



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ**

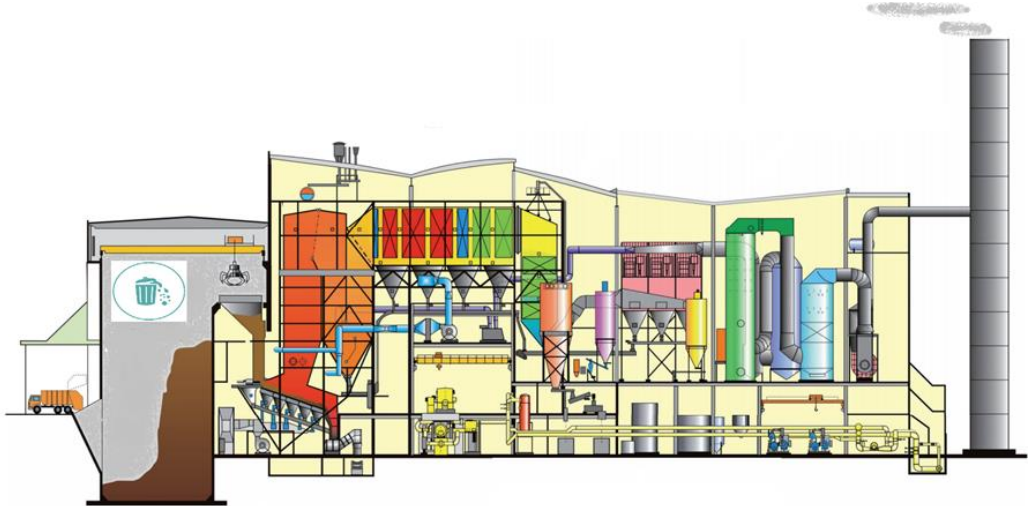
ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

**BATI KARADENİZ BÖLGESİ KATI ATIKLARININ YAKMA TESİSİNDE
BERTARAFI İÇİN ÖN FİZİBİLİTE RAPORUNUN HAZIRLANMASI PROJESİ**

SONUÇ RAPORU

**PROJE NO: 5178801
ÇTÜE 18.08**

PROJE SAHİBİ KURULUŞ: BATI KARADENİZ KALKINMA AJANSI



**HAZİRAN 2018
GEBZE, KOCAELİ**



**BATI KARADENİZ BÖLGESİ KATI ATIKLARININ YAKMA TESİSİNDE
BERTARAFI İÇİN ÖN FİZİBİLİTE RAPORUNUN HAZIRLANMASI PROJESİ**

SONUÇ RAPORU

**PROJE NO: 5178801
ÇTÜE 18.08**

		Dr. Mehmet ÜNSAL Başuzman Araştırmacı		
		Dr. Sönmez DAĞLI Başuzman Araştırmacı		
		Volkan PELİTLİ Proje Yürütücü Yrd.		
01	01.06.2018	Dr. Özgür DOĞAN Proje Yürütücüsü	Doç. Dr. Özgen ERCAN Enstitü Md. Yrd.	Dr. Selma AYAZ Enstitü Md.
Güncel	Tarih	Hazırlayan	Kontrol Eden	Onaylayan

Gebze, KOCAELİ
Haziran, 2018

PROJE ELEMANLARI

Adı Soyadı	Çalıştığı Birim	E-Posta Adresi	Projedeki Sorumluluğu
Dr. Özgür DOĞAN	ÇTÜE	ozgur.dogan@tubitak.gov.tr	Proje Yürütücüsü
Volkan PELİTLİ	ÇTÜE	volkan.pelitli@tubitak.gov.tr	Proje Yürütücü Yrd.
Dr. Sönmez DAĞLI	ÇTÜE	sonmez.dagli@tubitak.gov.tr	Başuzman Araştırmacı
Dr. Mehmet ÜNSAL	EE	mehmet.unsal@tubitak.gov.tr	Başuzman Araştırmacı
Dr. Harun Nezh TÜRKCÜ	ÇTÜE	harun.turkcu@tubitak.gov.tr	Uzman Araştırmacı
Recep KARADEMİR	ÇTÜE	recep.karademir@tubitak.gov.tr	Uzman Teknisyen

DANIŞMANLIK ve HİZMET ALIMI

Doç. Dr. Handan UCUN ÖZEL	Bartın Üniversitesi	handanucun@bartin.edu.tr	Hizmet Alımı (Bartın)
Doç. Dr. Ertuğrul ERDOĞMUŞ	Bartın Üniversitesi	eerdogmus@bartin.edu.tr	Hizmet Alımı (Bartın)
Yrd. Doç. Dr. Sefa KOCABAŞ	Bülent Ecevit Üni.	sefakocabas@gmail.com	Hiz. Alımı (Zonguldak)
Öğr. Gör. Serkan ÖREN	Bülent Ecevit Üni.	Serkan.oren@hotmail.com	Hiz. Alımı (Zonguldak)
Dr. Enes ÖZKÖK	Karabük Üniversitesi	enesozkok@karabuk.edu.tr	Hiz. Alımı (Karabük)
Yrd. Doç Dr. Nesli AYDIN	Karabük Üniversitesi	nesliciplak@karabuk.edu.tr	Hiz. Alımı (Karabük)

628.474 : 628.4.032 (047.3) = 512.161

**BAT
2018**

Batı Karadeniz Bölgesi katı atıklarının yakma tesisinde bertarafı için ön fizibilite raporunun hazırlanması projesi. Proje sonuç raporu. Proje No: 5178801 / Özgür Doğan...(ve diğer.) ; Proje sahibi kuruluş Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı.- Gebze,Kocaeli : TÜBİTAK MAM , 2018.

174 s. : şekiller, tablolar.- 30 cm . - (TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi. Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü. ÇTÜE.18.08)

KONU : 1) Atıklar - Yakılması 2) Katı atık yönetimi 3) Katı atıklar – Eysel – Bertaraf - Yakma 4) Katı atık karakterizasyonu 5) Katı atıklar – Toplama, taşıma ve bertaraf

- Proje kapsamında üretilen her türlü veri, rapor ve benzeri bilgi ve belgenin bütün hakları saklıdır. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansından yazılı izin alınmadan kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, hiç bir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.
- Bu raporlardaki verilere uyulmaksızın üretilen ürünlerden TÜBİTAK MAM sorumlu değildir. Bu rapor kurumdan izin alınmadan reklam amaçlı kullanılamaz.

Yazışma Adresi:

P.K. 21 41470 Gebze KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.tubitak.gov.tr>



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 1 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	1
ŞEKİLLER.....	3
TABLolar.....	5
1. PROJE HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	8
1.1. Projenin Kapsamı.....	8
2. EVSEL KATI ATIK KARAKTERİZASYON ÇALIŞMASI VE MİKTAR BELİRLEME ÇALIŞMASI.....	8
2.1. Zonguldak.....	9
2.1.1. Karakterizasyon Çalışması.....	9
2.1.2. Karakterizasyon Sonuçları.....	14
2.2. Bartın.....	35
2.2.1. Karakterizasyon Çalışması.....	35
2.2.2. Karakterizasyon Sonuçları.....	37
2.3. Karabük.....	48
2.3.1. Karakterizasyon Çalışması.....	49
2.3.2. Karakterizasyon Sonuçları.....	52
3. ATIK TAŞIMA MALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ.....	67
3.1. Metodoloji.....	67
3.2. Kapsam.....	73
3.2.1. Atık Toplama ve Taşıma Sistemi.....	73
3.2.2. Atık Bertaraf Tesisleri.....	73
3.2.3. Atık İşleme Tesisleri.....	74
3.3. Elde Edilen Bulgular.....	74
3.4. Mevcut Durumda Toplama-Taşıma Maliyetleri.....	74
3.5. Aktarma İstasyonları Planlanması Halinde Atık Taşıma Maliyetleri.....	79
3.5.1. Yapılan Kabuller.....	89
4. TESİSE KABUL EDİLEBİLECEK ATIKLARIN ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİNİN VE ENERJİ DEĞERİNİN BELİRLENMESİ.....	92
5. YAKMA TESİSİNİN GİRDİ VE ÇIKTI (BUHAR, ELEKTRİK) MALİYETLERİNİN İRDELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLME POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ.....	116
5.1. Giriş.....	116
5.2. Kuramsal Bilgi.....	116
5.2.1. Yakma.....	116
5.2.2. Evsel Atık Yakma Tesisleri Kütle ve Enerji Analizi.....	118
5.2.3. Kütle Denkliği.....	119
5.2.4. Enerji Denkliği.....	123
5.2.5. Isıl Güce Karşılık Gelen Buhar Gücünün Hesabı.....	125



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 2 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

5.2.6. Baca Gazı Atık Isısı ve Emisyon Yükleri Hesabı.....	127
5.2.7. Buhar Türbininde Üretilecek Üretilecek Elektrik Hesabı.....	130
5.2.8. Kurulu Güç ve Tesis Veriminin Hesaplanması.....	132
5.3. Ön Fizibilite Çalışması.....	133
5.3.1. Yatırım Maliyeti.....	133
5.3.2. İşletme Maliyeti.....	134
5.3.3. Gelirler.....	134
5.4. Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atık Yakma Tesisinin Ön Fizibilitesi.....	135
5.4.1. Enerji Denkliği.....	137
5.4.2. Buhar ve Atık Isı Hesabı.....	138
5.4.3. Emisyon Değerlerinin Hesaplanması.....	139
5.4.4. Türbine Elektrik Enerjisi Hesabı.....	140
5.4.5. Tesis Kurulu Güç Hesabı.....	141
5.5. Evsel Atık Yakma Tesisinin Ön Fizibilitesi.....	141
5.5.1. Batı Karadeniz Evsel Atık Yakma Tesisinin Yatırım Maliyeti.....	143
5.5.2. Batı Karadeniz Evsel Atık Yakma Tesisinin İşletme Maliyeti.....	144
5.5.3. Sabit Maliyetler.....	144
5.5.4. Tesis Gelirleri.....	146
5.5.5. Tesis Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması.....	147
5.6. Batı Karadeniz Atık Yakma Tesisinin Bilgisayar Destekli Benzetimi.....	155
5.7. Sonuç ve Öneriler.....	159
6. ATIKLARIN ATIKTAN TÜRETİLMİŞ YAKIT (ATY) ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ..	162
6.1. Atıkların ATY Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	162
6.2. Atıkların Karışımından Oluşan ATY'nin Özellikleri.....	164
6.3. Hazırlanan ATY'nin CEN/TS 15359 Standardına Göre Değerlendirilmesi.....	165
6.4. Küllerin Değerlendirilmesi.....	165
6.5. Sonuç ve Öneriler.....	167
7. GENEL DEĞERLENDİRME.....	168
KAYNAKLAR.....	171



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 3 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

ŞEKİLLER

Şekil 2-1. Atık yığının boşaltılması ve dört parçaya ayrılması	11
Şekil 2-2. Sabit hacim kabının doldurulması	12
Şekil 2-3. Elektronik kantar ve yanabilir atıkların tartımı	12
Şekil 2-4. Hacimli kartonların ve karton atıkların tartılması	12
Şekil 2-5. Park bahçe atıklarının ve kağıt atıkların tartılması	13
Şekil 2-6. Cam atıkların ve yanmayan atıkların tartılması	13
Şekil 2-7. Mutfak atıklarının ve plastik atıkların tartılması	13
Şekil 2-8. Alaplı-Ereğli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	15
Şekil 2-9. Çaycuma-Gökçebey yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	17
Şekil 2-10. Kilimli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	19
Şekil 2-11. Zonguldak Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	21
Şekil 2-12. Kozlu yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	23
Şekil 2-13. Karaman yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	25
Şekil 2-14. Beycuma yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	27
Şekil 2-15. Elvanpazarcık yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	29
Şekil 2-16. Özel İdare-Köylere ait yaz dönemi atık bileşenleri dağılımı	31
Şekil 2-17. Devrek yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	32
Şekil 2-18. Zonguldak İli Genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	34
Şekil 2-19. Atık karakterizasyonunda kullanılan malzemeler	35
Şekil 2-20. Atık karakterizasyonunda görev yapan personel ve atık yığınlarının boşaltılması ve düzleştirilmesi	36
Şekil 2-21. Sabit hacim kabının doldurulması ve boşaltılması	36
Şekil 2-22. Bileşen kaplarının doldurulması ve atıkların ayrıştırılarak tartılması	37
Şekil 2-23. Bartın Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	39
Şekil 2-24. Amasra ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	41
Şekil 2-25. Kurucaşile ilçesi yaz dönemi atık bileşenleri dağılımı	43
Şekil 2-26. Ulus ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	45
Şekil 2-27. Bartın İli Genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	47
Şekil 2-28. Kullanılan malzemeler	48
Şekil 2-29. Karabük Merkez vahşi depolama alanı	50
Şekil 2-30. Safranbolu vahşi depolama alanı	51
Şekil 2-31. Yenice (solda) ve Eskipazar (sağda) vahşi depolama alanı	51
Şekil 2-32. Eflani (solda) ve Ovacık (sağda) vahşi depolama alanı	51
Şekil 2-33. Karabük Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	53
Şekil 2-34. Safranbolu yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	55



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 4 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Şekil 2-35. Yenice yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	57
Şekil 2-36. Eskipazar yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	59
Şekil 2-37. Ovacık yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı.....	61
Şekil 2-38. Eflani yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	63
Şekil 2-39. Karabük ili geneli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı	65
Şekil 3-1. BAKKA Bölgesi İlleri nüfus dağılımı (Kaynak:TÜİK, 2017)	70
Şekil 3-2. Bölge genelinde çalışma yapılan alanlara ait örnek sayısal harita	73
Şekil 3-3. BAKKA Bölgesinde mevcut durumda atık toplama-taşıma ve bertarafı.....	75
Şekil 3-4. BAKKA Bölgesinde planlama yapılmış atık taşıma durumu (Çaycuma Yakma Tesisini bazlı)	79
Şekil 3-5. Bartın İli toplam maliyet grafikleri.....	85
Şekil 3-6. Karabük İli toplam maliyet grafikleri	86
Şekil 3-7. Zonguldak İli toplam maliyet grafikleri.....	88
Şekil 4-1. Örnek belediye atığı yakma tesisi	93
Şekil 4-2. AB’de 2001-2015 yılları arasındaki atık yönetim trendleri.....	95
Şekil 4-3. 2015 yılı itibariyle AB üyesi ülkelerdeki yakma tesisleri sayısı (adet) ve yıllık bertaraf edilen atık miktarları (milyon ton)	96
Şekil 4-4. 2001-2013 yılları arasında yakılmak üzere ithal ve ihraç edilen karışık belediye atığı miktarları (milyon ton)	97
Şekil 4-5. Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıklara ait örnekleme lokasyonları	100
Şekil 5-1. Yakma tesisi şeması (Saraç, 2015).....	118
Şekil 5-2 Bir evsel atık yakma tesisi kütle denkliği şematik gösterimi	119
Şekil 5-3 Bir evsel atık yakma tesisi enerji denkliği şematik gösterimi	123
Şekil 5-4 (a) Rankie çevrimi akım diyagramı, (b) Sıcaklık-entropi grafiği (Beşergil, 2009).....	130
Şekil 5-5 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması akım şeması.....	156
Şekil 5-6 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması kütle ve enerji denklemleri	157
Şekil 5-7 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması buhar türbinine ait datalar	158



