

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALÜMİNYUM BORU ÜRETİM TESİSİ YIKAMA  
ÜNİTESİNDE TEMİZ ÜRETİM UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Cansu BİRİKTİR UYANIK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Beytullah EREN**

**Ortak Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK**

**Eylül 2022**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALÜMİNYUM BORU ÜRETİM TESİSİ YIKAMA  
ÜNİTESİNDE TEMİZ ÜRETİM UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Cansu BİRİKTİR UYANIK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 14.09.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Jüri Başkanı**

**Üye**

**Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Cansu BİRİKTİR UYANIK

20.07.2022

## TEŞEKKÜR

Bu konu da çalışmama olanak sağlayan ve değerli katkılarından dolayı danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Beytullah EREN'e,

Tez çalışmamın her aşmasında desteğini ve bilgisini esirgemeyen, yol gösteren, hem akademik hem kişisel anlamda bana çok Őey katan değerli hocam, ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK'a,

Tez sürecimde kurumlarında çalışmama fırsat veren ve yardımlarını esirgemeyen Ormak Hortum Fabrika Müdürü Bayram BAYRAKTAR'a

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmamda da önemli katkıları olan, tez sürecinde sevgi ve anlayışla moralimi daima üst düzeyde tutan ve kendisinden her zaman güç aldığım sevgili eşim İbrahim Ömer UYANIK'a ve saygıdeğer aileme,

En içten teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLOLAR LİSTESİ .....	vii
RESİMLER LİSTESİ .....	viii
ÖZET .....	ix
SUMMARY .....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
2.1. Endüstriyel Sürdürülebilirlik .....	3
2.1.1. Endüstriyel simbiyoz .....	3
2.1.2. Doğal adım modeli .....	4
2.1.3. Beşikten beşiğe model .....	5
2.1.4. Tasarım ile sürdürülebilirlik modeli .....	6
2.1.5. Temiz üretim .....	6
2.2. Temiz Üretim Araçları, Kirlilik Önleme Metotları,Değerlendirme ve Denetleme .....	9
2.2.1. Çevresel etki değerlendirme .....	9
2.2.2. Yaşam döngü analizi .....	10
2.2.3. Çevre teknolojisi değerlendirme .....	10

2.2.4. Kimyasal değerlendirme .....	11
2.2.5. Atık denetleme .....	11
2.2.6. Enerji denetleme .....	12
2.3. Temiz Üretim Araçlarından Yaşam Döngüsü Analizi .....	12
2.3.1. Yaşam döngüsü analizi .....	12
2.3.2. Temiz üretim aracı yaşam döngüsü analizinin metodolojisi	14
2.3.2.1. Amaç ve kapsam tanımlama .....	15
2.3.2.2. Yaşam döngüsü envanter analizi .....	16
2.3.2.3 Yaşam döngüsü etki analizi/değerlendirmesi .....	18
2.3.2.4 Yorumlama .....	21
2.3.3. Temiz üretim kullanıcı grupları ve uygulama alanları ....	22
2.3.3.1. Özel sektör uygulamaları .....	23
2.3.3.2. Kamusal uygulamaları .....	25
2.3.4. Uygulama örnekleri .....	26
2.4. Metal İşleme - Şekillendirme Sektörü .....	26

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM .....	28
3.1. Endüstri Tesisi Genel Bilgileri .....	28
3.1.1. Alüminyum boru imalatı .....	29
3.1.2. Tesise ait diğer bilgiler .....	32
3.1.2.1. Arıtma tesisi .....	32
3.2. Yıkama Ünitesi Temiz Üretim Çalışmaları .....	33
3.2.1. Yıkama ünitesi incelenmesi .....	33
3.2.2. Temiz üretim çalışmasının amaç ve kapsamı .....	34
3.2.3. Alüminyum yıkama ünitesi .....	36
3.2.4. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi .....	39

### BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI .....	43
4.1. Alüminyum Yıkama Ünitesi Bulguları .....	43
4.2. Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi Bulguları .....	43

4.3. Yıkama Ünitelerinde Kullanılan Enerjinin Güneş Enerjisi Santrali Açısından Değerlendirilmesi .....	44
4.4. Alüminyum Yıkama Ve Alüminyum Ultrasonik Yıkama Üniteleri Atık Su Oluşumu Değerlendirilmesi .....	48
4.4.1. Yıkama Ünitelerinde Oluşan Atıksuyun Değerlendirilmesi..	49
4.5. Alüminyum Yıkama Ve Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitelerinden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi .....	52
<b>BÖLÜM 5.</b>	
<b>SONUÇ</b> .....	51
<b>KAYNAKLAR</b> .....	53
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	57

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda katı madde
CA	: Kimyasal değerlendirme (chemical assessment)
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
EA	: Enerji denetleme (energy audit)
EIA	: Çevresel etki değerlendirme
EMPA	: İsviçre Federal Malzeme Test ve Araştırma Laboratuvarları
ETA	: Çevre teknolojisi değerlendirme
GEPA	: Güneş enerjisi potansiyel atlası
GES	: Güneş enerjisi santrali
KG	: Kilogram
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
REPA	: Kaynak ve çevresel profil analizleri
SETAC	: Kimya Derneği
SKKY	: Su Kirliliği kontrolü yönetmeliği
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevresel Koruma Ajansı
YDA	: Yaşam döngüsü analizi
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
WRA	: Atık denetleme (waste reduction audit)



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sürdürülebilir ekosistem ilişkisi .....	1
Şekil 2.1. Temiz üretim değerlendirme yöntemi .....	8
Şekil 2.2. Yaşam döngüsü analizi (yda) aşamaları .....	12
Şekil 2.3. Yaşam döngüsü analizi metodolojisi .....	14
Şekil 2.4. YDA girdiler-çıktılar .....	16
Şekil 2.5. YDA etki değerlendirme/analizi .....	18
Şekil 2.6. Temiz üretim kullanım alanları yüzdelerik dağılımı .....	21
Şekil 3.1. Tesis yerleşim planı .....	28
Şekil 3.2. Alüminyum boru imalatı iş akım şeması .....	30
Şekil 3.3. Arıtma tesisi akış şeması .....	31
Şekil 3.4. Yıkama ünitesi değerlendirilmesi .....	33
Şekil 3.5. Yıkama ünitesi girdi ve çıktılar .....	34
Şekil 4.1. Düzce ili güneş enerji potansiyel haritası .....	43

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. ISO 14040 serileri .....	13
Tablo 3.1. Alüminyum yıkama ünitesi proses özellikleri.....	36
Tablo 3.2. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi proses özellikleri .....	39
Tablo 4.1. Alüminyum yıkama ünitesi sarfiyat verileri .....	41
Tablo 4.2. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi sarfiyat verileri .....	42
Tablo 4.3. Düzce ili aylık global radyasyon değerleri .....	43
Tablo 4.4. Düzce ili aylık güneşlenme süreleri .....	45
Tablo 4.5. Tesiste elektrik durumu .....	45
Tablo 4.6. Enerji kaynaklarına göre açığa çıkan CO2 miktarı .....	45
Tablo 4.7. Ünitelerde kullanılan elektrik miktarına göre oluşan kg CO2 miktarı ..	45
Tablo 4.8. Atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkış analiz sonuçları .....	46

## RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. Tesis kapalı alanı .....	27
Resim 3.2. Üretilen alüminyum boru örneği .....	29
Resim 3.3. Alüminyum yıkama ünitesi .....	35
Resim 3.4. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi .....	37

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel sürdürülebilirlik, temiz üretim, metal işleme sanayi

Dünyayı tehdit eden küresel ısınma, doğal kaynakların tükenmesi, ozon tabakasındaki incelme, biyoçeşitliliğin azalması gibi çevre sorunları nüfus artışına ve gelişen ihtiyaçlara bağlı olarak endüstriyel sanayileşme neticesinde hızla artmaktadır. Çevre sorunlarının oluşmaması ve/veya kalıcı çözümü için endüstrilerin sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının benimsenmesi gerekmektedir. İşletmelerin endüstriyel sürdürülebilirlik çalışmalarında kullanabilecekleri temiz üretim, endüstriyel simbiyoz, doğal adım, tasarım ile sürdürülebilirlik gibi çeşitli modeller bulunmaktadır. Sürdürülebilir uygulamalar içerik olarak her ne kadar farklı görünse de ürünlerin hammadde olanaklarının, üretim sürecinin, üretimde kullanılan ekipmanlarının değiştirilmesi ya da yeniden tasarlanarak çevresel etkilerinin önlenmesi veya azaltılmasını hedeflemektedir.

Bu çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren ve talaşlı imalat, boru şekillendirme, kaynak, yıkama, montaj proseslerine sahip bir tesisin alüminyum yıkama ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitelerinin temiz üretim modeli kapsamında değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma ile çevresel ve ekonomik açıdan optimum şartları sağlayan üniteye karar verilmesi hedeflenmiştir. Tesiste alüminyum yıkamada kullanılan iki farklı yıkama prosesine ait veriler kullanılarak, proseslerin enerji ve su tüketimi parametrelerinin analizi yapılmış ve alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının proseslerin enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında 4800 m<sup>2</sup> çatı yüzey alanına sahip olan tesisin çatısına güneş paneli ile donatılması sonucu elde edilecek yenilenebilir enerjinin yıkama proseslerinin enerji ihtiyacının karşılama durumu değerlendirilmiştir. Düzce ilinin günlük ortalama güneş ışınım değeri 3,70 kWh/m<sup>2</sup> gün ve ortalama güneşlenme süresi günlük 6.5 sa olarak tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda planlanan güneş panellerinden günde 17.684 kW elektrik enerjisi elde edileceği hesaplanmıştır. Mevcut durumda elektrik üretiminden kaynaklı aylık 65327,26 kg CO<sub>2</sub> salınımı oluşmakta, güneş enerjisi ile elektrik üretildiğinde ise kg CO<sub>2</sub> salınımının 15,5 kat daha az olacağı tespit edilmiştir. Ünitelerin atıksu sonuçları karşılaştırıldığında atıksu miktarı ve kirlilik parametrelerine göre verimli proses belirlenmiştir. Veriler analiz edilerek optimum şartları sağlayan, performansı yüksek ve çevresel etkisi minimum olan proses ortaya konmaktadır.

# **CLEAN PRODUCTION APPLICATION IN ALUMINUM PIPE PRODUCTION FACILITY WASHING UNIT**

## **SUMMARY**

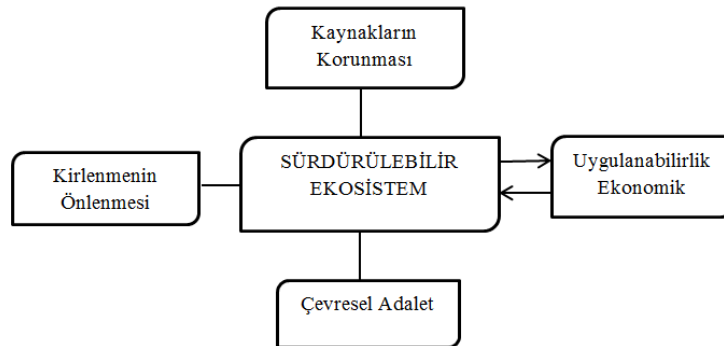
Keywords: Industrial sustainability, cleaner production, metalworking industry

Environmental problems such as global warming, depletion of natural resources, depletion of the ozone layer, and reduction of biodiversity that threaten the world are increasing rapidly as a result of industrial industrialization due to population growth and developing needs. Sustainable development approach of industries should be adopted in order to prevent and/or permanent solution of environmental problems. There are various models such as clean production, industrial symbiosis, natural step, design and sustainability that businesses can use in their industrial sustainability studies. Although these models may seem different in terms of content, sustainable practices aim to improve environmental labeling, change or redesign the raw material possibilities of products, production process, equipment used in production, and prevent or reduce their environmental impacts.

In this study, aluminum washing and aluminum ultrasonic washing units of a company that has machining, pipe forming, welding, washing and assembly processes in the automotive sector were evaluated within the scope of clean production model. The aim of the study is to decide on the unit that provides optimum environmental and economic conditions. By providing the data of two different washing processes used in aluminum washing in the company, the energy consumption and water consumption parameters of the processes were analyzed, and the effect of alternative renewable energy use on the energy consumption of the processes was examined. The situation of meeting the energy needs of the washing processes, which have a significant impact on the energy consumption of the company, which will be obtained as a result of equipping the company with a solar panel, which has a roof surface area of 4800 m<sup>2</sup>, has been evaluated. The daily average solar radiation value of Düzce has been determined as 3.70 kWh/ m<sup>2</sup> day and the average sunshine duration is 6.5 hours per day. It has been calculated that 17,684 kW of electrical energy will be obtained per day from the planned solar panels and the kg CO<sub>2</sub> emission will be 15.5 times less. When the wastewater results of the units were compared, an efficient process was determined according to the wastewater amount and pollution parameters. By analyzing the data, a process that provides optimum conditions, high performance and minimal environmental impact has been revealed.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, üretimden çok tüketime önem verilmesi, doğal kaynakların azalması ve çevre sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ekolojik çevrenin korunması için yasa ve yönetmelikler zorunlu olarak uygulanmaktadır. Yasal düzenlemeler ile üretimden tüketime kadar tüm proseslerin ayrı ayrı üretim planlamasının yapılması olabildiğince az atık üreten ve hava, su, toprak, canlı yaşam alanlarına zarar vermeyecek şekilde yönetilmesi hedeflenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda işletmelere, üreticilere, resmi kurumlara faaliyetlerini desteklemeleri için yeni yöntemlerle çalışma sorumluluğu yüklemektedir. Küresel ve yerel ticaretteki rekabet, kaliteli ürün anlayışı, çevresel ve sosyal sorumluluk projeleri, devlet teşvik yatırımları ile firmalar çevre performanslarını artırmaya yönelik çalışmalarına hız kazandırmışlardır. Bunun sonucunda endüstriyel sürdürülebilirlik kavramı üzerine çalışmaların da önemi artmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kapasitesini engellemeden karşılanmasıdır. Sürdürülebilir uygulamalar ile ekonomik verimliliğin sağlanmasının yanında ekolojik sistemler ve insan sağlığının korunması temel hedeftir. Çevre sorunlarına çözüm için sürdürülebilirlik kavramını destekleyici endüstriyel simbiyoz, temiz üretim, yaşam döngüsü analizi yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Şekil 1.1.'de sürdürülebilir ekosistem ilişkisi verilmiştir.



Şekil 1.1. Sürdürülebilir Ekosistem İlişkisi (Sünbül, 2006)

Sürdürülebilir uygulamalar ile ürün, proses veya hizmetlerin süreçleri boyunca tüm girdi ve çıktıları çevresel ve ekonomik etkileri açısından analitik ve sistematik olarak değerlendirir. Bu teknolojiler malzeme, ekipman, üretim süreci, enerji kullanımı, proses yönetimi, sevkiyat, atık yönetimi konularında seçenekler içermektedir. Doğal kaynak tüketimi ve çevresel etkileri azaltarak sistematik olarak ele alan sürdürülebilir uygulamalar, Avrupa Komisyon'u tarafından yürütülen AB Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında doğaya ait kaynakların ölçülü bir şekilde kullanılması ve iklim krizine neden olan salınımların minimuma indirilmesi hedefine de katkı sağlamaktadır

Bu çalışmada, otomotiv endüstrisi yan ürün sanayinde üretilen alüminyum boru yıkama ünitesi ele alınarak, karar vericilere destek sağlamak amacıyla sürdürülebilir uygulama olan temiz üretim ile optimum şartları sağlayan ünitenin belirlenmesi hedeflenmektedir.

## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Endüstriyel Sürdürülebilirlik**

Birleşmiş Milletler 1987 Brundlant Raporu'nda sürdürülebilirlik kavramı “günümüz ihtiyaçlarının gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmaksızın giderilmesi” olarak tanımlamaktadır (Çokaygil, 2005). Sürdürülebilir kalkınma çevrenin korunmasını ön planda tutmakla birlikte ekonomik, endüstriyel, tarımsal, ticari, kültürel açılardan büyümeyi de sürdürülebilir kılmayı hedeflemektedir. Mevcut ve gelecek nesilleri kapsayan bir kavram olan sürdürülebilirlik konusunda bir analiz yapılması son derece önemlidir. Endüstriyel sürdürülebilirlik konusundaki modellerin yürütülmesi noktasında yaşam döngüsü analizi ve materyal akımı gibi temel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Firmalar arası ağır rekabet şartları, üreticileri düşük maliyetli ve kaliteli üretim sağlayan proses arayışı içine sokmaktadır. Bu arayış ile yeni sürdürülebilir kalkınma uygulamaları ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, üretim ve hizmetlerin sağlanması sırasında insan faaliyetlerinin çevresel etkilerini ölçmek ve karşılaştırmak için yöntemler kullanarak optimum şartları belirlemek ve yanlış seçimlerin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Sürdürülebilir ürün gelişimi teknolojik, ekonomik ve ekolojik açıdan dengeli bir yaklaşım gerektirmektedir. Hammadde eldesi, üretim süreci, nakliye, tüketici tarafından kullanım, kullanım sonrası bertaraf süreçlerini kapsayan sürdürülebilir çözümler çevre, ekonomi ve sosyal refahı ön planda tutmaktadırlar.

