAT				

Tablo 21.1: Temizleme: VOC emisyonlarının azaltılması için kullanılması gereken teknikler

DAHA AZ TEHLİKELİ OLAN MADDELERİN KULLANILMASI (İKAME)

Aşağıdaki BAT'ın endüstrilerde uygulanabilirliği Bölüm 2–19 arasındaki, endüstrilere ait bölümlerde ve 21.2- 21.19 no'lu BAT bölümlerinde ele alınmaktadır.

32. BAT, genel bölümlerde ele alındığı gibi, aşağıdaki işlemlerden kaynaklanan solvent emisyonlarının, solvent içermeyen ya da düşük düzeyde solvent içeren tekniklerin kullanımıyla azaltılmasıdır.

- Temizlik (bkz. 29-30 ve 31 no'lu BAT'lar ve Bölüm 20.10.1)
- Münferit endüstri (Bölüm 21.2–21.19)
- Boya kaplama (bkz. Bölüm 20.7)
- Mürekkep uygulama teknikleri (bkz. Bölüm 2.4)

33. BAT, R45, R46, R49, R60 ve R61 no'lu risk kodlarından herhangi birini taşıyan solventlerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması ile, ortaya çıkabilecek olan olumsuz fizyolojik etkilerin azaltılmasıdır. Bu işlemin 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi'nin 5(6) no'lu Maddesi uyarınca gerçekleştirilmesi gerekir. Bölüm 20.9 ve 20.10, kullanılabilecek alternatif solventleri ve temizleme tekniklerini açıklamaktadır.

34. BAT, R58 ve R50/53 no'lu risk kodlarını taşıyan maddelerin yerine daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılmasıyla (alternatiflerin var olduğu durumlarda, bkz. Bölüm 20.10), ekotoksik etkilerin azaltılmasıdır.

35. BAT, R59 no'lu risk kodunu taşıyan maddelerin yerine daha az tehlikeli maddelerin kullanılmasıyla, stratosferik (yüksek seviyeli) ozon tüketiminin azaltılmasıdır. Özellikle de temizlikte kullanılan ve R59 no'lu rsik kodunu taşıyan tüm halojenize ya da kısmen halojenize olan solventlerin yerine daha az tehlikeli maddeler kullanılmalıdır ya da bu solventler 31 ve 32 no'lu BAT'ta belirtilen seçeneklerin kullanılmasıyla kontrol edilmelidir.

36. BAT, troposferik (düşük seviyeli) ozon oluşumunun minimum seviyeye indirilmesine yönelik çözümler üretilmeye çalışılmasıdır:

- BAT ile ilgili emisyon seviyelerinin yakalanabilmesi amacıyla kaçak ya da indirgenememiş solvent emisyonlarının azaltılması için alınan diğer önlemlerin, makul ya da teknik olarak uygulanabilir olmadığı durumlarda (örn. olumsuz çapraz medya etkilerinin söz konusu olduğu durumlarda, bkz. Bölüm 20.10.2), ozon oluşturma reaktivitesi düşük olan VOC'lerin veya karışımların kullanılmasıyla,
- Solventlerin değiştirildiği durumlarda, yapılan ikamenin ozon oluşturma reaktivitesinin azalmasını sağladığının temin edilmesiyle (bkz. Bölüm 20.10.2). Kıyaslamanın troposfere salınan OFP yükü temel alınarak yapılması gerektiğine dikkat edilmelidir (örn. OFP x buharlaşan solventin ağırlığı).

Reaktivitesi yüksek olan aromatik solventlerin yerine reaktivitesi daha düşük olan solventlerin kullanılması, reaktif VOC emisyonlarını % 20 – 40 oranında azaltabilir.

Ancak, bu teknik aşağıdakiler için kullanılamaz:

- Otomotiv boyaları ve mürekkepler gibi karmaşık formülasyonlarda,
- Halihazırda yerine kullanılabilecek başka bir teknoloji bulunmayan solvent sistemlerinin değiştirilmesinde, örn. yayın gravüründe.

İkame yapılmasının, toplam ozon oluşturma potansiyelini arttırmadığının görüldüğü durumlarda, yanma noktası 55°C'den yüksek olan solventler kullanılarak ikame gerçekleştirilebilir.

HAVAYA SALINAN EMİSYONLAR VE ATIK GAZ ARITIMI

37. Solventler için, aşağıdakilerden birinin ya da birkaçının kullanılması BAT olarak ifade edilir:

- Emisyonların, kaynağında minimum seviyeye indirilmesi (bkz. endüstriye özgü bölümler),
- Atık gazlardaki emisyonlardan kaynaklanan solventlerin geri kazanılması (bkz. Bölüm 20.11.5 ve 20.11.6),
- Atık gazlardaki solventlerin bertaraf edilmesi (bkz. Bölüm 20.11.4 ve 20.11.8),
- VOC'lerin bertaraf edildiği yerlerde açığa çıkan ısının geri kazanılması (bkz. Bölüm 20.11.4.3 – 20.11.4.6),
- VOC'lerin çıkartılmasında ve bertaraf edilmesinde kullanılan enerjinin minimum seviyeye indirilmesi (bkz. Bölüm 20.11.1).

Yukarıda sıralananlar tesisin, Bölüm 20.1.2, 20.2 ve sonrasında yer alan spesifik endüstriler için verilen BAT'ın seçimi ile ilgili tüketim ve emisyon seviyelerine ulaşılacak şekilde tasarlanması, operasyonu ve bakımının yapılması ile (bkz. Bölüm 20.1.2 ve 20.2)

gerçekleştirilebilir. Solvent emisyonlarının, ikame gibi farklı önlemlerin uygulanmasıyla azaltılabildiği durumlarda, atık gaz arıtımı gerekli olmayabilir. Düşük derecede solvent içeren malzemelerin kullanılması ile yapılan bu tür değişiklikler, termal oksitleyiciler gibi boru sonu tekniklerinin kullanılması için çok fazla enerji gereksinimine yol açabilir. Negatif çapraz medya etkilerinin, VOC'lerin bertaraf edilmesinden daha ağır bastığı durumlarda bu teknikler devreden çıkarılabilir.

Atık gazlardan solvent geri kazanımı yapılması sırasında, yakma işleminden daha fazla enerji harcanmaktadır. Bu işlem genellikle, solventlerin yakalanması kadar verimli bir işlem değildir ve geri kazanılan solventler, su ya da diğer solventler tarafından kirletildiklerinden, genellikle tekrar kullanılamaz. Solvent karışımları söz konusu olduğunda, geri kazanılan solvent karışımları genellikle aynı dengedeki içeriğe sahip değildir ve dolayısıyla aynı özellikleri de taşımamaktadır.

38. Solventlerin geri kazanımının söz konusu olduğu durumlarda BAT, geri kazanılan malzemenin büyük bir çoğunluğunun tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır (malzemenin tesiste kullanılması her zaman mümkün olmayabilir). Sözü edilen tekrar kullanım yakıt olarak yakma işlemini kapsamamalıdır. Çünkü genellikle daha düşük solvent emisyon seviyelerinin elde edilmesini sağlayan ototermal oksidasyonun kullanılması daha verimli bir yöntemdir. Yeni tesislerde ya da iyileştirme yapılan mevcut tesislerde gerçekleştirilen solvent geri kazanımı sonucunda elde edilen solventlerin tekrar kullanılmaması BAT değildir.

39. BAT, termal oksidasyondan çıkan fazla ısının kullanılmasının sağlanmasıdır. Bu işlem, tesis içinde ya da dışında gerçekleştirilebilir ve üretilen enerji türünün (örn. üretilen buharın), potansiyel kullanım ile eşleşmesine yardımcı olabilir.

Solvent emisyonlarının termal oksidasyonundan ısının geri kazanılması aşamasında aşağıdakiler geçerlidir:

- Geri kazanım işlemi için fazla enerji bulunmalıdır
- Enerjinin geri kazanımı teknik olarak mümkün olmalıdır
- Enerji, kullanılabilir bir formatta olmalıdır (örn. sıcaklığı yeterli olmalıdır, buhar olarak kullanılabilmelidir, vs.)
- Fazla ısının açığa çıkmasının ve bu ısının sağladığı enerjinin kullanımının eş zamanlı olarak gerçekleştirilebileceği bir işlem olmalıdır.

40. BAT, atık gazların ekstraksiyonu ve arıtılması sırasında kullanılan enerjinin, çıkartılan gaz hacminin azaltılması ile tasarruf edilmesidir. Bu tasarruf, Bölüm 20.11.2'de açıklanan önlemlerin uygulanmasıyla elde edilebilir. Ancak bazı teknikler; tesiste güvenli çalışma ortamının temin edilmesi gereksinimi, boyanan ürünün üzerinde kalabilecek artık solvent miktarı, ürünlerden çıkan koku ve diğer kalite gereksinimleri tarafından sınırlandırılabilir.

41. Atık gazların ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği durumlarda BAT, bir yandan Bölüm 20.11.1.3, 20.11.1.4 ve 20.11.1.5'te verilen tekniklerin kullanımıyla yüksek maliyetli ekipmanlardan en iyi şekilde faydalanılırken, diğer yandan da solvent emisyonlarının ve enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

42. Atık gaz arıtımının uygulandığı durumlarda BAT, arıtmaya gelen solvent konsantrasyonunun optimize edilmesi; termal oksidasyon işlemlerinde ise aşağıdakilerden birinin ya da daha fazlasının kullanılmasıyla ototermik koşulların korunmasıdır:

- Bölüm 20.11.1.3, 20.11.1.4 ve 20.11.1.5'te verilen tekniklerin kullanımıyla gaz akışı içerisindeki konsantrasyonun optimize edilmesi,
- Arıtılacak gaz miktarının minimum seviyeye indirilmesi, bkz. Bölüm 20.11.1 ve 20.11.2 ve pik akışlarının baypas edilmesi (bkz. Bölüm 20.11.1.3).
- Arıtma sisteminin korunması ve solvent konsantrasyonunun Bölüm 20.11.3'te belirtildiği gibi optimize edilmesi için, arıtılacak gazın ön işlemden geçirilmesi. Ancak şayet atık hava sıcaksa, absorpsiyon yoluyla ön işlemden geçirilemez, bkz. 82 no'lu BAT.

43. Partikül emisyonlarının boyanın spreylenmesinden kaynaklandığı durumlarda BAT, aşağıdakilerden birinin ya da ikisinin kullanılmasıyla emisyonların azaltılmasıdır:

- Bölüm 20.7.4.1, 20.7.4.2 ve 20.7.4.3'te açıklanan teknikler gibi proses içi tekniklerin
- Bölüm 20.11.3.5, 20.11.3.6, 20.11.3.7 ve 20.11.3.8'de açıklanan boru sonu tekniklerinin.

Aşağıdaki seviyelere ulaşılması mümkündür:

- Mevcut tesislerde 5 mg/m^3 ya da daha az (örn. otomotiv uygulamalarında, geleneksel lateral ovalayıcıların venturi partikül ayırma sistemi ile birlikte kullanılmasıyla)
- Yeni tesislerde 3 mg/m^3 ya da daha az (örn. otomotiv uygulamalarında yeni ovalayıcıların venturi partikül ayırma sistemi ile birlikte kullanılmasıyla).

Farklı durum

Mobilya ve ahşap boyama endüstrisi bu değerlerle ilgili farklı durum ortaya koymaktadır. Bölüm 17.4.7.1 ve 17.4.7.4'de verilen bilgiye göre, BAT ile ilgili olduğu düşünülen emisyon değerleri tüm tesislerde 10 mg/m^3 değerinde ya da daha düşüktür.

Bu değer söz konusu sektör üyelerinin mobilya ve ahşap boyama endüstrisinde ekonomik ve teknik olarak uygulanabilir buldukları bir değerdir.

ATIK SU ARITIMI

44. Suya verilen emisyonların aşağıdakilerin uygulanmasıyla (aşağıdaki sırayla) minimum seviyeye indirilmesi BAT'tır:

- 21, 22 ve 23 no'lu BAT'larda belirtilen tekniklerin kullanılmasıyla suya verilen emisyonların minimum seviyeye indirilmesi
- Atık su arıtma işleminin Bölüm 20.12.1 – 20.12.4'te açıklanan ön işlem tekniklerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmesi
- Genellikle ayrı bir belediye atık su arıtma tesisinde, biyolojik arıtma yapılması (bkz. Bölüm 20.12.5).

Biyolojik atık su arıtma tekniklerine CWW BREF'inden ulaşılabilir. Diğer tekniklere ve ilgili emisyon değerlerine ise STM BREF'inde yer verilmektedir.

Spesifik tesislerdeki konsantrasyon seviyeleri ise tesisten salınan emisyon yükü ve tesisin teknik özellikleri ile (örneğin üretim hacmi, diğer BAT'lar, özellikle de su tüketiminin azaltılması için alınan önlemlerle (bkz STM BREF'i)) bağlantılı olarak ele alınmalıdır.

45. Solventlerin su ile temas halinde oldukları durumlarda BAT, planlanmayan boşaltımların önlenmesi (bkz. Bölüm 20.2.1) ya da güvenli boşaltım seviyesinin korunması yoluyla, boşaltımın yapıldığı kanalizasyon ortamında tehlikeye neden olacak seviyede (örn. patlama ya da çalışanlara zarar verme riski olan) solvent salınımın önlenmesidir. Solvent salınımı ile ilgili risk taşımayan seviyelerin hesaplanması mümkündür (bkz. Bölüm 20.3.3.1).

46. BOD ya da COD yükünün daha sonra uygulanacak olan işlemler açısından önemli olduğu durumlarda, atık sudaki COD:BOD oranının izlenmesi yoluyla, atık su arıtma tesislerinde arıtılması zor olan organik kimyasal miktarının kontrol edilmesi BAT'tır (bkz. Bölüm 20.3.3.2).

47. BAT, hammadde ve akışkan atıkların, su ortamına toksik etkisi olan maddelerin emisyonunun minimum seviyeye indirilmesi yoluyla kontrol edilmesidir (bkz. Bölüm 20.3.3.3). Bu tür maddelerin çevreye zarar verecek miktarda bulunduğunun tespit edildiği durumlarda, zararlı madde boşaltımı aşağıdaki tekniklerden birinin ya da daha fazlasının uygulanmasıyla azaltılabilir:

- Daha az tehlikeli olan maddelerin kullanılması (bkz. Bölüm 20.10)
- Kullanılan madde miktarının ve üretimdeki kayıpların azaltılması (bkz. 19 ve 20 no'lu BAT'lar)
- Atık suların arıtılması (bkz. Bölüm 20.12 ya da CWW BREF'i ve aktivitelerin bu BREF'te belirtilenler ile ilgili olması halinde STM BREF'i).

Bu tür maddelerin boşaltımının yapıldığı hallerde BAT, tehlikeli madde boşaltımının, ruhsat koşulların ihlalini riski minimum seviyeye indirecek şekilde ve sıklıkta izlenmesidir (bkz. İzleme REF'i).

Boyahaneler

48. Suyun proses içerisinde kullanıldığı boyahanelerde, boşaltım yapılmadan önce arıtma yapılması gerekebilir. Bu tür durumlarda BAT, proses suyuna uygulanacak ön işlemler için, Bölüm 20.7.5 ve 20.12'de belirtilen tekniklerden birinin ya da birkaçının kullanılmasıdır. Yüzey sularına doğrudan boşaltımın yapıldığı durumlarda, aşağıdaki seviyelerde boşaltım yapılması mümkündür:

- COD 100 – 500 mg/l
- Süspansiyon halde katı madde 5 – 30 mg/l.

49. Overspreyin yakalanmasını sağlayan ıslak ovalayıcı sistemler için BAT, tank boşaltma sıklığının aşağıdaki yöntemler sayesinde azaltılması yoluyla su tüketiminin, akışkan atık arıtımının ve boşaltılan maddelerin seviyesinin düşürülmesidir:

- Transfer verimliliğinin optimize edilmesi (bkz. Bölüm 20.7.3)
- Boya çamuru oluşumunun minimum seviyeye indirilmesi (bkz. Bölüm 20.7.5.6, 20.7.5.7. ve 20.7.5.8).

MALZEMELERİN GERİ KAZANIMI VE ATIK YÖNETİMİ

50. BAT, 26 no'lu BAT'ta belirtildiği gibi, malzeme kullanımının azaltılmasıdır. BAT aynı zamanda malzeme kayıplarının önlenmesi, malzemelerin geri kazanılması, tekrar kullanılması ve geri dönüştürülmesidir. Bu işlemler arasında, malzeme kayıplarının önlenmesi ve azaltılması en öncelikli olanlardır. Bu sıralananlar, Bölüm 20.1.2, 20.3.1, 20.6 ve 20.7'de (özellikle Bölüm 20.7.3 ve 20.7.5'te) belirtilen tekniklerin uygulanması ile elde edilebilir. 14, 17, 18 ve 25 no'lu BAT'lar da bu uygulamalar ile ilgilidir.

Kullanılan solventlerin geri kazanımı

51. BAT, solventlerin Bölüm 20.13.1, 20.13.2 ve 20.13.5'te belirtildiği şekilde tesis içinde ya da dış yükleniciler vasıtasıyla geri kazanılması ve tekrar kullanılmasıdır (bkz. yukarıda yer alan 38 ve 39 no'lu BAT'lar).

52. BAT, tekrar kullanılabilen konteynırlarla işlem yapılması ve mevcut konteynırların farklı amaçlarla tekrar kullanılması yoluyla atılan konteynır sayısının azaltılması ya da kullanılan konteynırların geri dönüştürülmesidir (bkz. Bölüm 20.13.6).

53. Aktif karbon ya da zeolit adsorpsiyon sistemlerinin kullanıldığı durumlarda BAT, hem solventlerin hem de absorpsiyon ortamının Bölüm 20.13.7'de belirtildiği şekilde geri kazanılmasıdır.

54. 50 ve 53 no'lu BAT'ların uygulanmasından sonra ve atıkların tesis içinde ya da dışında geri kazanılamadığı durumlarda BAT, Bölüm 20.10, 20.13 ve 20.13.8'de belirtilen tekniklerin kullanılmasıyla tehlikeli maddelerin minimum seviyeye indirilmesi ve atık olarak yönetilmesidir.

TOZUN AZALTILMASI

55. Bkz. 43 no'lu BAT.

KOKUNUN AZALTILMASI

56. Koku yayan emisyonların hassas bölgelerde probleme (genellikle VOC emisyonlarından kaynaklanan) yol açtığı durumlarda BAT, VOC emisyonlarının kontrol edilmesi için kullanılan tekniklerin kullanılmasıyla kokunun azaltılmasıdır. Bu teknikler arasında şunları saymak mümkündür:

- Proses türünün değiştirilmesi (örneğin, bkz. Bölüm 2 -19'daki 4 no'lu Bölümler ve Bölüm 20.7 ve 20.10)
- Kullanılan malzemelerin değiştirilmesi (örneğin, bkz. Bölüm 20.7 ve 20.10)
- Atık gaz arıtımı yapılması (bkz. Bölüm 20.11)
- Atık gaz emisyonları için yüksek bacaların kurulması.

GÜRÜLTÜ

57. BAT, tesisin çevresindeki önemli gürültü kaynaklarının ve potansiyel hassas reseptörlerin belirlenmesidir (bkz. Bölüm 20.16).

58. Gürültünün etkili olabileceği durumlarda BAT, uygun kontrol önlemleri alınarak gürültünün azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 20.16). Bu önlemler arasında aşağıdakileri saymak mümkündür:

- Etkili tesis operasyonu, örneğin:
  - Saha kapılarının kapatılması,
  - Boşaltım işlemlerinin minimum seviyeye indirilmesi ve boşaltım sürelerinin ayarlanması

- Büyük fanlara susturucular takılması, akustik kaplamaların kullanılması, yüksek ya da tonal gürültü seviyeli ekipmanların kullanılmasından kaçınılması, vs. gibi mühendislik kontrollerinin kullanılması.

YERALTI SULARININ VE TOPRAĞIN KORUNMASI VE ÜRETİM TESİSİNİN DEVREDEN ÇIKARILMASI

59. BAT, yeraltı sularına ve toprağa emisyon salınımının önlenmesi ve böylece 15 ve 16 no'lu BAT'ta belirtilen tekniklerin uygulanması ile üretim tesisinin devreden çıkarılmasına destek olunmasıdır.

21.2. Baskı işlemlerindeki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

IPPC Direktifi'nin 1, 6.7 no'lu Ek'inde verilen eşik seviyesinin üzerinde seyretme ihtimali söz konusu olan üç baskı prosesine ait BAT sonuçları aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır:

- Heatset ofset, bkz. Bölüm 21.2.1
- Fleksografi ve ambalaj gravürü, (gerekli cilalama ve laminasyon işlemleri dahil) bkz. Bölüm 21.2.2
- Yayın gravürü, bkz. Bölüm 21.2.3.

Aynı tesiste, yan aktiviteler olarak diğer baskı prosesleri de bulunabilir ve bunlar bazen eşik değerinin üzerinde işliyor olabilir. Şayet spesifik bir BAT belirlenmemişse, bu tür aktivitelerde Bölüm 21.1'de belirlenmiş olan, sektör için geçerli genel BAT uygulanır.

21.2.1. Heatset web ofset için geçerli olan BAT

Solvent emisyonlarının azaltılması

Heatset baskıdan kaynaklanan VOC emisyonları, temizlik maddelerindeki (bkz. 62 no'lu BAT) nemlendirme solüsyonlarından (bkz. 61 no'lu BAT) ve kurutuculardaki baca emisyonlarından çıkan izopropil alkol (bkz. 63 no'lu BAT) içermektedir.

60. BAT; 61, 62 ve 63 no'lu BAT'ta yer alan tekniklerin ve Bölüm 21.1'de açıklanan genel BAT'taki tekniklerin kullanılmasıyla kaçak emisyon toplamının ve atık gaz arıtımından geriye kalan VOC'lerin (bkz. Tablo 2.9 ve Bölüm 2.3.2.1) azaltılmasıdır. Bu tekniklerle ilgili emisyon değerleri aşağıdaki gibidir (bkz. Bölüm 2.3.2.1):

- Yeni ya da iyileştirilmiş preslerde, mürekkep tüketiminin ağırlık bakımından %'si olarak ifade edilen, % 2.5 – 10 VOC,
- Mevcut preslerde, mürekkep tüketiminin ağırlık bakımından %'si olarak ifade edilen, % 5 – 15 VOC.

Ağırlık bakımından % cinsinden mürekkep tüketiminin kullanılması, alınan önlemlerin değerlendirilebilmesini sağlar. Öte yandan, kullanılacak tekniklerin bazıları zaten üretim girdisi olan solventlerin azaltılmasını sağladığından, % cinsinden solvent girdisinin kullanılması (bkz. Bölüm 2.3.2.3.1) bu tür bir değerlendirmenin yapılmasını sağlamaz.

21.6. Otomobillerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

78. araç imalatındaki boya prosesi oldukça karmaşık ve entegre bir işlemdir (bkz. Bölüm 6.4.1). Boya ve uygulama sistemlerinin seçimi, kurutma ve atık gaz arıtma sistemleri üzerinde oldukça etkilidir. Bazı teknikler birbiri ile uyumlu olmadıklarından, her bir adım için ayrı bir BAT saptanamamaktadır.

Enerji tüketimi

79. Bölüm 6.3.2.3, tipik bir otomobil gövde boyama ve montaj tesisinin toplam enerji tüketiminin % 38-52'sinin boyahanede yapıldığını göstermektedir. Bu nedenle BAT; 78,80 no'lu BAT'ta ele alınan boyama, kuruma/kurutma ve atık gaz azaltma sistemlerinin seçiminde ve uygulanmasındaki enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir.

Ortak BAT

80. BAT; boya ve kurutma sistemlerinin 28 no'lu BAT ve Bölüm 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3, 6.4.4, 6.4.5, 6.4.7 uyarınca ve 37–42 no'lu BAT'larda belirtilen atık gaz arıtma teknikleriyle

bağlantılı olarak seçilmesi ile solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketimlerinin minimum seviyeye indirilmesidir.

Yukarıda sözü edilen BAT ile ilgili VOC emisyon değerleri, emisyonların ve e-kaplama alanı olan yüzey alanının Ek 24.5'e göre belirlendiği durumlarda 10–35 g/m^2'dir (bkz. Bölüm 6.3.3.1) (veya 0.3 kg/araç + 8 g/m^2 ila 1.0 kg/araç + 26 g/m^2'ye eşdeğerdir).

İki tesiste, aşağıdakilerden oluşan bir kombinasyon kullanılarak 10 g/m^2 oranında veya daha düşük seviyede emisyon değerleri elde edilmiştir (Şekil 6.2'de gösterilmektedir):

- Sıfırdan kurulan tesisler ve yeni fabrikalarla
- Yeni yeşil teknolojilerle
- Başka hiçbir yerde kullanılamayabilecek tekniklerle, örn. Elde edilen son katların halihazırda diğer imalatçıların kalite gereksinimlerini karşılamadığı tekniklerle.

81. Mevcut tesisler için BAT, tüketim ve emisyonların azaltılması (bkz. 13 no'lu BAT), 81 no'lu BAT'taki emisyon değerlerinin yakalanması için plan yapılması ve bu planların uygulanmasıdır. Bu planların yapılması aşamasında, bu değerlere ulaşırken karşılaşılabilecek olan çapraz medya etkileri, fayda maliyetleri, yüksek sermaye yatırımları ve bu yatırımların geri dönüşü için beklenmesi gereken uzun periyotlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu noktada aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Yatırım maliyetleri ve yatırımların geri dönüş süreleri Bölüm 6.1'de ele alınmaktadır, BAT'ın uygulanmasını etkileyen diğer faktörlere Paragraf 7'den ulaşılabilir.
- VOC emisyonlarını azaltmak için uygulanabilecek olan iki tür teknik vardır:
  (a) aşağıda yer alan Tablo 21.6'da verildiği gibi kısa zaman diliminde uygulanabilecek olan teknikler (1 ila 3 yıl gibi)

Bölüm	Teknikler	Ele alınabilecek spesifik teknik grupları
20.1	Çevre Yönetim Sistemleri	Süregelen iyileştirme (Bölüm 20.1.2)
20.2	Tesisin tasarımı, operasyonu ve yönetimi	Otomasyon (Bölüm 20.2.3) özellikle de spreyleme ve boya iletiminin operasyonu (bkz. Bölüm 20.6)
20.6	Hammadde yönetimi	Hepsi
20.7.3	Boya uygulama prosesleri ve ekipmanları	Daha verimli spreyleme sistemlerine geçilmesi: HVLP, Bölüm 20.7.3.9 Havasız spreyleme, Bölüm 20.7.3.11 Elektrostatik destekli yüksek devirli çanlar, Bölüm 20.7.3.15 Elektrostatik destekli yüksek devirli diskler, Bölüm 20.7.3.16 Elektrostatik destekli basınçlı havalı, havasız ve hava destekli, Bölüm 20.7.3.17
20.9	Temizleme teknikleri	
20.10.1	Temizlik maddelerinin yerine daha az tehlikeli olanlarının kullanılması (ikame)	(31-36 no'lu BAT'lardaki ikameyi dikkate alarak)
20.11	Atık gaz arıtımı	

Tablo 21.6: Araç boya kaplama: Kısa vadede uygulanabilecek VOC azaltma teknikleri

(b) VOC emisyonlarında çok büyük düşüş sağlayan teknikler. Bu teknikler boya sisteminin ve/veya boya uygulama sisteminin ve/veya kurutma sisteminin değiştirilmesini kapsamaktadır (bkz. yukarıda yer alan 79 no'lu BAT). Bu teknik genellikle yeni bir tesiste ya da tamamıyla yenilenen boyahanelerde kullanılmakta ve büyük sermaye yatırımları gerektirmektedir.

Bu nedenle mevcut bir tesiste hangisinin daha uygun olduğuna karar verilirken en önemli faktörlerden birisi de boyahanenin yaşıdır (bkz. Bölüm 6.1 ve BAT'ın uygulanmasını etkileyen faktörler, Paragraf 6).

Bu tür bir uygulamanın yeniden yapılandırma dönemine kadar ertelenmesi (boyahanenin, yatırım döngüsünün sonuna yaklaştığı durumlarda) teknik olarak daha yararlıdır (örn. Daha uzun bir periyotta daha fazla VOC emisyon azaltımı sağlanır). Bu uygulamanın fayda maliyeti de daha fazladır. Diğer durumlarda ise bu tür bir erteleme çok az yarar sağlayabilir.

82. VOC emisyonlarının azaltılması için, boya kabininde atık gaz arıtma işleminin yapıldığı durumlarda BAT, VOC'nin Bölüm 20.11.3.2'de belirtilen tekniklerin kullanımıyla ön işlem amaçlı olarak yoğunlaştırılmasıdır. Otomotiv endüstrisinde, VOC'nin 1:10 ve 1:15 aralığında yoğunlaştırılması mümkündür.

Bu BAT, yüksek atık gaz sıcaklığı nedeniyle, fırınlardan çıkan atık gazların azaltılması için kullanılamaz (bkz. Bölüm 20.11.3.2).

Havaya salınan partikül emisyonları

83. Havaya salınan partiküllerin azaltılması için kullanılacak BAT'a 43 no'lu BAT'ta yer verilmiştir.

Malzeme verimliliği

84. Solvent tüketiminin minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT ile ilgili emisyon seviyeleri, 80 no'lu BAT'ta yer alan VOC emisyon seviyelerinde verilmiştir.

85. Boya kaplamaların transfer verimliliklerinin optimize edilmesi BAT'tır. Aşağıdaki teknikler transfer verimlilik düzeyleri en yüksek olan tekniklerdir (bkz. Bölüm 20.7.3):

- Robotlu uygulama (bkz. Bölüm 20.2.3)
- Spreyleme yerine daldırma
- Elektrostatik uygulama
- HVLP (yüksek hacim düşük basınç) tabancaları
- Kabin optimizasyonu

Ancak yukarıdaki tekniklerin kullanımıyla ilgili bazı teknik sınırlamalar bulunmaktadır. Örneğin, HVLP'nin (yüksek hacim düşük basınç) ya da elektrostatik tabancaların kullanılamadığı, istenilen kaliteyi elde edemediği veya operasyonel gereksinimleri karşılayamadığı alanlarda (düşük hacimli imalatta olduğu gibi) geleneksel sprey tabancalarının ve manuel spreylemenin kullanılması gerekebilir.

Suya salınan emisyonlar

86. Islak ovalayıcı sistemler ile ilgili BAT, 49 no'lu BAT'ta açıklanmaktadır.

87. Su kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesi ile ilgili BAT'a, 44-49 no'lu BAT'larda yer verilmiştir.

Atık

88. BAT, boyama işleminden kaynaklanan atık oluşumunun şu şekilde minimum seviyeye indirilmesidir:

- Transfer verimliliğinin optimize edilmesi yoluyla, boya overspreyi oluşumunun azaltılması
- Bertaraf edilmeden önce, boya çamurunun suyunun alınması, boya çamurunun geri dönüştürülmesi ya da su emülsiyon tekniğinin kullanılması (bkz. Bölüm 20.7.5.6, 20.7.5.7 ve 20.7.5.8).

21.7. Kamyonetlerin, kamyonların ve kamyon kasalarının boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

89. Araç imalatındaki boya prosesi oldukça karmaşık ve tam anlamıyla entegre bir işlem olup, teknik ve ekonomik nedenlerden ötürü kamyon ve ticari araçlarda daha da karmaşık hale gelmektedir, bkz. Bölüm 7.3.3.1 ve 7.4. Boya ve uygulama sistemlerinin seçimi, kurutma ve atık gaz arıtma sistemleri üzerinde oldukça etkilidir. Bu nedenle, her bir adım için ayrı bir BAT saptanamamaktadır.

Ortak BAT

90. BAT, boya ve kurutma sistemlerinin 28 no'lu BAT uyarınca ve 34–42 no'lu BAT'larda belirtilen atık gaz arıtma teknikleriyle bağlantılı olarak seçilmesi ile solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketiminin minimum seviyeye indirilmesidir.