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 5 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

TABLolar

Tablo 2-1. Katı atık düzenli depolama sahasına atık getiren ilçeler, belediyeler ve aktarma istasyonları	9
Tablo 2-2. Katı atık bileşenleri ve içeriği	11
Tablo 2-3. Alaplı ve Ereğli'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi sonuçları (Kandilli aktarma istasyonu)	14
Tablo 2-4. Çaycuma ve Gökçebey'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi (Çaycuma aktarma istasyonu)	16
Tablo 2-5. Kilimli'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi (Karadon aktarma istasyonu)	18
Tablo 2-6. Zonguldak Merkez'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	20
Tablo 2-7. Kozlu'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	22
Tablo 2-8. Karaman'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	24
Tablo 2-9. Beycuma'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	26
Tablo 2-10. Elvanpazarcık'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	28
Tablo 2-11. Özel İdare tarafından köylerden toplanan atık karakterizasyon sonuçları	30
Tablo 2-12. Devrek'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	31
Tablo 2-13. Zonguldak'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	33
Tablo 2-14. Numune alımı gerçekleştirilen noktalar	35
Tablo 2-15. Atık bileşenleri ve içeriği	37
Tablo 2-16. Bartın Merkez yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	38
Tablo 2-17. Amasra yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	40
Tablo 2-18. Kurucaşile ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	42
Tablo 2-19. Ulus ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	44
Tablo 2-20. Bartın İli genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri	46
Tablo 2-21. Kullanılan kompozisyon tablosu	49
Tablo 2-22. Karabük Merkez'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	52
Tablo 2-23. Safranbolu'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	54
Tablo 2-24. Yenice'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	56
Tablo 2-25. Eskipazar'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	58
Tablo 2-26. Ovacık'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	60
Tablo 2-27. Eflani'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi	62
Tablo 2-28. Karabük İli için değerler (Nüfusa Göre Ağırlıklı Ortalama)	64
Tablo 2-29. Numunelerin ortalama su içerikleri	66
Tablo 3-1. Anket gönderilen BAKKA Belediyeleri	69
Tablo 3-2. Bartın İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri	76
Tablo 3-3. Karabük İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri	77
Tablo 3-4. Zonguldak İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri	78



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 6 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 3-5. Bartın İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri	81
Tablo 3-6. Karabük İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri	82
Tablo 3-7. Zonguldak İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri	83
Tablo 4-1. 2004-2014 yılları arasında çeşitli ülkelere ait belediye ve benzeri atık yakma miktarları (ton)	94
Tablo 4-2. Avrupa'da inşa edilen ilk atık yakma tesisleri	96
Tablo 4-3. Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan atıklara ait bilgiler	98
Tablo 4-4. Atıklarda enerji değerlerinin belirlenmesi için kullanılan referans metotlar	102
Tablo 4-5. Arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan katı örnekler için enerji değerlerinin belirlenmesine ait analiz sonuçları	102
Tablo 4-6. Endüstriyel tesislerden alınan sıvı örnekler için enerji değerlerinin belirlenmesine ait analiz sonuçları	106
Tablo 4-7. Arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan örnekler için çevresel özelliklerin belirlenmesine ait analiz sonuçları	108
Tablo 4-8. Belediye atıkları için enerji değerlerinin belirlenmesine ait analiz sonuçları	110
Tablo 4-9. Belediye atıkları için çevresel özelliklerin belirlenmesine ait analiz sonuçları	115
Tablo 5-1. Fırındaki ısı akışına karşılık % ışımayla ısı kaybı (Saraç, 2015)	124
Tablo 5-2. AÇA tarafından belirlenen katı atık yakma sistemleri emisyon faktörleri	128
Tablo 5-3. Tesis yatırım maliyet kalemlerinin tesis yatırım maliyetine oranları	133
Tablo 5-4. Değişken maliyetler	134
Tablo 5-5. Sabit maliyetler	134
Tablo 5-6. Atık karakteristiği	135
Tablo 5-7. Kütle denkligi için elde edilen değerler	136
Tablo 5-8. Yanmada oluşan parametre değerleri	136
Tablo 5-9. Kütle denkligi	137
Tablo 5-10. Enerji denkligi için hesaplanan parametreler	137
Tablo 5-11. Enerji denkligi	138
Tablo 5-12. Buhara aktarılacak ısı ve diğer hesaplamalar	138
Tablo 5-13. Bileşen kirletici bazında kütledebiler	139
Tablo 5-14. Bileşen kirletici bazında yoğunluklar	140
Tablo 5-15. Türbinin elektrik üretimine dair parametrelerin sonuçları	140
Tablo 5-16. Tesis yıllık elektrik üretimi hesap sonuçları	141
Tablo 5-17. Batı Karadeniz Bölgesi gelecek 30 yıllık atık öngörüsü ve bu öngörüye dayalı üretilecek enerji miktarı	142
Tablo 5-18. Birim yatırım bedeli ve tesis yatırım maliyeti	143
Tablo 5-19. Yatırım bedeli ödeme	144
Tablo 5-20. Yatırım maliyet kalemleri	144
Tablo 5-21. Tesis işletme birim maliyetleri ve işletme kalem maliyetleri	144



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 7 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-22. Tesisin finansmanı	144
Tablo 5-23. Tesis amortisman tablosu	145
Tablo 5-24. Kül gerikazanım geliri	146
Tablo 5-25. Karbon kredisi geliri	146
Tablo 5-26. Atık ısı geliri	146
Tablo 5-27. Senaryo 1'e göre gelir-gider tablosu	148
Tablo 5-28. Senaryo 2'ye göre gelir-gider tablosu	149
Tablo 5-29. Senaryo 3'e göre gelir-gider tablosu	150
Tablo 5-30. Senaryo 4'e göre gelir-gider tablosu	151
Tablo 5-31. Senaryo 5'e göre gelir-gider tablosu	152
Tablo 5-32. Senaryo 6'ya göre gelir-gider tablosu	153
Tablo 6-1. ATY hazırlama tesislerinde hazırlanacak yakıtın özellikleri	162
Tablo 6-2. ATY olabilecek atıkların listesi	163
Tablo 6-3. ATY tesislerinde atık türlerine göre olması gereken ekipman listesi	163
Tablo 6-4. Atıkların ATY olma özelliği açısından incelenmesi ve analiz sonuçları	164
Tablo 6-5. Atık karışımlarından elde edilecek ATY'nin özellikleri	165
Tablo 6-6. ATY-Karışım'ın CEN/TS 15359 standardına göre sınıflandırılması	165



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 8 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

1. PROJE HAKKINDA GENEL BİLGİ

Proje ile Zonguldak, Bartın ve Karabük illerinde oluşan katı atıkların bertarafının sağlanması için kurulması planlanan yakma tesisinin ön fizibilite raporunun hazırlanması amaçlanmaktadır. Raporla, İş Paketi 1 kapsamında Zonguldak, Bartın ve Karabük illerine ait belediye atıkları karakterizasyon ve miktar belirleme çalışması, İş paketi 2 kapsamında atık taşıma maliyetlerinin belirlenmesi çalışmalarına ait sonuçlara yer verilmektedir. İş Paketi 3 kapsamında tesise kabul edilmesi muhtemel atıkların çevresel ve enerji değeri açısından özelliklerinin belirlenmesi

1.1. Projenin Kapsamı

Bu çalışma kapsamında;

- Zonguldak, Bartın ve Karabük illerine ait evsel katı atık karakterizasyon çalışmasının yapılması (18 ilçede)
- Tüm ilçelerde normal sezon ve yoğun sezon katı atık oluşum miktarlarının tespit edilmesi
- Tesis yerinin dikkate alınarak taşıma mesafelerin belirlenmesi, taşıma maliyetlerinin hesaplanması, aktarma istasyonu ihtiyacının irdelenmesi ve yerlerinin belirlenmesi
- Tesise kabul edilen katı atıkların (evsel ve endüstriyel) miktar ve kalorifik değerlerinin belirlenmesi
- Kurulması planlanan yakma tesisinin girdi ve çıktı (buhar, elektrik) maliyetlerinin irdelenmesi ve değerlendirilme potansiyelinin belirlenmesi
- Tesise beslenecek atıkların standardizasyonun sağlanması için ATY olma özelliklerinin incelenmesi

çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. EVSEL KATI ATIK KARAKTERİZASYON ÇALIŞMASI VE MİKTAR BELİRLEME ÇALIŞMASI

Katı atıkların uygun şekilde işlenmesi ve bertaraf edilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerin uygulanabilirliği için katı atık karakterizasyonun yapılması gerekmektedir. Katı atıkların karakterizasyonu ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılıklar oluşturduğu gibi aynı ülke içinde kentsel, kırsal yada sanayi bölgelerine göre de büyük farklılıklar göstermektedir. Katı atık karakterizasyonu ile katı atıkların içerik ve miktarlarına göre uygun işleme yönteminin tayin edilmesi, oluşturulacak toplama, ayıklama sisteminin kurulması, düzenli depolama sahalarının ömrünün uzatılması ve iyileştirilmesi çalışmalarına kaynak oluşturulmaktadır.

Katı atıkların en uygun teknoloji ile bertaraf edilmesi ve katı atık yönetim sistemi oluşturulmasında, evsel atığın miktarının, niteliğinin ve zamansal değişiminin belirlenmesi kilit rol oynamaktadır. Katı atık



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 9 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

karakterizasyonu; katı atık yönetim sistemi kurulacak bölgede atık miktarının ve niteliğinin belirlenmesinin esasıdır. Evsel katı atıkların içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem 'Katı Atık Karakterizasyonu' ile maddesel grup analizleridir. Bu raporda, Zonguldak, Bartın ve Karabük illerinin kış ve yaz dönemine ait kentsel katı atık karakterizasyonunu çalışmaları tamamlanmış ve raporlanmıştır.

2.1. Zonguldak

2.1.1. Karakterizasyon Çalışması

2.1.1.1. Belediye Atığı Yönetimi Mevcut Durumu

Ülkemizde katı atıkların toplanması, taşınması bertarafı ve geri kazanılmasına ilişkin yükümlülükler, 5393 sayılı Belediyeler Kanunu ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu ile Belediyeler ve Büyükşehir Belediyelerine verilmiştir.

2872 sayılı Çevre Kanunu ve 5393 sayılı Belediyeler Kanunu'nun gerekliliği olarak Zonguldak Belediyesi ve ilçe Belediyeleri katı atıkların toplanması, taşınması, depolanması, geri kazanılması ve bertarafı işini ZONÇEB (Zonguldak Özel İdare ve Belediyeler Çevre Altyapı Temel Hizmetler Birliği)'i kurarak gerçekleştirmektedir. Ayrıca merkez ve ilçe belediyeleri kendi araçlarıyla atıklarını ilçelerde bulunan aktarma istasyonlarına ve/veya Merkez ilçe Sofular Köyü tombaklar mevkiinde bulunan Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarına transferini gerçekleştirmektedir. Katı atık düzenli depolama sahasına atık getiren belediyeler ve aktarma istasyonları Tablo 2-1'de verilmiştir.

Tablo 2-1. Katı atık düzenli depolama sahasına atık getiren ilçeler, belediyeler ve aktarma istasyonları

İLÇELER	Aktarma İstasyonu	Bertaraf Tesisi
ALAPLI /Kandilli, Gülüç, Ormanlı	Kandilli	Sapça, Zonguldak Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi
EREĞLİ/Gümeli		
ÇAYCUMA / Nebioğlu,Karapınar, Perşembe, Saltukova, Filyos	Çaycuma	
GÖKÇEBEY/Bakacakkadı		
DEVREK /Çaydeğirmeni	Devrek	
KİLİMLİ	Karadon	
MERKEZ	-	
KOZLU	-	
ÖZEL İDARE / Karaman, Beycuma, Elvanpazarcık	-	

Katı atık düzenli depolama sahasına Zonguldak Merkez, Kozlu, Kilimli, Çatalağzı, Beycuma, Elvanpazarcık, Gelik, Muslu, Çaycuma, Alaplı, Devrek, Kdz. Ereğli, Gökçebey, Karaman, Gümeli, Filyos, Karapınar, Nebioğlu, Perşembe, Saltukova, Çaydeğirmeni, Kandilli, Gülüç, Bakacakkadı,



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 10 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Ormanlı Belediyelerinin atıkları ve Zonguldak İl Özel İdaresi tarafından köylerden toplanan atıklar getirilmektedir. ZONÇEB'e ait katı atık düzenli depolama sahasına, Devrek transfer istasyonu, Karadon transfer istasyonu, Kdz. Ereğli transfer istasyonu ve Çaycuma transfer istasyonunda toplanan atıklar getirilmektedir. Zonguldak Merkez ve Kozlu ilçesi doğrudan sahaya transfer sağlamaktadır.

2.1.1.2. Yöntem

Katı atık karakterizasyon çalışmasında Zonguldak ilinde oluşan belediye atıklarından temsil edici bir numune alabilmek için ilin farklı noktalarından toplanan atıklar karakterizasyon çalışması yapılacak alana getirilmiştir. Katı atık karakterizasyon kitapçığında da belirtildiği gibi atıkların hem hafta içi hem de hafta sonunu temsil etmesi için pazartesi ve salı günü oluşan atıklar olmasına özen gösterilmiştir. Çalışmalar yaz dönemi için Ağustos 2017, kış dönemi için ise Şubat 2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Zonguldak İlinde oluşan evsel katı atıkların tamamı ZONÇEB'e ait Sapça mevkiindeki katı atık düzenli depolama sahasında toplanmaktadır. Atık kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla çalışmaların tamamı bütün atıkların nihai bertaraf alanı olan katı atık düzenli depolama sahasında gerçekleştirilmiştir. Düzenli depolama sahası yetkilileri ile görüşülerek sahaya giren araçların hangi ilçeden geldiği bilgileri alınmış ve ardından örnekleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Belediyeler, belediye atıklarının bertarafı için en uygun teknolojilerden yararlanmak zorundadırlar. Belediye atıklarının karakterizasyonunun bilinmesi bertaraf yöntemlerinin belirlenmesinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Zonguldak ili ve ilçelerinde atık karakterizasyonu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan "Katı Atık Karakterizasyon Kitapçığı" dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Kitapçıkta belirtilen malzeme listesinin tedariki çalışmanın ilk adımını teşkil etmektedir. Karakterizasyon çalışmasının ikinci aşamasını ise ASTM 2003 standardındaki kurallar oluşturmaktadır. Bu çerçevede karakterizasyon için çalıştırılacak personel için her türlü güvenlik tedbirleri alınmış ve ekipmanların personele eğitimi verilerek kullanılması sağlanmıştır.

