İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROFİL BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İrem ŞANAL

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

NİSAN 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROFİL BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İrem ŞANAL
(501161738)

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA

NİSAN 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501161738 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi İrem ŞANAL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "PROFİL BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. İlda VERGİLİ** ……
İstanbul Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin GÜVEN ……..
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 13 Mart 2020
Savunma Tarihi : 22 Nisan 2020

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince her konuda yardım eden, destekleyen, ilgisini üzerimden eksik etmeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA 'ya ve çalışmam esnasında kullandığım program ile ilgili her türlü desteği gösterip, sayısız soruma sabırla cevap veren Dr. Nilay ELGİNÖZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu uzun süreçte manevi desteklerini hep hissettiğim ailem ile usanmadan bana motivasyon kaynağı olan başta Selin KINALI ve Merve BAL olmak üzere tüm yakın arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Aynı zamanda Aykut Metal Firması sahipleri ve çalışanlarına da bana vermiş oldukları destek ve yardım için çok teşekkür ederim.

Nisan 2020

İrem ŞANAL
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ……v
İÇİNDEKİLER……vii
KISALTMALAR……xi
SEMBOLLER……xiii
ÇİZELGE LİSTESİ……xv
ŞEKİL LİSTESİ……xix
ÖZET……xxi
SUMMARY……xxiii
1. GİRİŞ……1
1.1 Çalışmanın Önemi……1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı……2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI……3
2.1 Çelik Boru Sanayisi Kurulumu ve Gelişimi……3
2.2 Çelik Borunun Kullanım Alanları ve Yan Sanayi ile İlişkisi……3
2.3 Çelikten Üretilen Borular……4
2.4 Çelikten Boru Üretim Prosesleri……4
2.4.1 Dilme prosesi……5
2.4.2 Form prosesi……5
2.4.3 Kaynak prosesi……6
2.4.4 Kalibre prosesi……8
2.4.5 Kesim prosesi……9
2.4.6 Çelikten boru üretiminde oluşan atıklar……9
2.5 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi……9
2.5.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesinin başvurduğu standartlar……11
2.5.2 Yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisi……12
2.5.3 Amaç ve kapsam tanımlanması……13
2.5.4 Envanter analizi……14
2.5.4.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesinde kullanılan bilgisayar modelleri……15
2.5.5 Etki değerlendirmesi……15
2.5.6 Sonuçların yorumlanması……16
2.6 Boru Üretimi Üzerine Yapılmış YDD Çalışmaları……17
3. MATERYAL VE METOT……27
3.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı……27
3.2 Fonksiyonel Birim……28
3.3 Sistem Sınırları……28
3.4 Veri Toplama ve Modelde Kullanılan Prosesler……29
4. PROFİL BORU ÜRETİMİNİN PROSESLERİ……31
4.1 Üretim Prosesleri……31
4.2 Üretimde Kullanılan Saclar……33
4.3 Üretimde Harcanan Elektrik Enerjisi……35
4.4 Üretimde Kullanılan Bor Yağı-Su Karışımı……37
4.5 Birinci Tip Profil Boru Üretimi……38
4.5.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi……38
4.5.2 Girdi-çıktı bilgisi……39
4.5.3 Dilme prosesi……39

4.5.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru 40
4.5.5 Form prosesi 42
4.5.6 Kaynak prosesi 42
4.5.7 Kalibre prosesi 43
4.5.8 Kesim prosesi 43
4.5.9 İstif ve sevkiyat 44
4.6 İkinci Tip Profil Boru Üretimi 44
4.6.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi 44
4.6.2 Girdi-çıktı bilgisi 46
4.6.3 Dilme prosesi 46
4.6.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru 47
4.6.5 Form prosesi 47
4.6.6 Kaynak prosesi 48
4.6.7 Kalibre prosesi 48
4.6.8 Kesim prosesi 48
4.6.9 İstif ve sevkiyat 50
4.7 Üçüncü Tip Profil Boru Üretimi 50
4.7.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi 50
4.7.2 Girdi-çıktı bilgisi 51
4.7.3 Dilme prosesi 52
4.7.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru 52
4.7.5 Form prosesi 53
4.7.6 Kaynak prosesi 53
4.7.7 Kalibre prosesi 53
4.7.8 Kesim prosesi 54
4.7.9 İstif ve sevkiyat 54
5. MODELLEME VE SONUÇLARI DEĞERLENDİRME 55
5.1 Envanter Analizi 55
5.1.1 Taşıma aşaması envanter analizi 61
5.1.2 Elektrik tüketimi envanter analizi 63
5.2 Çevre Etki Değerlendirme 65
5.2.1 Bir ton profil boru üretimi için 65
5.2.2 Bir metre profil boru üretimi için 69
5.3 Literatür İle Karşılaştırma 73
5.4 Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Element (ATP element) 80
5.4.1 Bir ton profil boru üretimi için 80
5.4.2 Bir metre profil boru üretimi için 83
5.5 Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Fosil (ATP fosil) 85
5.5.1 Bir ton profil boru üretimi için 85
5.5.2 Bir metre profil boru üretimi için 88
5.6 Asidifikasyon Potansiyeli (AP) 90
5.6.1 Bir ton profil boru üretimi için 90
5.6.2 Bir metre profil boru üretimi için 93
5.7 Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP) 95
5.7.1 Bir ton profil boru üretimi için 95
5.7.2 Bir metre profil boru üretimi için 97
5.8 Tatlısu Canlılarına Ekotoksisite Potansiyeli (TCETP) 99
5.8.1 Bir ton profil boru üretimi için 99
5.8.2 Bir metre profil boru üretimi 101
5.9 Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) 102
5.9.1 Bir ton profil boru üretimi için 102
5.9.2 Bir metre profil boru üretimi için 105
5.10 İnsana Toksisite Potansiyeli (İTP) 107
5.10.1 Bir ton profil boru üretimi için 107

5.10.2 Bir metre profil boru üretimi için 109
5.11 Ozon Tabakası Incelmesi Potansiyeli (OTİP) 111
5.11.1 Bir ton profil boru üretimi için 111
5.11.2 Bir metre profil boru üretimi için 114
5.12 Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli (FOOP) 116
5.12.1 Bir ton profil boru üretimi için 116
5.12.2 Bir metre profil boru üretimi için 119
5.13 Karasal Ekotoksisite Potansiyeli (KETP) 121
5.13.1 Bir ton profil boru üretimi için 121
5.13.2 Bir metre profil boru üretimi için 122
5.14 Farklı Enerji Kaynağı Kullanımına Göre Senaryolar 124
5.14.1 Rüzgar enerjisi kullanımı 125
5.14.2 Güneş enerjisi kullanımı 129
5.14.3 Yenilenebilir enerji kaynakları ile şebeke elektriğinin karşılaştırılması 133
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 137
KAYNAKLAR 143
ÖZGEÇMİŞ 145

KISALTMALAR

AP	**:**	Asidifikasyon Potansiyeli
ATP element	**:**	Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Element
ATP-fosil	**:**	Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Fosil
AYOSB	**:**	Anadolu Yakası Organize Sanayi Bölgesi
BEES	**:**	Building for Environmental and Economic Sustainability (Yapılar için Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik)
BRE	**:**	Building Research Establishment (Yapı Araştırma Kurumu)
CE_IIW	**:**	Carbon Equivalent_International Institute of Welding (Karbon Eşdeğeri)
Cu	**:**	Bakır
DI	**:**	Ductile Iron (Sünek Demir)
EMS	**:**	Environmental Management Systems (Çevresel Yönetim Sistemleri)
ERW	**:**	Electric Resistance Welding (Elektrik Direnç Kaynağı)
FOOP	**:**	Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli
FRP	**:**	Fiber Reinforced Polymer (Elyaf Takviyeli Polimer)
FS	**:**	Friction Stir Welding (Sürtünme Karıştırma Kaynağı)
GaBi	**:**	Ganzheitliche Bilanzierung (Bütünsel Dengeleme)
GB	**:**	Green Building (Yeşil Yapı)
GMAW	**:**	Gas Metal Arc Welding (Gaz Altı Ark Kaynağı)
HDPE	**:**	High Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
HF	**:**	High Frequency (Yüksek Frekans)
ISO	**:**	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
İTP	**:**	İnsana Toksisite Potansiyeli
KETP	**:**	Karasal Ekotoksisite Potansiyeli

kg	**:**	Kilogram
KIP	**:**	Küresel Isınma Potansiyeli
Km	**:**	Kilometre
KWh	**:**	KiloWatt saat
LAHW	**:**	Laser Arc-Hybrid Welding (Lazer Ark Hibrit Kaynağı)
LEED	**:**	Leadership in Energy and Environment Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Lider)
m	**:**	metre
mm	**:**	Milimetre
MMAW	**:**	Manuel Metal Arc Welding (Elle Yapılan Örtülü Elektrot Kaynağı)
Mn	**:**	Mangan
N	**:**	Azot
OTİP	**:**	Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli
ÖP	**:**	Ötrofikasyon Potansiyeli
P	**:**	Fosfor
PVC	**:**	Polyvinyl Chloride (Polivinil Klorür)
S	**:**	Kükürt
Si	**:**	Silisyum
SimaPro	**:**	System for Integrated Environmental Assessment of Products (Ürünlerin Bütünleşmiş Çevresel Değerlendirme Sistemi)
TCETP	**:**	Tatlı Su Canlılarına Ekotoksisite Potansiyeli
TEAM	**:**	Tool for Environmental Analysis and Management (Çevresel Analiz ve Yönetim Aracı)
Ti	**:**	Titanyum
YDD	**:**	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

SEMBOLLER

°C	**:**	Santigrat derece

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: ISO 140000-YDD serisi (Url 4).....12
Çizelge 2.2: Çalışmaya ait sistem sınırları (Vahidi,Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).18
Çizelge 2.3: Sünek demire ait etki değerleri bilgisi (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).....19
Çizelge 2.4: YDD sistem sınırları (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018). 21
Çizelge 2.5: Farklı boru türlerine göre üretim aşamasının çevresel etki değerlerinin karşılaştırılması (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018). 23
Çizelge 2.6: Çalışmalara dahil edilen adımların özeti (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b). 24
Çizelge 2.7: Kaplamalı çelik profil boru üretiminin çevresel etki değerleri (Emek Boru, 2019-a). 25
Çizelge 2.8: Kaplamasız çelik profil boru üretiminin çevresel etki değerleri (Emek Boru, 2019-b). 26
Çizelge 3.1: Ecoinvent modelinde kullanılan prosesler.....29
Çizelge 4.1: Üç farklı boru tipine ait özellikler. 35
Çizelge 4.2: Boru türlerinin üretimde harcadığı enerji yüzdeleri.....36
Çizelge 4.3: Üç farklı tip profil borunun harcadığı elektrik enerjisi.....37
Çizelge 4.4: 1.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı. 38
Çizelge 4.5: 1.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı. 38
Çizelge 4.6: 1.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi. 39
Çizelge 4.7: 1.tip profil boru üretiminde nihai ürün fiziksel özellikleri.....44
Çizelge 4.8: 2.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı. 45
Çizelge 4.9: 2.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı. 45
Çizelge 4.10: 2.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi. 46
Çizelge 4.11: 2.tip profil boru üretiminde nihai ürün fiziksel özellikleri.....49
Çizelge 4.12: 3.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı. 50
Çizelge 4.13: 3.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı. 51
Çizelge 4.14: 3.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi.....51
Çizelge 5.1: Üç boru tipi için bir ton çelik profil boru üretimine göre envanter bilgisi. 57
Çizelge 5.2: Üç boru tipi için bir metre çelik profil boru üretimine göre envanter bilgisi. 60
Çizelge 5.3: Tesise giren ve tesisten çıkan malzemelerin tanışımı ve akıbeti hakkında bilgi. 62
Çizelge 5.4: Taşıma aşamasının bir ton profil boru üretimine göre envanter bilgisi.63
Çizelge 5.5: Taşıma aşamasının 1 metre profil boru üretimine göre envanter bilgisi. 63
Çizelge 5.6: Elektrik tüketiminde bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre yüzdelik dağılımı. 64

Çizelge 5.7: Elektrik tüketiminin 1 t ve 1 m profil boru üretimine göre miktarı. 65
Çizelge 5.8: Bir ton çelik profil boru üretimine göre çevresel etki sonuçları. 66
Çizelge 5.9: Bir metre çelik profil boru üretimine göre çevresel etki sonuçları. 70
Çizelge 5.10: Çalışmadaki üç profil boru özelliklerinin literatürdeki borular ile karşılaştırılması. 75
Çizelge 5.11: Bir ton profil boru üretimine göre elde edilen bulguların literatür ile karşılaştırılması. 77
Çizelge 5.12: Bir ton profil üretimi için ATP element'e etki eden faktörler (kg Sb eşdeğeri) 81
Çizelge 5.13: Bir ton profil boru üretimine göre ATP element kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 83
Çizelge 5.14: Bir metre profil üretimi için ATP element'e etki eden faktörler (kg Sb eşdeğeri) 84
Çizelge 5.15: Bir ton profil üretimi için ATP fosil'e etki eden faktörler (MJ eşdeğeri). 85
Çizelge 5.16: Bir ton profil boru üretimine göre ATP fosil kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 88
Çizelge 5.17: Bir metre profil üretimi için ATP fosil'e etki eden faktörler (MJ eşdeğeri). 88
Çizelge 5.18: Bir ton profil üretimi için AP'ye etki eden faktörler (SO_2 eşdeğeri). ... 90
Çizelge 5.19: Bir ton profil boru üretimine göre AP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 92
Çizelge 5.20: Bir metre profil üretimi için AP'ye etki eden faktörler (SO_2 eşdeğeri). 93
Çizelge 5.21: Bir ton profil üretimi için ÖP'ye etki eden faktörler (PO_4 eşdeğeri). ... 95
Çizelge 5.22: Bir ton profil boru üretimine göre ÖP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 97
Çizelge 5.23: Bir metre profil üretimi için ÖP'ye etki eden faktörler (PO_4 eşdeğeri). 98
Çizelge 5.24: Bir ton profil üretimi için TCETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri). 100
Çizelge 5.25: Bir metre profil üretimi için TCETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri). 101
Çizelge 5.26: Bir ton profil üretimi için KIP'ye etki eden faktörler (CO_2 eşdeğeri). 103
Çizelge 5.27: Bir ton profil boru üretimine göre KIP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 105
Çizelge 5.28: Bir metre profil üretimi için KIP'ye etki eden faktörler (CO_2 eşdeğeri). 106
Çizelge 5.29: Bir ton profil üretimi için İTP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri). 108
Çizelge 5.30: Bir metre profil üretimi için İTP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri). 110
Çizelge 5.31: Bir ton profil üretimi için OTİP'ye etki eden faktörler (R11 eşdeğeri). 112
Çizelge 5.32: Bir ton profil boru üretimine göre OTİP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 114
Çizelge 5.33: Bir metre profil üretimi için OTİP'ye etki eden faktörler (R11 eşdeğeri). 114
Çizelge 5.34: Bir ton profil üretimi için FOOP'ye etki eden faktörler (C_2H_4 eşdeğeri). 116
Çizelge 5.35: Bir ton profil boru üretimine göre FOOP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması. 118
Çizelge 5.36: Bir metre profil üretimi için FOOP'ye etki eden faktörler (C_2H_4 eşdeğeri). 119
Çizelge 5.37: Bir ton profil üretimi için KETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri). 121

Çizelge 5.38: Bir metre profil üretimi için KETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).....123
Çizelge 5.39: Bir ton profil boru üretimine göre farklı enerji kaynaklarının çevresel etki değerleri. 125
Çizelge 5.40: Bir metre profil boru üretimine göre farklı enerji kaynaklarının çevresel 126
Çizelge 5.41: Rüzgar enerjisi kullanıldığında faktörlerde olan değişimin dağılımı (bir ton ve bir metre için).....127
Çizelge 5.42: 1 ton profil boru üretiminin farklı enerji kaynaklarının etki değerleri. 130
Çizelge 5.43: 1 metre profil boru üretiminin farklı enerji kaynaklarının etki değerleri. 130
Çizelge 5.44: Şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında etki faktörlerinde olan değişimin yüzdesel dağılımı (bir ton ve bir metre için).....131

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Çelikten boru üretimi akım şeması (Url 2). 5
Şekil 2.2: Klasik ve lineer form verme ünitelerinin karşılaştırılması. 6
Şekil 2.3: Boru üretiminde kullanılan kaynak yöntemleri. 7
Şekil 2.4: Yüksek frekans indüksiyon kaynağı çizimi; 1) kaynamakta olan boru 2) boru açık ağzı 3) indüktör 4) generatör 5) basınç röleleri 6) kaynak noktası (Eren, 1991). 8
Şekil 2.5: Profil boru oluşturmanın şematik gösterimi (Url 3). 8
Şekil 2.6: Yaşam döngüsü modeli (Baumann & Tillman, 2004). 10
Şekil 2.7: Metodolojik yapının işleyişi (White & Chester, 2014) 13
Şekil 2.9: Sonuçların değerlendirilmesi aşaması yapısı (Baumann & Tillman, 2004). 16
Şekil 2.10: Dört farklı boru tipinin üretimi için etki değerlerinin karşılaştırılması (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015). 20
Şekil 2.11: Sünek demirin farklı aşamaları için etki değerleri bilgisi (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015). 20
Şekil 2.12: Farklı boru türleri ve aşamları için çevresel etkilerin karşılaştırılması. ...22
Şekil 3.1: Profil boru üretimi yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırları. 28
Şekil 4.1: Üretim iş akım şeması. 32
Şekil 5.1: Boru tiplerine ait girdi-çıktıların karşılaştırılması (1 ton profil boru üretimi için). 58
Şekil 5.2: Boru tiplerine ait girdi-çıktıların karşılaştırılması (1 metre profil boru üretimi için). 59
Şekil 5.3: Elektrik tüketiminin iki fonksiyonel birim içinde geçerli olan yüzdesel dağılımı. 64
Şekil 5.4: 1 ton profil boru üretimine göre etki kategorilerinde yüzdesel dağılım. 68
Şekil 5.5: Bir metre profil boru üretimine göre etki kategorilerinde yüzdesel dağılım. 72
Şekil 5.6: Literatür ile karşılaştırmaya dahil edilen faktörler 74
Şekil 5.7: Bir ton profil boru üretimi için etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP element). 81
Şekil 5.8: Bir metre profil boru üretimi için etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP element). 84
Şekil 5.9: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP fosil). 86
Şekil 5.10: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP fosil). 90
Şekil 5.11: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (AP). 91
Şekil 5.12: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (AP). 94
Şekil 5.13: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ÖP). 96
Şekil 5.14: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ÖP). 98
Şekil 5.15: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (TCETP). 100

Şekil 5.16: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (TCETP). 102
Şekil 5.17: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KIP). 104
Şekil 5.18: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KIP). 107
Şekil 5.19: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (İTP). 109
Şekil 5.20: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (İTP). 110
Şekil 5.21: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (OTİP). 112
Şekil 5.22: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (OTİP). 115
Şekil 5.23: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (FOOP). 117
Şekil 5.24: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (FOOP). 120
Şekil 5.25: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KETP) 122
Şekil 5.26: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KETP) 124
Şekil 5.27: Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının çevresel etki kategorileri üzerindeki bağıl değerlendirmesi. 134

PROFİL BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Farklı kullanım alanları olan profil boru üretim tesisinde yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasının yapılması, mevcut ve gelecekte kurulacak olan tesislerin çevresel etkilerinin belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurulu profil boru üretim tesisinin üç farklı boru tipi için çevresel etkilerini yaşam döngüsü değerlendirmesi ile saptayarak, bu etkilerin en aza indirilmesi için izlenecek yolların belirlenmesidir.

Çalışmada profil boru üretimi yapan gerçek bir tesisten veri toplanmıştır. Bu tesis dilme, form, kaynak, kalibre, kesim, istif ve sevkiyat proseslerinden oluşmaktadır. Dilme prosesinde; dilimlenmiş rulo saclar bir dizi makara sistemi ile form makaralarının arasında soğuk şekil değiştirilerek yuvarlak hale getirilmektedir. Kaynak prosesinde; yüksek frekansla ısıtılan yuvarlatılmış sac, kaynatma makaralarında uygulanan basınç yardımıyla kaynatılmakta ve bu kaynak işlemi yüksek frekans indüksiyon basınç yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Kalibre prosesinde; boru yuvarlak, kare veya dikdörtgen formlarına dönüştürülmektedir. Kesme prosesinde ise; nihai ürün, hareketli soğuk testerelerle istenilen boylara göre kesildikten sonra istif sehpasına otomatik olarak dizilmekte ve paketleme sevkiyatı yapılmaktadır.

Farklı firmalardan alınan rulo halindeki sacların tesise taşınması; üretimde kullanılan bor yağının üretilmesi ve tesise taşınması; dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim prosesleri ve bu proseslerden oluşan atıkların tesisten taşınması ile atıkların yönetimi bu çalışma içerisinde yaşam döngüsü değerlendirmesine dahil edilmiştir. Ayrıca bozuk nihai ürün ve nihai ürün sevkiyat işlemi için herhangi bir hesaplama yapılmamıştır. Çevresel etki değerlendirmesi yapılırken rulo sac üretimi sistem sınırları içerisine dahil edilmemiştir. Çünkü üç profil boru tipi içinde etkisi büyük olmuştur ve diğer faktörler ile karşılaştırma yapılmasını zorlaştırmıştır. Bu sebeple incelenen tesisi optimize etmek için kontrol edilebilinecek faktörlere odaklanılmıştır.

Üç farklı boru tipi için yaşam döngüsü değerlendirmesi bu çalışmada yapılmıştır. Üç profil boru da 40 mm genişliğinde, 40 mm yüksekliğinde ve 6 metre uzunluğundadır. İlk olarak farklı sactan üretilen profil boruların çevresel etkilerini karşılaştırmak amacıyla iki farklı sac tercih edilmiştir. 1.tip ve 2.tip profil boru siyah malzemeden üretilirken; 3.tip profil boru neredeyse kullanıma hazır malzeme olan galvanizli sactan üretilmiştir. İkinci olarak profil boruların farklı et kalınlığında olmasının çevre üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla iki farklı et kalınlığında sac seçilmiştir. 1.tip ve 3.tip profil borunun et kalınlığı 1,5 mm iken 2.tip profil borunun et kalınlığı 3 mm olarak üretilmiştir.

Üç profil boru üretiminin çevresel değerlendirilmesinin kıyaslandığı bu çalışmada iki ayrı fonsiyonel birim belirlenmiştir. Bunlardan ilki; 40 mm*40 mm ölçülerinde, 1,50 mm ile 3 mm et kalınlığına sahip ve 6 metre uzunluğundaki profil borudan bir ton üretim olarak seçilmiştir. İkincisi ise; 40 mm*40 mm ölçülerinde, 1,50 mm ile 3 mm et kalınlığına sahip profil borudan bir metre uzunluğunda üretim olarak seçilmiştir.

Etki kategorileri çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda, Abiyotik Tüketim Potansiyeli element (ATP element), Abiyotik Tüketim Potansiyeli fosil (ATP-fosil), Asidifikasyon Potansiyeli (AP), Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP), Tatlı Su Canlılarına

Ekotoksisite Potansiyeli (TCETP), Küresel Isınma Potansiyeli (KIP), İnsana Toksisite Potansiyeli (İTP), Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli (OTİP), Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli (FOOP) ve Karasal Ekotoksisite Potansiyeli (KETP) olarak belirlenmiştir.

Literatür araştırmaları üzerine boru üretimi aşamasının; ham madde temini, taşıma, kurulum, kullanım ve bakım aşamalarından daha fazla çevre üzerinde olumsuz etki oluşturduğu; bunun ise ham madde ve enerji girdisinin üretim aşamasında diğer aşamalardan fazla olması nedeniyle olduğu bulunmuştur. Bu sebeple çalışmamızda sadece profil boru üretim aşamasına odaklanılmıştır.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimi fonksiyonel birimine göre elektrik tüketiminin yüzdesel dağılımı aynı olmuştur. İki fonksiyonel birimde de en fazla enerji kaynak prosesinde tüketilmiş; bu prosesi sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip etmiştir. Bir ton profil boru üretimi için de bir metre profil boru üretimi için de en fazla enerji tüketimi 2.tip profil boruda görülmüştür. Bunun sebebi 2.tip profil borunun 1.tip ve 3.tip profil borunun et kalınlığından iki kat fazla et kalınlığına sahip olmasıdır. Aynı et kalınlıklarına sahip 1.tip ve 3.tip profil boru üretimleri arasında da enerji tüketimi açısından fark olmuştur. Çünkü 3.tip profil boru daha kolay işlenen galvanizli saçtan üretilmiştir ve bu 1.tip profil borudan daha az enerji tüketmesine sebep olmuştur.

Üç profil boru tipine ait değerler kıyaslanırken; 1.tip profil boruya ait etki değerleri %100 kabul edilmiş, diğer iki tip profil boru değerleri buna göre normalize edilmiştir. İki fonksiyonel birim için profil boru üretimine göre üç profil tipi için de ATP element ve KETP çevresel etki kategorilerinde hurda atık geri dönüşümü etki faktörlerinin en önemli bileşeni olarak saptanmıştır. Hurda atık geri dönüşümünden bu iki etki kategorisinde de negatif etki gelmiştir ve çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılmasından dolayı bu etki kategorilerinde sonuçlar negatif olarak (olumlu etki) bulunmuştur. OTİP çevresel etki kategorisinde iki fonksiyonel birime göre de 1.tip ve 2.tip profil boru için taşıma, etki faktörlerinin en önemli bileşeni iken 3.tip profil boru için bor yağı üretimi en önemli bileşen olmuştur. Geriye kalan ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP ve FOOP çevresel etki kategorilerinde iki fonksiyonel birime göre üç profil tipi için de elektrik tüketimi etki faktörlerinin en önemli bileşeni olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan Türkiye şebeke elektriği, temel enerji kaynağı olarak başta doğal gaz (%49), linyit (%21) ve taşkömürü (%7) olmak üzere fosil yakıtlara dayanamaktadır.

ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP ve FOOP çevresel etki kategorilerindeki etkiyi azaltmak amacıyla şebeke elektrik enerjisi yerine; yenilenebilir enerji kaynakları etkisine bakılmıştır.Tüm modelleme Türkiye'deki şebeke elektriği kullanılarak yapılmıştır. İlk senaryoda; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi; elektrik tüketiminin oluşturduğu olumsuz çevresel etkinin azaltılması için tercih edilmiştir. İkinci senaryoda ise; oluşan olumsuz etkileri azaltmak üzere tercih edilen enerji kaynağı güneş enerjisi olmuştur.

Değerler normalize edilirken şebeke elektriği baz alınmış ve şebeke elektriği kullanımının oluşturduğu değerler %100 kabul edilmiştir. Diğer iki yenilenebilir enerji kaynağının oluşturduğu etkiler bu kabule göre saptanmıştır. İki fonksiyonel birime göre üç profil boru tipi için şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının çevresel etki kategorileri üzerindeki değişimleri saptanmıştır.

Şebeke elektriği, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi kullanımı karşılaştırıldığında en az çevresel etki; rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji kullanımında görülmüştür. Tesis şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullansa çelik profil boru üretimi esnasında oluşturduğu çevresel etkiyi azaltmış olur.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PROFILE PIPE PRODUCTION

SUMMARY

An increase in the population gives rise to the needs of people. In order to meet the increasing needs of human beings, production needs to be continued continuously and rapidly. The effects of production on the environment are directly affected by the increasing production amount to meet the needs.

The increase in environmental impacts also brings with it an increase in environmental pollution. Studies to reduce environmental impacts have started to be carried out by the industry. In the studies conducted, the concept of life cycle and production are brought together. Thus, the effects created by the product or service throughout the process are exposed.

The most important aspect of life cycle studies in different sectors is that it is comparable in terms of the effects it creates. Thus, life cycle studies can be used in the selection of economical, sustainable and environmentally friendly methods in production improvement studies.

Conducting a life cycle assessment study in the profile pipe production facility with different usage areas will contribute to the determination of the environmental impacts of the existing and future facilities. The aim of this study is to determine the environmental impact of the established in Turkey life cycle assessment of for three different profile pipe production facility, is to determine the path to follow in order to minimize these effects.

In the study, data were collected from a real facility producing profile pipes. This facility consists of slitting, form, welding, caliber, cutting, stacking and shipping processes. In the slitting process; sliced rolled sheets are made round by changing the cold shape between the form rollers with a series of rollers. In the welding process; the rounded sheet, heated at high frequency, is welded with the help of pressure applied on the boiling rollers and this welding process is called the high frequency induction pressure method. In the calibration process; pipe is converted into round, square or rectangular forms. In the cutting process; after the final product is cut according to the desired lengths with movable cold saws, it is automatically aligned to the stacking table and packing is made.

Transport of rolled sheets from different companies to the facility; producing lubricating oil used in production and transporting it to the facility; slitting, form, welding, calibration and cutting processes and the transportation of wastes from the facility and the management of wastes are included in the life cycle assessment in this study. In addition, no calculations have been made for the defective final product and final product shipment. During the environmental impact assessment, steel coil production is not included in the system limits. Because steel profile pipes can only be produced from steel coil sheet, it is not a situation where we can change and reduce its effect, and the factors that can be controlled are focused to optimize the investigated facility.

Percentage distribution of electricity consumption was the same according to the functional unit of one ton and one meter profile pipe production. In both functional units, the most energy was consumed in the welding process; this process was followed by slitting, form, caliber and cutting processes, respectively. For the production of one ton of profile pipes and for the production of one meter of profile pipes, the highest energy consumption was seen in the second type of pipe. The reason for this is that the type 2 profile pipe has twice the wall thickness of the type 1 pipe and the type 3 pipe pipe. There was a difference in terms of energy consumption between the production of the first type and the third type of pipe pipes with the same wall thicknesses. Because the type 3 profile pipe is produced from galvanized sheet that is processed more easily, and this type 1 profile consumes less energy than the pipe.

Life cycle evaluation for three different pipe types was made in this study. All three profile pipes are 40 mm wide, 40 mm high and 6 meters long. Firstly, two different sheets were preferred in order to compare the environmental effects of profile pipes produced from different sheets. While the 1st and 2nd profile pipes are produced from black material; Type 3 profile pipe is made of galvanized sheet, which is almost ready-to-use material. Secondly, two different wall thickness sheets were chosen in order to examine the effects on the environment of the profile pipes having different wall thickness. While the wall thickness of type 1 and 3 profile pipes is 1.5 mm, the wall thickness of type 2 profile pipes is 3 mm.

In the study, two different functional units were determined. The first of these; It was chosen as one ton production of 40 mm * 40 mm, 1.50 mm and 3 mm wall thickness and 6 meters long profile pipe. The second is; It is chosen as one meter length production from profile pipe measuring 40 mm * 40 mm, having a wall thickness of 1.50 mm and 3 mm.

In accordance with the purpose and scope of the study, the categories of effects are Abiotic Depletion Potential elements (ADP-elements), Abiotic Depletion Potential fossil (ADP-fossil), Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAETP), Global Warming. Potential (GWP), Human Toxicity Potential (HTP), Ozone Depletion Potential (ODP), Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) and Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP).

On the literature searches, profile pipe production stage; it has a negative impact on the environment than raw material supply, transportation, installation, use and maintenance stages. This was found to be due to the fact that raw material and energy input are higher than other stages in the production phase. For this reason, we focused only on the profile pipe production phase in our study.

Percentage distribution of electricity consumption was the same according to the functional unit of one ton and one meter profile pipe production. In both functional units, the most energy was consumed in the welding process; this process was followed by slitting, form, caliber and cutting processes, respectively. For the production of one ton of profile pipes and for the production of one meter of profile pipes, the highest energy consumption was observed in the second type of pipe. The reason for this is that the type 2 profile pipe has twice the wall thickness of the type 1 pipe and the type 3 pipe pipe. There was a difference in terms of energy consumption between the production of the first type and the third type of pipe pipes with the same,

wall thicknesses. Because the third type of pipe is produced from galvanized sheet which is processed more easily, and therefore the third type of pipe caused less energy than the first type of pipe.

While comparing the values of the three profile pipe types; The impact values of the first type of profile pipe are 100% accepted, the other two types of profile pipe values are normalized accordingly. According to profile pipe production for two functional units, scrap waste recycling was determined as the most important component of impact factors in the ADP element and TETP environmental impact categories for all three types of profiles. There was a negative effect in these two impact categories from scrap waste recycling, and the results were negative (positive effect) in these impact categories due to the exclusion of steel production outside the system boundaries.

According to the two functional units in the ODP environmental impact category, the transportation for the type 1 and type 2 pipe was the most important component of the impact factors, while the production of lubricating oil for the type 3 profile pipe was the most important component. Electricity consumption has been determined as the most important component of impact factors for the three profile types according to the two functional units in the remaining ADP fossil, AP, EP, FAETP, GWP, HTP and POCP categories. The Turkish power production relies on fossil fuels, mainly natural gas (49 %), lignite (21 %) and hard coal (7 %), as main energy source.

In order to reduce the impact in ADP fossil, AP, EP, FAETP, GWP, HTP and POCP environmental impact categories; renewable energy sources effect was examined. All modeling was done using mains electricity in Turkey.

In the first scenario; wind energy, one of the renewable energy sources; it has been preferred to reduce the negative environmental impact of electricity consumption. In the second scenario; the preferred energy source to reduce the negative effects was solar energy.

While the values were normalized, mains electricity was taken as basis and the values created by the use of mains electricity were accepted as 100%. The effects of the other two renewable energy sources have been determined according to this acceptance. According to two functional units, the changes in the environmental impact categories of renewable energy sources were determined instead of mains electricity for three profile pipe types.

Between using grid electricity, wind energy and solar energy; minimum environmental impact has been observed in the energy use from wind turbines. The renewable energy source that creates the least environmental impact after wind energy was solar energy. As a result of the scenario of using three different energy sources, it has been determined that production with wind energy will have less impact on the environment. For this reason; if the facility uses wind energy instead of grid electricity, it reduces the environmental impact it creates during the production of steel profile pipes.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Önemi

Nüfusun artması, insanların ihtiyaçlarının artışını doğurur. İnsanoğlunun artan ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli ve hızlı olarak üretimin devam etmesine ihtiyacı vardır. Üretim miktarındaki artışı karşılamak üzere, üreticilerin doğal kaynakları bilinçsiz kullanması dengeyi bozar. Doğal kaynakların verimli ve etkin şekilde nüfus artışıyla dengeli olarak kullanılması doğal dengenin korunmasını sağlar.

Üretimin çevre üzerinde oluşturduğu etkiler, ihtiyaçları karşılamak için artan üretim miktarından doğrudan etkilenir. Çevresel etkilerdeki artış beraberinde çevre kirliliğinin artışını da getirir. Böylelikle başlangıçta yerel olarak görülen problem kirliliğin dahil olması ile küresel hale gelir. Çünkü dünyada herkesin ortak kullanımında olan hava, su ve topraktaki kirlilik sınır tanımadan yayılabilir.

Gelişen hızlı teknoloji, kaynakların bilinçsiz kullanımı, çevre kirliliği yaşadığımız gezegeni derinden etkileyen problemleri beraberinde getirmiştir. Küresel ısınma, asit yağmurları, kuraklık, ozon tabakasının delinmesi bu sorunların başında gelir. İnsanlık için ciddi olan problemlerle karşılaşmak “sürdürülebilirlik” kavramının önemini arttırır.

Sürdürülebilirlik kavramında çevre bilincine sahip toplum zincirin ilk halkasını oluşturur. Toplum, kısa vadeli ihtiyaçlarının yerini uzun vadeli ihtiyaçlarına bırakıp ekonomik verimliliği arttırmak ve ekolojik sistemleri korumak için sürdürülebilirlik bilincine sıcak bakmalıdır. Sürdürülebilirliğin devamlı olması için getirilen kısıtlamalara uyulmalıdır. İnsanların refah seviyelerindeki artış, bu kavramın hayatımıza yerleşmesine bağlıdır. Son zamanlarda sanayide adını sıkça duyduğumuz çevresel etkiler üzerinde olumlu etki bırakan bu kavram, beraberinde yaşam döngüsü yaklaşımını da getirir.

Oluşan çevresel etkileri azaltmaya yönelik çalışmalar sektörler tarafından yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalarda yaşam döngüsü kavramı ile üretim kavramı buluşturulur. Böylece üretilen ürün veya hizmetin tüm süreci boyunca oluşturduğu etkiler göz önüne serilir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) metodojileri aslında, çevresel altyapıda ürün, ürün sistemleri veya hizmetler arasında ayırt edici

karar destek araçları oluşturmak amacıyla geliştirildi (Borghi, 2012). Zaman içerisinde farklı uygulamaların bu metodojilere eklenmesi ile YDD kullanım alanı genişledi. Farklı sektörlerde yapılan yaşam döngüsü çalışmalarının en önemli tarafı, oluşturduğu etkiler açısından karşılaştırılabilir olmasıdır. Böylece üretimde yapılan iyileştirme çalışmalarında ekonomik, sürdürülebilir ve çevreye duyarlı yöntem seçimlerinde yaşam döngüsü çalışmaları kullanılabilir.

Farklı kullanım alanları olan profil boru üretim tesisinde yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasının yapılması, mevcut ve gelecekte kurulacak olan tesislerin çevresel etkilerinin belirlenmesine katkıda bulunacaktır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurulu bir dikişli boru ve dörtgen kesitli profil imalatı, rulo sac boy kesme ve dilme işlemleri yapılan üretim tesisinin üç farklı boru tipi için çevresel etkilerini yaşam döngüsü değerlendirmesi ile saptayarak, bu etkilerin en aza indirilmesi için izlenecek yolların belirlenmesidir. Bu doğrultuda her proses adım adım incelenerek ortaya çıkan çevresel etkiler için iyileştirme yöntemleri oluşturulacaktır.

Bu çalışma aynı zamanda boru üretimi yapan tesislerin sürdürülebilirliğini güçlendirmek ve çevresel etkilerini karşılaştırmak için faydalanabilecekleri bir çalışmadır.

Bölüm 2.'de çelik boru sanayisi kurulumu ve gelişiminden bahsettikten sonra literatürdeki profil boru üretim prosesleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedildi. Yaşam döngüsü değerlendirmesi hakkında detaylı anlatım yapıldı ve literatürde boru üretimi üzerine yapılmış YDD örnek çalışmaları bu bölümde karşılaştırıldı.

Yapılan çalışmada kullanılan materyaller ve yöntemler Bölüm 3.'te özetlendi. Aynı zamanda fonksiyonel birim ve sistem sınırları bu bölüm kapsamındadır.

Dikişli boru ve dörtgen kesitli profil imalatı, rulo sac boy kesme ve dilme işlemleri yapılan üretim tesisine ait her proses Bölüm 4.'te adım adım ayrıntılı olarak incelendi. Bu çalışmada değerlendirilecek üç tip profil boru üretimi için izlenmesi gereken adımlar bu bölümde detaylandırıldı.

Bölüm 5.'te yapılan çalışma hakkında veriler özetlendi. Çalışmanın sonuçları sunuldu ve değerlendirmeler yapıldı. İyileştirme amacıyla yapılan senaryolar da bu bölümde yer almaktadır.

Bölüm 6.'da yapılması gereken öneriler anlatıldı ve değerlendirme yapıldı.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Çelik Boru Sanayisi Kurulumu ve Gelişimi

1932 yılında Kırıkkale'de Askeri Fabrikalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak ülkemizin ilk çelik fabrikası faaliyete geçmiştir (Yaşar, 2009). Çelik boru üretimi ise, 1957 yılında Sümerbank'ın Alman ortaklığıyla İzmit'te kurduğu fabrika ile başlamıştır. İlk adımın atılmasıyla 1958 yılında yerli girişimciler de bu sektörde yerlerini almaya başlamıştır. Çelik boru sektöründeki ilk ivmelenme 1980'li yılların ilk yarısında gerçekleşmiştir. Bu yıllarda dünya ekonomisi ile Türk ekonomisinin bütünleşmesi sürecine bağlı olarak, ihracatta yaşanan büyük artışlar, çelik boru sektöründe hızlı bir gelişmeye yol açmıştır (Yaşar, 2019). Sektör ikinci büyük ivmelenme dönemine 2000'li yılların başında, yabancı ve yerli yatırımların artmasıyla başlamıştır (ÇEBİD, 2019).

Hızlı gelişiminin farklı sebepleri olan çelik boru sektörü üretim kapasitesi 2005 yılında 2.6 milyon ton iken, 2010 yılında 5.3 milyon ton olmuştur. 2014 yılında 6.5 milyon tona ulaşan üretim kapasitesi artışa devam ederek 2018 yılında 7.5 milyon tona ulaşmıştır. Üretilen çelik boru miktarı yurt içi talebin oldukça üzerindededir ve büyük bölümü ihraç edilmektedir (Yaşar, 2019).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de çelik boru profil talebi alt yapı yatırımlarına, ekonominin durumuna ve nüfus artışına bağlıdır. Bu sebeplerle paralel olarak son dönemlerdeki konut ihtiyacındaki ve inşaat sektöründeki artış sektördeki talepleri arttırmaktadır. Ülke olarak 40 yıldan fazla bir süredir tecrübe sahibi olduğumuz çelik boru sanayinde telepler, dönemsel olarak değişkenlik gösterir ve bu sebeple devamlı bir talepten söz edilememektedir.

2.2 Çelik Borunun Kullanım Alanları ve Yan Sanayi ile İlişkisi

Çelik boru sektörü; otomotiv, çelik eşya, inşaat ve enerji sektörüne girdi sağlayan bir sektördür. Bu nedenle, bahsedilen bu sektörlerden gelen çelik boru talepleri sektörü doğrudan etkilemektedir. Yassı mamul üreticileri, çelik boru üretim sektörüne hammadde tedariği yaptığından; yassı demir çelik mamülleri üretenler ile çelik boru üreticileri arasında güçlü bir ilişki vardır (Yaşar, 2019). Yassı çelik ürünleri üretiminin

gerçekleşmesi için gerekli olan ana hammadde (cevher, kömür) ve yardımcı hammadde (dolomit, kireçtaşı, kolemanit, çakmak taşı) miktarları düşünüldüğünde, çelik boru üretim sanayi madencilik ve ulaşım sektörü ile dolaylı bir ilişki içinde olduğu görülür (Yaşar, 2009).

Çelik boru üretiminin doğrudan ve dolaylı olarak birbirinden farklı bir çok sektör ile ilişki içerisinde olması profil boru üretim maliyetini etkiler. Maliyeti etkileleyen en önemli unsur ham madde olan rulo çelik saclardır. Nihai ürün fiyatının %65-75'i kadarını ham madde fiyatı belirlemektedir. Bu sebeple ham madde fiyatındaki artış çelik profil boru fiyatında dalgalanmaya sebep olur. Rulo çelik sacların fiyatında ise madencilik ve ulaşım sektörünün etkisi olduğuna göre fiyatlardaki dalgalanma normal karşılanır.

2.3 Çelikten Üretilen Borular

Çelikten üretilen borular; kullanım alanlarına, boyutlarına ve üretim yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırılmış olan çelik boru çeşitlerinin hepsi Türkiye'de üretilmektedir. Dünyada çelik boru üretiminin neredeyse %70'ini dikişli borular oluştururken, kalan %30'unu dikişsiz borular meydana getirmektedir (Yaşar, 2019).

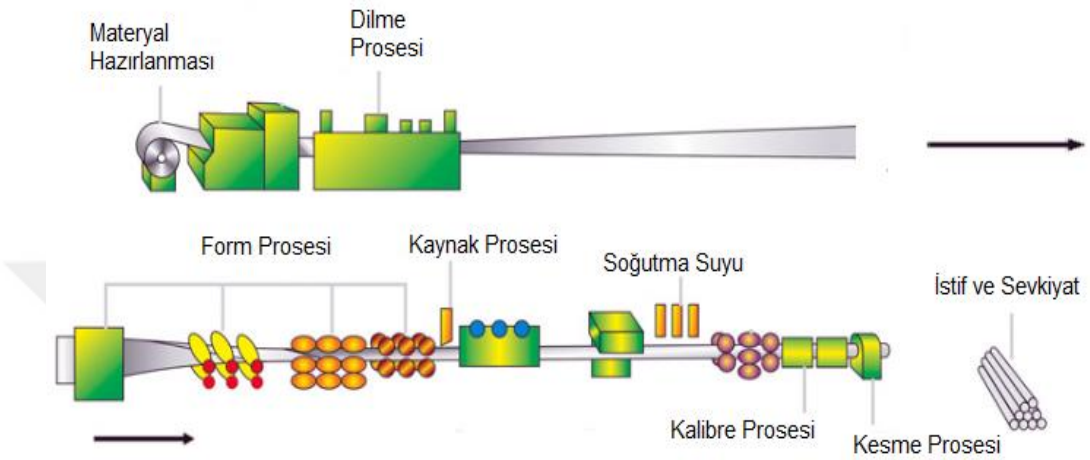
Küçük ve orta çaplı borular Türkiye'de üretilen çelik boru ürünlerinin büyük bir kısmını oluştururken; genellikle doğalgaz, su ve petrol iletim hatlarında kullanılan büyük çaplı borular ise üretim toplamında %17,5'lik yüzdeye sahiptir (Yaşar, 2019). 2018 yılında Türkiye'de üretilen küçük ve orta çaplı çelik borular %82,5'lik kısmını, geriye kalanını ise büyük çaplı borular oluşturmaktadır (ÇEBİD, 2019).

Dikişsiz borular ise haddeleme veya ekstrüzyon yöntemleriyle imal edilir. Uzun boylu veya büyük çaplı imalat istendiğinde haddeleme yöntemi tercih edilir. Küçük çaplı, kısa boylu ve ince cidarlı imalat istendiğinde ise ekstrüzyon yöntemi, özellikle demir olmayan metal ve alaşımlardan borular için tercih edilir. Dikişli borular normal otomatik direnç kaynak makinelerinde seri olarak imal edildiği gibi ark kaynak metoduyla da imal edilebilir (Eren, 1991). Bu çalışmada yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılan boru tipleri dikişli çelik profil borudur.

2.4 Çelikten Boru Üretim Prosesleri

Profil borular çok çeşitli malzemelerden, farklı et kalınlıklarında ve boylarda üretilirler. Ülkemiz çelik boru üretimi için gerekli olan teknolojik altyapıya, bilgi ve beceriye sahiptir. Çelik boru üretimi yapan fabrikalar farklı sınıflandırmaya göre farklı üretim

yöntemleri bulunan ağır sanayi tesisleridir. Bu tesislerde ham madde olarak gelen rulo saclar nihai ürün olan çelik boru oluşana kadar farklı aşamalardan geçer ve bu çalışmada üretimi yapılan çelik profil boru için izlenmesi gereken aşamalar şu şekilde sıralanabilir; dilme, form, kaynak, kalibre, kesim. Şekil 2.1'de üretim hattında izlenmesi gereken adımlar gösterilmiştir. Dilme prosesine giren rulo saclar, nihai ürün olan çelik profil boru olarak kesim prosesinden sonra istiflenip sevkiyata hazırlanır.



Şekil 2.1: Çelikten boru üretimi akım şeması (Url 2).

2.4.1 Dilme prosesi

Talep edilen özellikteki borulara uygun olarak rulo saclar belli genişliklerde kesilmektedir. Üretilecek olan boruların et kalınlığı, malzeme cinsi ve çapına göre sac dilme işleminde hangi sacın kullanılacağı, ne kadar genişlikte kesileceği belirlenmektedir. Talep edilen malzeme ve et kalındığında fazla sayıda rulo sac gerektiğinde, rulolardan artan kullanılabilir olan ve olmayan malzeme miktarını belirli genişlik ölçüsünde kesilecek olan ruloların yerleştiriliş şekli belirler (Terzi & Cihan, 2011).

Bant dilme prosesi üç ayrı adımda gerçekleşir. Rulo sac, metal şerit bıçaklara girdikten sonra şerit bıçaklar tarafından kesilir. Gerilme malzemenin çekme mukavemetine ulaşıncaya dek kesme işlemi devam eder ve artık bu aşamadan sonra şerit birbirinden ayrılır (Gürses, 2006).