Yukarıda belirtilen BAT ile ilgili VOC'lerin toplam solvent emisyon değerleri şöyledir (bkz. Bölüm 7.3.3.1):

- Yeni kamyon kasalarının boya kaplamalarında 10-55 g/m^2
- Yeni kamyonetlerin ve kamyonların boya kaplamalarında 15-50 g/m^2

Yukarıda belirtilen durum, emisyonların ve e-kaplama alanı olarak yüzey alanının Ek 24.5'e göre belirlendiği durumlarda geçerlidir.

91. Tüketim ve emisyonların azaltılmasının planlanması ve bu planın uygulanması ile ilgili BAT, 81 no'lu BAT'ta verilmiştir.

92. BAT; bakım, temizlik ve ikame tekniklerinde iyi uygulamaların kullanılmasıyla, temizleme işlemlerinden kaynaklanan solvent emisyonlarının 20 g/m^2'ye ya da daha düşük seviyelere kadar indirilmesidir. Sözü edilen tekniklere örnek olarak Bölüm 20.2.2, 20.9 ve 20.10'daki teknikler verilebilir (bkz. Bölüm 7.3.3.1).

93. BAT, gürültü azaltma ve zemin kaplama uygulamalarından kaynaklanan solvent emisyonlarının, havasız spreyleme ile uygulanan, solvent içermeyen poliüretan ya da PVC malzemelerinin kullanılmasıyla azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 8.2.8).

Havaya salınan partikül emisyonları

94. Havaya salınan partiküllerin azaltılması için kullanılacak BAT'a, 43 no'lu BAT'ta yer verilmiştir.

Malzeme verimliliği

95. Solvent tüketiminin minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT ile ilgili emisyon seviyeleri 90 no'lu BAT'ta yer alan VOC emisyon seviyelerinde verilmiştir.

96. Boya kaplamaların transfer verimliliklerinin maksimum seviyeye çıkarılmasına yönelik BAT, 85 no'lu BAT'ta belirtilmiştir (bkz. Bölüm 20.7.3).

Suya salınan emisyonlar

97. Islak ovalayıcı sistemler ile ilgili BAT, 49 no'lu BAT'ta açıklanmaktadır.

98. Su kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesi ile ilgili BAT'a, 44-49 no'lu BAT'larda yer verilmiştir.

Atık

99. Boyama işleminden kaynaklanan atık oluşumunun minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT, 88 no'lu BAT'ta belirtilmiştir.

21.8. Otobüslerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

100. Araç imalatındaki boya prosesi oldukça karmaşık ve tam anlamıyla entegre bir işlem olup, teknik ve ekonomik nedenlerden ötürü otobüslerde daha da karmaşık hale gelmektedir, bkz. Bölüm 8.3.3.1 ve 8.4. Boya ve uygulama sistemlerinin seçimi, kurutma ve atık gaz arıtma sistemleri üzerinde oldukça etkilidir. Bu nedenle, her bir adım için ayrı bir BAT saptanamamaktadır.

Ortak BAT

101. BAT, boya ve kurutma sistemlerinin 28 no'lu BAT uyarınca ve 37–42 no'lu BAT'larda belirtilen atık gaz arıtma teknikleriyle bağlantılı olarak seçilmesi ile solvent emisyonlarının, enerji ve hammadde tüketimlerinin minimum seviyeye indirilmesidir.

Yukarıda belirtilen BAT ile ilgili VOC'lerin toplam solvent emisyon değerleri, yeni otobüslerin boya kaplamalarında 92–150 g/m^2'dir (bkz. Bölüm 8.3.3.1). Bu durum emisyonların ve e-kaplama alanı olarak yüzey alanının Ek 24.5'e göre belirlendiği hallerde geçerlidir.

102. Tüketim ve emisyonların azaltılmasının planlanması ve bu planın uygulanması ile ilgili BAT, 81 no'lu BAT'ta verilmiştir.

103. BAT; bakım, temizlik ve ikame tekniklerinde iyi uygulamaların kullanılmasıyla, temizleme işlemlerinden kaynaklanan solvent emisyonlarının 20 g/m^2'ye ya da daha düşük seviyelere kadar azaltılmasıdır. Sözü edilen tekniklere örnek olarak Bölüm 20.2.2, 20.9 ve 20.10'daki teknikler verilebilir (bkz. Bölüm 8.3.3.1).

104. BAT, gürültü azaltma ve zemin kaplama uygulamalarından kaynaklanan solvent emisyonlarının, havasız spreyleme ile uygulanan ve solvent içermeyen poliüretan ya da PVC malzemelerinin kullanılmasıyla azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 8.2.8).

105. BAT, araç yapımında ön kaplama yapılmış (coil coating uygulanmış) malzemelerin kullanılmasıyla, solvent emisyonlarının azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 9.3.3).

Havaya salınan partikül emisyonları

106. Havaya salınan partiküllerin azaltılması için kullanılacak BAT'a, 43 no'lu BAT'ta yer verilmiştir.

Malzeme verimliliği

107. Solvent tüketiminin minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT ile ilgili emisyon seviyeleri, 101 ve 103 no'lu BAT'larda yer alan VOC emisyon seviyelerinde verilmiştir.

108. Boya kaplamaların transfer verimliliklerinin maksimum seviyeye çıkarılmasına yönelik BAT, 85 no'lu BAT'ta belirtilmiştir (bkz. Bölüm 20.7.3).

Suya salınan emisyonlar

109. Islak ovalayıcı sistemler ile ilgili BAT, 49 no'lu BAT'ta açıklanmaktadır.

Su kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesi ile ilgili BAT'a, 44-49 no'lu BAT'larda yer verilmiştir.

Atık

110. Boyama işleminden kaynaklanan atık oluşumunun minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT, 88 no'lu BAT'ta belirtilmiştir.

21.13. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ortak BAT

126. Boya ve uygulama sistemleri, birbirine bağlı olabilir ve boyanacak parçaya ya da alt tabakaya göre seçilmelidir. Atık gaz toplama ve arıtma sistemleri de boya ve uygulama sistemleri ile ilgili olarak yapılan bu seçimlere bağlıdır. Boya ve kurutma sistemlerinin 28 no'lu BAT uyarınca ve 37–42 no'lu BAT'larda belirtilen atık gaz arıtma teknikleriyle bağlantılı olarak seçilmesi BAT'tır.

Havaya salınan partikül emisyonları

127. BAT, aşağıdaki tekniklerden birinin ya da bunlardan oluşan bir kombinasyonun, Bölüm 21.1'de belirtilen genel BAT ile bağlantılı olarak kullanılmasıyla, VOC emisyonlarının azaltılmasıdır:

- Düşük solvent içeren boyalar (bkz. Bölüm 20.7.2)
- 126 no'lu BAT'ta yer alan VOC azaltma teknikleri.

Teknik Çalışma Grubu'nun (TWG), uzman değerlendirmesinde bu teknikler ile ilgili VOC emisyon değerleri 0.1 – 0.33 kg VOC/ katı madde girdisi şeklinde belirtilmiştir (Ek 24.2'de belirtildiği gibi). Bu seviyeler, tesiste metal otomotiv parçalarının boyandığı durumlarda ya da bu emisyonların, araçların seri boyamaları için yapılan kütle emisyon oranı hesaplamalarına dahil edildiği durumlarda geçerli değildir (bkz. Bölüm 21.6, 21.7 ve 21.8).

128. BAT, halojenize solvent bazlı boyaların yerine diğer boya kaplama sistemlerinin kullanılmasıdır (bkz. 33 ve 34 no'lu BAT'lar). Bunun dışındaki boya kaplama sistemleri rahatlıkla uygulanabilir. (bkz Bölüm 20.7 ve 20.10).

Halojenize temizleme solventleri için, bkz. 32 – 35 no'lu BAT'lar.

Malzeme verimliliği

129. BAT, verimliliği yüksek olan uygulama tekniklerinin kullanılmasıyla, malzeme tüketiminin (solvent kullanımı dahil) azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 20.7.3).

21.16. Plastik parçaların boya kaplamalarındaki mevcut en iyi teknikler

Bu bölümün Giriş kısmı ('Bu bölümün anlaşılması için destekleyici nitelikte bazı bilgiler' bölümü, 2. Paragraf) bu bölümdeki BAT'ın, Bölüm 21.1'de yer alan genel BAT ile ne şekilde bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

136. Su bazlı ön işlemlerin kullanıldığı durumlarda geçerli olan BAT ve tüketim değerleri STM BREF'inde ele alınmaktadır, bkz. Paragraf 3.

137. Boya ve uygulama sistemleri, birbirine bağlı olabilir ve boyanacak parçaya ya da alt tabakaya göre seçilmelidir. Boya sistemleri arasında da uyumsuzluklar olabilir. Atık gaz toplama ve arıtma sistemleri de boya ve uygulama sistemleri ile ilgili olarak yapılan bu seçimlere bağlıdır.

Ortak BAT

138. BAT, boya ve kurutma sistemlerinin 28 no'lu BAT uyarınca ve 37–42 no'lu BAT'larda belirtilen atık gaz arıtma teknikleriyle bağlantılı olarak seçilmesi ile solvent tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması, boya uygulamasının verimliliğinin maksimum seviyeye çıkarılması ve enerji kullanımının minimum seviyeye indirilmesidir.

Havaya salınan solvent emisyonları

139. BAT, aşağıdaki tekniklerden birinin ya da bunlardan oluşan bir kombinasyonun, Bölüm 21.1'de belirtilen genel BAT ile bağlantılı olarak kullanılmasıyla, VOC emisyonlarının azaltılmasıdır:

- Düşük solvent içeren boyalar (bkz. Bölüm 20.7.2)
- 138, 140 ve 141 no'lu BAT'ta yer alan VOC azaltma teknikleri.

Teknik Çalışma Grubu'nun (TWG), uzman değerlendirmesinde bu teknikler ile ilgili VOC emisyon değerleri 0.25 – 0.35 kg VOC/ katı madde girdisi şeklinde belirtilmiştir (bkz. Bölüm 16.3.2.1 ve Ek 24.2'de değinilen birimler). Bu seviyeler, tesiste plastik otomotiv parçalarının boyandığı durumlarda ya da bu emisyonların, araçların seri boyamaları için yapılan kütle emisyon oranı hesaplamalarına dahil edildiği durumlarda geçerli değildir (bkz. Bölüm 21.6, 21.7 ve 21.8).

140. Yeni ya da yenilenen tesislerde BAT, su bazlı sistemlere öncelik verilerek solvent emisyonlarının azaltılmasıdır.

141. Basit polipropilen alanlarda BAT, solvent emdirilmiş bezlerle elle silme işlemi yapılarak solvent emisyonlarının ve su kullanımının azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 16.2).

Havaya salınan partikül emisyonları

142. Havaya salınan partiküllerin azaltılması için kullanılacak BAT'a, 43 no'lu BAT'ta yer verilmiştir.

Malzeme verimliliği

143. BAT, transfer verimliliğinin arttırılması ve hammadde yönetim tekniklerinin kullanılması ile malzeme tüketiminin (solvent kullanımı dahil) ve hammadde kayıplarının minimum seviyeye indirilmesidir. Aşağıda buna yönelik temel teknikler verilmiştir, ancak bu tekniklerin uygulanmasında bazı kısıtlamalar söz konusudur (bkz. Bölüm 16.2 ve 16.4):

- Plastik yüzeye floridasyon preparatı ile ön ısıtma yapılması,
- Aşağıdakiler gibi verimliliği yüksek olan uygulama tekniklerinin kullanılması (bkz. Bölüm 20.7.3):
  - Boya kaplama uygulamasının otomasyonu (parçanın şekline göre, % 45 – 85 oranında verimlilik elde edilebilmektedir)
  - Elektrostatik destekli yüksek devirli çaların kullanılması
  - HVLP ya da elektrostatik aplikatörlerin kullanılması
  - Boyaların parti parti ayrılması.

Suya salınan emisyonlar

144. Islak ovalayıcı sistemler ile ilgili BAT, 49 no'lu BAT'ta açıklanmaktadır:

- Transfer verimliliğinin optimize edilmesi (bkz. Bölüm 20.7.3)
- Boya çamuru oluşumunun minimum seviyeye indirilmesi (bkz. Bölüm 20.7.5.6, 20.7.5.7 ve 20.7.5.8).

145. Su kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesi ile ilgili BAT'a, 44-47 no'lu BAT'larda yer verilmiştir.

Atık

146. Boyama işleminden kaynaklanan atık oluşumunun minimum seviyeye indirilmesine yönelik BAT, 88 no'lu BAT'ta belirtilmiştir.

22. SOLVENTLERİN KULLANIMI İLE YAPILAN YÜZEY İŞLEMLERİNDE GELİŞMEKTE OLAN TEKNİKLER

Bu dokümanda, gelişmekte olan teknik sözü ile kastedilen, henüz herhangi bir sektörde ticari anlamda kullanılmayan yeni tekniklerdir. Bu bölümde, gelecekte ortaya çıkabilecek ve organik solventlerin kullanımı ile yapılan yüzey işlemleri sektöründe uygulanabilecek tekniklere yer verilmektedir.

22.1. Baskı/boya kaplama

22.1.1. UV kurutmalı fleksografi

Tanım: UV kurutmalı flekso baskının, gelecekte içecek karton kutuları dışındaki amabalajlarda kullanılmak üzere geliştirilmesi ihtimali söz konusudur.

Çevresel faydalar: VOC kullanımının ve emisyonların azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

22.2. Tel sargı imalatı

22.2.1. İnce tellerin vakslanması

Tanım: İnce tellerin üzerindeki vaksların (0.01 – 0.1 mm.) nihai kurutma işlemlerinden kaynaklanan solvent emisyonlarının azaltılması için uygulanabilecek teknikler ele alınmaktadır.

Çevresel faydalar: VOC tüketiminin ve emisyonların azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

22.3. Zımpara imalatı

22.3.1. Yüksek hızda kurutma ve sertleştirme prosesleri

Tanım: Birkaç yıldır, bağlayıcı maddelerin daha hızlı kurutulmasını ve sertleştirilmesini sağlamaya yönelik patentler alınmaktadır. Yeni proseslerde bu amaçla, örneğin, UV ışını ya da mikrodalga uygulamaları kullanılmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Şu anki gelişmelerin hiçbirisi, önümüzdeki birkaç yıl içerisinde zımpara imalatı tesislerinde halihazırda uygulanmakta olan üretim proseslerini değiştirmeyecek ya da etkilemeyecektir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: Veri sunulmamıştır.

22.4. Yapışkan bant imalatı

Veri sunulmamıştır.

22.5. Otomobillerin ve hafif kamyonetlerin boya kaplamaları

[13, DFIU ve IFARE, 2002] [76, TWG, 2004].

22.5.1. Geliştirilmiş, suda çözünebilen 1 ve 2 bileşenli vernik kaplama

Tanım: Gelecekte; geliştirilmiş, suda çözünebilen 1 ve 2 bileşenli vernik kaplama sistemleri, 'katı madde oranı çok yüksek' 2 bileşenli vernik kaplama sistemleri (katı madde içeriği ağırlık bakımından % 90'a varan) gibi yeni ürünlerin geliştirilmesi beklenmektedir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: Veri sunulmamıştır.

22.5.2. Toz boya kaplamadaki gelişmeler

Tanım: Toz boya son kat uygulamalarının yaygın bir şekilde kullanılması beklenmektedir. Boya imalatçılarının verdiği bilgiye göre, toz boya bazlı çeşitli pigmentli son kat sitemleri günümüzde zaten kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler seri uygulamalarda kullanılmamaktadır. Bunun nedeni endüstriye göre değişmekle birlikte, genellikle geri dönüştürme işlemini imkansız hale getiren, renklerin karıştırılmasında karşılaşılan güçlükler olabilir. Halihazırda kullanılan toz boya kaplamalar Avrupa'daki imalatçıların çoğunun dayanıklılık, fiziksel ve kimyasal direnç gibi gereksinimlerini yerine getirmemektedir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Toz boya kaplamalar ile ilgili sağlık ve güvenlik konularına ilişkin görüşler (bkz. Bölüm 20.7.3.18 ve 20.7.3.19).

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: ABD'deki Daimler Chrysler 2004 itibarıyla Jeep Wrangler modelini tamamıyla toz boya kaplama ile boyamayı planlamıştır. Almanya'daki BMW üretim birimlerinden birinde toz boya kaplamalara geçmiştir. Ancak beyaz son katlar bu uygulama ile tatmin edici bir şekilde gerçekleştirilememektedir ve nedenle bu uygulama onarım hattında yapılmaktadır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005] [162, Euocar, 2005]

22.5.3. Düşük maliyetli konversiyon kavramı

Bu tekniğe [13, DFIU ve IFARE, 2002] no'lu kaynakçada yer verilmiştir. Araç endüstrisi uzmanlarına göre, böyle bir kavram geçerli değildir. Ancak, boya tedarik endüstrisi uzmanları, bu kavramın flash off süreleri kısaltılmış, su bazlı baz kat sistemlerine işaret ettiği görüşündedirler (bkz. Bölüm 20.7.2.4).

22.5.4. Ön kaplama yapılmış malzemelerin kullanımının artması

Tanım: Gelecekte ortaya çıkabilecek gelişmelerden biri de, tamamıyla coil coating uygulaması yapılmış parçaların kullanımının gittikçe artmasıdır. Böylelikle otomobil imalatçılarının, bazı boya proseslerini kullanmalarına gerek kalmayacaktır (bkz. Bölüm 14).

Çevresel faydalar: Coil coating uygulaması yapılmış olan malzemeler, biçimlendirilmeden (şekil verilmeden) ve alt montajları (örn. kapıları) tamamlanmadan önce boya ile kaplanmış olduklarından, yapılan uygulamalar ve ekstraksiyon teknikleri sonucunda boyanan m^2'ye düşen VOC emisyon oranı, şekillendirme sonrası yapılan boyama işlemlerine göre daha düşük olur.

Çapraz medya etkileri: VOC emisyonları (her ne kadar azaltılmış olsa da) açığa çıkmaktadır, ancak bu emisyonlar coil coating uygulaması yapılan malzemelerin üretimine kaydırılmıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: Veri sunulmamıştır.

22.5.5. Poliüretan (PU) boya sistemleri

Tanım: Poliüretana dayalı boya sistemleri 100 ^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda fırınlanabilmektedir. Bu da hem metal gövdelerin hem de plastik parçaların laker son katlarının tek bir boyama prosesinde uygulanabilmesini sağlar. 'Hat içi laker son kat' olarak adlandırılan uygulama, metal gövde ve boyanan plastik parçalar arasındaki renk ayarı sorununu çözecektir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Astar kattan son kata, ses absorpsiyonundan gövde altı korumaya kadar, boya sisteminin tüm tabakaları için çok çeşitli PU bazlı boya sistemleri mevcuttur. Bu boyaların fırınlama sıcaklıklarının düşük olması, bu sistemin çok sayıda plastik çeşidinde uygulanmasını sağlar.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: Veri sunulmamıştır.

22.5.6. Boya tabakalarının azaltılması

Tanım: Astar katlar ve baz laker katlar tek bir boya filmi olarak uygulanan tek bir malzemede birleştirildiğinden, bu tür boyaların kullanılması boya tabakalarının sayısını azaltabilecektir. 2 bileşenli su bazlı baz katların kullanıldığı astarsız sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Astarsız sistemler uygulama aşamalarını dörtten üçe, fırınlama aşamalarını ise üçten ikiye indirmektedir. Baz kat kalınlığı ise, altta yer alan elektro kaplamayı kapsayacak ve bu katmanı UV ışınının etkisine karşı koruyacak şekilde çok az arttırılmaktadır.

Çevresel faydalar: Malzeme ve enerji tasarrufu sağlanır, aynı zamanda boyama prosesinden kaynaklanan emisyonlar azaltılır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Astarsız sistemler önemli ölçüde maliyet tasarrufu yapılmasını sağlar.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Daimler Chrysler Rastatt, Almanya; SEAT Martorell, İspanya; Mini Oxford, Birleşik Krallık ve VW, Meksika'da ticari amaçlı olarak kullanılmaktadır. Daha fazla fabrikada bu sisteme geçiş planları yapılmaktadır.

Referans kaynakçası: [128, TWG, 2005]

22.6. Kamyon ve ticari araçların boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.7. Otobüslerin boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.8. Trenlerin boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.9. Tarım ve inşaat ekipmanlarının boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.10. Gemi ve yatların boya kaplamaları

22.10.1. Sıcak elektrostatik hava karışımları

Tanım: Bu teknik iç ve dış kısımlarda kullanılabilir. Boyanın ısıtılması sayesinde doğru viskozite oranı yakalanabilir, böylece daha az VOC açığa çıkar. Bu teknik ile elde edilen üretim miktarı geleneksel tekniklere kıyasla daha düşük olabilir.

Çevresel faydalar: VOC emisyonlarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bakım ve onarım gibi iç kısımları ilgilendiren durumlarda ve S biçimli camlar gibi dış kısımları ilgilendiren bölümlerde uygulanabilir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Hollanda'da, gemilerde sıcak elektrostatik hava karışım tekniklerinin kullanılması ile ilgili bir pilot çalışma yürütülmektedir.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

22.10.2. Biyosid bazlı çürümeyi önleyici boyaların yerine daha az tehlikeli olan boyaların kullanılması (ikame)

22.10.2.1. Doğal biyosidli boyalar

Tanım: Çürümeye karşı önleyici olarak, örneğin bazı mercan türlerinden, doğal biyosidler üretilmektedir.

Çevresel faydalar: Çürümeyi önleyici bu sistem ağır metalleri ya da biyosidleri içermemektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bu maddelerin biyolojik çözünürlükleri, bakır bileşenleri ya da TBT gibi inorganik maddelerle kıyaslandığında daha iyi olduğundan, dayanıklılıkları da daha düşüktür.

Uygulanabilirlik: Doğal biyosid içeren boyalar hala test edilmektedir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002]

22.10.2.2. Çürümenin azaltılması için özel yüzey nitelikleri olan boya kaplamalar

Tanım: Mikro sertlik gibi özel yüzey yapıları olan boya kaplamalar çürümenin azaltılması için kullanılabilir.

Çevresel faydalar: Çürümeyi önleyici bu sistem ağır metalleri ya da biyosidleri içermemektedir.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Çevre alanında çalışan yeşilci bir sivil toplum örgütü ve boya imalatçıları tarafından çevreye duyarlı, çürümeyi önleyici boyaların test edilmesi ile ilgili bir pilot proje yürütülmektedir. Bu araştırma sırasında bu boya kaplama sisteminin, biyosid içermeyen maddeler arasında en iyi performans gösteren sistem olduğu tespit edilmiştir.

Uygulanabilirlik: Tüm gemilere uygulanabilir.

Ekonomiklik: Maliyetler, kalay ve bakır içermeyen diğer çürümeyi önleyici maddelerin maliyeti ile kıyaslanabilir niteliktedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: SED. Su kirliliği mevzuatı ve politikaları.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [13, DFIU ve IFARE, 2002] [69, Watermann ve diğerleri, 2003] [128, TWG, 2005]

22.11. Uçakların boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.12. Diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları

Veri sunulmamıştır.

22.13. Coil coating endüstrileri

Veri sunulmamıştır.

22.14. Metal ambalajların boya kaplamaları ve baskıları

22.14.1. Düşük solvent içerikli boya kaplamalar (su bazlı boyalar)

Tanım: Solvent yüzdesi, mekanik ve kimyasal performans gereksinimlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Daha fazla veri sunulmamıştır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Halihazırda yüksek performanslı, su bazlı iç yüzey laker boyaları mevcut değildir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:[76, TWG, 2004]

22.14.2. Radyasyon kurutmalı prosesler

Tanım: Genel açıklama için, bkz. Bölüm 20.8.2. Coil coating uygulamalarında bu proseslerin ticari amaçlı olarak uygulanmasına rastlanmamaktadır. (Bkz. Bölüm 14.4.7.2).

Çevresel faydalar: Solvent emisyonlarının azalması sağlanır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Radyasyonlu kurutma yeni hatlar için önemli bir teknoloji olabilir, ancak bu tekniğin mevcut bir hatta iyileştirme yapılırken, geleneksel solvent bazlı boya kaplamaların yerine nasıl makul bir şekilde uygulanabileceklerini kestirmek güçtür. Bu tekniğin şu anki gelişme düzeyine bakıldığında, radyasyonlu kurutmanın coil coating uygulaması ile üretilmiş ürünler için geçerli olan gereksinimleri yerine getiremediği görülür. Gelişen ürünlerde küçük ölçekli denemeler sürdürülmektedir. Radyasyon kurutmalı boya kaplamaların kullanılacağı hatlara UV lambalarının ya da EB ünitelerinin yerleştirilmesi gerekir. Sıralanan faktörler mevcut durumda coil coating tesislerinde, radyasyonlu kurutma yapılan boya kaplamalara geçişin pek de makul olmadığını göstermektedir.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:[76, TWG, 2004] [58, ECCA, 2004]

22.15. Plastik parçaların seri olarak boyanması

Tanım: Halihazırda, termal kurutmalı, düşük sıcaklık gerektiren toz boyaların ve UV kurutmalı toz boya kaplamaların gelişmesine yönelik araştırmalar yapılmaktadır.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Bu tür toz boya sistemlerinin bazı plastik parçalar üzerinde uygulanabilirliklerine dair elde edilen ilk sonuçlar umut vericidir. Direksiyon simitlerine uygulanan su bazlı kalıp içi boyama sistemleri deneme aşamasındadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:[76, TWG, 2004]

22.16. Mobilya ve ahşap malzemelerin boya kaplamaları

22.16.1. Toz boya kaplama

Tanım: Günümüzde toz boya kaplamaların ahşap endüstrisinde uygulanması ile ilgili olarak yapılan araştırmalar, erime ve kurutma prosesleri daha uygun olan yeni nesil toz boya kaplama malzemelerinin gelişimi ile yakından ilgilidir. UV ışınları ile çapraz bağlanan toz boya kaplama sistemleri hala yeni yeni gelişme aşamasındadır. Ancak, UV kurutmalı toz boyalar üretim proseslerinde (örneğin MDF ve düz ahşap panellerde) kullanılmaktadır. Günümüzde toz boya kaplamalarla, iletken olmayan ahşap ve ahşap malzemeler üzerinde yapılan elektrostatik destekli uygulamalar gelişme aşamasındadır.

Çevresel faydalar: Bu bağlamda, elektrik yükünün, yeni üretilmiş ıslak laker film aracılığıyla topraklanması uygulaması incelenmiştir. Bu boyama prensibi mobilyaların ön cephelerinde kullanılmakta ve aşağıdaki sonuçları doğurmaktadır:

- Düşük basınçlı prosedürle (HVLP) kıyaslandığında, elektrostatik yüksek devirli atomizasyon tekniği, uygulama verimliliğini yaklaşık % 35 oranında ve dolayısıyla malzeme verimliliğini de % 30 oranında arttırmaktadır.
- Atık (boya) oluşumunu yaklaşık % 80 oranında arttırmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Şimdiye dek, elektrostatik destekli boyama prosesleri ahşap proseslerinde yalnızca birkaç durumda uygulanmıştır. Bu nedenle daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:[13, DFIU ve IFARE, 2002]

22.16.2. Peroksit ve kızılötesi ışınla ağartma

Tanım: Peroksit uygulamasını ve kızılötesi ışınları bir araya getiren yeni bir ağartma yöntemi geliştirilmiştir. Daha fazla veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: www.altonic.fi

22.16.2.1. Termal olmayan plazma ile yapılan arıtma

Tanım: Atık gazda, atık gazın 20 – 30 kW'lık alternatif akımla iki elektrot arasından geçirilmesiyle düşük sıcaklıklarda (30 – 120 ^{o}C) bir plazma oluşturulmaktadır. VOC buharları plazmada, CO_2 ve su buharı oluşturmak üzere oksijenle çok hızlı bir biçimde reaksiyona girer.

Plazmada, gaz akışındaki moleküller kısmen iyonize bir durumdadır. Normalde bu durumun ortaya çıkması için aşırı yüksek sıcaklıkların mevcut olması (yıldırım tarafından üretilen gibi) gereklidir. Ancak yeterli enerji sağlanırsa, dış ortam sıcaklıklarında da böyle bir durum ortaya çıkabilir.

Çevresel faydalar: Atık gazın ısıtılmasına gerek kalmadan % 97 – 99.9'a varan verimlilik elde edilebilir. Termal oksidasyona kıyasla, bu teknik için gereken tesis oldukça kompakttır ve aynı zamanda bu teknik ile çok daha az enerji tüketilmektedir.

Çapraz medya etkileri: Enerji tüketimi, arıtılan 1000 m^3 atık gaz başına 0.5 – 3.0 kWh elektrik enerjisi seviyesindedir.

Operasyonel veri: Farklı modeller bulunmaktadır. Zaman zaman elektrik alanının arttırılması için, elektrotlar arasındaki boşluklar küçük cam toplarla doldurulmaktadır.

Uygulanabilirlik: Bu teknik, koku emisyonlarının azaltılması ve bazen de VOC içerikli atık gazların arıtılması için, yalnızca birkaç yıldır ticari amaçlı olarak uygulanmaktadır.

Günümüzde bu teknik, ahşap malzemelerin kurutulmasından kaynaklanan VOC emisyonlarının arıtılması için uygulanan bir tanıtım projesinde pilot uygulama olarak kullanılmaktadır. Tekniğin sözü edilen uygulamada ticari olarak kullanılmasına 2004'te geçilmesi hedeflenmiştir.

Teoride bu tekniğin atık gazdaki VOC konsantrasyonları ile ilgili uygulamalarda kullanılmasının önünde hiçbir engel yoktur. Ancak, halihazırda bu teknik düşük konsantrasyonlu atık gazların arıtılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca bu teknikle küçük ve büyük hacimli gaz akışları arıtılabilmektedir.

Ekonomiklik: Henüz maliyetlerle ilgili veri mevcut değildir. Ancak, bu tekniğin termal oksidasyon ya da adsorpsiyondan daha ucuz olması beklenmektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

22.17. Ahşap koruma

Veri sunulmamıştır.

22.18. Ayna imalatı

Veri sunulmamıştır.

22.19. Atık gaz arıtımı

22.19.1. Elektrostatik ısıtmalı karbon adsorpsiyon tüpleri

Tanım: Karbon adsorpsiyon tüpleri her bir baskı/boya kaplama uygulama hattına yerleştirilebilir ve VOC adsorpsiyonu için kullanılabilir. Daha sonra elektrik iletken karbon tüplerinden akım geçirilmesi yoluyla VOC'ler geri kazanılabilir.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Veri sunulmamıştır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Birleşik Krallık'ta bazı küçük ölçekli uygulamalar başarılı olmuştur.

Referans kaynakçası: [76, TWG, 2004]

22.20. Atık su arıtımı

22.20.1. Islak ayırmalı boya kabinleri – SiO_2 partikülleri ile

Tanım: Boya maddesinin yüzeylere spreylendiği boya kabinlerindeki oversprey, su perdesi ile yakalanabilir. Su-boya karışımı boya kabininin altındaki bir rezervuarda tutulur ve arıtılır. Su rezervuarına SiO_2 partikülleri eklenir ve bu partiküller suda yüzerken, boya partiküllerini adsorbe ederler. SiO_2 partikülleri boyaya doyduğunda, rezervuardan uzaklaştırılır ve yeni boya olarak geri kazanılır.

Çevresel faydalar: VOC emisyonları azaltılır, geri kazanılan boya ve SiO_2 partikülleri yeni boyada tekrar kullanılabilir hale gelir.

Çapraz medya etkileri: Genellikle tekrar kullanımı mümkün olan atık su ortaya çıkar.

Operasyonel veri: Proses tam anlamıyla geliştirilmiştir ve ticari amaçlı kullanıma hazır durumdadır; ancak, henüz birçok yerde kullanımda değildir.

Uygulanabilirlik: Islak ayırmalı boya kabinleri ahşap ve mobilya boyama ve otomotiv endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem su bazlı hem de solvent bazlı boyalarda kullanılabilmektedir.

Bu teknik halihazırda ticari amaçlı olarak uygulanmamaktadır.