Karakterizasyon çalışması alanına transfer araçları ile getirilen atıklar 5mx10 m ebadındaki plastik örtünün üzerine 4 ayrı yığın oluşturacak şekilde boşaltılmıştır. Plastik örtünün üzerinde oluşturulan 4 ayrı yığının her birinden eşit miktarda olacak şekilde 1mx1mx0,5m ölçülerindeki altı ve üstü açık 2 adet sabit hacim kabını tamamen dolduracak şekilde doldurulmuştur ve bu sayede temsil edici bir numune elde edilmiştir. Doldurulan sabit hacim kapları yanlarındaki kulplarından çekilerek kalan kısımlarda madde grup analizi gerçekleştirilmiştir. Katı atık karakterizasyonunun belirlenmesinde kitapçıkta belirtildiği üzere 16 bileşen altında incelenme gerçekleştirilmiştir (Tablo 2-2).

Tablo 2-2. Katı atık bileşenleri ve içeriği

1	Mutfak atıkları	Yemek artıkları, ekmek, sebze, meyve
2	Kâğıt	Gazete, dergi, defter
3	Karton	Süt kutusu, meyve suyu kutusu, tetrapak
4	Hacimli karton	Karton kutular
5	Plastik	Tüm plastik
6	Cam	Cam şişe, cam bardak, kavonoz
7	Metal	Teneke kutu, çatal, bıçak
8	Hacimli metal	Metal dolap, masa vs.
9	AEEE	Telefon, radyo
10	Tehlikeli atık	Pil, boya kutusu, deterjan kutusu, ilaç kutuları
11	Park ve bahçe atıkları	Dal, ağaç parçası, çim vs.
12	Diğer yanmayanlar	Taş, kum, toz, seramik
13	Diğer yanabilirler	Kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta
14	Diğer yanabilir hacimli	Mobilya, tahtadan yapılmış malzemeler vs.
15	Diğer yanmayan hacimli	-
16	Diğerleri	-

Katı atık karakterizasyon çalışması çerçevesinde her bir atık ayrı ayrı incelenmiş, her bir atık için hazırlanmış plastik kaplara konmuş ve tartımları gerçekleştirilmiştir. Tartım öncesi terazi doğrulaması gerçekleştirilmiştir.

Maddesel Gruplandırma Çalışması

Tüm ilçelere ait karakterizasyon işlemleri Tablo 2-1.'de verilen ilçe ve aktarma istasyonlarına göre gerçekleştirilmiştir. Maddesel gruplandırma çalışmasında her bileşen için aşağıdaki işlem adımları takip edilmiştir.

1. Her numune bir yığın halinde sahaya boşaltılmış, iş makinası, kürek ve tırmıkla dört parçaya ayrılmıştır (Şekil 2-1).

**Şekil 2-1. Atık yığınının boşaltılması ve dört parçaya ayrılması**



Şekil 2-2. Sabit hacim kabının doldurulması

2. Atık yığınının farklı noktalarından alınan atık numuneleri ile sabit hacim kabı doldurulmuştur (Şekil 2-2).
3. Sabit hacim kabının kaldırılarak boşaltılmasından sonra örtü üzerinde kalan kısım üzerinde madde grup analizi yapılmıştır. Gruplandırma Tablo 2-2'ye göre gerçekleştirilmiştir.
4. İncelenen yığın içinden büyük hacimli atıklara öncelik verilip mutfak atıkları sona bırakılarak ilgili bileşenler kaplara konulmuş ve tartılmıştır. Terazilerle doğrulamaları yapılmıştır. Bileşen kaplarının daraları alınarak, tüm tartımlar not edilmiştir. Tartım işlemlerine ait görüntüler Şekil 2-3 ile Şekil 2-7 arasında verilmektedir.



Şekil 2-3. Elektronik kantar ve yanabilir atıkların tartımı



Şekil 2-4. Hacimli kartonların ve karton atıkların tartılması



Şekil 2-5. Park bahçe atıklarının ve kağıt atıkların tartılması



Şekil 2-6. Cam atıkların ve yanmayan atıkların tartılması



Şekil 2-7. Mutfak atıklarının ve plastik atıkların tartılması

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 14 / 173

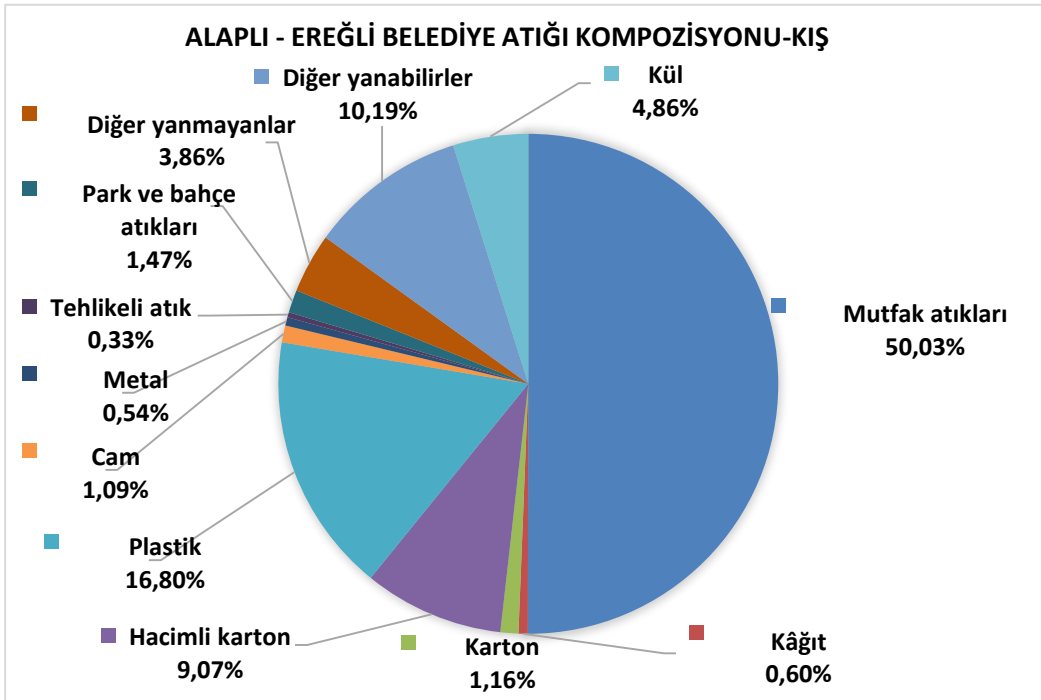
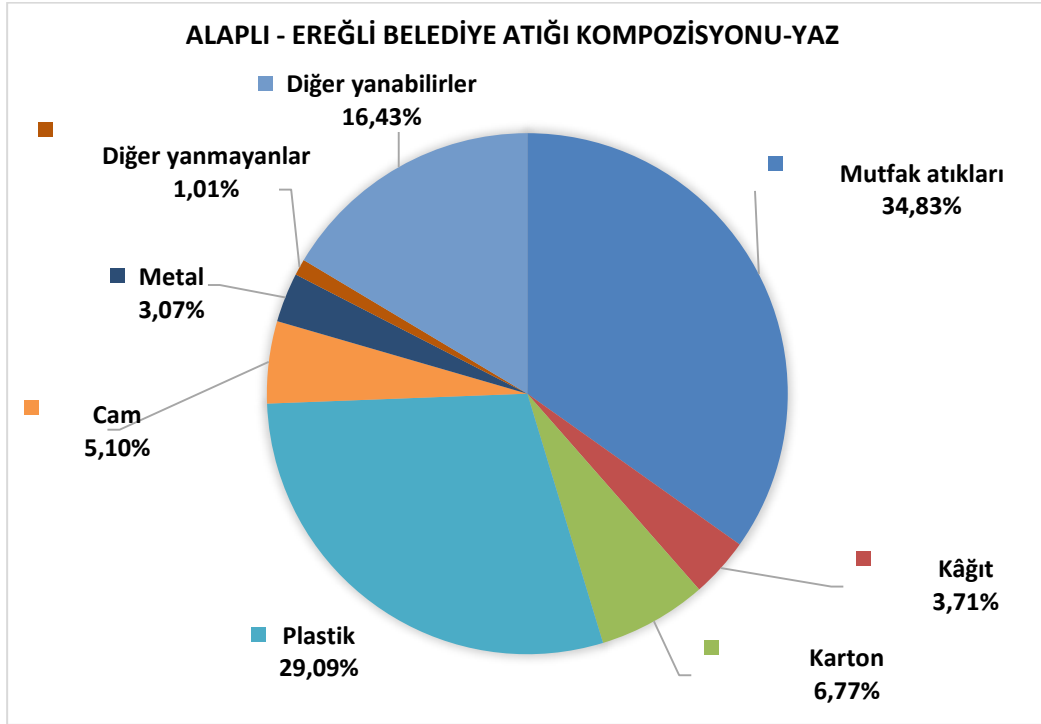
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2. Karakterizasyon Sonuçları**2.1.2.1. Alaplı ve Ereğli İlçeleri Atık Karakterizasyon Sonuçları**

Alaplı ve Ereğli ilçe merkezlerinden toplanan atıklar Kandilli'de mevcut aktarma istasyonuna transfer edilmekte ve ardından düzenli depolama sahasına getirilmektedir. Kandilli, Gülüç, Ormanlı ve Gümeli belde belediyeleri atıkları da aynı istasyona transfer edilmektedir. Yaz ve kış dönemi için gerçekleştirilen karakterizasyon çalışması sonuçları Tablo 2-3'de verilmiştir.

Tablo 2-3. Alaplı ve Ereğli'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi sonuçları (Kandilli aktarma istasyonu)

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	34,83	50,03
Kâğıt	3,71	0,60
Karton	6,77	1,16
Hacimli karton	-	9,07
Plastik	29,09	16,80
Cam	5,10	1,09
Metal	3,07	0,54
Hacimli metal	-	-
AEEE	-	-
Tehlikeli atık	-	0,33
Park ve bahçe atıkları	-	1,47
Diğer yanmayanlar	1,01	3,86
Diğer yanabilirler	16,43	10,19
Diğer yanabilir hacimli	-	-
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	-
Kül	-	4,86
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-8. Alaplı-Ereğli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 16 / 173

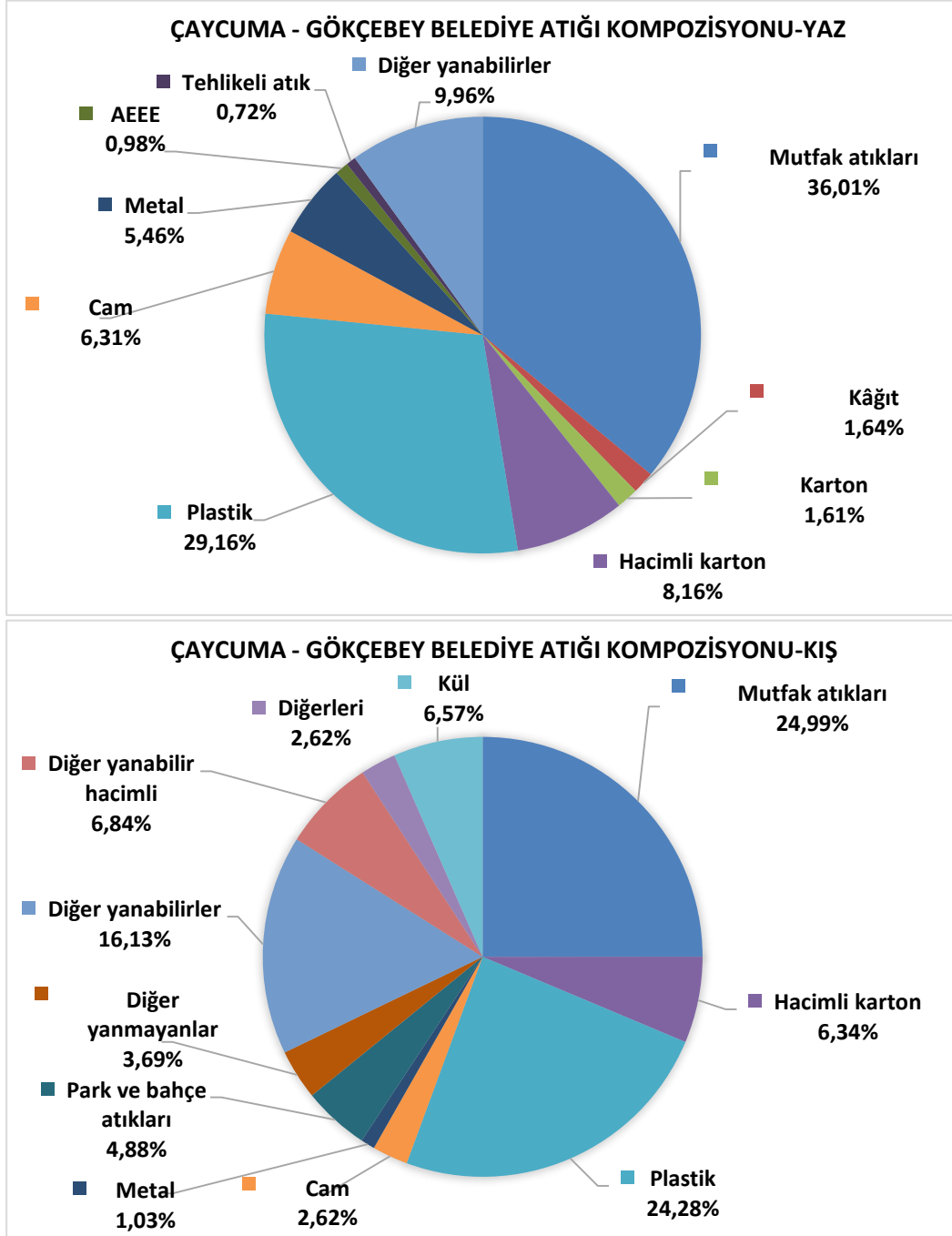
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.2. Çaycuma ve Gökçebey İlçeleri Atık Karakterizasyon Sonuçları

Çaycuma ve Gökçebey İlçeleri ile Nebioğlu, Karapınar, Perşembe, Saltukova, Filyos ve Bakacaklı Belediyelerine ait katı atıklar Çaycuma aktarma istasyonuna transfer edilmektedir.