2.4.2 Form prosesi

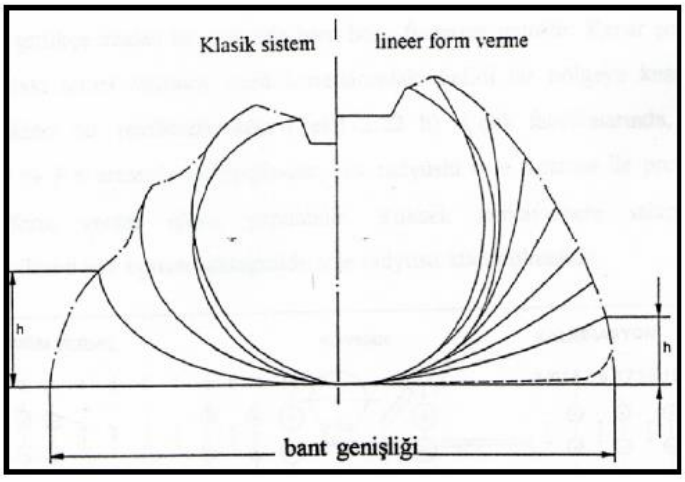
Metal şekillendirme terimi, iş parçasının (bir katı gövdenin) verisinin, iş parçasının malzemesinin kütlesinde veya bileşiminde bir değişiklik olmadan başka bir şekle dönüştürüldüğü bir grup imalat yöntemini belirtir (Lange, 1994). Form prosesine gelen dilimlenmiş rulo saclar düz şerit halinde yassı yapılardır ve makara sistemi sayesinde

form makaralarının arasında soğuk olarak şekil değiştirerek kaynak öncesi yuvarlak haldeki formuna getirilir.

Form verme prosesi; klasik ve lineer form verme üniteleri olarak iki grupta ele alınır ve bu çalışmada klasik form verme üniteleri kullanılmaktadır.

- Klasik form verme üniteleri: Bu üniteler oldukça uzun olur ve makara geometrileri ile makara gruplarının yerleşimi form vermenin tekrarlanabilirliği açısından zorluk çıkarır. Malzemenin akma dayanımı ve bant kalınlığındaki değişimler düzensizliklere sebep olur. Kaynak kalitesi ve üretim toleranslarındaki bozunmalara bu düzensizlikler yol açar. Bir kısmı direkt olarak şaftlarla tahrik edilen makaralarda aşınmadan kaynaklı farklı temas etkinliği, makaralarda farklı yük dağılımına sebep olur. Bu durum daha fazla güç sarfiyatına ve makaralarda aşınmanın fazla olmasına neden olurve bant ilerleme hızında ani değişimleri meydana getirir (Gürses, 2006).
- Lineer form verme üniteleri**:** Bu üniteler klasik sistemlere göre daha kısa olur ve bu da tekrarlanabilir ve homojen şartlarda form verme imkanı sağlar. Klasik form verme ünitelerinin aksine, lineer form verme ünitelerinde bant kenarlarının izlediği yol lineerdir (Gürses, 2006).

Klasik ve lineer form verme ünitelerinin karşılaştırılması Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Gürses, 2006).

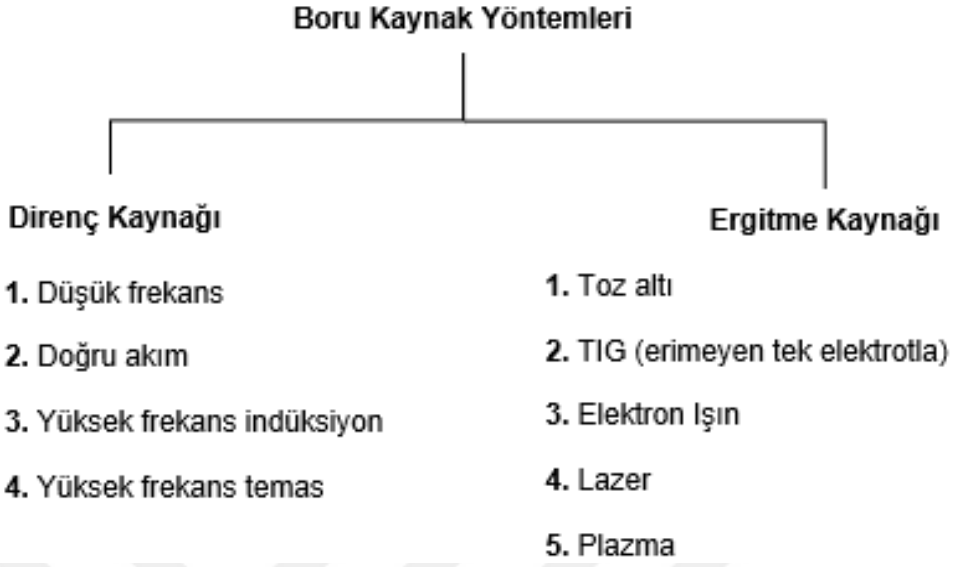


Şekil 2.2: Klasik ve lineer form verme ünitelerinin karşılaştırılması.

2.4.3 Kaynak prosesi

Profil boru oluşturulmasında ara ürün olarak kabul edilen dikişli borular iki farklı yol ile imal edilir. Bunlar yassı düz bant veya çelik levhanın boru biçimine getirilmesinden

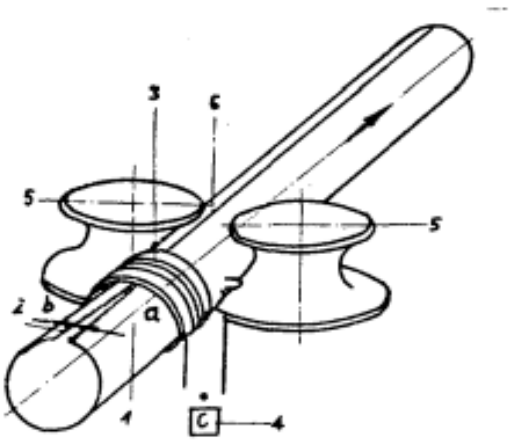
sonra boyuna veya spiral dikişle kaynatılması yöntemleridir. Dikişli boru üretiminde kullanılan kaynak yöntemleri Şekil 2.3'teki gibi sınıflandırılabilir (Gürses, 2006).



Şekil 2.3: Boru üretiminde kullanılan kaynak yöntemleri.

Bu çalışmada üretilecek profil boru için kaynak prosesinde yüksek frekans indüksiyon kaynağı kullanılmaktadır. Bu kaynak yöntemi sayesinde form prosesinden gelen yuvarlatılmış saclar, yüksek frekansla ısıtılarak kaynatma makaralarında uygulanan basınç sayesinde kaynatılır (Günay & Karadeniz, 2008). Yüksek frekans indüksiyon kaynağı, elektriksel dirence dayanan bir kaynak yöntemi olmakla birlikte elektrik akımı eritme direnci ve basınç uygulanma sebebiyle oluşan malzeme arayüzünde ortaya çıkan ısıyı kullanır. İlk yatırım maliyeti yüksek olan bu proses endüstriyel boyuna boru kaynağında yaygın olarak kullanılır. Bu nedenle, kaynak çalışmalarında maliyet ve malzeme tüketimi yüksek olma eğilimindedir (Santana, Paulo, & Modenesi, 2006).

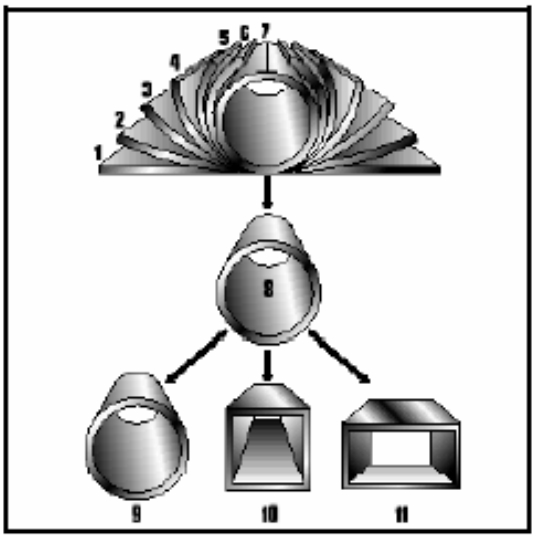
Şekil 2.4'te gösterilen yüksek frekans indüksiyon kaynağı çiziminde görüldüğü gibi çelik boru okun olduğu yöne doğru hareket ettirilir. Makaralar tarafından beslenen yüksek frekanslı indüksiyon bobini etrafında elektromanyetik alan meydana gelir ve bu alan boru çevresinde bir akım oluşturur. Yarı mamülün açık kısmından akım devresi saptırılarak indüktör düzlemine döner ve borunun arkasından dolaşarak devreyi tamamlar. Yüksek frekanslı akıma özgü olan yüzey efektinden dolayı akım, boru kenarlarının dış yüzeyinde konsantre olarak çıkar. Böylece kenarlar ısınır ve baskı makaraları sayesinde bastırılarak kaynak yapılır (Eren, 1991).



Şekil 2.4: Yüksek frekans indüksiyon kaynağı çizimi; 1) kaynamakta olan boru 2) boru açık ağzı 3) indüktör 4) generatör 5) basınç röleleri 6) kaynak noktası (Eren, 1991).

2.4.4 Kalibre prosesi

Kaynak prosesinden hemen sonra kaynak artıkları olan borunun iç ve dış çapakları temizlenir. Çelik boru, kalibre makaralarına doğru ilerlerken üretilmesi istenilen forma; yuvarlak, kare veya dikdörtgen formuna, getirilir (Günay & Karadeniz, 2008). Şekil 2.5'te gösterildiği üzere; dilme prosesinden çıkan düz şerit halindeki yassı yapılar form prosesinde yuvarlak halindeki forma getirildikten sonra kaynaklanır. Kaynak prosesinin tamamlanması ile yuvarlak yapıdaki boru istenilen forma kalibre edilir.



Şekil 2.5: Profil boru oluşturmanın şematik gösterimi (Url 3).

Teoride; dairesel bir borunun çevresi, dikdörtgen veya kare olan profilin çevresine yeniden şekillendirmede oluşan büzülme (ençekme) miktarının ilave edilmesi durumuna eşittir. Malzemede meydana gelen büzülme çoğunlukla profil borunun köşelerinde olur. Büzülmenin miktarının hesaplanmasında ve gereken dairesel boru

çevresinin bulunmasında malzeme deformasyonu analizi kullanılır ama malzeme deformasyonundaki karmaşıklıktan dolayı analitik çözüm alınamaz. Pratik bir yöntem olarak nümerik simülasyon büzülme miktarı hesaplanmasında kullanılabilir (Gürses, 2006).

2.4.5 Kesim prosesi

Nihai ürün olan çelik boru, hareketli döner testerelerle talep edilen boylarda kesilerek konveyörler ile üretim hattından ayrılarak istif alanine alınır (Günay & Karadeniz, 2008).

Kesim işleminde boru uçları ve bağlantı şekilleri standartlara göre hazırlanır. Hazırlanacak olan şekiller aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Eren, 1991);

- Düz Uçlu Borular: Sıcak ve soğuk olarak kesilebilen borular eksene dik olacak şekilde kesilir.
- Kaynak Ağızlı Borular: Boru ucunda talep edilen şekilde ve kaynak ağzı talaşlı imalat yöntemi ile hazırlanır.
- Dişli-Manşonlu Borular**:** Boru ucuna istenilen standartlara göre diş açıp bir uca manşon bağlanmasıdır. Manşonun boşta kalan ucuna ve borunun manşon bağlanmayan ucuna plastik veya metal tapa konur.

2.4.6 Çelikten boru üretiminde oluşan atıklar

Çelikten boru üretiminde oluşan atıkların en başında hurda atıkları gelmektedir. Üretim sonucu çıkan atıklar arasında en fazla miktarda oluşan atık olmasının yanı sıra geri dönüşümü yapılabilen değerli bir malzemedir. Ham madde girdisi hurda olan elektrikli ark ocaklı çelik üretiminde, makine imalat, enerji, madencilik, otomotiv, gemicilik ve ulaşım sektörleri ile savunma sanayi ve savunma araç ve ekipmanları gibi farklı alanlarda kullanılır (Yaşar, 2009).

Hurdanın yanında oluşan diğer atıklar ise kesme ve soğutma sıvılarından kaynaklanan tehlikeli ve tehlikesiz sınıfta yer alan atıklardır. Tehlike sınıfına uygun olan taşıma araçlarıyla bu atıklar gerekli tesislere iletilir.

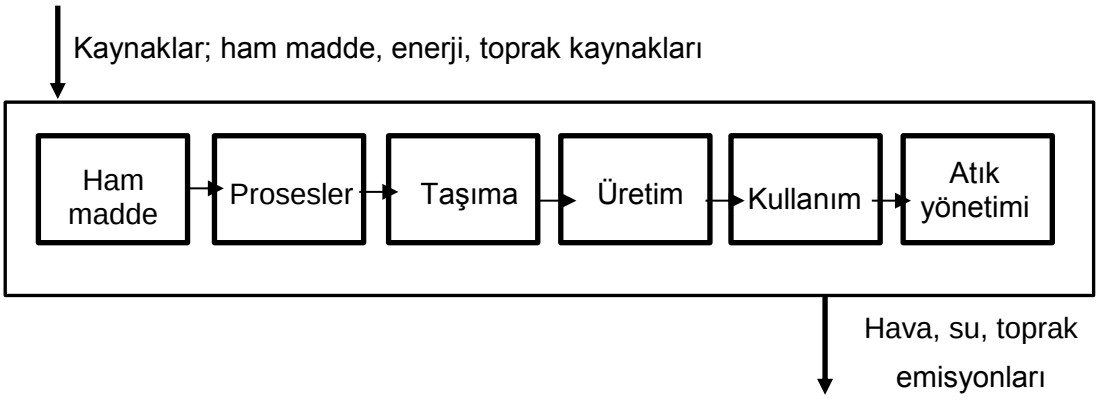
2.5 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesi kavramı 1970'lerin başında ortaya çıkmıştır ve 1990'lı yıllardan beri yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yöntemleri esas olarak Avrupa'da ve ABD'de geliştirilmiştir (Inaba & Itsubo, 2018). Çevre bilincinin artması ile birlikte sektörler faaliyetlerinin insan ve çevre üzerindeki etkilerini değerlendirme

başlamışlardır. Minimize etmek istedikleri çevresel etkiler için ürettikleri ürün veya hizmetin çevresel performansını izlemek ve geliştirmek bir çok firma tarafından avantajlı görülmüştür. Günümüzde hala geliştirilmeye devam edilen YDD kavramı çevresel etkilerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi için önemli bir yere sahiptir.

Yaşam döngüsü değerlendirmesini anlamak için yaşam döngüsü kavramını anlamak gerekir. Heijungs ve Guinee (2012)'ye göre yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir ürün sisteminin girdi, çıktı ve potansiyel çevresel etkilerini yaşam döngüsü boyunca derleme ve değerlendirme sürecini ifade eder (Heijungs & Guinee, 2012). Baumann ve Tillman (2004)'ın tanımı ise şu şekildedir; bir ürünün "Beşikten-Mezara" olarak tabir edilen; doğal kaynaklardan ham madde çıkartılmasından; üretim, kullanım ve imha edilme aşamalarının hepsini kapsar (Baumann & Tillman, 2004).

"Beşikten-Mezara" yaşam döngüsü modeli Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Kutular fiziksel prosesleri; oklar enerji ve madde akışını ifade etmektedir. Malzeme edinimi, üretim, enerjinin kullanımı, taşıma, atık oluşumu ve atığın geri dönüşümü ile bertarafına kadar tüm adımlar beşikten mezara yaşam döngüsü modelinde yer alır. YDD 'nde üretimin her adımının tek tek incelenmesi, iyileştirme çalışmalarında kolaylık sağlar. Bir ürün veya hizmet için yapılan YDD çalışmalarında sadece bir adıma odaklanarak zorlu olan değerlendirme süreci kolaylaştırılır. Bu yöntem sağladığı kolaylıklar sayesinde çevresel etkilerin belirlenmesi, karşılaştırılması ve değerlendirilmesi için yaygın olarak tercih edilir.



Şekil 2.6: Yaşam döngüsü modeli (Baumann & Tillman, 2004).

Yaşam döngüsü değerlendirmesi bir çok farklı alanda kullanılmaktadır. Ürün/proses geliştirme ve maliyet azaltımı ilk sıralarda yer alırken; çevresel önlemler alma, karar verme ve müşteri gerensinimleri ikinci sırada yer alır.

Hangi farklı alana uygulanacak olursa olsun YDD çalışmalarının hepsinin amacı benzerdir. Bu amaçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Environmental Building News, 2002a);

- Çevreye duyarlı ürün üretiminin yapılması
- Çevre kirliliğinin önlenmesi
- Doğal kaynakların korunması
- Çevresel eşitliğin sağlanması
- Ürün üretimi ve kullanımından oluşan sağlık risklerinin ve çevresel etkilerin azaltılması
- Çevre ile ilgili olan yönetmelik ve yasaların geliştirilmesi
- Çevre yönetim sistemlerinde yer alan çevresel performans değerlendirmesinin geliştirilmesi

2.5.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesinin başvurduğu standartlar

Çevre yönetimine olan ilginin artması ile geleneksel temelli bir yaklaşımdan sürekli gelişime odaklı yaklaşıma doğru ilerleme başladı. Çeşitli sektörlerde yapılan çalışmaların farklı yaklaşımlarla oluşturulması sektörler arasında kopukluk oluşturacağından çalışmaların standardize edilmesi önemli bir unsurdu. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), çevre yönetimine bir tür standardizasyon getirmek amacıyla, kuruluşların çevresel performanslarını artırmak için kullanılabilecek küresel standartları aşamalı olarak geliştirmiştir. Bu standartlar ISO 14000 çevre yönetimi bayrağı altında bir araya getirilmiş ve bir kuruluş içinde çevre yönetim sistemlerinin (EMS) nasıl uygulanacağı, ürünlerin çevre etiketlemesiyle ilgili yönergeler ve yaşam döngüsü değerlendirmesi olarak bilinen bir ürün veya hizmetin çevresel yükünü değerlendirmek için kullanılan bir yöntem YDD'ni içermektedir. (Ross & Evans, 2002).

Bu standart serisi ürünün ham madde temininden başlayıp müşterilere sunulan nihai ürün haline getirilene kadar geçen sürecin her adımında çevresel etkilerin belirlenmesi, bu etkilerin gerekli önlemler ve iyileştirmeler ile kontrol altına alınarak çevreye verilen zararın minimize edilmesini sağlar. Ayrıca bu standart bir ürün standartı olamamakla birlikte ne üretildiğiyle değil nasıl üretildiğiyle ilgilenir. ISO, 1990'ların sonuna doğru ISO 14000 Çevre Yönetim Standartı'na yardımcı olacak standartları çıkartmıştır. Çizelge 2.1'de bu standartlar serisi gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: ISO 140000-YDD serisi (Url 4).

Standart Adı	Sayı	Durumu
Çevre Yönetimi-YDD-Prensipler ve Çerçeve	ISO 14040	1.Baskı (1997)
Çevre Yönetimi-YDD-Amaç ve Kapsam Tarifi ile Envanter Analizi	ISO 14041	1.Baskı (1998)
Çevre Yönetimi-YDD-Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi	ISO 14042	1.Baskı (2000)
Çevre Yönetimi-YDD-Yaşam Döngüsü Yorumu	ISO 14043	1.Baskı (2000)
Çevre Yönetimi-YDD-Gereksinimler ve Kurallar	ISO 14044	1.Baskı (2006)

ISO standartlarının tüm ülkelerde uygulanabilir olması, çevre yönetiminde gelişimi sağlaması, toplum çıkarlarının öne çıkarılması, bilimsel, pratik ve uygulanabilir olması en önemli özelliklerindendir. Tüm ülkelerde uygulanabilir olması uluslararası yönetmeliklere ve kurallara uyumlu olacağından çevresel etkilerin değerlendirilmesinde ticaretteki engelleri en aza indirir. Türkiye'de ISO 14000 standartının kullanılması zorunlu olmasa da uluslararası firmaların uluslararası ticarette yerini almaları için bu standart serisini kullanmaları yüksek önem taşır.

Dünya standartlarına bakıldığında ince et kalınlığındaki profil boru üretimi için EN 10305-5'e göre üretim yapılmaktadır. Kalın et kalınlığına sahip profil boru üretimi için bu standartın yanı sıra; EN 10219, DIN 9411, ASTM A-500, BS 6363'e göre üretim yapılır.

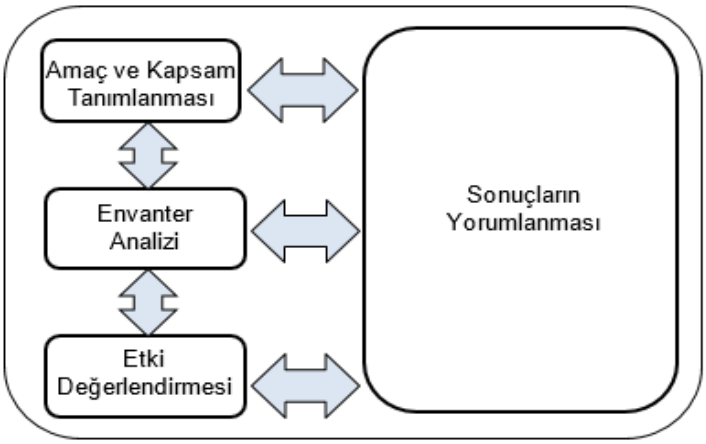
2.5.2 Yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisi

YDD prosedürünün temel aşamaları: amaç ve kapsam tanımlanması, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve sonuçların yorumlanmasıdır (Baumann & Tillman, 2004). Dört adımdan oluşan YDD'nin aşamaları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (White & Chester, 2014)

- Amaç ve kapsam tanımlanması: Çalışmanın amaçlarını, içeriğini ve ilgili seçimlerini belirlemek
- Envanter analizi: İlgili enerji ve malzeme girdilerinin ve çevre yayınlarının bir envanterinin derlenmesi

- Etki değerlendirmesi: Tanımlanan girdiler ve emisyonlar tarafından yaratılan potansiyel etkilerin hesaplanması
- Sonuçların yorumlanması: Her aşamada elde edilen sonuçların daha bilinçli bir karar verilebilmesi için yorumlanması

Yukarıdaki tanımlamalar ışığında YDD için metodolojik yapının işleyişi **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7: Metodolojik yapının işleyişi (White & Chester, 2014)

2.5.3 Amaç ve kapsam tanımlanması

ISO standardı gereksinimlerine dayanan amaç tanımı genellikle aşağıdaki altı durumu içerir:

- Sonuçların amaçlanan uygulamaları
- Metodolojik seçimler nedeniyle sınırlamalar
- Karar bağlamı ve çalışmayı yürütme nedenleri
- Hedef kitle
- Kamuya açıklanacak karşılaştırmalı çalışmalar
- Çalışmanın yetkili kişisi ve diğer etkili katılımcılar (Bjørn, Laurent, & Owsianiak, 2018)**.**

Çalışılacak ürün sistemi/sistemleri ve sistemin sağladığı fonksiyon gibi seçimler kapsam tanımı içerisinde yapılır (Heijungs & Guinee, 2012). Kapsam tanımı ayrıca bir dizi konuda ana taslağı belirler.

Diğer konuların yanında bunlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Sistem sınırları
- Etki kategorileri
- Belirsizliğin iyileştirilmesi (Heijungs & Guinee, 2012).

Fonksiyonel birim kavramsal olarak, YDD'den elde edilen sonuçların, daha büyük çevresel yüke sahip olan seçeneklerin düşük çevresel yüke sahip seçeneklerle değiştirilmesini teşvik etmek için kullanılabilecek şekilde tanımlanmıştır (Grant, 2009). Çalışmanın kapsam bölümünde yer alan fonksiyonel birim kavramı, ayrıca yapılan farklı çalışmaların birbirleriyle karşılaştırılması açısından büyük önem taşır.

YDD çalışmalarında bir sistem analizi yapıldığına göre, bu sistemin belirli sınırları olmalıdır. Sistem sınırı kavramsal olarak çalışmaya dahil edilen yaşam döngüsü aşamaları içinde çerçevelenir (Grant, 2009). Kavram bölümünde sistemin içine dahil edilen ve edilmeyen kısımlardan bahsedilerek sistem sınırlarına yer verilir.

2.5.4 Envanter analizi

Bir YDD'nin yaşam döngüsü envanter analiz safhasında, verilerin toplanması ve ürün sistemlerinin içindeki akışların modellenmesi yapılır (Bjørn, ve diğerleri, 2018). ISO yaşam döngüsü envanter analizini "Bir ürünün kullanım ömrü boyunca girdi ve çıktıların derlenmesi ve nicelleştirilmesini kapsayan yaşam döngüsü değerlendirmesinin aşaması" olarak tanımlar (Heijungs & Guinee, 2012). YDD'nin aşamalarında girdi çıktı envanteri toplanırken elde edilen sayılar, çalışmanın gerçeği yansıtması açısından önemlidir.

Yaşam döngüsü envanteri oluşturulurken beş basit adımdan yardım alınır (Curran, 1996);

- Alt amaçların tanımlanması
- Ürüne ait bilgilerin toplanması
- Bilgisayar modelinin oluşturulması
- Ürüne ait bilgilerin analizi
- Analiz sonucu eldesi

2.5.4.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesinde kullanılan bilgisayar modelleri

YDD'nde farklı amaçlar için farklı modelleme programlarına başvurulur. Modellerde üzerinde çalışılacak adımların tanımlı olup olmaması, tanımlı ise hangi süreçleri içerdiği, içeriğindeki çevresel etkiler ve daha bir çok nedenden ötürü çalışma alanına göre tercih edilen modeler değişkenlik gösterir. Kullanılabilecek bilgisayar modelleri; LEED Modeli, Athena Modeli, BEES Modeli, BRE Modelleri, Analytica Modeli, GaBi Modeli, TEAM Modeli, GB Tool Modeli, Woolley Modeli, Curwell ve March Modeli, Eco-Quantum Modelive SimaPro Modeli olarak sıralanabilir.

Çeşitli modeller arasında bu çalışmada kullanılmak üzere seçilen GaBi Modeli'dir. Bu model ürünlerin sürdürülebilir bilgi yönetiminde ve değerlendirilmesinde yaşam döngüsü yaklaşımı ile evrensel bir araç oluşturmaktadır. Enerji tasarrufu, çevre tasarımı, sera gazlarının etkisinin hesaplanması, yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevresel raporlar, risk yönetimi ve toplam maliyet hesaplanması gibi farklı konularda çözüm sağlamaktadır. Ayrıca GaBi senaryo analizi ve hassasiyet analizi yapılmasına olanak sağlar. Kullanılabilirliğinin kolaylığı, sürdürülebilir bilgi yönetimi ve değerlendirmesi olarak tanımlanması, çalışmada ele alınan ürüne ait yaşam döngüsü süreçlerinin tanımlı olması ve anlaşılabilir olması yönünden tercih edildi.

2.5.5 Etki değerlendirmesi

Etki değerlendirmesi; bir yaşam döngüsü değerlendirmesi aşaması olup bir ürün sisteminin potansiyel çevresel etkilerini, ürünün yaşam döngüsü boyunca büyüklüğü ve önemini anlamak ve değerlendirmeyi hedefler (Heijungs & Guinee, 2012).

ISO 14040/14044 standartları yaşam döngüsü etki değerlendirmesi için aşamaları zorunlu ve isteğe bağlı adımlar olarak ayırır (Rosenbaum, ve diğerleri, 2018):

Zorunlu adımlar:

- Etki kategorileri, kategori göstergeleri ve karakterizasyon modellerinin seçimi. (Pratikte, hali hazırda mevcut bir yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yöntemi seçilerek yapılır.)
- Sınıflandırma; yaşam döngüsü etkileri sonuçlarını, bilinen potansiyel etkilerine göre etki kategorilerine atama yapmak. (Pratikte, yaşam döngüsü etkileri veritabanı ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yazılımı tarafından otomatik olarak yapılır)

- Karakterizasyon; kategori gösterge sonuçlarının katkılarını belirlemek için envanter akışından farklı etki kategorilerine göre hesaplama yapmak. (Pratikte, YDD yazılımı tarafından otomatik olarak yapılır)

İsteğe bağlı adımlar:

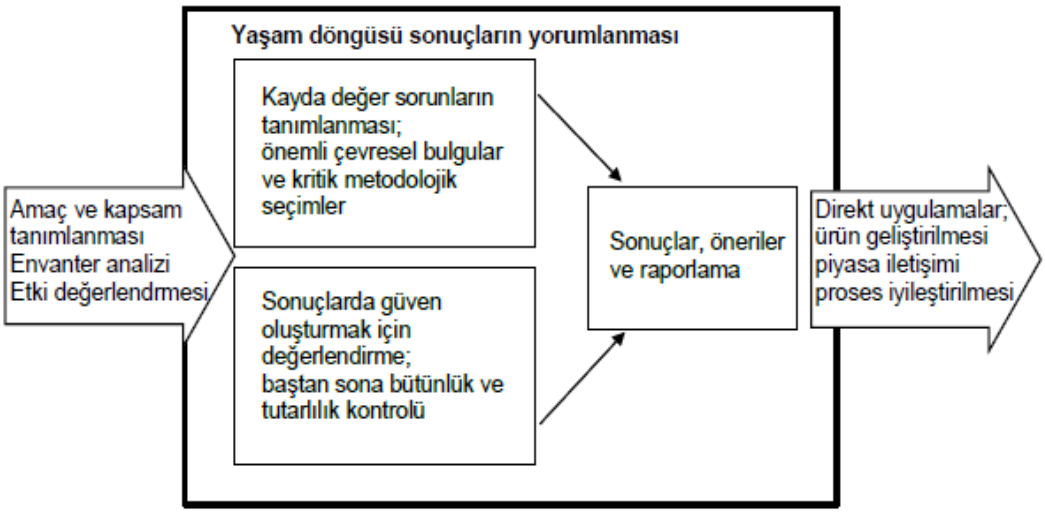
- Normalleştirme; bir referans sistemin sonuçlarına göre yaşam döngüsü etki değerlendirmesi sonuçlarını ifade etmek.
- Ağırlıklandırma; her etki kategorisine ağırlık vermek veya öncelik vermek.
- Gruplandırma; birkaç etki göstergesi sonucunun bir gruba toplamak.

Oluşacak etkilerin ilşkilendirileceği pek çok farklı etki kategorisi bulunmaktadır. İklim değişikliği, ozon tabakası incelmesi, asidifikasyon, ötrofikasyon, ekotoksisite bu etki kategorilerinden bazılarıdır (Heijungs & Guinee, 2012).

2.5.6 Sonuçların yorumlanması

YDD yaparken onlarca veri elde edilir. Toplanılan verilerin sunulmadan önce anlam kazanması açısından yorumlanması gerekir. ISO sonuçların yorumlanması aşamasını; içinde envanter analizi veya etki değerlendirmesi ya da her ikisinin bulguları olan sonuçlara ulaşmak için belirlenen amaç ve kapsamda ve öneriler ile ilgili yaşam döngüsünün bir aşaması olarak değerlendirilir (Heijungs & Guinee, 2012).

Sonuçların değerlendirilmesi aşamasında izlenmesi gereken adımların özeti Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8: Sonuçların değerlendirilmesi aşaması yapısı (Baumann & Tillman, 2004).

2.6 Boru Üretimi Üzerine Yapılmış YDD Çalışmaları

Sürdürülebilir üretim kavramı küresel ölçüde gün geçtikçe daha önemli bir konu haline gelmektedir. Hükümetler, farklı sektörlerin uyum sağlaması için destekte bulunmakta, endüstriye sürdürülebilir üretimi yerleştirmek amacıyla özen göstermektedirler. Sürdürülebilirliği sağlamak için odaklanılması gereken konu üretimin çevresel etkileridir. Üretimde karşılaşılacak herhangi bir çevresel problemin kaynağında yok edilmesi veya iyileştirilmesi sürdürülebilirlik üzerine atılan büyük bir adım olur.

Çevresel etkilerin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarına başvurulur. YDD sayesinde adım adım hangi etkinin hangi üretim prosesi ile ilişkili olduğu hesaplanır. Üretime ait envanterlerin toplanması ve YDD adı altında değerlendirilmesi ile diğer yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırabilecek sayısal veriler elimizde olur.

Bu çalışmada çelik profil boru üretimi için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Boru üretimi ile ilgili literatür araştırması yapıldığında büyük çoğunluğu büyük çaplı borulara ait YDD çalışmalarının oluşturduğu görülmektedir (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018). Diğer bir çalışma konusu farklı boru türlerinin karşılaştırılması üzerine yapılan yaşam döngüsü değerlendirmeleridir (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015). Bu boru türlerinin üretim, taşıma, kurulum ve kullanım aşamaları için çevresel etkilerin karşılaştırılması bu çalışmalarda yer alır (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).

Vahidi ve diğ. (2016), kanalizasyon sisteminde kullanılan farklı tip boruların çevresel etkilerini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla boru üretimi, taşınımı, kurulumu ve kullanımı aşamaları dahil edilen bir YDD yapmıştır. Çalışmada kullanılan altı farklı boru tipi şu şekildedir: kompozit elyaf takviyeli polimer (FRP), PVC, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), sünek demir, vitrifiye kil ve betonarme. Daha düşük kurulum maliyetleri, daha az sızıntı, daha yüksek korozyon ve sıcaklık değişimlerine karşı direnç ve boru alt yapı sistemlerinin ömrü boyunca daha az bakım sağlama hedefiyle yaşam döngüsü performansını iyileştirmek için YDD'ne başvurulmuştur. SimaPro yazılımının kullanıldığı bu çalışmada veriler Ecoinvent veri tabanından alınmıştır. YDD alt yapı sistemi için yapıldığından fonksiyonel birimi; 25.000 kişilik nüfuslu küçük bir kasaba ve 50 yılllık süre için gereken 1 km'lik kanalizasyon alt yapısı seçilmiştir (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016). Sonuçların değerlendirilmesi bölümünde dikkate alınacak olan çalışmanın aşamalarında dahil edilen ve edilmeyen adımlara ait bilgiler Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2: Çalışmaya ait sistem sınırları (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).

Aşamalar	Dahil edilen adımlar	Dahil edilmeyen adımlar
Üretim	Yaşam döngüsü analizi için düşünülen altı malzeme farklı çaplarda gelir ve 20 inçlik genelleştirilmiş bir boru ebadı göz önüne alınarak farklı ebatlarda değerlendirme yapılır. Yaşam döngüsü analizi yapmak için, her boru malzemesi için 1 km'lik bir uzunluk dikkate alınmıştır.	Üretim aşamasında kullanılan makinelerin imalatı ve bakımı
Taşıma	Taşıma mesafesi, yakıt tüketim, araç tipleri	Taşıma aracının üretimi ve bakımı
Kurulum	Hendek kurulumları nispeten dar kazılarda ve orijinal zemin yüzeyine uzanan toprak dolgusu ile kaplı boru hattı yapılmıştır. Kanalizasyonlar, drenajlar ve su şebekesi genellikle hendekte inşa edilir.Birleştirme prosesi çalışmaya dahil edilmiştir.	Tesisat ekipmanlarının üretimi ve bakımı, ayrıca işlem sırasında tüketilen yakıtlar.
Kullanma	Pompalama istasyonlarını kullanarak atıksu iletimi sırasındaki sürtünme kayıpları ve enerji tüketimi	Yerçekimi ile atıksu iletimi sırasındaki sürtünme kayıpları

Sünek demire ait etki değerlerinin de gösterildiği bu çalışmaya ait sonuç değerleri Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Bu çalışmada sünek demire ait değerlendirilen etki kategorileri kapsamlıdır ve ayrıca çelik profil boru ile materyal olarak en yakın boru tipi olduğu için karşılaştırmak üzere sonuçları incelenmiştir (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016). Çizelgeden de görüleceği gibi sünek demir yüksek ve düşük karbon içerikli olmak üzere iki çeşit üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çizelgede sünek demirin üretim, taşıma ve kullanım aşamalarına ait çevresel etki değerleri verilmiştir. Sünek demir boru üretiminin, döküm işlemi için gerekli olan fazla malzeme ve elektrik miktarından dolayı tüm çevresel etki kategorilerinde diğer boru türlerinden daha fazla etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Taşıma ve kurulum aşamalarının diğer aşamalardan daha az etkiye neden olduğu açığa çıkmıştır (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).

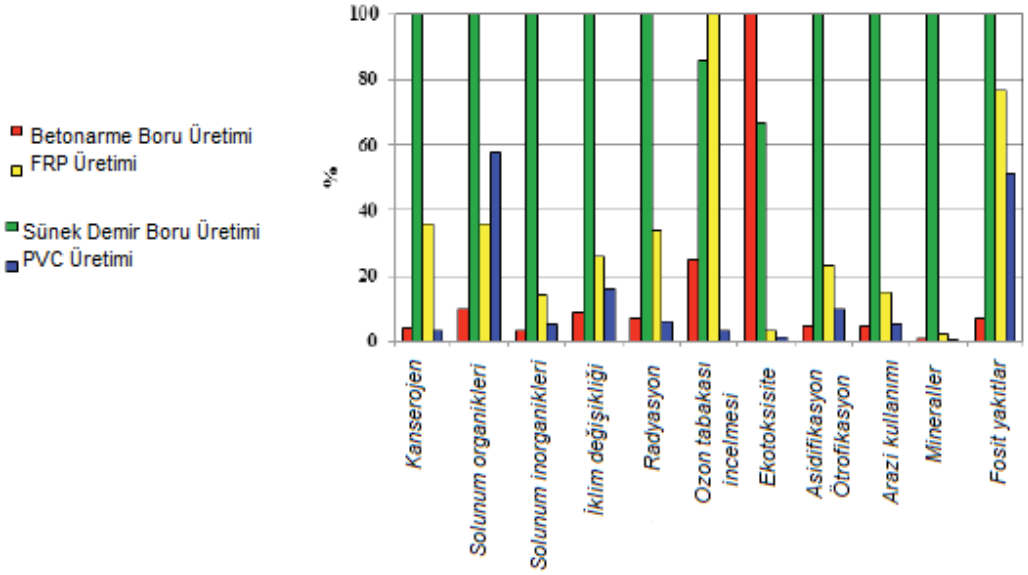
Çizelge 2.3: Sünek demire ait etki değerleri bilgisi (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2016).

Etki Kategorileri	Birim	Üretim	Taşıma	Kullanma	
				Yüksek karbon içerikli	Düşük karbon içerkli
Ozon tabakasının incelmesi	kg CFC-11 eşd.	1,18E−02	6,12E−05	3,63E−06	3,38E−06
Küresel ısınma	kg CO_2 eşd.	3,89E+05	7,10E+02	2,02E+05	1,88E+05
Hava kirliliği	kg O_3 eşd.	2,46E+04	1,84E+02	1,42E+04	1,32E+04
Asidifikasyon	kg SO_2 eşd.	2,37E+03	6,00E+00	1,74E+03	1,62E+03
Ötrofikasyon	kg N eşd.	6,77E+02	7,02E−01	2,56E+01	2,38E+01
Kanserojen etki	CTUh	1,07E+00	3,04E−05	1,48E−04	1,38E−04
Kanserojen olmayan etki	CTUh	2,33E+00	5,46E−05	4,29E−03	3,99E−03
Solunum yolu etkisi	kg $PM_{2,5}$ eşd.	4,00E+02	8,25E−01	8,47E+01	7,88E+01
Ekotoksisite	CTUe	1,24E+07	1,40E+03	1,54E+04	1,44E+04
Fosil yakıt tüketimi	MJ	2,28E+05	1,48E+03	3,35E+04	3,11E+04

Vahidi ve diğ. (2015)'nin yaptığı başka bir çalışmada atıksu taşınımı ile ilgili olmuştur. SimaPro yazılımı kullanılan bu çalışmada dört farklı boru tipi ele alınmıştır: sünek demir, betonarme, PVC ve takviyeli polimer (FRP). Ham madde edinimi ve üretim, taşıma, kullanım, bakımı kapsayan bu çalışmada fonksiyonel birim 200.000 kişilik nüfuslu bir yerde 50 yıllık süre için kişi başına düşen günlük atık su miktarı m^3 cinsinden seçilmiştir (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015).

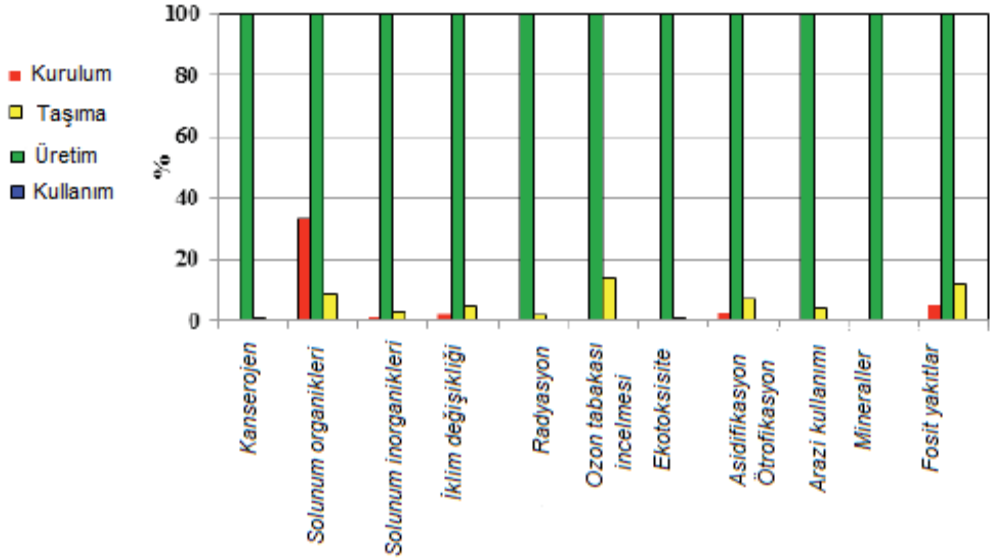
En fazla etki değerinin üretim aşamasında çıktığı belirlendikten sonra incelenen dört farklı boru tipinin üretim aşamaları karşılaştırılmıştır. Şekil 2.9'da dört farklı boru tipinin

üretim aşamalarına ait etki değerleri gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi sünek demir üretiminin diğer boru tiplerinin üretimine kıyasla, etki kategorilerinin çoğunluğunda en fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015).



Şekil 2.9: Dört farklı boru tipinin üretimi için etki değerlerinin karşılaştırılması (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015).

Çelik profil boru ile material olarak yakın olan sünek demirin farklı aşamaları için etki değerleri Şekil 2.10'da verilmiştir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da en fazla etkinin üretim kısmından çıktığı görülmüştür (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015).



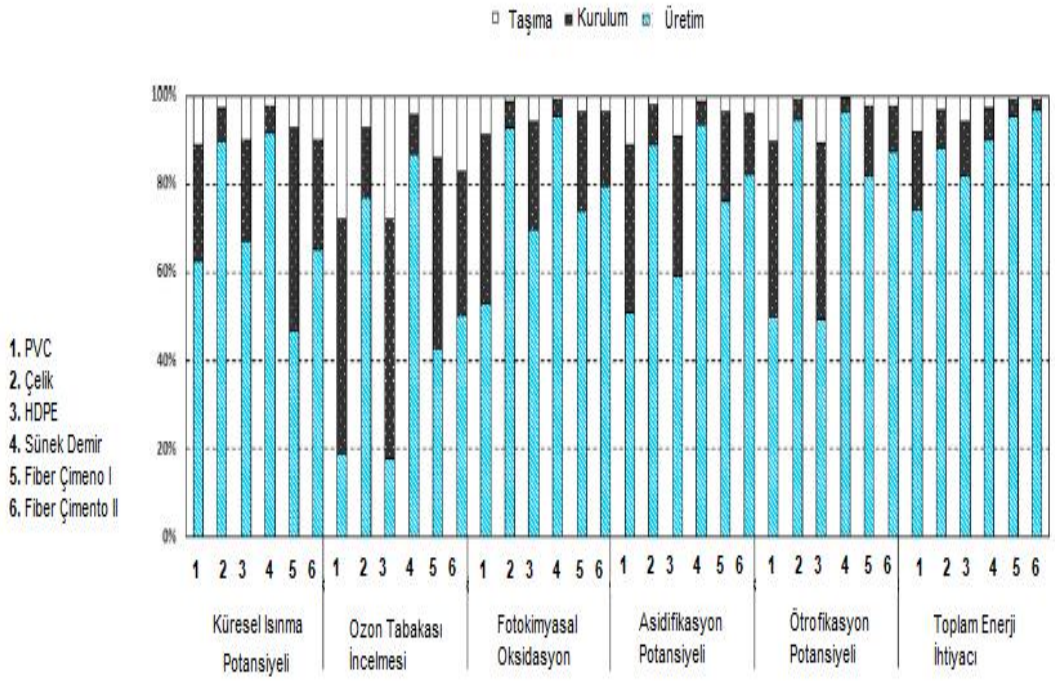
Şekil 2.10: Sünek demirin farklı aşamaları için etki değerleri bilgisi (Vahidi, Jin, Das, Singh, & Zhao, 2015).

İçme suyunun dağıtılması ile ilgili bir başka çalışma da Hajibabaei ve diğ. (2018) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, su taşınımı ve dağıtımı ağında yaygın olarak kullanılan borulardan beş türü için oluşturulan çevresel etkisini değerlendirilmesi ve en az çevresel etkiye sahip olan boru türünün belirlenmesi olmuştur. Seçilen boru türleri şunlardır: polivinil klorür (PVC), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), sünek demir (DI), fiber çimento ve çelik. Bu çalışmanın sistem sınırları su taşınımı ve dağıtımı ağının boru üretim, taşıma ve kurulum aşamalarında yürütülen faaliyetleri olarak şeçilmiştir. Fonksiyonel birimi 200 mm çaptaki maksimum 10 bar basınca dayanıklı 1 metre boru olarak seçilmiştir. Analizde çalışmanın aşamalarına dahil edilen ve edilmeyen adımların özeti Çizelge 2.4'te verilmiştir (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018).

Çizelge 2.4: YDD sistem sınırları (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018).

Aşamalar	**Dahil edilen adımlar**	**Dahil edilmeyen adımlar**
Üretim	Ham madde, boru üretimi ekipmanı, boru için koruyucu kaplama	Üretim aşamasında kullanılan makinelerin imalatı ve bakımı
Taşıma	Taşıma mesafesi, yakıt tüketim, araç tipleri	Taşıma aracının üretimi ve bakımı
Kurulum	Boru tesisatının çevresel etkileri (ekskavatör, sıkıştırma için merdane), hendekler için gereken malzemeler (kum, çakıl, beton)	Tesisat makinelerinin üretimi ve bakımı, boru hattı susuzlaştırma, boru hatlarının hidrostatik testi

Şekil 2.11'de 200 mm çapındaki farklı boru türlerinin farklı aşamaları için çevresel etkilerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 2.11: Farklı boru türleri ve aşamları için çevresel etkilerin karşılaştırılması.

Ozon tabakası incelmesi etki kategorisinde PVC ve HDPE borularında en fazla etkiyi kurulum aşaması oluştururken; geriye kalan etki kategorilerinin hepsinde en fazla etkiyi, diğer çalışmalarda da olduğu gibi üretim aşaması oluşturmuştur. 200 mm çapındaki farklı boru türlerinin üretim aşaması için çeşitli kategorilerindeki çevresel etki değerleri Çizelge 2.5'te karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak üretim aşamasında sünek demir bir çok etki kategorisinde en fazla etkiye sahip çıkmış ve bunu çelik boru türü takip etmiştir. (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018).

Çizelge 2.5: Farklı boru türlerine göre üretim aşamasının çevresel etki değerlerinin karşılaştırılması (Hajibabaei, Nazif, & Sereshgi, 2018).

