



**KOLTUK ÜRETİMİ YAPAN BİR OTOMOTİV YAN
SANAYİNİN KATAFOREZ DEPARTMANINDA TEMİZ
ÜRETİM UYGULAMASI**

Merve UYKAN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOLTUK ÜRETİMİ YAPAN BİR OTOMOTİV YAN SANAYİNİN
KATAFOREZ DEPARTMANINDA TEMİZ ÜRETİM UYGULAMASI**

Merve UYKAN

Doç. Dr. Taner YONAR

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Merve UYKAN tarafından hazırlanan "KOLTUK ÜRETİMİ YAPAN BİR OTOMOTİV YAN SANAYİNİN KATAFOREZ DEPARTMANINDA TEMİZ ÜRETİM UYGULAMASI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Taner YONAR

Başkan : Doç. Dr. Taner YONAR
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Feza KARAER
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üys. Aşkın BİRGÜL
Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri-
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza
İmza
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

İmza

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

27.12.2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/02/2019

Merve UYKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOLTUK ÜRETİMİ YAPAN BİR OTOMOTİV YAN SANAYİNİN KATAFOREZ
DEPARTMANINDA TEMİZ ÜRETİM UYGULAMASI

Merve UYKAN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Taner YONAR

Gelişen teknolojiyle birlikte çevresel sorunlar ve beraberinde çevresel etkileri artmaktadır. Bu kapsamda çevresel etkileri minimize edecek uygulamalar geliştirilmektedir. Çevresel etkileri analiz edip, bu etkilerin değerlendirilmesinde en etkili yöntemlerden biri yaşam döngüsü değerlendirmedir.

Yapılan bu çalışmada, otomobil koltuğu üreten firmanın kataforez departmanının çevresel etkileri GABİ programı yazılımıyla Ecoinvent veri tabanı kullanılarak analiz edilmiştir. Asidifikasyon, ötrofikasyon, küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi, abiyotik kaynakların tükenmesi, tatlı su ekosistemi üzerindeki toksik etkisi, insan üzerindeki toksik etki, deniz ekosistemi üzerindeki toksik etki ve karasal ekosistem üzerindeki toksik etkisi değerlendirilmiştir. Kataforez prosesinde bir adet koltuk iskeletinin boyanmasının küresel ısınma üzerindeki etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma etkisinin enerji tüketiminden kaynakladığı belirlenmiştir. Kataforez prosesinin çevresel yükünün azaltılması içi iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Temiz Üretim, Yaşam Döngüsü Analizi, Otomotiv, İskelet
2019, vii + 81 sayfa.

ABSTRACT
MSc Thesis
APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION IN CATAPHORESIS
DEPARTMENT OF A CAR SEAT PRODUCING AUTOMOTIVE SUPPLY
INDUSTRY

Merve UYKAN
Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Taner YONAR

Environmental problems and the environmental impacts are increasing with the developing technology. In this context, applications are developed to minimize environmental impacts. One of the most effective ways to analyze environmental impacts and evaluate these impacts is life cycle evaluation. In this study, the environmental effects of the cataphoresis department of the car seat manufacturer were analyzed using the Ecoinvent database with GABI software. Acidification, eutrophication, global warming, ozone layer depletion, depletion of abiotic sources, toxic effect on freshwater ecosystem, toxicity on human, toxic effect on marine ecosystem and toxic effect on terrestrial ecosystem are evaluated. In cataphoresis process, the effect of painting one seat frame on global warming is calculated as 0,711 kg CO₂ equivalent. It was determined that the effect of global warming was caused by energy consumption. In order to reduce the environmental burden of cataphoresis process, improvement suggestions were made.

Key words: Cleaner Production, Life Cycle Assesment, Automotive, Frame
2019, vii + 81 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans ve tez çalışmam boyunca her türlü imkanı sağlayan, bilgisini, yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen başta danışman hocam Sayın Doç. Dr. Taner YONAR' a, ve tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen Sayın Funda ÖZVATAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans ve tez çalışmam boyunca maddi, manevi her türlü desteklerinden ve göstermiş oldukları sabır, anlayış, içtenlik ve özveriden dolayı eşime ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Merve UYKAN
25/01/2019



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1.Otomotiv Üretimi.....	3
2.2.Temiz Üretim Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler.....	3
2.2.1. Temiz Üretim Nedir?	3
2.2.2.Temiz Üretimin (TÜ) Avantajları	4
2.2.3.Temiz Üretim Yaklaşımı.....	5
2.2.4.Temiz Üretim Değerlendirme Yöntemi	6
2.2.5.Temiz Üretim için Araç ve Standartlar	11
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1 MATERYAL	22
3.1.1 Çalışma Yürütülen Tesis.....	22
3.1.2 Proses Hakkında Bilgiler	23
3.1.3 Firmanın Çevresel Performansı Hakkında Genel Bilgiler	26
3.2 YÖNTEM.....	31
3.2.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Çalışmaları	31
3.2.2 Hedef ve Kapsam	31
3.2.3 Envanter Analizi	32
3.2.4 Etki Analizi	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	39
4.1 Envanter Analizi	39
4.2 Etki Analizi	44
4.2.1 Küresel Isınma Üzerindeki Etkisi (100 Yıllık)	47
4.2.2 Asidifikasyon Üzerine Etkisi	53
4.2.3 Ötrofikasyon Üzerine Etkisi.....	56
4.2.4 Ozon Tabakasının Tükenmesi Üzerine Etkisi.....	60
4.2.5 Abiyotik Kaynakların Tükenmesi Üzerine Etkisi	62
4.2.6 Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki.....	63
4.2.7 İnsan Üzerindeki Toksik Etkisi.....	64
4.2.8 Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etkisi	65
4.2.9 Karasal Ekosistem Üzerine Etki	66
5.SONUÇ	67
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Temiz üretim yaklaşımları	5
Şekil 2.2. Temiz üretim uygulaması için adımlar	6
Şekil 2.3. Proses akım şeması	9
Şekil 2.4. Girdi çıktı analizi (Kütle Dengesi)	10
Şekil 2.5 Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları	13
Şekil 2.6. Bir arıtma projesi için yaşam döngüsü aşamalarına örnek	16
Şekil 2.7. Genel birim prosesi	18
Şekil 2.8. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi	21
Şekil 3.1. Tesise ait Genel Görünüm	23
Şekil 3.2. Kataforez Prosesine ait görünüm	24
Şekil 3.3. Kataforez prosesi iş akım şeması	25
Şekil 3.4. Otomobil koltuk iskeleti	32
Şekil 4.1. Kataforez girdileri ve çıktıları	40
Şekil 4.2. Kataforez sürecinin değerlendirilmesinin ekran görüntüsü	46
Şekil 4.3. Kataforez prosesi küresel ısınma üzerine etkisi	47
Şekil 4.4. Küresel ısınma verisi	48
Şekil 4.5. Kataforez prosesi asidifikasyon üzerine etkisi	53
Şekil 4.6. Asidifikasyon üzerine etkisi	54
Şekil 4.7. Kataforez prosesi ötrofikasyon üzerine etkisi	57
Şekil 4.8. Ötrofikasyon üzerine etkisi	58
Şekil 4.9. Kataforez prosesi ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi	60
Şekil 4.10. Kataforez abiyotik kaynakların tükenmesi üzerine etkisi	62
Şekil 4.11. Kataforez prosesi tatlı su ekosistemi üzerindeki toksik etkisi	63
Şekil 4.12. Kataforez prosesi insan üzerindeki toksik etkisi	64
Şekil 4.13. Kataforez prosesi deniz ekosistemi üzerindeki toksik etkisi	65
Şekil 4.14. Kataforez prosesi karasal ekosistem üzerine etkisi	66
Şekil 5.1. Çelik iskeletli koltuk üretim akışı	70
Şekil 5.2 Plastik iskeletli koltuk üretim akışı	70
Şekil 5.3. Çelik iskeletli koltuk üretim akışı	71
Şekil 5.4. Paslanmaz çelik iskeletli koltuk üretim akışı	71
Şekil 5.5. Magnezyum kullanımının çelik ve alüminyum kullanımına göre sağladığı ağırlık kazancı	72
Şekil 5.6. Elektrostatik toz boyama prosesi	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Kataforez prosesinde kullanılan kimyasallar	28
Çizelge 3.2. Kataforez prosesi atıksu ölçüm sonuçları	29
Çizelge 3.3. Fonksiyonel birim başına tüketim miktarları.....	33
Çizelge 3.4. Birim iskelet başına emisyon ve atık verileri	34
Çizelge 3.5. Birim iskelet başına atık verileri.....	34
Çizelge 3.6. Kataforez ölçüm verileri	36
Çizelge 3.7. Etki Kategorisi	38
Çizelge 4.1. Boyalı parçaların yüzey alanı	39
Çizelge 4.2. Kataforez veri giriş kütüphanesi [Gabi]	39
Çizelge 4.3. Yüzey işlem prosesi girdi – çıktı analizi.....	41
Çizelge 4.4. Kataforez prosesi girdi – çıktı analizi	42
Çizelge 4.5. Kaplanan iskelet.....	43
Çizelge 4.6. Yıllık boya tüketim ve atık miktarı.....	44

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve otomotiv sektöründeki gelişmelerle birlikte çevresel sorunlar daha da artmaktadır. Bu artışla birlikte sürdürülebilirlik konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Özellikle otomotiv ana sanayilerinin temiz üretim çalışmalarına yönelmesi otomotiv yan sanayi firmalarının da bu konuda çalışmalar yapmasına öncü olmuştur. Firmalar, doğal kaynak kullanımını minimize edildiği, enerji ve su kaynaklarının kullanımının azaltıldığı ve atık oluşumunu en aza indiren hatta tamamen ortadan kaldıran teknolojiler aramaktadır. Bu nedenle de temiz üretim çalışmalarıyla hammadde girişinden ürünün bertarafına kadar ki tüm süreci değerlendirerek optimizasyon çalışmaları araştırılıp değerlendirilmektedir.

Yapılan çalışmayla kataforez sürecinin çevresel etkisi yaşam döngüsü analizi ile değerlendirilerek optimizasyon çalışmalarının yapılması amaçlanmaktadır. Kataforez prosesinde oluşan sistem kaçaklarının bulunması, oluşan atık miktarının azaltılması konularında yapılmak istenen iyileştirme çalışmaları için değerlendirme yapılması hedeflenmiştir.

Temiz üretim tekniklerinden yaşam döngüsü analizi yöntemi ile amaç ve kapsam, envanter analizi, etki analizi ve sonuç adımları değerlendirilerek çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak kütle dengesi yapılmış olup kataforez prosesine ait tüm girdi ve çıktılar belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda; hammadde, enerji, su, emisyon ve atık miktarları yıllık olarak alınıp fonksiyonel birim koltuk iskeleti üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Kataforez prosesinin çevresel etkisi değerlendirilirken yaşam döngüsü analizi için GABİ yazılım programı kullanılmıştır. Fonksiyonel birim koltuk iskeleti başına oluşan karbon yükü program vasıtasıyla hesaplanmıştır. Programda "Ecoinvent v3" veri tabı kullanılmış olup bu veri tabanına göre CML 2001 metodu ile etki analizi gerçekleştirilmiştir. Etki analizi kapsamında 100 yıllık küresel etkisi, asidifikasyon, ötrofikasyon, insan üzerine toksik etki gibi çevresel etkiler değerlendirilmiştir. Yapılan etki analizine göre çevresel etkinin hangi süreçte daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yaşam döngüsü analizi kapsamında ayrıca plakalar üzerinde yapılan ölçümlerle yüzey işlem öncesi, yüzey işlem sonrası ve kataforez boya sonrası süreçler değerlendirilmiştir.

Bu çalışmayla yüzeyden kalkan kirlilik, yüzey üzerinde kalan boya ve atık boya miktarı hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Yapılan tüm çevresel etki değerlendirme çalışmaları sonucunda prosesin optimum şartlarda çalışmasını sağlayacak, daha az hammadde ve enerjiyle aynı üretimi yapabilmesini sağlayacak ve aynı zamanda daha az atık oluşturacak ya da atık geri dönüşüm/kullanımına olanak verecek iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Böylece evresel yükün azaltılması amaçlanmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Otomotiv Üretimi

Otomotiv sanayisi ülkemizde önde gelen sektörler arasında olup otomotiv üretim sayıları da önemli düzeylere ulaşmış ve sürekli artmaktadır.

Otomotiv endüstrisinin son yıllarda çevresel etkilerinin farkına varılmıştır. Otomobil kullanımının doğal kaynak tüketimine, hava, su, toprak kirliliği üzerine ve tehlikeli atık oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. Günümüzde otomotiv endüstrileri, daha az atık oluşturan, daha az emisyon oluşturan, doğaya zarar vermeyen, geri dönüşümü mümkün olan ve tehlikeli madde kullanımı en aza indiren teknolojiler kullanarak otomobil üretmeyi hedeflemektedirler (Karaer ve ark 2014).

Son yıllarda otomotiv endüstrilerinin çevreye duyarlı yönetim anlayışını benimsemeleriyle birlikte temiz üretim ile ilgili çalışmalar başlamıştır. Bu durum otomobil yan sanayilerinin de çevreye duyarlı yönetim sistemini benimsemesini ve bu kapsamda çalışmalar gerçekleştir mesini zorunlu hale getirmiştir (Karaer ve ark 2014).

2.2 Temiz Üretim Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler

2.2.1 Temiz Üretim Nedir?

Dünya nüfusunun artması ve sanayileşmedeki hızlı gelişmeler, hem doğa hem de canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. Mevcut kaynakların zaman içerisinde tükenmeye başlaması ve çevre kirliliği nedeniyle bu mevcut kaynakların etkin kullanılabilirliğinin azalması verimlilikle ilgili çalışmaların yapılamaya başlamasını sağlamıştır. Bu çalışmalar hammadde girişinden ürün bertarafına kadar ki süreci içermektedir (Anonim 2018).

Temiz üretim; verimliliği arttırmak ve insan ve çevre üzerindeki riskleri azaltmak amacıyla süreçlere, hizmet ve proseslere sürekli olarak önleyici çevre stratejisinin uygulanmasıdır (Noor 1999), (Shah 2012).

Temiz üretimde uygulanan atık azaltma, eko-verimlilik ve kirlilik önleme 4R yani azalt (Reduce), Geri Dönüşüm (Recycle), Yeniden kullanım (Reuse) ve Yeniden düzenleme (Reformulate) üzerine kurulmuştur (Noor 1999), (Shah 2012).

Temiz üretim uygulamalarıyla atıkların kaynağında önlenmesi, emisyon, atık oluşumu ve kimyasal kullanımının en aza indirilmesini buna bağlı olarak verimliliğin arttırılmasını, doğal kaynak ve çevrenin korunmasını amaçlanmaktadır (Shah 2012), (Elnour ve Laz 2013).

Temiz üretim teknikleriyle, üretim proseslerinden sonra oluşan kirliliklere çözüm sağlayan ve oldukça pahalı olan boru sonu kirlilik kontrol sistemlerinin kullanımı azalmış olup ürün tasarımından bertarafına kadar ki süreçte hammadde ve enerji kaynaklarının verimli kullanımı, atık azaltımı ve önlenmesi gibi konularda çalışmalara olanak sağlayan tekniklerin kullanımı sağlanmıştır (Unep 1996),(Shah 2012).

Temiz üretimin odak noktası bir tesisin ürün tasarımı ve operasyonlarıdır. Bu odak alanlarında yapılacak çalışmalar ile çevresel performansın arttırılması hedeflenmektedir (Unep 1996), (Anonim 2018).

Temiz üretim; Üretim süreçleri için, toksik olan hammaddelerin ortadan kaldırılmasını, hammadde ve enerjinin verimli kullanılmasını üretim proseslerinde oluşabilecek atıkların azaltılmasını ve eğer mümkünse önlenmesini sağlamaktadır. Ürünler içinse, bir ürünün tasarımından bertarafına kadar olan süreçte oluşabilecek olumsuz etkilerin azaltılmasını sağlamaktadır (Unep 1996), (Anonim 2018).

2.2.2 Temiz Üretimin (TÜ) Avantajları

Temiz üretim uygulamaları çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır.

- ✓ **Çevresel Kazanımlar;** yasal yönetmeliklerin etkin takibi sağlanarak değişen yönetmeliklere uyumun sağlanmasını, su, toprak ve hava kirliliğinin alınacak önlemlerle azaltılmasını ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır (Noor 1999), (Cılız ve ark. 2017).
- ✓ **Sosyal Kazanımlar;** Çevreye duyarlı yapının benimsenmesiyle birlikte gelişen çalışma ortamında iş güvenliği risklerinin de azalması sağlanır (Curran 2006), (Cılız ve ark. 2017) Yapılan iyileştirmeler ve oluşan bilinç ile birlikte firma itibarının artmasını sağlamaktadır (Noor 1999),(Cılız ve ark. 2017).
- ✓ **Ekonomik Kazanımlar;** Hammadde tüketiminin azaltılması, geri kazanımın arttırılması, atık oluşumunun azaltılması ya da önlenmesi, enerji ve suyun

etkin kullanımı ile maliyetlerin azaltılmasını sağlamaktadır (Cılız ve ark. 2017). Ayrıca atık bertaraf maliyetlerinin azaltılmasına da katkıda bulunur (Noor 1999).

2.2.3 Temiz Üretim Yaklaşımı

Temiz üretim, çevresel stratejilerin sürekli uygulanmasını sağlayarak proses, ürün ve hizmet verimliliğini arttırmayı, çevreye ve insanlara karşı oluşabilecek olumsuz etkileri azaltmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda da aşağıdaki sorulara cevap arar (Unep 1996)

- Oluşan atık ve emisyonlar nelerdir?
- Atık ve emisyonların kaynağı nedir?
- Hangi maddeler kaybolmaktadır?
- Kayıplar nasıl önlenebilir?
- Atık ve emisyonların maliyeti nedir?
- İyileştirme olasılığı ve öneriler nelerdir?

Temiz üretim uygulamasında kullanılan yaklaşımların özet hali Şekil 2.1’ de verilmiştir (Unep 1996).

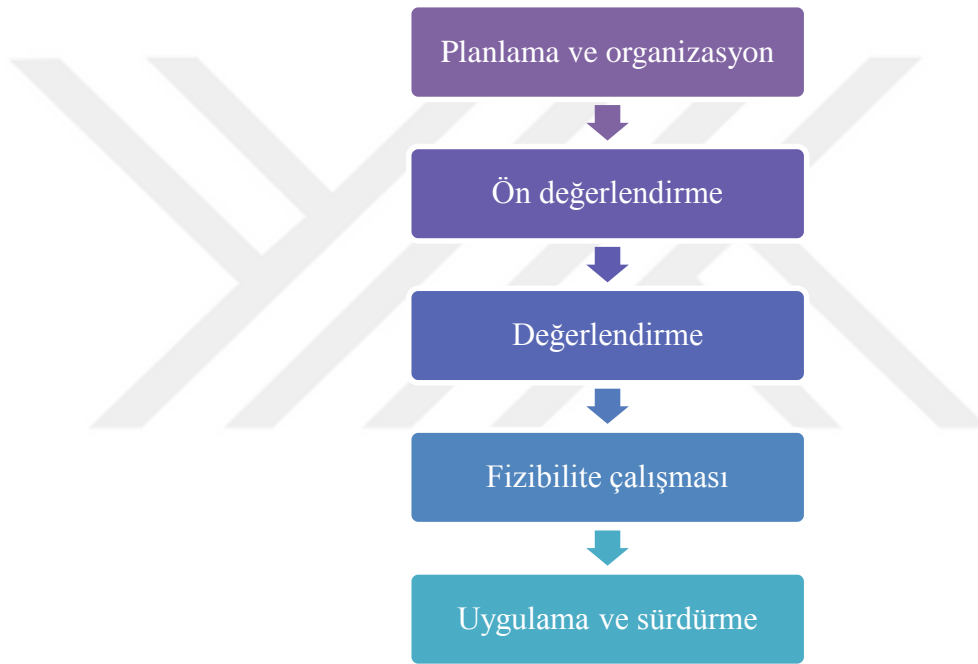


Şekil 2.1. Temiz üretim yaklaşımları

2.2.4 Temiz Üretim Değerlendirme Yöntemi

Temiz üretim uygulaması; planlama ve organizasyon, ön değerlendirme, değerlendirme, Fizibilite çalışması ve uygulama-sürdürme adımlarından oluşmaktadır. Yapılarak çevre yönetim sistemine benziyor olsa da temiz üretim amaçları açısından daha kapsamlıdır (Unep 1996), (Anonim 2018).

Temiz Üretim uygulaması genellikle Şekil 2.2' de gösterilen adımları takip eder. Temiz Üretim uygulamasının adımları çevresel yönetim sistemlerinin basamaklarına benzeyebilir, ancak amaçları çok daha kapsamlıdır (Unep 1996).



Şekil 2.2. Temiz üretim uygulaması için adımlar

➤ Planlama ve Organizasyon

Temiz üretim uygulamasına ihtiyaç belirlendikten sonra yönetsel değişikliklerin belirlenip planlanması ve organizasyonu sağlanmalıdır. Planlama ve organizasyon aşaması aşağıdaki adımları içermektedir (Ivam 2008).

- ✓ Yönetimin taahhüdünün alınması,
- ✓ Proje takımının oluşturulması,
- ✓ Yapılacak ön değerlendirme ile olası engellerin bunlara karşı alınabilecek çözümlerin belirlenmesi,

- ✓ Stratejik hedeflerin belirlenmesi,
- ✓ Odak alanların belirlenmesi (Ivam 2008).

Bu kapsamda oluşturulan takım proses hakkında gerekli bilgileri toplamaya başlar. İlgili proseste en çok atık üretilen kirlilik noktalarını belirler ve odak noktasına karar verir. Sonrasında bu alanların çevresel etkileri ve maliyeti azaltmak için alınabilecek önlemleri araştırır (Cılız ve ark. 2017).

➤ **Ön Değerlendirme**

Ön değerlendirme proses hakkında genel bir değerlendirme yapabilmek içindir. Yapılacak temiz üretim çalışmasının geniş kapsamının belirlenmesi için gerekli bilgilerin toplanmasını içerir (Unep 1999).

Bu aşamada; proses akım şemaları oluşturularak girdi-çıkıtı analizleri yapılır ve odaklanılacak alanlar belirlenir (Cılız ve ark. 2017).

Proses akış şemaları üzerinde yapılan detaylı girdi/çıkıtı analizinde özellikle hammadde maliyetleri ve bertaraf maliyetlerinin değerlendirilmesi gereklidir (Cılız ve ark. 2017).

Proseste odak alanlarının belirlenmesinde kullanılacak soru listesi aşağıdaki gibidir.