#### **2.1.1. Endüstriyel simbiyoz**

Endüstriyel simbiyoz kavramındaki simbiyoz kelimesi iki canlının birbiriyle yardımlaşarak yaşamalarını ifade etmektedir. Endüstriyel simbiyoz farklı faaliyetlerde bulunan iki veya daha fazla şirketin yardımlaşarak hammadde, enerji değişimine bağlı olarak verimliliğini artırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır.



Lojistik olarak yakın mesafede bulunan firmalar için önemli bir işbirliği sağlamaktadır. Dünyada 1989'lu yıllarda ortaya çıkan bu kavram Türkiye'de 2010 yılında uygulanmıştır. Bu proje İskenderun Körfezi (Adana, Mersin, Osmaniye, İskenderun) bölgesinde uygulanan ilk endüstriyel simbiyoz projesi olma özelliğine sahiptir. Bu proje ile meyve suyu üretim tesisinde oluşan atık meyve posasını hayvan yemi üretimi yapan firma hammadde olarak kullanmıştır. Tarımsal ve hayvansal atık oluşturan bir firma ise bu atıkları enerji üretiminde kullanmış, başka bir firma ise oluşan atık yağdan elektrik üretimi yapmıştır. Diğer bir çalışmada ömrünü tamamlamış lastikler kullanılarak granül üretimi yapılmış, demir çelik üretim sırasında oluşan cüruf atığından çimento firmaları için kullanılan agrega malzemesine katılarak yol yapım çalışmalarında kullanılmıştır böylece endüstriyel simbiyoz çalışmaları ilk uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İskenderun Körfezi bölgesinde uygulanan endüstriyel simbiyoz çalışmaları sonucu 330.000 ton/yıl atık değerlendirilmiş, hammadde ikamesi 280.000 ton/yıl, toplam enerji tasarrufu 34.000.000 kWh/yıl, CO<sub>2</sub> salınımı azaltımı 37.000 ton/yıl ve su kullanımında sağlanan tasarruf 6500 m<sup>3</sup> /yıl olmuştur (TTGV, 2015).

Bir tesisin çıktısı enerji, su, yan ürün kaynaklarının başka bir firmanın girdisi olarak kullanılmasıyla kaynak paylaşımına dayanan endüstriyel simbiyoz temiz üretim, iyileştirme, tasarruf, inovasyon, rekabet kavramlarında ön plana çıkmaktadır. Ortak kaynak kullanımını artıran bu yaklaşım ile firmalar maliyetlerini ve çevresel etkilerini minimize etmektedirler. Bölgesel denetimler yapılarak firmalar arası potansiyel eşleştirmelerle endüstriyel simbiyoz çalışmalarına katkı sağlanmaktadır (Özkan ve ark., 2018).

### **2.1.2. Doğal adım modeli**

Doğal adım modeli bireylerin ve kuruluşların sürdürülebilirliği anlamalarına ve sağlam programlar oluşturmalarına yardımcı olan bilim temelli araçtır. Doğal adım modeli işletmelerin stratejik kararlarını günlük operasyonlarına planlı ve kârlı bir şekilde entegre edilmesini sağlar. Sistemde oluşan sorunlara daha geniş bakış açısı ile yaklaşarak çevresel, sosyal ve ekonomik çözüm üretilmesini sağlar ayrıca

sürdürülebilir bir gelecek için vizyon geliştirilmesinde planlama sürecini oluşturur. Diğer yaklaşımlardan farklı olarak stratejilerin uygunluğunu, sağlamlığını kontrol etmek ve eksiklikleri tespit etmek için yeni olasılıkları ortaya koyar. Doğal adım modeli;

- yerküreden çıkartılan maddelerin yeryüzünde sistemli bir şekilde birikmesinin elimine edilmesi( ağır metaller, fosil yakıtlar vb.),
- toplumun ürettiği kimyasal ve bileşenleriinn yeryüzünde sistematik olarak çoğalmasına olan katkımızın elimine edilmesi,
- artan fiziksel bozulmaya ve doğal süreçlerin sistematik olarak yok edilmesine olan katkımızın elimine edilmesi(aşırı orman hasadı, yaban hayatın üzerindeki baskı vb.),
- insanların temel ihtiyaçlarını karşılayabilme kapasitelerinin sistematik bir şekilde engellenmesine olan katkımızın elimine edilmesi(sağlıksız çalışma ortamı, düşük ücretle insan çalıştırma vb.)

olarak dört sürdürülebilirlik ilkesine dayanmaktadır (Anonim,2022).

### **2.1.3. Beşikten beşiğe modeli**

Beşikten beşiğe modeli, bir ürün üretim sürecinde kullanılan materyallerin, ürün ömrünü tamamlayıp kullanılamayacak hale geldiğinde yeni ürün üretiminde kullanılacak şekilde geri dönüştürülebilir olması gerektiğini savunmaktadır. Böylece döngüsel ekonomi yaklaşımlarından olan beşikten beşiğe ürün, hizmet tasarımının yanında tüm sürecini incelemektedir. İşletmelerde üretilen ürünler doğa dostu, çevreci yöntemler ile üretilir, kullanım ömrü bittikten sonra geri dönüştürülür ve sistemde yeniden kullanılır. Üretimde oluşan atığı sıfıra indirgemeyi hedefleyen bu sistem aynı zamanda maliyetleride düşürmektedir.

Yeni teknikler, sistem tasarımı ve ticari yeniliğe öncelik verilerek malları yeniden pazarlamak (yeniden kullanım), mal ve bileşenlerin ürün ömrünü uzatmak (örneğin yeniden imalat ve teknolojik yükseltme) için iş modelleri geliştirir. Yerel işbirliği

oluşturur kaynak kullanımı ve israfı önleyerek bölgesel bir ekonomi döngüsü oluşturmaktadır (Anonim, 2021).

#### **2.1.4. Tasarım ile sürdürülebilirlik modeli**

Tasarım ile sürdürülebilirlik modeli, tasarım yeniliği ve tasarım iyileştirmeleri için tasarımcıların kullanabileceği yöntemleri, araçları ve teknikleri değerlendirmektedir. Yalnızca kirliliği, atığı, enerji kullanımını ve kıt kaynakların kullanımını en aza indirerek değil, aynı zamanda üretilen ürün sayısını azaltabilecek sistemler ve hizmetler oluşturmak için çevre üzerindeki insan etkisini kontrol etmeyi hedeflemektedir. Bu model aynı zamanda ürün iyileştirme ve yeniden tasarım ile atık, kirlilik ve enerji tüketimini azaltan, geri dönüşüm ve parçaların yeniden kullanımı için tasarımlar üzerine çalışılan bir yaklaşımdır, Elektrikli eşyalar, bilişim teknolojileri ve mobilya dahil olmak üzere bir dizi ürün sektöründe çok çeşitli vaka çalışmaları bulunmaktadır. Örneğin otomobiller yakıt olarak fosil yakıt olan petrol türevi ürünler kullanırken yeni teknolojiler ve sürdürülebilir tasarımlar ile biodizel yakıt veya elektrik kullanan çevre dostu otomobiller üretilmeye başlanmıştır. (Rocha ve ark., 2019).

#### **2.1.5. Temiz üretim**

Birleşmiş Milletler Çevre Programı(UNEP) temiz üretimi bütünleyici ve önleyici stratejilerin ürün, hizmet ve proseslere periyodik olarak uygulanmasıyla insan ve çevre üzerinde bulunan risklerin minimize edilmesi, azaltılması olarak ifade etmektedir (UNEP, 1996). Dünyadaki hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin yanı sıra insan, çevre, doğal kaynaklar üzerinde oluşan negatif etkiler ortaya çıktıktan sonra giderme yöntemleri kirlilik kontrolü olarak adlandırılırken, temiz üretim tüm süreçlerin öncesinde tedbir almayı, farklı yöntemler ile kirliliklerin önüne geçmeyi hedefleyen uygulamalar olarak adlandırılmaktadır. Üretim prosesleri, ürünler ve hizmetler için uygulanabilen temiz üretim; hammadde, enerji, su ve yan ürünlerin etkin kullanımını, bu süreçlerde toksik maddelerden kaçınmayı, oluşan atık ve emisyonları bertarafta maksimum verim elde etmeyi sonuç olarak çevresel etkileri

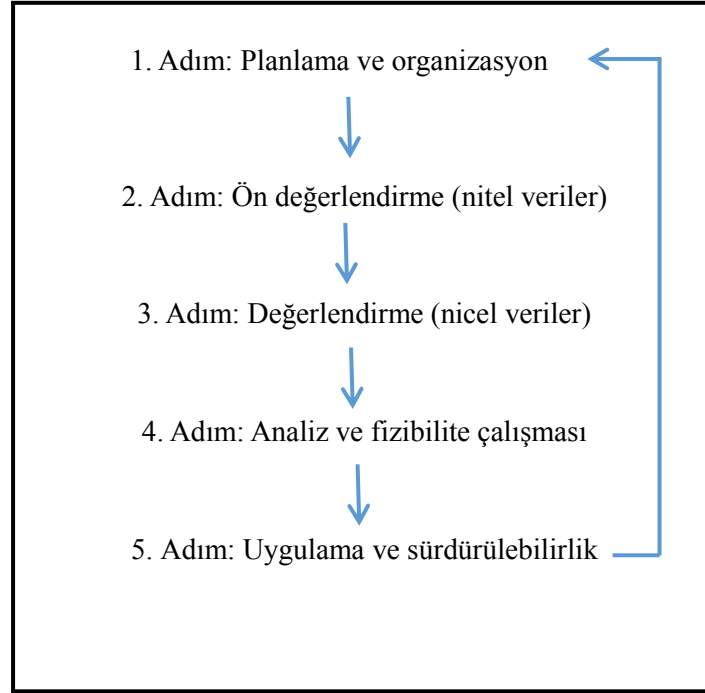
azaltmayı ve insan sağlığını ön planda tutmaktadır. Kirleticilerin oluşumunu kaynağında önlemek veya oluşan kirletici ve atıkları zararsız hale getirerek potansiyel kaynaklara dönüştürülmesi konusunda önlemler almayı ortaya koymaktadır. Yasa ve yönetmeliklerle kirlilik kontrolü sağlamayı hedefleyen kuruluşlar çevresel performans konusunda asgari düzeyde çalışma yapmaktadır. Bu durum endüstriyel tesislerde pek çok potansiyel kaynağın göz ardı edilmesine sebep olmaktadır. Temiz üretim prosesi, ürün, hizmet iyileştirmeleri ile uzun vadede işletme ve bakım maliyetlerini düşüren çevre teknolojileri geliştirmesini sağlamaktadır. Temiz üretim, teknolojik gelişmeler ile uyumlu ve çevre dostu proses, ürün, sistem geliştirilmesi ile sürdürülebilirliği desteklemektedir. Temiz üretim kirliliği henüz oluşmadan tedbir almayı, gidermeyi hedeflemektedir. Temiz üretim yatırımları kirlilik kontrolü yatırımları ve hatta cezai işlemlere göre daha az maddi yatırım gerektirmektedir. Böylece enerji, su, hammadde tasarrufu sağlayan temiz üretim endüstriye önemli katkılar sağlamaktadır. Endüstride rekabet, verimlilik ve karlılığı artıran temiz üretim modeli aynı zamanda çevre ve insan sağlığını koruma amacı vardır (Demirer, 2008).

Dünya da yapılan temiz üretim uygulamalarına örnek olarak tekstil firmasında yeni bir ekipman ile ikame edilere boyar maddelerden ve atıklardan arındırılan suyun yıkama banyolarında yeniden kullanımı sağlanmış atıksuyun % 65'inin geri kazanımı ile su kullanımında tasarruf edilmiştir. Çin de yapılan bir başka çalışmada ise bira üretimi yapan bir tesiste ekipman modifikasyonu sağlanarak bira kaybının önüne geçilmiş temiz üretim teknolojilerinin uygulanması hammadde tasarrufu sonucu yıllık 3200 ton üretim kapasitesi artırılmıştır. Kanada da yapılan bir çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir tesiste kullanılan sülfirik asit çözeltisinin tesis dışından tasfiye gereksiniminin ortadan kaldırılması ile yıllık 212500 dolar ekonomik fayda sağlanmışdır (Hakyemez, 2012).

#### **2.1.5.1. Temiz üretim metodolojisi**

Temiz üretim ile endüstri tesislerdeki proses etkileri sonucu çevresel etkilerini, verimsiz kaynak kullanımını, yönetilemeyen atık süreçlerini analiz edilerek temiz üretim seçeneklerini ortaya koyan çalışmalardır. Genel olarak temiz üretim süreç

akışı aşağıda belirtilmiştir. Şekil 2.1.'de temiz üretim uygulama yöntemi akışı verilmiştir.



Şekil 2.1. Temiz Üretim Değerlendirme Yöntemi (UNEP, 1996)

Temiz üretim sürecinin ilk adımı olan planlama ve organizasyon tesis yönetiminin uygun görüşünün alınması, amaç ve hedeflerin belirlenmesi konularının içermektedir. İkinci aşama olan ön değerlendirmede nitel veriler gözden geçirilerek firma bilgileri ve proses akım şemasının temin edilmesi, ilk incelemelerin yapılması adımlarını içermektedir. Üçüncü aşamada değerlendirme nicel verilerin gözden geçirilmesi ve toplanması, atık ve emisyonların tespiti, kütle dengelerinin kurulması, temiz üretim olanaklarının belirlenmesini kapsamaktadır. Analiz ve fizibilite çalışması adımı ise teknik, ekonomik ve çevresel analizlerin yapılmasını içermektedir. Son aşama olan uygulama ve sürdürülebilirlik karar verilen seçeneklerin uygulanması ve üretim faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini içermektedir (UNEP, 1996).

## **2.2. Temiz Üretim Araçları, Kirlilik Önleme Metotları, Değerlendirme ve Denetleme**

Üretim sürecinde kullanılan malzeme ve enerji akışlarının verimli kullanılması ve iyi yönetilmesine dayanan kirlilik önleme metodu kirliliği oluşmadan önlemeyi ve azaltmayı hedeflemektedir. Bu metot kirliliğin önlenmesi ile ekonomik kazanç sağlamasının yanında çevreye olan etkileride minimize ederek sürdürülebilir kalkınmaya destek olan bir stratejidir. Bir ürünün yaşam döngüsünün (life-cycle) birçok aşamasında yer alan kirlilik önleme uygulamaları, pek çok uzmanlık alanı ve meslek grubu içerisinde yer almaktadır. Hammaddelerin temin edilmesi, üretim süreci, kullanımı ve kullanım sonrası bertaraf prosesleri bu aşamalara örnek verilebilmektedir. Kirlilik önleme metodları işyerinde çalışan personelin bilinç düzeyini ve proses verimliliğini artırmakta ve sürekli gelişmeye katkıda bulunmaktadır. Temiz üretim araçları, kirlilik önleme metotları, değerlendirme ve denetleme uygulamalarında kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

### **2.2.1. Çevresel etki değerlendirme**

Çevresel etki değerlendirme insan kaynaklı etkinliklerin planlanması aşamasında faaliyetlerin çevre üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak değerlendirilmesini kapsayan bir yöntemdir (Demirer, 2006). ÇED'in amacı; çalışma kapsamında oluşma ihtimali beklenen olumsuz çevresel etkileri tanımlanmak ve bunları önlemek için, gerekli tedbirlerin söz konusu çalışmaya eklenmesi v projenin gerçekleştirilmesindeki ilgililerin sorumlulukları ve birbirleri ile olan ilişkileri konusunda yardımcı olunmasını sağlamaktır. Örneğin bir arazi üzerine yapılması planlanan sanayi tesisi için çevresel etki değerlendirme çalışması yapılarak faaliyetin ayrıntılı değerlendirilmesi sağlanmakta ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

### **2.2.2. Yaşam döngü analizi**

Bu yöntem birbirinin alternatifi iki ya da daha fazla yaklaşımın sistemli bir şekilde envanterleri çıkartılarak çevresel etkilerinin ayrıntılı olarak değerlendirmesi

amaçlamaktadır. YDA çevresel etiketlenmenin geliştirilmesi, ürünlerin hammadde olanaklarının, üretim sürecinin, üretimde kullanılan ekipmanlarının değiştirilmesi ya da yeniden tasarlanarak çevresel etkilerinin önlenmesi veya azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında bölüm 2.3 başlığı altında YDA metodolojisi ayrıntılı şekilde anlatılmaktadır (Çokaygil, 2005). Bir atıksu arıtma tesisinde uygulanan yaşam döngüsü analizi ile fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma yöntemlerinden oluşturulan senaryolar ile enerji ve kimyasal kullanım süreçleri karşılaştırılarak optimum verim sağlayan arıtma şekli belirlenmiştir.

### **2.2.3. Çevre teknolojisi değerlendirme**

Çevre teknolojisi değerlendirme (environmental technology assessment) bir endüstriyel tesiste kullanılmaya başlaması planlanan yeni bir teknolojinin etkilerini insan sağlığına ve kaynaklara olan etkilerini incelemektedir (Sünbül, 2006). Tesiste teknoloji geliştirme ve kullanma ile ilgili plan, politika ve stratejilerin çevre ile iletişimini incelenmesini içermektedir. Çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi mümkün olan en az oranda toksiki kirlenici madde içermesi, en yüksek geri dönüşüm oranına sahip olma, doğada çabuk ayrışabilme, üretim sürecinde düşük enerji ve kaynak ihtiyacı olması, kullanım ömrü uzun olacak şekilde tasarlanmasıdır. Bu teknolojilerin kullanılması sonucu oluşan etkileri insan sağlığı ve çevre açısından değerlendirmektedir.