Tablo 2-4. Çaycuma ve Gökçebey'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi (Çaycuma aktarma istasyonu)

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	36,01	24,99
Kâğıt	1,64	-
Karton	1,61	-
Hacimli karton	8,16	6,34
Plastik	29,16	24,28
Cam	6,31	2,62
Metal	5,46	1,03
Hacimli metal	-	-
AEEE	0,98	-
Tehlikeli atık	0,72	-
Park ve bahçe atıkları	-	4,88
Diğer yanmayanlar	-	3,69
Diğer yanabilirler	9,96	16,13
Diğer yanabilir hacimli	-	6,84
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	2,62
Kül	-	6,57
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-9. Çaycuma-Gökçebey yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 18 / 173

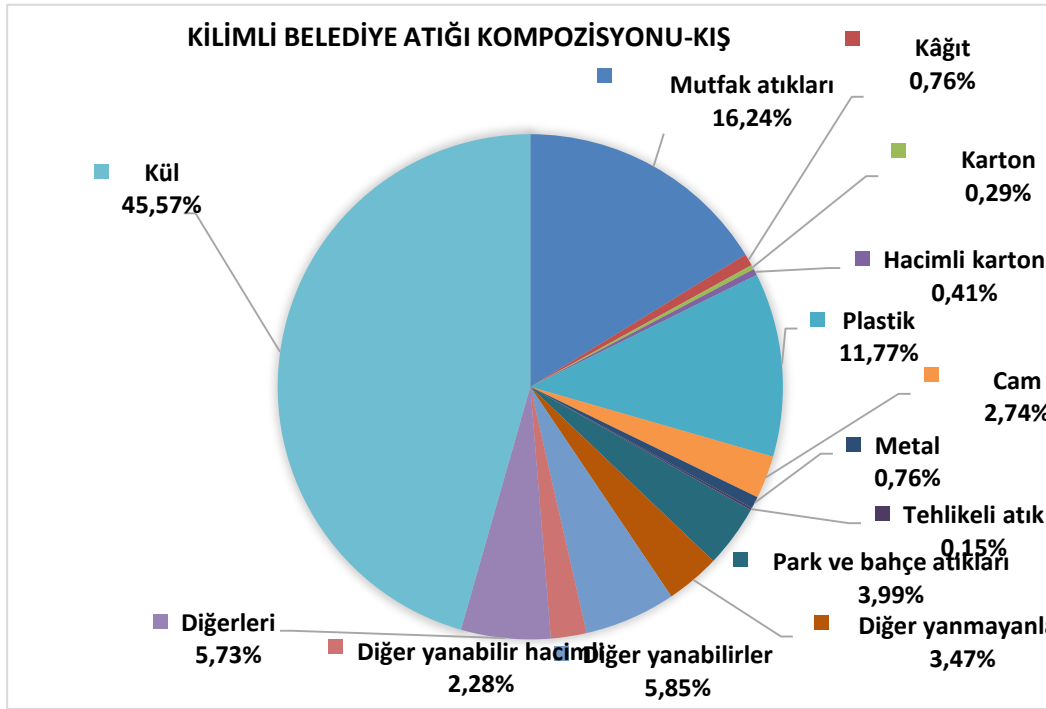
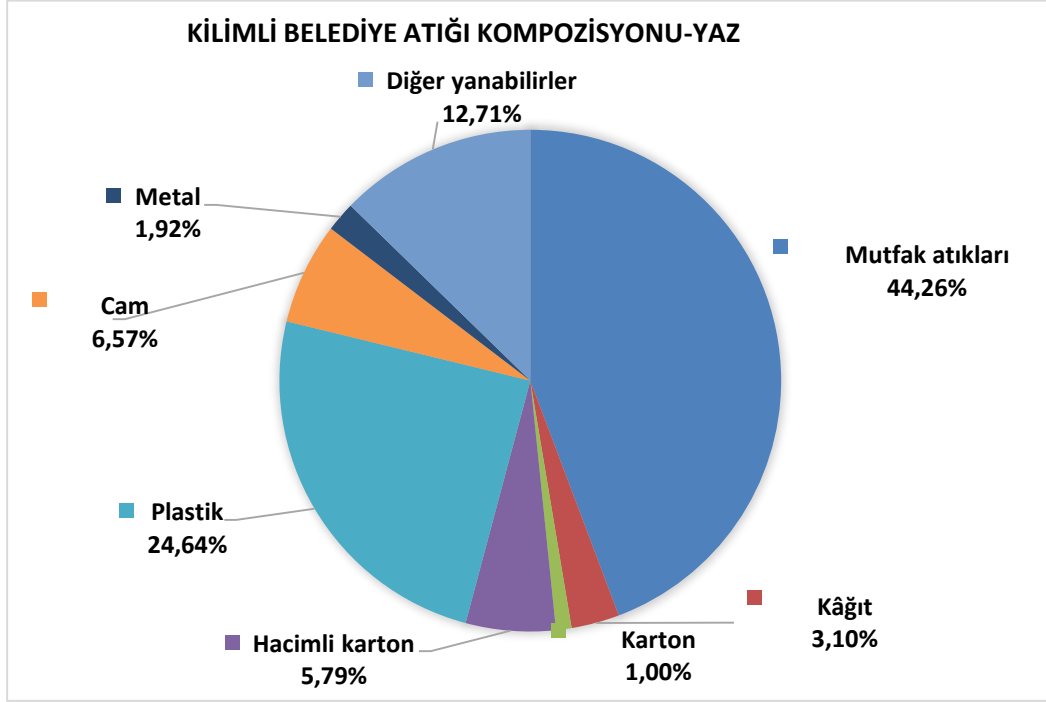
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.3. Kilimli İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Karadon aktarma istasyonuna Kilimli ilçesi ile Çatalağzı, Gelik ve Muslu Belediyelerine ait katı atıklar transfer edilmektedir.

Tablo 2-5. Kilimli'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi (Karadon aktarma istasyonu)

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ,%	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	44,26	16,24
Kâğıt	3,10	0,76
Karton	1,00	0,29
Hacimli karton	5,79	0,41
Plastik	24,64	11,77
Cam	6,57	2,74
Metal	1,92	0,76
Hacimli metal	-	-
AEEE	-	-
Tehlikeli atık	-	0,15
Park ve bahçe atıkları	-	3,99
Diğer yanmayanlar	-	3,47
Diğer yanabilirler	12,71	5,85
Diğer yanabilir hacimli	-	2,28
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	5,73
Kül	-	45,58
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-10. Kilimli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 20 / 173

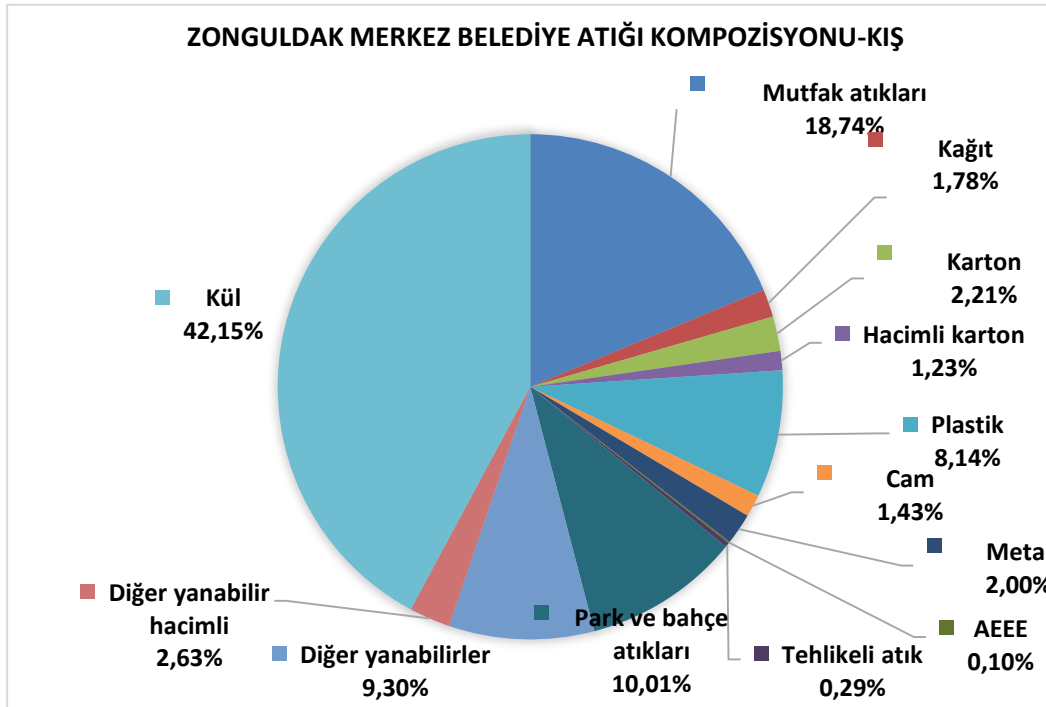
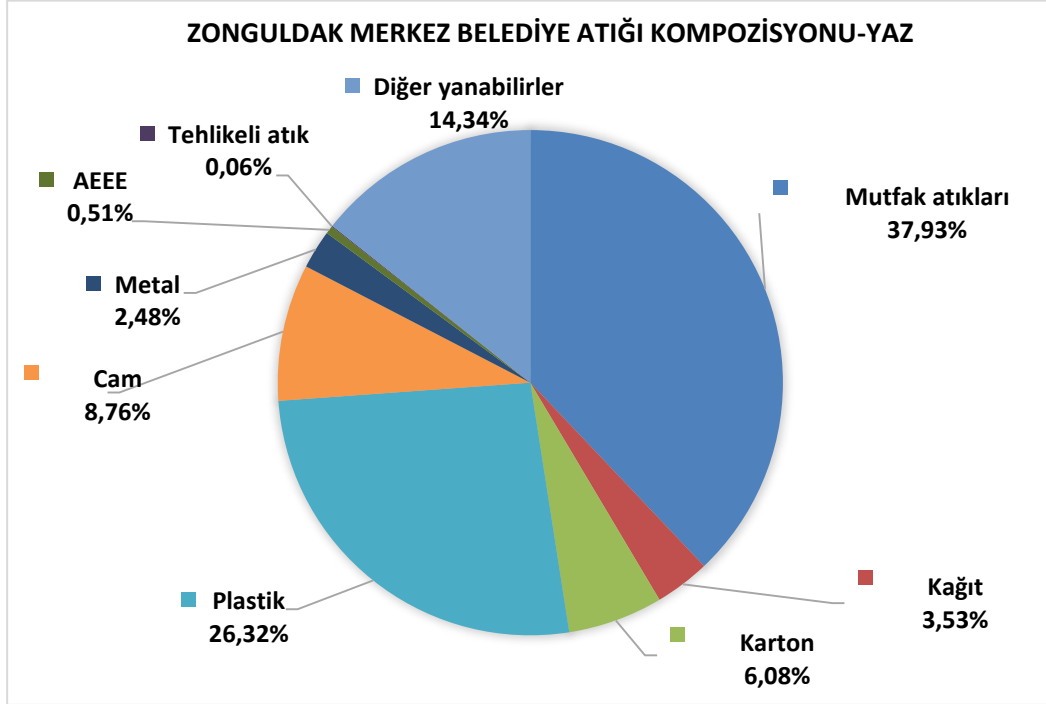
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.4. Merkez İlçe Atık Karakterizasyon Sonuçları

Merkez İlçe atıklarını doğrudan düzenli depolama sahasına transfer etmektedir.

Tablo 2-6. Zonguldak Merkez'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	37,93	18,74
Kâğıt	3,53	1,78
Karton	6,08	2,21
Hacimli karton	-	1,23
Plastik	26,32	8,14
Cam	8,76	1,43
Metal	2,48	2
Hacimli metal	-	-
AEEE	0,51	0,1
Tehlikeli atık	0,06	0,29
Park ve bahçe atıkları	-	10,01
Diğer yanmayanlar	-	-
Diğer yanabilirler	14,34	9,3
Diğer yanabilir hacimli	-	2,63
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	-
Kül	-	42,16
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-11. Zonguldak Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 22 / 173