- Herhangi bir dökülme veya sızıntı var mı?
- Duvarlarda, çalışma alanlarında veya pompa yüzeylerinde geçmiş sızıntılardan kaynaklanan korozyon ve renk kaybı var mı?
- Su vanalarında damlama veya sızıntı var mı?
- Malzeme kaybını gösteren duman veya sis var mı?
- Göz, boğaz veya burnu etkileyen ağır koku veya emisyon var mı?
- Açık konteynır, istiflenmiş varil veya başka bir eksik depolama işareti var mı?
- Tüm konteynırlar, içerik ve tehlikeleri açısından işaretlenmiş mi?
- Proses ekipmanlarından çıkan atık veya emisyon (sızan su, buhar gibi) var mı?
- Çalışanlar atık ve emisyon kaynakları hakkında yorumda bulunuyor mu?
- Acil yardım ekipmanları mevcut mu? Bu ekipmanlar, gerektiğinde hızlı müdahale edilmesini sağlayacak şekilde görünür ve kolay ulaşılabilir yerdeler mi? (Budak 2014)

➤ Değerlendirme

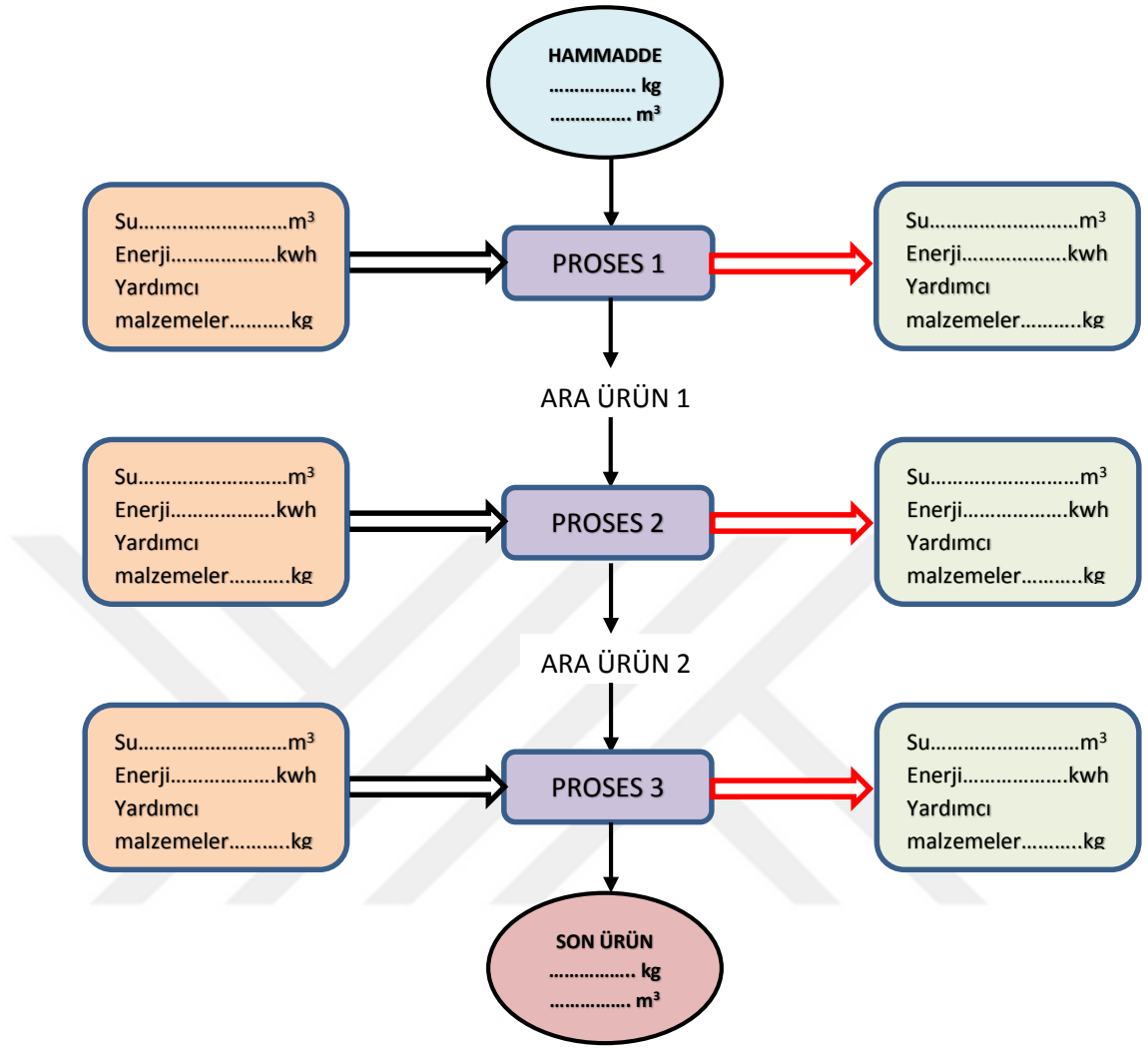
Değerlendirme aşaması, şirket çevresel performansı, üretim verimliliği ve atıkları değerlendirmeyi sağlayan verilerin toplanmasını sağlar (Unep 1999).

Bu aşamada;

- Kütle dengelerinin oluşturulması,
- Atık oluşum alanlarının ve nedenlerinin belirlenmesi,
- Temiz teknoloji seçeneklerinin belirlenmesi,
- Temiz teknoloji seçeneklerinin izlenmesini içerir (Cılız ve ark. 2017).

Kütle dengeleri çalışma yapılan prosese hakim ve iyileştirmeye açık yönleri hakkında fikri olan bir personel ile yapılmalıdır. Çalışmalar yapılırken yönetmeliklere uyumu ve çevresel etkisi de değerlendirilmelidir (Cılız ve ark. 2017).

Değerlendirme aşamasında prosese ait tüm girdi ve çıktılar miktarsal olarak belirlenmiş olması gereklidir. Bu analizler prosese ait hammadde, enerji kullanımı ve atık oluşum miktarlarını net olarak ortaya koymaktadır (Budak 2014). Girdi ve çıktılara ait proses akım şeması Şekil 2.3' te verilmiştir (Budak 2014).

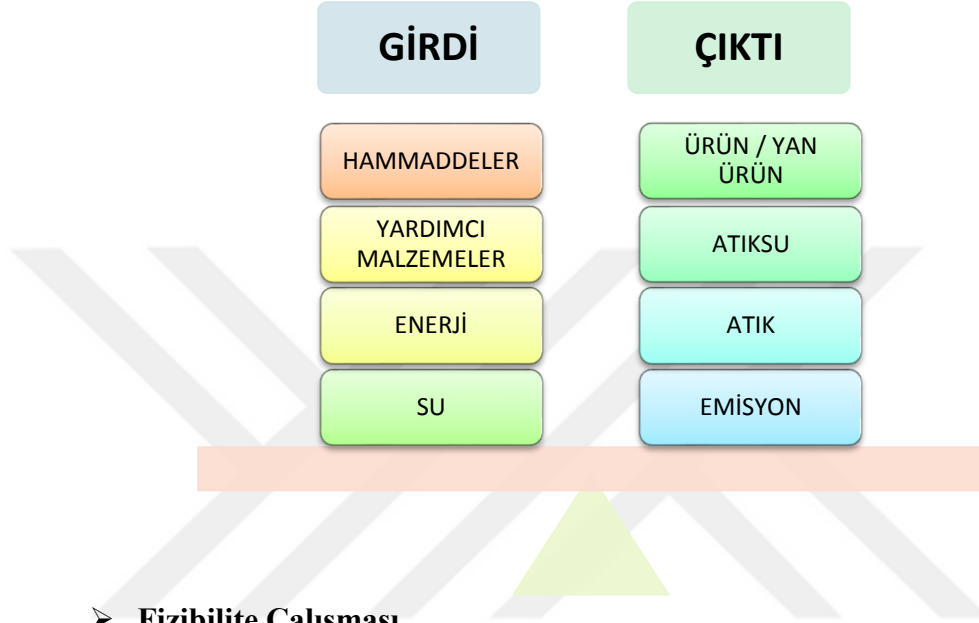


Şekil 2.3. Proses akım şeması

Girdi çıktı analizi sonuçları hedeflenen iyileştirmeye ulaşıp ulaşılmadığı konusunda bilgi sağlamaktadır. Bu analizler iyileştirmeye açık alanların belirlenmesini

sağlamaktadır. Girdi ve çıktı analizinde sorgulanabilecek konulara olarak Şekil 2.4' te verilmiştir (Budak 2014).

Şekil 2.4. Girdi çıktı analizi (Kütle Dengesi)



➤ **Fizibilite Çalışması**

Bu aşamada; yapılan çalışmalar sonucunda belirlenen yatırım seçeneklerinin ekonomik, teknik ve çevresel açıdan değerlendirilmesi yapılır.

Ekonomik karşılaştırma, geri ödeme süresi kullanılarak yapılabilir.

Geri ödeme süresi:

- Geri ödeme süresi (yıl olarak) = Yıllık toplam yatırım/yıllık net tasarruflar
- Yıllık net tasarruflar = Toplam tasarruflar- Ek maliyetler

Temiz Üretim seçenekleri arasında en kısa geri ödeme süresine ait yatırım öncelikli olarak değerlendirilebilir (Cılız ve ark. 2017).

Kabul edilebilir geri dönüş süreleri işletmenin beklentilerine göre değişebilmektedir. Ancak genellikle 3 yıldan az geri dönüş süreleri, kabul edilebilir sürelerdir (Budak 2014).

Çevresel değerlendirme ile bu aşama sonlanır. Çevresel değerlendirmede dikkate alınan noktalar aşağıda verilmiştir (Budak 2014):

- Enerji tüketimi

- Su tüketimi
- Hammadde kullanım miktarı
- Atık, atıksu ve emisyonlardaki azaltım miktarları
- Tehlikeli atık miktarındaki azalma
- Ürünün çevresel etki değişiklikleri

➤ **Uygulama ve Sürdürme**

Uygulama ve sürdürme aşaması temiz üretim değerlendirmesini son aşamasını oluşturmaktadır. Amaç, temiz üretimin uzun süreli ve sürekli olarak uygulanmasını sağlamaktır. Bu aşamanın amacı sürekli uygulanacak bir yönetim sisteminin oluşturulmasını sağlamak ve daha fazla temiz üretim uygulamaları için planlar hazırlamaktır (Ivam 2008).

Bu aşama aşağıdaki adımları içermektedir.

- Temiz üretim teknolojisi planlarının hazırlanması (finans, sorumluluk, bütçe, dokümantasyon, eğitim vs.),
- Temiz üretim teknoloji seçeneklerinin uygulanması (teknoloji, iyi işletme uygulamaları, ürün ve hizmetler),
- Belirlenen seçeneklerin izlenmesi (izleme, kaydetme, iç denetim, yönetsel gözden geçirme),
- Temiz üretim teknolojisinin sürdürülmesi (yönetsel onay, iç politika, gönüllü anlaşmalar, ilgili kesimlere düzenli raporlama) içerir (Budak 2014).

Tesiste uygulanmaya başlanan temiz üretim teknolojilerinin sonuçları düzenli olarak takip edilmelidir.

2.2.5 Temiz Üretim için Araç ve Standartlar

Temiz üretim yaklaşımının uygulanabileceği araç ve yöntemler geliştirilmiştir. Yapılacak çalışmaya göre kullanılacak araçlara karar verilir ve birden fazla araç ile çalışma yapılabilir. Temiz üretim çalışmasında kullanılacak araç ve yöntemler aşağıda verilmiştir (Noor 1999),(Demirer 2007).

- ❖ Eko Etiketleme

- ❖ Yaşam Döngüsü Değerlendirme (LCA)
- ❖ Çevre için Tasarım
- ❖ Eko Verimlilik
- ❖ Endüstriyel Ekoloji
- ❖ ISO 14000- Çevre Yönetim Sistemleri
- ❖ Çevre Denetimleri
- ❖ İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemleri
- ❖ Yeşil Satınalma
- ❖ Çevre Etki Değerlendirme
- ❖ Çevresel Performans Değerlendirme
- ❖ Çevresel Yasal Yönetmeliklere Uyumun Değerlendirilmesi

➤ **Yaşam Döngüsü Değerlendirme**

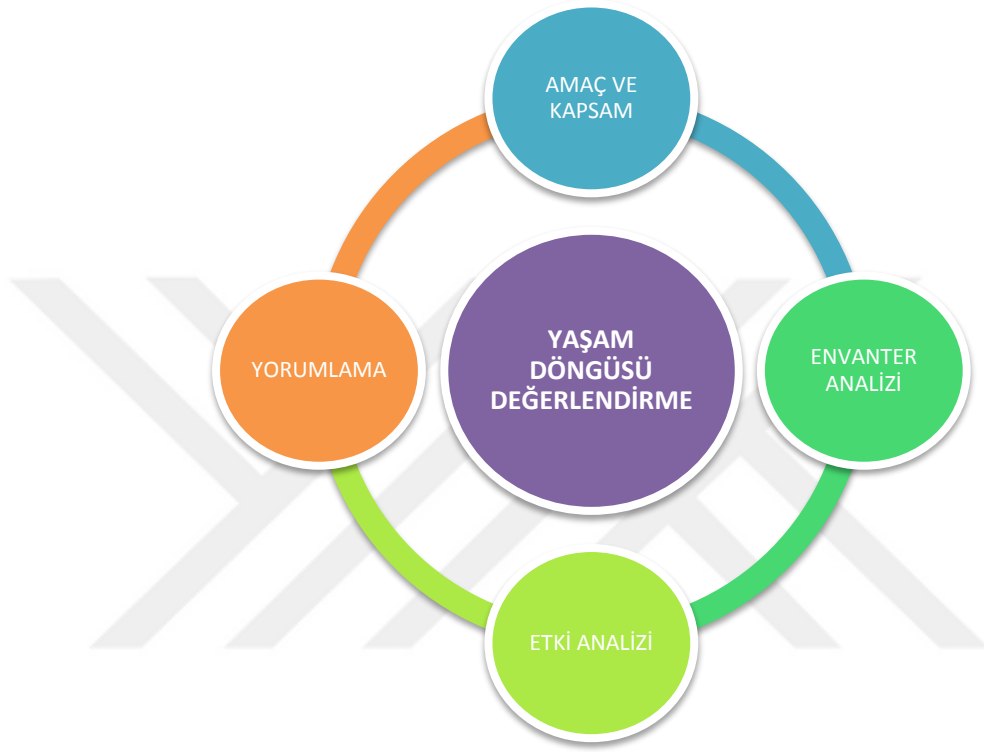
Yaşam Döngüsü Değerlendirme; Bir ürünün, malzemenin, prosesin veya hizmetin yaşam döngüsünün çevresel olarak ilgili girdilerin ve çıktılarının potansiyel çevresel etkilerinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir. Yaşam döngüsü analizi metodolojisi; ürün ya da hizmetlerde kullanılan enerji, su ve diğer hammaddelerin değerlendirilmesi ve bunların emisyon çevresel emisyonlarının envanterini, girdi-çıktılara bağlı olarak çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve sonuçlarının sistematik olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır (Deat 2004), (Curran 2006), (Demirer 2017).

Yaşam döngüsü analizi; Amaç ve kapsam, Envanter Analizi, Etki Analizi ve Yorumlama olmak üzere 4 aşamadan oluşur (Capitona 2015),(Gültekin ve Çelebi 2016).

1. **Amaç ve Kapsam Tanımı:** Yaşam döngüsü analizinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada çalışmanın amacı, kapsamı, sistem sınırları tanımlanır.
2. **Envanter Analizi:** Enerji, su, ham madde kullanımı ve bunlara bağlı çevresel emisyonlar belirlenir.
3. **Etki Değerlendirmesi:** Bir önceki aşamada belirlenen enerji, su, ham madde kullanımı ile çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki olası etkileri değerlendirilir.
4. **Yorumlama:** Envanter ve etki analizi aşamaları sonucu değerlendirilerek karşılaştırılanlar arasından ürün, süreç veya hizmet seçilir. Yapılan tahminler ve

sonuçlar Yaşam döngüsü değerlendirme kapsamında yorumlanır (Capitona 2015), (Gültekin ve elebi 2016).

Şekil 2.5'te yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları verilmiştir (Curan 2006), (Horne ve ark 2009), (Iso 1997).



Şekil 2.5 Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları

➤ Yaşam Döngüsü Analizi Aşamaları

A. Amaç Ve Kapsam Tanımı

Amaç ve kapsam tanımı aşaması, yaşam döngüsü analizinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada, yapılacak çalışmanın amacı ve yaşam döngüsü boyunca oluşacak çevresel etkilerin belirlenir.

Sistem sınırları belirlenerek hammadde temini, üretim, kullanım/bakım ve geri kazanım/bertaraf aşamaları değerlendirilir. Ne kadar zaman da ne kadar kaynağa ihtiyaç olduğu analiz edilir (Curran 2006), (Ekvall 2012), (Capitona 2015).

Çalışmanın Kapsamının Tanımlanması

Yaşam Döngüsü Analizi, bir ürünün ya da prosesin yaşam döngüsünün 4 aşamasını içerir.

1) Ham Madde Temini

Bir ürünün yaşam döngüsü, üretim için gerekli olan ham madde ve enerjinin temini ile başlar. Hammadde girişinden ürünün bertarafına kadar ki süreçte yaşam döngüsü analizi kullanılabilir (Curran 2006), (Demirer 2017).

2) İmalat

İmalat aşamasında, hammaddeler bir ürüne veya paketlemeye iletilir. Ürün veya paket daha sonra tüketiciye teslim edilir. Üretim aşaması üç adımdan oluşur:

- Malzeme imalatı: Hammaddeden ürün oluşumunu sağlayacak faaliyetleri içerir.
- Ürün fabrikasyonu: Üretilen ürünün doluma veya paketlemeye hazır ürüne dönüştürür.
- Dolum/Paketleme/Dağıtım: Bu adım ürünleri sevkiyat için hazır hale getirir. Doldurulması, paketlenmesi ve dağıtılması için gerekli tüm imalat ve nakliye faaliyetlerini içerir. Ürünler, perakende satış noktalarına ya da doğrudan tüketiciye ulaştırılır. Bu aşamada, nakliye gibi ulaşım yöntemlerinin neden olduğu çevresel etkiler açıklanmaktadır (Curran 2006), (Demirer 2017).

3) Kullanım/yeniden kullanım/ bakım

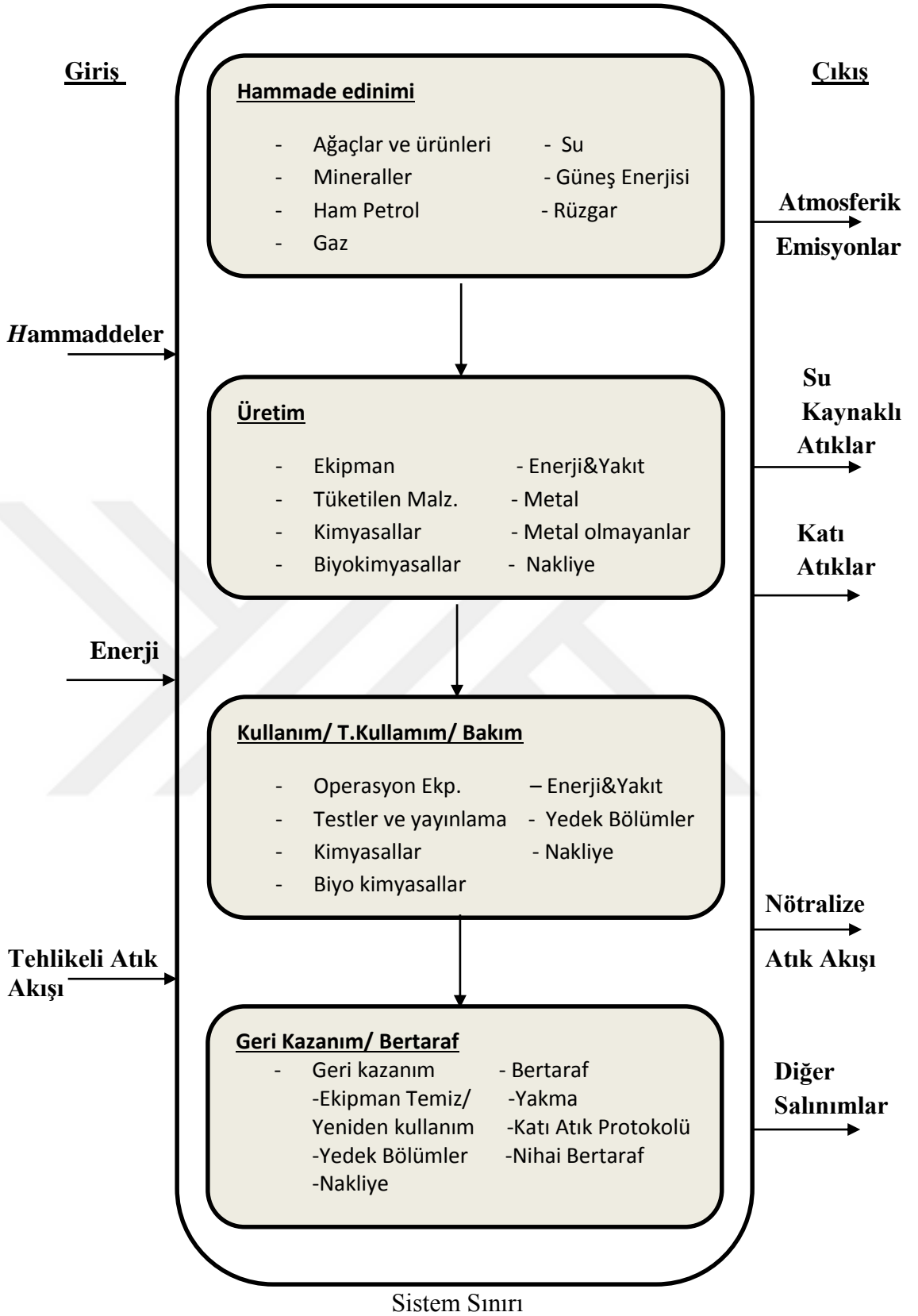
Bu aşamada, tüketicinin ürünün fiili kullanımı, yeniden kullanımı ve bakımı bulunur. Ürün tüketiciye dağıtıldıktan sonra, ürünün kullanım ömrü ile ilgili tüm faaliyetler bu aşamada yer almaktadır. Buna ürünün depolanmasından, enerji tüketimi ve atık oluşumu dahildir (Deat 2004), (Gültekin ve Çelebi 2016), (Demirer 2017).

4) Geri dönüşüm/Atık yönetimi

Ürünün kullanım ömrü bittikten sonra oluşan enerji gereksinimlerini ve oluşan atıkları/emisyonları içerir.

Şekil 2.6' da yaşam döngüsü aşamalarına örnek verilmiştir (Curran 2006), (Deat 2004).