### **2.2.4. Kimyasal değerlendirme**

Bu yöntem, bilgi kaynakları ve veri tabanları kullanılarak kimyasal maddelerin insan sağlığı ve çevre kalitesi üzerindeki zararlarını, potansiyel toksik etkilerini belirlenmesini kapsamaktadır. Bu veriler ile kullanılacak kimyasal maddelerin insan sağlığı ve çevresel etkileri bakımından en az etkiye sahip olanı seçmeyi mümkün kılar. Kimyasal değerlendirme, risk değerlendirmenin bir parçası olarak kabul edilmektedir (Demirer, 2006). Kimyasal değerlendirme sürecinde malzeme güvenlik bilgi formlarından (MSDS) kimyasalın zararlılık oranlarını içeren bilgiler elde edilmektedir. Tesislerde kullanılan kimyasalların yüksek biyolojik ayrışma

potansiyeli ve düşük toksisite özelliğine sahip olması hedeflenmektedir. Bu özelliklerin aksi durumda sonrasındaki süreçlerdeki prosesler üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Bu durumda kimyasalları daha az etkiye sahip olan kimyasal ile ikame ettirilmesi kimyasal değerlendirme süreci için verimli sonuç elde edilmesini sağlamaktadır.

### **2.2.5. Atık denetleme**

Bu yöntem endüstri tesisinde, proses için gerekli olan bütün girdileri ve oluşan tüm atıkların belirlenmesini içermektedir. Bu method ile elde edilen veriler sonucu sistemde oluşan atıklar, atık kaynakları, miktarları ve içerikleri belirlenerek atık yönetimine olanak sağlanmaktadır. Atık kontrolü ile süreçte oluşan atıkların kaynakları ve miktarları belirlenir, kullanılan hammadde, enerji, su sonucu oluşan atık oranları belirlenir, proses üzerinde alınabilecek önlemler ve revizyonlar belirlenir, personele durum aktarılarak bilinç ve verim artırılması hedeflenmektedir. Üretim veriminin artırılmasının yanında maliyet üzerinde önemli azaltımda sağlanmaktadır (Demirer, 2006).

### **2.2.6. Enerji denetleme**

Enerji denetleme yöntemi (energy audit) bir endüstri tesiste birim ürün başına kullanılan enerji miktarı, enerji kullanımında oluşan yıllık ve mevsimsel değişiklikler ile enerji kayıplarının tespit edildiği bir denetleme mekanizmasını içermektedir. Endüstriyel işletmede kullanılan enerji harcamalarının azaltılmasına yönelik hazırlanan enerji yönetimi planına destek sağlar. Bu yöntem ile enerji kullanım konusunda proses bazında verimsizlikleri ve zayıf noktaları belirleyerek enerji tasarrufu ve maksimum verimlilik sağlanmaktadır (Sünbül, 2006).

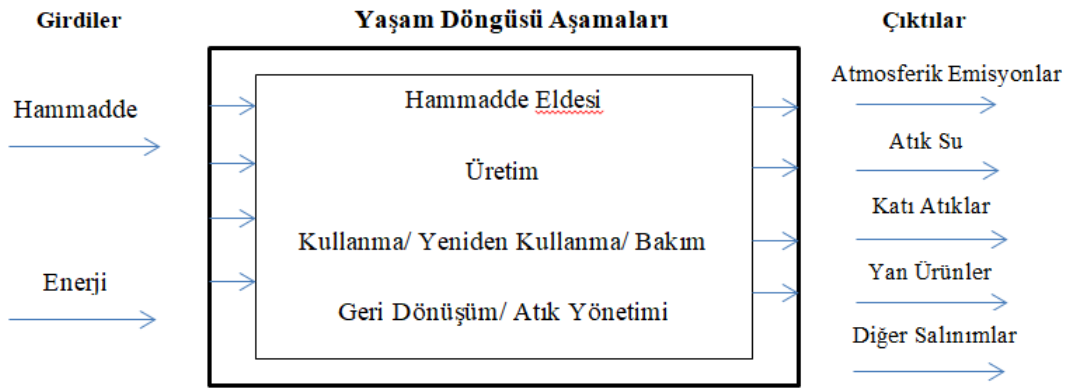


## **2.3. Temiz Üretim Araçlarından Yaşam Döngüsü Analizi**

### **2.3.1. Yaşam döngüsü analizi**

Yaşam Döngüsü Analizi; bir proses, ürün ya da hizmet için kullanılan ham maddelerin elde edilmesiyle başlanarak, ilgili tüm üretimi, lojistik, tüketici tarafından kullanımı ve kullanım sonrası atık olarak bertaraf edilmesi süreçlerini kapsayan doğal kaynak tüketimi ve çevresel etkileri belirlemek, yönetmek ve raporlamak için kullanılan bir yöntemdir (Demirer, 2011). ISO 14040 LCA'ya göre “girdilerin, çıktılarının ve verilerin derlenmesi, değerlendirilmesi” olarak tanımlanır (ISO 14040, 2006). Diğer bir tanımlamada ise; Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDA), hammadde ediniminden üretim ve kullanımdan atık yönetimine kadar bir ürünün, sürecin veya insan faaliyetinin genel çevresel etkilerini tespit eden analitik bir araçtır (Curran, 2013).

Tanımlamalarda da belirtildiği gibi YDA; doğal çevre, insan sağlığı ve kaynakların tüm özelliklerini veya yönlerini dikkate alan kapsamlı bir değerlendirmedir. Artan sanayi tesisleri ve teknoloji kullanımıyla beraber her tür projenin maliyeti, performansı, verimliliği gibi parametrelerle birlikte kaynakların kullanımı, yeniden üretimi, enerji ve çevresel etkileri gibi bileşenler de araştırılmaya başlanmıştır ve bu konuda YDA etkili bir karar destek aracı olarak kullanılabilir. Bu anlamda YDA, Alternatifleri değerlendirmek, çevresel performansı analiz etmek, teknik ve ekonomik karşılaştırma ile politik karar verme için önemli faktörler sağlar (Zhang ve ark., 2020). Şekil 2.2.'de YDA aşamaları verilmiştir (Gülşen H.E vd., 2014).



Şekil 2.2. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) Aşamaları

Yaşam Döngüsü Analiz çalışmaları sistemin hangi aşamasına uygulandığına göre “beşikten mezara”, “beşikten beşiğe” “beşikten kapıya”, “kapıdan kapıya” ve “kapıdan mezara” olarak adlandırılır.

- “Beşikten mezara” bir ürünün, prosesin veya hizmetin bütün aşamalarını içeren analiz çalışması olup ham madde elde edilmesinden (“beşik”) oluşan atıkların bertaraf edilmesine (“mezar”) kadar tüm süreçleri kapsamaktadır.
- “Beşikten Beşiğe” ise “beşikten mezara” yaklaşımında atık bertaraf aşamasında atıkların geri kazanımı çalışmalarının da dahil olduğu süreci ele almaktadır.
- “Beşikten kapıya” bir ürünün, prosesin veya hizmetin ham madde eldesinden (“beşik”) itibaren endüstriyel tesise iletilmesi aşamasına (“kapı”) kadar olan süreçleri kapsamaktadır.
- “Kapıdan kapıya” bir ürün veya bir prosesin tek aşamasına ait yaşam döngüsü analizini ele alan yaklaşımdır (Jimnofez ve ark., 2000).

Yaşam döngüsü analizinde, belirli bir metodolojiye sahip olmayan ilk çalışmalar; kaynak kullanımı, enerji verimliliği, kirlilik kontrolü ve katı atık gibi çevresel konuların geniş kamuoyunu ilgilendiren konular haline geldiği 1960'ların sonları 1970'lerin başlarından ortaya çıkmıştır. Bu anlamda yöntemin kullanımını standartlaştırmak için 1990'ların sonlarında ISO, ISO 14000 Çevre Yönetim Standartlarına yardımcı olacak ISO 14040 serilerini (Tablo 2.1.) yayınlamıştır. (Öztürk, 2012).

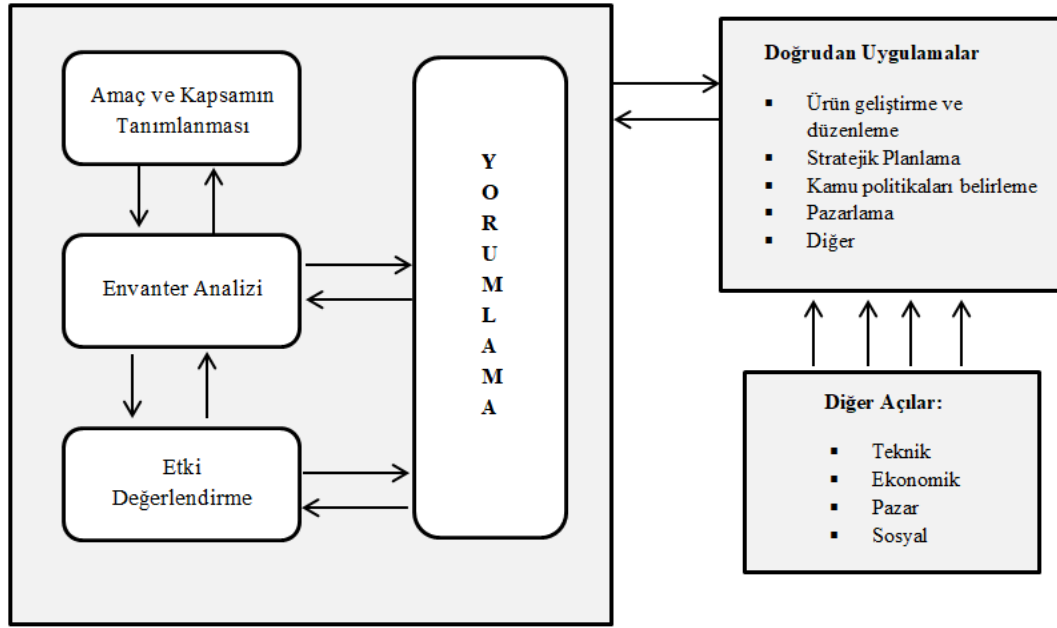
Tablo 2.1. ISO 14040 Serileri

Sayı	YDA Standardının Adı	Durum
ISO 14040	Çevre Yönetimi - YDD - Prensipler ve Çerçeve	1. Baskı (1997)
ISO 14041	Çevre Yönetimi - YDD - Amaç ve Kapsam Tarifi ile Envanter Analizi	1. Baskı (1998)
ISO 14042	Çevre Yönetimi - YDD - Yaşam Döngü Etki Değerlendirmesi	1. Baskı (2000)
ISO 14043	Çevre Yönetimi - YDD - Yaşam Döngü Yorumu	1. Baskı (2000)

YDA çalışmaları üç organizasyon (ISO, UNEP ve SETAC) tarafından bilimsel ve sistematik olarak yürütülmektedir. Bu organizasyonlar tarafından bilimsel ve sürdürülebilir bir yaşam döngüsü analizi uygulaması üzerinde çalışmalara devam edilmekte ve yaşam döngüsü analizi hala gelişim sürecine devam etmektedir (Öztürk, 2012).

### 2.3.2. Temiz üretim aracı yaşam döngüsü analizinin metodolojisi

Bir temiz üretim aracı olan yaşam döngüsü analizi, doğal kaynak kullanımının ve çevresel salınımların ekolojik sonuçlarını en aza indirme, fırsatları sistematik olarak karşılaştırma ve değerlendirme adımlarını kapsamaktadır. YDA, ISO 14040 standardına göre; amaç ve kapsam tanımlanması, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlar olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.3.) (Gülşen ve ark., 2014). Bu aşamalar sistematik bir şekilde aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.



Şekil 2.3. Yaşam Döngüsü Analizi Metodolojisi (Gülşen ve ark., 2014)

### 2.3.2.1. Amaç ve kapsam tanımlama

Yaşam döngüsü analizinin ilk bölümü olan bu aşamada çalışmanın amaç ve kapsamının tanımlanmasıyla sınır şartları, hedeflenen kitle, çalışma sonrasındaki beklentiler açıkça ortaya konulmalıdır. Tanımlanan amaç ve kapsam, verimli sonuçların elde edilmesini sağlamak için tüm süreci yönlendirecektir. Aşağıda belirtilen adımlar temiz üretim amaç ve kapsamı dahilinde bulunmalıdır.

- Amaç
- Kapsam
- Fonksiyonel Birim
- Sistem Sınırlarını
- Veri Kalite Değerlendirmesi
- Kritik Gözden Geçirme Süreci

Fonksiyonel Birim: Fonksiyonel birim iki alternatif ürünün/faaliyetin belirli kavramlarla değerlendirilmesiyle oluşan referans bir tanımdır amacı giriş ve çıkış verilerine referans sağlamaktır (Çokaygil, 2005).

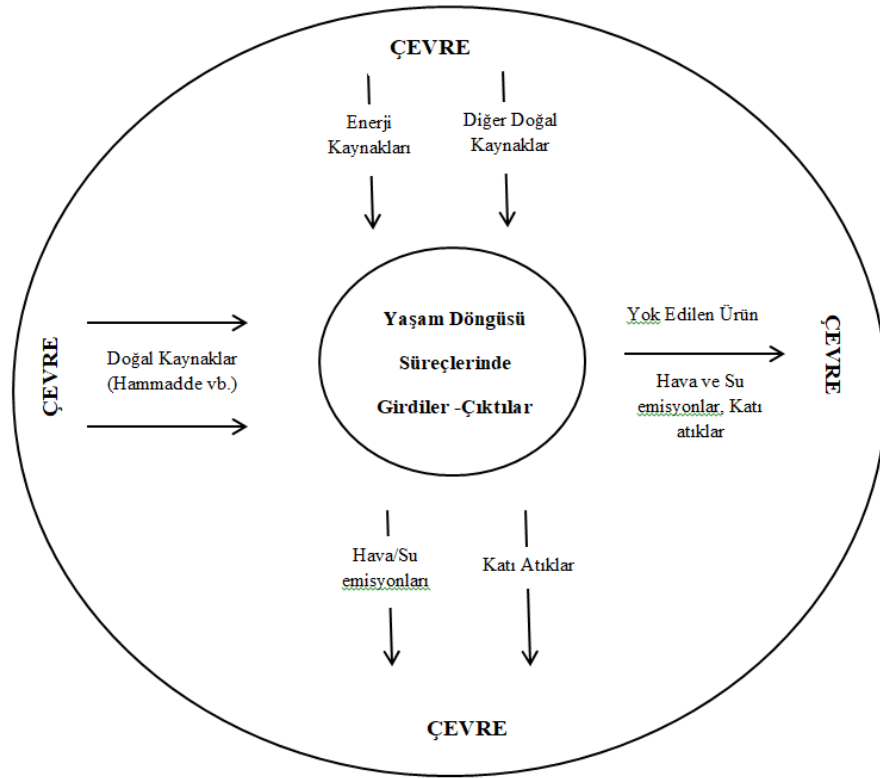
Sistem Sınırları: Modeli oluşturulan sistemde yer alacak birim proseslerin girdi ve çıktı birimleri tanımlanır. Sistem sınırları belirlenirken sisteme ait proses, ürün akış diyagramları kurularak böylelikle seçilen proses kapalı bir kutu olarak ele alınabilir ve prosese giren malzeme ve enerji akışı belirlenebilir (Bishop, 2000).

Veri Kalite Değerlendirmesi: Veri kalitesi çalışma sonuçlarını doğrudan etkiler bu nedenle çok önemlidir. Veri seçimine dikkat edilerek; verilerin toplanmasında kesinlik, tutarlılık, temsil edilebilirlik, bütünlük, tekrarlanabilirlik ölçütleri olması gerekir böylece veri kalitesi artar.

Kritik Gözden Geçirme: TS EN ISO 14040'ta, yaşam döngüsü analizi çalışmasında kullanılan "metodoloji, veri toplama ve yorumlama aşamalarının gereklerinin karşılanıp karşılanmadığının, bu aşamaların ilke ve standartlarla uyumlu olup olmadığının doğrulandığı süreç" kritik gözden geçirme olarak ifade edilmektedir (EEA, 1997).

### **2.3.2.2. Yaşam döngüsü envanter analizi**

Yaşam döngüsü analizinin ikinci adımı olan envanter analizi ürün, prosesi veya hizmet kullanılan enerji, materyal ve hammadde ihtiyaçları ve faaliyet sonucu oluşan emisyonların ve atıkların hesaplanarak belirlendiği sistemli bir bölümdür. Aşağıda Şekil 2.4.'te yaşam döngüsü sürecine ait girdiler ve çıktılar gösterilmektedir (Öztürk, 2012).



Şekil 2.4. YDA Girdiler-Çıktılar (Öztürk, 2012)

Çalışmanın amacı ve kapsamı dahilinde envanter analizi beş adımda belirlenir;

- Verileri Toplama
- Sistem Sınırları İnceleme
- Hesaplama Prosedürü
- Verinin Geçerliliği
- Paylaştırma

Veri Toplama: Hammadde, enerji tüketimi, atık ve emisyon oluşum aşamalarındaki verilerin toplanmasını ve elenmesini içerir. Nicel veriler karşılaştırılabilirlik açısından daha çok önem arz eder. (Jensen ve ark., 1997).