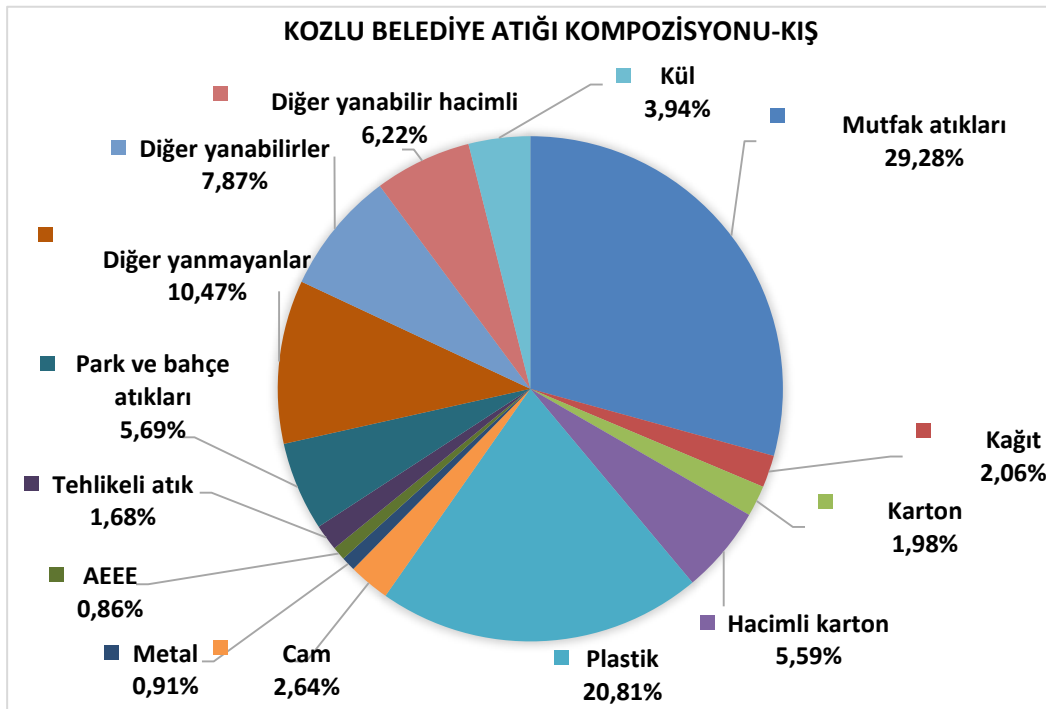
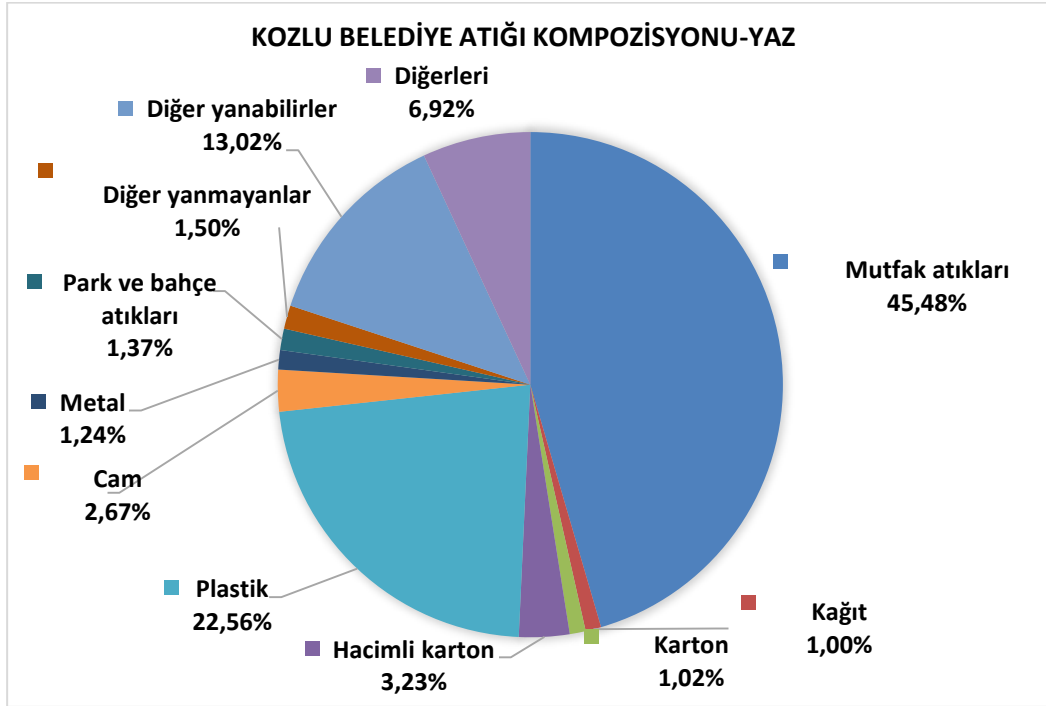
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.5. Kozlu İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Kozlu İlçesi atıklarını doğrudan düzenli depolama sahasına transfer etmektedir

Tablo 2-7. Kozlu'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	45,49	29,28
Kâğıt	1,00	2,06
Karton	1,02	1,98
Hacimli karton	3,23	5,59
Plastik	22,56	20,81
Cam	2,67	2,64
Metal	1,24	0,91
Hacimli metal	-	-
AEEE	-	0,86
Tehlikeli atık	-	1,68
Park ve bahçe atıkları	1,37	5,69
Diğer yanmayanlar	1,50	10,47
Diğer yanabilirler	13,02	7,87
Diğer yanabilir hacimli	-	6,22
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	6,92	-
Kül	-	3,94
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-12. Kozlu yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 24 / 173

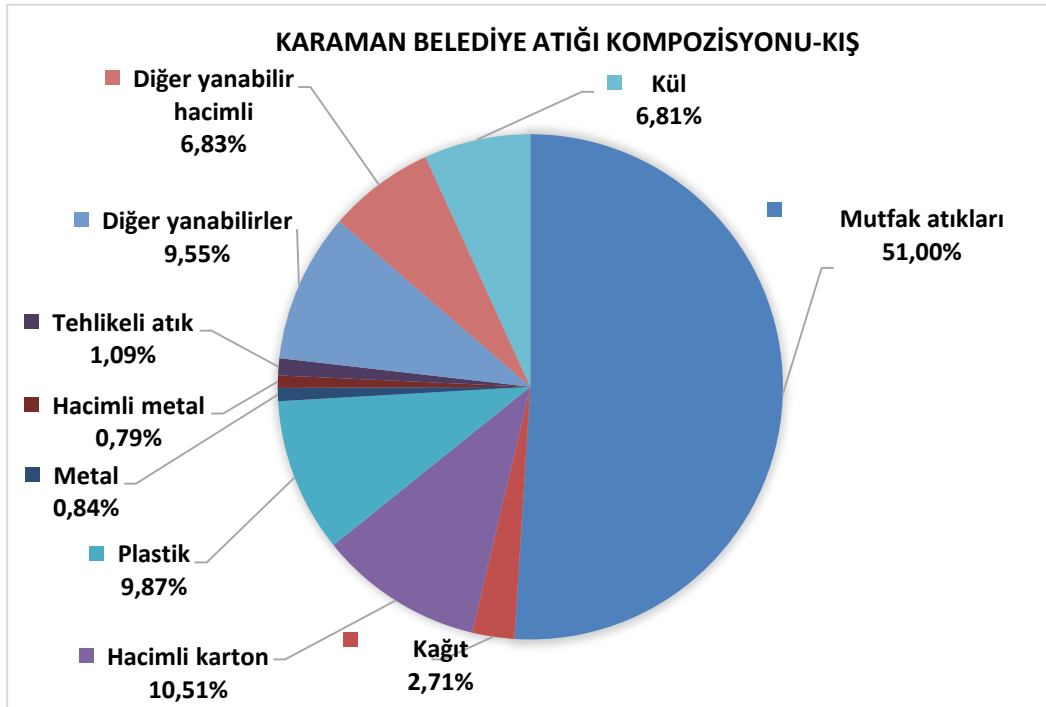
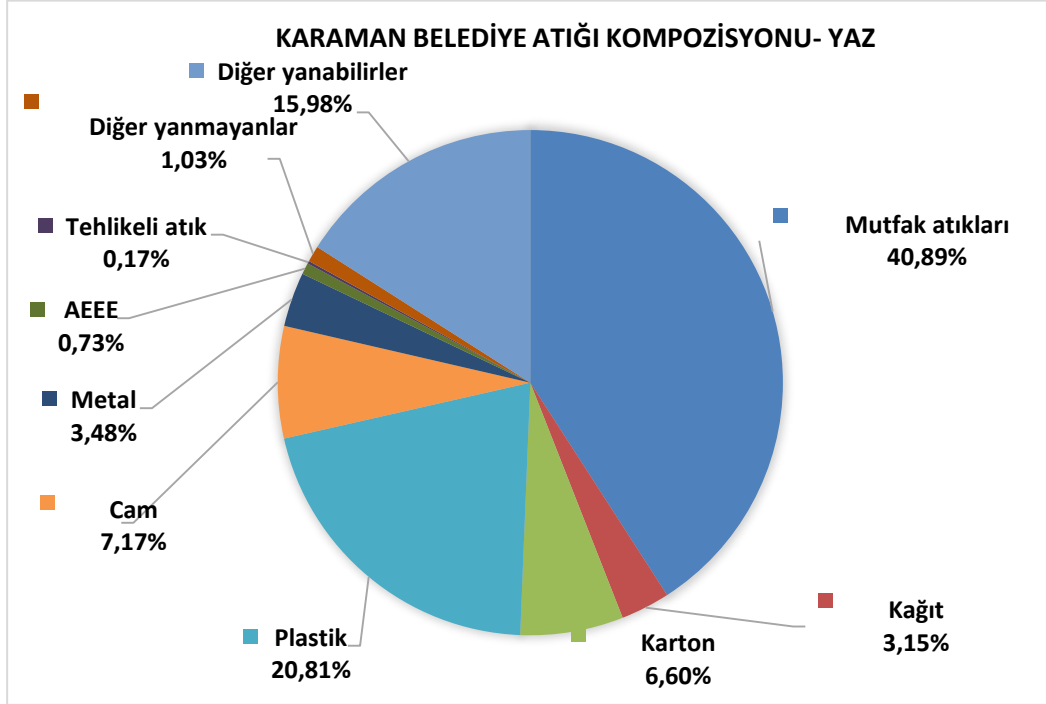
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.6. Karaman Belediyesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Karaman Belediyesine ait sonuçlar Tablo 2-8.'de verilmiştir.

Tablo 2-8. Karaman'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	40,90	51,00
Kâğıt	3,15	2,71
Karton	6,60	-
Hacimli karton	-	10,51
Plastik	20,81	9,87
Cam	7,17	-
Metal	3,48	0,84
Hacimli metal	-	0,79
AEEE	0,73	-
Tehlikeli atık	0,17	1,09
Park ve bahçe atıkları	-	-
Diğer yanmayanlar	1,03	-
Diğer yanabilirler	15,98	9,55
Diğer yanabilir hacimli	-	6,83
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	-
Kül	-	6,81
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-13. Karaman yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 26 / 173

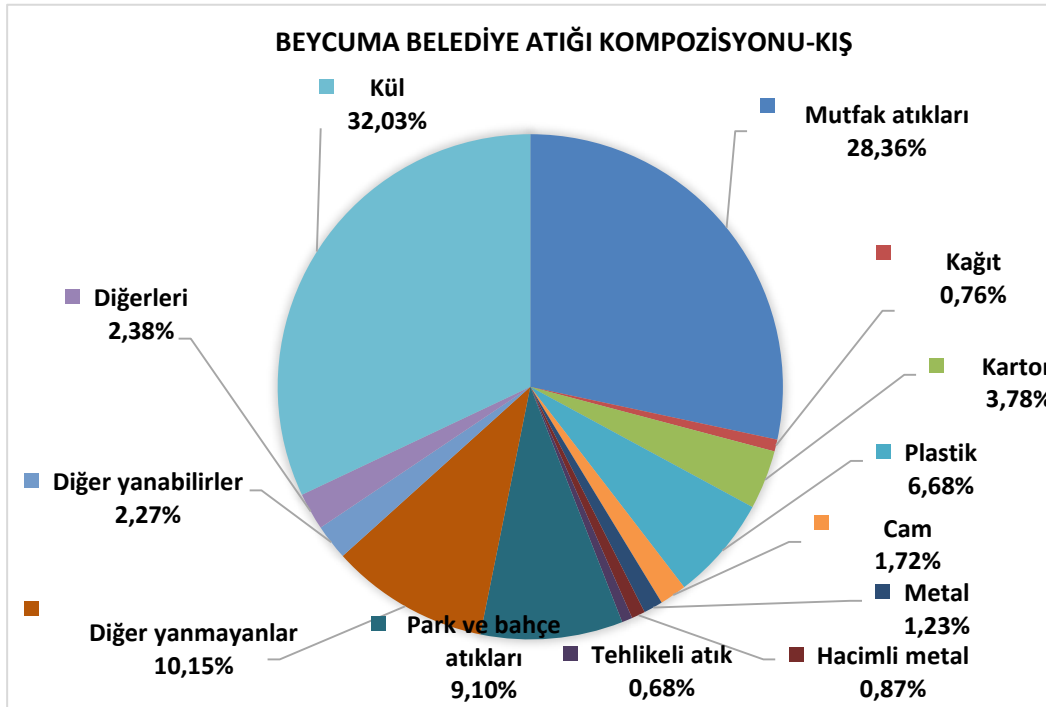
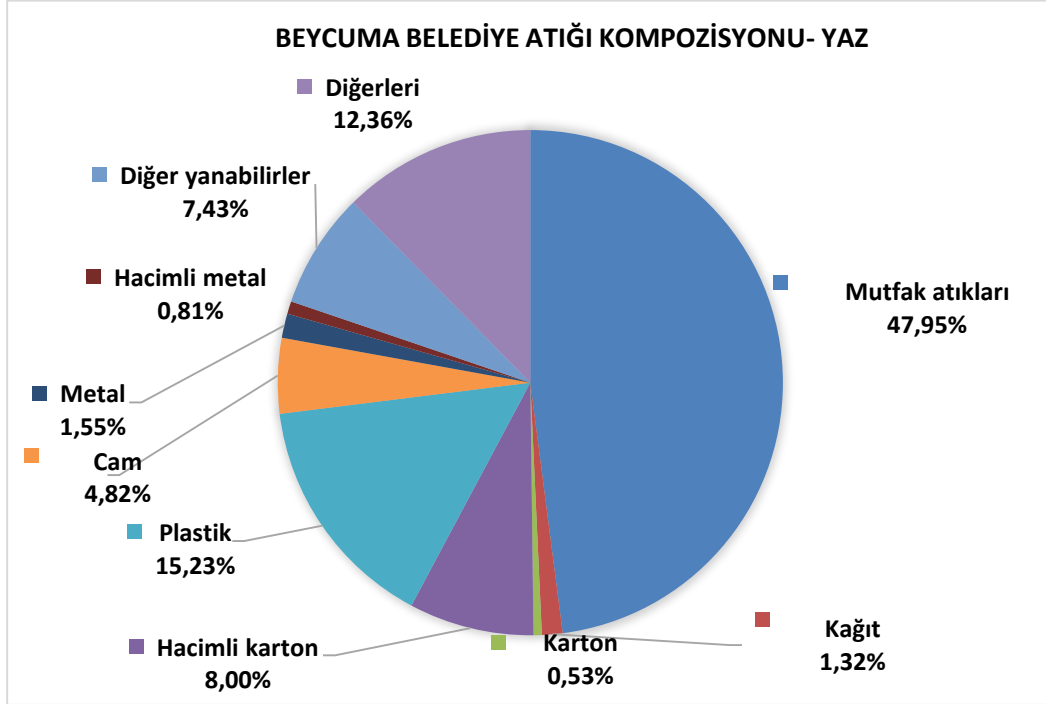
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.7. Beycuma Belediyesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Beycuma Belediyesine ait sonuçlar Tablo 2-9.'da verilmiştir

Tablo 2-9. Beycuma'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	47,95	28,36
Kâğıt	1,32	0,76
Karton	0,53	3,78
Hacimli karton	8,00	-
Plastik	15,23	6,68
Cam	4,82	1,72
Metal	1,55	1,23
Hacimli metal	0,81	0,87
AEEE	-	-
Tehlikeli atık	-	0,68
Park ve bahçe atıkları	-	9,1
Diğer yanmayanlar	-	10,15
Diğer yanabilirler	7,43	2,27
Diğer yanabilir hacimli	-	-
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	12,36	2,38
Kül	-	32,03
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-14. Beycuma yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 28 / 173