Ekonomiklik: Henüz bilinmemektedir.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası: [63, Vito, 2003]

REFERANSLAR

4 Intergraf ve EGF (1999). “Baskı ve Çevre, Baskı Endüstrilerindeki BAT ile ilgili Kılavuz”.

7 IFARE ve CITEPA (2002). “Araç (kamyonlar, kamyon kasaları, otobüsler) ve ahşap malzeme kaplamalarındaki boya uygulamaları”.

11 IMPEL (2000). “İyi uygulama özeti – PRINTERS”, Avrupa Birliği Çevre Yasası Uygulama ve Yürütme Ağı, Antal Sidor 42”.

12 UBA Almanya (2002). “Seçilen Endüstriyel Aktivitelerde Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü; Giydirme, Emdirme, Baskı, Boya kaplama işlemlerinde organik solvent kullanılan Yüzey İşlem Tesisleri. Bölüm I: Giydirme, Emdirme, Boya kaplama.” Federal Çevre Ajansı, Berlin, fon no. 200 94 324.

13 DFIU ve IFARE (2002). “Almanya’daki Boya Uygulamalarında ve Yapışkan Uygulamalarda Mevcut En İyi Teknikler (BAT). Cilt I: Boya Uygulaması”, Deutsch-Franzosisches Institut fur Umweltforschung/Institut Franco-Allemand de Recherche sur l’Environnement, Cilt I.

14 DFIU ve IFARE (2002). “Almanya’daki Boya Uygulamalarında ve Yapışkan Uygulamalarda Mevcut En İyi Teknikler (BAT). Cilt II: Yapışkan Uygulaması”, Deutsch-Franzosisches Institut fur Umweltforschung/Institut Franco-Allemand de Recherche sur l’Environnement.

18 UBA Almanya (2003). “Seçilen Endüstriyel Aktivitelerde Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü; Giydirme, Emdirme, Baskı, Boya kaplama işlemlerinde organik solvent kullanılan Yüzey İşlem Tesisleri. Bölüm II: Baskı.” Federal Çevre Ajansı, Berlin, 200 94 324.

21 İskandinav Bakanlar Konseyi (1998). “Baskı endüstrisinde mevcut en iyi teknikler (BAT)”, İskandinav Bakanlar Konseyi, TemaNord 1998:593.

22 Vito (1998). “Beste Beschikbare Technieken voor de Grafische Sector”, BBT-kenniscentrum Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

23 İspanya (2000). “Sector Tratamiento de Superficies con Disolventes Organicos; Subsector Metalgrafico, Epigrafe 6.7”, Fundacion Entorno, Empresa y Medio Ambiante.

27 InfoMil (2003). “T10 Milieu-informatie Scheepsbouw en-reparatie”, Versie 2.

29 Hollanda (1006). “Milieuhandboek Grafische Endüstrisi”.

32 Aminal; Vito ve Sitmae Danışmanlık bv (2002). “Evaluatie emissereductiepotentieel voor VOS-emissies van de grafische sektörü, deel 1”, Aminal. Afdeling Algemeen Milieubeleid, 00.1688.

35 Aminal; Vito ve Sitmae Danışmanlık BV (2002). "Evaluatie van het reductiepotentieel voor VOS emissies naar het compartiment lucht en de problematiek van de implementatie van de Europese richtlijn 99/13/EG in de grafische sector in Vlaanderen; deel 3", Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Algemeen Milieu-en Natuurbeleid.

37 CITEPA (2003). "Sektör ile ilgili Özgeçmiş Taslak Dokümanı: Yayın gravürü",

51 Aminal; Vito ve Sitmae Danışmanlık bv (2002). "Esnek ambalaj uygulamalarında kaçak solvent emisyonu ölçüm yöntemi".

52 SPIN Hollanda (1994). "Procesbeschrijvingen industrie; grafische sektörü", Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen industrie Hollanda, Bölüm 61.

53 ABD EPA ve diğerleri (2003). " Baskı endüstrisinde kirliliğin önlenmesi – kirliliğin önlenmesi için teknik destek sağlayanlara yönelik bir el kitabı", http://www.p2pays.org/ref/03/02453/.

54 BMLFUW Avusturya (2003). "Stand der Technik bei ausgewählten Anlagen zur Oberflächenbehandlung mit organischen Lösungsmitteln", Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

55 Europacable (1997). "EWWG Kılavuz Dokümanı; Çevre", Europacable Tel Sargı İşletme Grubu.

57 Rentz, O.; Laforsch, M.; Holtmann, T. ve Nunge, S. (1999). "Sabit Kaynaklardan Çıkan Uçucu Organik Bileşenlerin ve Nitrojen Oksitlerin Sınırlar Ötesine Taşınmasının Azaltılması ile ilgili UN/ECE Protokolleri'nin Uygulanması ve Değerlendirilmesi'ne ilişkin Teknik Özgeçmiş Dokümanı." Karlsruhe Universitesi Fransız-Alman Çevre Araştırma Enstitüsü, 29694828.

58 ECCA (2004). "Coil coating endüstrisi ve metal yüzey işlemleri (organik kaplama)", Avrupa Coil Coating Derneği, IPPC Mart 2004, 4. baskı.

59 EIPPCB (2006). "Metal ve Plastiklerin Yüzey İşlemleri ile ilgili Mevcut en İyi Tekniklere ilişkin Referans Dokümanı, Avrupa IPPC Bürosu.

60 ESIG (2000). "VOC emisyon yönetimi ile ilgili kılavuz", Avrupa Solvent Endüstrisi Grubu.

61 GEPVP; -, G. E. d. P. d. V. P. ve İmalatçılar.", E. A. o. F. G. (2004). "Ayna imalatı".

62 CITEPA (2003). EGTEI çerçevesinde "Sektöre ilişkin Son Özgeçmiş Dokümanı: Otomobil Kaplama",

63 Vito (2003). "Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de houtverwerkende nijverheid", Vito, 2002/IMS/R/.

64 EWWG (2004). "Tel Sargı Endüstrisinde BAT'ın ele alınmasına yönelik teknikler", EUROPACABLE Tel Sargı İşletme Grubu.

65 UKDEFRA (2003). “Sektör Kılavuz Notu IPPC SG6; Organik Solvent Kullanılan A2 Yüzey İşlem Sektörü’ne ilişkin Bakanlık Kılavuzu”, Çevre, Yiyecek ve Tarım Bakanlığı, Ekim 2003.

66 UBA Almanya (2003). “Besuch der Firma Schwering&Hasse Elektrodraht GmbH in Lüdge am 12.11.03”, Umwelt Bundesamt Almanya, bireysel iletişim.

67 EIPPCB (2003). “Kimyasal Sektörü’ndeki Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtım/Yönetim Sistemleri ile ilgili Mevcut En İyi Tekniklere ilişkin referans dokümanı”, Avrupa Komisyonu.

68 ACEA (2004). “ACEA Destekli STS BREF’i”, Mayıs 2004.

69 Watermann; Daehne; Wiegemann; Lindeskog ve Sievers (2003). “Biyosid içermeyen çürümeyi önleyici boyaların performansı”, WWF Almanya’nın bakanlıklar, gemi sahipleri ve boya imalatçıları ile gerçekleştirdiği çok paydaşlı projesi, Cilt III, 125 sayfa.

70 UBA Almanya (2003). “Çalışma raporu: Rexam, Berlin.” UBA, bireysel iletişim.

71 BSTSA “Metal Ön işlemleri; Endüstriciler, pazarlama uzmanları, teknik tasarımcılar, yöneticiler ve müşteriler… için bilgi” İngiliz Yüzey İşlem Tedarikçileri Derneği.

72 Hamann (2004). “Susuz baskı”, bireysel iletişim.

75 Jansen (2005). “VOC azaltımı ile ilgili atölye çalışması, Sevilla 15/11/2004”.

76 TWG (2004). “Teknik Çalışma Grubu’nun (TWG) 1 Mayıs, 2004 tarihli Yüzey İşlemleri Sektörü (STS) taslağı ile ilgili derlenmiş yorumları,” Ekim 2004.

79 SEFEL (2004). “VOC azaltımı ile ilgili atölye çalışması, Sevilla 15/11/2004 – Taslak Sonuçları ile ilgili Yorumlar”.

80 EWWG (2004). “Bölüm 3 Tel Sargı’ya ilişkin STS BREF’i güncellemesi”.

87 ISACOAT (2004). “ISACOAT Çalışma paketi 3.5”, DFIU/IFARE, Karlsruhe Üniversitesi

89 Envirowise (2003). “İyi bakım faaliyetleri ile, solvent kullanımının azaltılması GG413 (*Solventlere yönelik iyi bakım önlemleri, GG28* ile güncellenmiş ve değiştirilmiştir)”.

90 Envirowise (1998). “Solventlerin izlenmesi ile maliyetlerin azaltılması”.

91 EIPPCB (2005). “Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlarla ilgili Mevcut En İyi Tekniklere ilişkin referans dokümanı”.

92 WRc_plc (1980). “Uçucu maddelerin kanalizasyonlara boşaltılması ile ilgili güvenli limit seviyelerinin belirlenmesi – teknik rapor TR142”.

93 Agences de l'Eau de France; SITS; SATS; CETIM ve Ministére de L'Amenagement du Territoire at de l'Environnement (2002). "Yüzey İşlemleri – Atık Su Arıtımı", Agence de l'Eau Rhone-Mediterranée-Corse, 2-9506252-3-1 (EN), 2-9506252-2-3 (FR).

94 EIPPCB (2006). "Organik İnce Kimyasalların İmalatı ile ilgili Mevcut En İyi Tekniklere ilişkin Taslak Referans Dokümanı".

95 Vito (2005). "STS BREF'i için Flaman BAT azaltma önlemleri".

96 Avrupa Solvent Endüstrisi Grubu (2005). "VOC fotokimyasal reaktivitesi".

97 EIPPCB (2005). "Ekonomiklik ve Çapraz Medya Etkileri ile ilgili Mevcut En İyi Tekniklere ilişkin Referans Dokümanı".

98 EC (1976). "Belli tehlikeli maddelerin ve preparatların pazarlanması ve kullanılması ile ilgili kısıtlamalara dair Üye Devletlerin kanunlarının, yönetmeliklerinin ve idari prosedürlerinin birbirine yaklaştırılmasına ilişkin 27 Temmuz 1976 tarihli Konsey Direktifi 7/769/EEC", OJ.

102 EC (2000). "Kullanım ömrü sona ermiş araçlarla ilgili 2000/53/EC no'lu Avrupa Parlamentosu Direktifi ve 18 Eylül 2000 tarihli Konsey Direktifi", Kullanım ömrü sona ermiş araçlarla ilgili 2000/53/EC no'lu Avrupa Parlamentosu Direktifi ve 18 Eylül 2000 tarihli Konsey Direktifi.

103 EC (2003). "Belli tehlikeli maddelerin elektrikli ve elektronik ekipmanlarda kullanılmasına ilişkin kısıtlamalarla ilgili 2002/95/EC no'lu Avrupa Parlamentosu Direktifi ve 27 Ocak 2003 tarihli Konsey Direktifi", Avrupa Toplulukları Resmi Bülteni (OJ).

104 UBA – DE (2004). "Yenilikçi unsurların kullanımıyla yeni yüzey işlem konseptleri – Final Raporu (Rapor No. 20046)".

105 UBA–DE (2002). "Einführung eines Verfahrens zur umweltfreundlichen Beschichtung von Aluminiumrädern (Rapor No. 20036)".

106 ACEA (2005). "Tamponların boya kaplamalarına ilişkin BAT önerileri", v2 12.04.05

107 VDI (2005). "Ahşap ile ilgili konular – rapor 3462".

108 DFIU/IFARE (1999). "Ahşap malzemelerin korunması".

109 Avrupa Çevre Ajansı (2001). "EMEP/CORINAIR Emisyon Envanter Rehberi", Teknik rapor No. 30.

110 EC (1996). "Entegre kirlilik önleme ve kontrolüne ilişkin 96/61/EC no'lu Konsey Direktifi", OJ (Avrupa Toplulukları Resmi Bülteni). Sayfa 26.

111 Eurofer (2003). "Çeliğe kesintisiz elektrolit kaplama yapılması ile ilgili mevcut en iyi tekniklere ilişkin Taslak Referans dokümanı".

112 [Verspoor ve imalatçı], M. i. (2005). “Yakma maliyetleri”, bireysel iletişim.

113 EIPPCB (2003). “Genel İzleme Prensipleri ile ilgili Referans Dokümanı”.

114 Jepsen, D. (2005). “P. Tempany ile telefon görüşmesi 01/04/05”, bireysel iletişim.

115 Intergraf (2005). “Heatset için BAT aralığı Önerileri”.

116 AEA; al, e. ve Enstitü, S. E (2005). “İklim değişikliğinin etkileri ve maliyetleri”.

117 ACEA (2005). “Otomobiller için BAT önerileri”.

118 ACEA (2005). “Otomobiller dışındaki araçlar (kamyonetler, kamyon kasaları ve şasileri, otobüsler için BAT önerileri”.

119 RIZA (1999). “Planlanmayan boşaltım risklerinin önlenmesine yönelik en iyi güvenlik uygulamaları”.

120 INRS (1998). “Ateliers de traitement de surface: Prévention des risques chimiques”, ED 827.

121 Birleşik Krallık DEFRA ve notlar, S. o. S. s. G. (2003). “Organik Solvent kullanılan A2 Yüzey İşlem Sektörü’ne ilişkin Kılavuz”, SG6.

122 Dupont ve May, T. (2005). “Solvent kullanımı ile ilgili e-posta”, bireysel iletişim.

123 EC (1999). “Belli aktivitelerde ve tesislerde organik solvent kullanılmasından kaynaklanan uçucu organik bileşik emisyonlarının sınırlandırılmasına ilişkin 1999/13/EC no’lu Konsey Direktifi”, OJ.

124 SEFEL (2005). “BAT ile ilgili olarak önerilmiş olan emisyon seviyeleri”.

125 SEFEL (2005).

126 EIPPCB “Mevcut En İyi Tekniklerin endüstriyel soğutma sistemlerinde uygulanmasına ilişkin referans dokümanı”.

127 VROM (2004). “Diffuse Oplosmiddelesissies in Verpakkingdiepdruk en Flexo: Deel 2. Meten en Verminderen”.

128 TWG (2005). “Teknik Çalışma Grubu’nun (TWG) 2 Eylül 2005 tarihli Yüzey İşlemleri Sektörü (STS) taslağına ilişkin derlenmiş yorumları, STS D2 Uzman Yorumları Şubat 2006.

130 EGTEI (2005). “Heatset Ofset: Özet belgesi”.

131 EGTEI (2005). “Ambalaj Yapımında Fleksografi ve Rotogravür: Özet belgesi”.

132 EGTEI (2005). “Ambalaj Yapımında Fleksografi ve Rotogravür: Özet belgesi”.

133 EGTEI (2005). “Tel sargıların boya kaplamaları: Özet belgesi”.

134 EGTEI (2005). “Yapışkanların endüstriyel amaçlı kullanımları: Özet belgesi”.

135 EGTEI (2005). “Otomobillerin boya kaplamaları: Özet belgesi”.

136 EGTEI (2005). “Kamyonların boya kaplamaları: Özet belgesi”.

137 EGTEI (2005). “Kamyon kasalarının boya kaplamaları: Özet belgesi”.

138 EGTEI (2005). “Otobüslerin boya kaplamaları: Özet belgesi”.

139 EC (2001). “Belli atmosferik kirleticiler için geçerli olan ulusal emisyon tavanları hakkında Avrupa Parlamentosu’nun 2001/81/EC no’lu Direktifi ve Konsey’in 23 Ekim 2001 tarihli Direktifi”, OJ, sayfa 0022-0030.

140 EGTEI (2005). “Ahşap malzemelerin boya kaplamaları: Özet belgesi”.

140 Tempany, P., I. Jansen, H. Myland (2006). “Tel sargılar ve NO_x emisyonları”, bireysel iletişim.

141 EGTEI (2005). “Ahşap malzemelerin korunması: Özet belgesi”.

142 EGTEI (2005). “Boyaların endüstriyel amaçlı olarak uygulanması: Özet belgesi”.

143 EC (2002/4). “Yiyecek Kayıtları”.

145 VITO (2004). “Hava temizleme teknikleri ile ilgili el kitabı”.

146 CEI-BOIS (2006). “BAT ile ilgili yorumlar – Solventlerin kullanılması ile ilgili yüzey işlemleri”, bireysel iletişim.

147 Presti (2005). “Ahşap ve mobilyaların son kat işlemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması: Olasılıklar ve güçlükler.”

148 TWG (2006). “Teknik Çalışma Grubu’nun son genel toplantısı”.

149 UKDEFRA (2004). “Kereste ve ahşap bazlı ürünlerde uygulanan kimyasal işlemlere yönelik Bakanlık Kılavuzu”, Bakanlığın BATNEEC Kılavuzu.

150 UKHSE (2006). “Biyosidler için ‘mavi kitap’”.

151 EEA (1999). “Ahşap koruma pestisitleri”.

152 ACEA (2006). “2006 bilgi alışverişine yönelik ek bilgi”, bireysel iletişim.

153 CEFIC (1998). “Sorumlu Bakım Programı: Sağlık, Güvenlik ve Çevre Rapor Kılavuzları, Ek 8”, http://www.cefic.be/activities/hse/rc/guide/11.htm.

154 Tempany, P. (2006). “Yüzey temizliği”.

155 CEPE (2006). “Boya maliyetleri”, bireysel iletişim.

157 ACEA (2005). “2005 bilgi alışverişinde sunulan ek bilgi”, bireysel iletişim.

159 ACEA (2006). “Bilgi alışverişinde sunulan ek bilgi”, bireysel iletişim.
160 ESVOCCG (2006). “STS BREF endüstrilerinde temizlik” STS TWG final toplantısı.

161 EIPPCB (2006). “Enerji Verimlilik Teknikleri (ENE) ile ilgili Taslak Referans dokümanı”.

162 Eurocar (2005). “V Congreso Eurocar” V Congreso Eurocar.

163 EWWG (2005). “Tel sargıların boya kaplamalarından kaynaklanan NO_x emisyonları ile ilgili ek veri”, bireysel iletişim

164 Verspoor, P. (2006). “İletim esnasında havalandırma tanklarındaki hesaplamalar”, bireysel iletişim.

165 ECN (2005). “CO2 fiyat dinamikleri”.

166 AEA ve Enstitü, S. E. (2005). “25 AB Üye Devleti’nin her birinin (Kıbrıs hariç) açığa çıkardığı bir ton PM2.5, NH3, SO2, NO_x ve VOC’nin yarattığı hasar ve çevre denizlere verdiği zarar.”

167 Verspoor, P. ve Sitmae Danışmanlık, B. (2005). “Fleksografide kullanılan solvent bazlı veya su bazlı mürekkepler: Maliyet kıyaslaması”.

168 ESIG (2005). “Bilgi alışverişi için ek veri”, bireysel iletişim.

169 Lemoine, S. (2006). “STS bilgi alışverişi için POCP verileri” bireysel iletişim.

170 Tempany, P. ve Lemoine, S. (2006). “POCP: efektif POCP hesaplamaları: bilgi alışverişi için ek veri”, bireysel iletişim.

171 May, T., Dupont/CEPE (2006). “Plastiklerin boya kaplamaları: TWG BAT kararını destekleyecek veriler”, bireysel iletişim.

172 May, T., Dupont/CEPE (2006). “POCP: BAT taslağı ile ilgili yorumlar”, bireysel iletişim.

173 Portekiz (2006). “Tersane disiplini: Tersanede ve gemi kızaklarında yapılan işlemler için temel kurallar”, bireysel iletişim.

174 CEPE (2006). “Gemilerin boya kaplamaları ile ilgili EIPPC’den gelen sorulara verilen cevaplar”, bireysel iletişim.

175 Kiil, S.; Weinell, C.; Yebra, D. M. ve Dam-Johansen, K. (2006/07). “Denizlerde oluşan biyolojik çürümeye karşı koruma: Çürümeyi önleyici boya emisyonlarının kontrollü bir

biçimde salınımının tasarlanması. Ka M. N., Gani, R. ve Dam-Johansen, K. Kimyasal Ürün Tasarımı: Vaka çalışmaları ile bir perspektife doğru."

176 Stern, N. (2006). "İklim Değişikliği Ekonomisi", ISBN-13: 9780521700801.

177 Eurostatt (2005/6). "Baskı endüstrileri: Eurostatt Yeni Krono veritabanından yapılan çkarımlar, Ekonomik aktivitelerin sınıflandırılması – NACE Rev. 1.1 – DE 22.2", bireysel iletişim.

178 Verspoor, P. (2006). "Bireysel iletişim", bireysel iletişim.

179 Fransa ve TWG, S. (2003). "STM BREF'i için e-kaplama proses verileri".

180 Çek Cumhuriyeti (2006). "E-kaplama prosesinin tanımı".

181 ACEA (2003). "STM BREF'i için e-kaplama verileri".

182 ADEME (2006). "VOC emisyon hesaplamaları".

183 Verspoor, P. ve TWG, S. (2006). "Atık gaz arıtma seçenekleri ve verimlilikleri".

184 AFERA (2005). "5. bölüm için yeni metin".

185 May, T., Dupont; CEPE ve ACEA (2006). "Otobüsler için geliştirilmiş veri, bölüm 8".

187 EC (1996). "Tehlikeli maddelerin kullanıldığı durumlarda ortaya çıkan büyük kaza risklerinin kontrolü (Seveso II Direktifi).

188 WHO_IPCS (1996).

189 CEI-BOIS (2006). "'Solventlerin Kullanılmasıyla Yapılan Yüzey İşlemleri' ile ilgili BAT'a ilişkin referans verileri", bireysel iletişim.

190 Humberstone. S "Bireysel iletişim".

191 Senior, P. (2006). "Üç fazlı güç beslemesinin optimizasyonu", bireysel iletişim.

193 Tempany, P.; Jansen, I. Ve Myland, H. (2006). "Tel sargı ve NO_x emisyonları", bireysel iletişim.

194 EPER (2001). "Avrupa Kirletici Emisyon Kaydı", http://eper.ec.europa.eu/.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

1. Genel terimler, kısaltmalar, akronimler ve maddeler

İNGİLİZCE TERİM	ANLAMI
Harfe göre diziliş	
2K	2 bileşenli, genellikle boyalar için kullanılır
A	
AC (örn. boya)	Veri sunulmamıştır.
Asit	Proton verici: Su solüsyonunda hidrojen iyonlarının serbest kalmasını sağlayan madde
Aerobik	Oksijenin varlığında ortaya çıkan biyolojik bir proses
Alkali (bazlı)	Proton alıcı: Su solüsyonunda hidroksit iyonlarının serbest kalmasını sağlayan madde
Anaerobik	Oksijenin yokluğunda ortaya çıkan biyolojik bir proses
AOX	Adsorbe edilebilir organik halojen bileşikleri. Florin hariç tüm halojen bileşiklerinde, klorin olarak ifade edilen, 1 litre başına düşen miligram cinsinden, toplam konsantrasyon aktif karbona adsorbe edilebilecek su numunesinde bulunur
B	
BAT	Mevcut en iyi teknikler
Biyolojik olarak çözünebilir	Mikroorganizmalar tarafından fiziksel ya da kimyasal olarak parçalanabilir. Örneğin; kimyasalların çoğu, yiyecek artıkları, pamuk, yün ve kağıt biyolojik olarak çözünebilir niteliktedir.
BIW, beyaz gövde	Araç imalat endüstrisinde standart bir terimdir ve aracın yağ alma, daldırma, boyama işlemlerinden önceki çıplak metal iskeletine verilen addır.
BOD	Biyokimyasal (ya da biyolojik) oksijen gereksinimi: Sudaki ve atıklardaki organik madde içeriğinin ölçümüdür. Mikroorganizmaların organik maddeyi parçalaması için gereken çözünmüş oksijen miktarıdır. Ölçüm birimi mg O_2/l'dir. Avrupa'da BOD genellikle 3 (BOD_3), 5 (BOD_5) ya da 7 (BOD_7) gün sonra ölçülür.
b.p.	Kaynama noktası
BREF	BAT referans dokümanı
C	
CAD	Bilgisayar destekli tasarım
CAFE	Avrupa için Temiz Hava: AB'nin hava kirliliği ile ilgili tematik stratejisinin temelini oluşturan program
CBN	Kübik bor nitriti
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi
CMR	Karsinojen, mutajen ve yeniden üretim için toksik: Bu tehlikeli özelliklerin tamamını ya da bir kısmını taşıyan maddeler için geçerlidir
COD	Kimyasal oksijen gereksinimi: Kimyasal olarak absorbe edilen oksijen miktarı (numune tarafından). Test koşulları potasyum di kromatın kullanılmasıyla çok güçlü bir biçimde oksitleyicinitelik taşır ve hemen hemen tüm organik bileşikleri oksitler. Ölçü birimi mg O_2/l'dir.
Koruma, Koruma alanı	(İkincil) koruma; depolama tankı kaçaklarına karşı, tank konteynırı tarafından doğal olarak sağlanan korumanın üzerine ek bir koruma yapılması anlamına gelir. Kaçaklara karşı iki tür ikincil koruma yapılmaktadır. Bunlar aynı zamanda tank imalatının da birer parçasıdır ve çift tabanlı tank yapımını (sadece yerden yüksekte olan tanklar için), çift yüzeyli ve çift duvarlı tankların yapımını ve tankların altındaki toprak yüzeye sızdırmaz

	malzemelerin uygulanmasını kapsar [91, EIPPCB, 2005].
Çapraz medya etkileri	Suya/havaya/toprağa salınan emisyonların, enerji kullanımının, hammadde tüketiminin, gürültü ve su ekstraksiyonunun (örn. IPPC Direktifi'nin gerektirdiği tüm unsurların) çevresel etkilerinin hesaplanmasıdır.
CSBR	Karboksilat stiren butadien stiren blok kopolimeri
CTP	Bilgisayardan plakaya
D	
dH	Suyun sertlik derecesi
DIN	Alman Endüstri Normu
DS	Kuru katı maddeler (içerikler): Standart test yöntemi ile kurutulduktan sonra geriye kalan madde kütlesi
DWI	Germe ve yüzeyi incelterek çekme: Metal ambalaj üretiminde kullanılan bir üretim yöntemi
E	
EB	Elektron ışını
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
EF	Emisyon faktörleri
Akışkan atık	Emisyon oluşturan fiziksel akışkan (kirletici madde içeren hava ya da su).
EFTA	Avrupa Serbest Ticaret Birliği
EGTEI	Bkz. Ek 24.1.1 EGTEI ana sayfa: http://www.citepa.org./forums/egtei/egtei_index.htm
EIPPCB	Avrupa IPPC Bürosu
ELV	Emisyon limit değerleri: Bir ya da daha fazla periyotta aşılmaması gereken, spesifik parametrelerle ifade edilen, kütle emisyon konsantrasyonları ve/veya seviyeleri
EMAS	Çevre yönetim ve denetim planı
Emisyon	Tesisteki tek bir kaynaktan ya da dağınık olarak bulunan kaynaklardan havaya, suya ya da toprağa doğrudan ya da dolaylı olarak salınan madde, ısı ya da gürültüdür
EMS	Çevre yönetim sistemi
Boru sonu tekniği	Nihai emisyon ya da tüketimi birtakım ek proseslerle azaltan, ancak esas prosesin temel işleyişini değiştirmeyen bir tekniktir. Eş anlamlıları: 'ikincil teknik', 'azaltma tekniği'dir. Zıt anlamlıları: 'proses entegre teknik', 'birincil teknik'(esas tekniğin işleyişini bir şekilde değiştiren ve böylece işlenmemiş emisyonları veya tüketimi azaltan bir tekniktir)
Çevresel iz	Bir ürünün, operasyonun ya da işin çevre üzerindeki yük ya da etkisinin ölçümüdür. IPPC için bu iz aşağıdakileri kapsar: • Enerji, hammadde ve su tüketimi • Havaya, suya, yeraltı sularına ve toprağa salınan ve atık olarak ortaya çıkan emisyonlar • Malzeme özelliklerine verilen hasar; çevrenin sunduğu imkânlara, diğer meşru kullanım alanlarına verilen zarar ya da yapılan müdahale. IPPC gürültü, salınım, toz ya da kokuyu da kapsar. Ancak, ürünlerin yaşam döngüsünün analizi gibi konuları içermez.
EOE	Kolay açılabilen kapaklar
EP	Elektrostatik presipitatör
EPDM	Etilen propilen dien monomer
EQS	Çevre Kalite Standardı
ESIG	Avrupa Solvent Endüstrisi Grubu
ETL	Elektro kaplama, örn. elektroforetik daldırma ve katodik daldırma
EU	Avrupa Birliği
EUA	Avrupa Birliği Ödeneği: 1 ton CO_2 başına Avro cinsinden ifade edilen, AB karbon ticaret planına göre faaliyet gösteren ticari birimler için kullanılan

	terimdir.
EWP	Çevre Çalışma Grubu
Mevcut tesis	Halihazırda operasyon halinde olan ya da bu Direktif'in yürürlüğe girdiği tarihten önce mevcut olan bir tesis ya da bu Direktif'in yürürlüğe girdiği tarihten sonraki bir yıl içerisinde operasyona başlaması koşuluyla, mevzuat uyarınca yetkili olan veya yetkili makamlardan tam yetki talep etmeye haiz tesis.
F	
FID	Alev iyonlaşma tespiti
Düz tonlama	Yarım ton ya da süs uygulamalarının aksine, tamamı aynı boyutta olan yarım tonlu noktalar içeren basılı alandır. Düz tonlamalara genellikle sadece 'tonlama' denir.
Flokülasyon	Hafifçe karıştırma ile floklardaki (topaklanan kısımlarda) küçük partiküllerin daha büyük partiküllere dönüşecek şekilde toplanmasını ve ağırlaşmadan ötürü arıtma tankının dibine çökmesini sağlayan bir atık su arıtma işlemidir.
FOGRA	
İz	Tesisin, üretim yapabilmek için tükettiği tükenebilir hammadde ve yenilenemeyen kaynak miktarının belirleyici olduğu çevresel etkisi ve proseste ortaya çıkan atık ve emisyon miktarıdır.
Kaçak emisyon	Bu dokümanda SED tanımı kullanılmaktadır [123, EC, 1999]: Havaya, toprağa ve suya salınan VOC'lerin ve (SED'de belirtilmediği sürece) ürünlerin içeriğindeki solventlerin dışındaki emisyonlardır. Bu emisyonlar pencereler, kapılar, havalandırma delikleri ve benzer açıklıklardan (aksi için, bkz. atık gaz) çevreye yayılan yakalanamayan emisyonlardır.
G	
GDP	Gayri safi yurt içi hasıla
GJ	Gigajul
GRT	Kayıtlı gros tonajı
GT	Gros ton
H	
HBS	Kaynama noktası yüksek olan solventler
HDF	Yüksek yoğunlukta fiber
HF	Yüksek frekans
HP	Yüksek basınç
HVLP	Yüksek hacim alçak basınç
I	
IBC	Orta boy yığın konteynırı
IDOP	Entegre aşağı sarımlı ozon üretimi: Solventin troposferik ozon üretme reaktivitesinin ölçümüdür.
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IEF	Bilgi Alışverişi Forumu (IPPC Direktif'i çerçevesinde gayri resmi danışma birimi)
İmisyon (dış kaynaklı kirlilik)	Çevrede kirletici maddenin, kokunun veya gürültünün ortaya çıkması ve bunların düzeyi.
Tesis	Ek I'de listelenen, emisyonlar ve kirlilik üzerinde etkisi olabilecek olan aktivitelerden birinin ya da daha fazlasının ve bu aktivitelerle teknik bağlantısı olan, doğrudan ilgili diğer aktivitelerin yürütüldüğü sabit teknik ünitelerdir.
Intergraf EWP	Çevre çalışma grubu
IPA	İzopropil alkol
IPPC	Entegre kirlilik önleme ve kontrolü
IR	Kızılötesi
J	
K	

K1 K2 K3	Hollanda ve Belçika'da kullanılan, yanma noktasına göre belirlenen, alev alma ihtimali göstergesidir: • K1: <21 °C • K2: 21 - 55 °C • K3: >55 °C
L	
LCA	Yaşam döngüsü değerlendirmesi
LCCC	Düşük maliyetli konversiyon kavramı
LEL	En düşük patlama seviyesi
LNG	Sıvılaştırılmış doğal gaz
LP	Düşük basınç
LWC	Hafif kaplamalı
M	
MDF	Orta yoğunluklu fiber (levhalar)
MEK	Metil etil keton
MF	Makine ile tamamlanmış
MKM	Çevresel Maliyet Modeli (MilieuKostenModel), bkz. Ek 24.1.2
İzleme	Sistematik, periyodik ya da olay yerinde gözlem, teftiş, numune alma ölçüm yapma prosedürlerine ya da kirletici maddeler ile ilgili olarak açığa çıkan miktar ve/veya eğilimler hakkında bilgi sağlamaya yönelik diğer değerlendirme yöntemlerine dayanan; emisyon ya da başka bir parametrenin gerçek değerini ve değişkenlerini değerlendirmeyi ya da tespit etmeyi amaçlayan bir prosestir.
MS	Avrupa Birliği'ne Üye olan Devlet
N	
n/a	Uygulanabilir olmayan YA DA mevcut olmayan (bağlama göre değişir)
NC	Nitroselüloz
n/d	Veri bulunmamaktadır
NEOE	Kolay açılamayan kapaklar
NF	Nanofiltrasyon
NIR	Kızılötesine yakın
NMP	n-metil-pirolidon
NMVOC	Metan olmayan uçucu organik bileşik (bkz. VOC)
NR	Doğal kauçuk
O	
Oblonglar (dikdörtgen biçimli)	Metal kutu yapımında: Köşeleri yuvarlatılmış, üst ve alt uçları dikdörtgen olan genel konteynır şeklini ifade eder.
ODP	Ozon azaltma potansiyeli: Bileşiğin ozon azaltma seviyesini gösteren oransal endekstir
OEL	Mesleki maruz kalma limiti
OEM	Orijinal ekipman imalatçısı
OFP	Ozon oluşturma potansiyeli
Operatör	Tesisi işleten ya da kontrol eden herhangi bir şahıs ya da tüzel kişidir. Ulusal mevzuatta geçtiği durumlarda ise bu terim, tesisin teknik işlevleri ile ilgili karar alma yetkisinin ve ekonomik gücün devredildiği şahıs ya da tüzel kişi anlamına gelir.
OSPAR Konvansiyonu	1992 OSPAR Konvansiyonu Kuzey Atlantik Bölgesi'ndeki denizlerinin korunması ile ilgili bir konvansiyondur.
Ozon azaltma	Ozon moleküllerini katalitik olarak parçalayan klorin ve/veya bromür (örn. Kloroflorokarbonlar) içeren belirli bileşiklerin fotolitik olarak bozulmasından kaynaklanabilecek bir durum olan, stratosferik ozon tabakasının hasar görmesi durumudur.