Şekil 2.6. Bir arıtma projesi için yaşam döngüsü aşamalarına örnek

B. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Yaşam Döngüsü Envanteri, bir ürünün veya sürecin tüm yaşam döngüsü için enerji ve hammadde gereksinimlerini, atmosferik emisyonları, su bazlı emisyonları, katı atıkları ve diğer salınımları belirleme sürecidir. Bu aşamada, çevreye salınan kirletici miktarını ve tüketilen enerji ve malzeme miktarı belirlenir. Sonuçlar yaşam döngüsü aşaması, ortam (hava, su ve toprak), spesifik süreçler veya bunların herhangi bir kombinasyonu ile değerlendirilebilir (Unep 2005), (Curran 2006), (Ekvall 2012).

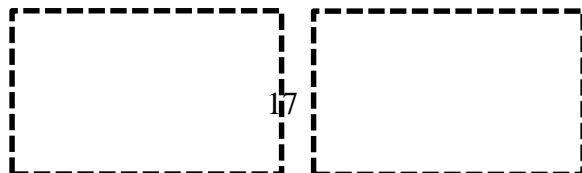
Yaşam Döngüsü Envanteri 4 aşamaya sahiptir.

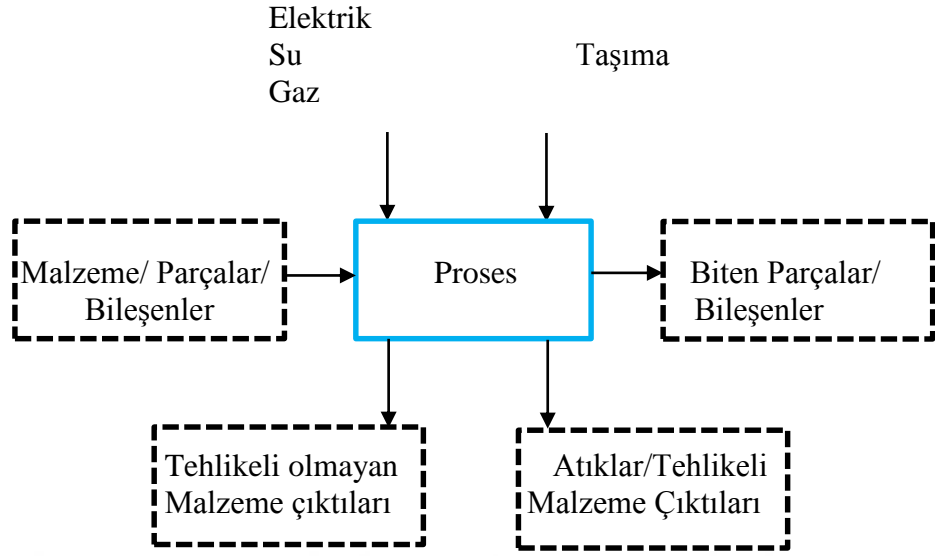
- ✓ Değerlendirilen sürecin akış diyagramının oluşturulması
- ✓ Veri toplama planının geliştirilmesi
- ✓ Verilerin toplanması
- ✓ Değerlendirme ve raporlama (Unep 2005), (Curran 2006), (Ekvall 2012).

a) Sürecin Akış Diyagramının Oluşturulması

Prosesin girdi ve çıktıları akış diyagramı ile gösterilmektedir. Amaç ve kapsam belirleme aşamasında belirlenen sistem sınırı içinde yer alan proseslere ait akış diyagramı oluşturulur. Akış şeması ne kadar detaylı olursa sonuçların doğruluğu ve faydası o kadar büyük olur.

Sistem sınırları belirlenmiş bir prosese ait akış diyagramı Şekil 2.7' de verilmiştir (Demirer 2007).





Şekil 2.7. Genel birim prosesi

b) Veri Toplama Planının Yapılması

Bu aşamada, göz önünde bulundurulması gerekli üç husus bulunmaktadır. Bunlar; veri kalitesi hedeflerinin tanımlanması, veri kalite göstergelerinin belirlenmesi ve veri kaynakları ve türlerinin belirlenmesidir (Curran 2006), (Gültekin ve Çelebi 2016).

c) Veri Toplama

Araştırma, saha ziyaretleri veya uzmanlardan alınan bilgiler veri toplama işlemlerinden olabilir. Bir ürünün ya da prosesin birden fazla girdi ve çıktısı olabilir. Prosesin girdi ve çıktıları belirlenerek verilere erişilmelidir. Eş-ürünün üretimi için gerekli enerji ve malzeme girdisi ile oluşan atık miktarı eş-ürün cinsinden değerlendirilmelidir (Curran 2006), (Capitona 2015).

d) Yaşam Döngüsü Envanteri Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Belgelenmesi

Analist yapılan çalışmanın amacı doğrultusunda bir sunum formatı ve içeriği belirlemelidir. Sonuçların sunumunda yaşam döngüsü envanteri bilgisini açıklarken farklı bakış açılarını kullanmak faydalı olabilir (Unep 2005).

Bu aşamadaki önemli noktalar aşağıda özetlenmiştir (Unep 2005).

- e) Toplam ürün sistemi
- f) Toplam sistem aşamalarının göreceli katkıları
- g) Ürün bileşenlerinin toplam sisteme göreceli katkıları

- h) Her aşama içi ve arasındaki veri kategorileri (kaynak kullanımı, enerji tüketimi ve çevresel salımlar)
- i) Her bir kategori için veri parametre grupları (hava emisyonları, su emisyonları, katı atıklar)
- j) Her bir grup için veri parametreleri (sülfür oksitler, karbondioksit, klorin vb.)
- k) Coğrafi boyut (ulusal, bölgesel, küresel)
- l) Zamana bağlı değişiklikler (Unep 2005), (Curran 2006).

C. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme

Bu bölümde envanter analizi kapsamında belirlenen salınan emisyon ve çevresel etkilerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri değerlendirilir. Ne tür çevresel etkilere yol açtığı belirlenir (Curran 2006).

Yaşam döngüsü etki analizi 7 aşamadan oluşmakta olup aşağıda verilmiştir.

- Etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması: Genellikle kullanılan etki kategorileri; Küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon, ozon tüketimi, fotokimyasal sis, karasal zehirlilik, su zehirliliği, insan üzerine toksik etki, kaynak tüketimi, arazi kullanımı ve su kullanımınıdır.
- Sınıflandırma: Sonuçlar etki kategorileri ile ilişkilendirilir. Örneğin; emisyonun küresel ısınmaya etkisini gösterecek şekilde sınıflandırılır.
- Karakterizasyon: örneğin, karbondioksitin ve metanın küresel ısınmaya potansiyel etkilerinin modellenmesi.
- Normalizasyon: Potansiyel etkiler açıklanır.
- Gruplandırma: Göstergelerin yerel, bölgesel ve küresel gruplandırılması yapılır.
- Ağırlıklandırma: En önemli etkiler belirlenerek önem dereceleri belirlenir.
- Sonuçları değerlendirme ve raporlandırma (Unep 2005), (Curran 2006).

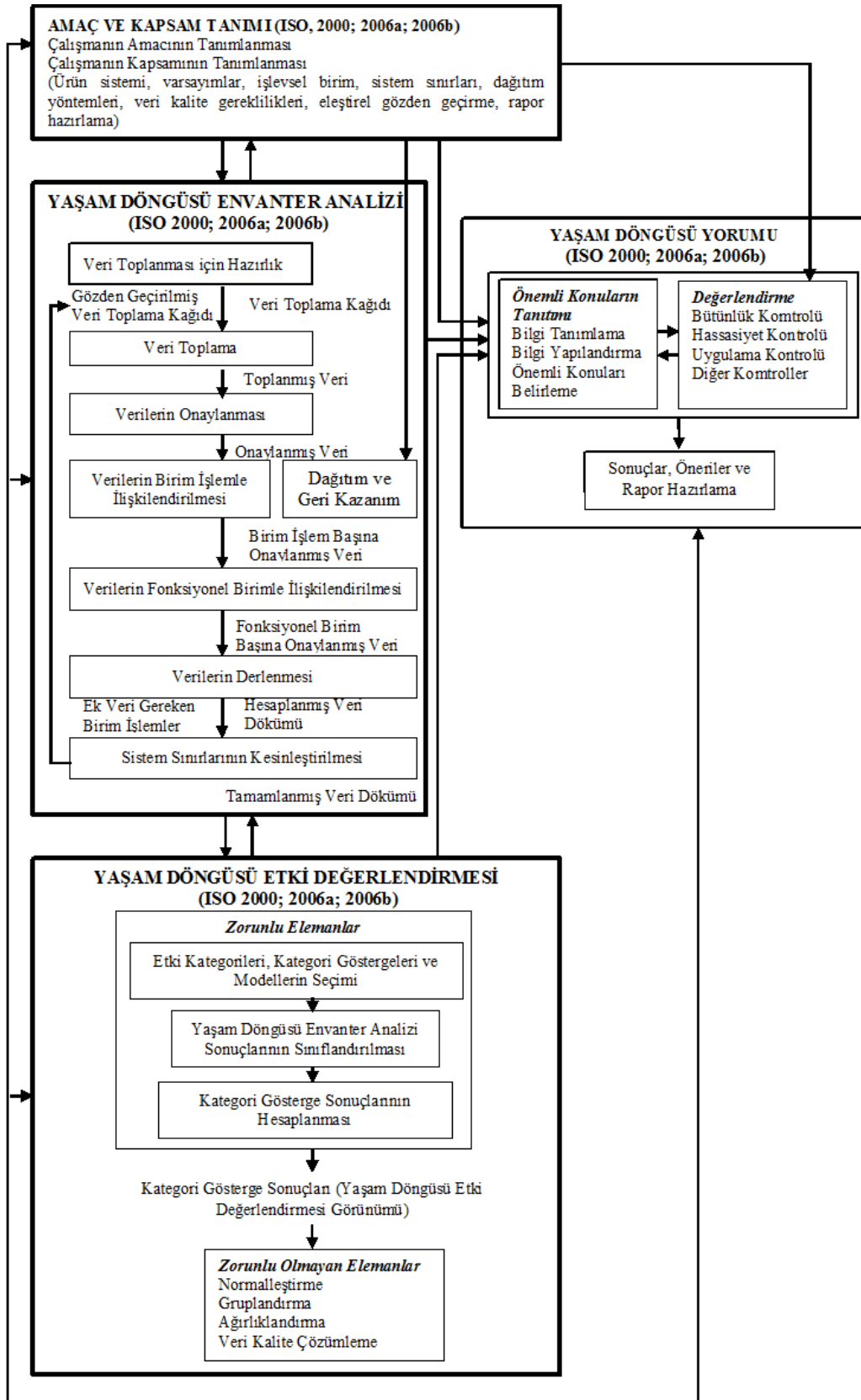
D. Yaşam Döngüsü Yorumlama

Yaşam döngüsü yorumu, yaşam döngüsü analizi sonuçlarından gelen bilgileri tanımlamak, ölçmek, kontrol etmek ve değerlendirmek ve bunları etkin bir şekilde değerlendirmek için sistematik bir tekniktir. Yaşam döngüsü değerlendirme sürecinin son aşamasıdır (Unep 2005), (Curran 2006), (Gültekin ve Çelebi 2016).

Bu aşamada önemli konulara değinilir ve öneriler ifade edilir. Yaşam döngüsü içinde enerji, hammadde ve emisyon gibi olumsuz belirtilen faktörler değerlendirilerek azaltılmasına yönelik yorumlanır.

Sonuçlar üç aşamada yorumlanır. İlk olarak önemli ve kritik sonuçlar yaşam döngüsü envanter analizi ile tanımlanır. Hipotez sonuçlarıyla analizler değerlendirip karşılaştırılır ve son olarakta sonuç ve öneriler yalın bir dil ile anlatılır.

Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi özet olarak Tablo 2.8' de verilmiştir (Demirer 2017), (Shah 2012).



Şekil 2.8. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 MATERYAL

Yapılan çalışmada, tesisin kataforez prosesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 0,02 m² lik plakalar kullanılmıştır. Plaka ölçümleri için 0,1 mg hassasiyet derecesine sahip hassas terazi kullanılmıştır.

3.1.1 Çalışma Yürütülen Tesis

Bu çalışma 1985 yılında Bursa’ da kurulmuş olan 500.00 adet oto koltuk üretim kapasitesine sahip koltuk üretim tesisinde yapılmıştır. Veriler firmada karşılıklı görüşme sonucu elde edilmiştir. Tesis; iskelet montaj, kataforez ve koltuk montaj bölümlerinden oluşmaktadır.

İskelet Montaj Bölümünde; iskeleti oluşturan detay ürünler aparat yardımıyla bir araya getirilerek birleştirilmesi sonucu yarı komponent malzeme elde edilir. Elde edilen yarı mamul parçalar ve ambardan gelen ürünlerin robot ve manuel kaynak hatlarındaki aparatlar üzerinde bir araya getirilerek gaz altı kaynak ile birleştirilir ve iskelet ana çerçevesi elde edilir. Ana çerçeve haline gelmiş iskeletin boya sonrası üzerine takılan malzemeler ile (yay, kızak, hareket kolu vs.) final ürün elde edilir.

Kataforez Ünitesinde; Montajı yapılmış iskeletler yağ alma ünitesine gelir ve burada metal yüzeylerin üzerindeki yağ ve kirliliklerin yağ alma kimyasalı ile püskürtme yöntemi ile temizlenmesi sağlanır. Durulama tanklarında parça yüzeyleri su ile temizlenir. Ardından temizlenen yüzeye demir fosfat kaplama işlemi yapılır. Boyalı yüzeyin temizlenmesi için UF Durulama yapılır. Fırına gelen parçaların kürlemesi yapılır ve koltuk montaj birimine gönderilir.

Koltuk Montaj Bölümü; Boyanmış iskeletler üzerine gerekli yardımcı malzemelerin montajı yapılır. Sırt ve oturak süngerleri kılıfla birleştirilir. Hazırlanmış iskelet üzerine kancalanmış oturak ve sırt kılıflar giydirilir. Sırt ile oturak birleştirilir. Koltuk üzerine emniyet kemeri, plastik parçalar vs. montajı yapılır. Hazırlanan koltuklar bir takım kontrol ve testlere tabi tutulur ve müşteriye sevk edilir.

Bu çalışma tesisinin Kataforez ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

Tesisie ait görsel Şekil 3.1 de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tesise ait Genel Görünüm

3.1.2 Proses Hakkında Bilgiler

Kataforez Ünitesi İş Akım Şeması Açıklanması

Yüzey İşlem aşaması, metal yüzeyindeki yağ ve benzer kirliliklerin temizlenmesi aşamasıdır. Yüzey işlem, yağ alma operasyonu ile başlar. Bu aşamada yağ alma kimyasalı, püskürtme yöntemiyle metal yüzeydeki kirlilikleri temizler. Yağı alınan metal yüzeyler, durulama 1 ve durulama 2 tanklarındaki su ile durulanır. Yağı alınıp temizlenen metal yüzey, dördüncü aşamada demir fosfat ile kaplanır. Demir fosfatla kaplanmış yüzey, son olarak deiyonize su ile kaplandıktan sonra kataforez kaplama için hazır duruma getirilmiş olur.

Kataforez Kaplama aşamasında metal yüzeyler, doğru elektrik akımı altında kataforez kaplama boyasıyla kaplanır. Kataforez kaplama, yaklaşık 30⁰ sıcaklıkta 180 sn. süre ile parça yüzeyine uygulanır. Kataforez tesisinde kullanılmakta olan boya su bazlı olup, çevre ile uyumludur.

Kataforez Kaplama aşamasından sonra, parçaların yüzeyinde kalan boya fazlalıkları UF Durulama prosesiyle temizlenir.

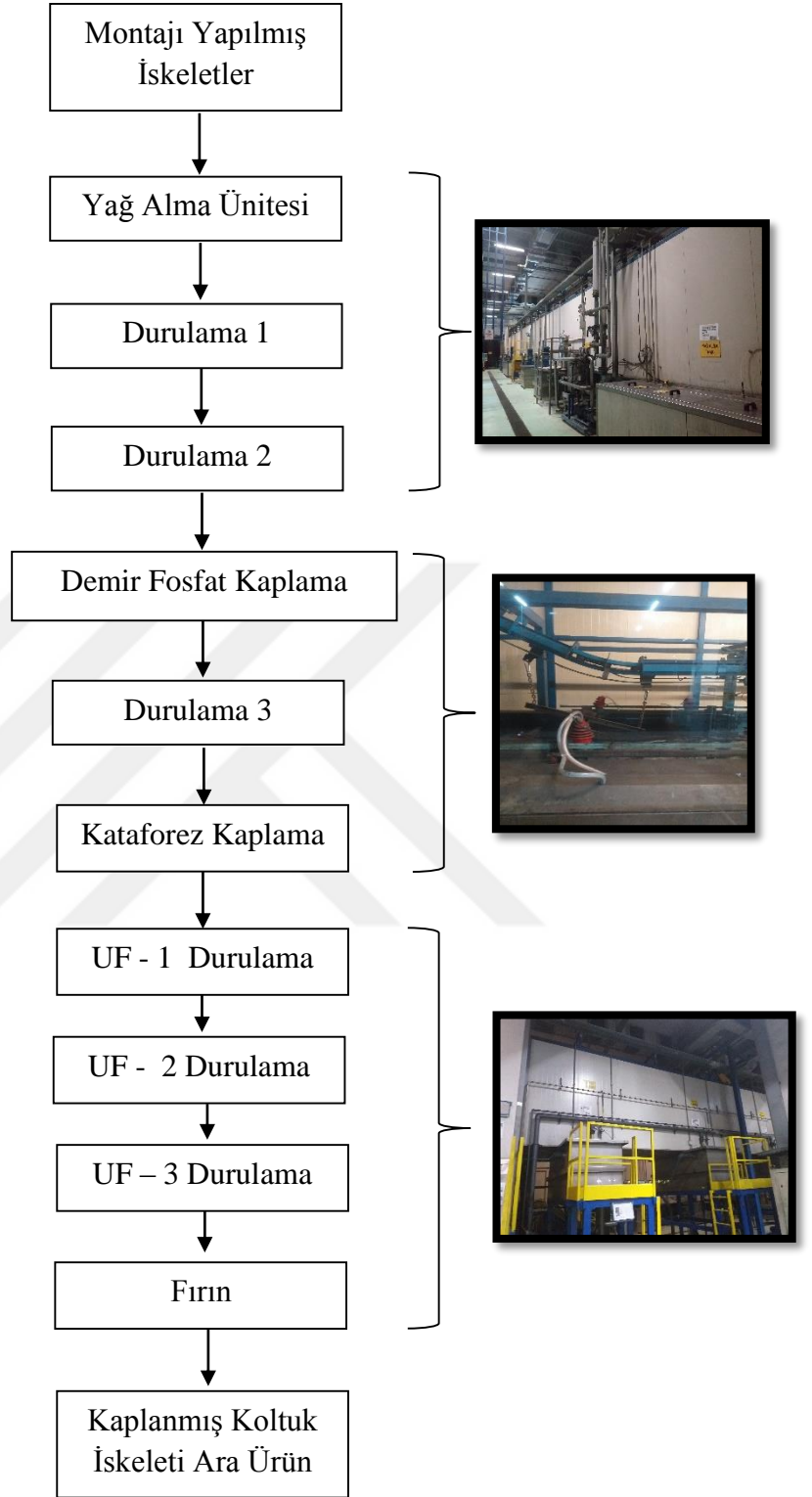
Son aşamada da, Kataforez fırınında 30 dk. süre ile 180⁰ – 190⁰ sıcaklıkta boyalı parçalar pişirilirlir.

Şekil 3.2’de kataforez prosesine ait fotoğraf verilmiştir.



Şekil 3.2. Kataforez Prosesine ait görünüm

Kataforez prosesine ait akım şeması şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kataforez prosesi iş akım şeması

Kataforez Kaplama Ünitesi İş Akım Şeması Açıklanması

Yağ alma prosesi: Metal yüzeylerin üzerindeki yağ ve kirlilikler yağ alma kimyasalıyla püskürtme yöntemiyle temizlenir.

Durulama 1 ve Durulama 2: Parça yüzeyi su ile temizlenir.

Demir Fosfat Kaplama: Temizlenmiş yüzey demir fosfat kimyasalı ile kaplanır.

Durulama 3: Metal yüzeyi fosfat kaplama sonrası son kez temizlenir.

Kataforez Kaplama: Kataforez boyası doğru elektrik akımı altında metal yüzeyine kaplanır.

UF Durulama: Boyalı yüzeylerin temizlenmesi işlemi gerçekleştirilir.

Fırın: Kataforez boyasının kürlenmesi işlemi gerçekleştirilir.

Sevkiyat: Fırından çıkan boyanmış parçaların kontrolü yapıldıktan sonra Koltuk Montaj Üretim birimine hazır hale getirilir.

3.1.3 Firmanın Çevresel Performansı Hakkında Genel Bilgiler

Otomobil koltuğu üretim tesisinde çevre yönetim biriminin amacı, proaktif yöntemler kullanılarak çevreye duyarlı ürün ve prosesler geliştirmek, çevresel etkileri en aza indirmek, yasal gerekliliklerle uyum içerisinde çevre ve enerji kayıplarını minimize etmektir.

✓ Atık Yönetimi

Proses bazlı atık haritası oluşturularak atık noktaları belirlenmiştir. Proseste kullanılan malzemelerin çevreye uyumlu olmasına dikkat edilmektedir. Tüm atıklar atık takip tablosu ile aylık olarak takip edilmektedir. Gerekli olması halinde atıklar analiz ettirilmektedir. Oluşan tüm atıklar Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne (Anonim 2015) uyum olarak atık etiketi ile etiketlenerek atık sahaya gönderilmektedir. Atık saha, yasal gerekliliklere uygun olarak oluşturulmuş olup Tehlikeli Atık Geçici Depolama İzni bulunmaktadır. Her atığın (tehlikeli/tehlikesiz) yeri levhalar ile belirlenmiştir. Tehlikeli/tehlikesiz tüm atıklar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan lisans almış araçlar ile Lisanslı bertaraf / geri kazanım tesislerine gönderilmektedir.

✓ **Kimyasal Yönetimi**

Üretimde kullanılan kimyasalların çevre dostu olmasına önem verilmektedir. Tesiste proses gereği kataforez departmanında kimyasal kullanımı daha fazla olup özellikle su bazlı kimyasalların kullanımı tercih edilmektedir. Üretimde kullanılan kimyasallar Çevre Mevzuatı (Anonim 1983) ve REACH direktifine (Anonim 2007) göre değerlendirilmekte olup kullanımı yasaklı olan kimyasallar bulunmamaktadır. Kimyasalların IMDS girişleri teknik departman ve proje departmanları tarafından etkin olarak takip edilmektedir. Kimyasallar satın alınmadan önce Çevre Yönetim Birimine iletilmekte ve içerik olarak değerlendirilmektedir. En az tehlikelilik özelliğine sahip kimyasalların kullanımı tercih edilmektedir. Tüm kimyasallar Malzeme Güvenlik Bilgi Formları ile takip edilmektedir. Firmalardan kimyasalların SDS raporları temin edilir ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formları içerisine aktarılır ve kimyasalların kullanıldığı alana asılır. Böylece o kimyasal ile çalışan kişinin kimyasal hakkında bilgi sahibi olması sağlanır. Tüm kimyasallar yönetmeliğe uygun olarak oluşturulmuş kimyasal depoda depolanmaktadır.

