



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



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ODUN BAZLI LEVHA ENDÜSTRİSİNDE KARBON VE ENERJİ
AYAK İZİNİN BİR FABRİKA ÖLÇEĞİNDE BELİRLENMESİ**

Mehtap ERDİL

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Nural YILGÖR**

Mayıs, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma 15/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliğı Yüksek Lisans programında Yüksek Lisans programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:

İmza

Prof. Dr. Nural YILGÖR

(Danışman)

İstanbul Üniversitesi

Orman Fakültesi

İmza

Prof. Dr. Turgay AKBULUT

İstanbul Üniversitesi

Orman Fakültesi

İmza

Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

İnşaat Fakültesi

İmza

Prof. Dr. Kemalettin Bahattin GÜRBOY

İstanbul Üniversitesi

Orman Fakültesi

İmza

Doç. Dr. Burcu ONAT

İstanbul Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu çalışma İstanbul Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği’nin 23794 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesinde yardımcı olan ve buna bağlı olarak bu önemli konuda çalışma imkânı sağlayan, beni yönlendiren, samimi ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, öğrenimim boyunca derin tecrübelerinden, yapıcı değerlendirmelerinden istifade ettiğim saygı değer hocalarım İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalından değerli hocam Prof. Dr. Nural Yılığör, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Ormancılık Politikası ve Yönetimi Anabilim Dalından değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Hasan Tezcan Yıldırım, Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği anabilim dalından Çevre Mühendisliği bölümündeki değerli hocam Prof. Dr. S. Sinan Keskin'e ve Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Anabilim dalından Endüstri Mühendisliği bölümündeki değerli hocam Doç. Dr. Bahar Sennaroğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamdaki hesaplama ve değerlendirme aşamasında benimle fikirlerini paylaşan, çalışmalara ve çalışmaya yönelik her türlü işe yönelik analiz toplantılarına beni de katan Marmara bölgesinde bulunan odun bazlı levha endüstrisi firmasından Çevre Mühendisi Yiğit Güngör'e gösterdikleri ilgi ve destekleri için şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmamda gerek maddi, gerek manevi desteğini esirgemeyen, bana her zaman sabır ve anlayış gösteren, beni bugünlere getiren ve sonsuza kadar minnetar olduğum canım aileme özellikle de tezim için bana yol gösteren ablama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2018

Mehtap ERDİL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xii
KISALTMA LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1.GİRİŞ.....	1
1.1. TEZİN AMAÇLARI.....	1
1.2. TEZ ÇALIŞMASININ KAPSAMI.....	2
2.GENEL KISIMLAR.....	7
2.1.KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ.....	7
2.2.KÜRESEL ISINMANIN NEDEN OLDUĞU OLAYLAR.....	9
2.3.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÖNLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN ANTLAŞMALAR.....	11
2.3.1.Kyoto Protokolü.....	11
2.3.2.Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Montreal Protokolü.....	13
2.4.ULUSAL SERA EMİSYON ENVANTERİ.....	16
2.5.ENERJİ VERİMLİLİĞİ.....	17
2.6.ENERJİ VE KARBON PARİTESİ.....	18
2.7.TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU.....	22
2.8.ENERJİ KAYNAKLARI.....	24
2.8.1.Kullanım Yerine Göre.....	26
2.8.1.1.Yenilenenemez (Tükenir) Enerji Kaynakları.....	26
2.8.1.2.Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynakları.....	27
2.8.2.Dönüştürülebilirliğine Göre Enerji Kaynakları.....	32
2.8.2.1.Birincil Enerji Kaynakları.....	32

2.8.2.2.İkincil Enerji Kaynakları.....	32
2.9.SERA GAZLARI.....	33
2.10.SERA GAZI ETKİSİ.....	36
2.11.DÜNYA’NIN SERA GAZI EMİSYON EĞİLİMLERİ.....	38
2.12.AYAK İZİ KONSEPTİ.....	39
2.12.1.Ekolojik Karbon Ayak İzi (EKAİ).....	39
2.12.2.Karbon Ayak İzi (KAİ).....	39
2.12.3.Su Ayak İzi (SAİ).....	41
2.12.4.Enerji Ayak İzi (EAİ).....	42
2.13.KARBON VE ENERJİ AYAK İZLERİ, PARETO ANALİZİ HAKKINDA YAPILMIŞ BAZI ÇALIŞMALAR.....	43
2.14.ODUN BAZLI LEVHA ENDÜSTRİSİNDE LEVHA ÜRETİMİ.....	45
2.14.1.Yongalevha (YL).....	47
2.14.2.Orta Yoğunluklu Lif Levha (OYLL).....	58
2.14.3.Dünyada YL ve OYLL Üretimi.....	61
2.14.4.Türkiye’nin Odun Bazlı Levha Üretimine Genel Bakış.....	64
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	66
3.1.MALZEME.....	66
3.2.YÖNTEM.....	67
3.2.1.Karbon Ayak İzi (KAİ) Hesabında Tier Metodu.....	67
3.2.2.Enerji Ayak İzi (EAİ) Hesabı.....	72
3.2.3.Pareto Analiz Metodu.....	72
4.BULGULAR.....	75
4.1.KAİ HESAPLAMALARI.....	75
4.1.1.Türkiyede Birim Elektrik Tüketim Başına CO ₂ Emisyon Hesabı.....	75
4.1.2.Tesisin Satın Aldığı Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı (SG) Emisyonlarının Hesabı.....	80
4.1.3.YL Üretimindeki KAİ Hesaplaması.....	82
4.1.4.YL Üretiminde KAİ’nin Azaltılmasına Yönelik Geliştirilen Senaryolar.....	93
4.1.4.1.Senaryo 1: Etkili Girdilerden Türbin 4 Yerine Aynı Enerji Değerini Üreten Biyokütle Kazanı Konulursa.....	93

4.1.4.2.Senaryo 2: Toplam Elektriğin Ürettiği Enerjiyi Güneş Panellerinden Sağlanırsa.....	95
4.1.5.OYLL Üretimindeki KAI Hesaplaması.....	98
4.1.6.OYLL Üretiminde KAI'nin Azaltılmasına Yönelik Geliştirilen Senaryolar....	110
4.1.6.1.Senaryo 1: Etkili Girdilerden Türbin 1, 2 ve 3 Yerine Aynı Enerji Değerini Üreten Biyokütle Kazanı Konulursa.....	110
4.1.6.2.Senaryo 2: Toplam Elektriğin Ürettiği Enerjiyi Güneş Panellerinden Sağlanırsa.....	111
4.2.EAI HESAPLAMALARI.....	114
4.2.1.YL Üretimindeki EAI.....	114
4.2.2.OYLL Üretimindeki EAI.....	118
4.3.PARETO ANALİZ METODU.....	123
4.3.1.Pareto Analiz Metoduyla YL Üretimindeki KAI ve EAI Problemlerinin Belirlenmesi.....	123
4.3.1.1.YL Üretiminde KAI Probleminin Belirlenmesi.....	123
4.3.1.2.YL Üretiminde EAI Probleminin Belirlenmesi.....	129
4.3.2.Pareto Analiz Metoduyla OYLL Üretimindeki KAI ve EAI Problemlerinin Belirlenmesi.....	134
4.3.2.1.OYLL Üretiminde KAI Problemlerinin Belirlenmesi.....	134
4.3.2.2.OYLL Üretiminde EAI Problemlerinin Belirlenmesi.....	140
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	146
5.1.DEĞERLENDİRME.....	146
5.2.GELECEĞE YÖNELİK ÇALIŞMALAR.....	157
KAYNAKLAR.....	158
EKLER.....	180
EK 1.XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki YL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.....	180
EK 2. XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki OYLL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.....	182

EK 3. XYZ AŞ.nin 2015 yılında OYLL üretiminde üretilmiş olan enerji miktarı.....	186
ÖZGEÇMİŞ	187



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık değişimi (Nasa Giss, 1880).....	8
Şekil 2.2: Dünyadaki sera gazlarının konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi (Doll ve Baranski, 2010).....	16
Şekil 2.3: Sera gazları emisyonları (CO ₂ eşleniği) (BP, 2012; The World Bank, 2012).....	19
Şekil 2.4: Sektörlerdeki sera gazı emisyonları (CO ₂ eşleniği), (1990-2014) (BP, 2012; The World Bank, 2012).....	20
Şekil 2.5: Kişi başına sera gazı emisyonu (1990-2014) (TUIK, 2015).....	21
Şekil 2.6: 2012 yılının elektrik üretimindeki ülke sıralaması (EUAŞ, 2015).....	22
Şekil 2.7: Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı (EUAŞ, 2015).....	23
Şekil 2.8: Türkiye üretilen enerji değerleri ve EÜAŞ' ın payı (GWsa) (EUAŞ, 2015; Url-5)	23
Şekil 2.9: 2014 yılı Türkiye Üretim Kuruluşlarına Göre Dağılımı (EUAŞ, 2015).....	24
Şekil 2.10: Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Şenel, 2012).....	25
Şekil 2.11: Fosil kaynaklı enerji kaynakları (Url-37; Özder ve Yörükoğlu, 2003).....	26
Şekil 2.12: Hidrolik elektrik santralleri (Url-38).....	28
Şekil 2.13: Güneş paneliyle güneş enerjisi elde etme (Url-39).....	29
Şekil 2.14: Bitkisel biyokütle enerji oluşumu (Url-40).....	30
Şekil 2.15: Biyokütle enerji kaynakları (Url-41).....	31
Şekil 2.16: Rüzgar türbinleri (Url-42).....	31
Şekil 2.17: Sera gazının (SG) etkisi (Url-6).....	37
Şekil 2.18: Ülkelere göre 1990-2017 yılları arasında toplam sera gazı emisyonları artışı değişimi (TUIK, 2015; Keskin,2012).....	38
Şekil 2.19: Odun bazlı levhaların sınıflandırılması (Unece-Fao, 2014; Rivela ve diğ., 2007)	46
Şekil 2.20: Yongalevha (Url-24).....	47
Şekil 2.21: YL üretim şeması.....	49
Şekil 2.22: Kaba yonga makinesi.....	50
Şekil 2.23: Kaba yonga makinesinden çıkan kaba yongalar.....	51
Şekil 2.24: İnce yongalama (değirmen).....	51
Şekil 2.25: Döner tamburlu kurutma.....	52
Şekil 2.26: Elemek için kullanılan elekler.....	53

Şekil 2.27: Tutkallama.....	54
Şekil 2.28: Levha taslağı (Serme işlemi).....	54
Şekil 2.29: Ön pres (Soğuk pres).....	55
Şekil 2.30: Çok katlı pres.....	56
Şekil 2.31: Yıldız soğutucu.....	56
Şekil 2.32: İstifleme.....	57
Şekil 2.33: Zımparalama.....	57
Şekil 2.34: Orta yoğunluklu liflevha (OYLL) (Url-25).....	58
Şekil 2.35: OYLL üretim şeması.....	59
Şekil 2.36: Türkiye 2010-2015 yıllarında odun bazlı levha üretim miktarları (m ³ /yıl) (FAOSTAT, 2017).....	65
Şekil 3.1: Pareto grafiğı (Url-29).....	74
Şekil 4.1: YL enerji akış şeması 1.....	84
Şekil 4.2: YL enerji akış şeması 2.....	84
Şekil 4.3: YL enerji akış şeması 3.....	85
Şekil 4.4: YL üretiminde KAİ değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynaklarının KAİ değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi).....	91
Şekil 4.5: YL üretiminde senaryo 1'e göre birincil enerji kaynakları ve bu enerji kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi.....	95
Şekil 4.6: YL üretiminde senaryo 2'e göre ikincil enerji kaynakları ve bu kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi.....	97
Şekil 4.7: OYLL üretiminde söz konusu olan enerji akış şeması-1.....	98
Şekil 4.8: OYLL üretiminde söz konusu olan enerji akış şeması-2.....	99
Şekil 4.9: OYLL üretiminde KAİ değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynaklarının KAİ değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi).....	108
Şekil 4.10: OYLL üretiminde senaryo 1'e göre birincil enerji kaynakları ve bu enerji kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi	111
Şekil 4.11: OYLL üretiminde senaryo 2'e göre ikincil enerji kaynakları ve bu kaynakların KAİ değerleri ile ilişkisi	113

- Şekil 4.12:** YL üretiminde EAİ değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAİ değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAİ değerleri ile ilişkisi).....116
- Şekil 4.13:** OYLL üretiminde EAİ değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAİ değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAİ değerleri ile ilişkisi).....121
- Şekil 4.14:** YL üretimindeki KAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.....128
- Şekil 4.15:** YL üretimindeki EAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.....133
- Şekil 4.16:** OYLL üretimindeki KAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.....139
- Şekil 4.17:** OYLL üretimindeki EAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.....145



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: Karbon ayak izi (KAİ), enerji ayak izi(EAİ) ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (1996-2010).....	3
Tablo 1.2: KAİ, EAİ ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (2012-2013).....	4
Tablo 1.3: KAİ, EAİ ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (2014-2017).....	5
Tablo 2.1: Kyoto Protokol'e göre ülkelerin sınıflandırması (Britis Petroleum (BP), 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012).....	12
Tablo 2.2: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) göre ülkelerin sınıflandırması (BP, 2012; The World Bank, 2012).....	14
Tablo 2.3: BMİDÇS ve Montreal Protokolü'ne göre sera gazlarının küresel ısınma potansiyel (KIP) değerleri (BP, 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012; US EPA, 2002; Url-45).....	15
Tablo 2.4: Sera gazlarının KIP değerleri (Doll ve Baranski, 2011).....	15
Tablo 2.5: 2011 yılındaki birçok ülke için nüfus, GSYİH/nüfus,enerji üretim miktarı ve enerji tüketim miktarı (BP, 2012; The World Bank, 2012; TÜİK, 2012).....	18
Tablo 2.6: Kaynaklara göre CO ₂ emisyonu (1990-2011) (Güllü, 2011; IPCC, 2006).....	21
Tablo 2.7: Sera gazı emisyonlarının CO ₂ biriminden eşlenikleri (TUİK, 2013; Url-9).....	36
Tablo 2.8: Türkiye yongalevha(YL) ve orta yoğunluklu liflevha (OYLL) üretim kapasitesinin gelişimi (Dayanıklıoğlu, 2008; Yonga Levha Sanayicileri derneği, 2008).....	63
Tablo 3.1: Tier metodlarının karşılaştırılması (Url-15).....	68
Tablo 4.1: Emisyon faktörleri (Defra, 2010; Cefic, 2011;Url-30;Url-16).....	75
Tablo 4.2: Satın alınan elektriğin yıllık toplam miktarı.....	76
Tablo 4.3: Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin birincil kaynaklara göre dağılımı (TEİAŞ aylık elektrik istatistikleri, 2015).....	78
Tablo 4.4: Türkiye'de bulunan termik santrallerde birim enerji üretimi başına CO ₂ miktarı (Kıncay ve Öztürk, 2003; Keskinel, 2006; IPCC,2006; Oktay, 2009; EUAŞ, 2011; Aslanoğlu ve diğ., 2012, Url-26).....	79
Tablo 4.5: Enerji kaynağına göre birim kWsa elektrik üretmek için açığa çıkan CO ₂ miktarı (Ocak 2016, Aylık Enerji İstatistikleri).....	80
Tablo 4.6: Elektrik tüketimine göre sera gazı emisyonlarının hesabı (IPCC, 2006).....	81
Tablo 4.7: 2015 yılında üretilmiş olan YL miktarı.....	86

Tablo 4.8: YL üretiminde (doğrudan etkili olan süreçlerin) KAI değerleri.....	89
Tablo 4.9: Yakıt cinslerine göre ısı değerleri (Uçar, 1988).....	90
Tablo 4.10: Senaryo 1'e göre YL üretimindeki KAI.....	94
Tablo 4.11: Senaryo 2'e göre YL üretimindeki KAI.....	96
Tablo 4.12: 2015 yılında üretilmiş olan OYLL miktarı.....	100
Tablo 4.13: OYLL üretiminde hem OYLL ortak hemde absorpsiyon çiller adlı etkili süreçlerin her birinin doğalgaz ve biyokütleye göre tüketilen enerji miktarları.....	102
Tablo 4.14: OYLL üretiminde doğrudan olarak etkili olan süreçlerin KAI değerleri.....	104
Tablo 4.15: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin KAI değerleri.....	105
Tablo 4.16: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin karbon ayak izleri.....	106
Tablo 4.17: Senaryo 1'e göre OYLL üretimindeki KAI.....	110
Tablo 4.18: Senaryo 2'e göre OYLL üretimindeki KAI.....	112
Tablo 4.19: YL üretiminde (doğrudan etki eden süreçlerin) EAI değerleri.....	115
Tablo 4.20: OYLL üretiminde doğrudan olarak etkili olan süreçlerin EAI değerleri.....	119
Tablo 4.21: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin EAI değerleri.....	120
Tablo 4.22 : YL üretimindeki etkili süreçlere göre KAI değerleri.....	124
Tablo 4.23: YL üretimindeki KAI değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.....	125
Tablo 4.24: YL üretimindeki üretimindeki etkili süreçlerin KAI'lerinin yüzde ve kümülatif değerleri.....	127
Tablo 4.25: YL üretimindeki etkili süreçlere göre EAI değerleri.....	129
Tablo 4.26: YL üretimindeki etkili süreçlerin EAI değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.....	130
Tablo 4.27: YL üretimindeki etkili süreçlerin enerji ayak izlerinin yüzde ve kümülatif değerleri.....	132
Tablo 4.28: OYLL üretimine etki eden etkili süreçlere göre KAI değerleri.....	135
Tablo 4.29: OYLL üretimi esnasında ortaya salınan KAI'ne neden olan etkili süreçlerin büyükten küçüğe doğru sıralanması.....	136
Tablo 4.30: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin KAI'lerinin yüzde ve kümülatif değerleri.....	138
Tablo 4.31: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre EAI değerleri.....	141

Tablo 4.32: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin EAİ değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.....	142
Tablo 4.33: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin EAİ'lerinin yüzde ve kümülatif değerleri.....	144
Tablo 5.1: YL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ ve EAİ değerleri.....	148
Tablo 5.2: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ ve EAİ değerleri.....	151
Tablo 5.3: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ ve enerji ayak izleri.....	152
Tablo 5.4: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre karbon ve EAİ değerleri.....	153
Tablo 5.5: YL üretiminde KAİ'ni azaltmaya yönelik oluşturulan senaryolar ve mevcut durum karşılaştırması.....	154
Tablo 5.6: OYLL üretimi için oluşturulan senaryolar ve mevcut durum karşılaştırması.....	155



KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi
BTEP	: Bin Ton Eş Değer Petrol
CDM	: Clean Development Mechanism (Temiz Gelişim Mekanizması)
CFC	: Kloro Floro Karbon
CH₄	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
ÇOB	: Çevre ve Orman Bakanlığı
CO_{2e}	: Karbon Dioksit Eşleniği
EAİ	: Enerji Ayak İzi
EKAİ	: Ekolojik Ayak İzi
EPA	: Environmental Protection Agent
EPDK	: Enerji Piyasası Dağıtım Kurumu
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of United Nations)
GHGs	: Greenhouse Gases
GSAİ	: Gri Su Ayak İzi
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GWsa	: Gigawaat saat
HDF	: High Density Fibreboard (Yüksek yoğunluklu lif levha)
HFC	: Hidroflorokarbon
HPİK	: Hükümetlerarası Panel İklim Komitesi
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO	: International Organization for Standardization (Ulusal Standard Organizasyonu)
KAI	: Karbon Ayak İzi
kha	: Küresel Hektar
kcal	: Kilokalori
kWsa	: Kilowattsaat
KIP	: Küresel Isınma Potansiyelleri
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazları
MA	: Molekülün Ağırlığı
MSAI	: Mavi Su Ayak İzi
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NH₃	: Amonyak
NMVOC	: Metan İçermeyen Uçucu Organik Bileşikleri
NO	: Azot Monoksit
N₂O	: Nitroz Oksit (Diazot Monoksit)
OYLL	: Orta Yoğunluklu Liflevha
PAS	: Publicly Available Specification
PB	: Particleboard
PFC	: Perflorokarbonlar
SAİ	: Su Ayak İzi
SF₆	: Sülfürheksaflorür
SG	: Sera Gazı
YL	: Yongalevha
YSAİ	: Yeşil Su Ayak İzi
WFN	: Su Ayak İzi Ağı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ODUN BAZLI LEVHA ENDÜSTRİSİNDE KARBON VE ENERJİ AYAK İZİNİN BİR FABRİKA ÖLÇEĞİNDE BELİRLENMESİ

Mehtap ERDİL

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nural YILGÖR

Odun bazlı levha endüstrisinde, karbon ve enerji ayak izine yönelik araştırmalar, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin giderek büyük bir öneme sahip olması nedeniyle, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm dünyada yoğun olarak çalışılmaktadır. Ancak Türkiye’de önemli endüstriler arasında yer alan bu endüstride, çevreye verilen emisyonların oldukça fazla olmasına rağmen, karbon ve enerji ayak izleri hakkında herhangi kapsamlı bir çalışmanın bulunmaması bizi bu çalışmayı yapmaya sevk etmiştir.

Yapılan pek çok faaliyet sonucu (nakliyat, üretim vb) etrafa metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂), nitroz oksit (diazot monoksit) (N₂O) gibi sera gazları (SG) verilmektedir. Bu gazlardan en önemlisi CO₂ gazıdır. Bu çalışmada ülkemizin önde gelen levha üretimi- yongalevha (YL) ve orta yoğunluklu liflevha (OYLL)- yapan bir fabrikası pilot tesis olarak ele alınmış ve üretim esnasında etrafa emisyon veren tüm prosesler karbon ve enerji ayak izleri açısından irdelenmiştir. Elde edilen veriler, karbon ve enerji ayak izlerinin belirlenmesi amacıyla, çevre odaklı üretime katkı sağlayacak şekilde, uluslararası geçerliliği olan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC) 2006 hesaplama kılavuzundaki metodlardan uygun olanlardan biri ile (Tier 1, 2 veya 3 metodu) değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışma sırasında, her bir proses için ayrı ayrı ayak izleri (karbon ve enerji) değerleri hesaplanmıştır. Bulunan değerler, proses/makina açısından değerlendirilerek Pareto analiz metodunun uygulanması sonucunda Pareto diyagramları oluşturulmuştur. Pareto analiz değerlendirmesi sonucunda, fazla emisyon veren prosesler belirlenmiştir.

Sonuç olarak emisyon değerlerini azaltmak amacıyla senaryolar geliştirilmiştir ve evre odaklı üretimde katkı sağlayacak şekilde önerilerde bulunulmuştur.

Mayıs 2018, 208 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Karbon ve enerji ayak izi, odun bazlı levha endüstrisi, Paretö analiz, senaryolar, sera gazı emisyonu.



SUMMARY

M.Sc.THESIS

CARBON AND ENERGY FOOTPRINTS' DETERMINATION OF A FACTORY SCALE IN THE WOOD-BASED PANEL INDUSTRY

Mehtap ERDİL

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Forest Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nural YILGÖR

There are many researches have being studied all of the countries, mainly developed ones, concerning with carbon and energy footprint because of the greatest interest of global warming and climate change have become an important interest throughout the world. However, the minority of the investigations about carbon and energy footprint in panel based industry in Turkey was motivated us to study in this industry because of it is among the most important industries in our country and also emissions are quite a lot in this industry.

Green house gases (CH₄, CO₂, N₂O etc.) are released around at the end of many activities. CO₂ is the most important gas all among of green house gases (GHGs). In this thesis, it was studied carbon and energy footprints of all the processes which caused of releasing emissions in one of the most significant wood-based panel industry in Turkey. Carbon footprint calculated with Tier methods (Tier 1, 2 or 3) for wood-based panel industry' products (Particle board (PB) and Medium Density Fiberboard (MDF)) in International Panel on Climate Change (IPCC) Calculation Guide 2006. Besides, energy footprints calculated according to consuming amounts of energy. The datas were evaluated with the help of Pareto analysis method and carbon and energy footprint' problems determined by drawing Pareto graphs.

According to Pareto graphs, it was determined the processes which were causing to emit high emissions and then developed some scenarios to reduce of emissions.

As a conclusion it was suggested to contribute environmental oriented production in this factory.

May 2018, 208 Pages.

Key words: Carbon and energy footprint, wood-based panel industry, Pareto analysis, scenarios, greenhouse gas emission.



1.GİRİŞ

Son zamanlarda artan dünya nüfusuna paralel olarak küresel ısınma ve doğal kaynaklardaki hızlı azalışa paralel olarak büyük önem kazanıp her endüstride karbon (KAİ), su (SAİ) ve enerji ayak (EAİ) izleri üzerine yoğun şekilde çalışılmaktadır. Orman ürünleri endüstrisi yenilenebilir kaynaklar olan ağaç ve orman atıklarının hammadde olarak kullandığı için göreceli olarak emisyon salınımları bakımından masum görüldüğü için bu konuda yapılan araştırmalar oldukça az sayıdadır. Özellikle ülkemizde bu konuyla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatür araştırmasına göre yapılmış çalışmalar Tablo 1.1, 1.2 ve 1.3 de gösterilmiştir. Tablolarda KAİ, EAİ ve pareto analiziyle ilgili yapılmış çalışmalar yer almaktadır. Bu üç tablo da yapılan çalışmaların faaliyetleri analiz edilmiştir.

1.1.TEZİN AMAÇLARI

Tezin temel amaçları şunlardır:

- Bir yongalevha (YL) üretimi tesisinde yer alan üretim proseslerindeki KAİ değerlerinin hesaplanması
- Bir YL üretimi tesisinde yer alan üretim proseslerindeki EAİ değerlerinin hesaplanması
- Bir orta yoğunluklu liflevha (OYLL) üretimi tesisinde yer alan üretim proseslerindeki KAİ değerlerinin hesaplanması
- Bir OYLL üretimi tesisinde yer alan üretim proseslerindeki proseslerindeki EAİ değerlerinin belirlenmesi
- Üretim proseslerindeki ayak izleri verilerinin istatistiksel metod olan Pareto analizi yardımıyla belirlenmesi ve sorun olduğu düşünülen proses(ler)in saptanması
- Çevre odaklı üretimi sağlamak amacıyla KAİ ve EAİ değerlerinin en kritik olanlarının azaltılmasına yönelik önerilerin sunulması

1.2.TEZ ÇALIŞMASININ KAPSAMI

Bu çalışma ile odun bazlı levha üretimi sektöründe lider konumunda bulunan Marmara bölgesindeki bir entegre fabrikanın YL tesisi ve OYLL üretim tesisinin her bir prosesindeki KAI ve EAI değerlerini belirlemek hedeflenmiştir. Her iki tesis için de üretimin başlangıcından son ürünün oluşumuna kadar olan süreçlerdeki tüketilen enerjilerden yola çıkılarak KAI ve EAI değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Hesaplanan ayak izleri değerleri büyükten küçüğe olacak şekilde sıralanmış ve istatistiksel analiz yöntemi olan Pareto analizi yardımıyla sorun yarattığı düşünülen süreçler ortaya konmuştur. Daha sonra çevre odaklı üretime yardımcı olabilmek amacıyla, ayak izlerini azaltabilmek açısından öneriler getirilerek çevre odaklı temiz üretime yardımcı olmak hedeflenmiştir.

Bölüm 1 de dünya üzerinde, orman ürünleri endüstrisinde KAI ve EAI ile pareto analizleri hakkında yapılmış çalışmalardan derlenen bazı literatür bilgilerinin yer aldığı kaynaklar yıllara göre sınıflandırılarak Tablo1.1, 1.2 ve 1.3'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Karbon ayak izi (KAİ), enerji ayak izi (EAİ) ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (1996-2010).

Çalışma Kapsamı	Alan (Karbon ayak izi (KAİ), Enerji ayak izi (EAİ)) ve Pareto analiz}	Yazar Adı ve yayın yılı*
Ayak izi teriminin ortaya çıkması	KAİ, EAİ	Wackernagel ve Rees, (1996)
Pareto analiz metodunun belirlenmesi	Pareto analiz	Akın, (1996)
Yeni zelandadaki bir orman şirketindeki 5 karakteristik özellikler (ölçütler,düzensizlik, dallandırma, kütük sonu ve görünüm) için Pareto analiz uygulamasını yapmak	Pareto analiz	Guild ve Ellis, (2004)
İstatistik metod olan Pareto analiz metodunun temel prensipleri	Pareto analiz	Akın ve Ozturk, (2005)
Pareto analiz metodunu açıklama	Pareto analiz	Gitlow vd., (2005)
Ahşap çerçeve inşaatı ve konstrüksiyonunda net karbondioksit emisyonunu bulmak için belirlenen metod kullanımı ve her bir süreçte yakıt ve enerji harcamasından doğan emisyonun azaltılması	KAİ	Gustavson ve Sathre (2005)
Orman ürünleri endüstrisinde enerjinin etkili bir şekilde ölçülmesi, kullanımı ve yönetimi	EAİ	Gopalakrishan vd., (2005)
YL üretiminin çevresel performans açısından yaşam döngü envanteri kullanılarak KAİ'nin değerlendirilmesi	KAİ	Wilson, (2010)
OYLL üretiminin çevresel performans açısından yaşam döngü envanteri kullanılarak KAİ'nin değerlendirilmesi	KAİ	Wilson, (2010)

Tablo1.2: KAİ, EAİ ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (2012-2013).

Çalışma Kapsamı	Alan { Ayak izleri (KAİ, EAİ), ve Pareto analiz }	Makaleler ve Kitaplar
Yakıt enerjisi yerine kullanılabilir olan kaynakların karbon ve enerji etkisini araştırmak ve araştırmayla beraber emisyonu azaltma	KAİ, EAİ	Lippke ve diğ., (2012)
KAİ protokolü ve yaşam döngü analizine göre ormanlık alanlarda oluşan biyojenik karbon emisyonlarının ölçüm belirsizliğini azaltmak	KAİ	Newell ve Robert (2012)
Düşük karbon panel konstrüksiyonlarında yüksek performans sağlamaya yönelik sera gazı emisyonlarını azaltmak	KAİ, EAİ	Lehmann, (2013)
ISO 14067, Sera gazı protokolü, PAS 2050 gibi standartları alarak YL üretimini KAİ olarak değerlendirme	KAİ	Garcia ve Freire, (2013)
Ahşap çerçeve inşasının yaşam döngüsü boyunca etkisinin birincil enerji kullanımı ve KAİ tasarımı standartlarla analiz etmek ve temel enerji tedarikiyle ilgili senaryoların etkisi	KAİ	Dodoo ve Gustavsson, (2013)
OYLL endüstrisinde kaliteye yönelik problemlerin etkisini Pareto analizle belirleme	Pareto analiz	Görener ve Toker, (2013)
KAİ'nin açıklanması ve hesaplanması	KAİ	Atabey, (2013)

Tablo 1.3: KAİ, EAİ ve Pareto analiz konularında yapılmış olan çalışmalar (2014-2017).

Çalışma Kapsamı	Alan{ Ayak izleri (KAİ, EAİ) ve Pareto analiz }	Makaleler ve Kitaplar
Mobilya endüstrisindeki her bir problemlerden hangisinin en büyük problem oluşturduğu Pareto analizle belirlemek	Pareto analiz	Çetin ve diğ., (2014)
Odun ürünlerindeki karbon etkisi ve bu etkiyle birlikte bina konstrüksiyonlarında karbon emisyonunun azaltılması	KAİ	Bergman ve diğ., (2014)
Yaşam döngü envanteri analizi ile Bambudan yapılmış kontrplak kompozitlerinde karbon dioksit emisyonunu belirlemek ve net karbon kazancını sağlamak	KAİ	Sujatha, Pandey ve Nath (2014)
Ayak izi konseptinin ortaya çıkmasına sebep olan ekolojik ayak izi	KAİ, EAİ	Özsoy, (2015)
Meşe mantarı sektöründeki KAİ değerini azaltmak için simülasyon modeli geliştirme ve çevresel yönetim açısından olduğu kadar iklim değişikliği açısından değerlendirmek	KAİ	Demertzi ve diğ., (2016)
Çindeki odun bazlı levha üretiminde karbon dioksit akışında yaşam döngü analizi	KAİ	Wang vd., (2017)

*Yayın bilgisi kaynaklar başlığı altında verilmiştir.

Bölüm 2 de küresel ısınma ve iklim değışikliği, enerji etkisi ve Türkiye'nin enerji durumu, sera gazı etkisi ve önemli sera gazları, ayak izi konsepti ve bu konu hakkında yapılmış bazı çalışmalar, seçilmiş olan odun bazlı levha endüstrisindeki YL ve OYLL üretim proseslerinin genel detayları verilmiş olup genel kısımlar olarak bu konular da bilgiler verilmiştir.

Bölüm 3 de kullanılan yöntemlerden Tier ve Pareto metodu hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Bölüm 4 de seçilmiş olan odun bazlı levha endüstrisindeki YL ve OYLL üretimindeki her bir proses için KAI ve EAI değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan verilere göre hem YL hem de OYLL'nin KAI ve EAI'lerinin verileri kullanılarak önemli kritik ayak izi problemleri Pareto analiz metoduyla belirlenmiştir.

Bölüm 5 de ise bu çalışmanın sonuçları, önerileri ve gelecekte yapılması düşünülen çalışmalar için bazı öneriler verilmiştir.

2.GENEL KISIMLAR

2.1.KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Dünyadaki sıcaklığın düzenli bir şekilde artış göstermesine küresel ısınma denilmektedir. Küresel ısınma, atmosferde bulunan sera gazlarının artış göstermesi sonucunda gerçekleşmektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte iklim özelliklerinde değişme görülmektedir. Bunun nedeni sıcaklığın artması sonucunda buharlaşmanın meydana gelmesidir. Buharlaşmanın meydana gelip artmasıyla yağışlar başlar ve böylece hava hareketlerinde değişme gözlenmektedir (Gillis ve Justin, 2015).

Sıcaklığın bütün dünyada düzenli bir şekilde artışı 1983 yılından itibaren yapılan ve devam eden ölçümler sonucunda ortaya çıkmıştır. Son 8-10 yıl içinde yüzyılın en sıcak ve en kurak zamanlar yaşanmaktadır. Bunun sonucunda buzullarda erimeler başlamıştır. Örnek olarak kutuplarda ki buzulların erimesi, Himalaya, Alpler, ülkemizde Uludağ, Süphan dağlarında bulunan buzulların gözle görülür bir şekilde incelmeleri, küresel ısınmanın güçlü kanıtları olarak görülmektedir (Rhein ve Rintoul, 2013).

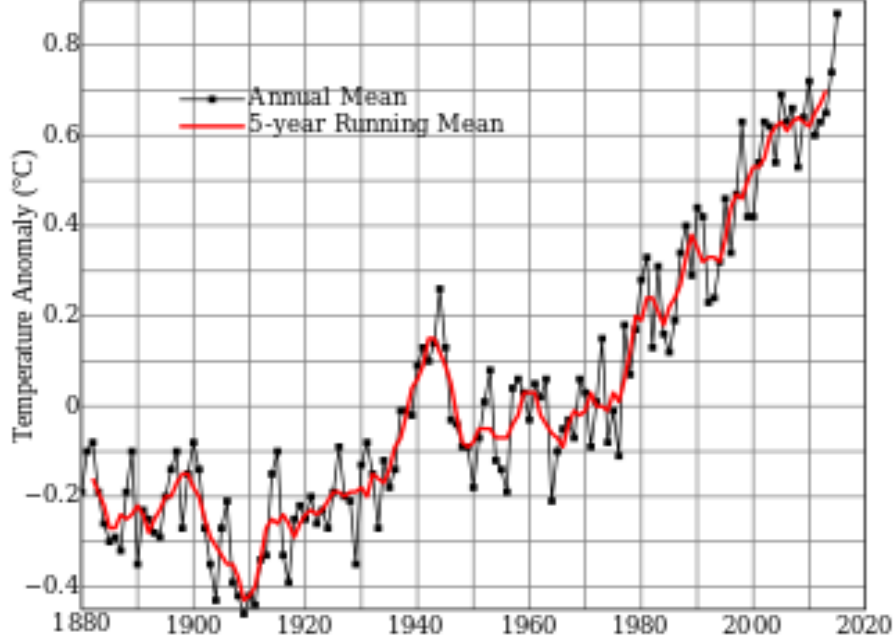
Küresel ısınma, sera gazlarının yayılımı konusunda son zamanlarda önemli bir bilimsel ve politik konu olmuştur. Atmosferik ortamda sera gazlarının etkileşimleri ve bu etkileşmeler sonucu birçok oluşumlar meydana gelmiştir. 1850'lerden beri, kızılötesi ışınımın atmosferdeki sera gazları ve partiküller tarafından sıkıştığı gerçeği ve atmosferik karbondioksit seviyesinin yaklaşık %25 oranında arttığı ağırlıklı olarak fosil yakıt yakma ve arazi kullanım değişiklikleri nedeniyle kabul edilmektedir (Schneider, 1990).

İklim değişikliği, klimatoloji dalına göre incelenen atmosferik veya astronomik değişikliklerdir (Url-1; Url-2).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünyanın iklim sistemindeki ortalama sıcaklığın yüzyıl boyunca artışıyla ortaya çıkmakta ve etkisini göstermektedir (Gillis ve Justin, 2015). Çoklu bilimsel gerçekler bu etkiyi ortaya koymaktadır (Hartmann, Klein ve Rusticucci, 2013). Yeryüzüne yakın atmosferik sıcaklık sürekli olarak ölçülüp raporlanır (EPA, 2013; Rhein ve Rintoul, 2013).

2014 yılı, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (HPIK-IPCC) göre antropojenik (insan kaynaklı) faaliyetlerden doğan etkilerin karbon dioksit (CO₂) konsantrasyonuna bağlı olarak %

95'inin küresel ısınma kaynaklı olduğunu raporlamıştır (IPCC, 2006; National Research Council, 2010).



Şekil 2.1: Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık değişimi (Nasa Giss, 1880).

Şekil 2.1 de verilen grafik ile 1880-2015 yılları arasında küresel ısınmaya bağlı okyanuslar ve karalardaki sıcaklık değişimi ilişkisi gösterilmektedir. 1951-1880 yılları arasındaki sıcaklık değerleri birbirine yakındır. Siyah çizgi, yıllık değişimi; kırmızı çizgi ise 5 yıllık değişimi göstermektedir (Nasa Giss, 1880).

Dünyanın ortalama sıcaklığı geçmişte 1,5 F (-16,94 °C) iken yakın zamanda sıcaklık, 0,5F'dan (-17,5 °C'dan) 8,6 F'a (-13 °C'e) yükselmiştir. Sıcaklığın yükselmesiyle birlikte çeşitli değişimler gözlemlenmiştir. Bu değişimlerden en önemlisi kurak ortamda meydana gelen bazı olayların sıcaklığın yükselmesi sonucu ortaya çıkmasıdır. Bu etkilerin azaltılması için tüm bireylere önemli görevler düşmektedir (EPA, 2016).

2.2.KÜRESEL ISINMANIN NEDEN OLDUĞU OLAYLAR

Küresel ısınmanın neden olduğu olaylar şunlardır (Appenzerler, Dimick ve Dennis, 2004; Atalık ve Ahmet, 2006; Türkiye İklim Değişikliği Bülteni, 2006; Çukurçayır vd., 1997):

- Küresel ısınmanın artmasına bağlı olarak kutuplardaki ve yüksek dağlardaki buzullar erimeye devam etmektedir. Son 20 yılda deniz seviyesi 15-20 cm'lik yükseliş göstermiştir.
- Güneşten gelen ultraviyole ışınlarının çoğunu ozon tabakası absorbe ederek bütün canlıları bu ışınların zararlı etkilerinden korumaktadır. Atmosferdeki ozon tabakasının incilmesi ve insan faaliyetleri sonucu çok miktarda ortaya çıkan kloroflorokarbon (CFC) gibi halokarbon sera gazlarının artması küresel ısınmayı artmaktadır.
- Küresel ısınma ve iklim değişiklerine bağlı olarak sel, heyelan, erozyon vb. doğa felaketlerinde artış meydana gelmektedir.
- Deniz ve okyanusların ısınmasıyla birlikte canlı türlerinin sayısı azalmaktadır.
- Su havzalarının kapasitelerinin ve rezervlerinin azalmasıyla birlikte çevre kirliliği oluşmaktadır.
- Dünyada aşırı sıcaklık artmasıyla birlikte çölleşme giderek artış gösterecektir.
- Orman yangınlarının artması, iklimin kuraklaşması ve salgın hastalıklarının yayılması artacaktır.
- Canlıların kalıtsal yapılarının değişikliğe uğramasına neden olacaktır.
- Gece-gündüz zamanları arasında ki sıcaklık farkı giderek azalma gösterecektir.
- Kasırga, hortum ve yıldırım vb. atmosferik felaketler artacaktır.
- Asit yağmurları gibi doğa felaketlerin meydana gelmesi artacaktır.
- Nehirlerin su kapasitelerinde azalmalar görülecektir.

- Canlıların vücudundaki homeostasisinin sağlanmasını güçleştirerek hastalıklar da artma görülecektir.
- Tüm bu değişiklikler insan ruh sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yapacaktır.

Walker ve King'e göre küresel ısınmanın sonucunda (Walker ve King, 2010):

- Sıcaklığın artışıyla birlikte kara ve su yüzeyinde buharlaşma; bazı bölgelerde aşırı yağış hatta bazı yerlerde kuraklık meydana gelmektedir.
- Kutuplardaki buzulların erimesiyle deniz ve okyanuslardaki su düzeyleri yükselecek ve taşkınlar meydana gelecektir.
- Fırtına ve afetler artacaktır.
- Her canlı için bir olumsuz etkisi olacaktır.

Küresel ısınmadan korunmak için alınması gereken önlemleri şu şekilde sıralamak mümkündür (Walker ve King, 2010):

- Fosil yakıt (kömür, doğalgaz, petrol) kullanım yerine göre atmosferin CO₂ yoğunluğunun artışıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına gidilmelidir.
- Enerjiden tasarruf sağlanmış olacak ve çarpık kentleşmeye son verilmesi gerçekleşecektir.
- Az enerji harcayan ev alet ve vb. gereçlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Küresel ısınma konusunda, Türkiye'de bugüne kadar yapılmış çalışmaların bir araya getirilmesi, Küresel Isınma Etkileri ve Önlemleri başlıklı çalışmaya göre iklim değişikliğinin hızla devam etmesi halinde Türkiye'de neden olabileceği etkiler, son derece kaygı vericidir (Walker ve King, 2010).

2.3.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÖNLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN ANLAŞMALAR

2.3.1.Kyoto Protokolü

Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda problemlerin çözümüne yönelik en kapsamlı ilk adımı, uluslararası bir çerçeve antlaşması olan Kyoto Protokolünün imzalanmasıdır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) içinde imzalanmıştır. 1997 yılı Nisanında Japonya'nın eski imparatorluk başkenti Kyoto'da bir uluslar arası konferans düzenlenmiştir. Bu konferansta küresel ısınmayı engellemek için sera etkisi yaratan gazlarda bütün gazlarda bütün dünyada indirimde gidilmesi konusunda bir sözleşme hazırlanmış ve dünya ülkelerinin imzasına açılmıştır. 1997 yılında, BMİDÇS bünyesinde doğan Kyoto Protokolü, 2012 yılına gelindiğinde küresel sera gazı salınımlarını %5 azaltabilmek adına imza atan tüm taraflar için salınım hedeflerini belirlemektedir (Walker ve King, 2010). Kyoto Protokolü, iklim değişikliğini önlemek ve sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda Temiz Kalkınma, Ortak Yürütme proje temelli mekanizma iken, Emisyon ticareti ise piyasa temelli bir mekanizma adlı 3 adet Kyoto protokolü esneklik mekanizmaları uygulanmıştır (Enerji ve Çevre Çalışma Grubu, 2008; Karakaya, 2008).

Şu ana kadar 140 ülke tarafından onaylanan Uluslararası Kyoto İklim Sözleşmesi, onaylayan ülkelerin sera etkisine yol açan gazların havaya karışmasını engelleyecek ya da önlemler alınması sağlayacaktır (Walker ve King, 2010).

Kyoto Protokol kapsamında, ülkelere karbon salınımı ve bağlanma değerlerinin saptanması konusunda zorunluluklar mevcuttur. Buna bağlı olarak ülkeler yıllık olarak birçok sektörde (enerji, endüstriyel süreçler, orman, tarım, atık vb.) sera gazı salınımı ve karbon bağlanması envanterlerini hazırlayıp sunmuşlardır. 2010 yılında Türkiye'nin içinde yer aldığı 40 ülke ulusal raporlarını hazırlayıp sunmuşlardır. Bu hazırlanan envanterler HPİK-IPCC tarafından hazırlanan Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık kılavuzuna göre (LULUCF) düzene getirilmiştir (IPCC, 2003).

Türkiye, 1990-2014 yıllarını kapsayan sera gazları envanterini hazırlamıştır. Bu envantere göre 2004 yılında Türkiye'de yer alan ormanların 14,5 milyon ton karbon bağlandığı tahmin edilmektedir. 2004 yılında tahmin edilen bu değer yıllık 53,1 milyon ton CO₂'e eşdeğerdir (COB, 2006).

Kyoto Protokolü'ne göre ülkelerin sorumluluklarının sınıflandırılması Tablo 2.1'de gösterilmiştir (BP, 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012).

Tablo 2.1: Kyoto Protokol'e göre ülkelerin sınıflandırılması (British Petroleum (BP), 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012).

Liste	Ülkeler	Görevler
EK-I	OECD+AB+PEGSÜ(40 Ülke)	Emisyon azalımı.
EK-II	OECD+AB-15 (25 Ülke)	Teknoloji ve Finansal destek sağlama.
EK-I Hariç	Diğer Ülkeler (Çin, Hindistan, Pakistan, Meksika, Brazilya...)	Görevi yok.
EK-B	Appendix-I ülkeler (38 Ülke), Türkiye ve Belarus ülkesi hariç	2008-2012 yılları arasında 1990 yılına göre % 5'lik sera gazı azalmıştır.

Kyoto Protokolü sözleşmesine göre (Url-44);

- Atmosfere salınan sera gazı miktarı %5'e düşürülecektir.
- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklı sera gazı miktarının azaltılmasına yönelik hususlar konusunda düzenlemeler yapılacaktır.
- Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji harcayan vasıtalarla uzun yol gitme, daha az enerji harcayan teknoloji sistemlerinin endüstrilerde kullanımı sağlanacak, ulaşımda, çöp depolamada çevrecilik hususu dikkate alınacaktır.
- Atmosfere salınan metan ve karbon dioksit adlı sera gazlarının oranının azaltılmasına yönelik alternatif enerji kaynakları kullanımı önem kazanacaktır.
- Fosil yakıt yerine biyodizel yakıt kullanımına gidilecektir.

- Çimento, demir çelik ve kireç fabrikaları gibi enerjiyi yüksek oranda harcayan işletmelerde atık işlemlerinde yeniden düzenlemeler yapılacaktır.
- Termik santrallerde daha az karbon açığa çıkaran sistemler, teknolojilerin kullanımı sağlanacaktır.
- Güneş enerjisinin kullanımına gidilecek, nükleer enerjideki karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkması sağlanacaktır.
- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üreten firmalardan daha fazla vergi alınmasına gidilecektir.

Kyoto Protokolün süresi bittiğinden bu işlevi Paris Antlaşması üzerine almıştır. Kyoto Protokolü'nün yerine geçecek ve iklim değişikliğine yönelik olan Paris Antlaşması 5 Ekim 2017 de iki önemli kriterin karşılanmasıyla 4 Kasım 2020 de yürürlüğe gireceği belirlendi. Ancak şu andan itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Antlaşmanın yürürlüğe girmesi için gerekli olan iki unsur şunlardır (Url-46; Url-48):

- a) Küresel olarak sera gazı emisyonlarının en az yüzde 55'ini oluşturan ve en az 55 ülkenin ulusal meclisinin antlaşmayı onaylaması gerekmektedir.
- b) Antlaşma uyarınca bu iki kriterin karşılanmasından 30 gün sonra antlaşma yürürlüğe girecektir.

Paris antlaşmasıyla dünyada tüketilen fosil yakıtın kullanımından vazgeçilip sanayileşme döneminde ısı düzeyinin 2 °C altına düşmesi hedeflenmektedir. Birleşmiş Milletler, sera gazı salımının, 2030 yılına kadar küresel ısınmanın uluslararası düzeyde kabul edilmiş hedefini 12 ile 14 milyar tonu geçeceğine yönelik tahminde bulunmuştur. (Url-47).

2.3.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Montreal Protokolü

Küresel ısınma ve iklim değişikliği için birçok konferansda önemli adımlar gerçekleştirilmiştir. BMİDÇS, sera gazı probleminin çözümüne yönelik ikinci adım olan sözleşmedir. Bu sözleşme, Mart ayının 1994 yılında imzalanmıştır. Bu sözleşmenin temel hedefi, iklim değişikliğine etki eden sera gazı miktarının özellikle de CO₂ miktarının minimum düzeyde etkisini azaltmaya yönelik eylem stratejilerini ve yükümlülüklerini düzenlemeye çalışmakta ve insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkileri önleyecek bir

düzeyde olmasını sağlamaya çalışmaktır (Kılıç, 2007). BMİDÇS'ine göre ülkelerin görevlerinin sınıflandırılması Tablo 2.2'de gösterilmiştir (British Petroleum (BP), 2012).

Tablo 2.2: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) göre ülkelerin sınıflandırması (BP, 2012; The World Bank, 2012).

Listeler	Ülkeler	Görevler
EK-I	OECD+AB+PEGSÜ 40 Ülke+Türkiye (Önemli koşul)	Emisyon Azalımı
EK-II	OECD+AB-15 (25 Ülke) Türkiye hariç	Teknoloji ve Finansal destek sağlama
EK-1 Hariç	DİĞER ÜLKELER (Çin, Hindistan, Pakistan, Meksika, Brezilya)	Görevi yok

Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM, Clean Development Mechanism), Kyoto Protokolü için tasarlanmış ve Hindistan gibi gelişmekte olan bir ülkedeki salınımları azaltabilmek amacıyla karbon kredisi kazanabildiği bir sistemi oluşturmaya yönelik çalışır (Walker ve King, 2010).

BMİDÇS ve Montreal Protokolüne göre sera gazlarının küresel ısınma potansiyel (KIP) değerleri Tablo 2.3 de gösterilmiştir (British Petroleum (BP), 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012; US EPA, 2002; Url-45).

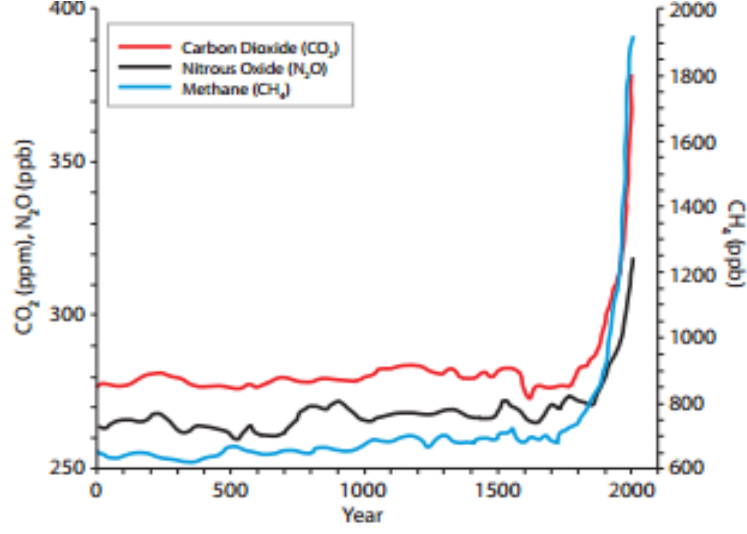
Tablo 2.3: BMİDÇS ve Montreal Protokolü'ne göre sera gazlarının küresel ısınma potansiyel (KIP) değerleri (BP, 2012; The World Bank, 2012; Şenel, 2012; US EPA, 2002; Url-45).

	Sera gazları	KIP
BMİDÇS	Karbon dioksit (CO ₂)	1
	Metan (CH ₄)	20
	Nitroz oksit (N ₂ O)	300
	Hidroflorokarbonlar(HFCs)	1100-1900
	Perflorokarbonlar (PFCs)	560-11700
	Kükürt hekzaflorür (SF ₆)	23900
Montreal Protokolü	Kloroflorokarbonlar (CFCs) ve Hidroklorflorokarbonlar (HCIFCs)	6500-8700

Tablo 2.4: Sera gazlarının KIP değerleri (Doll ve Baranski, 2011).

Sera gazları	Atmosferik süresi (yıllar)	KIP
CO ₂	Değişken	1
CH ₄	12	21
N ₂ O	114	310

Tablo 2.4.'de CO₂ eşleniği birim olarak KIP değerlerine bağlı olarak etki ve süreleri gösterilmektedir. CO₂'nin yıllık atmosferik süresi değişiklik gösterirken KIP değeri 1 kat daha fazladır. CH₄'ün atmosferik süresi 12 yıl iken ve KIP değeri ise 21 kat daha fazladır. N₂O'in atmosferik süresi 114 yıl ve KIP değeri 310 kat daha fazladır (Doll ve Baranski, 2011; Url-45).



Şekil 2.2: Dünyadaki sera gazlarının konsantrasyon değerlerinin yıllara göre değişimi (Doll ve Baranski, 2011).

Şekil 2.2 de CO₂, N₂O ve CH₄'ün yıllara göre CO₂ konsantrasyon değerlerinin değişimi gösterilmektedir. Kırmızı çizgi CO₂, siyah çizgi N₂O ve mavi çizgi ise CH₄'ün konsantrasyon değerleri değişimini göstermektedir.

2.4.ULUSAL SERA GAZI EMİSYON ENVANTERİ

Bu envanterin adımları aşağıda açıklanmıştır (Ur1-3):

- 1- Veriler bir araya getirilir.
- 2- Bir araya getirilen veriler kayıtlanır.
- 3- Tahminlere göre emisyon faktörleri belirlenir.
- 4- Emisyonlar hesaplanır.
- 5- Emisyon kaynakları belirlenir.

NASA'da çalışan James Hansen adlı bilim adamı 2007 yılında, karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik neler yapılabileceğine yönelik 5 somut öneri sunmuştur. Bu öneriler şunlardır (Madra, 2007):

1. Emisyonlara bir fiyat, yani karbon vergisi konulmasıdır. Yani kim ne kadar karbon salınımı yapıyorsa o kadar vergi verilmesi gerekecektir.
2. Enerjinin olabildiğince verimli ve tasarruflu kullanılması gerekir.
3. Buzulların durumu hemen inceleme altına alınması gereklidir.
4. Halkın konuyla ilgili olarak bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

2.5.ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği ifadesi ile; evlerde yaşam standardını ve hizmet kalitesini sağlamak amaçlanırken, endüstriyel kuruluşlarda ise üretim kalitesi ve miktarının azalmaması hedeflenmektedir. Bir başka ifadeyle ise, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin düşmesi demektir. Enerjiyi verimliliğini düşünmemizin en önemli nedenleri şunlardır (Url-3):

- 1) Petrol ve kömür gibi fazla kullanılan fosil yakıtların hızlı bir şekilde tükenmesi
- 2) Enerjinin üretimi ve tüketimi sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonları ve bu emisyonların sonucunda ortaya çıkan küresel ısınma ve iklim değişiklikleridir.