P	
PA	Poliamid
PAH	Polisilik aromatik hidrokarbonlar
PARCOM	Kara kaynaklı deniz kirliliği ile ilgili 1974 Paris Komisyonu. Günümüzde bunun yerini OSPAR Konvensiyonu almıştır.
PBT'ler	Kalıcı, biyobirikimli ve toksik maddeler
PCP	Pentaklorofenol
PE	Polietilen (politen)
PET	Polietilen terefitalat
PI	Proses entegre
PID	Oransal integral türevsel
POCP	Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli
Kirletici	Çevreye zarar verebilecek ya da çevreyi etkileyebilecek tek bir ya da bir grup madde
$PM_{2.5}$	Aerodinamik çapı nominal 2.5 mikrometreye eşit ya da bu değerden daha küçük olan partikül maddesi
POP	Kalıcı organik kirleticiler
PP	Polipropilen
ppb	Milyar başına düşen parça
ppm	Milyon başına düşen parça (ağırlık olarak)
Ön ürün	Nihai ürün olmayan, ayrı ayrı işlenip boyanmış olan parçadır. Örneğin bu dokümanda, ambalaj haline getirilmek üzere şekillendirilmeden ve son parçaları takılmadan önce boyanan ve/veya basılan düz levhalar bu ürünlere örnek teşkil edebilir.
Birincil önlem/teknik	Esas tekniğin işleyişini bir şekilde değiştiren ve böylece işlenmemiş emisyonları veya tüketimi azaltan bir tekniktir (bkz. boru sonu tekniği)
PS	Polistiren
PTFE	Poli tetra floro etilen
PU ya da PUR	Poliüretan
PVA (veya PVAC)	Polivinil asetat
PVB	Polivinil bütrat
PVC	Polivinil klorid
PVdF (veya PVF_2)	Poliviniliden diflorid
Q	
R	
RA	Buharlaşma oranı
RAINS	Avrupa'da Bölgesel Hava Kirliliği Bilgisi ve Simülasyonu. Bkz. Ek 24.1.1. Bu dokümanda geçen RAINS, RAINS'in CP_CLE_Aug04 (Kasım 04) versiyonudur. RAINS-VOC modelinde kullanılan verilere göz atmak için: http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb/ adresini ziyaret ediniz.
REACH	Avrupa Komisyonu'nun kimyasalların kaydedilmesi, değerlendirilmesi ve kullanımına izin verilmesi için önerdiği yeni bir düzenleyici çerçevedir. Bkz: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm
Referans koşulları	Standart metinden – Bkz. Bölüm 21
RH	Oransal nemlilik
İlk seferde doğru	Minimum sayıda tamamlanmış unsur ile, üründe kalitenin yakalanmasını sağlayan bir üretim yönetimi kalite kontrol tekniğidir.
ROI	Yatırımın geri dönüşü
rto, RTO	Rejeneratif termal oksidasyon
S	
SB	Solvent bazlı
SBR	Bütadin stiren kopolimer

SBS	Stiren bütadin stiren (blok kopolimer)
SCR	Selektif katalitik azaltma
İkincil önlem/teknik	Bkz. boru sonu azaltma tekniği
SED	Solvent Emisyonları Direktifi [123, EC, 1999]
SIS	Stiren izopren stiren (blok kopolimer)
SME	Küçük ve orta ölçekli işletme(ler)
SNCR	Selektif katalitik olmayan azaltma
SOMO 35	İstatistiki terim: Toplam 35'ten fazla
Spesifik emisyon	Üretim kapasitesi ya da gerçek üretim gibi (örn. Üretilen ton ya da birim başına düşen kütle) referans temelleri ile ilgili emisyon
STP	Standart sıcaklık ve basınç
T	
TBT	Tribütiltin
TCF	Hiç klorin içermeyen
TDS	Toplam çözünen katı madde
TGIC	Triglisidil izosiyanürat: Toz boya kaplamalarda kullanılan mutajen bir madde
TLV	Eşik limit değerleri: Amerikan Resmi Endüstriyel Hijyenistler, A.Ş. (ACGIH) Konferansı tarafından iş yerindeki çeşitli tehlikeli maddelere maruz kalma ile ilgili güvenli seviyelerin belirlenmesinde, endüstriyel hijyenistlere destek olmak üzere hazırlanmış olan kılavuzlardır (standart değildir). TLV® çalışan üzerinde aşırı bir rahatsızlık ya da hasara neden olmayacak seviyedeki maruz kalma limitini yansıtmaktadır. TLV®'ler farklı maruz kalma seviyelerindeki ya da farklı maruz kalma şekillerinden kaynaklanan niceliksel risk tahminleri değildir.
TOC	Toplam organik karbon: Numunedeki organik karbon miktarının değerlendirilmesini sağlayan testtir.
TPB	Trifenil boran
TPM	Toplam üretim yönetimi
TWG	Teknik çalışma grubu
U	
UF	Ultrafiltrasyon
UF	Üre formaldehit
UNO	Birleşmiş Milletler Örgütü
UP	Emdirilmemiş polyester
UV	Ultraviyole
V	
VCA	Bitkisel temizlik maddeleri
VHR	Buhar tehlike oranı
VOC	Uçucu organik bileşenler (bkz. NMVOC)
vp veya VP	Buhar basıncı
W	
Atık gaz	Bu dokümanda SED tanımı kullanılmaktadır [123, EC, 1999]: Baca ya da azaltma ekipmanından havaya salınan VOC ve diğer kirletici maddeler içeren nihai, gazlı atık.
WFD	Su Çerçeve Direktifi: Avrupa Parlamentosu'nun ve Konsey'in, su politikası ile ilgili Topluluk faaliyetlerinin çerçevesini çizen 2000/60/EC no'lu Direktifi'dir.
WGT	Atık gaz arıtımı
Beyaz ispirto	CAS No: 8052-41-3. Mineral ispirto, yüksek yanmalı nafta, petrol damıtma fraksiyonları, Stoddard solvent, petrol damıtma ürünleri olarak da bilinir. Boya inceltici, yağ giderici ve temizlik maddesi olarak kullanılır. %15 – 20 (ağırlık bakımından) aromatik C7-C12 hidrokarbon içeren, kaynama noktası 130 – 230 ^{o}C olan doymuş alifatik ve alisilik C7-C12 hidrokarbonlarının bir

	karışımıdır. C9-C11 hidrokarbonları (alifatikler, alisilikler ve aromatikler) karışımda en fazla yer alan maddeler olup, toplam içeriğin % 80'inden fazlasını (ağırlık bakımından) oluştururlar. Dereceye göre yanma noktaları (fp) ve kaynama noktaları (başlangıçtaki, bp) şöyledir: • Düşük yanma derecesi: fp 21 – 30 ^{o}C, bp 130 – 144 ^{o}C • Düzenli yanma derecesi: fp 31 – 54 ^{o}C, bp 145 – 174 ^{o}C • Yüksek yanma derecesi: fp =>55 ^{o}C, bp 175 – 200 ^{o}C [188, WHO_IPCS, 1996]
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
WW	Tel sargı
WWF	Dünya Doğal Hayatı Koruma Fonu
WWTP	Atık gaz arıtma tesisi
X	
Y	
Z	

2. Yaygın olarak kullanılan birimler, ölçüler ve semboller

TERİM	ANLAMI
atm	normal atmosfer (1 atm = 101325 N/m^2)
bar	bar (1.013 bar = 1 atm)
milyar	bin milyon (10^9)
^{o}C	santigrat derece
cm	santimetre
d	gün
g	gram
GJ	gigajul
h	saat
J	jul
K	kelvin (0 ^{o}C = 273.15 K)
kcal	kilokalori (1 kcal = 4.19 kJ)
kg	kilogram 1kg = 1000 g)
kJ	kilojul (1 kJ = 0.24 kcal)
kPa	kilopaskal
kt	kiloton
kWh	kilowatt-saat (1 kWh = 3600 kJ = 3.6 MJ)
l	litre
m	metre
m^2	metrekare
m^3	metreküp
mg	miligram (1 mg = 10^{-3} gram)
MJ	megajul (1 MJ = 1000 kJ = 10^6 jul)
mm	milimetre (1 mm = 10^{-3} m)
m/min	dakikadaki metre
Mt	megaton (1 Mt = 10^6 ton)
Mt/yr	yılda …. megaton
mV	milivolt
MW_e	megawatt elektrik (enerji)
MW_{th}	megawatt termal (enerji)

ng	nanogram (1 ng = 10^{-9} gram)
Nm^3	normal kübik metre (101.325 kPa, 273 K)
Pa	paskal
ppb	milyardaki parça
ppm	milyondaki parça (ağırlık olarak)
ppmv	milyondaki parça (hacim olarak)
s	saniye
t	metrik ton (1000 kg ya da 10^6 gram)
t/d	günde …. ton
trilyon	milyon milyon (10^{12})
t/yr	yılda …ton
V	Volt
v/v	hacim/hacim, genellikle yüzde olarak belirtilir ve '%-vol' ile aynı anlama gelir.
%-vol	hacim bakımından yüzde (% v/v)
W	watt (1 W = 1 J/s)
w/w	ağırlık/ağırlık, genellikle yüzde olarak belirtilir ve '%-wt' ile aynı anlama gelir.
%-wt	ağırlık bakımından yüzde (% w/w)
yr	yıl
µ	
µm	mikrometre (1 µm = 10^{-6} m)
µS	mikrosimens

3. Kimyasal elementlerin listesi

İSİM	SEMBOL	İSİM	SEMBOL
aktinyum	Ac	cıva	Hg
alüminyum	Al	molibden	Mo
amerikyum	Am	neodim	Nd
antimon	Sb	neon	Ne
argon	Ar	neptünyum	Np
arsenik	As	nikel	Ni
astatin	At	niyobyum	Nb
baryum	Ba	nitrojen	N
berkelyum	Bk	nobelyum	No
berilyum	Be	osmiyum	Os
bizmut	Bi	oksijen	O
bor	B	paladyum	Pd
brom	Br	fosfor	P
kadmiyum	Cd	platin	Pt
kalsiyum	Ca	plütonyum	Pu
kaliforniyum	Cf	polonyum	Po
karbon	C	potasyum	K
seryum	Ce	praseodim	Pr
sezyum	Cs	prometyum	Pm
klor	Cl	protaktinyum	Pa
krom	Cr	radyum	Ra

İSİM	SEMBOL	İSİM	SEMBOL
kobalt	Co	radon	Rn
bakır	Cu	renyum	Re
küriyum	Cm	rodyum	Rh
disprosyum	Dy	rubidyum	Rb
aynştaynyum	Es	rutenyum	Ru
erbiyum	Er	kurçatovyum	Rf
evropiyum	Eu	samaryum	Sm
fermiyum	Fm	skandiyum	Sc
florin	F	selenyum	Se
fransiyum	Fr	silikon	Si
gadolinyum	Gd	gümüş	Ag
galyum	Ga	sodyum	Na
germanyum	Ge	stronsiyum	Sr
altın	Au	sülfür	S
hafniyum	Hf	tantalyum	Ta
helyum	He	teknetyum	Tc
holmiyum	Ho	tellür	Te
hidrojen	H	terbiyum	Tb
indiyum	In	talyum	Tl
iyot	I	toryum	Th
iridyum	Ir	tulyum	Tm
demir	Fe	kalay	Sn
kripton	Kr	titanyum	Ti
lantan	La	tungsten	W
lorentiyum	Lr	uranyum	U
kurşun	Pb	vanadyum	V
lityum	Li	zenon	Xe
lütesyum	Lu	iterbiyum	Xb
manganez	Mg	iteryum	Y
mangan	Mn	çinko	Zn
mendelevyum	Md	zirkonyum	Zr

4. SI birim ön ekleri

Sembol	Ön ek	Terim	Sayı
Y	yotta	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
Z	zeta	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
E	exa	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
P	peta	10^{15}	1 000 000 000 000 000
T	tera	10^{12}	1 000 000 000 000
G	giga	10^{9}	1 000 000 000
M	mega	10^{6}	1 000 000
k	kilo	10^{3}	1000
h	hecto	10^{2}	100
da	deca	10^{1}	10
-----		1 birim	1
d	desi	10^{-1}	0.1
c	senti	10^{-2}	0.01
m	mili	10^{-3}	0.001
µ	mikro	10^{-6}	0.000 001
n	nano	10^{-9}	0.000 000 001
p	piko	10^{-12}	0.000 000 000 001
f	femto	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
a	atto	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001
z	zepto	10^{-21}	0.000 000 000 000 000 000 001
y	yokto	10^{-24}	0.000 000 000 000 000 000 000 001

24. EKLER

24.1. Fayda maliyetini tahmin etme modelleri

24.1.1. EGTEI modeli ve özet belgesi

Tanım: EGTEI, etkinlik oranları, kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişen çeşitli emisyon azaltma senaryolarına dayanarak, emisyon azaltma tekniklerinin maliyetlerini değerlendirmeyi ve belli bir aktivite sektöründeki toplam maliyetin tespit edilebilmesi için veri sağlamayı amaçlamaktadır. EGTEI yaklaşımı aşağıdakileri hedeflemektedir:

- Belli bir sektördeki kirlilik kontrol teknolojisinin maliyetinin belirtilmesi uygulamasının arttırılmasını
- İlgili endüstri paydaşlarıyla birlikte çalışılarak belirsizliklerin azaltılmasını
- Kullanılan verilerin izlenebilirliğinin arttırılmasını
- Bölgesel Hava Kirliliği Bilgi ve Simülasyonu'na (RAINS) uygunluğun sağlanmasını ve RAINS'te kullanılan, bir araya getirilmiş tüm verilerin anlaşılabilirliğinin arttırılmasını.

EGTEI kapsamında, bir emisyon azaltma maliyeti veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanında, ele alınan yaklaşık 50 sektör aktivitesi için bir dizi özgeçmiş dokümanı geliştirilmiştir ve bu dokümanlar ECODAT adı verilen bir bilgisayar programında bir araya toplanmıştır. Her sektör bir ya da daha fazla referans tesis ile (operasyon ölçeğine göre) temsil edilmiş ve farklı parametrelerle karakterize edilmiştir: Kapasite, yıllık operasyon saatleri, üretim prosesi, kullanılan yanma teknolojisi, yakıt tüketimi, üretim verileri, emisyon akış hızları, tesis ömrü, vs. bunlar arasında sayılabilir. ECODAT ülkelere özgü verilerin toplanması için tasarlanmıştır.

EGTEI, ortalama Avrupa parametrelerine dayalı olarak hesaplanmış olan olağan operasyon maliyetlerini ortaya koymaktadır. Ancak bu model ulusal düzeydeki uzmanlara, belli bir ülkeye özgü maliyetleri gösterme olanağı vermektedir. Şeffaflığın sağlanabilmesi amacıyla, geçmiş dokümanlardan, maliyetlerin ve çeşitli parametrelerin değerlendirilmesi için kullanılan yönteme ulaşılabilir.

Sektörlerin temsili ve maliyetlerin belirlenmesi, endüstri uzmanları ve ulusal düzeydeki uzmanlarla yakın işbirliği içerisinde gerçekleştirilmektedir. Ulusal uzmanların işlerinin kolaylaştırılması için, ele alınan sektörün tarifinin çok iyi bir şekilde yapılması ile maliyet değerlendirmesi için toplanması gereken istatistiksel verinin minimum düzeyde tutulması arasındaki dengenin sağlanması gerekmektedir.

Çevresel faydalar: EGTEI veri belgeleri temelde ulusal düzeydeki uzmanların, RAINS için gerekli olan VOC emisyonlarına dair veri toplamalarında yardımcı olmak için hazırlanmıştır. Bununla birlikte özet belgeleri, BAT'ın göz önünde bulundurulmasını destekleyecek nitelikte faydalı bilgiler de içermektedir (bkz. aşağıda yer alan Uygulanabilirlik).

Çapraz medya etkileri: Yoktur.

Operasyonel veri: Her bir endüstri türü için geçerli olan operasyonel veri için veri belgelerini inceleyiniz.

Uygulanabilirlik: EGTEI özet belgeleri de temin etmektedir. Bu belgeler ele alınan endüstrilerin özetlerini, ele alınan referans tesislerini, her bir referans tesis seviyesi için makul olan birincil (proses içi) ve ikincil (boru sonu) azaltma önlemlerini kapsar ve olağan emisyon değerlerini, azaltma verimliliklerini, yatırım maliyetlerini, her bir seçenek kombinasyonu için değişken ve sabit operasyon maliyetlerini sunar. Bu veriler Avrupa çapında özetlenir ve endüstrideki BAT'ın değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulabilir.

Bu belgeler SED'in ve dolayısıyla bu dokümanın kapsadığı tüm aktiviteler için geçerli olan özet belgeleridir (bkz. Tablo 24.1). Proje kaynakları, ele alınan teknik sayısını ve bu tekniklerin karmaşıklığını sınırlandırmıştır, ancak yine de temel seçenekler belirlenmiştir. Belgeler yalnızca NMVOC emisyonlarının kontrol edilmesi için alınan önlemlerin fayda maliyetlerini kapsamaktadır.

Özet belgeleri çapraz medya etkileri gibi BAT ile ilgili konuları, ürün türleri ve bu ürünlerin teknik sınırlamaları gibi, tesislerin teknik ya da diğer özelliklerini göz önünde bulundurmamaktadır.

Ekonomiklik: Bkz. Özet belgeleri.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: RAINS için kullanılan kaynak verileri.

Örnek tesisler: Bkz. Özet belgeleri.

Referans kaynakçası: EGTEI ana sayfası:
http://www.citepa.org/forums/egtei/egtei_index.htm
[132, EGTEI, 2005]

STS BREF Bölümü	Araçların kaplamalarında boya kullanılması	İlgili EGTEI özet belgelerinin URL adresleri	SED Ek II akitivite kodu
2	Baskı endüstrisi		
	Heatset web ofset	http://www.citepa.org/forums/egtei/34-Synopsis-sheet-heatset-offset-30-09-05.pdf	1
	Yayın rotogravürü	http://www.citepa.org/forums/egtei/35-Synopsis-sheet-publication-gravure-30-09-05.pdf	2
	Ambalaj yapımında fleksografi ve rotogravür	http://www.citepa.org/forums/egtei/36-Synopsis-sheet-packaging-30-09-05.pdf	3
3	Tel sargı	http://www.citepa.org/forums/egtei/23-Synopsis-sheet-winding-wire-29-09-05.pdf	9
4	Zımpara imalatı	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
5	Yapışkan bant imalatı (EGTEI: Endüstrideki yapışkan uygulama)	http://www.citepa.org/forums/egtei/38-Synopsis-sheet-adhesives-30-09-05.pdf	16

6	Otomobillerin boya kaplamaları	http://www.citepa.org/forums/egtei/15-Synopsis-sheet-car-coating-29-09-05.pdf	Ek IIA.II
7	Kamyon ve kamyonetlerin boya kaplamaları	http://www.citepa.org/forums/egtei/20-Synopsis-sheet-truck-coating-29-09-05.pdf	Ek IIA.II
7	Kamyon kasalarının boya kaplamaları	http://www.citepa.org/forums/egtei/21-Synopsis-sheet-truck-cabin-coating-29-09-05.pdf	Ek IIA.II
8	Otobüslerin boya kaplamaları	http://www.citepa.org/forums/egtei/22-Synopsis-sheet-bus-coating-29-09-05.pdf	Ek IIA.II
9	Trenlerin boya kaplamaları	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
10	ACE'nin (tarım, inşaat ve benzeri ekipmanların) boya kaplaması	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
11	Gemi ve yatların boya kaplamaları	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
12	Uçakların boya kaplamaları	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
13	Diğer metal yüzeylerin boya kaplamaları	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
14	Coil coating	http://www.citepa.org/forums/egtei/18-Synopsis-sheet-coil-coating-30-09-05.pdf	7
15	Coil coating ve metal ambalaj baskısı	Bu endüstri spesifik bir EGTEI özet belgesine konu olmamıştır. Kısmen (örn. Sert metal ambalaj yapımında) 'Diğer kaplama endüstrileri' konulu özet belgesinde bu endüstriye de değinilmiştir. Bu endüstrinin diğer bölümleri esnek ambalaj yapımı ile ilgilidir.	3 ve 8 (kısmen)
16	Diğer plastik yüzeylerin boya kaplamaları	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
17	Ahşap yüzeylerin boya kaplamaları	http://www.citepa.org/forums/egtei/19-Synopsis-sheet-wood-coating-30-09-05.pdf	10
18	Ahşap malzemelerin korunması	http://www.citepa.org/forums/egtei/40-Synopsis-sheet-preservation-wood-30-09-05.pdf	12
19	Aynalar	Bkz: Diğer kaplama endüstrileri	8
Genel 4 9 10 11 12 13 15 16 19	Diğer kaplama endüstrileri: Zımparalar Trenler ACE (tarım, inşaat ve benzeri ekipmanlar) Gemiler ve yatlar Uçaklar Diğer metal yüzeyler Metal ambalajlar (kısmen) Diğer plastik yüzeyler Aynalar	http://www.citepa.org/forums/egtei/24-26-Synopsis-sheet-general%20industrial-paint-30-09-05.pdf	8

20.9	Temizleme teknikleri (ürünlerin yüzey temizleme işlemlerinde)	http://www.citepa.org/forums/egtei/27-Synopsis-sheet-surface%20cleaning-30-09-05.pdf	4&5

Tablo 24.1: Bu dokümanla ilgili olan EGTEI özet belgelerinin tablosu

24.1.2. Bölgesel çevresel maliyetleme modeli (MKM, MilieuKostenModel)

Tanım: Belçika'da Flanders bölgesinde EGTEI çalışması ile paralel olan bir çevresel maliyetleme modeli (MilieuKostenModel ya da MKM) geliştirilmiştir. Bu araçla, potansiyel azaltma önlemlerine, bu önlemlerin maliyetlerine ve emisyon azaltma potansiyellerine dair genel bir fikir edinmek ve fayda maliyetli ya da en az maliyetli çözümler bulmak mümkündür.

MKM'de, karmaşık durumlar için geçerli olan etkileşimler ve alışverişler, karışık tamsayı programlaması vasıtasıyla ele alınmaktadır. Bu model bir ya da daha fazla kirleticinin söz konusu olduğu durumlarda, aynı anda optimize etme (örn. Emisyonların azaltılması için en az maliyetli çözümlerin ya da belli bir kirletici için marjinal maliyet eğrisinin kullanılması) ve simule etme (örn. Daha bağlayıcı olan çevre hedeflerinin, en düşük maliyetli çözümler üzerindeki etkisinin ya da kirletici aktivitelerin azaltılmasının etkisinin tespit edilmesi) işlemleri için kullanılabilir.

Bu konudaki bir özgeçmiş raporu, çevresel maliyet ve fayda maliyeti gibi tanımları, azaltma önlemlerinin maliyet etkinliğinin analiz edilmesi için kullanılabilecek metodolojiyi açıklamaktadır.

MKM, çevre politikasının maliyetini belirlemek ve çevre hedeflerinin nasıl maliyet etkin bir şekilde yakalanabileceğini göstermek suretiyle, daha etkili bir çevre politikası uygulanmasına katkıda bulunmak için geliştirilmiştir. Özetle amaçlar aşağıdakiler gibi idi:

- Çevresel önlemler, bu önlemlerin azaltma potansiyelleri ve maliyetleri ile ilgili tutarlı bir veri tabanı oluşturmak,
- Emisyon azaltma çabalarını farklı hedef grupları arasında maliyet etkin bir şekilde paylaştırmak için bir araç geliştirmek,
- Çoklu kirletici etkileri göz önünde bulunduracak bir araç geliştirmek,
- Politika araçlarının fayda maliyetlerini analiz etmek için bir araç geliştirmek,
- Ekolojik modeller, ekonomik modeller, (örn. RAINS) gibi diğer modellerle bağlantılı olarak ele alınabilecek bir araç geliştirmek.

Mevcut verilere göre, emisyon kaynakları toplu düzeyde (örn. sektör ya da endüstri) ya da tek tek kaynaklar düzeyinde (örn. tek tek fabrikalar) belirlenmektedir. Veritabanının formatı, emisyon kaynaklarının tek tek tesislere ya da genellikle adlandırıldığı şekliyle 'referans tesislerine' ait olup olmadığının tespitini mümkün kılmaktadır. 'Referans tesisi' aynı azaltma önlemlerinin geçerli olduğu ve belli bir azaltma önleminin uygulanmasının benzer azaltma sonuç ve maliyetlerini beraberinde getireceği tesisleri temsil eden bir kategoridir. Emisyonlar kirliliğin kaynağını teşkil eden aktivite ile (örn. tüketilen solvent miktarı ile) bağlantılıdır. Bu durum tüm kirletici maddeler için geçerlidir. Sonuç olarak MKM, aktivitelerin gelişimine ya da emisyon faktörüne dayalı olan emisyon seviyelerinin tahmin edilmesi için kullanılabilir. Aynı zamanda verilerin, diğer modellerin (örn. RAINS) girdileri ile karşılaştırılması ve MKM ile girdi-çıktı tabloları ya da genel denge modelleri arasında bağlantı kurulması da mümkündür.

Emisyon verilerinin yanı sıra; enerji tüketimi, operasyon saatleri, kapasite, vs. gibi bilgiler de veri tabanına her bir (referans) tesis(i) için ayrı ayrı girilebilir.

Her bir azaltma önlemi için, veri tabanına şu bilgiler girilebilir: Yatırım maliyetleri, operasyonel maliyetler, kullanım ömrü, kapasite, azaltma verimliliği.

Çevresel faydalar: Veri sunulmamıştır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik: Modelin gelişimi bir kriter üzerinde yoğunlaşmıştır: Bu kriter ise fayda maliyetidir. Bununla birlikte, çevresel verimlilik ve uygulanabilirlik gibi diğer kriterler de çevre politikasının belirlenmesinde çok önemli rol oynayabilir. Çevresel maliyetleme modelinin (MKM), belli bir fabrika için yatırım analizi yapılması amacıyla kullanılabilecek bir araç olmadığının altını çizmek gerekir. Bu model Flaman Hükümeti'nin, farklı hedef grupları için oluşturulacak çevre politikalarının maliyetlerini tahmin etmesine yönelik, destekleyici bir araç niteliğindedir. Bu tür bilgiler, emisyon azaltma girişimlerinin söz konusu hedef gruplar arasında paylaştırılması gibi çalışmalar için kullanılabilir.

Bu dokümanda sözü edilen ve bu modelle analiz edilen önlemler şunlardır (örn. boya kaplama sektörü için):

- Boyama teknikleri, örn. geleneksel (bkz. Bölüm 20.7.2.1), yüksek katı maddeli (bkz. Bölüm 20.7.2.2), su bazlı (bkz. Bölüm 20.7.2.3), toz boya (bkz. Bölüm 20.7.2.5) ve UV kurutmalı boyalar (bkz. Bölüm 20.7.2.4)
- Atık gaz arıtma teknikleri, örn. aktif karbona yapılan adsorpsiyon (bkz. Bölüm 20.11.6), termal oksidasyon (bkz. Bölüm 20.11.4.2) ve biyolojik arıtma (biyofiltreler) (bkz. Bölüm 20.12.5).

Bu dokümanda VOC'lerin azaltılmasına yönelik daha fazla önlem yer almaktadır, ancak bu önlemlerin hepsi bu model ile analiz edilememektedir.

MKM veritabanına boya kaplama, baskı, yağ alma, yapışkan ve otomobil endüstrileri ile ilgili olarak başvurulabilir. Bu aracın sağladığı çıktılara örnek olarak boya kaplama sektörü ile ilgili sonuçlar Tablo 24.2 ve Tablo 24.3'te verilmiştir.

*Not: Bu veriler MKM'den elde edilmiştir ve alt bilgilerde verilen referanslara bakılmalıdır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:
MKM'nin sayfası: http://www.emis.vito.be/index.cfm?PageID=371&T=0&S=0
Özgeçmiş raporu: (Meynaerts E., Ochelen S., Vercaemst P., Milieukostenmodel voor Vlaanderen – Achtergronddocument, 2003).
[95, Vito, 2005] [128, TWG, 2005]

Teknik	Boyanın operasyon maliyeti (kg başına Avro cinsinden)	Enerji maliyeti (saat başına Avro cinsinden)	Artıklar Avro/kg	Boyanın VOC içeriği (ağırlık bakımından yüzde olarak)	
Geleneksel	3.11	6.7	0.3		
Yüksek katı maddeli	3.5	6.4	0.3	< %30	
Su bazlı	8.43	7.21	0.2	% 7.50	
Toz boya	15.39***	2.9	0	% 0	
UV boya	3.78***	3.76	0	% 3.50	
	Yatırım maliyeti (1000 m^3/saat başına bin Avro cinsinden)	**Aktif karbon (kg başına Avro cinsinden)**	**Operasyonel maliyet**	**VOC azaltımı (%)**	**VOC emisyonu konsantrasyonu**
Aktif karbon*	5 – 10	1.2	Başlangıç VOC konsantrasyonu 1 – 10 g/m^3 iken, m^3/saat başına 0.5 – 2.30 Avro	%85	5 – 100 mg TOC/m^3
Termal oksidasyon**	5 – 40		1000 m^3/saat başına 0.45 – 4.50 Avro (ekstra enerji)	% 95 - 99	<20 – 50 mg TOC/m^3
* VOC emisyonları yılda 8 – 20 ton arasında olduğunda geçerli olan azaltma seçeneği, % 85 azaltma ** VOC emisyonları yılda 20 tondan fazla olduğunda geçerli olan azaltma seçeneği, % 95 azaltma ***Bölüm 20.7.2.5 ve 20.7.2.6'da hem radyasyon kurutmalı hem de toz boyalar için 30.01 – 5.38 Avro/kg maliyet verilmiştir.					