Kataforez prosesinde kullanılan kimyasallara ait 2017 yılı verileri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kataforez prosesinde kullanılan kimyasallar

Proses	Kullanılan Kimyasal	Kimyasal Miktarı (kg/yıl)
Yüzey İşlem (Yağ alma Prosesi)	chemfos 51 NH/B Fosfat	14735
	chemkleen A 140 (Ön işlem Kimyasalı)	1596,5
	Burref M (PH ayarlayıcı)	1291
	ultraguard ATP 50	6485
	ultraxwetter 100	1253
Kataforez Kaplama Hattı	HCL(reçine rejenerasyonu, içme ve kullanma suları pH düşürücüsü olarak kullanılır.)	23350
	NaOH	8100
	Antiskalant	5
	Emülsiyon	90500
	Pigment	23125
	Asetik Asit	2640
	Butil Glikol	6080
	Fenoksi	3700

✓ **Su ve Atıksu Yönetimi**

Tesiste 1.Kalite ve 2.Kalite su kullanımı mevcuttur. 2. Kalite su sadece kataforez prosesinde kullanılmaktadır. 1.kalite su ise kataforez prosesi ve kullanım suyu amaçlı kullanılmaktadır.

Tesisin, kataforez prosesinden kaynaklı atıksu deşarjı bulunmaktadır. Oluşan atıksu ve yağmur suları ayrı kanallar ile toplanmaktadır. Tesiste oluşan evsel nitelikli atıksu ve proses atıksuyu Organize Sanayi Bölgesi kanalizasyon şebekesine bağlanarak Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Proses ve evsel atıksu için Organize Sanayi Bölgesi kanalizasyonuna deşarj limitlerini sağlamaktadır. Arıca Organize Sanayi Bölgesi Kanal Bağlantı İzni bulunmakta olup Organize Sanayi Bölgesi tarafından yıllık habersiz numuneler alınarak atık su parametrelerinin kontrolleri gerçekleştirilmektedir.

Organize sanayi bölgesi tarafından yapılan kataforez prosesi atıksu ölçümlerine ait 2017 yılı verileri Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kataforez prosesi atıksu ölçüm sonuçları

PARAMETRE	BİRİM	ÖLÇÜM SONUCU	BOSB EK-2 LİMİT DEĞERİ
pH		7,31	6-9
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	52	500
Renk	Pt-Co	62	1500
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	230	1200
Yağ ve Gres	mg/L	5,1	100
Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)	mg/L	19	65
Sülfat (SO ₄ ⁻²)	mg/L	34	1500
Toplam Fosfor	mg/L	10	12
Florür (F ⁻)	mg/L	0,44	15
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/L	<0,20	1
Krom (VI) (Cr ⁺⁶)	mg/L	<0,010	0,5
Kurşun (Pb)	mg/L	<0,010	2
Demir (Fe)	mg/L	0,8	10
Bakır (Cu)	mg/L	<0,010	3
Toplam Krom (Cr)	mg/L	<0,010	2
Kadmiyum (Cd)	mg/L	<0,010	0,1
Çinko (Zn)	mg/L	0,03	5
Civa (Hg)	mg/L	<0,010	0,05

✓ **Hava Kalitesi Yönetimi**

Emisyonların takibi, emisyonların konsantrasyonlarının azaltılması ve gerekli tedbirlerin alınması açısından önemlidir. Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği (Anonim 2014) kapsamında emisyon konulu çevre izni bulunmaktadır. Emisyon kaynaklarının periyodik ölçümleri düzenli olarak yaptırılmakta olup parametreler değerlendirilmektedir.

✓ **Gürültü Yönetimi**

Çevre ve iş sağlığı açısından gürültünün kontrolü önem taşımaktadır. Dış ortam çevresel gürültü ölçümünden alınan muafiyet yazısı bulunmaktadır. Gürültü kaynakları tespit edilerek iç ortam ölçümleri yıllık periyotta yapılmaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre sınır değerler ile uyumluluğu kontrol edilerek gerekli önlemlere karar verilmektedir. Firmada yapılan gürültü ölçümlerinin sonucunu 85 dB'in altındadır. Bu nedenle de kulaklık kullanımı zorunlu değildir.

3.2 YÖNTEM

Yapılan çalışmada temiz üretim tekniklerinden yaşam döngüsü değerlendirme tekniği kullanılmıştır. Prosesin çevresel etkilerinin ve boyutunun değerlendirilmesi, kaynakların verimli kullanılması için çalışmaların belirlenmesi hedeflenmektedir. Tehlikeli atık, emisyon, atıksu ve kaynak kullanımının minimize edilmesi sağlanmaktadır.

3.2.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Çalışmaları

Yapılan çalışmada EN ISO 14044 Çevre Yönetimi- Hayat Boyu Değerlendirme Gereklere ve Kılavuzu Standardı ile bu standarda uygun veri tabanına sahip Gabi yazılım programı kullanılmıştır. Çalışılan program “Ecoinvent v3” veri tabanını kullanmaktadır. Eko-verimlilik prensiplerine göre, otomobil yan sanayi tesisinin kataforez prosesinde oluşan atık boya miktarı yüzey işlem öncesi, yüzey işlem sonrası ve kataforez kaplama hatlarında ayrı ayrı plaka ölçümleri yapılarak veri sağlanmıştır. Elde edilen veriler bir adet iskeletin boyanan m²'si üzerinden değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda, sonuçlar değerlendirilerek iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Çalışma da hedef ve kapsam, envanter analizi, etki analizi ve yorumlama adımları takip edilmiştir.

3.2.2 Hedef ve Kapsam

Yapılan çalışma ile koltuk üretimi sırasında kataforez ünitesinde oluşan çevresel etkinin değerlendirilmesi ve çıkan sonuçlara göre çevresel yükün azaltılması amaçlanmıştır.

11,06 kg ağırlığına ve 1,535 m² yüzey alana sahip sürücü koltuğu seçilmiş olup tüm veriler bu fonksiyonel birim üzerinden hesaplanmıştır.

Yüzey işlem hattında plakalardan 15 dakikalık bir sürede kirlilik alma işlemi yapılmaktadır. Kataforez kaplama hattında plakalar 45 dk. kalmaktadır. Plakalar 3 partide ölçülmüştür.

Kataforez bölümünde gerçekleştirilen süreçler ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.4. Otomobil koltuk iskeleti

3.2.3 Envanter Analizi

Süreçlerde kullanılan hammadde ve enerji girdileri yıllık ortalama veriler üzerinde hesaplanmıştır. Fabrika yıllık verileri, seçilen birim iskelet üzerinden hesaplanmıştır. Proses değerlendirilerek gerekli veriler ilgili birimlerden temin edilmiş ve kütle dengesi oluşturulmuştur. Hesaplanan veriler Gabi programına girilmiştir. Verilerin programa girişinde bazı kimyasallar program veri tabanında olmadığından dolayı muadilleri alınarak hesaplamaya katılmıştır. Sadece Kataforez prosesinden oluşan kontamine atık ve kontamine ambalaj verilerine ulaşamadığından fabrika genelinde oluşan kontamine atık ve kontamine ambalaj verileri kullanılmıştır.

. Temin edilmesi gerekli olan veriler şunlardır:

1. Boyanan iskeletin ağırlığı
2. Boyanan iskeletin metre karesi
3. Yıllık Elektrik enerjisi tüketim miktarı (kWh)
4. Yıllık Doğalgaz enerjisi tüketim miktarı (m³)
5. Proses akış şeması
6. Yıllık kataforez yüzey işlem, kataforez kaplama, De iyonize su proseslerinde kullanılan kimyasal miktarları (kg)
7. Yıllık tüketilen 1. Kalite ve 2.Kalite su miktarları (m³)

8. Kataforez hattında bulunan bacalar ve emisyon miktarları
9. Proseste oluşan atık türleri ve miktarı (kg/yıl)

Birim iskelet başına hammadde, enerji ve su tüketim verileri Çizelge 3.3' te paylaşılmıştır.

Ayrıca Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te 2017 yılına ait birim iskelet başına emisyon ve atık verileri paylaşılmıştır.

Çizelge 3.3. Fonksiyonel birim başına tüketim miktarları

KATAFOREZ DEPARTMANI		2017 YILI	
PARAMETRELER		YILLIK TOPLAM TÜKETİM	FONKSİYONEL BİRİM BAŞINA TÜKETİM
ENERJİ TÜKETİMİ			
1.Kalite Su (m ³)		117000	0,107552414
2.Kalite Su (m ³)		14170	0,013025792
Elektrik (Kataforez) (kwh)		1276914	1,173804982
Elektrik (Genel) (kwh)		5091092,5	4,679993908
Proses Doğalgaz (m ³)		105370	0,09686152
KİMYASAL TÜKETİMİ			
YÜZEY İŞLEM KİMYASALLARI	chemfos 51 NH/B Fosfat (kg)	14735	0,013545169
	chemkleen A 140(Ön işlem Kimyasalı) (kg)	1596,5	0,001467585
	Burref M (PH ayarlayıcı) (kg)	1291	0,001186754
	ultraguard ATP 50 (kg)	6485	0,005961345
	ultraxwetter 100 (kg)	1253	0,001151822
	KATAFOREZ KAPLAMAHAATTI	HCL(reçine rejenerasyonu, içme ve kullanma suları pH düşürücüsü olarak kullanılır.) (kg)	23350
	NaOH (kg)	8100	0,007445936
	ANTİSKALANT (kg)	5	0,00000460
	Emülsiyon (kg)	90500	0,083192252
	Pigment (kg)	23125	0,021257689
	Asetik Asit (kg)	2640	0,002426824
	Butil Glikol (kg)	6080	0,005589049
	Fenoksi (kg)	3700	0,00340123

Çizelge 3.4. Birim iskelet başına emisyon ve atık verileri

PARAMETRELER	KATAFOREZ BACA GAZI EMİSYONU (KG/SAAT)	İSKELET FONKSİYONEL BİRİM BAŞINA MİKTAR (KG/SAAT*İSKELET)
CO	0,0039	0,0000000036
SO ₂	0,0053	0,0000000049
NO	0,1616	0,0000001486
NO ₂	0,2478	0,0000002278
TOC	0,362	0,0000003328
TOZ	0,025	0,0000000230

Çizelge 3.5. Birim iskelet başına atık verileri

PARAMETRELER	KATAFOREZ OLUŞAN ATIKLAR (KG/YIL)	İSKELET FONKSİYONEL BİRİM BAŞINA MİKTAR (KG/YIL*İSKELET)
Boya çamuru	374	0,0003438000
Fosfat çamuru	2100	0,0019304279
Fırın Kalıntısı	20	0,0000183850
Atıksu	0,12057821	0,0000001108
Kontamine Atık	899	0,0008264070
Kontamine Ambalaj	14151	0,0130083266

Plaka ölçüleri sonucunda, koltuk iskeleti üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Yüzeysel işlem sonrası ve kataforez sonrası yapılan ölçümlerin farkı alınarak atık boya miktarı gr cinsinden hesaplanmıştır. Ölçüm yapılan plakaların yüzey alanından iskelet toplam yüzey alanına göre hesaplamalar yapılarak veri oluşturulmuştur.

İskelet yüzeyinden kalkan kirlilik hesabında, ölçümler hassas terazi kullanılarak 0,02 m² lik plakalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra toplam koltuk iskeletinin m²' sine oranlanarak kirlilik miktarı bulunmuştur. Plakanın yüzey işlem öncesindeki ve yüzey işlem sonrasındaki ağırlığı ölçüldü. Aralarındaki fark alınarak parça başına düşen kirlilik miktarı hesaplandı.

Yüzeyde kalan boya miktarı için, kataforez kaplama fırınına giren plaka fırından çıktıktan sonra hassas terazi ile ölçüldü. Yüzey işlem sonrası ağırlık ile boyama işlemi sonrası ağırlık arasındaki fark alınarak parça başına yüzeyde kalan boya miktarı hesaplandı.

Yapılan çalışmada, kataforez hattındaki her bir proses detay olarak değerlendirildi. Kataforeze giren 0,02 m²'lik yüzey alan sahip 30 adet plaka üzerinden kirlilik, boya ve diğer atıkların değerlendirilmesi yapıldı ve iskelet m²' sine oranlandı. Kataforez hattında yapılan ölçümlerde kirlilik, yüzeyde kalan boya ve atık boya miktarları proses içinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Plaka ölçümleri sonucu fonksiyonel birim üzerinden değerlendirilmiştir. Plaka ölçümleri sonucu belirlenen koltuk iskeleti üzerinden değerlendirme yapılmış olup yapılan ölçüm verileri Çizelge 3.6'dedir.

Çizelge 3.6. Kataforez ölçüm verileri

KATAFOREZ PROSESİ ÖLÇÜMLER (gr)					Tarih: 18.02.2017
İskelet No	İskelet Yüzey İşlem Öncesi (gr)	İskelet Yüzey İşlem Sonrası (gr)	İskelet Üzerinden Kalkan Kirlilik(gr)	İskelet Boya Sonrası (gr)	İskelet Üzerinde Kalan Boya (gr)
1	11898,9363	11896,1963	2,74	12003,7	107,5037
2	11866,2408	11863,3626	2,8781	11970,0682	106,7055
3	11844,6663	11841,1665	3,4998	11947,212	106,0455
4	11876,2029	11873,1252	3,0777	11977,5206	104,3953
5	13787,4544	13786,5641	0,8903	13882,5937	96,0296
6	13731,4193	13730,0992	1,3201	13827,0574	96,9583
7	13771,9816	13771,099	0,8826	13869,0474	97,9484
8	13646,6335	13645,9735	0,66	13742,9394	96,966
9	13735,4486	13734,259	1,1896	13831,1329	96,8738
10	13702,661	13701,5175	1,1436	13801,162	99,6445
11	10711,1226	10709,9176	1,205	10809,1246	99,2071
12	10531,3894	10529,5628	1,8266	10628,8389	99,2761
13	10534,5822	10532,2874	2,2948	10633,4823	101,1949
14	10693,0403	10690,7224	2,3178	10791,5259	100,8034
15	10789,1466	10787,9263	1,2203	10886,7726	98,8463
16	10763,5351	10762,3685	1,1666	10861,7905	99,4219
17	13647,2629	13643,9626	3,3003	13738,6568	94,6941
18	13763,7694	13759,8551	3,9143	13854,7949	94,9397
19	13796,5109	13790,5858	5,9251	13886,792	96,2061
20	13475,9876	13470,807	5,1806	13564,8564	94,0495
21	13299,8847	13298,2192	1,6655	13396,866	98,6468
22	10765,6074	10764,2182	1,3892	10865,8659	101,6477
23	10995,3125	10994,3377	0,9747	11097,0906	102,7529
24	14602,1557	14600,7512	1,4045	14701,0634	100,3123
25	14667,6541	14665,0216	2,6325	14765,142	100,1204
26	12955,7531	12954,433	1,3201	13052,0897	97,6567
27	14550,0731	14548,0009	2,0722	14646,7858	98,7849
28	14407,7633	14404,5475	3,2158	14502,8872	98,3398
29	14292,9683	14288,9773	3,991	14388,5758	99,5985
30	14592,915	14590,198	2,717	14691,2164	101,0183
Toplam	383698,0786	383630,0628	68,0159	386616,6509	2986,5881
Ortalama	12789,936 ± 1491,429783	12787,6688 ± 1491,131122	2,2672 ± 1,319097315	12887,2217± 1489,643297	99,5529 ± 3,378846027

Standart Sapma	1491,429783	1491,131122	1,319097315	1489,643297	3,378846027
-----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

3.2.4 Etki Analizi

Yapılan çalışmada Gabi yazılımı (Anonim 2009) içinde bulunan etki kategorisi değerlendirme verilerinden yararlanılmış olup hesaplama metodu olarak yazılım içerisinde bulunan CML 2001 metodu kullanılmıştır. Bu kapsamda asidifikasyon, küresel ısınma etkisi, ötrofikasyon, karasal toksisite, sucul ortam üzerine etkisi, insan sağlığı üzerine etkisi ve ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi gibi etki etki kategorileri değerlendirilmektedir. Ortaya çıkan sonuçlar ve etki türleri bu metot ile uyumlu olup etki değerlendirmeleri ana başlıklar halinde Çizelge 3.7' de verilmiştir (Curran 2006).

Çizelge 3.7. Etki Kategorisi

Etki Kategorisi	Ölçek	YDE Veri Örnekleri (sınıflandırma)	Genel Olası Karakterizasyon Faktörü	Karakterizasyon Faktörünün Açıklaması
Küresel Isınma	Küresel	Karbondioksit (CO ₂) Nitrojendioksit (NO ₂) Metan (CH ₄) Kloroflorokarbonlar (CFSc) Hidrokloroflorokarbonlar (HFCFs) Metilbromid (CH ₃ Br)	Küresel ısınma potansiyeli	YDE verisini karbondioksit eşdeğerlerine dönüştürür. Not: Küresel ısınma potansiyelleri 50,100 veya 500 yıl olabilir
Stratosferik Ozon Tüketimi	Küresel	Kloroflorokarbonlar (CFSc) Hidrokloroflorokarbonlar (HFCFs) Halonlar Metilbromid (CH ₃ Br)	Ozon tüketimi potansiyeli	YDE verisini trikloroflorometana (CFC-11) eşdeğerlerine dönüştürür.
Asidifikasyon	Bölgesel Yerel	Sülfüroksitler (SO _x) Nitrojen oksitler (NO _x) Hidroklorik asit (HCL) Hidroflorik asit (HF) Amonyak (NH ₄)	Asidifikasyon potansiyeli	YDE verisini hidrojen iyonu eşdeğerlerine dönüştürür.
Ötrofikasyon	Yerel	Fosfat (PO ₄) Nitrojenoksit (NO) Nitrojendioksit (NO ₄) Nitratlar Amonyak (NH ₄)	Ötrofikasyon potansiyeli	YDE verisini fosfat eşdeğerlerine dönüştürür.
Karasal Zehirlilik	Yerel	Kemirgenlere olan öldürücü konsantrasyonu raporlanmış zehirli kimyasallar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür; açığa çıkarma ve multimedya modelleme kullanır
Su Zehirliliği	Yerel	Balıklara olan öldürücü konsantrasyonu raporlanmış zehirli kimyasallar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür; açığa çıkarma ve multimedya modelleme kullanır
İnsan Sağlığı	Küresel Bölgesel Yerel	Havaya, suya ve toprağa yapılan toplam salımlar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür; açığa çıkarma ve multimedya modelleme kullanır
Kaynak Tüketimi	Küresel Bölgesel Yerel	Kullanılan mineral miktarı, Kullanılan fosil yakıt miktarı	Kaynak tüketimi potansiyeli	YDE verisini kullanılan kaynağın miktarına karşın rezervde kalan kaynağın miktarına dönüştürür
Su Kullanımı	Bölgesel Yerel	Su kullanımı veya tüketimi	Su kıtlığı potansiyeli	YDE verisini kullanılan kaynağın miktarına karşın rezervde kalan kaynağın miktarına dönüştürür.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Envanter Analizi

Kataforez Departmanı

Kataforez Bölümünde kataforez bölümünde kullanılan kimyasal ve enerji gibi diğer veriler kullanılarak programa girdi olarak veri girişi yapılmıştır. Veri giriş bilgileri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Boyalı parçaların yüzey alanı

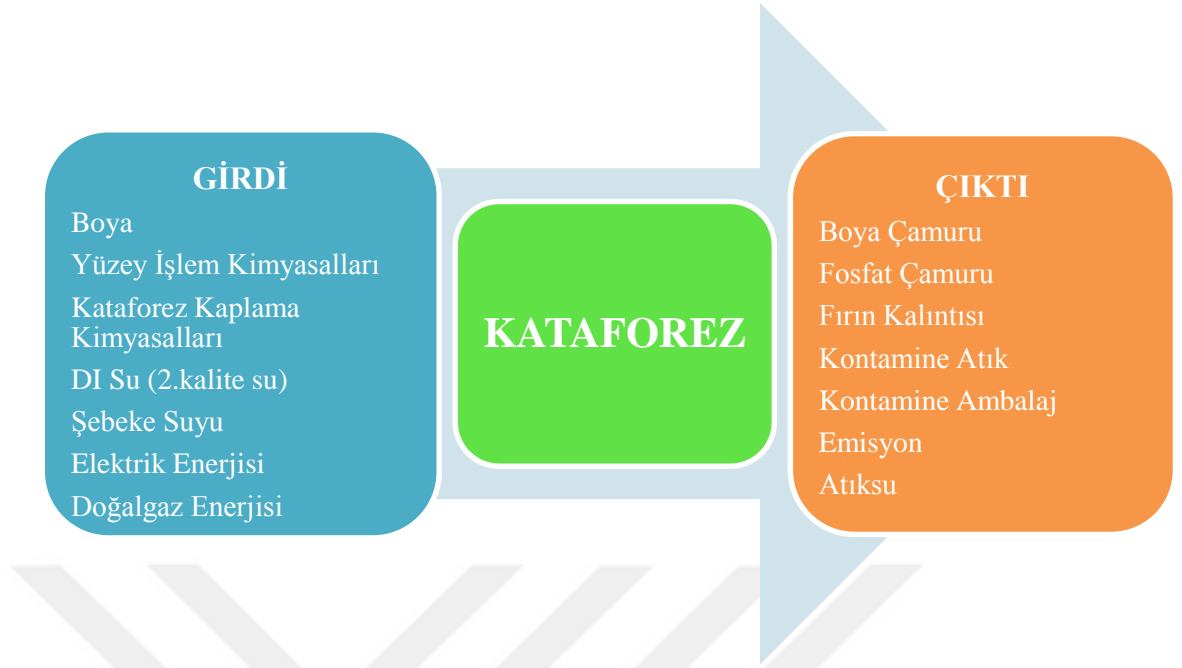
Malzeme	Yüzey Alan	Birim
Sırt İskeleti	0,581	m ²
Oturak İskeleti	0,929	m ²
Kızak Açma Kolu	0,025	m ²
Toplam	1,535	m ²

Veri giriş bilgileri Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kataforez veri giriş kütüphanesi [Gabi]

ÇIKTI		
AKIŞ	MİKTAR	BİRİM
Çelik Profil	11,1	Kg

Girdi ve çıktıları belirlenmiş olan kataforez prosesinde kullanılan kimyasallar sistem kütüphanesine girilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kataforez girdileri ve çıktıları

Yüzey işlem ve kataforez Kaplamada kullanılan kimyasallar dikkate alınarak sistem kütüphanesine birim yüzey alana göre hesaplanan kimyasallar girilmiştir. Hesaplamalar firmanın paylaşabildiği Malzeme Güvenlik Bilgi Formu ve miktarlar esas alınarak yapılmıştır. Kimyasalların yıllık tüketim değerleri ve yıllık boyanan yüzey alan üzerinden değerlendirme yapıp fonksiyonel yüzey alan için kullanılan miktar hesaplanmıştır.