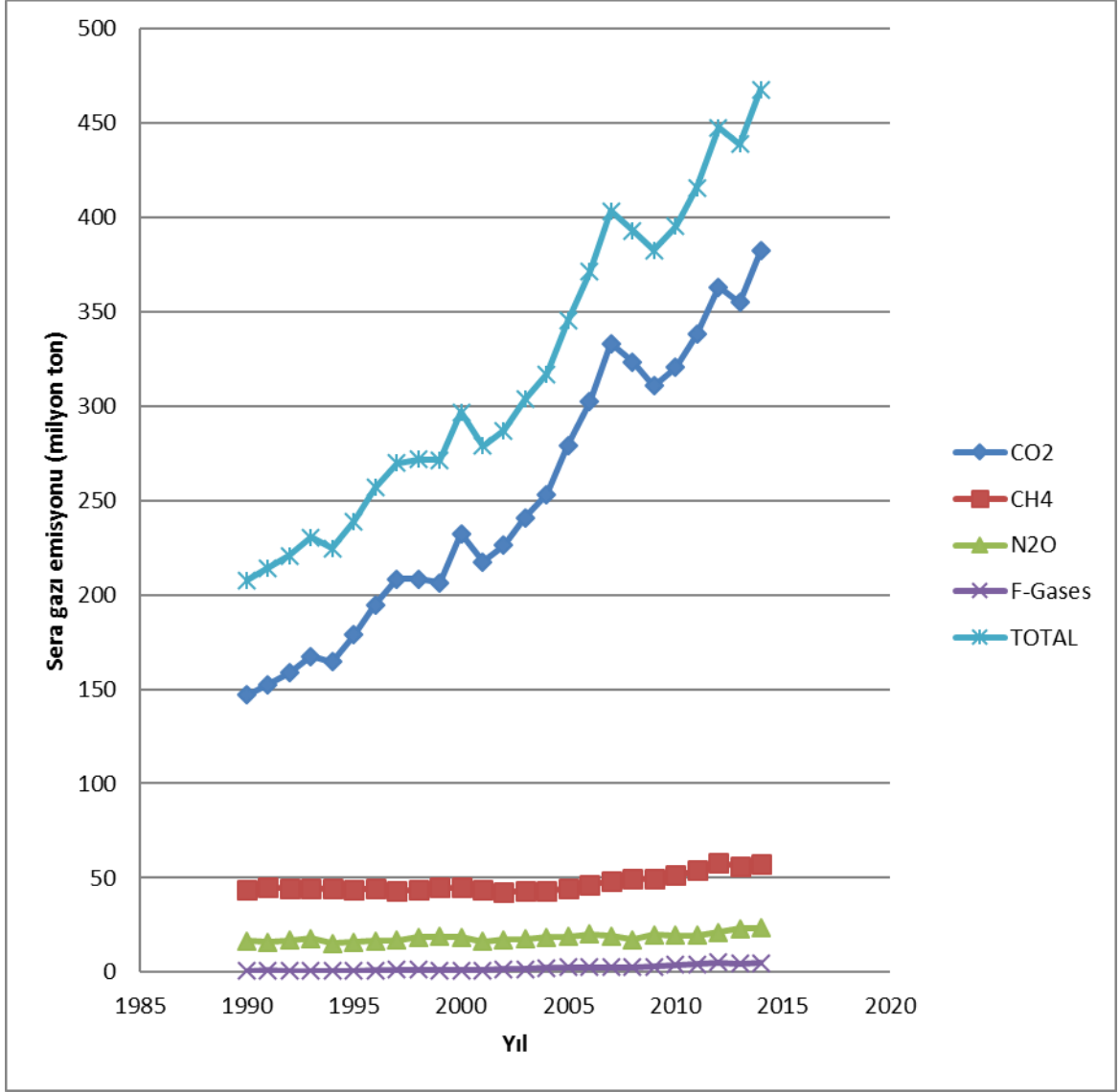
Tüketilen veya kullanılan her şeyin (evler, eşyalar, otomobiller, yollar, giysiler, yiyecekler) üretilmesi, paketlenmesi, mağazalara veya son tüketiciye ulaştırılması, kullanılması ve sonra da atılması sırasında enerji harcanmaktadır. Yaşam kalitesini geliştirmek, her alandaki üretimi artırmak ve günlük yaşamı sürdürmek için enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Enerjinin verimsiz kullanılması, yoksul ülkelerdeki verimsiz ve sürdürülemez biyolojik kütle kullanımına, orman kaybına ve çölleşmeye yol açarken, fosil yakıtların sürdürülemez biçimde kullanımı da küresel iklimi değiştirmektedir. Elektriğin üretimi için kömür, doğalgaz gibi enerji kaynaklarından çok fazla miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik santrallerinde, enerjinin % 60'ı kayıp ısı olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer %10'luk kısım ise elektrik iletim hatlarında ortaya çıkan kayıplardır (TÜİK, 2012; BP, 2012; The World Bank, 2012) (Tablo 2.5).

Tablo 2.5: 2011 yılındaki birçok ülke için nüfus, GSYİH/nüfus, enerji üretim miktarı ve enerji tüketim miktarı (BP, 2012; The World Bank, 2012; TÜİK, 2012).

Ülkeler	Nüfus (milyon)	Gayrisafi Yurtiçi hasıla (GSYİH) / nüfus (\$/nüfus)	Enerji Tüketimi (Mtep)	Elektrik Tüketimi (TWsa)	CO ₂ emisyonu (milyon ton)
Çin	1348.1	5445	2613.21	4700.07	8979.14
ABD	313.1	48112	2269.33	4308	6016.61
Rusya	142.8	13089	685.63	1051.59	1675.04
Hindistan	1242.6	1489	559.10	1006.17	1797.99
Japonya	126.5	45903	477.59	1104.18	1307.40
Kanada	34.3	50345	330.27	607.59	624.44
Almanya	82.1	44060	306.41	614.5	802.82
Brezilya	196.7	12594	266.88	501.32	481.89
Kore	48.4	22424	263.01	520.10	738.06
Türkiye	74.7	10444	118.80	228.41	323.40
Dünya	6978.3	10027	12274.62	22018.12	34032.75

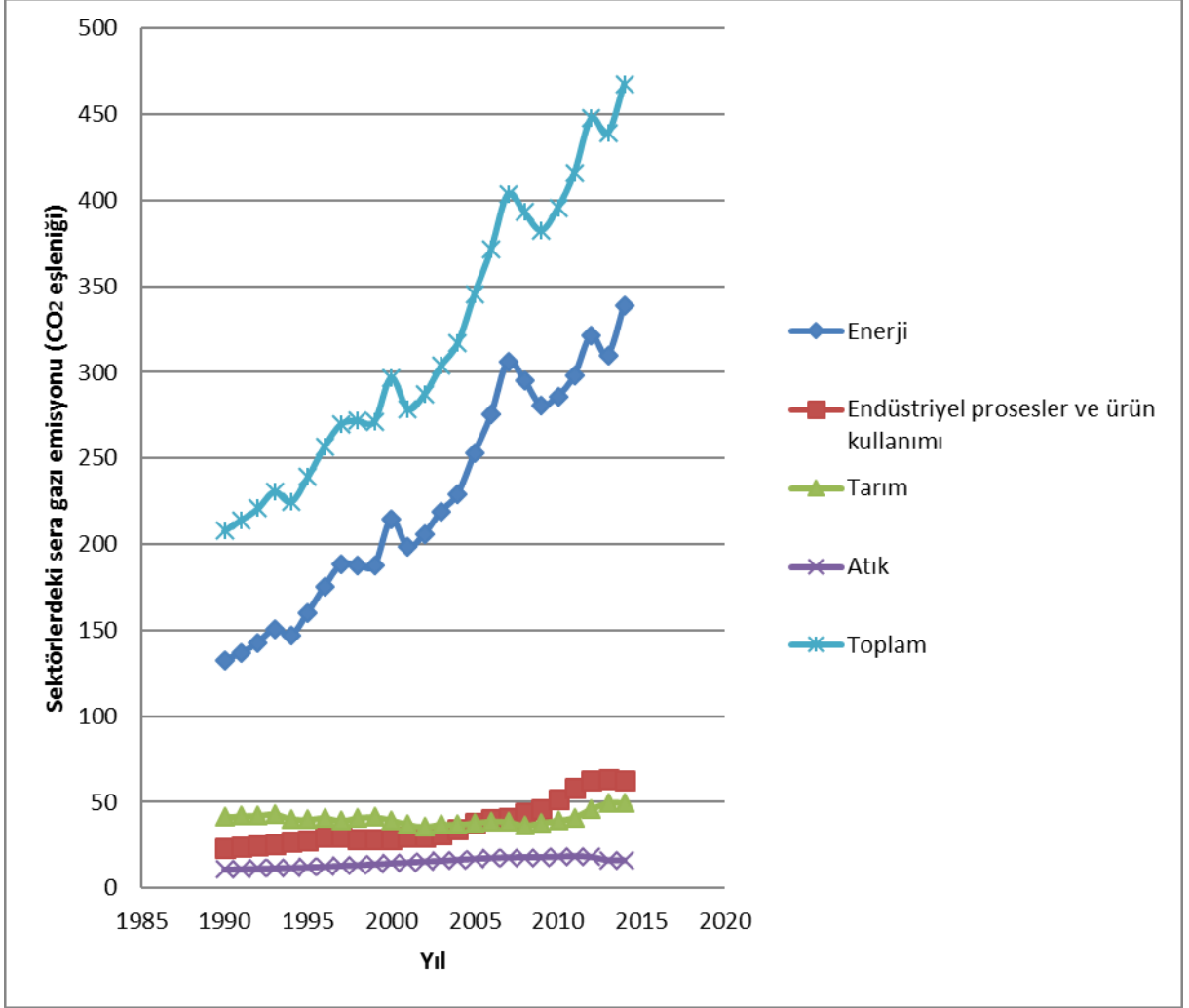
2.6. ENERJİ VE KARBON PARİTESİ

Parite kelime olarak, bir ülkenin para biriminin başka bir ülkenin para birimine yönelik karşılık gelen değeridir. 1990-2014 yılları arasında sera gazlarının milyon ton birimi olarak eşlenikleri Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Ayrıca yıllık sera gazlarının yıllık toplamı da gösterilmiştir (Url-4).



Şekil 2.3: Sera gazları emisyonları (CO₂ eşleniği) (BP, 2012; The World Bank, 2012).

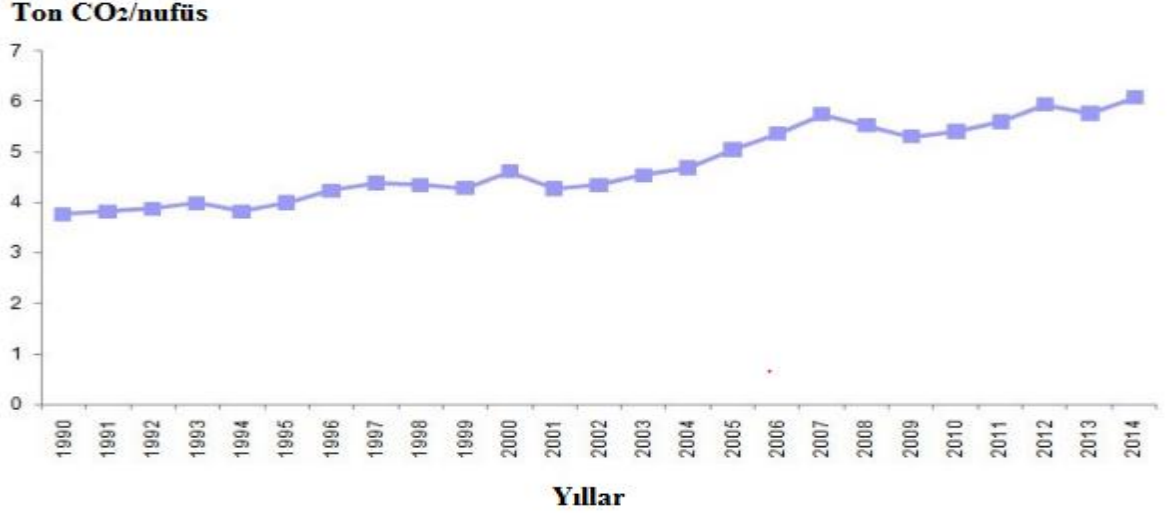
1990-2014 yıllarında birçok sektörde sera gazı emisyonlarının CO₂ eşleniği biriminden değerleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Hem CO₂ hem de bütün gazların genel toplamı her yıl artış göstermiştir. CH₄, N₂O ve F gazları her yıl itibari ile net olarak ne artma ne de azalma göstermiş yani sabit bir değermiş gibi düz çizgisel bir trend izlemiştir.



Şekil 2.4: Sektörlerdeki sera gazı emisyonları (CO₂ eşleniği), (1990-2014) (BP, 2012; The World Bank, 2012).

Şekil 2.4 de anlaşılacağı üzere sektörlere göre en fazla sera gazı emisyonlarını enerji sektörünün oluşturduğu görülmektedir. Toplam CO₂ emisyonlarının %85,2'si enerjinin oluşturmuş olduğu etki, %14,6'sı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından gelmekte iken %0,2'si ise tarımsal faaliyetler sonucu ve atık oluşumundan kaynaklı emisyonlardır. CH₄ emisyonlarının %54,3'ü tarımsal aktiviteler sonucunda oluşurken, %25'i atık oluşumundan, %20,5'i enerjinin oluşturmuş olduğu etki ve %0,2'si ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sonucu açığa çıkan emisyonlardır. N₂O emisyonlarında en fazla etkisi olan emisyon tarımsal faaliyetler sonucunda ortaya çıkmaktadır. N₂O emisyonlarının %75,9'unu tarımsal aktiviteler sonucunda açığa çıkarken, %8,3'ü enerjinin oluşturmuş olduğu etki, %8'i atık oluşumundan kaynaklı ve %7,8'i ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sonucu açığa çıkan enerji kaynaklıdır.

1990-2014 yılları arasında Türkiye'deki kişi başına sera gazı emisyonu değişimleri Şekil 2.5 de gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Kişi başına sera gazı emisyonu, (1990-2014) (TUIK, 2015).

1990-2011 yılları arasında kaynaklara göre CO₂ emisyon değerleri bin ton biriminden Tablo 2.6' da gösterilmiştir. Sera gazının 2014 yılındaki toplam sera gazı emisyonunun CO₂ eşdeğerinde %125 artış gösterilmiştir. 1990 yılındaki kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,77 ton/kişi iken 2014 yılındaki kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 6,08 ton/kişi olarak görülmektedir (TÜİK, 2015; Url-5).

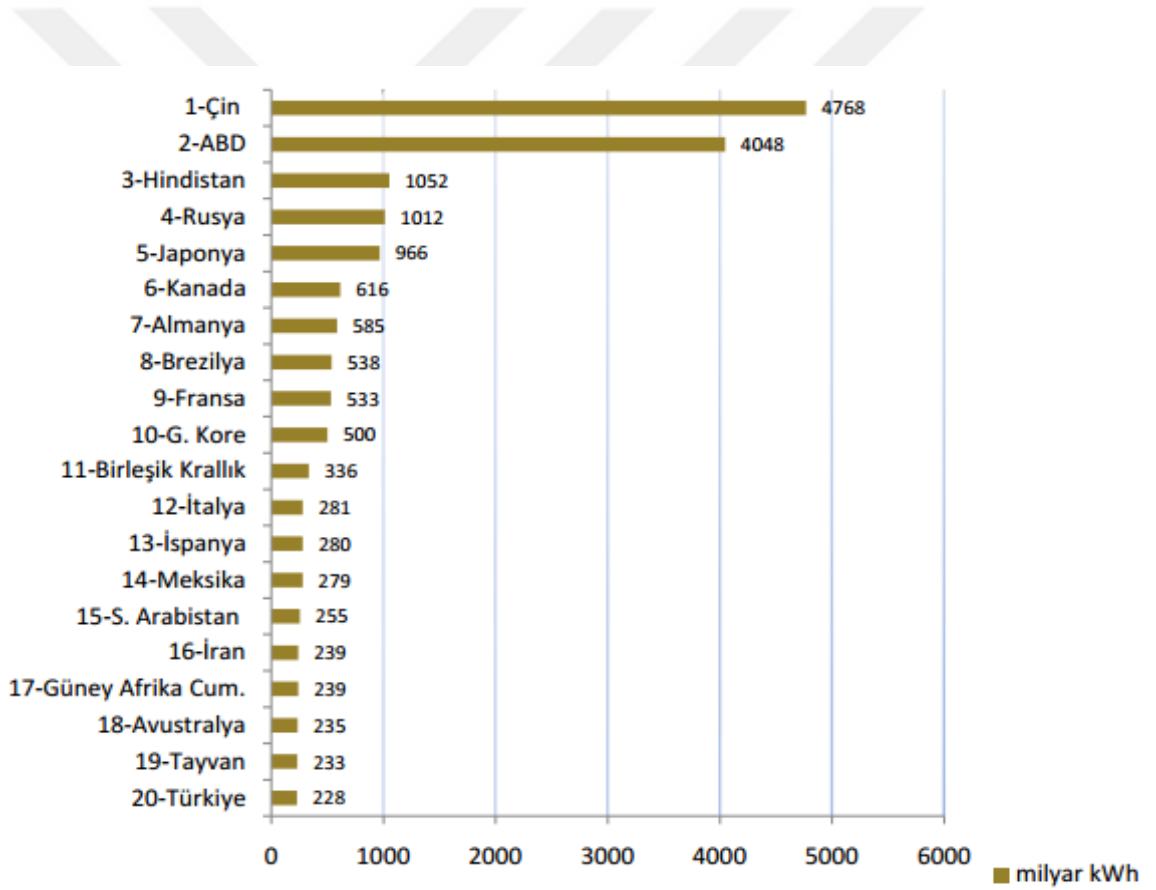
Tablo 2.6: Kaynaklara göre CO₂ emisyonu (1990-2011) (Güllü, 2011; IPCC, 2006).

Sera gazı kaynakları	Bin ton	Sera gazı kaynakları	Bin ton
Enerji	294781	Endüstri prosesleri	49859
A. Yakıt tüketimi	294649	1. Mineral üretimleri	31976
1. Çeviri ve dönüşüm sektörü	121760	2. Kimya endüstrisi	(*)
2. Endüstri sektörü	57253	3. Metal endüstrisi	17883
3. Nakliye	47675	Atık	54
4. Diğer sektörler	67961	Toplam	344694
B. Sızıntı	132		

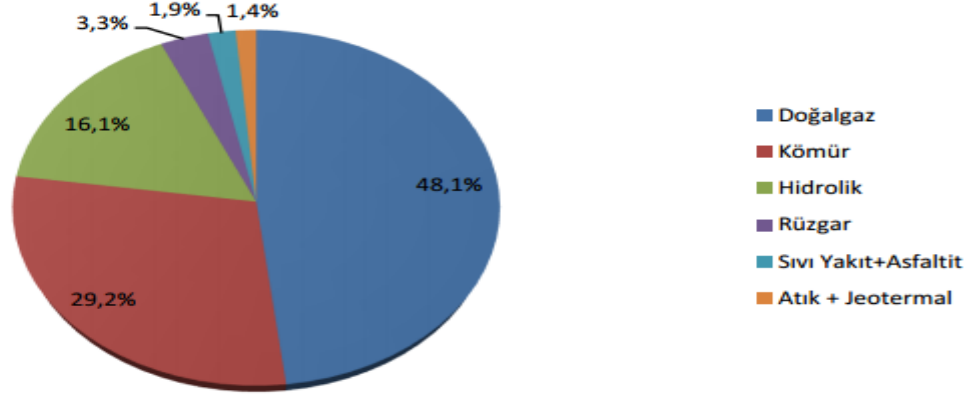
CO₂ emisyonuna sebep olan kaynaklara bakıldığında, Tablo 2.6'da da görüleceği üzere, Enerji başlığı altında yer alan sektörlerin büyük bir katkı sağladığı görülmektedir. Bu başlık altında yer alan çeviri ve dönüşüm sektörünün 121.760 ton CO₂ emisyon üretimi ile birinci sırada yer aldığı görülmektedir (Güllü, 2011; IPCC, 2006).

2.7.TÜRKİYE'NİN ENERJİ DURUMU

Amerikan Enerji Bilgi İdaresinin 2012 verilerine göre, dünya elektrik üretiminde ilk yirmi ülkenin sıralaması Şekil 2.6 da gösterilmiştir. Türkiye 2012'de ki yaklaşık 228 milyar kW-saatlik enerji değeriyle dünyada 20. sırada yer aldığı görülmektedir.

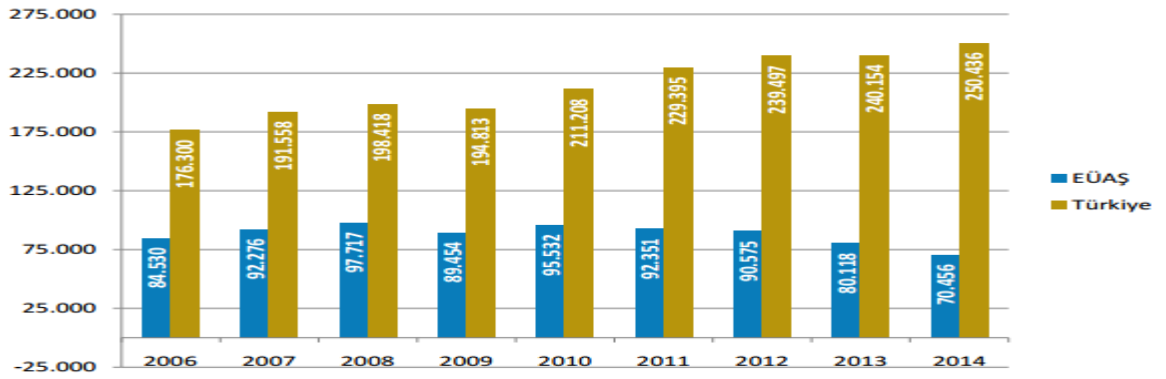


Şekil 2.6: 2012 yılının elektrik üretimindeki ülke sıralaması (EUAS, 2015).



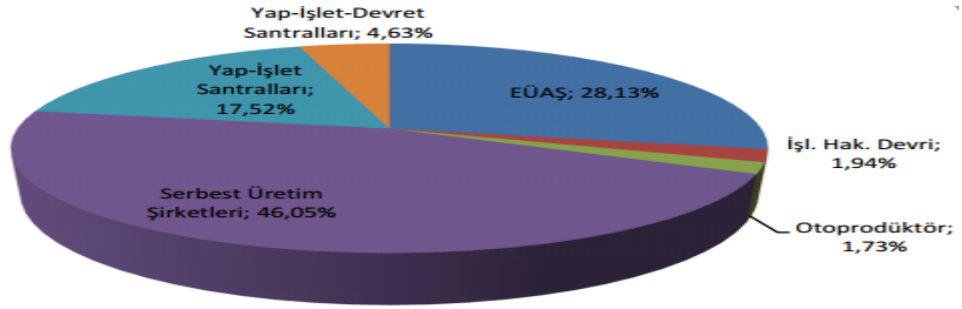
Şekil 2.7: Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı (EÜAŞ, 2015).

Türkiyede elektrik üretiminin sağlanmış olduğu kaynaklar yönünden bir inceleme yapıldığında, 2014 yılı için toplam elektrik üretiminin %48,1'ini doğalgaz, %29,2'sini kömür, %16,1'sini ise hidrolik enerji kaynakları, %3,3'ünü rüzgar, %1,9'unu sıvı yakıt ve asfaltit, %1,4'ü atık enerjiden ve jeotermal enerjiden karşılanmaktadır (Şekil 2.7). 2013 yılıyla karşılaştırıldığında zaman zaman doğalgaz, kömür, rüzgar, sıvı yakıtlar ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranı artış gösterirken, sadece yağışların azalmasına bağlı olarak hidrolik enerji oranında azalış görülmektedir. Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ)'nin elektrik üretimi 2012 yılı için %37,8'den, 2013 yılında % 33,4'e, 2014 yılında ise 4 santralin daha özelleştirilmesiyle birlikte % 28,1'e düşmüştür. Geri kalan % 71,9'luk elektrik üretimi ise özel firmalar tarafından karşılanmıştır.



Şekil 2.8: Türkiye üretilen enerji değerleri ve EÜAŞ'ın payı (GWsa) (EUAŞ, 2015; Url-5).

Türkiye, 2014 yılı itibariyle 12995 MW lık kurulu gücüyle 72 hidroelektrik santrale ve 8884 MW kurulu gücüyle 13 termik santrale sahiptir. Böylece toplam 21879 MW'lık kurulu güce sahip olan ülkemiz kurulu gücünün %31,5 ine sahiptir. 2014 yılı sonunda Türkiye 250,4 milyar kWsa elektrik üretim miktarıdır ve 74,5 milyar kWsa'ini EÜAŞ tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.8 ve Şekil 2.9).



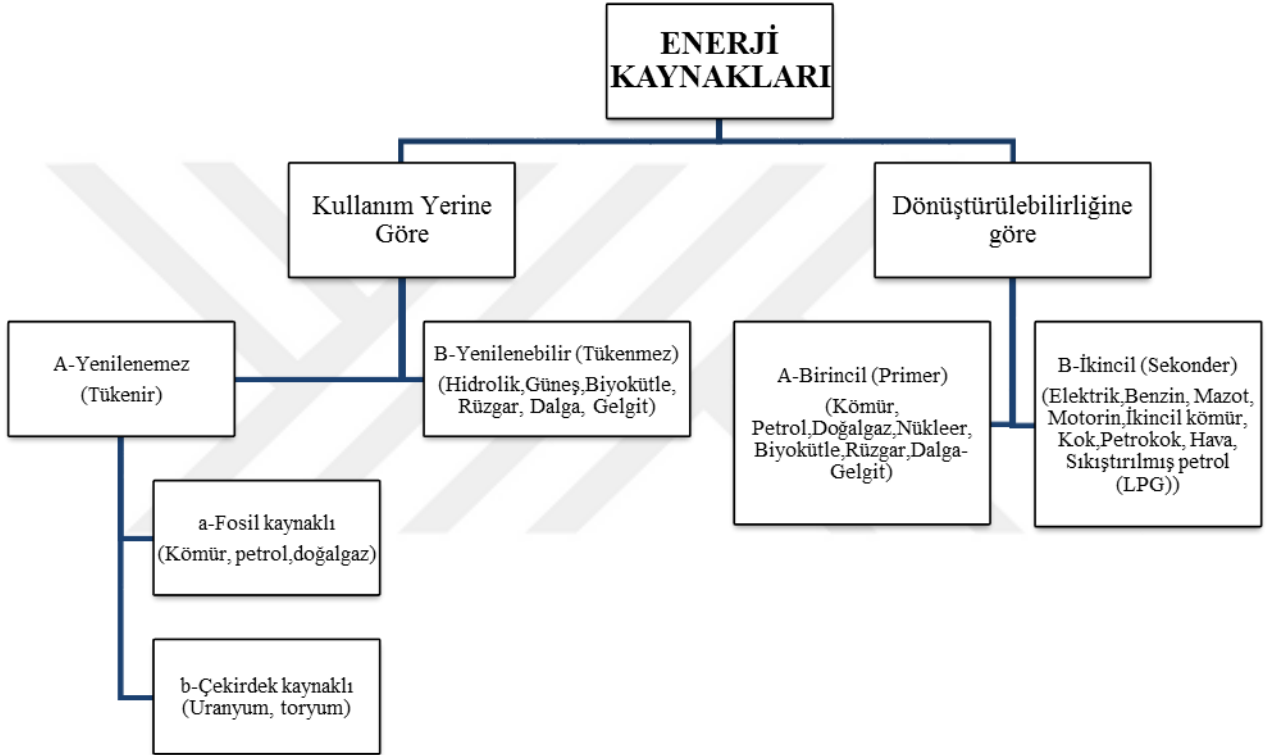
Şekil 2.9: 2014 yılı Türkiye Üretim Kuruluşlarına Göre Dağılım (EUAŞ, 2015).

2.8.ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji, yaşamımız ve ülkelerin ekonomik büyümeleri için gerekli önemli temel bir unsurdur. Ülkemizdeki nüfusun artması, konfor standartlarının artması, sanayi ve teknolojiye ilerleme ve gelişmelere bağlı olarak enerji tüketimi günden güne yükselmektedir (Demirbaş, 2000; Kılıç, 2006). Bazı elektrik kaynaklarının özellikle petrol fiyatlarının artması, bazı kaynakların az olması ve çevresel problemler sebebiyle petrol ve kömüre dayalı klasik metotlarla elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımı son zamanlarda önem kazanmıştır (Kadıoğlu ve Telliöğlu, 1966; Boyle, 1998; Bayram, 2000; Duncan, 2001; Ata ve Öcal, 2004; Jacobson, 2009; Korkmaz ve Develi, 2012).

Dünya nüfusunun yarısını oluşturan ülkeler, enerjinin tüketimi ve karbon emisyonu konusunda %75'lik paya sahiptir. Fosil yakıt enerji kaynağının kullanımından kaynaklı karbondioksit emisyonları 2010 yılında yarım milyar ton artış göstermiştir. Bu artış değeri Sanayi Devriminin başlangıcından bu zamana kadar görülen en büyük yıllık artış miktarı olmuştur. Enerji kullanımının üçte biri binalara aittir. Dünyada elektriğin hemen hemen % 60'ı evler ve ticari binalarda tüketilmektedir. Enerji tasarruflu inşaat malzemelerinin kullanılması, pencereler ve çatılarda daha iyi yalıtım yapılması, binalarda verimli ısıtma ve

soğutma sistemlerinin kurulması, aydınlatma ekipmanı gibi tekniklerle enerji daha verimli şekilde kullanılacak ve dolayısıyla enerji tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun düşmesi sağlanmış olacaktır. Ülkemizde 2010 yılında ticari birincil enerji tüketiminin %87'lik kısmını petrol, gaz ve kömür enerji kaynakları oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin (hidroenerji dahil) katkısı % 8 iken nükleer enerjinin payı da % 5'dir. (Eğrican, 2013; EPA, 2016).



Şekil 2.10: Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Şenel, 2012).

Enerjiyi, yaşamımızın her aşamasında, kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidroenerji, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi değişik kaynaklardan temin edebiliriz. Enerji kaynakları kullanım yeri ve dönüştürülebilirliğine göre ikiye ayrılmaktadır. Kullanım yerine göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ifade edilebilir. (Şekil 2.10) (Ata ve Öcal, 2004; Koç ve Kaplan, 2008; Url-5; Şenel, 2012). Bu sınıflandırmadaki enerji kaynaklarının açıklamaları aşağıda yer almaktadır:

2.8.1.Kullanım Yerine Göre

2.8.1.1.Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynakları

Karbon bazlı enerji kaynakları fosil ve çekirdek kaynaklı enerji kaynakları olmak üzere iki farklı sınıflandırma yapılmıştır. Bu enerji kaynakları meydana gelişleri itibariyle yenilenmeleri çok uzun bir zaman aldığından dolayı yenilenemeyen enerji kaynakları olarak adlandırılır. (Froggatt, 2000; Avcı, 2009; Koç ve Şenel, 2013; Şenel, 2012).

a) Fosil Kaynaklı Enerji Kaynakları

-Kömür: Fosil yakıtlara oranla dünyada fazla bulunması, kaynağın çeşitlendirilebilmesi ve üretimindeki ekonomikliği nedeniyle kullanımı tercih edilmektedir (Şekil 2.11) (Koç ve Şenel, 2013).

-Petrol: Dünyada mevcut bulunan enerji ihtiyacının % 45'i petrolden (Şekil 2.11) sağlanmaktadır. Türkiye de tüketilen mevcut toplam enerji kaynakları arasında % 44'lük kısımla petrol son derece önemli bir yere sahiptir. 2011 yılında dünyada birincil enerji kullanım miktarı 12274,6 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) ve Türkiye birincil enerji üretimi 32228,9 BTEP (bin ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir (British Petroleum, 2012; Koç ve Şenel, 2013; Özder ve Yörükoğlu, 2003).

-Doğalgaz: Doğada bulunduğu şekliyle kullanılan en temiz yakıt doğalgazdır (Şekil 2.11). Bu doğal haliyle elektrik üretiminde, sanayideki kullanımında ise hammadde olarak değerlendirilmektedir. Türkiyedeki doğalgaz rezervi 17,5 milyar m³'tür (Koç ve Şenel, 2013).



Şekil 2.11: Fosil kaynaklı enerji kaynakları (Url-37; Özder ve Yörükoğlu, 2003).

b) Çekirdek kaynaklı Enerji Kaynakları

Çekirdek kaynaklı enerji kaynakları uranyum ve toryumdur. Simgesi “U” olan yüksek yoğunluğa sahip olan uranyum, radyoaktif bir kimyasal elementdir. Bu kimyasal element, çelikten daha yumuşaktır. 2011 yılındaki Dünyada uranyum rezervi 5327,2 bin tondur. Uranyum rezervi bakımından Avustralya (1661 bin ton), Kazakistan (629 bin ton), Rusya (487,2 bin ton) ve Kanada (468,7 bin ton) en zengin ülkeler olup Türkiye’nin uranyum rezervi bu zengin ülkelere kıyasla çok daha düşük seviyede (9129 tondur) bulunmaktadır (Atılğan, 2000; Morss ve diğ., 2006; Binder, 1999). Simgesi “Th” olan kendiliğinden bölünemeyen toryum radyoaktif bir elementtir. Kendiliğinden bölünemediğinden dolayı nükleer yakıt olarak kullanılamaz. 2011 yılındaki Dünyadaki toryum rezervi 5385 bin tondur. Toryum rezervi bakımından Hindistan (846 bin ton), Türkiye (744 bin ton), Brezilya (606 bin ton), Avustralya (521 bin ton) ve ABD (434 bin ton) şeklinde zengin ülkeler sıralanmaktadır (Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013; Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2006).

2.8.1.1. Yenilenebilir (Tükenmez) enerji kaynakları

Tükenmeyen sürekli yenilenebilir olan bu enerji kaynakları sürdürülebilir olması ve dünyanın her yerinde bulunabilmesi özelliğinden dolayı büyük öneme sahiptir (Boyle, 1998; Alemderoğlu, 2007; Şenel, 2012). Hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, deniz enerjisi (medcezir (gelgit) gücü, dalga gücü ve deniz akıntıları), hidroenerji ve biyogaz yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir (Altaş, 1988; İncekara ve Oğulata, 2011; Demirel, 2012; Koç ve Şenel, 2013).

a) HidroEnerji

Türkiye’de bulunan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli potansiyellerden biri hidroenerji kaynağıdır. Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmesi sonucunda elde edilen enerjiye hidrolik enerji denir ve bu enerji Türkiyede bulunan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli potansiyele sahip enerji kaynağıdır (Şekil 2.12). Hidrolik gücün, ekonomik olarak işletilebilir potansiyeli şu ana kadar 1/3 ünün kullanılmış olduğu dünya elektrik üretiminin %19’unu karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bu enerji kaynağı % 69’u oluşturmaktadır. Hidroelektrik santraliyle birlikte akan veya yüksekten düşen suyun enerjisi elektrik enerjisine çevrilir (Kayacan ve diğ., 2016).

Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli, teknik ve ekonomik potansiyelleri sırasıyla 433 milyar kWsa/yıl, 216 milyar kWsa/yıl ve 164 milyar kWsa/yıl seviyelerindedir (DSİ, 2013). Bu seviyelerdeki değerlerle Türkiye; dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %1'ine ve Avrupa ekonomik potansiyelinin de % 16'sına sahiptir. Bu potansiyel değerlerle Norveç'ten sonra Avrupa'da ikinci sırada yer almaktadır. Ülkedeki ekonomik hidroelektrik potansiyel 47.497 MW/yıl bir kurulu güce karşılık gelmektedir ve günümüzde bu gücün 19.619 MW/yıl bölümü (% 41,3) işletme halindedir. İnşaatı devam eden 256 hidroelektrik santralinin kapasitesi 8.343 MW/yıl dır (REN 21, 2012; Yılmaz, 2012).



Şekil 2.12: Hidrolik elektrik santralleri (Url-38).

b) Güneş enerjisi

Dünya'nın en vazgeçilmez enerji kaynağı güneştir. Güneşte meydana gelen çeşitli reaksiyonlar sonucunda açığa çıkan ışımaya enerjisine güneş enerjisi denmektedir. Atmosferin dışında güneş enerjisinin şiddeti 1370 W/m^2 değerindedir. Ancak yeryüzünde güneş enerjisinin şiddeti $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişiklik göstermektedir (REN 21, 2012; Yılmaz, 2012; Kayacan ve diğ., 2016).

Doğal enerji kaynaklarının temeli olan güneş enerjisinden ısıtma ve elektrik elde edilerek yararlanılmaktadır. Bu temel olan enerji; çevreci, temiz bir enerji kaynağı olduğu için fosil enerji kaynaklarına karşı alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmekte ve kullanılmaktadır (Yılmaz, 2012). Son zamanlarda güneş enerjisini elde edip kullanıma hazır hale getirmek için güneş paneli kullanılmaktadır (Şekil 2.13) (Url-39).



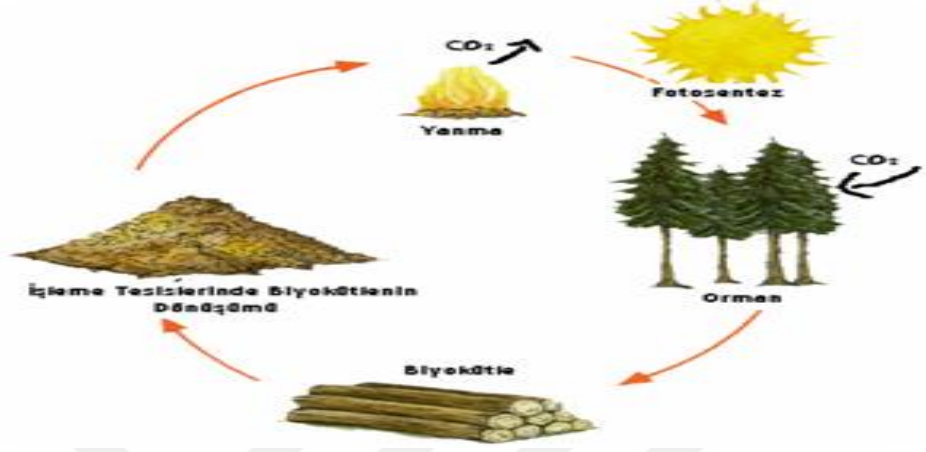
Şekil 2.13: Güneş paneliyle güneş enerjisi elde etme (Url-39).

c) Biyokütle enerjisi

Biyokütle 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanmaktadır. (Acaroğlu ve Ültanır, 2000; Url-41; McKendry, 2002).

Az veya çok herhangi bir biyolojik materyali (biyokütle) yakarak ısı veya elektrik üretme işlemine biyokütle enerjisi denir. Biyokütle enerjisinin hammaddeleri, bitkisel ve hayvansal ürünlerdir. Biyoenerjinin temelini fotosentezden kazanılan enerji sağlamaktadır. Ağaçlar, orman atıkları, mısır ve buğday gibi yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, algler, evlerden atılan sebze ve meyveler, organik çöpler, hayvan dışkıları, gübre ve gıda sanayi atıkları gibi biyokütle örnekleri vermek mümkündür. Odun, ağaç ve ağaçsı bitkilerin yakıt olarak kullanılmak üzere, kesilip hazırlanmış parçalarına denmektedir. Yakıldığından dolayı yenilenebilme kapasitesi oldukça düşüktür. Hayvancılığın geliştiği bölgelerde hayvan gübresinden tezek yapılarak kırsal bölgelerde yakacak ihtiyacı sağlanmaktadır (Avcı, 2009; Acaroğlu ve Başer, 2013). Biyolojik materyaller arasında ağaç kütükleri, ağaç yongaları, kamışlar, bitki sapları ve yapraklar gibi tarımsal atıklar, hızlı büyüyen ağaçlar, özellikle enerji alanları için yetiştirilen tahıl ürünleri, hatta kanalizasyondan elde edilen katı atıklar veya katı atık sahalarından sağlanan metan bulunabilmektedir. Küresel ölçekte biyoenerji, enerji arzının çarpıcı bir biçimde % 10 unu oluşturmakta, fakat bunun büyük bölümü gelişmekte olan

dünyada basit ve verimsiz bir şekilde ağaçlar yakılarak (Şekil 2.14) elde edilmekte, çıkardığı duman ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Url-40; Topal ve Aslan, 2008; Kayacan ve diğ., 2016).

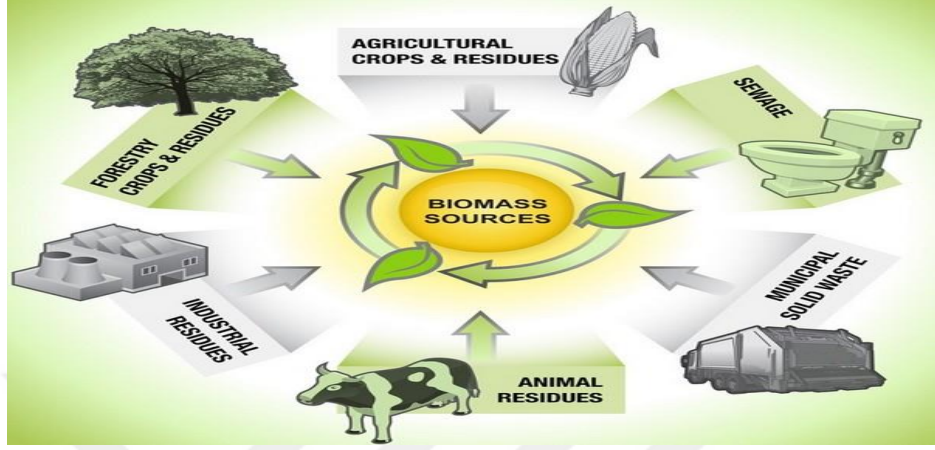


Şekil 2.14: Bitkisel biyokütle enerji oluşumu (Url-40).

Ağaçların kesilip yakılmasıyla atmosfere her yıl 8 milyar ton karbondioksit gazı verilmektedir. Bu muazzam bir miktardır ve insanlardan kaynaklanan toplam sera gazı salınımlarının %16'sından fazlasını oluşturur (Şekil 2.14), yani tarım veya ulaşımın yol açtığından fazlasını oluşturmaktadır. Ormanların yok edilmesiyle ortaya çıkan karbondioksitin büyük bölümü, tropikal ormanların, özellikle de Amazon yağmur ormanlarının yakılmasından kaynaklanmaktadır (Walker ve King, 2010; Url-40; Kumar vd., 2015).

Organik atıklar olan biyokütlenin oksijensiz bir ortamda fermantasyona uğratılması sonucunda elde edilen yanıcı gaz karışımına biyogaz denmektedir. Bu organik maddelerin oksijensiz ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan bileşimde % 60-70 metan, % 30-40 karbondioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunmaktadır. Bu gazın ısıl değeri bileşimindeki metan oranına bağlı olmakla beraber yaklaşık 4700-6000 kcal/m³'tür ve ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi faydalar için geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca biyogaz üretiminde elde edilen gübrenin tarım uygulamalarında kullanılması durumunda verimin yaklaşık olarak %25 oranında arttığı saptanmıştır. Dünya enerji ihtiyacının % 12'sinin organik atıkların bileşimlerinin biyokimyasal olarak bozunması sonucu elde edildiği bilinmektedir. (Kayacan ve diğ., 2016). Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 1400- 2000 Btep/yıl düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Ülkemizde biyogaz ile ilgili çalışmalara 1957 yılında başlanılmıştır. Ancak bu çalışmalara 1987 yılında ara verilmiştir.

Çalışmaların günümüzde tekrar başlamasıyla birlikte katı atık termik santrallerin kurulması girişimleri önem kazanmıştır. (Acaroğlu ve Ültanır, 2000; Url-41; Acaroğlu, Öğüt ve Çarman, 2011; Özder ve Yörükoğlu, 2003) (Şekil 2.15) .



Şekil 2.15: Biyokütle enerji kaynakları (Url-41).

d) Rüzgar enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi en gelişmiş ve ticari anlamda en elverişli enerji türüdür. Rüzgar enerjisine bağlı olan kurulu güç çok kısa sürede 2012 yılı sonunda 282.577 MW'a ulaşmıştır. Son yıllarda Çin, rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretimi konusunda ilk sırada yer alırken sırayla bunu ABD, Almanya ve İspanya takip etmektedir (World Wind Energy Association, 2012). 784.347 km² yüzölçümüne bulunduran Türkiye iklim özelliklerinden dolayı önemli bir rüzgar potansiyeline sahiptir (Erdoğan, 2009). Rüzgar enerjisini elde etmek için rüzgar türbinleri kullanılır (Şekil 2.16). Marmara bölgesinde Balıkesir, İstanbul ve Çanakkale, Ege bölgesinde İzmir ve Manisa, Doğu Akdeniz çevresinde Hatay rüzgâr santrallerinin fazla bulunduğu illerdir (Kayacan ve diğ., 2016).



Şekil 2.16: Rüzgar türbinleri (Url-42).

e) Deniz enerjisi

Deniz dalga enerjisi, medcezir (gelgit), dalga gücü ve deniz akıntularından (boğazlarda) elde edilen enerjidir. Deniz dalga enerjisinin temelini rüzgar enerjisi oluşturmaktadır (Tavman ve Önder, 2001).

2.8.2.Dönüştürülebilirliğine Göre Enerji Kaynakları

2.8.2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Enerjide herhangi bir değişim veya dönüşüme uğramamış olduğu enerji kaynağına birincil enerji denilmektedir. Bu kaynaklar; kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar ve dalga-gelgit enerjisidir. Kömür, petrol ve doğalgaz hem birincil hem de yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar ve dalga-gelgit enerji kaynakları hem birincil hem de yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Koç ve Şenel, 2013).

Nükleer enerji ise birincil yani dönüştürülebilir olan enerji kaynağıdır. Nükleer Enerji santrallerinde ve diğer konvensiyonel santraller de olduğu gibi bir yanma tepkime reaksiyonu gerçekleşmez. Nükleer santrallerden ve özellikle reaktör içeren binada birinci ve ikinci çevrimde herhangi bir şekilde ortaya çıkabilecek sızıntı veya kaçaklardan radyoaktif elementlerin proses buharı yoluyla kontrolsüz olarak çevreye yayılmaması için reaktör içeren binalar sürekli olarak alçak basınç altında tutulması gereklidir (Bayram, 2000).

2.8.2.2. İkincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda hazır hale getirilmiş (elektrik ve ısı enerjisi gibi) enerji kaynaklarıdır (İncekara ve Oğulata, 2011; Koç ve Şenel, 2013). Bu ikincil enerji kaynakları; elektrik, benzin, mazot, motorin, ikincil kömür, kok, petrokok, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol (LPG) dür. Bunlar dönüştürülebilir enerji kaynaklarıdır (Edminister ve diğ., 1965; Hammond ve Percy, 1981).

Elektrik, elektrik yüklerinin akışı sonucunda ortaya çıkan bir dizi fiziksel olaydır. Bu enerji, pek çok farklı durumlarda olabilir. Bu farklı durumlara örnek olarak yıldırımlar, durgun elektrik, elektromanyetik indüksiyon ve elektrik akımı verilebilir. Buna ek olarak, elektromanyetik radyasyon, radyo dalgaları gibi farklı durumlarda oluşabilir (Edminister ve diğ., 1965; Hammond ve Percy, 1981; Morely ve Hughes, 1994).

2.9.SERA GAZLARI (SG)

Sera gazları (SG), insan kaynaklı faaliyetler sonucu (üretim, nakliyat vb.) sera etkisi sonucu oluşan salınan gazlara denilmektedir.Sera gazları içerisinde en etkili SG'ı CO₂'dir. IPCC'nin raporlarına göre SG'ı, atmosferin içerisinde doğal olarak belirli miktarda yer alan su buharı, CO₂, CH₄, N₂O ve ozon (O₃) gazları ile endüstriyel üretim sonucunda açığa çıkan HFC, PFC, SF₆ gibi florlu bileşiklerin tümüne verilen ortak isim olarak verilebilir (House of Lords, 2005; Alper ve Anbar, 2007; Kuşkaya ve Gençoğlu, 2017; Nasa, 2017).

SG emisyonunun temel sektörlerde gerçekleşen prosesler ve kaynaklara göre 4 ana gruba ayrılmaktadır:

- Enerjinin endüstri kuruluşlarının herbir prosesinin ürünü oluşturması için kullanımı
- Tarım, Orman ve diğer toprak kullanımı
- Atık
- Diğer (Tarımsal olmayan kaynaklardan ortama azot vermede dolaysız emisyonlar oluşumu vb.)

HPIK 2006 Kılavuzuna göre takip edilen başlıca SGLarı şunlardır (Matson vd., 1990; Crutzen, 1991; Watson vd., 1991; IPCC, 2006; Dam, 2014):

- **Karbon dioksit (CO₂)**

SG'ları içerisinde %50 oran ile küresel ısınmada en etkili olan SG'ı olarak bilinmektedir. Üretirken, tüketirken, barınırken, ulaşırken, giyinirken, ısınırken, kısaca yaptığımız her faaliyet de atmosfere CO₂ gazı verilir. Nüfus çoğaldıkça, üretim ve tüketim artışıyla birlikte CO₂ ve diğer kirletici gazların salınımı da artmaktadır. CO₂ ve diğer gazların azalması için temel yol temiz ve az üretim ve tüketimdir (Walker ve King, 2010).

Normal şartlarda gaz halinde bulunan CO₂; renk ve kokusu olmayan, molekül ağırlığı 44 g/mol olan ve yapısında bir karbon ve iki oksijen atomundan oluşan kovalent bağlı bir moleküldür. Ahşabın çürümesi, patlamalar ve yangınlar karbondioksitin ana kaynakları arasında sayılabilir. Volkanik bölgelerden çıkan bu gaz serbest halde ortamda bulunmaktadır. Suda çözülmüş olarak maden suyunda bulunmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların yanması, orman yangınları ve çimento üretiminde de ortaya çıkmaktadır (Bekiroğlu, 2001; Durşen ve Yasun,

2012). Şehir ve dağlık bölgelerin atmosfer havasında yaklaşık %0,03-0,04 oranında; egzosta ise %13 olarak bulunmaktadır (Energy Institute, 2012).

- **Metan (CH₄)**

Geniş olarak oksijensiz ortam içeren proseslerde kimyasal ve radyoaktif bir gaz özelliği göstermektedir. CH₄ oksidasyonda OH ile tepkimeye girerek stratosferde su kaynağıyla birlikte önemli bir SG etkisi oluşturur. CH₄, doğal ve insan kaynağına bağlı olarak iki şekilde açığa çıkmaktadır. İnsan kaynağına bağlı salınan CH₄ emisyonları, küresel CH₄ emisyonlarının % 60'ını oluştururken, kalan % 40'lık kısım ise doğal olarak oluşup yayılmaktadır. Atık dolgu sahalarında, petrol ve doğalgazın üretim ve dağıtımında, çiftlik hayvanların sindirim sistemlerindeki fermantasyonu sonucunda metan açığa çıkmaktadır. İnsan kaynaklı CH₄ oluşumuna yol açan kaynaklar ise çok sayıda olup bunların başlıca sektörleri tarım, enerji, endüstri ve atık sektörüdür (Url-7; MEB, 2009; Aydın vd., 2011).

CH₄ 'ün oksijenle yanma reaksiyonu sonucunda CO₂ ve su açığa çıkar (Url-7).

- **Nitröz oksit (N₂O)**

N₂O gazı, gülme gazı olarak bilinmektedir. Bu gaz renksiz ve yanmayan bir gazdır. Kimya endüstrisine, üre, gübreler ve petrokimyasallar ve elektrik üretiminde diazot gazı açığa çıkmaktadır (İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon raporu, 2000; Ecoscurities, 2006; Alper ve Anbar, 2007; EPA, 2014; EPA, 2015; Url-8).

- **Hidroflorokarbonlar (HFC_s)**

HFCs, flor ve hidrojen atomlarının birleşiminden oluşan organik bileşiklerdir. Organik flor bileşenlerinin birçok tipleri vardır. Bunlar genelde hava soğutma ve soğutucu sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, halokarbonların ve SF₆'nın üretimi ve tüketimi sonucu hidroflorokarbonlar açığa çıkmaktadır. Bu gaz antropojenik sera gazı emisyonuna neden olmaktadır (Baird, 1999; İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon raporu, 2000; Ecoscurities, 2006; Pekin, 2006; Alper ve Anbar, 2007; Topçu, 2008).

- **Perflorokarbonlar (PFC_s)**

Florokarbonlar arada sırada PFCslarla ilişkilendirilmektedir. Organoflor bileşikleri C_xF_y gibi gösterilmektedir. Bu gaz; metal üretimi, halokarbonların ve SF₆'nın üretilmesi ve kullanımı

sonucunda açığa çıkmaktadır (Baird, 1999; İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon raporu, 2000; Gillenwater ve diğ., 2002; Ecosecurities, 2006; Alper ve Anbar, 2007).

- **Kükürt hekzaflorür (SF₆)**

İnorganik, renksiz, kokusuz ve yanmaz bir SG'dır. Bu gazın kimyasal formülü, SF₆'dır. Bu gaz, merkezde bir kükürt ve bu kükürte bağlanan altı flor atomundan oluşmaktadır. Bu gaz sıvılaştırılarak taşınır. Deniz seviyesindeki yoğunluğu 6,12 kg/m³dür Bu durumda hava yoğunluğundan 1,225 kg/m³ oldukça fazladır. Bu gaz, elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde, alüminyum ve magnezyum üretimi sonucunda açığa çıkmaktadır (Baird, 1999; İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon raporu, 2000; Gillenwater ve diğ., 2002; Ecosecurity, 2007; Topçu, 2008).

- **Ozon (O₃)**

Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki ozon gazının ana kaynağı egzoz gazlarının 2/3 lük kısmını oluşturan azotoksitlerin ultraviyole ışınları ile reaksiyona girmesiyle oluşur ve atmosferde birikir. Küresel ısınmadaki sera etkisi %7lik kısmı oluşturmaktadır.

Uluslararası Hükümetlerarası Panel İklim Komitesi (HPIK-IPCC)) 2006 Kılavuzuna göre takip edilen diğer SG'ları şunlardır (Sinke, 1967; Blum ve Alexander, 1975; IPCC, 2006; Yost ve Don, 2007; Seinfeld ve diğ., 1997; Gillenwater ve diğ., 2002; Perrin, 1982; Url-7; Url-8; Budavari ve Susan, 1996; Natascha vd., 2014; TUIK, 2015):

- Azot oksitler (NO_x)
- Amonyak (NH₃)
- Metan içermeyen uçucu organik bileşikleri (NMVOC)
- Azot III-florür (NF₃)
- Su buharı (H₂O)

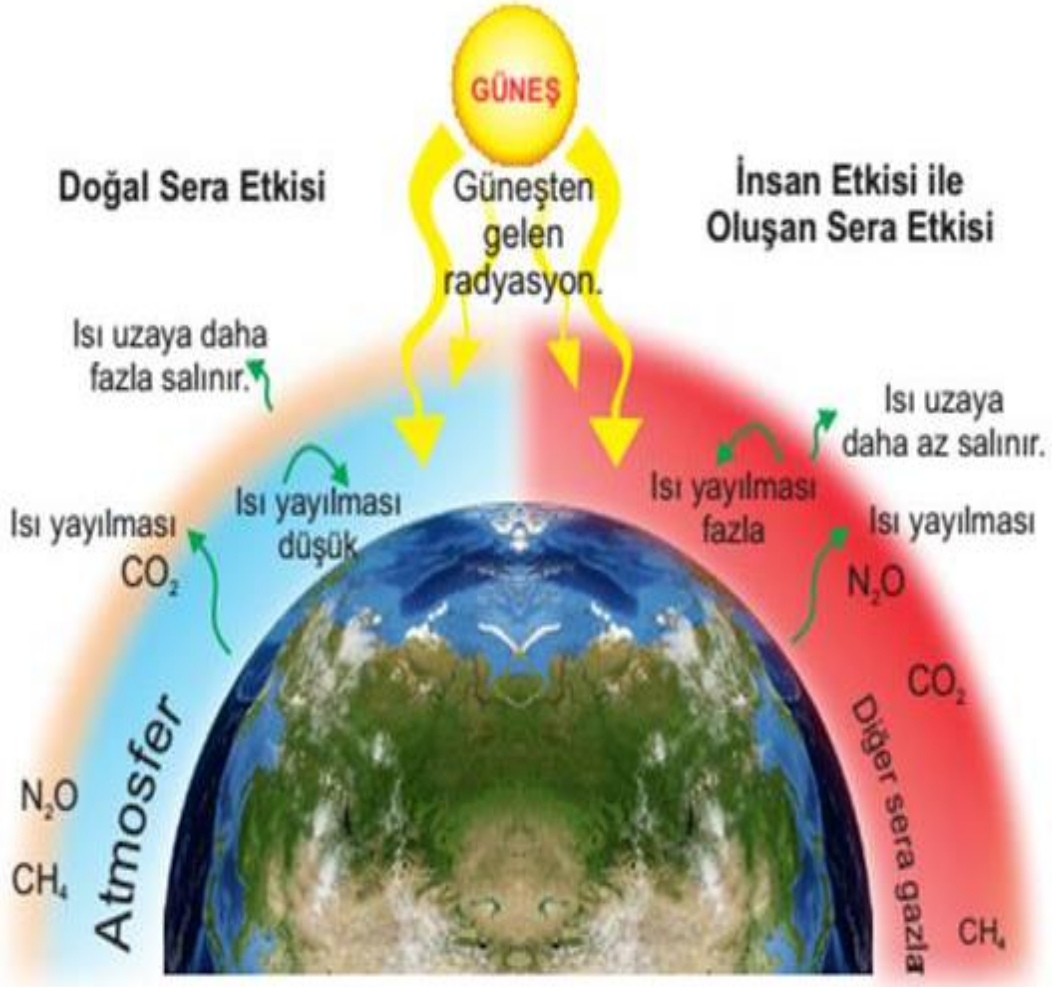
Tablo 2.7: Sera gazı (SG) emisyonlarının CO₂ biriminden eşlenikleri (TUİK, 2013; Url-9).

(Milyon ton CO ₂ eşleniği)								
SG EMİSYONLARI	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012
Net CO ₂ emisyonları	97,49	126,52	175,55	210,06	243,32	269,00	284,91	297,68
Net CO ₂ emisyonları çıkışı	141,56	174,09	225,61	259,79	299,67	326,85	345,73	357,50
CH ₄	34,05	47,39	53,68	52,55	53,75	57,30	58,05	61,62
N ₂ O	12,22	16,82	17,14	14,67	13,91	14,15	13,73	14,79
HFC _s	-	-	0,82	2,38	2,84	4,01	5,31	4,68
PFC _s	0,60	0,52	0,52	0,49	0,17	0,31	0,32	0,31
SF ₆	-	-	0,32	0,86	0,80	0,88	0,95	0,97
Toplam Net CO₂ Emisyonları	144,36	191,25	248,03	281,01	314,80	345,65	363,26	380,06
Toplam Net CO₂ emisyonları çıkışı	188,43	238,82	298,09	330,74	371,15	403,49	424,09	439,87

1990-2012 yılları arasında SG emisyonlarının CO₂ biriminden eşlenik değerleri Tablo 2.7'de gösterilmiştir.