Sistem Sınırlarının İncelenmesi: Verilerin toplanması sonrasında sistem sınırları ve hassasiyet analizlerine göre malzeme akışları, alt sistemleri devre dışı bırakma ya da yeni işlemleri, basamakları sisteme dahil etme kararları verilir (EEA, 1997).

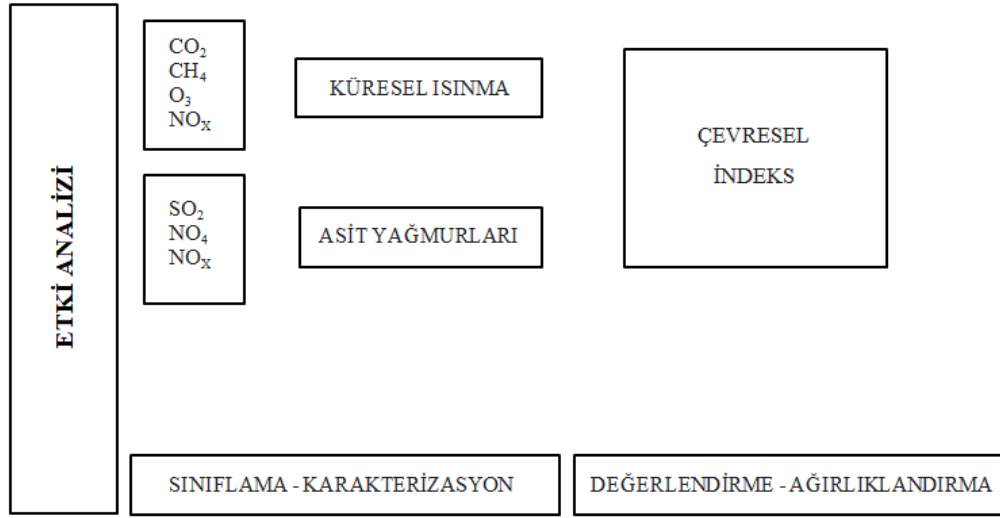
Hesaplama Prosedürü: Yaşam döngüsü analizinde hesaplama yazılım programı kullanılacağı gibi verilere bağlı olarak yazılım kullanmadan da hesaplama yapılabilmektedir (Jensen ve ark., 1997).

Verinin Geçerliliği: Veri toplama kapsamında her aşamada sürekli ve tekrarlı olarak veri doğrulaması yapılması verilerin kalitesini geliştirmek ve verinin geçerliliği için gereklidir. Verilerin kütle denge veya enerji denkliği yöntemleriyle doğrulaması yapılmaktadır (Jensen ve ark., 1997).

Paylaştırma: Çok miktarda verilerin yer aldığı bir sisteme yaşam döngüsü analizi uygulanırken tüm girdi, çıktı ve etkileri değerlendirmek zorlayıcı olmaktadır. Bu sorun, sistem sınırları dahilindeki tüm girdi ve çıktıları kapsayacak şekilde içine alarak ve ekolojik etkileri sisteme dağıtarak çözümlenebilmektedir (Çokaygil, 2005).

### **2.3.2.3 Yaşam döngüsü etki analizi/değerlendirmesi**

Bu aşama çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda envanter analizi ile elde edilen verileri baz alarak ekolojik ve insan sağlığına etkilerin belirlenmesi, nitel ve nicel olarak sınıflandırılması, elde edilen bütün bu bulgularla yapılan çalışmanın değerlendirilmesini kapsamaktadır. İnsan sağlığı, çevresel etkileri ve doğal kaynak kullanımını ele alan etki değerlendirmesi esneklik ve pratiklik sağlamalı ayrıca şeffaf olmalıdır (EEA, 1997). Yaşam döngüsü etki analizinde çeşitli çevresel etki kategorileri bulunmaktadır. Çalışmanın amacına uygun doğrultuda etki kategori seçenekleri değerlendirilmelidir (Çokaygil, 2005). Aşağıda Şekil 2.5.'te yaşam döngüsü analizi etki değerlendirme adımının içeriği sistematik olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.5. YDA Etki Değerlendirme/Analizi (Taygun 2005)

Yaşam döngüsü analizi etki değerlendirme aşağıdaki bileşenlerden oluşur;

- Kategori tanımı
- Sınıflandırma
- Karakterizasyon
- Normalizasyon / ağırlıklandırma

Kategori Tanımı: Etki değerlendirmesinin ilk adımı olan kategori tanımı; çalışmasının amacı ve kapsamı doğrultusunda çevresel kategorilerin seçimi ve tanımlanmasını kapsar. Ele alınan proses veya ürün sistemine göre değişkenlik göstermektedir. Bu kategoriler; kaynaklar (abiyotik, biyotik), küresel ısınma , arazi kullanımı, fotokimyasal oksidasyon, ozon tabakasına etkiler, çevre üzerinde toksikolojik etkiler, insanlar üzerindeki toksikolojik etkiler, asidifikasyon ve ötrofikasyon olarak çeşitlidir (EEA 1997). Etki analizi etki kategorileri;

1) Küresel Isınma Potansiyeli: Küresel ısınma, giderek artan fosil kaynak tüketimi ve endüstriyel faaliyetler sonucu atmosfere yayılan gazların sebep olduğu sera etkisi ile kara, deniz ve havada ölçülen ortalama sıcaklık seviyesinin yükselmesi olarak tanımlanmaktadır. Karbondioksit içeriği (CO<sub>2</sub>), azot oksit (NO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), kloroflorokarbonlar (CFC) gibi kirlenici gazların iklim değişikliğine olan etkisi küresel ısınma potansiyeli (GWP) olarak tanımlanmaktadır. Atmosferdeki sıcaklığın



normalin üzerinde bir seviyeye yükselmesi buzulların erimesi ve denize seviyesinin yükselmesi ile iklim değişikliğine neden olmaktadır (Çapa, 2019).

2) Ozon Tabakasının İncelme Potansiyeli: Küresel ölçekte etkisi olan ozon tabakası incelmeye, CFCs, HCFCs, Halonlar, CH<sub>3</sub>Br sebep olmaktadır (Yunus, 2015).

3) Asidifikasyon Etkisi: Fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan gazların ekosisteme (hava, su ve toprak) salınımı ile asidifikasyon etkisi oluşmaktadır. Hidrojen iyonlarının (H<sup>+</sup>) artması sonucu asitleşme meydana gelmektedir. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl ve NH<sub>3</sub> kirleticileri asidifikasyona neden olmaktadır (Yunus, 2015).

4) Ötrofikasyon Etkileri: Göl veya geniş su ekosisteminde farklı nedenlere bağlı olarak besin maddelerinin birikmesi sonucu plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasına ötrofikasyon denir. Fosfor ve azot kirleticileri su ortamında oksijen oranını düşürerek ötrofikasyona neden olmaktadır (Baumann ve ark., 2004).

5) Toksikite Potansiyeli: Toksikite kategorisi eko-toksikite kapsamında kara ekosistemine toksik etki ve su ekosistemine toksik etki olarak ayrılır, ayrıca insan sağlığı toksik etkisi de bulunmaktadır. Organik çözücüler, pestisitler ve ağır metaller toksik etkiye sahip birçok kirletici çeşidi bulunmaktadır. Kara ekosistemine olan toksik etkiye, yerel ölçekte kemirgenler için öldürücü konsantrasyonu rapor edilmiş toksik kimyasallar sebep olmaktadır. Su ekosistemine olan toksik etkiye, yerel ölçekte balıklar için öldürücü konsantrasyonu rapor edilmiş toksik kimyasallar sebep olmaktadır. (Özdemir, 2013).

6) Doğal Kaynakların Tükenmesi: Küresel, bölgesel, yerel ölçekte birçok etkisi olan doğal kaynak tüketimi gelecek nesiller için sorun oluşturmaktadır. Abiyotik kaynak tükenme, potansiyel fonksiyonların toplam rezervinin kullanılabilirliğinin azalmasıdır (Yunus, 2015). Doğal kaynaklara verilen zarar gelecek nesilleri etkilemesi sebebiyle kalan kaynakları kullanılması daha fazla çaba ve enerji harcama gerektirecektir. Kaynak kıtlığını önlemek için proseslere uygulanan temiz üretim

çalışmaları ile ihtiyaçları minimum seviyede doğal kaynak, maksimum verim elde edilecek şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Çokaygil, 2005).

7) Fotokimyasal Sis: İkincil kirleticiler olan azot oksitler ve hidrokarbonlar güneş ışığı etkisi ile düşük atmosfer seviyelerinde foto-oksidantlara dönüşmektedirler. Bu foto-oksidant maddeler, solunum sistemi problemleri, bitki örtüsüne zarar verme gibi sağlığı olumsuz etkileyen özelliğe sahiptir. Ozon, hidrojen peroksit ve aldehitler foto oksidantlara örnek olarak verilebilir (Özdemir, 2013).

Sınıflandırma: Sınıflandırma, yaşam döngüsü analizi girdi ve çıktı verileri için potansiyel çevresel etki analizlerine dayanılarak kalitatif olarak kategorilere ayrılmasını ifade etmektedir. CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> iklim değişikliği, SO<sub>2</sub> ve NH<sub>3</sub> asidifikasyon kategorisinde sınıflandırılmaktadır. İnsan sağlığına olası etkiler ise; insan kanserojenleri, solunum sistemini etkileyenler, tahriş ediciler, alerjenler, sinir sistemi ve üreme organları etkileyenler, kalp ve dolaşım sistemi üzerinde etkiye sahip olanlar ve davranışları etkileyenler olarak sınıflama yapılmaktadır (Taygun, 2005).

Karakterizasyon: Karakterizasyon çevresel etkilerin bilimsel analizlerine dayanan, kantitatif olarak ifade edilen basamaktır (Taygun, 2005).

Normalizasyon / Ağırlıklandırma: İsteğe bağlı olarak yapılan normalizasyonda amaç, hangi etkinin çevresel etki üzerinde daha çok paya sahip olduğunu belirlemektir. Ağırlıklandırma/değerlendirme ise normalizasyon ile elde edilen sonuçlara göre etkilerin önem sırası belirlenir ve gruplandırılır (EEA 1997).

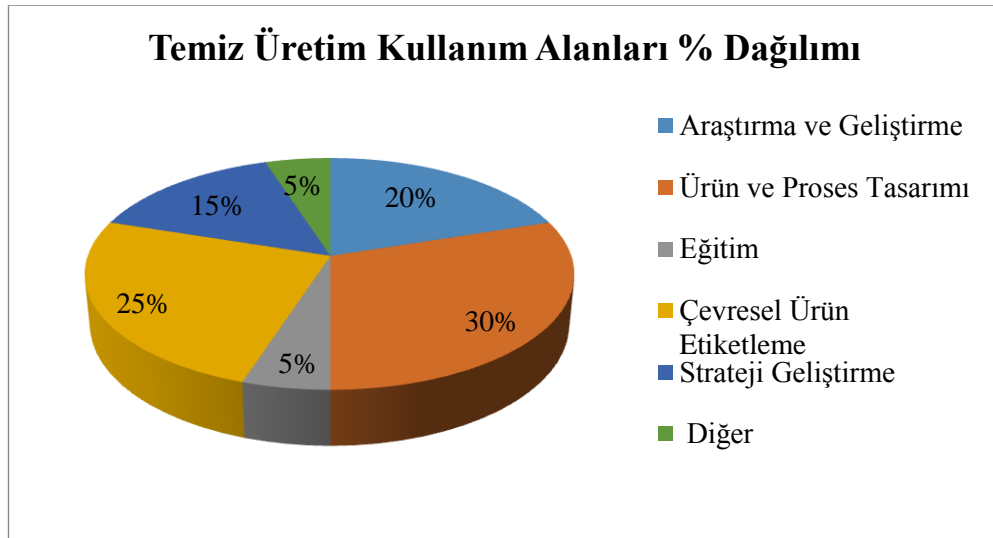
#### **2.3.2.4. Yorumlama**

Yorumlama, envanteri analizi ve etki değerlendirme bölümlerinde elde edilen bulguların analiz edildiği ve önerilerin ifade edildiği sonuç bölümüdür. Bu bölüm amaç ve kapsam doğrultusunda çevreye olan etkilerin azaltılması, performans

verimliliğinin artışı ve proses iyileştirilmesi için gerekli çalışmaları, uygulanmaları ve kararları kapsar.

### 2.3.3. Temiz üretim kullanıcı grupları ve uygulama alanları

Temiz üretim çalışmaları kullanıcı gruplarında etkin olarak fayda sağlamaktadır. Ambalajlar, yiyecekler, otomotiv parça endüstrisi, metal işleme, kozmetik gibi birçok endüstriyel sektör, yapılar, atık yönetimi, ulaşım ve yakıtlar olmak üzere çok farklı sektörlerde uygulanabilir. Ayrıca ürün geliştirme ve proses iyileştirme, stratejik karar verme süreçleri, eko-etiketleme - tasarlama, ürün karşılaştırma, pazarlama ve kamusal faaliyetler gibi birçok uygulama için kullanılabilir. Son dönemlerde kullanımı artış göstermekte ve planlama, projelendirme aracı olarak da kullanılır hale gelmektedir (James, 2003). Şekil 2.6.'da temiz üretim kullanımının alanlara yüzdelerle dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Temiz Üretim Kullanım Alanları Yüzdelerle Dağılımı (Taygun, 2005)

Farklı sektörler farklı amaçlar için politik kararlar alınmasında, eko-etiketlemede gerekli olan kriterlerde, şirketlerde ürün geliştirme ve şirket kararlarını desteklemede temiz üretim araçlarına başvurulmaktadır. Ürünlerin geliştirilmesi ile çevresel etkilerini azaltması açısından yapılan yaşam döngüsü analizi çalışmaları kurumların ve çalışanların vizyonunu ve çevresel bilinçlerini artıran bir yöntemdir. Temiz üretim

uygulamaları ile ilgilenen çeşitli kullanıcılar; özel şirketler, ticari gruplar, kamu kurumları, çevreci organizasyonlar ve tüketici kuruluşları gibi diğer kamu dışı kuruluşlarıdır. Kuruluşların temiz üretim uygulamaları kullanma nedenleri; çevresel etkileri azaltmak, ekonomik, teknik ve içsel politika düzenlemek, maliyetleri minimum seviyede tutulmasını sağlamak, tasarruf yapmak ve ürünlerle ilgili sorunları ortadan kaldırmaktır. Temiz üretim çalışmalarında kurumların karşılaştıkları sorunlar verilerin toplanması, veri kalitesi, sistem sınırları, sonuçların değerlendirilerek yorumlanmasıdır. Temiz üretim uygulamalarının yararları uzun vadede kendini göstermektedir (Taygun, 2005).

### **2.3.3.1. Özel sektör uygulamaları**

Özel sektörde kullanım alanı çok çeşitlilik gösteren temiz üretim uygulaması; proses sırasında, proses öncesi ve sonrasında çevre sorunları anlamak , tedarik zincirindeki etkileri azaltmak ve sürekli iyileştirmelerde bulunmak için kullanılmaktadır. Temiz üretim uygulama envanterleri, genellikle kimyasal, cam, plastik, metal ürün üreticileri tarafından karşılaştırma yapılması veya atık yönetim planları, geri dönüşüm seçeneklerini değerlendirme konularında tercih edilmektedir. Ara mamül ve yedek parça üreticileri yaşam döngüsü analizi uygulamaları son ürün üreticileri için veri elde edilmekte; son ürün üreticileri için ise önceki ve sonraki proseslerden gelen bilgiler ile ekolojik sisteme en az zarar verren ürünleri tasarlamak, üretmek ve tercih etmek için kullandığı bir yöntemdir (Jensen ve ark., 1997).

1) Ürün Geliştirme: Üretim aşamasında çevreye olan etki ,ortaya çıkan atıklar prosesin olumsuz bir etkisi olarak değerlendirilmektedir. Bu durum ürün geliştirmesi, proses Planlama aşamasında verimli bir temiz üretim çalışması ile olumsuz sonuçlar en aza indirilebilir hatta ortadan kaldırılabilmektedir. Malzeme seçimi, üretim teknikleri, ürün kullanımı, geri kazanım ve yeniden kullanım için tasarımı, ürün ve bileşenlerinin ömrünün uzatılması, ürün ömrünün bittiği zamana yönelik tasarım tamamı konuları ürün geliştiricinin çevre için önemle göz önünde bulundurması gereken başlıklardır (Jensen ve ark., 1997).