Etki Kategorileri	Birim	Çelik	HDPE	Fiber çimento	Sünek demir	PVC
KIP	kg CO_2 eşd./m	0,20E+02	0,04E+01	0,02E+01	0,04E+02	0,18E+01
OTİP	kg CFC-11 eşd./m	0,24E-06	0,11E-07	0,05E-06	0,05E-05	0,06E-07
FOOP	kg C_2H_4 eşd./m	0,18E-02	0,09E-03	0,02E-02	0,12E-02	0,04E-03
AP	kg SO_2 eşd./m	0,17E-01	0,12E-02	0,04E-01	1,80E-01	1,00E-02
ÖP	Kg PO_4^{-} eşd./m	0,03E-01	0,02E-02	0,03E-01	0,22E-01	0,02E-02
Toplam enerji ihtiyacı	MJ/m	0,03E+03	0,08E+02	0,47E+03	0,02E+03	0,06E+02

Çizelge 2.6: Çalışmalara dahil edilen adımların özeti (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b).

Aşamalar	Dahil edilen adımlar
Ham madde temini	Üretimi yerel kaynaklı hammaddelerle başlar. Hammadde temini, hammadde çıkarımı ve üretim öncesi ön işlem proseslerini içerir.
Ham maddenin taşınması	Nakliye, hammadde ve diğer yardımcı malzemelerin tesise teslimi ve tesis içindeki malzemelerin taşınması ile ilgilidir.
Üretim	İmalat, rulodan boruya şekillendirme ile başlar. Oluşan boru iç ve dış kaynak ile devam eder. Oluşan boru kaplama için kaplama tesisine aktarılır. Son ürünler daha sonra teslim edilmek üzere kalite kontrol edilir.
Ürünün taşınması	Nihai ürünün şantiyeye taşınması, 2018 yılında müşterilere yapılan nakliye için ağırlık ortalama değerleri olarak alınmıştır.

Boru üretimi için YDD yapılan iki çalışmaya ait sistem sınırları Çizelge 2.6'da gösterilmiştir (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b). Çizelge 2.7'de kaplamalı çelik profil boru üretimi verilmiştir (Emek Boru, 2019-a). Kaplamasız çelik profil boru üretiminde de ham madde temini, ham maddenin taşınması, üretim ve malzemenin taşınması adımları çalışmaya dahil edilmiştir fakat bu profil borunun üretim aşamasında borunun kaplama tesisine aktarılması yoktur (Emek Boru, 2019-b). Çizelge 2.8'de kaplamasız çelik profil boru üretimine ait çevresel etki değerleri verilmiştir (Emek Boru, 2019-b). İki çizelge karşılaştırıldığında iki boru çeşidi arasında çok büyük farklar olmasa da bazı etki kategorilerinde kaplamasız çelik profil boru üretiminin daha yüksek çevresel etki değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada ele alınan boru türleri inşaat, mobilya, otomobil gibi farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Üç farklı boru türününde aynı sektörde, birbiri yerine kullanımı zordur. Farklı sektörlerde kullanılan bu tür profil boru üretimi üzerine yapılan çalışmanın olmadığı literatür araştırması sonucu görülmüştür. Bu çalışmada yapılan profil boru üretimine benzer çalışmanın olmaması aynı zamanda yapılan bu çalışmanın önemini de arttırmaktadır.

Çizelge 2.7: Kaplamalı çelik profil boru üretiminin çevresel etki değerleri (Emek Boru, 2019-a).

Etki Kategorileri		Birim	Üretim Aşaması		
			Ham madde temini	Taşıma	Üretim
Küresel Isınma	Fosil	kg CO_2 eşd.	2.289	45,6	50
	Biyojenik		1,37	0,003	0,084
	Arazi Kullanımı		0,834	0,001	0,430
	Toplam		2292	45,6	50.5
Ozon tabakası incelmesi		kg CFC^{11} eşd.	$119x10^{-6}$	$8,66x10^{-6}$	$2,05x10^{-6}$
Asidifikasyon potansiyeli		kg SO_2 eşd.	9,87	0,143	0,259
Ötrofikasyon potansiyeli		kg PO_4^{3-} eşd.	8,13	0,017	0,154
Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli		kg C_2H_4 eşd.	1,35	0,007	0,009
Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan kaynaklardan)		kg Sb eşd.	0,031	$144x10^{-9}$	$5,20x10^{-6}$
Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)		MJ	24956	673	571
Kuraklık		m^3 eşd.	832	2,87	26,1

Çizelge 2.8: Kaplamasız çelik profil boru üretiminin çevresel etki değerleri (Emek Boru, 2019-b).

Etki Kategorileri		Birim	Üretim Aşaması		
			Ham madde temini	Taşıma	Üretim
Küresel Isınma	Fosil	kg CO_2 eşd.	2443	30,3	28,8
	Biyojenik		1,33	0,002	0,048
	Arazi Kullanımı		0,92	0,001	0,247
	Toplam		2446	30,3	29,1
Ozon tabakası incelmesi		kg CFC^{11} eşd.	$129x10^{-6}$	$5,83x10^{-6}$	$1,19x10^{-6}$
Asidifikasyon potansiyeli		kg SO_2 eşd.	10,7	0,058	0,149
Ötrofikasyon potansiyeli		kg PO_4^{3-} eşd.	9,01	0,008	0,089
Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli		kg C_2H_4 eşd.	1,47	0,004	0,005
Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan kaynaklardan)		kg Sb eşd.	0,035	$8,4x10^{-9}$	$2,99x10^{-6}$
Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)		MJ	24926	453	329
Kuraklık		m^3 eşd.	898	1,95	15,3

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu YDD çalışması 40 mm*40 mm ölçülerinde, 1,50 mm ve 3 mm et kalınlığına sahip 6 metre uzunluğunda iki farklı sac türünden üç farklı profil boru üretiminin çevresel etkilerini değerlendirmek ve karşılaştırmak amacı ile yapılmıştır. Tesisin üretim hattındaki her proses detaylı ele alınarak girdi çıktı envanterleri belirlenmiştir. Üç profil boru tipi birbiriyle karşılaştırılırken normalizasyon yapılmıştır. 1.tip profil boru üretimine ait değerler %100 kabul edilmiş; diğer iki tip profil borunun değerleri bu kabule göre normalize edilmiştir. GaBi yazılımı ile Ecoinvent veri tabanı, CML 2001 metodu (Guinée, ve diğerleri, 2001) ile çevresel etkilerin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Ham maddenin üretim tesisine taşınması, profil boru üretimi prosesleri, harcanan enerji miktarı, üretim sonucu oluşacak atıklar bu çalışmanın kapsamındadır. Nihai ürün olan profil boru ile bozuk nihai ürünün sevkiyatı YDD çalışmasına dahil edilmemiştir.

Etki kategorileri çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda, Abiyotik Tüketim Potansiyeli element (ATP element) , Abiyotik Tüketim Potansiyeli fosil (ATP-fosil), Asidifikasyon Potansiyeli (AP), Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP), Tatlı Su Canlılarına Ekotoksisite Potansiyeli (TCETP), Küresel Isınma Potansiyeli (KIP), İnsana Toksisite Potansiyeli (İTP), Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli (OTİP), Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli (FOOP) ve Karasal Ekotoksisite Potansiyeli (KETP) olarak belirlenmiştir.

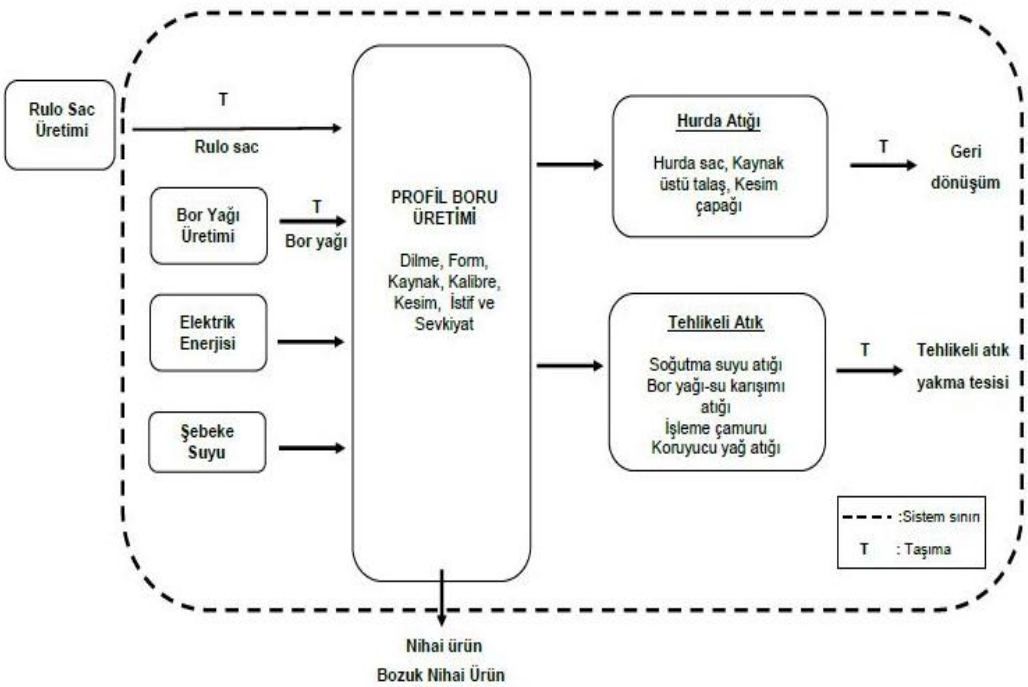
Bu çalışma sonucunda oluşacak çevresel etkilerin azaltılması için duyarlılık analizine başvurulmuştur. Duyarlılık analizi kapsamında; iki farklı yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı senaryoları ile şebeke elektriği kullanılarak yapılan profil boru üretimine ait etki değerleri kıyaslanmıştır. Üç farklı enerji kaynağı birbiriyle karşılaştırılırken normalizasyon yapılmıştır. Şebeke elektriği kullanımına ait değerler %100 kabul edilmiş; diğer iki tip enerji kaynağının etki değerleri bu kabule göre normalize edilmiştir.

3.2 Fonksiyonel Birim

Yapılan çalışmada iki ayrı fonsiyonel birim belirlenmiştir. Bunlardan ilki; 40 mm*40 mm ölçülerinde, 1,50 mm ile 3 mm et kalınlığına sahip ve 6 metre uzunluğundaki profil borudan bir ton üretim olarak seçilmiştir. İkincisi ise; 40 mm*40 mm ölçülerinde, 1,50 mm ile 3 mm et kalınlığına sahip profil borudan bir metre uzunluğunda üretim olarak seçilmiştir. Bütün çevresel etkiler bu iki fonksiyonel birim üzerinden modellenmiş ve değerlendirilmiştir.

3.3 Sistem Sınırları

Profil boru üretim tesisi için ham madde temini, üretim, taşıma ve atıkların yönetimi aşamalarını ele alarak yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 3.1'de YDD açısından değerlendirilecek tüm aşamalar gösterilmiştir. Farklı firmalardan alınan rulo halindeki sacların tesise taşınması; üretimde kullanılan bor yağının üretilmesi ve tesise taşınması; dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim prosesleri ve bu proseslerden oluşan atıkların tesisten taşınması ile atıkların yönetimi bu çalışma içerisinde yaşam döngüsü değerlendirmesine dahil edilmiştir. Ayrıca bozuk nihai ürün ve nihai ürün sevkiyat işlemi için herhangi bir hesaplama yapılmamıştır.



Şekil 3.1: Profil boru üretimi yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırları.

Çevresel etki değerlendirmesi yapılırken rulo sac üretimi sistem sınırları içerisine dahil edilmemiştir. Çünkü rulo sac üretimi, üç profil boru tipi içinde etki kategorilerinde çok yüksek değerlere sahip olmuştur ve geriye kalan faktörlerin birbirleriyle

kıyaslanmasını zorlaştırır. Bu sebepten ötürü incelenen tesis içerisinde optimize etmek amacıyla kontrol edilebilinecek faktörlere odaklanılmıştır.

3.4 Veri Toplama ve Modelde Kullanılan Prosesler

Veri toplama ve hesaplamalar yaşam döngüsü değerlendirmesinde en önemli adımlardan biridir. Bu çalışmada veriler gerçek bir tesiste yapılan ve iki ay süren çalışmalar sonucu toplanmıştır. Yapılan kabuller ve hesaplamaların tutarlılığı çalışmanın sonucunu önemli ölçüde değiştireceğinden, bu konuda tesisteki ehil kişilerden yardım alınmıştır. Oluşturulan envanter bilgisine göre model oluşturulmuş ve bu modelde kullanılan prosesler Çizelge3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Ecoinvent modelinde kullanılan prosesler.

Üretimdeki Prosesler	Ecoinvent Modelinde Seçilen Proses
Bor yağı üretimi	RER: lubricating oil production ecoinvent
Elektrik enerjisi	TR: market for electricity, medium voltage ecoinvent
Şebeke suyu	RoW: tap water production, conventional treatment ecoinvent
Hurda atık geri dönüşümü	RER: metal working, average for steel product manufacturing ecoinvent
Tehlikeli atık yakma işlemi	RoW: treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration ecoinvent
Kamyon ile taşıma	RER: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 ecoinvent
Kamyonet ile taşıma	RER: transport, freight, lorry 7,5-16 metric ton, EURO4 ecoinvent

Modellemede temel senaryo olarak Türkiye şebeke elektriği kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Türkiye'nin enerji üretimi, temel enerji kaynağı olarak başta doğal gaz (%49), linyit (%21) ve taşkömürü (%7) olmak üzere fosil yakıtlara dayanmakta ve buna ilave olarak hidro enerji kullanılmaktadır (Itten, Stucki, & Frischkecht, 2012).

4. PROFİL BORU ÜRETİMİNİN PROSESLERİ

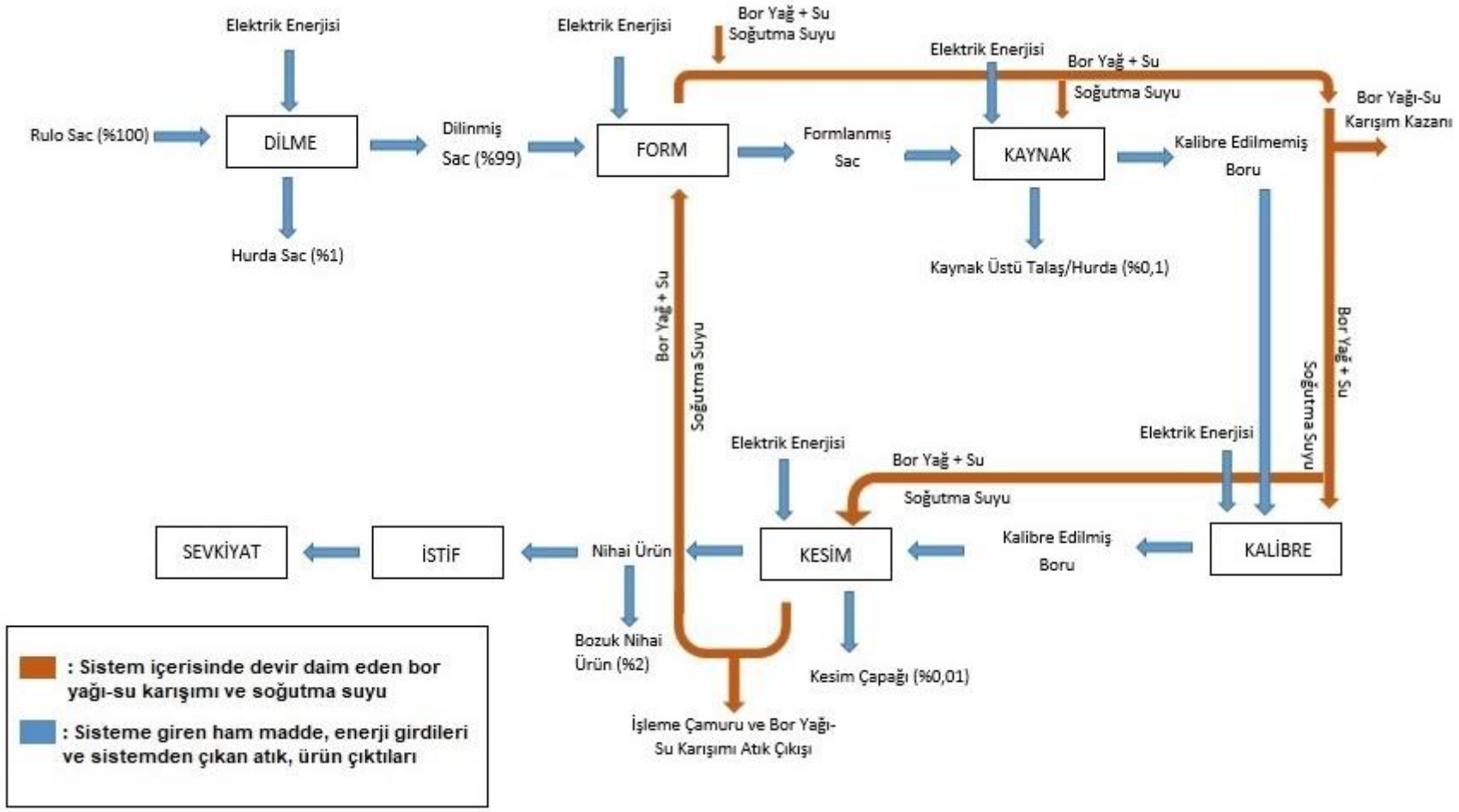
Dikişli boru ve dörtgen kesitli profil imalatı, rulo sac boy kesme ve dilme işlemleri yapılan üretim tesisi, İstanbul İli Tuzla İlçesi, Aydınlı İstanbul AYOSB adresinde yer almaktadır. Dikişli boru ve dikdörtgen profil üretimi, sıcak haddelenmiş yada soğuk haddelenmiş ruloların istenilen ölçülerde dilimlenmesi sureti ile elde edilmiş bantlardan ileri teknoloji kullanılarak üretilir. Dilimlenmiş rulo saclar bir dizi makara sistemi ile form makaralarının arasında soğuk şekil değiştirilerek yuvarlak hale getirilir. Yüksek frekansla ısıtılan yuvarlatılmış sac, kaynatma makaralarında uygulanan basınç yardımıyla kaynatılır. Bu kaynak işlemi yüksek frekans indüksiyon basınç yöntemi (ERW, HF) olarak adlandırılmaktadır. Kaynak noktasından hemen sonra borunun iç ve dış çapak tabir edilen kaynak artıkları bor yağı-su karışımı ile temizlenir. Boru, kalibre makaralarına doğru ilerlerken yuvarlak, kare veya dikdörtgen formlarına dönüştürülür. Malzemeler, sanayi borusu ya da kare ve dikdörtgen profil olarak şekillenir. Nihai ürün, hareketli soğuk testerelerle istenilen boylara göre kesildikten sonra istif sehpasına otomatik olarak dizilir ve paketleme sevkiyatı yapılır. Üretim faaliyetlerinin ayrıntılarına Bölüm 4.1'de, değinilecektir.

4.1 Üretim Prosesleri

Üretim hattının ilk adımı dilme prosesinden oluşmaktadır, bu adımı form, kaynak, kalibre ve kesim prosesleri ile istif ve sevkiyat takip eder. Üretim iş akım şeması. Şekil 4.1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Üretimin ilk adımı olan dilme prosesinde firmaya rulo halinde gelen geniş ölçekli saclar açılır ve işlem görecekleri ebatlara uygun olarak kesilir. Böylece üretim hattının kesintisiz çalışması için gerekli olan eşit ölçülerde saclar elde edilmiş olur. Dilme prosesine tek seferde 1 ile 30 ton arasında sac girişi olabilir. Proses sonucunda üretim hattına alınan sacın az bir kısmı hurda olarak ayrılır. İşlem sonucunda dilinmiş sac elde edilir. Elektrik enerjisiyle çalışan kompresör atmosferden alınan havayı yüksek basınçlara sıkıştıran motorlu bir makinedir ve dilme prosesinde sacın ilerlemesi için gerekli olan basınçlı hava kompresör ile sağlanır.

Dilme prosesinden sonra istif ve sevkiyat hariç her prosese bor yağı ve su karışımı girdi-çıktısı vardır. Aynı şekilde soğutma suyu da üretimin bu kısmında devir daim



Şekil 4.1: Üretim iş akım şeması.

yapmaktadır. Bor yağı-su karışımı ile soğutma suyunun devir daim ettiği proses adımları şunlardır; form, kaynak, kalibre ve kesim.

Form prosesinde, dilme işleminden çıkmış olan dilinmiş sac işleme alınır ve silindir şeklinde formlanmış sac olarak hurda kaybı olmadan, kaynak formuna hazır halde prosesten çıkar. Bir önceki proseste olduğu gibi burada da kompresörün sağladığı basınçlı hava sayesinde makinedeki merdanelerin dönmesi sağlanır.

Üçüncü adım kaynak prosesidir. Boru formuna gelen sacı kaynatma çapında tutup, kaynattıktan sonra formunu korumak amacıyla kullanılır. Yüksek frekans kaynak makinesi tarafından kenarları ısıtılan boru bandının üçlü merdaneler vasıtası ile sıkıştırılarak kaynatma işlemi yapılır. Kaynatma işlemi tamamlanan borunun dış çapağı alınır. Buna kaynak üstü talaş denilmektedir. Kaynak üstü talaş hurda olarak ayırt edilir ve miktarı formlanmış sacın az bir kısmını oluşturur. Kaynak prosesinin çıktısı olan yarı ürüne kalibre edilmemiş boru denilmektedir.

Dördüncü adım olan kalibre prosesi, bazı özel şekilli (dikdörtgen ve kare kesitli) kaynaklı profillerin üretilmesinde kullanılır. Prensip olarak form prosesi ile aynı olarak çalışmaktadır. Borunun nihai çapına getirildiği kısımdır. Kaynak işleminden çıkan kalibre edilmemiş boru, bu prosese girerek kalibre edilmiş boru olarak yarı ürün halinde çıkar.

Beşinci adımı olan kesim prosesinde bir önceki proses olan kalibreden gelen, kalibre edilmiş boru soğuk testere ile istenilen boylarda kesilir. Proses sonucu kesim çapağı oluşur. Ayrıca bu adımda elde edilen nihai ürünün belli bir kısmı bozuk nihai ürün olarak ayrılmaktadır. Bu ürün genelde kaynağı tutmamış, mukavemeti düşük borulardan oluşur ve hurda olarak gönderilir.

Son adım olarak testereden kesilmiş olarak gelen ürünler istif alanına alınır ve bu alana alındıktan sonra sevkiyat gerçekleşir. Nihai ürünler ambalajlanmadan müşterilere gönderilir.

4.2 Üretimde Kullanılan Saclar

Rulo halinde tesise gelen saclar yurt içinde farklı firmalardan satın alınmaktadır. Alınan bu saclar ambalajsız olarak üretim tesisine taşınır. Rulo saclar tesise kamyonlar ile taşınır, sacları taşıyan kamyonların hepsi dizel araçlardır.

Sacların içerikleri aynıdır fakat yüzdesel olarak içerdiği kimyasal bileşenler değişiklik gösterebilir. Dikişli boru ve dörtgen kesitli profil imalatı, rulo sac boy kesme ve dilme

işlemleri yapılan bu tesiste kullanılan dört farklı malzeme tipi bulunmaktadır. Bunlar siyah malzeme, soğuk rulo, asitli rulo ve son olarak galvanizli rulodur.

Yüksek fırınlardan uzun şeritler halinde slap denilen, çeşitli hurda ve metallerin ergitilmesiyle oluşan malzeme çıkar. Çıkan bu malzemeden belirli ebatlarda saclar oluşturulur, oluşan saclara sıcak haddeleme işlemi yapıldıktan sonra siyah malzeme ortaya çıkar. Sıcak veya soğuk olmak üzere iki çeşidi olan haddelemenin amacı; malzemenin kalınlığını azaltmaktır. Bu işlem basitçe, kendi eksenleri etrafında dönen iki merdane arasından sacın geçirilmesi ile yapılır. Sıcak haddeleme işleminden çıkan sıcak malzeme soğumaya bırakılır. Soğumaya bırakılan bu malzemelere soğuk halledeme işlemi yapılırsa, soğuk rulo denilen malzeme oluşur. Eğer ilk haddeleme sonucu oluşan malzeme, asitlenirse asitli malzeme oluşur. En son oluşan malzeme ise galvanizli rulodur.

Kullanılan dört malzeme arasında sertlik, kalite ve oksitlenme farkı vardır. Siyah malzemeden galvanizli rulo oluşumuna giderken oksitlenme (paslanma) oranı azalmaktadır. Paslanma saclarda birçok değeri ama özellikle kaliteyi etkilediği için istenmez. Aynı zamanda borunun çok sert olması da istenmeyen özellikler arasındadır. Çünkü sertlik arttıkça boruya şekil vermek ve borunun kaynağı tutması zorlaşır. Borunun sertliği müşteri isteğine göre belirlenir. Borunun et kalınlığı, çapı da müşteri isteğine göre değişkenlik gösterir. Boru uzunluğu standart olarak genelde 6 m olarak üretilmektedir fakat özel boy istendiğinde nadir de olsa o şekilde üretim de gerçekleştirilir.

Bu çalışmada üç farklı boru tipi üretimi için iki farklı rulo sac türü kullanılmıştır. Bu saclar tesise 33,4 km olan bir demir çelik firmasından taşınmaktadır. Saclardan ilki siyah malzeme olarak geçen rulo saçtır. Rulo ya da rulodan sac; kalınlıkları 1,40-25,00 mm arasında değişen rulo ürünler veya rulodan boya kesilmiş/dilinmiş sac ürünlerdir ve bu projede kullanılmak üzere seçilen sac sıcak haddelenmiş yassı çelik ürün (siyah malzeme) grubunda yer almaktadır (Erdemir, 2018).

Sıcak haddelenmiş yassı çelikler genel yapı çelikleri, çoğunlukla inşaat makineleri ve iş makineleri imalatı, genel konstrüksiyon levhaları, kara ve demiryolu araçları imalatı, depolama tankları ve konteynır imalatının yanı sıra otomotiv endüstrisinde jant ve şasi çelikleri üretiminde de kullanılır (Erdemir, 2018). Bu sac türünden 1.tip profil boruda 1,5 mm et kalınlığında olan; 2.tip profil boru üretiminde 3 mm et kalınlığında olan kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan saclardan ikincisi galvanizli sac olarak geçen ve et kalınlığı 1,50 mm olan bu rulo sac, soğuk şekillendirmeye uygun çinko ile kaplanmış düşük karbonlu galvanize çelikler grubunda yer almaktadır (Erdemir, 2018).

Galvanize yassı çelikler, soğuk haddeleme işlemi yapılan metal malzemenin, iki yüzeyinin de çinko kaplanmasından üretilir (Erdemir, 2018). Bu tür yassı çelik malzemeler otomotiv, yapı sektöründe kullanıldığı gibi beyaz eşya sektöründe de çokça kullanılır.

Siyah malzeme ve galvanizli sac kullanılarak üretilen üç farklı profil boru tipine ait bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Üç profil boruda 40mm*40mm*6 m ölçülerindedir. 1.tip ve 2.tip profil boru siyah malzemeden üretilirken; 3.tip profil boru neredeyse kullanıma hazır malzeme olan galvanizli sactan üretilmiştir. Farklı sactan üretilen profil boruların çevresel etkilerini karşılaştırmak amacıyla iki farklı sac tercih edilmiştir. 1.tip ve 3.tip profil borunun et kalınlığı 1,5 mm iken 2.tip profil borunun et kalınlığı 3 mm olarak üretilmiştir. Bunun sebebi; profil boruların farklı et kalınlığında olmasının çevre üzerindeki etkilerini incelemektir.

Çizelge 4.1: Üç farklı boru tipine ait özellikler.

Özellikler	**1.Tip Profil Boru**	**2.Tip Profil Boru**	**3.Tip Profil Boru**
En	40 mm	40 mm	40 mm
Yükseklik	40 mm	40 mm	40 mm
Uzunluk	6 m	6 m	6 m
Et Kalınlığı	1,5 mm	3 mm	1,5 mm
Bir Adet Boru Ağırlığı	10,60 kg	20,11 kg	10,60 kg
Kullanılan Sac	Siyah malzeme	Siyah malzeme	Galvanizli sac

4.3 Üretimde Harcanan Elektrik Enerjisi

Boru profil üretimi yapan tesis elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Elektriğini İstanbul Anadolu Yakası Organize Sanayi Bölgesi şebekesinden sağlamaktadır. Organize sanayi bölgesine ise Tuzla'dan elektrik dağıtımı yapılmaktadır.

Sırasıyla dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde kullanılan makinelerin harcadığı enerji 230 KW, 85 KW, 265 KW, 80 KW, 30 KW şeklindedir ve kullanılan kompresör ile pompanın harcadıkları enerji miktarları bu değerlere dahildir. Dilme işlemini gerçekleştiren makine hariç diğer tüm proseslerdeki makineler saat 06:00 ile 22:00 arasında çalışmaktadır, dilme makinesi ise günde 3 saat çalışmaktadır. Kullanılan kompresör ve pompa da 06:00 ile 22:00 saatleri arasında çalışmaktadır. Ayrıca toplamda harcanan enerjinin %2'lik kısmı üretim dışı faaliyetler; ofis, aydınlanma vb.; için harcandığı kabul edilmiştir.

Toplamda harcanan elektrik enerjisini bulmak için iki ayın elektrik faturasının 06:00 ile 22:00 saatleri arasında elektrik tüketiminin ortalaması alınmıştır. Ortalama elektrik tüketimi 31.731 KWh/ay olarak hesaplanmıştır. Üretim dışında kullanılan %2'lik kısım ortalama elektrik tüketiminden çıkartıldığında; üretimde harcanan değer olan 31.096,38 KWh/ay elde edildi.

Bu çalışmada üç farklı boru tipinin üretimi değerlendirilmiştir. Karışık olarak üretimi yapılan farklı boru tiplerinin bir ay içerisinde harcanan toplam elektrik enerjisinin yüzde kaçını oluşturduğu Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2: Boru türlerinin üretimde harcadığı enerji yüzdeleri.

Sac Türü	Et Kalınlığı (mm)	Enerji Yüzdesi (%)
Siyah malzeme	1,5	35
Siyah malzeme	3	45
Galvanizli malzeme	1,5	30

En az elektrik enerjisi yüzdesine 3.tip profil boru sahiptir. Bunun sebebi olarak profil borunun işlemeye daha elverişli olan galvanizli saçtan üretilmesi gösterilebilir. 3.tip profil borudan sonra en az elektrik harcaması 1.tip profil boru üretiminde olur. 3.tip profil boru üretiminin 1,5 katı elektrik enerjisi, 1.tip profil boru üretiminde harcanır. En fazla elektrik enerjisi et kalınlığı en fazla olan profil boruda yani 2.tip profil boru üretiminde harcanır. 2.tip profil boru üretiminde, 3.tip profil boru üretiminin 2,5 katı

elektrik enerjisi harcanır. Üç farklı tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Üç farklı tip profil borunun harcadığı elektrik enerjisi.

Sac Türü	Et Kalınlığı (mm)	Elektrik Enerjisi (KWh/ay)
Siyah malzeme	1,5	8.372,10
Siyah malzeme	3	17.940,22
Galvanizli malzeme	1,5	4.784,06

4.4 Üretimde Kullanılan Bor Yağı-Su Karışımı

Tesiste kullanılan bor yağı, potenza bor yağı olarak piyasada bulunmaktadır. Potenza bor yağı, parafanik baz yağ, performans katıkları ve hidrokarbon karışımıdır. Su ile karıştırıldığında süt renginde emülsiyon oluşturur. Yumuşak çelik ve dökme demir gibi metallerin hafif ve ağır talaş kaldırma, kesme ve taşlama işlemlerinde yağlayıcı ve soğutucu olarak kullanım için uygundur. Tesis potenza bor yağını özel bir firmadan kamyonetlerle temin etmektedir.

Korozyonu geciktirmek ve çapakları temizlemek için kullanılan bor yağı-su karışımı; %2'si bor yağı, %98'i su olacak şekilde hazırlanır ve bir kazanda toplanır. Üstü açık olarak üretim alanının arka kısmında özel bir bölümde bulunan kazandan sisteme alınarak sistemde devir daim yaptırılır. Bor yağı-su karışımı hazırlanırken kullanılan su için; şebeke suyu alınır. Kontroller yapılarak %2'lik oranın korunması sağlanır, oran değiştiğinde devir daim eden sisteme, oranı koruyacak miktarda ilaveler yapılır. Aylık bor yağı-su karışımı ihtiyacı için; iki varil yağ, yaklaşık olarak 210 ile 220 kg arasında, ve 10 ile 14 ton arasında su gereklidir.

Üretimin devam edebilmesi için bor yağı-su karışımının sistem içerisinde daimi olarak devir daim etmesi gerekir. Sistemde dolaşan bor yağı sac üzerine absorbe olurken, su ise sıcaklığın artması ile birlikte karışımdan buharlaşır. Fakat her zaman devir daimin devam edebilmesi için, bir miktar bor yağı-su karışımı devir daim sistemi içerisinde bırakılır.

4.5 Birinci Tip Profil Boru Üretimi

4.5.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi

Çizelge 4.4'te makine güçlerine göre, üretimdeki proseslerde harcanan elektrik enerjisi yüzdeleri gösterilmiştir. Bu dağılıma göre en fazla elektrik enerjisi %39'luk bir yüzde dağılımı ile kaynak prosesinde harcanır. Çünkü kaynak işleminde kullanılan makinelerin yüksek sıcaklığa ulaşması gerekir ve bunun için enerji ihtiyaçları fazladır. Kaynak prosesini sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip eder.

Çizelge 4.4: 1.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı.

Proses Adı	Enerji Yüzdesi (%)
Dilme	33
Form	12
Kaynak	39
Kalibre	11
Kesim	5

Elektrik tüketiminin yüzdesel dağılımı tablosundaki yüzdelik dilimleri kullanarak her proses için aylık harcanan elektrik enerjisi hesaplandı. Aylık her proseste harcanan elektrik enerjisi miktarı Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5: 1.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı.

Proses	Enerji Miktarı (KWh/ay)
Dilme	2.762,79
Form	1.004,65
Kaynak	3.265,12
Kalibre	920,93
Kesim	418,61
Toplam :	*8.372,10*

4.5.2 Girdi-çıktı bilgisi

Profil boru üretimi yapan tesisin her prosesindeki girdi ve çıktı miktarları, oluşan atıklar adım adım hesaplanmıştır. Aylık 300 tonluk sac girişi olması halinde proseslerdeki girdi-çıktı miktarları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6: 1.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi.

		Birim	Miktar
Girdiler	Elektrik Enerjisi	KWh	8.372,10
	Rulo Sac	kg	300.000,00
	Soğutma Suyu	kg	5.571,58
	Su	kg	5.942,69
	Bor yağı	kg	121,28
Çıktılar	Hurda atığı	kg	9.260,14
	Nihai ürün	kg	296.673,33
	İşleme çamuru	kg	2,97
	Soğutma suyu atığı	kg	3,50
	Bor yağı-su karışımı atığı	kg	11,00

4.5.3 Dilme prosesi

Tesise getirilen rulo saclar üretim hattının ilk adımı olan dilme prosesinde işleme tabii tutulur. Bu proses sonucu sisteme alınan sacın %1'i oranında hurda sac çıkışı olur. Bu çalışmada istenilen ölçülere uygun profil boru üretimi için aylık 300 ton sac harcaması yapılmıştır. Profil boru üretimi için bir ayda 300.000 kilogram sac, dilme prosesine girdiğinde; 3.000 kg hurda sac çıkışı meydana gelir.

Hurda saclar ayrıldığında 300.000 kilogram sacdan geriye kalan 297.000 kilogram sac, dilinmiş sac olarak dilme prosesinden çıkar.

Dilme makinasının çalışması için aylık gerekli olan elektrik enerjisi 2.762,79 KWh/ay, sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün aylık harcadığı elektrik enerjisi de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.5.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru

Kullanılan bor yağı-su karışımının form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde sırasıyla %1, %40, %8 ve %6'lık kısımları kullanılmaktadır. Üretim hattı ne kadar sıcak ise harcanan bor yağı-su karışımı miktarı da sıcaklıkla orantılı olarak artmaktadır.

Bu projede ele alınan, profil boru üretimleri için; 11 ton bor yağı-su karışımı kazan içerisinde %2'si bor yağı %98'i su olacak oranda karıştırılarak oluşturulmuştur. Bu karışım için iki varil bor yağı; 220 kilogram, yaklaşık 11 tona yakın su; 10.780 kilogram, kullanılarak hazırlanmıştır.

11 ton bor yağı-su karışımı kullanılması halinde sistemin devamlı devir daimi için sistemde 4.950 kg bor yağı-su karışımı kalırken; kaynak prosesinde 4.400 kg, form prosesinde 110 kg, kalibre prosesinde 880 kg ve kesim prosesinde 660 kg bor yağı-su karışımı girdisi olmaktadır.

12 01 09 atık kodlu Halojen İçermeyen İşleme Ümülsiyon ve Solüsyonları yani bor yağı-su karışımı sistem üzerinden ayrılıp atık olarak çıkışı yapılmaktadır. Bor yağı-su karışımının ömrünü tüketmesi için yaklaşık olarak 300 tonluk sacın üretim hattında kullanılması gerekir. Üretim için harcanacak olan bor yağı-su karışımı miktarı çeşitli etkenlere göre değişkenlik göstermektedir. Sacın kalınlığı, kimyasal bileşiminden kaynaklanan sertliği, üretilecek profil borunun ölçüleri bu etkenleri oluşturmaktadır. Üretim hattına 300 tonluk sac girişi olduğunda bir ayda oluşan bor yağı-su karışımı atık miktarı 11 kg olur.

Bu çalışmada tehlikeli atık sınıfında yer alan bor yağı-su karışımı profil boru üretim tesisinden 65,8 km uzaklıktaki tehlikeli atık yakma tesisine, tehlikeli atık taşıma lisansı bulunan özel kamyonetlerle taşındığı kabul edilmiştir.

Tıpkı bor yağı-su karışımı gibi soğutma suyu da sistemde devir daim yapmaktadır. Soğutma suyu olarak şebeke suyu kullanılır. Sıcak işlemlerin gerçekleştiği üniteleri soğutma amacıyla temaslı sistem şeklinde soğutma suyu kullanılır ve işlem esnasında soğutma suyu buharlaşır.

Temaslı sistem; soğutma suyunun doğrudan sac üzerine verildiği sistemlerdir. Herhangi bir kapalı sistem içerisinde soğutma suyu devir daim yapmamaktadır, bu sebeple sıcaklığın etkisiyle buharlaşarak davlumbaz sistemi ile toplanarak bacalardan atmosfere çıkışı sağlanır.

Soğutma suyu, proseslerdeki sıcaklığın artması ile buharlaşıp azaldıkça yerine eksilen miktar kadar yenisi eklenir. Aynı bor yağı-su karışımında olduğu gibi soğutma suyunun da bir miktarı sistem içerisinde daima kalmalıdır ki üretimin devamlılığı sağlansın. Devir daim eden soğutma suyunun sadece %2'lik kısmı form prosesinde buharlaşır. Burada soğutma suyu ile sacların birbirine sürtünmesinden kaynaklanacak olan ısınma engellenmiş olur. Kaynak prosesi sıcaklığın en yüksek olduğu işlem olduğu için soğutma suyunun en fazla buharlaştığı prosestir, bu da soğutma suyu miktarında %35'lik bir azalma meydana getirir. Kaynak prosesinden sonra en fazla su, kalibre prosesinde buharlaşır. Çünkü sıcaklığı 300-400 °C'ye ulaşan kaynak makinesinden çıkan yarı mamul, kalibre prosesine sıcak halde gelmektedir; yarı mamulün sıcaklığının düşürülmesi için de fazla miktarda su bu proseste harcanmış olur. Buna göre; soğutma suyunda %21'lik buharlaşmanın kalibre prosesinde görülür. Son olarak kesim prosesinde ise %12'lik buharlaşma meydana gelir.

Üretim sonucu oluşan soğutma suyu atığı, bor yağı-su karışımına katılarak tehlikeli atık yakma tesisine gönderilir. Bir aylık üretim için 1.tip profil boru üretiminde 3,5 kg gibi az bir miktar soğutma suyu atığı meydana gelmektedir.

12 01 14 atık kodlu Tehlikeli Maddeler İçeren İşleme Çamurları bor yağı-su karışımının kullanıldığı proseslerde oluşmaktadır. Sacın üzerindeki siyah kısmın, bor yağı-su karışımı ile birleşmesi işleme çamurlarını oluşturmaktadır. İşleme çamurları, bor yağı-su karışımının sistemde devir daim ettiği temaslı sistem düzeneğinin içinde toplanmaktadır ve kesim prosesinden, atık olarak ayrılır.

300 ton rulo sacın işlenmek üzere sisteme girmesi sonucu 1.tip profil boru üretiminde yaklaşık 3 kg gibi az bir miktar işleme çamuru atık olarak çıkmaktadır fakat işleme çamuru tehlikeli maddeler içerdiğinden bu değer ihmal edilemez. İşleme çamuru atıkları da tehlikeli atık sınıfında yer alır ve tıpkı bor yağı-su karışımı atığı gibi tehlikeli atık yakma tesisine gönderildiği kabul edilmiştir.

4.5.5 Form prosesi

Dilme işleminden çıkan 297.000 kilogram dilinmiş sac form prosesinde boru formuna getirilir ve formlanmış sac olarak miktarında kayıp yaşamadan form prosesinden çıkar.

Form prosesine geçilmesi ile birlikte, kesim prosesine kadar sistem kendi içinde bor yağı-su karışımı ve soğutma suyu devir daimine başlar. Bor yağı, tesise 29,7 km uzakta bulunan özel bir firmadan dizel kamyonetler ile taşınmaktadır.

Bor yağı-su tankı tam kapasite dolu olması durumunda 11 tonluk hacme sahip olur. Rulo sac kullanımıyla üretilecek olan profil borunun, ayda ne kadar bor yağı-su tükettiğini bulabilmek için devir daim sistemini tankının tam dolu olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Bu sebeple form prosesine ayda 11.000 kilogram bor yağı-su karışımı girişi olduğu kabul edilmiştir. Bu karışımdan 110 kilogramı proseste harcanır ve geriye kalan 10.890 kilogram bor yağı-su karışımı kaynak prosesine gönderilir.

Soğutma suyu olarak ise şebeke suyu kullanılır ve sisteme ayda 10.000 kilogramlık soğutma suyu girişi olur. 200 kg soğutma suyu bu proseste harcanır ve bir sonraki prosese devir daim edilmesi için 9.800 kilogramlık soğutma suyu prosesten çıkar.

1.004,65 KWh/ay elektrik enerjisi form makinesinin aylık çalışması için gerekli olan enerji miktarıdır, sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün harcadığı elektrik enerjisi de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.5.6 Kaynak prosesi

Silindirik olarak formlanmış saclar bir önceki prosesten sonra kaynak işlemine alınır ve burada form halini almış saclar kaynaklanır. 12 01 01 atık kodlu Demir Metal Çapakları ve Talaşları kaynak prosesi sonucu oluşmaktadır ve makineden çıkan kaynak üstü talaş miktarı, formlanmış sac miktarının %0,1'lik kısmını oluşturur. 297.000 kilogram formlanmış sacdan, 297 kilogram kaynak üstü talaş atık olarak çıkar. Tehlikesiz atık sınıfında yer alan hurda atıkları tesise 15,7 km uzaklıktaki hurda atık firmasına dizel kamyonetlerle taşınmaktadır.

Form prosesinden gelen 10.890 kilogram bor yağı-su karışımınından 4.400 kilogramı proseste harcanır. Geriye 6.490 kilogramlık bor yağı-su karışımı kalır ve kalibre prosesine iletilir.

9.800 kilogramlık soğutma suyu form prosesinden gelir ve kaynak prosesinde %35'lik kısmı buharlaşır. Elde kalan 6.370 kilogram soğutma suyu kalibre prosesine gönderilir.

Aylık 3.265,12 KWh/ay elektrik enerjisinin harcandığı bu proseste 296.703 kilogram kalibre edilmemiş boru yarı mamul olarak kalibre prosesine gönderilir.

4.5.7 Kalibre prosesi

Dikdörtgen veya kare gibi özel şekilli profil boruların formlandığı kalibre prosesinde, boru 40 mm * 40 mm ölçülerinde olacak şekilde kalibre edilmektedir. Kaynak prosesinden çıkan 296.703 kilogram kalibre edilmemiş boru, kalibre prosesi sonucunda aynı miktarda kalibre edilmiş boru olarak çıkar.

Bir önceki prosesten gelen 6.490 kg bor yağı-su karışımından 880 kilogram karışım kalibre prosesinde harcanır. 5.610 kilogram bor yağı-su karışımı geriye kalır.

6370 kiloluk soğutma suyunun %21'lik kısmı kalibre prosesinde buharlaşır, kalan 5.032,30 kilogram su bir sonraki prosese iletilir.

Aylık olarak profil boruların formlanması için gerekli olan elektrik enerjisi 920,93 KWh/ay'dır.

4.5.8 Kesim prosesi

Kalibre olmuş borular 6 m uzunluğunda kesilmek üzere kesim prosesine iletilir. 12 01 02 atık kodlu Demir Metal Toz ve Parçacıkları bu proseste oluşmaktadır. Kesim çapağı da denilen atık, kalibre edilmiş borunun %0,01'inden oluşur. Hurda atık olarak ayrılan kesim çapakları, kaynak prosesinde olduğu gibi hurda atık firmasına gönderilir.

Bir önceki prosesten gelen 296.703 kilogram kalibre edilmiş borudan, 29,67 kilogram kesim çapağı oluşur. Geriye kalan 296.673,33 kilogram profil boru, nihai ürünü oluşturur. Oluşan nihai ürünün fiziksel özellikleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu proses sonrasında oluşan nihai ürünlerin %2'si bozuk nihai ürün olarak ayrılır. Sonuç olarak 5.933,47 kilogram profil boru, bozuk nihai ürün miktarını oluşturur ve hurda olarak ayrılır.

Çizelge 4.7: 1.tip profil boru üretiminde nihai ürün fiziksel özellikleri.

Özellik	Ölçü
En	40 mm
Yükseklik	40 mm
Uzunluk	6.000 mm
Et kalınlığı	1,50 mm
1 adet boru ağırlığı	10,60 kg
1 m boru ağırlığı	1,76 kg/m

5.610 kilogram bor yağı-su karışımından 660 kilogramı bu proseste harcanır. Bor yağı-su karışım oranlarını sağlayacak şekilde tank içerisine ilaveler yapılarak sistemde devir daim ettirilir. Bor yağı-su karışımının kullanıldığı form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde oluşan 2,97 kg işleme çamuru ile 14,5 kg'lık bor yağı-su karışımı atığı bu prosesten alınıp, atık olarak gönderilir. Atıklar ayrıldıktan sonra 4.932,53 kg bor yağı-su karışımı sistemin devir daim etmesi için kullanılır.

5.032,30 kilogram soğutma suyunun %12'lik kısmı kesim prosesinde buharlaşır ve 4.428,42 kilogram soğutma suyu geriye kalır. Bu miktar üretimin devam edebilmesi için sistemde kalması gereken miktardır. Bu sebeple üretimin devam edebilmesi için şebeke suyundan ilaveler yapılarak sistemde devir daim yaptırılır.

418,61 KWh/ay elektrik enerjisi kesim prosesinin aylık enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

4.5.9 İstif ve sevkiyat

Bozuk nihai ürünlerin ayrılmasından sonra kalan nihai ürünler istif alanına alınarak sevkiyata hazırlanır. Seçilmiş olan özelliklerde kutu profil boru üretimi yıllık üretimin yaklaşık olarak %15-20'sini kapsamaktadır.

4.6 İkinci Tip Profil Boru Üretimi

4.6.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi

2.tip boru üretiminde, 1.tip boru üretiminden daha fazla miktarda enerji harcanmaktadır. Çünkü 2.tip boru üretiminde kullanılan sacın et kalınlığı, 1.tip boru

üretiminde kullanılan sacın et kalınlığındandaha fazladır, bu da sacın işlenmesi için daha fazla enerji harcanmasını gerektirir.