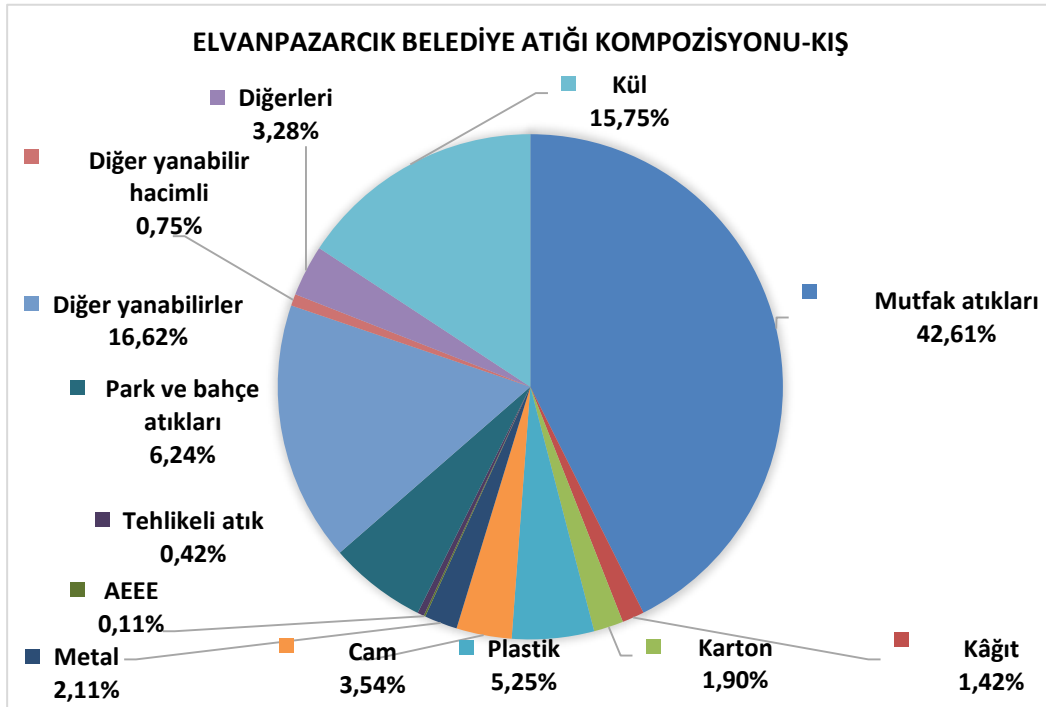
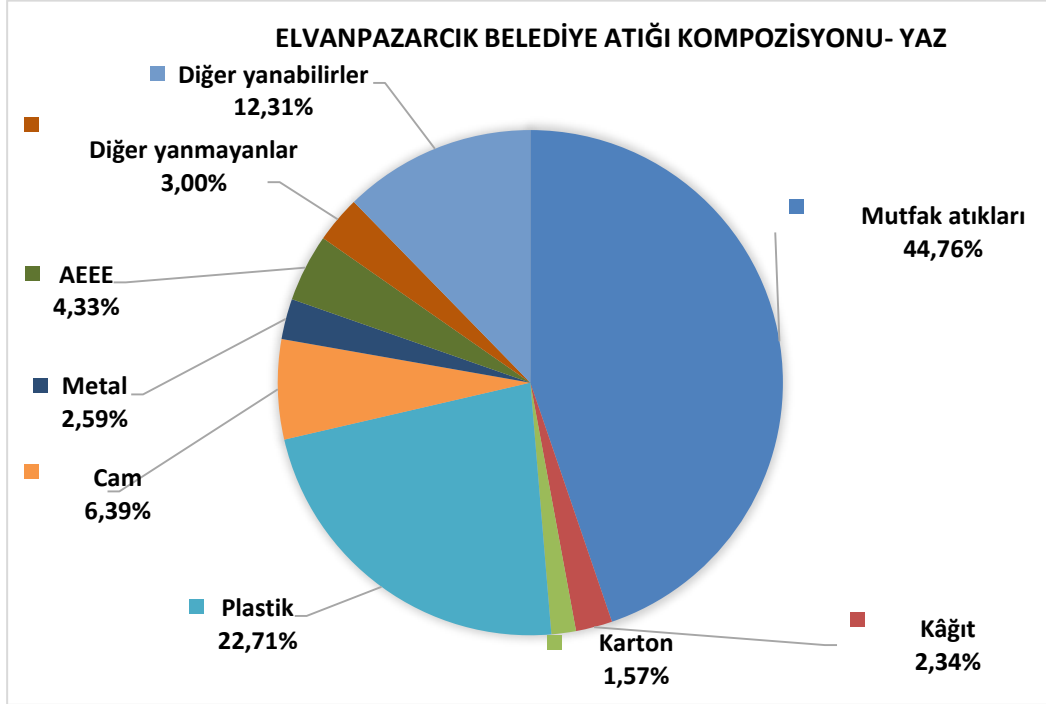
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.8. Elvanpazarcık Belediyesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Elvanpazarcık Belediyesine ait sonuçlar Tablo 2-10'da verilmiştir

Tablo 2-10. Elvanpazarcık'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ,%	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	44,76	42,61
Kâğıt	2,34	1,42
Karton	1,57	1,90
Hacimli karton	-	-
Plastik	22,71	5,25
Cam	6,39	3,54
Metal	2,59	2,11
Hacimli metal	-	-
AEEE	4,33	0,11
Tehlikeli atık	-	0,42
Park ve bahçe atıkları	-	6,24
Diğer yanmayanlar	3,00	-
Diğer yanabilirler	12,31	16,62
Diğer yanabilir hacimli	-	0,75
Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	3,28
Kül	-	15,75
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-15. Elvanpazarcık yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 30 / 173

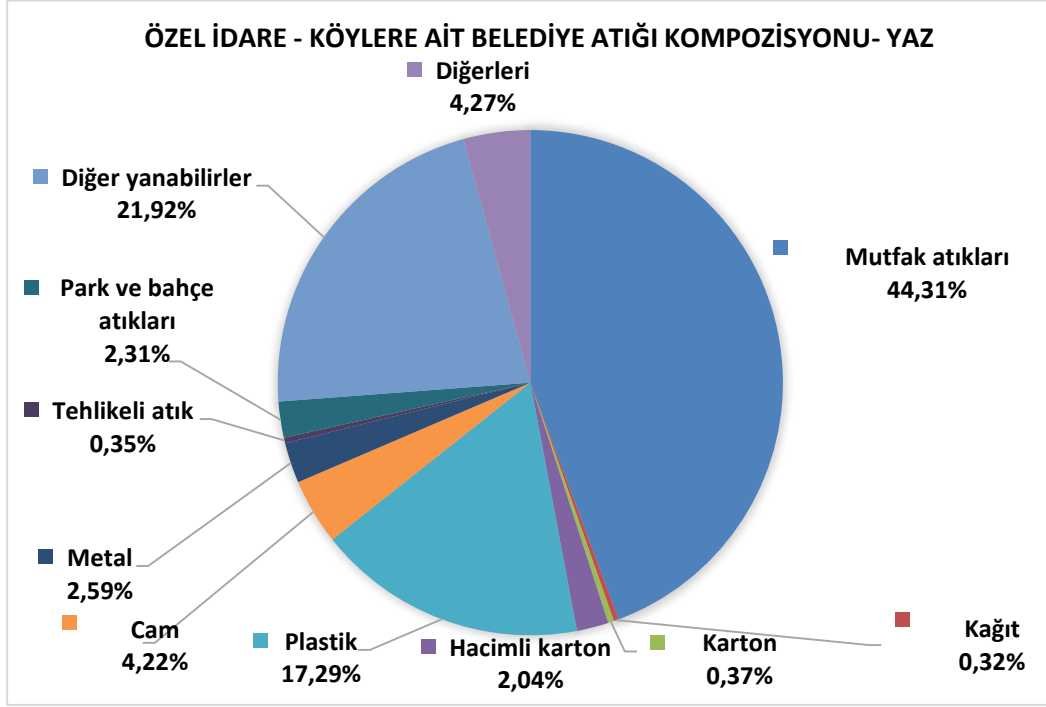
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.9. Özel İdarece Köylerden Toplanan Atıkların Karakterizasyon Sonuçları

Zonguldak ilinde köylerde oluşan katı atıklar Özel İdare tarafından toplanarak düzenli depolama sahasına getirilmektedir. Köylerden toplanan atık karakterizasyon sonuçları Tablo 2-11'de verilmektedir.

Tablo 2-11. Özel İdare tarafından köylerden toplanan atık karakterizasyon sonuçları

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	44,31
Kâğıt	0,32
Karton	0,37
Hacimli karton	2,04
Plastik	17,29
Cam	4,22
Metal	2,59
Hacimli metal	-
AEEE	-
Tehlikeli atık	0,35
Park ve bahçe atıkları	2,31
Diğer yanmayanlar	-
Diğer yanabilirler	21,92
Diğer yanabilir hacimli	-
Diğer yanmayan hacimli	-
Diğerleri	4,27
TOPLAM	100,00



Şekil 2-16. Özel İdare-Köylere ait yaz dönemi atık bileşenleri dağılımı

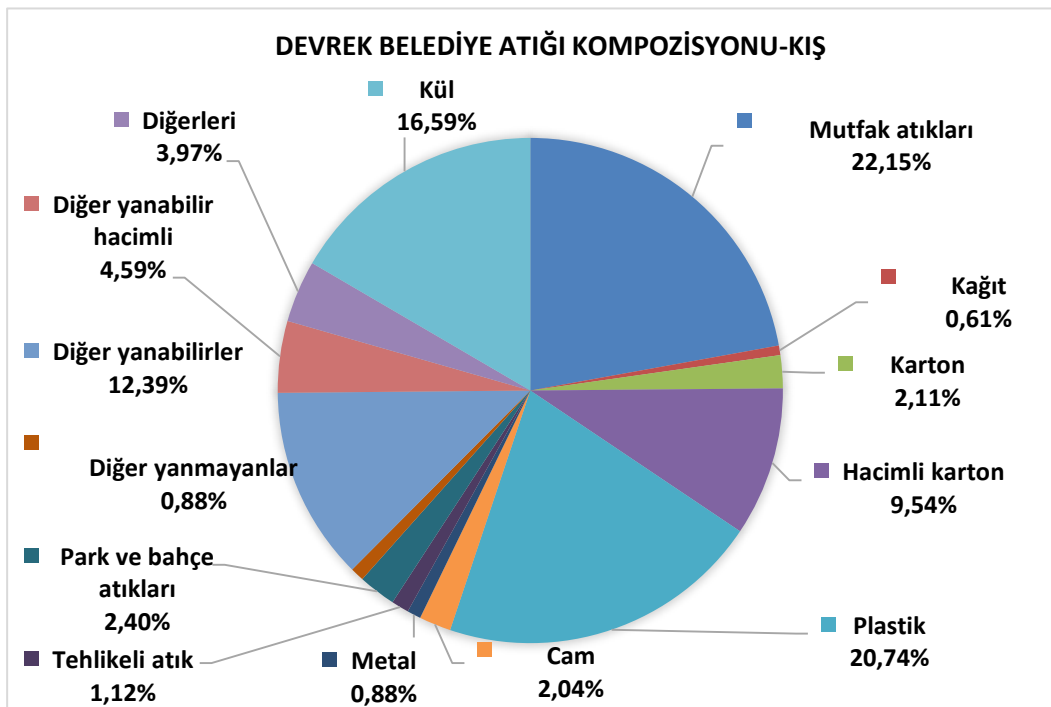
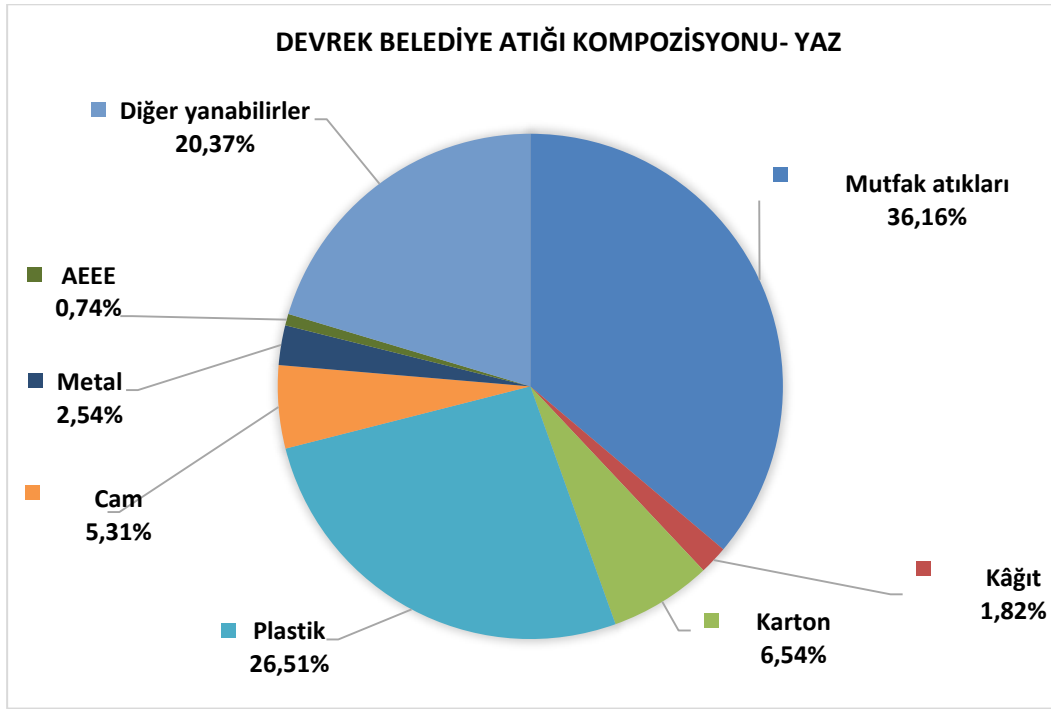
2.1.2.10. Devrek İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Devrek İlçesi Çaydeğirmeni Belediyesinde oluşan atıklarla birlikte atıklarını depolama sahasına getirmektedir.