Elektrik enerjisi ve doğalgaz tüketim değerleri, yıllık tüketim değerleri üzerinden ortalama aylık ve fonksiyonel birim başına düşen miktara dönüştürülmüştür.

Kullanılan De İyonize Su (2.Kalite Su), tesiste ters osmoz ünitesi ile sağlanmaktadır. Şebeke suyu ve De iyonize su miktarı yıllık tüketim değerleri üzerinden ortalama aylık ve fonksiyonel birim başına tüketilen miktara geçiş yapılarak hesaplanmıştır.

Süreç çıktıları olarak fosfat çamuru, boya çamuru, fırın kalıntısı, kontamine atık, kontamine ambalaj, atık reçine, kontamine atık, emisyon ve atıksu değerlendirilmiştir. Atık miktarları ve atık su miktarı yıllık kullanımlar üzerinden aylık ortalamalarına göre karşılık gelen fonksiyonel birim başına düşen miktarlar olarak programa girilmiştir. Emisyon ölçüm sonuçlarına göre, kataforez hattına ait bacaların oluşturmuş olduğu saatteki toplam emisyon miktarı hesaplamalarda kullanılmıştır.

Kataforez prosesine ait bilgiler Gabi yazılımında, yüzey işlem, kataforez kaplama olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yazılım girişlerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir. Yazılıma girilen verilere ait bilgiler Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüzey işlem prosesi girdi – çıktı analizi

GİRİDİ			ÇIKTI		
AKIŞ PARAMETRESİ	MİKTAR	BİRİM	AKIŞ PARAMETRESİ	MİKTAR	BİRİM
2-Ethoxy-ethanol [Group NMVOC to air]	0,00147	Kg	Çelik Profil	11,1	Kg
Alkoller(unspec.) [Group NMVOC to air]	0,00115	Kg			
Fosforik asit [Inorganic intermediate products]	0,00298	Kg			
RER: sodyum hidroksit, %50 su [inorganics]	0,000593	Kg			
Soda (sodyum karbonat)[Inorganic intermediate products]	0,000593	Kg			
Sodyum 3-Nitrobenzensulfat [Group NMVOC to air]	0,0165	Kg			
Alimünyum Profil	11,1	Kg			

Çizelge 4.4. Kataforez prosesi girdi – çıktı analizi

GİRDİ			ÇIKTI		
AKIŞ PARAMETRESİ	MİKTAR	BİRİM	AKIŞ PARAMETRESİ	MİKTAR	BİRİM
Asetik asit [Inorganic intermediate products]	0,00242	Kg	Karbon monoksit, fosil [Ecoinvent long-term to air]	3,6E-009	Kg
Bütoksipropanol [Group NMVOC to air]	0,00708	Kg	Toz[Partides to air]	2,3E-008	Kg
Bütilglikol [Group NMVOC to air]	0,00558	Kg	Tehlikeli atık [Tehlikeli atık]	0,0138	Kg
Diocyltin oksit [Inorganic intermediate products]	0,00708	Kg	Nitrojen dioksit [Hava için inorganik emisyonlar]	2,28E-007	Kg
Elektrik [Elektrik enerjisi]	4,2	MJ	Nitrojen oksit [Ecoinvent long-term to air]	1,48E-007	Kg
Hidroklorik asit [Inorganic intermediate products]	0,0214	Kg	Boya Çamuru [Tehlikeli Atık]	0,000343	Kg
Doğalgaz, Türkiye, Tüketici [Doğalgaz, tüketici]	0,0693	Kg	Fosfat Çamuru [Bertaraf için atık]	0,00193	Kg
RER: sodyum hidroksit, %50 su [inorganikler]	0,00744	Kg	RER: kaplanmış çelik [Proses]	1,54	m ²
Çelik profil [Metaller]	11,1	Kg	Sülfür dioksit [Ecoinvent long-term to air]	4,9E-009	Kg
Su[Su]	13	Kg	Atık su [Doğal kaynak suyu için diğer emisyonlar]	1,11E-007	Kg

Çizelge 4.5. Kaplanan iskelet

GİRDİ		
AKIŞ PARAMETRESİ	MİKTAR	BİRİM
RER:Kaplana n Çelik	1,54	m ²

Yüzey işle m prosesinde parça üzerindeki yağ, kirlilik gibi temizleme yapılmakta olup ölçüm sonuçlarına göre seçilen koltuk iskeleti başına ortalama 1.2887,2217 gr kirlilik oluşmaktadır.

Kataforez kaplama hattında parçaların müşteri isteğine göre boyaması yapılmaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre 1,535 m²' lik iskelet başına ortalama 99,5529 gr boyanın yüzeyde kaldığı saptanmıştır. 2017 yılında toplam boyanan iskelet alanı 1669837 m²'dir. Buna bağlı olarak yıllık kullanılması gereken boya miktarı 108.297,79 kg'dır.

Yıllık tüketim miktarına bakıldığında 2017 yılında toplam 113.625 kg boya kullanılmıştır. Yılda 5.327 kg boyanın atık olduğu saptanmıştır.

Atık olarak hesaplanan boyanın kataforez departmanında çalışan personellerle değerlendirilmesi sonucu elde edilen verinin net sonucu karşılamadığı bilgisine varıldı. Çünkü boyanan ürünlerde, ürün üzerindeki mikron kalınlık ve boyanan parça yüzey alanları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Hesaplanan veri referans alınan iskelet modeli üzerinden hesaplama yapıldığından kesin sonucu vermemektedir. Oluşan atık miktarında boyanın kalınlığı (Mikron) ve parça yüzey alanı atık miktarının hesabında önemli bir parametredir. Net atık boya miktarının hesaplanabilmesi için boyanan tüm parçaların yüzey alanı ve boya kalınlıklarıyla ilgilinin bilginin elde edilmesi ve kullanılan boya miktarının elde edilen veriler doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yapılan başka araştırmalar bu bölümde karşılaştırılmıştır. Bir otomotiv endüstrisinde kablo üretiminin alternatif malzemelerle üretimine ait yaşam döngüsü değerlendirme çalışması incelenmiştir. Bu çalışmada sadece bakırın kullanıldığı geleneksel model ve bu modele alternatif olarak üretilen bakır ve 0,3 oranında kalay karışımı kablonun yaşam döngüsü analizi yapılmış ve sonuçları SimaPro programında değerlendirilmiştir. Her iki kabloda kullanılan bakır 99,9 saflığa sahip olup, polivinil klorürle (PVC) kaplanmaktadır.

Kablolama ile ilgili yapılan faaliyetlerde 1 km uzunluğuna sahip kablo değerleri fonksiyonel birim olarak alınmıştır (Villanueva-Rey ve ark. 2018).

Kablolama üretimi ile kataforez prosesinin tüketim verileri karşılaştırıldı. Kablo üretiminde bakır-kalay karışımının kullanılmasıyla enerji tüketimi ve emisyon oluşumunda bir değişiklik olmamış sadece hammadde azaltımı ve atık oluşumunun azaltılması sağlanmıştır. Kablo üretiminde 4,01 kWh'lık elektrik enerjisi ve 0,01 m³'lük su kullanımı mevcuttur. Ayrıca oluşan emisyonlar değerlendirildiğinde; 85,91 g CO₂, 4 mg CH₄, 0,01 g N₂O, 0,027 g NO_x, 0,03 g NMVOC ve 0,1 mg NH₃ emisyonu oluşmaktadır. Bu verilere göre bir adet fonksiyonel iskelet başına kataforez prosesinin enerji değerleri ve emisyon değerleri karşılaştırıldığında çevresel yükünün düşük olduğu belirlenmiştir. Veriler karşılaştırıldığında bir iskeletin boyanması işleminde kataforez prosesinde kullanılan elektrik ve su miktarı ile oluşan emisyon miktarlarının çok düşük olduğu saptanmıştır (Villanueva-Rey ve ark. 2018).

4.2 Etki Analizi

Yapılan plaka ölçümleri sonucu 1,535 m²'lik iskelet başına 99,5529 gr boyanın iskelet üzerinde kaldığı belirlenmiştir. 2017 yılında toplam boyanan iskelet alanı 1669837 m²'dir. Buna bağlı olarak yıllık kullanılması gereken boya miktarı 108.297,79 kg'dır.

Yıllık tüketim miktarına bakıldığında 2017 yılında toplam 113.625 kg boya kullanılmıştır. Yılda 5.327 kg boya atık olduğu belirlenmiştir. Tüketim miktarları ve atık boya miktarı Çizelge 4.6 de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yıllık boya tüketim ve atık miktarı

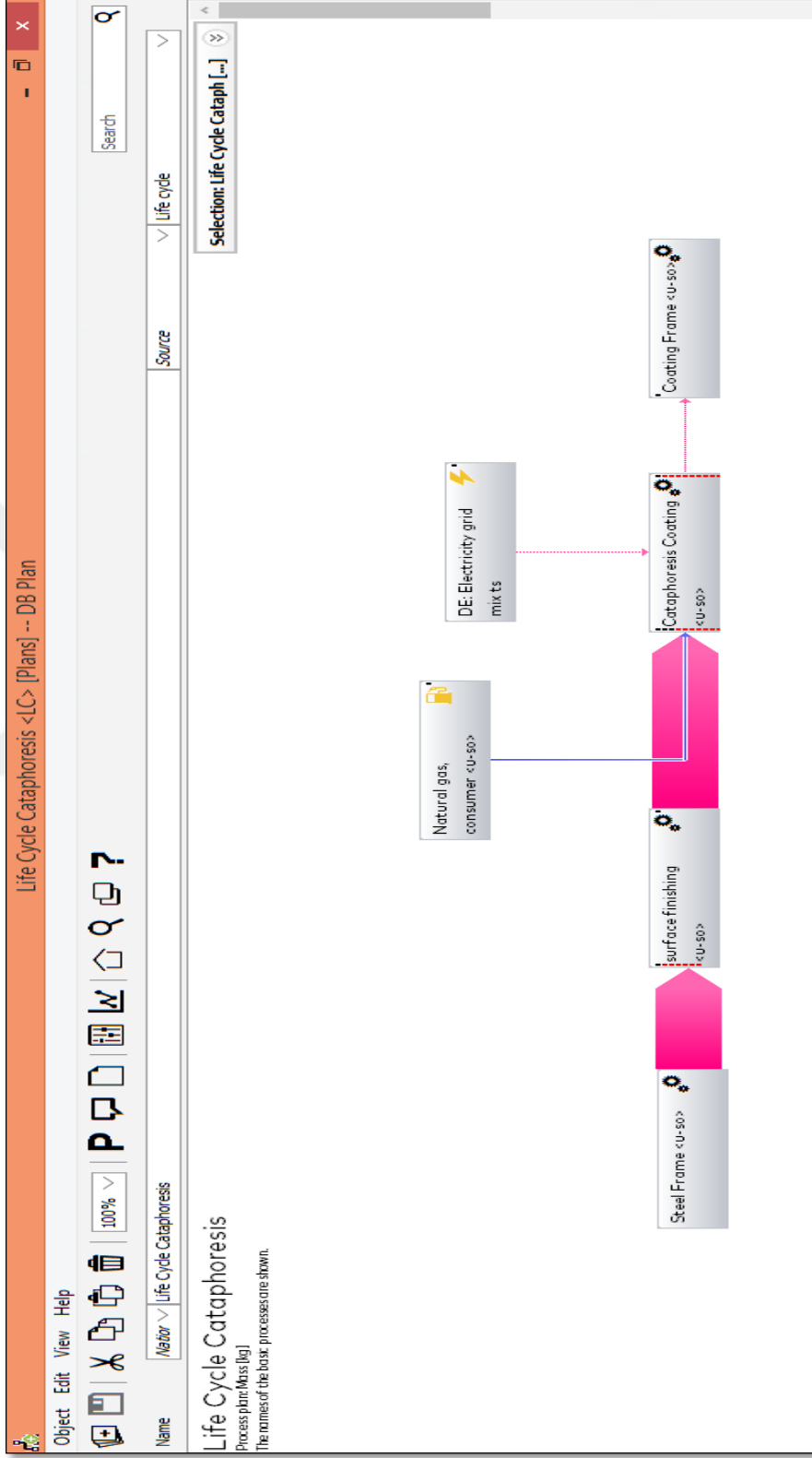
Boyanın Adı	2017 yılı tüketim miktarı(kg)	2017 yılı ölçümlerinde hesaplanan gerekli kullanım miktarı (kg)	Atık Boya (kg)	Atık Boya Yüzdesi (%)
Pigment Pasta + Emülsiyon	113.625	108.297,79	5.327 kg	%4,69

Seçilen model üzerinden hesaplama yapılmış olmasından dolayı yapılan değerlendirme de tam doğru atık miktarını vermediği tespit edilmiştir. Çünkü kataforez tankında boyanan malzemelerin kalınlıkları ve boyutları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu da net atık olan miktarın hesaplanmasına olanak sağlamamaktadır.

Envanter girişleri ve manuel hesaplama yöntemi tamamlanmış olup, fonksiyonel birim olarak seçilen 1 adet koltuk iskeletinin çevresel etkisi değerlendirilmiştir. Programda yapılan değerlendirmenin genel ekran görüntüsü Şekil 4.2' te paylaşılmıştır.

Gabi yazılımında yapılan değerlendirmede kataforez prosesinin küresel ısınma üzerindeki 100 yıl etkisi, asidifikasyon üzerine etkisi, ötrofikasyon üzerine etkisi, ozon tabakasının delinmesi üzerine etkisi, abiyotik kaynakların tükenmesi üzerine etkisi, tatlı su ekosistemi üzerine etkisi, insan üzerindeki toksik etkisi, deniz ekosistemi üzerindeki etkisi ve karasal ekoksisitem üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Bir adet boyalı koltuk iskeleti üretimi için salınan hava emisyonu miktarı 17,8 kg olarak hesaplanmıştır. Yıllık üretim miktarı üzerinden değerlendirme yapıldığında 833,218 kg emisyon salınımına neden olmaktadır.



Şekil 4.2. Katarforez sürecinin değerlendirilmesinin ekran görüntüsü

4.2.1 Küresel Isınma Üzerindeki Etkisi (100 Yıllık)

Kataforez prosesinde bir iskeleti boyama işleminin küresel ısınma üzerine etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Kataforez prosesinin küresel ısınma üzerindeki etkisi ile ilgili grafik Şekil 4.3' te verilmiştir.



Şekil 4.3. Kataforez prosesi küresel ısınma üzerine etkisi

Elde edilen değerler yıllık üretim miktarı üzerinden değerlendirilmiştir. Hesaplanan koltuk iskeleti yılda 46.810 adet üretilmiştir. Yıllık üretim miktarı üzerinden değerlendirme yapıldığında 100 yıllık küresel ısınma üzerine etki 33.281,91 kg CO₂' ye eşdeğerdir.

Araç koltuğunun çevresel yükünün SimaPro yazılımıyla değerlendirildiği bir başka çalışma incelenmiştir. Referans olarak alınan değerler ve tez araştırma sonuçlarına göre bir araç koltuğunun boyama işlemi için 100 yıllık küresel ısınma etkisi 2,70 kg CO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Bu etkinin en yüksek girdisinin 21,8 kg CO₂ eşdeğeri ile kaynakhanede kullanılan saç parça olan çelik alaşımın olduğu tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

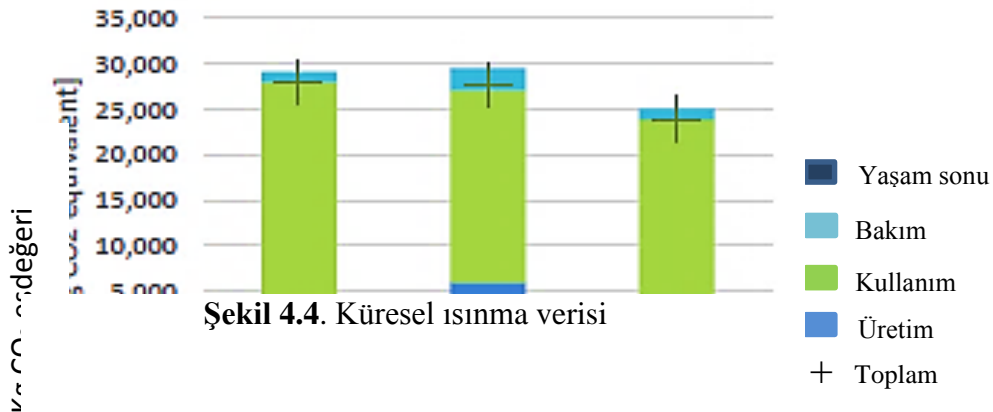
İncelenen çalışmada, bir adet koltuk üretimi için boya kullanımından kaynaklanan yük 5,04 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. İşletme verileri değerlendirilerek yapılan

hesaplama 2,7 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Elektrik enerjinin %38'lik bir yükü oluşturduğu tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

Tez kapsamında yapılan çalışmada bir araç koltuğunun küresel ısınma üzerindeki etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmış olup bu etkinin elektrik tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Boyama prosesindeki kimyasal kullanım etkisinin çok düşük bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Oluşan etkinin kataforez prosesinde kullanılan ekipmanların tüketmiş olduğu elektrik enerjisinden kaynaklandığı belirlenmiştir. İncelenen tezde küresel ısınma etkisi 2,70 kg CO₂ eşdeğeri iken yapılan tezde 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuş olup küresel ısınma etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde otomobil üretimi prosesinde yapılan çalışma sonucu sera gazı emisyonu oluşumları ve etkileri yaşam döngüsü çalışmasıyla karşılaştırılmıştır. Çin'deki içten yanmalı motorlu binek araç üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonunun araç başına 9,6 ton CO₂ eşdeğeri olduğu bulunmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise bu sonuç 6,2 ton CO₂ eşdeğeri seviyelerinde olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırmaya göre Çin'deki sera gazı emisyon değeri Amerika'daki değerden %54 daha fazla olduğu sonucu çıkarılmıştır. Kataforez prosesinde boyanan bir iskeletin küresel ısınmaya olan etkisi tez kapsamında 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmış olup otomotiv üretim prosesi ile karşılaştırıldığında sera gazı emisyon etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir (Hao ve ark. 2017).

Binek araçlarının yaşam döngüsü değerlendirmesiyle ilgili yapılan bir araştırmada, Fiat 500, 500e ve 500NP modellerinin üretim, kullanım, bakım ve yaşam sonu faaliyetleri



Şekil 4.4. Küresel ısınma verisi

Gabi programıyla değerlendirilmiştir. Küresel ısınma üzerindeki etkisi ile ilgili bilgi şekil 4.4' te verilmiştir (Capitona 2015).

Küresel ısınma üzerindeki etki değerlerine bakıldığında kullanım aşamasının küresel ısınmaya etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Fiat 500e'nin emisyonlarının önemli bir kısmı yardımcı malzemelerden kaynaklandığı belirtilmiş olup çoğunluğunun sürüş esnasındaki emisyon kaynaklı olduğu bilgisi paylaşılmıştır. Üretim aşamasındaki küresel ısınma etkisi ise yaklaşık olarak 5 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Otomotiv yan sanayi olarak bir iskeletin kataforez prosesinde boyanması işleminin küresel ısınmaya olan etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Ana sanayinin küresel ısınma üzerine etkisine göre otomotiv yan sanayinin yapmış olduğu faaliyetten dolayı tüketilen enerjinin etkisinin çok düşük olduğu belirlenmiştir (Capitona 2015).

Avusturalya'da beton ürünlerin yaşam döngüsü ile ilgili bir çalışma incelenmiştir. Yapılan çalışmada beton, harç, derz ve sıva olmak üzere on dört adet karşılaştırmalı veriyle beton yaşam döngüsü analizi gerçekleştirilmiştir. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi amacıyla Gabi 7.2.2 yazılımı kullanılmış olup CML 2001 sınıflandırmasıyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda beton ürünlerinde çimentonun çevresel yükünün fazla olduğu belirlenmiştir. Avusturalya'da beton üretiminin m³ başına değeri için küresel ısınma potansiyeli yapılan çalışma sonucu 209 kg CO₂ eşdeğer ile 529 kg CO₂ eşdeğer arası bulunmuştur. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin bir iskelet üzerindeki çevresel yükü değerlendirilmiş olup küresel ısınma etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Beton ürünleri ile kataforez prosesinin küresel etkisi karşılaştırıldığında enerji girdisinin çok yüksek olmasından dolayı beton endüstrisinin etkisinin oldukça fazla olduğu belirlenmiştir (Mohammadi and South 2017).

Çin'de binek aracının çevresel yükünün değerlendirilmesine yönelik çalışmada malzeme üretimi, montaj hattı, dağıtım, bertaraf ve toplam enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda orta büyüklükteki bir binek otomobilinin, araç başına enerji tüketimi 91,1GJ ve sera gazı emisyonları da 11,5 ton olarak tespit edilmiştir. Malzeme üretim sürecinde enerjinin çok yoğun olarak kullanıldığı ve buna bağlı olarak sera gazı emisyon potansiyelinin de yüksek olduğu bulunmuştur. Enerjinin sera gazına etkisinin yüksek olmasının nedeni enerji kaynağı olarak kömürün kullanılıyor

olmasıdır. Çevresel yükü azaltmak için kömür yerine çevre dostu enerji kaynaklarının kullanılması, otomotiv ağırlığının azaltılması ve araçta düşük miktarda enerji gerektirecek ve düşük emisyon miktarlarına sahip malzemelerin kullanımı önerilmiştir. Tez kapsamında kataforez sürecinin bir araç koltuk iskeleti üzerindeki sera gazı etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Binek aracın üretiminden bertarafına kadar ki sürecin değerlendirilmiş olduğu tez sonucu ile karşılaştırıldığında küresel ısınmaya etkisinin çok düşük olduğu saptanmıştır (Li ve ark. 2012).

Çin'deki Otomotiv Ürünleri için Bir Eko-Verimlilik Değerlendirme Modeli ve Sistemi ile ilgili yapılan çalışma da malzeme, enerji, kirlilik etki değerlendirmesi hesaplama modeli oluşturularak elektrikli koltuğun çevresel yükü değerlendirilmiştir. Hesaplama yapılırken SQL, MATLAB ve Visual Basic yazılımları kullanılarak tasarlanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda mevcut elektrikli koltuklar için yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminden çok fazla olduğu belirlenmiştir. Küresel ısınma potansiyelinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Küresel ısınma üzerindeki potansiyel etkisi 1.3807E-11 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Hurdaya çıkarma ve geri dönüşüm aşamalarındaki eşdeğer negatif bulunmuştur. Bu nedenle elektrikli koltukların çevresel yükünün azaltılmasında metaller için hurdaya çıkarma ve geri dönüşüm alternatiflerinin değerlendirilmesi önerilmiştir. İncelenen çalışmaya göre tez kapsamında hesaplanan 0,711 kg CO₂ Eşdeğeri karşılaştırıldığında çalışma yürütülen kataforez prosesinin etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yin ve ark. 2015).