Tablo 24.2: Model tarafından analiz edilen tüm önlemlerin ortalama maliyetleri ve VOC azaltma potansiyelleri [95, Vito, 2005]

Endüstri	Çalışan sayısı	Muhtemel proses içi önlemleri [1]			Muhtemel boru sonu önlemleri	
Metal yüzeyler	1-19	% 60 yüksek katı maddeli	*% 40 su bazlı*	% 50 toz boya		
	20-199	% 80 yüksek katı maddeli	*% 40 su bazlı*	% 50 toz boya		
		% 100 yüksek katı maddeli		% 60 toz boya		İnsineratör
						İnsineratör*
	200-499	% 80 yüksek katı maddeli		% 50 toz boya		
					Aktif karbon*	İnsineratör
						İnsineratör*
	500-999	% 80 yüksek katı maddeli		% 50 toz boya	Aktif karbon*	
		% 80 yüksek katı maddeli				İnsineratör
	1000-1000+	% 80 yüksek katı maddeli				
		% 100 yüksek katı maddeli	Su bazlı			
Metal ambalaj - variller	20-99					İnsineratör*
	100-199					İnsineratör*
	500-999	Temizlik maddelerinin optimizasyonu				
Mobilyalar	10-499			% 80 toz boya (hala ıslak kaplama yapılan durumlarda)		
	5-199		% 60 su bazlı	*% 40 toz boya*	Aktif karbon*	
Gemiler	10-499	% 60 yüksek katı maddeli				
Trenler	10- 1000+	% 70 yüksek katı maddeli		*% 30 toz boya*	Aktif karbon*	İnsineratör*
Diğerleri	1-49	% 60 yüksek katı maddeli		% 30 toz boya		
	50-99		% 30 su bazlı	% 30 toz boya		
	100-199	% 60 yüksek katı maddeli		% 30 toz boya		
	200-499	Ek önlem olmadan				
	500-999				Aktif karbon	

Diğer sayfada devam etmektedir

Endüstri		Çalışan sayısı	Muhtemel proses içi önlemleri [1]			Muhtemel boru sonu önlemleri	
AHŞAP	**Mobilyalar**	1-9	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı			
		10-19	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı			
		20-49	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı	UV boya	Aktif karbon*	*Biyofiltre**
				Su bazlı	UV boya		
		50-99	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı	% 10 UV	Aktif karbon*	*Biyofiltre**
		100-199	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı	% 10 UV		
		200-499	% 30 yüksek katı maddeli	% 30 su bazlı	% 10 UV	Aktif karbon*	İnsineratör*
	Dolaplar	1-499	% 30 yüksek katı maddeli	% 40 su bazlı	% 10 UV		İnsineratör
	Diğerleri	5-199	% 30 yüksek katı maddeli	% 40 su bazlı	% 10 UV		
PLASTİKLER	**Plastikler**	1-4	% 50 yüksek katı maddeli	*% 30 su bazlı*			İnsineratör*
		5-9	% 50 yüksek katı maddeli				İnsineratör*
		10-19	% 50 yüksek katı maddeli				İnsineratör*
		50-99	% 50 yüksek katı maddeli	*% 40 su bazlı*			
		100-199		*% 50 su bazlı*			
		200-499	% 50 yüksek katı maddeli	*% 40 su bazlı*			İnsineratör*
		500-999	% 50 yüksek katı maddeli		UV boya		İnsineratör

1 Muhtemel önlemlerin yüzdeleri maksimum teknik alıma bağlıdır, bu yüzdeler fayda maliyetine dayalı değildir.

* Araştırma ile ilgili bir sonuca varmaya yetecek düzeyde veri toplanmamıştır. Bu tür durumlarda, genel bir kural geçerlidir: VOC emisyonları 20 t/yıl'dan fazla olduğunda insineratörler, VOC emisyonları 8 – 20 t/yıl arasında olduğunda aktif karbona adsorpsiyon ve biyofiltreler kullanılabilir. Ancak, bu dokümanın 20.11 no'lu Bölümünde teknik seçiminin toplam tüketime göre değil, hava hacmine ve konsantrasyonuna göre yapıldığı belirtilmiştir.

İtalik yazılan önlemlerin, diğer önlemlere göre maliyetleri daha yüksek olduğundan ve verimlilikleri daha düşük olduğundan, bu önlemler reddedilmiştir ve modele dahil edilmemiştir.

Tablo 24.3: Endüstrilere göre, VOC emisyonlarının azaltılması için alınan, muhtemel fayda maliyetli önlemler [95, Vito, 2005]

24.2. VOC emisyonlarının ve kullanılan birimlerin hesaplanması

[182, ADEME, 2006] [110, EC, 1996, 123, EC, 1999] [148, TWG, 2006]

Bu dokümanın kapsamında yer alan tüm aktiviteler SED (11 Mart 1999 tarihli ve 1999/13/EC no'lu Konsey Direktifi) tarafından düzenlenmektedir ve SED'in kontrolü altındaki daha büyük tesisler için de IPPC geçerlidir. Bu dokümanın önsözü bu iki direktifin kesiştiği noktalara açıklık getirmektedir. Daha iyi bir düzenleme sağlaması ve daha kolay anlaşılması için bu dokümanda (STS BREF'inde), SED'de açıklandığı gibi, VOC emisyonlarının ve bu emisyonların ifade edilmesi için kullanılan değerlerin tespitinden yararlanılmaktadır. Bu uygulama özellikle BAT ile ilgili emisyon değerlerinin ifade edilmesinde önem taşımaktadır. Bu da tesislerin SED azaltma planını, SED'in o endüstri için toplam emisyon limit değeri belirlemediği durumlarda kullanabilecekleri anlamına gelmektedir.

SED değerlerini kullanmayan çeşitli endüstriler bulunmaktadır. Bu endüstriler aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır:

- BAT ile ilgili emisyon değerlerinin, mürekkep tüketiminin ağırlık bakımından yüzdesi olarak ifade edildiği durumlarda, heatset ofset baskıda,
- Sunulan bilginin gm VOC/m^2 boyanan alana dayalı olduğu ve BAT'ın bu bilgiden yola çıkılarak elde edildiği durumlarda, trenlerin boya kaplamalarında ve aynaların imalatında,
- Ölçümlerin tamamında m^2'nin uygun üretim birimi olduğu durumlarda, coil coating ve metal ambalaj uygulamalarında,
- Sunulan bilginin, solvent girdisine bağlı VOC emisyonlarının azaltılma yüzdesine dayalı olduğu ve BAT'ın bu bilgiden yola çıkılarak elde edildiği durumlarda, ahşap malzemelerin korunmasında.

24.2.1. Solvent Emisyonları Direktifi'ne uygunluk

SED çeşitli aktivite ve tesislerde, organik solventlerden kaynaklanan uçucu organik bileşik (VOC) emisyonlarını düzenlemektedir.

SED Direktifi'nin 5 no'lu Maddesi'ne göre, hukuki gereksinimlere uygunluğun sağlanmasının iki farklı yolu vardır. Buna göre:

'Tüm tesisler aşağıdaki gereksinimlere uyacaktır:

(a) atık gazlardaki emisyon limit değerlerine ve kaçak emisyon değerlerine ya da toplam emisyon limit değerlerine, ve Ek IIA'da yer alan diğer gereksinimlere;

veya

(b) Ek IIB'de belirtilen azaltma planı gereksinimlerine.'

Her iki seçenekte de, operatörün BAT'ı kullandığını kanıtlamasını gerektiren spesifik istisnai durumlar bulunmaktadır.

24.2.1.1. Emisyon limit değerleri (ELV'ler) ve kaçak emisyonlar (SED Ek IIA)

Tüm endüstrilerin Ek IIA'daki tablolarda verilen değerlere uygun olması gerekmektedir. ELV'ler standart koşullarda mg C/m^3 olarak, kaçak emisyonlar ise solvent girdisinin yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Toplam emisyon değerleri (şayet veriliyorsa) g VOC/kg ürün (tel sargı için), g VOC/m^2 e-kaplama yapılmış yüzey (araçlar için), vs. gibi endüstrilere özgü terimlerle ifade edilmektedir.

24.2.1.2. Emisyon azaltma planı (SED Ek IIB)

SED'in IIB no'lu Ek'i şu ifadeyi içermektedir:

'Prensipler
Azaltma planının amacı operatörün, farklı emisyon azaltma yollarını kullanarak, emisyon limit değerlerinin uygulanması ile elde edilebilecek sonuçlara ulaşabilmesini sağlamaktır. Burada operatör, sonuçta emisyon limit değerlerinin uygulanması ile elde edilebilecek değerlere ulaşılması koşuluyla, kendi tesisi için özel olarak yapılandırılmış olan herhangi bir azaltma planını da kullanabilir...'

Bu nedenle emisyon azaltma planının uygulanması ve geçerli kılınması, yıllık VOC emisyon çıkışının, tüm atık gazlar ve kaçak emisyonlar için geçerli olan emisyon limit değerlerinin yakalanması halinde ortaya çıkabilecek emisyon düzeyinin üzerine çıkmamasını sağlamaktadır. Emisyon azaltma planının operatörlere sağladığı fayda, bu plan sayesinde operatörlerin proseslerini bir bütün olarak ele alabilmeleri ve emisyon azaltma yöntemleri ile ilgili seçenekler konusunda esnek olabilmeleridir. Bu planların teknik ve ekonomik olarak çok daha verimli olabilmesini sağlayacak ek çalışmalar ve yatırımlar yapılabilir. Bu uygulama IPPC Direktifi'nin 9(4) no'lu maddesine de uygundur:

'... Paragraf 3'te (ruhsat koşullarında) belirtilen emisyon limit değerleri ve bunlara eşdeğer teknik parametreler ve teknik gereksinimler; belli bir teknik ya da spesifik bir teknolojinin kullanılması şart koşulmadan, tesisin teknik özellikleri, coğrafi konumu ve yerel çevre koşulları göz önünde bulundurularak BAT'a dayandırılmalıdır…'

SED'in IIB no'lu Ek'i; boya kaplama, cila, yapışkan veya mürekkepler için, katı madde içeriği sabit ürünlerin kullanıldığı bir azaltma planını öngörmektedir.

Hedef emisyon değeri Ek IIA'da verilen yıllık katı madde ve kaçak emisyon seviyelerine göre hesaplanmaktadır. Bu seviyeler azalt
ma işlemine tabi tutulmamış olan emisyonların yüzdesi olarak ifade edilmektedir. SED'de azaltılmamış olan bu emisyona 'referans emisyonu' denir. Herhangi bir ikame yapılmaması halinde, azaltılmamış olan emisyonlar solvent girdisine eşittir. İkame ya da kaçak emisyonlar ile ilgili diğer kontrollerin uygulandığı durumlarda, azaltılmamış emisyon miktarının tahmin edilmesi gerekir. SED'in IIB no'lu Ek'inde verilen yöntem genellikle bu amaç için kullanılabilir. Yıllık referans emisyonu şöyle hesaplanmaktadır (SED'den bire bir alınmıştır):

a) Bir yılda tüketilen kaplama ve/veya mürekkep, boya ya da yapışkandaki toplam katı madde kütlesi saptanır. Katı madde; kaplamalarda, mürekkeplerde, boyalarda veya

yapışkanlarda bulunan ve içindeki su ya da uçucu organik bileşik buharlaştığında katılaşan tüm maddelerdir.
b) Yıllık referans emisyonları, (a)'da belirtilen kütlenin Tablo 24.4'te listelenen faktörlerden uygun olanı ile çarpılması yoluyla hesaplanmaktadır:

Aktivite	***Çarpım faktörü***
Rotogravür baskı; fleksografi baskı; baskı işleminin bir parçası olan laminatlama; baskı işleminin bir parçası olarak boyama; ahşapların boya kaplaması; tekstil ürünlerinin, film kumaş ya da kağıtların boyanması; yapışkan kaplama	*4*
Coil coating, araçların ince tesviyesi	*3*
Yiyeceklerle temas eden malzemelerin kaplaması, uçakların boya kaplamaları	*2.33*
Diğer kaplamalar ve rotasyon baskı	*1.5*

Tablo 24.4: Yıllık referans emisyon değerlerinin belirlenmesi için SED'de yer alan faktörler

Hedef emisyon, ağırlık bakımından yüzde olarak (örn. SED'de belirtildiği şekilde katı maddelerin % VOC miktarı, çoğunlukla kg VOC/kg katı madde şeklinde) ifade edilebilir. SED, Ek IIB'de çerçevesi çizilen prensiplere uygun olması koşuluyla, limit değere eşdeğer sonuç veren herhangi bir azaltma planının uygulanmasına olanak tanıdığı için VOC hedef emisyonları, VOC t/yıl (üretim miktarı bilinen spesifik tesisler için), kg VOC/m^2 kaplanan alan, kg VOC/üretilen üretim birimi olarak ifade edilebilir.

Örneğin, flekso ve ambalaj gravürü baskı prosesleri ile ilgili hesaplama, aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

Flekso ve ambalaj gravüründe baskıya hazır mürekkeplerin, boyaların ve yapışkanların ortalama solvent içeriği yaklaşık olarak % 80 oranındadır. Bu ürünlerdeki katı maddeler toplam ağırlığın % 20'sini, yani $^1/_4$'ini oluşturmaktadır. Hem solvent bazlı hem de su bazlı ürünlerin azaltılmamış olan emisyon miktarı ('referans emisyonları'), tüm katı maddelerin ağırlıklarının dört ile çarpılması sonucu tahmin edilebilir.

24.2.2. Kesinlik

Solvent Emisyonları Direktifi'nde, yakalanan solvent buharlarının yakıldığı tesislerdeki kaçak emisyonların tespit edilmesi için, ilk bakışta basit görünen bir yöntemden söz edilmektedir. Bu yöntem insineratöre gönderilen solvent miktarının toplam solvent girdi miktarından çıkartılması prensibine dayanmaktadır. Bu iki miktar arasındaki fark (çoğunlukla kaçak emisyonlardan kaynaklanan) ortadan kaldırılmalıdır.

Uygulamada, bu yöntemle elde edilen sonucun doğruluk oranının yetersizliği problemiyle karşılaşılabilir. Örneğin, gerçekte solvent girdi miktarının yaklaşık % 15'ine denk gelen kaçak emisyonlar, Direktif'te verilen yöntem kullanıldığında, 0 ila % 40'ın üzeri oranında tespit edilebilir.

Şayet aradaki fark hesaplanırken 'girdi' ve 'yakalanan emisyonlar' gibi birbirine neredeyse eşit olan miktarlar temel alınırsa, o zaman kaçak emisyonları temsil etmesi gereken sonuç da nispeten küçük bir rakam olur. Ancak, sonuçta elde edilen bu küçük rakamın doğruluktan

sapma oranı, iki büyük rakam olan orijinal miktarlardaki sapmaların toplamına eşittir. Bu durumda, iki orijinal rakamda ortaya çıkan tüm doğruluktan sapma durumları kaçak emisyonlara da yansımış olur.

Burada asıl problem, yakalanan emisyonların niceliğinin belirlenmesindeki güçlükten kaynaklanmaktadır. Bu işlem hava akışının, solvent konsantrasyonlarının ve sürenin arttırılmasını gerektirir. Hava akışı ve konsantrasyon zamanla değişir ve bu unsurların her ikisi de doğru bir şekilde ölçülemez. Sonuçta ortaya çıkabilecek hata oranı % 20'den daha fazladır.

Doğruluktan sapma durumlarının belirlenmesi için kaçak emisyonlar doğrudan belirlenebilir (bkz. Ek 24.3) ya da azaltılmayan emisyonlar gerçek solvent girdisinden çıkarılabilir (bkz. Ek 24.4).

Aşağıdaki örnek tipik bir konsantrasyon ve akış aralığının, açığa çıkan VOC aralığında nasıl 4 katlık bir artışa neden olduğunu göstermektedir.

O1'in atık gazlardaki emisyon olduğu durumlarda:

$$O1 = \frac{(\text{mg C/Nm}^3\text{'te konsantrasyon c}) \times (\text{hacim v m}^3\text{/saat}) \times (\text{zaman periyodundaki operasyon saatleri})}{\text{zaman periyodu}}$$

Yılda 5760 saat (günde 24 saat, haftada 5 gün, yılda 48 hafta) çalışan, atık gaz akışı v = 100000 m^3/saat ve periyodik izleme sonuçları 5 – 20 mg C/Nm^3 olan teorik bir tesis için. Her bir uç aralık için hesaplanan yıllık emisyon değeri:

c = 5 mg C/Nm^3 ise, O1 = 2880 kg (2.88 ton)

c = 20 mg C/Nm^3 ise, O1 = 11500 kg (11.5 ton).

Aktivite ve tesis türüne bağlı olarak, en düşük ile en yüksek determinant arasındaki fark kayda değer düzeyde olabilir (bkz. İzleme REF'i).

24.2.3. Boya kaplamanın uygulama verimliliği

Ek IIB'de, VOC emisyonlarının SED'de açıklanan azaltma planına göre hesaplanması sırasında uygulama verimliliğinde kaydedilebilecek ilerlemeler göz önünde bulundurulmamaktadır. Bunun nedeni burada yapılan hesaplamanın, VOC'nin katı maddeye oranına dayanmasıdır: Eğer katı madde miktarı azaltılırsa kg VOC:kg katı madde oranı aynı kalır. Emisyon hedefleri ve ELV'ler belirlenirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Toplam emisyon değerinin her yıl ya da her üretim birimi için belirlenmesi ise uygulanabilecek seçeneklerdir.

Örneğin, boya tüketimi yılda 2000 ton olan bir tesiste, bu miktara karşılık gelen solvent tüketimi 1500 tondur (% 75 solvent tüketimi: örn. 3 kg VOC/kg katı madde oranında). Sprey tabancalarının uygulama verimlilikleri % 20 oranındadır. SED'e göre:

Referans emisyon hedef emisyonu = 500 ton x 4 = 2000.
Hedef emisyonlar = 0.25 x referans emisyonları = 0.25 x 2000 = 500 ton VOC.

Aşağıdakilerden birinin ya da daha fazlasının uygulanmasıyla, emisyonların azaltılması mümkün olabilir:

- VOC emisyonlarının 375 tona düşürülmesi için boru sonu tekniğinin uygulanması ile (3 kg VOC:kg katı madde oranın korunması halinde)
- Su bazlı boyaların (WB) kullanılması ile (örneğin, solvent tüketimi % 18.75 olan 2000 ton su bazlı boyanın kullanılması 375 ton VOC emisyonu açığa çıkmasına yol açmaktadır: Burada oran 0.75 kg VOC:kg kuru madde'dir)
- Verimliliği çok daha yüksek olan solvent bazlı boyaların kullanılması ile (3 kg VOC:kg kuru madde oranı ile): Uygulama verimliliği % 80 olan aynı solvent bazlı boyaların kullanılması 500 ton (2000 ton yerine) boya tüketilmesini ve VOC emisyonlarının 375 ton olmasını sağlar.

24.3. Kaçak emisyonların ölçümü – direkt yöntem

[51, Aminal ve diğerleri, 2002] [76, TWG, 2004] [148, TWG, 2006]

1. Adım: Tesisteki tüm kaçak emisyon kaynaklarının tespit edilmesi

İnsineratöre gönderilmeyen tüm solvent buharları havaya yayılır ve kaçak emisyon ortaya çıkmasına neden olur. Bu dokümanda ele alınan endüstrilerin büyük bölümünün çok sayıda kaçak emisyon kaynağı vardır. Aşağıda Flanders, Belçika ve Hollanda'da bulunan aşağı yukarı on esnek ambalaj tesisinde yürütülen vaka çalışması yer almaktadır. Aşağıda verilen adımlarda açıklanan prensipler diğer endüstrilere de kolaylıkla uygulanabilir. Tesislerin büyük bir bölümünün çok sayıda kaynağı vardır ve bunların çoğunluğu düşük ya da çok düşük düzeyde emisyon yaymaktadır. Genellikle tesislerde kaçak emisyon miktarını önemli oranda arttıran yalnızca bir ila üç emisyon kaynağı vardır. Elde edilen sonucun doğruluğunu ve güvenilirliğini arttırmak için, her bir kaynak için 1'den fazla emisyon faktörü belirlenmelidir.

Esnek ambalaj tesisinin çok sayıda kaçak emisyon kaynağı vardır. Şimdiye dek belirlenen kaynaklar aşağıda listelenmiştir. Ancak çoğu tesiste bu kaynaklardan yalnızca birkaçı yer almaktadır. Bazı durumlarda, daha fazla kaynak bulunabilir ya da farklı bir sınıflama yapılması daha yerinde olabilir.

Esnek ambalaj uygulamasındaki kaçak emisyon kaynakları şöyledir:

- Baskı sırasında pres odasındaki havalandırma
- Hazırlama sırasındaki kurutucu havalandırması
- Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırması
- Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar
- Temizlik departmanı
- Mürekkep karıştırma departmanı
- Su bazlı mürekkeplerde, boyalarda ve yapışkanlarda bulunan solvent içeriği
- İnsineratöre bağlı olmayan üretim makinelerinde kullanılan solventler
- Ürünlerde kalan artık solventler
- Suya boşaltılan solventler
- Atık su arıtma tesislerindeki solvent emisyonları
- Tanklardan çıkan buhar kayıpları, vs.

Çifte hesaplama yapmaktan kaçınılmalıdır. Örneğin, eğer mürekkep presin hemen yanında karıştırılıyorsa, o zaman buharlaşan solvent, pres üniteleri arasında yer alan lokal egzoz ve oda havalandırma sistemi tarafından giderilir ve bu emisyonun ayrı ayrı hesaba katılmasına gerek yoktur.

2. Adım: Havalandırma sisteminin incelenmesi ve gerektiği gibi çalışmasının sağlanması

Bilhassa üretim alanlarında havalandırma sisteminin tasarımı, hangi kaçak emisyon kaynaklarının bulunduğunu ve açığa çıkan emisyon miktarının nasıl tahmin edilmesi ya da ölçülmesi gerektiğini belirlemektedir. Havalandırma sistemleri tesislerde varsayıldığı gibi çalışmaz. Sistem hatırlandığından ya da kayıtlara alındığından daha farklı bir şekilde inşa

edilmiş olabilir ve/veya sistem kontrol ayarları zaman içinde tamamıyla değiştirilmiş olabilir. Tam olarak önceden planlandığı gibi çalışan bir havalandırma sistemine pek sık rastlanmaz. Uygulamada karşılaşılan bazı örnekler şöyledir:

- Gerçekte var olan boru sistemi, çizimdekinden farklı olabilir. Fanlar ve borular monte edilmiş ve sonra kaldırılmış olabilir ve yapılan modifikasyonlar doğru bir biçimde belgelenmemiş olabilir.
- Otomatik pozitif ve negatif basınç kontrolleri, tasarlandığı gibi işlemiyor olabilir. Genellikle atmosferik basıncın üzerinde çalışan baskı tesisleri aslında subatmosferik basınçta ya da tam tersi bir durumda çalışıyor olabilir.
- Havalandırma sisteminin bazı parçaları beklenenden daha fazla işleve sahip olabilir. Baskı ünitelerinden birindeki sıvı boya için olan fan aynı zamanda pres üniteleri arasındaki lokal egzoza da bağlanmış olabilir.
- Binanın farklı bölümleri arasında önemli hava akışları söz konusu olabilir.

Havalandırma sistemi düzgün çalışmadığı sürece, bu sistemden etkilenen kaçak emisyonların ölçülmesinin ve tahmin edilmesinin bir anlamı yoktur. Şayet havalandırma sisteminin ayarlarının daha sonra yapılması gerekiyorsa, bu süreçte yapılacak tahmin ve ölçümler işe yaramayacaktır. Bu nedenle yapılması gereken ilk iş, üretim alanlarındaki havalandırma sistemlerinin işleyişinin tam olarak kavranmasını sağlamaktır. Borular ve fanlar önceden yapılan çizimlerle karşılaştırılmalıdır. Havalandırmanın bakım durumu kontrol edilmelidir. Yetersiz idare ve bakım hava akışını % 50 oranında azaltabilir. Herhangi bir ölçüm yapılmadan önce standartların altında olan bakım uygulamalarının gereğince düzeltilmesi yararlı olacaktır.

Tasarımın mevcut sistemle karşılaştırılması sırasında, aşağıdaki sorular sorulabilir:

- Filtreler ve ve tahrik kayışları tedarikçinin bakım planına göre yerleştirilmiş mi?
- Fan kanatları ve ısı değiştiriciler temiz mi?
- Egzozlar nerede?
- Temiz hava giriş noktaları nerede?
- Hangi egzozlar aynı boruya bağlı?
- Hangi fan, sistemin hangi parçasını oluşturuyor?
- Kapaklar ve valfler ne zaman otomatik olarak açılıp kapanıyor?
- Hangi otomatik kontroller kullanılıyor?
- Bu kontrollere yönelik olarak ne gibi önlemler alınıyor?
- Fanların teorik hava akışları kadardır?
- Kontrol sistemlerinin işleyişi nasıl sağlanıyor?
- Yaz ve kış kontrol modları arasındaki fark nedir?

Çoğunlukla teori ile pratikte geçerli olan durum arasında büyük fark vardır. O nedenle gerçekten neye ihtiyaç duyulduğuna karar verilmeli ve havalandırma ayarları ona göre yapılmalıdır. Ardından havalandırma sisteminin üretim prosesinin farklı aşamalarında (örn. hazırlama, baskı, temizlik, vs.) istenen sonuçları verip vermediğine bakılmalıdır. Uygulamada bunun yapılması nispeten kolaydır. Örneğin, hava akışının kapılardan, pencerelerden ve diğer açıklıklardan çıkması; ince, dar plastik filmlerin kullanılmasıyla kolaylıkla önlenebilir. Kaçak emisyonlar ancak havalandırma sisteminin ayarının, tesis yönetiminin belirlediği şekilde yapılması halinde tespit edilebilir. Açıkça görülüyor ki, yönetimin konu ile ilgili gelişmiş bir yönetim sisteminin uygulanmasını sağlaması da büyük önem taşımaktadır.

3.Adım: Her bir kaynak için, üretim parametresi ile çarpılmış bir emisyon faktörü şeklinde, doğrulanmış tahminler yapılması

Göz ardı edilemeyecek miktarda emisyon üreten tüm emisyon kaynakları tahmin edilmelidir. Bu adımda, çıkan emisyon miktarları büyüklüklerine göre sıralanmalıdır. Ardından, emisyonların ek önlemleri gerektirecek kadar yüksek miktarda olup olmadığına karar verilmelidir. Elbette, yapılan tahminlerin sağlam bir temele dayanması gerekir. Ancak bu aşamada, yapılan ölçüm sayısı minimuma indirilmelidir. Burada amaç, tesiste zaten var olan veya kolay ölçülebilen verilerin kullanılmasıdır. Aşağıda tesiste zaten var olan veya kolay ölçülebilen faydalı bilgilere dair bazı örnekler sıralanmıştır:

- İmalatçı tarafından belirtilen fan kapasitesi
- Solventler için geçerli olan mesleki maruz kalma düzeyi ile ilgili bilgi
- Müşterilere yönelik olarak alınan, ürünlerin üzerindeki solvent artıkları ile ilgili önlemler
- Teslim alınan büyük partiler halindeki solventlerin, mürekkeplerin, boyaların ve yapışkanların miktarı
- Mürekkep karıştırma departmanında yapılabilecek basit deneyler
- Temizlik departmanlarında, vs. sağlanabilecek basit solvent dengeleri
- Lokal egzozlarda PID'in (oransal-integral-türev) kullanımıyla alınabilecek konsantrasyon önlemleri
- Pres odası havalandırma akışı yönünün doğrulanması.

Tablo 24.5'teki örnek, yıllık solvent girdisi 1000 ton olan bir tesis ile ilgilidir. Bu örnek on bir kaynaktan sadece ikisinin nasıl kaçak emisyonların %70'inden fazlasını oluşturabildiğini açıkça göstermektedir.

Kaynak	kg cinsinden emisyon	Girdi %'si	Kaçak emisyon %'si
Baskı sırasında pres odasındaki havalandırma	9000	0.90	8.0
Hazırlama sırasındaki kurutucu havalandırması	5400	0.54	4.8
Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırması	22500	2.25	20.0
Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar	56550	5.66	50.3
Temizlik departmanı	8750	0.88	7.8
Mürekkep karıştırma departmanı	7500	0.75	6.7
Su bazlı mürekkeplerdeki solvent içeriği, vs.	2500	0.25	2.2
Ürünlerde kalan artık solventler	200	0.02	0.2
Suya boşaltılan solventler	-	-	-
Atık su arıtma tesislerindeki solvent emisyonları	-	-	-
Tanklardan çıkan buhar kayıpları, vs.	67	0.01	0.1
Toplam	**112467**	**11.26**	**100.1**

Tablo 24.5: 1000 tondan fazla solvent ile işlem yapan bir tesisteki kaynaklarla ilgili emisyonlar

Bu aşamada bir diğer seçenek de herhangi bir ek önlem uygulamadan önce, emisyonları büyük ölçekli olan kaynaklarında azaltmak ya da tamamıyla ortadan kaldırmaktır. Örneğin, şayet insineratör kapasitesi yeterli ise, pres üniteleri arasındaki lokal egzoz ya da temizlik departmanının egzozu insineratöre bağlanabilir. Bu da söz konusu birimlerden kaynaklanan kaçak emisyonların tamamen ortadan kaldırılmasını sağlar.

4. Adım: Kaynaklardan hangisinin doğruluk oranının daha fazla olması gerektiğinin belirlenmesi

3. adımda yapılan tahminler tam olarak doğru değildir. Ancak bu tahminler, kaçak emisyonların büyüklüğünün kaynaktan kaynağa büyük ölçüde değiştiğini açık bir bir şekilde göstermektedir. Örneğin, tanklardaki buhar kayıpları oldukça azdır, ancak pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar kaçak emisyonlar bakımdan çok önemlidir.

Hesaplanan toplam kaçak emisyon miktarının doğruluk derecesinin belirlenmesi gerekir. Bunun için doğruluk derecesi daha fazla olması gereken parametreler seçilmelidir. Bu işlem en kötü durum yaklaşımı ile yapılır. Buna göre her kaynak için muhtemel maksimum hata oranı tahmin edilir ve sonuçta söz konusu kaynaktan çıkan maksimum potansiyel kaçak emisyon miktarı hesaplanır. Tüm bu maksimum potansiyel emisyonların toplamı 'en kötü durum'u oluşturur.

3. adımda yapılan emisyon tahminlerinin çoğu, doğruluktan sapma oranı çok yüksek olan iki ya da daha fazla rakam ile çarpım yoluyla hesaplanmıştır. Örneğin, teorik hava akışı indikatif konsantrasyon ölçümü ve tahmini çalışma saati ile çarpılmış olabilir. Bu tür bir durumda, her bir parametredeki doğruluktan sapma oranının ayrı ayrı tahmin edilmesi gerekir ve elde edilen bilgi her bir kaynaktan gelen potansiyel maksimum emisyonun, sanki en yüksek muhtemel potansiyel hata gerçekten ortaya çıkmış gibi hesaplanması için kullanılır. Sonuçta ilgili kaynaklardan çıkması muhtemel olan maksimum düzeydeki emisyon hesaplanmış olur. .