Çizelge 4.8'de makine güçlerine göre, üretimdeki proseslerde harcanan elektrik enerjisi yüzdeleri gösterilmiştir. Bu dağılıma göre en fazla elektrik enerjisi %43'lük bir yüzde dağılımı ile 1.tip boru üretiminde oluduğu gibi kaynak prosesinde harcanır. Kaynak prosesini sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip etmektedir.

Çizelge 4.8: 2.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı.

Proses Adı	**Enerji Yüzdesi (%)**
Dilme	30
Form	12
Kaynak	43
Kalibre	10
Kesim	5

Elektrik tüketiminin yüzdesel dağılımı tablosundaki yüzdelik dilimleri kullanarak her proses için aylık harcanan elektrik enerjisi Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: 2.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı.

Proses	**Enerji Miktarı (KWh/ay)**
Dilme	5.382,07
Form	2.152,83
Kaynak	7.714,29
Kalibre	1.794,02
Kesim	897,01
Toplam :	*17.940,22*

4.6.2 Girdi-çıktı bilgisi

Aylık 300 tonluk sac girişi olması halinde proseslerdeki girdi-çıktı miktarları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10: 2.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi.

		Birim	Miktar
Girdiler	Elektrik Enerjisi	KWh	17.940,22
	Rulo Sac	kg	300.000,00
	Soğutma Suyu	kg	6.874,11
	Su	kg	8.426,99
	Bor yağı	kg	171,98
Çıktılar	Hurda atığı	kg	7.346,72
	Nihai ürün	kg	294.864,76
	İşleme çamuru	kg	4,97
	Soğutma suyu atığı	kg	6,00
	Bor yağı-su karışımı atığı	kg	14,00

4.6.3 Dilme prosesi

Profil boru üretimi için bir ayda 300.000 kilogram sac, dilme prosesine girdiğinde; 4.500 kg hurda sac çıkışı meydana gelir. Hurda saclar ayrıldığında 300.000 kilogram sacdan geriye kalan 295.500 kilogram sac, dilinmiş sac olarak dilme prosesinden çıkar.

Dilme makinasının çalışması için aylık gerekli olan elektrik enerjisi 5.382,07 KWh/ay, sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün aylık harcadığı elektrik enerjisi de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.6.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru

Kullanılan bor yağı-su karışımının form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde sırasıyla %2, %45, %11 ve %8'lik kısımları kullanılmaktadır. 1.tip profil boru üretimine göre 2.tip profil boru üretiminde daha fazla bor yağı-su karışımı harcanmaktadır. Bunun sebebi olarak et kalınlığının iki katına çıkması gösterilebilir.

13 ton bor yağı-su karışımı kullanılması halinde sistemin devamlı devir daimi için sistemde 4.420 kg bor yağı-su karışımı kalırken; kaynak prosesinde 5.850 kg, form prosesinde 260 kg, kalibre prosesinde 1.430 kg ve kesim prosesinde 1.040 kg bor yağı-su karışımı girdisi olmaktadır.

1.tip profil boru üretiminde olduğu gibi bu boru tipinde de bor yağı-su karışımı sistem üzerinden ayrılarak atık olarak çıkışı yapılır. Üretim hattına 300 tonluk sac girişi olduğunda bir ayda oluşan bor yağı-su karışımı atık miktarı 14 kg olmaktadır. Bu miktar 1.tip profil boru üretiminde oluşan miktardar fazladır. Çünkü et kalınlığı arttıkça kullanılan bor yağı-su karışımı miktarı da artmaktadır.

2.tip profil boru üretiminde, 1.tip profil boru üretiminden daha fazla miktarda soğutma suyu harcanır. Bu sebeple sisteme 11 ton soğutma suyu girişi olmakatdır. Daha fazla harcamanın olmasının sebebi olarak yine et kalınlığının artması gösterilebilir. Et kalınlığının artması prosesler esnasında sacın işlenmesini zorlaştırır ve bu sebeple form prosesinde %1, kaynak prosesinde %10, kalibre prosesinde %3 ve kesim prosesinde %2'lik oranda daha fazla soğutma suyu kullanılır.

Soğutma suyu atığı 1.tip profil boru üretiminden daha fazla miktarda oluşur. Çünkü 2.tip profil borunun et kalınlığı daha fazladır. Bir aylık üretim sonucu oluşan 6 kg soğutma suyu atığı 1.tip profil boruda olduğu gibi bor yağı-su karışımı atığı ile birleştirilerek tehlikeli atık yakma tesisine gönderilir.

2.tip profil boru üretiminde de siyah malzeme kullanıldığından, bor yağı-su karışımı ile birleşmesi işleme çamurlarını oluşturmaktadır. 300 ton rulo sacın işlenmek üzere sisteme girmesi sonucu yaklaşık 5 kg işleme çamuru atık olarak çıkmaktadır. Et kalınlığındaki artış işleme çamuru miktarındaki artışın sebebi olarak gösterilebilir.

4.6.5 Form prosesi

Dilme işleminden çıkan 295.500 kilogram dilinmiş sac form prosesine alınır ve bu prosesten atık çıkışı olmamaktadır.

Form prosesine ayda 13.000 kilogram bor yağı-su karışımı girişi olduğunda, bu karışımdan 260 kilogramı proseste harcanır ve geriye kalan 12.740 kilogram bor yağı-su karışımı kaynak prosesine gönderilir.

Sisteme ayda 11.000 kilogramlık soğutma suyu girişi olduğunda bir sonraki prosese devir daim edilmesi için 10.672,20 kilogramlık soğutma suyu prosesten çıkar.

2.152,83 KWh/ay elektrik enerjisi form makinesinin aylık çalışması için gerekli olan enerji miktarıdır, sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün

harcadığı elektrik enerjisi ile pompanın harcadığı enerji de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.6.6 Kaynak prosesi

295.500 kg form halini almış sacların kaynaklandığı bu proseste kaynak üstü talaş atığı oluşur ve miktarı 591 kg'dır.

Form prosesinden gelen 12.740 kglık bor yağı, kaynak prosesinden 6.890 kg olarak çıkarak kalibre prosesine iletilir. Sacın diğer iki tip boru türünde kullanılan saclardan daha kalın olması, 2.tip profil boru üretimindeki kaynak prosesinde daha fazla bor yağı-su karışımı harcanmasının sebebi olarak gösterilebilir.

10.672,20 kilogramlık soğutma suyu form prosesinden gelir ve elde kalan 6.243,24 kilogram soğutma suyu kalibre prosesine gönderilir.

Aylık 7.714,29 KWh/ay elektrik enerjisinin harcandığı bu proseste 294.909 kilogram kalibre edilmemiş boru yarı mamul olarak kalibre prosesine gönderilir.

4.6.7 Kalibre prosesi

Kalibre prosesinde, boru 40 mm * 40 mm ölçülerinde olacak şekilde kalibre edilir. Kaynak prosesinden çıkan 294.909 kilogram kalibre edilmemiş boru, kalibre prosesi sonucunda aynı miktarda kalibre edilmiş boru olarak çıkar.

Bir önceki prosesten gelen 6.890 kg bor yağı-su karışımından 5.460 kilogram bor yağı-su karışımı geriye kalır.

6.243,24 kiloluk soğutma suyundan kalan 4.784,19 kilogram su bir sonraki prosese iletilir.

Aylık olarak profil boruların formlanması için gerekli olan elektrik enerjisi 1.794,02 KWh/ay'dır.

4.6.8 Kesim prosesi

Bir önceki prosesten gelen 294.909 kilogram kalibre edilmiş borudan, 44,2 kilogram kesim çapağı oluşmaktadır. Geriye kalan 294.864,76 kilogram profil boru, nihai ürünü oluşturur. Oluşan nihai ürünün fiziksel özellikleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Diğer iki

tip profil boru türüne göre, bir adet 2.tip profil borunun ağırlığı daha fazladır. Bu proses sonrasında oluşan nihai ürünlerin %0,75'i bozuk nihai ürün olarak ayrılmaktadır. Sonuç olarak 2.211,49 kilogram profil boru, bozuk nihai ürün miktarını oluşturur ve hurda olarak ayrılır.

Çizelge 4.11: 2.tip profil boru üretiminde nihai ürün fiziksel özellikleri.

Özellik	Ölçü
En	40 mm
Yükseklik	40 mm
Uzunluk	6.000 mm
Et kalınlığı	3 mm
1 adet boru ağırlığı	20,11 kg
1 m boru ağırlığı	3,35 kg/m

Bor yağı-su karışım oranlarını sağlayacak şekilde tank içerisine ilaveler yapılarak sistemde devir daim etmektedir. Bor yağı-su karışımının kullanıldığı form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde oluşan 4,97 kg işleme çamuru 1.tip profil boru üretiminde olduğu gibi, 20 kg'lık bor yağı-su karışımı atığı ile bu prosesten alınıp, atık olarak gönderilir. Atıklar ayrıldıktan sonra 4.395,03 kg bor yağı-su karışımı sistemin devir daim etmesi için kullanılır.

4.784,19 kilogram soğutma suyundan 4.125,89 kilogram soğutma suyu geriye kalır. Bu sebeple üretimin devam edebilmesi için şebeke suyundan ilaveler yapılarak sistemde devir daim yapmaktadır.

897,01 KWh/ay elektrik enerjisi kesim prosesinin aylık enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

4.6.9 İstif ve sevkiyat

Bozuk nihai ürünlerin ayrılmasından sonra kalan nihai ürünler istif alanına alınarak sevkiyata hazırlanır.

4.7 Üçüncü Tip Profil Boru Üretimi

4.7.1 Üretimde harcanan elektrik enerjisi

3.tip boru üretiminde, 1.tip boru üretiminden daha az miktarda enerji harcanmaktadır. Çünkü 3.tip boru üretiminde kullanılan galvanizli rulo sac, 1.tip boru üretiminde kullanılan siyah malzemeden, yüzeyi neredeyse kullanıma hazır olduğu için, işlemesi daha kolaydır ve bu sebeple sistemi daha az zorlar.

Çizelge 4.12'de makine güçlerine göre, üretimdeki proseslerde harcanan elektrik enerjisi yüzdeleri gösterilmiştir. Bu dağılıma göre en fazla elektrik enerjisi %38'lik bir yüzde dağılımı ile 1.tip boru üretiminde oluduğu gibi kaynak prosesinde harcanır. Kaynak prosesini sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip eder.

Çizelge 4.12: 3.tip profil boru üretiminde harcanan elektrik enerjisi miktarının yüzdesel dağılımı.

Proses Adı	Enerji Yüzdesi (%)
Dilme	34
Form	13
Kaynak	38
Kalibre	11
Kesim	4

Elektrik tüketiminin yüzdesel dağılımı tablosundaki yüzdelik dilimleri kullanarak her proses için aylık harcanan elektrik enerjisi Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13: 3.tip profil boru üretimi için ortalama aylık harcanan elektrik enerjisi miktarı.

Proses	Enerji Miktarı (KWh/ay)
Dilme	1.626,58
Form	621,93
Kaynak	1.817,94
Kalibre	526,25
Kesim	191,36
Toplam :	*4.784,06*

4.7.2 Girdi-çıktı bilgisi

Aylık 300 tonluk sac girişi olması halinde proseslerdeki girdi-çıktı miktarları **Çizelge 4.14**'te verilmiştir.

Çizelge 4.14: 3.tip profil boru üretimi için aylık girdi-çıktı bilgisi.

		Birim	Miktar
Girdiler	Elektrik Enerjisi	KWh	4.784,06
	Rulo Sac	kg	300.000,00
	Soğutma Suyu	kg	5.293,00
	Su	kg	5.671,26
	Bor yağı	kg	115,74
Çıktılar	Hurda atığı	kg	4.647,53
	Nihai ürün	kg	298.335,83
	Koruyucu yağ atığı	kg	15,00
	Soğutma suyu atığı	kg	5,50
	Bor yağı-su karışımı atığı	kg	12,00

4.7.3 Dilme prosesi

3.tip boru üretim hattının ilk adımı olan dilme prosesinde 1.tip boru üretiminde oluşan hurda atık miktarının yarısı kadar hurda çıkışı olmaktadır. Çünkü galvanizli rulo sac işlenmesinde daha az hurda açığa çıkar. Bunun sebebi olarak sacın fiyatının pahalı olmasından dolayı daha dikkatli olunması ve malzemenin işlemeye daha yatkın olması gösterilebilir. 300.000 kg galvanizli rulo sac sisteme alındığında 1.500 kg hurda sac çıkışı meydana gelir. Geriye 298.500 kg dilinmiş sac kalır.

Bu proseste harcanan aylık gerekli olan elektrik enerjisi 1.626,58 KWh/ay'dır ve sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün aylık harcadığı elektrik enerjisi de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.7.4 Bor yağı-su karışımı, soğutma suyu ve işleme çamuru

1.tip boru üretimi için harcanan bor yağı-su karışımı miktarı, 3.tip boru üretiminden az miktarda fazlalık göstermektedir. Çünkü farklı sac türü kullanılsa da sacların et kalınlıkları aynıdır. 3.tip profil boru üretiminde 210 kg bor yağı, 10.290 kg su bir araya getirilerek 10,5 ton bor yağı-su karışımı elde edilerek sisteme alınır.

Soğutma suyu miktarında da bor yağı-su karışımında olduğu gibi az miktarda değişiklik olmaktadır. Galvanizli malzeme yüzeyi neredeyse kullanıma hazır halde olduğu için daha az miktarda soğutma suyu ve bor yağı-su karışımı girdisi olur. 9.500 kg soğutma suyu sisteme alınır.

10.500 kg bor yağı-su karışımı kullanılması halinde sistemin devamlı devir daimi için sistemde 4.725 kg bor yağı-su karışımı kalırken; kaynak prosesinde 4.200 kg, form prosesinde 105 kg, kalibre prosesinde 840 kg ve kesim prosesinde 630 kg bor yağı-su karışımı girdisi olmaktadır. Üretim hattına 300 tonluk sac girişi olduğunda bir ayda oluşan bor yağı-su karışımı atık miktarı 12 kg'dır. Bu miktar 1.tip profil boru üretiminde oluşan atık miktarından fazladır.

3.tip profil boru üretiminde bir aylık süre içerisinde 5,5 kg soğutma suyu atığı oluşur. Diğer profil tiplerinde olduğu gibi bu atık, bor yağı-su karışımı atığı ile birleştirilerek tehlikeli atık yakma tesisine gönderilir.

1.tip boru üretiminde ham madde olarak siyah malzeme kullanıldığından, bor yağı-su karışımının saca uygulanması sonucu işleme çamuru atık olarak oluşur. Galvanizli rulo sac yüzeyi kullanıma hazır olduğundan işleme çamuru oluşumu söz konusu değildir.

4.7.5 Form prosesi

Dilme prosesinden çıkan 298.500 kilogram dilinmiş sac form prosesinde boru formuna getirilir ve formlanmış sac olarak miktarında kayıp yaşamadan form prosesinden çıkar.

Form prosesine ayda 10.500 kilogram bor yağı-su karışımı girişi olmaktadır ve bir kısmı bu prosesre harcanır. Geriye kalan 10.395 kilogram bor yağı-su karışımı kaynak prosesine gönderilir.

Sisteme ayda 9.500 kilogramlık soğutma suyu girişi olduğunda bir sonraki prosese devir daim edilmesi için 9.310 kilogramlık soğutma suyu prosesten çıkmaktadır.

621,93 KWh/ay elektrik enerjisi form makinesinin aylık çalışması için gerekli olan enerji miktarıdır, sacın ilerlemesi için gerekli olan basıncı sağlayan kompresörün harcadığı elektrik enerjisi de bu enerji miktarına dahil edilmiştir.

4.7.6 Kaynak prosesi

12 01 01 atık kodlu Demir Metal Çapakları ve Talaşları kaynak prosesi sonucu oluşmaktadır ve bu miktar 1.tip profil boru üretiminde oluşan miktarın yarısı kadardır. 298.500 kg formlanmış sacdan 149,25 kg kaynak üstü talaş atık olarak çıkar.

Form prosesinden gelen 10.395 kglık bor yağı, kaynak prosesinden 6.195 kg olarak çıkarak kalibre prosesine iletilmektedir.

9.310 kilogramlık soğutma suyu form prosesinden gelir ve elde kalan 6.051,50 kilogram soğutma suyu kalibre prosesine gönderilir

Aylık 1.817,94 KWh/ay elektrik enerjisinin harcandığı bu proseste 298.350,75 kilogram kalibre edilmemiş boru yarı mamul olarak kalibre prosesine gönderilir.

4.7.7 Kalibre prosesi

Kalibre prosesinde, kaynak prosesinden çıkan 298.350,75 kilogram kalibre edilmemiş boru, kalibre prosesi sonucunda aynı miktarda kalibre edilmiş boru olarak çıkmaktadır.

Bir önceki prosesten gelen 6.195 kg bor yağı-su karışımından 5.355 kilogram bor yağı-su karışımı geriye kalır.

1.tip profil boru üretiminden farklı olarak bu proseste fazladan bor yağıyı, koruyucu yağ olarak kullanılmaktadır çünkü galvanizli rulo sacdan yapılan malzeme daha değerlidir. Ek koruyucu yağ kesim prosesine geçmeden önce damlama sistemi ile profil boruların üzerine damlatılarak sisteme verilmektedir. 300.000 kg rulo sacdan

üretim yapılması halinde 130 kg koruyucu yağ kullanılır ve bu yağın 15 kg atık olarak gönderilir. Ayrı olarak toplanan bu atık bor yağı-su karışımı atığı ile birleştirilerek, kesim prosesinden ayrılıp tehlikeli atık yakma tesisine gönderilir.

6.051,50 kiloluk soğutma suyundan kalan 4.780,69 kilogram su bir sonraki prosese iletilir.

Aylık olarak profil boruların formlanması için gerekli olan elektrik enerjisi 526,25 KWh/ay'dır.

4.7.8 Kesim prosesi

Kalibre olmuş borular 6 m uzunluğunda kesilmek üzere kesim prosesine iletilmektedir. 12 01 02 atık kodlu Demir Metal Toz ve Parçacıkları bu proseste oluşmaktadır ve miktarı 1.tip profil boru üretiminin yarısı kadardır. 298.350,75 kg kalibre edilmiş borudan 14,92 kg kesim çapağı oluşur. Kalan 298.335,83 kg profil boru nihai ürünü oluşturur. Bu proses sonrasında oluşan nihai ürünlerin %1'i bozuk nihai ürün olarak ayrılır.

Sonuç olarak 2.983,36 kilogram profil boru, bozuk nihai ürün miktarını oluşturmaktadır. Et kalınlığında bir değişiklik olmadığı için bir adet 1.tip profil borunun ağırlığı ile 3.tip profil borunun ağırlığı aynıdır. Dolayısıyla bir metre boru ağırlıkları da aynı olur.

17,5 kg'lık bor yağı-su karışımı atığı ile bu prosesten alınıp, atık olarak gönderilir. Atıklar ayrıldıktan sonra 4.707,50 kg bor yağı-su karışımı sistemin devir daim etmesi için kullanılır.

4.780,69 kilogram soğutma suyundan 4.207 kilogram soğutma suyu geriye kalır. Bu sebeple üretimin devam edebilmesi için şebeke suyundan ilaveler yapılarak sistemde devir daim yapmaktadır.

191,36 KWh/ay elektrik enerjisi kesim prosesinin aylık enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

4.7.9 İstif ve sevkiyat

Bozuk nihai ürünlerin ayrılmasından sonra kalan nihai ürünler istif alanına alınarak sevkiyata hazırlanır.

5. MODELLEME VE SONUÇLARI DEĞERLENDİRME

40 mm*40 mm ölçülerinde, 6 m uzunluğunda, 1,50 mm ve 3 mm et kalınlığına sahip farklı çelik profil boru üretimlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan YDD çalışmasında iki farklı fonksiyonel birim olarak 1 ton çelik profil boru üretimi ile 1 metre çelik profil boru üretimi seçilmiştir.

Ham maddesi rulo çelik saclar olan profil boru üretiminde oluşacak çevresel etkilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

5.1 Envanter Analizi

Fonksiyonel birimi en fazla 10 bar basınca dayanıklı bir metre boru olarak seçilen bir çalışmada; beş farklı materyalde boru tiplerinin YDD gerçekleştirilmiştir. Ham madde temini, üretim, taşıma ve kurulum aşamalarının çevresel etkileri ayrı olarak incelenen çalışmada yaşam sonu aşaması sistem sınırları dışında bırakılmıştır. Literatürde PVC, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), sünek demir, fiber çimento ve çelik borular üzerine yapılan bir YDD çalışmasının sonucularına göre üretim aşamasının; ham madde temini, taşıma ve kurulum aşamalarına göre daha fazla çevresel etki oluşturduğu ve bu durumun incelenen tüm boru tiplerinde geçerli olduğu görülmüştür (M. Hajibabaei, 2018).

Vahidi vd.(2015)''nin bir çalışmasında atıksu iletiminde kullanılan dört farklı materyalde boru tipinin YDD analizlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Sünek demir, beton, fiber takviyeli polimer ve PVC boru türlerinin kıyaslandığı bu çalışmada ham madde temini, üretim, taşıma, kullanım ve bakım aşamaları ayrı ayrı ele alınmıştır. Yapılan YDD değerlendirmesinde yaşam sonu aşaması sistem sınırları içerisine dahil edilmemiştir. Çalışmanın sonucunda üretim aşamasının; ham madde temini, taşıma, kullanım ve bakım aşamalarına göre daha fazla çevresel etki oluşturduğu; bunun da enerji girdisinin üretim aşamasında diğer aşamalardan fazla olması nedeniyle olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu durumun kıyaslaması yapılan dört boru tipi için de geçerli olduğu görülmüştür.

Vahidi vd. (2016) ‘nin başka bir çalışmasında kanalizasyon sistemlerinde kullanılan altı farklı tip borunun (elyaf takviyeli polimer, PVC, yüksek yoğunluklu polietilen, sünek demir, vitrifiye kil ve betonarme) çevresel etkilerini karşılaştırmak için YDD yapılmıştır.

Farklı materyalden üretilmiş boruların karşılaştırıldığı bu çalışmada ham madde temini, boru üretimi, taşınımı, kurulumu ve kullanımı aşamaları tek tek incelenmiştir. Sistem sınırları içerisine yaşam sonu aşaması dahil edilmemiştir. YDD analizi sonucunda üretim aşamasının; ham madde temini, taşıma, kurulum ve kullanım aşamalarına kıyasla daha fazla çevresel etki oluşturduğu ve bu durumun tüm boru tiplerinde geçerli olduğu saptanmıştır (Vahidi vd. 2016).

Sözü geçen çalışmalardan da anlaşıldığı üzere boru üretimi aşaması; ham madde temini, taşıma, kurulum, kullanım ve bakım aşamalarından daha fazla çevre üzerinde olumsuz etki oluşturmuştur. Bu nedenden ötürü çalışmamızda sadece profil boru üretim aşamasına odaklanıp; oluşan çevresel etkileri azaltmaya yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

Fonksiyonel birim olan bir ton çelik profil boru üretimi ve bir metre profil boru üretimi için gerçek bir tesiste yapılan çalışmalar sonucu envanter oluşturulmuştur. Çizelge 5.1’de üç tip profil boruya ait, bir ton çelik profil boru üretimi için gerekli girdi-çıktı envanter bilgisi verilmiştir. Üretim için gerekli olan elektrik enerjisi ile rulo sac, şebeke suyu ve bor yağı miktarlarının yanısıra üretim sonucu oluşan atıklar, nihai ürün ve bozuk nihai ürün miktarları da bu tabloda sunulmuştur.

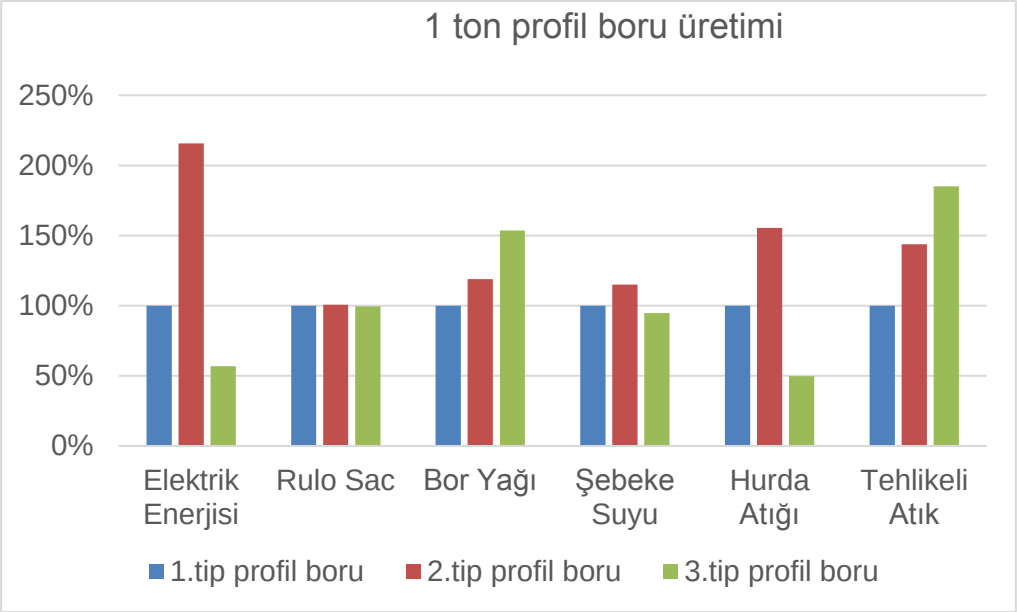
Şekil 5.1’de bir ton boru üretimi için boru tiplerine ait girdi-çıktı miktarlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir. Bu şekilde değerler normalize edilirken 1.tip profil boru baz alınmıştır. 1.tip profil boru üretimindeki girdi-çıktı değerleri %100 kabul edilmiş; diğer iki tip profil borunun yüzdelik dağılmı bu kabule göre saptanmıştır. En yüksek elektrik enerjisi tüketimi 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. Bu miktar 1.tip profil borunun

Çizelge 5.1: Üç boru tipi için bir ton çelik profil boru üretimine göre envanter bilgisi.

		Birim	1.tip profil boru	2.tip profil boru	3.tip profil boru
	Girdiler				
	Elektrik enerjisi	KWh/ton	2,82E+01	6,08E+01	1,60E+01
	Rulo Sac	kg/ton	1,01E+03	1,02E+03	1,01E+03
	Bor yağı	kg/ton	7,42E-01	8,82E-01	1,14E+00
Şebeke Suyu	Su	kg/ton	3,63E+01	4,32E+01	3,45E+01
	Soğutma suyu	kg/ton	3,37E+01	3,73E+01	3,18E+01
	Çıktılar				
	Hurda sac	kg/ton	1,01E+01	1,53E+01	5,03E+00
Hurda	Kaynak üstü talaş	kg/ton	1,00E+00	2,00E+00	5,00E-01
atığı	Kesim çapağı	kg/ton	1,00E-01	1,50E-01	5,00E-02
	Toplam hurda atığı	kg/ton	1,12E+01	1,74E+01	5,58E+00
	Bozuk nihai ürün	kg/ton	2,00E+01	7,50E+00	1,00E+01
	Nihai ürün	kg/ton	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03
	Soğutma suyu atığı	kg/ton	1,18E-02	2,03E-02	1,84E-02
Tehlikeli	Bor yağı-su karışımı atığı	kg/ton	3,71E-02	4,75E-02	4,02E-02
atık	İşleme çamuru	kg/ton	1,00E-02	1,69E-02	-
	Koruyucu yağ atığı	kg/ton	-	-	5,03E-02
	Toplam tehlikeli atık	kg/ton	5,89E-02	8,47E-02	1,09E-01

2,16 katı iken 3.tip profil borunun 3,80 katına eşittir. Aynı saçtan üretilen 2.tip profil borunun 1.tip profil borudan daha fazla enerji tüketmesinin sebebi; 2.tip profil borunun et kalınlığının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Et kalınlığındaki artış malzemenin işlenmesinde zorluk oluşturacağından daha fazla enerji harcanmasına sebep olmaktadır. 2.tip profil boru ile 3.tip profil borunun enerji tüketimleri arasındaki farkın fazla olmasının nedeni olarak; farklı saçtan üretilmeleri gösterilebilir. 2.tip profil

boru fazla et kalınlığına sahip olduğundan fazla, 3.tip profil boru ise kolay işlenebilen galvanizli saçtan üretildiğ için az enerji tüketmektedir. Bundan dolayı aralarındaki enerji farkı büyüktür.



Şekil 5.1: Boru tiplerine ait girdi-çıktıların karşılaştırılması (1 ton profil boru üretimi için).

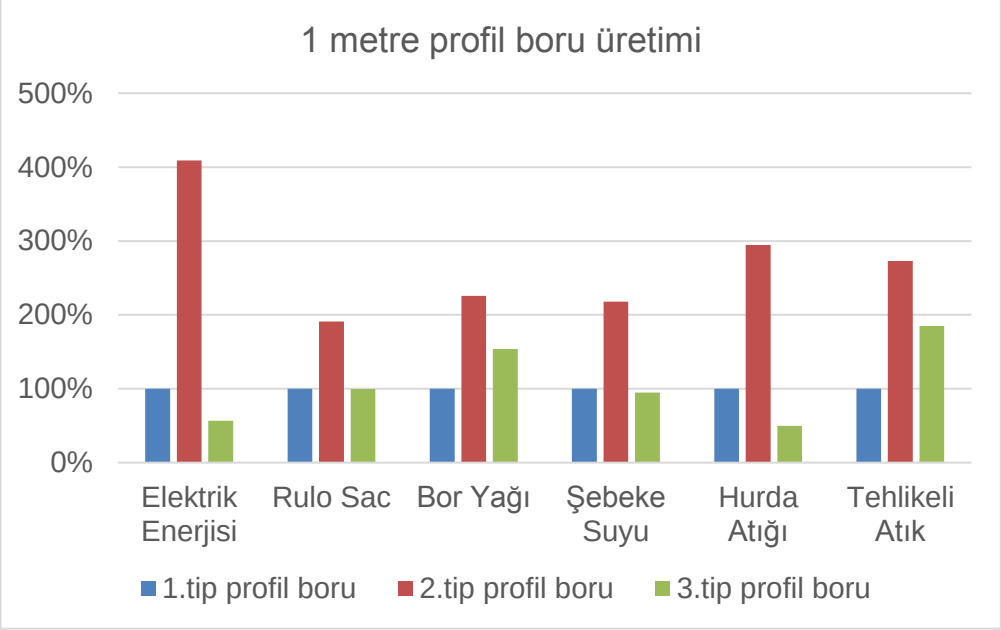
Bir ton boru üretimi için en fazla bor yağı tüketimi galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil boruda görülmektedir. Galvanizli rulo sac işlenmesi kolay bir malzeme olup fiyatı yüksektir. Bu sebeple daha fazla koruma sağlama amacıyla bor yağı, koruyucu yağ olarak diğer tipteki borulara göre daha fazla kullanılmaktadır. 3.tip profil boru üretiminde kullanılan bor yağı miktarı 1.tip profil boru üretiminin 1,54 katı ve 2.tip profil boru üretiminin ise 1,29 katına eşittir.

Et kalınlığının artması ile profil boru üretimi esnasında oluşan sıcaklık artar. Artan sıcaklığı azaltmak için daha fazla soğutma suyu ve bor yağı-su karışımı kullanılır. Bu nedenle bir ton boru üretimi için en fazla soğutma suyu ve bor yağı-su karışımı atığı et kalınlığı 1.tip ve 3.tip profil borudan daha fazla olan 2.tip profil boruda oluşmaktadır.

Bir ton boru üretimi için en fazla hurda atığı et kalınlığının fazla olmasından ötürü 2.tip profil boruda oluşmaktadır. 2.tip profil boru üretiminde 1.tip profil boru üretiminin 1,55 katı, 3.tip profil boru üretiminin 3,12 katı hurda oluşur. Fazla et kalınlığının olması oluşan hurda miktarını arttırmaktadır ve sacın işlenmesi sırasında daha fazla atık oluşturmaktadır. En az hurda atığı ise daha yüksek kalitede ve fiyatta olan galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil boruda oluşmaktadır. Çünkü yüzeyi neredeyse kullanıma hazır olduğu için sacın işlenmesi daha kolaydır.

Bir ton boru üretimi için oluşan soğutma suyu atığı, bor yağı-su karışımı atığı, işleme çamuru ve koruyucu yağ atığı tehlikeli atık başlığı altında bir arada incelenmiştir. İşleme çamuru, az miktarda oluşsa da tehlikeli atık sınıfında yer aldığı için hesaplamalara dahil edilmiştir. 1.tip ve 2.tip profil boru siyah malzemeden üretildiğinden atık olarak işleme çamuru oluşmakta; 3.tip profil boru galvanizli malzemeden üretildiği için işleme çamuru oluşmamaktadır. 3.tip profil boru üretiminde diğer iki tip profil borudan farklı olarak koruyucu yağ atığı oluşmaktadır. Çünkü galvanizli malzeme daha değerlidir ve fazladan koruyucu yağ olarak bor yağı kullanılır. Tehlikeli atık çıktısı en fazla olan boru 3.tip profil boru sahiptir. Bunu sırasıyla 2.tip ve 1.tip profil boru üretimi takip eder. 3.tip profil boru üretiminde oluşan tehlikeli atık miktarı, 1.tip profil borunun 1,85 ve 2.tip profil borunun 1,29 katına eşittir.

Çizelge 5.2'de ise bir metre çelik profil boru üretimi için, üç tip profil boruya ait girdi-çıktı envanter bilgisi verilmiştir. Şekil 5.2'de ise boru tiplerine ait girdi-çıktı miktarlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir. Bir ton profil boru üretiminde olduğu gibi 1.tip profil boru üretimindeki girdi çıktı değerleri %100 kabul edilmiş; diğer iki tip profil borunun yüzdelik dağılımı bu kabule göre normalize edilmiştir.



Şekil 5.2: Boru tiplerine ait girdi-çıktıların karşılaştırılması (1 metre profil boru üretimi için).

Çizelge 5.2: Üç boru tipi için bir metre çelik profil boru üretimine göre envanter bilgisi.

		Birim	1.tip profil boru	2.tip profil boru	3.tip profil boru
	Girdiler				
Şebeke Suyu	Elektrik enerjisi	KWh/m	4,99E-02	2,04E-01	2,83E-02
	Rulo Sac	kg/m	1,79E+00	3,41E+00	1,78E+00
	Bor yağı	kg/m	1,31E-03	2,96E-03	2,01E-03
	Su	kg/m	6,42E-02	1,45E-01	6,09E-02
	Soğutma suyu	kg/m	5,95E-02	1,25E-01	5,63E-02
	Çıktılar				
Hurda atığı	Hurda sac	kg/m	1,79E-02	5,12E-02	8,88E-03
	Kaynak üstü talaş	kg/m	1,77E-03	6,72E-03	8,84E-04
	Kesim çapağı	kg/m	1,77E-04	5,03E-04	8,83E-05
	Toplam hurda atığı	kg/m	1,98E-02	5,84E-02	9,85E-03
	Bozuk nihai ürün	kg/m	3,53E-02	2,51E-02	1,77E-02
	Nihai ürün	kg/m	1,77E+00	3,35E+00	1,77E+00
Tehlikeli atık	Soğutma suyu atığı	kg/m	2,08E-05	6,82E-05	3,26E-05
	Bor yağı-su karışımı atığı	kg/m	6,55E-05	1,59E-04	7,11E-05
	İşleme çamuru	kg/m	1,77E-05	5,65E-05	-
	Koruyucu yağ atığı	kg/m	-	-	8,88E-05
	Toplam tehlikeli atık	kg/m	1,04E-04	2,84E-04	1,92E-04

Bir metre boru üretimi için elektrik enerjisi tüketiminde boru tipleri arasında büyük farklar görülmektedir. En yüksek elektrik enerjisi tüketimi, 2.tip profil boru üretimindedir. 1.tip profil boru üretiminin 4,09 katı, 3.tip profil boru üretiminin ise 7,21 katı enerji 2.tip profil boru üretiminde harcanır. 1.tip ve 3.tip profil boru 1,5 mm'lik et

kalınlığına sahip saçtan üretilmektedir. 2.tip profil boru ise 3 mm'lik et kalınlığında saçtan üretilir. Bu sebepledir ki et kalınlığındaki artış harcanan enerji miktarını arttırmaktadır.

Et kalınlığının artması bir metre borunun daha ağır olmasına neden olur. Kullanılan rulo sac miktarı 3 mm et kalınlığına sahip 2.tip profil boru üretiminde, 1,5 mm et kalınlığına sahip olan 1.tip boru üretiminin 1,91 katı ve 3.tip profil boru üretiminin 1,92 katına eşittir.

Bir metre profil boru üretimi fonksiyonel birimi için oluşturulan envanter bilgisinde tüm girdiler ve çıktılar için 2.tip profil boru üretimine ait veriler daha yüksektir. Çünkü 2.tip profil borunun et kalınlığı 1.tip ve 3.tip profil borudan iki kat fazladır. Et kalınlığının fazla olması bir metre boru ağırlığını arttırır ve bu etki de metrelik hesaplamada yüksek envanter bilgilerinin elde edilmesine sebep olur. Bu nedenle en fazla bor yağı tüketimi, şebeke suyu kullanımı, hurda atık oluşumu 2.tip profil boruda görülür.

2.tip profil boru üretimi sonucu oluşan tehlikeli atık miktarı, 1.tip profil borunun 2,73 katı ve 3.tip profil borunun 1,48 katıdır. Et kalınlığı fazla olan 2.tip boruda, 1.tip ve 3.tip profil borudan fazla soğutma suyu ve bor yağı-su karışımı kullanılır. Bu nedenle oluşan tehlikeli atık miktarı ve oluşturacağı etki de artar. 2.tip profil boruyu sırasıyla 3.tip ve 1.tip profil boru takip eder. Aynı et kalınlığına sahip olmasına rağmen 3.tip profil boru ile 1.tip profil boru üretimi arasında tehlikeli atık oluşum miktarında fark görülür. Galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil borunun üretiminde sacın korunması için fazladan bor yağı kullanımı, bu boru tipi üretiminin 1.tip profil borudan daha yüksek tehlikeli atık oluşturmasına sebep olur.

5.1.1 Taşıma aşaması envanter analizi

Çelik profil boru üretimi için, ihtiyaç duyulan ham maddenin tesise getirilmesi ve üretim sonucu oluşacak atıkların tesisten götürülmesi gereklidir. Ham madde temini yapılan ve atıkların gönderildiği firmaların üretim tesisine olan uzaklığı taşıma aşamasının çevresel etkilerini hesaplamada önemlidir. Tesise ait girdi ve çıktıların taşınımı hakkında bilgi Çizelge 5.3'te verilmiştir. Bu çizelgede taşınan malzemenin türü ve firmanın tesise uzaklığı görülmektedir.

Çelik profil boru üretiminin ham maddesi olan rulo saclar, üretim tesisine 33,4 km uzaktıkta olan bir firmadan temin edilmektedir. Tesiste kullanılan bor yağı ise, tesise

29,7 km uzaklıkta bulunan bir firmadan alınırken soğutma suyu şebeke sisteminden alınmaktadır.

Oluşan ürünler üretimin son adımında nihai ürün ve bozuk nihai ürün olmak üzere ayrılmaktadır. Nihai ürün müşteriye gönderilirken bozuk nihai ürünler de farklı alıcılara satılmak üzere istiflenir. Nihai ürün ve bozuk nihai ürünün tesisten taşınımı sistem sınırları dışında bırakılmıştır. Dilme, form ve kesim proseslerinde oluşan hurda atığı ile bir araya getirilerek hurda atık geri dönüşümü için gönderilir. Hurda atığının gönderildiği firmanın tesise olan uzaklığı 15,7 km'dir. Diğer oluşan atık olan işleme çamuru tehlikeli atık sınıfında yer alır ve 65,8 km uzaklıkta olan tehlikeli atık yakma tesisine gönderilmektedir.

Çizelge 5.3: Tesise giren ve tesisten çıkan malzemelerin tanışımı ve akıbeti hakkında bilgi.

	Malzeme	**Dahil Edilen Kısımlar/Taşıma mesafesi**
Girdiler	Rulo Sac	Tesise taşınması / 33,4 km
	Bor Yağ	Üretimi ve tesise taşınması / 29,7 km
Çıktılar	<u>Hurda Atığı</u>	
	Hurda sac	
	Kaynak üstü talaş	Hurdanın tesisten taşınması ve geri dönüşümü / 15,7 km
	Kesim çapağı	
	<u>Tehlikeli Atık</u>	
	Soğutma suyu atığı	
	Bor yağı-su karışımı atığı	Tehlikeli atıkların tesisten taşınması ve yakma işlemi / 65,8 km
	İşleme çamuru	
	Koruyucu yağ atığı	

Üç farklı boru tipi için; bir ton profil boru üretimine göre envanter bilgisi Çizelge 5.4'te ve bir metre profil boru üretimine göre envanter bilgisi Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.4: Taşıma aşamasının bir ton profil boru üretimine göre envanter bilgisi.

Malzeme		Uzaklık (km)	1.tip profil boru (kg)	2.tip profil boru (kg)	3.tip profil boru (kg)
Girdiler	Rulo sac	33,4	1,01E+03	1,02E+03	1,01E+03
	Bor yağı	29,7	7,42E-01	8,82E-01	1,14E+00
Çıktılar	Hurda atığı	15,7	1,12E+01	1,74E+01	5,58E+00
	Tehlikeli atık	65,8	5,89E-02	8,47E-02	1,09E-01

Çizelge 5.5: Taşıma aşamasının 1 metre profil boru üretimine göre envanter bilgisi.

Malzeme		Uzaklık (km)	1.tip profil boru (kg)	2.tip profil boru (kg)	3.tip profil boru (kg)
Girdiler	Rulo sac	33,4	1,79E+00	3,41E+00	1,78E+00
	Bor yağı	29,7	1,31E-03	2,96E-03	2,01E-03
Çıktılar	Hurda atığı	15,7	1,98E-02	5,84E-02	9,85E-03
	Tehlikeli atık	65,8	1,04E-04	2,84E-04	1,92E-04

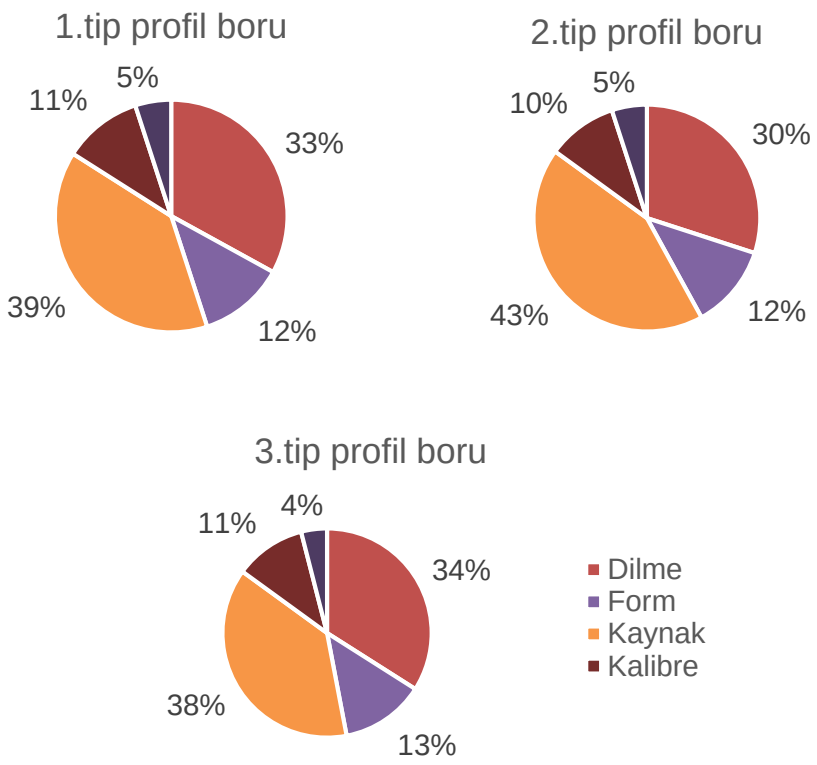
5.1.2 Elektrik tüketimi envanter analizi

Üretim hattında harcanan elektrik enerjisinin yüzdesel dağılımı iki fonksiyonel birim için de aynıdır. Çizelge 5.6'da elektrik tüketimin her bir proseste tüm boru tipleri için yüzdesel dağılımı sunulmuş ve elektrik tüketimlerine göre dağılım Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere üç boru tipi için de en fazla enerji kaynak prosesinde harcanmaktadır. Kaynak prosesini sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip eder.

Çizelge 5.6: Elektrik tüketiminde bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre yüzdelik dağılımı.

Proses	1.tip profil boru (%)	2.tip profil boru (%)	3.tip profil boru (%)
Dilme	33	30	34
Form	12	12	13
Kaynak	39	43	38
Kalibre	11	10	11
Kesim	5	5	4
TOPLAM	**100**	**100**	**100**

Üretim proseslerinde üç profil boru tipi arasında en fazla fark kaynak prosesinde görülmektedir. Sacın et kalınlığı arttıkça kaynak işlemi için harcanan enerji miktarı da artar. Bu nedenle 2.tip profil boru üretiminde en fazla enerji kaynak prosesinde harcanır.



Şekil 5.3: Elektrik tüketiminin iki fonksiyonel birim içinde geçerli olan yüzdesel dağılımı.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre Çizelge 5.7'den anlaşıldığı gibi üç profil boru arasında en fazla elektrik enerjisi 2.tip profil boru üretiminde harcanmaktadır. Et kalınlığının fazla olmasından ötürü 2.tip profil boru üretiminde diğer iki tip profil borudan daha fazla elektrik enerjisi harcanır. Üç profil boru tipi arasında en az elektrik enerjisi galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil boru üretiminde harcanır. Çünkü galvanizli sac işlemesi kolay bir malzemedir ve bu malzemeden profil boru üretiminde siyah malzemeden üretime göre daha az enerjiye ihtiyaç duyulur.

Çizelge 5.7: Elektrik tüketiminin 1 t ve 1 m profil boru üretimine göre miktarı.

Fonksiyonel Birim	1.tip profil boru (KWh)	2.tip profil boru (KWh)	3.tip profil boru (KWh)
1 t profil boru üretimi	2,82E+01	6,08E+01	1,60E+01
1 m profil boru üretimi	4,99E-02	2,04E-01	2,83E-02

Üç profil tipi için de en fazla elektrik enerjisi kaynak prosesinde harcanmaktadır. Kaynak prosesini dilme prosesi takip etmektedir. Bu iki proseste, üç profil boru tipi arasında harcanan elektrik enerji miktarlarında farklar büyüktür. Çünkü 2.tip profil boru et kalınlığı en fazla olan borudur ve bu sebeple üretimi fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Dilme prosesini sırasıyla form, kalibre ve kesim prosesleri takip etmektedir.

5.2 Çevre Etki Değerlendirme

5.2.1 Bir ton profil boru üretimi için

Üç farklı tip boru üretimi için, bir ton çelik profil boru üretimine göre çevresel etki sonuçları Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

ATP element kategorisi tüm boru tiplerinde çevresel etkileri azaltıcı yönde olmuştur. Hurda atık geri dönüşümünden gelen negatif etki ile çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılmasından dolayı bu etki kategorisinde sonuçlar negatif olarak (olumlu etki) bulunmuştur. Üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı arttıkça; hurda atık geri dönüşümünden gelen olumlu etki de artmaktadır. Bu nedenle en fazla hurda atık geri dönüşümü faktöründen gelen etki değeri 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boruyu oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip eder. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP element etkisi, 1.tip profil borunun 1,62 katı ve 3.tip profil borunun ise 4,26 katıdır.

Çizelge 5.8: Bir ton çelik profil boru üretimine göre çevresel etki sonuçları.