Elektrikli bir otomobilin gösterge panelinin üretiminin yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapıldığı tez incelenmiştir. Yapılan çalışmada CML ve Ekoindikatör metodolojisi kullanılmıştır. Gabi 4 yazılımı ile sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan veri girişleri sonrasında küresel ısınma üzerine etkisi, ozon tabakasına etkisi, asidifikasyon potansiyeli ve insan üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Küresel ısınma üzerine etkisi değerlendirildiğinde 2 kg CO₂ eşdeğeri ile elektrik tüketiminin en yüksek etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışmanın sonucu ile karşılaştırıldığında 0,711 kg CO₂ eşdeğeri kataforez prosesinin etkinin çok düşük olduğu saptanmıştır. Bulunan sonucunda etkisi elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Ancak tüketim değeri incelenen tezdekinden daha düşüktür (Vinodh ve ark. 2012).

Direksiyon kolunun montajının çevresel etkisinin değerlendirildiği bir çalışma incelenmiştir. Bu çalışmada Gabi 5 yazılımı kullanılarak etki kategorileri değerlendirilmiştir. İncelen çalışmada farklı senaryolar üretilerek çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik incelemelerde bulunmuştur. Bunlardan bir tanesi çelik boru kullanımı yerine alüminyum boru kullanılmasıdır. Bu kapsamda mevcut plan da direksiyonun dış boru parçası olan çelik boru kullanımının çevresel etkisi değerlendirilmiştir. 1. Senaryoda dış boru da çelik boru kullanımı yerine alüminyum boru kullanımının çevresel etkisi incelenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucu çelik boru kullanımının 100 yıllık küresel ısınma üzerindeki etkisi 1078,32 kg CO₂ eşdeğeri iken alüminyum boru kullanılması durumunda 969,37 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Alüminyumun 100 yıllık küresel ısınma üzerindeki etkisinin daha az olduğu tespit edilmiştir (Subic ve ark. 2012). Kataforez prosesinde gerçekleştirilen çalışmada bir iskelet için 100 yıllık küresel ısınma üzerine etki 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma üzerine etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Girdi çıktı tekniğinin kullanılarak çelik ve plastik otomobil yakıt tankı sistemlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapıldığı çalışma incelenmiştir. Yakıt tüketimi ve otomobil ağırlığını azaltma hedefleri kapsamında otomobil bileşenlerinde daha hafif kompozit malzemelerin kullanımı ile ilgili araştırmalara başlanmıştır. Bu nedenle de otomobillerdeki çelik yakıt depoları yerine daha hafif plastik malzemelerden yapılmış yakıt tanklarıyla değişimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. General Motors Corporation (GM), GMT600 minibüs modellerinde çelik yakıt tankı yerine çok katmanlı, ekstrüzyonlu, yeni üfleli kalıplanmış ve yüksek yoğunluklu polietilen tank sistemiyle değiştirmektedir. Bu iki tank sistemi örnek olarak seçilmiş ve yaşam döngüsü değerlendirme çalışması yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede plastik ve çelik malzemelerin girdileri, üretimi, kullanımı, geri kazanımı ve hurda durumu ayrı olarak değerlendirilip etki kategorisi ayrı ayrı belirlenmiştir. Genel olarak çelik yakıt tankı kullanımının küresel ısınma üzerindeki etkisi tank başına 651,08 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Plastik yakıt tankı kullanımının küresel ısınma üzerindeki etkisi ise tank başına 346,98 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda plastik malzeme kullanımının çelik malzeme kullanımına göre çevresel etkisinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kataforez prosesi ile karşılaştırıldığında bir iskelet için küresel

ısınma etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri bulunmuş olup, sektörel farklılıklardan dolayı etkinin daha düşük çıktığı öngörülmüştür (Joshi 1999).

Bakır ve bakır-kalay karışımı kablo üretiminin değerlendirildiği bir çalışmada SimaPro yazılımı ile çevresel yük hesabı yapılmıştır. Çevresel etkiler değerlendirilirken her bir kablo türü için hammadde ve yardımcı malzeme üretimi ile imalat sürecinin etki kategorileri ayrı hesaplanmıştır. Sadece bakır kullanılan kablonun küresel ısınma üzerine etkisi toplam olarak 1 km'lik kablo başına 23,18 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. 0,3' lük kalay ve bakır karışımlı 1 km'lik kablonun küresel ısınma etkisi 12,02 kg CO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Kalay ve bakır karışımlı kablonun küresel ısınma üzerine etkinin düşük olduğu belirlenmiştir. Otomotiv yan sanayi kataforez prosesi ile karşılaştırıldığında kataforez prosesini küresel ısınma etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmış olup düşük etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Kulekçi 2008).

Renault firması tarafından hazırlanan Megane IV'un yaşam döngüsünün değerlendirildiği rapor incelenmiştir. Bu çalışma da otomobil üretimi, kullanım ve yaşam sonu aşamaları değerlendirilmiştir. Otomobil üretimi, hammadde çıkarma ve imalatı, parça üretimi ve araç montajını içerir. Ayrıca, birinci sınıf tedarikçiden fabrikaya gelen ve nihai müşteriye giden lojistiği içermektedir. Araç üretimi kapsamında Megane IV' ün küresel ısınma üzerine etkisi 5402,35 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Tez kapsamında yapılan çalışmada küresel ısınma üzerine etki 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında Otomotiv Ana sanayinin etkisinin Otomotiv yan sanayi kataforez prosesi faaliyetlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir (https://group.renault.com/wp-content/uploads/2017/10/final_en_lcareport_nouvelle_megane_v4.pdf, 2019).

Forklift üretiminin çevresel etkilerinin değerlendirildiği bir çalışma incelemiştir. Forkliftin üretim aşamalarının etki kategorileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kesme ve kaynak, boyama, montaj, test çalıştırması, onarım ve nakliye adımları değerlendirilmiştir. Etki kategorileri Eco-indicator 99 veri tabanında hesaplanmıştır. Boyama prosesinin küresel ısınmaya etkisi 1,49E+03 mPt (milli-eco-points) olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmada bir koltuk iskeletinin boyanma işleminin küresel ısınma

üzerine etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuş olup küresel ısınmaya etkisinin forklift boyama prosesinden daha düşük olduğu görülmüştür (Kim ve ark. 2010).

Plastik tampon boyama işleminin çevresel yükünün değerlendirildiği bir çalışma incelenmiştir. Çalışma da plastik tampon boyamanın küresel ısınma üzerindeki etkisi 1,27 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Boyanın kalınlığı azaltılarak enerji tüketiminde %23 lük bir azalma sağlanmıştır. Bu sayede boyama işleminin küresel ısınma üzerindeki etkisi de azalmış olup 1,02 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bir araç koltuk iskeletinin boyanmasının küresel ısınma üzerindeki etkisi 0,711 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur ve etkisinin düşük olduğu saptanmıştır (Rivera ve Tatiana 2014).

4.2.2 Asidifikasyon Üzerine Etkisi

Kataforez prosesinin asidifikasyon üzerine etkisi toplam 1,02E – 3 kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Asidifikasyon üzerindeki en yüksek etki enerji tüketiminden meydana gelmektedir. Sonuç Şekil 4.5’te verilmiştir.



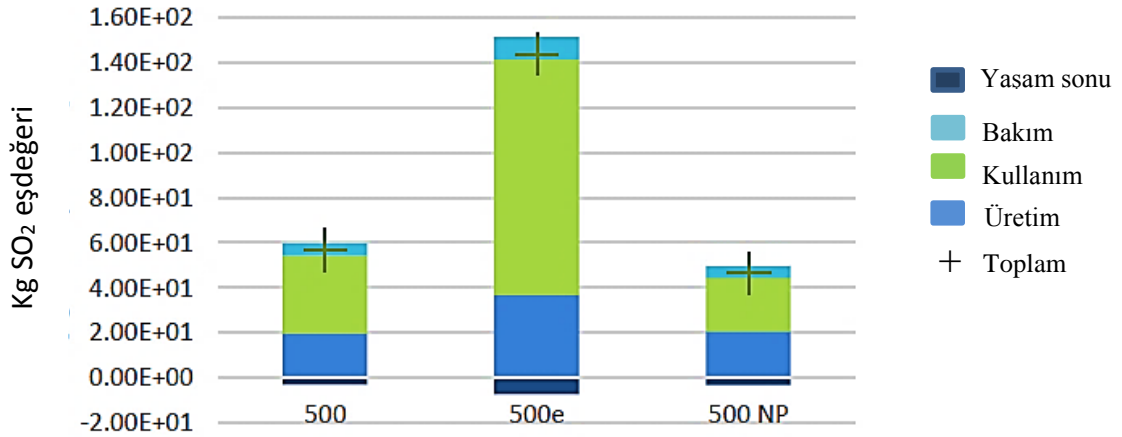
Şekil 4.5. Kataforez prosesi asidifikasyon üzerine etkisi

Araç koltuğu üretiminin değerlendirildiği çalışmada sürücü koltuğunun asidifikasyon üzerine toplam etkisi 0,728 kg SO₂ eşdeğeri bulunmuştur. Bu etki kategorisi içerisinde en yüksek etkinin kaynakhaneden kaynaklanan 0,111 kg SO₂ eşdeğeri ile elektrik tüketiminin olduğu bulunmuştur. Kataforez prosesinin etkisinin 0,1041kg SO₂ eşdeğeri olduğu saptanmıştır. Bu referans veriler yapılan çalışma sonucu bulunan 1,02E – 3 kg

SO₂ eşdeğeri ile kıyaslandığında asidifikasyon üzerindeki etkinin oldukça düşük olduğu görülmektedir (Kılıç 2017).

Avusturalya’da beton ürünlerin yaşam döngüsü ile yapılan çalışmada Gabi 7.2.2 yazılımı ile etki kategorileri değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda Avusturalya’da beton üretiminin m³ başına değeri için veriler hesaplanmış ve beton ürünlerinin asidifikasyon üzerine etkisi 0.670 kg SO₂-eşdeğer ile 1.609 kg SO₂-eşdeğer arasında olduğu hesaplanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin bir iskelet üzerindeki çevresel yükü değerlendirilmiş olup asidifikasyon üzerine etkisi 1,02E – 3 kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Beton endüstrisi ile kataforez prosesinin asidifikasyon üzerine etkisi karşılaştırıldığında enerji girdisinin çok yüksek olmasından dolayı beton endüstrisinin etkisinin oldukça fazla olduğu belirlenmiştir (Mohammadi and South 2017).

Binek araçlarının yaşam döngüsü değerlendirmesiyle ilgili yapılan bir araştırmada, Fiat 500, 500e ve 500NP modellerinin üretim, kullanım, bakım ve yaşam sonu faaliyetleri Gabi programıyla değerlendirilmiştir. Asidifikasyon üzerindeki etkisi ile ilgili bilgi şekil 4.6’ da verilmiştir (Capitona 2015).



Şekil 4.6. Asidifikasyon üzerine etkisi

Asidifikasyon üzerine etkinin özellikle kullanım ve üretim faaliyetlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin de elektrik tüketimi sonucu emisyon artımı olduğu saptanmıştır. 500e modelinin asidifikasyon etkisinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Grafiğe göre asidifikasyon etkisi yaklaşık 1,40E+02 Kg SO₂ eşdeğeri olarak

belirlenmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışma sonucu kataforez prosesinin etkisi $1,02E-3$ kg SO₂ eşdeğeri olarak belirlenmiştir. İncelenen tez ile sonuçlar kıyaslandığında kataforez prosesinin asidifikasyon üzerine etkisinin çok düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni üretilen ürünlerin farklı olup yapılan araştırmada sadece kataforez departmanının değerlendirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. İncelenen tezde araç üretimi ele alınmışken tez kapsamında kataforez prosesinin bir adet iskelet üzerindeki çevresel yükü hesaplanmıştır (Capitona 2015).

Direksiyon kolunun montajının çevresel yükünün değerlendirildiği çalışmada mevcut durumda çelik boru kullanımı ile 1.senaryo olarak çelik yerine alüminyum boru kullanımı değerlendirilmiştir. Bu iki farklı malzemenin kullanımıyla ilgili olarak Gabi yazılımında asidifikasyon üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Çelik boru kullanımının asidifikasyon üzerine etkisi 3,517 kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Alüminyum boru kullanımının asidifikasyon üzerine etkisi ise 3,214 kg SO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Tez kapsamında yapılan çalışmada da kataforez prosesinin etkisi $1,02E-3$ kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Subic ve ark. 2012).

Çelik ve plastik yakıt tanklarının çevresel etkilerinin araştırıldığı çalışma incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında çelik yakıt tankının kullanımının asidifikasyon üzerine etkisi tank başına 919,21 g SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Plastik yakıt tankının kullanımının asidifikasyon üzerine etkisi ise tank başına 450,57 g SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar kapsamında plastik yakıt deposu kullanımının çevresel etkisinin daha az olduğu saptanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında kataforez prosesinin asidifikasyon üzerine etkisi iskelet başına $1,02E-3$ kg SO₂ eşdeğeri olarak bulunmuş olup etkisi çok düşüktür (Joshi 1999).

Bir otomotiv endüstrisine ait kablo üretiminin alternatif malzemelerle üretimine ait yaşam döngüsü değerlendirme çalışması incelenmiştir. Bakır kablo ve bakır-kalay karışımı kablo üretiminin çevresel etkisi incelemiştir. Bakır kablonun asidifikasyon üzerindeki toplam etkisi 0,74 kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bakır-kalay karışımı kablonun toplam asidifikasyon üzerindeki etkisi ise 0,31 kg SO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bakır-kalay karışımı kablonun çevresel etkisinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Kataforez prosesinin kablo üretim tesisine göre etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Kulekçi 2008).

Renault tarafından hazırlanan çalışmada Megan IV modelinin üretiminin, kullanımının ve yaşam sonu süreçlerinin çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Megan IV modelinin araç üretimi çevresel etkisi değerlendirildiğinde asidifikasyon potansiyeli 20,80 kg SO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışmada sadece kataforez prosesinin bir iskelet için asidifikasyon etkisi 1,02E – 3 kg SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu Otomotiv Ana Sanayinin çevresel etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir (https://group.renault.com/wp-content/uploads/2017/10/final_en_lcareport_nouvelle_megane_v4.pdf, 2019).

İncelenen forklift üretim prosesinin değerlendirilmesinde tüm süreçler gözden geçirilmiştir. Tüm süreçlerin etki kategorileri hesaplanmıştır. Forkliftin boya prosesinin asidifikasyon üzerine etkisi 7,75E+03 mPt olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin asidifikasyon üzerine etkisi 1,02E – 3 kg SO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Diğer proseslere göre çok düşük etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Kim ve ark. 2010).

4.2.3 Ötrofikasyon Üzerine Etkisi

Ötrofikasyon üzerine etkisi toplam 1,62E – 04 kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Ötrofikasyon üzerindeki en yüksek etki enerji tüketiminden meydana gelmektedir. Bu etkide oldukça küçüktür. Sonuç Şekil 4.7’de verilmiştir.

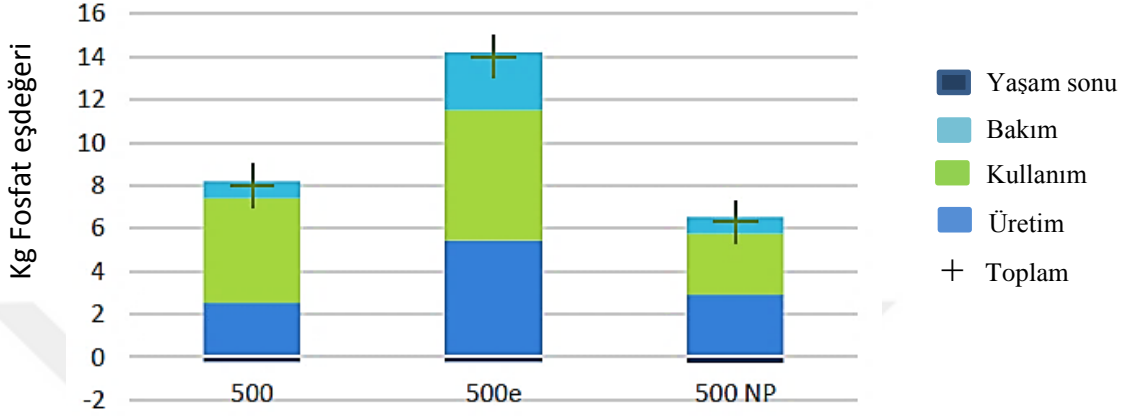


Şekil 4.7. Kataforez prosesi ötrofikasyon üzerine etkisi

İncelenen araç koltuğu üretim sürecinin değerlendirildiği tezde bir adet sürücü koltuğunun ötrofikasyon üzerine etkisi 0,235 kg Fosfat eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu etkinin 0,0699 kg Fosfat eşdeğeri ile en yüksek girdi sağlayan kaynakhane sürecinden kaynaklandığı tespit edilmiştir olup bu etkinin sebebinin elektrik enerjisi tüketimi olduğu saptanmıştır. Kataforez prosesine ait etki 0,0157 kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. İncelenen tezdeki veri ile iskelet üzerinde yapılan çalışma sonucu elde edilen $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri sonucu karşılaştırıldığında kataforez prosesinin etkisinin çok düşük olduğu görülmüştür (Kılıç 2017).

Avusturalya’da beton ürünlerin yaşam döngüsü ile yapılan çalışmada Gabi 7.2.2 yazılımı ile etki kategorileri değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda Avusturalya’da beton üretiminin m^3 başına değeri için veriler hesaplanmış ve beton ürünlerinin ötrofikasyon üzerine etkisi 0.108 kg Fosfat -eşdeğer ile 0.259 kg Fosfat-eşdeğeri arasında olduğu saptanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin bir iskelet üzerindeki çevresel yükü değerlendirilmiş olup ötrofikasyon üzerine etkisi $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Beton endüstrisi ile kataforez prosesinin ötrofikasyon üzerine etkisi karşılaştırıldığında otomotiv yan sanayi faaliyetlerinden kataforez prosesinin etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir (Mohammadi and South 2017).

Binek araçların yaşam döngüsünün değerlendirilmesiyle ilgili çalışma incelenmiş olup Fiat 500, 500e ve 500NP modellerine ait etki analizi çalışması yapılmıştır. Ötrofikasyon üzerine etkisi Şekil 4.8’ de verilmiştir.



Şekil 4.8. Ötrofikasyon üzerine etkisi

İncelenen çalışmanın ötrofikasyon üzerine etkisi değerlendirildiğinde 500e modelinin en yüksek etkiye sahip olduğu görülmektedir. Üretim ve kullanımın en büyük etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ötrofikasyona etkinin nedenleri Fiat 500 için en büyük yayıcılar, elektrik üretimi, kontrol üniteleri için elektronik üretimi ve lityum çıkarma ve işleme iken Fiat 500 için ise WTT yakıt çevrimi, sürüş emisyonları ve elektronik üretimidir. Fiat 500e'nin etkisi en büyük olup araç başına yaklaşık 14 kg fosfat eşdeğeri olarak bulunmuştur. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin bir adet iskelet üzerindeki etkisi elektrik tüketimi nedeniyle $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. İncelenen çalışma ile karşılaştırıldığında otomotiv yan sanayinin kataforez prosesinin ötrofikasyon üzerine etkisinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır (Capitona 2015).

Direksiyon kolununun montajı ile ilgili incelenen çalışmada Gabi 5 yazılımı ile yaşam döngüsü değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda çelik dış boru yerine alüminyum dış boru kullanımının çevresel etkisi değerlendirilmiştir. Çelik boru kullanımının ötrofikasyon üzerine etkisi $0,273$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Alüminyum boru kullanımı sonucu ötrofikasyon üzerine etkisi $0,254$ kg Fosfat eşdeğeri olarak bulunmuştur. Alüminyumun çevresel yükünün daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kataforez prosesine bakıldığında ötrofikasyon değeri $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olup

direksiyon kolunu montajı faaliyetine göre etkisinin düşük olduğu gözlemlenmiştir (Subic ve ark. 2012).

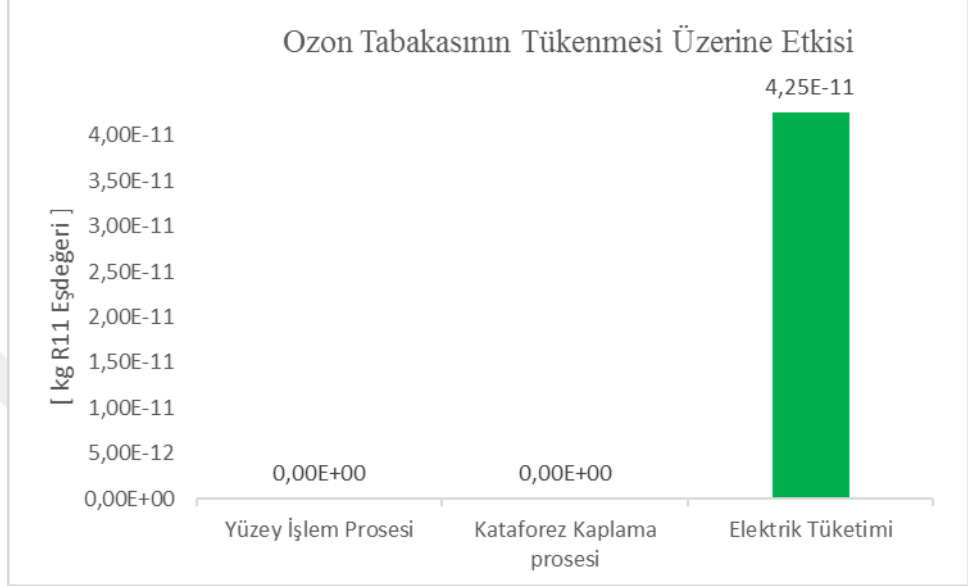
Otomotiv kablo üretim tesisinin çevresel yükünün değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışmada bakır ve bakır-kalay karışımı kablo kullanımının etkisi incelenmiştir. Bakır kablo kullanımının ötrofikasyon üzerine etkisi $1.66E-01$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bakır-kalay karışımı kablonun ise ötrofikasyon etkisi $6.70E-02$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bakır-kalay karışımı kablo kullanımının çevresel yükünün daha az olduğu belirlenmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışma ile kıyaslandığında kataforez prosesinin ötrofikasyon etkisi $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olarak bulunmuş olup etkisinin kablolama işlemine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Kulekçi 2008).

Renault tarafından hazırlanan Megan IV üretiminin değerlendirildiği çalışmada araç üretimin ötrofikasyon potansiyeli $1,84$ kg Fosfat eşdeğeri olarak bulunmuştur. Tez kapsamında yapılan çalışmada kataforez prosesinin etkisi $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Otomobil üretimine göre kataforez prosesinin ötrofikasyon üzerine etkisinin çok düşük olduğu saptanmıştır (https://group.renault.com/wp-content/uploads/2017/10/final_en_lcareport_nouvelle_megane_v4.pdf, 2019).