2) Pazarlama: Üretici ve tüketici arasındaki iletişimi sağlayan pazarlama, ürün özellikleri ve performansının aktarılması için geleneksel bir uygulamadır. Çevre bilinci ve sürdürülebilirlik konularına yönelim ile, tüketici gruplar tarafından ürün ve hizmetlerin çevresel etkileri daha çok dikkat edilen, önem verilen noktalar haline gelmektedir. Bu konuya hassasiyet ile bir çok firm pazar paylarını artırma stratejisi olarak kullanılmakta çevreci yaklaşımlar ile pazarlama kriterlerinin geliştirilmesine önem vermektedir. (EEA, 1997). Çevre etkileri ön planda tutularak pazarlama türleri aşağıda verilmiştir:

- Eko etiketleme (ISO Tip I-etiketleme): Çevreci etiket (ekoetiket), çevreyle dost ürünlerde belirtilen onay damgası pazarlama yönünden teşvik edici hale gelmektedir. Ekoetiketler objektif bir şekilde tüketiciye bilgi iletmektedir. Ulusal ve uluslararası alanlarda kullanılan ekoetiketlemenin amacı, tüketici tarafından açıkça görülecek şekilde çevresel etkisi daha az olan ürünlerin üretimini diğer ürünlerden ayrılmasını sağlamaktır. Çevresel etiketleme uygulamaları ile hükümetler ve sivil toplum kurum yetkilileri tüketici kararları üzerinde etkili olmaktadır. Eko etiketin hedefleri; çevrenin korunması, çevreye duyarlı yeniliklerin desteklenmesi ve çevre konularında tüketici bilincinin artırılmasıdır. Eko etiket uygulamasında çevresel performans ölçütlerine uyum sağlayan ürünlerde ‘çiçek’ logosu bulunmaktadır. Çevre etiketi güvenilir, anlaşılır, seçici, çoklu ölçüt yaklaşımı özelliklerine sahiptir (Schmidt ve ark., 2002).
- Çevresel bilgi (ISO Tip II-etiketleme): ISO tarafından, bir ürünün çevresel etkilerini açıklayıcı kısa bilgi, sembol veya grafik şeklinde ürünün üzerinde belirten not olarak nitelendirilmektedir. Ambalaj üzerindeki etiketleri, ürün broşürü, teknik notlar, reklam ve kullanım kılavuzu uygulamaları olarak da kullanılmaktadır (EEA, 1997).
- Çevresel mesajları (ISO Tip III-etiketleme): Tüketicilerin karar verme sürecinde bir ürünün yaşam döngüsü analizi ile elde edilen değerlendirmeleri aktarmak için verilen mesajlar eko-pazarlamada kullanılmaktadır. Çevre

etiketlerden farklı olarak mesajları, diğer ürünlerle karşılaştırma yapılmaksızın tarafsız olmasıdır (Schmidt ve ark., 2002).

- Pazarlama organizasyonu: ISO 14001'e yönetim sistemi kullanan firma sayısının artması ile, pazarlama girişimleri firmanın çevresel yeteneklerine bağlı olarak artırmaktadır. Sertifikasyon için kuruluşlar gerekli politikaların uygulanmasını sağlamakta böylece temiz üretim araçlarının uygulanması teşvik edici hale gelmektedir (Jensen ve ark., 1997).

3) Stratejik Planlama: Çevresel etki bakış açısı ve stratejik iş planların birlikte çalışılmasıyla, firmaların sektör içerisinde bir adım önde olması sağlamaktadır. Firmalar stratejik plana çevresel bakış açısını dahil etmeleri ile; tüketici ihtiyaçları, yasalara uyum, çevresel gelişim için ihtiyaçlar, tedarikçilerin güvenliği, ürün ve pazar seçenekleri gibi birçok konudaki gereksinimleri karşılar hale gelmektedir. Temiz üretim araçları karar verici grupların, ürünler ve hizmetleri çevresel açıdan olumlu ve olumsuzlukları görmelerine, değerlendirmelerine yardımcı olmaktadır (Çokaygil, 2005).

4) Proses seçimi ve modifikasyonu: Prosesler boyunca uygun olan alternatifler arasından, en verimli kirlilik önleme ve atık azaltma performansı olan prosesi belirlemek için temiz üretim araçları uygulanmaktadır. Hammadde depolamadaki farklılıklar, üretimdeki çeşitli enerji ihtiyaçları, üretim, yan ürünler ve atık oluşumu aşamalarında ihtiyaca göre modifikasyon yapılabilir ve yeni teknikler uygulanabilir (Çokaygil, 2005).

### **2.3.3.2. Kamusal uygulamalar**

Temiz üretim yaklaşımı daha sürdürülebilir bir gelecek için kamu alanında da tercih edilen bir analiz yöntemidir. Uygulanacak eylemlerde karşılaştırma yapmak ve çevresel standartları ne derecede sağladığını belirlemek için endüstriler gibi devletler ve çevresel gruplar temiz üretim araçlarını tercih etmektedirler. Temiz üretim uygulamalarında elde edilen sonuçlar ile devlet politikaları uygulanmakta

yasal düzenlemeler ve sürdürülebilirlik çalışmaları yapmaktadır (Jensen ve ark., 1997).

#### **2.3.4. Uygulama örnekleri**

Otomobilin alt yapısında zemin panelleri olarak kullanılan alüminyum alaşımlı yüzeylere sahip sandviçler için çekirdek malzeme olarak en uygun köpük seçimine dair yaptıkları çalışmada insan sağlığına, ekosistem kalitesine ve kaynaklara verilen zararı dikkate alınarak malzemeler karşılaştırılmıştır. Tamamen Al-alaşım ve Al-köpük sandviç yapılar, geri dönüştürülebilirlik açısından en uygun yapılar gibi görünmektedir ancak diğer yapılara göre üretimin çevresel etkisi (malzeme üretimi için gerekli enerji) ve kullanım aşaması nedeniyle (yakıt tüketimi) daha çok olması sebebiyle kullanım ömrü boyunca daha yüksek bir eko-gösterge değerine neden olduğu belirlenmiştir (Ermolaeva ve ark., 2004).

Farklı bir çalışmada, temiz üretim uygulamalarının temelini kavranması ve çevresel etkileri değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Temiz üretim uygulaması ile farklı atıksu arıtma teknolojilerinin çevresel etkileri ve maliyetlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Arıtma tesislerinin girdileri (kimyasal madde sarfıyatı, kullanılan elektrik miktarı vb.) ve çıktıları (su, hava, toprağa etkileri, oluşan çamur miktarı vb.) verileri ile envanter değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda bir atık su arıtma tesisi kurmanın önemi ortaya çıkmıştır (Ün, 2009).

#### **2.4. Metal işleme - Şekillendirme Sektörü**

Günümüzde demir çelik ürünleri dayanıklı tüketim ve yatırım ürünleri sanayisi açısından önemli yere sahiptir. Metal sanayi sektörü yıllar itibariyle Türkiye’de büyük bir ilerleme ve gelişim göstermiştir. Türkiye için stratejik öneme sahip kuruluşların ilk üçünün de metal sanayide olması önemini açıkça ortaya koymaktadır. Bir ülkede demir çelik mamül üretim ve tüketim düzeyi, o ülkenin gelişmişliğinin önemli göstergelerinden olarak kabul görmektedir. Üstün mekanik özellikleri nedeniyle endüstride geniş uygulama alanı bulan metaller en önemli yapı

ve makine malzemesi olarak kullanılmaktadır. Tüm sektörlerin lokomotif konumunda olan metal sanayi ürün çeşidi ve üretim prosesleri alternatifleri oldukça fazla olması sebebiyle tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Üretim süreçlerinde, pazarlama – satış organizasyonlarında, istihdama olan katkısında, kar marjının yüksek seviyede olması sebebiyle metal işleme sektörü sürekli gelişme gösteren bir sektör konumundadır (Kılınç Gökçe, 2016).

Otomotiv sanayinin temel taşı olan metal, motorlu araçların imal edildiği ana sanayi ile ana sanayiye destek olan orijinal ya da yedek parça ve muadil ürün üreten yan endüstri kuruluşlarının tümünde kullanılmaktadır. Ekonomide yüksek verim sağlaması ve birçok sektörler olan yakın etkileşimi sebebiyle otomotiv sanayisi, ülke ekonomisi ve teknolojik gelişime katkı sağlamaktadır (Katip ve ark., 2014).



## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma ile otomotiv yan ürün sanayinde üretim yapan bir endüstriyel tesisin iki farklı yıkama ünitesi temiz üretim kapsamında enerji ve su verileri ele alınarak optimum şartları sağlayan ünitenin değerlendirilmesi süreçlerini kapsamaktadır.

### 3.1. Endüstri Tesisi Genel Bilgileri

Tez çalışması kapsamında değerlendirilen temiz üretim konusunda çalışma yürütülen tesis 4426 m<sup>2</sup>'si kapalı olmak üzere, toplam 9937 m<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip bir alanda faaliyet göstermektedir. Tesisin kapalı saha alanı Resim 3.1.'de görülmektedir. Tesiste otomotiv sektörünün artan iş hacmine bağlı olarak üretim için gerekli olan çeşitli otomotiv parçalarının üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda müşteri siparişlerine bağlı olarak otomotiv sektöründe kullanılmak üzere çeşitli çap ve kalınlıkta çelik ve alüminyum boru üretimi yapılmaktadır. Tesisin yerleşim planı Şekil 3.1.'de verilmektedir.



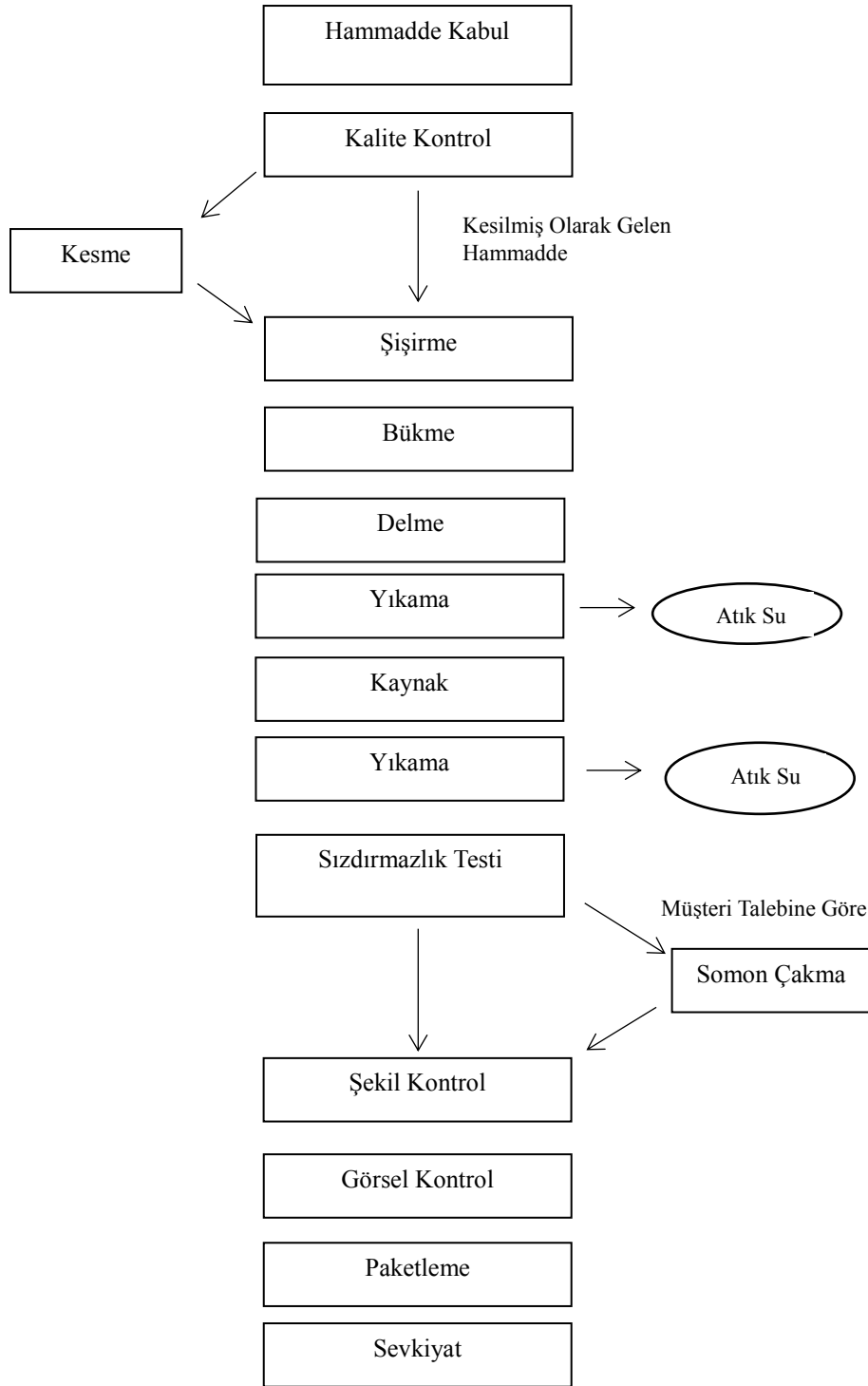
Resim 3.1. Tesis Kapalı Alanı





Resim 3.2. Üretilen Alüminyum Boru Örneği

Kaynak işlemlerinden sonra sızdırmazlık test cihazında kontrolü yapılarak, sızdırmazlık testinden geçen borulara görsel kontroller yapılır. Görsel kontrolü tamamlanan borular paketlenme işlemi yapılarak sevk edilir. Resim 3.2.'de tesiste üretimi tamamlanan alüminyum boru örneği görölmektedir. Müşteri talebine göre farklı boyutlarda boru imalatı yapılmaktadır. Şekil 3.2.'de alüminyum boru imalatı iş akım şeması bulunmaktadır.

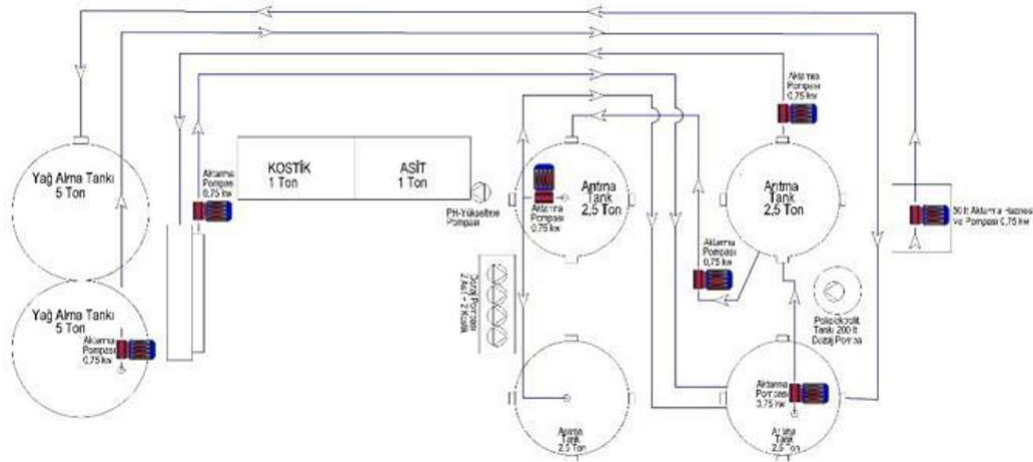


Şekil 3.2. Boru İmalatı Akım Şeması

### 3.1.2. Tesise Ait Diğer Bilgiler

#### 3.1.2.1. Arıtma tesisi

Tesiste üretilen ürünlerin kaynak öncesinde yüzey temizleme sırasında oluşan atık sular için otomasyon ile kontrolü sağlanan 2,5 ton/gün atık su arıtma kapasiteli paket arıtma tesisi bulunmaktadır. Atık su arıtma tesisinden temin edilen su sistemde devir daimli olarak kullanılmaktadır. Atık suyun düşük pH dışında kimyasal ya da kimyasal atık mineral değerleri olmaması sebebiyle, ön pH dengeleme ile atık suyun yüzey gerilimi yükseltilerek yağın ayrıştırılması sağlamaktadır. Daha sonra flokleştirici ürünler eklenerek atıksu dinlendirilmekte ve üstten temiz su dönüşüm tanklarına alınarak dipte biriken çamur preslenmekte ve üretimde oluşan atıksuyun bu şekilde dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.3.'te arıtma tesisi akış şeması belirtilmektedir.



Şekil 3.3. Arıtma Tesisi Akış Şeması

Yıkama ünitesinden çıkan atıksu kendi cazibesıyla 100 litrelik kaba aktarılır, burada seviye kontrollü pompa ile birinci tanka aktarılır ve bu aktarımda "pH 5,5-7,5 aralığına getirilir. Bu işlemin amacı düşük pH'lı sudan yağ almak ileri teknoloji gerektiren maliyetli bir süreç olduğundan dolayı pH 5,5-7,5 değerine ulaştırılarak dinlendirme ile atıksudan yağ alınır. Birinci tankın altında tortu üzerinde yağ birikmesi nedeniyle ayrıştırılmış atık su tankın yan orta kısmında bulunan bir

tesisatla ikinci tanka doğal akıyla verilir. Tanklarda bulunan seviye ölçüm cihazları ile otomatik dolun, boşaltım ve ihtiyaç halinde gerekli ürünler sisteme sağlanır.

İkinci tankta bulunan atık suya çöktürücü kimyasal eklenerek karışımı sağlanır ve su bekletilerek arıtılır ve tankın yan orta kısmında bulunan temiz su çıkışı seviye kontrollü pompa ile temiz su üçüncü ve dördüncü tanklara (geri kazanım) aktarılır. Bu tanklarda pH değeri ölçülür ve proseslerde kullanıma uygun değerde ise kullanıma sunulur. İkinci tankta bulunan çamur pompası seviye kontrolü ile çalışır ve temiz suyun aktarımı ile kalan tortulu su presten geçirilir ve presten çıkan atık su birinci tanka aktarılır. Oluşan atık çamur lisanslı firmalara gönderilerek bertarafı sağlanmaktadır.