2.10.SERA GAZI (SG) ETKİSİ

Hem kendisi hem de diğer elementlerle çok güçlü bağlar oluşturabilme yeteneğine sahip olan karbon elementi, yerküredeki yaşam biçimlerinin nihai yapı taşı olarak karşımıza çıkmaktadır. Karbonhidratlar, protein ve yağlar, yapraklar, ağaçlar, cilt ve saça kadar her şeyin ana yapısını oluşturması bu nihai yapı taşı olma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bir nesneyi yaktığınızda onun içerdiği karbon, çoğunlukla CO₂ şeklinde açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtlar olan petrol, kömür ve doğalgazın yanmasıyla açığa çıkan SG oluşumunda önemli bir faktördür (Walker ve King, 2010; Demirbaş, 2003).



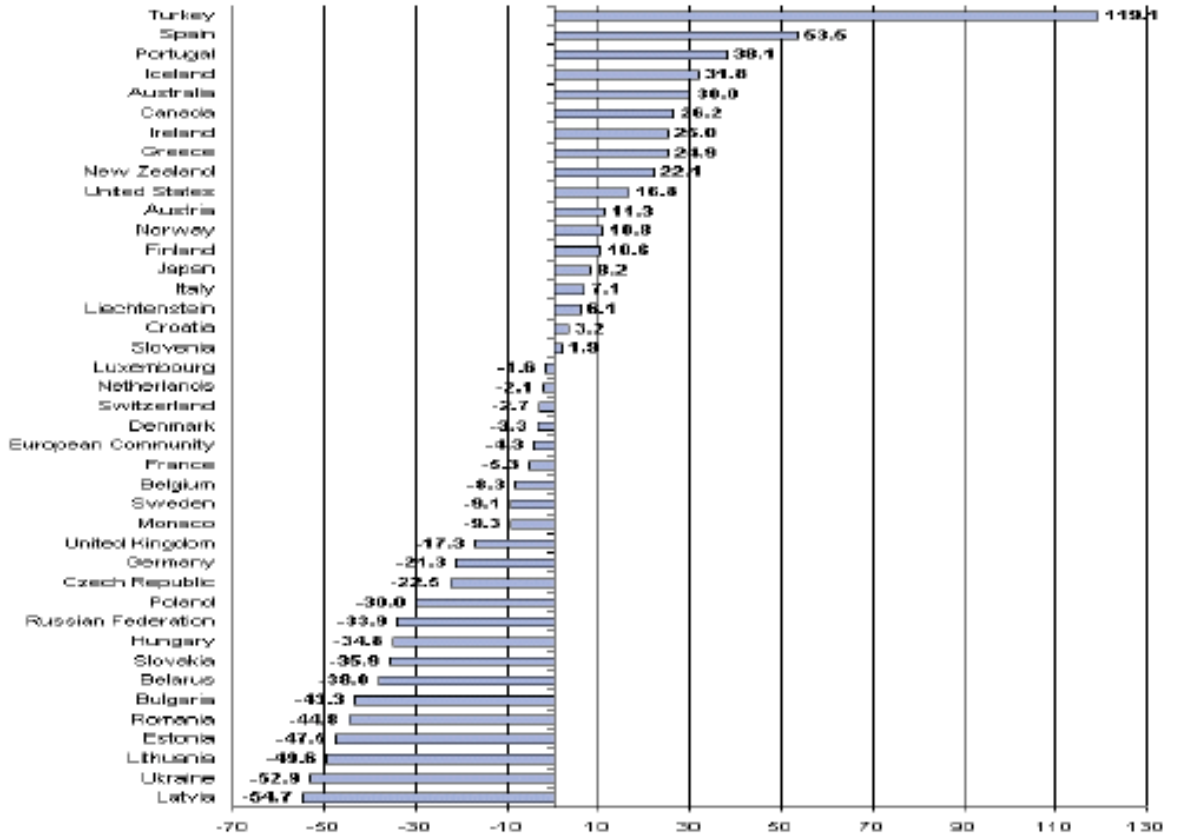
Şekil 2.17: Sera gazının (SG) etkisi (Url-6).

Atmosferin en üst noktasına ulaşan enerji miktarı yaklaşık olarak 1370 Watt/m^2 'dir. Bu enerji miktarının ortalama dörtte biri dünyaya gelmektedir. Atmosfere ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık üçte biri bulutlar, küçük partiküller ve dünya yüzeyindeki kar, buz, çöl gibi alanlar vasıtasıyla uzaya yansıtılır. Atmosfere ulaşan güneş enerjisinin geri kalan üçte ikilik kısmı ise yeryüzü ve atmosfer tarafından absorbe edilir. SG etkisinden dolayı enerji dengesi gereği, dünya da absorbe edilen enerji kadar aynı miktarda enerjiyi uzaya geri yansıtması gerçekleşmiş olsaydı dünya yüzeyinin sıcaklığının $-19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olması gerekirdi. Ancak karalar ve okyanuslar tarafından yansıtılan bu termal radyasyonun bir kısmı atmosfer ve bulutlar tarafından absorbe edilerek tekrar dünyaya gönderilir. Bu yansıyan ışınlar başta CO_2 , CH_4 ve H_2O olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulmaktadır. Böylece dünya yüzeyinin ısınmasına neden olur. Işınlardan bu gazlar tarafından tutulması etkisine SG etkisi denir (Şekil 2.17). Bu etki neticesinde dünya yüzey sıcaklığı yaklaşık 14°C değerine

ulaşmaktadır. Küresel ısınmaya neden olan bu sera gazı etkisi olayı sonucunda dünya yüzey sıcaklığı yaklaşık 14 °C değerine ulaşmaktadır. Dünya yüzeyindeki bu sıcaklık artışının nedeni küresel ısınmadır. Bu ısınmaya bağlı olarak da SG etkisi meydana gelmektedir. Sera gazları, yüzeyden atmosfere yansıyan uzun dalga boylu ışınları yutarak atmosfere ulaşmasını engelleyen bir örtü vazifesi görevi üstlenmektedir (Öztürk, 2002; House of Lords, 2005; Arıkan ve Özsoy, 2008; Şahin, 2015).

Endüstriyel çağın başlamış olduğu 19.yy'ın başlarından itibaren SG'lerinin atmosferdeki konsantrasyonları gitgide artış göstermektedir. 1800-1870 yılları arasındaki dönem birinci endüstriyel çağ olarak kabul edilirken büfusun artışı ile beraber kömürün tüketimi, tren yollarının yapılması ve arazi açılması gibi aktiviteler SG emisyonlarının artmasına neden olmuştur. Atmosferdeki ortalama CO₂ konsantrasyonu 1850 yılında 290 ppm iken 2007 yılında ise CO₂ konsantrasyonu 384 ppm'dir (Şahin, 2015).

2.11.DÜNYA'NIN SERA GAZI (SG) EMİSYON EĞİLİMLERİ



Şekil 2.18: Ükelere göre 1990-2017 yılları arasında toplam SG emisyonları artışı değişimi (TUİK, 2015; Keskin,2012).

Şekil 2.18’de 1990-2007 yılları arasında ülkelerde meydana gelen toplam SG emisyon değişimi görülmektedir. Türkiye’de olan emisyon artışı, diğer ülkelere göre fazladır. Bu emisyon artışını azaltmak için herkese görev düşmektedir (Keskin, 2012).

2.12.AYAK İZİ KONSEPTİ

Ayak izi terimi, 1999’lı yıllarda Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından ilk olarak ekolojik ayak izi (EKAİ) ifadesi şeklinde ortaya çıkmıştır (Wackernagel ve Rees, 1996). Bu ayak izi, ekolojik olarak doğal kaynaklardan mal ve hizmetlerin tedarik edilebilme miktarını ölçmektedir (Wackernagel, 2002; Özsoy, 2015).

Bu çalışma kapsamında önemli olduğu düşünülen ayak izleri 4 alt başlık altında tanımlanmıştır. Buna göre ayak izleri şunlardır:

2.12.1.Ekolojik Karbon Ayak İzi (EKAİ)

EKAİ, teknoloji ve kaynak yönetimiyle bir birey, topluluk veya faaliyetin tükettiği kaynakların üretimi ve üretim sonucunda ortaya çıkan atığın bertaraf edilimi için gerekli olan verimli toprak ve su alanıdır. EKAİ’nin birimi, küresel hektar (kha) dır (Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, 2012).

Karbon, su ve enerji ayak izleri günlük yaşamımız (endüstride, evlerde, binalarda, nakliyat vb yerler) için çok önemli bir yere sahiptir. Çünkü bu ayak izleriyle günlük yaşamımızın her yerinde karşılaşmaktayız. Günlük yaşamımızdan örnek verirsek bir yerden bir yere gitmek için otobüs, uçak, gemi vb vasıtalar kullanırız. Vasıta kullanımı sonucu, atmosfere SG emisyonu verilir. Bu sera gazlarından en önemlisi CO₂’dir.

2.12.2.Karbon Ayak İzi (KAİ)

KAİ, insan kaynaklı birçok etki ve davranış sonucu ortaya çıkan emisyon miktarıdır. KAİ’nin eşlenik birimi kg CO₂ veya tondur. Çevre Koruma Ajansı tarafından 2010 yılında yapılan KAİ tanımına göre; birey, aile, bina, organize veya şirket tarafından gerçekleşen birçok faaliyet sonucu atmosferde oluşan SGLarının toplam hacim miktarıdır. Bir örnek verilmek istenirse, bir araba veya bir evde ısınma sonucu kullanılan yakıtı göre ortaya çıkan emisyon miktarıdır. Birçok faaliyetin üretim ve tüketimi (elektrik güç santralleri vb) sonucunda SG emisyonu oluşur. Bir başka deyişle, enerjinin üretim ve tüketimi sonucunda SG emisyonu oluşur. Grubb ve Ellis (2007) de KAİ’ni, yakıtın yanma sonucu ölçülen CO₂ miktarı olarak

tanımlamışlardır (Grubb ve Ellis, 2007). Birim CO₂ cinsinden ölçülen, üretilen SG miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsü olarak da tanımlanabilmektedir.

Wright, Kemp ve Williams tarafından KAI tanımı şöyle yapılmaktadır: Birçok faaliyet sonucunda ortaya çıkan toplam CO₂ ve CH₄ emisyonları sonucu oluşan toplam SG emisyonudur. Nakliyat, toprak temizliği, üretimler (ürün, odun ürünleri, inşaat oluşumu vb) ve tüketimler (yakıt, ürün, odun vb) vb birçok faaliyetlerin sonucu SG emisyonu oluşur (Williams vd., 2011; Galli vd., 2012).

Orman ekosistemleri atmosferde yer alan CO₂'in bağlanıp biriktirildiği en önemli havuzları arasında yer almaktadır (Tolunay, 2012; Dixon ve Ark., 1994). Fotosentez yoluyla bitkiler bünyelerine aldıkları CO₂'i bitkisel kütle (toprak altı ve toprak üstü) üretiminde kullanmaktadırlar (Tolunay ve Çömez, 2007). Toprak üstü; bitkisel kütle bitkilerin gövde odunu, kabuk, dal ve yapraklarından oluşması iken toprak altı bitkisel kütle ise bitkilerin köklerinden oluşmasıdır. Ormanda yer alan biyokütleyle bağlanan karbon miktarındaki değişimler atmosferdeki CO₂ miktarının artması ve azalması konusunda ilişkilidir. Orman ekosistemlerinde depolanmış olan karbon miktarındaki değişimlerin tespiti bu bakımdan önem kazanmaktadır. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü-Food and Agriculture Organization of United Nations)'ya göre dünyada 3,8 milyar global hektar orman alanı bulunmaktadır. Orman alanları, atmosfere baskı yapan CO₂ emilinin sağlandığı alanlardır (Wackernagel vd., 2005:15).

KAI, ortaya çıkış kaynağına göre doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) KAI olarak ikiye ayrılır. Birincil KAI ile fosil yakıtlar, evsel enerji tüketimi ve nakliyatında, doğrudan CO₂ emisyonu veren KAI anlatılmak istenirken, ikincil KAI ile ise yaşam döngüsü üretimi kullanımında ortaya çıkan dolaylı olarak bilinen CO₂ emisyonu anlatılmak istenir. Dolaylı (ikincil) emisyonu etki eden parametreler bütün faaliyetlerdeki herşeyi kapsamaktadır.

KAI konusunda birkaç örnek aşağıda verilmiştir (Url-12):

- ✓ 60 galonluk gazolin yakılırsa, 1 tonluk CO₂ üretilebilir.
- ✓ Amerikadaki ortalama yıllık karbon ayak izi 28 ton CO₂'dir.
- ✓ Ortalama bireye düşen KAI yaklaşık 6 ton CO₂/yıl'dır.

- ✓ Ortalama bireye düşen küresel KAI yaklaşık 6 ton CO₂/yıl'dır.
- ✓ Muzun ayak izi 80 g CO₂'dir.
- ✓ Şişedeki suyun KAI değeri 200 g CO₂dir.
- ✓ 1 yeni arabanın KAI değeri 17 ton CO₂'dir.

KAI'nin hesaplanmasının nedenleri şunlardır (Url-13):

- 1- Yasal zorunluluklar
- 2- Sosyal sorumluluklar
- 3- Müşteri ve finansal sürdürülebilirlik
- 4- Pazarlama ve kurum imajın nedeniyle
- 5- Ticari emisyon mekanizmalarına destek vermek amacıyla hesaplanmaktadır.

Ayak izi hesabında; SG Protokolü, halka açık şartnameler (Publicly Available Specification-PAS 2060), Ulusal standard organizasyonu (ISO 14064), Kyoto Protokol ve Uluslararası Tesis Koruma Düzeni (IPCC) prosedürleri kullanılır. KAI hesabına gitmek için uygulanacak yol şu şekildedir (Url-14):

1. Hedeflere karar verilir
2. Limitlerin tasarlanması sağlanır
3. İlgili verilerin (girdilerin) toplanması ve emisyon faktörlerinin kullanılması gerçekleştirilir
4. Sonuçların değerlendirilip raporlanması

2.12.3.Su Ayak İzi (SAİ)

Dünyanın 2/3'ü suyla kaplıdır. Su, yaşamımızın önemli bir kaynağıdır. Giderek ülkemizde küresel ısınmayla birlikte barajlarda vb yerlerde su kıtlığı problemi görülmektedir. Özellikle bu durum yazın daha çok sorun olmaktadır. Bu nedenden dolayı son zamanlarda kullanılan suyun arıtma işlemine uğrayarak kullanımı önem kazanmıştır. SAİ, üretilen ürün ve hizmet

sonucunda doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen su miktarının m^3 birimi cinsinden ifadesidir (Hoekstra ve Chapagain, 2006; Türkiye'nin Su Ayak İzi, 2016).

SAİ ağı tarafından ülke ölçeğinde SAİ değerleri hesaplama metodları kullanır ve ayak izi değeri hesaplanır. İhtiyaç duyulan suyun miktarının birimi hacimseldir. Örnek olarak; 1 tişörtün üretimi sonucu tüketilen su miktarı 270 L, bir fincan kahvenin SAİ 140 L, 1 dilim ekmeğin SAİ 40 L ve 1 bardak sütün SAİ 255 L' dir. 3 farklı SAİ tanımı yapılmaktadır (Hoekstra ve diğ., 2009; Url-18; Url-19; Url-20; Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu, 2014):

a) Mavi su ayak izi (MSAİ)

MSAİ, bireyler ve bölge halkı tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi esnasında yüzey ve zemin suyu kaynaklarında buharlaşan tatlı su miktarıdır.

b) Yeşil su ayak izi (YSAİ)

YSAİ, toprakta depolanan yağmur suyunun buharlaşması sonucu depolanan suyun hacmidir. Tarım ve ormanda daha çok önemli bir yere sahip olan tüketilen su miktarıdır.

c) Gri su ayak izi (GSAİ)

GSAİ, birey veya bölge halkı için üretilen ürün sonucu kullanılmış olan kirlenmiş suyun hacmidir.

2.12.4. Enerji Ayak İzi (EAI)

Endüstrilerdeki üretim için enerji temel ve önemli bir girdidir. Enerji sadece endüstride değil, üretim, nakliyat, ısınma, soğutma, inşa etme vb. yapılan her faaliyetin için de bir girdi kaynağıdır (Url-21; Url-22).

Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak 2'e ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları tükenmekte olduğundan dolayı yenilenebilir kaynaklarının kullanımına gidilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları (hidroelektrik, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi vb.) maliyetli, tükenmeyen ve temiz enerji kaynaklarıdır. Ortalama aylık evdeki elektrik kullanımı 273 kWh'dir. EAI, birim faaliyet (üretlen ürün vb.) başına tüketilen enerji miktarıdır (Kaygusuz, 2002).

2.13.KARBON VE ENERJİ AYAK İZLERİ, PARETÖ ANALİZİ HAKKINDA YAPILMIŞ BAZI ÇALIŞMALAR

Yapılan her faaliyetin yerine getirilmesi için enerji o faaliyetin önemli bir girdisi olarak kullanılır. Böylece her prosesin yaratmış olduğu emisyonun yanında o proses için kullanılan enerjinin de yaratmış olduğu karbon ayak izi hesaplanmalıdır. Havaya verilen CO₂ emisyonu miktarının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. EAİ deyince, başta doğalgaz ve elektrik olmak üzere kullanılan yenilenebilir ya da fosil kaynaklardan elde edilen tüm enerji kaynakları akla gelmelidir. Dolayısıyla akla, bütün bu söz konusu olan ve ilgili proseslerde kullanılan enerji kaynaklarının yaratmış olduğu karbon ayak izi gelmelidir. Odun bazlı levha endüstrisi başta olmak üzere orman ürünleri endüstrisinde KAİ ve EAİ ile ilgili çalışmalar dünyada belirli ölçüde çalışılmasına rağmen, Türkiye’de bu konuda yapılan çalışmalar neredeyse yok denilecek kadar az sayıdadır.

Guild and Ellis adlı araştırmacıların (2004) yaptığı bir çalışmada, Yeni Zelanda’daki bir orman şirketi tarafından kerestelik tomruğun kalite özellikleri ile ilgili istatistiksel olarak kalite kontrol uygulamasında Paretö analizinden yararlanılmıştır. Guild and Ellis (2004) bu şirkette 5 karakteristik özellik -boyutlar, düzgünlük, dallanma, kereste bitiş noktası ve görünüm- üzerinden Paretö uygulamasını yapmışlar ve bu kıstasların kalite üzerine olan etkisini azaltmaya çalışmışlardır.

Gustavson ve Sathre, (2005), ahşap çerçeve inşaatı ve konstrüksiyonunda net CO₂ emisyonunu bulabilmek açısından bir metod önermektedirler. Bu metodu hem İsviçre hem de Finlandiya’da uygulamaya koymuşlardır. Buna göre, her bir süreçte kullanılan yakıt ve enerji harcamasından kaynaklı emisyonları hesaplamışlardır. Buradan yola çıkarak SG emisyonunu ve harcanan enerjiyi azaltmak yoluna gitmişlerdir.

Gopalakrishnan ve birkaç araştırmacı (2005) sistem seviye üretim parametreleriyle birlikte odun üretimi endüstrisinde enerjinin etkili ölçümleri üzerindeki etkiye yönelik kullanımı ve özel enerji ölçümlerinin önemine yönelik araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırmalarda enerjinin yönetimi düşünülerek enerjinin prensiplerine göre kontrolünün faaliyetlerine yönelik uygulama yapılmıştır.

Wilson adlı araştırmacı (2010) yonga levha (YL) üretiminde ve orta yoğunluklu lif levha (OYLL) üretiminde iki ayrı çalışma yaparak, bu ürünler için hammaddeden ürün oluşum aşamasına kadar olan süreçler için yaşam döngü envanterlerini oluşturmaya çalışmıştır. Bu

değerlendirmede çevresel performans için yasal standartlar, konuyla ilgili kılavuzlar ve enerji iklim politikası verileri dikkate alınmıştır. Çalışmada, yaşam döngü envanteri çıktıları, 1m³ YL ve OYLL üretimi için hammadde kullanımı, hava, su ve katı emisyonlar şeklinde verilmiştir.

Newell ve Robert (2012), KAİ protokolü ve yaşam döngü analizi envanterine göre kereste tüketicilerinin ürünleri hasat etmede, ormanlık alanlarda oluşan biyogenik (canlı organizma aktivitelerinin neden olduğu çevresel değişimler) karbon emisyonlarının ölçümlerini yaparak belirsizliği azaltmışlardır.

Lehmann (2013), düşük karbon emisyonlu prefabrik modüler konstrüksiyon sistemleri tasarımını iyileştirmeye yönelik olarak çapraz lamine kereste kullanımının önemini vurgulamaktadır ve Avustralya prefabrik modüler pazarı için sıfır atıklı bu ürünü önermektedir.

Dodoo ve Gustavsson isimli araştırmacılar, (2013) binalardaki ahşap çerçeve tasarımının birincil enerji kullanımı bakımından yaşam döngüsü boyunca etkisine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu şekilde tasarlanmış binalarda elektrik resistanslı ısıtıcılar, ısı pompaları, kojenerasyon temelli ısıtıcılar ve biyokütle temelli enerji kaynaklı ısıtıcıların kullanımına yönelik bir kaç senaryo geliştirmişlerdir. Bu senaryolar için geleneksel ve ısı yalıtımlı evler için bir karşılaştırma yapılarak enerji kullanımı ve KAİ yönünden etkiler araştırılmıştır.

Garcia ve Freire isimli (2013) araştırmacılar, ISO 14067, SG protokolü, Publicly Available Specification (PAS) 2050 gibi standartları göz önüne alarak YL üretimini KAİ bakımından değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, emisyonları ortadan kaldırmak için farklı metotlar kullanılmıştır ve bu metotların etkileri değerlendirilmiştir.

Görener ve Toker (2013) adlı araştırmacılar OYLL endüstrisindeki proseslerdeki problemlerin etkisini Pareto analizi yöntemiyle belirlemeye çalışmışlardır.

Bergman arkadaşları (2014) yaptıkları bir çalışma ile orman ürünlerindeki karbon emisyonu etkisini alternatif ürünler ile karşılaştırmışlar ve odun bazlı yapı elemanlarının odun bazlı olmayan benzerlerine kıyasla karbon emisyonu açısından daha avantajlı olduğunu bulmuşlardır.

Çetin ve arkadaşları (2014) mobilya endüstrisindeki verimlilik dışı zamanlar, işletme yönetimi, orta ve büyük ölçekli mobilya işletmelerinde işçileri etkileyen konular ilgili problemlerin belirlenmesinde 80/20 kuralı esasına dayanan Paretö analiz metodunu uygulamışlardır. Uygulanan metodlarla işletmelerin verimliliğini artırmalarına yardımcı olmayı hedeflemişlerdir.

İklim değişikliği, ciddi küresel çevre olgusunu ve insanlıkta bazı tehdit ve değişikliklerin pozisyonunu oluşturmaktadır. Sujatha, Pandey ve Nath (2014) yaptıkları çalışma ile yaşam döngü envanteri analizi yaparak bambudan yapılmış kontrplaklarda CO₂ emisyonunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada net karbon kazancını sağlamak amaçlanmıştır.

Demertzi ve çalışma arkadaşları (2016), meşe mantarı sektöründeki KAI değerini azaltmak için, simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu model ile karbon ayak izi değerini %10 olarak azaltmayı başarmışlardır. Burada yaşam döngüsü; orman yönetimi, odun üretimi ve kullanımı ile yaşam döngü aşamalarını incelemişlerdir. Bu çalışmada, KAI belirlenmesinin önemi, çevresel yönetim açısından olduğu kadar iklim değişikliği açısından da vurgulanmıştır.

Wang ve arkadaşları (2017) CO₂ akışı sürecinde odun bazlı levhalar üzerinde iklim değişikliğine materyallerin katılımının etkisinin değerlendirilmesinde yaşam döngü analizi kullanmışlardır. Bu çalışmada odun bazlı levhaların yaşam döngüsü analizine göre 1990 ile 2015 yılları arasındaki yıllık CO₂ akışını hesaplamışlardır. Enerji tüketim standartlarına göre uygulamada karbon kaynağı olarak Çin'in odun bazlı levha panellerini kullanmışlardır. Periyot olarak alınan 1990 ile 2007 yılları arasında ortalama yıllık CO₂ emisyonunu 9,20 Mt/yıl'olarak hesaplarken, 2008 ile 2015 yılları arasındaki ortalama CO₂ emisyonunu 31,71 Mt/yıl olarak bulmuşlardır. Lif levha ve YL üretimindeki CO₂ emisyonunu, kontrplak üretimindeki CO₂ emisyonu takip etmektedir.

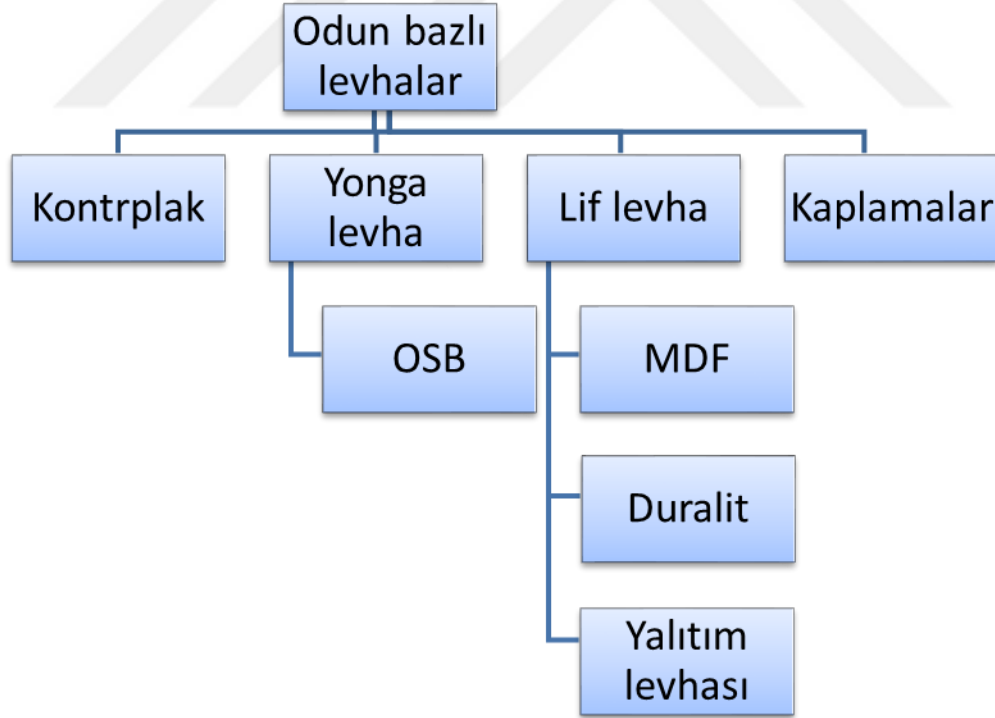
2.14.ODUN BAZLI LEVHA ENDÜSTRİSİNDE LEVHA ÜRETİMİ

Marmara bölgesinde bulunan odun bazlı levha üreten bu fabrikada üretilen ürünler yonga levha (YL), orta yoğunluklu lif levha (OYLL) ve parke üretimi yapılmaktadır. Üretim sonucunda atmosfere emisyon gazları verilmektedir Bu emisyon gazlarının en önemlisi CO₂ dir.

Odun bazlı levhalar; odunun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerin gerekli proseslerle yongalanması, liflendirilmesi ve yapıştırıcı maddesi ilavesiyle istenilen şekilde kalıplanması ve preslenmesiyle elde edilen levhalardır (Atar, 2006; Nemli, 2003; İstek ve diğ., 2015). Yani yapısının önemli bir kısmının odundan oluştuğu kompozit levhalara verilen genel bir isimdir.

Dünya levha üretimi 2005-2009 yılları arasında düşüş ve inişlerden oluşan bir yönelim göstermiştir. 2005 yılında levha üretim miktarı 63,1 milyon m³ iken 2009 yılında levha üretim miktarı 75,5 milyon m³'e yükselmiştir. Dünya levha üretiminin %45' ini Çin, % 8,4' ünü ABD, % 6,5' ini Almanya ve % 3,9' unu Türkiye gerçekleştirmektedir (Faostat, 2011). Levhaların özgül ağırlıkları 0,5-0,65 gr/cm³ arasında değişmekte olup kullanılan yapıştırıcı ve üretimde tatbik edilen sıcaklık ve basınç miktarı ile farklılık gösterebilmektedir (Alıcı, 2004).

Odun bazlı levhaların genel sınıflandırılması Şekil 2.19 da gösterilmektedir (Unece-Fao, 2014; Rivala vd., 2007; İstek vd., 2010).



Şekil 2.19: Odun bazlı levhaların sınıflandırılması (Unece-Fao, 2014; Rivala ve diğ., 2007).

Bu çalışmada Marmara bölgesinde üretim yapan ve entegre bir tesis olan XYZ A.Ş.'nin ürettiği YL ve OYLL ürünlerinin KAİ ve EAİ değerleri, hammadde girişinden son ürüne kadar olan tüm üretim süreçleri açısından, Tier metodu ile hesaplanmış ve istatistiksel bir yöntem olan Paretö analizi ile değerlendirilmişlerdir.

2.14.1.Yongalevha (YL)

Odun veya odunlaşmış diğer ligno selülozik bitkisel (keten, kenevir lifleri, şeker kamışı vs...) ham maddelerin kurutulmuş yongalarının (odun yongaları, testere talaşı, rende talaşı vb) sentetik reçine tutkalları yardımıyla sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucu oluşan ahşap plaka levhalara YL (Şekil 2.20) denir (Bozkurt ve Göker, 1985; Akbulut,1991; Akbulut, 1995; Güller, 2001; Çavdar, 2009; TOBB, 2012; Yiğittap, 2016).



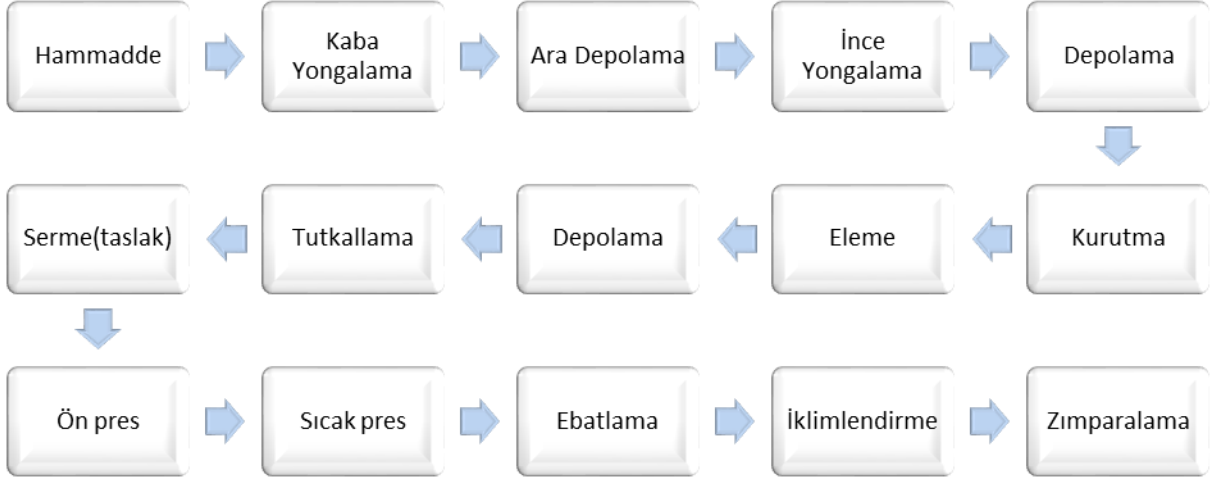
Şekil 2.20: Yonga levha (YL) (Url-24).

YL üretiminde kullanılan hammaddelerin %90'ı odun veya ligno selülozik materyaldir. YL üretiminde bakım, aralama kesimleri ve budama sonucu elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları ve ağaç endüstrisindeki artıklar kullanılmaktadır. Üretimde kullanılacak olan hammaddelerin en uygunu ince yuvarlak odundur. Bu hammaddeler bakım ve aralama kesimlerinden elde edilmektedir. Ayrıca idari ömür süresini tamamlamış ağaçların dal ve tepe uçları da kullanılmaktadır. Ancak bunların üretimi ve fabrikaya taşınması oldukça zordur (Bowyer ve Haygreen, 1996; Maloney, 1993).

TS 180 (1978) ve TS 1617 (1974)' ye göre YL; odun yada odunlaşmış diğer lignoselülozik hammaddelerden elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkallar sayesinde uygun sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve şekillendirilmesi sonunda oluşan levhalardır (Yiğittap, 2016).

EN 309 (1992)' a göre YL; odun (odun yongası, testere talaşı vb.) ve/veya diğer lignoselülozik lifli materyalin (keten, kenevir, şeker kamışı vb.) uygun bir yapıştırıcı ile uygun ısı ve basınç altında biçimlendirilmesi sonucunda ile oluşan levhalardır (Yiğittap, 2016).

Türkiye'de bu ürünü ilk üreten markanın adı ile anılması sonucunda ismi sunta olarak da bilinmektedir (Gündüz ve Masraf, 2005). YL üretiminde yatık, dik ve kalıplanmış yonga levha üretim teknolojileri olarak üç üretim şekli gerçekleşmektedir. Üretim teknolojilerinin ortak yönü işlemlerin aynı olmasıdır. Fakat temel farklılık, presleme tekniği, serme işlemi veya kullanılan bağlayıcının farklı olmasıdır. Preslemeye göre levhalar ya yatık ya da dik YL olarak isimlendirilirken; yatık olarak prosedür uygulandığı halde, serme işleminin değişik olmasından dolayı tek katlı ve çok katlı levhalar ile yönlendirilmiş levhalar elde edilmiş olur. Kalıplanmış YL'larda ise elde edilecek ürünün son şekline göre özel kalıplar kullanılarak presleme işlemi uygulanmaktadır. Çimento ve alçının üretimde bağlayıcı olarak kullanımı sonucu üretilen levhalara çimentolu veya alçılı YL denmektedir. Belirtilmiş olan farklılıkların haricinde yongalevha üretimdeki gerçekleşen üretim prosesleri aynı özellik göstermektedir. Normal YL'lardaki yonga boyları 0,25-0,40 mm arasında, kalınlıkları 2-6 mm arasında ve genişlikleri 10-25 mm arasında olacak şekilde gerçekleşmektedir (Güller, 2001; Wood Handbook, 1999; Bowyer ve Haygreen, 1996; Maloney, 1993; Akbulut, 1999). Üretim şekillerine göre YL'nın kullanım alanları farklılık göstermekle birlikte mobilya, inşaat, dekorasyon ve prefabrik yapılarda kullanımı söz konusu olmaktadır. Son yıllarda özellikle mobilya kullanımında önemli artışlar görülmektedir (Göker, 2000; Güler ve Özen, 2004). Aşağıdaki şekilde bir YL üretim sürecini gösteren Şekil 2.21 de yer almaktadır:



Şekil 2.21: YL üretim şeması.

XYZ AŞ.'nin YL üretim esnasında yongalama (kaba ve ince yongalama), kurutma, tutkallama, serme, presleme ve zımparalama işlemlerinde SGLarı açığa çıkmakta ve CO₂ emisyonuna yönelik herbir prosesin KAİ ve EAİ değerleri hesaplanmıştır.

XYZ AŞ.de YL üretiminin gerçekleşmesi için ilk başta odun hammaddesi (odun cipsi, tomruk vb.) firmaya getirilir. Şekil 2.25 de gösterilen YL üretim akışındaki işlemleri takip ederek son ürün olan YL üretimi gerçekleşir.

YL ağırlığının yaklaşık % 90'ını odun hammaddesi oluşturmaktadır ve ağaç türünün levha özelliklerini etkilenmektedir. Odun, yapısının gereği sahip olmuş olduğu olumlu özelliğinden dolayı fazlaca kullanılan endüstriyel bir malzemedir. Son zamanlarda yaşanan orman yangınlarıyla ormanlarımız yok olmaya başlamıştır. Bu durum neticesinde masif ağaç malzeme kullanımı yerine masif malzemenin türevlerini kullanmak zorunluluk haline geldi. Böylece YL, liflevha, kaplama, kontrplak vb. mobilya sektöründe kullanılan endüstriyel malzemeler hayatımızın önemli bir parçası olmuştur. Ağaç türlerinin yoğunluğu, pH değeri, lif yapısı, yongalama sırasındaki rutubet miktarı, ekstraktif madde muhtevası birbirinden önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Ağaç türleri arasındaki bu farklılıklar netice itibariyle levhaya da yansımaktadır (Maloney, 1993; Akbulut, 1995; Bowyer ve Haygreen, 1996). YL üretiminde çam, gürgen, köknar ve diğer ağaçların dalları hammadde; üre, formaldehit reçinesi, sertleştiriciler, parafin ve amonyak ise yardımcı madde olarak kullanılmaktadır (Akbulut, 1995).

Üretim öncesinde odun ham maddesi firmaya getirilir. Getirilen hammaddeler yongalama makinesinde yonga hâline getirilir. Yonga haline getirilenler, yaş yonga silolarına alınır. Kurutmada kurutulmuş olan yongalar, YL üretimine geçecek olan prosesler için üst ve orta tabaka yongaların ayrı silolarda depolanarak tasnif işlemi gerçekleştirilmektedir (Akbulut, 1999).

Odunun yongalanması esnasında düzgün yüzeyli ve kaliteli yongalar elde edilebilmesi için rutubetin % 30-60 olması gerekmektedir. Rutubetin az olması durumunda fazla miktarda toz oluşmakta ve bu durum yonga verimini düşürmektedir. Rutubetin fazla olması durumunda ise yongaların kurutma masraflarında artış görülmektedir ve elde edilecek yongaların yüzeyleri lifli halde görünecektir. Lifli yongalar yapışma işleminde hatalı üretime sebep olmaktadır (Güler ve Özen, 2004). Yongalama işlemi kaba ve ince yongalama şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Yonga hazırlama da kaba yongalar elde edildikten sonra değirmenlerde veya ince yongalama makinelerinde işlenerek kullanıma uygun hale getirme ve yuvarlak odunlardan, levha yapımına uygun uzunluk ve kalınlıkta fakat geniş yongalar elde edilmesi olarak iki sistemi takip etmektedir. Bu yongalama türüne normal yongalama denmektedir (Bozkurt ve Göker, 1985). Kaba yongalamada büyük yongalar elde edilmektedir. Eskiden liflere ağırlıklı liflere paralel yongalama yapılmış olsada, günümüzde liflere dik yongalama yapılmaktadır. Odun hammaddesi liflere dik yönde 30 derecelik açı ile kesilmektedir (Şekil 2.22). Yonga boyutları makinede bulunan elek kesitine göre değişmekle birlikte, genellikle yonga boyları 55-70 mm arasında değişiklik göstermektedir (Güler vd., 2016; Yiğittap, 2016).



Şekil 2.22: Kaba yonga makinesi.



Şekil 2.23: Kaba yonga makinesinden çıkan kaba yongalar.

Kaba yonga makinesinden çıkan kaba yongaların görüntüsü Şekil 2.23 de gösterilmektedir. Üretimde kullanılacak olan uygun yongaları farklı durumlarda elde edilemediğinde önceden yongalama işleminden geçen kaba ve normal yongalar özel makinelerden ve değirmenlerden geçirilerek boyutları azaltılmaktadır (Şekil 2.24). İnce yongaların elde edilmesi için elekli değirmenler tercih edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).



Şekil 2.24: İnce yongalama (değirmen).

Yongalama makinelerinden elde edilen yongalar heterojen boyutlara sahiptir. Bu yongalar kurutma ünitesinde kurutmaya tabi tutulduktan sonra ayrıca bir sınıflandırmaya sokulmasına da gerek vardır (Yiğittap, 2016; İstek, 2010). YL tesisinde en tehlikeli kısım kurutmadır. Kurutma hızı ve kalitesi bakımından odunun tutuşma noktasının üzerinde bir sıcaklıkta çalıştığından bu noktalarda yongaların yanmasını önlemek için, kuruyan yongaların makineyi bir an önce terk etmesi gereklidir. Odunun tutuşma sıcaklığı 200 °C dir. Ancak ekzotermik reaksiyonlar ise 100-150 °C' ler arasında başlamakta olup fazla reçine içerenlerde 80 °C dir. Kurutma makinelerinde 500- 600 °C de yanık gazlar kullanılır. Ancak yongaların kurumasıyla

beraber buharlaşma olduğundan yongaların sıcaklığının 100°C nin üstüne çıkmadığı bilinmektedir. Yonga, kurutucuların hareketsiz kısımlarında uzun süre kalarak, fazla kuruyan yongaların yanması tehlikesini ortaya çıkarır (İstek, 2010). Üretilen yongalarda %30–120 arasında çok değişik nem değerlerine sahiptir. Yongaların rutubetinin fazla veya kuru olması levhanın patlamasına, toz miktarının ve yangın tehlikesinin artması gibi problemlere sebep olmaktadır. Yongalar genellikle % 1,5-3 rutubet aralığına kadar kurutulur. Kurutma işlemi yüksek sıcaklıklarda yapılmakta olup, baca sıcaklığı 120-135 derecelerde olacak şekilde kurutma işlemi yapılır. Bu maksatla döner silindirik (Şekil 2.25), borulu, tamburlu, tablalı, çok bantlı, kontakt, türbünlü, girdaplı ve süspansiyon tipi kurutucular kullanılmaktadır. Bu makinelerde yüksek sıcaklık uygulanarak kurutma yapılır (Özen, 1980; İstek ve diğ., 2013). Yongaların kurutulmasında temas, konveksiyon ve radyasyon yolları şeklinde gerçekleşmektedir (İstek, 2010; Yiğittap, 2016). Şekil 2.25’de döner tamburlu kurutucu görülmektedir.



Şekil 2.25: Döner tamburlu kurutma.

Kurutma makinelerinde yakıt olarak doğalgaz, propan, fuel-oil kullanıldığı gibi zımpara tozu da kullanılabilir. Kurutucularda sıcaklık 600-800°C’ ye kadar çıkabilmektedir. Yongaların kurutulma süresi kısa ve yongalar kurutucu içinden çabuk geçirilirler. Eğer kurutucu içerisinde herhangi bir tıkanıklık olursa yangın çıkar ve ciddi problemlere sebep olmaktadır. Kurutucular yangın ve patlama tehlikelerinden dolayı YL fabrikalarında en tehlikeli kısımlarından birini oluştururlar (Akbulut, 2000).

Eleme işlemi yongaların yüzey alanlarına göre sınıflandırıldığı (mekanik veya tasnif) işlemdir (Şekil 2.26). Elekler alt alta yerleştirilmiş gözenekli tabanları olan makinelerdir. Titreşimli, sallantılı ve dairesel olarak hareket eden elekler mevcuttur. Eleme işlemleri kapalı ortamlarda yapılmaktadır. Eleğin en önemli elemanı elek tabanıdır. Bunlar gözenek şekillerine göre; çıta

tabanlı, saç tabanlı, tarak tabanlı, örgü ve ızgara tabanlı elekler olarak da sınıflandırılmaktadır (Yiğittap, 2016).



Şekil 2.26: Elemek için kullanılan elekler.

Tutkallama işlemi için tutkal ve diğer kimyasallar karıştırılmaktadır. Bu karıştırma işleminden sonra üst ve orta tabakalar serme makinesiyle bant üzerine serilir. Serme işleminde sonra levha taslağı hazırlanır. Levha taslağının hazırlanmasından sonra presleme işlemi için preslerde uygun sıcaklık ve basınç yardımı ile levhalar plaka haline getirilmiş olur. Presleme işleminden sonra sırasıyla soğutma, ebatlama ve istifleme işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemlerden başka satışa hazır olması için 1-3 gün bekletilerek kondisyonlama işlemi yapıp zımparalama işlemi yapılır (Wood Handbook, 1999; Bowyer ve Haygreen, 1996; Maloney, 1993; Akbulut, 1999). Levhanın kalitesini, ağaç türü ve büyük ölçüde yapıştırıcı madde etkilemektedir. Levhalarda yapıştırıcının kaliteli ve yapışma direncinin yeterli olmasından başka, tutkallamanın da kusursuz olması gereklidir (İstek, 2013; Yiğittap, 2016). Yonga levhanın üretiminde yongaların üniform bir şekilde tutkallama işlemi levha özelliklerinin iyi olması açısından önemlidir (Şekil 2.27). Yongaların tutkallanma işleminde yonga yüzeyi ile sıvı tutkal arasındaki oran önemlidir. Yonga kalınlığının artması, tutkal zerresinin çapının küçülmesi, yongada meydana gelecek noktasal yapışmanın artması ve yonga boyutlarının çok fazla büyümesi gibi durumlar altında levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini kötüleştirmektedir (Yiğittap, 2016).



Şekil 2.27: Tutkallama.

Tutkallama işleminden sonra yongaların homojen bir taslak halinde serilmesi gerçekleşir. Presleme işlemine hazır hale getirilmesi üretiminin en önemli adımını oluşturmaktadır. Serme işleminin uygun bir şekilde yapılmaması sonucu meydana gelebilecek hata, levhanın fiziksel özelliklerinin ve özellikle özgül ağırlığının değişmesine, buna bağlı olarak da uygun preslemenin yapılmamasına neden olacaktır. Özgül ağırlıktaki değişiklikler, levhanın mekanik özelliklerinin değişmesine neden olmakla birlikte, bundan daha çok çarpılma ve eğilmeler meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Serme işlemindeki amaç mümkün olduğunca uniform bir taslak (Şekil 2.28) elde etmesidir. Yonga levhalarda özgül ağırlık levhanın bütününde aynı olmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1985; İstek ve diğ., 2013; Yiğittap, 2016).



Şekil 2.28: Levha taslağı (serme işlemi).

Yongalar çeşitli serme sistemlerinden birinin seçilerek serilmesi sonucunda gevşek olan kalın bir keçe oluşturmaktadır. Keçenin kalınlığı levha kalınlığının 20 katıdır. Gevşek haldeki keçenin sarsılması durumunda ince yonga parçacıkları alt kısımda toplanmaktadır. Bunun sonucunda levhaların görünüşlerinde bozukluklar meydana getirir. Bu bozukluklar sonucunda mekanik özelliklerde de değişiklikler olmaktadır. Eğer serme işleminden sonra oluşan levha taslağı, doğrudan sıcak prese verilirse, pres katları arasındaki açıklık artmakta, yani, presin kapanma süresi uzamakta ve ısı kaybı meydana gelmektedir (Güler, 2001; Yiğittap, 2016).

Presleme işleminde sırasıyla soğuk ve sıcak pres birbirini takip etmektedir. Soğuk pres aynı zamanda ön pres olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.29). Şekillendirme kalıplarında ya da kenar çerçeveleri içerisine serilmiş olan yonga taslağı soğuk preste sıkıştırılma işlemine maruz bırakılır. Aynı zamanda hava çıkışını sağlanmaktadır. YL taslağı soğuk presleme işlemine maruz bırakılmayıp sıcak presleme işlemine yapılır. Presin kapanmasıyla yüzey düzgünlüğünü sağlayan küçük boyutlu yongalar uçarak yer değiştirmektedir. Böylece üretilmiş olan levhaların yüzey düzgünlüğü bozulur. Ön presdeki basınç 15-20 kp/cm² dir (Güler, 2001; Yiğittap, 2016).



Şekil 2.29: Ön pres (Soğuk pres).

Levha taslağı, YL özelliğini sıcak preslerde kazanmaktadır. İstenilen levha kalınlığını elde etmek için uygun sıcaklık altında sıkıştırılarak presleme işlemi gerçekleştirilebilir. Bu işlem esnasında, sıcaklığın etkisiyle tutkal sertleşmektedir. Sertleşme sonucunda stabil bir malzemenin elde edilmesi sağlanmış olur. Preslerde (tek veya çok katlı) basınç hidrolik olarak sağlanmaktadır. Pres plakaları sıcak su, buhar, kızgın yağ ya da yüksek frekans ile ısıtılabilir. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne bağlı olarak 150–220 °C arasında değişmektedir. Presleme süresi tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3–7 dakika arasında

olmaktadır (Akbulut, 2000; Ayrılmış, 2000; Yiğittap, 2016). Sıcak presler çok katlı presler (Şekil 2.30) olarak da bilinmektedir.



Şekil 2.30: Çok katlı pres.

Presten çıkan levhaların sıcaklığının 70 °C'nin üzerinde üst üste istiflenmesi halinde üre formaldehit tutkalı rutubetinin etkisiyle hidroliz olmaktadır. Böylece direnç değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu sebepten dolayı üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalar 70°C altında sıcaklık değerlerine kadar soğutulduktan sonra üst üste istiflenmelidir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda sıcak istiflemeyen dolayı bir sakınca oluşmamaktadır (Güler, 2001; İstek ve diğ., 2013; Yiğittap, 2016). Levhalardaki iklimlendirme yani klimatize işlemini yıldız soğutucular üstlenmiştir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31: Yıldız soğutucu.

Presten çıkan yonga levhalar, özellikle mobilya endüstrisinde kullanılacak olanlar, doğrudan kullanıma hazır olmayanlardır. Yıldız soğutucudan levhalar istif halinde çıkar. Bu istifler düzgün zemin üzerine Şekil 2.32'de görüldüğü gibi istiflenir. Bu şekilde minimum bir gün bekletildikten sonra zımparalama işlemine geçilir. Zımparada belirlenmiş kalite standartlarına

göre levhalar, 1. kalite, 2. kalite ve standart dışı olarak sınıflara ayrılır. Levhaların zımparalanmasından sonra levhalar düz bir altlığın üzerine üst üste konarak depolarda istiflenmektedir (Güler, 2001; İstek ve diğ., 2013; Yiğittap, 2016).



Şekil 2.32: İstifleme.

Yüzeyleri pürüzlü ve kalınlıkları homojen değildir. Bu nedenle yüzeyleri daha sonra yapılacak işlemlere hazırlamak ve kalınlıkta olabilecek hataları gidermek için zımparalama makineleri ile zımparalanır. Zımparalama makinelerinde kalınlık ayarı yapıldıktan sonra levha tek geçişte her iki yüzü de zımparalanmış olarak çıkar. Genellikle 4 adet zımpara makinesi kullanılır (Şekil 2.33). Bu makinelerde 60-80-100-120 kum zımpara bantları kullanılır (İstek ve diğ., 2013; Yiğittap, 2016).



Şekil 2.33: Zımparalama.

2.14.2.Orta Yoğunluklu Lif Levha (OYLL)

OYLL termomekanik olarak odun veya diğer selülozik hammaddelerden elde edilmiş olan ağaç liflerinin sıcakta sertleşebilen sentetik reçine ile kaynaştırılması suretiyle doğal olmayan yöntem ve sonradan yapılan mühendislik çalışması ile levhalar halinde uygun sıcaklık ve basınç altında üretilen düzgün yüzeye sahip üzerinin kaplamaya ve baskıya uygun halde olan gerekirse boyanabilen ve ağacın işleyebilen makineler vasıtasıyla masif odun gibi işlenebilen ahşap esaslı kompozit malzemedir (Şekil 2.34). OYLL'e piyasada duralit, sümerlit vb. isimlerle bilinmektedir (Özen, 1980; Eroğlu ve Usta, 2000; TOBB, 2012).

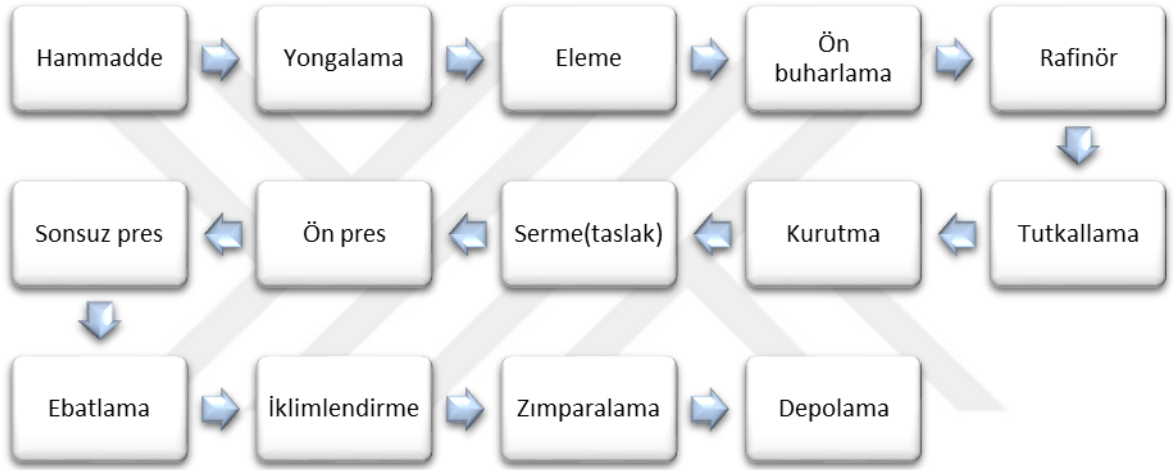
Liflevha üretiminde; kereste fabrikası artıkları, kontrplak fabrikası artıkları, kontratabla fabrikası artıkları, mobilya üretim tesisleri artıkları, odun artıkları, ağaç kabuğu, ağaç dalları, kalın talaşlar, keten, kendir, kamyş, mısır gibi hammaddeler kullanılır. Liflevhalar yumuşak, orta yoğunluklu ve sert liflevha olarak üç gruba ayrılmaktadır (Şahin ve diğ., 2013).



Şekil 2.34: Orta yoğunluklu liflevha (OYLL) (Url-25).

Kalınlık bakımından uygun üretilebilmesi için makine ile işlenmeye elverişli şartlara sahip olmasının yanında sağlamlığı, OYLL'nin çekmece yanları, ayna çerçeveleri ve pervazlar gibi yerler için uygun olmasının masif ahşaba alternatif olarak kullanılabilme imkanı sunmaktadır. OYLL'nin her yerinde liflerin eşit dağılıp levhanın her iki yüzünün olduğu kadar kenarlarının da makineyle herhangi bir kırılma meydana gelmeksizin ve malzeme parçacıkları arasında boşluklar meydana gelmeksizin işlenmeye imkan vermektedir. Böylece liflevhalar; masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahalı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde kullanılabilir. Son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahip olan OYLL gerek boyama işlemi, gerekse dekoratif folyo veya ahşap kaplamada çok iyi bir taban

oluşturmaktadır (Ayrılmış, 1999). Mutfak, banyo, oturma gurupları, profil vb. mobilya endüstrisinde OYLL kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Türkiye ve dünya da ahşap kullanımının söz konusu olduğu pek çok yerde masif malzeme yerine OYLL kullanımı söz konusudur (Bowyer ve Haygreen, 1996; Güller, 2001). İnşaat sektöründe ise prefabrik yapılarda, parke ve kalıp olarak kullanımı söz konusu iken, makine sektöründe ise tabla, bölme ve ambalaj v.b. yerlerde kullanılmaktadır (Maloney,1996; Bowyer ve Haygreen, 1996; Güller, 2001). Aşağıdaki şekilde bir OYLL üretim sürecini gösteren Şekil 2.35 de yer almaktadır:



Şekil 2.35: OYLL üretim şeması.

XYZ AŞ.de OYLL üretiminin gerçekleşmesi için ilk başta odun hammaddesi (odun cipsi, tomruk vb.) firmaya getirilir. Şekil 2.35 de gösterilen OYLL üretim akışındaki işlemleri takip ederek son ürün olan OYLL üretimi gerçekleşir.

XYZ AŞ.'nin OYLL üretim esnasında yongalama (kaba ve ince yongalama), tutkallama, kurutma, serme, presleme ve zımparalama işlemlerinde SG'ları açığa çıkmakta ve CO₂ emisyonuna yönelik herbir prosesin karbon ve enerji ayak izleri hesaplanmıştır.

YL ve OYLL üretimleri birbirine benzerdir. Ancak bazı küçük farklılıklar göstermektedir. Hem YL da hem de OYLL'nın yaklaşık %90'ından fazlasını odun oluşturmaktadır. YL da bakım, aralama kesimleri ve budama sonucu elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları ve ağaç endüstrisindeki artıklar kullanılırken, OYLL da ise sert ve yumuşak ağaç türleri kullanılmaktadır (Maloney, 1996; Bowyer ve Haygreen, 1996 ; Akbulut, 1999; Url-23).