Maksimum toplam kaçak emisyon miktarının hesaplanabilmesi için, tüm farklı kaynaklardan çıkması muhtemel olan maksimum emisyon miktarı toplanır. Bu işlem yapılırken her bir kaynaktan çıkabilecek ilk tahmini emisyon değerinin çok düşük olduğu varsayılır. Bu yaklaşım çok tutucu bir yaklaşımdır. Tahmini değerlerinin çok düşük olmayıp, aksine çok yüksek olması ihtimali de aynı derecede mümkündür. Bu durumda, gerçek kaçak emisyon miktarı tahmini miktarlardan daha düşük olacaktır. Gerçekte, her iki durumda da hata yapılması mümkündür ve gerçek emisyon miktarı, potansiyel maksimum emisyonların hesaplanmasına dayalı olarak yapılan tahminlerden ziyade ilk tahmine daha yakın olur.

Tablo 24.6'daki örnek, her kaynak için geçerli olan maksimum hata oranına dair tahminleri göstermektedir. Ancak doğruluktan sapma oranının büyük bir bölümü havalandırma akışları ve solvent konsantrasyonları ile ilgili bilgi yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

Kaynak	**Girdi %'si olarak kaçak emisyon**	**Maksimum hata faktörü**	**Maksimum girdi %'si**
Baskı sırasında pres odasındaki havalandırma	0.90	2.25	2.03
Hazırlama sırasındaki kurutucu havalandırması	0.54	1.50	0.81
Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırması	22.5	2.00	4.50
Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar	5.66	2.25	12.72
Temizlik departmanı	0.88	2.00	1.75
Mürekkep karıştırma departmanı	0.75	1.50	1.13
Su bazlı mürekkeplerdeki solvent içeriği, vs.	0.25	1.25	0.31
Ürünlerde kalan artık solventler	0.02	1.25	0.03
Tanklardan çıkan buhar kayıpları, vs.	0.01	1.00	0.01
Toplam	**11.26**		**23.29**

Tablo 24.6: Doğruluktan sapma hesaplamalarının muhtemel sonucuna dair bir örnek

Yine de bu şekilde elde edilen en kötü durum rakamları, kolaylıkla orijinal tahminlerin iki katına çıkabilir. Bazı kaynaklar çok az miktarda emisyona neden olur, bu nedenle her ne kadar doğru bir biçimde ölçülse de sonuca etki etmez. Bu örnekte bu tür kaynaklar aşağıdaki gibidir:

- Su bazlı mürekkeplerin, boyaların ve yapışkanların solvent içeriği
- Ürünlerde kalan solvent artıkları
- Tanklardan kaynaklanan buhar kayıpları.

Bu tür kaynakların daha ayrıntılı bir biçimde araştırılmasının bir anlamı yoktur. Listedeki kaynakların ikisi diğerlerinden çok daha fazla önem taşımaktadır. Bunlar:

- Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar
- Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırmasıdır.

Bu kaynakların daha fazla araştırılması gerekir. Bu iki kaynak kaçak emisyon miktarının % 70'inden fazlasını oluşturmaktadır.

Not: Bu yalnızca bir örnektir! Uygulamada emisyon oranı yüksek ya da düşük olan kaynaklar farklı kaynaklar olabilir.

5. Adım: Büyük kaynaklarda doğruluktan sapan tahminlerin düzeltilmesi

Yapılacak olan daha ayrıntılı araştırmaların kapsamı, derinliği ve detay derecesi araştırmanın hedefine bağlı olarak değişir. En kötü durum yaklaşımında, elde edilen sonuçta büyük bir iyileştirme yapılabilmesi için, çoğunlukla iki ya da üç kaynağın doğruluktan sapma düzeyinin azaltılması gerekir.

Bundan sonra yapılacak araştırmaların, değişen tesislerin spesifik özellikleri üzerinde yoğunlaşması gerekir. Daha önce de belirtildiği gibi daha ayrıntılı araştırmaların yapılması, yalnızca hem büyük hem de belirsiz olan kaçak emisyon kaynakları için gereklidir.

Bu adım (5. Adım) ilk tahminlerin çoğunda ortaya çıkan doğruluktan sapma oranlarının nasıl azaltıldığını açıklamaktadır. Hava akışının ve solvent konsantrasyonlarının çarpımının yapıldığı durumlarda, tahminlerin iyileştirilmesinin yollarından biri de konsantrasyonların ölçülmesidir. Bu da pasif numune alıcıların kullanılmasıyla kolaylıkla yapılabilir. Bir kaynaktan çıkan solvent kayıplarının ölçeklerle saptandığı durumlarda, doğruluk oranının arttırılması için tartım sayısı arttırılabilir. Örnek olarak, doğruluk oranında elde edilen iyileşme sonuçları Tablo 24.7'de verilmektedir.

Kaynak	kg cinsinden emisyon	Girdi %'si	Kaçak emisyon %'si
Baskı sırasında pres odasındaki havalandırma (pozitif basınç)	9000	0.90	8.0
Temizlik departmanı	8750	0.88	7.8
Mürekkep karıştırma departmanı	7500	0.75	6.7
Su bazlı mürekkeplerdeki solvent içeriği, vs.	2500	0.25	2.2
Ürünlerde kalan artık solventler	200	0.02	0.2
Suya boşaltılan solventler	-	-	-
Atık su arıtma tesislerindeki solvent emisyonları	-	-	-
Tanklardan çıkan buhar kayıpları, vs.	67	0.01	0.1
Daha fazla araştırılmayan kaynaklara ait ara toplam	**28017**	**2.81**	**21.1**
Hazırlama sırasındaki kurutucu havalandırması	8000	0.80	6.0
Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırması	24750	2.48	18.6
Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar	72200	7.22	54.3
Daha ayrıntılı olarak araştırılan kaynaklara ait ara toplam	**104950**	**10.50**	**78.9**
Toplam kaçak emisyon miktarı	**132967**	**13.31**	**100**
Önceki sonuç (ek araştırma yapılmadan)	**112467**	**11.25**	
*Not: Daha fazla araştırılmayan kaynaklara ait ara toplam, kaçak emisyonların % 25'i oranında olmalıdır.			

Tablo 24.7: Doğruluk oranındaki iyileşme sonuçlarını gösteren bir örnek

Bu örnekte, ek araştırma yapılması, on bir kaynaktan üçündeki doğruluk oranının büyük ölçüde artmasını sağlamıştır. Bu durumda en kötü durum ile gerçek tahmin arasındaki fark yüzdesi çok düşüktür. Örnek olarak, yeni doğruluk tahminlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Örnek: Aşağıdaki Tablo 24.8'de belirtilen arttırılmış doğruluk oranı

Kaynaklar ve notlar	Tahmini girdi %'si	Maksimum artık hatası faktörü	Tahmini iyileşmesini sağlayan maksimum girdi %'si
Hazırlama sırasındaki kurutucu havalandırması	0.80	1.20	0.96
Bekleme sırasındaki kurutucu havalandırması	2.48	1.20	2.97
Pres üniteleri arasındaki lokal egzozlar	7.22	1.20	8.66
Diğer kaynaklar (değiştirilmeden)	2.80		5.24
Toplam	**13.30**		**17.83**
Önceki sonuç	**11.25**		**23.28**

Tablo 24.8: Doğruluk oranının arttırılmasının sonuçlarını gösteren bir örnek

Burada yalnızca emisyonların daha fazla çıkmasıyla sonuçlanan potansiyel hataların hesaplandığının altını çizmek gerekir. Ancak, emisyonların daha az çıkmasına neden olan hataların yapılması olasılığı da eşit düzeydedir.

Eğer kaçak emisyonların daha doğru bir biçimde tespit edilmesi isteniyorsa, diğer emisyon kaynakları daha ayrıntılı bir biçimde araştırılabilir. Bu örnekte, temizlik departmanı ve pres odasının havalandırması, daha detaylı olarak araştırılmaya aday iki unsurdur. Bu örnekte

gerçek tahmini değer ile en kötü durumda elde edilebilecek değer arasındaki farkın üçte biri (% 4.5) temizlik departmanı ile, beşte biri ise odanın havalandırılması ile ilgilidir.

6. Adım: Yıllık üretim parametrelerinin kolaylıkla çıkarılabileceği bir kayıt tutma sisteminin oluşturulması

Yapılan işin kolaylaştırılması doğru parametrelerin seçilmesiyle başlar. Mümkün olan durumlarda bu parametreler, toplanmakta olan verilere dayandırılmalıdır. Ancak diğer kaynaklardan alınan rakamların gerçekte emisyon faktörünün işaret ettiği parametreyi doğru bir biçimde yansıtıp yansıtmadığının tespit edilmesi ve bu konuda uyarıda bulunulması gerekir. Mevcut kayıtlarla gereksinim duyulan parametreler arasındaki potansiyel farklarla ilgili örnekler aşağıdaki gibidir:

- Üretim departmanında kayıt altına alınan bekleme saatleri ve diğer duraklamalar hazırlama ve baskı aşamasında ortaya çıkabilir. Ancak kaçak emisyonların hesaplanması için, baskı ünitelerinin mürekkeple dolu olduğu, ancak üretim yapmadığı zamanlar önem taşımaktadır.
- Üretim saatleri (pres üniteleri arasındaki egzozlardan gelen emisyonların hesaplanması için gerekli olan), üretim kayıtlarına göre, bekleme saatlerini ve baskı esnasındaki diğer duraklamaları kapsamıyor olabilir. Ancak hesaplamalar için, mürekkebin ünitenin içinde bulunduğu tüm periyodun kayda alınması gerekir.
- Eğer mürekkebin bir kısmı, mürekkep karıştırma departmanında değil de preste karıştırılırsa, ortaya çıkan solvent kayıpları pres odası havalandırma sistemine ve lokal egzozlara gider. Bu da çifte hesaplama yapılmasına yol açabilir.

7. Adım: Üretim parametreleri ile ilgili emisyon faktörlerinin çarpılması ile her kaynaktan çıkan yıllık emisyonların hesaplanması

Bu adımın daha ayrıntılı olarak açıklanmasına gerek yoktur.

8. Adım: Elde edilen sonuçların yıllık solvent yönetim planına dahil edilmesi ve kaçak emisyonların limit değerler ile karşılaştırılması

Bu adımın daha ayrıntılı olarak açıklanmasına gerek yoktur.

9. Adım: Ekipman, operasyon veya havalandırma türlerinde önemli bir değişiklik yapılması halinde yeni emisyon faktörlerinin belirlenmesi

Tesiste önemli değişiklikler yapılması halinde yeni emisyon faktörleri belirlenmelidir. Önemli değişiklikten kastedilen üretim alanlarındaki havalandırma sistemindeki bir değişiklik, yeni makinelerin satın alınması, eski makinelerin satılması, ürün çeşitliliğinde önemli değişikliklerin yapılması ya da operasyon yöntemlerinin değiştirilmesi gibi değişiklikler olabilir.

Emisyon faktörlerinin belirlenmesi, pratikte sadece bir kere yapılan bir işlem değildir. Tesiste kaçak emisyonlarla ilgili çalışmalar yapıldıkça, bu emisyonlarla ilgili bilinç düzeyi de artacaktır. Bu da kayıtların iyileşmesini, ölçümlerin tekrarlanmasını ve yeniden kontrol edilmesini ve daha az önemli olan emisyon faktörlerinin doğruluk oranının da arttırılmasına dair ilgi uyanmasını sağlayacaktır. Ayrıca, kaçak emisyonların azaltılması için seçenekler üretilecektir. Bu durum yeni emisyon faktörlerini de beraberinde getirecektir.

24.3.1. Baskı sektörüne uygulanması

Tanım: Bu yöntem biri çok büyük bir ambalaj gravürü tesisi, diğeri ise orta ölçekli bir fleksografi tesisi olan iki Flaman esnek ambalaj tesisinde test edilmiştir. Kaçak emisyonların doğrudan ölçümüne dayanmaktadır. Yakalama verimliliği, atık gazlarla birlikte dışarı verilen buharlaşmış solventlerin yüzdesine eşittir. Geri kalanlar ise kaçak emisyon olarak gider.

Alternatif (direkt) yöntemin tanıtımı ve terminolojisi

Kaçak emisyon kaynakları: Baskı tesislerinde kaçak emisyonların ortaya çıkmasının çok çeşitli nedenleri vardır. Bu emisyonlar baskı, temizlik, mürekkeplerin karıştırılması, solventlerin transfer edilmesi, vs. sırasında ortaya çıkabilir. Bir tesisteki kaçak emisyonların 10 ya da 20 farklı 'kaynak'tan geliyor olması mümkündür.

Emisyon faktörü: Aktivite ne kadar sık gerçekleştirilirse ya da ne kadar uzun sürerse kaçak emisyon miktarı da o kadar fazla olur. 20 varil mürekkebin karıştırılması, 10 varil mürekkebin karıştırılmasının iki katı kadar kaçak emisyon açığa çıkmasına neden olur. Dört saat baskı işlemi yapılması ise, iki saat baskı işlemi yapılmasından daha fazla kaçak emisyona yol açar.

Her bir kaynak için bir emisyon faktörü belirlenebilir. Bu faktör aktivitenin her yapılışında ya da aktivitenin yapıldığı her saat başında kaçak emisyon miktarını gösterir.

Emisyon faktörleri yalnızca bir kez belirlenmelidir. Bu faktörler makineye ya da çalışma yöntemine özgüdür. Makine ya da çalışma yöntemi değişmediği sürece, emisyon faktörü de değişmez.

Üretim parametresi: Emisyonun hesaplanabilmesi için emisyon faktörü, üretim parametresi ile çarpılmalıdır. Bu üretim parametresi söz konusu kaçak emisyon kaynağında gerçekleşen aktivitenin ölçülmesidir. Üretim parametresi ne kadar fazla olursa kaçak emisyon miktarı da o kadar fazla olur.

Örnekler: Temizlik işlemlerinde, temizleme ünitesinin kullanım sayısı, mürekkep karıştırma işlemlerinde ise karıştırılan mürekkep hacmi parametre olarak kullanılabilir.

Üretim parametrelerinin elde edilmesi için, etkin kayıtlar tutulmalıdır.

Kısaca, bu yöntem aşağıdakilerin yerine getirilmesi anlamına gelir:

- İlgili emisyon faktörlerinin tahmin edilmesi ya da ölçülmesi ve yıllık üretim parametreleri için bir kayıt tutma sistemi kurulması. Bu işlem yalnızca bir kez yapılmalıdır.
- Kaçak emisyonlarla ilgili hesaplamalar her yıl yapılmalıdır. Bu işlem iki ya da daha fazla aşamada yapılabilir. İlk adım doğrulanmış bir tahmin yapılmasıdır. Bu tahmin tüm farklı kaçak emisyon kaynakları için yapılmaktadır. Emisyon seviyesi çok düşük olan çok sayıda kaynak için daha fazla bir işlem yapılmasına gerek yoktur. İkinci adım ise yalnız sayısı az ancak hacmi daha büyük olan kaynaklarda gerçekleştirilir. Bu kaynaklarda daha doğru ölçümler yapılabilir.

Doğruluk

Üretim parametreleri doğru olarak tespit edilebilir. Tercihen bu parametreler üretim kayıtlarının bir parçası olan ya da solvent yönetim planının diğer bölümleri için herhangi bir şekilde toplanması gereken rakamlardır.

Bu tür parametrelere örnek olarak, üretim ekipmanının operasyon saati sayısı, her makinede yapılan işlem sayısı, satın alınan mürekkep hacmi, karıştırılan mürekkebin kaç ton olduğu gibi parametreleri vermek mümkündür. Bu parametreler daima aktivitenin ölçümü niteliğindedir: Parametre ne kadar yüksekse, kaçak emisyon miktarı da o kadar yüksek olmalıdır.

Emisyon faktörleri her aktivite birimi başına emisyonların ölçümüdür. Örneğin, karıştırılan bir kilo mürekkep başına düşen solvent kaybı ya da bir operasyon saatinde pres ünitelerinin arasındaki lokal egzozdan çıkan solvent kaybı gibi.

Emisyon faktörlerinin doğruluk düzeyi değişkendir. Ölçüm ve araştırmalar ne kadar kapsamlı olursa, faktörler de o kadar doğru olur. Farklı kaynaklardan gelen kaçak emisyonların tamamının doğruluk düzeyleri aynı olmak zorunda değildir.

Doğruluk düzeyi bir aktivite için birden fazla emisyon faktörü kullanılmasıyla da arttırılabilir. Tüm mürekkep karıştırma operasyonları için tek bir emisyon faktörü kullanmak yerine, büyük ve küçük mürekkep partileri için, sıcak ya da soğuk günlerde yapılan karıştırma işlemleri için, elle ya da makine ile yapılan karıştırma işlemleri için ayrı ayrı emisyon faktörleri kullanılabilir. Diğer bir deyişle, bir ya da beş farklı faktör tespit edilebilir. Emisyon faktörü sayısının daha fazla olması durumunda, doğruluk düzeyi de artmaktadır.

Aktivite başına birden fazla emisyon faktörünün tespit edilmesi ya da bu faktörlerin doğruluk düzeyinin yükseltilmesi, yapılması gereken çalışmanın da daha fazla olmasına neden olur. Kaçak emisyon açığa çıkmasına çok az etki eden küçük kaynaklar üzerinde çok zaman harcanması, kazançlı bir uygulama değildir. Bu nedenle işe, her kaynaktan çıkan emisyonun büyüklük derecesinin tahmin edilmesi ve bu tahminlerin sıraya konması ile başlanabilir. Ardından bu kaynaklardan hangilerinin en doğru emisyon faktörlerinin kullanılmasını gerektirdiği belirlenebilir.

Bir kaynak için gereken doğruluk düzeyi iki farklı konuya bağlıdır:

1. Toplam kaçak emisyon miktarının büyüklüğüne: Toplam kaçak emisyon miktarı limit değerin çok altında ise, o zaman potansiyel hata oranı nispeten yüksek olur.

Örnek: Limit değerinin % 20 olduğu (SED için) durumlarda, '% 5 – 10' oranında gerçek emisyon miktarı kabul edilebilir bir değer iken, bu limit değeri için '% 15 – 30' oranındaki gerçek emisyon miktarı kabul edilemez bir değerdir. İkinci durum söz konusu olduğunda, doğruluk düzeyinin arttırılması gerekir.

2. Kaynağın toplam emisyon miktarına katkısına: Toplam rakamın doğruluk düzeyinin arttırılması gerekiyorsa, hem miktar olarak nispeten fazla olan hem de doğruluk düzeyi düşük olan kaynaklar üzerinde yoğunlaşılması gerekir.

Örnek: Limit değerinin % 20, gerçek emisyonların % 15 – 30, mürekkep karıştırma departmanından kaynaklanan emisyonun % 1 – 2 ve pres üniteleri arasındaki lokal egzozdan

kaynaklanan emisyonların % 10 – 20 arasında olduğu varsayıldığında, ikinci kaynağın doğruluk düzeyinin arttırılmasının çok yararlı olacağı açıkça görülebilir.

Çevresel faydalar: Kaçak emisyonların izlenmesi konusunda yakalanan doğruluk düzeyi büyük ölçüde arttırılmıştır. Kaçak emisyonların kaynağına ve sebeplerine dair bilgi edinilmesi bu emisyonların azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Çapraz medya etkileri: Veri sunulmamıştır.

Operasyonel veri: Bu yöntem esnek ambalaj baskı tesislerinde test edilmektedir.

Uygulanabilirlik: Bertaraf etmeye dayalı solvent azaltma tekniğini uygulayan esnek ambalaj tesislerinde uygulanmaktadır.

Ekonomiklik: Veri sunulmamıştır.

Uygulanmasını teşvik eden faktörler: Veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler: Veri sunulmamıştır.

Referans kaynakçası:[76, TWG, 2004]

24.4. Kütle dengeleri ile ilgili yaygın olarak görülen durumlar

Şekil 24.1: Boru sonu azaltma ve iç geri dönüştürme olmadan

Şekil 24.2: Boru sonu azaltma işlemi yapılmadığında, ancak solventlerin iç geri kazanımının yapıldığı ve tekrar kullanıldığı durumlarda

Şekil 24.3: Solventlerin yakalandığı ve tekrar kullanıldığı durumlarda (tesis içinde ve dışında)

Şekil 24.4: Bertaraf edici boru sonu azaltma tekniği ile

24.5. Araç boyahanelerinden kaynaklanan VOC'lerin tespit edilmesi

[159, ACEA, 2006]

24.5.1. Temel prensipler/genel bakış

1. Araç boyahanelerinden kaynaklanan organik maddelere ait limit değerleri (LV_{VOC}); tesisin, boyanan araçların yüzeyleri (A_{veh}) ile bağlantılı olan toplam uçucu organik bileşen emisyonları - VOC (M_{VOC}) olarak tanımlanır:

$$LV_{VOC} = \frac{m_{VOC}}{A_{veh}} \qquad \left[\frac{\text{g VOC}}{\text{m}^2}\right]$$

Bu değerlerin tespit edilmesi, boyahaneden kaynaklanan emisyon kütle akışının ve boyanacak araçların yüzey alanlarının eşzamanlı olarak tespit edilmesini sağlar (bkz. Bölüm 2.2).

2. Boyahanelerden kaynaklanan VOC emisyonlarının kesintisiz boru sonu önlemleri ile tespit edilmesi, düzenli izleme yapılması için yeterince doğru, güvenilir ya da sağlıklı bir teknik değildir. Bu teknik ciddi miktarda kaçak emisyonun ortaya çıkma ihtimalini göz önünde bulundurmamakta ve yüksek sermaye ve operasyon maliyetlerine yol açmasından dolayı fayda maliyeti bakımından olumsuz sonuçlar vermektedir (bkz. Bölüm 24.5.2.1 ve 24.5.2.2). Sözü edilen teknik bir iyi uygulama örneği değildir.

3. VOC emisyonlarının düzenli olarak izlenmesi için, 1999/13/EC no'lu Solvent Emisyonları Direktifi'nde (SED) yer alan plana dayalı bir kütle denge yöntemi kullanılmalıdır. Farklı kütle akışlarının belirlenmesine yönelik olarak elde edilmesi gereken doğruluk düzeyi (bkz. SED planına denk olan, Şekil 24.5'teki sembol açıklamaları) bu akışların toplam sonuca katkısına uygun olmalıdır (bkz. Bölüm 2.1.2):

- VOC girdi verileri (I1) doğruluk düzeyi en yüksekte olacak şekilde belirlenmelidir. Bu da aşağıdakilerden birinin uygulanması ile gerçekleştirilebilir:
  - Solvent içeren tüm bileşiklerin (boya, tiner, vs.) tüketiminin direkt olarak ölçülmesi,
  - Tedarik veri tabanlarının kullanılmasıyla solvent girdisinin hesaplanması.

  Solventlere iç geri dönüştürme işlemi uygulanması halinde, I2 belirlenmelidir.

- Bertaraf edilen VOC (O5) miktarı atık gaz arıtma ünitesine giren ve bu üniteden çıkan kütle akışlarının ölçülmesi ile hesaplanabilir. Ayrıca bu ölçümler sonucunda:
  - Yakma verimliliğinin sıcaklığa ne derece bağlı olduğu tespit edilir.
  - Taşıma faktörü fc belirlenir. Bu katsayı boya kabininde açığa çıkan ve atık gaz arıtma üniteli kurutucu fırına gönderilen VOC miktarını açıklar.
  - Bu ölçümler her bir boya kabini ya da fırın atık gaz arıtma sistemi (WGT) için bir kez yapılmalıdır. Yakma verimliliği ve taşıma katsayısı yalnızca uygulama

prosesi, kabin tasarımı ya da atık gaz ekstraksiyon ve yakma sistemi değiştirildiğinde yeniden hesaplanmalıdır.

- Atık gaz ünitesinin performansı yakma sisteminin sıcaklığının kesintisiz olarak ölçümü ile izlenebilir. Atık gaz arıtma ünitesinin verimliliği bu ölçüm ile doğrulanabilir.

- Verilen taşıma faktörü fc için, bertaraf edilen VOC miktarı, boya kabininin tüketim verilerinin kullanılmasıyla izlenebilir.

$$O5 = (I1 + I2) \times f_c - O1.1$$

- Geri kalan tüm kütle akışları önemsenmeyecek oranda ya da düşük seviyededir. Bu değerlerin tek ölçüm ya da tahmin işlemlerinin, yalnızca proses ya da tasarım değişikliğinden sonra tekrarlanacak şekilde yapılması yeterlidir.

Havaya salınan toplam emisyon miktarı (E):

kaçak emisyonların $F = I1 + I2 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$

$E = I1 + I2 - O5 - O6 - O7 - O8$

olduğu durumlarda;

$$E = F + O1$$

eşitliğinin kullanılmasıyla hesaplanabilir.

Şekil 24.5: Boyahaneye giren ve boyahaneden çıkan solventlerin temel kütle akışları

4. Her bir araç türü ‘t’ için gövdenin yüzey alanı ‘A_t’:

m_t = beyaz kaplamalı gövdenin toplam ağırlığı
b_t = metal tabakanın ortalama kalınlığı
d_t = metal tabakanın yoğunluğu

olduğunda şöyledir:

$$A_t = \frac{2 \times m_t}{b_t \times d_t} \quad [m^2]$$

Alternatif yöntemler de (örn. CAD verileri kullanılarak) uygulanabilir.

5. Toplam yüzey alanı A_{veh}, boyahaneden nihai montaja gönderilen ‘n’ sayıda otomobilden elde edilir. Bu işlem SED’de yer alan ‘ürün’ tanımına uygundur.

$$A_{veh} = \sum_{t=1}^{j} A_t \times n_t \quad [m^2]$$

Araç sayısı her bir araç türü ‘t’ için ayrı ayrı belirlenmelidir.

6. Üretim prosesinin zamanla değişiklik göstermesinden ve üretim kısıtlamalarından (renk ve araç değişikliği, temizlik, molalar…nedeniyle, izleme için ayrılan zaman ölçeğinin yeterince uzun olması gerekir. Kütle dengesi hesaplamalarından doğan temsili veriler, yalnızca en az bir ay olan ortalama periyotlarla elde edilebilir. SED’in III no’lu Ek’indeki solvent yönetim planlarına göre, araç boyahanelerinden kaynaklanan VOC emisyonları için belirlenen limit değerleri yıllık ortalama değerler olmalıdır.

24.5.2. Açıklama

24.5.2.1. VOC emisyonlarının kütle akışlarının izlenmesi

24.5.2.1.1. Boru sonu önlemleri

a. Test noktalarının sayısı ve yeri

Doğru ölçümlerin yapılabilmesi, normalde yalnızca yüksek bacalarla mümkün olan, uzun süreli ve ara müdahale yapılmayan ölçümlerin yapılmasını gerektirir. Boru çapraz kesitinde, ortalama akışın olduğu kısımlarda ve konsantrasyon dalgalanmalarında birkaç test noktası belirlenmesi ile tüm diğer konfigürasyonların net ölçümlerinin yapılması gerekir.

Kabinden çıkan her bir boruda, kabindeki atık gaz akımının ölçümü yapılmalıdır. Bazı boyahanelerde 50’den fazla baca kullanılmaktadır. Merkezi atık gaz borularının kullanıldığı durumlarda, bu boruların çapları çok geniştir. Bu borular oldukça yoğun bir şekilde diğer boru ve cihazlarla kaplıdır. Ölçüm noktalarının doğru yerlerde belirlenmesi, özellikle de mevcut

boyahanelerde belirleme yapılması gerekiyorsa, zor ve hatta bazen imkânsızdır. Hemen her durumda, birden fazla noktanın belirlenmesi gerekmektedir (bkz yukarıda yer alan kısım).

Kurutucu fırınlarının atık gazları genellikle azaltma teknikleri kullanılarak arıtılmaktadır. Atık gaz arıtma ünitelerinden (WGT) kaynaklanan emisyonların, sıcak temiz hava akımında ölçülmesi gerekir.

Tesisin teknik tasarımına bağlı olarak, kaçak emisyon miktarı çok fazla olabilir ve SED'in gereklerine uygunluk için bu emisyonların değerlendirilmesi gerekir. Tanımı gereği boru sonu izleme tekniği bu kaynakları kapsamamaktadır. Kaçak emisyonların direkt olarak izlenmesi ise mümkün değildir ya da araç imalatı gibi karmaşık tesislerde çok yüksek maliyetlidir.

Sonuç: *Emisyon verilerinin boru sonu ölçümleri ile toplanabilmesi için çok sayıda test noktası belirlenmesi gerekir. Kaçak emisyonların direkt olarak ölçümü pek gerçekçi değildir.*

b. Ölçüm prensibi

Kesintisiz ve fasılalı ölçümler genellikle FID (alev iyonlaştırma dedektörü) ile yapılmaktadır. Bu şekilde az miktarda atık gaz kesintisiz olarak ekipmana gönderilmektedir.

Organik bileşikler hidrojen-hava alevi ile yakılır. Bu durumda organik bileşikler iyonlaşır, ölçülebilen ve numune hava akımındaki organik bileşenlerin kütle akışlarıyla doğru orantılı olan bir elektrik akımı oluşturur.

Dedektörün çıkış sinyali bileşiklerin kimyasal yapısına, dedektörün şekline ve yakıcının çalışma koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Tüm sistemin düzenli olarak kalibre edilmesi gerekir. Kalibrasyon işlemi, dedektör sinyal kuvveti ile referans gazdaki propan arasında bir ilişki kurulmasını sağlar. Sonuçlar CH_4'e eşdeğer olan ppm ya da ppb olarak verilir.

Dayalı olduğu prensipten ötürü bu yöntem kesintisiz bir şekilde, temelde atık gaz hacmindeki C-H bağlarının sayısına yanıt veren, bir endeks değeri belirlemektedir. Yanıt verme faktörü tüm organik bileşiklerde sabit değildir, ancak bu faktör her maddenin benzersiz bir özelliğidir. Bu nedenle, ancak dedektör sinyali (ppm CH_4'te gösterilen) ve numunedeki organik bileşik konsantrasyonu arasında korelasyon oluşturan ikinci bir kalibrasyondan sonra, g VOC/m^3 cinsinden anlamlı konsantrasyon değerleri elde edilebilmektedir.

Kalibrasyon prosesi düzenli aralıklarla tekrarlanmalıdır.

Uçuculuk oranı düşük olan bileşikler, numune alma hattında ya da analizör sistemlerinde yoğunlaşabilir. Bu nedenle sistemin ilgili parçalarının en az 150 ^{o}C'ye kadar ısıtılması gerekir. Bu önlem, kurutma fırınlarından çıkan atık gazların analizinde büyük önem taşımaktadır.

Sonuç: *Analitik kurma işlemi Bölüm 24.5.2.1.1(a)'da açıklanan durumlar için çok zahmetli ve teknik olarak zor bir işlemdir. Dedektör sinyalinin atık gazdaki gerçek VOC konsantrasyonuna ayarlanması için ölçümlerin tekrarlanması gerekir.*

c. On-line FID sistemlerinin temsil edebilirliği

Bu yöntem organik bileşikler söz konusu olduğunda kolaylıkla seçilebilen ve uygulanabilen bir yöntem olsa da, otomobil boyama proseslerinde oldukça zor ve hassas bir yöntem haline gelmektedir. Otomotiv boya sistemleri, çok sayıda uçucu organik madde içeren çok karmaşık formülasyonlardır. Bu boyaların kullanıldığı ortamlardaki atık havada 20'den fazla, çoğunlukla 50'ye yakın farklı uçucu organik bileşik bulunabilmektedir. Ayrıca, bu boyaların yapısı sabit kalmaz ve aşağıdakilere bağlı olarak değişir:

- Uygulama kabinindeki renk karıştırma işlemine (her rengin solvent yapısı farklıdır)
- Temizlik işlemlerinde kullanılan solventlere (renk değişikliği, vs. nedeniyle)
- Araç yüzeyindeki buharlaşma kinetiğine,
- Solventin, venturi ovalama sistemindeki sudan tekrar buharlaşmasına.