Etki Kategorisi	Birim	1.tip Çelik Profil Boru Üretimi	2.tip Çelik Profil Boru Üretimi	3.tip Çelik Profil Boru Üretimi
ATP element	kg Sb-eşd.	-1,25E-04	-2,03E-04	-4,76E-05
ATP fosil	MJ	3,72E+02	6,44E+02	3,03E+02
AP	kg SO_2-eşd	1,83E-01	3,47E-01	1,20E-01
ÖP	kg PO_4-eşd.	6,82E-02	1,45E-01	4,48E-02
TCETP	kg DCB-eşd.	4,32E+00	1,38E+01	3,75E+00
KIP	kg CO_2-eşd.	2,73E+01	5,06E+01	1,89E+01
İTP	kg DCB-eşd.	4,20E+04	8,50E+04	2,51E+04
OTİP	kg R11-eşd.	2,27E-06	2,98E-06	2,43E-06
FOOP	kg C_2H_4-eşd.	6,18E-03	1,17E-02	6,72E-03
KETP	kg DCB-eşd.	-1,76E+00	-2,72E+00	-8,56E-01

Çelik profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinde en etkili faktör elektrik tüketimi olmuştur. Elektrik tüketimi etki faktörünü bor yağı üretimi ve taşıma faktörleri takip etmiştir. Sacın et kalınlığı arttıkça üretim esnasında harcanan elektrik ve bor yağı miktarı artacağından; 2.tip profil boruda bu kategoride en yüksek etki değeri görülmektedir. 3.tip profil boru üretiminde, enerji girdisinin en az olması elektrik tüketimi faktöründe düşük etki değerine sahip olmasına neden olmaktadır. Buna istinaden 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP fosil etkisi, 1.tip profil borunun 1,73 katı ve 3.tip profil borunun ise 2,13 katıdır.

Üretim sonucu oluşan çevresel etkilerde AP etki kategorisinde en etkili faktör elektrik tüketimi olmuştur. Elektrik tüketimi faktörünün oluşturduğu etkinin yanında küçük etki oranları olarak kalsalar da; taşıma ve hurda atık geri dönüşümü faktörleri de AP açısından çevresel etki oluştururlar. Üretimi esnasında en fazla elektrik enerjisinin harcandığı 2.tip profil boru, AP etki kategorisinde en yüksek çevresel etki değerine sahip çıkmıştır. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmekdir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan AP etkisi, 1.tip profil borunun 1,90 katı ve 3.tip profil borunun ise 2,89 katıdır.

ÖP etki kategorisinde en fazla çevresel etki oluşturan faktör elektrik tüketimi olarak saptanmıştır. Elektrik tüketimini, hurda atık geri dönüşümü ve taşıma faktörleri takip etmektedir. Elektrik tüketimi etki faktöründe en yüksek değerde olan 2.tip profil boru, ÖP açısından en büyük değere sahip olmuştur. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. Buna göre 2.tip profil boru üretiminde oluşan ÖP etkisi, 1.tip profil borunun 2,13 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,24 katı olarak saptanmıştır.

TCETP etki kategorisinde elektrik faktörünün oluşturduğu olumsuz etki, hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etki ile azaltılmıştır. Fakat faktörlerin oluşturduğu etki değerleri toplandığında üretimin çevre üzerinde olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. TCETP etki kategorisinde en yüksek değer 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan TCETP etkisi, 1.tip profil borunun 3,19 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,68 katı olarak saptanmıştır.

KIP etki kategorisinde 2.tip profil boru üretiminde oluşan etki; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,85 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,67 katıdır. Bu kategoride de en büyük etki elektrik tüketiminden gelmiştir bunu taşıma faktörünün oluşturduğu etki takip etmektedir. Taşımadan gelen etki oranının en fazla olduğu boru tipi 3.tip profil boru olmuştur. Çünkü yakma tesisine taşıması yapılan tehlikeli atık oluşumu en fazla 3.tip profil boruda görülmektedir. Fakat 3.tip profil borunun taşıma etkisinin fazla olması, 2.tip profil borunun fazla elektrik tüketimi ile oluşturuğu olumsuz etkiyi geçememektedir ve 2.tip profil boru KIP etki kategorisinde en fazla etki oluşturan profil boru tipi olmaktadır.

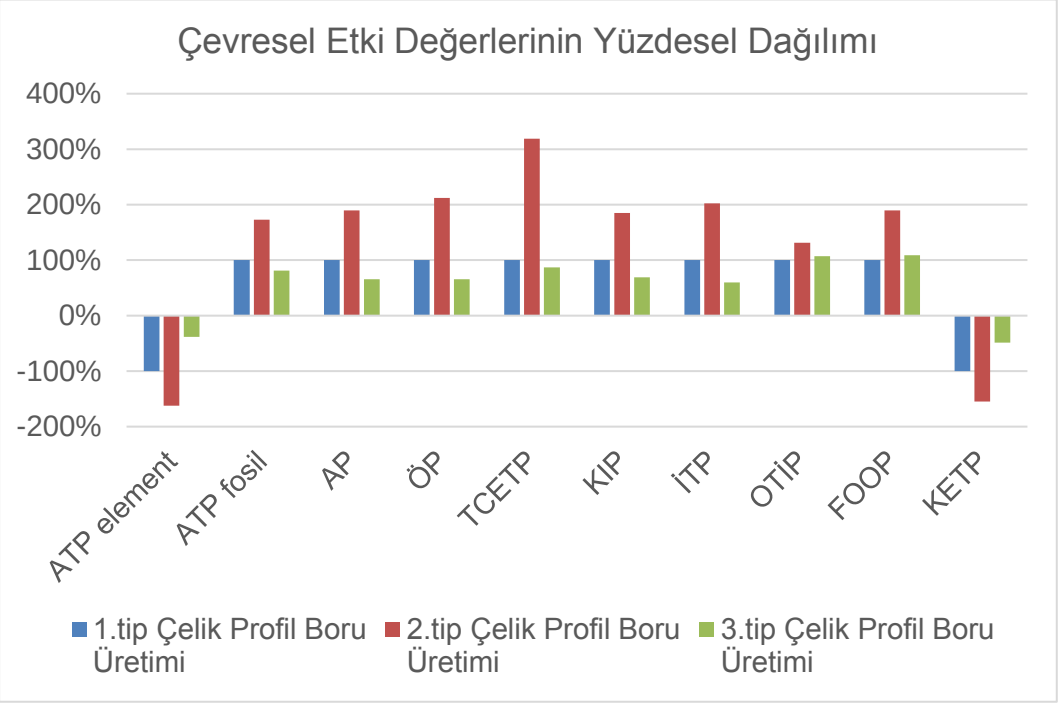
Çevresel etki kategorilerinden İTP açısından en fazla etkili olan faktör elektrik tüketimi olmuştur. Elektrik tüketimini hurda atık geri dönüşümü faktörü takip etmektedir fakat elektrik tüketimi faktörüne kıyasla çevre üzerinde büyük etkisi olmamıştır. 2.tip profil boru elektrik tüketimi faktöründe en yüksek değere sahip olduğundan İTP kategorisinde en fazla çevresel etkiye sahiptir. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. Bu sebeple 2.tip profil boru üretiminde oluşan İTP etkisi, 1.tip profil borunun 2,02 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,39 katıdır.

Elektrik tüketimi, taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri OTİP etki kategorisini oluşturan faktörler olmuştur. Farklı faktörlerden etkilenmesi nedeniyle üç profil tipinin etkisi, bu kategori de birbirlerine yakın oluşmuştur. Elektrik tüketimi 2.tip profil boruda, bor yağı

tüketimi 3.tip boruda ve taşımadan gelen etki ise 1.tip profil boruda fazladır. Bu da üç profil boru üretimi sonucu yakın etkilerin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Fakat yine de 2.tip profil boru üretiminde oluşan OTİP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,31 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,23 katı olarak saptanmıştır.

FOOP etki kategorisinde elektrik faktörünün oluşturduğu olumsuz etki, hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etki ile azaltılmıştır. Üç profil tipinin elektrik girdileri arasında büyük fark olması elektrik tüketiminin oluşturacağı etkiyi arttırırken; hurda atık miktarıyla orantılı olarak en fazla olumlu etki oluşumunun 2.tip profil boruda oluşmuştur. Fakat tüm faktörlerin oluşturduğu etki değerleri toplandığında üretimin çevre üzerinde olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. En fazla çevresel etki 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan FOOP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,89 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,74 katıdır.

Çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılmasından KETP etki kategorisinde, hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etki (negatif değer) söz konusu olmuştur. 2.tip profil boruyu oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KETP etkisi, 1.tip profil borunun 1,55 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,18 katıdır.



Şekil 5.4: 1 ton profil boru üretimine göre etki kategorilerinde yüzdesel dağılım.

Şekil 5.4'te ise üç boru tipinin etki kategorilerine göre yüzdesel olarak karşılaştırılması verilmiştir. Bir ton profil boru üretimine göre ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP, OTİP VE FOOP kategorilerinde etki olumsuz yönde iken; ATP element ve KETP kategorilerinde olumlu etki elde edilmiştir. Olumsuz etki gösteren tüm kategorilerde üç profil boru tipi arasında en fazla olumsuz etki 2.tip profil boru kaynaklı olmuştur. Bu durumun en temel sebebi; et kalınlığı fazla olan 2.tip profil boru üretimde enerji tüketiminin daha fazla olması gösterilebilir. Öte yandan çevresel etkileri azaltıcı yönde sonuçların saptandığı ATP element ve KETP kategorilerinde de söz konusu olumlu etkilerin en fazla görüldüğü boru tipi yine 2.tip profil boru olarak belirlenmiştir. Üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı en fazla 2.tip profil boru üretiminde oluşmuştur ve bu sebeple hurda atık geri dönüşümünün meydana getirdiği olumlu etki en fazla 2.tip profil boruda görülmüştür.

5.2.2 Bir metre profil boru üretimi için

Bir metre profil boru üretimine ait çevresel etki sonuçları ise Çizelge 5.9'da gösterilmiştir

Bir ton profil boru üretiminde olduğu gibi, ATP element kategorisi üç profil boru tipi için de çevresel etkileri azaltıcı yönde olmuştur. Hurda atık geri dönüşümünden gelen olumlu etki; üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı arttıkça artmaktadır. Bundan ötürü en fazla hurda atık geri dönüşümü faktöründen gelen etki değeri 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boruyu oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP element etkisi, 1.tip profil borunun 3,07 katı ve 3.tip profil borunun ise 8,08 katıdır.

ATP fosil etki kategorisinde en etkili faktör elektrik tüketimi olmuştur ve bunu bor yağı üretimi ile taşıma faktörleri takip etmektedir. Sacın et kalınlığının artmasıyla üretimde harcanan elektrik ve bor yağı miktarı da artmaktadır. Bu sebeple 2.tip profil boruda bu kategoride en yüksek etki değeri görülmüştür. 3.tip profil boru üretiminde, enerji girdisinin en az olması elektrik tüketimi faktöründe düşük etki değerine sahip olmasına neden olmuştur. Bundan ötürü 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP fosil etkisi, 1.tip profil borunun 3,29 katı ve 3.tip profil borunun ise 4,04 katıdır.

Çelik profil boru üretiminde AP etki kategorisinde en etkili faktör elektrik tüketimi olmuştur ve elektrik tüketimi faktörünü taşıma ile hurda atık geri dönüşümü faktörleri takip etmektedir. Üretimi esnasında en fazla elektrik enerjisinin harcandığı 2.tip profil boru, AP etki kategorisinde en yüksek çevresel etki değerine sahip çıkmıştır. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip

profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan AP etkisi, 1.tip profil borunun 3,59 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,47 katıdır.

Çizelge 5.9: Bir metre çelik profil boru üretimine göre çevresel etki sonuçları.

Etki Kategorisi	Birim	1.tip Çelik Profil Boru Üretimi	2.tip Çelik Profil Boru Üretimi	3.tip Çelik Profil Boru Üretimi
ATP element	kg Sb-eşd.	-2,21E-07	-6,79E-07	-8,40E-08
ATP fosil	MJ	6,56E-01	2,16E+00	5,35E-01
AP	kg SO_2-eşd	3,23E-04	1,16E-03	2,12E-04
ÖP	kg PO_4-eşd.	1,20E-04	4,86E-04	7,91E-05
TCETP	kg DCB-eşd.	7,52E-03	4,63E-02	6,62E-03
KIP	kg CO_2-eşd.	4,83E-02	1,69E-01	3,34E-02
İTP	kg DCB-eşd.	7,43E+01	2,85E+02	4,45E+01
OTİP	kg R11-eşd.	4,01E-09	9,98E-09	4,29E-09
FOOP	kg C_2H_4-eşd.	1,09E-05	3,94E-05	1,19E-05
KETP	kg DCB-eşd.	-3,12E-03	-9,12E-03	-1,51E-03

Üretim sonucu oluşan çevresel etkilerde ÖP açısından en fazla çevresel etki oluşturan faktör elektrik tüketimi olarak saptanmıştır. Elektrik tüketimini, hurda atık geri dönüşümü ve taşıma faktörleri takip etmektedir. Elektrik tüketimi etki faktöründe en yüksek değerde olan 2.tip profil boru, ÖP açısından en büyük değere sahip olmuştur. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. Buna göre 2.tip profil boru üretiminde oluşan ÖP etkisi, 1.tip profil borunun 4,05 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,14 katı olarak saptanmıştır.

TCETP etki kategorisinde elektrik faktörünün oluşturduğu olumsuz etki, hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etki ile azaltılmıştır. Hurda atık miktarıyla orantılı olarak en fazla olumlu etki oluşumunun 2.tip profil boruda oluşması bile TCETP etki kategorisinde 2.tip profil borunun en fazla olumsuz etki oluşturan profil boru tipi olmasını değiştirmemiştir. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri

ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan TCETP etkisi, 1.tip profil borunun 6,16 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,99 katı olarak saptanmıştır.

KIP etki kategorisinde 2.tip profil boru üretiminde oluşan etki; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,50 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 5,06 katıdır. Bu kategoride de en büyük etki elektrik tüketiminden gelmiştir bunu taşıma faktörünün oluşturduğu etki takip etmektedir. En fazla tehlikeli atık oluşumu 3.tip profil boruda görüldüğünden, taşımadan gelen etkinin en fazla olduğu boru tipi 3.tip profil boru olmuştur. Yine de 3.tip profil borunun taşıma etkisinin fazla olması, 2.tip profil borunun fazla elektrik tüketimi ile oluşturuğu olumsuz etkiyi geçememiştir ve 2.tip profil boru KIP etki kategorisinde en fazla etki oluşturan profil boru tipi olmuştur.

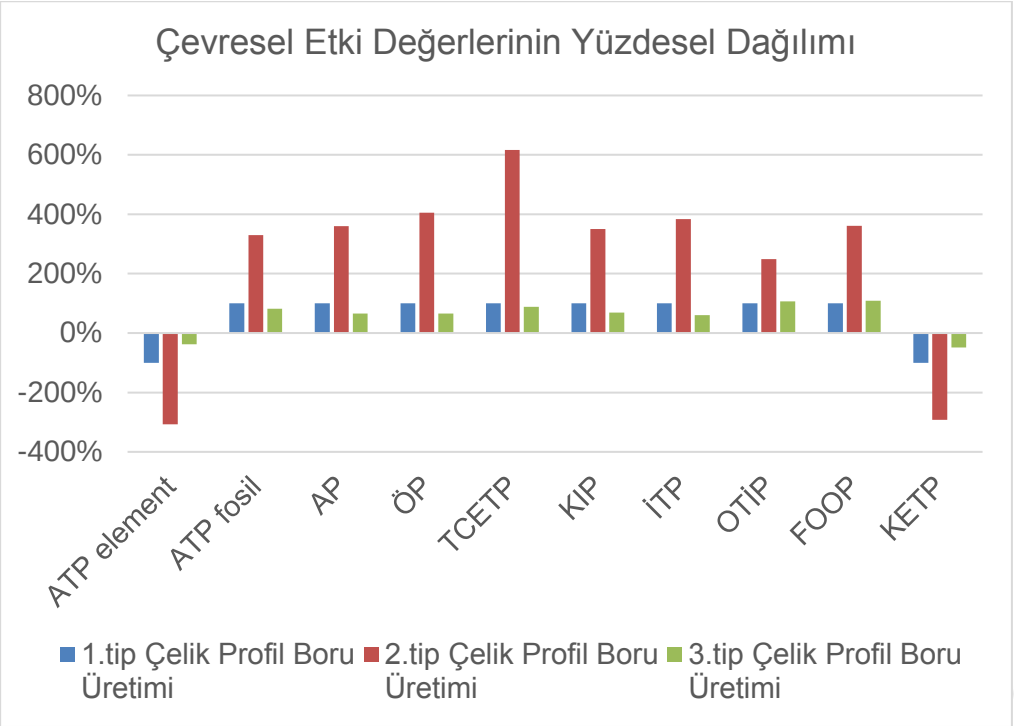
İTP etki kategorisinde en fazla etkili olan faktör elektrik tüketimi olmuştur. Elektrik tüketimini hurda atık geri dönüşümü faktörü takip etmektedir fakat bir ton profil boru üretiminde olduğu gibi elektrik tüketimi faktörüne kıyasla çevre üzerinde büyük etkisi olmamaktadır. 2.tip profil boru elektrik tüketimi faktöründe en yüksek değere sahip olduğundan İTP kategorisinde en fazla çevresel etkiye sahiptir. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. Bu sebeple 2.tip profil boru üretiminde oluşan İTP etkisi, 1.tip profil borunun 3,84 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,40 katıdır.

Elektrik tüketimi, taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri OTİP etki kategorisini oluşturan faktörler olmuştur. Üç profil boru tipi de farklı faktörlerden etkilenmiştir. Fakat yine de 2.tip profil boru üretiminde oluşan OTİP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,49 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,33 katı olarak saptanmıştır.

FOOP etki kategorisinde elektrik faktörünün oluşturduğu olumsuz etki, hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etki ile azaltılmıştır. Fakat tüm faktörlerin oluşturduğu etki değerleri toplandığında üretimin çevre üzerinde olumsuz etki oluşturduğu belirlenmiştir. En fazla çevresel etki 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boruyu elektrik tüketimi faktörü değerleri ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan FOOP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,61 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,31 katıdır.

Çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılması ile KETP etki kategorilerinde, hurda atık geri dönüşümünü olumlu etki (negatif değer) oluşturmuştur. Hurda atık miktarı arttıkça; hurda atık geri dönüşümünden gelen

olumlu etki de artacağından en fazla hurda atık çıktısına sahip 2.tip profil boru KETP etki kategorisinde en büyük olumlu etkiye sahip olmuştur. 2.tip profil boruyu oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KETP etkisi, 1.tip profil borunun 2,92 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,04 katıdır.



Şekil 5.5: Bir metre profil boru üretimine göre etki kategorilerinde yüzdesel dağılım.

Şekil 5.5'te ise çevresel etki sonuçlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir. Bir metre profil boru üretimine göre olumsuz yönde etki eden kategoriler ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP, OTİP VE FOOP iken; ATP element ve KETP kategorilerinde olumlu etki elde edilmiştir. Olumsuz etki gösteren tüm kategorilerde üç profil boru tipi arasında en fazla etki 2.tip profil boru kaynaklı olmuştur. Bunun nedeni; et kalınlığı fazla olan 2.tip profil boru üretimde enerji tüketiminin fazla olması gösterilebilir. Diğer yandan çevresel etkileri azaltıcı yönde sonuçların saptandığı kategorilerde de söz konusu olumlu etkilerin en fazla görüldüğü boru tipi yine 2.tip profil boru olarak belirlenmiştir. Hurda atık miktarı en fazla olan 2.tip profil boruda, hurda atık geri dönüşümü etki faktörünün oluşturduğu olumlu etki en fazla görülmüştür.

Üç farklı boru tipinin iki farklı fonksiyonel birime göre, her bir etki kategorisi için çevresel etkiyi oluşturan faktörlerin dağılımı alt başlıklar halinde incelenmiştir.

5.3 Literatür İle Karşılaştırma

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sözü edilen kaynaklar ile karşılaştırılmıştır. Kaynaklardan birinde kaplamalı çelik boru üretimi için YDD yapılırken (Emek Boru, 2019-a) diğerinde kaplamasız çelik boru üretimi için YDD çalışması yapılmıştır (Emek Boru, 2019-b). Kimya, yağ, petrokimya endüstrilerinde ve su arıtma tesislerinde kullanılan bu borular spiral kaynaklı boru olarak nitelendirilmişlerdir. İki ürün için fonksiyonel birim olarak bir ton profil boru üretimi seçilmiş ve ham madde temini, ham maddenin taşınması, üretim ve malzemenin taşınması adımları çalışmalara dahil edilmiştir (Emek Boru, 2019-a). Literatürde üretim aşamasına form verme işlemi, kaynak prosesi ve kalite kontrol adımı dahil edilmiştir (Emek Boru, 2019-b).

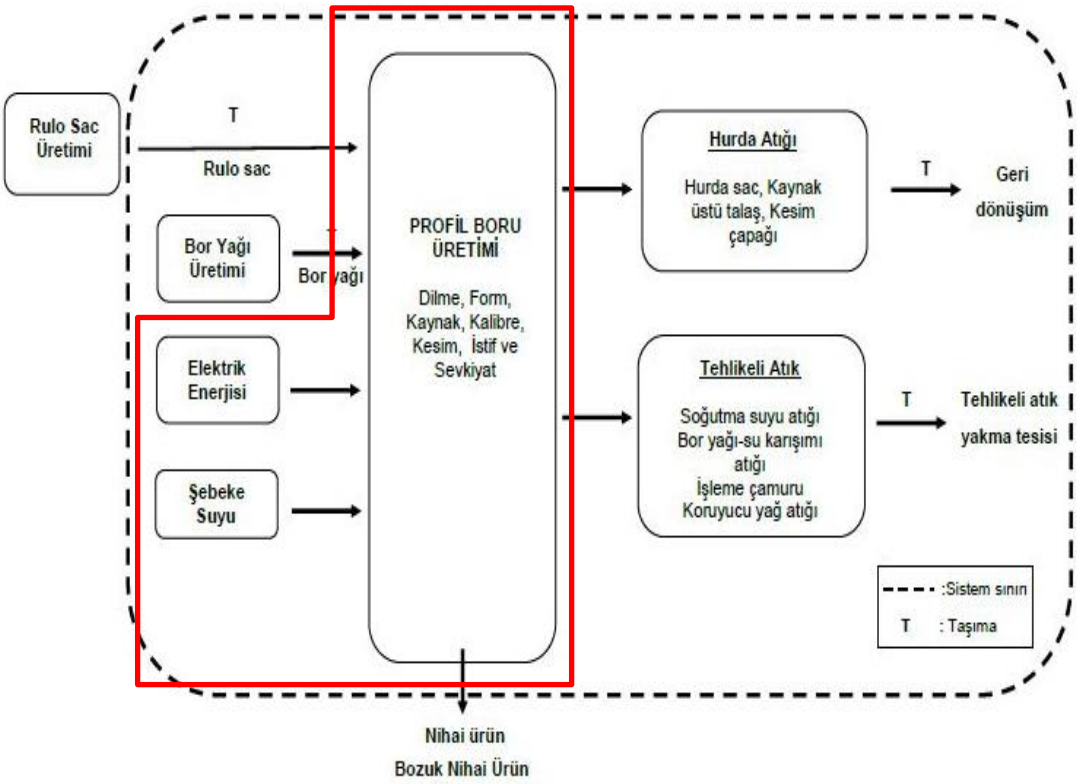
İki çalışma arasındaki tek fark kaplamasız çelik profil boru üretiminde üretim aşamasında borunun kaplama tesisine taşınması dahil edilmemesidir. Atık yönetimi bu iki çevresel ürün beyanında da sistem sınırları dışında bırakılmıştır (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b).

Bu çalışmada ele alınan profil boru türleri inşaat, mobilya, otomobil gibi farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Bir ton ve bir metre profil boru üretimi olmak üzere iki adet fonksiyonel birim seçilmiştir. Çalışmamızda, gerçek bir tesiste ham madde temini, üretim, taşıma ve atıkların yönetimi aşamaları dahil edilerek profil boru imalatı için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Çevresel etkileri oluşturan faktörler; hurda atık geri dönüşümü, bor yağı üretimi, taşıma, şebeke suyu kullanımı, tehlikeli atık yakma işlemi ve elektrik tüketimidir.

Ham madde temini aşamasında bor yağı üretimi faktörü; taşıma aşamasında ham maddenin tesise taşınması ve imalat sonucu oluşacak atıkların tesisten uzaklaştırılması etkili olmuştur. Oluşan tehlikeli atıklar, yakma tesisine gönderilirken tehlikesiz atıklar ise geri dönüşüm tesisine gönderilmiştir. Geriye kalan dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde kullanılan şebeke suyu ve elektrik tüketimi faktörleri ise üretim aşamasında yer almıştır.

Sözü geçen literatür bulguları ile bu çalışmada elde edilen üç farklı profil boru tipine ait üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Yapılan kıyaslamanın benzer sınırlar içerisinde gerçekleştirilebilmesi için sözü geçen kaynaklardaki form verme işlemi, kaynak prosesi, kalite kontrol adımı ve bizim çalışmamızdaki dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde kullanılan şebeke suyu ile elektrik tüketimi faktörleri üretim aşamaları olarak ele alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Kıyaslamaya dahil edilen faktörler Şekil5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Literatür ile karşılaştırmaya dahil edilen faktörler

Çalışmada yer alan üç profil borunun özellikleri ile sözü geçen kaynaklardaki boruların özelliklerine ait bilgiler **Çizelge 5.10**'da verilmiştir. Bu çalışmada üretilen 1.tip ve 2.tip profil boru siyah malzemeden üretilirken; 3.tip profil boru işlemesi daha kolay olan galvanizli sactan üretilmektedir. Ayrıca 1.tip ve 3.tip profil boru 1,50 mm et kalınlığına sahip iken; 2.tip profil boru 3 mm et kalınlığındadır. Üç profil boru da 6 metre uzunluğunda olup kaplamasız olarak üretilmektedir. Sözü geçen kaynaklarda (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b), kullanılan borular 1.tip ve 2.tip profil boru üretiminde kullanılan siyah malzemeden üretilmiştir ve boruların et kalınlığı 4-25,4 mm aralığında değişkenlik göstermiştir. Boru uzunlukları 6 ile 20 metre arasında değişirken; kaynaklardan birinde kaplamalı diğerinde ise kaplamasız boru için YDD yapılmıştır (Emek Boru, 2019-a) (Emek Boru, 2019-b).

Çizelge 5.10: Çalışmadaki üç profil boru özelliklerinin literatürdeki borular ile karşılaştırılması.

Boru Tipi	Malzeme	Et kalınlığı (mm)	Uzunluk (m)	Kaplamalı/ Kaplamasız
1.tip	Siyah malzeme	1,50	6	Kaplamasız
2.tip	Siyah malzeme	3	6	Kaplamasız
3.tip	Galvanizli sac	1,50	6	Kaplamasız
(Emek Boru, 2019-a)	Siyah malzeme	4.0 – 25,4	6-20	Kaplamalı
(Emek Boru, 2019-b)	Siyah malzeme	4.0 – 25,4	6-20	Kaplamasız

İki literatür çalışmasının sadece üretim aşamalarına ait çevresel etki değerleri ile bu çalışmanın sonuçları Çizelge 5.11'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşıldığı üzere KIP, OTİP ve ATP fosil etki kategorilerinde, çalışmada elde edilen bulgular ile literatürdeki çalışmalar aynı mertebeden değerlerde bulunmuştur. Diğer yandan geriye kalan AP, ÖP, FOOP ve ATP element kategorilerinde, literatür ile yapılan çalışmada elde edilen bulguların birbirine yakın mertebeden değerler olduğu saptanmıştır. Öte yandan sözü geçen kaynaklar ile bu çalışmada siyah malzeme ile yapilan üretimden elde edilen bulguların benzer sonuç verdiği saptanmıştır.

KIP etki kategorisinin bir ton profil boru üretimine göre kg CO_2 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,04E+01 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b kaynağı için 2,90E+01'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu değer çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 1,91E+01 olarak elde edilmiştir. Buna göre her ikisi de siyah malzemeden yapılan kaplamasız borular olan 1.tip profil borunun, Emek Boru-b değerine daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 2,64 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamasız olarak üretilmesinden ötürü üretimi esnasında daha az enerji harcaması olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg CO_2 eşdeğeri 4,13E+01 olarak elde edilmiştir. Buna göre kaplamasız olan 2.tip profil

borunun, kaplamalı olarak üretilen Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). Üç profil boru tipi arasında en fazla elektrik enerjisi 2.tip profil boruda tüketilmektedir ve kaplamalı boru üretiminde de yüksek enerjiye ihtiyaç olduğundan bu iki boru tipine ait etki değerleri birbirine daha yakın bulunmuştur. 2.tip profil borudaki değerin, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,42 katı olduğu ve bunun sebebinin ikisi de kaplamasız olarak siyah malzemeden üretilmesine rağmen et kalınlığı en fazla olan 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg CO_2 eşdeğeri 1,09E+01 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil boru etki değerinin, Emek Boru-b değeri ile daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 4,26 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil boru üretiminde siyah malzeme yerine galvanizli sac kullanılmasının olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

Bir ton profil boru üretimine göre OTİP etki kategorisinin kg R11 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 2,05E-06 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b kaynağı için 1,19E-06'dır (Emek Boru, 2019-b). Bu değer çalışmanın sonuçlarına göre 1.tip boruda 2,27E-06 olarak elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 1.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,91 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun et kalınlığının sözü geçen kaynaktan daha az olması olarak gösterilebilir (Emek Boru, 2019-b). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg R11 eşdeğeri 2,98E-06 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,50 katı olduğu görülmüştür ve bunun sebebinin 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg R11 eşdeğeri 2,43E-06 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 3.tip profil borudaki değer,Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,04 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olarak görülmüştür (Emek Boru, 2019-b).

Bir ton profil boru üretimi için AP etki kategorisinin oluşturduğu kg SO_2 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 2,59E-01 büyüklüğünde iken (Emek Boru, 2019-a), Emekboru-b için verilen AP değeri 1,49E-01'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 1,30E-01 olarak elde edilmiştir., Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile daha yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,99 katı olduğu ve bunun sebebinin

Çizelge 5.11: Bir ton profil boru üretimine göre elde edilen bulguların literatür ile karşılaştırılması.

Etki Kategorileri	Birim	Üretim Aşaması				
		Emek Boru, 2019b	Emek Boru, 2019a	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
KIP	kg CO_2 eşd./ton	2,90E+01	5,04E+01	1,91E+01	4,13E+01	1,09E+01
OTİP	kg R11 eşd./ton	1,19E-06	2,05E-06	2,27E-06	2,98E-06	2,43E-06
AP	kg SO_2 eşd./ton	1,49E-01	2,59E-01	1,30E-01	2,80E-01	7,41E-02
ÖP	kg PO_4^{3-} eşd./ton	8,90E-02	1,54E-01	7,22E-02	1,55E-01	4,10E-02
FOOP	kg C_2H_4 eşd./ton	5,00E-03	9,00E-03	6,18E-03	1,17E-02	6,72E-03
ATP element	kg Sb eşd./ton	2,99E-06	5,20E-06	5,42E-06	1,17E-05	3,10E-06
ATP fosil	MJ/ton	3,29E+02	5,71E+02	3,72E+02	6,44E+02	3,03E+02

1.tip profil boru üretiminde sözü geçen kaynaktaki kaplamalı boru üretimine oranla daha az enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg SO_2 eşdeğeri 2,80E-01 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,88 katı olduğu ve bunun sebebinin 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg SO_2 eşdeğeri 7,41E-02 olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi 1.tip ve 2.tip boru için elde edilen AP değeri sözü geçen kaynaklar ile uyumlu iken; 3.tip profil borunun AP açısından oluştuduğu etki daha azdır. Bunun nedeninin AP kategorisinde önemli etkiye sahip olan elektrik tüketiminin, 3.tip profil boruda en az miktara sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ÖP etki kategorisinde bir ton profil boru üretimi için kg PO_4 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 1,54E-01 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için değeri 8,90E-02'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışma sonuçlarına göre 1.tip boru 7,22E-02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,23 katı olduğu ve bunun sebebinin kaplamalı olarak üretilmeyen 1.tip profil boruda daha az enerji harcanması olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg PO_4 eşdeğeri 1,55E-01 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile aynı mertebede olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,74 katı olduğu ve bunun sebebinin en fazla enerji tüketiminin 2.tip profil boruda olmasından kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg PO_4 eşdeğeri 4,10E-02 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 2,17 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun sözü geçen kaynakta olduğu gibi kaplamalı olarak üretilmemesinden kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

FOOP kategorisinin bir ton profil boru üretimi için oluşturduğu kg C_2H_4 eşdeğeri Emek Boru-a'da 9,0E-03 büyüklüğünde iken (Emek Boru, 2019-a); Emek Boru-b için verilen FOOP değeri 5,0E-03'tür (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 6,18E-03 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b).

Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,46 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamalı üretilmemesinden kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg C_2H_4 eşdeğeri 1,17E-02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,34 katı olduğu ve bunun sebebinin en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg C_2H_4 eşdeğeri 6,72E-03 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,34 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

Bir ton profil boru üretimi için ATP element etki kategorisinde kg Sb eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,20E-06 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için 2,99E-06'dır (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 5,42E-06 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, EmekBoru-a ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 1.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,81 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun et kalınlığının sözü geçen kaynaktaki borudan daha az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-b). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg Sb eşdeğeri 1,17E-05 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 3,91 katı olduğu ve yüzde oranının yüksek çıkmasının sebebi en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg Sb eşdeğeri 3,10E-06 olarak elde edilmiştir. Bundan dolayı 3.tip profil borunun Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,68 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

ATP fosil etki kategorisinin bir ton profil boru üretimine göre MJ eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,71E+02 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için 3,29E+02'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 3,72E+02 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile yakın değerde olduğu

saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,13 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamasız olarak üretilmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg MJ eşdeğeri 6,44E+02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,96 katı olduğu ve yüzde oranının yüksek çıkmasının sebebi en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg MJ eşdeğeri 3,03E+02 olarak elde edilmiştir. Bundan dolayı 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,88 katı olduğu ve bunun sebebinin en az enerji tüketiminin kaplamasız olarak üretilen 3.tip profil boruda görülmesi olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a).

5.4 Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Element (ATP element)

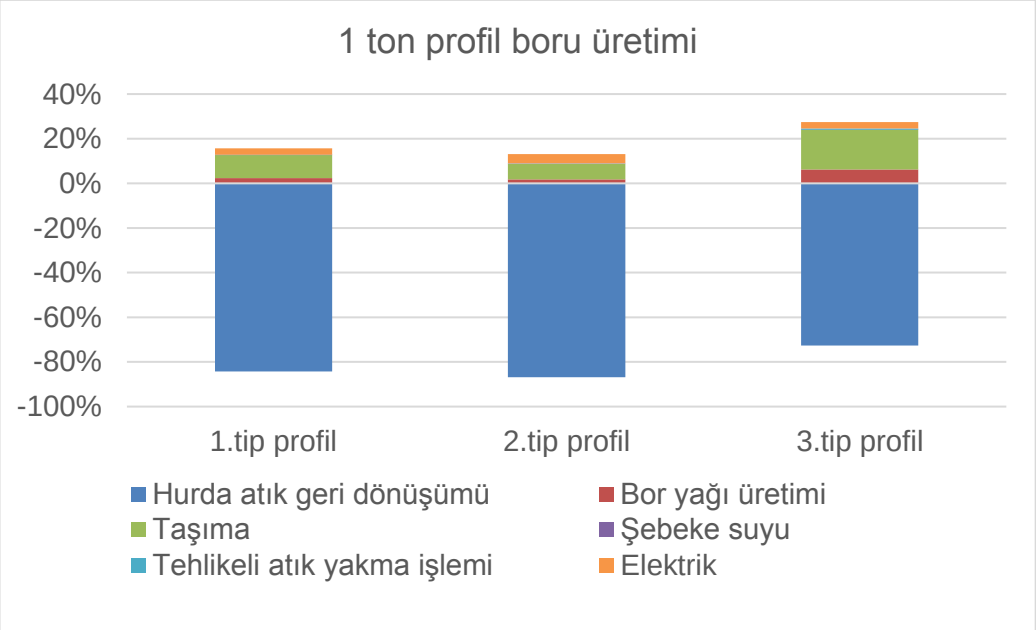
5.4.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için ATP element etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.12'de verilmiştir. Negatif değerlerin elde edilmesi; olumsuz çevresel etkinin olmaması ve çevre üstündeki etkinin olumlu yönde olması anlamına gelmektedir. Negatif değerler hurda geri dönüşümü nedeniyle elde edilmiştir. Diğer tüm faktörler ATP element açısından olumsuz çevresel etkileri arttırıcı yönde çalışmışlardır. Ayrıca burada sistem sınırları içine çelik rulo sac üretiminin alınmaması sonuçların toplamının negatif çıkması üzerinde etkili olmuştur. Üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı arttıkça; hurda atık geri dönüşümünden gelen olumlu etki de artmaktadır. Bu nedenle ATP element etki kategorisinde, üç boru tipi arasında en fazla olumlu etki hurda çıkışı en fazla olan 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP element etkisi, 1.tip profil borunun 1,62 katı ve 3.tip profil borunun ise 4,27 katıdır.

Çizelge 5.12: Bir ton profil üretimi için ATP element'e etki eden faktörler (kg Sb eşdeğeri)

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-1,54E-04	-2,39E-04	-7,65E-05
Bor yağı üretimi	4,28E-06	5,09E-06	6,58E-06
Taşıma	1,91E-05	1,90E-05	1,89E-05
Şebeke suyu	5,02E-08	5,77E-08	4,75E-08
Tehlikeli atık yakma işlemi	2,56E-07	3,68E-07	4,74E-07
Elektrik	5,37E-06	1,16E-05	3,05E-06
TOPLAM	-1,25E-04	-2,03E-04	-4,75E-05

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de hurda atık geri dönüşümünden geldiği Şekil 5.7'de açıkça görülmektedir. Hurda atık geri dönüşümü yukarıda da söz edildiği gibi olumlu çevresel etki yaratmıştır. Öte yandan tümü olumsuz çevresel etkilere neden olan diğer faktörler arasında sırasıyla; taşıma ve elektrik tüketimi etkin faktörler arasında olmuştur. Bu çalışma içerisinde taşıma faktörü; hem ham madde girdisinin tesise taşınmasını hem de üretim sonucu oluşan atıkların tesisten taşınmasını kapsamaktadır.



Şekil 5.7: Bir ton profil boru üretimi için etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP element).

Hurda atık; düşük alaşımlı çelik içeriği yoğun bir atık türüdür ve geri dönüştürülmektedir. Metallerin geri dönüşümü ATP element etki kategorisinde olumlu etki yaratmaktadır. (Yay, 2017). Hurda atık geri dönüşümü etki faktöründe, üç profil boru tipi arasında en fazla etkinin 2.tip profil borudan geldiği bunun da hurda atık miktarının fazla olmasından kaynaklandığı saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,55 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,12 katıdır.

Yenilenemeyen kaynakların taşıma için kullanılması ATP element kategorisinde taşıma faktörünün etki oluşturmasına sebep olmuştur. Bu kategoride taşıma faktörünün oluşturduğu etki değerleri üç profil boru tipi için de birbirine yakın bulunmuştur.

Enerji tüketiminde yenilenemeyen kaynaklar kullanıldığından elektrik faktörü ATP element kategorisinde etkili olmuştur. Elektrik faktörünün bu kategoride; üç profil tipi arasında en fazla 2.tip profil boru üretiminde etki oluşturacağı belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak et kalınlığı en fazla olan 2.tip profil boru üretiminde enerji girdisinin yüksek olması gösterilebilir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,16 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,80 katıdır.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.13'te bu çalışmadaki üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre ATP element etki kategorisinde oluşturduğu kg Sb eşdeğeri ile sözü edilen iki literatür çalışması karşılaştırılmıştır. Bir ton profil boru üretimi için ATP element etki kategorisinde kg Sb eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,20E-06 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için 2,99E-06'dır (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 5,42E-06 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, EmekBoru-a ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 1.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,81 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun et kalınlığının sözü geçen kaynaktaki borudan daha az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-b). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg Sb eşdeğeri 1,17E-05 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 3,91 katı olduğu ve yüzde oranının yüksek çıkmasının sebebi en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki

kg Sb eşdeğeri 3,10E-06 olarak elde edilmiştir. Bundan dolayı 3.tip profil borunun Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b).

Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,68 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

Çizelge 5.13: Bir ton profil boru üretimine göre ATP element kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg Sb eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu Çalışma)	5,42E-06
2.tip profil boru(Bu Çalışma)	1,17E-05
3.tip profil boru(Bu Çalışma)	3,10E-06
(Emek Boru, 2019-b)	2,99E-06
(Emek Boru, 2019-a)	5,20E-06

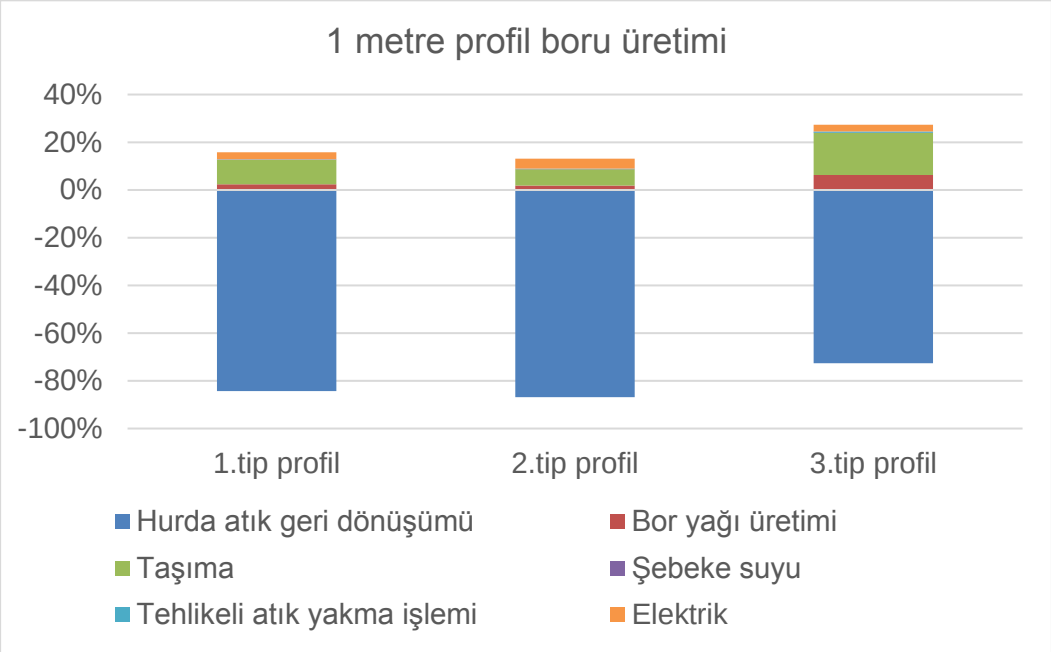
5.4.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için ATP element etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.14'te verilmiştir. Çelik rulo sac üretiminin sistem sınırlarına dahil edilmemesi ve hurda geri dönüşümü nedeniyle elde edilen olumlu etkiler (negatif değerler), diğer etki eden faktörlerin oluşturacağı olumsuz etkiyi karşılamaktadır. ATP element etki kategorisinde, üç boru tipi arasında en fazla olumlu etki 2.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP element etkisi, 1.tip profil borunun 3,07 katı ve 3.tip profil borunun ise 8,10 katıdır.

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de hurda atık geri dönüşümünden geldiği Şekil 5.8'de görülmektedir. Metallerin geri dönüşümü ATP element etki kategorisinde önemli olduğu için çelik içeriği yoğun olan hurda atık geri dönüşüm faktörü bu kategoride büyük öneme sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda miktarının çokluğu, hurda atık geri dönüşümü faktöründe oluşan olumlu etkinin fazla olmasına neden olmaktadır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,94 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,93 katıdır.

Çizelge 5.14: Bir metre profil üretimi için ATP element'e etki eden faktörler (kg Sb eşdeğeri)

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-2,72E-07	-8,00E-07	-1,35E-07
Bor yağı üretimi	7,57E-09	1,71E-08	1,16E-08
Taşıma	3,32E-08	6,39E-08	3,33E-08
Şebeke suyu	8,87E-11	1,93E-10	8,40E-11
Tehlikeli atık yakma işlemi	4,53E-10	1,24E-09	8,36E-10
Elektrik	9,48E-09	3,88E-08	5,39E-09
TOPLAM	**-2,21E-07**	**-6,79E-07**	**-8,38E-08**



Şekil 5.8: Bir metre profil boru üretimi için etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP element).

Hurda atık geri dönüşümü etki faktörünü taşıma ve elektrik tüketimi faktörleri takip etmektedir. Yenilenemeyen kaynakların taşıma için kullanılması ATP element kategorisinde taşıma faktörünün etki oluşturmasına sebep olmuştur. ATP element kategorisinde taşıma faktörü en fazla 2.tip profil boruda etkili olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi, 1.tip ve 3.tip profil borunun 1,92 katıdır.

Yenilenemeyen kaynakların enerji üretiminde kullanılmasından dolayı elektrik faktörü ATP element kategorisinde etkili olmuştur. Elektrik faktörünün bu kategoride; üç profil tipi arasında en fazla 2.tip profil boru üretiminde etki oluşturacağı belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak et kalınlığı en fazla olan 2.tip profil boru üretiminde enerji girdisinin yüksek olması ve galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil boruda az enerji harcanması gösterilebilir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,09 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,20 katıdır.

5.5 Abiyotik Tüketim Potansiyeli-Fosil (ATP fosil)

5.5.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için ATP fosil etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.15'te verilmiştir. Üç profil boru üretimi arasında ATP fosil etki kategorisinde en büyük etki 2.tip, en küçük etki 3.tip profil boru üretiminde görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP fosil etkisi, 1.tip profil borunun 1,73 katı ve 3.tip profil borunun ise 2,13 katıdır.

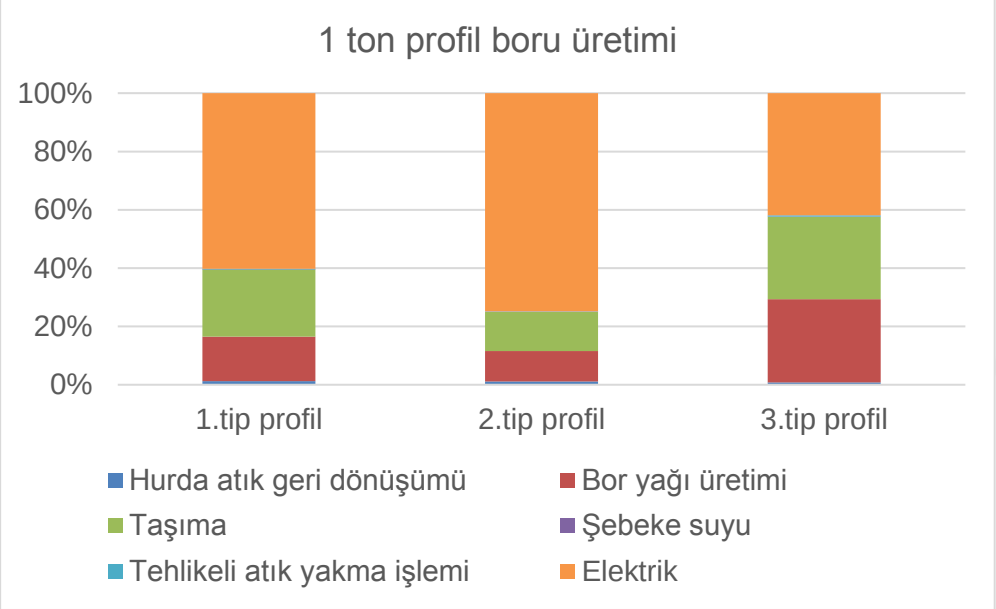
Çizelge 5.15: Bir ton profil üretimi için ATP fosil'e etki eden faktörler (MJ eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	4,77E+00	1,3	7,41E+00	1,2	2,37E+00	0,8
Bor yağı üretimi	5,64E+01	15,2	6,70E+01	10,4	8,66E+01	28,6
Taşıma	8,57E+01	23,0	8,63E+01	13,4	8,53E+01	28,2
Şebeke suyu	3,51E-01	0,1	4,04E-01	0,1	3,33E-01	0,1
Tehlikeli atık yakma işlemi	6,04E-01	0,2	8,68E-01	0,1	1,12E+00	0,4
Elektrik	2,24E+02	60,2	4,82E+02	74,8	1,27E+02	42,0
TOPLAM	**3,72E+02**	**100**	**6,44E+02**	**100**	**3,03E+02**	**100**

Elde edilen sonuçlar tüm boru tipleri için ATP fosile en fazla etki eden faktörün üretim esnasındaki enerji tüketimi olduğunu göstermiştir. Elektrikten sonra taşıma ve bor yağı etkin faktörler olarak saptanmıştır. 1.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %60,2'sini elektrik tüketimi, %23'ünü taşıma ve %15,2'sini bor yağı üretimi oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %74,8'ini

elektrik tüketimi, %13,4'ünü taşıma ve %10,4'ünü bor yağı üretimi oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının artmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %42'sini elektrik tüketimi, %28,2'sini taşıma ve %28,6'sını bor yağı üretimi oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır. Bor yağı kullanımı ve üretim sonucu oluşan atık miktarı arttığı için bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin etkisi 3.tip profil boru tipinde daha yoğun görülür.