OYLL üretimindeki liflendirme ünitesi; pişirme kazanı, pişirme kazanı silosu ve rafinerden oluşmaktadır. Sistemin ana prensibi odunun kimyasal olarak yaklaşık %30'unu oluşturan ligninin 170-180°C'de 7,5-8 bar basınç altında yumuşatılarak mekanik işleme liflerin ayrılmasıdır. Pişirme kazanı silosu, pişirme kazanın üzerinde dozajlama görevi yapar ve yongalara ön buhar verir. Böylece pişirme kazanına giren yongalar, diskler üzerindeki segmentlerinin aşırı ısınmalarını engellemek için en az %40-60 rutubette olmalıdır. Yongalar pişirme kazanına alınırken 2-3 bar basınç altında sıkıştırıldıktan sonra pişirme kazanına gönderilir. Bu göndermenin temel nedeni sıkıştırılan yonganın aniden gevşeyerek buhar ve basınç altında şişmesini sağlamaktır. Kazan içerisinde yongalar homojen bir şekilde pişirilir. Yongaların pişirme kazanındaki sıcaklığı 170-180°C 7,5-8 bar basınç altında 3-5 dk. doymuş buharla muamele işlemi gerçekleştirildikten sonra basınç altında rafinere gönderilir. Rafiner, pişirme kazanında uygun sıcaklık ve basınç altında yumuşatılan yongaların liflendirme işleminin yapıldığı yerdir. Rafinerdeki disk açıklığı elde edilebilecek lifin özelliklerine göre 0,1-0,4 mm arasında değişmektedir. Rafinere giren yongaların liflendirilmesi 1-2 sn. içinde buharın sıcaklığına ve basıncına göre diskin sıcaklığı 140-170°C arasında değişmektedir (Akbulut, 2001; Url-23).

OYLL üretiminde tutkallama işlemi kurutmadan önce iken, YL da ise kurutmadan sonra gerçekleşmektedir. OYLL üretiminde tutkallama işlemi, rafiner çıkışında lifler kurutma tüpüne girmesi ve liflerin kurutulup tutkallama makinesinde tutkallamanın gerçekleşmesi olarak iki şekilde gerçekleşmektedir (Url-23). Üre formaldehit tutkalı, başka bir kısımda hazırlanan sertleştirici ve diğer katkı maddeleri ile belirli oranlarda karıştırılarak tutkal tankında depolanır. Hazırlanan tutkal, lif çıkış borusunun iki veya dört yerinden almaçlı olarak eşit oranlarda liflere enjekte etme işlemi gerçekleşir. Almaçlı olmasının sebebi liflerin homojen olarak tutkallanmasını sağlamaktır (Akbulut, 2001). Tutkal ve diğer katkı maddelerinin katılımının sağlanıp üretim için uygun hale getirilmiş lifler buhar basıncı ile kurutucuya gönderilir. Kurutma ünitesinde lifler sıcak hava akımı ile hem kurutulur hem de kuru lif siklonuna taşınır. Kurutma sonunda liflerin rutubet oranları %10'a düşer. OYLL ve YL üretiminde kullanılan presler izokorik sisteme sahiptir (Ayrılmış, 1999; Akbulut, 1999; Url-23; Ayrılmış, 2000; Akbulut, 2001).

2.14.3. Dünyada Yonga ve Liflevha Üretimi

1940'lı yıllardan beri çeşitli kullanım yerlerine uygun YL üretebilmek için yoğun çalışmalar yapılmakta ve sürmektedir. Bütün yapılan çalışmaların gayesi; daha dirençli, daha stabil, daha dayanıklı ve daha düzgün yüzeyli levha üretimini sağlamaktır. 1940'lı yıllarda odunun doğal kusurlarından uzak, izotrop ve homojen bir yapıya sahip yonga levha üretimine geçilmiştir.

Üretimin ilk yıllarından itibaren tek katlı levhalar (homojen) üretilirken, daha düzgün yüzey elde etmek için ince yongaların yüzey tabakalarında kullanılmasıyla üç katlı levhalar, daha sonra ise rüzgarlı serme sisteminin geliştirilmesiyle katları belirsiz levhalar üretilmiştir. Dünyada YL'nın endüstriyel bakımından üretimi 1941 yılından itibaren hızlı bir gelişim sürecindedir. 1950 li yıllarda Türkiye'de YL ve liflevha üreten kuruluşlar açılmış ve üretime başlanmıştır. II. Dünya savaşından sonra şehirlerin baştan yapılandırma çalışmalarında büyük boyutlu malzemeye ihtiyaç duyulmasından dolayı YL ve liflevha endüstrilerinin faaliyetleri hızla artmaya başlamıştır. YL üretiminin hızlı bir şekilde artması ile az gelişmiş ve gelişmiş ülkelerde üretim artmış ve gelişmeye devam etmiştir. Az gelişmiş ülkelerde 1978 yılında üretilen YL miktarı, 1956 yılındaki üretilen miktarı 60 katı olmuştur (OKA, 2013).

Günümüzde ağaç malzeme hem masif hem de odun kompozitleri olarak birçok yerde kullanılmaktadır. Masif ağaç malzemenin geniş yüzey gerektiren yerlerde kullanımının az olması ve ekonomik koşullar nedeniyle odun hammaddesinden teknik yollarla YL, liflevha, kontrplak vb. ahşap levhalar üretilmiştir. II. Dünya Savaşı yıllarında Avrupada ortaya çıkan kereste sıkıntısı nedeniyle yonga ve lif levhaların üretimine başlanmıştır. Küçük boyutlu ve düşük değerli tomrukların kullanılmış ve geniş boyutlu bir levhaya dönüştürülmesiyle geniş bir kullanım alanı oluşmuştur (Güller, 2001). 1960'lı yıllardan itibaren yönlendirilmiş, etiket ve şerit yongalı levha üretimi başlamıştır 1970 li yılların başından itibaren yapıştırıcı izosiyanat tutkalı devreye girmiştir. Çeşitli kullanım yerlerinin isteklerine uygun; yani direnci yüksek, stabil, düzgün yüzeyli ve çürümeye karşı dayanıklı YL üretebilmek için, hammadde ve proses parametrelerinin etkisini optimum bir şekilde kombine etmek gerekir.

YL ağırlığının yaklaşık %90'ını odun hammaddesi oluşturmaktadır. Bu yüzden ağaç türünün levha özelliklerini etkilemesi kaçınılmazdır. Ağaç türlerinin yoğunluğu, pH değeri, lif yapısı, yongalama sırasındaki rutubet miktarı, ekstraktif madde muhtevası birbirinden önemli ölçüde farklılık gösterenbilmektedir. Ağaç türleri arasındaki bu farklılıklar netice itibariyle levhaya

da yansımaktadır (Url-23). Genellikle ağır odunlar yongalanırken nisbeten kaba ve yüzey alanı küçük yonga verirler. Üretilen levha yoğunluğu aynı olmak şartıyla hafif ağaç türlerinden (İYA ve bazı YAlar) elde edilen levhaların direnç değerleri daha yüksek bulunmuştur (Kamden/Sean 1984). Yongalara %10-12 oranında kabuki karıştırılması halinde tek katlı levhaların direnç değerlerinde %9-16 oranında bir azalma olmaktadır. Aynı miktarda kabuk üç katlı levhaların orta tabakalarına ilave edildiğinde is direnç değerleri %5-10 oranında azalmaktadır (Akbulut, 1999).

Orman ürünleri sektöründe gelişen sanayi kollarından biride YL endüstrisidir Bu endüstride orman ve kereste fabrikası artıklarının değerlendirilmesinin yanı sıra tüm lifli lignoselülozik kaynaklar hammadde olarak kullanılabilir. Çoğunlukla mobilya sektöründe kullanılan yongalevha, inşaat ve taşımacılıkta da geniş kullanım alanına sahiptir (Güler ve diğ., 2006). Dünya genelindeki gelişmelere benzer şekilde Türkiyede son yıllarda YL endüstrisi hızlı bir gelişme göstermektedir Türkiyede 1965 yılında 20000 m³ olan YL üretimi 1978 yılında 415000 m³ ulaşmıştır. Odun kökenli levha ürünleri (kontrplak, liflevha, kontrtabla, YL) içerisinde YL üretimi en son gerçekleşmiştir Ancak çok hızlı bir gelişme göstererek 1950 yılında 0,02 milyon m³ olan dünya YL üretim miktarı 1996 yılında 66641 milyon m³'e ulaşmıştır. 1960 yılında 7000m³ olan YL üretimi büyük bir artışta 1996 yılında 1600000 m³'e yükselebilmıştır (DPT 1965-1997). Bu hızlı artışın en önemli sebebi YL üretiminde kullanılan hammadde türünden kaynaklanmaktadır. Bu endüstri orman ve ağaç işleyen endüstri artıklarının kullanım imkanını arttırmıştır ve bir taraftan ormanları ıslah ederken diğer taraftan ince çaplı materyalde kullanım alanı oluşturmuştur. Böylece YL üretimi hızlı bir gelişme göstermiştir. Odun ve odun kökenli ürünlerin en önemli kullanım alanlarından biri inşaat sektörü ve bu sektöre bağlı olarak gelişen yapı elemanı ve mobilya sektörleridir. Bu sektörlerin dışında kağıt ve ahşap levha sektörleri de odunun önemli tüketim yerleridir (DPT 1965-1997).

YL ve liflevha sektörlerindeki hammaddenin işlenme kapasitesi 2005 yılında 8 milyon m³ iken, Eylül 2008 itibariyle bu değer 8,6 milyon m³'e yükselmiştir. YL Sanayicileri Derneği Eylül 2008 verilerine göre, fiili olarak çalışmakta olan sektörler alındığında YL ve liflevha sektörünün 18.500.000 Ster/Yıl veya 1 m³ 'ün ster hesabıyla 6.166.667 m³/yıl oduna ihtiyaç duymaktadır (Dayanıklıoğlu,2008; Anonim, 1993). Bu ihtiyaç duyulan değer 2007 yılında % 5 artmıştır. Kullanılan hammaddenin %23'ü Orman Genel Müdürlüğünden tahsis yolu ile, % 25'i köylü pazar satışları ve ihale yolu ile, % 15'i endüstriyel atık ve talaş, % 12'si kavak ve

tapulu kesim ile, % 25'i ise ithalat ile karşılanmaktadır. Kurulu kapasite göz önüne alındığında talep edilen odun miktarı 25.806.900 ster/yıl (yaklaşık 8,6 milyon)'dır (Url-11).

Türkiye YL Sanayicileri Derneğine göre (Eylül 2008) ülkemizde 24'ü YL, 14'ü liflevha ve biri yönlendirilmiş YL olmak üzere toplam 39 tane tesis bulunmaktadır. Bu tesislerden YL da 5, lif levhada ise 1 adet tesis de çalışma gerçekleşmemektedir. Günlük 13241 m³ YL üretim kapasitesi 3.972.300 m³/yıl iken günlük 11575 m³ liflevhanın üretim kapasitesi 3.472.500 m³/yıl'dır. Yıllara göre kurulu kapasite gelişimi Tablo 2.8 de gösterilmiştir (Akbulut ve Ayrılmış, 2001; Dayanıklıoğlu, 2008; Anonim, 1993).

Tablo 2.8:Türkiye yongalevha (YL) ve orta yoğunluklu liflevha (OYLL) üretim kapasitesinin gelişimi (Dayanıklıoğlu, 2008; Yonga Levha Sanayicileri derneği, 2008).

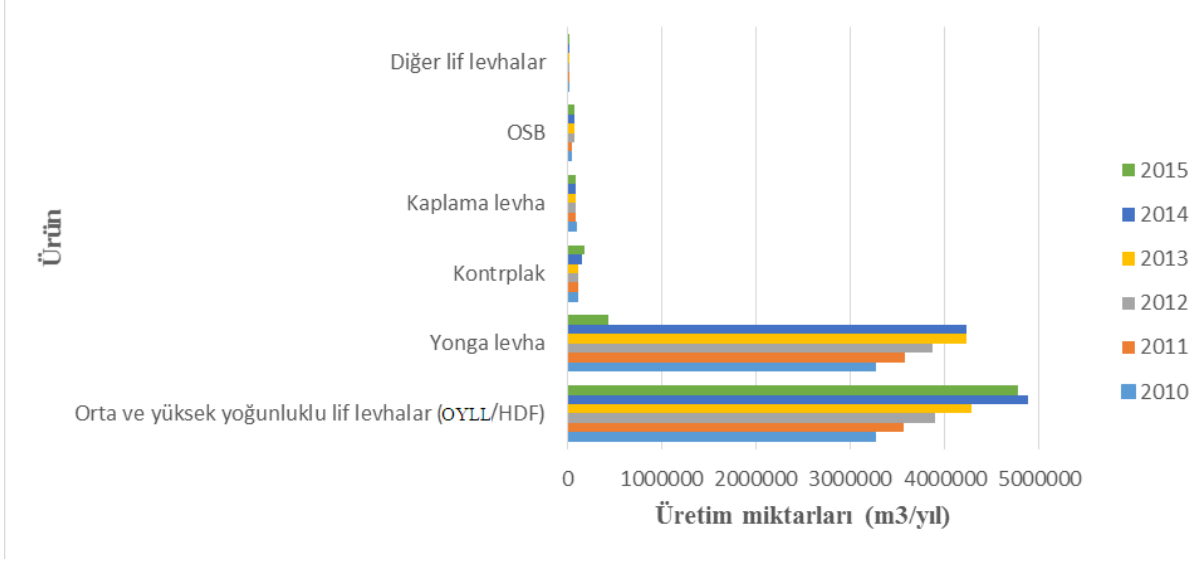
YIL	YL üretimi (m ³ /yıl)	Artış %'si	OYLL üretimi (m ³ /yıl)	Artış %'si
1990	1529000	-	60000	-
1995	2009000	3,1	300000	400
2000	2380000	1,8	670000	123,3
2005	3888300	6,3	2457000	266,7
2006	3888300	6,3	2457000	266,7
2007	3729300	-4,0	2757000	0
2008	3972300	6,5	3472000	25,9

Tablo 2.8'de son on yılda YL da 2 kat, OYLL da ise 5 katından fazla kapasite artışı gerçekleşmiştir. YL tesislerinde 3.365, lif levha tesislerinde ise 2.603 işçi çalışmakta olup üretilen ürünlerin % 10'u kaplamasız olarak, % 90'ı ise hem kaplamasız hem de çoğunlukla melamin içirilmiş dekorlu kağıtlarla kaplayarak piyasaya sürülmektedir. Liflevha sektörünün tümünde ise melamin kaplama hattı bulunmakta ve ürünlerinin büyük bir kısmı kaplandıktan sonra piyasaya sunulmaktadır (Örs ve Akyıldız, 2005).

İhracatın ithalatı karşılama oranı yaklaşık 0,79'dur. 1999-2006 yılları arasında üretim 1,67 kat, ihracat 5,9 kat artarken ithalat ise 12,78 kat artış göstermiştir. YL ihracatının toplam ihracat içindeki payı % 0,062'dir. Türkiye'nin lif levha ihracat ve ithalat miktarları, 1999-2006 yılları arasında Türkiye lif levha dış ticareti negatif seyretmekle birlikte ihracatın ithalatı karşılama oranı 1999'dan 2006'a önemli ölçüde yükselme göstermiştir ve 0,172'den 0,8332 değerine ulaşmıştır. 2006 yılında ihracatın üretim miktarına oranı sadece 0,15'tir (TOBB, 2012; Kurtoğlu ve diğ., 2009; Kurtoğlu, 2006).

2.14.4. Türkiye'nin Odun Bazlı Levha Üretimine Genel Bakış

Ülkemizde üretilen odun bazlı levha üretim tesislerinin birçoğunun yüksek miktarda üretimi ve kaliteli ürün üretimleriyle dünyada ve Avrupa'da sayılı kuruluşlar arasında yerini almaktadır. Türkiye odun bazlı levha üretim firması olarak dünyada 5. Avrupa'da ise Almanya'dan sonra 2. sırada yer almaktadır. OYLL üretiminde ise Avrupa'da 1. sırada Dünyada ise 2. sırada yer alır. YL üretiminde ise Avrupa da 3. sırada Dünyada ise 5. sırada yer almaktadır. Laminat parke üretiminde ise Avrupa'da 2., Dünyada ise 3. sırada yer almaktadır (OAİB, 2015). Ancak ülkemiz bu alanda üretim maliyetleri ve son kullanım yerleri bakımından katma değeri yüksek ürünleri üretme, iç ve dış pazarlara sunabilme ve rekabet edebilme konularında henüz yeterince güçlü bir yapıya ulaşamamıştır (Çabuk ve diğ., 2013; Çabuk ve diğ., 2015). Ülkemizde 2010-2015 yılları arasında odun bazlı levha üretim miktarları Şekil 2.40 da gösterilmiştir (FAOSTAT, 2017).



Şekil 2.36: Türkiye 2010-2015 yıllarında odun bazlı levha üretim miktarları (m³/yıl) (Faostat, 2017).

Şekil 2.36'da görüldüğü gibi ülkemizde odun bazlı levha üretimi 2010 yılında toplam 6,796 milyon m³ iken, bu miktar 2015 yılında %37.21 artışla 9,489 milyon m³ olmuştur. Buradan anlaşılacağı üzere en yüksek üretimin orta ve yüksek yoğunlukta lif levhalar (OYLL/HDF) olduğu, bunu YL ve kontrplak üretimi takip etmektedir. OYLL/HDF üretimi 2010 yılında 3,265 milyon m³, 2014 yılında 4,885 milyon m³ ve 2015 yılında bir miktar düşerek 4,777 milyon m³ olmuştur. 2010 ile 2014 yılları arasında üretim miktarı %49,62 artmıştır. Buna karşın 2014 yılına göre 2015 yılında üretim miktarının % 2,21 oranında azaldığı görülmektedir. Bu düşüşün nedeni 2014-2015 yıllarında dünyada meydana gelen ekonomik durgunluğun sebebinin nedeni ülkemizde de hissedilmiş olmasıdır. YL üretiminde de OYLL/HDF üretimine benzer bir durum söz konusu olmaktadır.

3.MALZEME VE YÖNTEM

3.1.MALZEME

Marmara bölgesinde bulunan büyük bir entegre odun bazlı levha endüstrisi olan XYZ A.Ş. firması YL, OYLL ve parke üretimi yapmaktadır. Bu entegre firmasının hem YL hem de OYLL ürünü üretmek için fabrika içi üretimden kaynaklanan KAI ve EAI değerlerini hesaplayabilmek için bazı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan hesaplamalarda firmanın 2015 yılına ait 1 yıllık veriler kullanılmıştır.

Ayak izlerini hesaplayabilmek için ihtiyaç duyulan bu bilgiler şunlardır:

- Proseslerde kullanılan enerji tipi ve kullanılan enerjiye göre emisyon faktörleri (Tablo 4.1)
- Satın alınan elektrik miktarı (Tablo 4.2)
- 2015 yılındaki KAI ve EAI değerlerini bulmak için proseslerde tüketilen enerji miktarları (EK 1, EK 2, EK 3)
- Elektrik enerjisi kaynaklarına göre 2015 deki TEİAŞ'ın üretmiş olduğu enerji miktarları (Tablo 4.3)
- Türkiye'de bulunan termik santrallerde birim enerji üretimi başına CO₂ miktarı (Tablo 4.4)
- Enerji kaynağına göre birim kWsa elektrik üretmek için açığa çıkan CO₂ miktarı (Tablo 4.5)
- Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin birincil kaynaklara göre dağılımı (Tablo 4.6)
- Fabrika içinde kullanılan eskalator, volvo ve forklift gibi araçların yıllık yakıt tüketim miktarı (Tablo 4.11 ve Tablo 4.27)
- Üretilen yıllık YL miktarı (Tablo 4.7)
- Üretilen yıllık OYLL miktarı (Tablo 4.21)
- XYZ AŞ.nin 2015 yılında OYLL üretiminde üretilmiş olan enerji miktarı (EK 2)

Odun bazlı levha endüstrisinde KAI değerlerinin belirlenmesi amacıyla, çevre odaklı üretime katkı sağlayacak şekilde, uluslararası geçerliliği olan HPIK (IPCC) 2006 hesaplama kılavuzundaki metotlardan genelde Tier 1 metodu kullanılmıştır. Ancak sadece tesiste kullanılacak elektrik TEİAŞ tan sağlanacağı için bu kurumun üretmiş olduğu elektriğin karbon ayak izi hesabında Tier 3 metodu kullanılmıştır. XYZ AŞ.de hem YL hem de OYLL üretiminin gerçekleşmesi için ilk başta odun hammaddesi (odun çipsi, tomruk vb.) firmaya getirilir. Her bir ürünü üretmek için birbirini takip eden belli başlı prosesleri takip ederek YL ve OYLL üretilmiş olur. XYZ AŞ. firması 2015 yılında 423096 m³ YL ve 389561 m³ OYLL üretmiştir. Bu üretimleri gerçekleştirmek için nadirde olsa 3223067 kWsa'lık elektrik satın almıştır üretmiştir. Bu firma her iki ürünü üretmek için %76 oranında doğalgaz ve %24 oranında biyokütle tüketmiştir. Her iki üretimde firmada çalışan volvo,eskalatör ve forklift gibi fabrika içi hammadde ve ürün taşımada 29365 L dizel tüketilmiştir.

Her bir ürünü üretmek için her bir üretimi oluşturan proses ve makine bazında elde edilen enerji ve yakıt tüketimine ait verilerle Tier metodu kullanımı ile emisyon hesaplaması yapılip değerlendirilmiştir.

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Karbon Ayak İzi (KAI) Hesabında Tier Metodu

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 2006 (IPCC 2006) Kılavuzuna göre KAI değeri/leri hesaplanır. Bu kılavuza göre bir şirkete ait doğrudan ve dolaylı emisyonlar hesaplanmış olur. IPCC 2006 Kılavuzuna göre karbon ayak izi hesabı için verilen veriler doğrusunda Tier metodları (Tier 1, 2 veya 3) kullanılır. Değişik kullanım yerlerine göre Tier metodlarının karşılaştırması Tablo 3.1 de gösterilmiştir (Url-15).

Tablo 3.1: Tier metodlarının karşılaştırılması (Url-15).

	Tier 1	Tier 2	Tier 3
Enerji	Ev dışı tüketim ürünlerinin (EDT) alt sektörü eklenmeli	Ülkeye özel emisyon faktörü verisi üretilmeli	Tesis bazında detaya inmek mümkün, Uygulanabilir
Yakma tesisleri	-	-	Uygulanabilir
Ulaşım	-	-	Model geliştirilmeli
Endüstriyel üretim	Eksik sektörler için veri tamamlanmalı	Kısmen uygulanabilir	Kısmen uygulanabilir
Solvent kullanımı	Veri eksikliği tamamlanmalı	Kısmen uygulanabilir	-
Tarım	-	Ülkeye özel veri üretilmeli	Kısmen uygulanabilir
Arazi kullanımı	Eksik arazi sınıfları eklenmeli	Eksik arazi sınıfları eklenmeli	Model geliştirilmeli
Atık	Veri eksikliği tamamlanmalı	-	-

5 adım prosedür işlemlerinin takibi sonucu karbon ayak izi hesabı yapılabilir. Bu işlemler şunlardır:

- 1) Belli bir sektörün bütün proseslerinde tüketilen yakıt miktarı değerlerinin belirlenmesi
- 2) Tüketilen yakıt değerine göre enerji konseptini bulma
- 3) İlgili tüketilen yakıt/enerji tipine göre karbon emisyon faktörünü ve toplam karbon miktarını bulmak

- 4) Oksitlenmeden ve yanma sonucu ortaya çıkan karbon emisyonunu bulmak
- 5) CO₂ moleküler ağırlığının karbon molekül ağırlığına bölünmesiyle karbon değerine ulaşmak ve CO₂ biriminden dönüşüm yapmak

Tier metodları Tier 1,2 ve 3 olarak aşağıda formüller halinde gösterilip açıklanmıştır (Pekin, 2006; Atabey, 2013; Turanlı, 2015; IPCC, 2006):

Tier 1 metodu

Tier 1 metodu basit yöntem olarak bilinmektedir. Formülü aşağıda gösterilmiştir.

CO₂ emisyonu= Yakıt tüketimi*Emisyon faktörü*Oksidasyon faktörü

CO₂ emisyonu : Yakıt türüne bağlı sera gazı miktarı (kg CO₂)

Yakıt tüketimi : Tüketilen yakıt miktarı (kg, lt yakıt)

Emisyon faktörü : Yakıt türüne bağlı varsayılan sera gazı (SG) CO₂ emisyon faktörü
(kg CO₂/kg yakıt)

Oksidasyon faktörü : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)' de oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmektedir.

Karbon kolay oksite olduğundan dolayı CO₂'e dönüşür ve oksidasyon faktörü CO₂'e bağlı olarak 1 kabul edilir.

Tier 2 metodu

Tier 2 metodu, aktivite verisine sahip ülkeye özel emisyon faktörü gerektirir.

1. alternatif

CO₂ emisyonu= Yakıt tüketimi*Emisyon faktörü*Oksidasyon faktörü

Oksidasyon faktörü : IPCC' de oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmektedir.

CO₂ emisyonu =Yakıt tüketimi*Emisyon faktörü

Emisyon faktörü= C*(MA_{CO₂}/MA_C)

MA_{CO₂}=44 ; MA_C=12

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Yakıt tüketimi} * C * (44/12)$$

CO₂ emisyonu : Yakıt türüne bağlı sera gazı miktarı (kg CO₂)

Yakıt tüketimi : Tüketilen yakıt miktarı (kg yakıt, lt yakıt)

MA : CO₂ ve C molekülünün ağırlığı (kg CO₂/mol ve kg C /mol)

C : Yakıt karbon yüzdesi (%) (kg C/ kg yakıt)

2. alternatif

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Yakıt tüketimi} * \text{Emisyon faktörü} * \text{Oksidasyon faktörü}$$

Oksidasyon faktörü : IPCC'de oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmektedir.

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Yakıt tüketimi} * \text{Emisyon faktörü}$$

$$\text{Emisyon faktörü} = C * (M_{\text{ACO}_2} / M_{\text{AC}})$$

$$M_{\text{ACO}_2} = 44 ; M_{\text{AC}} = 12$$

$$\text{Yakıt tüketimi} = \text{Enerji tüketimi} / \text{Isıl değer}$$

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = (\text{Enerji tüketimi} / \text{Isıl değer}) * C * (44/12)$$

CO₂ emisyonu : Yakıt türüne bağlı sera gazı miktarı (kg CO₂)

Enerji tüketimi : Isıl değere bağlı tüketilen enerji miktarı (kcal)

Isıl değer : Tüketilen yakıtta göre oluşan ısıl değer miktarı (kcal/kg yakıt)

Yakıt tüketimi : Tüketilen yakıt miktarı (kg yakıt, lt yakıt)

MA : CO₂ ve C molekülünün ağırlığı (kg CO₂/mol ve kg C /mol)

C : Yakıt karbon yüzdesi (%) (kg C/ kg yakıt)

Tier-3 (Daha detaylı tesis bazlı ülkeye özel yöntemler)

Tier 3 metodu, daha detaylı tesis bazlı ülkeye yönelik özel bir yöntem gereken bir metottür.

Yanma koşulları, yanma teknolojileri büyüklüğünün tipi, bakım, işletme koşulları, emisyon kontrol teknolojisi ve yakıt karakterizasyonu gerektirir.

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Yakıt tüketimi} * \text{Emisyon faktörü} * \text{Oksidasyon faktörü}$$

Oksidasyon faktörü : IPCC'de oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmektedir.

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Yakıt tüketimi} * \text{Emisyon faktörü}$$

$$\text{Emisyon faktörü} = C * (M_{\text{ACO}_2} / M_{\text{AC}})$$

$$M_{\text{ACO}_2} = 44 ; M_{\text{AC}} = 12$$

$$\text{Yakıt tüketimi} = [\text{Enerji tüketimi} / (\text{Isıl değer} * \text{Verim})]$$

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = [\text{Enerji tüketimi} / (\text{Isıl değer} * \text{Verim})] * C * (44/12)$$

- CO₂ emisyonu : Yakıt türüne bağlı sera gazı miktarı (kg CO₂)
- Enerji tüketimi : Isıl değere bağlı tüketilen enerji miktarı (kcal)
- Isıl değer : Tüketilen yakıtta göre oluşan ısıl değer miktarı (kcal/kg yakıt)
- Verim : Tüketilen enerji kaynağına göre elde edilen verim oranı (%)
- C : Yakıt karbon yüzdesi (%) (kg C/ kg yakıt)
- MA : CO₂ ve C molekülünün ağırlığı (kg CO₂/mol ve kg C /mol)

Elektrik enerjisine bağlı olan emisyon faktörü

$$\text{Emisyon faktörü} = [(1\text{kWsa} * 860 \text{ kcal/ kWsa}) / (\text{Isıl değer} * \text{Verim})] * C * 44 / 12$$

- Emisyon faktörü : Yakıt türüne bağlı sera gazı miktarı (kg CO₂/ kWsa elektrik)
- Isıl değer : Tüketilen yakıtta göre oluşan ısıl değer miktarı (kcal/kg yakıt)
- Verim : Tüketilen enerji kaynağına göre elde edilen verim oranı(%)
- C : Yakıt karbon yüzdesi (%) (kg C/ kg yakıt)
- MA : CO₂ ve C molekülünün ağırlığı (kg CO₂/mol ve kg C /mol)
- 1 kWsa : 860 kcal

Tier 1 metoduna göre aşağıda gösterilen birim türünden karbon emisyonu farklı bir şekilde aşağıda hesaplanmıştır:

$$1) \text{ Enerji tüketimi (TJ)} = \text{Tüketilen yakıt(t)} * 10^{-3} \text{k} * \text{Dönüşüm faktörü(TJ/kt)}$$

Dönüşüm faktörü (TJ/kt)

- Benzin = 44,8

- Dizel = 43,33

$$2) \text{ Karbon içeriği (tC)} = \text{Karbon emisyon faktörü} * \text{Enerji tüketimi}$$

Karbon emisyon faktörü

-Benzin=18,9

-Dizel=20,2

-Doğal gaz=15,3

$$3) \text{ Karbon içeriği (GgC)} = \text{Karbon içeriği(tC)} * 10^{-3}$$

$$4) \text{ Karbon emisyonu (GgC)} = \text{Karbon içeriği(GgC)} * \text{Karbon oksitleme oranı}$$

Karbon oksitleme oranı

-Sıvı yakıt=0,99

-Gaz yakıt=0,995

$$5) \text{ CO}_2 \text{ emisyonu(GgCO}_2\text{)} = \text{Karbon emisyonu(GgC)} * 44/12$$

3.2.2. Enerji Ayak İzi (EAI) Hesabı

Enerji ayak izi, birim ürün başına üretilen ürün için tüketilen enerjinin miktarının yıllık üretilen ürün miktarına oranıdır.

$$\text{Enerji ayak izi} = \frac{\text{Üretimde tüketilen enerji miktarı}}{\text{Yıllık üretilen ürün miktarı}}$$

3.2.3. Paretö Analiz Metodu

19.yüzyılda ünlü İtalyan ekonomist olan Wilfredo Paretö tarafından Paretö analiz metodu ortaya atılmıştır. Ülkede yaşanan gelir dağılımı eşitsizliğini gündeme taşıyan Amerikan iktisatçı M.C. Lorenz de 1907 yılında bir grafik ile bu analizi desteklemiştir. 80/20 ilkesi olarak da bilinen bu analiz metoduna göre %80 geliri, %20'lik bir azınlığı oluştururken; kalan %20 gelirin ise toplumun geri kalan %80'i tarafından paylaşıldığı öngörülmüştür. Daha sonraları bu analiz problem çözme teknikleri içerisinde yer alıp birçok kere sıkça kullanılmıştır (Kavrakoğlu, 1993; Akın, 2005; Url-33). Bu metodla bir sorunun önemli sebeplerini önemsiz sebeplerden ayırmak için kullanılan metod sonucunda bir çubuk diyagramı oluşturulur. Bu metod takım çalışmalarında sıklıkla başvurulan bir metod olarak karşımıza çıkmaktadır. Metod da birçok olayda sonuçların %80'i, nedenlerin %20'sinden kaynaklandığına dayalı 80/20 kuralı olarak bilinmektedir. Paretö diyagramları en sık karşılaştırılan hataları, hataların en yaygın nedenlerini veya en sık karşılaşılan müşteri şikayetlerini belirlemek için kullanılır (Akın,1996; Muter, 1997; Bozkurt, 1998; Izziz, 2001; Akın ve Öztürk, 2005; Gitlow ve diğ., 2005; Url-32; Url-36). Paretö Analizi, karşılaşılan problemin önceliklerinin grafik yardımıyla belirlenmesine yardımcı olduğundan hemen her alanda kullanılabilir niteliktedir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit etmekte ve hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu

tespit edilebilmektedir (Ishikawa, 1982; Grant ve Leavenworth, 1988). Bu analizde problemler büyükten küçüğe doğru sınıflandırılır ve bu sınıflandırma Paretö diyagramı üzerinde gösterilir (Bircan ve Gedik, 2003). Bu Paretö diyagramından faydalanılarak problemlerin önem sıralarına göre çözüm önerileri verilebilir. Bu metod da, Vilfredo Paretönün gözlemine göre, İtalya'nın bütün "gelirinin %80'ine, İtalyan nüfusunun sadece %20'si" sahip bulunmakta olduğu bir gerçektir ve bu analiz bağlı olduğu prensiplere göre birçok yararı beraberinde getirmektedir (Izgiz, 1993; Izgiz 1994; Özgüvenç, 2011; Url-33; Url-36).

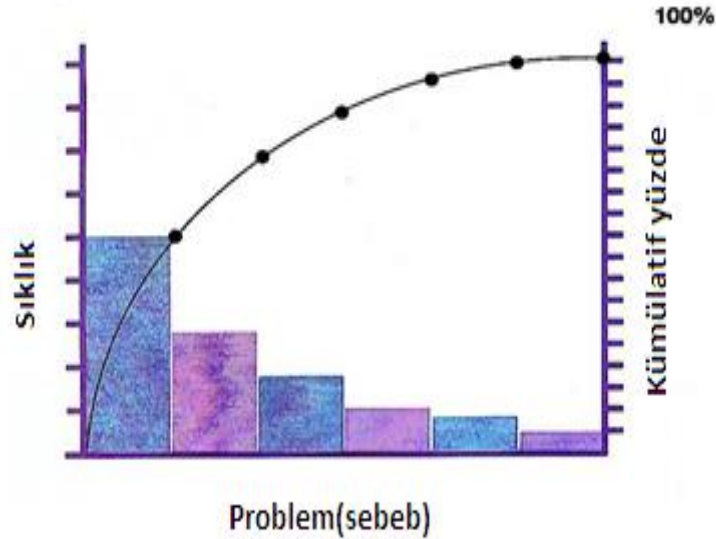
Paretö analiz işlemi sonucunda oluşturulan diyagramın faydaları şunlardır:

- Bütün problemleri listelemek
- Listelenen problemlerin nedenlerini sıralamak
- Her bir problem için oluşan hata sayılarını saptamak
- Problemlerin oranlarını ve önem derecelerini görebilmek için tablo oluşturmak
- Problemlerin sahip olmuş olduğu önem derecesine göre en temel önemli nedeni belirlemek
- Belirlenen problemi çözebilmek için bir başlangıç noktası seçmek
- Bir takım çalışmasına yönelmek ve takım çalışmasında ortak bir karar çevresinde birleşmek
- Yapılan çalışmalardaki başarıları izlemek.

Paretö analiz metodu problemlerin önem dereceleri, hataların gerçekleşme sayıları ve sebepleri açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Böylece iyileştirmeler için ilk olarak hangi alanlara uygulanacağı belirlenir ve çalışmalar yürütülmektedir. Paretö analizi sonunda elde edilen Paretö diyagramı, problemlerin tespit edilmesinde isabetli kararlar verilerek gerekli önlemlerin alınmasını sağlar (Egermayer, 1988).

Şekildeki bir Paretö diyagramını oluşturmak için 5 adım temel alınarak oluşturulmuştur (Oakland ve Followell, 1990; Özgüvenç, 2011; Url-29; Url-34;Url-35):

- 1.adım: Üretim elemanlarının listelenmesi ve hataların tespit edilmesi
- 2.adım: Önceden belirlenmiş olan bir zaman aralığındaki değerlerin ölçülmesi ve en sık oluşan hataların gözlenmesi
- 3.adım: Belirlenen hatalar, gerçekleşme sıklığı veya oluşturulan maliyete göre en büyük değerden en küçük değere doğru sıralanması.
- 4.adım: Bir önceki adımda yapılan sıralamadan sonra, her bir değer için toplam içindeki yüzde değerini ve bu yüzde değerlerin kümülatif toplamını hesaplanması gerekir. Bu toplamdan yararlanılarak Pareto diyagramının çizimine başlanır. Paretö diyagramına ait üç boyutlu çubuk grafiği (Şekil 3.1) çizilir. Bu üç boyutlu grafik iki y eksenine ve bir x eksenine sahiptir.
- 5.adım: Proseslerde belirlenen problem ile ilgili nedenler, diyagramda yatay eksene eşit aralıklarla ve önem derecelerine göre sütunlar halinde yerleştirmek. Sağ taraftaki y eksenini kümülatif yüzde değerleri gösterirken sol taraftaki y eksenini ise karbon ve enerji ayak izini gösterir.



Şekil 3.1: Paretö grafiği (Url-29).

4.BULGULAR

4.1.KARBON AYAK İZİ (KAİ) HESAPLAMALARI

Tablo 4.1 enerji kaynaklarına göre standartta yer alan emisyon faktörleri gösterilmiştir. Emisyon faktörlerinin ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden dolayı ilk olarak satın alınan elektriğin emisyon faktörü hesaplanmıştır. Hesaplanan emisyon faktörüne göre satın alınan elektriğin (Tablo 4.2) meydana getirmiş olduğu SG emisyon hesabı aşağıda hesaplanmıştır. Bu hesaplar takibinde proseslerde meydana gelen KAİ ve EAİ değerlerinin hesaplamaları yapılmıştır.

4.1.1.Türkiyede Birim Elektrik Tüketim Başına CO₂ Emisyon Hesabı

Tablo 4.1: Emisyon faktörleri (Defra, 2010; Cefic, 2011;Url-30;Url-16).

Enerji kaynağı	Emisyon faktörü	Referans
Odun yongası (kabuk) (kg CO ₂ /kWsa)	0,015	DEFRA,2010
Mazot-dizel (kg CO ₂ /lt)	2,9	Cefic, 2011; Url-16
Doğalgaz (kg CO ₂ /kWsa)	0,185	Url-30
Elektrik (kg CO ₂ /kWsa)	0,523	Url-30

XYZ AŞ.'nin üretim proseslerinde odun yongası, dizel, doğalgaz ve elektrik enerji kaynakları kullanılmaktadır ve bu enerji kaynaklarının emisyon faktörleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Satın alınan elektriğin yıllık toplam miktarı.

Aylar	Satın alınan elektrik miktarı (kWs/ay)
Ocak	42580
Şubat	843567
Mart	139461
Nisan	95510
Mayıs	256438
Haziran	492241
Temmuz	172672
Ağustos	263647
Eylül	90958
Ekim	126326
Kasım	652698
Aralık	46969
TOPLAM (kWs/yıl)	3223067

Tablo 4.2 'de 2015 yılında satın alınan elektriğin aylık miktarları ve toplam enerji miktarı görülmektedir.

Elektrik tüketiminden kaynaklı CO₂ emisyonu hesabında, Türkiye'deki elektrik üretiminin kaynakları ve teknolojisi göz önüne alınarak, Tablo 4.1'deki IPCC verileri yerine, ülke şartlarına bağlı bir emisyon faktörü hesaplanmıştır. Türkiye'de elektrik üretim, tüketim, enerji kaynağı, ısıl değer, iletim ve dağıtım kaybı gibi gerekli verilere TEİAŞ'ın (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) istatistik sayfasından ulaşılmış olup Tablo 4.3'de verilen bu bilgiler ile Tablo 4.4'de verilen verim bilgileri kullanılmıştır.

Kullanılan bilgiler sonucunda, birim elektrik tüketimi başına emisyon miktarı (kg CO₂/kWsa elektrik) hesaplanmıştır. 2015 yılında Türkiye 259.690,3 GWsa elektrik üretmiş olup 264.136,8 GWsa elektrik tüketimi gerçekleşmiştir.

Türkiye’de 2015 yılında kömür türlerinden (taş+ithal+linyit+asfalt) 73872,6 GWsa, doğalgaz+LNG’den 98193,4 GWsa, hidroenerjiden 66903,2 GWsa, rüzgar enerjisinden 11552,1 GWsa, yenilenebilir atık+jeo enerjisinden 4831,8 GWsa, diğer 1 (fuel oil, motorin, nafta) enerji kaynaklarından 4243,2 GWsa ve diğer 2 (çok yakıtlı+katı+sıvı) enerji kaynaklarından 94,1 GWsa elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Toplam elektrik üretimi 259690,4 Gwsa’dır. Türkiye 2015 yılında 2964,6 Gwsa elektrik enerjisini ithal ve 7411,1 GWsa elektrik enerjisini de ihraç etmiştir. Türkiye’de 2015 yılında toplam elektrik tüketimi 264136,8 Gwsa’dır. Türkiye’de üretilen elektriğin % 68,61’i termik santrallerden sağlanırken bu termik santraller diğer enerji santrallerine göre daha fazla karbon emisyonuna sebep olmuştur (TEİAŞ aylık elektrik istatistikleri, 2015).

Türkiye’de bulunan termik santraller değerlendirmeye alındığında, kömür (taş+ithal+linyit+asfalt), Doğalgaz+LNG, yenilenebilir atık, diğer 1 ve diğer 2 enerji grupları termik kaynaklı olarak ele alınmıştır. Türkiye’de termik santral verimliliklerine dair veriler kullanılarak ve termik santrallerde kullanılan yakıtların ortalama verim değerleri kullanılarak, birim enerji üretimi başına CO₂ emisyon miktarları hesaplanmıştır.

1 kWsa elektrik üretimine karşılık ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarı eşitlik (1) kullanılarak aşağıda gösteriliği şekilde hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} & \text{Tüketilen elektrik enerjisinin emisyon faktörü (kgCO}_2\text{/kWsa elektrik)} \\ & = [(860\text{kcal/kWsa})/(\text{Isıl değer*Verimlilik})] * C * (44/12) \end{aligned} \quad (1)$$

Tablo 4.3: Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin birincil kaynaklara göre dağılımı (TEİAŞ aylık elektrik istatistikleri, 2015).

Üretim Kaynakları	2015 yılı üretimi (GWsa)	Tüketime sunulan katkı (%)	Üretime sunulan katkı (%)
Kömür (taş+ithal+linyit+asfalt)	73872,6	28	28,4
Doğalgaz+LNG	98193,4	37,18	37,8
Hidrolik	66903,2	25,33	25,8
Rüzgar	11552,1	4,37	4,4
Yenilenebilir atık+jeo	4831,8	1,83	1,9
Diğer 1 enerji kaynağı (Fuel oil+Motorin+ Nafta)	4243,2	1,61	1,6
Diğer 2 enerji kaynağı (Çok yakıtlı+katı+sıvı)	94,1	0,04	0
Türkiye Üretim Toplamı	259690,4	98,32	100
Dış alım	2964,6	1,12	0
Toplam tüketime sunulan	262655	99,44	0
Dış satım	7411,1	2,81	0
Türkiye Tüketim Toplamı	264136,8	100	0

Tablo 4.4'de, Türkiye'de bulunan termik santrallerde kullanılan yakıt türüne ait veriler göz önüne alınmış olup, eşitlik (1) kullanılmıştır. Eşitlik 1 kullanımı ile her bir yakıt türüne ait birim elektrik enerjisi üretimi başına CO₂ emisyonu hesaplanmıştır.

Kömür için örnek hesaplama aşağıda verilmektedir:

$$\text{Emisyon faktörü (kg CO}_2\text{/kWsa)} = [(860\text{kcal/kWsa})/(\text{Isıl değer*Verimlilik})]*C*(44/12)$$

$$\text{Emisyon faktörü (kg CO}_2\text{/kWsa)} = [(860\text{kcal/kWsa})/(6000*0,34)]*0,73*3,667$$

$$\text{Emisyon faktörü (kg CO}_2\text{/kWsa)} = 1,13 \text{ kg CO}_2\text{/kWsa}$$

Tablo 4.4: Türkiye'de bulunan termik santrallerde birim enerji üretimi başına CO₂ miktarı (Kıncay ve Öztürk, 2003; Keskinel, 2006; IPCC,2006; Oktay, 2009; EUAŞ, 2011; Aslanoğlu ve diğ., 2012, Url-26).

Yakıt tipi	Verimlilik	C	kcal/kg	kcal/kWsa	CO ₂ /C	kg CO ₂ /kWsa
Taş kömürü+						
Asfalt+	0,34	0,73	6000	860	3,667	1,13
İthal kömür						
Linyit	0,33	0,45	2500	860	3,667	1,72
Doğal gaz	0,55	0,75	8250	860	3,667	0,52
Fuel oil	0,37	0,8	9600	860	3,667	0,71

Tablo 4.5’de, termik santrallerde yer alan yakıtların üretim yüzdeleri esas alınarak, birim enerji üretimi başına CO₂ emisyonları hesaplanmıştır. Buna ilave olarak, iletim ve dağıtım kayıpları da eklenmiş olup Türkiye’de kWsa elektrik enerjisi üretimi başına sera gazı emisyon değeri (kg CO₂) hesaplanır. 2015 yılında iletim kaybı %2,21 dir (EPDK, 2015; Url-27).

Dağıtım kaybı için de 2014 yılı dağıtım kaybı oranı alınmış olup, bu değer %13 dür (Url-28). İletim ve dağıtım kayıplarının da birim üretime ilave edilmesi gerekli olduğundan, birim elektrik üretimi başına karbon emisyonu;

$$0.6505+0.0221 + 0.13 = 0.8026 \text{ kg CO}_2\text{/kWsa olarak hesaplanmıştır.}$$

Tablo 4.5: Enerji kaynağına göre birim kWsa elektrik üretmek için açığa çıkan CO₂ miktarı (Ocak 2016, Aylık Enerji İstatistikleri).

Enerji kaynağı	Üretim %	kgCO ₂ /kWsa	(Üretim %*kg CO ₂ /kWsa)/100
Taş kömürü	1	1,13	0,0113
İthal kömür	16	1,13	0,1808
Asfaltit kömür	1	1,13	0,0113
Doğalgaz	35	0,52	0,182
Linyit	15	1,72	0,258
Fuel oil	1	0,71	0,0071
HES akarsu	5	0	0
Hesbarajlı	18	0	0
Rüzgar	5	0	0
Jeotermal	2	0	0
Biyogaz	1	0	0
Toplam			0,6505

4.1.2. Tesisin Satın Aldığı Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı (SG) Emisyonlarının Hesabı

İncelenen XYZ A.Ş.'nin , 2015 yılında gerçekleşen elektrik tüketimine göre SG emisyonları hesaplanmıştır. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon faktörü (kgCO₂/kWsa) hesabı iki farklı metot için (IPCC Tier 1 ile ülke ve teknoloji bazlı Tier 3) karşılaştırılmıştır. Tesisin satın almış olduğu elektrik tüketim miktarı 3223067 kWsa/yıl'dır. Hesaplanan 3223067 kWsa/yıl değerini megawatt birimine çevirirsek, 3223,067 MWsa/yıl sonucu elde edilir.

Tablo 4.6' da tesise ait elektrik tüketiminden kaynaklı SG emisyonları, bu gazların küresel ısınmadaki etkilerine bağlı dönüşüm oranları göz önüne alınarak, CO₂ emisyonu cinsinden hesaplanmıştır.

Hesaplamalardaki emisyon faktörleri ve dönüşüm oranları IPCC'den alınmıştır. Buna göre, eşitlik (2) kullanılarak, tesisin elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı toplam SG emisyonu (CO₂ eşdeğeri) 11991 (ton CO₂/yıl) olarak hesaplanmıştır.

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = \text{Tüketilen enerjiye göre enerji miktarı} \times \text{Emisyon faktörü} \times \text{Oksidasyon faktörü} \quad (2)$$

CO₂ emisyonu : Tüketilen enerjiye sera gazı emisyonu (kg CO₂)

Yakıt tüketimi : Enerji kaynağı (yakıt) tüketimi (kg fuel, lt fuel)

Emisyon faktörü : Sera gazı (SG) emisyonu (ton SG/MWsa)

Oksidasyon faktörü : 1 (IPCC'nin kabul ettiği değer)

Tablo 4.6: Elektrik tüketimine göre SG emisyonlarının hesabı (IPCC, 2006).

SG	Emisyon faktör (ton/mWsa)	Dönüşüm oranı	Toplam CO ₂ eşleniği (ton/yıl)
CO ₂	0,584	1	11946
CH ₄	0,00001135	21	4,88
N ₂ O	0,00000628	310	39,8
Toplam			11991

Elektrik tüketimine göre SG emisyon hesabında flor ve dolaylı SGLarının (HFCs, PFCs ve SF₆) katkısı ihmal edilmiştir. Eğer bu katkı da göz önüne alınırsa, kullanılması gereken emisyon faktörü IPCC (IPCC, 2006) tarafından 0.8026 kg CO₂ olarak önerildiğinden, tesisteki elektrik enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyon miktarı aşağıda gösterildiği gibi, eşitlik (2) kullanılarak ton CO₂/yıl olarak bulunmaktadır.

$$\text{Emisyon} = \text{Satın alınan elektrik miktarı} \times \text{Emisyon faktörü} \times \text{Oksidasyon faktörü}$$

$$\text{Satın alınan elektrik miktarı} = 3223,067 \text{ MWsa/yıl}$$

$$\text{Emisyon faktör} = 0,8026 \text{ kg CO}_2/\text{kWsa}$$

$$\text{Oksidasyon faktörü} = 1$$

Sera gazı emisyonununun toplam eşleniği = $3223,067 \text{ MWsa/yıl} \times 0,8026 \text{ kg CO}_2/\text{kWsa} \times 1 \times 1000 \text{ kW/MW} \times 1 \text{ ton}/1000 \text{ kg}$

Sera gazı emisyonununun toplam eşleniği = $2586,834 \text{ ton CO}_2/\text{yıl}$

Standartdaki emisyon faktörüne göre satın alınan elektriğin emisyonu ise şu şekilde hesaplanır.

Satın alınan elektrik miktarı = $3223,067 \text{ MWsa/yıl}$

Standartda ki elektrik emisyon faktörü = $0,523 \text{ kgCO}_2/\text{kWsa}$

Oksidasyon faktörü = 1

Sera gazı emisyonununun toplam eşleniği = $1685,664 \text{ ton CO}_2/\text{yıl}$

Not: Satın alınan elektrik; yongalevha (YL) ve orta yoğunluklu liflevha (OYLL) üretiminde değil, katma değer ürün ve tutkal üretiminde tüketilir. Bu nedenden dolayı YL ve OYLL'nin karbon ayak izi değerlerine dahil edilmeyecektir.

XYZ A.Ş. de birincil ve ikincil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Birincil enerji kaynakları direkt (doğrudan) olarak tüketilen kaynaklardır. İkincil enerji kaynağı ise dolaylı olarak ortaya çıkan atık ısıdan tüketilen enerji kaynağıdır. Firmanın birincil enerji kaynakları; doğalgaz, satın alınan elektrik, biyokütle ve mazot iken, ikincil enerji kaynakları ise kızgın yağ (katı atık kazanı), buhar, basınçlı hava ve türbinde üretilen elektriktir.

Çalışmanın yapıldığı odun bazlı levha endüstrisinde karbon ve enerji ayak izinin bir fabrika ölçeğinde irdelenmesi uygulanmasındaki hesaplamalar ürün türüne (YL ve OYLL) göre ayrı ayrı KAI ve EAI değerleri hesaplanarak verilmiştir.

4.1.3.YL Üretimindeki KAI Hesaplaması

YL üretiminde kullanılan ekipmanlarda tüketilen enerji kaynakları basınçlı hava, doğalgaz, elektrik, kızgın yağ, biyokütle, mazot ve kurutma havasıdır.

Firma içi kullanılan vasıtalarda tüketilen dizelin miktarı, temel girdiler olan doğalgaz ve biyokütleden çok küçük olduğundan dolayı ihmal edilmiştir. YL üretimi için hammadde aşamasından son ürün oluşana kadar tüketilen toplam doğalgaz ve biyokütle miktarı 232661526 kWsa 'dır (Tablo 4.8).

Doğalgaz tüketim oranı %76 ve biyokütle tüketim oranı %24' dir. YL üretiminde, tüketilen enerji kaynağına bağlı olarak dışarıya atılan atık ısıdan enerji üretildiğinden dolayı üretilen enerjinin tüketilen enerjiye eşit olması şeklinde ilk üç akış şemasına bağlı olarak enerji dengeleri oluşturulmuştur. İlk iki akış şemasında doğal gaz enerji kaynağı, her iki akış şemasında da yer aldığı için Şekil 4.1.akış şemasıyla Şekil 4.2. akış şeması birleştirilip bu akış şemalarına bağlı olarak birinci enerji dengesi kurulmuştur. Şekil 4.3 akış şemasına bağlı olarak ise 2.enerji dengesi kurulmuştur:

1.Enerji Dengesi

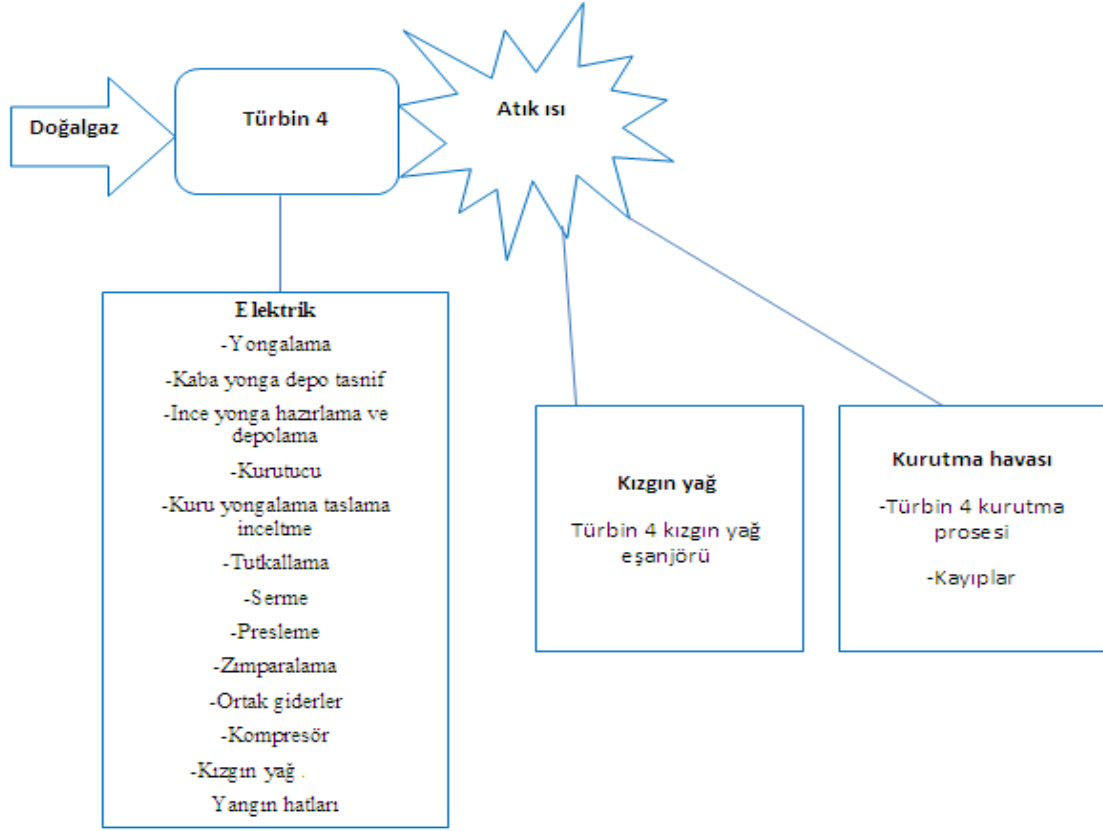
Doğalgaz (Türbin-166152304 [kWsa/yıl])+Doğalgaz ve biyokütle (Brülör-40331518 [kWsa/yıl])=Elektrik(39128408 [kWsa/yıl])+Kızgın yağ (Türbin 4 kızgın yağ eşanjörü-23839061 [kWsa/yıl])+Kurutma havası (Türbin4- 83439564 [kWsa/yıl])+ Kayıplar 1 (60076788 [kWsa/yıl])

2.Enerji Dengesi

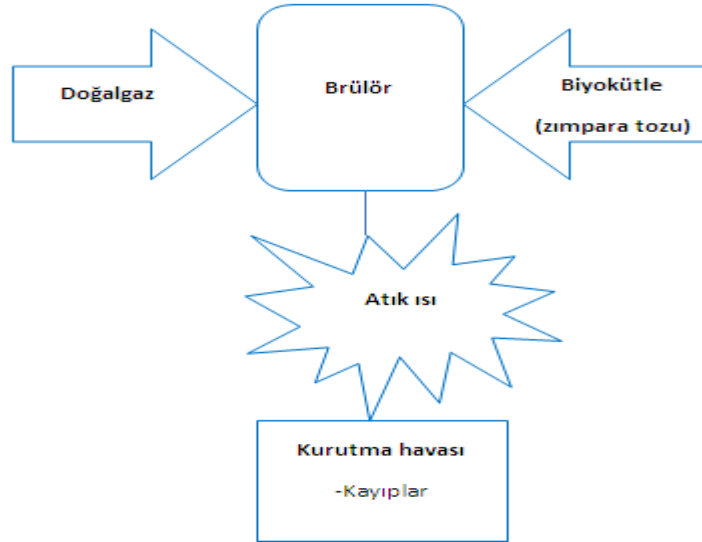
Biyokütle(Kazan-ağaç kabuğu ve zımpara tozu 26177725[kWsa/yıl])= Kızgın yağ (Kızgın yağ kazanı11039159 [kWsa/yıl])+ Kayıplar 2 (15138546 [kWsa/yıl])

Toplam Enerji Dengesi

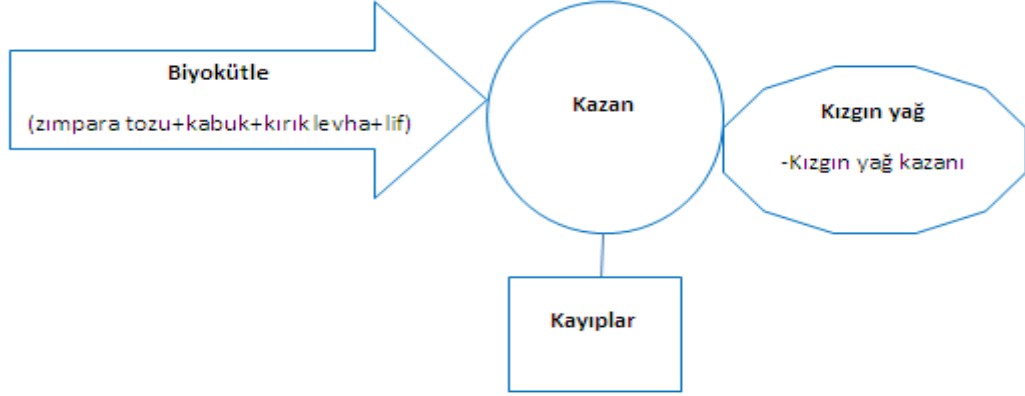
Doğalgaz (Türbin)+Doğalgaz ve biyokütle(Brülör)+Biyokütle(Kazan-ağaç kabuğu ve zımpara tozu)=Elektrik+Türbin 4 Kızgın yağ eşanjörü+Kurutma havası+Kayıplar 1+Kızgın yağ kazanı+Kayıplar 2



Şekil 4.1: YL enerji akış şeması 1.