Forklift üretiminin değerlendirildiği bir çalışma da tüm süreçlerin çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Forklift boyama prosesi ele alındığında ötrofikasyon üzerine etkisi $1.57E+03$ mPt olarak bulunmuştur. Tez kapsamında bir adet iskelet için kataforez prosesinin ötrofikasyon üzerine etkisi değerlendirilmiş ve $1,62E - 04$ kg Fosfat eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak etki değerinin çok düşük olduğu saptanmıştır (Kim ve ark. 2010).

4.2.4 Ozon Tabakasının Tükenmesi Üzerine Etkisi

Ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi toplam $4,25E - 11$ kg R11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Süreç içerisinde tüketilen elektrik enerjisinin etkisinin olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuç Şekil 4.9' da verilmiştir.



Şekil 4.9. Kataforez prosesi ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi

Yapılan bir çalışmada araç sürücü koltuğunun ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi $5,47E-6$ kg CFC-11 eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu etki kategorisi içinde en yüksek etkinin $5,53E-8$ kg CFC-11 eşdeğeri ile kaynaklı sitede tüketilen elektrik enerjisinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kataforez prosesinin etkisi $2,99E-7$ kg CFC-11 eşdeğeri olarak hesaplanmış ve düşük etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında elde edilen $4,25E - 11$ kg R11 eşdeğeri incelenen veriler ile kıyaslandığında, elektrik tüketiminden kaynaklanan verinin çok kataforez prosesi için aynı şekilde düşük etkili olduğu görülmüştür (Kılıç 2017).

Elektrikli bir otomobilin gösterge panelinin üretimi konusunda yaşam döngüsü analizi yapılmış ve ozon tabakasının incelenmesi üzerine değerlendirme yapılmıştır. Şekillendirme, şerit testere, kırma ve delme, yapıştırma, boyama, montaj, kontrol, kabul ve sevkiyat adımlarını içermektedir. Yapılan değerlendirme sonucu ozon tabakasının delinmesi üzerine olan etkinin öncelikle nem alma (kurutma) prosesinden kaynaklandığı ve ikinci faktöründe elektrik tüketimi olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında

ozon tabakasına olan etkinin hepsinin elektrik tüketiminden kaynaklandığı belirlenmiştir (Vinodh ve ark. 2012).

Direksiyon kolunu montajının çevresel yükünün değerlendirildiği bir çalışmada Gabi yazılımı ile dış çelik boru yerine alüminyum boru kullanımının etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda ozon tabakasının etkisi değerlendirilmiştir. Çelik boru kullanımı sonucu ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi 0,307E-5 kg R11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Alüminyum boru kullanımı sonucu ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi 0,312E-5 kg R11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Kataforez prosesinin değerlendirildiği bu çalışma karşılaştırıldığında prosesin ozon tabakasının incelenmesi üzerindeki etkinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Subic ve ark. 2012).

Yakıt tanklarında çelik ve plastik malzeme kullanımının çevresel etkisinin değerlendirildiği bir çalışma da ayrı ayrı etki kategorileri değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda çelik yakıt tankı kullanımının ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi tank başına 0,031 g CFC-11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Plastik yakıt tankı kullanımının tank başına etkisi ise 0,051 g CFC-11 eşdeğeri olarak bulunmuştur. Plastik kullanımının etkisinin yüksek olmasının nedeni üretiminde kullanılan kimyasallardan kaynaklanabilir. Kataforez prosesi incelenen çalışma ile karşılaştırıldığında ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır (Joshi 1999).

Otomotiv sektörü kablo üretiminde alternatif kablo üretimi ile ilgili çalışma incelenmiştir. Çalışmada bakır ve bakır-kalay karışımı kablo kullanımı değerlendirilmektedir. Sadece bakır kablo kullanımının ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi 2,03E-05 kg CFC-11 eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bakır-kalay karışımı kablonun ozon tabakasının tükenmesi üzerine etkisi ise 9,25E-06 kg CFC-11 eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bakır-kalay karışımı kablonun etkisinin daha düşük olduğu görülmüştür. İncelenen çalışma ile kataforez prosesinin etkisi kıyaslandığında kataforez prosesinin etkisinin çok düşük olduğu görülmektedir (Kulekçi 2008).

Forklift üretiminin çevresel etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada tüm etki kategorileri Ecoindikatör 99' a göre hesaplanmıştır. Forklift boyama prosesi ele alındığında ozon tabakasının incelenmesi üzerindeki etkisi 2,56E+02 mPt olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmadaki kataforez prosesinin ozon

tabakasının delinmesi üzerindeki etkisi $4,25E - 11$ kg R11 eşdeğeri olarak bulunmuştur. Forklift ve araç koltuk iskeleti boyama işlemleri karşılaştırıldığında araç koltuk iskeleti boyama prosesinin çevresel etkisinin daha düşük olduğu saptanmıştır (Kim ve ark. 2010).

Plastik tampon boyama prosesi ile ilgili incelenen çalışmada prosesin çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Tampon boyama prosesinin ötrofikasyon üzerine etkisi $1,63E-8$ kg CFC-11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Boyama kalınlığının azaltılmasıyla birlikte tüketilen enerjide azalmış ve etki hesabı tekrar yapılmıştır. Yapılan iyileştirme sonucu prosesin ötrofikasyon üzerine etkisi $1,25E-8$ kg CFC-11 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmada bir araç iskeletinin kataforez prosesinde boyanmasının ötrofikasyona etkisi $4,25E - 11$ kg R11 eşdeğeri olarak hesaplanmış olup etkisinin tampon boyama prosesine göre çok düşük olduğu tespit edilmiştir (Rivera ve Tatiana 2014).

4.2.5 Abiyotik Kaynakların Tükenmesi Üzerine Etkisi

Abiyotik Kaynakların Tükenmesi üzerine etkisi toplam $3,13E - 07$ kg Sb-eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Abiyotik kaynakların tükenmesi üzerine etki elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Elde edilen sonuç Şekil 4.10' de verilmiştir.



Şekil 4.10. Kataforez abiyotik kaynakların tükenmesi üzerine etkisi

Araç koltuğu sürecinin değerlendirildiği çalışmada abiyotik kaynakların tükenmesi üzerine etkisi 0,924 kg Sb-eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. En yüksek etkinin 0,162 kg Sb eşdeğeri ile süngerhane de kullanılan MDI'dan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Katarforez prosesinin etkisi ise 0,0219 kg Sb eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu veriler tez kapsamında elde edilen $3,13E-07$ kg Sb-eşdeğeri ile kıyaslandığında elektrik tüketimine bağlı olarak abiyotik kaynaklar üzerindeki etkinin çok düşük olduğu sonucuna varılmıştır (Kılıç 2017).

4.2.6 Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki

Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etkisi toplam $9,44E-04$ kg DCB eşdeğeri olarak hesaplanmış olup elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Elde edilen sonuç Şekil 4.11' de verilmiştir.



Şekil 4.11. Katarforez prosesi tatlı su ekosistemi üzerindeki toksik etkisi

Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etkisi toplam $9,44E-04$ kg DCB eşdeğeri olarak hesaplanmış olup elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Araç koltuğu sürecinin değerlendirildiği çalışmada tatlı su ekosistemi üzerindeki toksik etkisi 79 kg 1,4-DB-eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu etki kategorisine en büyük etkinin 45,7 kg 1,4-DB-eşdeğeri ile kaynakhane sürecinde kullanılan saç parça olan çelik alaşım olduğu tespit edilmiştir. Katarforez prosesinin etkisininin 1,2422 kg 1,4-DB-eşdeğeri olduğu bulunmuştur. Bu veriler ile tez sonucu elde edilen $9,44E-04$ kg DCB eşdeğeri verisi

karşılaştırıldığında kataforez prosesinin etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

4.2.7 İnsan Üzerindeki Toksik Etkisi

Kataforez prosesinin insan üzerindeki toksik etkisi 0,0235 kg DCB eşdeğeri olarak hesaplanmış olup elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonuç Şekil 4.12' te verilmiştir.



Şekil 4.12. Kataforez prosesi insan üzerindeki toksik etkisi

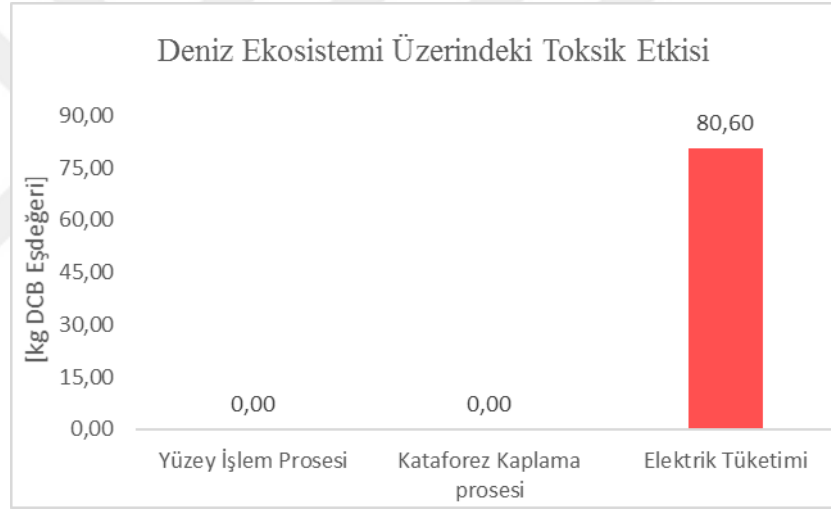
Araç koltuğu sürecinin değerlendirildiği çalışmada insan üzerindeki toksik etkisi 254 kg 1,4-DB-eşdeğeri olarak bulunmuştur. En yüksek etkinin de 45,7 kg 1,4-DB-eşdeğeri ile saç parça olan çelik alaşımdan dolayı kaynaklıdır. Kataforez prosesinin etkisi ise 9,6179 kg 1,4-DB-eşdeğeri olarak bulunmuştur. İncelenen veriler tez sonucu bulunan kataforez sürecine ait ,0235 kg DCB eşdeğeri verisi ile kıyaslandığının bir iskelet için verinin çok düşük olduğu saptanmıştır (Kılıç 2017).

Forklift üretiminin çevresel etkilerinin değerlendirildiği çalışma incelenmiş olup boyama prosesine ait veriler değerlendirilmiştir. Forklift boya prosesinin insan sağlığı üzerindeki etkisi 8,87E+05 mPt olarak hesaplanmıştır. Forklift üretim sürecinin tümü değerlendirildiğinde insan sağlığı üzerindeki en büyük etkiye boya prosesinin neden

olduğu saptanmıştır. Solvent boya kullanımının etkisi bulunmaktadır. Araç koltuk iskeleti için kataforez prosesi tez kapsamında incelenmiş ve insan sağlığı üzerine etkisi 0235 kg DCB eşdeğeri olarak bulunmuştur. Forklift ve araç koltuk iskeletinin boyama prosesi değerlendirildiğinde tez kapsamında yapılan çalışmanın etkisinin düşük olduğu saptanmıştır (Kim ve ark. 2010).

4.2.8 Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etkisi

Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etkisi 80,6 kg DCB eşdeğeri olarak hesaplanmış olup elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonuç Şekil 4.13' te verilmiştir.

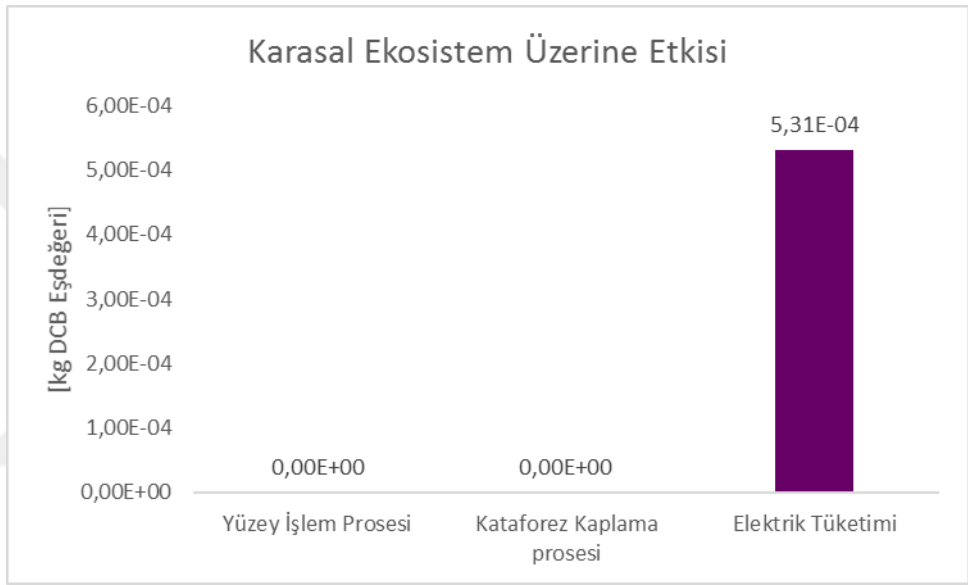


Şekil 4.13. Kataforez prosesi deniz ekosistemi üzerindeki toksik etkisi

İncelenen çalışmada bir sürücü koltuğu için bu etki 280 kg 1,4-DB-eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bu etkinin en büyük nedeninin de 69,2 kg 1,4-DB-eşdeğeri ile kaynaklı sürecinde kullanılan çelik alaşım olduğu tespit edilmiştir. Kataforez sürecinin etkisi 4,5499 kg 1,4-DB-eşdeğeri olduğu tespit edilmiştir. İncelenen veriler ile tez kapsamında elde edilen 80,6 kg DCB eşdeğeri verisi kıyaslandığında kataforez prosesinin bu etki kategorisinde etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin nedeninin elektrik tüketimi olduğu bulunmuştur (Kılıç 2017).

4.2.9 Karasal Ekosistem Üzerine Etki

Karasal Ekosistem Üzerine Etkisi $5,31E - 4$ kg DCB eşdeğeri olarak hesaplanmış olup elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonuç Şekil 4.14' te verilmiştir.



Şekil 4.14. Kataforez prosesi karasal ekosistem üzerine etkisi

İncelenen çalışmada araç sürücü koltuğunun karasal ekosisteme üzerine etkisi $0,00539$ kg $1,4$ DB eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu etkinin $12,3E-4$ kg $1,4$ DB eşdeğeri ile süngerhane sürecindeki polyol kullanımından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kataforez prosesi için yapılan değerlendirme de bu etki $0,0004$ olarak hesaplanmıştır. Tez sonuçları bu veriler ile kıyaslandığında $5,31E - 4$ kg DCB eşdeğeri ile bu etki kategorisine olan etkinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Kılıç 2017).

5.SONUÇ

Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte üretim süreçlerinin çevresel etkileri giderek artmakta ve her süreç için ayrı çevresel etkiler oluşturmaktadır. Temiz üretim çalışmalarlarıyla birlikte çevre dostu teknolojilerin kullanılması, enerji minimizasyonu, atık azaltımı ve kısacası tüm üretim süreçlerinde çevresel yükün azaltılması hedeflenmektedir.

Yapılan çalışma ile araç koltuğunun üretimi sırasında kataforez prosesinin çevresel yükünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda sürece ait tüm girdi ve çıktılar belirlenerek Gabi yazılımına veri girişi sağlanarak, program içerisinde bulunan CML 2001 metoduna göre etki kategorileri belirlenmiştir.

Etki analizi sonuçlarına bakıldığında Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Ozon tabakası, Abiyotik Kaynakların Tükenmesi, Tatlı su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki, Karasal Ekosistem Üzerine Etki oldukça düşük bulunmuştur. Tüm etki kategorileri değerlendirildiğinde bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı tüketilen elektrik enerjisi olduğu belirlenmiştir. Elektrik enerjisinin etkisinin yüksek olmasının nedeni fosil yakıtların kullanımınıdır. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımının sağlanmasıyla elektrik tüketiminin çevresel etkisi azaltılabilecektir. Ayrıca enerji girdilerinin azaltılmasıyla kataforez prosesinin çevresel yükünün azaltılması sağlanabilir. Kataforez prosesinde elektrik tüketiminin fazla olması çok fazla ekipmanın bulunuyor olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kataforez tankının 24 saat çalışması elektrik tüketimini etkilemektedir. Yapılan çalışmada, kimyasal kullanımı ve emisyon değerlerinin etkisinin çok düşük olduğu görülmektedir. Aynı zamanda alternatif benzer süreçlerin belirlenmesi ya da alternatif malzemelerin belirlenmesi ile prosese ait çevresel yük azaltılabilecektir. Yıl içerisinde gerçekleştirilmeye başlanan kataforez baca gazı ısı geri kazanım sistemi ve yine kataforez departmanında gerçekleştirilmeye başlanan scada sistemiyle çevresel yükün bir miktar azalacağı öngörülmektedir. Scada sistemiyle, pompaların hattın doluluk boşluk oranına çalışması sağlanarak elektrik enerjisinin tüketiminin azaltımı sağlanmaktadır.

Tez kapsamında yapılan çalışma literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. SimoPro, Gabi ve diğer yazılım programlarıyla yapılan çalışmalar incelenmiştir. Beton ürünleri sektörü, elektrikli bir otomobilin gösterge panelinin üretimi, otomobil endüstrisinde kablo üretimi, forklift üretimi, direksiyon kolunu montajı, plastik tampon boyama, Renault Megane IV modelinin üretimi ve araç koltuk üretimi gibi süreçlerin yaşam döngüsünün değerlendirildiği çalışmalar ile karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu tez sonucu elde edilen verilerin diğer üretim süreçlerinden oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Ancak prodesteki iyileştirmeye açık yönlerin değerlendirilerek iyileştirme çalışmaları değerlendirilmelidir.

Yapılan çalışma ile otomotiv sektöründe enerji kullanımının küresel ısınma üzerinde büyük etkisi olduğu belirlenmiştir. Ana sanayiler ile otomotiv yan sanayiler kıyaslandığında otomotiv ana sanayinin etkisinin yapılan değerlendirmeler sonrasında daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmanın sonucunda proses yıllık üretim miktarı üzerinden değerlendirildiğinde küresel ısınma üzerine etkisi 33.281,91 kg CO₂ olarak hesaplanmıştır. Bu miktar göz önüne alındığında alternatif olarak plastik iskelet kullanımı değerlendirilebilir. Plastik iskelet kullanımı ile kataforez prosesine ihtiyaç ortadan kalkacak ve böylece prosesin küresel ısınmaya olan etkisi de ortadan kaldırılmış olacaktır. Ayrıca kompozit malzemeler çelik kadar dayanıklı, korozyon direnci yüksek ve hafif malzemeler olduğundan dolayı otomobili genel olarak değerlendirdiğimizde daha az CO₂ emisyonu oluşturmasında faydası olacaktır.

Çelik koltuk iskeletinin korozyon direnci düşük olduğundan paslanmasını önlemek ve korozyon direncini arttırmak için kataforez kaplama yapılmaktadır. Çelik iskelet yerine paslanmaz çelik kullanımı da kataforez sürecinin ve bununla beraber çevresel yükünün de ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır.

Koltuk iskeletinde magnezyum ve magnezyum alaşımli iskelet kullanımı değerlendirilebilecek malzemeler arasındadır. Magnezyumun çelikten daha hafif olmasından dolayı araç koltuk iskeleti olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak bir otomobil için hem yakıt tüketimi hem de CO₂ emisyonu salınımı azaltılacaktır.

Araç koltuk iskeletinde alüminyum ve alaşımlarının kullanımı değerlendirilebilir. Bu sayede kataforezin neden olduğu çevresel yük ortandan kaldırılmış olacaktır. Çünkü alüminyum ve alaşımlarının korozyon direnci oldukça yüksektir. Bu nedenle kataforez prosesine ihtiyaç olamayabilir.

Kataforez kaplamada sıvı boya kullanımı söz konusudur. Kullanılan boya çökerek boya çamuru ve fosfat çamuru atığı olarak lisanslı atık tesislerine gönderilmektedir. Kataforez kaplama yerine elektrostatik toz boya kullanımı değerlendirilebilir. Böylece boyama esnasında malzeme üzerine spreyle püskürtülen boyanın atık olan kısmı toplanıp tekrar kullanılarak hammadde kullanımı azaltılmış olur ve oluşan çamur miktarında da azalma söz konusu olabilir.

Söz konusu sunulan önerilerin koltuk üretim sürecinde uygulanmasının planlanması durumunda proses adımları detay olarak tanımlanarak gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Çalışmalar sonucunda öncesi ve sonrası çevresel yükleri değerlendirilmelidir.

- **Öneriler**

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre çevresel yükün azaltılabilmesi için yöntemler tanımlanmıştır. En başta enerji girdi miktarının azaltılması gerekmektedir. Bununla birlikte seçilen alternatif malzemelerle ve proseslerle küresel ısınma etkisinin azaltılması sağlanmalıdır.

- **Plastik Kompozit İskelet Kullanımı**

Otomobil koltuğunda çelik iskelet kullanımı ve buna bağlı olarak elektrik tüketiminin fazla olması nedeniyle plastik malzeme içeriğine sahip kompozit kullanımı önerilmektedir.

Polimer kompozit malzemeler, çelik ve alüminyuma göre daha hafif ve onlar kadar yüksek mukavemete sahiptir. Ayrıca sertlik ve dayanıklılık konusunda da metaller kadar iyi özelliktedirler. Kompozit malzemeler; yüksek mukavemet, kolay şekillendirilme, ısıya ve ateşe dayanıklılık, titreşim sönümleme, korozyona ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılık ve kalıcı renklendirme gibi avantajlara sahiptir. Kompozit malzemeye kalıplama esnasında istenilen pigmentin reçineye karıştırılması sonucu istenilen renk verilebilmektedir. Buna bağlı olarakta otomobil koltuk iskeletinde kompozit malzeme

kullanılmasına geçişle kataforez prosesine olan ihtiyacı ortadan kaldıracaktır. Böylece kataforez süreci için enerji gereksinimleri ortadan kalkacak ve küresel ısınma üzerindeki etkisi tamamen ortadan kaldırılmış olacaktır. Ayrıca kataforez prosesinden kaynaklanan atıklarında ortadan kaldırılması sağlanmış olacaktır. Koltuk üretim sürecine ait akış öncesi ve sonrası olarak şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir (Ademe 2012), (Zahller ve Coffler 2012), (Rivere ve Carrillo 2015).



Şekil 5.1. Çelik iskeletli koltuk üretim akışı



Şekil 5.2 Plastik iskeletli koltuk üretim akışı

Plastik kompozit iskelet kullanımına geçişle birlikte boyanan iskelet için yıllık 833,218 kg emisyon salınımı ve kataforez prosesinin 33.281,91 kg CO₂ 100 yıllık küresel ısınma üzerine etkisi ortadan kaldırılmış olacaktır. Ayrıca prosese ait oluşan atıklarında oluşumu engellenmiş olacaktır.