Sonuç: *Pratikte bir on-line FID izleme sisteminin, dedektör sinyalinin gerçek VOC konsantrasyonuna dair reel değerler vermesini sağlayacak şekilde kalibre edilmesi mümkün değildir.*

d. Maliyet

Kesintisiz ölçüm sistemlerinin operasyonu çok yüksektir. Bunun için her bir egzoz bacasına bir FID analizörü yerleştirilmesi, çok sayıda numune alma noktasının belirlenmesi ve ileri derecede numune kontrolü yapılması ile kayıt alınması gerekir. Boyahanenin boyutlarından dolayı, her bir numune noktasına boyu 20 metreyi bulan ısıtılmış numune alma hatlarının döşenmesi gerekir. Her FID analizörü; hidrojen gazı, sentetik hava ve kalibrasyon gazı ile beslenmelidir. VOC'nin ölçülmesinin yanı sıra O_2 konsantrasyonunun, sıcaklığın, nemin ve gaz akış hızının belirlenmesi gerekir. Hava emme tüplerinin boya partikülleri ile tıkanmasını önlemek için, bu ekipmanın aynı zamanda günlük bakımdan geçmesi gerekir. Kalibrasyon için onaylı referans yöntemlerine uygun olan kesintisiz önlemler; onaylı uzman organizasyonlar ve genellikle bağımsız dış kurumlar tarafından alınmalıdır.

Sonuç: *VOC emisyonlarının hat sonu yöntemi ile izlenmesinin maliyeti çok yüksektir.*

d. Genel sonuç

VOC emisyonlarının hat sonu yöntemiyle izlenmesinin en önemli dezavantajı bu yöntemle yalnızca bacalardan çıkan emisyonların ölçülebilmesidir. Bu endüstri türünün maliyeti çok yüksektir. Yayılan emisyonlar makul değerlerle direkt olarak ölçülememektedir. Bu tür bir emisyon izleme yöntemi yalnızca, bir tesisin hesaplama yapılması yoluyla izlenemeyen özel operasyon koşullarının izlenmesi gerektiğinde ya da diğer nedenlerle yoğun izleme yapılması gerektiğinde uygulanmalıdır. Otomobil boyama endüstrisinde bu tür özel koşullara rastlanmaz.

24.5.2.1.2. Solvent kütle dengelerinin hesaplanması

Temel prensip

1999/13/EC no'lu Solvent Emisyonları Direktifi (SED) solvent kütle dengesi kullanılarak yapılan solvent emisyon izleme işlemi için genel bir yöntem belirtmektedir (solvent yönetim planı). Bu yöntem küçük düzenlemeler yapılarak araç boyahanelerinde de kullanılabilir.

Şekil 24.5'te solvent kütle dengesi için genel bir plana yer verilmektedir. Girdi ve çıktı akışlarının numaralandırılma sistemi SED'den alınmıştır ve boya kabinlerinden çıkan (O1.2) atık gaz ile atık gaz arıtım sistemi olan kurutma fırınlarından çıkan (O1.1) atık gazın ayırt edilmesinde de kullanılmaktadır.

No.	Kütle akışı	İlgi	Yorum
I1	Organik solvent girdisi	Yüksek	**= % 100 (genellikle)** Boyalardaki VOC'ler, tinerler, sprey tabancası durulama solventleri ve genel amaçlı temizlik malzemeleri
I2	İç geri dönüştürme ile elde edilen organik solvent girdisi	Yok	**= % 0 (genellikle)** Bazı durumlarda solventler iç arındırma işleminden sonra tekrar kullanılır. Solventler dış operatörler tarafından geri dönüştürülürse, I1 kapsamında kayda alınmalıdır
O1	Atık gazdaki solventler	Yüksek	**= % 60 – 95** • Uygulama kabinlerinden **(O1.2)** arıtılmadan gelen, • Atık gaz arıtma işleminden **(O1.1)** sonra geriye kalan (genellikle kurutma fırınlarından, bazen de boya kabinlerinden gelen atık gaz) emisyonlar
O2	Atık su ile taşınan solventler	Düşük	**≤ % 5** Atık su miktarına ve VOC'nin suda çözünebilirliğine bağlıdır
O3	Araçların boyanan yüzeylerinde kalan solvent artıkları	Yok	**= % 0**
O4	Kaçak emisyonlar	Yok	**= % 0** Kaçak emisyonlar izlenemediği için, kütle akışı O1.2'nin bir parçası olarak işlem görür
O5	Atık gaz arıtma sistemlerinde tutulan ve bertaraf edilen solventler	Yüksek	**= % 10 – 40** Genellikle kurutucu fırını atık gazının ve bazen de kabin atık gazının termal insinerasyonu.
O6	Atık olarak ortaya çıkan solventler	Var	**= % 5 – 10** • Boya ve tiner karışımı olarak • Boya çamurundaki atık olarak
O7	Ürün olarak satılan	Yok	**= % 0**

O8	Tekrar kullanılmak üzere geri kazanılan ya da geçici olarak depolanan solventler	Düşük	**≈ % 0 (genellikle)** (girdi olarak sayılan ancak raporlama periyodunda kullanılmayan solventler, boyalar)
O9	Diğer çıktılar	Yok	**= % 0**

Tablo 24.9: Araç boyahanelerindeki girdi/çıktı akışları (1999/13/EC no'lu SED'e göre)

Boyahanelerden havaya verilen toplam emisyon (E) miktarı SED'in (1999/13/EC) dolaylı yöntemi kullanılarak hesaplanabilir.

$$F = I1 + I2 – O1 – O5 – O6 – O7 – O8 \text{ (kaçak emisyon)}$$
$$E = I1 + I2 – O5 – O6 – O7 – O8$$

ise:

$$E = F + O1$$

şeklindedir.

Normal operasyon koşullarında, bu eşitlik şöyle sadeleştirilebilir:

$$E = I1 – O5 – O6$$

Dolaylı yöntemin avantajı, bu yöntemde O1'in (atık gazlardaki emisyonların) ve O4'ün (kaçak emisyonlar) direkt olarak izlenmesinin gerekli olmamasıdır. Çıkan tüm hava akışındaki en yüksek hacimli emisyon O1 olduğundan, O1 ile ilgili ölçümlerde meydana gelebilecek herhangi bir belirsizliğin, genel izlemenin doğruluğuna etkisi de büyük olacaktır. Direkt yöntem genellikle, kaçak emisyonların (O4) kesin bir biçimde dışarıda tutulduğu durumlarda uygulanabilmektedir.

Sonuç: *Kütle dengesi yöntemi havaya salınan VOC emisyonlarının izlenmesi için en uygun yoldur. Bu yöntem SED'in gerektirdiği şekilde, havaya salınan tüm kaçak emisyonları göz önünde bulundurmaktadır. Pahalı olup güvenilir olmayan direkt boru sonu ölçümleri, artık kütle akışına uygulanan bir dizi ölçüm ve hesaplama ile ikame edilebilir. Elde edilen sonuç kapsamlı, sağlıkl ve yeterince kesin olup, daha az masraf gerektirir.*

24.5.2.1.3. Spesifik kütle akışlarının belirlenmesini sağlayan yöntemler

I1 Solvent girdisi

(a) Solvent içeren tüm bileşenlerin (boya, tiner, vs.) tüketiminin direkt ölçümü.

(b) Tedarik veri tabanının kullanılmasıyla solvent girdisinin hesaplanması. Reddedilen malzeme tanımlanmalı ve hesaba katılmalıdır.

(a) yönteminde, depolama tanklarının doluluk derecesinin izlenmesi için kontrol cihazları yerleştirilmesi gerekir ve sinyallerin online veri olarak işlenmesi tavsiye edilir. Tüketim verileri mevcut üretim yönetimi IT sistemlerine entegre edilebilir ve ayrıca performans

optimizasyon aktiviteleri için de kullanılabilir. (b) yönteminde finansal veri tabanlarından elde edilen veriler kullanılabilir.

Her iki durumda da, boyalardaki ve diğer malzemelerdeki solvent içeriği ile ilgili bilgi çok önemlidir ve tedarikçiden istenmelidir.

O2 Atık su ile taşınan solventler

Venturi ovalama sisteminin rezervuarındaki suda yalnızca boya partikülleri değil, aynı zamanda uçucu organik bileşikler de çözünmektedir. Bu sistemden boşaltılan atık suyun solvent konsantrasyonu, çözünebilirlik dengesine ulaşacak düzeydedir. 1999/13/EC no'lu SED'in solvent yönetim planı, bu solventin tamamıyla kanalizasyon sisteminden ya da atık gaz arıtma tesisinden kaynaklandığını varsaymaktadır. O1 veya O5 ile kıyaslandığında O2'nin kütle akışı daha düşük olduğundan, O2'ye atık su hacminin bir sabiti ya da fonksiyonu gibi işlem yapılması yeterlidir.

O5 Atık gaz arıtma işlemi ile yakalanan ve bertaraf edilen solventler

O5'in kütle akışı, herhangi bir atık gaz arıtma ekipmanından havaya salınan (O1.1, yakalanan ve arıtılan atık gazdaki VOC) solvent artığı ve bu ekipmana giren işlenmemiş gaz akışına ($O5_{in}$) gelen solvent girdisidir.

$$O5 = O5_{in} - O1.1$$

Atık gaz arıtma tesislerindeki atık gaz akışında bulunan uçucu organik bileşikler (O1.1) kesintisiz ya da fasılalı yöntemler ile ölçülebilir. 1999/13/EC no'lu SED'e göre, hava arıtma tesislerinde işlendikten sonra, bu emisyonlar için 50 mg C_{tot}/m^3 limit değeri uygulanmalıdır.[13]

Hava arıtma sistemlerinin verimliliği sıcaklığın izlenmesi ile kontrol edilmektedir. Limit değerlerinin tüm operasyonel koşullar altında izlenmesini garantileyen yakma sıcaklığı kalibrasyon ölçümleri tarafından belirlenmektedir.

Her bir uygulama alanından azaltma ekipmanına gönderilen VOC kütle akışı, kabindeki boyama prosesinde tüketilen solvent ile orantılıdır. Bu nedenle ($I2 \equiv 0$ ise)

$$O5_{in} = I1 * f_c$$

Taşıma faktörü 'f_c'; uygulama alanındaki solvent tüketiminin, kurutma fırınındaki atık gaz arıtma ekipmanına giren VOC miktarına oranını ifade etmektedir. Bu faktör, belli bir boya uygulama prosesi ve kabin şeklinin söz konusu olduğu solvent tüketimleri için sabittir. Yalnızca uygulama prosesi, malzeme teknolojisi ya da kabin tasarımı (veya ilgili ekstraksiyon sistemi, vs.) değiştirildiğinde yeniden hesaplanmalıdır.

O6 Atık olarak bertaraf edilen organik solventler

Bu kategorideki en fazla kütle akışı, arındırma ve temizleme proseslerinden (renk değişikliği, halka boru sisteminin arındırılması, genel temizlik) ayrı ayrı yakalanan solventlerden oluşur.

[13] 50 mg C_{tot}/m^3 limit değeri, yaklaşık 70 mg VOC/m^3'e karşılık gelmektedir

İzleme işlemi tank emme noktalarındaki akış hacminin ölçülmesi ile ya da taşıma dokümanlarındaki ektraksiyon verilerinden elde edilen bilgilerle yapılmaktadır. Genellikle geri kazanılan solventlerde fazla miktarda boya bulunur ve bu nedenle VOC konsantrasyonunun belirlenmesi gerekebilir.

Solventler boya çamuru ile de taşınır. Boya çamurundaki VOC konsantrasyonları gereğince belirlenmeli ve onaylanmalıdır.

Sonuç: *Belirlenmesi gereken kütle dengesi verilerinin çoğunluğu sabittir veya malzeme tüketimine ve kolaylıkla erişilebilen diğer parametrelere bağlıdır.*

24.5.2.2. Yüzey alanı üretim hacminin belirlenmesi

24.5.2.2.1. Araç yüzey alanı

99/13/EC no'lu SED'e göre, ilgili yüzey alanı şöyle tanımlanmaktadır: 'Toplam elektroforetik kaplama alanına göre hesaplanan yüzey alanı ve boya kaplama prosesinin daha sonraki aşamalarında eklenen ve söz konusu ürünle aynı kaplama kullanılarak boyanan herhangi bir parçanın yüzey alanı ya da tesiste boya kaplaması yapılan ürünün toplam yüzey alanı'.

Elektroforetik kaplama (e-kaplama) yapılan alan aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$A_t = \frac{2 \times m_t}{b_t \times d_t} \qquad [m^2]$$

Burada;

m_t = beyaz kaplamalı gövdenin toplam ağırlığı
b_t = metal tabakanın ortalama kalınlığı
d_t = metal tabakanın yoğunluğu

şeklidedir.

Bu yöntem boya kaplama yapılan diğer parçalarda da uygulanabilir. Alternatif yöntemler de (örn. CAD verileri kullanılarak) uygulanabilir.

't' indeksi farklı gövde türlerinin yüzey alanlarının farklı olduğunu göstermektedir:

$$A_{veh} = \sum_{t=1}^{j} A_t \times n_t \qquad [m^2]$$

Sonuç: *Her otomobil modeli için gerekli olan e-kaplama alanının doğru bir şekilde tespit edilmesi çok önemlidir. Bu prosedür belgelenmeli ve operatörler ilgili tüm verilerin yetkili makamlarca kontrol edilmesi gerektiğinin bilincinde olmalıdır.*

24.5.2.2.2. Birim süre başına düşen araç sayısı

99/13/EC no'lu Solvent Emisyonları Direktifi'ne göre, otomotiv endüstrisindeki VOC emisyon izleme işleminin dayalı olduğu kütle dengesi yöntemi, boyanan gövdelerin toplam alanının hesaplanmasını gerektirir. Ele alınan araç sayısı boyahanede boyanan ve (boya prosesinin 'ürünü' olarak) nihai montaj hattına gönderilen araç sayısına eşittir.

Bu nedenle ikinci kez boyanması gereken araçlar (yeniden işlem yapılanlar) iki kez sayılmaz ve tekrar boyamadan kaynaklanan ek solvent emisyonları orijinal araç sayısına yüklenir. Aynı şekilde hurdaya çıkan gövdeler de sayılmaz.

Sonuç: *Yukarıda belirtilen araç üretim verileri, üretim kontrol sistemlerinden elde edilebilir, böylece emisyon kontrolü için ek bir masraf yapılmamış olur.*

24.5.2.3. Kütle dengesinin temsil edebilirliğine ilişkin zaman ölçeği

24.5.2.3.1. Kısa ortalama alma periyotlarına dayalı limit değerleri

Hem teknik hem de pratik nedenlerden dolayı, solvent emisyonlarının ölçümü veya hesaplanması ile referans yüzey alanının hesaplanmasının bir ön koşulu olan araç sayısının belirlenmesi arasında daima bir zaman farkı olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, ortalama alma süresi düşük olan bir limit değerinin yeterince izlenmesi mümkün değildir.

Tüm boyahanelerde boya partiküllerinin atık havadan temizlenmesi için venturi sistemleri kullanılmaktadır. Solventler suda çözünür (özellikle de su bazlı boyalarda) ve sisteme aralıksız olarak pompalanır. Hiç araç boyanmasa ve venturi sistemine kabin havalandırma sisteminden sadece temiz hava verilse bile, çözünen bu solventler VOC emisyon artıklarının ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

Emisyonların açığa çıktığı, ancak hiç araç boyama işlemi yapılmayan ya da sadece sınırlı sayıda aracın boyandığı uzun periyotlar da bulunmaktadır. Bu durum; üretim molaları, kabin ve uygulama ekipmanlarının periyodik temizleme işlemleri veya hafta sonu aralarından sonra üretime başlanması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Asıl solvent emisyonları değerleri düşük bile olsa, yüzey alanına düşen emisyon oranı olarak tanımlanan emisyon değeri, yüksek ve hatta sınırsız değerlere kadar yükselebilir

Bu etkilerden ötürü emisyon limit değerinin, saatlik, günlük ya da vardiya başına düşen ortalama değer olarak belirlenmesi oldukça dalgalı değerlerin ortaya çıkmasına yol açacaktır. Emisyon değerleri, her ne kadar solventin kütle akışı gram olarak düşük de olsa (m^2'ye düşen oranın düşük ya da sıfır olması gibi), şeklen çoğunlukla limit değerlerini aşmaktadır. Solvent emisyon verilerinin bir aydan daha kısa süreli zaman ölçekleri için g/m^2 cinsinden hesaplanması, temsil edebilir değerleri ortaya koymayacaktır.

Sonuç: *Kısa ortalama alma periyotlarına dayalı emisyon limit değerleri yeterince izlenemez. Emisyon değerleri, VOC kütle akışının üretim sıklığına oranı olduğu için, çevresel etki hakkında anlamlı bilgi vermeyen büyük dalgalanmalar ortaya çıkabilir.*

24.5.2.3.2. Yıllık ortalama değere dayalı limit değerleri

Bir yıllık referans periyodu bu limit değerinin, boya prosesinin çevresel özelliklerini belirleyen bir parametre olma özelliğine tam anlamıyla uygun düşmektedir. Aslında Solvent Emisyonları Direktifi'nin solvent dengesi, yıllık ortalama düzeyde veri toplanmasını gerektirmektedir. Tüm tipik üretim durumlarının ortalaması alınır ve boyahanenin genel performansı izlenir.

VOC emisyonlarındaki kısa süreli dalgalanmalara limit konulmasının toksikolojik bir sebebi yoktur ve dolayısıyla bu dalgalanmaların izlenmesine de gerek yoktur.

Sonuç: *Araç boyahanelerinin emisyon limitleri için referans periyodu olarak yıllık ortalamanın kullanılması uygundur.*

24.6. Solvent Emisyonları Direktifi'ndeki bazı limit değerleri

Solvent Emisyonları Direktifi'nin [123, EC, 1999] karmaşık olması nedeniyle ve bu Direktif'teki aktivitelerin, bu referans dokümanındaki endüstriler için geçerli olmasından dolayı, bu endüstrilere ait bazı verilere aşağıda açıklık getirilmiştir:

SED Aktivitesi 7, Coil Coating:

SED limit değerleri şöyledir:

- Atık gaz emisyonlarındaki VOC emisyonlarının 50 mgC/m$^{3'}$e, atık gazdaki solventlerin geri kazanıldığı durumlarda ise 150 mgC/m$^{3'}$e düşürülmesi ve:
  - Yeni tesislerde – yayılan emisyonlar için % 5,
  - Mevcut tesislerde – yayılan emisyonlar için % 10,
- Azaltma planı kullanılıyorsa, toplam emisyon miktarının azaltılması:
  - Yeni tesislerde – 1 kg uçucu olmayan madde tüketimi için 0.3 kg VOC,
  - Mevcut tesislerde – 1 kg katı madde başına 0.45 kg VOC.

SED Aktivitesi 8, Metal, plastik, tekstil, vs. dahil diğer kaplamalar

SED limit değerleri şöyledir:

- Kurutma işlemi için atık gazlardaki VOC emisyonlarının 50 mgC/m^3'e ve boya kaplama uygulaması için 75 mgC/m^3'e, yayılan emisyonlar için solvent tüketiminin ise %20'ye düşürülmesi, veya
- Azaltma planı toplam emisyon miktarının, 1 kg uçucu olmayan madde tüketimi için 0.375 kg VOC'ye düşürülmesi.

Metal ambalaj (aynı zamanda Aktivite 8):

SED'de uygunluğu temin etmenin iki yolu vardır. Bu yollar, emisyon limit değerleri ve solvent azaltma planlarıdır. Germe ve yüzeyi incelterek çekme (Draw and Wall Iron, DWI) ile üretilen metal kutu proseslerinde, solvent azaltma planlarına uygunluk sağlanacak şekilde ikame malzemeleri kullanılabilir [76, TWG, 2004].

SED limit değerleri şöyledir:

- Kurutma işlemi için atık gazlardaki VOC emisyonlarının 50 mgC/m^3'e ve coil coating uygulaması için 75 mgC/m^3'e, yayılan emisyonlar için solvent tüketiminin ise %20'ye düşürülmesi, veya
- Azaltma planı kullanılıyorsa:
  - Yiyeceklerle temas etmeyecek kutuların boyamalarında, toplam emisyon miktarının, 1 kg uçucu olmayan madde tüketimi için 0.375 kg VOC'ye düşürülmesi,
  - Yiyeceklerle temas edecek olan kutuların boyamalarında, toplam emisyon miktarının 1.165 kg VOC/kg katı madde oranına düşürülmesi.

SED Aktivitesi 10, Ahşap malzemelerin boya kaplaması

SED limit değerleri şöyledir:

- Kurutma işlemi için atık gazlardaki VOC emisyonlarının 50 mgC/m^3'e ve boya kaplama uygulaması için 75 mgC/m^3'e, yayılan emisyonlar için solvent tüketiminin ise %20'ye düşürülmesi, veya
- Azaltma planı kullanılıyorsa, toplam emisyon miktarının, 1 kg uçucu olmayan madde tüketimi için 1.0 kg VOC'ye düşürülmesi.

SED Aktivitesi 12, Ahşap malzemelerin korunması

SED limit değerleri şöyledir:

- Atık gazlardaki (kreozot içermeyen) VOC emisyonlarının 100 mgC/m^3'e ve yayılan emisyonlar için solvent tüketiminin ise %45'e düşürülmesi, veya
- Toplam VOC emisyonları için 11 kg/m^3'e,
- Azaltma planı kullanılıyorsa, toplam emisyon miktarının, 1 kg uçucu olmayan madde tüketimi için 0.75 kg VOC'ye düşürülmesi.

24.7. Efektif POCP'nin hesaplanması

Bkz. Bölüm 20.10.2.

Referanslar: Swan Eko etiketi (Swan Eko etiketi: Otomobil ve gemi koruma ürünlerinin etiketlenmesi, www.Svanen.nu) [169, Lemoine, 2006] [170, Tempany ve Lemoine, 2006].

POCP kavramı (ya da MIR gibi diğer reaktivite skalaları) solventin % 100'ünün doğrudan hava ile karşılaştığında buharlaştığı varsayımına dayanmaktadır. Bu durum bazı kimyasal maddeler için engel teşkil etmemektedir, çünkü farklı maddelerin buharlaşma oranları değişiklik göstermektedir. Nihai olarak atmosfere salınan (makul bir süre içerisinde) esas miktarın ozon oluşturma düzeyinin değerlendirilebilmesi için, maddenin relatif buharlaşma oranına (RA) karşı POCP'sine daha fazla ağırlık verilmelidir. RA maddenin buhar basıncına ve havada yayılma oranına dayalıdır ve söz konusu maddenin buharlaşma oranının, referans

maddesinin buharlaşma oranına bölünmesi ile hesaplanır. Bütil asetat referans madde olarak kullanılır.

Ancak, hesaplama işlemi uzundur ve farklı koşullardaki karışımlarda bulunan bazı maddeler söz konusu olduğunda zorlu bir süreç halini alabilir (bkz. aşağıda yer alan hesaplama kısmı).

Bu işleme yakın bir alternatif de, POCP ile (ya da başka bir reaktivite skalası ile) çarpılan buhar basıncının kullanılmasıdır. Efektif ozon oluşturma potansiyelinden (bkz. aşağıda yer alan $APOCP_e$) ayırt edilebilmesi için bu işleme, POFP, Fotokimyasal Ozon Oluşturma Ürünü adı verilir. OFP'nin Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli olduğu durumlarda, POCP genellikle aşağıdaki gibidir:

POFP = (Buhar basıncı) x (OFP)

ve:

$[POFP_1]_1$'in, Fotokimyasal Ozon Oluşturma oranı 1 = $Konsantrasyon_1$ x $(Buhar\ basıncı)_1$ x $(OFP)_1$, vs. olan 1. Maddenin konsantrasyonu (ya da kütle veya yüzdesi),

$[POFP_{total}]_{total}$'in belli bir karışımın(ya da n = 1 olduğu tek bir maddenin) içindeki n maddelerinin toplam Fotokimyasal Ozon Oluşturma Ürünü

olması halinde:

$$\sum_1^n [POFP_{total}]_{total} = \sum [POFP_1]_1 + [POFP]_2 + \ldots [POFP]_n$$

Konsantrasyonun ağırlık bakımından yüzde olarak ifade edildiği durumlarda, $POFP_{total}$ 100 ile çarpılmalıdır. Karşılaştırma için uygun bir skala elde edebilmek için, parametreler en iyi aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- kPa'da buhar basıncı (VP) (yaklaşık 0.001 – 50 kPa aralığında). Birden fazla solvent için kullanılan VP'lerin tamamı aynı sıcaklıkta gösterilmelidir
- Yüzde olarak konsantrasyon (0 – 100 aralığında)
- Eğer birim POCP ise, etilen = 100 skalası kullanılır. Bu durumda aralık 10 – 140 olur.

Hesaplama örnekleri:

Formülasyon				
	*** Xi (%)**	**VP (KPa)****	**POCP**	**POFP değeri**
Ksilen	40	0.87	110	3828
$POFP_{total}$				3828
*(Xi) formülasyondaki madde konsantrasyonu ** 20 ^oC'de				

Tablo 24.10: Efektif POCP hesaplamasına 1. örnek

Formülasyon				
	* Xi (%)	VP (KPa)**	POCP	POFP değeri
n-bütil asetat	20	1.529	27	826
Aromatize olmayan beyaz alkol	20	0.46	41	377
$[POFP_{total}]_{total}$				1203
*(Xi) formülasyondaki madde konsantrasyonu ** 20 ^{o}C'de				

Tablo 24.11: Efektif POCP hesaplamasına 2. örnek

İlgili buharlaşma oranının (RA) ve $APOCP_e$ hesaplanması

(Swan Eko etiketinden: Otomobil ve gemi koruma ürünlerinin etiketlenmesi):

Maddenin buharlaşma oranı (F) Fick'in 1. kanununa göre hesaplanabilir:

$$F = D \times (dC/dZ) \quad (I)$$

Burada:

- D, havadaki maddenin yayılma sabitidir.
- dC/dZ havayı serbest bırakacak maddenin bulunduğu alandan kaynaklanan konsantrasyon gradyanıdır ve aşağıdaki genel gaz kanunu kullanılarak hesaplanabilir:

$$dC/dZ = (P \times Mw)/(RT \times 10^6) \quad (II)$$

Burada:

- $R = 8.32\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
- T = kesin sıcaklık
- dZ = 1 cm'dir.

Yayılma sabiti $cm^2\ s^{-1}$ ise; F, $g\ cm^{-2}\ s^{-1}$ olarak ifade edilebilir.

$$RA_i = F_i/F_{bütil\ asetat}$$

Eşitlik I ve II'ye göre; bütil asetatın buharlaşma oranı (F), 20 ^{o}C'de $4 \times 10^{-6}\ g\ cm^{-2}\ s^{-1}$ olur.

Madde	RA
2 propilen glikol-1-metil eter	0.84
Izopropanol	2.5
Bütil asetat (referans)	1.0

Tablo 24.12: Bir dizi VOC için geçerli olan relatif buharlaşma oranlarına (RA) örnekler

Bir maddenin kesin ozon oluşturma potansiyelinin relatif buharlaşma oranı (RA) ile çarpımı sonucunda, efektif ozon oluşturma potansiyelinin, $APOCP_{e,}$ ölçümü elde edilir:

$$APOCP_{e,i} = APOCP_i \times RA_i$$

Örnek hesaplama. $APOCP_{e,\ izopropanol}$'ün A ortamında belirlenmesi

$$APOCP_{e,\ izopropanol} = 0.06 \times 2.5 = 0.15$$

Madde	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
2 propilen glikol-1-metil eter	0.08	0.18	0.12	0.18	0.52
Izopropanol	0.15	0.38	0.25	0.4	1.2
VOC referansı	0.11	0.27	0.17	0.27	0.84

Tablo 24.13: Beş farklı ortam olan A, B, C, D ve E'de bir dizi VOC ve bir referans VOC'si için geçerli olan $APOCP_e$ örnekleri

APOCP bir önceki hesaplamadaki POCP ile aynı sayıdır.

24.8. İklim değişikliğinin marjinal sosyal maliyeti

Son zamanlarda yayınlanan bir rapor [116, AEA ve diğerleri, 2005] Avro/t CO_2 olarak ifade edilen iklim değişikliğinin sosyal maliyetleri hakkındaki mevcut görüşleri değerlendirmektedir. Son zamanlarda yapılan bir değerlendirmeye göre ortalama maliyetin, 96/t CO_2'nin % 95'i için 25 Avro/t CO_2 olduğu belirtilmiştir. Diğer çalışanlar ise bu alandaki rakamları Avro <12 ila <20/t CO_2 olarak ifade etmişlerdir. Söz konusu rapor bu rakamların piyasa etkilerine dayandığını ve daha geniş çapta sosyal konuları ve iklimsel sıcaklık artışlarının neden olabileceği yıkıcı etkileri göz ardı ettiğini ortaya koymaktadır. Sözü edilen sosyal konuların ve iklimsel etkilerin belirlenmesi ve maliyetleri üzerinde fikir birliğine varılması da güçtür.

İstikrarın sağlanması için üretilen farklı senaryoların maliyetleri de farklıdır:

- İklimsel sıcaklık artış hızının düşük olması: Avro <15/t CO_2
- İklimsel sıcaklık artış hızının yüksek olması: Avro 30 – 140/t CO_2

Ancak, raporda [116, AEA ve diğerleri, 2005] bu alanlara değinilmiş ve 2002 yılı için tahmini rakamlar şöyle belirlenmiştir:

- Avro 15/t CO_2 değeri ile daha düşük Avro sınırı
- Merkezi örnek tahmin olan Avro 20 – 25/t CO_2 değerinin 2020'ye kadar 30 Avro/t CO_2'ye çıkması.
- Avro 80/t CO_2 ile daha yüksek merkezi tahmin değeri.

Bu verilerden yola çıkılarak, CAFE (bkz. ECM REF [97, EIPPCB, 2005]) için belirlenen fayda maliyeti değerlendirmesinden alınan bir ton VOC emisyonu başına düşen marjinal hasar ile karşılaştırılmak üzere, bu doküman için Avro 30/t CO_2 oranında bir merkezi çalışma tahminine ulaşılmıştır.

Bu konu siyasi ilgi ve kararlılıkla olduğu kadar sürekli ekonomik kalkınma ile de yakından ilgilidir, bkz. Stern'in Çevresel Ekonomi Değerlendirmesi, [176, Stern, 2006]. Bu anlamda, diğer çevresel etkilere değil de (marjinal sosyal maliyetlerin, temel etkileri ve özellikle de sağlık ile ilgili etkileri tamamıyla kapsadığı, VOC ile ilgili etkiler gibi), iklim değişikliği ile ilgili daha geniş kapsamlı sosyal konulara ve yıkıcı etkilere eğilen bir yaklaşım sergilenebilir. Bu faktörler t CO_2 başına düşen sosyal maliyetleri büyük ölçüde arttırmaktadır.