Şekil 4.2: YL enerji akış şeması 2.



Şekil 4.3: YL enerji akış şeması 3.

Firmadaki temel girdiler (girdi kaynakları) doğalgaz, biyokütle (zımpara tozu, kabuk, lif, kırık levha) ve dizel yakıttır. Doğalgaz ve biyokütle firmada, yonga üretimi içindeki üretim proseslerinde kullanılırken, mazot ise fabrika içindeki volvo, eskalator ve forklift vb. taşıma araçları için kullanılır. Bu kaynaklar, birincil enerji kaynağı olup doğrudan enerji sağlayan kaynaklardır. Türbin 4’de doğalgaz tüketilirken brülörde hem doğalgaz hem de biyokütle tüketilmektedir. Kazanda ise sadece biyokütle tüketilir. Enerji kaynaklarının üretimde kullanılması sonucu açığa çıkan ısıya atık ısı denir (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3). Açığa çıkan bu atık ısıyı firma kendi elektriğini üretmekte kullanır. Böylece atık ısı dışarı atılmamış yani kaybedilmemiş olur. Sonuç olarak yukarıda ifade edilen enerji dengeleri gerçekleşmiş olur. Türbin 4 den gelen atık ısının tamamen doğalgazla elde edildiği (100%) kabul edilmiştir. Atık ısının kullanıldığı kısımların enerji kaynağı kızgın yağ ve kurutma havasıdır. Bu enerji kaynakları atık ısıdan üretildiğinden dolayı bunlar ikincil yani dolaylı enerji kaynağıdır. Görüldüğü gibi temel girdi kaynakları hem doğrudan hem de dolaylı enerji kaynaklarına etki ederek emisyon kaynağı olarak ortaya çıkar. Akış şemalarından Şekil 4.3 de görüldüğü gibi kayıplar, şirketten alınan verilerde Türbin 4 kurutma prosesi başlığı altında enerji değerleri verilmiştir. Bu enerji değerleri de Türbin 4 den çıkan kurutma prosesinde yazılmıştır. Bu değer brülörden ve kazandan çıkan atık ısının kurutma havasındaki enerji değerlerini de içermektedir. Bundan dolayı kayıplar verisi konulmuştur. Akış şemaları üzerinde temel girdiler görülmekte olup bu kaynakların emisyon faktörleri kullanılarak her proses için KAİleri Tier 1 metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Firmanın yıllık YL üretimi 423096 m³'tür (Tablo 4.7) Buna bağlı olarak emisyon faktörleri göz önüne alınarak toplam enerji dengesine göre ürün miktarı başına düşen KAİ hesaplaması yapılmıştır. Yıllık üretilen ürün miktarı Tablo 4.7 de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: 2015 yılında üretilmiş olan YL miktarı.

Aylar	Üretim miktarı (m³/ay)
Ocak	0
Şubat	17418
Mart	43240
Nisan	38451
Mayıs	42927
Haziran	35674
Temmuz	43186
Ağustos	44368
Eylül	37193
Ekim	40212
Kasım	40212
Aralık	40215
Toplam (m³ YL/yıl)	423096

KAİ hesabı için eşitlik (2) ve (3) kullanılmıştır.

$$\text{Emisyon} = \text{Yakıt tüketimi} * \text{Emisyon faktörü} * \text{Oksidasyon faktörü} \quad (2)$$

$$\text{KAİ [kg CO}_2\text{e/m}^3\text{YL]} = \text{Emisyon [kg CO}_2\text{ eşleniği/yıl]} / \text{Yıllık üretilen ürün miktarı [m}^3\text{ YL/yıl]} \quad (3)$$

EPDK'nın tebliğinde belirtilen değerlere göre, 1 m³ doğal gaz tüketiminden elde edilen enerji miktarı standard değer olarak 10.64 kWsa kabul edilir (Url-30). Tablo 4.1 den ilgili emisyon faktörleri alınıp karbon ayak izi hesaplaması aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Türbin 4 ve brülör için KAİ hesaplamaları yapılmıştır. Diğer hesaplarda aşağıda yapılan hesaplama benzer şekilde yapılmış olup Tablo 4.8 de gösterilmiştir.

Yakıt tüketimi[kWsa/yıl]=Yakıt tüketimi [m³/yıl]* 1 m³doğalgazın kWsa olarak standart değeri [kWsa/m³ doğalgaz]

Yakıt tüketimi[kWsa/yıl]=15615818 [m³/yıl]*10,64[kWsa/m³] =166152304 [kWsa/yıl]

Emisyon[kgCO₂/yıl]=166152304 [kWsa/yıl]*0,185 [kgCO₂/kWsa]=30738176 [kg CO₂/yıl]

KAİ [kg CO₂e/m³ YL] = 30738176 [kg CO₂/yıl] /423096 [m³/yıl]

KAİ [kg CO₂e/m³ YL] =72,65 [kg CO₂ e/m³ YL] **(Türbin 4)**

Yakıt tüketimi[kWsa/yıl]=933200 [m³/yıl]*10,64[kWsa/m³] =9929248 [kWsa/yıl]

Emisyon [kgCO₂/yıl]=9929248 [kWsa/yıl]*0,185 [kg CO₂/kWsa]=1836911 [kg CO₂/yıl]

KAİ [kg CO₂e/m³ YL] = 1836911 [kg CO₂/yıl]/423096 [m³/yıl]

KAİ [kg CO₂ e/m³ YL]=4,34 [kg CO₂ e/m³ YL] **(Brülör-doğalgaz)**

Birincil enerji kaynağı doğalgaz ve bu enerji kaynağının emisyon faktörü doğalgaz olan Türbin 4'ün yıllık atmosfere verdiği emisyon 30738176 kg CO₂ iken, brülörün ise yıllık atmosfere verdiği emisyon 1836911 kg CO₂'dir. Buna bağlı olarak yıllık üretilen YL miktarına göre; Türbin 4 ün oluşturmuş olduğu KAİ değeri 72,65 kg CO₂ e/m³ YL iken, brülörün KAİ değeri 4,34 kg CO₂ e/m³ YL'dır.

İlgili emisyon faktörleri Tablo 4.1 den alınarak sadece enerji kaynağı biyokütle olan brülör ve kazan için KAİ hesaplaması eşitlik (2) ve (3) yardımıyla aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Diğer etkili süreçlerdeki hesaplar da aşağıda yapılan hesaplama benzer şekilde yapılmıştır ve Tablo 4.8 de gösterilmiştir. Brülörde hem doğalgaz hem de biyokütle yandığı için ayrı olarak KAİ değerleri hesaplanmıştır. Brülörde biyokütle olarak zımpara tozu yanarken kazanda ise hem ağaç kabuğu hem de zımpara tozu yakılmaktadır. Kazanda yıllık olarak 8155 ton ağaç kabuğu ve 792 ton zımpara tozu tüketilmektedir. Kazanda 8155 ton ağaç kabuğunun tüketilmesi sonucunda atmosfere 334260,2 kg CO₂ emisyon verilirken bu emisyonun oluşturduğu KAİ değeri 0,79 kg CO₂e/m³ YL'dır. Aynı şekilde aynı kazanda 792 ton zımpara tozunun tüketilmesi sonucunda atmosfere 58405,4 kg CO₂ emisyon verilirken bu emisyonun oluşturduğu KAİ değeri 0,14 kg CO₂ e/m³ YL'dır.

1 ton 1000 kilogram ve 1 kilowattsaat (kWsa) ise 860 kilokalori (kcal)/saat olarak gerekli birim dönüşümü yapılır (Url-31).

$$\text{Yakıt tüketimi}[\text{kWsa/yıl}] = \text{Yakıt tüketimi}[\text{ton/yıl}] * 1000[\text{kg/ton}] * \text{Isıl değer}[\text{kcal/kg}]$$

$$* 1[\text{kW}]/860 [\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 6184 [\text{ton}] * 1000[\text{kg/ton}] * 4228 [\text{kcal/kg}] * 1 [\text{kW}]/860[\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 30402270 [\text{kWsa/yıl}]$$

$$\text{Emisyon} [\text{kgCO}_2/\text{yıl}] = 30402270 [\text{kWsa/yıl}] * 0,015[\text{kgCO}_2/\text{kWsa}] = 456034 [\text{kg CO}_2/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 456034[\text{kg CO}_2\text{e}/\text{yıl}]/423096 [\text{m}^3/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 1,08 [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] \text{ (Brülör-zımpara tozu)}$$

$$\text{Yakıt tüketimi}[\text{kWsa/yıl}] = \text{Yakıt tüketimi}[\text{ton/yıl}] * 1000[\text{kg/ton}] * \text{Isıl değer}[\text{kcal/kg}]$$

$$* 1[\text{kW}]/860 [\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 8155 [\text{ton}] * 1000[\text{kg/ton}] * 2350 [\text{kcal/kg}] * 1 [\text{kW}]/860[\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 22284012 [\text{kWsa/yıl}]$$

$$\text{Emisyon} [\text{kg CO}_2/\text{yıl}] = 22284012 [\text{kWsa/yıl}] * 0,015[\text{kgCO}_2/\text{kWsa}] = 334260 [\text{kg CO}_2/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 334260[\text{kg CO}_2\text{e}/\text{yıl}]/423096 [\text{m}^3/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 0,8 [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] \text{ (Kazan-ağaç kabuğu)}$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = \text{Yakıt tüketimi}[\text{ton/yıl}] * 1000[\text{kg/ton}] * \text{Isıl değer}[\text{kcal/kg}]$$

$$* 1[\text{kW}]/860 [\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 792 [\text{ton}] * 1000[\text{kg/ton}] * 4228 [\text{kcal/kg}] * 1 [\text{kW}]/860[\text{kcal/s}]$$

$$\text{Yakıt tüketimi} [\text{kWsa/yıl}] = 3893693 [\text{kWsa/yıl}]$$

$$\text{Emisyon}[\text{kgCO}_2/\text{yıl}] = 3893693 [\text{kWsa/yıl}] * 0,015[\text{kgCO}_2/\text{kWsa}] = 58405[\text{kg CO}_2/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 58405[\text{kg CO}_2\text{e}/\text{yıl}]/423096 [\text{m}^3/\text{yıl}]$$

$$\text{KAİ} [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] = 0,14 [\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3 \text{YL}] \text{ (Kazan-zımpara tozu)}$$

Tablo 4.8: YL üretiminde (doğrudan etkili olan süreçlerin) KAİ değerleri.

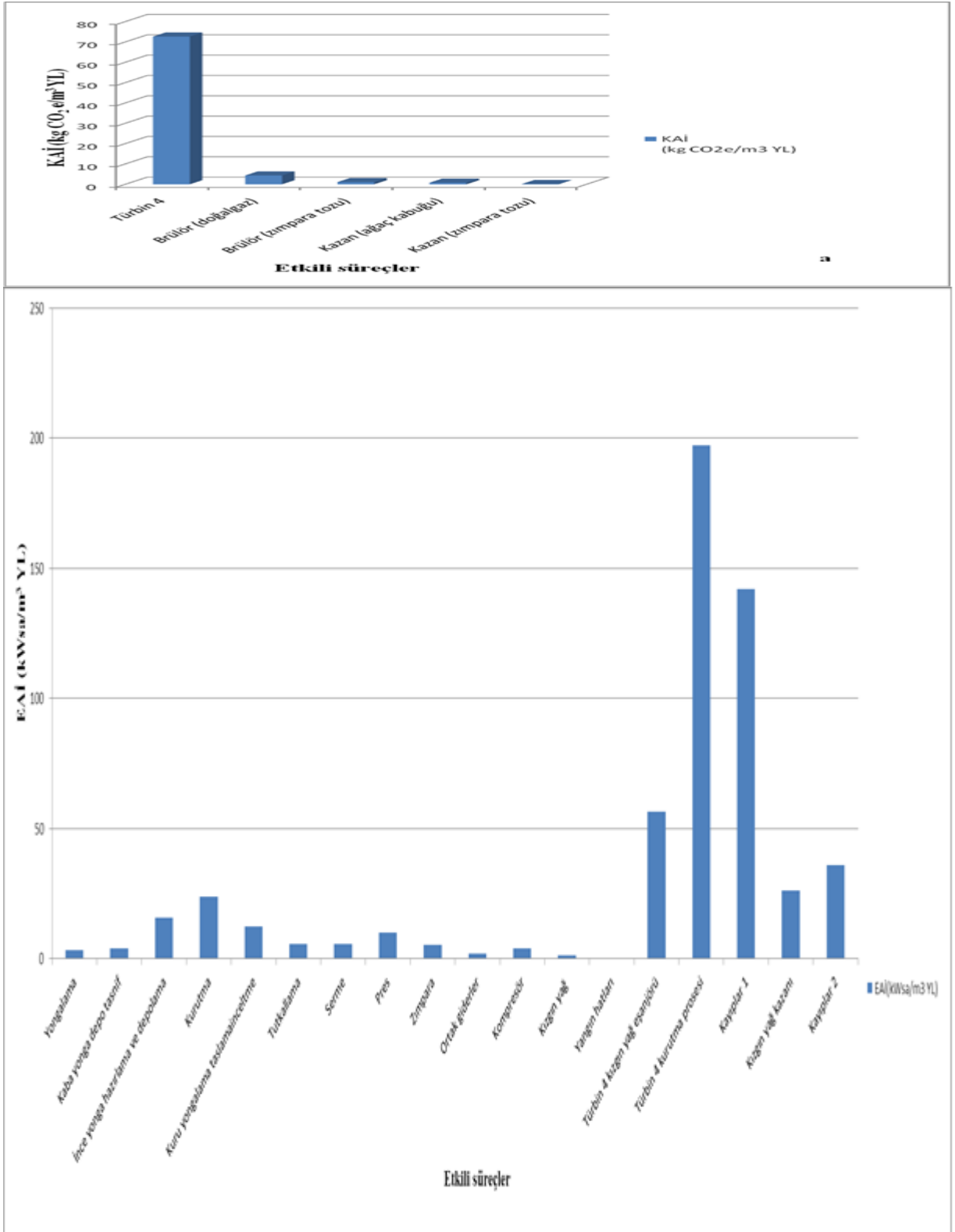
Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ YL)
Doğalgaz (m ³)	Türbin 4	Doğalgaz	15615818	166152303,5	30738176	72,6506
Doğalgaz (m ³)	Brülör		933200	9929248	1836911	4,341594
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Brülör	Odun yongası	6184	30402269,77	456034	1,07785
Biyokütle (ağaç kabuğu) (ton)	Kazan		8155	22284011,63	334260,2	0,790034
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Kazan		792	3893693,023	58405,4	0,138043
TOPLAM				232661526	33423787	78,99812

Şirketin yapmış olduğu çalışma neticesinde yakıt cinsine bağlı değişen ısı değerler Tablo 4.9 da gösterilmiştir ve bu tablodaki ısı değerler baz alınarak KAİ hesaplaması yapılmıştır. Bu ısı değerler, tam kuru değerlere göre alınmıştır.

Tablo 4.9: Yakıt cinslerine göre ısı değerleri (Uçar, 1988).

Yakıt cinsleri	Isıl değerleri (kcal/kg)	Nem değeri (%)
Odun yongası	2330	45
Kabuk	2350	40
Lif	3850	40
Zımpara tozu	4228	5,5

Brülörde yıllık olarak 6184 ton zımpara tozunun tüketilmesi sonucu atmosfere 456034 kg CO₂ emisyon verilmektedir. Bu tüketim sonucunda oluşan karbon ayak izi 1,08 kg CO₂e/m³ YL'dır. Kazanda ise 8155 ton ağaç kabuğunun tüketimi sonucunda oluşan 334260 kg CO₂ emisyonu ait ortaya çıkan KAI değeri 0,8 kg CO₂e/m³ YL iken , aynı şekilde 792 ton zımpara tozunun tüketimi sonucunda 58405 kg CO₂ emisyon açığa çıkmakta ve bunun karşılığı olan KAI değeri de 0,14 kg CO₂e/m³ YL olmaktadır (Tablo 4.8).



YL üretiminde etkili olan birincil ve ikincil enerji kaynaklarının KAI değerleri ile olan ilişkileri iki ayrı grafik halinde Şekil 4.4-a ve Şekil 4.4-b de gösterilmiştir. Asıl KAI değerlerini veren grafik Şekil 4.4-a dır. Bu şekilde Türbin 4 ün KAI değeri en yüksek iken kazanda zımpara tozunun yakılması sonucu oluşan emisyonu bağlı atmosfere salınan KAI ise en düşüktür. Şekil 4.4-b de ise en baskın KAI'ni veren ikincil enerji kaynağı, Türbin 4 kurutma prosesidir. Ancak asıl KAI'ni veren etkili süreçler birincil enerji kaynaklarının enerji tüketimi sonucu atmosfere salınan emisyonun ürün başına düşen miktarıdır. Birincil enerji kaynaklarında tüketilen enerji miktarı ikincil kaynaklarda tüketilen enerji miktarına eşittir. Çünkü, atık ısı kaybedilmeden enerji üretimi gerçekleşmektedir. Yani üretilen enerji tüketilen enerjiye eşittir. Buna bağlı olarak üretilen enerji ile tüketilen enerji arasında enerji dengesi söz konusudur. Ancak birincil enerji kaynaklarının toplam emisyon ve toplam KAI miktarı ile ikincil enerji kaynaklarının toplam emisyon ve toplam KAI miktarı aynı değildir. Dolaylı olarak (ikincil enerji kaynaklarının etkisi sonucundaki) toplam emisyon ve toplam KAI değerleri doğrudan atmosfere salınan toplam emisyon ve toplam KAI değerlerinden büyüktür. Ancak dolaylı olarak atmosfere salınan emisyonun asıl emisyonu doğrudan olan etkili süreçlerin (birincil kaynakların) neden olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak asıl emisyonu oluşturan yani toplam karbon ayak izini veren birincil enerji kaynaklarının atmosfere salmış olduğu emisyonun ürün başına miktarı KAI'ni vermektedir. Böylece, toplam emisyon miktarı 33423787 kg CO₂ iken, ürün başına KAI değeri 78,99812 kg CO₂e/m³ YL dır (Tablo 4.8). Volvo, eskalator ve forklift gibi üretime yardımcı olan araçlarda mazot olarak dizel tüketimine bağlı emisyon ve KAI hesaplamaları için eşitlik (2) ve (3) kullanılmıştır.

Emisyon [kg CO₂/yıl]=Yakıt tüketimi [L/yıl]*Emisyon faktörü [kgCO₂/L]*Oksidasyon faktörü

Emisyon [kg CO₂/yıl]=29365[L/yıl]*2,9[kgCO₂/L]*1=85159 [kgCO₂/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³YL]=85159 [kg CO₂e/yıl]/ 423096 [m³ YL/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³YL]=0,2 [kg CO₂e/m³ YL]

Volvo,eskalator ve forklift gibi üretime yardımcı olan araçlarda mazot olarak dizel tüketimine bağlı ilgili emisyon faktörünün Tablo 4.1 den alınıp dizel tüketiminin sonucu atmosfere salınan emisyon 85159 kg CO₂ ve salınan emisyonu bağı KAI değeri 0,2 kg CO₂e/m³ YL olarak hesaplanmıştır. Buna bağı olarak yardımcı taşıma araçlarında dizelin tüketimi sonucu oluşan KAI'nin üretim sonucunda toplam karbon ayak izine eklendiğinde toplam KAI değeri 79,19 kg CO₂/m³ YL olarak bulunur.

4.1.4.YL Üretiminde KAI'nin Azaltılmasına Yönelik Geliştirilen Senaryolar

YL üretiminde KAI bölümünde anlatılan birincil ve ikincil enerji kaynaklarının belli olan etkili süreç/lerine müdahale edilmesi sonucu geliştirilen senaryolardaki (senaryo 1 ve 2) sonuçlar, senaryo geliştirmeden önceki sonuçlarla karşılaştırılıp değerlendirilmesi yapılmıştır.

Senaryolardaki tüketilen enerji miktarları firmanın YL üretim sürecindeki tüketilen enerji miktarlarıyla aynı alınmıştır. Yani senaryolarda da birincil ve ikincil enerji kaynakları arasında enerji dengesi korunmuştur. Senaryolarda birincil ve ikincil enerji kaynaklarının tüketilmiş olduğu süreçlere yönelik değişiklikler yapıp belli olan süreçlerdeki emisyon faktörleri değişmiştir. Buna bağı olarak KAI'nin azalmasına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

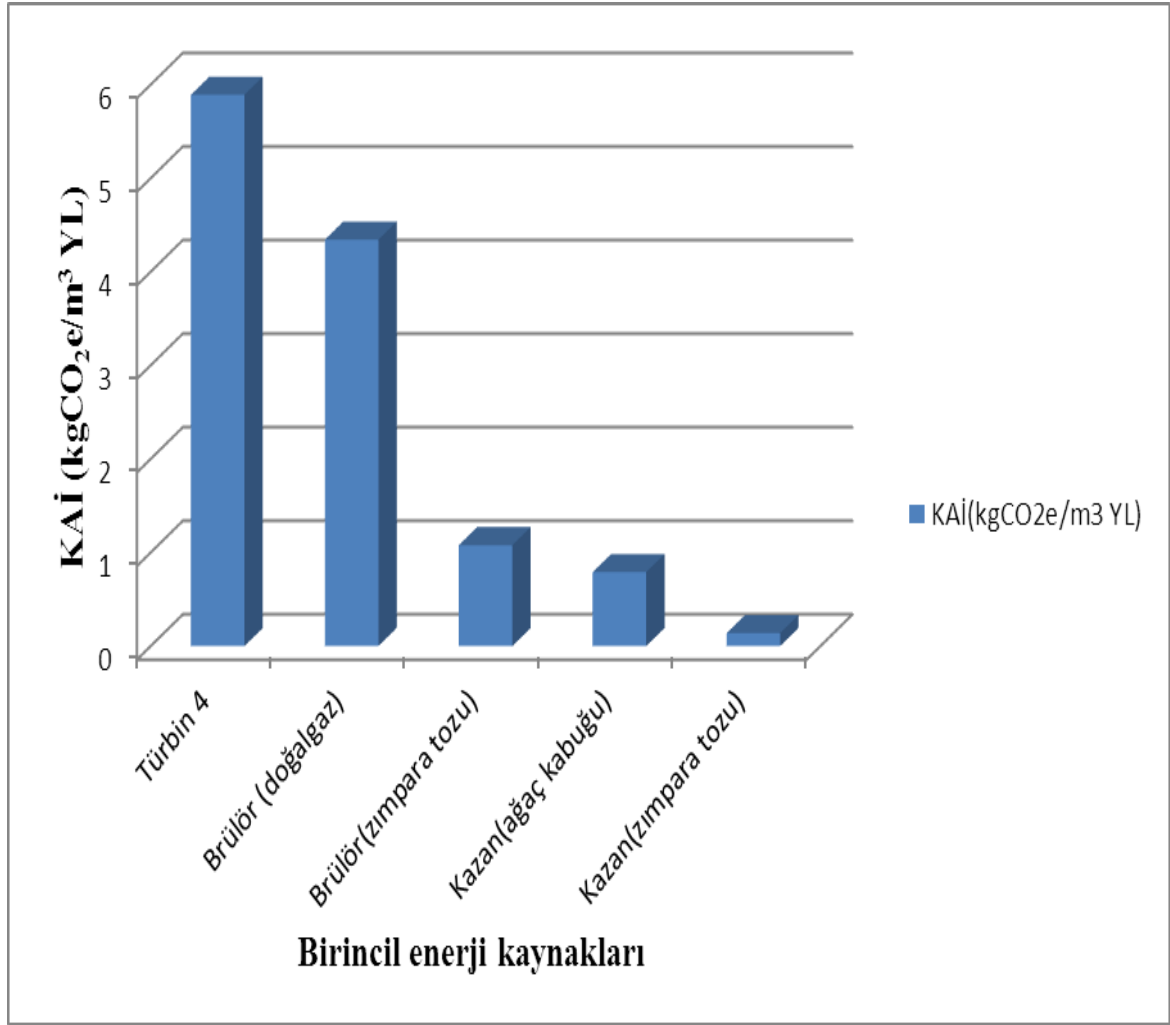
4.1.4.1.Senaryo 1: Etkili Girdilerden Türbin 4 Yerine Aynı Enerji Değerini Üreten Biyokütle Kazanı Konulursa

Senaryo 1'e göre YL üretiminde asıl KAI'ne neden olan etkili süreçlerden (girdilerden,birincil enerji kaynaklarından) Türbin 4 yerine aynı enerji değerini üreten biyokütle kazanı konulursa buna bağı olarak KAI'nin etkisi gözlemlenmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Senaryo 1'e göre yonga levha üretimindeki karbon ayak izi.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kgCO ₂ e/m ³ YL)
Doğalgaz (m ³)	Türbin 4	Odun yongası	15615818	166152304	2492284,56	5,890589
Doğalgaz (m ³)	Brülör	doğalgaz	933200	9929248	1836911	4,341594
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Brülör	Odun yongası	6184	30402269,77	456034	1,07785
Biyokütle (ağaç kabuğu) (ton)	Kazan		8155	22284011,63	334260,2	0,790034
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Kazan		792	3893693,023	58405,4	0,138043
TOPLAM				232661526,4	5177895,16	12,2381098

Tablo 4.8 de Türbin 4'ün emisyon faktörü doğalgaz iken KAİ değeri 72,65 kg CO₂/m³ YL iken senaryo 1 e göre emisyon faktörü biyokütle olacaktır (Tablo 4.10). Bu senaryoyla birlikte Türbin 4'ün KAİ değeri 5,89 kg CO₂e/m³ YL olacaktır. Bu durumda senaryo 1'e göre Türbin 4'ün emisyon faktörü doğalgaz yerine biyokütle kullanılması halinde % 91,9 oranında azalmaktadır. Yapılan senaryo 1 e göre 232661526 kWsa lik enerji tüketimi sonucunda atmosfere 5177895 kg CO₂lik emisyon salınmaktadır. Bu emisyonun oluşturmuş olduğu toplam KAİ miktarı 12,238 kg CO₂e/m³ YLdir (Tablo 4.10).



Şekil 4.5: YL üretiminde senaryo 1'e göre birincil enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarının KAI değerleri ile ilişkisi.

Yani senaryo 1 ile birlikte Türbin 4'ün KAI değeri 12 de biri olarak azalmış olacaktır. Toplam KAI miktarı da 6 da biri kadar azalmış olacaktır (Şekil 4.5).

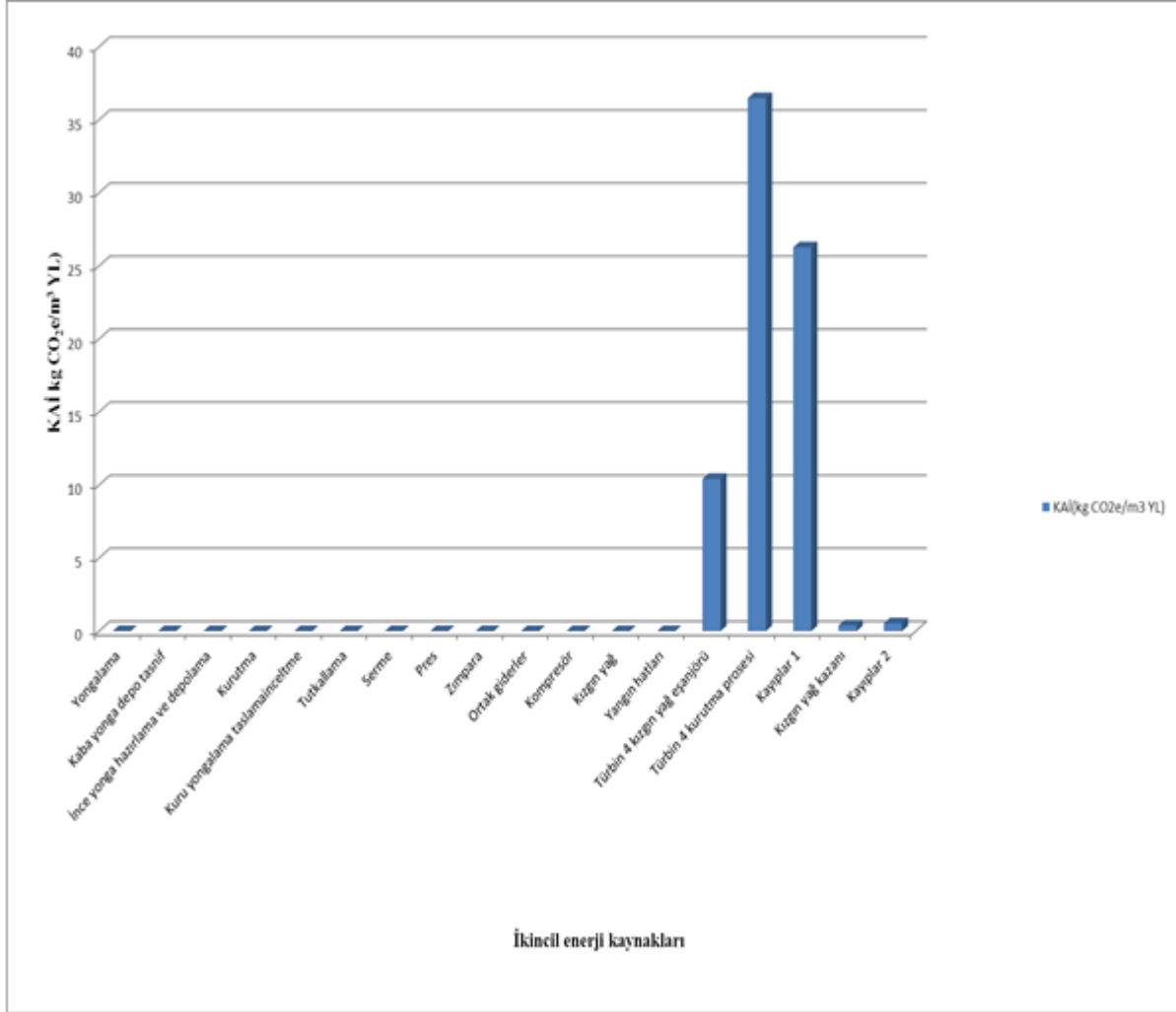
4.1.4.2. Senaryo 2: Toplam Elektriğin Ürettiği Enerjiyi Güneş Panellerinden Sağlanırsa

Senaryo 2'e göre YL üretiminde asıl KAI'ne neden olmayan (dolaylı) etkili süreçlerdeki (çıktılardaki) toplam elektriğin ürettiği enerji, güneş panellerinden sağlanırsa buna bağlı olarak KAI'nin etkisinin ne olacağı incelenmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Senaryo 2'e göre YL üretimindeki KAİ.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ YL)
Elektrik (kWsa)	Yongalama	güneş	1406708	1406708	0	0
	Kaba yonga depo tasnif		1670700	1670700	0	0
	İnce yonga hazırlama ve depolama		6613920	6613920	0	0
	Kurutma		10132650	10132650	0	0
	Kuru yongalama taslamainceltme		5160861	5160861	0	0
	Tutkallama		2424640	2424640	0	0
	Serme		2306306	2306306	0	0
	Pres		4226240	4226240	0	0
	Zımpara		2241623	2241623	0	0
	Ortak giderler		817454	817454	0	0
	Kompresör		1612954	1612954	0	0
	Kızgın yağ		486774	486774	0	0
	Yangın hatları		27578	27578	0	0
	Kızgın yağ (kWsa)		Türbin 4 kızgın yağ eşanjörü	doğalgaz	23839061	23839061
Kurutma havası (kWsa)	Türbin 4 kurutma prosesi	doğalgaz	83439564	83439564	15436319	36,4842
Kayıplar (kWsa)	Kayıplar 1	doğalgaz	60076788	60076788	11114206	26,26876
Kızgın yağ (kWsa)	Kızgın yağ kazanı	biyokütle	11039159	11039159	165587,4	0,391371
Kayıplar (kWsa)	Kayıplar 2	biyokütle	15138546	15138546	227078,2	0,536706
TOPLAM				232661526	31353417	74,104737

Yapılan senaryo 2'ye göre 232661526 kWsa lik enerji tüketimi sonucunda atmosfere 31353417 kg CO₂lik emisyon salınmaktadır. Bu emisyonun oluşturmuş olduğu toplam KAI ayak izi miktarı 74,104737 kg CO₂e/m³ YLdır (Tablo 4.11).



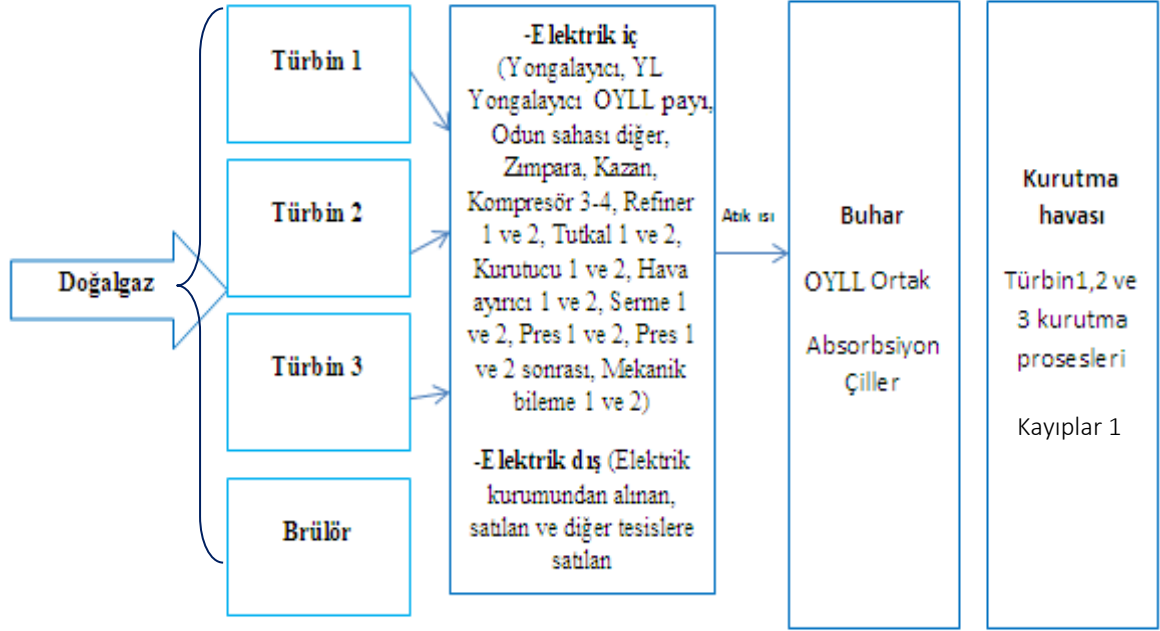
Şekil 4.6: YL üretiminde senaryo 2'e göre ikincil enerji kaynakları ve bu kaynakların KAI değerleri ile ilişkisi.

Senaryo 2'ye göre çıktılardaki etkili süreçlere göre toplam elektriğin ürettiği enerjinin güneş panellerinden sağlanması sonucunda emisyon faktörü güneş olacaktır. Güneşin emisyon faktörü 0 olduğu için asıl doğrudan olan enerji kaynağının dolaylı olarak KAI'ne etki etmesi söz konusu olduğundan dolayı toplam elektriğin ürettiği enerjiyi oluşturan kısmın KAI 0 olacaktır. Böylece ikincil enerji kaynaklarının toplam emisyon ve toplam KAI de azalmış olacaktır. Yani senaryo 2 ile birlikte KAI değeri 1,231 oranında azalmış olacaktır (Şekil 4.6).

4.1.5. OYLL Üretimindeki KAI Hesaplaması

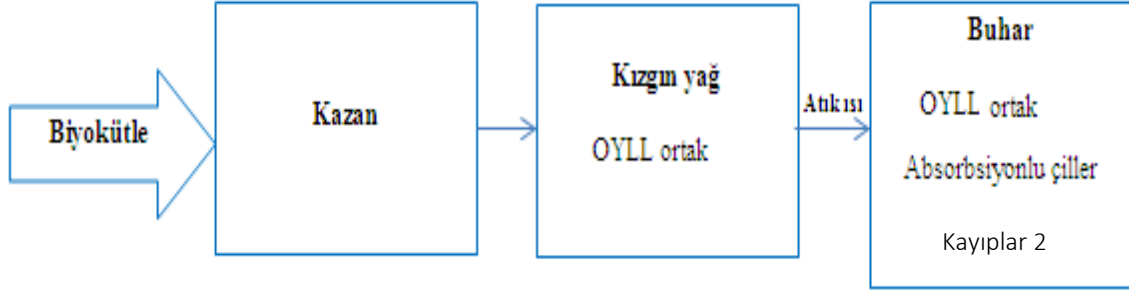
OYLL üretiminde kullanılan ekipmanlarda tüketilen enerji kaynakları doğalgaz, biyokütle ve dizel yakıt birincil enerji (doğrudan enerji) kaynağı iken, bu enerji kaynaklarının ilgili proseslerinde çıkan atık ısı sonucunda dolaylı olarak ikincil enerji kaynakları olarak elektrik, buhar, kurutma havası ve kızgın yağ üretimi söz konusu olmaktadır. Ancak asıl KAI'ni oluşturan kaynaklar, birincil enerji kaynaklarıdır.

OYLL üretiminde tüketilen enerjinin ortaya çıkarmış olduğu atık ısıdan enerji üretildiğinden dolayı enerji dengesi söz konusudur. Bu enerji döngüsüne göre, üretilen enerjinin tüketilen enerjiye eşit olması gerekir. Burada OYLL üretimindeki enerji denge akışı olarak 2 akış söz konusudur. Bu akışlar aşağıdaki Şekil 4.7 ve 4.8 de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: OYLL üretiminde söz konusu olan enerji akış şeması-1.

Şekil 4.7 deki akışta Türbin 1, 2 ve 3 de elektrik üretilir. Üretilen elektrik elektrik içte belirtilen yerde kullanılır (Şekil 4.9). Bazı durumlarda (OYLL'nin ihtiyacı doğrultusunda) elektrik kurumundan elektrik satın (elektrik dışı) alınır. Bazı durumlarda ise elektrik enerjisinin fazlası devlete satılır.



Şekil 4.8: OYLL üretiminde söz konusu olan enerji akış şeması-2.

Şekil 4.8 deki akışta kazanda zımpara tozu, ağaç kabuğu, kenar kesme, lif ve OYLL kırığı biyokütlesi yakılarak enerji (ısı enerjisi) elde edilir. Isıl enerjiyle proseslerde kullanılmak üzere kızgın yağ üretilir. Kızgın yağ eşanjörlerinden çıkan atık ısı ile buhar üretilir. Böylece atık ısı dışarı atılmamış yani kaybedilmemiş olur. Atık ısının kullanıldığı kısımların enerji kaynağı elektrik, buhar, kurutma havası ve kızgın yağdır. Bu enerji, kaynakları atık ısıdan üretildiğinden dolayı bunlar ikincil yani dolaylı enerji kaynaklarıdır. Görüldüğü gibi temel girdi kaynakları hem doğrudan hem de dolaylı enerji kaynaklarına etki ederek emisyon kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. OYLL üretimindeki enerji akış şemalarına göre tüketilen enerjinin üretilen enerjiye eşit olacak şekilde enerji dengesi yazılırsa:

1. Enerji dengesi

Doğalgaz yakılan prosesler (Türbin1, 2 ve 3+Brülör)=Elektrik iç (Yongalayıcı, YL yongalayıcı OYLL payı, odun sahası diğer, zımpara, kazan, kompresör 3-4, refiner 1-2, tutkal 1-2, kurutucu1-2, hava ayırıcı 1-2, serme1-2, pres1-2 ve sonrası, mekanik bileme 1-2) + Elektrik dış (elektrik kurumundan alınan, devlete satılan ve diğer tesislere nakledilen) +buhar (OYLL ortak+absorbsiyonlu çiller) + kurutma havası (türbin 1, 2 ve 3 kurutma prosesleri) + Kayıplar 1

2. Enerji dengesi

Biyokütle yakılan proses (Kazan)= Kızgın yağ (OYLL ortak) +Buhar (OYLL ortak, absorpsiyonlu çiller) + Kayıplar 2

Toplam Enerji Dengesi

Türbin 1+Türbin 2+Türbin 3+Brülör+Kazan=Elektrik iç (Yongalayıcı, YL Yongalayıcı OYLL payı, odun sahası diğer, zımpara, kazan, kompresör 3-4, refiner 1-2, tutkal 1-2, kurutucu1-2, hava ayırıcı 1-2, serme1-2, pres1-2 ve sonrası, mekanik bileme 1-2) + Elektrik

dış (elektrik kurumundan alınan, devlete satılan ve diğer tesislere nakledilen) +buhar-doğalgaz (OYLL ortak+absorbsiyonlu çiller) + kurutma havası (türbin 1, 2 ve 3 kurutma prosesleri) + Kayıplar 1+ Kızgın yağ (OYLL ortak) + Buhar-biyokütle (OYLL ortak, absorbsiyonlu çiller) + Kayıplar 2

İlk akışta bahsedilen ve kurutmadan çıkan gazın sıcaklığı 60⁰ C dir. İkinci akışta bahsedilen kazanda atılan gazın sıcaklığı ise 200 ⁰C'dir. Buhar prosesinde söz konusu olan kondenzasyon tankından gelen tutkal dışarıdan OYLL'ye girdiği için değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca kurutma havasındaki Türbin 1,2 ve 3 eşanjörleri hesaplamaya alınmayıp yok sayılmıştır. Firmada tüketilen mazot yonga levha üretim sürecindeki veriler ile aynı kabul edilmiş ve mazotun tüketiminden kaynaklı KAİ buna göre hesaplanmıştır. Temel girdi olan hem enerji kaynağı hem de emisyon faktörleri doğalgaz, biyokütle ve dizeldir. Akış şemaları üzerinde temel girdiler görülmekte olup bu kaynakların emisyon faktörleri kullanılarak her proses için KAİ değerleri Tier 1 metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Yıllık üretilen ürün miktarı Tablo 4.12 de gösterilmiştir.

Tablo 4.12: 2015 yılında üretilmiş olan OYLL miktarı.

Aylar	Üretim miktarı (m ³ OYLL/ay)
Ocak	34538
Şubat	13788
Mart	23425
Nisan	32780
Mayıs	32519
Haziran	34500
Temmuz	37475
Ağustos	37101
Eylül	35056
Ekim	35509
Kasım	35509
Aralık	37361
Toplam (m³ OYLL/yıl)	389561

İlk başta EK 2.3 de gösterilen buhar enerji kaynağında yer alan OYLL ortak ve absorpsiyonlu çiller'e ait veriler firmadan aldığımız tüketilen enerji değerlerinin toplam değerleridir. Absorpsiyonlu çiller, atık enerjilerin (atık ısıdan elde edilecek olan enerji) değerlendirmesi bakımından düşük sıcaklıkta suyun kaynatılması, diğer bir deyişle suyun evaporasyonu alçak enerji seviyesindeki kaynağın ısısının alınmasını sağlamaktadır. Bu yüzden bu iki süreç için belli üretim (EK 2.5) ve tüketim değerlerini (EK 2.3) içeren oransal işlemle bu süreçlerin doğalgaz ve biyokütle miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.13). Sadece Ocak ayı için hem doğalgaz hem de biyokütle enerjisi miktarını hesaplamak için yapılan oransal işlem aşağıdaki gibi hesaplanmış ve diğer aylar için de aynı şekilde hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir:

OYLL ortak için Ocak Ayı

Aylık biyokütle miktarı [ton]=(Aylık Kabuğun yandığı enerjinin yeri(Buhar jeneratörü 1 ve 2)/Aylık üretilen toplam enerji)*Aylık OYLL Ortağın değeri

Aylık biyokütle miktarı [ton]=(7475/22520)*21920

Ocak ayının biyokütle enerji miktarı [ton]=7276,817 [ton]

Aylık doğalgaz miktarı [ton]=Aylık OYLL ortak değeri-Aylık biyokütle miktarı

Ocak ayının doğalgaz miktarı[ton]= 21920-7276,817

Ocak ayının doğalgaz miktarı[ton]=14643,183[ton]

Absorpsiyonlu çiller için Ocak Ayı

Aylık biyokütle miktarı [ton]=(Aylık Kabuğun yandığı enerjinin yeri(Buhar jeneratörü 1 ve 2)/Aylık üretilen toplam enerji)*Aylık absorpsiyonlu çillerin değeri

Aylık biyokütle miktarı [ton]=(7475/22520)*600

Ocak ayının biyokütle enerji miktarı [ton]=199,183 [ton]

Aylık doğalgaz miktarı [ton]=Aylık absorpsiyonlu çillerin değeri-Aylık biyokütle miktarı

Ocak ayının doğalgaz miktarı[ton]= 600-199,183

Ocak ayının doğalgaz miktarı[ton]= 400,817 [ton]

Tablo 4.13: OYLL üretiminde hem OYLL ortak hemde absorpsiyonlu çiller adlı etkili süreçlerin her birinin doğalgaz ve biyokütleye göre tüketilen enerji miktarları.

<i>BUHAR</i>		Kaynak	Aylar
Absorpsiyonlu Çiller	MDF Ortak		
400,817	14643,183	<i>Doğalgaz</i>	Ocak
199,183	7276,817	<i>Biyokütle</i>	
451,368	5901,632	<i>Doğalgaz</i>	Şubat
148,632	1943,368	<i>Biyokütle</i>	
476,986	10159,014	<i>Doğalgaz</i>	Mart
123,014	2619,986	<i>Biyokütle</i>	
438,068	12292,932	<i>Doğalgaz</i>	Nisan
161,932	4544,068	<i>Biyokütle</i>	
341,651	8644,349	<i>Doğalgaz</i>	Mayıs
258,349	6536,651	<i>Biyokütle</i>	
344,234	9157,766	<i>Doğalgaz</i>	Haziran
255,766	6804,234	<i>Biyokütle</i>	
344,325	9812,675	<i>Doğalgaz</i>	Temmuz
255,675	7286,325	<i>Biyokütle</i>	
342,083	10257,917	<i>Doğalgaz</i>	Ağustos
257,917	7734,083	<i>Biyokütle</i>	
355,273	9295,727	<i>Doğalgaz</i>	Eylül
244,727	6403,273	<i>Biyokütle</i>	
353,483	9312,517	<i>Doğalgaz</i>	Ekim
246,517	6494,483	<i>Biyokütle</i>	
353,580	9449,420	<i>Doğalgaz</i>	Kasım
246,420	6585,580	<i>Biyokütle</i>	
374,962	10822,038	<i>Doğalgaz</i>	Aralık
225,038	6494,962	<i>Biyokütle</i>	
4576,831	119749,169	<i>Doğalgaz</i>	2015 Yılı
2623,169	70723,831	<i>Biyokütle</i>	

Marmara bölgesinde bulunan XYZ AŞ. yıllık 389561 m³ OYLL üretmiştir. Buna bağlı olarak enerji kaynağı ve emisyon kaynağı baz alınarak KAİ hesaplaması yapılmıştır.

Emisyon ve KAİ hesabı için eşitlik (2) ve (3) kullanılmıştır.

Emisyon=Yakıt tüketimi*Emisyon faktörü*Oksidasyon faktörü

KAİ [kg CO₂e/m³ OYLL]=Emisyon [kg CO₂e/yıl] /Yıllık üretilen ürün miktarı [m³ OYLL/yıl]

EPDK'nın tebliğinde belirtilen değerlere göre, 1 m³ doğal gaz tüketiminden elde edilen enerji miktarı standard değer olarak 10.64 [kWsa]'dır (Url-30).

Doğalgazın emisyon faktörü Tablo 4.1 den alınmış olup sadece girdilerde yer alan Türbin 1 de doğalgaz ve kazanda ağaç kabuğu tüketimi sonucunda atmosfere verilen emisyon ve KAI hesaplamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır. Diğer etkili süreçlerdeki (hem birincil enerji kaynakları (doğrudan) hem de ikincil enerji kaynakları (dolaylı) yer alan süreçler) hesaplamalar aynı şekilde yapılmıştır. Ancak asıl emisyonu neden olan etkili süreçler doğrudan (birincil enerji kaynakları) olan etkili süreçlerdir. Gerekli birim dönüştürmeler yapılmıştır.

Yakıt tüketimi[kWsa/yıl]=Yakıt tüketimi[m³/yıl]*1m³ doğalgazın kWsa olarak standart değeri [kWsa/m³ doğalgaz]

Yakıt tüketimi [kWsa/yıl]=13550063[m³/yıl]*10,64[kWsa/m³] = 144172670 [kWsa/yıl]

Emisyon=144172670 [kWsa/yıl]*0.185 [kgCO₂/kWsa]= 26671944 [kgCO₂/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³ OYLL]=26671944 [kgCO₂e/yıl]/389561 [m³OYLL/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³ OYLL]= 68.47 [kg CO₂e/m³ OYLL] (**Türbin 1**)

Biyokütle olarak kazanda ağaç kabuğu, zımpara tozu, kenar kesme ve kuru lif yakılmaktadır. Yıllık olarak kazanda tüketilen biyokütle miktarları sırasıyla 10275 ton ağaç kabuğu, 10972 ton zımpara tozu, 8995 ton kenar kesme ve 7964 ton kuru lif'dir. Kazanda ağaç kabuğunun yanması sonucu atmosfere yıllık 420950 kg CO₂ emisyon verilmesi sonucunda oluşan KAI değeri 1,08 kg CO₂e/m³ OYLL'dir.

Yakıt tüketimi[kWsa/yıl]=Yakıt tüketimi[ton/yıl]*1000[kg/ton]*Isıl değer[kcal/kg]

* 4184[J/kcal]*1[kWsa] /3600000 [J]

Yakıt tüketimi [kWsa/yıl]= 10275 [ton/yıl]*1000 [kg/ton]*2350[kcal/kg]*4184 [J/kcal]

*1[kWsa] /3600000 [J]

Yakıt tüketimi [kWsa/yıl]=28063308 [kWsa/yıl] (Kazan-ağaç kabuğu)

Emisyon[kg CO₂/yıl]= 28063308 [kWsa/yıl]* 0,015[kgCO₂/kWsa]= 420950 [kg CO₂/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³ OYLL] = 420950[kg CO₂e/yıl]/389561 [m³ OYLL/yıl]

KAI [kg CO₂e/m³ OYLL] =1,08 [kg CO₂e/m³ OYLL] (**Kazan-ağaç kabuğu**)

Şirketin yapmış olduğu çalışma neticesinde yakıt cinsine bağlı değişen ısı değer Tablo 4.9 da gösterilmiştir ve bu tablodaki ısı değerler tam kuru değer bazında alınarak karbon ayak izi hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca gerekli 1 kg buhar 600 kilokalori, 1 kilokalori 4184 Joule ve 1kilowattsaat 3600000 Joule dönüşümleri yapılmıştır (Url-31; Url-43). Bütün tüketilen enerji miktarları kWsa biriminden birim dönüştürme işlemleri yapıp ilgili emisyon faktörüyle çarpılıp emisyon değeri bulunmuştur. Birim cinsinden ne kadarlık ayak izi salındığını bulmak için hesaplanan emisyon değeri yıllık üretilen ürün miktarına bölünmüştür.

Tablo 4.14: OYLL üretiminde doğrudan olarak etkili olan süreçlerin KAI değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAI (kg CO _{2e} /m ³ OYLL)
Doğalgaz (m ³)	Türbin 1	Doğalgaz	13550063	144172670	26671944	68,47
	Türbin 2		12209898	129913315	24033963	61,69
	Türbin 3		17432455	185481321	34314044	88,08
	OYLL Brülör		85089	905347	167489	0,43
Biyokütle (ton) (ağaç kabuğu)	Kazan	Odun yongası	10275	28063308	420950	1,08
Biyokütle (ton) (zımpara tozu)			10972	53915043	808726	2,08
Biyokütle (ton) (Kenar kesme)			8995	24358260	365374	0,94
Biyokütle (ton) (Kuru lif)			7964	35635360	534530	1,37
TOPLAM				602444625	87317020	224,14

Tablo 4.15: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin KAİ değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)
Elektrik İç (kWsa)	Yongalayıcı	Doğalgaz	726839	726839	134465	0,35
	YL Yongalayıcı OYLL Payı		105269	105269	19475	0,05
	Odun Sahası Diğer		947958	947958	175372	0,45
	Zımpara		5446132	5446132	1007534	2,59
	Kazan		3018142	3018142	558356	1,43
	Kompresör 3		427694	427694	79123	0,20
	Kompresör 4		713265	713265	131954	0,34
	Refiner 1		19391908	19391908	3587503	9,21
	Tutkal Mut-1		112406	112406	20795	0,05
	Kurutucu-1		5875676	5875676	1087000	2,79
	Havalı Ayırıcı-1		2386157	2386157	441439	1,13
	Serme-1		3418863	3418863	632490	1,62
	Pres-1		6339067	6339067	1172727	3,01
	Pres-1 Sonrası		2026683	2026683	374936	0,96
	Mekanik B1-1		4283365	4283365	792423	2,03
	Refiner 2		14316649	14316649	2648580	6,80
	Tutkal Mut-2		55598	55598	10286	0,03
	Kurutucu-2		5019173	5019173	928547	2,38
	Havalı Ayırıcı-2		1644032	1644032	304146	0,78
	Serme-2		3980892	3980892	736465	1,89
Pres-2	3059173	3059173	565947	1,45		
Pres-2 Sonrası	1823562	1823562	337359	0,87		

Tablo 4.16: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin karbon ayak izleri.