Ancak kompozit malzemelerin avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Bulut 2014).

- ✓ Polimer esaslı kompozit malzemelerde hava zerrecikleri malzemenin yorulma özelliğini olumsuz etkilemektedir.
- ✓ Değişik doğrultuda farklı mekanik özellikler göstermeleri ve bu özelliklerin henüz bilinmemesi.
- ✓ Kompozit malzemelerin üretiminin maliyetli olması (Bulut 2014).

➤ **Paslanmaz Çelik Kullanımı**

Araç koltuk iskeletinde kullanılan çelik iskeletlerin korozyon direnci düşük olduğundan kataforez prosesi gerekmektedir. Kataforez kaplama ile çeliğin korozyon direnci artırılarak paslanması önlenmektedir. Ancak araç koltuk iskeletinde paslanmaz çelik

kullanımına geçilirse boya işleme gerek kalmayacaktır. Böylece kataforez prosesinden kaynaklanan küresel ısınma etkisi de ortadan kaldırılmış olacaktır.

Paslanmaz çelikler diğer çeliklere göre daha yüksek korozyon direncinin yanında imalat kolaylığı da bulunmaktadır. Yüksek ve düşük sıcaklıklara karşı dirençli olup çoğunluğu kesme, kaynak gibi kolaylıkla şekillendirilebilmektedir. Ayrıca uzun ömürlüdürler. Bu nedenle proste paslanmaz çelik kullanımına geçişin değerlendirilmesi önerilmektedir (Aran ve Temel, 2004).

Koltuk üretim sürecine ait akış öncesi ve sonrası olarak Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Çelik iskeletli koltuk üretim akışı



Şekil 5.4. Paslanmaz çelik iskeletli koltuk üretim akışı

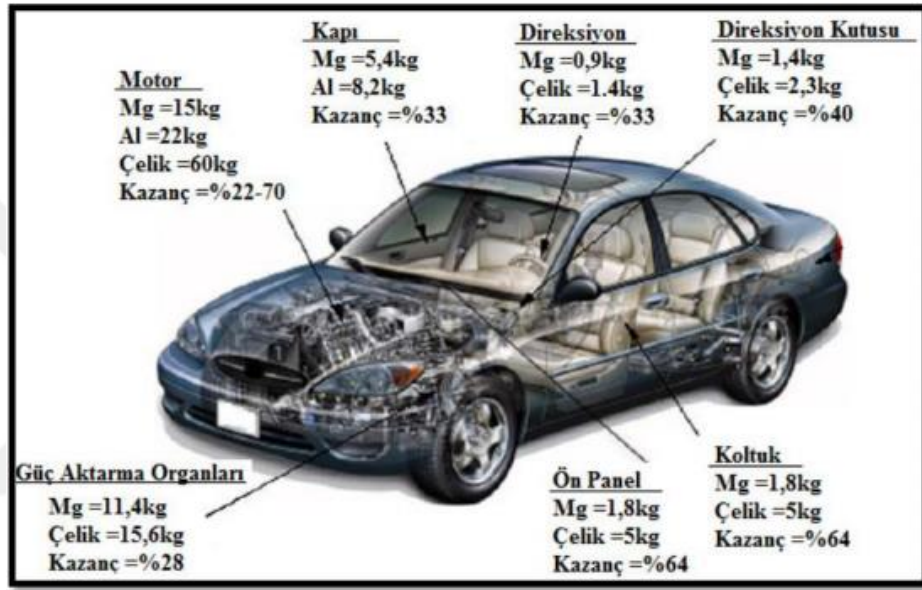
➤ **Magnezyum Alaşımli Malzeme Kullanımı**

Daha hafif malzemelerin koltuk iskeletinde kullanılmasıyla bir aracın toplam ağırlığının azaltılması ve buna bağlı olarak yakıt tüketiminin ve CO₂ emisyonunun azaltılması araştırılmıştır. Bu kapsamda magnezyum alaşımli koltuk iskeletinin kullanımı değerlendirilmiştir.

Magnezyum alüminyum ve çeliğe göre en hafif mühendislik metalidir. Alüminyuma göre %35 daha hafif, çeliğe göre ise dört kat daha hafiftir. Magnezyum ve magnezyum alaşımlarının otomobil de kullanımı ağırlığın azaltılmasını ve buna bağlı çevresel etkilerin azaltılmasını sağlamaktadır (Kulekçi 2008). Ancak alaşımsız olarak kullanımları düşük mukavemet ve tokluk değerlerine sahiptir. Bu nedenle alaşımlandırılarak

kullanılırlar. Alaşım elementi olarak alüminyum, çinko, nadir toprak elementleri toryum, zirkonyum, manganez ve gümüş kullanılmaktadır (Öztürk ve Kaçar 2012). Otomotiv endüstrisinde kullanılan yaygın magnezyum alaşımları Mg-Al-Zn (magnezyum-alüminyum-çinko) alaşımlarıdır. Alüminyum mukavemeti, çinko ise tokluğu arttırmaktadır (Gözüaçık 2012).

Şekil 5.5'te magnezyum alaşım kullanımının çelik ve alüminyum kullanıma göre sağladığı ağırlık azaltımı kazancı gösterilmiştir (Gözüaçık 2012), (Kulekçi 2008).



Şekil 5.5. Magnezyum kullanımının çelik ve alüminyum kullanımına göre sağladığı ağırlık kazancı

İncelenen çalışmada otomotiv sektöründe magnezyum ve alaşımlarının kullanımı değerlendirilmiştir. Bir koltuk iskeletinde 5 kg çelik kullanılırken, çelik yerine magnezyum kullanımına geçilmesiyle 1,8 kg magnezyumun kullanılması yeterli olacaktır. Böylelikle %64 ağırlık azaltılması sağlanacağı tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada otomotiv bileşenleri için alternatif malzemeler yerine Mg alaşımları kullanarak ağırlıkta % 22 ile % 70 oranında azalmanın mümkün olduğu görülmüştür. Ağırlık azaltmanın sağlanması da yakıt tüketiminin ve CO₂ emisyonunun azaltılmasını sağlamaktadır (Kulekçi 2008), (Gözüaçık 2012),.

İncelenen bir araştırma da Mercedes'in Roadstar modelinde basınçlı dökümle üretilmiş AM20 ve AM50 alaşımlı koltuk iskeletlerinin kullanıldığından bahsedilmiştir. AM50

alaşım lar mükemmel sün eklik, yüksek enerji absorblama kapasitesine sahiptir. Magnezyum alaşımlı iskelet kullanıldığında ağırlığı 8.4 kg iken, çelik malzemed en iskelet elde edildiğinde aynı koltuk 35 kg gelmektedir. Ayrıca 20-30 zımbalama ve kaynak işle mi gerekmektedir. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Atalay 2006), (Kulekçi 2008).

Ancak magnezyum üretim aşamasında çevresel yükünün çok fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çeliğe göre pahalıdırlar. Bunlar da kullanımı kısıtlayıcı bir faktör oluşturmaktadır (Shama ve ark. 2015). Araç kütlesini ve sera gazı miktarını azaltarak gelecekteki hedeflere ulaşmak için magnezyum işleme, alaşım geliştirme, birleştirme, yüzey işleme, korozyon direnci ve mekanik özelliklerin geliştirilmesi konularında önemli araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Magnezyum alaşımlarını otomotiv endüstrisi için ekonomik açıdan uygun bir alternatif haline getirmek için magnezyum alaşımlarının üretim ve uygulama teknolojilerinin uygun maliyetli olması gerekmektedir (Kulekçi 2008).

➤ **Alüminyum Alaşımlı Malzeme Kullanımı**

Araç koltuk iskeletlerinde çelik yerine alüminyum ve alaşımlarının kullanılması önerilmektedir. Çünkü koltuk iskeletinde alüminyum ve alaşımlarının kullanılmasıyla birlikte kataforez prosesine ihtiyaç kalmayacaktır. Kataforez çeliğin korozyon direnci düşük olduğundan korozyon direncini arttırmaya yönelik olarak uygulanmaktadır.

Alüminyum ve alüminyum alaşımlarının bazı özellikleri; yüksek korozyon dirençlerinin olması, düşük ağırlığa sahip olması, alaşımlarının oldukça sağlam olması, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, geri dönüştürülebilir olması, parlama ve alev almazlık, kolay şekillendirme ve işlemedir (Başer 2012).

Alüminyum malzeme korozyon direnci yüksek olduğundan boyasız ve kaplamasız olsa bile korozyona karşı dayanıklıdır. Bu nedenle korozyon direncini arttırmaya yönelik kaplama ve boyama prosesine gerek olmayabilmektedir. Boyalı alüminyum parça çizilmiş olsa bile çelik gibi paslanma durumu söz konusu değildir (Başer 2012).

Alüminyum malzemeler korozyona dirençli oldukları gibi çelik malzemelere oranla üç kat daha hafiflerdir. Hafif malzeme olması bir araç için düşünüldüğünde hem yakıt

tüketiminin azaltılmasını hem de CO₂ emisyonunun azaltılmasını sağlayarak çevresel etkini azaltmaktadır. Bir araç için kullanılan 1 kg çelik yerine 500 gr alüminyum kullanılmasıyla aracın tüm kullanım ömrü boyunca toplam 10 kg daha az emisyonu neden olacağı yapılan çalışmalar sonu elde edilmiştir (Başer 2012), (<https://docplayer.biz.tr/3519419-Otomotiv-sektorunde-aluminyum-uygulamalari-ve-surekli-dokum-teknigi-ile-uretilmis-aluminyum-levha-alasimlari.html>, 2019).

Alüminyumun dezavantajlarından biri çelik malzeme ile kıyaslandığında maliyetinin yüksek olmasıdır.

Proseste çelik yerine alüminyum ve alüminyum alaşımli iskelet kullanılmasıyla birlikte kataforez prosesine ihtiyaç kalmayacaktır. Böylece tez kapsamında hesaplanmış olan kataforezin çevresel yükü ortadan kaldırılmış olacaktır.

➤ **Elektrostatik Toz Boyama Prosesi**

Kataforez kaplamada sıvı(yaş) boya kullanımı söz konusudur. Proses çevre dostudur. Ancak toz boya ile kıyaslandığında toz boyanın tehlikelilik sınıfının daha düşüktür. Elektrostatik boyama, farklı elektrik yüküne sahip cisimlerin birbirini çekme prensibine dayanır. Kullanılan boya solvent içermemektedir. Boya tankından tabancaya gelen toz boya metal yüzey üzerine püskürtülür. Ardından fırınlanarak boyanın yüzeye yapışması sağlanır. Elektrostatik toz boyama ile dayanıklı ve parlak yüzeye sahip boyama işlemi yapılmaktadır. Püskürtme işlemi kabin içerisinde gerçekleştirilir. Toz boyanın metal yüzeye püskürtülmesi esnasında etrafa dağılan boyalar toplanarak geri dönüşüm sistemiyle tekrar kullanımı mümkündür. Yaş boyamaya göre %30-%50 daha az boya kullanılmaktadır (Megeb 2012). Toz boyanın dezavantajı 25 mikronluk gibi ince film elde etmek yaş boyalara göre daha zordur.



Şekil 5.6. Elektrostatik toz boyama prosesi

Elektrostatik toz boyama prosenin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte yaş boya kullanımına oranla daha az boya kullanımı söz konusu olacaktır. Böylece boya ve atık maliyetleri iyileştirilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ademe, 2012.** Design and manufacture of composite seat structures. Project Supported By Ademe As Part Of The Future Vehicle Project In The Investments For The Future Programme. Duration: 3 Years Launch: August 2012. Location : Brières-Les-Scellés (Île-De-France), Nantes (Pays De La Loire) Coordinator: Faurecia.
<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/en-demos.pdf>
- Anonim, 1983.** Çevre Kanunu. www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2872.doc (Erişim tarihi: 18.09.2018).
- Anonim, 2007.** Regulation (EC) No 1907/2006 Of The European Parliament And Of The Council, REACH Directive. <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2014-04-10> (Erişim Tarihi: 02.08.2018)
- Anonim, 2009.** Handbook for Life Cycle Assessment, Gabi Education, Using the GaBi Education Software Package, Germany.
http://www.gabisoftware.com/fileadmin/gabi/tutorials/tutorial1/GaBi_Education_Handbook.pdf (Erişim Tarihi: 16.11.2018)
- Anonim, 2014.** Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği.
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/09/20140910-4.htm> (Erişim Tarihi: 16.07.2018)
- Anonim, 2015.** Atık Yönetimi Yönetmeliği.
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm> (Erişim Tarihi: 16.07.2018)
- Anonim,2018** Temiz Üretim Araç ve Teknikleri. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı verimlilik Genel Müdürlüğü Bilgi Notu. (Erişim Tarihi 26.12.2018)
<http://www.temizuretim.gov.tr/Files/referansbelgeler/T%C3%9C%20Ara%C3%A7%20ve%20Teknikler.pdf>
- Aran, A., Temel, M.A., 2004.** Paslanmaz Çelik Yassı Mamuller Üretimi Kullanımı Standartları, Acar Matbaacılık A.Ş., İstanbul.
- Atalay O., 2006.** Magnezyum Ve Alaşımlarının Konstrüksiyon Malzemesi Olarak Otomotivde Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Başer, T., A., 2012.** Alüminyum Alaşımları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı. Mühendis ve Makine.53(635) s. 51-58.
- Budak, Ç. 2014.** Endüstrilerde Temiz Üretim ve Su Minimizasyonu Yaklaşımları AB ve Türkiye’de Temiz Üretim Uygulamaları: Tekstil Endüstrisi Örneği, Çevre ve Şehircilik Uzmanlık Tezi. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Çevre

Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/edotordosya/Cigdem_BUDAK_Uzmanlik_Tezi.pdf (Erişim Tarihi: 06.04.2017)

Bulut, M. 2014. Türkiye’de Kompozit Malzeme Üretimi Ve Kompozit Malzeme Sektörünün Genel Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Bitirme Projesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Capitona, K. J. 2015. Methodologies For Life Cycle Assessment Of Passenger Vehicles, Electronic Theses and Dissertations. 5460. <https://scholar.uwindsor.ca/etd/5460> (Erişim Tarihi: 22.05.2018)

Cılız, N., Daylan, B., Baydar, G., 2017. Temiz Üretim, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – II. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Boğaziçi Üniversitesi Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Üretim Merkezi. <https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2017/02/temiz-c3bcretim.pdf>

Curran, A.M., 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.

Deat, 2004. Life Cycle Assessment, Integrated Environmental Management, Information Series 9, Department of Environmental Affairs and Tourism, Pretoria. ISBN 0-9584728-5-8.

Demirer, G.N., 2007. Temiz Üretim Araçları Ve Türkiye’den Endüstriyel Örnek Uygulamalar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. Sürdürülebilir Kalkınmanın Sektörel Politikalara Entegrasyonu UNDP, DPT, EBSO 15-16 Kasım 2007 Ege Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Konferans Salonu, İzmir.

Demirer, G.N., 2017. Yaşam Döngüsü Analizi. Sürdürülebilir Üretim Ve Tüketim Yayınları. I. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı.

Dündar, M., Ve Güngör, G., Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları Ve Sürekli Döküm Tekniği İle Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları. <https://docplayer.biz.tr/3519419-Otomotiv-sektorunde-aluminyum-uygulamaları-ve-surekli-dokum-teknigi-ile-uretilmis-aluminyum-levha-alasimlari.html> (Erişim tarihi: 02.01.2019) <https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2017/02/yda.pdf>

Ekvall, T., 2012. World Group Bank, Guidance Notes on Tools for Pollution Management, Life Cycle Assessment. <http://siteresources.worldbank.org/INTRANETENVIRONMENT/Resources/244351-1279901011064/GovLifeCycleAssessment.pdf>.

Elnour, M., Laz, H., 2013. Clean Production In Auto Repair Workshops, University Of Tabuk- Faculty Of Engineering- The Department Of Mechanical Engineering–Ksa. Journal of Applied and Industrial Sciences, 2013, 1 (3): 66-77, ISSN: 2328-4595 (PRINT), ISSN: 2328-4609 (ONLINE)

Gözüaçık, N., K., 2012. Az91 Magnezyum Alaşımının Mikro Ark Oksidasyonunda Elektrolit Bileşiminin Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gültekin, A. B., Çelebi, G., 2016. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (2016) 1-36

Hao, H., Qinyu Q., Zongwei, L., Fuquan, Z., and Yisong, C., 2017. Comparing the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Vehicle Production in China and the USA:

Implications for Targeting the Reduction Opportunities. Clean Technologies and Environmental Policy. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1325-6>.

Horne, R., Grant, T., Verghese, K., 2009. Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects, by Ralph Horne, Tim Grant and Karli Verghese Published by CSIRO Publishing, 2009, 192pp.

ISO, 1997. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles And Framework, Reference number ISO 14040: 1997(E) Geneva.

IVAM, 2008. Cleaner Production Manual Improving the living and working conditions of people in and around industrial clusters and zones ASIE/2006/122-578. http://www.gpcpenvis.nic.in/Manuals_Guideline/CP_Manual_Improving_Living_and_Working_Condition_of_People_around_Industries.pdf

Joshi, S. 1999. Product Environmental Life-Cycle Assessment Using Input-Output Techniques. Journal of Industrial Ecology. <https://doi.org/10.1162/108819899569449>.

Katip, A., Karaer, F., Özençin, N., 2014. Otomotiv Sektörünün Çevresel Açidan Değerlendirilmesi, U.Ü. Müh.Fakültesi Dergisi, Cilt:19 (2): 51-65

Kılıç, E., 2017. Bir Araç Koltuğunun Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İle Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Kim, J., Kwangho P., Yongwoo H., and Ildo P., 2010. Sustainable Manufacturing: A Case Study of the Forklift Painting Process. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207540902791785>.

Kulekci, M., K., 2008. Magnesium and Its Alloys Applications in Automotive Industry. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1279-2>.

Li, S., Nannan L., Ying G., and Jun L.,. 2012. Vehicle Cycle Environmental Impacts Assessment of a China Passenger Car. In Proceedings - 2012 International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology, ICBE 2012. <https://doi.org/10.1109/iCBEB.2012.466>.

Megeb, 2012. Kimya Teknolojisi, Elektrostatik Toz Boyama İçin Yüzey Hazırlığı, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara. http://www.megeb.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrostatik%20Toz%20Boyama%20C4%B0%C3%A7in%20Y%3%BCzey%20Haz%4%B1rl%C4%B1C4%9F%C4%B1.pdf

Mohammadi, J., and South, W.,2017. Life Cycle Assessment (LCA) of Benchmark Concrete Products in Australia. International Journal of Life Cycle Assessment. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1266-2>.

Noor, Z. Z.,1999. Introduction To Cleaner Production, University Technology Malaysia.

Öztürk F., ve Kaçar İ., 2012. Magnezyum Alaşımları Ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.1(1),12-20.

Renault Mégane Iv- 2017 - Life Cycle Assessment Results - Renault Lca Methodology https://group.renault.com/wp-content/uploads/2017/10/final_en_lcareport_nouvelle_megane_v4.pdf (Erişim Tarihi: 03.01.2019)

Rivera, J., L., and Tatiana R., C., 2014. “A Framework for Environmental and Energy Analysis of the Automobile Painting Process.” In Procedia CIRP. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.022>.

Rivere, J. L., Carrillo, T. R., 2015. A Life Cycle Assessment Framework For The Evaluation Of Automobile Paint Shops, . In Journal of Cleaner Production.

1 March 2016 115:75-87 Language: English. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.12.027, Database: ScienceDirect.

Shah, J., 2012. World Group Bank, Guidance Notes on Tools for Pollution Management, Cleaner Production.

<http://siteresources.worldbank.org/INTRANETENVIRONMENT/Resources/244351-1279901011064/PSCleanerProduction.pdf>

Subic, A., Wellnitz, J., Leary, M., Koopmans, L., 2012. Sustainable Automotive Technologies 2012. Proceeding of the 4th International Conference.

https://www.researchgate.net/profile/Michael_Paraskevas/publication/259366920_Sustainable_Automotive_Technologies_2012_Proceedings_of_the_4th_International_Conference/links/0deec52b3790d1e632000000/Sustainable-Automotive-Technologies-2012-Proceedings-of-the-4th-International-Conference.pdf?origin=publication_detail (Erişim Tarihi:10.01.2019)

Shama, M., S., Vinodh S., and Jayakrishna K., 2015. Integrated Life Cycle Assessment and Activity Based Life Cycle Costing Approach for an Automotive Product. *Scientia Iranica E*. Vol. 22. www.scientiairanica.com.

UNEP, 1996. Cleaner Production: A Training Resource Package, Industry And Environment. United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics (DTIE) Production and Consumption Unit 39-43, Quai André Citroën 75739 Paris Cedex 15

France.[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8281/](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8281/Cleaner%20Production%20-%20A%20Training%20Resource%20Package19962285.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

[Cleaner%20Production%20-%20A%20Training%20Resource%20Package19962285.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8281/Cleaner%20Production%20-%20A%20Training%20Resource%20Package19962285.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

UNEP, 1999. Cleaner Production in the Queensland Foundry Industry The UNEP Working Group Centre for Cleaner Production Environmental Management Centre Chamberlain Building The University of Queensland BRISBANE QLD 4072.https://www.ecoefficiencygroup.com.au/wpContent/uploads/2017/11/ecofndry_report.pdf (10.10.2018)

UNEP, 2005. Life Cycle Approaches, The Road From Analysis To Practice, United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics (DTIE) Production and Consumption Unit 39-43, Quai André Citroën 75739 Paris Cedex 15 France.<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2005%20-20LCA.pdf>

Villanueva-Rey, P., Belo, S., Quinteiro, P., Arroja, L. and Dias, A. C., 2018. Wiring in the Automobile Industry: Life Cycle Assessment of an Innovative Cable Solution. *Journal of Cleaner Production*.

Vinodh, S., Jayakrishna K., and Joy D., 2012. Environmental Impact Assessment of an Automotive Component Using Eco-Indicator and CML Methodologies. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-011-0405-x>.

Yin, R., Yisong, C., Yanping, Y., Linming X., and Haolan, L.. 2015. An Eco-Efficiency Assessment Model and System for Automotive Products in China. *The Journal of Applied Management and Entrepreneurship*. <https://doi.org/10.9774/GLEAF.2350.2015.ju.00006>.

Zahller, M. ve Coffler, C. 2012. Life Cycle Assessment of Polymers in an Automotive Assist Step for. American Chemistry Council by. Pe International.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Merve UYKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Osmangazi / 10.02.1992
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : BTSO Hüseyin Sungur Lisesi / 2006-2010
Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği / 2010-2015
Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği / 2012-2016
(Çift Anadal Programı)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği / 2015-2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Martur Sünger ve Koltuk Tesisleri Tic. ve San. A.Ş. /
2015- Halen

İletişim (e-posta) : mervekokar@gmail.com