Tablo 2-12. Devrek'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak atıkları	36,16	22,15
Kâğıt	1,82	0,61
Karton	6,54	2,11
Hacimli karton	-	9,54
Plastik	26,51	20,74
Cam	5,31	2,04
Metal	2,54	0,88
Hacimli metal	-	-
AEEE	0,74	-
Tehlikeli atık	-	1,12
Park ve bahçe atıkları	-	2,40
Diğer yanmayanlar	-	0,88
Diğer yanabilirler	20,37	12,39
Diğer yanabilir hacimli	-	4,59

Diğer yanmayan hacimli	-	-
Diğerleri	-	3,97
Kül	-	16,59
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-17. Devrek yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 33 / 173

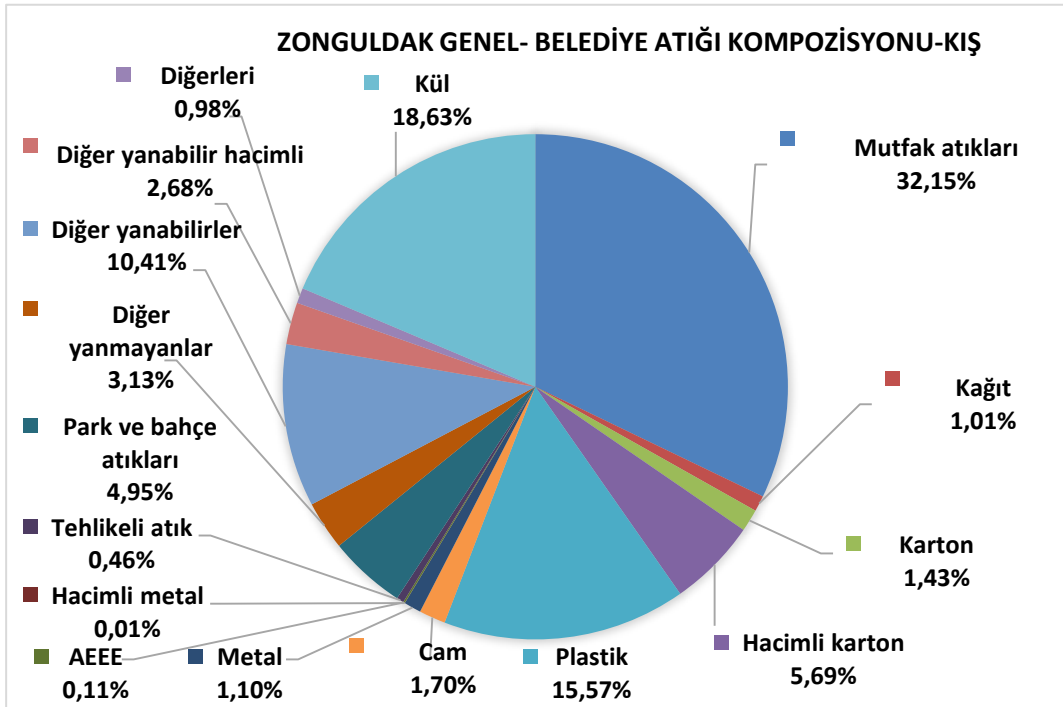
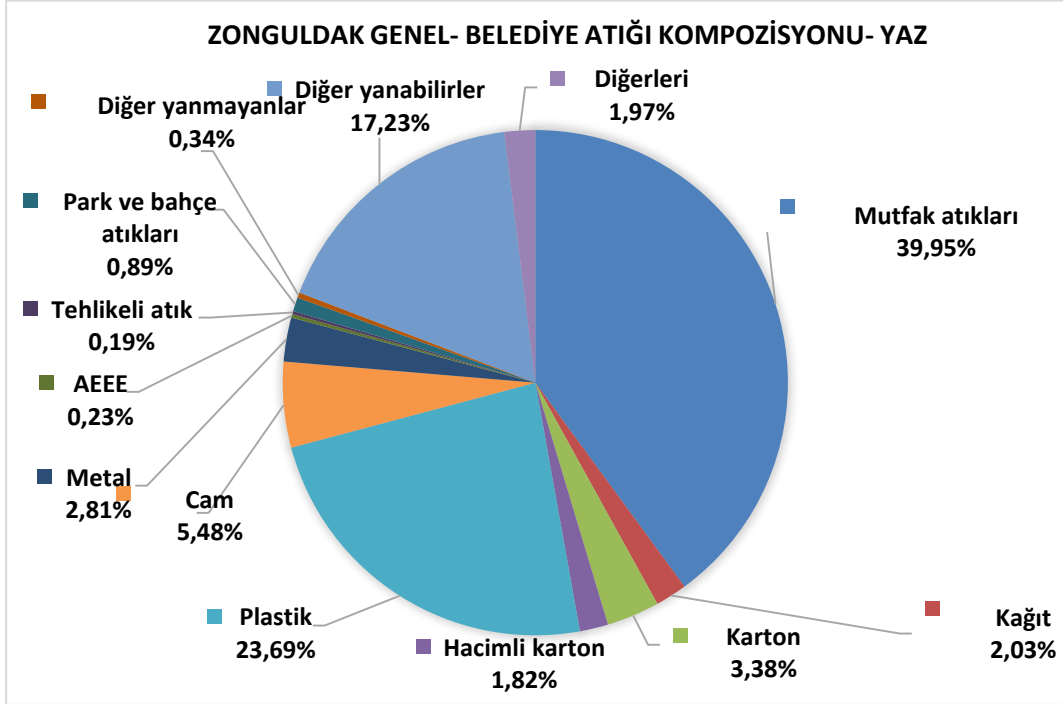
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.1.2.11. Zonguldak Genel Atık Karakterizasyon Sonuçları

Yaz dönemi Zonguldak İli katı atık karakterizasyon sonuçları nüfus etkisi dikkate alınarak belirlenmiş ve Tablo 2-13.'de verilmiştir.

Tablo 2-13. Zonguldak'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	39,94	32,15
Kâğıt	2,03	1,01
Karton	3,38	1,43
Hacimli Karton	1,82	5,69
Plastik	23,69	15,57
Cam	5,48	1,70
Metal	2,81	1,10
Hacimli Metal	-	0,01
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	0,23	0,11
Tehlikeli Atık	0,19	0,46
Park ve Bahçe Atıkları	0,89	4,95
Diğer Yanmayanlar	0,34	3,13
Diğer Yanabilenler	17,23	10,41
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	-	2,68
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-	
Diğer	1,97	0,98
Kül		18,63
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-18. Zonguldak İli Genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

2.2. Bartın

2.2.1. Karakterizasyon Çalışması

Bartın İlinde oluşan evsel katı atıkların kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla, tüm ilçelerden numuneler alınmıştır (Tablo 2-14).

Dört ilçede numune alınacak bölgelerin seçiminde her bir belediyenin temizlik işleri yetkilileri ile görüşülerek uygun numune alma noktaları belirlenmiştir. Bu noktalar genellikle aynı sosyo-ekonomik düzeyde olduğu belirtilen yöre halkının oturduğu mahalle ve caddelerdeki konteynırlar olmuştur. İlçelerde yaşayan halkın gelir seviyesi, kültür düzeyi ve o bölge sınırları içinde ev fiyatları dikkate alınarak Düşük, Orta, Yüksek gelirli mahalleler ile Çarşı olmak üzere 4 bölge tanımlanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2-14. Numune alımı gerçekleştirilen noktalar

BELEDİYE ADI	Mahalle, Cadde Adı			
	Düşük	Orta	Yüksek	Çarşı
Bartın (Merkez)	Aladağ Mah.	Demirciler Mah.	Kırtepe Mah.	Çarşı
Amasra	Mendirek Mah.	Ahatlar Mah.-Kaleşah Mah.	Boztepe Mah.	Çarşı
Kurucaşile	Kargacak Mah.	Ömerli Mah.	Şile Mah.	Çarşı
Ulus	Samat Mah.	Mengeller Mah.	Kaldırım Mah.	Çarşı

Analizin yapılacağı alanda hazır bulundurulmuş analiz malzemeleri aşağıda listelenmiştir.

- Kantar
- Sabit Hacim Kabı (1mx1mx0,5m)
- Plastik Örtü (5mx10m)
- Bileşen Kapları
- Kürek, Tırmık, Süpürge, Elek, Maske, Çizme
- Not Defteri, Kalem

Analiz malzemelerine ait görüntüler Şekil 2-19'da yer almaktadır.



Şekil 2-19. Atık karakterizasyonunda kullanılan malzemeler

Yöntem

Tüm ilçelerde karakterizasyon işlemleri, ilgili ilçelerin temizlik işleri yetkililerince belirlenen ilçelerin kendi sahalarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2-20).



Şekil 2-20. Atık karakterizasyonunda görev yapan personel ve atık yığınlarının boşaltılması ve düzleştirilmesi

Karakterizasyon işlemleri her numune için aşağıdaki işlem adımlarına göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 2-21).

1. Her numune bir yığın halinde sahaya boşaltılmış, iş makinası, kürek ve tırmıkla düzleştirilmiştir. Daha sonra yığın içindeki poşetler parçalanmıştır.
2. Atık yığınının farklı noktalarından alınan atık numuneleri ile sabit hacim kabı doldurulmuştur.



Şekil 2-21. Sabit hacim kabının doldurulması ve boşaltılması

3. Sabit Hacim Kabının kaldırılarak boşaltılmasından sonra örtü üzerinde kalan kısım üzerinde madde grup analizi yapılmıştır. Gruplandırma Tablo 2-15'e göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2-15. Atık bileşenleri ve içeriği

No	ATIK BİLEŞENLERİ	ATIK İÇERİĞİ
1	Mutfak Atıkları	Yemek artıkları, ekmek, sebze, meyve..
2	Kâğıt	Gazete, dergi, defter...
3	Karton	Süt kutusu, meyve suyu kutusu, tetrapak..
4	Hacimli Karton	Karton kutular.
5	Plastik	Tüm plastik..
6	Cam	Cam şişe, cam bardak, kavonoz..
7	Metal	Teneke kutu, çatal, bıçak
8	Hacimli Metal	Metal dolap, masa vs.
9	Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	Telefon, radyo
10	Tehlikeli Atık	Pil, boya kutusu, deterjan kutusu, ilaç kutuları
11	Park ve Bahçe Atıkları	Dal, ağaç parçası, çim vs.
12	Diğer Yanmayanlar	Taş, kum, toz, seramik
13	Diğer Yanabilenler	Kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta
14	Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	Mobilya, tahtadan yapılmış malzemeler vs.
15	Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-
16	Diğer (yukarıdaki gruplar hariç)	-

**Şekil 2-22. Bileşen kaplarının doldurulması ve atıkların ayrıştırılarak tartılması**

4. İncelenen yığın içinden büyük hacimli atıklara öncelik verilip mutfak artıkları sona bırakılarak ilgili bileşenler kaplara konulmuş ve tartılmıştır. Bileşen kaplarının daraları alınmış ve tüm tartımlar not edilmiştir.

2.2.2. Karakterizasyon Sonuçları

2.2.2.1. Bartın Merkez İlçe Atık Karakterizasyon Sonuçları

Bartın Merkeze ait yaz (Ağustos 2017) ve kış dönemi (Şubat 2018) atık bileşenleri yüzdeleri Tablo 2-16'da verilmiştir.



TÜBİTAK

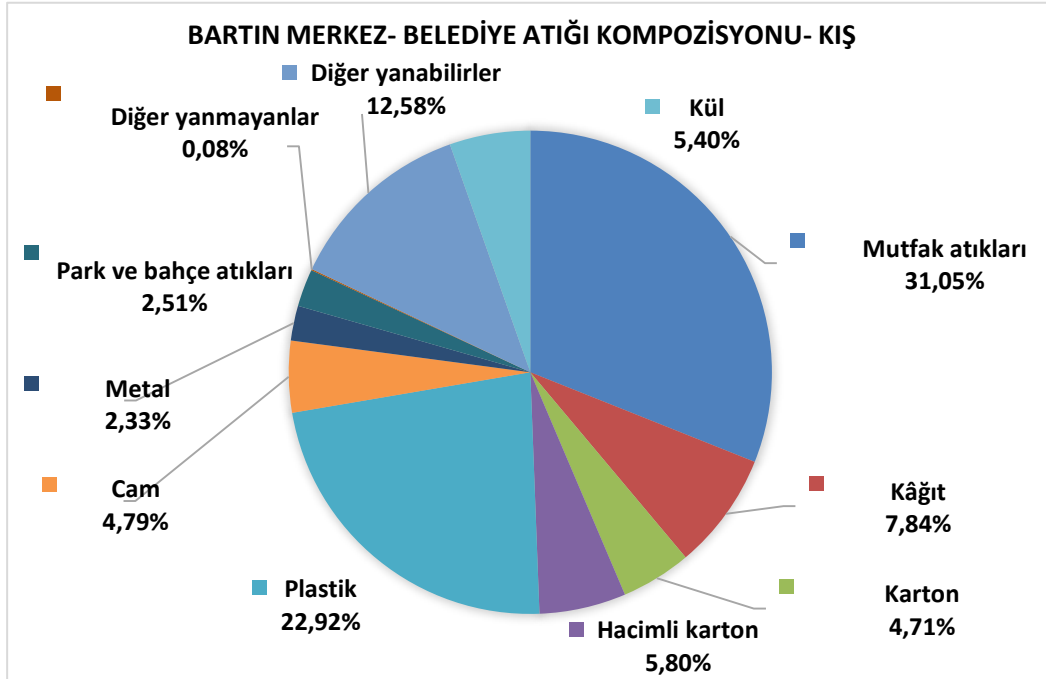
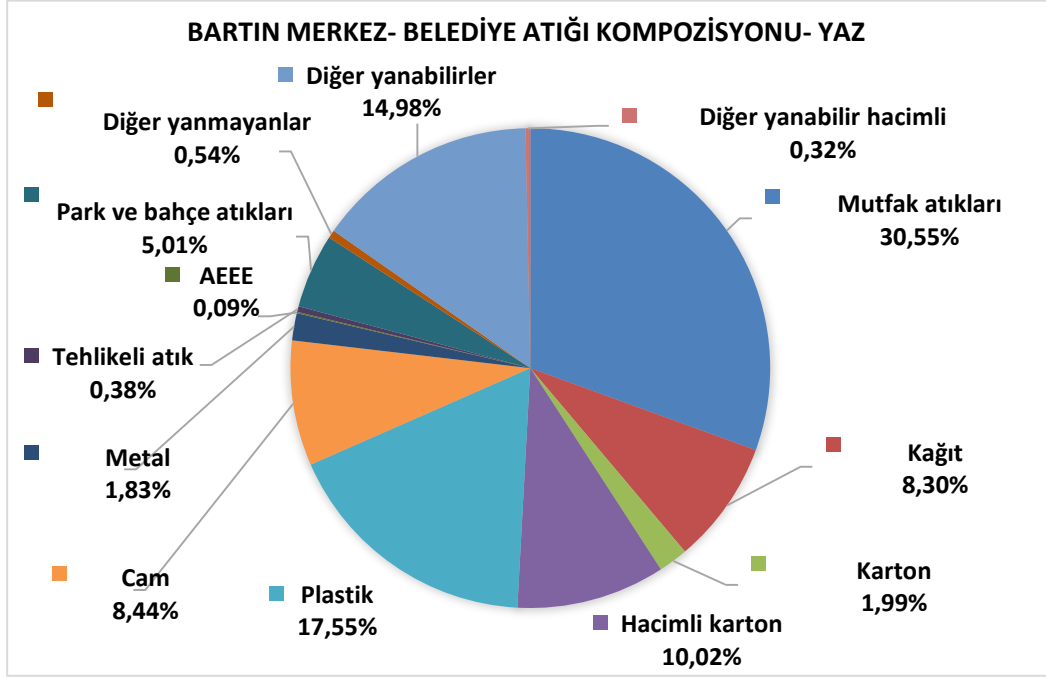
MAM**TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 38 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 2-16. Bartın Merkez yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	30,55	31,05
Kâğıt	8,30	7,84
Karton	1,99	4,71
Hacimli Karton	10,02	5,8
Plastik	17,55	22,92
Cam	8,44	4,79
Metal	1,83	2,33
Hacimli Metal	-	-
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	0,09	-
Tehlikeli Atık	0,38	-
Park ve Bahçe Atıkları	5,01	2,51
Diğer Yanmayanlar	0,54	0,08
Diğer Yanabilenler	14,98	12,58
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,32	-
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-	-
Diğer	-	-
Kül	-	5,4
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-23. Bartın Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

2.2.2.2. Amasra İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Amasra'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdeleri Tablo 2-17'de verilmiştir.