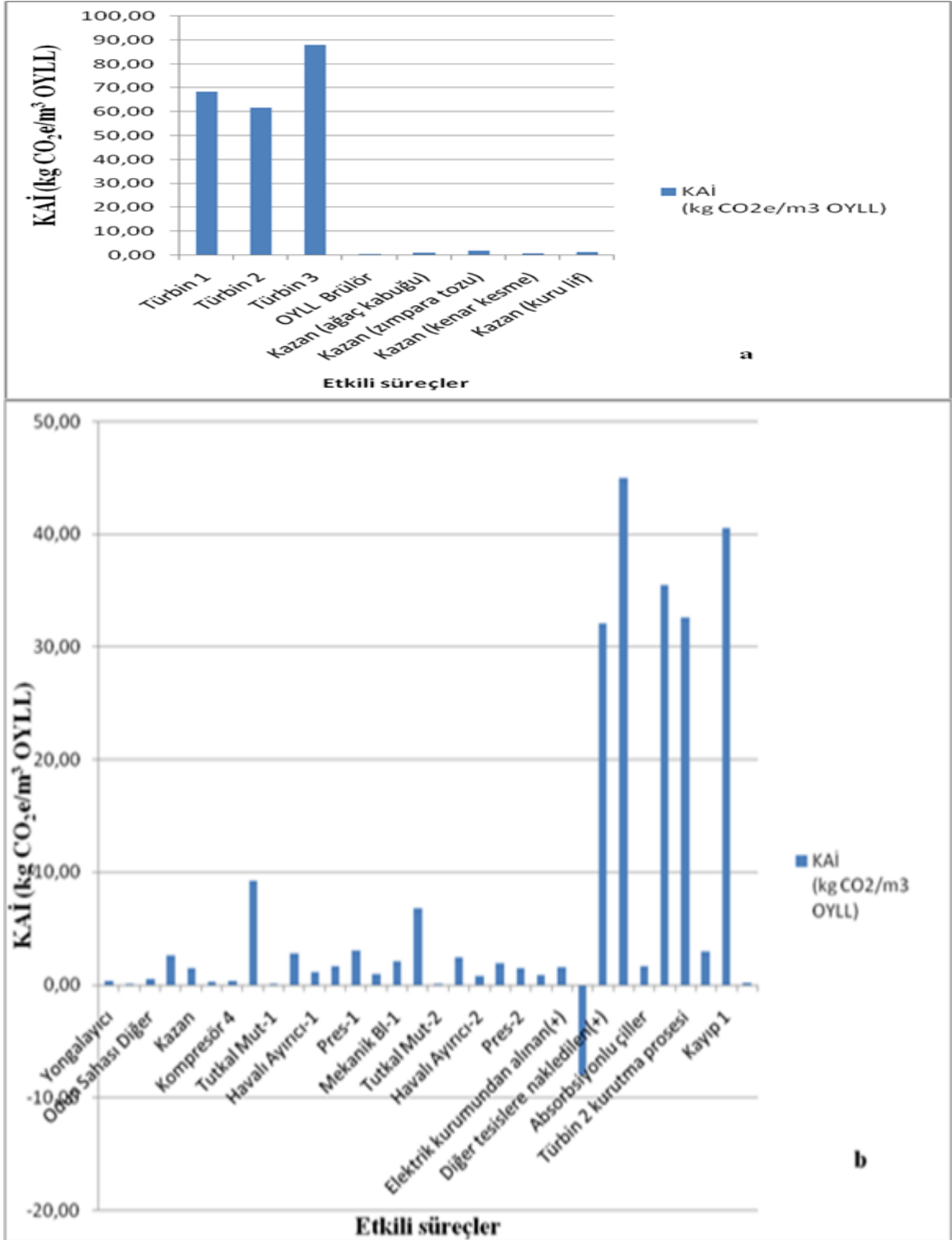
Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)
Elektrik Dış (kWsa)	Elektrik kurumundan alınan(+)	Doğalgaz	3196067	3196067	591272	1,52
	Devlete satılan(-)		-16822808	-16822808	-3112219	-7,99
	Diğer tesislere nakledilen(+)		67556378	67556378	12497930	32,08
Buhar (ton)	OYLL Ortak		119749,1695	83505088	15448441	39,66
	Absorbsiyonlu çiller		4576,830544	3191576	590442	1,52
Kurutma havası (kWsa)	Türbin 1 kurutma prosesi		74656426	74656426	13811439	35,45
	Türbin 2 kurutma prosesi		68535243	68535243	12679020	32,55
	Türbin 3 kurutma prosesi		6166905	6166905	1140877	2,93
Kayıplar	Kayıp 1		85369275	85369275	15793316	40,54
Kızgın yağ (kWsa)	OYLL ortak		Odun yongası	87004843	87004843	1305072,645
Buhar (ton)	OYLL ortak	70723,831		49318085	739771,2723	1,90
	Absorbsiyonlu çiller	2623,169		1829223	27438,34774	0,07
Kayıplar (kWsa)	Kayıp 2	3819820		3819820	57297,3	0,15
TOPLAM				602444625	87317020	224,14

OYLL üretiminde doğrudan (birincil) (Tablo 4.14) ve dolaylı (ikincil) (Tablo 4.15 ve 4.16) olarak etki eden süreçlerin emisyon ve KAI değerleri tablolarda gösterilmiştir.

Tablolarda görüldüğü gibi doğrudan ve dolaylı olarak etki eden süreçlerin tüketim değerleri, tüketim değerlerine bağlı olarak açığa çıkan emisyon ve KAI değerlerinin birbirine eşit olduğu görülmektedir. Böylece enerji dengesinin korunduğu gözlenmiştir.

Asıl emisyonu veren etkili süreçler doğrudan olan süreçlerin karbon ayak izi yani birincil enerji kaynaklarının atmosfere vermiş olduğu emisyonun ürün başına miktarını veren değerlerdir. Üretimde etkili olan süreçlerin KAI değeri 224,14 kg CO₂ e/m³ OYLL'dır (Tablo 4.14).





Şekil 4.9: OYLL üretiminde KAI değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynaklarının KAI değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu kaynakların KAI değerleri ile ilişkisi)

OYLL üretiminde etkili olan birincil ve ikincil enerji kaynaklarının KAI değerleri olan ilişkileri iki ayrı grafik halinde -Şekil 4.9-a ve Şekil 4.9-b de- gösterilmiştir. Asıl KAI değerlerini veren grafik Şekil 4.9-a dır. Bu şekilde Türbin 3'ün KAI değeri en yüksek iken, OYLL brülörün ise atmosfere saldığı KAI değeri en düşüktür. Şekil 4.9-b de ise en baskın KAI değerini veren birincil enerji kaynağı (doğrudan), OYLL ortaktır. OYLL üretiminde birçok ekipmana yardımcı olan sistemlerin genel adı OYLL ortak olarak adlandırılmıştır. Asıl KAI değerini veren etkili süreçler birincil enerji kaynaklarının enerji tüketimi sonucu atmosfere salınan emisyonun ürün başına düşen miktarıdır. Birincil (doğrudan) enerji kaynaklarında tüketilen enerji miktarı ikincil (dolaylı) enerji kaynaklarında tüketilen enerji miktarına eşittir. Çünkü, atık ısı kaybetilmeden enerji üretimi gerçekleşmektedir. Yani üretilen enerji tüketilen enerjiye eşittir. Buna bağlı olarak üretilen enerji ile tüketilen enerji arasında enerji dengesi söz konusudur. Böylece birincil enerji kaynaklarının toplam emisyon ve toplam KAI miktarı ile ikincil enerji kaynakların toplam emisyon ve toplam KAI miktarı birbirlerine eşit olmaktadır. Ancak dolaylı olarak atmosfere salınan emisyonun kaynağına, asıl emisyonun doğrudan olan etkili süreçlerinin (birincil enerji kaynaklarının) neden olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak asıl emisyonu oluşturan yani toplam KAI değerini veren birincil (doğrudan) enerji kaynaklarının kullanımında etkili olan süreçlerin atmosfere salmış olduğu emisyonun ürün başına miktarı KAI değerini oluşturmaktadır. Böylece, toplam emisyon miktarı 87317020kg CO₂ iken, ürün başına KAI değeri 224,14 kg CO_{2e}/m³ OYLL'dır. Volvo,eskalator ve forklift gibi üretime yardımcı olan araçlarda mazot olarak dizel tüketimine bağlı emisyon ve KAI hesaplamaları için eşitlik (2) ve (3) kullanılmıştır.

Emisyon [kg CO₂/yıl]=Yakıt tüketimi [L/yıl]*Emisyon faktörü [kgCO₂/L]*Oksidasyon faktörü

Emisyon [kg CO₂/yıl]=29365[L/yıl]*2,9[kgCO₂/L]*1= 85159 [kgCO₂/yıl]

KAI [kg CO_{2e}/m³ OYLL]=85159 [kg CO_{2e}/yıl]/ 389561 [m³ OYLL/yıl]

KAI [kg CO_{2e}/m³ OYLL]=0,22 [kg CO_{2e}/m³ OYLL]

Volvo,eskalator ve forklift gibi üretime yardımcı olan araçlarda mazot olarak dizel tüketimine bağlı ilgili emisyon faktörünün Tablo 4.1 den alınıp dizel tüketiminin sonucu atmosfere salınan emisyon 85159 kg CO₂ ve salınan emisyonu bağlı KAI değeri 0,22 kg CO_{2e}/m³ OYLL olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak yardımcı taşıma araçlarında dizelin tüketimi sonucu oluşan KAI değerinin üretim sonucunda toplam KAI değerine eklendiğinde toplam KAI değeri 224,36 kg CO₂/m³ OYLL olarak bulunur.

4.1.6. OYLL Üretiminde KAİ'nin Azaltılmasına Yönelik Geliştirilen Senaryolar

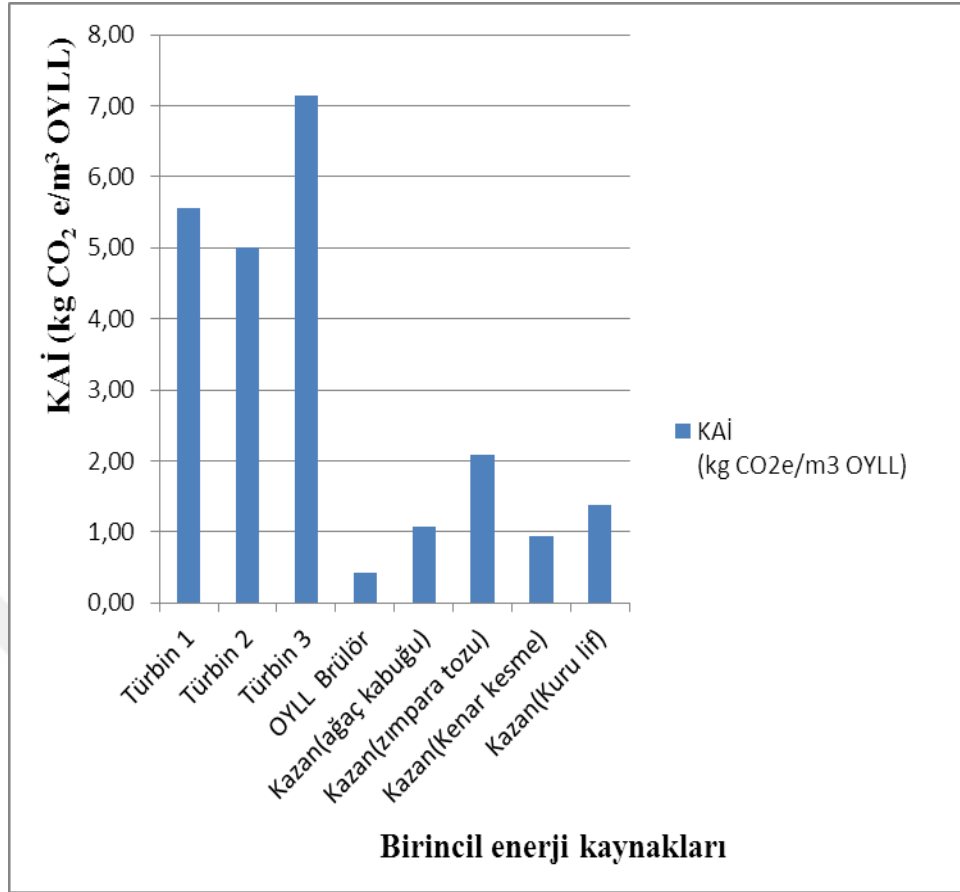
4.1.6.1. Senaryo 1: Etkili Girdilerden Türbin 1, 2 ve 3 Yerine Aynı Enerji Değerini Üreten Biyokütle Kazanı Konulursa

Senaryo 1'e göre OYLL üretiminde asıl KAİ değerine neden olan etkili süreçlerden (birincil enerji kaynağı (doğrudan)) Türbinler (1, 2 ve 3) yerine aynı enerji değerini üreten biyokütle kazanı konulursa buna bağlı olarak KAİ değerinin etkisi gözlemlenmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Senaryo 1'e göre OYLL üretimindeki KAİ değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)
Doğalgaz (m ³)	Türbin 1	Odun yongası	13550063	144172670	2162590	5,55
	Türbin 2		12209898	129913315	1948700	5,002
	Türbin 3		17432455	185481321	2782220	7,14
	OYLL Brülör	Doğalgaz	85089	905347	167489	0,43
Biyokütle (ton) (ağaç kabuğu)	Kazan	Odun yongası	10275	28063308	420950	1,08
Biyokütle (ton) (zımpara tozu)			10972	53915043	808726	2,08
Biyokütle (ton) (Kenar kesme)			8995	24358260	365374	0,94
Biyokütle (ton) (Kuru lif)			7964	35635360	534530	1,37
TOPLAM				602444624	9190579	23,60

Tablo 4.14 de Türbin 1, 2 ve 3 'deki emisyon faktörleri doğalgaz iken KAİ değerleri sırasıyla 68,47 kg CO₂e/m³ OYLL; 61,69 kg CO₂e/m³ OYLL; 88,08 kg CO₂e/m³ OYLL iken senaryo 1 e göre emisyon faktörleri biyokütle olmuş olacaktır (Tablo 4.17). Bu senaryoyla birlikte Türbin 1,2 ve 3 deki KAİ değerleri sırasıyla 5,55 [kg CO₂e/m³ OYLL]; 5,002 [kg CO₂e/m³ OYLL]; 7,14 [kg CO₂e/m³ OYLL] olacaktır. Yapılan senaryo 1 e göre 602444624 [kWsa] lik enerji tüketimi sonucunda atmosfere 9190579 kg CO₂lik emisyon salınmaktadır. Bu emisyonun oluşturmuş olduğu toplam KAİ miktarı 23,60 [kg CO₂e/m³OYLL]'dir (Tablo 4.17). Senaryo 1'e göre OYLL tesisine ait KAİ değeri güncel değere göre % 89,47 oranında azalmaktadır.



Şekil 4.10: OYLL üretiminde senaryo 1'e göre birincil enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarının KAI değerleri ile ilişkisi

Yani senaryo 1 ile birlikte Türbin 1,2 ve 3'ün KAI değerleri de 12 de biri olarak azalmış olacaktır. Toplam KAI miktarında 9 da biri kadar azalmış olacaktır (Şekil 4.10).

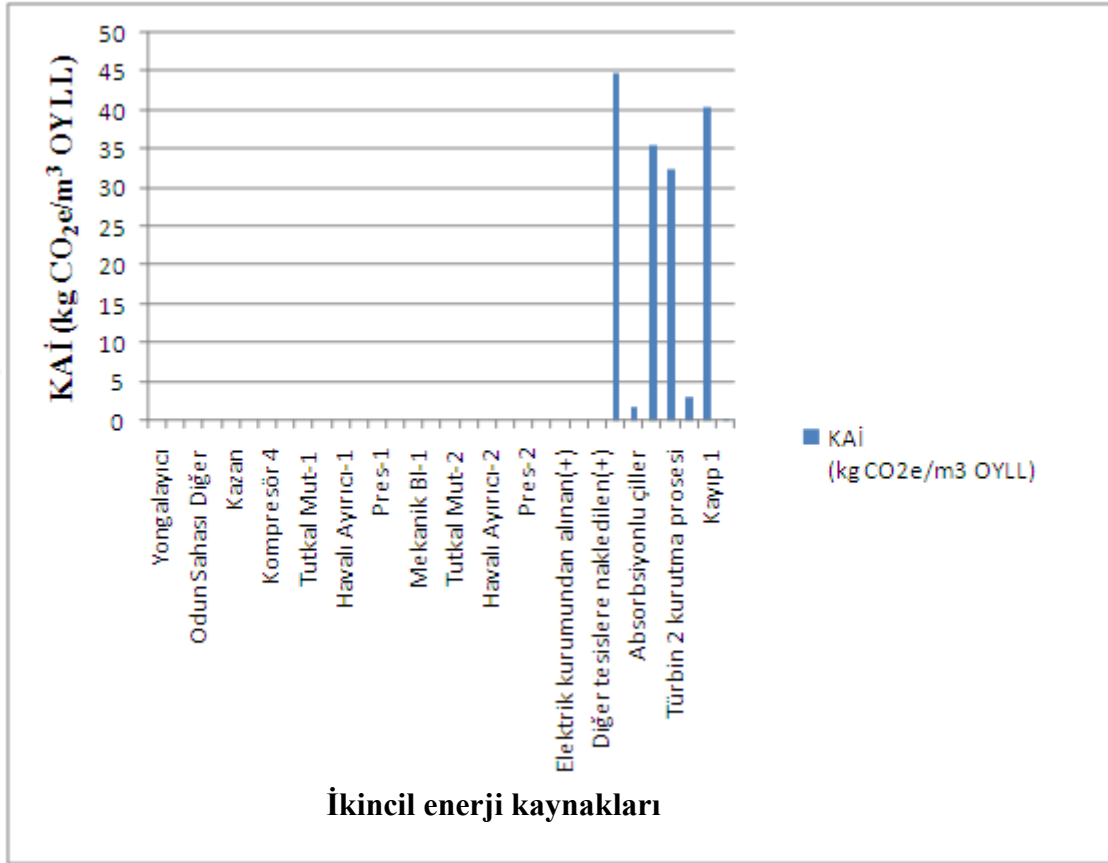
4.1.6.2.Senaryo 2: Toplam Elektriğin Ürettiği Enerjiyi Güneş Panellerinden Sağlanırsa

Senaryo 2'e göre OYLL üretiminde asıl KAI etkisine neden olmayan (dolaylı) etkili süreçlerdeki (çıktılardaki) toplam elektriğin ürettiği enerjiyi güneş panellerinden sağlanması durumunda buna bağlı olarak oluşan KAI etkisinin neden olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: Senaryo 2'e göre OYLL üretimindeki KAİ değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)
Elektrik İç (kWsa)	Yongalayıcı	Güneş	726839	726839	0	0
	YL Yongalayıcı OYLL Payı		105269	105269	0	0
	Odun Sahası Diğer		947958	947958	0	0
	Zımpara		5446132	5446132	0	0
	Kazan		3018142	3018142	0	0
	Kompresör 3		427694	427694	0	0
	Kompresör 4		713265	713265	0	0
	Refiner 1		19391908	19391908	0	0
	Tutkal Mut-1		112406	112406	0	0
	Kurutucu-1		5875676	5875676	0	0
	Havalı Ayırıcı-1		2386157	2386157	0	0
	Serme-1		3418863	3418863	0	0
	Pres-1		6339067	6339067	0	0
	Pres-1 Sonrası		2026683	2026683	0	0
	Mekanik B1-1		4283365	4283365	0	0
	Refiner 2		14316649	14316649	0	0
	Tutkal Mut-2		55598	55598	0	0
	Kurutucu-2		5019173	5019173	0	0
	Havalı Ayırıcı-2		1644032	1644032	0	0
	Serme-2		3980892	3980892	0	0
Pres-2	3059173	3059173	0	0		
Pres-2 Sonrası	1823562	1823562	0	0		
Elektrik Dış (kWsa)	Elektrik kurumundan alınan(+)		3196067	3196067	0	0
	Devlete satılan(-)		-16822808	-16822808	0	0
	Diğer tesislere nakledilen(+)		67556378	67556378	0	0
Buhar(ton)	OYLL Ortak	Doğalgaz	119749,2	83505088	15448441	39,66
	Absorbsiyonlu çiller		4576,831	3191576	590442	1,52
Kurutma havası (kWsa)	Türbin 1 kurutma prosesi	Doğalgaz	74656426	74656426	13811439	35,45
	Türbin 2 kurutma prosesi		68535243	68535243	12679020	32,55
	Türbin 3 kurutma prosesi		6166905	6166905	1140877	2,93
Kayıplar	Kayıp 1		85369275	85369275	15793316	40,54
Kızgın yağ(kWsa)	OYLL ortak	Odun yongası	87004843	87004843	1305073	3,35
Buhar(ton)	OYLL ortak		70723,83	49318085	739771,3	1,9
	Absorbsiyonlu çiller		2623,169	1829223	27438,35	0,07
Kayıplar(kWsa)	Kayıp2		3819820	3819820	57297,3	0,15
TOPLAM				602444624	61593114,57	158,12

Yapılan senaryo 2'e göre 602444624 kWsa lik enerji tüketimi sonucunda atmosfere 61593115 kg CO₂lik emisyon salınmaktadır. Bu emisyonun oluşturmuş olduğu toplam KAI miktarı 158,12 kg CO₂e/m³ OYLL'dır (Tablo 4.18).



Şekil 4.11: OYLL üretiminde senaryo 2'e göre ikincil enerji kaynakları ve bu kaynakların KAI değerleri ile ilişkisi

Senaryo 2'e göre ikincil enerji kaynaklarının etkili süreçlerine göre toplam elektriğin ürettiği enerjiyi güneş panellerinden sağlanması sonucunda emisyon faktörü güneş olacaktır. Güneşin emisyon faktörü 0 olduğu için asıl doğrudan olan enerji kaynağının dolaylı olarak KAI'ne etki etmesi söz konusu olduğundan, toplam elektriğin ürettiği enerjiyi oluşturan kısmın KAI de 0 olacaktır. Böylece çıktıların toplam emisyon ve toplam KAI de azalmış olacaktır. Yani senaryo 2 ile birlikte KAI değeri 1,41 oranında azalmış olacaktır (Şekil 4.11).

4.2.EAİ HESAPLAMALARI

Fabrikada odun bazlı levhalardan YL ve OYLL üretimi aşamasında girdi olarak doğalgaz, biyokütle, mazot olarak birincil (doğrudan) enerji kaynaklarının yanısıra bunların kullanımı sonucunda açığa çıkan enerjinin tekrar kullanımını sağlayan kızgın yağ, buhar, elektrik gibi ikincil (dolaylı) enerji kaynakları kullanılmaktadır. Birincil enerji kullanımıyla üretilen enerji açığa çıkan atık ısının ikincil enerji kaynakları şeklinde tüketimine eşittir. Yani burada enerji dengesi söz konusudur. Hem YL hem de OYLL üretimi sonucunda açığa çıkan EAİ değerleri aşağıdaki (4) eşitliğin kullanılmasıyla hesaplanmıştır:

$$EAİ [kWsa/m^3YL(OYLL)]=\text{Tüketilen yıllık enerji miktarı [kWsa/yıl]}/\text{Üretilen yıllık yonga (lif-YL) levha miktarı [m}^3\text{ lif levha (OYLL) /yıl]} \quad (4)$$

4.2.1.YL Üretimindeki EAİ Hesaplaması

Asıl CO₂ emisyonuna bağlı üretilen YL ürünü başına KAİ'ni, birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçler oluştururken, aynı şekilde EAİ değerini birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçleri oluşturmaktadır. Enerji dengesi gereği; birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin EAİ değerleri toplamı, ikincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin EAİ değerleri toplamına eşittir.

EAİ hesabı için eşitlik (4) kullanılmıştır.

$$EAİ [kWsa/m^3YL]=\text{Tüketilen yıllık doğalgaz enerjisi miktarı [kWsa/yıl]}/\text{Yıllık üretilen yonga levha miktarı [m}^3\text{ YL/yıl]}$$

Asıl EAİ'ni oluşturan kısım, birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin oluşturmuş olduğu EAİ miktarıdır. İlk üç birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin EAİ hesaplaması aşağıda yapılmıştır ve diğer hesaplamalar aynı şekilde hesaplanıp Tablo 4.19' da gösterilmiştir:

$$EAİ [kWsa/m^3YL] = 166152304 [kWsa/yıl] / 423096 [m^3YL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3YL] = 392,706 [kWsa/m^3YL] \text{ (Türbin 4-doğalgaz)}$$

$$EAİ [kWsa/m^3YL] = 9929248 [kWsa/yıl] / 423096 [m^3YL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3YL] = 23,468 [kWsa/m^3YL] \text{ (Brülör-doğalgaz)}$$

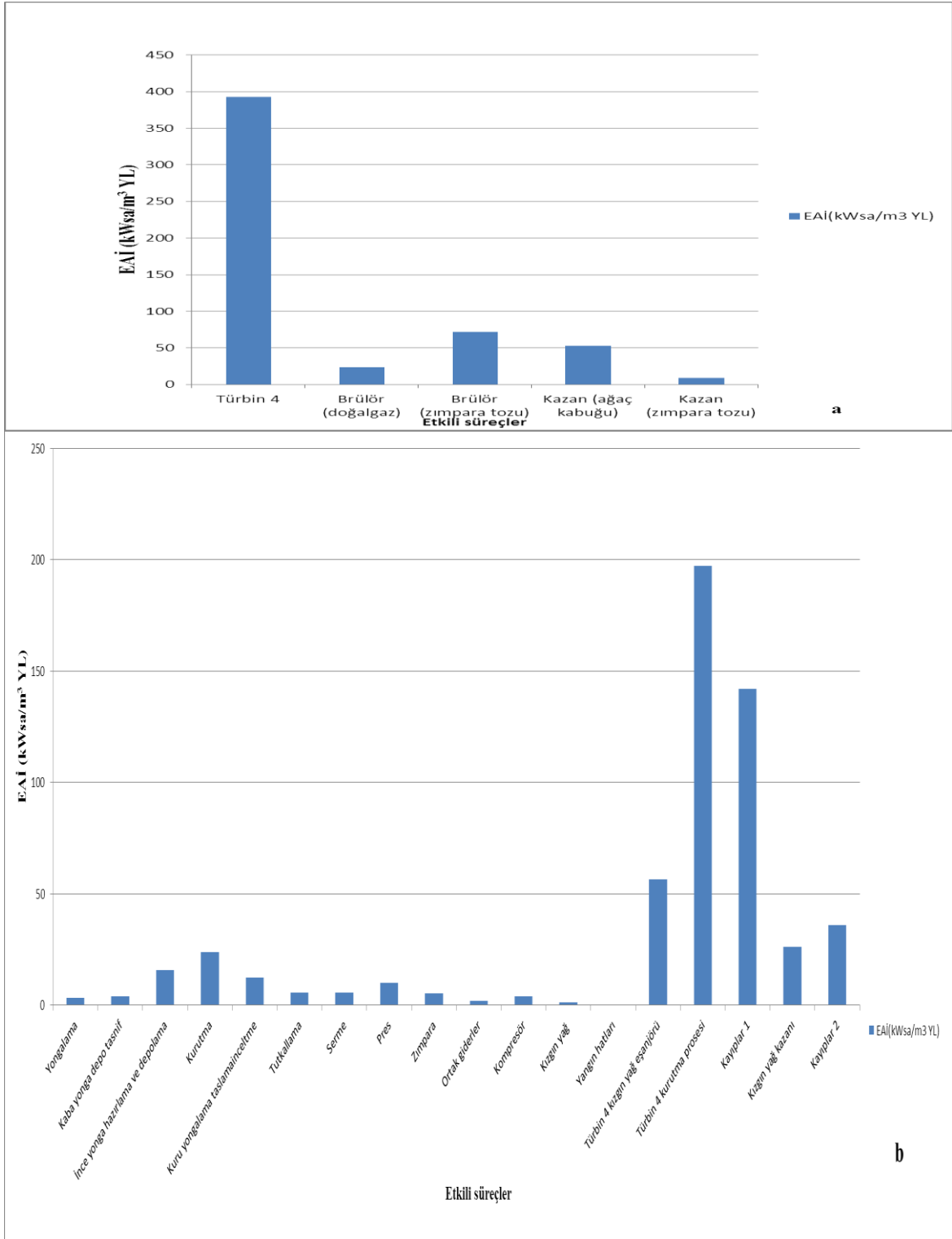
$$EA\dot{I} [\text{kWsa}/\text{m}^3\text{YL}] = 30402269,77 [\text{kWsa}/\text{yıl}] / 423096 [\text{m}^3\text{YL}/\text{yıl}]$$

$$EA\dot{I} [\text{kWsa}/\text{m}^3\text{YL}] = 71,85667 [\text{kWsa}/\text{m}^3\text{YL}] \text{ (Brülör-biyokütle)}$$

Tablo 4.19: YL üretiminde (doğrudan etki eden süreçlerin) EAİ değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	EAİ (kWsa/m ³ YL)
Doğalgaz (m ³)	Türbin 4	15615818	166152303,5	392,7059
Doğalgaz (m ³)		933200	9929248	23,46807
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Brülör	6184	30402269,77	71,85667
Biyokütle (ağaç kabuğu) (ton)	Kazan	8155	22284011,63	52,66893
Biyokütle (zımpara tozu) (ton)		792	3893693,023	9,202859
TOPLAM			232661526	549,9024

Birincil enerji kaynaklarında etkili olan süreçlerin toplam tüketilen enerji miktarı, ikincil enerji kaynaklarında etkili olan süreçlerin toplam enerji miktarına eşit aynı şekilde EAİ değerleri de birbirine eşittir. YL üretiminde 232661526 kWsa lık enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Emisyona etki eden doğrudan kaynakların etkili süreçlere göre toplam EAİ değeri 549,9024 [kWsa/m³ YL] olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.19). Bu toplam EAİ, birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin oluşturmuş olduğu toplam EAİ miktarıdır. Çünkü asıl emisyonu oluşturan doğrudan enerji kaynaklarının tüketimden kaynaklı emisyonun oluşturmuş olduğu etkidir. Bu nedenden dolayı sadece birincil (doğrudan) enerji kaynakların tüketiminden kaynaklanan etkili süreçlerin tüketilen enerji miktarları ve bu tüketilen miktarlara göre hesaplanan EAİ değerleri Tablo 4.19 da gösterilmiştir.



Şekil 4.12: YL üretiminde EAI değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAI değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynakların EAI değerleri ile ilişkisi).

Şekil 4.12 de YL üretiminde etkili olan birincil ve ikincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin EAI değerleri ile olan ilişkileri iki ayrı grafik halinde Şekil 4.12-a ve Şekil 4.12-b olarak gösterilmiştir. Asıl EAI değerini veren Şekil 4.12–a’dır. Bu şekilde Türbin 4 ün EAI değeri en yüksek iken, kazanda zımpara tozunun yakılması sonucu oluşan EAI değeri en düşüktür. Enerji tüketimine bağlı en baskın emisyonu veren birincil enerji kaynağının tüketiminde etkili olan süreç, Türbin 4 dür. Şekil 4.12–b de ise en baskın EAI değerini veren ikincil enerji kaynağın tüketiminde etkili olan süreç, Türbin 4 kurutma prosesidir. Ancak asıl EAI değerini veren etkili süreçler birincil enerji kaynakların tüketiminde etki olan süreçlerin enerji tüketimi sonucu oluşan ürün başına düşen EAI değeridir. Birincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin toplam EAI, ikincil enerji kaynaklarının tüketiminde etkili olan süreçlerin toplam EAI değerine eşittir. Çünkü, atık ısı kaybetilmeden enerji üretimi gerçekleşmektedir. Yani üretilen enerji tüketilen enerjiye eşittir. Buna bağlı olarak üretilen enerji ile tüketilen enerji arasında enerji dengesi söz konusudur.

Ayrıca firmada mazot olarak dizel tüketimi söz konusu olduğundan fabrika içinde kullanılan taşıma araçlarının (volvo,eskalatör ve forklift) EAI hesaplaması (4) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplamada birkaç dönüşüm işlemi yapılmıştır. Dönüşüm için 1 Litre dizel 38,7 megajoule (MJ), 1 megajoule (MJ) ise 10^6 Joule ve 1kWsa ise 3600000 Joule olacak şekilde gerekli birim dönüşümleri yapılmıştır (Budak ve diğ., 2009; Url-31).

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [L/yıl]} = 29365 \text{ [L/yıl]}$$

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [kWsa/yıl]} = \text{Tüketilen enerji miktarı [L/yıl]} * 38,7 \text{ [MJ/L dizel]}$$

$$* 10^6 \text{ [J/MJ]} * 1 \text{ [kWsa]} / 3600000 \text{ [J]}$$

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [kWsa/yıl]} = 315673,75 \text{ [kWsa/yıl]}$$

$$\text{EAI [kWsa/m}^3\text{YL]} = 315673,75 \text{ [kWsa/yıl]} / 423096 \text{ [m}^3\text{YL/yıl]} = 0,746 \text{ [kWsa/m}^3\text{YL]}$$

Volvo, eskalatör ve firkliftlerde mazot olarak dizel yakıtın tüketimi sonucu oluşan EAI değeri 0,746 kWsa/m³ YL dır. Buna bağlı olarak yardımcı taşıma araçlarında dizelin tüketimi sonucu oluşan EAI değerine üretim sonucunda toplam EAI değeri eklendiğinde toplam EAI değeri 550,6484 kWsa/m³ YL olarak bulunur.

4.2.2.OYLL Üretimindeki EAİ Hesaplaması

OYLL üretiminde emisyonla bağı olarak açığa çıkan EAİ hesabı için eşitlik (4) kullanılmıştır.

$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = \text{Tüketilen yıllık doğalgaz enerjisi miktarı } [kWsa/yıl] / \text{Yıllık üretilen orta yoğunluklu lif levha miktarı } [m^3 OYLL/yıl]$

İlk dört etkili süreçteki EAİ hesaplaması gibi diğer etkili süreçlerin EAİ değerleri aynı şekilde hesaplanmıştır ve Tablo 4.40 da gösterilmiştir:

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 144172670 [kWsa/yıl] / 389561 [m^3 OYLL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 370,09 [kWsa/m^3OYLL] \text{ (Türbin 1)}$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 129913315 [kWsa/yıl] / 389561 [m^3 OYLL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 333,4864 [kWsa/m^3OYLL] \text{ (Türbin 2)}$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 28063308 [kWsa/yıl] / 389561 [m^3 OYLL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 72,038 [kWsa/m^3OYLL] \text{ (Kazan-ağaç kabuğu)}$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 53915043 [kWsa/yıl] / 389561 [m^3 OYLL/yıl]$$

$$EAİ [kWsa/m^3OYLL] = 138,40 [kWsa/m^3OYLL] \text{ (Kazan-zımpara tozu)}$$

OYLL üretiminde asıl CO₂ emisyonuna bağlı üretilen OYLL ürününün başına KAİ doğrudan kaynakların oluşturduğu KAİ değeridir. Aynı şekilde EAİ değeri de doğrudan etkili olan süreçleri oluşturmaktadır. Enerji dengesi gereği; birincil enerji kaynaklarda etkili olan süreçlerin EAİ değerleri toplamı, ikincil enerji kaynaklarda etkili olan süreçlerin EAİ değerleri toplamına eşittir.

Birincil enerji kaynakların tüketiminde etkili olan süreçlerin toplam enerji miktarı, ikincil enerji kaynakların tüketiminde etkili olan süreçlerin toplam enerji miktarına eşit aynı şekilde EAİ değerleri de birbirine eşittir.

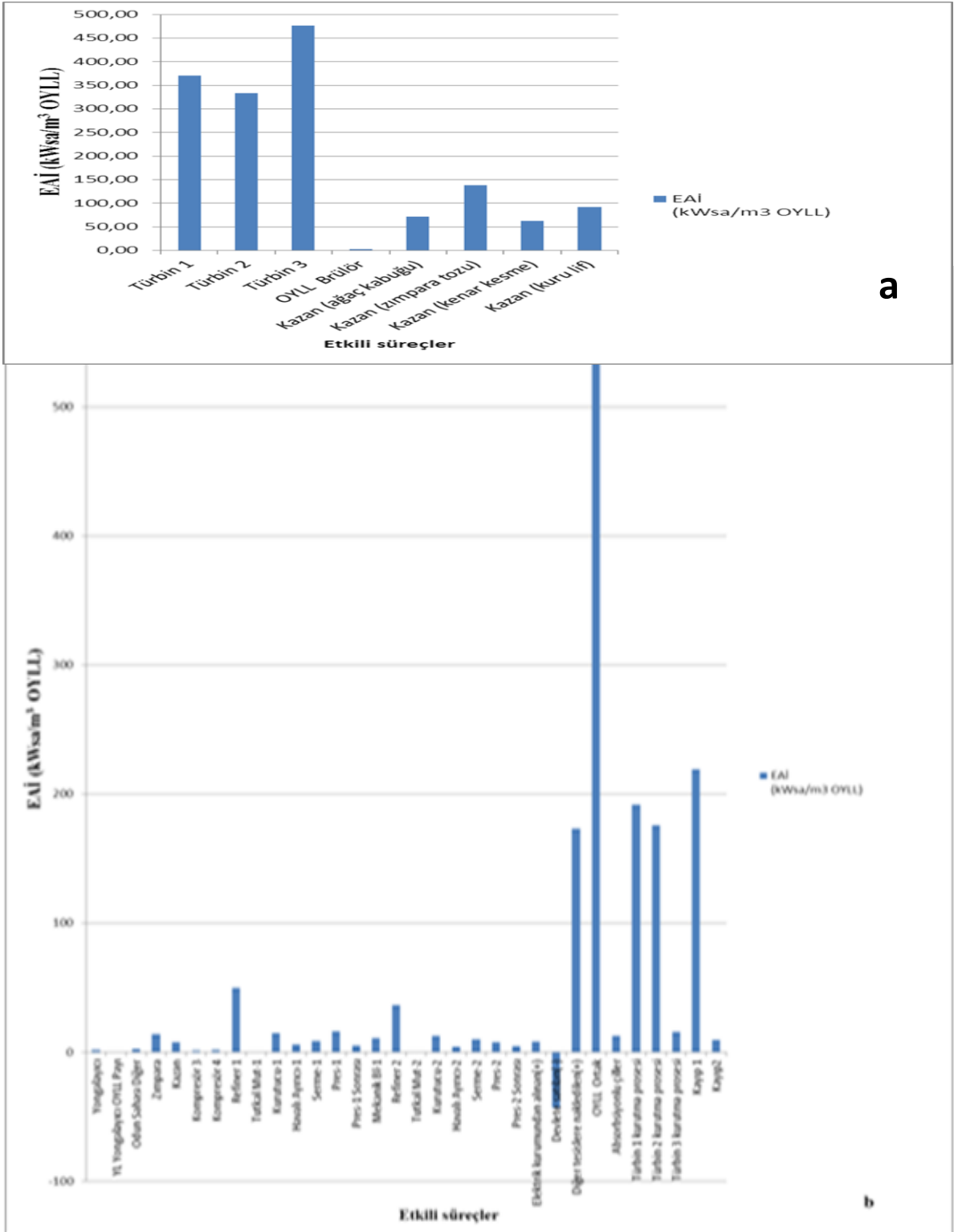
OYLL üretiminde kWsa lık enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Emisyona etki eden doğrudan kaynakların etkili süreçlere göre toplam EAİ değeri 1546,47 [kWsa/m³ OYLL] olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.20). Bu toplam EAİ, birincil kaynakların tüketiminde etkili olan süreçlerin toplam EAİ değeridir. Çünkü asıl emisyonu oluşturan doğrudan enerji kaynaklarının tüketimden kaynaklı emisyonun oluşturmuş olduğu etkidir. Bu nedenden dolayı sadece doğrudan kaynaklı tüketilen enerji miktarları ve bu tüketilen miktarlara göre hesaplanan EAİ değerleri Tablo 4.20 de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 4.21 de dolaylı olarak etki eden süreçlerin EAİ değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.20: OYLL üretiminde doğrudan olarak etkili olan süreçlerin EAİ değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	EAİ (kWsa/m ³ OYLL)
Doğalgaz	Türbin 1	144172670	370,09
	Türbin 2	129913315	333,49
	Türbin 3	185481321	476,13
	OYLL Brülör	905347	2,32
Biyokütle(ton) (ağaç kabuğu)	Kazan	28063308	72,04
Biyokütle(ton) (zımpara tozu)		53915043	138,40
Biyokütle (ton) (Kenar kesme)		24358260	62,53
Biyokütle (ton) (Kuru lif)		35635360	91,48
TOPLAM		602444625	1546,47

Tablo 4.21: OYLL üretiminde dolaylı olarak etkili olan süreçlerin EAI değerleri.

Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	EAI (kWsa/m ³ OYLL)
Elektrik İç (kWsa)	Yongalayıcı	726839	1,87
	YL Yongalayıcı OYLL Payı	105269	0,27
	Odun Sahası Diğer	947958	2,43
	Zımpara	5446132	13,98
	Kazan	3018142	7,75
	Kompresör 3	427694	1,10
	Kompresör 4	713265	1,83
	Refiner 1	19391908	49,78
	Tutkal Mut-1	112406	0,29
	Kurutucu-1	5875676	15,08
	Havalı Ayırıcı-1	2386157	6,13
	Serme-1	3418863	8,78
	Pres-1	6339067	16,27
	Pres-1 Sonrası	2026683	5,20
	Mekanik Bl-1	4283365	11,00
	Refiner 2	14316649	36,75
	Tutkal Mut-2	55598	0,14
	Kurutucu-2	5019173	12,88
	Havalı Ayırıcı-2	1644032	4,22
	Serme-2	3980892	10,22
Pres-2	3059173	7,85	
Pres-2 Sonrası	1823562	4,68	
Elektrik Dış (kWsa)	Elektrik kurumundan alınan(+)	3196067	8,20
	Devlete satılan(-)	-16822808	-43,18
	Diğer tesislere nakledilen(+)	67556378	173,42
Buhar(ton)	OYLL Ortak	83505088	214,36
	Absorbsiyonlu çiller	3191576	8,19
Kurutma havası (kWsa)	Türbin 1 kurutma prosesi	74656426	191,64
	Türbin 2 kurutma prosesi	68535243	175,93
	Türbin 3 kurutma prosesi	6166905	15,83
Kayıplar	Kayıp 1	85369275	219,14
Kızgın yağ(kWsa)	OYLL ortak	87004843	223,34
Buhar(ton)	OYLL ortak	49318085	126,60
	Absorbsiyonlu çiller	1829223	4,70
Kayıplar(kWsa)	Kayıp2	3819820	9,81
TOPLAM		602444625	1546,47



Şekil 4.13: OYLL üretiminde EAI değerleri ile etkili süreçler arasındaki ilişki (a-Birincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynaklarının EAI değerleri ile ilişkisi, b-İkincil enerji kaynakları ile bu enerji kaynaklarının EAI değerleri ile ilişkisi).

Şekil 4.13 de OYLL üretiminde etkili olan birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynaklarının EAI değerleri iki ayrı grafik halinde Şekil 4.13-a ve Şekil 4.13-b olarak gösterilmiştir. Asıl EAI değerini veren Şekil 4.13–a’dır. Bu şekilde Türbin 3’ün EAI değeri en yüksek iken OYLL brülörünün EAI değeri en düşüktür. Enerji tüketimine bağlı en baskın emisyonu veren birincil enerji kaynağı, Türbin 3 dür. Şekil 4.13–b de ise en baskın EAI değerini veren ikincil enerji kaynağı OYLL ortak ‘dır. Ancak asıl EAI değerini veren etkili süreçler birincil enerji kaynaklarda enerji tüketimi sonucu oluşan ürün başına düşen EAI değerleridir. Birincil enerji kaynaklarında toplam EAI değeri, ikincil enerji kaynaklarında toplam EAI değerine eşittir. Çünkü, atık ısı kaybetilmeden enerji üretimi gerçekleşmektedir. Yani üretilen enerji tüketilen enerjiye eşittir. Buna bağlı olarak üretilen enerji ile tüketilen enerji arasında enerji dengesi söz konusudur. OYLL üretimi sonucunda açığa çıkan emisyonu bağlı EAI değeri 1546,47[kWsa/m³ OYLL]’dır. Ayrıca firmada mazot olarak dizel tüketimi söz konusu olduğundan fabrika içinde kullanılan taşıma araçlarının (volvo,eskalatör ve forklift) EAI hesaplaması (4) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplamada birkaç dönüşüm işlemi yapılmıştır (Budak ve diğ., 2009; Url-31).

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [L/yıl]} = 29365[\text{L/yıl}]$$

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [kWsa/yıl]} = \text{Tüketilen enerji miktarı [L/yıl]} * 38,7 [\text{MJ/L dizel}]$$

$$* 10^6 [\text{J/MJ}] * 1 [\text{kWsa}] / 3600000 [\text{J}]$$

$$\text{Tüketilen enerji miktarı [kWsa/yıl]} = 315673,75[\text{kWsa/yıl}]$$

$$\text{EAI [kWsa/m}^3\text{OYLL]} = \text{Tüketilen enerji miktarı [kWsa/yıl]} / \text{Yıllık üretilen orta yoğunluklu lif levha miktarı [m}^3\text{ OYLL/yıl]}$$

$$\text{EAI [kWsa/ m}^3\text{OYLL]} = 315673,75[\text{kWsa/yıl}] / 389561 [\text{m}^3\text{OYLL/yıl}]$$

$$\text{EAI [kWsa/m}^3\text{ OYLL]} = 0,8103 [\text{kWsa/m}^3\text{OYLL}]$$

Volvo, eskalatör ve firkliftlerde mazot olarak dizel yakıtın tüketimi sonucu oluşan EAI değeri 0,8103 kWsa/m³ OYLL’ dır. Buna bağlı olarak yardımcı taşıma araçlarında dizelin tüketimi sonucu oluşan EAI değeri üretim sonucunda toplam EAI değerine eklendiğinde toplam EAI değeri 1547,2803 [kWsa/m³ OYLL] olarak bulunur.

4.3.PARETO ANALİZ METODU

4.3.1.Pareto Analiz Metoduyla YL Üretimindeki KAİ ve EAİ Problemlerinin Belirlenmesi

Doğrudan ve dolaylı olarak üretime etki eden tüm süreçler için KAİ ve EAİ problemlerine yönelik Pareto analiz uygulamaları yapılmıştır.

4.3.1.1.YL Üretiminde KAİ Probleminin Belirlenmesi

YL üretiminde KAİ, doğrudan ve dolaylı olarak üretime etki eden süreçlerin etkisi sonucu yıllık olarak 170,409 kg CO₂e/m³ YL olarak hesaplanmıştır. Asıl KAİ değerine etki eden süreçler, doğrudan etkili süreçlerdir. Ancak bu yapılan uygulamada YL üretiminde etkili olan tüm süreçlerin KAİ değerlerinde en problemlili olan süreç/leri tespit etmek amacıyla dolaylı olan etkili süreçler, doğrudan olan süreçlere dahil edilmiştir. Böylece pareto analiz metoduyla YL üretime etki eden süreçlerin en problemlili KAİ değer/leri için çözüm getirilmeye çalışılmış ve çözüme bağlı olarak öneriler sunulmuştur.

Pareto analizinin ilk adımı olarak YL üretime etki eden etkili süreçlerin KAİ değerleri Tablo 4.22 de görüldüğü gibi numaralandırılmıştır. Burada toplam 22 tane YL üretime etki eden etkili süreçler, KAİ değer/leri problemlili neden olmaktadır.

Tablo 4.22: YL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ değerleri.

Seri no	Etkili süreçler	KAİ [kg CO ₂ e/m ³ YL]
1	Türbin 4	72,65
2	Brülör	5,42
3	Yongalama	0,62
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	0,73
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	2,89
6	Kurutma	4,43
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	2,26
8	Tutkallama	1,06
9	Serme	1,01
10	Pres	1,85
11	Zimparalama	0,98
12	Ortak Giderler	0,36
13	Kompresör	0,71
14	Kızgın Yağ	0,21
15	Yangın Hatları	0,01
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	10,42
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	36,48
18	Kayıplar 1	26,27
19	Kazan	0,93
20	Kızgın yağ kazanı	0,39
21	Kayıplar 2	0,54
22	Taşıma araçları	0,2

İkinci adım olarak, Tablo 4.23 de görüldüğü gibi KAİ etkisine neden olan etkili süreçler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

Tablo 4.23: YL üretimindeki KAI değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.

Seri no	Etkili süreçler	KAI [kg CO ₂ e/m ³ YL]
1	Türbin 4	72,65
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	36,48
18	Kayıplar 1	26,27
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	10,42
2	Brülör	5,42
6	Kurutma	4,43
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	2,89
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	2,26
10	Pres	1,85
8	Tutkallama	1,06
9	Serme	1,01
11	Zimparalama	0,98
19	Kazan	0,93
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	0,73
13	Kompresör	0,71
3	Yongalama	0,62
21	Kayıplar 2	0,54
20	Kızgın yağ kazanı	0,39
12	Ortak Giderler	0,36
14	Kızgın Yağ	0,21
22	Taşıma araçları	0,2
15	Yangın Hatları	0,01
TOPLAM		170,409

Tablo 4.23 de görüldüğü gibi tüm proseslere etki eden etkili süreçlerin toplamı alındığında toplam KAI değeri 170,409 [kg CO₂e/m³ YL] olarak bulunmuştur. Her bir prosese etki eden etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanmış olup bu çalışmada örnek olarak ilk üç etkili sürecin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri eşitlik (8) kullanılarak aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Diğer etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri de aynı şekilde hesaplanmıştır.

Seri No=1 (Türbin 4)

$$\text{Yüzde} = \left(\frac{\text{Üretime etki eden etkili sürecin KAI}}{\text{Üretime etki eden etkili süreçlerin toplam KAI}} \right) * 100 \quad (8)$$

$$\text{Yüzde} = (72,65/170,409) * 100 = 42,63 \approx 43$$

İlk kümülatif yüzde değeri, ilk yüzde değeriyle aynıdır. Diğer kümülatif değerler, bulunulan satırın yüzde değerinin kümülatif değere eklenmesiyle hesaplanır.

$$\text{Kümülatif yüzde} \approx 43$$

Seri No=17 (Türbin 4 kurutma prosesi)

$$\text{Yüzde} = (36,48/170,409) * 100 = 21,40 \approx 21$$

$$\text{Kümülatif yüzde} = 43 + 21 = 64$$

Seri No=18 (Kayıplar 1)

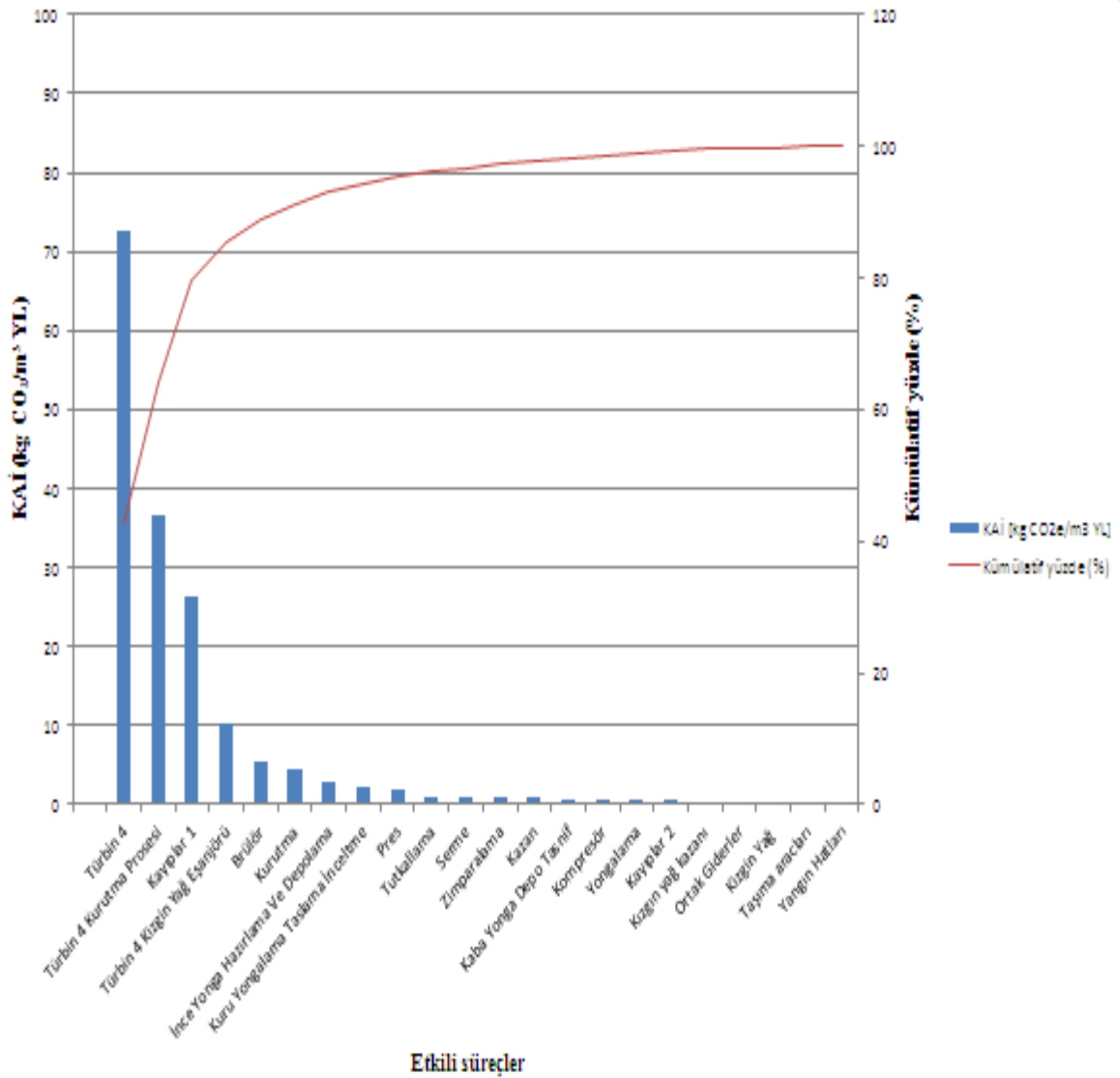
$$\text{Yüzde} = (26,27/170,409) * 100 = 15,41 \approx 15$$

$$\text{Kümülatif yüzde} = 64 + 15 = 79$$

Tablo 4.24: YL üretimindeki üretimdeki etkili süreçlerin KAİlerin yüzde ve kümülatif değerleri.

Seri no	Etkili süreçler	KAİ [kg CO ₂ e/m ³ YL]	Yüzde(%)	Kümülatif yüzde (%)
1	Türbin 4	72,65	42,63272	43
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	36,48	21,40732	64
18	Kayıplar 1	26,27	15,41585	79
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	10,42	6,1147	86
2	Brülör	5,42	3,180583	89
6	Kurutma	4,43	2,59994	91
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	2,89	1,697068	93
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	2,26	1,324227	94
10	Pres	1,85	1,084412	95
8	Tutkallama	1,06	0,622139	96
9	Serme	1,01	0,591776	97
11	Zimparalama	0,98	0,575179	97
19	Kazan	0,93	0,545746	98
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	0,73	0,428685	98
13	Kompresör	0,71	0,413868	99
3	Yongalama	0,62	0,360948	99
21	Kayıplar 2	0,54	0,316885	99
20	Kızgın yağ kazanı	0,39	0,228861	100
12	Ortak Giderler	0,36	0,209751	100
14	Kızgın Yağ	0,21	0,124901	100
22	Taşıma araçları	0,2	0,117365	100
15	Yangın Hatları	0,01	0,007076	100
TOPLAM		170,409		

Tablo 4.24 de etkili süreçlerin KAİlerinin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanıp gösterilmiştir. Tablo 4.24 deki veriler kullanılarak Pareto diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan Pareto diyagramı Şekil 4.14’de gösterilmiş olup kümülatif yüzde değeri 80 ve 80’e yakın olan etkili süreçler için öneriler verilmiştir.



Şekil 4.14: YL üretimindeki KAI problemi için Pareto analiz uygulaması.

Şekil 4.14 deki grafikte ilk 3 etkili sürecin KAI değerinin %80'ine yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. Bu ilk 3 etkili süreçlere (Türbin 4, Türbin 4 kurutma prosesi ve Kayıplar 1) göre bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Yenilenemez enerji kaynağının kullanımını azaltıp, farklı alternatif enerji kaynaklarına yönelik iyileştirmeler yapılması gerekir. Hatta şirket açısından maliyeti uygunsa yenilenebilir enerji kaynağına yönelmesi gerektiği önerilmiştir. Bu firmada doğalgaz kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kaynağının kullanımının artırılması ile CO₂ emisyonunun azaltılması mümkün olacaktır. Bu konuda türbinin fonksiyonunu yerine getirebilecek biyokütle yakma tesisiyle veya güneş paneli yardımıyla enerji üretilmesi önerilebilir. Böylece KAI değeri azaltılmış olacaktır.

4.3.1.2.YL üretiminde EAI probleminin belirlenmesi

YL üretiminde EAI, doğrudan ve dolaylı olarak üretime etki eden süreçlerin etkisi sonucu yıllık olarak 1100,54 kWsa/m³ YL olarak hesaplanmıştır. Asıl EAI'ne etki eden süreçler, doğrudan etkili süreçlerdir. Ancak bu yapılan uygulamada YL üretiminde etkili olan tüm süreçlerin EAI değerlerinde en problemlili olan etkili süreç/leri tespit etmek amacıyla dolaylı olan etkili süreçler, doğrudan olan etkili süreçlere dahil edilmiştir. Böylece pareto analiz metoduyla YL üretimine etki eden süreçlerin en problemlili EAI değer/leri için çözüm getirilmeye çalışılmış ve çözüme bağlı olarak öneriler getirilmiştir. Pareto analizinin ilk adımı olarak YL üretimine etki eden etkili süreçlerin EAI değerleri Tablo 4.25 de görüldüğü gibi numaralandırılmıştır. Burada toplam 22 tane prosese etki eden kaynaklar EAI değer/leri problemine neden olmaktadır.

Tablo 4.25: YL üretimindeki etkili süreçlere göre EAI değerleri.