Üç profil boru tipi için de en fazla etkinin elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Yukarıda da ifade edildiği gibi elektrik tüketimini sırasıyla; taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri takip etmektedir.



Şekil 5.9: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP fosil).

Modelleme sonuçları elektrik üretimi sırasında yenilenemeyen kaynak olan linyit ve doğal gaz kullanımının, elektrik tüketiminin ATP fosil kategorisinde etki oluşturmasına sebep olduğunu göstermiştir. En fazla elektrik enerjisi et kalınlığının fazla olduğu 2.tip profil boruda, en az elektrik enerjisi ise üretilirken işlenmesi kolay olan galvanizli saçtan üretilen 3.tip profil boruda harcanmaktadır. Fazla enerji harcaması elektrik tüketimi faktöründe oluşan çevresel etkinin artmasına sebebiyet verdiğinden 2.tip profil borunun etki değeri daha büyüktür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,15 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,80 katıdır.

Bu çalışmada elde edilen modelleme bulgularına göre ATP fosil kategorisinde taşıma faktörünün oluşturduğu etki ham petrol tüketiminden kaynaklanmıştır. Bu kategoride taşıma faktörü etki değerleri üç profil boru tipi için de birbirine yakın bulunmuştur.

Taşıma faktöründen sonra en fazla etki bor yağı üretimi faktöründen gelmiştir. Bor yağı üretiminin taşımadan daha az etki oluşturmasının sebebi; profil boru üretilirken kullanılan bor yağı miktarının fazla olmamasıdır. Bu sebeple bor yağı üretiminden gelen ATP fosil etkisi elektrik ve taşıma faktöründen gelen etkiden azdır. Modelleme sonuçlarına göre bu etki kategorisinde bor yağı üretimi faktörünün etkisi taşıma faktöründe olduğu gibi ham petrol tüketiminden kaynaklanmıştır. Kullanılan bor yağı miktarı arttıkça bor yağı üretimi faktörünün oluşturacağı etki de artmaktadır. Bu nedenle en büyük etki 3.tip profil boru üretiminde görülmektedir. 3.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,54 katı ve 2.tip profil borunun ise 1,29 katıdır.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.16'da üç profil tipinin bir metre profil boru üretimine göre ATP fosil etki kategorisinde oluşturduğu MJ eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır. ATP fosil etki kategorisinin bir ton profil boru üretimine göre MJ eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,71E+02 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için 3,29E+02'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 3,72E+02 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,13 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamasız olarak üretilmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg MJ eşdeğeri 6,44E+02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,96 katı olduğu ve yüzde oranının yüksek çıkmasının sebebi en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg MJ eşdeğeri 3,03E+02 olarak elde edilmiştir. Bundan dolayı 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,88 katı olduğu ve bunun sebebinin en az enerji tüketiminin kaplamasız olarak üretilen 3.tip profil boruda görülmesi olarak saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a).

Çizelge 5.16: Bir ton profil boru üretimine göre ATP fosil kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	MJ eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	3,72E+02
2.tip profil boru (Bu çalışma)	6,44E+02
3.tip profil boru (Bu çalışma)	3,03E+02
(Emek Boru, 2019-b)	3,29E+02
(Emek Boru, 2019-a)	5,71E+02

5.5.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için ATP fosil kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.17'de verilmiştir. ATP fosil etki kategorisinde, en yüksek etki değeri 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan ATP fosil etkisi, 1.tip profil borunun 3,30 katı ve 3.tip profil borunun ise 4,04 katıdır.

Çizelge 5.17: Bir metre profil üretimi için ATP fosil'e etki eden faktörler (MJ eşdeğeri).

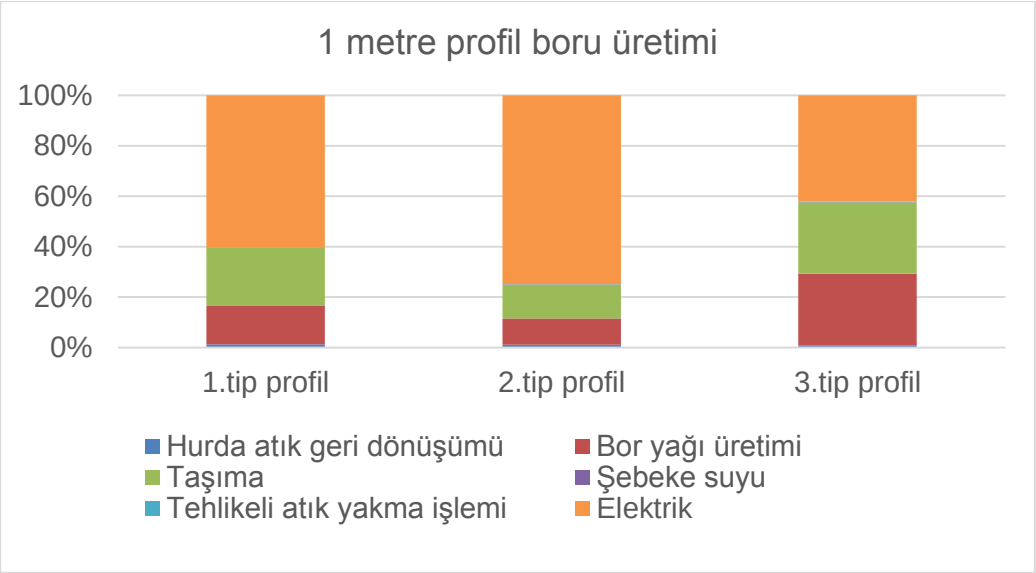
Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	8,43E-03	1,3	2,48E-02	1,1	4,19E-03	0,8
Bor yağı üretimi	9,96E-02	15,2	2,25E-01	10,4	1,53E-01	28,6
Taşıma	1,51E-01	23,0	2,89E-01	13,4	1,50E-01	28,1
Şebeke suyu	6,20E-04	0,1	1,35E-03	0,1	5,88E-04	0,1
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,07E-03	0,2	2,91E-03	0,1	1,97E-03	0,4
Elektrik	3,95E-01	60,2	1,62E+00	74,9	2,25E-01	42,1
TOPLAM	**6,56E-01**	**100**	**2,16E+00**	**100**	**5,35E-01**	**100**

Tüm boru tipleri için ATP fosile en fazla etki eden faktör enerji tüketimi olmuştur. 1.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %60,2'sini elektrik tüketimi, %23'ünü taşıma ve %15,2'sini bor yağı üretimi oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %74,9'unu elektrik tüketimi, %13,4'ünü taşıma ve %10,4'ünü bor yağı üretimi oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının 1.tip ve 3.tip profil borudan fazla olmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde ATP fosil etki kategorisinin %42,1'ini elektrik tüketimi, %28,1'ini taşıma ve %28,6'sını bor yağı üretimi oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde daha az elektrik enerjisi harcandığından elektrik tüketiminin yüzdelik oranı azalmaktadır. Bor yağı kullanımı ve üretim sonucu oluşan atık miktarı arttığı için bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin etkisi 3.tip profil boru tipinde daha yoğun görülmektedir.

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.10'da görülmektedir. Elektrik tüketimini, bor yağı üretimi ve taşıma faktörleri takip etmektedir.

Elektrik üretimi sırasında linyit ve doğal gaz kullanımı elektrik tüketiminin ATP fosil kategorisinde etki oluşturmasına neden olduğu modelleme bulgularından anlaşılmaktadır. Fazla enerji harcaması elektrik tüketimi faktöründe oluşan çevresel etkinin artmasına neden olduğundan 2.tip profil borunun etki değeri daha fazladır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,10 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,20 katıdır.

Modelleme sonuçlarına göre bor yağı üretimi ile taşıma faktörlerinin etkisi ise ham petrol tüketiminden kaynaklanmıştır. ATP fosil kategorisinde taşıma faktörü en fazla 2.tip profil boruda etkili olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,91 katı ve 3.tip profil borunun 1,93 katıdır. Bu kategoride bor yağı üretimi faktörü yine 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,26 katı ve 3.tip profil borunun 1,47 katıdır.



Şekil 5.10: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ATP fosil).

5.6 Asidifikasyon Potansiyeli (AP)

5.6.1 Bir ton profil boru üretimi için

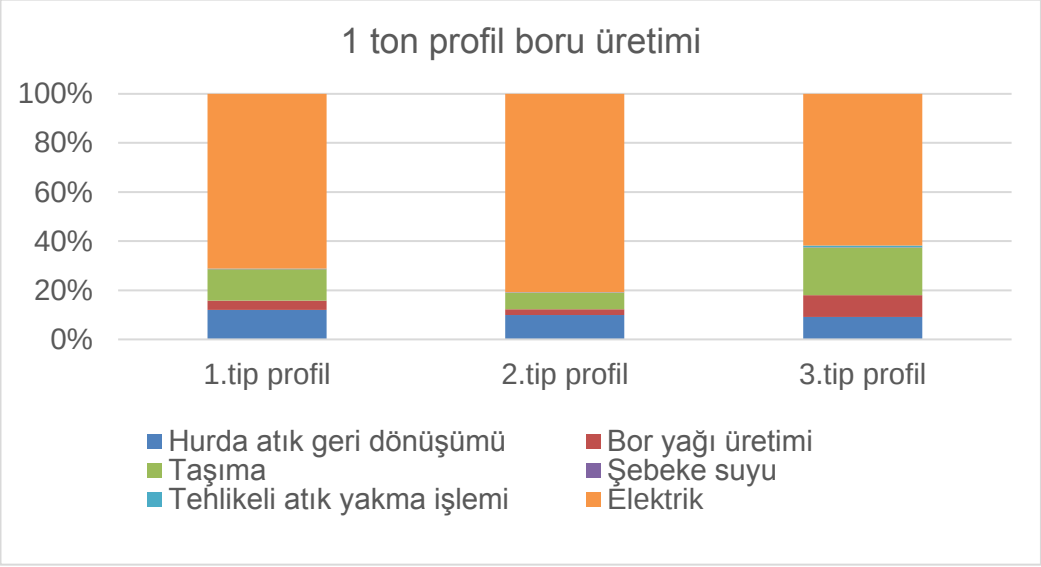
Bir ton profil boru üretimi için AP kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.18'de verilmiştir. Üç profil boru üretimi arasında en yüksek değere 2.tip profil boru sahip iken bunu sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip eder. 2.tip profil boru üretiminde oluşan AP etkisi, 1.tip profil borunun 1,90 katı ve 3.tip profil borunun ise 2,90 katıdır.

Çizelge 5.18: Bir ton profil üretimi için AP'ye etki eden faktörler (SO_2 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	2,20E-02	12,0	3,42E-02	9,9	1,10E-02	9,2
Bor yağı üretimi	6,92E-03	3,8	8,23E-03	2,4	1,06E-02	8,9
Taşıma	2,32E-02	12,7	2,33E-02	6,7	2,31E-02	19,3
Şebeke suyu	2,38E-04	0,1	2,73E-04	0,1	2,25E-04	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	3,87E-04	0,2	5,57E-04	0,2	7,16E-04	0,6
Elektrik	1,30E-01	71,1	2,80E-01	80,8	7,39E-02	61,8
TOPLAM	**1,83E-01**	**100**	**3,47E-01**	**100**	**1,20E-01**	**100**

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda elektrik tüketiminin en etkili faktör olduğu saptanmıştır. 1.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %71,1'ini elektrik tüketimi, %12,7'sini taşıma ve %12'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde kategorinin %80,8'ini elektrik tüketimi, %6,7'sini taşıma ve %9,9'unu hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %61,8'ini elektrik tüketimi, %19,3'ünü taşıma ve %9,2'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalır.

En fazla etkinin elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Asidifikasyonu oluşturan temel kirleticiler NO_x, HCl, NH_3 ve SO_2 'dir (Yay, 2017) ve bu çalışmadaki model sonuçları profil boru üretiminde enerji tüketimi esnasında oluşan SO_2 emisyonları kirliliğe sebep olduğunu saptamıştır. Bu sebeple elektrik tüketimi faktörü AP etki kategorisinde yüksek yüzde oranlarına sahip olmuştur. Elektrik tüketiminin en yüksek etki değeri 2.tip profil boruda görülmüştür ve bu da enerji tüketiminin bu boru tipinde fazla olmasından kaynaklanmaktadır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,15 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,79 katıdır.



Şekil 5.11: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (AP).

Elektrik tüketimini taşıma ve hurda atık geri dönüşüm faktörleri takip etmektedir. Modelleme sonuçları hurda atık geri dönüşümü esnasında oluşan SO_2 emisyonları ile taşıma esnasında oluşan SO_2 ve NO_x emisyonlarının bu etki kategorisinde yüksek oranda yer almasına sebep olduğunu göstermiştir. İmalatı sonucu en fazla hurda atık oluşturan 2.tip profil boru, hurda atık geri dönüşümü faktöründe en yüksek etki değerine sahip olmuştur ve bunu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir.

2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,55 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,11 katıdır. Taşıma faktörünün oluşturduğu etki değerleri ise üç profil boru tipi için de birbirine yakın bulunmuştur.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.19'da üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre AP etki kategorisinde oluşturduğu kg SO2 eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır. Bir ton profil boru üretimi için AP etki kategorisinin oluşturduğu kg SO2 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 2,59E-01 büyüklüğünde iken (Emek Boru, 2019-a), Emekboru-b için verilen AP değeri 1,49E-01'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 1,30E-01 olarak elde edilmiştir., Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile daha yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,99 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil boru üretiminde sözü geçen kaynaktaki kaplamalı boru üretimine oranla daha az enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg SO2 eşdeğeri 2,80E-01 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,88 katı olduğu ve bunun sebebinin 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg SO2 eşdeğeri 7,41E-02 olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi 1.tip ve 2.tip boru için elde edilen AP değeri sözü geçen kaynaklar ile uyumlu iken; 3.tip profil borunun AP açısından oluştuduğu etki daha azdır. Bunun nedeninin AP kategorisinde önemli etkiye sahip olan elektrik tüketiminin, 3.tip profil boruda en az miktara sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.19: Bir ton profil boru üretimine göre AP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg SO_2 eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	1,30E-01
2.tip profil boru (Bu çalışma)	2,80E-01
3.tip profil boru (Bu çalışma)	7,41E-02
(Emek Boru, 2019-b))	1,49E-01
(Emek Boru, 2019-a)	2,59E-01

5.6.2 Bir metre profil boru üretimi için

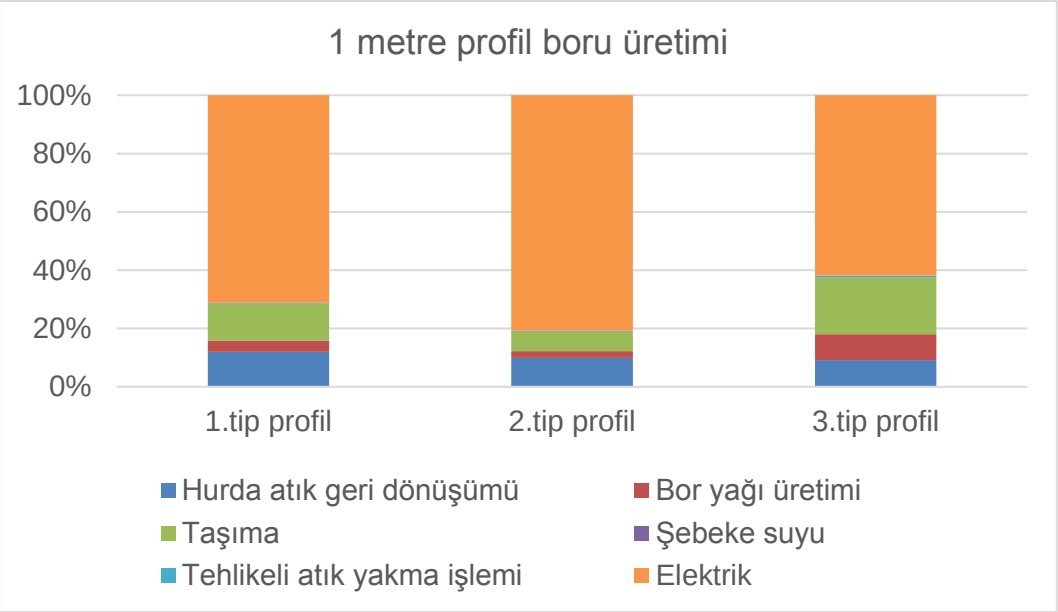
Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için AP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.20'de verilmiştir. Üç profil tipi arasında, 1.tip ve 3.tip boru düşük etki değerlerine sahip iken fazla elektrik tüketimi olan 2.tip boru AP etki kategorisinde daha yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan AP etkisi, 1.tip profil borunun 3,59 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,47 katıdır.

Çizelge 5.20: Bir metre profil üretimi için AP'ye etki eden faktörler (SO_2 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	3,89E-05	12,0	1,15E-04	9,9	1,94E-05	9,2
Bor yağı üretimi	1,22E-05	3,8	2,76E-05	2,4	1,88E-05	8,9
Taşıma	4,10E-05	12,7	7,84E-05	6,7	4,09E-05	19,3
Şebeke suyu	4,20E-07	0,1	9,16E-07	0,1	3,98E-07	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	6,84E-07	0,2	1,87E-06	0,2	1,26E-06	0,6
Elektrik	2,30E-04	71,2	9,40E-04	80,8	1,31E-04	61,9
TOPLAM	**3,23E-04**	**100**	**1,16E-03**	**100**	**2,12E-04**	**100**

Bulgular doğrultusunda en fazla etkinin elektrik tüketimi faktöründen geldiği saptanmıştır. 1.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %71,2'sini elektrik tüketimi, %12,7'sini taşıma ve %12'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %80,8'ini elektrik tüketimi, %6,7'sini taşıma ve %9,9'unu hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının 1.tip ve 3.tip profil borudan fazla olmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %61,9'unu elektrik tüketimi, %19,3'ünü taşıma, %8,9'unu bor yağı üretimi ve %9,2'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde daha az elektrik enerjisi harcandığından elektrik tüketiminin yüzdelik oranı azalmaktadır. Bor yağı kullanımı ve üretim sonucu oluşan atık miktarı arttığı için bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin etkisi 3.tip profil boru tipinde daha yoğun görülmektedir.

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.12'de görülmektedir. Elektrik tüketimini, taşıma ve hurda atık geri dönüşümü faktörleri takip etmektedir.



Şekil 5.12: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (AP).

Modelleme sonucuna göre enerji tüketimi esnasında oluşan NO_x ve SO_2 emisyonları kirliliğe sebep olduğundan, elektrik tüketimi faktörü AP etki kategorisinde yüksek yüzde oranına sahip olmuştur. Enerji girdisinin en fazla olduğu 2.tip profil boru diğer boru tiplerine kıyasla daha yüksek etki değerine sahip bulunmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,09 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,18 katıdır.

Enerji tüketiminde olduğu gibi modelleme sonucuna göre fosil yakıtla taşıma esnasında da NO_x ve SO_2 emisyonları kirliliğe sebep olmuş ve AP açısından çevresel etki oluşturmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,91 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,92 katıdır.

Bu çalışmada elde edilen modelleme sonuçları hurda geri dönüşümü esnasında asidifikasyona sebep olan SO_2'nin havaya salınımının söz konusu olduğunu göstermiştir. Hurda atık miktarıyla orantılı olarak hurda atık geri dönüşümü faktöründe 2.tip profil boruda en fazla etki oluşmuştur. 2.tip profil boruyu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,96 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,93 katıdır.

Hurda atık geri dönüşümü faktöründe olduğu gibi bor yağı üretimi esnasında da asidifikasyona sebep olan SO_2'nin havaya salınımının söz konusu olduğu modelleme bulgularında görülmüştür. Tüketilen bor yağı miktarındaki artış, bor yağı üretimi faktöründe oluşan etkiyi arttırmıştır. Bundan dolayı en fazla etki 2.tip profil boruda görülmüş ve bunu sırasıyla 3.tip ve 1.tip profil boru takip etmiştir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,26 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,47 katıdır.

5.7 Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP)

5.7.1 Bir ton profil boru üretimi için

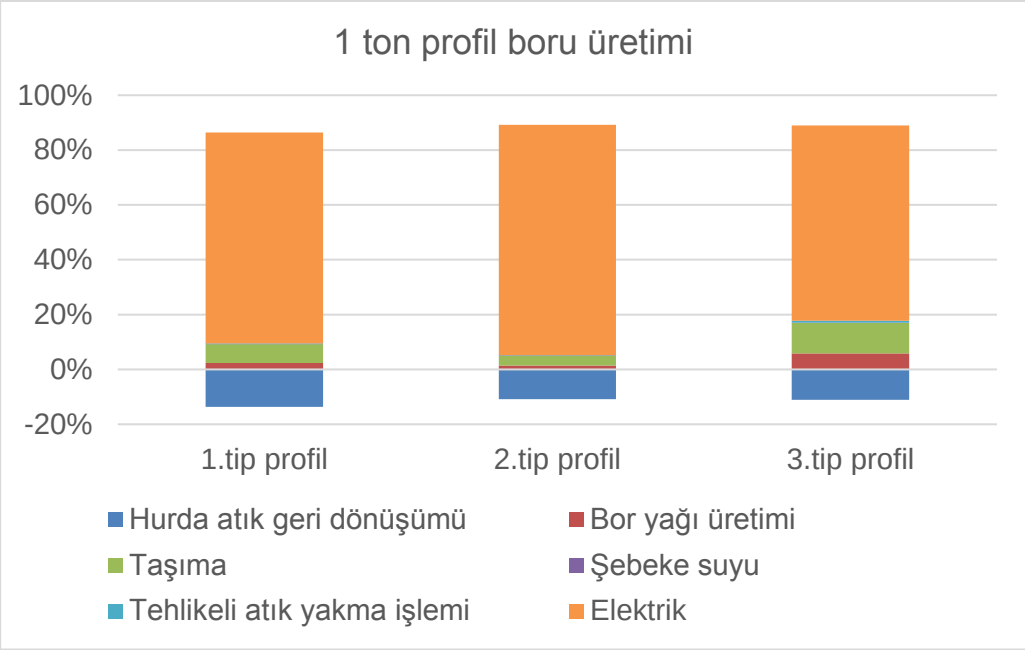
Bir ton profil boru üretimi için ÖP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.21'de verilmiştir. Negatif değerler hurda geri dönüşümü nedeniyle elde edilmiştir. Diğer tüm faktörler ÖP etki kategorisinde olumsuz çevresel etkileri arttırıcı yönde çalışmışlardır. Üç profil boru üretimi arasında ötrofikasyon potansiyeli en yüksek olan 2.tip profil borudur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan etki; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,13 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,24 katıdır.

Çizelge 5.21: Bir ton profil üretimi için ÖP'ye etki eden faktörler (PO_4 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-1,28E-02	-1,99E-02	-6,38E-03
Bor yağı üretimi	2,20E-03	2,62E-03	3,39E-03
Taşıma	6,41E-03	6,45E-03	6,37E-03
Şebeke suyu	5,06E-05	5,82E-05	4,79E-05
Tehlikeli atık yakma işlemi	2,20E-04	3,16E-04	4,07E-04
Elektrik	7,21E-02	1,55E-01	4,10E-02
TOPLAM	**6,82E-02**	**1,45E-01**	**4,48E-02**

Şekil 5.13'te en fazla etkinin elektrik tüketiminden geldiği açıkça görülmektedir. C, N ve P gibi maddelerin yüzeysel sulara karışması hem karasal hem de sucul ortamı etkileyerek ötrofikasyona sebep verir (Yay, 2017). Bu sebepledir ki elektrik tüketiminde fosfatın oluşturduğu emisyonlar ötrofikasyon potansiyelini etkilemektedir. Bu sebeple; elektrik tüketimi fazla olan 2.tip profil boru en fazla etki oluşturan boru

tipidir. 2.tip profil boruyu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru üretimi takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,15 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,78 katıdır.



Şekil 5.13: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ÖP).

Ötrofikasyona sebep olan kimyasalların yüzey sularına taşınımında en önemli etkenlerden biri olarak atmosferik taşınım gösterilebilir (Emine METİN DERELİ, 2017). Gerçekleştirilen çalişmada elde edilen modelleme sonuçlarına göre ÖP etki kategorisinde taşıma esnasında oluşan NO_x emisyonlarının hava kirliliğine; fosfatın ise sucul ortamda kirliliğe sebep olduğu saptanmıştır. Taşıma faktöründe üç profil boru tipinde de oluşan etki değerleri birbirine yakın bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen modelleme bulgularına göre fosfatın sucul ortamda oluşturduğu etki, hurda geri dönüşümü esnasında ötrofikasyonun etkisini azaltarak olumlu yönde etkilemiştir. Hurda atık miktarı arttıkça hurda atık geri dönüşümü faktörünün çevre üzerinde oluşturduğu olumlu etki artmıştır. Bu sebeple ÖP açısından hurda atık geri dönüşümü faktöründe en fazla olumlu etkinin 2.tip profil boruda görüldüğü saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,55 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,12 katıdır.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.22'de üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre ÖP etki kategorisinde oluşturduğu kg PO_4 eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır. ÖP etki

kategorisinde bir ton profil boru üretimi için kg PO_4 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 1,54E-01 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b için değeri 8,90E-02'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışma sonuçlarına göre 1.tip boru 7,22E-02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,23 katı olduğu ve bunun sebebinin kaplamalı olarak üretilmeyen 1.tip profil boruda daha az enerji harcanması olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg PO_4 eşdeğeri 1,55E-01 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile aynı mertebede olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,74 katı olduğu ve bunun sebebinin en fazla enerji tüketiminin 2.tip profil boruda olmasından kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg PO_4 eşdeğeri 4,10E-02 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 2,17 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil borunun sözü geçen kaynakta olduğu gibi kaplamalı olarak üretilmemesinden kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

Çizelge 5.22: Bir ton profil boru üretimine göre ÖP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg PO_4 eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	7,22E-02
2.tip profil boru (Bu çalışma)	1,55E-01
3.tip profil boru (Bu çalışma)	4,10E-02
(Emek Boru, 2019-b)	8,90E-02
(Emek Boru, 2019-a)	1,54E-01

5.7.2 Bir metre profil boru üretimi için

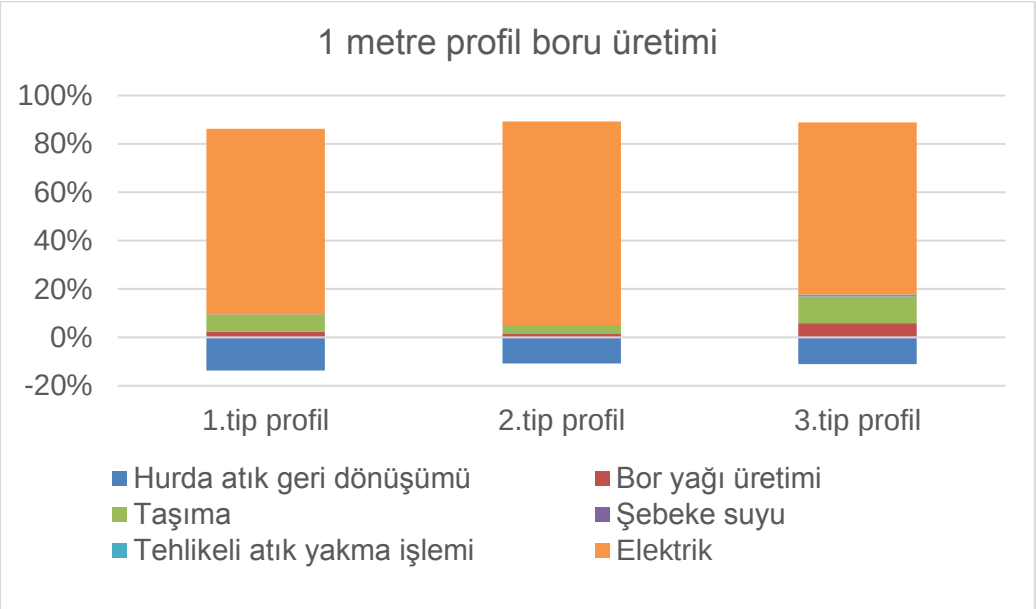
Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için ÖP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.23'te verilmiştir. Hurda geri dönüşümü nedeniyle olumlu etkiler (negatif değerler) ve diğer tüm faktörler ÖP etki kategorisinde olumsuz çevresel etkiler elde edilmiştir. Üç profil tipi arasında 2.tip profil boru, 1.tip ve 3.tip borudan daha yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan etki; 1.tip profil boru

üretiminde oluşan etkinin 4,05 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 6,14 katıdır.

Çizelge 5.23: Bir metre profil üretimi için ÖP'ye etki eden faktörler (PO_4 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-2,27E-05	-6,68E-05	-1,13E-05
Bor yağı üretimi	3,89E-06	8,78E-06	5,98E-06
Taşıma	1,13E-05	2,16E-05	1,12E-05
Şebeke suyu	8,94E-08	1,95E-07	8,47E-08
Tehlikeli atık yakma işlemi	3,88E-07	1,06E-06	7,17E-07
Elektrik	1,27E-04	5,21E-04	7,24E-05
TOPLAM	**1,20E-04**	**4,86E-04**	**7,91E-05**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.14'te görülmektedir. Elektrik tüketimi etki faktörünü, taşıma faktörü takip eetmektedir. Hurda atık geri dönüşümü faktörü ise ötrofikasyon potansiyeli açısından oluşan olumsuz çevresel etkileri azaltıcı yönde bir etkide bulunmaktadır.



Şekil 5.14: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (ÖP).

Atmosferik taşınımın ötrofikasyona yol açması; elektrik tüketiminde fosfatın oluşturduğu emisyonların ötrofikasyon potansiyelini etkilemesine sebep olduğu modelleme sonucuda görülmüştür. En fazla elektrik enerjisi 2.tip profil boru üretimi esnasında tüketildiğinden; üç profil boru arasında en fazla ÖP etki değerine 2.tip profil boru sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 4,10 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 7,20 katıdır.

Modelleme bulgularına göre bir ton profil boru üretiminde olduğu gibi taşıma esnasında oluşan NO_x emisyonları hava kirliliğine; fosfat ise sucul ortamda ötrofikasyona sebep olduğu saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,91 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,93 katıdır.

Ayrıca fosfatın sucul ortamda oluşturduğu etki, hurda geri dönüşümü esnasında ötrofikasyonun etkisini azaltarak olumlu yönde etkilemiş olduğu modelleme sonucunda görülmüştür. Hurda atık miktarıyla orantılı olarak hurda atık geri dönüşümü faktöründe 2.tip profil boruda en fazla olumlu etki oluşmuştur. 2.tip profil boruyu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,94 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,91 katıdır.

5.8 Tatlısu Canlılarına Ekotoksisite Potansiyeli (TCETP)

5.8.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için TCETP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.24'te verilmiştir. Hurda atık geri dönüşümü etki kategorisi hariç diğer tüm faktörler TCETP etki kategorisinde olumsuz çevresel etki oluştururken; hurda atık geri dönüşümü faktörü olumlu çevresel etki (negatif değerler) oluşturmuştur. 2.tip profil boru üretimi en fazla etki değerine sahip olan profil boru olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan etki; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,19 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,68 katıdır.

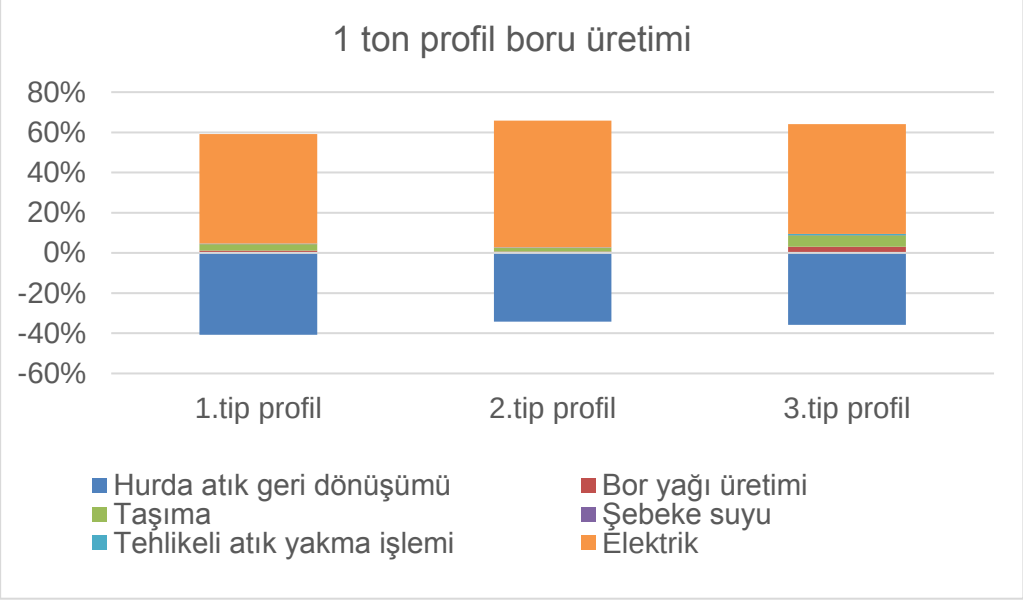
En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektirk tüketiminden geldiği Şekil 5.15'te görülmektedir. Modelleme sonuçları elektrik tüketimi sonucunda oluşan kirleticilerden nikel, berilyum ve kobaltın bu etki kategorisine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Bu nedenle tatlısu canlılarına ekotoksisite potansiyeli kategorisinde en büyük etki elektrik tüketimi faktöründe görülmüştür. Elektrik tüketiminin en yüksek etki değeri 2.tip profil boruda görülmekte ve bu da enerji tüketiminin bu boru tipinde fazla olmasından

kaynaklanmaktadır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,15 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,79 katıdır.

Çizelge 5.24: Bir ton profil üretimi için TCETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-9,57E+00	-1,49E+01	-4,76E+00
Bor yağı üretimi	2,61E-01	3,10E-01	4,01E-01
Taşıma	7,67E-01	7,72E-01	7,63E-01
Şebeke suyu	1,22E-02	1,40E-02	1,16E-02
Tehlikeli atık yakma işlemi	4,65E-02	6,69E-02	8,61E-02
Elektrik	1,28E+01	2,75E+01	7,25E+00
TOPLAM	**4,32E+00**	**1,38E+01**	**3,75E+00**

Hurda atık geri dönüşümü etki faktörü, TCETP açısından üretim sonucu oluşan olumsuz çevresel etkiyi azaltıcı yönde çalışmıştır. Hurda atık miktarı arttıkça artan hurda atık geri dönüşümü faktörünün olumlu etkisi en fazla 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,56 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,13 katıdır.



Şekil 5.15: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (TCETP).

5.8.2 Bir metre profil boru üretimi

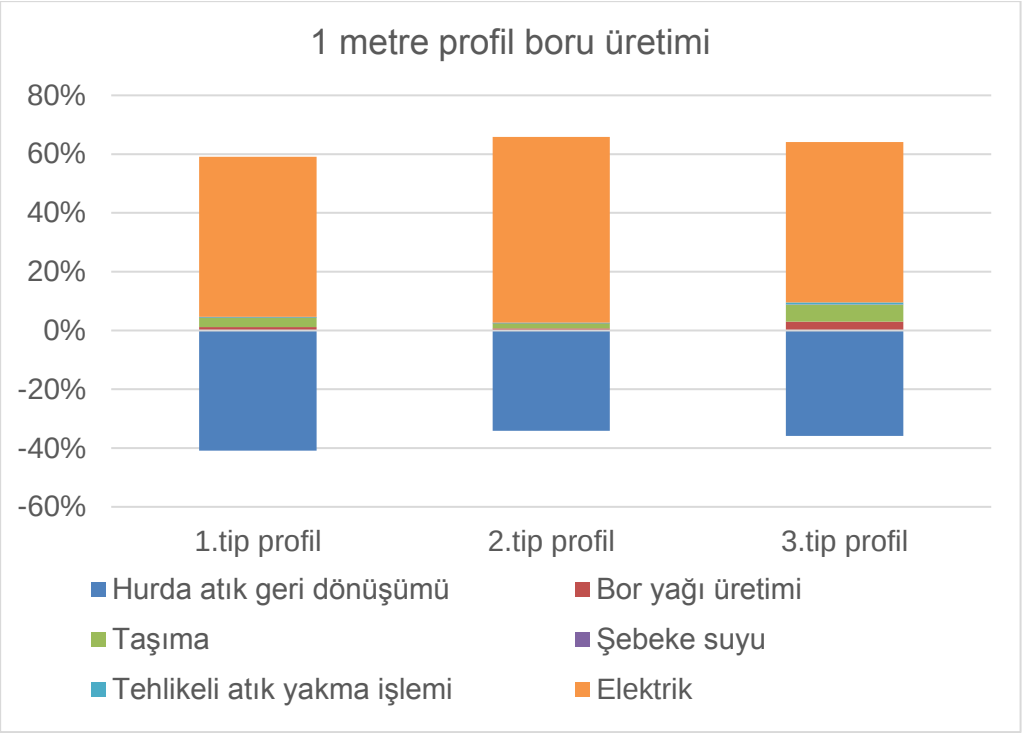
Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için TCETP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.25'te verilmiştir. Hurda atık geri dönüşümü faktöründe negatif değerler elde edilmiştir. Geriye kalan tüm faktörler TCETP etki kategorisinde olumsuz çevresel etki oluşturmuştur. Üç profil tipi arasında, 1.tip ve 3.tip boru düşük etki değerine sahip iken 2.tip boru daha yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan TCETP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 6,16 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 6,99 katıdır.

Çizelge 5.25: Bir metre profil üretimi için TCETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-1,69E-02	-4,98E-02	-8,41E-03
Bor yağı üretimi	4,61E-04	1,04E-03	7,08E-04
Taşıma	1,35E-03	2,58E-03	1,35E-03
Şebeke suyu	2,16E-05	4,70E-05	2,04E-05
Tehlikeli atık yakma işlemi	8,22E-05	2,24E-04	1,52E-04
Elektrik	2,25E-02	9,22E-02	1,28E-02
TOPLAM	**7,52E-03**	**4,63E-02**	**6,62E-03**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.16'da görülmektedir. 2.tip profil boruda enerji tüketiminin fazla olmasından kaynaklı olarak; elektrik tüketimi faktöründe en yüksek etki değeri 2.tip profil boruda görülmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,10 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,20 katıdır.

Elektrik tüketiminden kaynaklanan olumsuz etki değerini hurda atık geri dönüşümü faktörü yüksek oranda azaltmıştır. Hurda atık miktarı en fazla olan 2.tip profil boruda hurda atık geri dönüşümü faktörünün olumlu etkisi en fazla görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,95 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,92 katıdır.



Şekil 5.16: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (TCETP).

5.9 Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)

5.9.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için KIP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.26'da verilmiştir. Üç profil boru tipi değerleri arasında en yüksek değere 2.tip profil boru üretimi sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KIP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,85 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,68 katıdır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda en fazla etki oluşturan faktörün elektrik tüketimi olduğu saptanmıştır. 1.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %70'ini elektrik tüketimi ve %20,9'unu taşıma oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %81,6'sını elektrik tüketimi ve %11,3'ünü taşıma oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının artmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %57,6'sını elektrik tüketimi ve %30'unu taşıma oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır. Bor yağı kullanımı ve üretim sonucu oluşan atık miktarı arttığı için bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin etkisi 3.tip profil boru tipinde daha yoğun görülmektedir.

Çizelge 5.26: Bir ton profil üretimi için KIP'ye etki eden faktörler (CO_2 eşdeğeri).

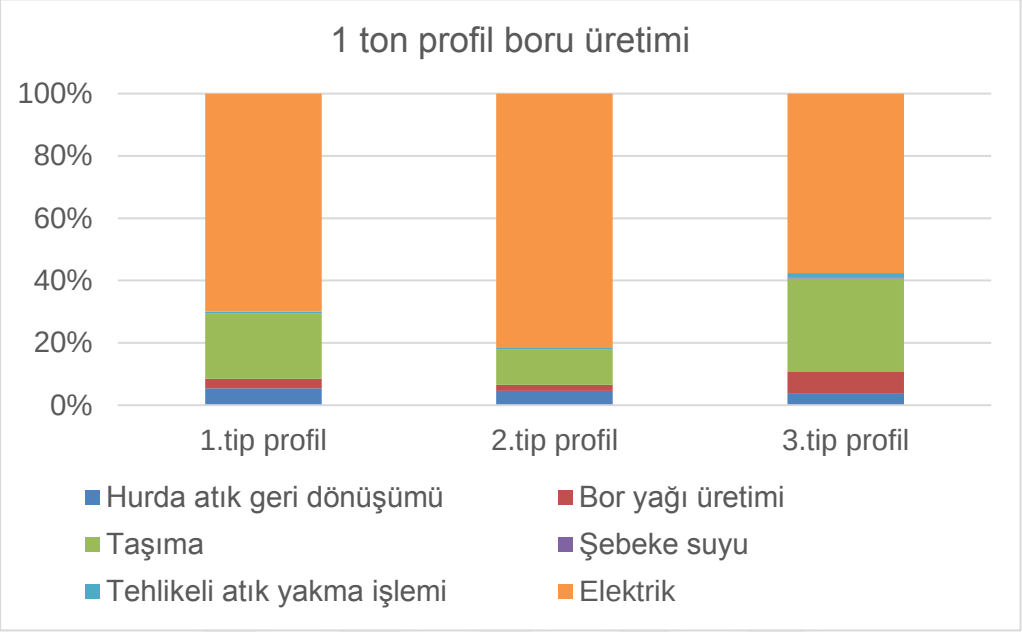
Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	**%**	**Miktar**	**%**	**Miktar**	**%**
Hurda atık geri dönüşümü	1,48E+00	5,4	2,30E+00	4,5	7,35E-01	3,9
Bor yağı üretimi	8,38E-01	3,1	9,97E-01	2,0	1,29E+00	6,8
Taşıma	5,69E+00	20,9	5,74E+00	11,3	5,67E+00	30,0
Şebeke suyu	3,19E-02	0,1	3,67E-02	0,1	3,02E-02	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,58E-01	0,6	2,28E-01	0,5	2,93E-01	1,5
Elektrik	1,91E+01	70,0	4,13E+01	81,6	1,09E+01	57,6
TOPLAM	**2,73E+01**	**100**	**5,06E+01**	**100**	**1,89E+01**	**100**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.17'de görülmektedir. Modelleme bulgularına göre elektrik tüketimi esnasında CO_2'nin oluşturduğu emisyon küresel ısınma potansiyeli kategorisinde en büyük etkiye sahip olmasına neden olmuştur. Çünkü sera gazlarının atmosfere salınımı küresel ısınmayı tetikler. Elektrik tüketim miktarının fazla olması, 2.tip profil borunun en fazla KIP etkisine sahip olmasına neden olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,16 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,79 katıdır.

Elektrik tüketimini taşıma faktörü takip etmektedir. Taşıma esnasında CO_2'nin oluşturduğu emisyon küresel ısınma potansiyeli kategorisinde taşıma faktörünün etkili olması modelleme sonucunda görülmüştür. Çünkü sera gazlarının atmosfere salınımı küresel ısınmayı tetikler. Üç profil boru tipinin de taşıma faktöründe oluşturduğu çevresel etki değerler birbirine yakın olarak saptanmıştır.

Modelleme bulgularına göre bor yağı üretimi esnasında havaya salınan CO_2 sera gazı oluşumunu tetiklendiğinden az bir yüzdelik paya da sahip olsa küresel ısınma etki kategorisinde, bor yağı üretimi faktörünün de etkili olduğu saptanmıştır. Üretim esnasında tüketilen boryağı miktarı arttıkça bor yağı üretimi faktörünün KIP etki kategorisinde oluşturacağı etki de artacağından en fazla etki 3.tip profil boruda görülmüştür. 3.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi; 1.tip

profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,54 katı ve 2.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,29 katıdır.



Şekil 5.17: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KIP).

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a), (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.27'de üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre KIP etki kategorisinde oluşturduğu kg CO2 eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır. KIP etki kategorisinin bir ton profil boru üretimine göre kg CO_2 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 5,04E+01 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b kaynağı için 2,90E+01'dir (Emek Boru, 2019-b). Bu değer çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 1,91E+01 olarak elde edilmiştir. Buna göre her ikisi de siyah malzemeden yapılan kaplamasız borular olan 1.tip profil borunun, Emek Boru-b değerine daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 2,64 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamasız olarak üretilmesinden ötürü üretimi esnasında daha az enerji harcaması olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg CO_2 eşdeğeri 4,13E+01 olarak elde edilmiştir. Buna göre kaplamasız olan 2.tip profil borunun, kaplamalı olarak üretilen Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). Üç profil boru tipi arasında en fazla elektrik enerjisi 2.tip profil boruda tüketilmektedir ve kaplamalı boru üretiminde de yüksek enerjiye ihtiyaç olduğundan bu iki boru tipine ait etki değerleri birbirine daha yakın bulunmuştur. 2.tip profil borudaki değerin, Emek Boru-b'de elde edilen değerin

1,42 katı olduğu ve bunun sebebinin ikisi de kaplamasız olarak siyah malzemeden üretilmesine rağmen et kalınlığı en fazla olan 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg CO_2 eşdeğeri 1,09E+01 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil boru etki değerinin, Emek Boru-b değeri ile daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 4,26 katı olduğu ve bunun sebebinin 3.tip profil boru üretiminde siyah malzeme yerine galvanizli sac kullanılmasının olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

Çizelge 5.27: Bir ton profil boru üretimine göre KIP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg CO_2 eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	1,91E+01
2.tip profil boru (Bu çalışma)	4,13E+01
3.tip profil boru (Bu çalışma)	1,09E+01
(Emek Boru, 2019-b)	2,90E+01
(Emek Boru, 2019-a)	5,04E+01

5.9.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için KIP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.28'de verilmiştir. Üç profil tipi arasında 2.tip boru 1.tip ve 3.tip profil borudan daha yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KIP etkisi, 1.tip profil borunun 3,50 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,06 katıdır.

Elde edilen sonuçlar en fazla etkinin elektrik tüketimi faktöründen geldiğini göstermiştir. 1.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %69,9'unu elektrik tüketimi ve %20,9'unu taşıma oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %81,6'sını elektrik tüketimi ve %11,4'ünü taşıma oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının artmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %57,6'sını elektrik tüketimi ve %30'unu taşıma

oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır. Bor yağı kullanımı ve üretim sonucu oluşan atık miktarı arttığı için bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin etkisi 3.tip profil boru tipinde daha yoğun görülmektedir.