## **3.2. Yıkama Ünitesi Temiz Üretim Çalışmaları**

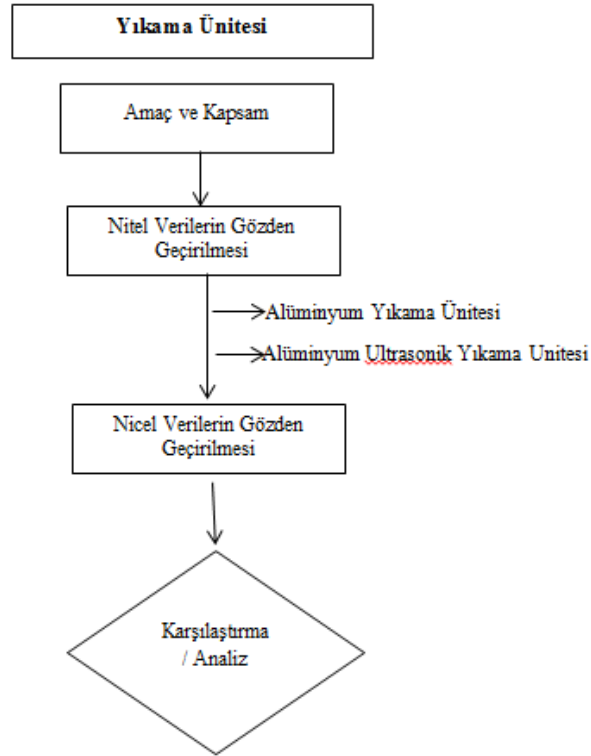
### **3.2.1. Yıkama ünitesi incelenmesi**

Tesiste üretilen parçalardaki kir, karbon, yağ, gres, metal talaşları, kesme sıvıları, kalıp ayırıcılar, mürekkep, boya ve korozyon gibi kirleri veya kalıntıları temizlemek için kullanılan yıkama üniteleri bulunmaktadır. Genel olarak yıkama prosesinin mantığının ilk adımı parçaları sistem sepetine veya sistem kazanına yerleştirilmektir. Daha sonra içine daldırıldığı veya püskürtüldüğü solventler, buharlar, sıcak su, asitler, deterjanlar vb. kirleticileri parçalayarak malzemelerden uzaklaştırır. Bu işlem esnasında, fırçalar ve yıkayıcılar inatçı kirleticilerin çıkarılmasına yardımcı olabilmektedir. Filtrasyon sistemi ile yıkama işleminden kaynaklanan tüm kalıntıların ve atıkların toplanmasını sağlanmaktadır. Hayatın her alanında olan temizlik için endüstri de çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Üreticiler arasında oluşan yüksek kalite rekabeti ile yüzey temizleme makinaları ve ünitelerinin çeşitleri artmıştır. Bu yöntemlere örnek olarak; sprey temizleme, yüksek basınçlı sprey ile temizleme, kimyasal bazlı temizleme ve ultrasonic temizleme yapılmaktadır. Bu anlamda yöntem seçiminde malzemeye zarar vermemesi, en kısa sürede işlemin tamamlanması ve çevresel etkisi en az olan yöntem tercih edilmesi gerekmektedir. Bu temizleme, yıkama yöntemleri ile otomotiv sektöründe kullanılan Alüminyum

boru şekillendirme işlemleri sırasında oluşan yağ ve metal tozu gibi kirliliklerin yüzeyden uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Üretilen alüminyum - çelik ürünlerin yıkama prosesleri yüzey pürüzlülüğünü en aza indirme, yağ ve çapak kalıntılarını giderme ve ayrıca hoş bir görünüm elde etmek amacıyla yapılmaktadır.

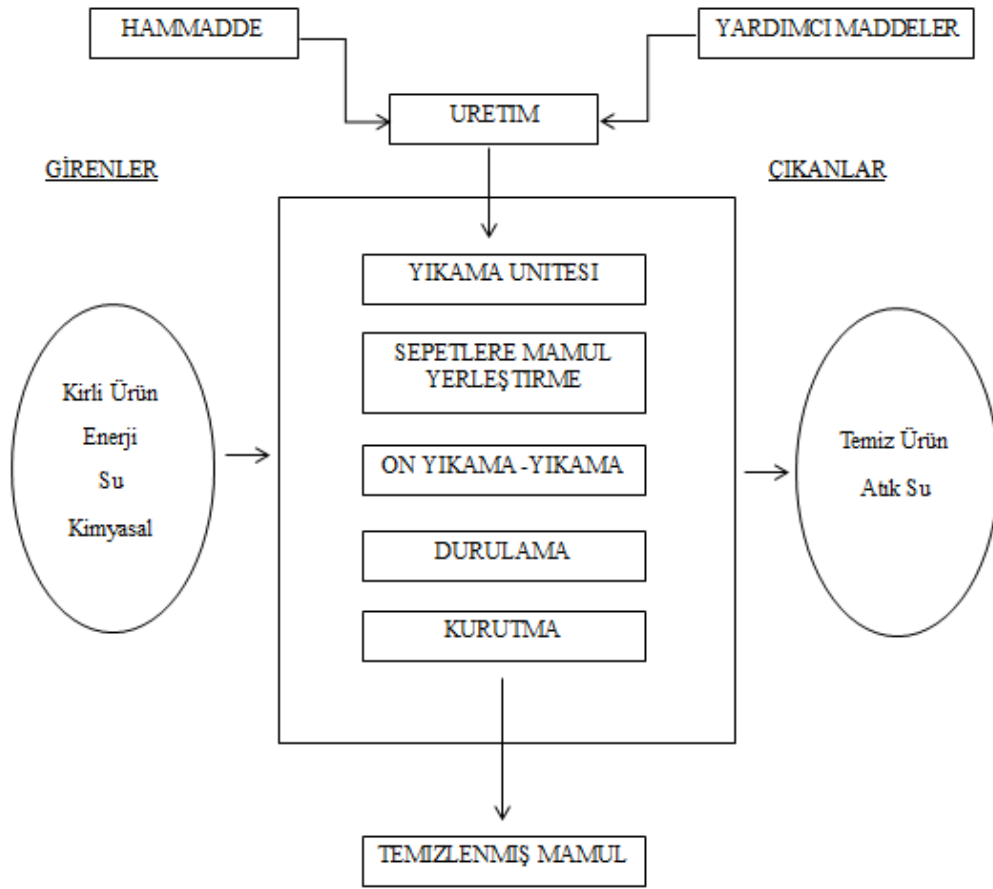
### 3.2.2. Temiz üretim çalışmasının amaç ve kapsamı

Bu çalışma da otomotiv endüstrisi yan ürün sanayinde çeşitli çap ve kalınlıkta alüminyum parça malzeme üreten bir tesisin yıkama ünitesi sürdürülebilir bir dünya için karar destek aracı olan temiz üretim yaklaşımı kapsamında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle tesis yetkilileri ile iletişime geçilerek tesisin üretim bilgileri, kullanılan makine ve ekipman güçleri, kullanılan su, enerji, kimyasal bilgileri temin edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında iki farklı yıkama ünitesinin temiz üretim modeli kapsamında enerji ve su tüketimi verilerini karşılaştırılmıştır. Şekil 3.4.'te tesiste yer alan yıkama ünitesinin temiz üretim yaklaşımı ile değerlendirmesine ait akım şeması verilmiştir.



Şekil 3.4. Yıkama Ünitesi Değerlendirilmesi

Otomotiv endüstrisi yan ürün sanayinde çeşitli çap ve kalınlıkta üretilen alüminyum boru üretim tesisi yıkama ünitesinin girdileri ve çıktıları Şekil 3.5.'te verilmiştir. Yıkama ünitesine girenler çeşitli çap ve kalınlıkta üretilen alüminyum boru mamülü, makine ekipman çalışması sırasında kullanılan enerji, yıkama verimi için kullanılan kimyasal madde ve sudur. Sistemden çıkanlar ise temizlenmiş mamül ve kullanım sonucu kirlenen atıksu olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Yıkama Ünitesi Girdi ve Çıktılar

Çalışma kapsamında değerlendirilen çeşitli çap ve kalınlıkta üretilen alüminyum boru üretimi için kullanılan makine ekipman enerji verileri, kullanılan su ve kimyasal verileri üretici firmadan temin edilmiştir.



### 3.2.3. Alüminyum yıkama ünitesi

Yüksek basınçlı sprey ile yağ ve kopabilen kalıntıları (yağ, talaş, çapak) almaya yönelik kullanılan yıkama ünitesidir. Resim 3.3.'te alüminyum yıkama ünitesinin fotoğrafı bulunmaktadır.



Resim 3.3. Alüminyum Yıkama Ünitesi

Bu ünite malzemenin her yerinin verimli yıkanması amacıyla belirli açılarda yerleştirilen paslanmaz çelik nozullardan yüksek debili su püskürtülerek malzeme üzerindeki kirlilerden arındırılması sağlamaktadır. Burada yıkamada 300-1000 bar kullanılarak parça malzemelerin zor bölgelerindeki kirliliklerin giderilmesinde verimli ve etkin temizlik sağlanmaktadır. Yıkacak parçanın malzeme ve kirlilik miktarına bağlı olarak uygun yıkama süresi, yıkama ısı ve yıkama da kullanılan kimyasallar değişiklik gösterebilmektedir. Yıkama ünitesi içerisine alınan parça malzemeler sırasıyla püskürtme yıkama, basınçlı yıkama ve kurutma işlemlerine tabi tutulmaktadır. İşletme maliyetleri açısından verimli olan bu yöntem zamandan da tasarruf sağlamaktadır. Bu yıkama ünitesinde ayrıca otomatik su besleme, ısı kontrol özellikleri bulunmaktadır. Bu ünite otomotiv endüstrisi, metal sanayi, havacılık endüstrisi, gıda sanayi vb. birçok sektörde malzeme temizlemede tercih edilmektedir (Anonim, 2022). Alüminyum yıkama ünitesi kapasite bilgileri Tablo 3.1.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Alüminyum Yıkama Ünitesi Proses Özellikleri

Alüminyum Yıkama Ünitesi		Taşırmalı Vortex Asit Tankı	Taşırmalı Vortex Durulama Tankı	Kurutma Tankı
Genel Özellikler	Birim	1 - 2. Tank Özellikleri	3 - 4. Tank Özellikleri	5. Tank Özellikleri
Kazan Boyutları (en*boy*yükseklik)	mm	900*660*1600	900*660*1600	900*660*1600
Kullanılabilir Boyutlar (en*boy*yükseklik)	mm	800*500*1400	800*500*1400	800*500*1400
Kazan Hacmi		950	950	950
Kazan Sacları		PP TANK	PP TANK	ALSI 304 2mm
Kazan Sıvı Tahliye		1 1/2 " Küresel Vana	1 1/2 " Küresel Vana	1 1/2 " Küresel Vana
Taşma Tahliye		1 1/2 "	1 1/2 "	-
Su Dolum		1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	-
Sıvı Seviye Sensörü		Float Switch	Float Switch	-
İzolasyon		Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board
Isıtıcı Gücü	Watt	9000	9000	-
Vortex Sistemi		Mevcut	Mevcut	-
Taşıma sistemi		Opsiyonel	Opsiyonel	-
Taşıma Pompası		Plastik Gövdeli Manyetik Pompa	Plastik Gövdeli Manyetik Pompa	-
Yağ Ayrıştırma Sistemi		Coalescence Tank - Opsinel	Coalescence Tank - Opsinel	-
Katı Partikül Filtre Sistemi		Opsiyonel	Opsiyonel	-
Kurutma Fanı		-	-	Mevcut
Kurutma Isıtıcı Gücü	Watt	-	-	6000

### 3.2.4. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi

Ultrasonik yıkama, yüksek frekanslı ses dalgalarının sıvı dolu bir tankın içerisine uygulanması ve tank içerisindeki endüstriyel malzemenin kirlerinden arındırılması ile yapılan temizleme yöntemidir. Temizleme işlemi genellikle su içinde yapılmaktadır. Temizlenecek malzemenin niteliğine ve kirlilik derecesine bağlı olarak çeşitli kimyasal maddeler suya ilave edilerek temizliğin etkinliği artırılmaktadır. Ultrasonik dalgalar sıvı ortamda kavitasyon patlamaları yapar, bu patlamayla oluşan etki eşit olarak dağılmaktadır. Serbest kalan enerji malzemenin her noktasına kör deliklere, çatlaklara ulaşmaktadır. Suyun ses dalgaları ile belirli bir hızla gidip gelmesi olayı olarak bilinen ultrasonik yıkamanın diğer adı ise mikroskobik fırçalama olarak tanımlanmaktadır. Ses dalgalarının oluşturduğu titreşim ile sıvıda çok hızlı basınç değişimleri meydana gelmektedir. Basınç değişimi sırasında oluşan gaz kabarcıklarının sudaki hareketlenmesiyle kavitasyon etkisi oluşmaktadır. Bu üniteye yüksek frekanslı ses dalgaları saniyede yaklaşık 30.000 - 40.000 hava kabarcıkları üretmektedir (Dereli Güler, 2020). Ultrasonik yıkama girintili çıkıntılı erişimi zor yüzeylere ulaşması ve parça kirliliğine göre değişkenlik göstermesine rağmen hızlı bir yöntemdir. Zaman ve iş gücü tasarrufu sağlamanın yanında otomotiv, sağlık, armatür, optik vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi fotoğrafı Resim 3.4.'te verilmiştir.



Resim 3.4. Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi

### Alüminyum Ultrasonik Yıkama Prosesleri;

- Ön Yıkama: Ultrasonik yıkama öncesinde parça yüzeyinde bulunan kaba kiri alarak toplam yıkama süresini kısaltmaktadır ayrıca ultrasonik yıkama tankının ömrünü uzatmaktadır.
- Ultrasonik Yıkama: Ultrasonik yıkamada su içerisinde yayılan ses dalgaları malzeme yüzeyinde kavitasyona sebep olarak yüzeydeki kir, yağ ve kalıntıları temizlenmesini sağlar. Erişimi en zor yüzeylerde bile temizlik sağlamaktadır. Böylece bu basamakta hassas temizlik yapılmış olur. 28 kHz, 40 kHz veya ikisi bir arada olacak şekilde uygulanabilir.
- Durulama: Ultrasonik yıkamada kullanılan yağ ve kir çözücü kimyasallar durulanmadığı takdirde parça yüzeyinde lekeler sebep olmaktadır. Bu lekelerin temizlenmesi için parça yüzeyine sirkülasyon yöntemi ile su verilir. Hassas durulamalarda 40 kHz ultrasonik kullanılır.
- Pasivasyon: İsteğe bağlı olarak malzeme yüzeyine pasivasyon kimyasalı uygulayarak ürünün korozyon mukavemeti kazanması sağlanmaktadır.
- Kurutma: Malzeme yüzeyine rezistans ve fanlar yardımıyla sıcak hava üflenerek malzeme kurutulur. İhtiyaca göre vakum kurutma veya su sıyırıcılar kullanılabilir (Anonim, 2021). Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi tank özellikleri Tablo 3.2.'de belirtilmektedir.

Tablo 3.2. Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi Proses Özellikleri

Ultrasonik Yıkama Ünitesi		Ön Yıkama	Ultrasonik Yıkama	Ön Durulama	Durulama
Genel Özellikler	Birim	1. Tank Özellikleri	2. Tank Özellikleri	3. Tank Özellikleri	4. Tank Özellikleri
Dış Boyutları(en*boy*yükseklik )	mm	650*650*800	650*650*800	650*650*800	650*650*800
Kullanılabilir Boyutlar(en*boy*yükseklik)	mm	600*600*700	600*600*700	600*600*700	600*600*700
Kazan Hacmi	lt	340	340	340	340
Kazan Sacları		AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm
Kazan Sıvı Tahliye		1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana
Taşma Tahliye		1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana
Su Dolum		1" Motorlu Küresel Vana	1" Motorlu Küresel Vana	1" Motorlu Küresel Vana	1" Motorlu Küresel Vana
Sıvı Seviye Sensörü		Float Switch	Float Switch	Float Switch	Float Switch
İzolasyon		Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board
Isıtıcı Gücü		5000 Watt	5000 Watt	5000 Watt	5000 Watt
Ultrasonik Güç		4000 Watt	4000 Watt	-	-
Ultrasonik Dönüştürücü Adedi		64 adet 28 kHz Dönüştürücü	65 adet 28 kHz Dönüştürücü	-	-
Konumlandırılması		Her iki yandan	Her iki yandan	-	-
Ultrasonik Frekans	kHz	28	28	-	-
Filtrasyon Sistemi		Paslanmaz temizlenebilir kartuş	Paslanmaz temizlenebilir kartuş	Paslanmaz temizlenebilir kartuş	Paslanmaz temizlenebilir kartuş
Filtre Gözeneği	um	300	300	300	300
Filtrasyon Pompası	Kw	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316
Yağ Sıyırma Sistemi		Disk Tip	Disk Tip	Disk Tip	Disk Tip
Yağ Sıyırma Pompası		Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316
Kapak		Pnomatik Piston tahrikli otomatik	Pnomatik Piston tahrikli otomatik	Pnomatik Pistpn tahrikli otomatik	Pnomatik Piston tahrikli otomatik

Tablo 3.2. (Devamı)

Ultrasonik Yıkama Ünitesi	Ultrasonik Yıkama		Durulama	Pasivasyon	Vakum Kurutma
Genel Özellikler	Birim	5. Tank Özellikleri	6. Tank Özellikleri	7. Tank Özellikleri	8. Tank Özellikleri
Dış Boyutları(en*boy*yükseklik)	mm	650*650*800	650*650*800	650*650*800	650*650*800
Kullanılabilir Boyutlar(en*boy*yükseklik)	mm	600*600*700	600*600*700	600*600*700	600*600*700
Kazan Hacmi	lt	340	340	340	340
Kazan Sacları		AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm	AISI 316 2,5mm
Kazan Sıvı Tahliye		1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	-
Taşma Tahliye		1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	1" Küresel Vana	-
Su Dolum		1" Motorlu Küresel Vana	1" Motorlu Küresel Vana	1" Motorlu Küresel Vana	-
Sıvı Seviye Sensörü		Float Switch	Float Switch	Float Switch	-
İzolasyon		Seramic Fiber Board	Seramic Fiber Board	-	Seramic Fiber Board
Isıtıcı Gücü		5000 Watt	5000 Watt	-	6000 Watt
Ultrasonik Güç		4000 Watt	-	-	-
Ultrasonik Dönüştürücü Adedi		64 adet 28 kHz Dönüştürücü	-	-	-
Konumlandırılması		Her iki yandan	-	-	-
Ultrasonik Frekans	kHz	28	-	-	-
Filtrasyon Sistemi		Paslanmaz temizlenebilir kartuş	Paslanmaz temizlenebilir kartuş	-	-
Filtre Gözeneği	um	300	300	-	-
Filtrasyon Pompası	Kw	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	-	-
Yağ Sıyırma Sistemi		Disk Tip	Disk Tip	-	-
Yağ Sıyırma Pompası		Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	Ebara/Lobara 0,55 Kw AISI316	-	-
Kapak		Pnomatik Piston tahrikli otomatik	Pnomatik Piston tahrikli otomatik	Pnomatik Piston tahrikli otomatik	Pnomatik Piston tahrikli otomatik

## BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Alüminyum Yıkama Ünitesi Bulguları

Alüminyum yıkama ünitesi 5 tanktan oluşmaktadır. Mamül sepete yerleştirildikten sonra 1 ve 2 tankı kapsayan taşırmlı vortex asit tankında yıkama işlemine tabii tutulur, 3 ve 4 tankta durulama işlemi yapılan malzemeler 5. tankta kurutma işlemine tabii tutulmaktadır. Isıtma, kurutma pompa güçlerine göre enerji sarfiyatı hesaplanmıştır. Tanklarda proses sırasında kullanılan suya göre atıksu hesaplanmıştır.