Seri no	Etkili süreçler	EAI [kWsa/m ³ YL]
1	Türbin 4	392,71
2	Brülör	95,32
3	Yongalama	3,32
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	3,95
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	15,63
6	Kurutma	23,95
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	12,2
8	Tutkallama	5,73
9	Serme	5,45
10	Pres	9,99
11	Zimparalama	5,3
12	Ortak Giderler	1,93
13	Kompresör	3,81
14	Kızgın Yağ	1,15
15	Yangın Hatları	0,07
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	56,34
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	197,21
18	Kayıplar 1	141,99
19	Kazan	61,87
20	Kızgın yağ kazanı	26,09
21	Kayıplar 2	35,78
22	Taşıma araçları	0,75

İkinci adım olarak, Tablo 4.26 da görüldüğü gibi EAI'ne neden olan bütün etkili süreçler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

Tablo 4.26: YL üretimindeki etkili süreçlerin EAI değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.

Seri no	Etkili süreçler	EAI [kWsa/m ³ YL]
1	Türbin 4	392,71
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	197,21
18	Kayıplar 1	141,99
2	Brülör	95,32
19	Kazan	61,87
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	56,34
21	Kayıplar 2	35,78
20	Kızgın yağ kazanı	26,09
6	Kurutma	23,95
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	15,63
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	12,2
10	Pres	9,99
8	Tutkallama	5,73
9	Serme	5,45
11	Zimparalama	5,3
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	3,95
13	Kompresör	3,81
3	Yongalama	3,32
12	Ortak Giderler	1,93
14	Kızgın Yağ	1,15
22	Taşıma araçları	0,75
15	Yangın Hatları	0,07
TOPLAM		1100,54

Tablo 4.26 da görüldüğü gibi tüm proseslere etki eden etkili süreçlerin toplamı alındığında toplam EAI değeri 1100,54 kWsa/m³ YL olarak bulunmuştur. Her bir prosese etki eden etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanmış olup bu çalışma da örnek olarak ilk üç etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri eşitlik (9) kullanılarak aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Diğer etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri aynı şekilde Tablo 4.27 de hesaplanmıştır.

Seri No=1 (Türbin 4)

$$\text{Yüzde} = \left(\frac{\text{Üretime etki eden etkili sürecin EAI}}{\text{Üretime etki eden etkili süreçlerin toplam EAI}} \right) * 100 \quad (9)$$

$$\text{Yüzde} = (392,71/1100,54) * 100 = 35,68 \approx 36$$

İlk kümülatif yüzde değeri, ilk yüzde değeriyle aynıdır. Diğer kümülatif değerler, bulunulan satırın yüzde değerinin kümülatif değere eklenmesiyle hesaplanır.

$$\text{Kümülatif yüzde} = 36$$

Seri No=17 (Türbin 4 kurutma prosesi)

$$\text{Yüzde} = (197,21/1100,54) * 100 = 17,91 \approx 18$$

$$\text{Kümülatif yüzde} = 36 + 18 = 54$$

Seri No=18 (Kayıplar 1)

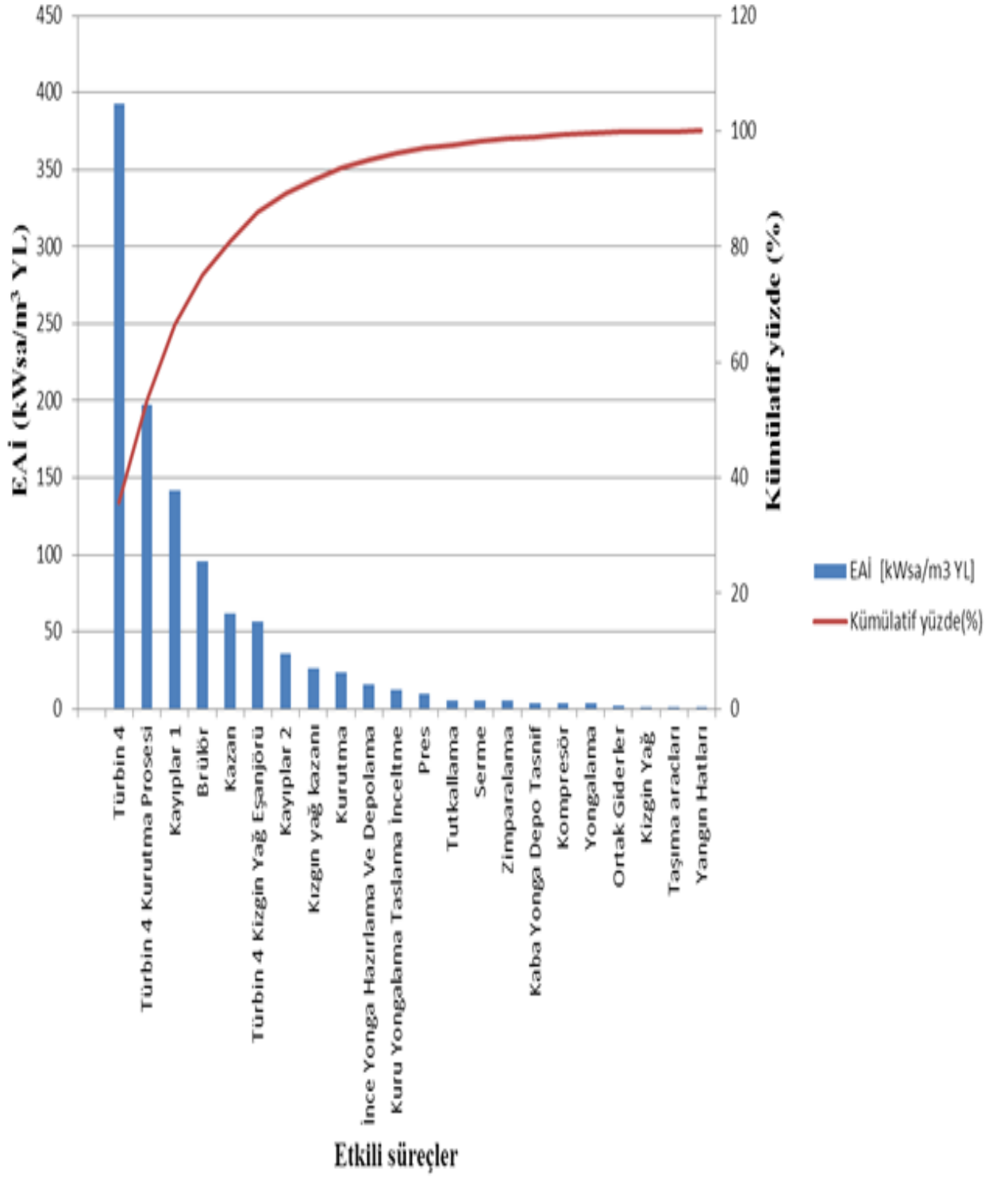
$$\text{Yüzde} = (141,99/1100,54) * 100 = 12,9 \approx 13$$

$$\text{Kümülatif yüzde} = 54 + 13 = 67$$

Tablo 4.27: YL üretimindeki etkili süreçlerin EAİlerinin yüzde ve kümülatif değerleri.

Seri no	Etkili süreçler	EAİ [kWsa/m3 YL]	Yüzde (%)	Kümülatif yüzde(%)
1	Türbin 4	392,71	35,68339	36
17	Türbin 4 Kurutma Prosesi	197,21	17,91939	54
18	Kayıplar 1	141,99	12,90185	67
2	Brülör	95,32	8,661203	75
19	Kazan	61,87	5,621786	81
16	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	56,34	5,119305	86
21	Kayıplar 2	35,78	3,251131	89
20	Kızgın yağ kazanı	26,09	2,370654	92
6	Kurutma	23,95	2,176204	94
5	İnce Yonga Hazırlama Ve Depolama	15,63	1,420212	95
7	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	12,2	1,108547	96
10	Pres	9,99	0,907736	97
8	Tutkallama	5,73	0,520653	98
9	Serme	5,45	0,495211	98
11	Zimparalama	5,3	0,481582	99
4	Kaba Yonga Depo Tasnif	3,95	0,358915	99
13	Kompresör	3,81	0,346194	99
3	Yongalama	3,32	0,30167	100
12	Ortak Giderler	1,93	0,175368	100
14	Kızgın Yağ	1,15	0,104494	100
22	Taşıma araçları	0,75	0,068148	100
15	Yangın Hatları	0,07	0,006361	100
TOPLAM		1100,54		

Tablo 4.27 de etkili süreçlerin EAİlerinin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanıp gösterilmiştir. Tablo 4.27 deki tüm veriler kullanılarak Pareto diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan Pareto diyagramı Şekil 4.15’de gösterilmiş olup kümülatif yüzde değeri 80 ve 80 e yakın olan etkili süreçler için öneriler verilmiştir.



Şekil 4.15: YL üretimindeki EAI problemi için Pareto analiz uygulaması.

Şekil 4.15 deki diyagramda ilk 5 etkili süreçlerin (Türbin 4, Türbin 4 kurutma prosesi, Kayıplar 1, Brülör ve Kazan) EAI'nin %80'e yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. Bu ilk 5 etkili sürece yönelik bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Burada da karbon ayak izindeki iyileştirmelerde önerildiği gibi yenilenebilir enerji kaynağının kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik iyileştirmeler yapılması gerekir.

Fabrikanın biyokütle atıklarını doğrudan yakarak enerji elde etmesi yerine bu kaynakları piroliz, pellet vb. katma değeri ve kalori değeri daha yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürerek değerlendirmesi hem EAI'ni hem de KAI'ni azaltmayı sağlayacaktır. Güneş paneli yardımıyla enerji üretimi de, yine burada da önerilebilir ve EAI değerinin azaltılmasıyla birlikte KAI değeri de azalmış olacaktır.

4.3.2. Pareto Analiz Metoduyla OYLL Üretimindeki KAI ve EAI Problemlerinin Belirlenmesi

4.3.2.1. OYLL üretiminde KAI problemlerinin belirlenmesi

OYLL üretimi esnasında 1 yıl olarak ortaya salınan KAI değeri 537,49 kg CO₂/m³ OYLL olarak hesaplanmıştır. Firma ürettiği enerjiden bir miktarını Pmuma sattığından dolayı tüketilen enerji miktarı negatif olduğu için bu değer tablolarda görüldüğü halde karbon ve enerji ayak izi problemleri içerisinde Pareto analizlerinde değerlendirmeye dahil edilmemiştir.

Pareto analizinin ilk adımı olarak OYLL üretiminde etkili süreçlerin KAI problemleri Tablo 4.28 da görüldüğü gibi numaralandırılmıştır. Burada OYLL üretiminde toplam 37 tane etkili sürecin KAI değer/leri problemine neden olduğu tesbit edilmiştir.

Tablo 4.28: OYLL üretimine etki eden etkili süreçlere göre KAİ değerleri.

Seri No	Etkili süreçler	KAİ(kg CO ₂ /m ³ OYLL)
1	Türbin 1	68,47
2	Türbin 2	61,69
3	Türbin 3	88,08
4	OYLL Brülör	0,43
5	Kazan (tüketilen)	5,47
6	Yongalayıcı	0,35
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,05
8	Odun Sahası Diğer	0,45
9	Zımpara	2,59
10	Kazan (üretilen)	1,43
11	Kompresör 3	0,20
12	Kompresör 4	0,34
13	Refiner 1	9,21
14	Tutkal Mut-1	0,05
15	Kurutucu-1	2,79
16	Havalı Ayırıcı-1	1,13
17	Serme-1	1,62
18	Pres-1	3,01
19	Pres-1 Sonrası	0,96
20	Mekanik Bl-1	2,03
21	Refiner 2	6,80
22	Tutkal Mut-2	0,03
23	Kurutucu-2	2,38
24	Havalı Ayırıcı-2	0,78
25	Serme-2	1,89
26	Pres-2	1,45
27	Pres-2 Sonrası	0,87
28	Elektrik kurumundan alınan	1,52
29	Diğer tesislere nakledilen	32,08
30	Türbin 1 kurutma prosesi	35,45
31	Türbin 2 kurutma prosesi	32,55
32	Türbin 3 kurutma prosesi	2,93
33	Kayıp 1	40,54
34	OYLL ortak	44,91
35	Absorbsiyonlu çiller	1,59
36	Kayıp 2	0,15
37	Taşıma araçları	0,22

İkinci adım olarak, Tablo 4.29 da görüldüğü gibi OYLL üretimi esnasında atmosfere salınan KAİ neden olan etkili süreçler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

Tablo 4.29: OYLL üretimi esnasında ortaya salınan KAI'ne neden olan etkili süreçlerin büyükten küçüğe doğru sıralanması.

Seri No	Etkili süreçler	KAI(kg CO ₂ e/m ³ OYLL)
3	Türbin 3	88,08
1	Türbin 1	68,47
2	Türbin 2	61,69
34	OYLL ortak	44,91
33	Kayıp 1	40,54
30	Türbin 1 kurutma prosesi	35,45
31	Türbin 2 kurutma prosesi	32,55
29	Diğer tesislere nakledilen	32,08
13	Refiner 1	9,21
21	Refiner 2	6,80
5	Kazan (tüketilen)	5,47
18	Pres-1	3,01
32	Türbin 3 kurutma prosesi	2,93
15	Kurutucu-1	2,79
9	Zımpara	2,59
23	Kurutucu-2	2,38
20	Mekanik Bl-1	2,03
25	Serme-2	1,89
17	Serme-1	1,62
35	Absorbsiyonlu çiller	1,59
28	Elektrik kurumundan alınan	1,52
26	Pres-2	1,45
10	Kazan (üretilen)	1,43
16	Havalı Ayırıcı-1	1,13
19	Pres-1 Sonrası	0,96
27	Pres-2 Sonrası	0,87
24	Havalı Ayırıcı-2	0,78
8	Odun Sahası Diğer	0,45
4	OYLL Brülör	0,43
6	Yongalayıcı	0,35
12	Kompresör 4	0,34
37	Taşıma araçları	0,22
11	Kompresör 3	0,20
36	Kayıp 2	0,15
14	Tutkal Mut-1	0,05
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,05
22	Tutkal Mut-2	0,03
TOPLAM		456,4999248

Tablo 4.29 da görüldüğü gibi tüm üretime etki eden etkili süreçlerin toplamı alındığında toplam KAİ değeri 456,49 [kg CO₂e/m³ OYLL] olarak bulunmuştur. Her bir üretime etki eden etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanmış olup bu çalışmada örnek olarak ilk üç etkili sürecin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri eşitlik (8) kullanılarak aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Diğer etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri aynı şekilde hesaplanmıştır.

Seri No=3 (Türbin 3)

Yüzde=(Etki eden proses kaynağının KAİ/Proseslere etki eden kaynaklarının toplam KAİ)
* 100

$$\text{Yüzde}=(88,08/456,49)*100$$

$$\text{Yüzde}=19,29\approx 19$$

İlk kümülatif yüzde değeri, ilk yüzde değeriyle aynıdır. Diğer kümülatif değerler, bulunulan satırın yüzde değerinin kümülatif değere eklenmesiyle hesaplanır.

$$\text{Kümülatif yüzde}\approx 19$$

Seri No= 1(Türbin 1)

$$\text{Yüzde}=(68,47/456,49)*100$$

$$\text{Yüzde}=14,9\approx 15$$

$$\text{Kümülatif yüzde}=19+15=34$$

Seri No=2 (Türbin 2)

$$\text{Yüzde}=(61,69/456,49)*100$$

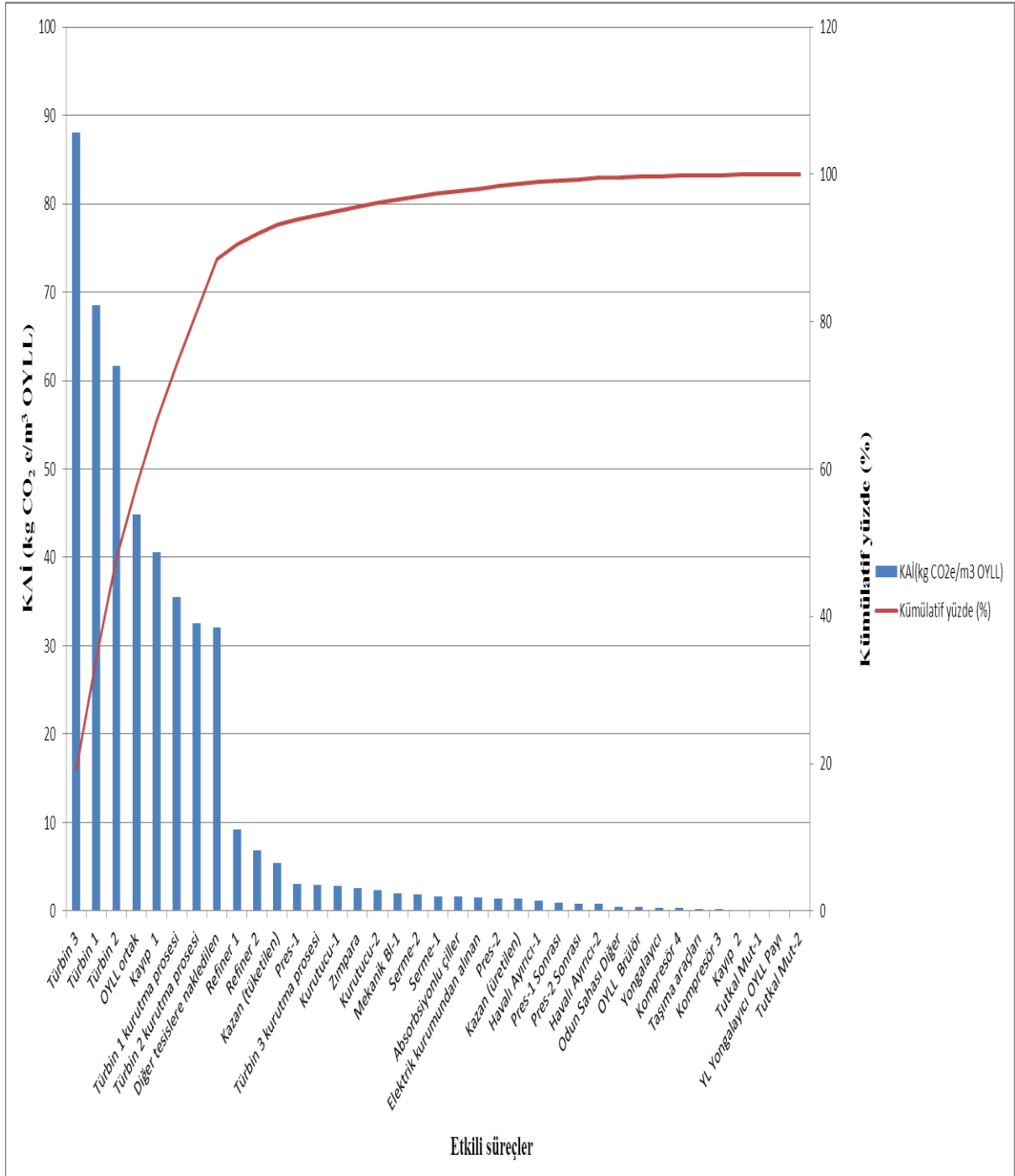
$$\text{Yüzde}=13,51\approx 14$$

$$\text{Kümülatif yüzde}=34+14=48$$

Tablo 4.30: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin KAİlerin yüzde ve kümülatif değerleri.

Seri No	Etkili süreçler	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)	Yüzde(%)	Kümülatif yüzde (%)
3	Türbin 3	88,08	19,29464	19
1	Türbin 1	68,47	14,99891	34
2	Türbin 2	61,69	13,51369	48
34	OYLL ortak	44,91	9,837899	58
33	Kayıp 1	40,54	8,880903	67
30	Türbin 1 kurutma prosesi	35,45	7,766453	74
31	Türbin 2 kurutma prosesi	32,55	7,129671	81
29	Diğer tesislere nakledilen	32,08	7,027841	88
13	Refiner 1	9,21	2,017326	90
21	Refiner 2	6,80	1,489351	92
5	Kazan (tüketilen)	5,47	1,198248	93
18	Pres-1	3,01	0,659449	94
32	Türbin 3 kurutma prosesi	2,93	0,641539	94
15	Kurutucu-1	2,79	0,611242	95
9	Zımpara	2,59	0,566557	96
23	Kurutucu-2	2,38	0,522141	96
20	Mekanik Bl-1	2,03	0,445595	97
25	Serme-2	1,89	0,414129	97
17	Serme-1	1,62	0,355662	97
35	Absorbsiyonlu çiller	1,59	0,348302	98
28	Elektrik kurumundan alınan	1,52	0,332485	98
26	Pres-2	1,45	0,318244	98
10	Kazan (üretilen)	1,43	0,313975	99
16	Havalı Ayırıcı-1	1,13	0,24823	99
19	Pres-1 Sonrası	0,96	0,210834	99
27	Pres-2 Sonrası	0,87	0,189704	99
24	Havalı Ayırıcı-2	0,78	0,171027	100
8	Odun Sahası Diğer	0,45	0,098615	100
4	OYLL Brülör	0,43	0,094195	100
6	Yongalayıcı	0,35	0,075613	100
12	Kompresör 4	0,34	0,0742	100
37	Taşıma araçları	0,22	0,048193	100
11	Kompresör 3	0,20	0,044493	100
36	Kayıp 2	0,15	0,032219	100
14	Tutkal Mut-1	0,05	0,011694	100
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,05	0,010951	100
22	Tutkal Mut-2	0,03	0,005784	100
TOPLAM		456,4999248		

Tablo 4.30 da kaynakların KAİlerinin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanıp gösterilmiştir. Tablo 4.30 da ki veriler kullanılarak Pareto diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan Pareto diyagramı Şekil 4.16 da gösterilmiş olup kümülatif yüzde değeri 80 ve 80 'e yakın olan kaynaklar için öneriler verilmiştir.



Şekil 4.16: OYLL üretimindeki KAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.

Şekil 4.16 daki diyagramda ilk 6 etkili sürecin KAI değerleri %80'e yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. İlk 6 etkili süreçler sırasıyla Türbin 3, Türbin 1, Türbin 2, OYLL ortak, Kayıp 1 ve Türbin 1 kurutma prosesidir. Bu ilk 6 etkili süreçlere göre bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Burada da yonga levha üretim sürecindeki önerilerin aynısını önerilebilir. Yenilenemez enerji kaynağının kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına gidilmesi gerekir. Ancak bunun için şirket maliyetine bakılıp uygun bir yenilenebilir enerji kaynağı kullanımına gidilmelidir. Ayrıca kayıpların da azaltılması için ısı izolasyonunun iyi bir şekilde yapılması önerilebilir.

4.3.2.2.OYLLüretiminde EAI problemlerinin belirlenmesi

EAI yıllık olarak 3136,939 kWsa/m³ OYLL olarak hesaplanmıştır. Pareto analiz metoduyla üretime etki eden EAI problemleri belirlenmiş ve çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

Pareto analizinin ilk adımı olarak problem neden olan etkili süreçlerin EAI değerleri Tablo 4.31 de görüldüğü gibi numaralandırılmıştır. Burada toplam 37 tane üretime etki eden etkili süreçlerin EAI değer/leri problemlerine neden olmaktadır.

Tablo 4.31: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre EAI değerleri.

Seri No	Etkili süreçler	EAI (kWsa/m ³ OYLL)
1	Türbin 1	370,09
2	Türbin 2	333,49
3	Türbin 3	476,13
4	OYLL Brülör	2,32
5	Kazan (tüketilen)	364,44
6	Yongalayıcı	1,87
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,27
8	Odun Sahası Diğer	2,43
9	Zımpara	13,98
10	Kazan (üretilen)	7,75
11	Kompresör 3	1,10
12	Kompresör 4	1,83
13	Refiner 1	49,78
14	Tutkal Mut-1	0,29
15	Kurutucu-1	15,08
16	Havalı Ayırıcı-1	6,13
17	Serme-1	8,78
18	Pres-1	16,27
19	Pres-1 Sonrası	5,20
20	Mekanik Bl-1	11,00
21	Refiner 2	36,75
22	Tutkal Mut-2	0,14
23	Kurutucu-2	12,88
24	Havalı Ayırıcı-2	4,22
25	Serme-2	10,22
26	Pres-2	7,85
27	Pres-2 Sonrası	4,68
28	Elektrik kurumundan alınan	8,20
29	Diğer tesislere nakledilen elektrik	173,42
30	Türbin 1 kurutma prosesi	191,64
31	Türbin 2 kurutma prosesi	175,93
32	Türbin 3 kurutma prosesi	15,83
33	Kayıp 1	219,14
34	OYLL ortak	564,3
35	Absorbsiyonlu çiller	12,89
36	Kayıp2	9,81
37	Taşıma araçları	0,81

İkinci adım olarak, Tablo 4.32 de görüldüğü gibi EAI'ne neden olan bütün etkili süreçler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

Tablo 4.32: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin EAI değerlerinin büyükten küçüğe göre sıralanması.

Seri No	Etkili süreçler	EAI (kWsa/m ³ OYLL)
34	OYLL ortak	564,3
3	Türbin 3	476,13
1	Türbin 1	370,09
5	Kazan (tüketilen)	364,44
2	Türbin 2	333,49
33	Kayıp 1	219,14
30	Türbin 1 kurutma prosesi	191,64
31	Türbin 2 kurutma prosesi	175,93
29	Diğer tesislere nakledilen elektrik	173,42
13	Refiner 1	49,78
21	Refiner 2	36,75
18	Pres-1	16,27
32	Türbin 3 kurutma prosesi	15,83
15	Kurutucu-1	15,08
9	Zımpara	13,98
35	Absorbsiyonlu çiller	12,89
23	Kurutucu-2	12,88
20	Mekanik Bl-1	11,00
25	Serme-2	10,22
36	Kayıp2	9,81
17	Serme-1	8,78
28	Elektrik kurumundan alınan	8,20
26	Pres-2	7,85
10	Kazan (üretilen)	7,75
16	Havalı Ayırıcı-1	6,13
19	Pres-1 Sonrası	5,20
27	Pres-2 Sonrası	4,68
24	Havalı Ayırıcı-2	4,22
8	Odun Sahası Diğer	2,43
4	OYLL Brülör	2,32
6	Yongalayıcı	1,87
12	Kompresör 4	1,83
11	Kompresör 3	1,10
37	Taşıma araçları	0,81
14	Tutkal Mut-1	0,29
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,27
22	Tutkal Mut-2	0,14
TOPLAM		3136,939

Tablo 4.32 de görüldüğü gibi OYLL üretimine etki eden etkili süreçlerin toplamı alındığında toplam EAI değeri 3136,935 [kWsa/m³ OYLL] olarak bulunmuştur. Her bir prosese etki eden etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanmış olup bu çalışmada örnek olarak ilk üç etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri eşitlik (9) kullanılarak aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Diğer etkili süreçlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri de aynı şekilde hesaplanmıştır.

Seri No=34 (OYLL ortak)

Yüzde= (Üretime etki eden etkili sürecin EAI/Üretime etki eden etkili süreçlerin toplam EAI)
* 100

Yüzde= (564,296 /3136,939) * 100=17,99=~18

İlk kümülatif yüzde değeri, ilk yüzde değeriyle aynıdır. Diğer kümülatif değerler, bulunulan satırın yüzde değerinin kümülatif değere eklenmesiyle hesaplanır.

Kümülatif yüzde=18

Seri No=3 (Türbin3)

Yüzde=(476,129/3136,939)* 100=15,178=~15

Kümülatif yüzde=18+15=33

Seri No=1 (Türbin 1)

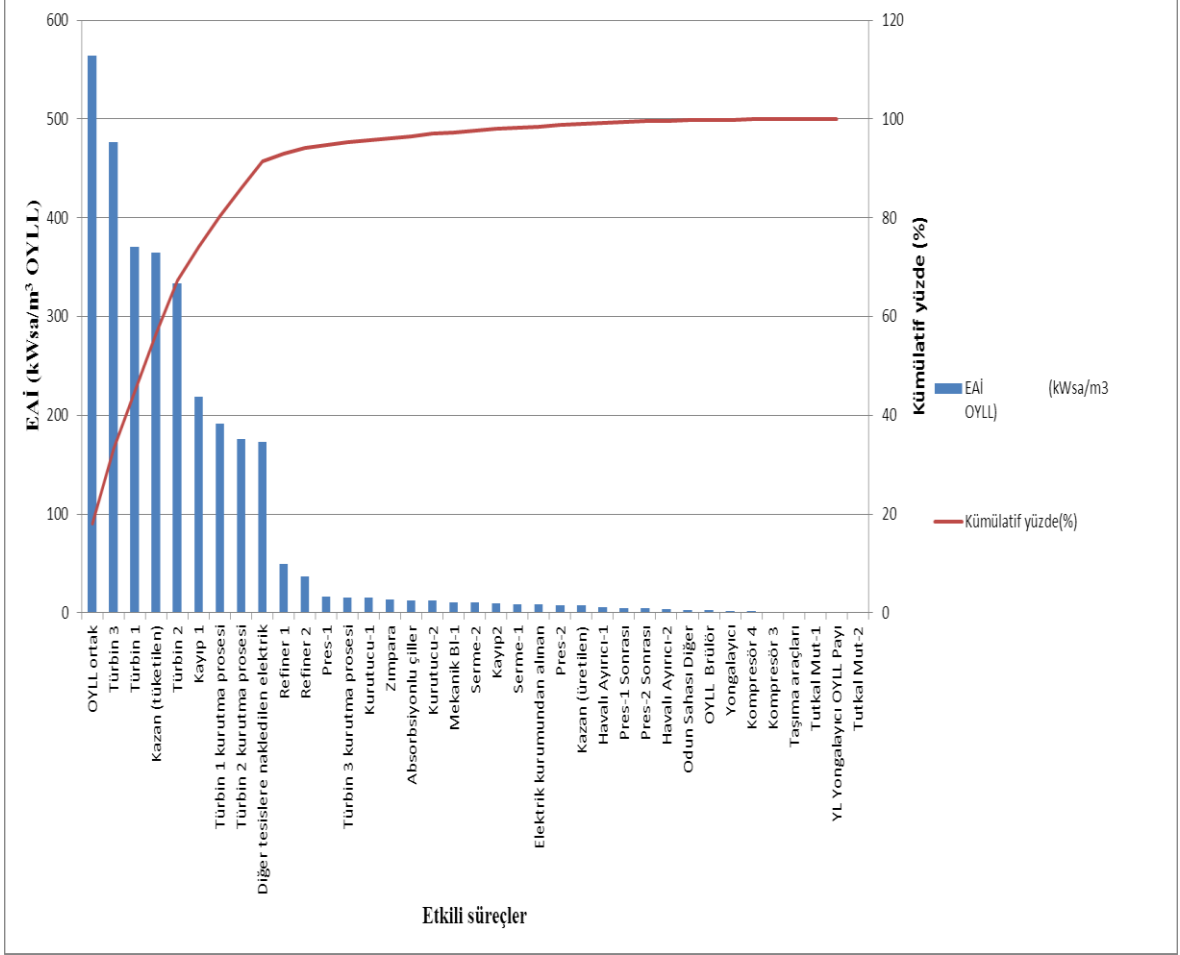
Yüzde=(370,09/3136,939)* 100=11,8=~12

Kümülatif yüzde= 33+12=45

Tablo 4.33: OYLL üretimindeki etkili süreçlerin EAİlerinin yüzde ve kümülatif değerleri.

Seri No	Etkili süreçler	EAİ (kWsa/m ³ OYLL)	Yüzde(%)	Kümülatif yüzde(%)
34	OYLL ortak	564,3	18	18
3	Türbin 3	476,13	15	33
1	Türbin 1	370,09	12	45
5	Kazan (tüketilen)	364,44	11,6	57
2	Türbin 2	333,49	10,6	67
33	Kayıp 1	219,14	7	74
30	Türbin 1 kurutma prosesi	191,64	6,1	80
31	Türbin 2 kurutma prosesi	175,93	5,6	86
29	Diğer tesislere nakledilen elektrik	173,42	5,5	91
13	Refiner 1	49,78	1,6	93
21	Refiner 2	36,75	1,17	94
18	Pres-1	16,27	0,52	95
32	Türbin 3 kurutma prosesi	15,83	0,5	95
15	Kurutucu-1	15,08	0,5	96
9	Zımpara	13,98	0,4	96
35	Absorbsiyonlu çiller	12,89	0,41	97
23	Kurutucu-2	12,88	0,4	97
20	Mekanik Bl-1	11,00	0,35	97
25	Serme-2	10,22	0,3	98
36	Kayıp2	9,81	0,31	98
17	Serme-1	8,78	0,28	98
28	Elektrik kurumundan alınan	8,20	0,26	99
26	Pres-2	7,85	0,25	99
10	Kazan (üretilen)	7,75	0,25	99
16	Havalı Ayırıcı-1	6,13	0,20	99
19	Pres-1 Sonrası	5,20	0,17	99
27	Pres-2 Sonrası	4,68	0,15	100
24	Havalı Ayırıcı-2	4,22	0,13	100
8	Odun Sahası Diğer	2,43	0,1	100
4	OYLL Brülör	2,32	0,07	100
6	Yongalayıcı	1,87	0,06	100
12	Kompresör 4	1,83	0,06	100
11	Kompresör 3	1,10	0,03	100
37	Taşıma araçları	0,81	0,009	100
14	Tutkal Mut-1	0,29	0,009	100
7	YL Yongalayıcı OYLL Payı	0,27	0,005	100
22	Tutkal Mut-2	0,14	0,005	100
TOPLAM		3136,939		

Tablo 4.33 de OYLL üretimine etki eden kaynakların etkili süreçlerin EAİlerin yüzde ve kümülatif yüzde değerleri hesaplanıp gösterilmiştir. Tablo 4.33 deki veriler kullanılarak Pareto diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan Pareto diyagramı Şekil 4.17’de gösterilmiş olup kümülatif yüzde değeri 80 ve 80 e yakın olan kaynaklar için öneriler verilmiştir.



Şekil 4.17: OYLL üretimindeki EAİ problemi için Pareto analiz uygulaması.

Şekil 4.17 de ki grafikte ilk 7 etkili sürecin EAİ değerinin %80’e yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. Bu ilk 7 etkili süreçlere (OYLL ortak, Türbin 3, Türbin 1, Kazan, Türbin 2, Kayıp 1 ve Türbin 1 kurutma prosesi) göre bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Yenilenemez enerji kaynağının kullanımını azaltıp enerji kaynağına yönelik iyileştirme yapılması önerisi aynı şekilde burası için de öneri olarak getirilebilir. Türbin ve kazanın işlevini yerine getirebilecek biyokütle enerji yakma tesisi kurulması önerilebilir. Bu firmada doğalgaz kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütle enerji kullanımına yönelinmesi durumunda firmanın CO₂ emisyonunu azalacaktır.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1.DEĞERLENDİRME

Tüm üretim faaliyetleri sonucunda atmosfere doğrudan ve dolaylı olarak SG emisyonları yayılmaktadır. SG arasında en yüksek potansiyele sahip olan gaz CO₂'dir. Bu tez çalışmasında, seçilen bir odun bazlı levha endüstrisinde hem YL hem de OYLL üretiminin her bir adımında ortaya çıkan KAİ ve EAİ değerleri hesaplanmıştır. Firma kendi elektrik enerjisini genelde kendisi üretilen kullanmaktadır.

Firmanın birincil enerji kaynakları; doğalgaz, satın alınan elektrik, biyokütle ve mazot iken ikincil enerji kaynakları ise kızgın yağ (katı atık kazanı), buhar, basınçlı hava ve türbinde üretilen elektriktir. Bu nedenle karbon ayak izi hesabında ilgili emisyon faktörleri olarak doğalgaz, biyokütle ve mazot emisyon faktörleri alınmış ve bunlara ait emisyon değerleri literatürden sağlanmıştır. Firma zaman zaman az da olsa elektrik enerjisi satın alımı yaptığı için, elektrik enerjisi ile ilişkili emisyon faktörleri, ülkelerin enerji üretim koşullarına bağlı olarak değiştiği için, firmanın satın aldığı elektriğin emisyon faktörü, ülkemizin üretim verileri temel alınarak hesaplanmıştır. Pareto analizi uygulamaları hem karbon hem de enerji ayak izi değerlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Pareto analizi uygulamasıyla, etki değerine göre problemler belirlenmiş ve problemleri oluşturan kaynaklar için öneriler getirilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma sonucunda, hammadde girdisi olarak odun yongası ve odun hammaddesi kullanarak YL, OYLL ve parke üretimi gerçekleştiren firmanın 2015 yılında 423096 [m³ yonga levha] ürettiği verisinden yola çıkılarak elde edilen YL için KAİ sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Firmadaki temel girdiler (girdi kaynakları) doğalgaz, biyokütle (zımpara tozu, kabuk, lif, kırık levha) ve dizel yakıttır. Doğalgaz ve biyokütle firmada yonga üretimi sırasında gerekli olan ısı enerjisi için kullanılırken, mazot ise ürünlerin fabrika içindeki gerekli proseslerde kullanımı sağlayan volvo, eskalator ve forkliftlerde kullanılır. Bu kaynaklar direkt birincil enerji kaynağı olup doğrudan kaynaklardır.
- YL üretiminde enerji elde etmek amacıyla, biyokütle olarak kazanda ağaç kabuğu ve zımpara tozu yakılmaktadır. Yıllık olarak kazanda tüketilen biyokütle miktarları sırasıyla 8155 ton ağaç kabuğu ve 792 ton zımpara tozudur. Ağaç kabuğunun tüketimi

sonucunda 334260 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda açığa çıkan KAI değeri 0,8 [kg CO₂e/m³ YL] iken, aynı şekilde zımpara tozunun tüketimi sonucunda 58405 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda KAI değeri 0,14 [kg CO₂e/m³ YL]'dır.

- Yonga levha üretiminde kullanılan volvo, eskalatör ve forkliftlerde kullanılan dizel yakıt tüketilmesiyle atmosfere salınan emisyon sonucunda KAI 0,2 kg CO₂/m³ YL olarak hesaplanmıştır.
- 2015 yılında gerçekleşen yonga levha üretim sonucunda ortaya çıkan karbon ayak KAI değerine yardımcı araçlarda oluşan KAI değeri eklenmesi sonucunda firma içinde salınan CO₂ emisyonu kaynaklı toplam KAI değeri 79,19 [kg CO₂e/m³ YL] olarak hesaplanmıştır.

Firmanın 2015 yılında 423096 [m³ YL] ürettiği verisinden yola çıkılarak elde edilen YL için EAI sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- YL üretiminde firma içi kullanılan vasıtalarda tüketilen dizelin miktarı, temel girdiler olan doğalgaz ve biyokütle değerlerine göre çok küçük olduğundan dolayı ihmal edilebilecek düzeydedir. Toplam doğalgaz ve biyokütle tüketim miktarı 232661526 [kWsa]'dır. Doğalgaz tüketimi oranı %76 ve biyokütle tüketim oranı %24'dir.
- YL üretiminde tüketilen enerjinin ortaya çıkarmış olduğu atıktan enerji üretildiğinden dolayı enerji dengesi söz konusudur. Bu enerji döngüsüne göre, üretilen enerjinin tüketilen enerjiye eşit olması gerekir.
- YL üretiminde kullanılan volvo, eskalatör ve forkliftlerde tüketilen dizel yakıt sonucunda atmosfere salınan emisyon sonucunda EAI değeri 0,746 kWsa/m³ YL olarak hesaplanmıştır.
- 2015 yılında gerçekleşen YL üretim sonucunda firma içinde tüketilen enerji miktarına bağlı olarak açığa çıkan EAI değerine yardımcı araçlarda ortaya çıkan EAI'nin eklenmesi sonucunda oluşan toplam EAI değeri 550,6484 [kWsa/m³ YL] olarak hesaplanmıştır.

Yonga levha üretimindeki enerji dengesine göre girdi ve çıktılar halinde etkili süreçlerin her birinin karbon ve enerji ayak izlerinin bir arada gösterildiği tablolar Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1: YL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ ve EAİ değerleri.

Birincil/ ikincil	Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ YL)	EAİ (kWsa/m ³ YL)
Birincil	Doğalgaz (m ³)	Türbin 4	Doğalgaz	15615818	166152303,5	30738176	72,6506	392,7059
	Doğalgaz (m ³)	Brülör		933200	9929248	1836911	4,341594	23,46807
	Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Brülör	Odun yongası	6184	30402269,77	456034	1,07785	71,85667
	Biyokütle (ağaç kabuğu) (ton)	Kazan		8155	22284011,63	334260,2	0,790034	52,66893
	Biyokütle (zımpara tozu) (ton)	Kazan		792	3893693,023	58405,4	0,138043	9,202859
İkincil	Elektrik (kWsa)	Yongalama	Doğalgaz	1406708	1406708	260241	0,615087	3,324796
		Kaba yonga depo tasnif		1670700	1670700	309079,5	0,730519	3,948749
		İnce yonga hazırlama ve depolama		6613920	6613920	1223575	2,891956	15,6322
		Kurutma		10132650	10132650	1874540	4,430532	23,94882
		Kuru yongalama taslama inceltme		5160861	5160861	954759,3	2,256602	12,19785
		Tutkallama		2424640	2424640	448558,4	1,060181	5,730709
		Serme		2306306	2306306	426666,6	1,008439	5,451023
		Pres		4226240	4226240	781854,4	1,847936	9,988844
		Zımpara		2241623	2241623	414700,3	0,980156	5,298143
		Ortak giderler		817454	817454	151229	0,357434	1,932077
		Kompresör		1612954	1612954	298396,5	0,705269	3,812265
		Kızgın yağ		486774	486774	90053,19	0,212843	1,150505
		Yangın hatları		27578	27578	5101,93	0,012059	0,065181
	Kızgın yağ (kWsa)	Türbin 4 kızgın yağ eşanjörü		23839061	23839061	4410226	10,4237	56,34433
	Kurutma havası (kWsa)	Türbin 4 kurutma prosesi		83439564	83439564	15436319	36,4842	197,2119
	Kayıplar (kWsa)	Kayıplar 1		60076788	60076788	11114206	26,26876	141,9933
	Kızgın yağ (kWsa)	Kızgın yağ kazanı		11039159	11039159	165587,4	0,391371	26,09138
Kayıplar (kWsa)	Kayıplar 2	Odun yongası	15138546	15138546	227078,2	0,536706	35,7804	

IPCC 2006 Kılavuzundaki Tier 1 metodu kullanılarak YL üretimindeki her bir etkili süreç için KAİ ve EAİ değerleri Tablo 5.1 de gösterilmiş olup enerji dengesi gereği birincil enerji kaynaklarında etkili olan süreçlerin tüketilen enerji miktarı ile ikincil enerji kaynaklarında etkili olan süreçlerin tüketilen enerji miktarları birbirine eşittir. Asıl karbon ayak izine neden olan etkili süreçler, doğrudan kaynakların tüketiminde etkili olan süreçlerdir. Birincil enerji kaynaklarında tüketilen enerjinin etkili olan süreçlerin toplam KAİ değeri 78,99 [kg CO₂e/m³ YL] ve toplam EAİ değeri 549,9024 [kWsa/m³ yonga levha] olarak bulunmuştur. En fazla KAİ ve EAİ değerini veren doğrudan kaynaklarda etkili olan Türbin 4'dür. Türbin 4 'ün KAİ ve EAİ değerleri sırasıyla 72,65 [kg CO₂e/m³ yonga levha] ve 392,71 [kWsa/m³ yonga levha]'dır. En az KAİ ve EAİ değerini veren etkili süreç ise dolaylı kaynaklarda etkili olan süreç ise yangın hatları olup bu değerler sırasıyla 0,01 [kg CO₂e/m³ yonga levha] ve 0,07 [kWsa/m³ yonga levha]'dır.

Firmanın 2015 yılında 389561 m³ [OYLL] ürettiği verisinden yola çıkılarak elde edilen OYLL için KAİ sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- OYLL üretiminde kullanılan ekipmanlarda tüketilen enerji kaynakları doğalgaz, biyokütle ve dizel yakıt birincil enerji (doğrudan enerji) kaynağı iken, bu enerji kaynaklarının ilgili proseslerinde çıkan atık ısı sonucunda dolaylı olarak ikincil enerji kaynakları olarak elektrik, buhar, kurutma havası ve kızgın yağ tüketimi söz konusu olmaktadır. Ancak asıl KAİ değerini oluşturan kaynaklar, birincil enerji kaynaklarıdır.
- OYLL üretiminde biyokütle olarak kazanda ağaç kabuğu, zımpara tozu, kenar kesme ve kuru lif yakılmaktadır. Yıllık olarak kazanda tüketilen biyokütle miktarları sırasıyla 10275 [ton] ağaç kabuğu, 10972 [ton] zımpara tozu, 8995 [ton] kenar kesme ve 7964 [ton] kuru lif'dir. Ağaç kabuğunun tüketimi sonucunda 420950 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda açığa çıkan KAİ değeri 1,08 [kg CO₂e/m³ OYLL], zımpara tozunun tüketimi sonucunda 808726 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda açığa çıkan KAİ değeri 2,08 [kg CO₂e/m³ OYLL], kenar kesmenin tüketimi sonucunda 365374 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda açığa çıkan KAİ değeri 0,94 [kg CO₂e/m³ OYLL] ve kuru lifin tüketimi sonucunda 534530 [kg CO₂] emisyon verilmesi sonucunda açığa çıkan KAİ değeri 1,37 [kg CO₂e/m³ OYLL]'dir.

- OYLL üretiminde kullanılan volvo, eskalatör ve forkliftlerde tüketilen dizel yakıt kullanımıyla atmosfere salınan emisyon sonucunda KAİ değeri 0,22 [kg CO₂/m³ OYLL] olarak hesaplanmıştır.
- OYLL üretimi sonucunda ortaya çıkan karbon ayak izine yardımcı araçlarda ortaya çıkan KAİ değerinin eklenmesi ile firma içinde salınan CO₂ emisyonu kaynaklı toplam KAİ değeri 224,36 [kg CO₂e/m³ OYLL] olarak hesaplanmıştır.

Firmanın 2015 yılında 389561 [m³ OYLL] ürettiği verisinden yola çıkılarak elde edilen OYLL için EAİ sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- OYLL üretiminde firma içi kullanılan vasıtalarda tüketilen dizelin miktarı, temel girdiler olan doğalgaz ve biyokütleden küçük olduğundan dolayı ihmal edilebilecek düzeydedir. Toplam doğalgaz ve biyokütle tüketim miktarı 602444625 [kWsa]'dır. Doğalgaz tüketimi oranı % 76 ve biyokütle tüketim oranı % 24'dir.
- OYLL üretiminde tüketilen enerjinin ortaya çıkarmış olduğu atık ısıdan enerji üretildiğinden dolayı enerji dengesi söz konusudur. Bu enerji dengesine göre, üretilen enerjinin tüketilen enerjiye eşit olması gerekir.
- OYLL üretiminde kullanılan volvo, eskalatör ve forkliftlerde tüketilen dizel yakıt sonucunda atmosfere salınan emisyon sonucunda EAİ değeri 0,81 kWsa/m³ YL olarak hesaplanmıştır.
- Tüketilen enerji miktarına bağlı olarak açığa çıkan enerji ayak izine yardımcı araçlarda ortaya çıkan EAİ değerinin eklenmesi sonucunda açığa çıkan toplam EAİ değeri 1547,28 [kWsa/m³ OYLL] olarak hesaplanmıştır.

OYLL üretimindeki proseslerin her birinin KAİ ve EAİ değerleri Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre KAİ ve EAİ değerleri.

Girdi/ çıktı	Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO _{2e} /m ³ OYLL)	EAİ (kWsa/m ³ OYLL)
Girdi	Doğalgaz (m ³)	Türbin 1	Doğalgaz	13550063	144172670	26671944	68,47	370,09
		Türbin 2		12209898	129913315	24033963	61,69	333,49
		Türbin 3		17432455	185481321	34314044	88,08	476,13
		OYLL Brülör		85089	905347	167489	0,43	2,32
	Biyokütle (ton)	Kazan (ağaç kabuğu)	Odun yongası	10275	28063308	420950	1,08	72,04
	Biyokütle (ton)	Kazan (zımpar a tozu)		10972	53915043	808726	2,08	138,40
	Biyokütle (ton)	Kazan (kenar kesme)		8995	24358260	365374	0,94	62,53
	Biyokütle (ton)	Kazan (kuru lif)		7964	35635360	534530	1,37	91,48

Tablo 5.3: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre KAI ve enerji ayak izleri.

Girdi / çıktı	Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWs/a/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAI (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)	EAI (kWs/a/m ³ OYLL)
Çıktı	Elektrik İç (kWs/a)	Yongalayıcı	Doğalgaz	726839	726839	134465	0,35	1,87
		YL Yongalayıcı OYLL Payı		105269	105269	19475	0,05	0,27
		Odun Sahası Diğer		947958	947958	175372	0,45	2,43
		Zımpara		5446132	5446132	1007534	2,59	13,98
		Kazan		3018142	3018142	558356	1,43	7,75
		Kompresör 3		427694	427694	79123	0,20	1,10
		Kompresör 4		713265	713265	131954	0,34	1,83
		Refiner 1		19391908	19391908	3587503	9,21	49,78
		Tutkal Mut-1		112406	112406	20795	0,05	0,29
		Kurutucu-1		5875676	5875676	1087000	2,79	15,08
		Havalı Ayırıcı-1		2386157	2386157	441439	1,13	6,13
		Serme-1		3418863	3418863	632490	1,62	8,78
		Pres-1		6339067	6339067	1172727	3,01	16,27
		Pres-1 Sonrası		2026683	2026683	374936	0,96	5,20
		Mekanik BI-1		4283365	4283365	792423	2,03	11,00
		Refiner 2		14316649	14316649	2648580	6,80	36,75
		Tutkal Mut-2		55598	55598	10286	0,03	0,14
		Kurutucu-2		5019173	5019173	928547	2,38	12,88
		Havalı Ayırıcı-2		1644032	1644032	304146	0,78	4,22
		Serme-2		3980892	3980892	736465	1,89	10,22
Pres-2	3059173	3059173	565947	1,45	7,85			
Pres-2 Sonrası	1823562	1823562	337359	0,87	4,68			

Tablo 5.4: OYLL üretimindeki etkili süreçlere göre karbon ve EAİ değerleri.

Girdi/ çıktı	Enerji kaynağı	Etkili süreçler	Emisyon faktörü	Tüketilen enerji	Tüketilen enerji miktarı (kWsa/yıl)	Emisyon (kg CO ₂ /yıl)	KAİ (kg CO ₂ e/m ³ OYLL)	EAİ (kWsa/m ³ OYLL)
Çıktı	Elektrik Dış (kWsa)	Elektrik kurumundan alınan (+)	Doğalgaz	3196067	3196067	591272	1,52	8,20
		Devlete satılan(-)		-16822808	-16822808	-3112219	-7,99	-43,18
		Diğer tesislere nakledilen (+)		67556378	67556378	12497930	32,08	173,42
	Buhar (ton)	OYLL Ortak		119749,169	83505088	15448441	39,66	214,36
		Absorbsiyonlu çiller		4576,83054	3191576	590442	1,52	8,19
	Kurutma havası (kWsa)	Türbin 1 kurutma prosesi		74656426	74656426	13811439	35,45	191,64
		Türbin 2 kurutma prosesi		68535243	68535243	12679020	32,55	175,93
		Türbin 3 kurutma prosesi		6166905	6166905	1140877	2,93	15,83
	Kayıplar	Kayıp 1		85369275	85369275	15793316	40,54	219,14
	Kızgın yağ (kWsa)	OYLL ortak		87004843	87004843	1305072,64	3,35	223,34
	Buhar (ton)	OYLL ortak		70723,831	49318085	739771,272	1,90	126,60
		Absorbsiyonlu çiller		2623,169	1829223	27438,3477	0,07	4,70
	Kayıplar (kWsa)	Kayıp2		3819820	3819820	57297,3	0,15	9,81
					Oğun yongası			

IPCC 2006 Kılavuzundaki Tier 1 metodu kullanılarak OYLL üretimindeki her bir etkili süreç için KAİ ve EAİ değerleri Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4 de gösterilmiş olup enerji dengesi gereği girdilerde tüketilen enerji miktarı ile çıktılardaki tüketilen enerji miktarları birbirine eşittir. Asıl KAİ'ne neden olan etkili süreçler, doğrudan kaynaklara etki eden süreçlerdir. Doğrudan kaynaklara etki eden süreçlerin toplam KAİ değeri 224,14 [kg CO₂e/m³ OYLL] ve toplam EAİ değeri 1546,47 [kWsa/m³ OYLL] olarak bulunmuştur. En fazla KAİ ve EAİ'ni veren doğrudan kaynakların tüketimine etkili olan süreç Türbin 3'dür. Türbin 3'ün KAİ ve EAİ değerleri sırasıyla 88,08 [kg CO₂e/m³ OYLL] ve 476,13 [kWsa/m³ OYLL]'dir. En az KAİ ve EAİ değerini veren etkili süreç ise çıktılardaki devlete satılan elektrik olup bu değerler sırasıyla -7,99 [kg CO₂e/m³ yonga levha] ve -43,18 [kWsa/m³ yonga levha]'dır. Ancak negatif değerlerin haricinde en düşük KAİ ve EAİ değerini veren etkili süreç Tutkal mut-2'dir. Tutkal mut-2'nin KAİ ve EAİ değerleri sırasıyla 0,03[kg CO₂e/m³ OYLL] ve 0,14 [kWsa/m³ OYLL]'dir.

Genel olarak literatürde yer alan yapılmış çalışmalarla (Wilson, 2010; Wang vd., 2017) yapmış olduğum bu çalışmada ki temel farkı odun bazlı levha endüstrisinde üretilen ürünler için yaşam döngü analizine göre tüketilen enerji miktarı hesaplanıp emisyon değerlendirmesi yapılmıştır. Yaptığımız çalışmanın literatürde yer alan çalışmalardan farkı tüm yaşam döngü analizinden uzak kalarak sadece üretimde etkinlik gösteren herbir proses için karbon ve enerji ayak izi hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada yer alan YL ve OYLL üretimindeki her bir proses için Pareto analizi uygulamasında karbon ve enerji ayak izlerinin en kritik olanları tespit edilirken literatürde yer alan çalışmalarda (Görener ve Toker, 2013; Çetin vd., 2014) ise odun bazlı levha ürünleri için kaliteyi etkileyen proseslerin en kritik olanları belirlenmiştir.

Genel olarak YL üretimi için yapılan 2 senaryo ve firmanın genel durum karşılaştırmasını gösteren sonuçlar Tablo 5.5 de gösterilmiştir.

Tablo 5.5: YL üretiminde KAİ değerini azaltmaya yönelik oluşturulan senaryolar ve mevcut durum karşılaştırması.

Senaryolar	Girenlerin KAİ (kg CO ₂ /m ³ YL)	Çıkanların KAİ (kg CO ₂ /m ³ YL)	MEKAİ (kg CO ₂ /m ³ YL)
Senaryo 1	12,23	91,21	0,2
Senaryo 2	78,99	74,104	0,2
Mevcut durum	78,99	91,21	0,2

Genel olarak OYLL üretimi için yapılan 2 senaryo ve firmanın genel durum karşılaştırmasını gösteren sonuçlar Tablo 5.6 da gösterilmiştir.

Tablo 5.6: OYLL üretimi için oluşturulan senaryolar ve mevcut durum karşılaştırması.

Senaryolar	Girenlerin KAI (kg CO ₂ /m ³ OYLL)	Çıkanların KAI (kg CO ₂ /m ³ OYLL)	MEKAI (kg CO ₂ /m ³ OYLL)
Senaryo 1	23,60	224,14	0,22
Senaryo 2	224,14	158,12	0,22
Mevcut durum	224,14	224,14	0,22

Yapılan çalışma neticesinde YL ve OYLL üretimindeki KAI ve EAI problem/lerine karşı verilen öneriler şunlardır:

- YL üretiminde doğrudan, dolaylı ve üretime yardımcı olan taşıma araçları etkili sürecin dahil edilmesiyle birlikte en fazla KAI problem(ler)ini belirlemek için Pareto analiz uygulaması yapılmıştır. 80/20 kuralıyla birlikte CO₂ emisyonu problemlerinin sırasıyla Türbin 4, Türbin 4 kurutma prosesi ve Kayıplar 1'den kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Bu ilk üç etkili süreç için bazı iyileştirmelere gitmek gerekirse yenilenemez enerji kaynağı kullanımı azaltılıp yenilenebilir enerji kaynağı kullanımına gidilmesi gerektiği önerilmiştir. Yani doğalgaz tüketiminin neden olduğu bu ilk 3 etki süreçlerinin biyokütle tesisi olarak değiştirilmesi önerilebilir. Ayrıca tesiste günlük güneşin oluşturmuş olduğu enerjiyi depolaması açısından güneş paneli kullanımı da önerilebilir.
- YL üretimi doğrudan, dolaylı ve üretime yardımcı olan etkili süreçlerin dahil edilmesiyle birlikte enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda açığa çıkan EAI problem(ler)ini belirlemek için Pareto analiz uygulaması yapılmıştır. 80/20 kuralıyla birlikte enerji ayak izi problemlerinin sırasıyla Türbin 4, Türbin 4 kurutma prosesi, Kayıplar 1, Brülör ve Kazan kaynaklı olduğu tesbit edilmiştir. Açığa çıkan EAI problemlerinin azaltılması için ısı izolasyonu, bakım-temizlik gibi işlemlerin aylık olarak yapılması öneri olarak sunulabilir. Ayrıca firmanın biyokütle atıklarını doğrudan yakarak enerji elde etmesi yerine bu kaynakları piroliz, pellet vb. katma

değeri ve kalori değeri daha yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürerek değerlendirmesi hem EAI değerini hem de KAI değerini azaltmayı sağlayacaktır.