24.9. Atık gaz arıtma tekniklerinin emisyon giderme verimlilikleri

[148, TWG, 2006] [183, Verspoor ve TWG, 2006]

Boru sonu teknikleri: Tanımlar ve uygulanabilirlik ile ilgili görüşler

Aşağıdaki tanımlar ve uygulanabilirliğe dair görüşler yalnızca genel bir bakış sunmak amacıyla verilmiştir. Daha fazla bilgi için bu dokümanın 20 no'lu Bölüm'ündeki ilgili bölümlere bakınız. Uygun azaltma tekniğinin seçilmesi konusunda bu ekteki bilgiler tek başlarına yeterli olamaz.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Termal oksidasyon Artık gazlar doğal gaz yakılarak ısıtılır. Enerji tüketiminin azaltılması için ısı geri kazanımı yapılmasına dair bir girişim söz konusu değildir.	Sermaye yatırım gereksinimi en düşük olan, en basit oksidasyon tekniğidir. Ototermik operasyon sadece % 25 LEL'in üzerindeki konsantrasyon seviyelerinde mümkündür. Ana fan tarafından tüketilen elektrik enerjisi miktarının en düşük olduğu oksidasyon tekniğidir. Gaz relatif tüketimi en yüksek olan tekniktir. En basit teknik olduğundan, bakım gereksinimi nispeten düşüktür ve aksama süresi de çok kısadır. Çalışmaya başlama hızı (0.5 – 1 saat) yüksektir, ancak sabit operasyon sıcaklığı gerektirir. Oksidasyondan önce organik olmayan tozların temizlenmesi (<3 mg/m^3 düzeyine) gerekir, ancak bu teknik diğerlerine göre tozu daha iyi tolere eder.	Fasılalı kullanım içindir (haftada birkaç gün; çok değişken hava akışları; tek vardiya sistemi, vs.) Operasyonel maliyetlerden ziyade, sermaye maliyetlerinin gözetildiği durumlarda ya da çok amaçlı üniteler için diğer azaltma teknolojileri ile birlikte veya 2000 m^3/saat'ten daha düşük olan hava hacimleri ile kullanılır. 5 – 16 g/m^3 arasındaki konsantrasyonlarda, atık gazın emme sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda, gaz akışının ve solvent konsantrasyonlarının nispeten sabit olduğu durumlarda kullanılır. LEL'in üzerindeki konsantrasyon seviyelerinde de operasyon yapılması mümkündür.
Reküperatif oksidasyon Termal oksidasyona benzeyen, ancak gelen atık gazlara egzoz gazından elde edilen ısı ile ön ısıtma yapan bir ısı değiştirici bulunduran oksidasyon tekniğidir. Reküperatif oksidasyon ile gaz tüketimi azaltılır, ancak ısı değiştiricinin yatırım maliyeti yüksektir.	Maksimum verimlilikte (yaklaşık % 76) çalışan bir ısı değiştirici ile ototermik operasyonlar yapılması, yaklaşık 10 g/m^3 (etil asetat ya da etanol) ya da daha fazla olan solvent konsantrasyonları ile mümkündür. Ototermik konsantrasyon solventin kalori değerine bağlıdır. Ana fan için gereken elektrik enerjisi termal oksidasyonda olduğundan daha fazladır. Gaz tüketimi ise daha azdır. Basit bir oksidasyon tekniğidir, ancak çok fazla çelik kullanımı gerektirdiğinden yatırım maliyeti nispeten daha yüksektir. Neredeyse hemen çalışmaya başlar (0.5 – 1 saat). Solvent giderme verimliliği ısı değiştiricinin mekanik olarak sağlamlığına bağlı olan maksimum operasyon sıcaklığı nedeniyle kısıtlanmaktadır.	Fasılalı kullanım içindir (tek ya da çift vardiya sistemlerinde), ancak gaz tüketimindeki azaltma oranının bu teknik için tüketilen ek sermaye ve elektrik enerjisine değeceği durumlarda kullanılır. Ototermik operasyonun mümkün olduğu durumlarda kullanılır, ancak fazla enerji tesiste, rejeneratif oksidasyona alternatif olacak şekilde kullanılamaz.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
	Isı değiştiricinin kullanım ömrü sınırlıdır, ayrıca korozyona ve termal strese karşı bu cihaza kapsamlı bakım yapılması gerekir. Isı değiştiriciler tüplerde toz birikmesi nedeniyle kolaylıkla tıkanabilir ve kısmi tortulanma, artan yatırım ve çalıştırma maliyetleri nedeniyle verimlilik azalır. Ancak, bu teknik diğerlerine göre tozu daha iyi tolere edebilir ve tıkanmaları temizlemek için geliştirilmiş teknikler (hava üfleme, zincir temizleme, top düşürme, vs.) vardır.	
Katalitik oksidasyon Oksidasyon sıcaklıkları daha düşük olup, yaklaşık 280 – 450 ^{o}C'dir (yaklaşık 800 ^{o}C yerine). Genellikle bir ısı değiştirici bulunur. Gaz tüketimi azaltılır, ancak katalizörler ve ısı değiştiriciler yatırım maliyetini arttırır. Katalizörlerin bakımdan geçmesi ve zaman zaman yenisiyle değiştirilmesi gerekir ve bu da operasyonel maliyeti ve aksama sürelerini arttırır.	Verimli bir ısı değiştirici kullanıldığında (mümkün olan maksimum verim oranı yaklaşık % 87'dir), ototermik operasyonlar solvent konsantrasyonunun yaklaşık 5 g/m^3 ya da daha fazla olduğu (solventin kalori değerine göre değişir) durumlarda mümkündür. Katalizörün mümkün olan maksimum sıcaklığının belli bir derecede kalması, emme konsantrasyonunu yaklaşık 8 g/m^3 ile sınırlandırır. Ana fan için gereken elektrik enerjisi, termal oksidasyona göre daha yüksektir. % 25'in altındaki LEL değeri için gaz tüketimi, reküperatif oksidasyona göre daha düşüktür. Katalizör kullanılması, bu tekniğin pek de basit olmayan bir oksidasyon tekniği olmasına neden olur, ancak yatırım maliyeti nispeten düşüktür. Neredeyse hemen çalışmaya başlar (katalizörün ön ısıtma işlemi için 1 saat), ancak sık sık kapatılması katalizör taşıyıcısına zarar verebilir. Katalizör, bakım gerektirir ve bu da aksama süresini arttırır. Bazı solventler ya da toz partikülleri katalizörü zehirler ve pahalı olan katalizörün erken yenilenmesine yol açar. Kullanılan katalizörün tehlikeli atık olarak bertaraf edilmesi gerekebilir, ancak katalizör malzemesi genellikle geri dönüştürülebilir. Atık gazdaki toz ve damlacıklara karşı çok hassastır. Emme konsantrasyonundaki değişikliklere karşı da hassastır.	Oksitlenecek olan tüm solventlerin katalizörü zehirlemediğinden emin olunduğu ve emme sıcaklığının katalizör için çok yüksek olmadığı durumlarda kullanılır. Ototermik operasyonun mümkün olduğu durumlarda kullanılır, ancak fazla enerji tesiste, rejeneratif oksidasyona alternatif olacak şekilde kullanılamaz.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Rejeneratif oksidasyon: 2 yataklı Oksitleme odası iki seramik yatak arasına konur. Atık gaz, oksitleme odasına girmeden ve buradan da diğer yatağa geçmeden önce ilk yataktan geçer. Atık gaz akışının yönü, her 1 – 5 dakikada bir değiştirilir. Yataklardan birinde, atık gaza ön ısıtma işlemi uygulanır; diğerinde de egzozdan gelen ısı biriktirilir. Geçiş sırasında birkaç saniye boyunca solvent yüklü atık gaz açığa çıkar. Yakıt tüketimini büyük ölçüde azaltır. Seramik yataklardaki direncin yüksek olması nedeniyle, elektrik enerjisi gereksinimini arttırır.	Verimli bir ısı değiştirici kullanıldığında (mümkün olan maksimum verim oranı yaklaşık % 96'dır), ototermik operasyonlar solvent konsantrasyonunun 2 g/m^3 ya da daha fazla olduğu (solventin kalori değerine göre değişir, örn. etil asetat için 2.2 g/m^3) durumlarda mümkündür. Ancak, duraklama periyotlarından sonra ön ısıtma yapılması önemli düzeyde gaz tüketimine yol açabilir. Seramik yataklardaki yüksek basınçtan dolayı, ana fan için gereken elektrik enerjisi miktarı diğer oksitleyiciler için gerekenden daha fazladır. Atık gazdaki solvent konsantrasyonunun ototermik konsantrasyondan daha yüksek olduğu durumlarda, fazla ısı ortaya çıkar. Bu ısı geri kazanılabilir. Fazla ısının sürekli olarak geri kazanılmadığı ve konsantrasyonların değişken olduğu durumlarda, ısı değiştiricinin verimliliğinin düşürülmesi gerekir. Bunun nedeni yüksek konsantrasyonların ortaya çıkması halinde seramik yatakların fazla ısınmasının önlenmesidir. Bu da ototermik konsantrasyonun artmasına ve solvent konsantrasyonlarının düşük olduğu periyotlarda doğal gaz eklenmesi ihtiyacının ortaya çıkmasına neden olur. Hava akışının yönünün aralıksız olarak değiştirilmesi için gerekli olan karmaşık sensörler ve büyük valfler, ekipmanın karmaşık olduğunun ve vasıflı personele gereksinim duyulduğunun göstergesidir. Diğer oksidasyon tekniklerine göre, bakım maliyeti ve aksama süreleri daha fazladır. Her yıl ya da iki yılda bir yapılan bakımdan kaynaklanan aksama süresi 2 – 3 gündür. Duraklama sırasında seramik yataklar soğuduğu için, çalıştırılmadan önce ön ısıtma yapılması gerekir. (36 saatlik bir duraklamadan sonra, 1 – 2 saat ön ısıtma yapılması gerekir). Atık gaz akışının yönünün değiştirilmesi sırasında salınan emisyonlardan dolayı, emisyon giderme verimliliği 3 yataklı sisteme (bkz. aşağıdaki bölüm) göre biraz daha düşüktür. Kısa süre için ortalaması alınan ve mgC/m^3 şeklinde ifade edilen EoP emisyon limitlerinin söz konusu olduğu durumlarda, atık gaz akışının yönünün değiştirilmesi sırasında salınan emisyonlar, emme konsantrasyonunun 3 g/m^3'ün üzerinde olması halinde, limit değerlerini aşan ortalama çıkış konsantrasyonuna neden olabilir. Rejeneratör çabucak tozla tıkanır. Düşük toz konsantrasyonları ile sistem çalışmaya devam edebilir, ancak rejeneratif yatakların yapısında değişiklik yapılması (structured packing, semer yerine petek panellerin kullanılması) gerekir. Bu da maliyet ve verimliliğin de değişmesi anlamına gelir.	Özellikle, atık gazdaki solvent konsantrasyonların ototermik konsantrasyonun üzerinde olduğu ve solvent konsantrasyonlarının çok fazla değişmediği kesintisiz ya da neredeyse kesintisiz olan operasyonlarda kullanılır.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Rejeneratif oksidasyon: 3 yataklı Prensipte iki yataklı sistem ile aynıdır. Üçüncü yatak, atık gaz akışının yönünün değiştirilmesi sırasında solvent yüklü hava emisyonunu önlemek içindir.	(2 yataklı sisteme benzer). 2 yataklı sistemden yaklaşık % 25 daha fazla yatırım yapılmasını gerektirir. Emisyon seviyelerini daha düşük düzeye indirir. Ön ısıtma maliyetlerini arttırır. Arındırma amacıyla daha büyük fanlar kullanıldığı için, elektrik tüketimi yaklaşık % 10 daha fazladır. Atık gaz akışının yönünün değiştirilmesi sırasında çıkan emisyonların engellenmesinden dolayı, solvent giderme verimliliği 2 yataklı sisteme göre biraz daha yüksektir. Yapışkan özellikteki partiküllerin giderilmesi için online yakma da yapılabilir.	(2 yataklı sisteme benzer). 1 – 12 g/m^3 arasındaki konsantrasyonlarda, özellikle de üretim süresi boyunca konsantrasyonda değişiklikler olduğu zamanlarda kullanılır. Atık gazdaki solvent konsantrasyonlarının ototermik konsantrasyonun bir hayli üzerinde olduğu, büyük ölçekli, kesintisiz operasyonlar için uygundur. Elde edilen emisyon azaltma oranının bu teknik için yapılan ek yatırıma ve operasyonel maliyetlere değeceği durumlarda kullanılır.
Diğer oksidasyon teknikleri (Solvent giderme verimliliklerinin hesaplanmasına dahil edilmemişlerdir)		
Proses ısıtıcı Arıtılacak olan atık gaz, yakma havası ya da ek yakıt olarak mevcut bir ısıtıcıya (örn. kaynatıcıya) gönderilir.	Uygun bir ısıtıcının bulunması, çalışır halde olması ve ortaya çıkan tüm atık gazı alabilecek kapasitede olması gerekir.	
Alevsiz oksitleyici Yakma ünitesinin ön kısmının seramik dolguda, önceden belirlenmiş bir pozisyonda tutulduğu dolgu yataklı oksitleyicidir.	Termal ve rejeneratif oksitleyiciler arasında yer alan bir ara sistemdir. Atıl durumda iken, yakıt gereksinimi düşüktür. Yakma sıcaklığı nispeten düşüktür (800 – 850 ^{o}C). Toza karşı hassastır.	
Tek yataklı rejeneratif oksitleyiciler Atık gaz akışının yönü iki ya da üç yerine tek yatak üzerinde değişir.	Genellikle kapasitesi düşük sistemlerde kullanılır.	
Adsorpsiyon (katı maddeye)		

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Rejeneratif karbon adsorpsiyonu Düşük sıcaklıktaki atık gazlar aktif karbon yatağından geçirilir. Solvent aktif karbona tutunur. Karbon solvente doyduğunda, atık gaz ikinci bir karbon yatağına gönderilir. Doygun yatak ısıtma yoluyla desorbe edilir. Isı sayesinde solventler karbondan o kadar yüksek konsantrasyon ile ayrılır ki, ayrılma işleminden sonra kolaylıkla yoğunlaşabilir.	Desorpsiyon işlemi çok az oksijenin bulunduğu ya da hiç oksijenin bulunmadığı ortamlarda yapılmalıdır. Solventin yoğunlaştırılmasından sonra, geri kazanılan solventlerin tekrar kullanıma hazır hale getirilmesi için karmaşık teknikler gerekebilir. Bu teknikler geri kazanılan solvente bağlı olarak değişir. Bazı örnekler: Tolüen ve ksilenin kullanıldığı durumlarda, buhar ile desorpsiyon yapılır ve az miktarda yoğunlaşma yeterli olur. Etil asetatta ise desorpsiyon nitrojen ile yapılır. Ortaya çıkan yan ürünlerin, asetik asit, etanol ve uçuculuk oranı düşük olan solventlerin giderilmesi için moleküler süzgeçler ile su alma ve bunu izleyen birkaç damıtma işleminin yapılması gerekir. Solventlerin adsorpsiyon özellikleri çok farklı olduğu için, adsorplayıcının boyutu (ve dolayısıyla yatırım ölçeği, enerji ve inert gaz tüketimi) solvent türü tarafından belirlenir. (Örnekler: Tolüen ve ksilen nispeten 'küçük' adsorplayıcıların kullanılmasını gerektirir. Etanol ise etil asetattan % 25 daha büyük bir adsorplayıcı gerektirir). Bazı solventler aktif karbonla reaksiyona girerek yangına neden olabilir. MEK de bunlardan biridir, ancak bu reaksiyonları önleme ve MEK'i güvenli bir şekilde geri kazanma teknikleri de mevcuttur. Uçuculuk oranı düşük olan bazı solventler aktif karbona daimi olarak tutunabilir ve böylece karbonun adsorpsiyon kapasitesini çabucak azaltarak, erken değiştirilmesine neden olabilir. Aktif karbon, suyu da etkin bir biçimde adsorbe eder. Bu nedenle nem oranı yüksek olan atık gaz akışlarının kullanılması uygun değildir. Oksidasyona kıyasla, yatırım maliyeti ve operasyonel maliyetler çok daha yüksektir. Daha ziyade solvent yükünün yılda 1000 tondan daha az olduğu durumlarda görülür. Hareket eden karbon yataklarının kullanıldığı alternatifler de mevcuttur, ancak yaygın olarak kullanılmamaktadır. Aktif karbon yataklarının direncinin daha yüksek olması nedeniyle, ana fan için gerekli olan elektrik enerjisi, oksitleyicilerde olduğundan daha yüksektir.	Yalnızca geri kazanılan solventin tesis içinde tekrar kullanılacağı ya da 'temiz' solventlerin piyasa değerinden daha düşük fiyatla satışının yapılacağı durumlarda uygulanmalıdır. (Geri kazanılan solventin satılması orijinal fiyatının % 50'sinden fazla bir gelir getirmez). Birkaç yüz ton tolüenin ya da ksilenin tek solvent olarak kullanıldığı durumlarda, bu tekniğin kullanımı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tekniğin kullanımının makul bir seçenek olabilmesi için, diğer solventlerde tüketimin daha fazla olması gerekir. Özellikle de birkaç farklı solventin karıştırıldığı durumlarda, bu tekniğin başarılı bir biçimde kullanılabilmesi için, çok sayıda problemin çözülmesi gerekir. Ancak, uygulama ile ilgili bu tür problemlerin çoğunun çözümü için teknikler mevcuttur. Elde edilen sonuç ise, çok karmaşık ve pahalı olabilir.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
	Aktif karbonun patlamasının önlenmesi için, hava akış hızı düşük olan yüksek yer değiştirme işlemi yapılması gerekir. Karmaşık ekipmanlar, özel eğitim almış teknik personelin çalıştırılmasını gerektirir. Operasyonlar çok güvenilir niteliktedir ve aksama süreleri çok kısadır. Oksidasyona kıyasla maliyetlerin yüksek olması ve geri kazanılan solventlerin piyasa değerinin düşük olması, bu solventlerin tekrar kullanımının tesis içinde yapılmasını beraberinde getirir. Solventlerin geri kazanımı ancak bu şekilde makul bir seçenek olur. Oksidasyon ile geri kazanım arasındaki başa baş noktası, geri kazanılan solventin fiyatına ve uygulanması gereken tekniklere bağlıdır. Tolüen ve ksilen için 100 t/yıl'dan başlayan solvent tüketimlerinde geri kazanım oksidasyondan daha ucuz olabilir. Etil asetat, MEK ve etanolde oksidasyonla başa baş noktasının yakalanabilmesi için yıllık 500 – 1000 ton tüketim yapılması gerekir. İnorganik toz konsantrasyonlarının yüksek olduğu durumlarda kullanılmaz.	
Polimer adsorpsiyonu Düşük sıcaklıktaki atık gazlar, özel polimerlerden oluşan hareketli gren yataklarından geçirilir. Solvent polimere tutunur. Doygun hale gelen polimer ısıtma yoluyla desorbe edilir. Isı sayesinde solventler polimerden o kadar yüksek konsantrasyon ile ayrılır ki, ayrılma işleminden sonra kolaylıkla yoğunlaşabilir.	Desorpsiyon işlemi sıcak hava ile yapılır. Kazaların önlenebilmesi için konsantrasyonlar en yüksek patlama limitinin üzerinde tutulur. Solventin yoğunlaştırılmasından sonra, geri kazanılan solventin kullanıma hazır hale getirilebilmesi için, karmaşık tekniklerin uygulanması gerekir. Bu teknikler geri kazanılan solvente göre değişir. Solventlerin adsorpsiyon özellikleri çok farklı olduğundan, gereksinim duyulan polimer miktarı da büyük ölçüde solventin türü tarafından belirlenir. Polimer, ekipmanın en maliyetli kısmını oluşturduğundan (aktif karbon maliyetinin 10 – 20 katı), bu tekniğin kullanımı yalnızca solvent miktarının çok düşük olduğu durumlarda uygundur. Polimerler suyu absorbe etmediğinden, sistem nem oranı yüksek atık gazlar için kullanılabilir. Ayrıca geri kazanılan solventin suyunun alınmasına da gerek kalmaz. Ekipman çok basittir. Polimerin patlamasının önlenebilmesi için, hava akış hızı düşük olan yüksek yer değiştirme fanlarının kullanılması gerekir. Operasyonlar çok güvenilir niteliktedir ve çok kısa aksama süreleri elde edilebilir. İnorganik toz konsantrasyonlarının yüksek olduğu durumlarda kullanılmaz.	Bu dokümanın kapsamına giren endüstrilerde başarılı bir şekilde uygulandığına dair veri mevcut değildir.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Diğer adsorpsiyon teknikleri (Solvent giderme verimliliklerinin hesaplanmasına dahil edilmemişlerdir)		
Yağ ile temizleme VOC giderme verimliliği genellikle nispeten düşüktür. Çoğunlukla inorganik emisyonların ya da kokunun azaltılması için kullanılır.		
Soğuk emme (coolsorption) Soğutulmuş absorplayıcı ile temizleme. Absorpsiyon ile yoğunlaştırmayı bir araya getirir.		
Su ile temizleme Birkaç çeşit su ile temizleme tekniği vardır. Atık gazlar su perdesinden veya su buğusundan geçirilir. Özellikle damlacık ve tozların giderilmesi için uygun bir tekniktir. Atık su arıtımı gerekir.		Suda çözünebilen VOC'ler ile kullanılabilir.
Yoğunlaştırma		
Dış ortam sıcaklığında, inert gaz kurutucu kullanılmadan yoğunlaştırma (Solvent giderme verimliliklerinin hesaplanmasına dahil edilmemişlerdir). Atık gazlar, donma noktasının üzerindeki sıcaklıklara kadar soğutulur. Uçuculuk oranı düşük olan solventler yoğunlaşır. Ancak, uçuculuk oranı yüksek olan solventler etkin bir şekilde yoğunlaşmaz.	Ekipman çok basit olup, pahalı değildir. Operasyon maliyetleri ile ilgili bilgi mevcut değildir.	Bu dokümanın kapsamına giren endüstrilerde başarılı bir şekilde uygulandığına dair veri mevcut değildir
İnert gaz kurutucu kullanımıyla yoğunlaştırma İnert gaz (genellikle nitrojen) içeren kapalı bir kurutma sisteminde, solvent konsantrasyonunun m^3'te birkaç yüz grama kadar çıkmasına izin verilir. İnert gaz, solventlerin bir bölümünün neredeyse oda sıcaklığında yoğunlaştığı bir yoğunlaştırıcıdan geçirilir. Solvent içeriği azaltılmış olan inert gaz, kurutucuya geri döner.	Kullanılan kurutucular geleneksel kurutuculardan daha pahalıdır. Operasyonel maliyetler, büyük ölçüde, kullanılan nitrojen miktarına bağlıdır. Nitrojen çoğunlukla kurutucunun, örneğin iş değişikliği sırasında, açılması gerektiği zaman kullanılır. Solvent karışımlarının kullanıldığı durumlarda, geri kazanılan solventin kullanıma hazır hale getirilebilmesi için, karmaşık tekniklerin uygulanması gerekebilir. Kurutucunun mümkün olduğunca kapalı tutulması gerektiği için, bu teknik yalnızca giriş ve çıkışlarda önemli sızıntılara neden olmadan kurutucudan geçirilebilecek ince, düz maddelerin kurutulmasında kullanılabilir.	Bu teknik yalnızca kurutucunun birkaç gün boyunca açılmasının gerekli olmadığı durumlarda kullanılır.

Boru sonu azaltma tekniği ve tanımı	Uygulanabilirlik koşulları	Şu durumlarda kullanılabilir:
Yoğunlaştırıcı genellikle, kurutucu sisteminin tamamen doldurulması için de gerekli olan likit nitrojen ile soğutulur.		
Diğer adsorpsiyon teknikleri (Solvent giderme verimliliklerinin hesaplanmasına dahil edilmemişlerdir)		
Soğutma ile yoğunlaştırma Atık gaz 0 ^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda yoğunlaştırılır. Buzlanma ortaya çıkar ve düzenli buz çözme işlemi yapılması gerekir. Bu amaçla genellikle iki yoğunlaştırıcı kullanılır. 0 ^{o}C'nin üzerindeki yukarı akım yoğunlaştırma adımı, atık gazdaki su içeriğini azaltır.	Yoğunlaştırma sıcaklığının düşük olmasının gerektiği durumlarda, çalıştırma maliyetleri yüksektir.	Çoğunlukla yüksek maliyetli solventlerin geri dönüştürülmesinde kullanılır. Yüksek yoğunluktaki düşük hava akışlarında kullanılır.
Kriyojenik yoğunlaştırma Genellikle likit nitrojen kullanılarak çok düşük sıcaklıklarda yoğunlaştırma yapılır.		Çoğunlukla yüksek maliyetli solventlerin geri dönüştürülmesinde kullanılır. Yüksek yoğunluktaki düşük hava akışlarında kullanılır.
Biyolojik		
Biyolojik arıtma (Solvent giderme verimliliklerinin hesaplanmasına dahil edilmemişlerdir). Atık gaz, VOC'lerin bakteriler tarafından adsorbe edilerek bertaraf edildiği (katalizlendiği) bir organik malzeme yatağından geçirilir.	Ekipman basit olup, pahalı değildir. Ancak, hava akış hacminin fazla olması halinde çok fazla yer gerektirir. Atık gazın kompozisyonunun değiştirilmesi ya da tatil dönemlerinde beslemenin yetersiz oluşu gibi nedenlerle, bakteriler kolaylıkla ölebilir. Bu da filtre verimliliğini etkiler. Operasyon maliyeti ile ilgili bilgi mevcut değildir.	Düşük konsantrasyonlu atık gaz akışları için uygundur. Biyolojik olarak çözünebilen ve tercihen suda çözünebilen bileşenlerde kullanılır. Koku problemlerine yol açabilir.

Tablo 24.14: Atık gaz azaltma teknikleri

Solvent giderme verimlilikleri

Aşağıda yer alan Tablo 24.16 ve Tablo 24.17 oksidasyon tekniklerinin ve aktif karbon ile solvent geri kazanımının solvent giderme verimliliklerini vermektedir. Diğer teknikler için de benzer tablolar yapılabilmesi için yeterince veri bulunmamaktadır.

Giderme verimliliği aşağıdakilere bağlıdır:

- Solvent molekülünün karbon içeriğine
- Ortalama emme konsantrasyonuna
- Ortalama çıkış konsantrasyonuna
- Operasyon sıcaklığına (bkz. aşağıda yer alan teknik not).

Tablodaki renkli bölümler oksidasyondan ya da solvent geri kazanımından elde edilmesi beklenen giderme verimlilikleridir.

Bu bölümlerin alt kısımları düşük emme konsantrasyonlarına karşılık gelmektedir.

Solvent geri kazanımı için atık gazlarda elde edilebilecek solvent konsantrasyon düzeyi, oksidasyondakinden daha yüksek olabilir. Bu nedenle solvent giderme verimliliği de düşer.

Oksidasyon verimliliği

VOC oksidasyonunun verimliliği üç parametreye bağlıdır:

a) Türbülans: Atık gazların yakma odasında tam anlamıyla dolaşıp karışmasıdır.
b) Süre: Atık gazların yakma odasında geçirmesi gereken minimum süredir (genellikle 1 saniye).
c) Sıcaklık: Yakma odası operasyon sıcaklığı (genellikle 720 – 850 ^{o}C).

(a) ve (b) noktaları imalatçı tarafından belirlenen tasarım parametreleridir. (c) noktası (yakma odasının sıcaklığı) ise, operatörün düzenleme yapabileceği tek parametredir. Ancak, VOC giderme verimliliğini arttırmak için çalışma sıcaklıklarının yükseltilmesi sonucunda daha fazla enerjiye ve daha yüksek NO_x seviyelerine ihtiyaç duyulabileceği unutulmamalıdır.

İnorganik toz

Bu teknikler inorganik toza karşı değişen seviyelerde hassasiyet göstermektedir. Bunlardan bazıları toza karşı çok hassas, bazıları ise daha az hassastır ya da bu duruma adapte olabilmektedir. İnorganik toz, tekniğin verimliliğini ve/veya işlenen gaz miktarını (hava akışına karşı daha yüksek direnç) ve bakım miktarını etkileyebilir. Bu nedenle, inorganik toz içeren atık gazlara adaptasyon işlemi, sermaye ve işletim maliyetleri üzerinde etkili olabilir.

Hesaplamalar

VOC giderme verimliliği % 100 oranındadır. Ancak azaltma ekipmanındaki kullanılmış karbonun yüzdesi bu orandan düşülmelidir. Kullanılmış karbonun yüzdesi, 24 saatlik ortalama çıkış konsantrasyonunun 24 saatlik ortalama emme konsantrasyonununa bölünmesi ile hesaplanır. Bu hesaplama için, emme konsantrasyonu g/m^3 cinsinden ifade edilir ve solventin

karbon içeriğinin yüzdesi ile çarpılır. Çıkış konsantrasyonu ise m^3 başına mg karbon olarak ifade edilir.

24 saatlik ortalama çıkış konsantrasyonları, günümüzde EoP emisyon limit değerlerine tabi olan, tesis deneyimlerine bağlıdır. Uygunluğun sağlanabilmesi için, 24 saatlik gerçek ortalama çıkış konsantrasyonlarının, daima EoP emisyon limit değerlerinden düşük olması sağlanmalıdır.

Ayrıca, gerçek EoP konsantrasyonunun tesisteki üretim koşullarına göre gün boyunca büyük ölçüde değişebileceği de dikkate alınmalıdır.

Karbon içeriği

Solventin karbon içeriği kimyasal bir formül ile belirlenebilir. Bu durumun basit bir şekilde ifade edilebilmesi için, Tablo 24.15, 24.16 ve 24.17'de dört kategori verilmiştir.

Solvent grubu	Ortalama karbon içeriği (%)	Kimyasal solvent grupları
1. grup	% 55.0	Alkol, glikol eter, glikol, eter ester
2. grup	% 65.0	Ester, eter, keton
3. grup	% 85	Hidrokarbon
4. grup. Kendi grubundaki diğer kimyasallara kıyasla, karbon içeriği istisnai olarak düşüktür.	% 37.5	Metanol
	%48.6	Metil asetat

Tablo 24.15: Yaygın olarak kullanılan solventlerin kimyasal grupları ve karbon içerikleri

Giderme verimliliği ve BAT

Tablo 24.16 ve Tablo 24.17 oksidasyon ve solvent geri kazanımı (aktif karbon adsorpsiyonu) ile ile ilgili solvent giderme verimliliklerini sunmaktadır. Bu tablolarda verilen değerlere uygun sonuçlar elde edilmesi BAT'ın uygulanması anlamına gelmez.

BAT'ın uygulanması ile ulaşılabilecek emisyon seviyeleri bu dokümanın 21 no'lu Bölüm'ünde endüstrilere özgü bölümlerde verilmektedir. BAT ile ilgili bu emisyon değerleri daima hem boru sonu emisyonları hem de kaçak emisyonlar için geçerlidir.

Örneğin BAT ile ilgili bu emisyon değerinin, solvent tüketiminin % 10'u olduğu ve kaçak emisyonların da solvent tüketiminin % 5'ini oluşturduğu durumlarda, azaltma ekipmanının giderme verimliği % 95 olur.

Azaltma ekipmanının seçiminde, ekipmanın, emisyonların BAT ile ilgili emisyon değerlerine ulaşılacak düzeyde indirgenmesini sağlamanın yanı sıra, önlenemeyen kaçak emisyonlar için de pay bırakacak bir ekipman olmasına dikkat edilmelidir.

Giderme verimliliği ve boru sonu emisyon limit değerleri

Solvent Emisyonları Direktifi ve benzer ulusal mevzuatlar boru sonu (EoP) emisyon limit değerleri belirleyebilir. Bu değerler endüstrilere göre değişebilir. Tablo 24.16 ve Tablo 24.17'de verilen giderme verimliliklerinin alt kısımlarındaki değerlere ulaşılması, bu emisyon limit değerlerine (ELV'ler) ulaşılmasını sağlamayabilir. Aslına bakılırsa, bazı çok düşük emisyon limit değerlerine ulaşılması, tablolarda verilen en yüksek değerden daha yüksek

giderme verimliliklerinin yakalanmasını gerektirebilir. Buna örnek olarak Solvent Emisyonları Direktifi'nin 5.6 no'lu Maddesi'nde sözü geçenler gibi solventlerin (karsinojen, mutajen ya da yeniden kullanım için toksik) kullanıldığı durumlar verilebilir.

Oksidasyon	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
1. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Oksidasyon	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
2. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Oksidasyon	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
3. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Oksidasyon	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
Metanol	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Oksidasyon	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
Metil asetat	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										

Tablo 24.16: Oksidasyon tekniklerinin giderme verimliliği

Aktif karbon geri kazanımı	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
1. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Aktif karbon geri kazanımı	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
2. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Aktif karbon geri kazanımı	**Giderme verimliliği**	**% 75**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
3. Grup solventler	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Aktif karbon geri kazanımı	**Giderme verimliliği**	**% 60**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
Metanol	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										
Aktif karbon geri kazanımı	**Giderme verimliliği**	**% 60**	**% 80**	**% 85**	**% 90**	**% 92.5**	**% 95**	**% 97.5**	**% 99.0**	**% 99.5**	**% 99.9**
Metil asetat	0.5 – 1.0 g solvent/m^3										
Emme konsantrasyonu	1.0 – 2.0										
	2.0 – 6.0										
	6.0 – 12.0										

Tablo 24.17: Aktif karbonla solvent geri kazanımının giderme verimliliği