Tablo 4.1.'de belirtildiği üzere alüminyum yıkama ünitesinde saatte 168 kW enerji sarfiyatı yapıldığı hesaplanmıştır. Söz konusu ünite 800 adet mamül yıkama işlemine tabii tutulurken günde 0,28 m<sup>3</sup> su tüketimi gerçekleşmektedir. 1. tankta ön yıkama ve 2. tankta yapılan yıkama esnasında sistemde bulunan 0,28 m<sup>3</sup> suyun %15 oranında alkali yüzey temizleme kimyasalı eklendiği teknik bilgisine göre kimyasal sarfiyat hesabı yapılmıştır.

Tablo 4.1. Alüminyum Yıkama Ünitesi Sarfiyat Verileri

Alüminyum Yıkama	Birim	1 - 2 Tank	3 4 Tank	5. Tank	Toplam
Enerji(gün)	kWsa	63	63	42	168
Su	m <sup>3</sup> /gün	0,14	0,14	-	0,28
Kimyasal Sarfiyatı	15%	0,042	-	-	0,042
Mamül	adet	-	-	-	800

### 4.2. Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi Bulguları

Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi 8 tanktan oluşmaktadır. İmal edilen malzeme sepete yerleştirilmekte ve sırasıyla 8 tank içerisinde ön yıkama, ultrasonic yıkama, ön durulama, durulama, ultrasonic yıkama, durulama, pasivasyon ve vakum kurutma işlemlerine tabii tutulmaktadır. Bu prosesler de kullanılan ısıtma gücü, ultrasonik

güç, filtrasyon pompası, yağ sıyırma pompası, vakum pompası güç verilerine göre enerji sarfiyat hesabı yapılmıştır. Ünite de günlük 1200 parça malzeme yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Sistemde kullanılan su haftalık olarak değiştirildiği göz önünde bulundurularak günlük toplam 0,15 m<sup>3</sup> atıksu olduğu hesaplanmıştır. Sistemde bulunan 0,15 m<sup>3</sup> suyun %8 oranında alkali yüzey temizleme kimyasal eklendiği teknik bilgisine göre kimyasal sarfiyat hesabı yapılmıştır. Tablo 4.2.'de alüminyum ultrasonik yıkama ünitesine ait enerji, su, kimyasal sarfiyatları bulunmaktadır.

Tablo 4.2. Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi Sarfiyat Verileri

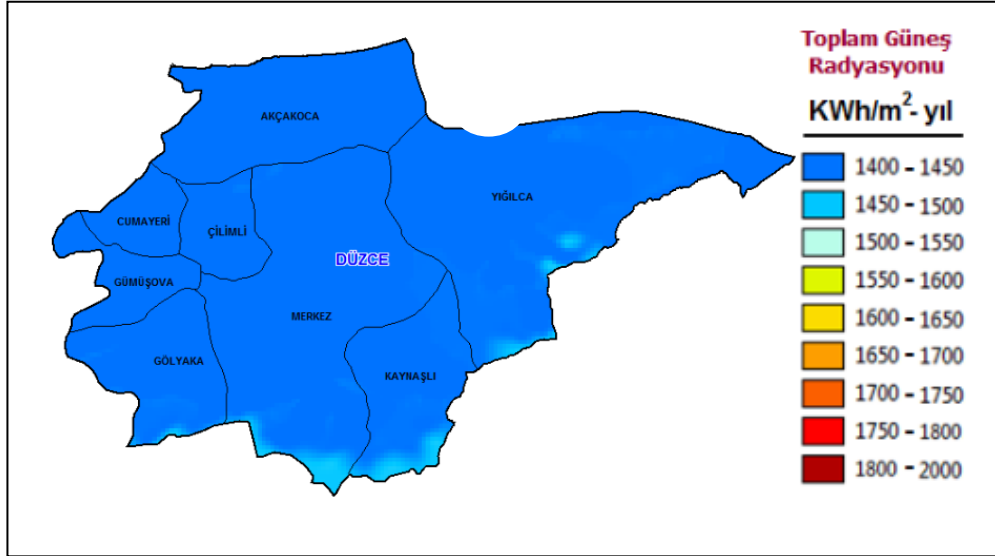
Alüminyum										
Ultrasonik Yıkama	Birim	1.Tank	2.Tank	3.Tank	4.Tank	5.Tank	6.Tank	7.Tank	8.Tank	Toplam
Enerji	kWsa	70,7	70,7	30,7	30,7	70,7	30,7	-	42	346,2
Su	m <sup>3</sup> /gün	0,05	0,05	-	-	0,05	-	-	-	0,15
Kimyasal Sarfiyatı	8%	0,004	0,004	-	-	0,004	-	-	-	0,012
Mamül	adet	-	-	-	-	-	-	-	-	1200

### 4.3. Alüminyum Yıkama ve Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitelerinde Kullanılan Enerjinin Güneş Enerjisi Santrali Açısından Değerlendirilmesi

Bu kısımda alüminyum yıkama ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitelerinde kullanılan enerjinin güneş enerjisi santrali ile karşılanması durumunda en verimli olan ünitenin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Türkiye'de güneş enerji potansiyeli il/ilçe bazlı üretilebilecek enerji miktarlarına göre bölgesel olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasında (GEPA) belirlenmiştir. Yatay yüzeye düşen güneş ışınım miktarını belirten global radyasyon kavramı bölgenin güneşlenme süresine göre analiz edilmektedir (Kayıkcı ve ark., 2019). Şekil 4.1.'de Düzce ili GEPA güneş enerjisi potansiyel haritası verilmiştir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına göre Düzce güneş enerji potansiyeli açısından verimli değerlere sahiptir. Çalışma kapsamında değerlendirilen ve 4800 m<sup>2</sup> tesis çatısına yerleştirilmesi planlanan GES sisteminin malzemelerinin güneş

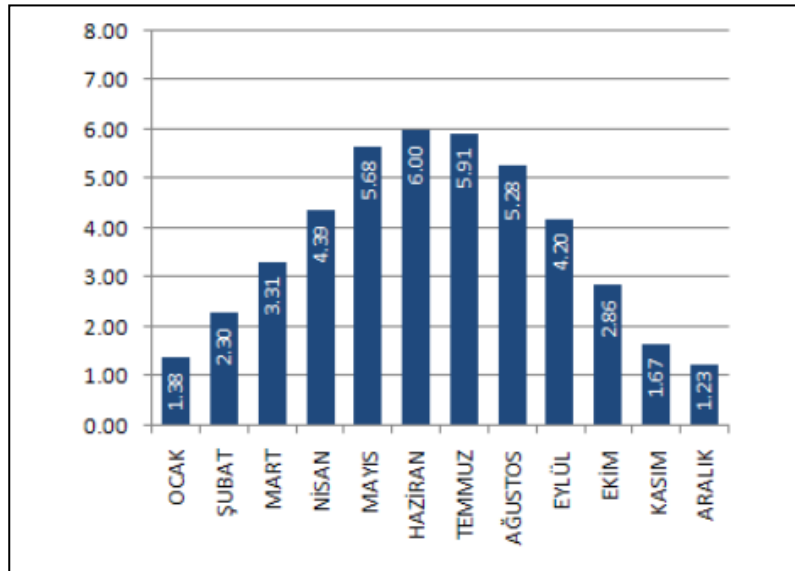


panelleri, şalt otomasyon sistemleri, evirici (inverter) ve kablolardan oluşması planlanmaktadır.



Şekil 4.1. Düzce İli Güneş Enerji Potansiyel Haritası (YEGM, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)

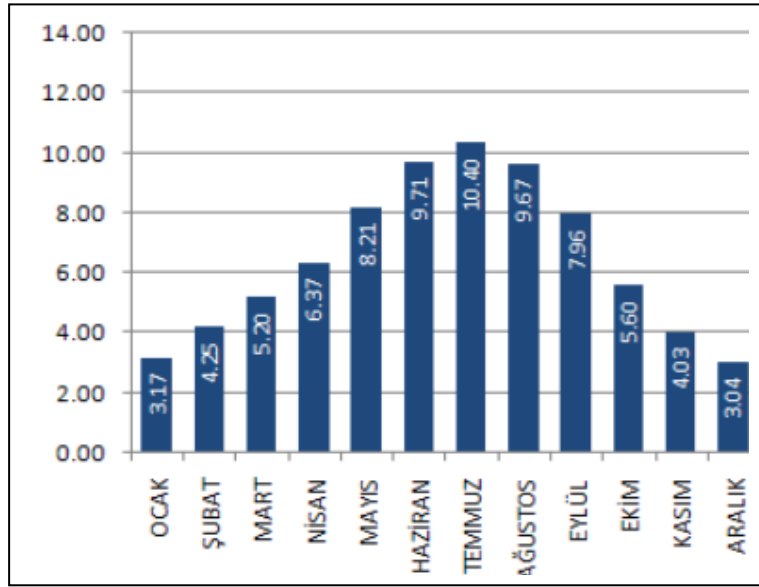
Tablo 4.3. Düzce İli Aylık Global Radyasyon Değerleri(kW/m<sup>2</sup>- gün)



Güneş enerjisinin kullanılabilir potansiyelini belirleyen parametreler ışınım şiddeti ve güneşlenme süresidir. Türkiye'nin günlük ortalama güneş ışınımı değeri 4.18 kWh/m<sup>2</sup>-gün, güneşlenme süresi ise günlük 7.5 saattir. Tablo 4.3.'te Düzce ili aylık global radyasyon değerleri (kW/m<sup>2</sup>- gün) verilmiştir. Bu verilerine göre Düzce'nin

günlük ortalama güneş ışınım (global radyasyon) değeri  $3,70 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$  olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.4.'te Düzce İli Aylık Güneşlenme Süreleri(saat) verilmiştir (YEGM, 2022). Tablo 4.4.'teki veriler değerlendirildiğinde Düzce ili ortalama güneşlenme süresi günlük  $6,5 \text{ sa}$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. Düzce İli Aylık Güneşlenme Süreleri(saat)



İşletmeden alınan bilgilere göre aylık ortalama toplam enerji sarfiyatı  $72585,840 \text{ kW}$ 'tır.  $3,70 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$  olarak hesaplanan Düzce'nin günlük ortalama güneş ışınım (global radyasyon) değerine göre  $4800 \text{ m}^2$  çatı alanına kurulması planlanan güneş panellerinden günde  $17684 \text{ Kw}$  elektrik enerjisi elde edileceği öngörülmektedir. Aylık bazda hesaplanan verilere göre  $530520 \text{ kW}$  elektrik enerjisi elde edilmesi planlanmaktadır. Aylık toplam  $72.585,840 \text{ kW}$  tüketilen enerjinin 1 günde tüketim miktarı  $2.420 \text{ kW}$ 'tır. Tablo 4.5.'te işletmede tüketilen enerji ve GES ile üretilecek elektrik verileri yer almaktadır.

Tablo 4.5. Tesiste Elektrik Durumu

Tesisteki Elektrik Durumu	Aylık	Günlük
İşletmede Tüketilen Enerji	$72585 \text{ kW/sa}$	$2420 \text{ kW/sa}$
GES ile Üretilen Elektrik	$530520 \text{ kW/sa}$	$17684 \text{ kW/sa}$

- Tablo 4.1. Alüminyum yıkama ünitesi sarfiyatlarında hesaplanan günde 168 kWsa enerji işletmenin günlük toplam enerji tüketiminin % 6,9 oranındadır.
- Tablo 4.2. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi sarfiyatlarında hesaplanan günde 346,2 kWsa enerji, işletmenin günlük toplam enerji tüketiminin % 14,3 oranındadır.

Elektrik üretim sürecinde ortaya çıkan karbon salınımı birincil kaynağa göre farklılık göstermektedir. Kömür en fazla sera gazı emisyon salınımına sebep olan birincil kaynak iken güneş ve rüzgar enerjisi en az emisyonu sebep olan birincil kaynaktır. Enerji kaynaklarına göre karbon emisyon değerleri verilerine göre hazırlanan aşağıdaki tabloda enerji kaynaklarına göre birim saatte üretilen kW enerji üretimi sırasında ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyon kg miktarı belirtilmektedir. Tablo 4.6.'da enerji kaynaklarına göre açığa çıkan CO<sub>2</sub> miktarı verilmektedir (Özcan ve ark., 2015).

Tablo 4.6. Enerji Kaynaklarına Göre Açığa Çıkan CO<sub>2</sub> Miktarı

Enerji Kaynakları	kWsa Oluşan Kg CO <sub>2</sub>
Doğalgaz	0,5
Petrol	0,7
Kömür	0,9
Nükleer Enerji	0,06
Hidroelektrik	0,02
Rüzgar	0,01
Güneş	0,023

Alüminyum yıkama ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitelerinde kullanılan elektrik miktarları enerji kaynaklarına göre kwsa enerji üretiminden kaynaklı oluşan kg CO<sub>2</sub> olarak aşağıdaki Tablo 4.7.'de belirtilmektedir.

İşletmeden alınan bilgilere göre aylık elektrik enerji sarfiyatı 72585.840 kWsa'tir. Firmanın aylık enerji ihtiyacını karşılamak için kömür ile elektrik üretimi yapıldığında aylık 65327,26 kg CO<sub>2</sub>ve doğalgaz ile elektrik üretimi yapıldığında aylık 36293 kg CO<sub>2</sub> emisyonu ortaya çıkmaktadır. Firmanın aylık enerji ihtiyacını karşılamak için temiz, sürdürülebilir, yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi tercih edildiğinde aylık 4209,98 kg CO<sub>2</sub> emisyonu açığa çıkmaktadır.

Tablo 4.7. Ünitelerde Kullanılan Elektrik Miktarına Göre Oluşan kg CO<sub>2</sub> Miktarı

Enerji Kaynakları	Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi	
	Alüminyum Yıkama Ünitesin	Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi
Doğalgaz	2520	5193
Petrol	3528	7270
Kömür	4536	9347,4
Nükleer Enerji	302,4	623,16
Hidroelektrik	100,8	207,72
Rüzgar	50,4	103,86
Güneş	151,2	238,89

Çalışmalar güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapıldığında kömüre ile elektrik üretimine göre 15,5 kat; doğalgaz ile elektrik üretimine göre 8,6 kat daha az CO<sub>2</sub> emisyon açığa çıktığı hesaplanmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği çevre problemlerinde etkin rol alan CO<sub>2</sub> emisyonu GES ile elektrik enerjisi üretildiğinde önemli miktarda azaltılmaktadır. Küresel ısınmaya katkısı olan CO<sub>2</sub> miktarının azalması ile iklim değişikliği üzerindeki etki de önemli ölçüde azaltılmaktadır.

#### 4.4. Alüminyum Yıkama ve Alüminyum Ultrasonik Yıkama Üniteleri Atık Su Oluşumu Değerlendirilmesi

Alüminyum yıkama ünitesi ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi atıksularının proses sonucunda oluşan kirlilik parametreleri aşağıda belirtilmektedir. İki prosesten kaynaklı atıksuların yapılan paket arıtma ile çıkış suyundan alınan numunelerin analiz sonuçları Tablo 4.8.'de belirtilmektedir.