Çizelge 5.28: Bir metre profil üretimi için KIP'ye etki eden faktörler (CO_2 eşdeğeri).

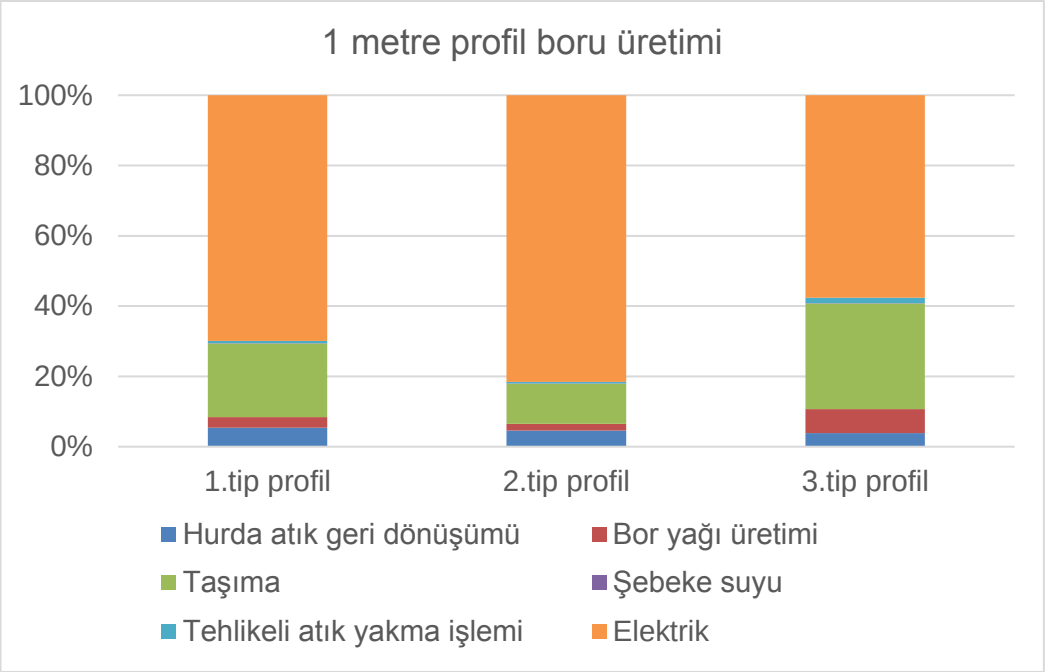
Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	**%**	**Miktar**	**%**	**Miktar**	**%**
Hurda atık geri dönüşümü	2,61E-03	5,4	7,69E-03	4,5	1,30E-03	3,9
Bor yağı üretimi	1,48E-03	3,1	3,34E-03	2,0	2,27E-03	6,8
Taşıma	1,01E-02	20,9	1,92E-02	11,4	1,00E-02	30,0
Şebeke suyu	5,64E-05	0,1	1,23E-04	0,1	5,34E-05	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	2,79E-04	0,6	7,63E-04	0,5	5,16E-04	1,5
Elektrik	3,38E-02	69,9	1,38E-01	81,6	1,92E-02	57,6
TOPLAM	**4,83E-02**	**100**	**1,69E-01**	**100**	**3,34E-02**	**100**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.18'de görülmektedir. CO_2'nin atmosfere salınımı küresel ısınmayı tetiklediğinden; elektrik tüketiminin küresel ısınma potansiyeli kategorisinde büyük etkiye sahip olduğu modelleme sonuçlarında görülmüştür. KIP etki kategorisinde elektrik tüketimi faktöründe en yüksek değer enerji girdisinin en fazla olduğu 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,08 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,19 katıdır.

Modelleme sonuçlarına göre elektrik tüketimi etki faktörünü taşıma faktörü takip etmiştir çünkü fosil yakıtlar ile taşımada da CO_2'nin atmosfere salınımı küresel ısınmayı tetiklemiştir. Taşıma faktöründe 2.tip profil boru en yüksek etki değerine sahiptir ve bunu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip eder. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma aktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,90 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,92 katıdır.

Bu çalışmada elde edilen modelleme bulgularına göre bor yağı üretiminde sera gazlarının salınımı söz konusudur ve en fazla etkisi 2.tip profil boruda görülmüştür.

Bu boru tipini sırasıyla 3.tip ve 1.tip profil boru takip eder. 2.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,26 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,47 katıdır.



Şekil 5.18: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KIP).

5.10 İnsana Toksisite Potansiyeli (İTP)

5.10.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için İTP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.29'da verilmiştir. Üç profil boru üretimi arasında insana toksisite potansiyeli etki kategorisinde en büyük etki 2.tip, en küçük etki 3.tip profil boru üretiminde görülmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan İTP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,02 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,39 katıdır.

1.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %82,6'sını elektrik tüketimi ve %11,1'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %88,1'ini elektrik tüketimi ve %8,5'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının artmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %78,4'ünü elektrik tüketimi ve %9,3'ünü hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır.

Çizelge 5.29: Bir ton profil üretimi için İTP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

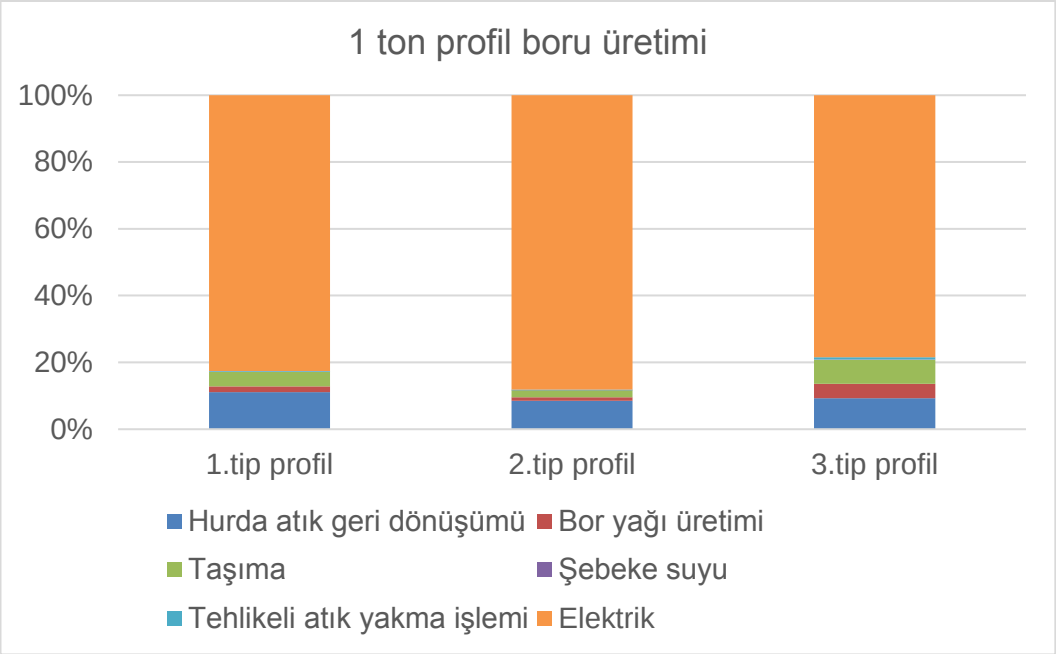
Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	4,67E+03	11,1	7,26E+03	8,5	2,33E+03	9,3
Bor yağı üretimi	7,11E+02	1,7	8,45E+02	1,0	1,09E+03	4,3
Taşıma	1,80E+03	4,3	1,81E+03	2,1	1,79E+03	7,1
Şebeke suyu	4,14E+01	0,1	4,76E+01	0,1	3,92E+01	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	9,12E+01	0,2	1,31E+02	0,2	1,69E+02	0,7
Elektrik	3,47E+04	82,6	7,49E+04	88,1	1,97E+04	78,4
TOPLAM	**4,20E+04**	**100**	**8,50E+04**	**100**	**2,51E+04**	**100**

Üç profil boru tipi için de en fazla etkinin elektrik tüketiminin oluşturduğu Şekil 5.19'da gösterilmiştir. Bu çalışmada elde edilen modelleme sonucuna göre elektrik tüketimi esnasında sucul ortamı kirleten baryum ve selenyum gibi kimyasalların emisyonlarının insan toksisitesine sebebiyet verdiği görülmüştür. En fazla elektrik tüketimi 2.tip boruda en az elektrik tüketimi de 3.tip profil boruda görülmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,16 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,80 katıdır.

Elektrik tüketimi faktörü etkisini hurda atık geri dönüşümü faktörü takip etmektedir. Profil boru üretimi sonucu oluşan hurda atık, çelik içeriği yüksek bir atıktır. Hurdadan geri dönüşüm yapılırken tekrar çeliğin işleme tabi tutulması gerekmektedir. Bu sebeple modelleme sonucuna göre İTP etki kategorisinde hurda atık geri dönüşüm etki kategorisi olumsuz etki oluşturacak şekilde yer almıştır. Hurda atık miktarı ile orantılı olarak İTP açısından hurda atık geri dönüşümü faktöründe en fazla etki 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,55 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,12 katıdır.

Bu çalışmada elde edilen modelleme sonuçlarına göre üç profil boru tipi için de %5'ten az orana sahip bor yağı üretimi etki faktörü de aynı şekilde bor yağı üretimi sonucu oluşan emisyonlar insana toksik etkiye sahip olmuştur. Bor yağı tüketimi en fazla olduğundan 3.tip profil boru bor yağı üretim faktöründe diğer iki boru tipinden daha

yüksek etki oluşturmuştur. 3.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,53 katı ve 2.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,29 katıdır.



Şekil 5.19: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (İTP).

5.10.2 Bir metre profil boru üretimi için

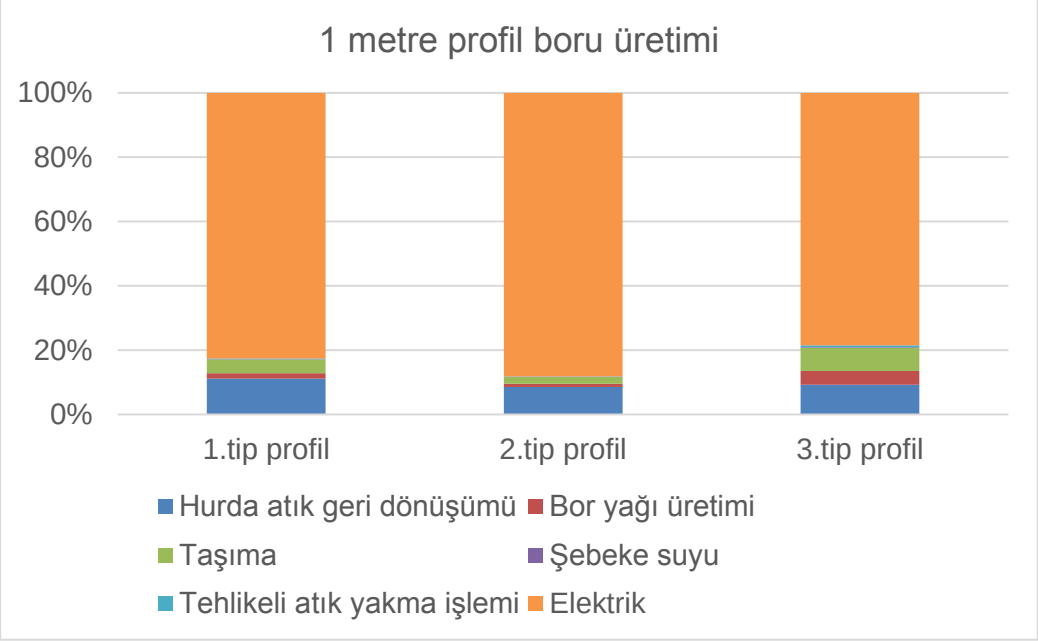
Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için İTP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.30'da verilmiştir. Üç profil tipi arasında, 2.tip profil boru en yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boruyu sırasıyla; 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan İTP etkisi, 1.tip profil borunun 3,84 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,40 katıdır.

1.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %82,6'sını elektrik tüketimi ve %11,1'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %88,1'ini elektrik tüketimi ve %8,5'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boruda elektrik tüketiminin yüzdelik oranının artmasının sebebi daha kalın saçtan profil boru üretilmesinden kaynaklanan fazla enerji girdisidir. 3.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %78,5'ini elektrik tüketimi ve %9,2'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturur.

Çizelge 5.30: Bir metre profil üretimi için İTP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	8,26E+00	11,1	2,43E+01	8,5	4,11E+00	9,2
Bor yağı üretimi	1,26E+00	1,7	2,83E+00	1,0	1,93E+00	4,3
Taşıma	3,18E+00	4,3	6,08E+00	2,1	3,16E+00	7,1
Şebeke suyu	7,31E-02	0,1	1,59E-01	0,1	6,92E-02	0,2
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,61E-01	0,2	4,40E-01	0,2	2,97E-01	0,7
Elektrik	6,14E+01	82,6	2,51E+02	88,1	3,49E+01	78,5
TOPLAM	**7,43E+01**	**100**	**2,85E+02**	**100**	**4,45E+01**	**100**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.20'de görülmektedir. Elektrik tüketimi etki faktörünü hurda atık geri dönüşümü faktörü takip etmektedir.



Şekil 5.20: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (İTP).

Elektrik tüketimi sonucu serbest bırakılan kirleticilerin emisyonlarının insan toksisitesine sebebiyet verdiği modelleme bulgularında görülmüştür. Bu sebeple İTP

etki kategorisinde elektrik tüketimi faktörü yüzdeleri yüksek değere sahip olmuştur. En fazla elektrik tüketimi 2.tip boruda en az elektrik tüketimi de 3.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 4,09 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 7,19 katıdır.

Hurda atık geri dönüşümünde çeliğin tekrar işlenmesinden ötürü İTP etki kategorisinde, elektrik faktöründen hemen sonra yer almıştır. Hurda atık miktarı ile orantılı olarak İTP açısından hurda atık geri dönüşümü faktöründe en fazla etki 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,94 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 5,91 katıdır.

Üç profil boru tipinde de %5'ten az orana sahip bor yağı üretimi faktörü için de aynı şekilde bor yağı üretimi sonucu oluşan ağır metallarin oluşturduğu emisyonların modelleme sonuçlarına göre insanda toksik etkiye sahip olmuştur. 2.tip profil boru bor yağı üretim faktöründe diğer iki boru tipinden daha yüksek etki oluşturmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,25 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,47 katıdır.

5.11 Ozon Tabakası Incelmesi Potansiyeli (OTİP)

5.11.1 Bir ton profil boru üretimi için

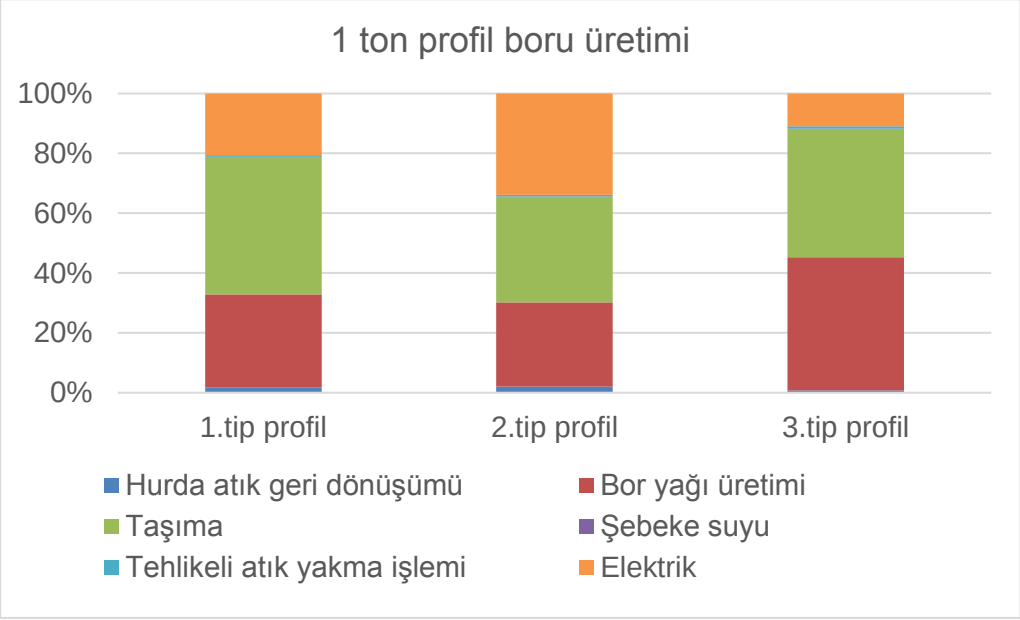
Bir ton profil boru üretimi için OTİP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.31'de verilmiştir. Üç profil boru tipi değerleri arasında en yüksek değere 2.tip profil boru üretimi sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan OTİP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,31 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,23 katıdır.

1.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %45,9'unu taşıma, %31,1'ini bor yağı üretimi ve %20,6'sını elektrik tüketimi oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %35,3'ünü taşıma, %28,2'sini bor yağı üretimi ve %33,9'unu elektrik tüketimi oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %42,9'unu taşıma, %44,5'ini bor yağı üretimi ve %11'ini elektrik oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır.

Çizelge 5.31: Bir ton profil üretimi için OTİP'ye etki eden faktörler (R11 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	3,95E-08	1,7	6,13E-08	2,1	1,96E-08	0,8
Bor yağı üretimi	7,06E-07	31,1	8,39E-07	28,2	1,08E-06	44,5
Taşıma	1,04E-06	45,9	1,05E-06	35,3	1,04E-06	42,9
Şebeke suyu	2,12E-09	0,1	2,44E-09	0,1	2,01E-09	0,1
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,07E-08	0,5	1,54E-08	0,5	1,98E-08	0,8
Elektrik	4,68E-07	20,6	1,01E-06	33,9	2,66E-07	11,0
TOPLAM	**2,27E-06**	**100**	**2,98E-06**	**100**	**2,43E-06**	**100**

En fazla etkinin 1.tip ve 2.tip profil boru için taşıma faktöründen geldiği fakat 3.tip profil boru için bor yağı üretimi faktöründen geldiği Şekil 5.21'de açıkça görülmektedir. Taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri dışında elektrik tüketimi faktörü de ozon tabakası incelmesi potansiyeli etki kategorisinde önemli ölçüde etkiye sahip olmuştur.



Şekil 5.21: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (OTİP).

Bu çalışmada elde edilen modelleme sonuçlarına göre ulaşımda dizel tüketiminden salınan halojenli organik bileşiklerin oluşturduğu emisyonun etkisi yüksek olduğu için

OTİP kategorisinde taşıma faktöründe etki yüzdesi büyük olmuştur. Taşıma faktörünün üç profil boru için de bu kategoride oluşturduğu etki değerleri birbirine yakın olarak bulunmuştur.

Modelleme sonuçlarına göre elektrik tüketimi etki faktöründe de halojenli organik bileşiklerin oluşturduğu emisyon OTİP kategorisinde yer almasına sebep olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde elektrik tüketimi etki değerleri 1.tip ve 3.tip profil boru üretiminden daha yüksek olmuştur. Fazla enerji girdisi olan 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,16 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,80 katıdır.

Bu modelleme sonucuna göre halojenli organik bileşiklerin oluşturduğu emisyonlar bor yağı üretim faktörünün OTİP kategorisinde yer almasına neden olmuştur. Ayrıca üretim esnasında en fazla bor yağı 3.tip profil boruda harcanmıştır ve bu sebeple bor yağı üretimi faktörünün en büyük etkisi bu profil boruda görülmüştür. 3.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,53 katı ve 2.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,29 katıdır.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.32'de üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre OTİP etki kategorisinde oluşturduğu kg R11 eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır. Bir ton profil boru üretimine göre OTİP etki kategorisinin kg R11 eşdeğeri Emek Boru-a kaynağında 2,05E-06 (Emek Boru, 2019-a) ve Emek Boru-b kaynağı için 1,19E-06'dır (Emek Boru, 2019-b). Bu değer çalışmanın sonuçlarına göre 1.tip boruda 2,27E-06 olarak elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a). 1.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 1,91 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun et kalınlığının sözü geçen kaynaktan daha az olması olarak gösterilebilir (Emek Boru, 2019-b). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg R11 eşdeğeri 2,98E-06 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,50 katı olduğu görülmüştür ve bunun sebebinin 2.tip profil boruda fazla enerji tüketilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg R11 eşdeğeri 2,43E-06 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-a).3.tip profil borudaki değer,Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,04 katı olduğu ve bunun

sebebinin 3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olarak görülmüştür (Emek Boru, 2019-b).

Çizelge 5.32: Bir ton profil boru üretimine göre OTİP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg R11 eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	2,27E-06
2.tip profil boru (Bu çalışma)	2,98E-06
3.tip profil boru (Bu çalışma)	2,43E-06
(Emek Boru, 2019-b)	1,19E-06
(Emek Boru, 2019-a)	2,05E-06

5.11.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için OTİP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.33'te verilmiştir. Üç profil tipi arasında, 1.tip ve 3.tip boru yakın etki değerine sahip iken 2.tip boru daha yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan OTİP etkisi, 1.tip profil borunun 2,49 katı ve 3.tip profil borunun ise 2,33 katıdır.

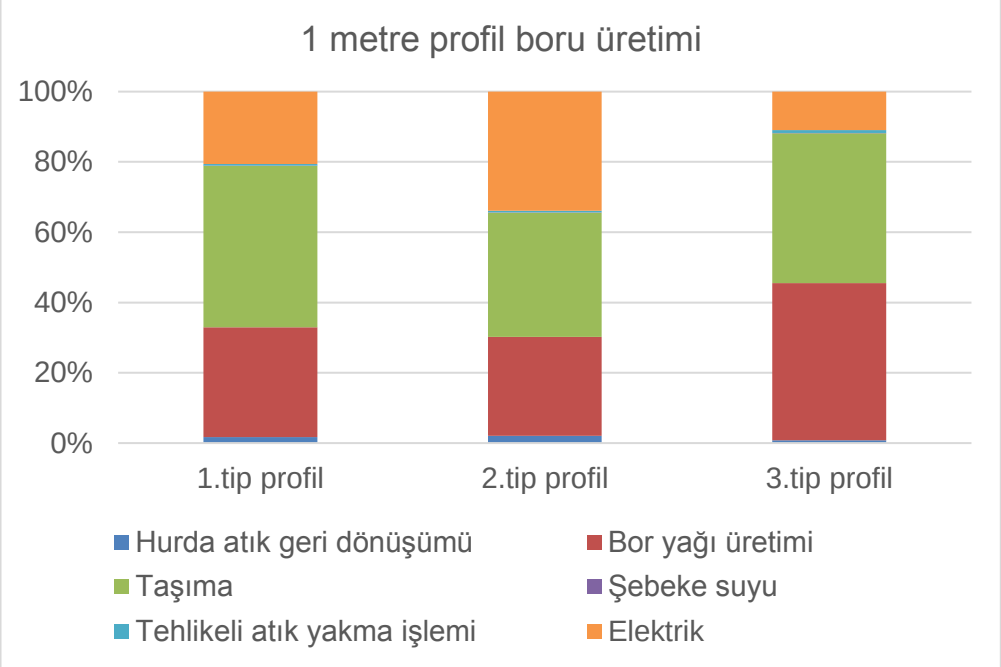
Çizelge 5.33: Bir metre profil üretimi için OTİP'ye etki eden faktörler (R11 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil		2.tip profil		3.tip profil	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Hurda atık geri dönüşümü	6,97E-11	1,7	2,05E-10	2,1	3,47E-11	0,8
Bor yağı üretimi	1,25E-09	31,2	2,81E-09	28,2	1,92E-09	44,7
Taşıma	1,84E-09	45,9	3,52E-09	35,3	1,83E-09	42,7
Şebeke suyu	3,75E-12	0,1	8,17E-12	0,1	3,55E-12	0,1
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,89E-11	0,5	5,17E-11	0,5	3,49E-11	0,8
Elektrik	8,26E-10	20,6	3,38E-09	33,9	4,69E-10	10,9
TOPLAM	**4,01E-09**	**100**	**9,98E-09**	**100**	**4,29E-09**	**100**

1.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %45,9'unu taşıma, %31,2'sini bor yağı üretimi ve %20,6'sını elektrik tüketimi oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %35,3'ünü taşıma, %28,2'sini bor yağı üretimi ve %33,9'unu elektrik tüketimi oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %42,7'sini taşıma, %44,7'sini bor yağı üretimi ve %10,9'unu elektrik oluşturur. 3.tip profil boruda elektrik enerjisi girdisinin azalmasından ötürü enerji tüketiminin sahip olduğu yüzdelik oran da azalmaktadır.

En fazla etkinin 1.tip ve 2.tip profil boru için taşıma faktöründen geldiği fakat 3.tip profil boru için bor yağı üretiminden geldiği Şekil 5.22'de görülmektedir. Taşıma ve bor yağı üretimi faktörlerinin yanı sıra elektrik tüketimi de OTİP etki kategorisinde etki oluşturur.

Modelleme sonuçları halojenli organik bileşiklerin oluşturduğu emisyonların etkisinin en fazla taşıma faktöründe görüldüğünü göstermiştir. Üç profil boru tipi arasında taşıma faktöründe en fazla 2.tip profil boru etki oluşturmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,91 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,92 katıdır.



Şekil 5.22: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (OTİP).

Modelleme sonucuna göre bor yağı üretimi esnasında oluşan sera gazları ve emisyonlar ozon tabakasının incelmesinde önemli rol oynamıştır. Bu nedenle OTİP etki kategorisinde bor yağı üretimi faktörü önemli bir yere sahip olmuştur. Bor yağı üretimi faktörünün en büyük etkisi 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru

üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,25 katı ve 3.tip profil borunun ise 1,46 katıdır.

Elektrik tüketiminin sera gazı oluşumunu tetiklediği modelleme sonuçlarında görülmüştür. Oluşan sera gazları da ozon tabakasında incelmeye sebebiyet verdiğinden, OTİP etki kategorisinde elektrik tüketimi etki faktörü önemli bir yere sahip olmuştur. Harcanan enerji miktarlarıyla orantılı olarak elektrik tüketimi faktöründe en fazla etki 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boruda oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,09 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,21 katıdır.

5.12 Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli (FOOP)

5.12.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için FOOP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.34'te verilmiştir. Hurda atık geri dönüşümü nedeniyle negatif değerler elde edilmiştir. Diğer tüm faktörler ise FOOP açısından olumsuz çevresel etki oluşturacak yönde çalışmışlardır. Üç profil boru üretimi arasında FOOP etkisi en yüksek olan 2.tip profil boru olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan FOOP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,89 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,74 katıdır.

Çizelge 5.34: Bir ton profil üretimi için FOOP'ye etki eden faktörler (C_2H_4 eşdeğeri).

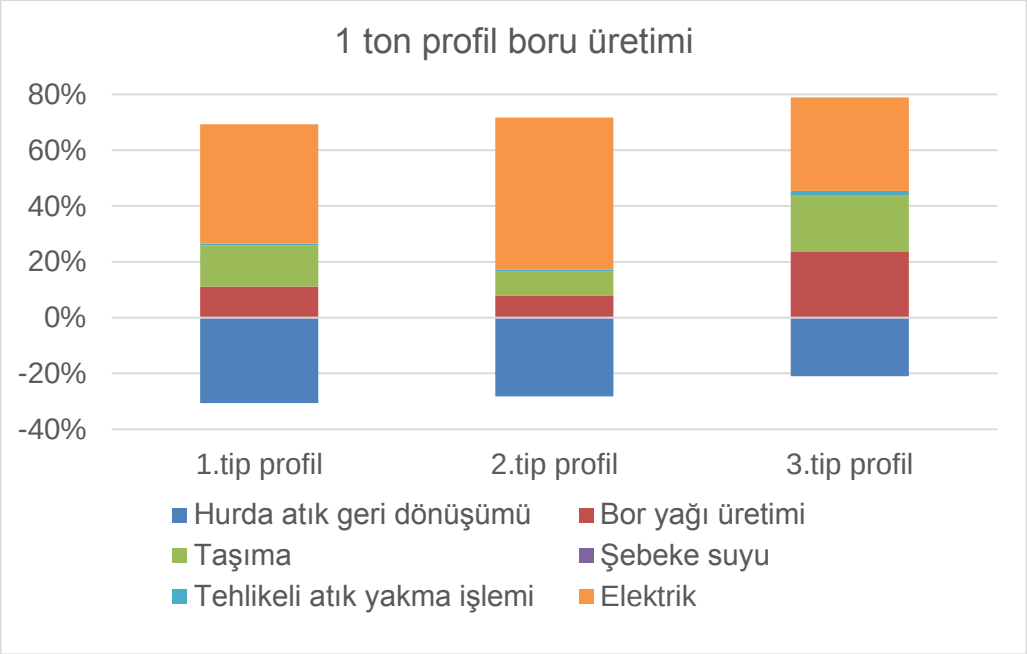
Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-4,90E-03	-7,61E-03	-2,44E-03
Bor yağı üretimi	1,78E-03	2,11E-03	2,73E-03
Taşıma	2,34E-03	2,35E-03	2,33E-03
Şebeke suyu	1,36E-05	1,56E-05	1,29E-05
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,06E-04	1,52E-04	1,96E-04
Elektrik	6,84E-03	1,47E-02	3,89E-03
TOPLAM	**6,18E-03**	**1,17E-02**	**6,72E-03**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik faktöründen geldiği Şekil 5.23'te açıkça görülmektedir. Elektrik faktörünü taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri takip

eder. Hurda atık geri dönüşümünde ise çevresel etkiyi azaltıcı yönde (negatif değerde) etki oluşturmuştur.

Uçucu organik bileşikler olarak fotokimyasal ozon oluşumuna katkıda bulunma potansiyeline sahip olan maddeler fotokimyasal oksidasyon olarak tanımlanır. Eksik yanma ürünleri gibi tamamen indirgenememiş maddeler fotokimyasal oksidasyonu etkileyen emisyonlardır. Bunlar güneşin etkisiyle toksik ve kalıcı türevlerine dönüşebilir (Yay, 2017). Bu çalışmada modelleme sonucu elde edilen bulgular; elektrik tüketimi,bor yağı üretimi ve taşımanın FOOP etki kategorisini büyük ölçüde oluşturduğunu göstermiştir.

Elektrik tüketimi faktöründe en yüksek etki değeri enerji girdisi en fazla olan 2.tip profil boruda görülmüştür. Bunu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip eder. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,15 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,78 katıdır.



Şekil 5.23: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (FOOP).

FOOP kategorisinde etkili olan taşıma faktörünün oluşturduğu etki değerlerinin tüm profil boru tipleri için birbirine yakın olduğu saptanmıştır.

Bor yağı tüketimi en fazla olan 3.tip profil boru, FOOP kategorisinde bor yağı üretimi etki faktöründe en yüksek etki değerine sahip olmuştur. Bu boru tipini sırasıyla 2.tip ve 1.tip profil boru takip eder. 3.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,53 katı ve 2.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,29 katıdır.

Hurda atık geri dönüşümü faktörü sonucu oluşan olumlu etki, en fazla hurda atık miktarına sahip 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,55 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,12 katıdır.

Yapılan iki literatür çalışması ((Emek Boru, 2019-a) ve (Emek Boru, 2019-b)) ile bu çalışmadaki üç farklı profil boru tipinin üretim aşamalarının kıyaslanması yapılmıştır. Çizelge 5.35'te üç profil tipinin bir ton profil boru üretimine göre FOOP etki kategorisinde oluşturduğu kg C_2H_4 eşdeğeri ile iki EPD çalışması karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.35: Bir ton profil boru üretimine göre FOOP kategorisinde üç profil boru tipi ile literatür karşılaştırılması.

Boru Türü	kg C_2H_4 eşdeğeri/ton
1.tip profil boru (Bu çalışma)	6,18E-03
2.tip profil boru (Bu çalışma)	1,17E-02
3.tip profil boru (Bu çalışma)	6,72E-03
(Emek Boru, 2019-b)	5,0E-03
(Emek Boru, 2019-a)	9,0E-03

FOOP kategorisinin bir ton profil boru üretimi için oluşturduğu kg C_2H_4 eşdeğeri Emek Boru-a'da 9,0E-03 büyüklüğünde iken (Emek Boru, 2019-a); Emek Boru-b için verilen FOOP değeri 5,0E-03'tür (Emek Boru, 2019-b). Bu çalışmanın bulgularına göre 1.tip boruda 6,18E-03 elde edilmiştir. Buna göre 1.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 1.tip profil borunun 1,46 katı olduğu ve bunun sebebinin 1.tip profil borunun kaplamalı üretilmemesinden kaynaklandığı görülmüştür (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borunun bu çalışmadaki kg C_2H_4 eşdeğeri 1,17E-02 olarak elde edilmiştir. Buna göre 2.tip profil borunun, Emek Boru-a ile daha yakın değerde olduğu belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-a). 2.tip profil borudaki değer, Emek Boru-b'de elde edilen değerin 2,34 katı olduğu ve bunun sebebinin en fazla enerji tüketiminin bu profil boruda yapılması olarak belirlenmiştir (Emek Boru, 2019-b). 3.tip boruda ise bu çalışmadaki kg C_2H_4 eşdeğeri 6,72E-03 olarak elde edilmiştir. Bundan ötürü 3.tip profil borunun, Emek Boru-b ile aynı mertebede olduğu saptanmıştır (Emek Boru, 2019-b). Emek Boru-a'da elde edilen değerin 3.tip profil borunun 1,34 katı olduğu ve bunun sebebinin

3.tip profil borunun galvanizli sactan üretilmesi olduğu görülmüştür (Emek Boru, 2019-a).

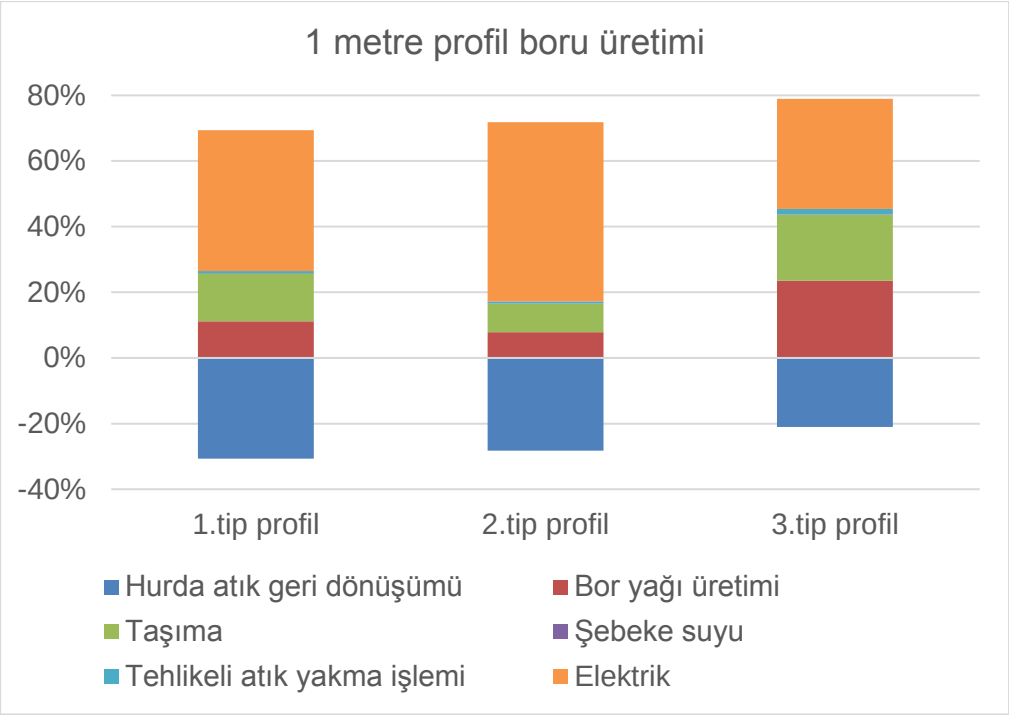
5.12.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için FOOP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.36'da verilmiştir. Hurda atık geri dönüşümü faktörü hariç diğer tüm faktörler FOOP açısından olumsuz çevresel etki oluşturmuştur. Hurda atık geri dönüşümü faktörü ise olumsuz çevresel etkiyi azaltıcı yönde çalışmıştır. FOOP etki kategorisinde, 1.tip ve 3.tip profil boru yakın etki değerine sahip iken 2.tip profil boru daha yüksek değere sahip olmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan FOOP etkisi, 1.tip profil borunun 3,61 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,31 katıdır.

Çizelge 5.36: Bir metre profil üretimi için FOOP'ye etki eden faktörler (C_2H_4 eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-8,66E-06	-2,55E-05	-4,31E-06
Bor yağı üretimi	3,14E-06	7,07E-06	4,82E-06
Taşıma	4,13E-06	7,90E-06	4,12E-06
Şebeke suyu	2,40E-08	5,23E-08	2,27E-08
Tehlikeli atık yakma işlemi	1,87E-07	5,10E-07	3,45E-07
Elektrik	1,21E-05	4,94E-05	6,87E-06
TOPLAM	**1,09E-05**	**3,94E-05**	**1,19E-05**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de elektrik tüketiminden geldiği Şekil 5.24'te görülmektedir. Elektrik tüketimi etki faktörünü bor yağı üretimi faktörü takip etmektedir. Elektrik tüketimi ve bor yağı üretiminin oluşturduğu olumsuz etkiyi, hurda atık geri dönüşümü faktörü büyük ölçüde azaltmaktadır.



Şekil 5.24: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (FOOP).

Elektrik tüketimi,bor yağı üretimi ve taşıma sonucunda fotokimyasal oksidasyonu etkiyelen emisyonlar açığa çıkarak güneşin etkisiyle toksik ve kalıcı türevlerine dönüşebilirler. Bu sebeple elektrik tüketimi ,bor yağı üretimi ve taşıma faktörleri FOOP etki kategorisinde etkinin büyük kısmını oluştururmuştur.

Elektrik tüketimi faktöründe en yüksek etki değeri elektirk tüketimi en fazla olan 2.tip profil boruda görülmüştür. Bunu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik tüketimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 4,08 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 7,19 katıdır.

FOOP kategorisinde etkili olan taşıma faktörünün oluşturduğu etki değeri en yüksek 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan taşıma faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,91 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,92 katıdır.

Bor yağı tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru, FOOP kategorisinde bor yağı üretimi etki faktöründe en yüksek etki değerine sahip olmuştur. Bu boru tipini sırasıyla 3.tip ve 1.tip profil boru takip etmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan bor yağı üretimi faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,25 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,47 katıdır.

Hurda atık geri dönüşümü faktörü sonucu oluşan olumlu etki, en fazla hurda atık miktarına sahip 2.tip profil boruda görülmüştür. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 2,94 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 5,92 katıdır.

5.13 Karasal Ekotoksisite Potansiyeli (KETP)

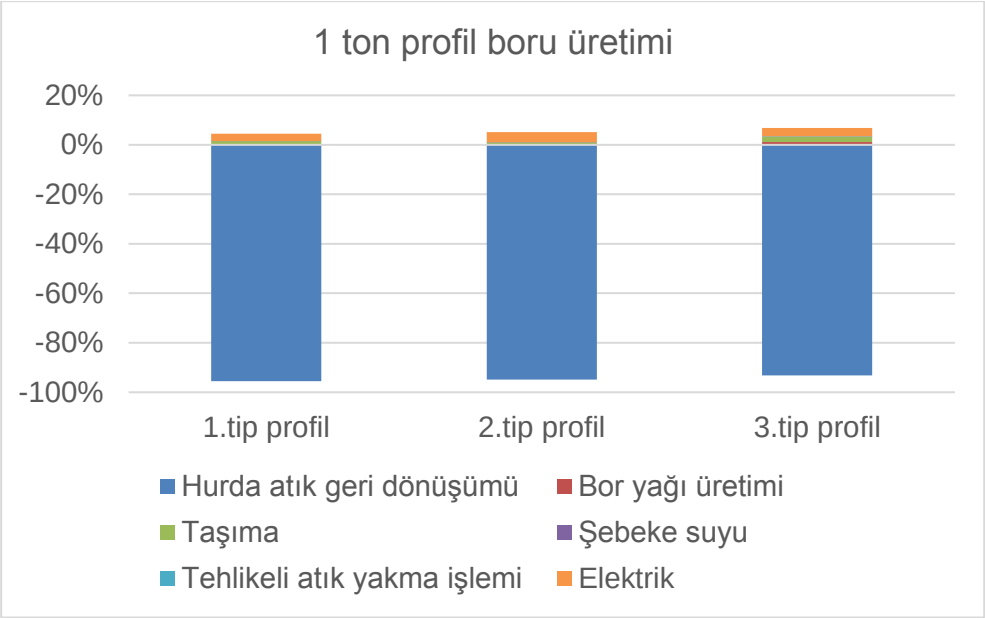
5.13.1 Bir ton profil boru üretimi için

Bir ton profil boru üretimi için KETP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.37'de verilmiştir. Negatif değerlerin elde edilmesi; üretimde oluşacak olumsuz çevresel etkilerin olmaması anlamına gelmektedir. Hurda atık geri dönüşümünden negatif değerler elde edilmiştir. Kalan tüm KETP etki kategorisindeki faktörler olumsuz çevresel etki oluşturmuştur. Ayrıca çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları içine alınmaması sonuçların toplamının negatif çıkması üzerinde etkili olmuştur. Üç profil boru üretimi arasında KETP etki kategorisinde en fazla olumlu etki 2.tip, en az olumlu etki ise 3.tip profil boru üretiminde görülmektedir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KETP etkisi; 1.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 1,55 katı ve 3.tip profil boru üretiminde oluşan etkinin 3,18 katıdır.

Çizelge 5.37: Bir ton profil üretimi için KETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-1,85E+00	-2,88E+00	-9,23E-01
Bor yağı üretimi	7,39E-03	8,79E-03	1,14E-02
Taşıma	2,16E-02	2,18E-02	2,15E-02
Şebeke suyu	1,63E-04	1,87E-04	1,54E-04
Tehlikeli atık yakma işlemi	3,22E-04	4,63E-04	5,96E-04
Elektrik	5,86E-02	1,26E-01	3,33E-02
TOPLAM	**-1,76E+00**	**-2,72E+00**	**-8,56E-01**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de hurda atık geri dönüşümünden geldiği Şekil 5.25'te açıkça görülmektedir. Hurda atık geri dönüşümü yukarıda da söz edildiği gibi olumlu çevresel etki yaratmıştır. Öte yandan olumsuz çevresel etkiye neden olan elektrik faktörü KETP açısından önemli olmuştur.



Şekil 5.25: Bir ton profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KETP) .

Üretim sonucu oluşan hurda atık; çelik ve paslanmaz çelik içeriği bakımından zengindir. Hurda atık, geri dönüşüm için işleme tabi tutularak tekrar üretim ham maddesi olarak kullanılır ve üretim yapılırken havaya, suya ve toprağa krom ve cıva gibi ağır metal salınımı olmaktadır. Bu sebeple KETP etki kategorisinde en fazla etki hurda atık geri dönüşümünde görülmüştür. Hurda atık geri dönüşümü faktöründe en fazla etkinin 2.tip profil borudan geldiği bunun da hurda atık miktarının fazla olmasından kaynaklandığı saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 1,56 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,12 katıdır.

Modelleme bulgularına göre elektrik üretimi sırasında krom ve arsenik gibi ağır metaller hava ve toprakta kirlilik oluşturduğundan, elektrik faktörü KETP kategorisinde yer almıştır. Elektrik faktörünün bu kategoride; üç profil tipi arasında en fazla 2.tip profil boru üretiminde etki oluşturacağı belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak et kalınlığı en fazla olan 2.tip profil boru üretiminde enerji girdisinin yüksek olması gösterilebilir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,15 katı ve 3.tip profil borunun ise 3,78 katıdır.

5.13.2 Bir metre profil boru üretimi için

Fonksiyonel birim bir metre profil boru üretimi için KETP etki kategorisine etki eden faktörler Çizelge 5.38'de verilmiştir. Toplamın negatif çıkması; üretim sonucunda çevresel açıdan olumsuz etki oluşturacak herhangi bir etkinin olmaması anlamına gelmektedir. Çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılmasının da negatif

değerler elde edilmesinde payı büyüktür. Ayrıca hurda atık geri dönüşümü hariç diğer tüm faktörler olumsuz çevresel etki oluşturmuştur. Üç profil tipi arasında, 1.tip ve 3.tip profil borunun oluşturduğu etki değerine oranla, 2.tip profil boru daha fazla olumlu etki oluşturmuştur. 2.tip profil boru üretiminde oluşan KETP etkisi, 1.tip profil borunun 2,92 katı ve 3.tip profil borunun ise 6,04 katıdır.

Çizelge 5.38: Bir metre profil üretimi için KETP'ye etki eden faktörler (DCB eşdeğeri).

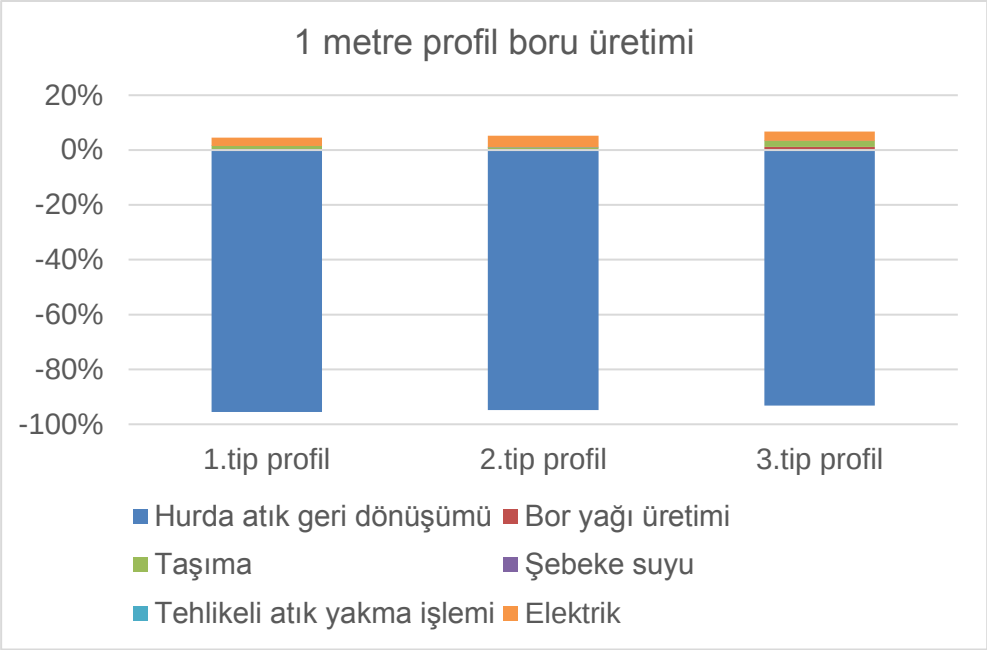
Etki Faktörleri	1.tip profil	2.tip profil	3.tip profil
Hurda atık geri dönüşümü	-3,28E-03	-9,65E-03	-1,63E-03
Bor yağı üretimi	1,31E-05	2,94E-05	2,01E-05
Taşıma	3,82E-05	7,31E-05	3,80E-05
Şebeke suyu	2,87E-07	6,26E-07	2,72E-07
Tehlikeli atık yakma işlemi	5,69E-07	1,55E-06	1,05E-06
Elektrik	1,03E-04	4,23E-04	5,88E-05
TOPLAM	**-3,12E-03**	**-9,12E-03**	**-1,51E-03**

En fazla etkinin üç profil boru tipi için de hurda atık geri dönüşümünden geldiği Şekil 5.26'da görülmektedir. Hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etkiyi, olumsuz çevresel etki oluşturan elektrik tüketimi faktörü takip etmektedir.