- OYLL üretiminde doğrudan, dolaylı ve üretime yardımcı olan taşıma araçları etkili süreçlerin dahil edilmesiyle birlikte en fazla KAI problem(ler)ini belirlemek için Pareto analiz uygulaması yapılmıştır. En fazla KAI problemine neden olan ilk 6 etkili sürecin, süreçlerin %80'e yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. İlk 6 etkili süreçler sırasıyla Türbin 3, Türbin 1, Türbin 2, OYLL ortak, Kayıp 1 ve Türbin 1 kurutma prosesidir. Bu ilk 6 etkili süreçlere göre bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Yenilenemez enerji kaynağının kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kullanımına gidilmesi burada da en başta gelen öneridir. Ancak bunun için şirket maliyetine bakılıp uygun bir yenilenebilir enerji kaynağı kullanımına gidilmelidir. Bu firmada doğalgaz kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kullanımının artırılması CO₂ emisyonunu azaltmaya yardımcı olacaktır. Bu konuda türbin ve kazanın fonksiyonunu yerine getirebilecek bir yenilenebilir enerji kaynağına yönelmek ve kayıpların da azaltılması için ısı izolasyonunun iyi bir şekilde yapılması önerilebilir.
- OYLL üretimi doğrudan, dolaylı ve üretime yardımcı olan etkili süreçlerin dahil edilmesiyle birlikte enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda açığa çıkan EAI problem(ler)ini belirlemek için Pareto analiz uygulaması yapılmıştır. 80/20 kuralıyla birlikte EAI problemleri ilk 7 etkili sürecin enerji ayak izinin %80'e yakını oluşturduğu belirlendiği için bu etkili süreçlere yönelik olarak öneriler verilmiştir. Bu ilk 7 etkili süreçlere (OYLL ortak, Türbin 3, Türbin 1, Kazan, Türbin 2, Kayıp 1 ve Türbin 1 kurutma prosesi) göre bazı iyileştirmelere gidilmesi gerekir. Yenilenemez enerji kaynağının kullanımını azaltıp alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik iyileştirmeler yapılması gerekir. Türbin ve kazanın işlevini yerine getirebilecek biyokütle enerji yakma tesisi kurulması önerilebilir. Böyle bir kaynağı beslemek amacıyla firmanın kendi biyokütle atıkları yeterli olamayacağından biyokütle atığı satın alması önerilebilir. Bu konuda pellet satın alarak yakıt olarak kullanması çok daha uygun olacaktır. Böylece doğalgaz kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütle enerji kullanımına yönelmesi CO₂ emisyonunu azaltacaktır.

KAI ve EAI değerlerini azaltılmasına yönelik Avrupa standartlarına yönelik en iyi uygulanabilir teknikler (BAT-Best available techniques) öneri olarak sunulabilir. Ancak bu tekniklerin uygulanabilirliği ile ilgili olarak, işletmenin maliyetlerinin düşünülmesi gerekir. Bunlardan birkaç uygulama tekniğini önem sırasına göre örnek olarak aşağıda verilmiştir (Federal Environment Agency, 2011; BAT, 2014):

- Firmanın biyokütle atıklarını doğrudan yakarak enerji elde etmesi yerine bu kaynakları piroliz, pellet vb. katma değeri ve kalori değeri daha yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürerek değerlendirmesi gerekir.
- Yakma teknolojisinde değişiklik yapılabilir.
- Yenilenebilir enerji kaynağı kullanımına (güneş paneli, biyokütle tesisi) gidilir.
- Personele periyodik olarak çevre ve kalite odaklı eğitim verilmesi gerekir.
- Prosedürlerin kontrolü ve personelin sorumluluğunun yerine getirilmesine yönelik çevre yönetim sisteminin uygulanması gereklidir.
- Düzenli olarak makinelerin periyodik bakımlarının yapılması gerekir.

5.2.GELECEğE YÖNELİK ÇALIşMALAR

Yapılan bu tez çalışmasında, bir odun bazlı levha endüstrisinde üretim yapan bir firmanın her bir proses için karbon ve enerji ayak izleri hesaplanmıştır. Pareto analiz tekniğiyle ayak izlerinin azaltılıp çevre odaklı üretim açısından alternatif yollar düşünülüp önerilmiştir.

Gelecekte yapılması düşünölen bazı uygulamalı ve istatistiksel tekniklerin uygulanıp ileriye dönük iyileştirmeler kazandırılması düşünölebilir. Uygulamalı teknik olarak getirilmiş çözüm önerilerin bilhassa fabrikada uygulanıp inceleme ve gözlemler yapılması yoluyla gerçekleştirilmesi önerilir. Ayrıca, ABC analizi, fırsat-güçlü-zayıf-tehdit analizi, analitik hiyerarşi prosesi metodu veya hata modeli ve etkisi gelecekte bu sektörde yapılması düşünölen istatistiksel uygulamaların bazıları olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu M., Ültanır, M., Ö. (2000). “Türkiye 'de biyokütle (biomass) enerji potansiyeli ve değerlendirilmesi için öneriler”, *Türkiye 8.Enerji Kongresi Cilt:2*, s. 161-171, Ankara.
- Acaroğlu, M., Öğüt, H., Çarman, K. (2011). “Biyokütle enerjisinin yakıt olarak Türkiye 'ye sağlayacağı ekolojik ve ekonomik potansiyelin belirlenmesi”, *NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium*, 37-40, Lefkoşa TRNC.
- Acaroğlu, M., Bağer, E. (2013). Biyoyakıt kaynağı olarak enerji bitkilerinin seçim kriterleri ve biyoyakıtlarda yaşam döngüsü, *IX.Clean Energy Symposium, UTES'13,25-28 December 2013*, Konya.
- Akbulut, T., (1991). *Orus-Vezirköprü Yongalevha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, T. (1995). *Çeşitli Faktörlerin Yongalevhanın Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut,T. (1999). *Çeşitli Üretim Değişkenlerinin Yongalevhanın Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi*, İÜ.
- Akbulut, T. (1999). Dünya'da Ve Türkiye'de MDF Endüstrisinin Genel Durumu, *Laminart, Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi*, Ağustos-Eylül, Sayı 3, İstanbul.
- Akbulut, T. (2000). Yonga Levha Endüstrisi, *Laminart*, (7), 112-119
- Akbulut, T. (2001). Liflevha Endüstrisi, Lisans Ders Notları, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Basılmamıştır.
- Akbulut, T., Ayrılmış, N. (2001). *MDF üretiminde dikkate alınması gereken hususlar*, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B Cilt :51, Sayı 2 University Master Thesis, May 2015, Middle East Technical University.

- Akıllı, H, Kemahlı, F, Okudan, K., Polat, F. (2008). The Content Of Ecological Footprint Concept And Calculation Of Individual Ecological Footprint In The Akdeniz University Economics And Administrative Sciences Faculty, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* 15, 1-25.
- Akın, B.(1996). ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, *İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi*, 49-50.
- Akın, B., Ozturk, E. (2005). İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması, *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Bildirileri* CD, 1-15, İstanbul,.
- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Alper, D., Anbar, A. (2007). Küresel Isınmanın Dünya Ekonomisine ve Türkiye Ekonomisine Etkileri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* Cilt 9, Sayı: 4.
- Altaş, İ.H. (1998). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, Şubat 1998, Sayı 45, Sayfalar:58-63, Bilesim yayıncılık A.Ş., İstanbul.
- Anonim, (1993). *Euro MDF Board: A Users Manuel*, Almanya.
- Appenzerler, T., Dimick, R., Dennis, (2004). "Dünya Alarm Veriyor." National Geographic. Eylül 2004.
- Arıkan, Y., Özsoy, G. (2008). *A' dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi*, Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye.
- Aslanoğlu, S.Y., Köksal, M. A. (2012). Elektrik Üretimine Bağlı Karbondioksit Emisyonunun Bölgesel Olarak Belirlenmesi ve Uzun Dönem Tahmini, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 1 : 19–29, Ankara.
- Ata, R., Öcal,F. (2014). Manisa'nın Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Analizi, *Celal Bayar University Journal of Science* 10.1: 1–10, Manisa.
- Atabey, T. (2013). *Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği*, Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

- Atalık, Ahmet (2006). “Küresel Isınmanın Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri”, Bilim ve Ütopya. 139, 18-21.
- Atar M. (2006). Melamin Reçineli Kağıtla Kaplanmış Yonga Levhanın Çeşitli Malzeme ve Tutkallarla Yüz Yüze Yapışma Direnci. *Politeknik Dergisi* 9: 4.
- Atılğan, İ.(2000).Türkiye'nin enerji potansiyeline bakış, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 15,1:31-47.
- Avcı, Ö. (2009). *Türkiye-Avrupa Birliği Enerji Üretim ve Tüketiminin Karşılaştırılması Olarak Değerlendirilmesi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Aydın, G.,Karabulut, İ.,Aydiner, K. (2011). Antropojenik Metan Emisyonlarının Sektörel Analizi, *TUBAV Bilim dergisi* 4(1):42-51, Trabzon, (Draft) <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/200934>.
- Ayrılmış, N. (1999). MDF Üretim Teknolojisi, LAMİNArT, *Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi*, Ağustos-Eylül, Sayı 3, İstanbul.
- Ayrılmış, N. (2000). *MDF'nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aylık Enerji İstatistikleri, (2016). EİGM raporu
- Baird, C. (1999). Environmental Chemistry Part IV: The Greenhouse Effect and Global Warming, 173-213.
- Bayram, A. (2000). “Nükleer enerji ve Türkiye”, *GAP Çevre Kongresi Bildiriler Kitabı*, Şanlıurfa, s. 617-624, 2000.
- Bekiroğlu, O. (2001). Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi, Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi, II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi,(http://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf) Erişim Tarihi: 06.05.2017.
- Bergman, R., Taylor, A., Skog, K.E., Puettmann, M.E. (2014). The Carbon Impacts of Wood Products, *Forests Products Journal* Vol 64 No. 7, 14 October 2014.

- Best Available Techniques (BAT) (2014) “*Reference Document for the Production of Wood-based Panels*”.
- Binder, H.H. (1999). *Lexikon der chemischen Elemente*, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1999, ISBN 3-7776-0736-3, S. 674–682.
- Bircan, G., ve Gedik, H. (2003). Tekstil sektöründe İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. Cilt: 4, sayı: 2.
- Blum, Alexander (1975). "On crystalline character of transparent solid ammonia". *Radiation Effects and Defects in Solids* 24 (4), 277. DOI:10.1080/00337577508240819.
- Bowyer, J.L., Haygreen, J.G. (1996). *Forest Products and Wood Science*, Third Edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Boyle, G. Editor, (1998). “*Renewable energy: power for a sustainable future*”, Oxford University Press 1: 40.
- Bozkurt, A.Y.,Göker, Y. (1985). Yonga Levha Endüstrisi, *İstanbul Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 263s.
- Bozkurt, A. Y., Göker, Y. (1990). Yonga levha Endüstrisi, *İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3311*, Orman Fakültesi Yayın No: 372.
- Bozkurt, R. (1998). Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri. *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*. No. 630, Ankara.
- BP Statistical Review of World Energy (2012). British Petroleum (BP), London, UK.
- Budavari, Susan, ed. (1996). *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals* (12th bas.). Merck. ISBN 0-911910-12-3.
- Budak, N., Bayındır,H., Yücel,L. (2009). Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Performans,Ve Egzoz Emisyonları Açısından Değerlendirilmesi,V. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009 – Diyarbakir*.

- ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı AR-GE Daire Başkanlığı) (2006). Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Ankara
- Crutzen, P.J. (1991). Methane's sinks and sources. *Nature*, 350, 380-381.
- Çabuk Y, Karayılmazlar S., Onat S. M., Kurt R. (2013). Econometric modeling and projection of production, import and export of particle board industry in Turkey. *International Journal of Physical Sciences*, 8(5), 199-209.
- Çabuk Y., Karayılmazlar S., AYTEKİN A., Onat S.M., Kurt R. (2015). A regression analysis of fiberboard production, import and export amounts in Turkey, with projections to 2021. *Turkish Journal of Forestry*, 16 (1), 27-35.
- Çavdar, T. (2009). Bir Yongalevha Serme Makinesi Tasarımı ve Gerçeklenmesi, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- Çetin, T., Colak, M., Yılmaz,S., Yılmaz, T., Korkmaz, Y. (2014). The Scope and Extent of Extra Work Caused by Management and Workers' Issues In The Turkish Furniture Industry, *Journal of Asian Scientific Research* 4(12), 729-740, Muğla.
- Çukurçayır, Fırat, Geçer, Cüneyt, Arabacı, Hüseyin, (1997). “Yaşam İçin En Değerli Kaynaklar Hava ve Su”. *Meteoroloji Mühendisliği Dergisi*. 02,24-32.
- Dam, M., M. (2014). Sera Gazı Emisyonlarının Makroekonomik Değişkenlerle İlişkisi: OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İkt - Dr - 2014 – 0002,Doktora Tezi, Aydın.
- Dayanıklıoğlu, S. (2004). *Türkiye’de Lif Levha ve Yongalevha Sektörünün Durumu,Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı, İstanbul.
- Dayanıklıoğlu, S. (2008). *Türkiye Yongalevha Sanayicileri Derneği*, Eylül 2008, İstanbul.
- Defra, 2010, *biomass emission factors*.

- Demertzi ,M., Paulo , J.A., Arroja,L., Dias,A.C. (2016). A carbon footprint simulation model for the cork oak sector, *Science of the Total Environment* 566–567, 499–511, Portugal.
- Demirbaş, A. (2000). Recent Advance in Biomass Conversion Technologic, *Energy Ed Science and Technology* 6:19-41.
- Demirbaş, A.(2003). Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions in Turkey. *Energy Conversion And management* 44:203-213, Turkey.
- Demirel,Y. (2012). Energy: Production, Conversion, Storage, Conservation, And Coupling, *Springer*, Belin, ss.29.
- Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler and J. Wisniewski, (1994). Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science*. 263:185–190.
- Dodoo, A., Gustavsson,L. (2013). Life cycle primary energy use and carbon footprint of wood-frame conventional and passive houses with biomass-based energy supply, *Applied Energy* 112, 834–842, Sweden.
- Doll, J.E. and Baranski,M. (2011). Greenhouse gas basic, *Climate Change and Agriculture Fact Sheet Series E3148* , April 2011.
- DPT Müsteşarlığı, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007–2013).
- DSİ (2013). Türkiye'nin Hidrolik Potansiyeli, www.dsi.gov.tr. (erisim tarihi: 10.09.2013).
- Duncan,R.C. (2001). “World Energy Production, Population Growth, and the Road to the Olduvai Gorge”, *Population and Environment*, vol.22, 5, 2001.
- Durşen, M., Yasun, B. (2012). Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı, İSGÜM, Ankara (Draft) http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG15-yeraltinda_bulunan_zararli_gazlar_ve_metan_drenaji.pdf.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi,(2008). “İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü”, *Enerji ve Çevre Çalışma Grubu*, s. 30.
- DPT, “İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, s. 2.

- Ecosecurities (2006) "Global Climate Change: Risk to Bank Loans" (draft)http://www.unepfi.org/fileadmin/documents/global_climate_change_risk.pdf (12.05.2007), s. 70.
- Edminister, Nahvi, Mahmood; Joseph, (1965). *Electric Circuits*, McGraw-Hill, ISBN 97800-71 422413.
- Egermayer, F., (1988). *Pareto Analysis in Incoming Inspection At Verdor*. European Organization for Quality Control.
- Eğrican, N. (2013). *Ekonomik Büyüme, Çevre ve Enerji, Tesisat Dergisi*, Sayı: 2017, Mart 2014.
- Energy Institute, (2012). *Enerji Enstitüsü Raporu*
- EPA, (2010). *Environmental Protection Agent Report*
- EPA (US), (2013). *The U.S. Global Change Research Program, the National Academy of Sciences, and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) have each independently concluded that warming of the climate system in recent decades is 'unequivocal', Myth ve Facts.*
- EPA, (2014). *Eney Protection Agent Report*
- EPA, (2015). *Energy Protection Agent Report*
- EPA,(2016)(draft)<http://www.epagov/climatechange/climate-change-basic-information29> September 2016
- Erdoğan, E. (2009). *On the wind energy in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (13):1361-1371.
- Eroğlu, H., Usta, M., (2000). *Liflevha Üretim Teknolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:200, Fakülte Yayın No:30, 351 s., Trabzon, Türkiye.
- EUAŞ, (2011). *Termik Santrallerimiz, Santral Bilgisi*
- EUAŞ, (2015). *Elektrik Üretim Anonim Şirketi Raporu*

- Faostat, (2017). (Food and Agriculture Organization of the United Nation <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (13.01.2017).
- Federal Environment Agency, Brigitte Zletlow. lichtl Ethics& Brands, May 2011, "Environmental Standards In The Textile And Shoe Sector-A *Guideline On The Basis Of The Brefs-Best Available Techniques Reference Documents Of The EU-Umwelt Bundes Amt*"
- Froggatt, A. (2000). "The liberalisation of Europe's electricity markets – *Is the Environment Paying the Price for Cheap Power?*", *Greenpeace*, s. 13, Mayıs 2000.
- Galli,A., Moore,D., Cranston,G.,Wackernagel, M., Kalem,S., Devranoğlu,S., Ayas, C., (2012). *Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu*, WWF-Türkiye, No.978-605-61279-9-1.
- Garcia,R., Freire ,F. (2013).Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration, *Journal of Cleaner Production* 66 : 199-209,Portugal.
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M. and Peterson, K., (2002). Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, *Exerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000*, pages: 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Gillis and Justin (2015). "Short Answers to Hard Questions About Climate Change". *The New York Times*. Retrieved 29 November 2015.
- Gitlow,H.S.,Openheim,A.J.,Openheim,r.,Levine,D.M.(2005),*QualityManagement*,Third Edition, McGrawHill, USA,366-367.
- Gopalakrishnan, B., Mate, A., Mardikar, Y., Gupta, D., P., Plummer, R. W., (2005). Energy Efficiency Measures in the Wood Manufacturing Industry, *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry*, West Virginia University, Industrial Assessment Center B.Anderson, West Virginia University, Division of Forestry.
- Göker, Y. (2000), Değişik Yöntemlerle Üretilmiş Yongalevhaların Kullanım Yerleri, *Laminart*, 7, 128-133s.

- Görener,A.,Toker,K.,(2013), Quality Improvement in Manufacturing Processes to Defective Products using Pareto Analysis and FMEA, *Beykent Univeriistiy Journal of Social Scişences-BUJSS* Vol.6 No.2,2013 ISSN:1307-5063.
- Grant, E. L., and Leavenworth, R. S., (1988). Statistical Quality Control. *Mc GrawHill Com. Vol. 6. New York.*
- Grubb and Ellis (2007). Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners, *Users & Managers*, Chicago.
- Guidelines for Measuring and Managing CO₂ emission from Freight Transport Operations, March2011(draft)<http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/Transport-and-Logistics/Best%20Practice%20Guidelines&20-%20General%20Guidelines/CeficECTA%20Guidelines%20for%20measuring%20and%20managing%20CO2%20emissions%20from%20transport%20operations%20Final%20,30.03.2011.pdf>
- Guild, B. , Ellis, J.,(2004). Improved sawlog quality through statistical quality control, *NZ Journal of Forestry*, February 2004.
- Gustavsson, L., Sathre, R. (2005). Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. *Building and Environment (in press)*.
- Güller, B., (2001). Odun Kompozitleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2001, ISSN: 1302-7085, Sayfa:135-160, Isparta.
- Güler, C., Ozen, R. (2004). Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum L.*), *Holz als Roh- und Werkstoff*, 62, 40-43.
- Güler C., Bektas, İ., Kalaycıoğlu H., (2006). The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian pine (*Pinus brutia Ten.*), *Forest Prod. J.* 56, 56-60.
- Gündüz,G., Masraf,Y.,(2005). Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Yıl: 2005 Cilt:7 Sayı:8.
- Güllü, G., (2011). *CO₂ emisyonu*,30 Mayıs 2011, Niza Park Otel, Ankara.

- Hammond, Percy, (1981). "Electromagnetism for Engineers", *Nature (Pergamon)* 168 (4262), 4, Bibcode 1951Natur.168....4G, DOI:10.1038/168004b0, ISBN 0-08-022104-1.
- Hartmann, D. L.; Klein Tank, A. M. G.; Rusticucci, M. (2013). "2: Observations: Atmosphere and Surface" (PDF). *IPCC WGI AR5 (Report)*. p. 198.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, *Water Resour Manage (2006)* DOI 10.1007/s11269-006-9039-x.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M. (2009). *Water Footprint Manual State of the Art 2009-Water Footprint Network*, November 2009, UK.
- House of Lords, (2005). "The Economics of Climate Change", Select Committee on Economic Affairs, 2nd Report of Session 2005-06, s. 10. 2.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2003). Good practice guidance for land use, land use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan
- IPCC 2006 Kılavuzu, (2006). Uluslararası Hükümetlerarası Panel İklim Komitesi
- Ishikawa, K. (1982). *Guide to Quality Control* ISBN 92-833-1035-7, 1986 Asian Productivity Organization Tokyo-Japan 1982.
- İzgiz, S. (1993). İstatistiki proses kontrolü Metalurji, s.12-27.
- İzgiz, S., (1994). Taguchi kalite tanımı ve uygulamalar, *Metalurji*, s.27-36.
- İzgiz, S., (2001). *Deney Tasarımı ve Taguchi Metodu*, Federal-Mogul Yayını Meclisi Mebusan Caddesi Nr 133 80040 Fındıklı-İstanbul.
- İncekara, Ç.Ö., Oğulata, S.N., (2011). Enerji Darboğazında Ülkemizin Alternatif Enerji Kaynakları, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi* Cilt 3, No 1, 2011, ISSN:1309-8012.
- Istek A, Aydemir D, Aksu S., (2010). The Effect of Décor Paper and Resin Type on The Physical, Mechanical, and Surface Quality Properties of Particleboards Coated with *Impregnated Décor Papers*. *Bio Resources*, 5(2), 1074-1083.

- İstek, A. ve Sıradağ, H. (2013). The effect of density on particleboard properties. ICFS, *International Caucasion Forestry Symposium*. Artvin, pp: 932-938.
- İstek A., Muğla K., Yazıcı H. (2015). Mobilya Üretiminde Kullanılan Ticari Mdf Levhaların Özellikleri. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 333-343.
- İstek A., Özlüsoylu İ.,Kızılkaya,A. (2017). Türkiye Ahşap Esaslı Levha Sektör Analizi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 132-138.
- Jacobson MZ (2009) Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy Environmental Science* 2: 148–173.
- Kadioğlu S., Tellioglu Z., (1966). Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri, *TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu*, s. 55-67, 1996.
- Karakaya, E. (yayına hazırlayan), (2008), “Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi”, Bağlam Yayıncılık Araştırma Dizisi, İstanbul içinde Etem Karakaya, “Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları: Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme”, ss. 169-170.
- Kavrakoğlu,İ., (1993). Kalite Cep Kitabı KalDer Yayınları 3, Nisan 1993.
- Kayacan, B., Yıldırım, Ö., Demirpençe,S., Dursun,Ş. (2016), Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli Ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, *UÇMÖS-16 Konya, I.Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu*, 30-31 Mayıs 2016, ISBN-978-605-83522-0-9, Konya.
- Kaygusuz, K.(2002). Environmental impacts of energy utilisation and renewable energy policies in Turkey, *Energy Policy* 30:689-698, Turkey.
- Keskin,T., (2012). İklim Değişikliği Ve Enerji Sektörü, *Mühendis ve Makina*, Cilt: 52 Sayı: 617.
- Keskinel, F. (2006). Türkiye'deki Elektrik Üretimi ve Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri. *İstanbul Bülteni* 87: 17 – 26.
- Kılıç,A.,M.(2006). Turkey’s natural gas necessity, consumption and future perspectives, *Energy Policy* 34:1928-1934,Turkey.

- Kılıç,N.,2007, AR&GE Bülten 2007 Mart-Sektörel (draft) http://www.izto.org.tr/portals/0/iztogene%201/dokumanlar/kyoto_protokolu_n_kilic_26.04.2012%2021-50-14.pdf.
- Kıncay, O., Ozturk, R. (2003). Thermal Power Plants in Turkey. *Energy Sources* 25, 135-151.
- Koç E., Kaplan, E. (2008).”Dünyada ve Türkiye’de Genel Enerji Durumu-I Dünya Değerlendirilmesi,”*Termodinamik Dergisi*, sayı: 188, s.106-118.
- Koç, E., Şenel,M.C.,(2013).Dünyada ve Türkiyede Enerji Durumu-Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makina*, Cilt :54, Sayı :639, Sayfa: 32.
- Korkmaz,Ö., Develi,A., (2012). Türkiye’de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:27, Sayı:2, Yıl:2012, ss.1-25.
- Kumar,A., Kumar, N., Baredar, P., Shukla, A. (2015). A review on biomass energy sources, potential, conversion, and policy in India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45: 530-539, India.
- Kurtoğlu, A., Koç, K.H., Erdinler,E.S, Sofuoğlu,S.D., (2009).Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisinin Yapısal Ve Eğitsel Sorunları, *İi. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi* 19-21 Şubat 2009, SDÜ, Isparta.
- Kurtoğlu, A., (2006). An Overview of Turkish Forestry Products And Turkish Furniture Industry, *Furniture Industry*, Period 1, s.126-150.
- Kuşkaya, S., Gençoğlu,P. (2017). OECD Ülkelerinin 1995-2015 Yılları İtibariyle Sera Gazı Salınımları Açısından Karşılaştırılması: İstatiksel Bir Analiz, *International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*,Vol:3,Issue:3,pp:177-188, Kayseri.
- Lehmann,S. (2013). Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions, *Sustainable Cities and Society* 6, 57–67, Australia.

- Lippke,B., Gustafson,R., Venditti,R., Steele,P., Volk,T.A., Oneil,E., Johnson, L., Puettmann, M.E., Skog,K., (2012). Comparing Life-Cycle Carbon and Energy Impacts for Biofuel, Wood Product, and Forest Management Alternatives, *Forest Products Journal* Volt.62 (4), 247-257.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, (2006), Mart Raporu.
- Madra, Ö.,(2007). Küresel Isınma ve İklim Krizi, *Agora Kitaplığı Yayınevi*, ISBN9789944916936
- Maloney, T. M., (1993). Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing, *Miller Fremann Publ., Inc.*, California,USA.
- Maloney, T. M., (1996). The Family of Wood Composite Materials, *Forest Products Journal*, Vol:46, No:2.
- Matson, P.A., P.M. Vitousek, G.P. Livingston and N.A. Swanberg, (1990). Sources of variation in nitrous oxide flux from Amazonian ecosystems. *J. Geophys. Res.*, 95, 16,789- 16,798.
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): Overview of biomass, *Bioresource Technology* 83:37-46.
- MEB, (2009). *Kimya Teknolojisi, Alifatik Hidrokarbonlar Ders Kitabı*, MEGEP-MEB Yayını, Ankara 2009.
- Morely, A.; Hughes, E. (1994). *Principles of Electricity (5th bas.)*, Longman, ISBN 0-582-22874-3) Longman, ISBN 0-582-22874
- Morss, L.R.; Edelstein, N.M. and Fuger, J., ed., (2006). *The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements (3rd bas.)*. Netherlands: Springer. ISBN 9048131464.
- Muter ,Ş., (1997). Küreselleşme ,*Mercek*, Temmuz 1997, s. 22-26
- Nasa Giss, (1880) (draft) <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20100121/>

- NASA, (2017). National Aeronautics and Space Administration, What's in a Name? Global Warming vs. Climate Change, https://www.nasa.gov/topics/earth/features/climate_by_any_other_name.html (Erişim Tarihi: 12.09.2017).
- Natascha, M., Velden, V. D., Martin, K., Patel, Joost, G., Vogtländer, (2014). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane, *Int J Life Cycle Assess* 19:331–356, DOI 10.107/s11367-013-0626-9.
- National Research Council, (2010). *Advancing the Science of Climate Change, America's Climate Choices: Panel on Advancing the Science of Climate Change*; Washington, D.C.: The National Academies Press. ISBN 0-309-14588-0.
- Nemli G. (2003). Sentetik Laminat Endüstrisi. *KTÜ Orman Fakültesi Yayınları. Ders Tezsirleri Serisi No: 71*, Trabzon, 110 s.
- Newell, J.P., Vos, R.O. (2012). Accounting for forest carbon pool dynamics in product carbon footprints: Challenges and opportunities, *Environmental Impact Assessment Review* 37, 23–36, USA, California.
- OAİB (2015). Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Yongalevha Sanayi 2015 Sektör Raporu
- Oakland, J. S., and Followell, R. F., (1990). *Statistical Process Control*. Butterworth Heinemann, New York.
- Oktay, Z., (2009). Investigation of Coal-Fired Power Plants in Turkey and a Case Study: Can Plant. *Applied Thermal Engineering* 29, 550-557.
- Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA), Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sektör Raporu 2013.
- Özder, A., M., Yörükoğlu (2003). “Genel Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Yeri”, *Türkiye 9. Enerji Kongresi*, Bildiri, İstanbul
- Özen, R. (1980). *Yongalevha Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Özgüvenç, D., (2011). *Kalite Problemlerinin Sınıflandırılmasında Çok Kriterli Pareto Analizi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2011.

- Özsoy,C.E. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi Ve Türkiye'nin Karbon Ayak İzi, *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi* © Cilt: 4, Yıl: 4, Sayı: 9 (2015/2) ISSN: 2147-3668.
- Öztürk,K. (2002) "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri", *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt: 22, Sayı: 1, 2002, s. 53.
- Pekin, M. (2006). *Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları*, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2006, İTÜ.
- Penney, David, G. (2000). *Carbon monoxide toxicity*, CRC Press, p. 5, ISBN 0849320658.
- Perrin, D. D., (1982). *Ionisation Constants of Inorganic Acids and Bases in Aqueous Solution*; 2nd Ed., Pergamon Press: Oxford.
- Proietti,S., Desideri,U., Sdringola, P., Zepparelli,F. (2013). Carbon footprint of a reflective foil and comparison with other solutions for thermal insulation in building envelope, *Applied Energy* 112, 843–855,Italy.
- REN 21, (2012). Renewables 2012 Global Status Report, *Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)*, Paris, France.
- Rhein, M.; Rintoul, S.R. (2013). "3: Observations: Ocean" (PDF). *IPCC WGI AR5 (Report)*. p. 257.
- Rivela, B., Moreira, M.T., Feijoo,G., (2007). Life cycle inventory of mediumdensity fibreboard, DOI: 10.1065/lca2006.12.290, May 2007, *Wood and Other Renewable Resources* (Subject Editor: Jörg Schweinle) Int J LCA 12 (3), 143-150.
- Schneider,S. H., (1990). The Global Warming Debate Heats Up An Analysis and Perspective, *Bulletin American Meteorological Society* Vol 71, No 9, September 1990.
- Seinfeld, John, H., Pandis, Spyros, N. (1997). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, Wiley-Interscience, ISBN 0-471-17816-0.
- Sinke, G. C. (1967). "The enthalpy of dissociation of nitrogen trifluoride". *J. Phys. Chem.* 71 (2), 359–360. DOI:10.1021/j100861a022.

- Sujatha D, Pandey C. N, Nath S.K, (2014). Impact of Forestry Products on Climate Change Mitigation in India, *International Journal of Applied Science and Technology* Vol. 4, No. 7; December 2014, Center for Promoting Ideas, USA.
- Şahin, B., Uğurlu, H.A., Kaldırım, K., Çırak, Y.,(2013). “Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sektör Raporu”,<http://www.oka.org.tr/Documents/MOBILYASEKTORRAPORU.pdf>, 07.02.2015, 2013.
- Şahin, Ü.A. (2015). İklim Değişikliği ve Karbon Ayak İzi, *Goldcert Bülteni* Sayı 1, Sayfa 3, GCB-1510-1, Ekim 2015.
- Şenel, M.C.(2012).”Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış,”Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Tavman, İ. H., Önder,T.K.,(2001). “Türkiye 'de rüzgar enerjisi potansiyeli ve kullanımı”. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, s. 316-323, İzmir.
- Türkiye Elektrik İletimi Anonim Şirketi (TEİAŞ) aylık elektrik istatistikleri*, 2015
- The World Bank, (2012). “Gross Domestic Product per Capita by Country in Current US\$,” <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>, son erişim tarihi: 23.12.2012.
- TOBB Türkiye Orman Ürünleri Sektör Meclis Raporu*, (2012), ISBN: 978-605-137-338-6.
- Tolunay, D., Çömez, A. (2007). Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye’deki Durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar 13-14 Aralık 2007, İstanbul, pp:97-108.
- Topal, M., Arslan,I.(2008).Biyokütle enerjisi ve Türkiye.VII.*Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, UTES 2008,7-19 Aralık 2008,İstanbul.
- Topçu, L. (2008). *Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- Turanlı, A. (2015). *Estimation of carbon footprint: A case study for Middle East Technical University*, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ.

TUIK, (2015)(draft) <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582>

Türkiyenin Ekolojik Ayak İzi, (2012), *WWF Raporu*.

Türkiye İklim Değişikliği Bülteni, (2006). Cemre yayınları, Nisan 2006.

Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu, (2014). WWF-Türkiye. (Sf- 6, 7, 11, 12, 16, 32, 33, 52, 54, 55).

Uçar, G., (1988). Odun ve orman atıklarının enerji ve kimyasal madde kaynağı olarak değerlendirme olanakları, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, seri b, Cilt:38, Sayı: 1, sayfa 80.

UNECE/FAO Forest Products. Annual Market Review (2003–2004) ,Timber Bulletin Volume LVII (2004), No. 3.

US Environmental Protection Agency, Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, 2002

Yılmaz, M., (2012), Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4: 33-54.

Wackernagel, M., and Rees, W., (1996).Urban ecological footprints Why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability, *Environmental Impact Assessment Review* Volume 16, Issues 4-6, July-November 1996, pp 223-248.

Wackernagel, M., B. Schulz, D. Deumling, A. Callejas Linares, M. Jenkins, V. Kapos, C. Monfreda, J. Loh, N. Myers, R. Norgaard and J. Randers (2002). Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99 (14): 9266-9271.

Wackernagel, M. ve Moran, D. (2005), Europe 2005 The Ecological Footprint, WWF European Policy Office, Brussels, Belgium, <http://assets.panda.org/downloads/europe2005ecological-footprint.pdf>

Walker, G., King, S. D. (2010). *Dünyamız Isınıyor!-Küresel Isınmayla Nasıl Başa Çıkabiliriz?*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, Mayıs 2010, ISBN 978-605-4238-29-3.

- Wang, S., Zhang, H., Nie, Y., and Yang, H., (2017). Contributions of China's Wood-Based Panels to CO₂ Emission and Removal Implied by the Energy Consumption Standards, *Forests* 2017,8,273; doi:10.3390/f8080273 (draft) www.mdpi.com/journal/forests, China.
- Watson, A.J., C. Robinson, J.E. Robinson, P.J. le B. Williams and M.J.R. Fasham, (1991). Spatial variability in the sink for atmospheric carbon dioxide in the North Atlantic. *Nature*, 350, 50-53.
- Williams, I., Wright, L; Kemp, S., (2011). 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition". *Carbon Management*. 2 (1): 61–72. doi:10.4155/CMT.10.39.
- Wilson, J., (2010). Life-Cycle Inventory of Particleboard in Terms of Resources, Emissions, Energy and Carbon. *Wood and Fiber Science*, 42(CORRIM Special Issue), 2010, pp.90-106, Department of Wood Science and Engineering, Oregon State University.
- Wilson, J., (2010). Life-Cycle Inventory of Medium-density-fiberboard in Terms of Resources, Emissions, Energy and Carbon. *Wood and Fiber Science*, 42(CORRIM Special Issue), 2010, pp.107-124 Department of Wood Science and Engineering, Oregon State University.
- Wood Handbook, Madison,WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, (1999). *Forest Products Laboratory*,[www.fpl.fs.fed.us(2000)].
- World Wind Energy Associaton, (2012). Worldwide Wind Energy Statistics 2012-Half Year Report, *World Wind Energy Associaton*, Bonn, Germany.
- Yiğittap,Ö. (2016). *Tutkallamada yonga sıcaklığının levha özelliklerine etkisi*, Bartın Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Orman endüstri mühendisliği anabilim dalı yüksek lisans tezi, Bartın.
- Url-1https://www.turkcebilgi.com/iklim_değişiklikleri/ Erişim tarihi:15/10/2016.
- Url-2http://www.erdemtandogan.com/yenilenebilir-enerji/11.Iklim_Degisikliginin_Etkileri/11.Iklim_Degisikliginin_Etkileri.pps/ Erişim tarihi:15/07/2017.
- Url-3<http://www.emo.org.tr/genel/sss.php?grubu=ENERJ%DD%20VER%DDML%DD L%D D % D0%DD/> Erişim tarihi:15/12/2016.

Url-4 <http://borsanasiloyunanir.co/parite-nedir/> Erişim tarihi: 18/12/2016.

Url-5 http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a8c16d2696b35f9_ek.pdf/ Erişim tarihi: 30/12/2016.

Url-6 <http://www.onlinesunu.com/9-sinif-biyoloji-guncel-cevre-sorunlari/slayt18-9-sinif-biyoloji-dogal-sera-etkisi-ve-insan-etkisiyle-olusan-sera-etkisinin-farki/> Erişim tarihi: 30/12/2016.

Url-7 <http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/methaneuk/chapter02.pdf> Erişim tarihi: 21/12/ 2016.

Url-8 <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.19744356.html/> Erişim tarihi: 12/12/ 2016.

Url-9 <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582/> Erişim tarihi: 15/11/2016.

Url-10 <http://www.footprintnetwork.org/it/index.php/GFN/page/calculators/> Erişim tarihi: 18/12/2016.

Url-11 <http://www.wordcarbon.co.uk/> Erişim tarihi: 15/04/2017.

Url-12 <http://www.met.sjsu.edu/.../Carbon%20Footprints.ppt/> Erişim tarihi: 15/07/2017.

Url-13 <http://www.semplastik.com.tr/pdfno7.pdf/> Erişim tarihi: 15/02/2017.

Url-14 <http://admin.izced.com/SF/204/karbonayakizi.pdf/> Erişim tarihi: 10/03/2017.

Url-15 http://www.undp.org/content/dam/turkey/docs/news-articles/UNDP-TR-30Mayis_Seragazi_Emisyon_Envanter_Hesaplama.pdf/ Erişim tarihi: 21/12/2016.

Url-16 <http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/Transport-and-Logistics/Best%20Practice%20Guidelines%20-%20General%20Guidelines/CeficECTA%20Guidelines%20for%20measuring%20and%20managing%20CO2%20emissions%20from%20transport%20operations%20Final%2030.03.2011.pdf/> Erişim tarihi: 25/10/2017.

Url-17 <http://gaiacarbonmng.com/Sayfa/su-ayakizi-nedir-/74/> Erişim tarihi: 18/12/2016.

- Url-18 <https://www.utwente.nl/igs/conferences/2011-resilient-societies/Keynote%20presentations/Hoekstra-IGS-SENSE-Oct11.ppt/> Erişim tarihi: 10/11/2016.
- Url-19 http://waterfootprint.org/mediadownloads/CA_Strategy_Final_Report_Formatted_06.08.2013.pdf/ Erişim tarihi: 22/09/2017.
- Url-20 <http://waterfootprint.org/mediadownloads/Report16Vol1.pdf/> Erişim tarihi: 15/05/2017.
- Url-21 https://www.capetown.gov.za/en/EnvironmentalResourceManagement/Documents/Smart_Office_Toolkit/SOH_pres_Energy_2013-03-04_v2.pptx/ Erişim tarihi: 16/11/2016
- Url-22 <http://www.how-green-is.co.uk/> Erişim tarihi: 10/12/2016.
- Url-23 <http://www.mobdek.8m.net/mdfuretimi.htm> Erişim tarihi: 21/12/2016.
- Url-24 <http://particleboardmanufacturingprocess.blogspot.com.tr/> Erişim tarihi: 30/02/2017.
- Url-25 <http://www.addicted2decorating.com/wp-content/uploads/2014/01/mdf-vs-plywood-view-of-the-edge-of-mdf.jpg/> Erişim tarihi: 15/10/2017.
- Url-26 <http://www.euas.gov.tr/> Erişim tarihi: 08/10/2016.
- Url-27 <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/6752/> Erişim tarihi: 08 /10/ 2016
- Url-28 <http://www.sabah.com.tr/ekonomi/2015/02/06/elektrikte-kayip-kacak-orani-yuzde-13e-dustu/> Erişim tarihi: 08/10/2016.
- Url-29 <http://www.managers-net.com/paretoanalysis.html/> Erişim tarihi: 08/10/2016
- Url-30 http://www.leics.gov.uk/calculating_our_carbon_footprint.pdf/ Erişim tarihi: 30/04/2016.
- Url-31 http://www.ebilge.com/6221/Enerji_ve_guc_birimleri_nelerdir.html/ Erişim tarihi: 20/04/2017.
- Url-32 <http://ramazangenc.com/pareto-analizi-nedir-nasil-yapilir-abc-analizi/> Erişim tarihi: 20/05/2017.

Url-33 <http://www.bilgiustam.com/pareto-analizi-abc-analizi-nedir-nasil-uygulanir/> Erişim tarihi:20/03/2017.

Url-34 http://w3.balikesir.edu.tr/~ocaktan/ist_yl_hafta3.pdf/ Erişim tarihi:30/04/2017.

Url-35 <http://www.ibrahimaksen.com.tr/pareto-analizi-nedir-pareto-analizi-nasil-yapilir/> Erişim tarihi:25/04/2017.

Url-36 https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi159/d159_2133.pdf/ Erişim tarihi:20/07/2016.

Url-37 <http://www.bilgicik.com/wp-content/uploads/2013/12/fosiller4.jpg/> Erişim tarihi: 25/08/2016.

Url-38 <https://paratic.com/petrolun-yerini-alacak-enerji-kaynaklari/> Erişim tarihi:26/04/2017.

Url-39 <http://emhk.itu.edu.tr/gunes-enerjisiyle-calisan-10-harika-cihaz/> Erişim tarihi:30/04/2016.

Url-40 http://www.eie.gov.tr/images/bk_3.PNG/ Erişim tarihi:20/06/2017.

Url-41 <http://apelasyon.com/img/userfiles/images/biyok%C3%BCtle%201.jpg/> Erişim tarihi:30/05/2017.

Url-42 <http://power.gen.tr/images/icerik/wind-field1.jpg/> Erişim tarihi:30/10/2017.

Url-43 http://www.dogalgazprojesi.com/forum_posts.asp?TID=3320/ Erişim tarihi:30/06/2017.

Url-44 https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/50_Kyoto%20Protokol%C3%BC_10_06_2008.pdf Erişim tarihi: 30/07/2017.

Url-45 <http://gaiacarbonmng.com/Sayfa/Sera-Gazlari-ve-kuresel-isinma-%20potansiyeli/105> Erişim tarihi: 30/12/2017.

Url-46 <https://www.dunya.com/kose-yazisi/4-kasimda-yururluge-girecek-paris-anlasmasi-ne-getiriyor/333189> Erişim tarihi: 01/02/2018.

Url-47 <http://www.enerjigunlugu.net/icerik/20413/paris-anlasmasi-bugun-yururluge-giriyor.html> Erişim tarihi: 26/04/2018.

Url-48 <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> Erişim tarihi: 26/04/2018.



EKLER

EK 1. XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki YL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

Enerji Kaynağı	Ekipman	TÜKETİLEN ENERJİ												TOPLAM
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Doğal Gaz (m ³)	Türbin 4	3087 0	92206 3	15972 08	14355 26	151354 7	125636 3	143148 9	144791 0	11721 10	15334 67	15694 93	1705 772	1561581 8
	YI Brülör	0	17335 5	13425 6	52938	31680	18376	11732	29086	11839	96098	29881 3	7502 7	933200
Elektrik (kWs)	Yongalama	1655 83	14258 5	13580 7	90157	108554	80607	104923	104985	85706	95240	15566 3	1368 98	1406708
	Kaba Yonga Depo Tasnif	0	22542 6	16607 3	16524 3	201226	158700	163338	135690	11279 8	20169	15939 1	1626 46	1670700
	İnce Yonga Hazırlama ve Depolama	0	17997 4	65561 0	55218 8	598628	518034	622767	736579	58297 8	92353 5	61135 3	6322 74	6613920
	Kurutma	0	55623 7	98137 6	88140 1	995763	859058	109541 6	105390 1	81662 4	95716 6	95194 2	9837 66	1013265 0
	Kuru Yongalama Taslama İnceltme	0	25892 7	45406 0	44910 4	507826	418978	439403	501514	43298 7	57727 1	58134 6	5394 45	5160861
	Tutkallama	0	15746 6	24538 3	23220 8	264540	267584	230274	180724	20156 4	21483 3	20828 0	2217 84	2424640
	Serme	0	76323	20497 0	19352 4	216972	157420	211048	415961	17700 8	21995 3	21048 5	2226 42	2306306
	Pres	0	95680	43927 6	43917 8	495864	386354	506317	353418	34692 7	27224 9	43744 5	4535 32	4226240
	Zımpara	0	11330 0	22303 1	23027 6	214948	194452	193124	223785	19159 2	21487 9	22679 3	2154 43	2241623
	Ortak Giderler	0	71489	70960	69627	71317	51885	86357	86110	72510	78474	76507	8221 8	817454
	Kompresör	0	10929 4	14477 6	15231 3	146913	133171	142252	155118	12432 0	16106 0	16467 3	1790 64	1612954
	Kızgın Yağ	0	42813	48679	52697	43381	45280	42768	46646	36056	42663	42149	4364 2	486774
	Yangın Hatları	0	1031	1497	2619	2927	3700	3152	3764	1894	2061	2134	2799	27578

EK 1 (devam). XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki YL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

ENERJİ KAYNAĞI	Ekipman	Tüketilen Enerji												Toplam
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Biyokütle (ton)	Ağaç Kabuğu (Kazan)	405	566	990	285	815	609	612	591	532	710	960	1080	8155
	Zımpara Tozu (Kazan)	0	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	792
	Zımpara Tozu (Brulör)	0	604	542	591	568	500	566	616	518	522	610	547	6184
Mazot (L)	Türbin 4 Kızgın Yağ Eşanjörü	0	169995	1987320	1788964	699303	198339	1689148	1797961	6696329	1989987	2032691	4789024	23839061
Kurutma Havaası (kWsa)	Türbin 4 Kurutma Prosesi	0	9567618	7852956	7078291	7349327	6448221	7579281	7865797	5776636	7249298	7379259	9292880	83439564
Kayıp (kWsa)	Kayıplar 1	596133	880985	4405763	6926692	7383450	6194372	4336623	5138133	5001848	5377415	7377415	6457959	60076788
Kızgın Yağ (kWsa)	Kızgın Yağ Kazanı	0	370542	3402562	1204662	210290	510129	452715	321474	300686	1254667	1304611	1706821	11039159
Kayıp (kWsa)	Kayıplar 2	0	2563542	1345242	1023452	1056734	1345632	1135632	2109231	1205313	1023451	1305223	1025094	15138546

EK 2. XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki OYLL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

Doğalgaz (m ³)				ENERJİKAYNAĞI	
OYLL Bürlör	Tübin 3	Tübin 2	Tübin1	EKİPMAN	
0	1681343	1375058	1256292	OCAK	Tüketilen enerji
0	806177	350439	658201	ŞUBAT	
0	1581220	316919	1221811	MART	
0	1544632	1145487	1178507	NİSAN	
0	1402990	1146773	1180586	MAYIS	
43634	1353916	1059842	1069371	HAZİRAN	
0	1488025	1126019	1180944	TEMMUZ	
0	1493047	1130937	1203086	AĞUSTOS	
0	1442201	1135400	1148358	EYLÜL	
6430	1533164	1202391	1222306	EKİM	
35025	1530642	856555	919055	KASIM	
0	1575098	1364078	1311546	ARALIK	
85089	17432455	12209898	13550063	TOPLAM	

EK 2 (devam). XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki OYLL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

ENERJİ KAYNAĞI	EKİPMAN	Tüketilen Enerji												
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Elektrik iç (kWsa)	Yongalayıcı	63591	2207	21616	56987	67117	35967	67116	92505	92965	92485	66620	67663	726839
	YL Yongalayıcı OYLL Payı	-	26204	10955	8307	16656	1203	2246	4745	5215	7063	13000	9675	105269
	Odun Sahası Diğer	87721	65179	77315	93297	51294	91362	78434	59519	61777	72033	98575	111452	947958
	Zımpara	492727	205822	326165	461318	525668	510232	518913	478973	480098	464658	491754	489804	5446132
	Kazan	293226	162136	246668	290845	266889	238058	229029	245272	242511	244635	251620	307253	3018142
	Kompresör 3	91482	21758	77448	63471	9106	444	0	108	883	98070	3420	61504	427694
	Kompresör 4	96413	38967	84786	86506	65090	8145	12422	7762	6419	4297	113894	188564	713265
	Refiner 1	1614864	788416	1560958	1433854	1558934	1528390	1752767	1768975	1638695	2018016	1851644	1876395	19391908
	Tutkal Mut-1	3849	4649	3677	3241	6075	14981	15751	17003	16953	4903	15594	5730	112406
	Kurutucu-1	484645	276265	521750	465894	509616	497856	512256	536947	508954	521288	508764	531441	5875676
	Havali Ayırıcı-1	198135	107873	199623	185067	198249	187502	202980	226092	215205	228363	214866	222202	2386157
	Serme-1	269448	161588	321081	279891	295820	280417	291611	308221	288189	308679	286522	327396	3418863
	Pres-1	584356	295676	467703	608200	486058	588305	676607	506613	524898	554112	591398	455141	6339067
	Pres-1 Sonrası	171502	90431	183094	169417	176353	165301	169306	180072	172657	185155	176405	186990	2026683
	Mekanik Bl-1	222012	468722	505347	467970	561590	319013	346036	410258	337571	358929	222356	63561	4283365
	Refiner 2	1244798	384376	336980	1240240	1248996	1316308	1388736	1516528	1456500	1336490	1366239	1480458	14316649
	Tutkal Mut-2	3925	1893	2869	4407	5837	6764	6691	5830	4710	4356	3918	4398	55598
	Kurutucu-2	476274	143375	129809	458381	450407	480480	487341	492540	454460	454668	490864	500574	5019173
	Havali Ayırıcı-2	185040	53363	43196	133317	162424	157771	166539	150711	145179	147402	144804	154286	1644032
	Serme-2	397152	124583	142007	355881	357979	358882	381066	361469	358023	364696	380328	398826	3980892
Pres-2	250532	73902	150223	282248	285341	280954	296688	295541	288458	277115	284740	293431	3059173	
Pres-2 Sonrası	171402	52665	51379	162406	159044	164864	175484	175450	175542	170642	178176	186508	1823562	

EK 2 (devam). XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki OYLL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

Enerji Kaynağı	Ekipman	Tüketilen Enerji												Toplam
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Elektrik Dış (kWsa)	Elektrik kurumundan alınan (+)	42580	843567	139461	95510	256438	492241	172672	263647	90958	126326	625698	46969	3196067
	Devlete satılan (-)	2386586	636401	1805744	1742733	1420475	1052678	1006931	677097	1032185	1499798	858512	2703668	16822808
	Diğer Tesislere Nakledilen (+)	2995695	2969476	2899899	2994567	1,2E+07	2316670	2423707	2856530	326176	2110694	1782648	1575093	67556378
Buhar (ton)	OYLL Ortak	21920	7845	12779	16837	15181	15962	17099	17992	15699	15807	16035	17317	190473
	Absorbsiyonlu Çiller	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
	Tutkaldan (Kondenzasyon Tank)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6000
Kurutma Havası (kWsa)	Türbin 1 kurutma Prosesi	7625072	2816933	6796926	6853361	5688744	4389612	7338813	6347678	5430998	6703532	6703532	7961225	74656426
	Türbin 2 kurutma Prosesi	6150944	1621511	1568443	5648184	5914146	5609183	6417426	6492107	6082045	7002632	7002632	9025990	68535243
	Türbin 3 kurutma Prosesi	361293	65444	162305	262273	203230	158455	729435	332290	457941	783919	783919	1866401	6166905
Kayıplar (kWsa)	Kayıp 1	6235679	2345689	1234567	2460932	2341234	1224345	2345678	5462343	1245656	3456785	3245676	53770691	85369275

EK 2 (devam). XYZ AŞ.nin 2015 yılındaki OYLL üretimindeki proses başına tüketilen enerji miktarları.

Mazot (L)	Kayıplar (kWh)	Kızgın Yağ (kWh)	Biyokütle (ton)				ENERJİ KAYNAĞI	
			Kazan (Kum lif)	Kazan (Kenar kesme)	Kazan (Zımpara tozu)	Kazan (Ağaç kabuğu)	EKİPMAN	
1839	456549	9100565	450	840	1267	969	OCAK	Tüketilen Enerji
1527	324356	4083816	300	940	2267	974	ŞUBAT	
2903	355678	6714440	288	925	604	989	MART	
2976	256789	9902555	2456	720	628	789	NİSAN	
3144	286798	7339732	234	964	655	946	MAYIS	
2631	423789	7733841	287	293	337	535	HAZİRAN	
2888	134567	8875754	390	790	743	613	TEMMUZ	
2631	34570	8079408	1350	973	828	904	AĞUSTOS	
2062	1244561	5900634	1580	379	990	889	EYLÜL	
2072	135561	9314	124	297	831	890	EKİM	
2316	31532	9764216	268	897	931	965	KASIM	
2376	135070	10300568	267	977	931	892	ARALIK	
29365	3819820	87004843	7964	8995	10972	10275	TOPLAM	

EK 3. XYZ AŞ.nin 2015 yılında OYLL üretiminde üretilmiş olan enerji miktarı.

TOPLAM	ATIK ISI KAZANI 3	ATIK ISI KAZANI 2	ATIK ISI KAZANI 1	BUHAR JENERATÖRÜ 2	BUHAR JENERATÖRÜ 1	ÜRETİLEN ENERJİ AYLAR
22520	9928	3547	1570	2435	5041	OCAK
8445	3894	1294	1165	376	1716	ŞUBAT
13379	7589	615	2431	567	2176	MART
17437	8824	2295	1612	1878	2828	NİSAN
15781	6301	578	2107	1514	5281	MAYIS
16562	6664	606	2232	1637	5424	HAZİRAN
17699	7138	583	2417	2339	5203	TEMMUZ
18992	7133	691	2796	2278	5694	AĞUSTOS
16299	6994	970	1688	2011	4637	EYLÜL
16407	8404	723	539	1608	5133	EKİM
16635	8010	657	1136	1962	4899	KASIM
17917	7876	2140	1182	1755	4965	ARALIK
197673	88775	14699	20874	20389	52966	TOPLAM

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehtap ERDİL
Doğum Yeri	Fatih
Doğum Tarihi	26.08.1989
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	erdilmehtap@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Endüstri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	Marmara Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çevre Mühendisliği
Programı	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet yılı	2017

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı

Makale ve Bildiriler	
<p>Erdil, M., Sennaroğlu, B., Keskin, S., (2017). Evaluation of Energy and Carbon Footprints for Fabric Production in Textile Industry in Turkey: A Case Study, <i>Proceedings Book of 1th International Conference on Energy and Thermal Engineering (ICTE 2017) Conference</i>, pp.481-486, ISBN 978-605-9546-04-1 , 25-28 April 2017, Istanbul, Turkey.</p>	
<p>Erdil, M., Sennaroğlu, B., Keskin, S., (2017). Bir Tekstil Fabrikasının Kumaş Üretiminde Enerji ve Karbon Ayak İzlerinin Belirlenmesi, <i>VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu</i>, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü 1-3 Kasım 2017-Antalya.</p>	

Erdil, M. , Yılğör, N., Güngör, Y., (2017). Evaluation of Carbon Footprint for Wood Based Panel Industry In Turkey, *2nd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship*, May 12-14, *Press Academia*, Volume:5, DOI: 10.17261/*Pressacademia.2017.564* PAP-WCTIE-V.5-2017(2)-p.10-18, Istanbul, Turkey.

Erdil, A. , Erdil, M. (2017). Evaluating the sustainability of production in terms of environmental dimension”, DOI: 10.17261/*Pressacademia.2017.388*, PAP-GBRC-V.3-2017(3)-p.21-30.

Erdil, A., Erdil, M. (2017).” Regarding the quality oriented development and an overview of sustainability of this approach for industrial/service sectors: a case study for supply chain and production system of xb firm”, DOI: 10.17261/*Pressacademia.2017.579* , PAP-WCTIE-V.5-2017(17)-p.111-123.

Erdil, M., Erdil, A (2017) Assessment of quality requirement and importance for textile industry in Turkey”. DOI: 10.17261/*Pressacademia.2017.572*, PAP-WCTIE-V.5-2017(10)-p.58-66.