Tablo 4.8. Ünitelerden Kaynaklı Atıksuyun Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Analiz Sonuçları

Parametreler	Birim	Alüminyum Yıkama Ünitesi Çıkış Suyu Analiz Sonucu	Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Analiz Sonucu	Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi Çıkış Suyu Analiz Sonucu	Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Analiz Sonucu
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	5730	860	3060	306
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	220	32,96	172	17,2
pH	-	9,5	7,54	8,16	7,14
Renk	Pt-Co	285	66	162	43
Yağ-Gres	mg/L	27,9	19	19	16,1
Fosfor	mg/l	2	0,2	1,33	0,3

#### 4.4.1. Yıkama ünitelerinde oluşan atıksuyun değerlendirilmesi

Alüminyum yıkama ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitelerinde oluşan atıksu durumu Tablo 4.8.'de belirtilen analiz sonuçlarında incelenmiştir. Kir, yağ, partikül maddelerin temizlenmesi sonucu oluşan atıksuların kimyasal oksijen ihtiyacı(KOİ) sonuçları karşılaştırıldığında alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde oluşan atıksuyun KOİ değeri 3060 mg/l olarak analiz edilmiş, alüminyum yıkama ünitesine göre kirlilik oranı az olduğu belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo25: Atıksuların Atıksualtyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları verilerine göre kanalizasyon sistemine deşarj standartları belirlenen atıksuların KOİ değerleri karşılaştırılmıştır.

Alüminyum yıkama ünitesinde oluşan atıksu miktarına Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 25'te bulunan KOİ sınır değerine göre eşitlik kullanılarak atıksu debisinden tasarruf hesaplanmıştır (Denklem 4.1) (Denklem 4.2) (Denklem 4.3).

A Ünitesi(Alüminyum Yıkama Ünitesi)

SKKY Tablo' 25 KOİ=4000 mg/L

7 günde 5730 mg/L

X günde 3140 mg/L (4000-860)

X= 4 gün (4+7=11 gün de bir devir daim yapıldığı varsayılırsa)

$$0,28 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 7 \text{ gün} = 1,96 \frac{\text{m}^3}{\text{hafta}} * 4,29 \text{ hafta} (30/7) = 8,40 \text{ m}^3/\text{ay} \rightarrow \text{debi} \quad (4.1)$$

$$0,28 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 11 \text{ gün} = 3,08 \frac{\text{m}^3}{\text{hafta}} * 2,7 \text{ hafta} (30/11) = 8,31 \text{ m}^3/\text{ay} \rightarrow \text{debi} \quad (4.2)$$

8,40 – 8,30 = 0,09 m<sup>3</sup>/ay atıksu debisinden tasarruf sağlanır.

$$0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{ay}} * 5730 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1 \text{ L}}{10^{-3} \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ ay}}{30 \text{ gün}} = 0,0172 \text{ kg/gün KOİ} \quad (4.3)$$

Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde oluşan atıksu miktarına Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 25'te bulunan KOİ sınır değerine göre eşitlik kullanılarak atıksu debisinden tasarruf hesaplanmıştır (Denklem 4.4) (Denklem 4.5) (Denklem 4.6).

B Ünitesi(Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitesi)

SKKY Tablo' 25 KOİ=4000 mg/L

7 günde 3060 mg/L

X günde 3694 mg/L (4000-306)

X= 8,5 gün (8,5+7=15,5 gün de bir devir daim yapıldığı varsayılırsa)

$$0,15 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 7 \text{ gün} = 1,05 \frac{\text{m}^3}{\text{hafta}} * 4,29 \text{ hafta} (30/7) = 4,5 \text{ m}^3/\text{ay} \rightarrow \text{debi (4.4)}$$

$$0,15 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 15,5 \text{ gün} = 2,25 \frac{\text{m}^3}{\text{hafta}} * 1,9 \text{ hafta} (30/15,5) = 4,25 \text{ m}^3/\text{ay} \rightarrow \text{debi (4.5)}$$

4,5 – 4,25 = 0,25 m<sup>3</sup>/ay atıksu debisinden tasarruf sağlanır.

$$0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{ay}} * 3060 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1 \text{ L}}{10^{-3} \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ ay}}{30 \text{ gün}} = 0,0255 \text{ kg/gün KOİ (4.6)}$$

SKKY Tablo 25'te KOİ parametresi deşarj standardı 4000 mg/L olarak belirtilmektedir. Tesisteki atıksuları KOİ parametresi sınır değerine göre deşarj edildiğinde alüminyum yıkama ünitesinde 0,0172 kg/gün KOİ yükü azaltıldığı hesaplanmış, alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde 0,0255 kg/gün KOİ yükü azaltıldığı hesaplanmıştır. Ünitelerden çıkan atıksuyun fosfor analizleri yapıldığında alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde fosfor yükünün daha az olduğu belirlenmiştir.

Yıkama ünitelerinden kaynaklanan atıksuların KOİ ve diğer parametreler karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar optimum şartları sağlayan ünite seçiminde

önemli karar destek aracı olmaktadır. Bu parametreler oluşan atıksuyun miktarı ve kirlilik yükü olarak ele alınmıştır. Yıkama üniteleri sonrasındaki basamak olan atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasal miktarını, enerji, iş gücü ve işletme maliyetleri ile yakından ilgili olması nedeniyle atıksu miktarı ve kirlilik yükü değerlerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Küresel, bölgesel ve yerel ölçekte birçok etkisi olan doğal kaynak kullanımını minimize etmek için alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinin temiz üretim olarak tercih edilmesi ile önemli ölçüde tasarruf sağlanacağı hesaplamalar sonucu ortaya konmaktadır. Proseslere temiz üretim uygulamaları ile doğal kaynak kullanımını minimum seviyede tutulması ve performans verimlerini maksimum seviyede tutulması hedeflenmektedir.

#### **4.5 Alüminyum Yıkama Ve Alüminyum Ultrasonik Yıkama Ünitelerinden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi**

Optimum verim sağlayan proses tercih edilmesi hedeflenen temiz üretim uygulamasında, çeşitli çap ve kalınlıkta alüminyum boru yıkama üniteleri enerji ve doğal kaynak kullanım sonuçları karşılaştırılmıştır. Tesis çatısına kurulması planlanan GES sistemi verileri ile ünitelere ait enerji hesapları yapılmıştır. Küresel ısınma, iklim değişikliği, ozon tabakası tahribatı ve asidifikasyon gibi çevresel etkisi yoğun miktarda olan CO<sub>2</sub> emisyon değeri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu alüminyum yıkama ünitesinin enerji ihtiyacı daha az olması sebebiyle CO<sub>2</sub> emisyonuna katkısının az olması sonucu doğal kaynaklar üzerinde etkisi alüminyum ultrasonik yıkama ünitesine göre tercih edilme sebebi olarak belirlenmiştir. Ancak ünitelerde oluşan atıksu debileri karşılaştırıldığında alüminyum yıkama ünitesinde oluşan atıksu miktarı 0,28 m<sup>3</sup>/gün, alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi sonucu oluşan atıksu miktarı 0,15 m<sup>3</sup>/gün olarak hesaplanmıştır. Atıksu analiz sonuçlarında kirlilik parametreleri karşılaştırıldığında alüminyum yıkama ünitesinde oluşan atıksuyun daha yoğun kirliliğe sebep olduğu belirlenmiştir. Sonrasındaki atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasal miktarını, enerji, iş gücü ve işletme maliyetlerini etkileyen kirlilik parametreleri alüminyum yıkama ünitesinin tercih

edilmeme sebebini oluşturmaktadır. Optimum şartları sağlayan alüminyum yıkama ünitesini belirleme amaç ve kapsamı doğrultusunda elde edilen analizi sonuçları değerlendirilğinde alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde yıkanan mamül miktarının 1,5 kat daha fazla olduğu, oluşan atıksu miktarın 1,86 oranında daha az olduğu ve kirlilik yükünün alüminyum yıkama ünitesine göre daha az olduğu belirlenmiştir. Çevresel etkileri minimum, ünite performansı maksimum olan alüminyum ultrasonik yıkama ünitesi verimli proses olarak ortaya konulmuştur.



## **BÖLÜM 5. SONUÇ**

Hayatın her alanında gereksinim duyulan makine ve aletlerin imalatında kullanılan malzemeleri, ekolojik yaşam ve insan sağlığı açısından değerlendirmek gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Temiz üretim uygulamaları ile tercih edilen sistemin hem çevresel etki hem maliyet açısından optimum şartları taşıması kritik karar verme süreçleri için ön plana çıkmasına sebep olmaktadır.

Otomotiv sektöründe talaşlı imalat, boru şekillendirme, kaynak, yıkama, montaj proseslerine sahip bir firmanın alüminyum yıkama ve alüminyum ultrasonik yıkama ünitelerinin temiz üretim modeli kapsamında değerlendirmesi yapılmıştır. Enerji sarfiyatı ve su tüketim miktarları karşılaştırılarak elde edilen veriler ışığında çevre üzerindeki etkileri ve insan sağlığı değerlendirilerek maliyet performansı da göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda otomotiv endüstrisi yan ürün sanayi üretim sürecinde optimum şartı sağlayan alüminyum ultrasonik yıkama ünitesine karar verilmiştir. Alüminyum ultrasonik yıkama ünitesinde yıkanan mamül miktarının 1,5 kat daha fazla olduğu, üniteden kaynaklanan atıksu miktarının 1,86 oranında daha az olduğu ve kirlilik yükünün alüminyum yıkama ünitesine göre önemli miktarda az oranda olması temiz üretime karar verme sürecinde etkili olmuştur. Tüm üretim süreci boyunca yoğun kirliliklere maruz kalan alüminyum borunun yıkama ünitesi, müşteri memnuniyeti ve malzeme kalitesi bakımından dikkat edilmesi gereken bir prosestir. Yıkama ünitesinin yüksek verime sahip olması sonrasında oluşan atıksuların iletiildiği arıtma tesisi performansı için önemli bir adımdır ve dikkat edilmesi gerekmektedir.

Çevre problemleri ve hammadde ihtiyacının giderek arttığı günümüzde proses verimliliği, performansı; üretici, tüketici ve kurumları yakından ilgilendirmekte ve bilinçli davranmaya zorlamaktadır. Üretici, tüketici ve ilgili tüm kurumlar geri kazanım ve çevre bilinci konularında eğitimler ile desteklenmelidir. Türkiye’de

bulunan küçük, orta ve büyük ölçekli firmalar temiz üretim, endüstriyel simbiyoz, doğal adım modeli ve yaşam döngüsü analiz çalışmaları konusunda bilinçlendirilmeli, sağladığı faydalar açıkça ortaya konulmalıdır. Yeşil Mutabakat politikasının hedefi olan 2050 yılı için sera gazı emisyonu azaltılması ile iklim nötr hale getirme amacı doğrultusunda sürdürülebilir uygulamalar önemli katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Alpaydın Ö, 2014. Gaziantep İli İçin Entegre Katı Atık Yönetiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Uygulanması. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi
- Baumann, H. ve Tillman, A.M. 2004. The Hitch Hiker's Guide To LCA- Anorientation İn Life Cycle Assessment Methodology And Application. Student Literattur. İsveç
- Curran M.A.2013. Life Cycle Assessment: A Review Of The Methodology And İts Application To Sustainability. Current Opinion in Chemical Engineering Volume 2, Issue 3, Pages 273-277
- Çapa S. 2019. Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Geri Kazanım Tesisinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemiyle Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi
- Çokaygil Z. 2005. Atık Yönetim Planlamasında Yaşam Döngüsü Analizi. Anadolu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi
- Demirer G. N., 2008. Temiz Üretim, Eko-Verimlilik ve Çevre Dostu Ürünler: Uygulama Örnekleri Eskişehir Bölgesel İnovasyon Stratejileri ile Kapasite Oluşturma Projesi. Sanayici için Rekabet Odaklı Çevre Eğitimi. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Eskişehir
- Demirer G. N. 2011. Pratik Yaşam Döngüsü Analizi Kılavuzu AB Sürecinde İşletmeler ve Kamu için Yaşam Döngüsü Analizi Yöntem ve Örnekleri. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I
- Dereli Güler E, 2020. Ultrasonik Yöntemle Endüstriyel Malzemelerin Temizlenmesinde Sıcaklık Parametre Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası 2022 <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>

- European Environment Agency(EEA), 1997. Life Cycle Assessment (LCA) A Guide To Approaches, Experiences And Information Sources. Environmental Issues Series 6. United Kingdom
- GUIN J B. 2010. Life Cycle Assessment: Past,Present, and Future. Environmental Science & Technology. Vol. 45, No. 1
- Hakyemez E. Temiz Üretim Çalışmaları Ve Bir Kobi Örneği Uygulaması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Hydra Ultrasonic, 23.02.2022 tarihinde <https://hydraultrasonic.com> adresinden erişildi.
- James K.L. 2003. Environmental Life Cycle Cost İn The Australian Food Packaging Supply Chain, , Victoria University. Faculty Of Business And Law. Doctoral Thesis.
- Jensen, A.A. Hoffman, L. Moller, B. Schmit, A. Christiansen, K. Elkington, J. And Dijk F.V.1997. Life Cycle Assessment A Guide To Approaches, Experiences And Information Sources, European Environment Agency, Denmark.
- Jimnofez C, Kim S, Overcash M. R. 2000. Methodology For Developing Gate-To-Gate Life Cycle Inventory Information. The International Journal of Life Cycle Assessment .153-159.
- Kâtip A, Karaer F, Özengin N. 2014. Otomotiv Sektörünün Çevresel Açidan Değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 19, Sayı 2.
- Kayıkçı, M. Yıldız, G. Gürel, A. Ağbulut, Ü. 2019. Energy Perspective for Düzce Province: A General Evaluation. 3 rd International Engineering Research Symposium INERS'19
- Kılınç Gökçe H. 2016. Metal Taşlama İşleminde Metal Tozu Maruziyetinin Değerlendirilmesi Ve Alınabilecek Önlemler. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi
- KPS Makine Endüstriyel Parça Yıkama Sistemleri, 15.02.2022 tarihinde <https://www.kspmakine.com/tr> adresinden erişildi.
- Ordu M. 2017. Çevresel Etkinin Zaman İçerisindeki Değişiminin Yaşam Döngüsü Analiziyle Değerlendirilmesi: Bursa Organize Sanayi Bölgesi Su Üretim Tesisi Örneği. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi

- Özcan, M. Öztürk, S. 2015. Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunda Beklenen Değişimler ve Karbon Vergisi Uygulaması. VI. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi EVK'2015
- Özdemir A, 2013. Türkiye'de Demiryolu Ulaşımının Yaşam Döngüsü Analizi Ve Yaşam Döngüsü Maliyeti Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., Banar, M., 2018. Sanayide Temiz Üretim Ve Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyoz Yaklaşımı: Bir Değerlendirme. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B - Teorik Bilimler, 6 (1): 84 - 97
- Öztürk, Y. 2012. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Tampon Ve Turbo Emiş Borusunun Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi. Aksaray Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi
- Rocha, C., Partidário, P. 2019. Design for sustainability models: A multiperspective review. Journal of Cleaner Production. Volume 234, 10 Pages 1428-1445
- Schmidt, K., Christensen, F.M., Juul, L., Qllgaard, H. And Nielsen, C.B., 2002. Manual On Product-Oriented Environmental Work. Environmental Protection Agency. Environmental News 64.
- Sünbül A. 2006. Otomotiv Endüstrisinde Geri Dönüşüm-Ürün Yaşam Döngü Değerlendirmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi
- Syuhaida Mohamed Yunus S. 2015. Life Cycle Assessment Of Carbon Dioxide Emissions Ingasoline Process In Malaysia. University Teknologi Mara.Faculty Of Civil Engineering. Master of Science
- Taygun, G. 2005. Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi. YTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- The Natural Step is a registered trademark 1991-2020 | The Natural Step International, 13.02.2022 tarihinde [www.thenaturalstep.org](http://www.thenaturalstep.org) adresinden erişildi.
- TTGV İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi Uygulama Aşaması, Sonuçlar ve Kazanımlar 2015, 12.03.2022 tarihinde <http://www.endustriyelsimbiyoz.org> adresinden ulaşılmıştır.
- UNEP, 1996. Cleaner Production: A Training Resource Package, Industry and Environment.
- Ün Y. 2009. Life Cycle Assessment Of Wastewater Treatment Plants. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği. Yüksek Lisans Tezi

Ürün Yaşam Enstitüsü. (1982). İsviçre. 13.04.2020 tarihinde <http://www.product-life.org> adresinden erişildi.

Zhang X, Zhang M, Zhang H , Jiang Z, Liu C, Cai W. 2020. A Review On Energy, Environment And Economic Assessment İn Remanufacturing Based On Life Cycle Assessment Method. Journal of Cleaner Production. 255

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Cansu BİRİKTİR UYANIK

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2017
Lise	Düzce Anadolu Kız Meslek Lisesi	2012

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2021- Halen	Düzce Gümüşova OSB Müdürlüğü	Çevre Mühendisi
2018-2021	GP Yenilenebilir Enerji A.Ş.	Çevre Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1- Research of Minimization of Energy Consumption by Life Cycle Analysis of Washing Units Used in Metal Industry / International Congress of Engineering and Natural Sciences 2022

### HOBİLER

Gezme, yüzme, kitap okumak vb.