Çelik ve paslanmaz çelik içeriği bakımından zengin olan hurda atık, geri dönüşüm için işleme tabi tutularak tekrar üretim ham maddesi olarak kullanılır. Bu sebeple üretim yapılırken havaya, suya ve toprağa ağır metal salınımı olmuştur. KETP etki kategorisinde en fazla etkinin hurda atık geri dönüşümünde görülmesinin nedeni budur. Hurda atık miktarının fazla olmasından dolayı hurda atık geri dönüşümü faktöründe en fazla etkinin 2.tip profil borudan geldiği saptanmıştır. 2.tip profil boru üretiminde oluşan hurda atık geri dönüşümü faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 2,94 katı ve 3.tip profil borunun ise 5,92 katıdır.

Modelleme sonuçları elektrik üretimi sırasında krom ve arsenik gibi ağır metallerin hava ve toprakta kirliliğe sebep olduğunu göstermiştir. Bu sebeple elektrik faktörü KETP kategorisinde yer almaktadır. Elektrik faktörünün bu kategoride; üç profil tipi arasında en fazla 2.tip profil boru üretiminde etki oluşturacağı belirlenmiştir. Bunun

sebebi olarak 2.tip profil boru üretiminde elektrik tüketim miktarının fazla olması gösterilebilir. 2.tip profil boru üretiminde oluşan elektrik faktörü etkisi, 1.tip profil borunun 4,11 katı ve 3.tip profil borunun ise 7,19 katıdır.



Şekil 5.26: Bir metre profil boru üretimine göre etki faktörlerinin yüzdesel dağılımı (KETP) .

5.14 Farklı Enerji Kaynağı Kullanımına Göre Senaryolar

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre üç profil tipi için de ATP element ve KETP çevresel etki kategorilerinde hurda atık geri dönüşümü etki faktörlerinin en önemli bileşeni olarak saptanmıştır. OTİP çevresel etki kategorisinde iki fonksiyonel birime göre de 1.tip ve 2.tip profil boru için taşıma, etki faktörlerinin en önemli bileşeni iken 3.tip profil boru için bor yağı üretimi en önemli bileşen olmuştur. Geriye kalan ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP ve FOOP çevresel etki kategorilerinde iki fonksiyonel birime göre üç profil tipi için de elektrik tüketimi etki faktörlerinin en önemli bileşeni olarak belirlenmiştir.

Dolayısıyla ATP fosil, AP, ÖP, TCETP, KIP, İTP ve FOOP çevresel etki kategorilerindeki etkiyi azaltmak amacıyla şebeke elektrik enerjisi yerine; yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgar ve güneş enerjisi kullanımının söz konusu kategorilerdeki etkisine bakılmıştır.

Tüm modelleme Türkiye'deki şebeke elektriği kullanılarak yapılmıştır. İlk senaryoda; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi; elektrik tüketiminin oluşturduğu olumsuz çevresel etkinin azaltılması için tercih edilmiştir. İkinci senaryoda

ise; oluşan olumsuz etkileri azaltmak üzere tercih edilen enerji kaynağı güneş enerjisi olmuştur.

5.14.1 Rüzgar enerjisi kullanımı

Modellemede kullanılacak olan veri hem kara hem de denizde kurulu rüzgar türbini modelini içermektedir. Her iki modelde de rüzgar türbinlerinin üretimi, nakliyesi, montajı, işletimi, sökülmesi ve çıkarılması aşamaları dahil edilmiştir. Rüzgar türbinlerinin ve kablolarının çalışma ömrü 20 yıldır. Tam yük saatleri, istatistiki bilgiler kullanılarak gerçek bölge için dikkate alınmış ve bu nedenle ülkeye özgü olmuştur (Url 1).

Kara modeli, her biri 1,65 MW ile 182 rüzgar türbini çalıştıran 300 MW'lık bir rüzgar parkına dayanmaktadır. Açık deniz modeli, her biri 3.00 MW ile 100 rüzgar türbini çalıştıran 300 MW'lık bir rüzgar parkına dayanmaktadır (Url 1).

Üç profil boru tipi için de şebeke elektriği ve rüzgar enerjisi kullanımının oluşturduğu çevresel etki değerleri bir ton profil boru üretimine göre Çizelge 5.39'da ve bir metre profil boru üretimine göre Çizelge 5.40'ta sunulmuştur.

Çizelge 5.39: Bir ton profil boru üretimine göre farklı enerji kaynaklarının çevresel etki değerleri.

Etki Faktörleri	Birim	1.tip profil boru		2.tip profil boru		3.tip profil boru	
		Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi	Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi	Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi
ATP element	kg Sb-eşd.	-1,25E-04	-1,22E-04	-2,03E-04	-1,97E-04	-4,76E-05	-4,59E-05
ATP fosil	MJ	3,72E+02	1,52E+02	6,44E+02	1,71E+02	3,03E+02	1,78E+02
AP	kg SO2-eşd	1,83E-01	5,49E-02	3,47E-01	7,13E-02	1,20E-01	4,69E-02
ÖP	kg PO4-eşd.	6,82E-02	-2,88E-03	1,45E-01	-8,22E-03	4,48E-02	4,42E-03
TCETP	kg DCB-eşd.	4,32E+00	-6,20E+00	1,38E+01	-8,82E+00	3,75E+00	-2,20E+00
KIP	kg CO2-eşd.	2,73E+01	8,55E+00	5,06E+01	1,01E+01	1,89E+01	8,21E+00
İTP	kg DCB-eşd.	4,20E+04	8,58E+03	8,50E+04	1,28E+04	2,51E+04	6,14E+03
OTİP	kg R11-eşd.	2,27E-06	1,82E-06	2,98E-06	2,02E-06	2,43E-06	2,18E-06
FOOP	kg C2H4-eşd.	6,18E-03	-4,21E-04	1,17E-02	-2,47E-03	6,72E-03	2,97E-03
KETP	kg DCB-eşd.	-1,76E+00	-1,80E+00	-2,72E+00	-2,79E+00	-8,56E-01	-8,75E-01

Çizelge 5.40: Bir metre profil boru üretimine göre farklı enerji kaynaklarının çevresel etki değerleri.

Etki Faktörleri	Birim	1.tip profil boru		2.tip profil boru		3.tip profil boru	
		Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi	Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi	Şebeke Elektriği	Rüzgar Enerjisi
ATP element	kg Sb-eşd.	-2,21E-07	-2,16E-07	-6,79E-07	-6,58E-07	-8,40E-08	-8,11E-08
ATP fosil	MJ	6,56E-01	2,68E-01	2,16E+00	5,73E-01	5,35E-01	3,14E-01
AP	kg SO2-eşd	3,23E-04	9,71E-05	1,16E-03	2,40E-04	2,12E-04	8,29E-05
ÖP	kg PO4-eşd.	1,20E-04	-5,19E-06	4,86E-04	-2,76E-05	7,91E-05	7,74E-06
TCETP	kg DCB-eşd.	7,52E-03	-1,10E-02	4,63E-02	-2,94E-02	6,62E-03	-3,89E-03
KIP	kg CO2-eşd.	4,83E-02	1,52E-02	1,69E-01	3,37E-02	3,34E-02	1,45E-02
İTP	kg DCB-eşd.	7,43E+01	1,52E+01	2,85E+02	4,29E+01	4,45E+01	1,08E+01
OTİP	kg R11-eşd.	4,01E-09	3,23E-09	9,98E-09	6,78E-09	4,29E-09	3,85E-09
FOOP	kg C2H4-eşd.	1,09E-05	-7,58E-07	3,94E-05	-8,26E-06	1,19E-05	5,23E-06
KETP	kg DCB-eşd.	-3,12E-03	-3,18E-03	-9,12E-03	-9,36E-03	-1,51E-03	-1,55E-03

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre Türkiye şebeke elektriği yerine rüzgar türbinleri kullanıldığında oluşacak çevresel etki değerlerinin yüzdesel dağılım oranları Çizelge 5.41'de gösterilmiştir. Değerler normalize edilirken şebeke elektriği baz alınmıştır. Şebeke elektriği kullanımının oluşturduğu değerler %100 kabul edilmiş; rüzgar enerjisinin oluşturduğu etkiler bu kabule göre saptanmıştır.

Üç profil boru tipi üretiminde de şebeke elektriği kullanıldığında hem bir ton hem de bir metre için ATP element kategorisinde elde edilen etki değerleri negatif olmuştur. Şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında da bu etki kategorisinde durum değişmemiştir. Etki değerlerinden anlaşıldığı üzere, bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre rüzgar enerjisi kullanıldığında üç profil boru tipi için de ATP element etki kategorisinde sonuçlar negatif değer olarak elde edilmiştir ve bu olumsuz çevresel etkinin olmaması anlamına gelmektedir. Bu etki kategorisinde oluşan olumlu etki şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %4 oranında azalmıştır. ATP element için elde edilen sonuçlar pratikte bir değişim göstermemektedir.

Çizelge 5.41: Rüzgar enerjisi kullanıldığında faktörlerde olan değişimin dağılımı (bir ton ve bir metre için).

Etki Faktörleri	Birim	Şebeke Elektriği-Rüzgar Enerjisi		
		1.tip profil boru	2.tip profil boru	3.tip profil boru
ATP element	kg Sb-eşd.	%2 (azalış)	%3 (azalış)	%4 (azalış)
ATP fosil	MJ	%59 (azalış)	%73 (azalış)	%41 (azalış)
AP	kg SO2-eşd	%70 (azalış)	%79 (azalış)	%61 (azalış)
ÖP	kg PO4-eşd.	%104 (azalış)	%106 (azalış)	%90 (azalış)
TCETP	kg DCB-eşd.	%244 (azalış)	%164 (azalış)	%159 (azalış)
KIP	kg CO2-eşd.	%69 (azalış)	%80 (azalış)	%57 (azalış)
İTP	kg DCB-eşd.	%80 (azalış)	%85 (azalış)	%76 (azalış)
OTİP	kg R11-eşd.	%20 (azalış)	%32 (azalış)	%10 (azalış)
FOOP	kg C2H4-eşd.	%107 (azalış)	%121 (azalış)	%56 (azalış)
KETP	kg DCB-eşd.	%2 (artış)	%3 (artış)	%2 (artış)

Üç profil boru tipinde de ATP fosil kategorisinde şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %70, 2.tip profil boruda %79 ve 3.tip profil boruda %61 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

AP kategorisinde tüm profil boru tiplerinde bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %59, 2.tip profil boruda %73 ve 3.tip profil boruda %41 olarak belirlenmiştir. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre ÖP etki kategorisinde enerji kullanımı olumsuz çevresel etkiye neden olan en önemli faktörken, hurda geri dönüşümü faktörü olumlu etki oluşturmuştur. Enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynağı olan

rüzgar enerjisi ile değiştirildiğinde, çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %104 ve 2.tip profil boruda %106 oranında azalarak toplam etkinin olumluya dönmesine sebep olmuştur. Oluşan toplam etkinin çevre üzerinde olumlu etkiye dönüşmesinin nedeni hurda atıkların geri kazanımı etki faktöründen kaynaklanmıştır. Bu etki kategorisi açısından bir ton ve bir metre için 3.tip profil boru üretiminin etki değeri şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında %90 oranında azalmıştır fakat olumlu etkiye dönmemiştir.

TCETP etki kategorisinde de en önemli çevresel etkinin elektrik enerjisi kullanımından geldiği ve hurda atık geri dönüşümü faktörünün bu etkiyi azaltıcı yönde çalıştığı saptanmıştır. Bu kategoride bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi ile değiştirildiğinde, üç profil boru tipi için de toplam etki olumluya dönmüştür. Çevresel etkilerin azalma oranları 1.tip profil boruda %244, 2.tip profil boruda %164 ve 3.tip profil boruda %159 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı en fazla olan 1.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak 2.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

Üç profil boru tipinde de KIP kategorisinde şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %69, 2.tip profil boruda %80 ve 3.tip profil boruda %57 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

İTP kategorisinde tüm profil boru tiplerinde bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %80, 2.tip profil boruda %85 ve 3.tip profil boruda %76 olarak belirlenmiştir. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

OTİP kategorisinde üç profil boru tipinde de bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %20, 2.tip profil boruda %32 ve 3.tip profil boruda %10 olarak belirlenmiştir. Taşıma ve bor yağı tüketimi faktörlerinin etkili olduğu bu kategoride; çevresel etkileri azaltma yönündeki en yüksekyüzde oranı 2.tip profil boruda görülmüştür. Bunu sırasıyla 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre FOOP etki kategorisinde enerji kullanımı olumsuz çevresel etkiye; hurda geri dönüşümü faktörü ise olumlu etkiye sebep olmuştur. Enerji kaynağı rüzgar enerjisi ile değiştirildiğinde, çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %107 ve 2.tip profil boruda %121 oranında azalarak toplam etkinin olumluya dönmesine sebep olmuştur. Oluşan toplam etkinin çevre üzerinde olumlu etkiye dönüşmesinin nedeni olarak hurda atıkların geri kazanımı faktörü gösterilebilir. FOOP kategorisi için 3.tip profil boru üretiminin etki değeri şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında %56 azalmıştır fakat olumlu etkiye dönmemiştir.

KETP etki kategorisinde üç profil boru tipinde de bir ton ve bir metre profil boru üretimi için enerji kaynağı olarak şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında oluşacak çevresel etki değerleri düşük oranda artmıştır. Bu artış oranları 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %2 olarak saptanmıştır. KETP için elde edilen sonuçlar pratikte bir değişim göstermemektedir.

5.14.2 Güneş enerjisi kullanımı

Kurulu olan farklı güneş enerjisi teknolojilerinden yararlanılarak güneş enerjisi modeli oluşturulmuştur. Her teknoloji tek tek modellenmiştir. Tüm modellerde üretim ve işletme yaşam döngüsü sınırlarına dahil edilmiştir. Güneş panellerinin bertarafı, geri dönüşümü veya yeniden kullanımı kısmı YDD sınırlarına dahil değildir.

Panellerin çalışma ömrü 20 yıl olarak modellenmiştir. Mono-silikon %18; çoklu-silikon %16; kadmiyumtellurid (CdTe) %17; bakır–indiyum galyum–diselenit %15 verimle çalışmaktadır. Sistem verimliliği eğimli çatı için %75, eğimli çatı montajı için %80 alınmıştır (Url 1).

Üç profil boru tipi için de şebeke elektriği ve güneş enerjisi kullanımının oluşturduğu çevresel etki değerleri bir ton profil boru üretimine göre güneş enerjisi, Türkiye şebeke elektriği kullanımına göre çevresel açıdan daha olumlu görünen bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada yapılan farklı enerji kaynağı kullanım senaryoları, güneş enerjisinin hem bir ton hem de bir metre profil boru üretimine göre çevre üzerinde oluşturduğu etkinin, şebeke elektriği kullanımı durumundan daha az olduğunu göstermiştir. Çizelge 5.42'de ve bir metre profil boru üretimine göre Çizelge 5.43'te sunulmuştur.

Güneş enerjisi, Türkiye şebeke elektriği kullanımına göre çevresel açıdan daha olumlu görünen bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada yapılan farklı enerji kaynağı kullanım senaryoları, güneş enerjisinin hem bir ton hem de bir metre profil boru üretimine göre çevre üzerinde oluşturduğu etkinin, şebeke elektriği kullanımı durumundan daha az olduğunu göstermiştir.

Çizelge 5.42: 1 ton profil boru üretiminin farklı enerji kaynaklarının etki değerleri.

Etki Faktörleri	Birim	1.tip profil boru		2.tip profil boru		3.tip profil boru	
		Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi	Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi	Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi
ATP element	kg Sb-eşd.	-1,25E-04	-4,66E-05	-2,03E-04	-3,36E-05	-4,76E-05	-2,97E-06
ATP fosil	MJ	3,72E+02	1,75E+02	6,44E+02	2,21E+02	3,03E+02	1,91E+02
AP	kg SO2-eşd	1,83E-01	7,25E-02	3,47E-01	1,09E-01	1,20E-01	5,69E-02
ÖP	kg PO4-eşd.	6,82E-02	3,94E-03	1,45E-01	6,54E-03	4,48E-02	8,30E-03
TCETP	kg DCB-eşd.	4,32E+00	-3,21E+00	1,38E+01	-2,34E+00	3,75E+00	-5,08E-01
KIP	kg CO2-eşd.	2,73E+01	1,06E+01	5,06E+01	1,45E+01	1,89E+01	9,40E+00
İTP	kg DCB-eşd.	4,20E+04	1,62E+04	8,50E+04	2,92E+04	2,51E+04	1,05E+04
OTİP	kg R11-eşd.	2,27E-06	2,15E-06	2,98E-06	2,73E-06	2,43E-06	2,36E-06
FOOP	kg C2H4-eşd.	6,18E-03	8,12E-04	1,17E-02	1,90E-04	6,72E-03	3,67E-03
KETP	kg DCB-eşd.	-1,76E+00	-1,80E+00	-2,72E+00	-2,80E+00	-8,56E-01	-8,77E-01

Çizelge 5.43: 1 metre profil boru üretiminin farklı enerji kaynaklarının etki değerleri.

Etki Faktörleri	Birim	1.tip profil boru		2.tip profil boru		3.tip profil boru	
		Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi	Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi	Şebeke Elektriği	Güneş Enerjisi
ATP element	kg Sb-eşd.	-2,21E-07	-8,27E-08	-6,79E-07	-1,11E-07	-8,40E-08	-5,12E-09
ATP fosil	MJ	6,56E-01	3,09E-01	2,16E+00	7,40E-01	5,35E-01	3,37E-01
AP	kg SO2-eşd	3,23E-04	1,28E-04	1,16E-03	3,67E-04	2,12E-04	1,01E-04
ÖP	kg PO4-eşd.	1,20E-04	6,88E-06	4,86E-04	2,17E-05	7,91E-05	1,46E-05
TCETP	kg DCB-eşd.	7,52E-03	-5,68E-03	4,63E-02	-7,81E-03	6,62E-03	-8,88E-04
KIP	kg CO2-eşd.	4,83E-02	1,88E-02	1,69E-01	4,86E-02	3,34E-02	1,66E-02
İTP	kg DCB-eşd.	7,43E+01	2,86E+01	2,85E+02	9,79E+01	4,45E+01	1,85E+01
OTİP	kg R11-eşd.	4,01E-09	3,81E-09	9,98E-09	9,16E-09	4,29E-09	4,18E-09
FOOP	kg C2H4-eşd.	1,09E-05	1,41E-06	3,94E-05	6,30E-07	1,19E-05	6,46E-06
KETP	kg DCB-eşd.	-3,12E-03	-3,19E-03	-9,12E-03	-9,39E-03	-1,51E-03	-1,55E-03

Çizelge 5.44: Şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında etki faktörlerinde olan değişimin yüzdesel dağılımı (bir ton ve bir metre için).

Etki Faktörleri	Birim	Şebeke Elektriği-Güneş Enerjisi		
		1.tip profil boru	2.tip profil boru	3.tip profil boru
ATP element	kg Sb-eşd.	%63 (azalış)	%83 (azalış)	%94 (azalış)
ATP fosil	MJ	%53 (azalış)	%66 (azalış)	%37 (azalış)
AP	kg SO2-eşd	%60 (azalış)	%69 (azalış)	%53 (azalış)
ÖP	kg PO4-eşd.	%94 (azalış)	%95 (azalış)	%81 (azalış)
TCETP	kg DCB-eşd.	%174 (azalış)	%117 (azalış)	%114 (azalış)
KIP	kg CO2-eşd.	%61 (azalış)	%71 (azalış)	%50 (azalış)
İTP	kg DCB-eşd.	%61 (azalış)	%66 (azalış)	%58 (azalış)
OTİP	kg R11-eşd.	%5 (azalış)	%8 (azalış)	%3 (azalış)
FOOP	kg C2H4-eşd.	%87 (azalış)	%98 (azalış)	%45 (azalış)
KETP	kg DCB-eşd.	%2 (artış)	%3 (artış)	%2(artış)

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre Türkiye şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında oluşacak çevresel etki değerlerinin yüzdesel dağılım oranları Çizelge 5.44'te gösterilmiştir. Değerler normalize edilirken şebeke elektriği baz alınmıştır. Şebeke elektriği kullanımının oluşturduğu değerler %100 kabul edilmiş; güneş enerjisinin oluşturduğu etkiler bu kabule göre saptanmıştır.

Üç profil boru tipi üretiminde de şebeke elektriği kullanıldığında hem bir ton hem de bir metre için ATP element kategorisinde elde edilen etki değerleri negatif olmuştur. Şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında da bu etki kategorisinde durum değişmemiştir. Bu etki kategorisinde oluşan olumlu etki şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında 1.tip profil boruda %63, 2.tip profil boruda %83 ve 3.tip profil boruda %94 oranında azalmıştır.

Üç profil boru tipinde de ATP fosil kategorisinde şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %53, 2.tip profil boruda %66 ve 3.tip profil boruda %37 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

AP kategorisinde tüm profil boru tiplerinde bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri

azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %60, 2.tip profil boruda %69 ve 3.tip profil boruda %53 olarak belirlenmiştir. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

Üç profil boru tipinde de ÖP kategorisinde şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri büyük oranda azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %94, 2.tip profil boruda %85 ve 3.tip profil boruda %81 olarak saptanmıştır.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre TCETP etki kategorisinde enerji kullanımı olumsuz çevresel etkiye neden olan en önemli faktörken hurda geri dönüşümü faktörü olumlu etki oluşturmuştur. Ancak enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi ile değiştirildiğinde, üç profil boru tipi üretiminde de toplam etki hurda atıkların geri kazanımı dolayısıyla olumluya dönmüştür. Çevresel etkilerin azalma oranları 1.tip profil boruda %174, 2.tip profil boruda %117 ve 3.tip profil boruda %114 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına üretim sonucu oluşan hurda atık miktarı en fazla olan 1.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla oluşan hurda atık miktarı ile orantılı olarak 2.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

Üç profil boru tipinde de KIP kategorisinde şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %61, 2.tip profil boruda %71 ve 3.tip profil boruda %50 olarak saptanmıştır. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

İTP kategorisinde tüm profil boru tiplerinde bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %61, 2.tip profil boruda %66 ve 3.tip profil boruda %58 olarak belirlenmiştir. En yüksek yüzde oranına elektrik tüketimi en fazla olan 2.tip profil boru sahip olmuştur. Bunu sırasıyla enerji tüketimi ile orantılı olarak 1.tip ve 3.tip profil boru takip etmiştir.

OTİP kategorisinde üç profil boru tipinde de bir ton ve bir metre profil boru üretimi için şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında oluşan çevresel etki değerleri düşük oranda azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %5, 2.tip profil boruda %8 ve 3.tip profil boruda %3 olarak belirlenmiştir.

Üç profil boru tipinde de FOOP kategorisinde şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında bir ton ve bir metre profil boru üretimi için oluşan çevresel etki değerleri

büyük oranda azalmıştır. Bu azalma oranları 1.tip profil boruda %87, 2.tip profil boruda %98 ve 3.tip profil boruda %45 olarak saptanmıştır.

KETP etki kategorisinde üç profil boru tipinde de bir ton ve bir metre profil boru üretimi için enerji kaynağı olarak şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında oluşacak çevresel etki değerleri düşük oranda artmıştır. Bu artış oranları 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %2 olarak saptanmıştır. KETP için elde edilen sonuçlar pratikte bir değişim göstermemektedir.

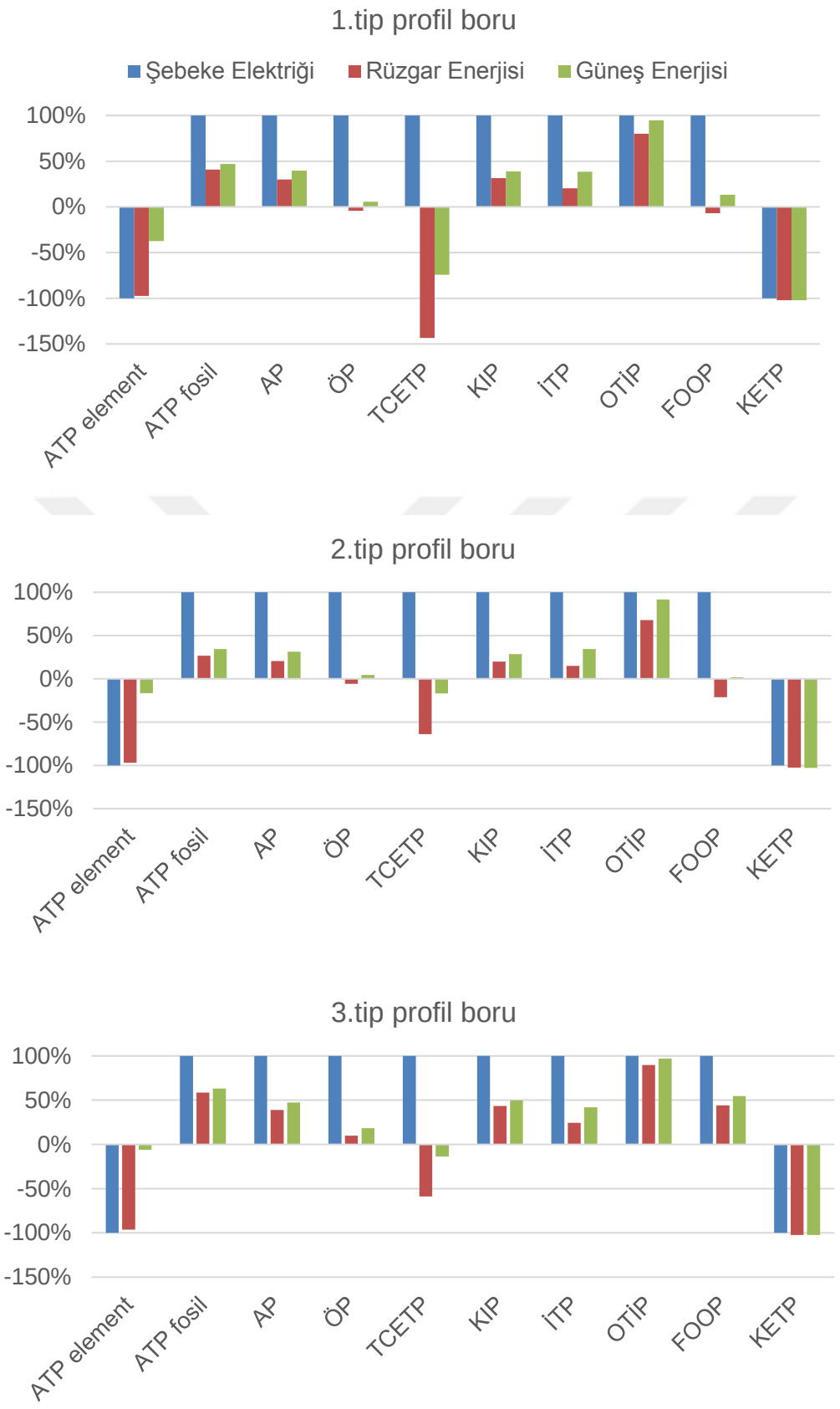
5.14.3 Yenilenebilir enerji kaynakları ile şebeke elektriğinin karşılaştırılması

Değerler normalize edilirken şebeke elektriği baz alınmış ve şebeke elektriği kullanımının oluşturduğu değerler %100 kabul edilmiştir. Diğer iki yenilenebilir enerji kaynağının oluşturduğu etkiler bu kabule göre saptanmıştır. Şekil 5.27'de iki fonksiyonel birime göre şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının çevresel etki kategorileri üzerindeki değişimleri gösterilmiştir.

Şekil 5.27'den anlaşıldığı üzere üç profil boru tipi içinde ATP element kategorisinde şebeke elektriği kullanıldığında da yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında da çevresel açıdan olumlu etki oluşmuştur. Bu kategoride en fazla olumlu etkinin şebeke elektriği kullanımında oluştuğu en az olumlu etkinin ise güneş enerjisinden üretilen elektriğin kullanımından kaynaklandığı saptanmıştır.

Üç profil boru tipinde de ATP fosil, AP, KIP, İTP ve OTİP kategorilerinde çevre üzerinde en az etkinin profil boru üretimi için rüzgar enerjisi kullanımıyla oluşacağı belirlenmiştir. Rüzgar enerjisinden sonra ATP fosil kategorisinde çevresel etkisi en az olan enerji kaynağı güneş enerjisidir.

ÖP ve FOOP etki kategorilerinde de rüzgar enerjisi ile üretim tercih edildiğinde çevre üzerinde en az etki oluştuğu saptanmıştır. İki fonksiyonel birime göre de ÖP ve FOOP etki kategorilerinde enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi ile değiştirildiğinde, 1.tip ve 2.tip profil boru üretiminde toplam etki hurda atıkların geri kazanımı dolayısıyla olumluya dönmüştür. Bahsi geçen iki etki kategorisi için 3.tip profil boru üretiminin etki değerleri şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullanıldığında azalmıştır fakat olumlu etkiye dönmemiştir. Şebeke elektriği yerine güneş enerjisi kullanıldığında ise bahsi geçen iki etki kategorisinde üç profil boru tipinin bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre etki değerinin azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 5.27: Bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının çevresel etki kategorileri üzerindeki bağıl değerlendirmesi.

TCETP etki kategorisinde de en önemli çevresel etkinin elektrik enerjisi kullanımından geldiği ve hurda atık geri dönüşümü faktörünün bu etkiyi azaltıcı yönde çalıştığı saptanmıştır. Bu kategoride bir ton ve bir metre profil boru üretimine göre şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında, üç profil boru tipi için de toplam etki olumluya dönmüştür. En fazla olumlu etki rüzgar enerjisinden üretilen enerjinin kullanılması ile elde edilmiştir ve bu üç profil boru tipi için de geçerlidir.

Tüm profil boru tiplerinde KETP etki kategorisinde de ATP element kategorisinde olduğu gibi farklı enerji kaynakları kullanılsa dahi çevresel açıdan olumlu etki oluşmuştur. Rüzgar enerjisi ile güneş enerjisi kullanımının bu etki kategorisinde oluşturdukları etki aynı olmuştur. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının, şebeke elektriği kullanımından çevre üzerinde daha fazla olumlu etki oluşturduğu saptanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çelik profil boru üretimi için farklı et kalınlığında ve farklı saçtan üretilen üç farklı boru tipine göre yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılarak çevresel etkilerin modellendiği bu çalışmada elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

Bir ton ve bir metre profil boru üretimi fonksiyonel birimine göre elektrik tüketiminin yüzdesel dağılımı aynı olmuştur. İki fonksiyonel birimde de en fazla enerji kaynak prosesinde tüketilmiş; bu prosesi sırasıyla dilme, form, kalibre ve kesim prosesleri takip etmiştir. Bir ton profil boru üretimi için de bir metre profil boru üretimi için de en fazla enerji tüketimi 2.tip profil boruda görülmüştür. Bunun sebebi 2.tip profil borunun 1.tip ve 3.tip profil borunun et kalınlığından iki kat fazla et kalınlığına sahip olmasıdır. Aynı et kalınlıklarına sahip 1.tip ve 3.tip profil boru üretimleri arasında da enerji tüketimi açısından fark olmuştur. Çünkü 3.tip profil boru daha kolay işlenen galvanizli saçtan üretilmiştir ve bu 1.tip profil borudan daha az enerji tüketmesine sebep olmuştur.

İki fonksiyonel birim için de üç profil tipi karşılaştırıldığında en fazla etkinin 2.tip profil boru üretiminde oluştuğu görülmüştür. ATP element ve KETP etki kategorileri tüm boru tiplerinde çevresel etkileri azaltıcı (negatif değer) yönde olmuştur. Çelik rulo sac üretiminin sistem sınırları dışında bırakılması ile hurda atık geri dönüşümünden gelen negatif etkiden dolayı bu iki etki kategorisinde sonuçlar negatif bulunmuştur.

İki fonksiyonel birim için de ATP element ve KETP etki kategorilerinde üç profil tipinde de hurda atık geri dönüşümü, etki faktörlerinin en önemli bileşeni olarak saptanmıştır. Hurda atıkların geri dönüşüm işlemine tabii tutulması çevresel açıdan olumlu etki oluşturmuştur. ATP element kategorisinde hurda atık geri dönüşümünü taşıma faktörü takip ederken KETP açısından elektrik tüketimi ikinci en önemli etki faktörü olmuştur. Taşıma ve elektrik tüketimi faktörleri hurda atık geri dönüşümünün oluşturduğu olumlu etkiyi azaltıcı yönde etkilemiştir.

ATP fosil etki kategorisinde iki fonksiyonel birim için de tüm profil tiplerinde elektrik tüketimi en fazla etkiye sahip faktör olmuştur. Etki kategorisinde elektrik tüketimi 1.tip profil boru üretiminin %60,2'sini, 2.tip profil boru üretiminin %74,8'ini ve 3.tip profil boru üretiminin %42'sini kapsamıştır. Elektrik tüketimi faktörünü bor yağı üretimi ve taşıma faktörleri takip etmiştir. Harcanan bor yağı miktarı en fazla 3.tip profil boruda

olduğundan, bor yağı üretimi faktörünün oluşturduğu etki de en fazla 3.tip profil boruda görülmüştür. Taşıma faktörü ise, taşınan atık miktarlarıyla orantılı olarak etkili olmuştur.

İki fonksiyonel birim için de AP açısından tüm profil tiplerinde harcanan elektrik enerjisi en fazla etkiyi oluşturmuştur. 1.tip profil boru üretiminde AP etki kategorisinin %71,2'sini elektrik tüketimi, %12,7'sini taşıma ve %12'sini hurda atık geri dönüşümü oluştururken; 2.tip profil boru üretiminde %80,8'ini elektrik tüketimi, %6,7'sini taşıma ve %9,9'unu hurda atık geri dönüşümü oluşturmuştur. 3.tip profil boru üretiminde ise %61,9'unu elektrik tüketimi, %19,3'ünü taşıma, %8,9'unu bor yağı üretimi ve %9,2'sini hurda atık geri dönüşümü oluşturmuştur.

ÖP etki kategorisinde üç profil boru tipi için de elektrik tüketimi, etki faktörleri arasında en önemli faktör olmuştur. Taşıma ve bor yağı üretimi faktörleri de ÖP etki kategorisinde çevresel anlamda olumsuz etki etmiştir. Üretim sonucu oluşan olumsuz çevresel etkiyi, hurda atık geri dönüşümü faktörü olumlu etki oluşturarak azaltmıştır. Bu durum iki fonksiyonel birim için de geçerli olmuştur.

İki fonksiyonel birim için de TCTEP etki kategorisinde tüm profil boru tiplerinde de elektrik tüketimi en fazla etkiye sahip faktör olmuştur. Hurda atık geri dönüşümü etki faktörü, TCETP açısından üretim sonucu oluşan olumsuz çevresel etkiyi azaltıcı yönde çalışmıştır. Elektrik tüketiminin oluşturduğu olumsuz etkiyi, hurda atık geri dönüşümü faktörünün oluşturduğu olumlu etki 1.tip profil boruda %25; 2.tip profil boruda %46 ve 3.tip profil boruda %34 oranında azaltmıştır.

KIP etki kategorisinde tüm profil boru tipleri için elektrik tüketimi en fazla etkiyi oluşturmuştur. Elektrik tüketimini sırasıyla, taşıma ve hurda atık geri dönüşümü etki faktörleri takip etmiştir. 1.tip profil boru üretiminde KIP etki kategorisinin %70'ini elektrik tüketimi ve %20,9'unu taşıma oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde %81,6'sını elektrik tüketimi ve %11,3'ünü taşıma oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde %57,6'sını elektrik tüketimi ve %30'unu taşıma oluşturur. Bu durum iki fonksiyonel birim için de geçerli olmuştur.

İki fonksiyonel birim için de İTP etki kategorisinde üç profil boru tipinde de elektrik tüketimi en fazla etki oluşturan faktör olmuştur. Hurda atık geri dönüşümü elektrik tüketiminden sonra en fazla etki oluşturan ikinci faktör olmuştur. 1.tip profil boru üretiminde İTP etki kategorisinin %82,6'sını elektrik tüketimi ve %11,1'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde %88,1'ini elektrik tüketimi ve %8,5'ini hurda atık geri dönüşümü oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde %78,4'ünü elektrik tüketimi ve %9,3'ünü hurda atık geri dönüşümü oluşturur.

OTİP çevresel etki kategorisinde 1.tip ve 2.tip profil boru için taşıma etki faktörlerinin en önemli bileşeni iken 3.tip profil boru için bor yağı üretimi en önemli bileşen olmuştur. 1.tip profil boru üretiminde OTİP etki kategorisinin %45,9'unu taşıma, %31,1'ini bor yağı üretimi ve %20,6'sını elektrik tüketimi oluşturur. 2.tip profil boru üretiminde %35,3'ünü taşıma, %28,2'sini bor yağı üretimi ve %33,9'unu elektrik tüketimi oluşturur. 3.tip profil boru üretiminde %42,9'unu taşıma, %44,5'ini bor yağı üretimi ve %11'ini elektrik oluşturur. Bu durum iki fonksiyonel birim için de geçerli olmuştur.

İki fonksiyonel birim için de FOOP etki kategorisinde tüm profil boru tiplerinde de elektrik tüketimi en fazla etkiye sahip faktör olmuştur. Bor yağı üretimi ve taşıma faktörlerinin de üretim sonucu oluşan olumsuz çevresel etkilere katkısının önemli olduğu görülmüştür. Hurda atık geri dönüşümü etki faktörü ise, FOOP açısından üretim sonucu oluşan olumsuz çevresel etkiyi azaltıcı yönde çalışmıştır.

Yapılan çalışmalarda en fazla etkinin üretim aşamasından geldiği; bunun ise ham madde ve enerji girdisinin üretim aşamasında diğer aşamalardan fazla olması nedeniyle olduğu bulunmuştur. Gerçek tesisten alınan verilerle yapılan bu çalışmamızda üretim aşamasına dilme, form, kaynak, kalibre ve kesim proseslerinde kullanılan şebeke suyu ile elektrik faktörleri dahil edilmiştir ve en fazla etkinin üretim aşamasından geldiği saptanmıştır. YDD analizi sonucunda bazı etki faktörlerinde negatif değerler elde edilmiştir. Negatif değerlerin elde edilmesi; olumsuz çevresel etkinin olmaması anlamına gelmektedir. Sistem sınırları içine çelik rulo sac üretiminin alınmaması ve hurda geri dönüşümü nedeniyle negatif değerler elde edilmiştir.

Etki kategorilerinin sonuçları doğrultusunda elektrik tüketimi ile ilgili iyileştirme çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Türkiye şebeke elektriği yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı olacak şekilde senaryolaştırılmıştır. İlk senaryona rüzgar türbinlerinin ürettiği enerji kullanılırken, ikinci senaryo için güneş enerjisi kullanımı tercih edilmiştir.

Profil boru üretiminde iki fonksiyonel birim için de rüzgar enerjisi kullanımı ATP element etki kategorisinde oluşan olumlu etkinin 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %4 oranında azalma sağlamıştır. Oluşan olumsuz çevresel etkiler iki fonksiyonel birime göre de ATP fosil etki kategorisi için 1.tip profil boruda %70, 2.tip profil boruda %79 ve 3.tip profil boruda %61 ; AP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %59, 2.tip profil boruda %73 ve 3.tip profil boruda %41 oranında azalmaya sebep olmuştur. ÖP etki kategorisinde rüzgar enerjisi kullanıldığında iki fonksiyonel birime göre de, çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %104 ve 2.tip

profil boruda %106 oranında azalarak toplam etkinin olumluya dönmesine sebep olmuş; oluşan etki 3.tip profil boru ise %90 oranında azalmıştır fakat olumlu etkiye dönmemiştir. TCETP etki kategoride iki fonksiyonel birime göre rüzgar enerjisi kullanıldığında, 1.tip profil boruda %244, 2.tip profil boruda %164 ve 3.tip profil boruda %159 azalma saptanmış ve üç profil boru tipi için de toplam çevresel etki olumluya dönmüştür. Oluşan olumsuz çevresel etkiler iki fonksiyonel birime göre de KIP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %69, 2.tip profil boruda %80 ve 3.tip profil boruda %57; İTP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %80, 2.tip profil boruda %85 ve 3.tip profil boruda %76; OTİP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %20, 2.tip profil boruda %32 ve 3.tip profil boruda %10 oranında azalmaya sebep olmuştur. FOOP etki kategorisinde rüzgar enerjisi kullanıldığında iki fonksiyonel birime göre de, çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %107 ve 2.tip profil boruda %121 oranında azalarak toplam etkinin olumluya dönmesine sebep olmuş; oluşan etki 3.tip profil boru ise % 56 oranında azalmıştır fakat olumlu etkiye dönmemiştir. KETP etki kategorisinde iki fonksiyonel birime göre rüzgar enerjisi kullanıldığında çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %2 oranında arttığı saptanmıştır.

Profil boru üretiminde iki fonksiyonel birim için de güneş enerjisi kullanımı ATP element etki kategorisinde oluşan olumlu etkinin 1.tip profil boruda %63, 2.tip profil boruda %83 ve 3.tip profil boruda %94 oranında azalma sağlamıştır. Oluşan olumsuz çevresel etkiler iki fonksiyonel birime göre de ATP fosil etki kategorisi için 1.tip profil boruda %53, 2.tip profil boruda %66 ve 3.tip profil boruda %37; AP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %60, 2.tip profil boruda %69 ve 3.tip profil boruda %53 ; ÖP etki kategorisinde 1.tip profil boruda %94, 2.tip profil boruda %85 ve 3.tip profil boruda %81 oranında azalmaya sebep olmuştur. TCETP etki kategoride iki fonksiyonel birime göre rüzgar enerjisi kullanıldığında, 1.tip profil boruda %174, 2.tip profil boruda %117 ve 3.tip profil boruda %114 azalma saptanmış ve üç profil boru tipi için de toplam çevresel etki olumluya dönmüştür. Oluşan olumsuz çevresel etkiler iki fonksiyonel birime göre de KIP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %61, 2.tip profil boruda %71 ve 3.tip profil boruda %50; İTP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %61, 2.tip profil boruda %66 ve 3.tip profil boruda %58; FOOP etki kategorisi için 1.tip profil boruda %87, 2.tip profil boruda %98 ve 3.tip profil boruda %45 oranında azalmaya sebep olmuştur. KETP etki kategorisinde iki fonksiyonel birime göre güneş enerjisi kullanıldığında çevresel etki değerleri 1.tip profil boruda %2, 2.tip profil boruda %3 ve 3.tip profil boruda %2 oranında arttığı saptanmıştır.

Şebeke elektriği, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi kullanımı karşılaştırıldığında en az çevresel etki; rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji kullanımında görülmüştür. Tesis şebeke elektriği yerine rüzgar enerjisi kullansa çelik profil boru üretimi esnasında oluşturduğu çevresel etkiyi azaltmış olmaktadır.

Çelik profil boru üretimine dair çok fazla yaşam döngüsü değerlendirmesi analizi bulunmamaktadır. Özellikle yerinden elde edilen veriler üstünden gerçekleştirilen YDD çalışmalarının yaygınlaştırılması ve her endüstri alanında yer alması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Baumann H., & Tillman A. M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assessment methodology and application.*

Bjørn A., Laurent A., & Owsianiak M. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice- Goal Definition.*

Bjørn A., Moltesen A., Laurent A., Owsianiak M., Corona A., Birkved M., & Hauschild M. Z. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice- Life Cycle Inventory Analysis.*

Borghi A. D. (2012). *Int J Life Cycle Assess- LCA and communication: Environmental Product Declaration.*

Curran M. (1996). *The International Journal of Life Cycle Assessment: Environmental Life Cycle Assessment.*

ÇEBİD. (2019). *Çelik Boru Sektörü Raporu-2018.* İstanbul: Çelik Boru İmalatçıları Derneği.

DERELİ E. M.(2017). Yüzeysel Sularda Ağir Metallerin Etkileri Ve Ötrofikasyon İle İlişkisi. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, 214-230.

Emek Boru. (2019-a). *Environmental Product Declaration: Coated Sprial Welded Steel Pipe.* İstanbul.

Emek Boru. (2019-b). *Environmental Product Declaration: Bare Spiral Welded Steel Pipe.* İstanbul.

Environmental Building News. (2002-a). *Life-cycle assessment for buildings: seeking the holy grail.*

Erdemir. (2018). *Yassı Ürün Kataloğu.* Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

Eren S. (1991). *Yüksek Lisans Tezi: Dikişli ve Dikişsiz Boru İmalatı.* Anadolu Üniversitesi.

Grant T. (2009). *Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects- Life cycle assessment in practice.*

Guinée J. B., Gorree M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Koning A. D., Haes H. A. (2001). *Handbook on life cycle assessment.*

Günay H., & Karadeniz S. (2008). Boyuna Dikişli Boruların Girdap Akımı Yöntemiyle Kontrol Uygulamaları. *3rd International Non-Destructive Testing Symposium and Exhibition.* İstanbul.

Gürses E. (2006). *Yüksek Lisans Tezi: Yassı Malzemeden Kaynak Yöntemleriyle Profil Oluşturmanın Analizi ve Uygun Koşulların Çıkarılması.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniverstesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hajibabaei M., Nazif S., & Sereshgi F. T. (2018). Life Cycle Assessment Of Pipes And Piping Process In Drinking Water Distribution Networks To Reduce Environmental Impact. *Sustainable Cities and Society*, 538-549.

Heijungs R., & Guinee J. B. (2012). *Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products- An Overview of the Life Cycle Assessment Method - Past, Present, and Future.*

Inaba A., & Itsubo N. (2018). *The International Journal of Life Cycle Assessment-Preface.*

Itten R., Stucki M., & Frischkecht R. (2012). *Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid.*

Lange K. (1994). *Handbook of Metal Forming.*

Rosenbaum R. K., Hauschild M. Z., Boulay A. M., Fantke,P., Laurent A., Núñez M., & Vieira M. (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice-Life Cycle Impact Assessment.*

Ross S., & Evans D. (2002). Use of Life Cycle Assessment in Environmental Management. *Environmental Management*, 132-142.

Santana I. J., Paulo B., & Modenesi P. J. (2006). High Frequency Induction Welding Simulating on Ferritic Stainless Steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 225-230.

Terzi Ü., & Cihan A. (2011). Dikişli Boru Üreten Bir İşletmede Sac Dilme İşleminin Optimizasyonu. *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu.*

Vahidi E., Jin E., Das M., Singh M., & Zhao F. (2015). Comparative Life Cycle Analysis of Materials in Wastewater Piping Systems. *Procedia Engineering*, 1177-1188.

Vahidi E., Jin E., Das M., Singh M., & Zhao F. (2016). Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems. *Sustainable Cities and Society*, 167-174.

White P., & Chester M. (2014). *Environmental Life Cycle Assessment: Measuring The Environmental Performance of Products- Framework of Life Cycle Assessment.*

Yaşar O. (2009). Türk İmalat Sanayinde Lokomotif Bir Sektör: Demir Çelik Sanayi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 42-78.

Yaşar O. (2019). Türkiye'de Çelik Boru Sanayi Ve Enerji Projelerinin Sektörün Gelişimine Etkileri. *The Journal of Academic Social Science*, 1-15.

Yay A. S. (2017). Yaşam Döngüsü Analizinin Ambalaj Atıklarının Yönetiminde Kullanılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1008-1017.

(Url 1) *http://www.gabi-software.com/*. (2020).

(Url 2)http://www.steels-supplier.com/. (2019).

(Url 3) https://steeltubeinstitute.org/. (2019).

(Url 4) https://www.tse.org.tr/. (2019).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : İrem Şanal

Doğum Tarihi ve Yeri : 06.02.1993, İstanbul

E-posta : i_sanal@hotmail.com

Öğrenim Durumu : 2015, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği

Mesleki Deneyim : Autoliv Metal Pres A.Ş. (2018 Ekim- 2019 Eylül)

ARS Kimya Atık Madeni Yağ Geri Dönüşüm LTD. ŞTİ (2017 Temmuz-2018 Nisan)

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü (2014 Stajyer)

BDK Arıtma (2013 Stajyer)