MAM

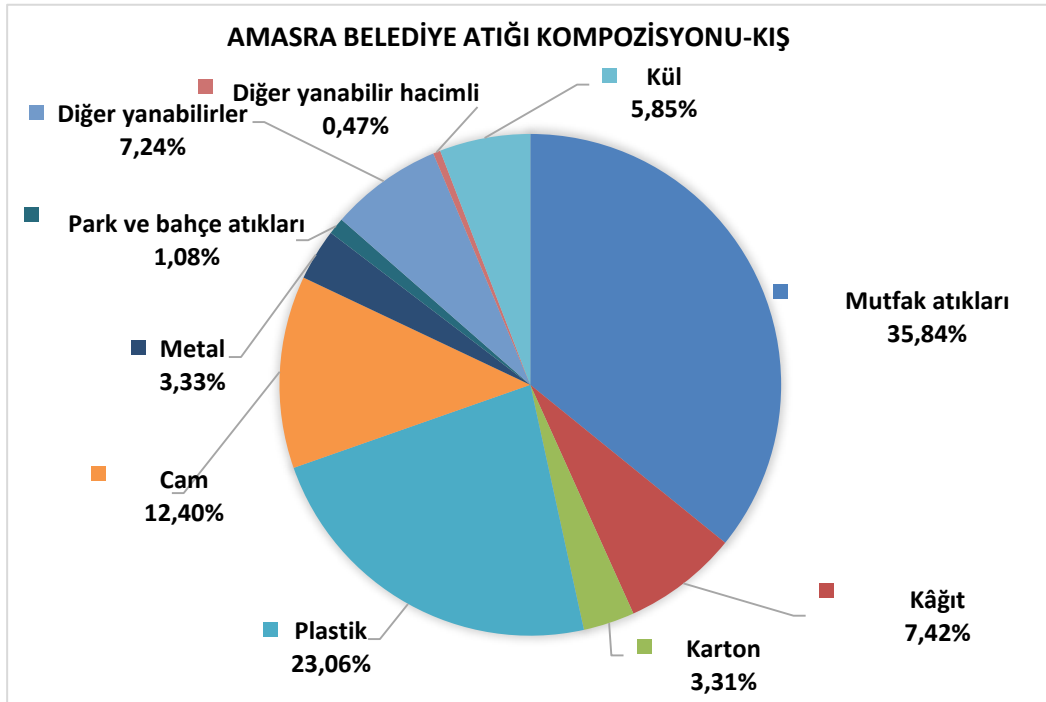
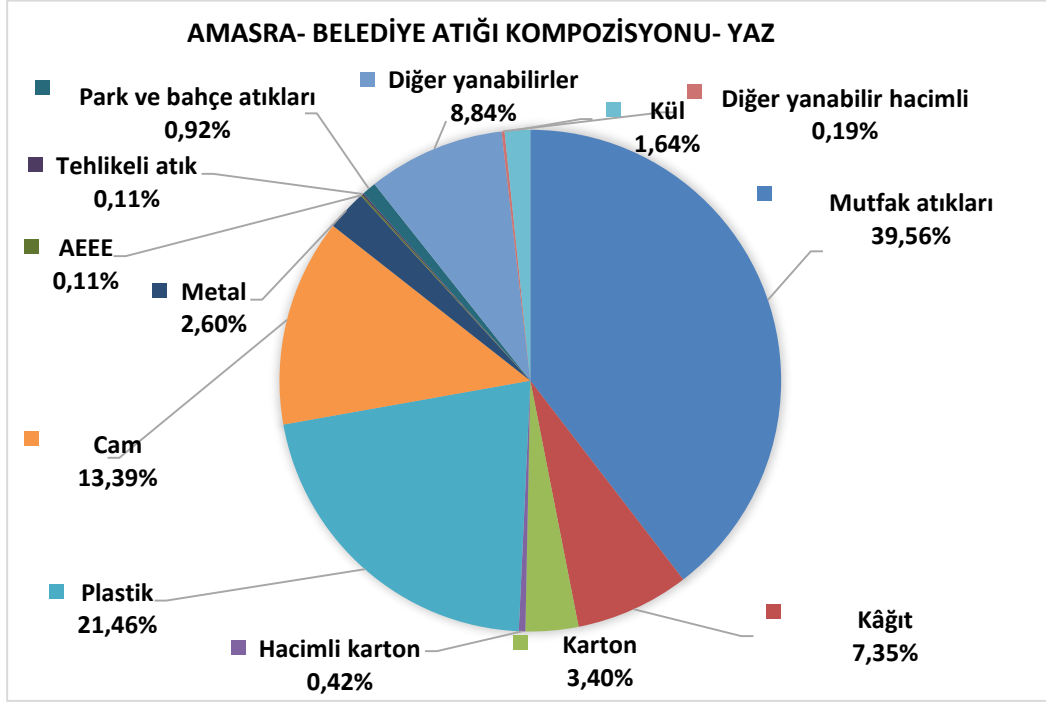
TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 40 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 2-17. Amasra yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	39,56	35,84
Kâğıt	7,35	7,42
Karton	3,40	3,31
Hacimli Karton	0,42	-
Plastik	21,46	23,06
Cam	13,39	12,4
Metal	2,60	3,33
Hacimli Metal	-	-
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	0,11	-
Tehlikeli Atık	0,11	-
Park ve Bahçe Atıkları	0,92	1,08
Diğer Yanmayanlar	-	-
Diğer Yanabilenler	8,84	7,24
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,19	0,47
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-	-
Diğer	-	-
Kül	1,64	5,85
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-24. Amasra ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



TUBITAK

MAM**TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 42 / 173

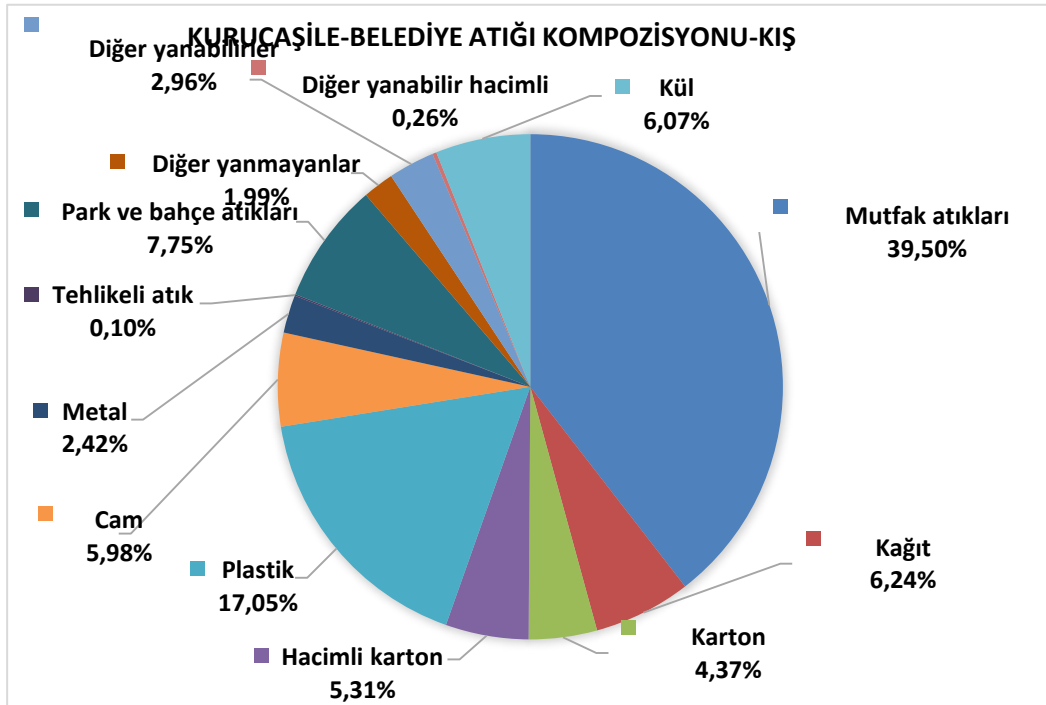
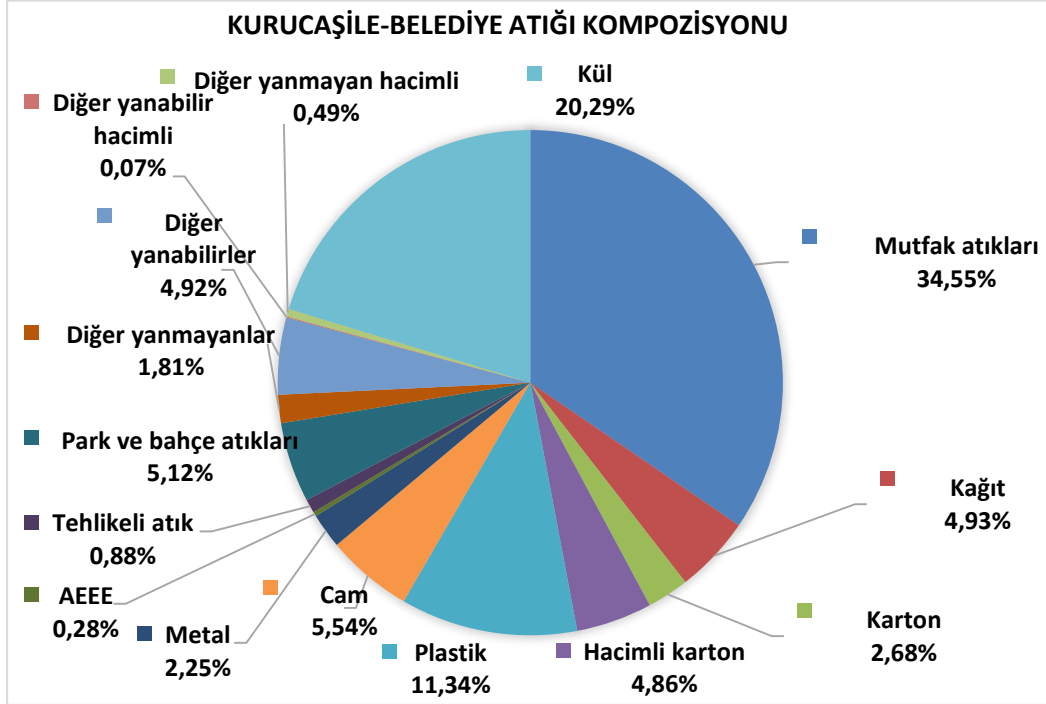
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.2.2.3. Kurucaşile Atık Karakterizasyon Sonuçları

Kurucaşile'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdeleri Tablo 2-18'de verilmiştir.

Tablo 2-18. Kurucaşile ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	34,56	39,5
Kâğıt	4,93	6,24
Karton	2,68	4,37
Hacimli Karton	4,86	5,31
Plastik	11,34	17,05
Cam	5,54	5,98
Metal	2,25	2,42
Hacimli Metal	-	-
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	0,28	-
Tehlikeli Atık	0,88	0,1
Park ve Bahçe Atıkları	5,12	7,75
Diğer Yanmayanlar	1,81	1,99
Diğer Yanabilenler	4,92	2,96
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,07	0,26
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	0,49	-
Diğer	-	-
Kül	20,29	6,07
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-25. Kurucasıle ilçesi yaz dönemi atık bileşenleri dağılımı



TÜBİTAK

MAM**TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 44 / 173

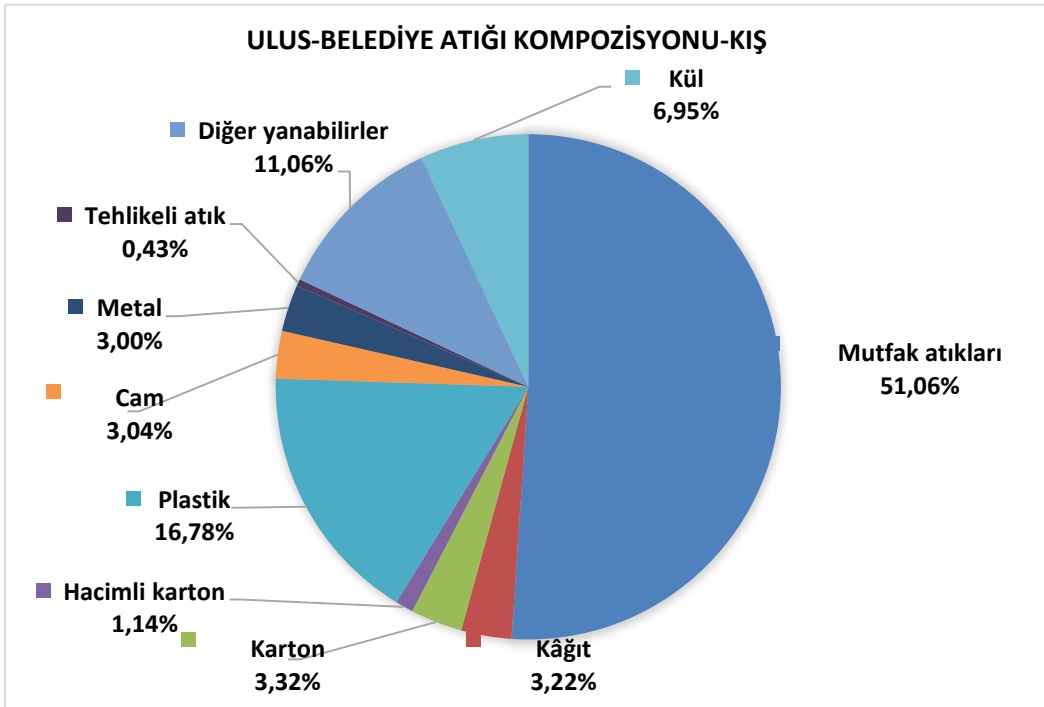
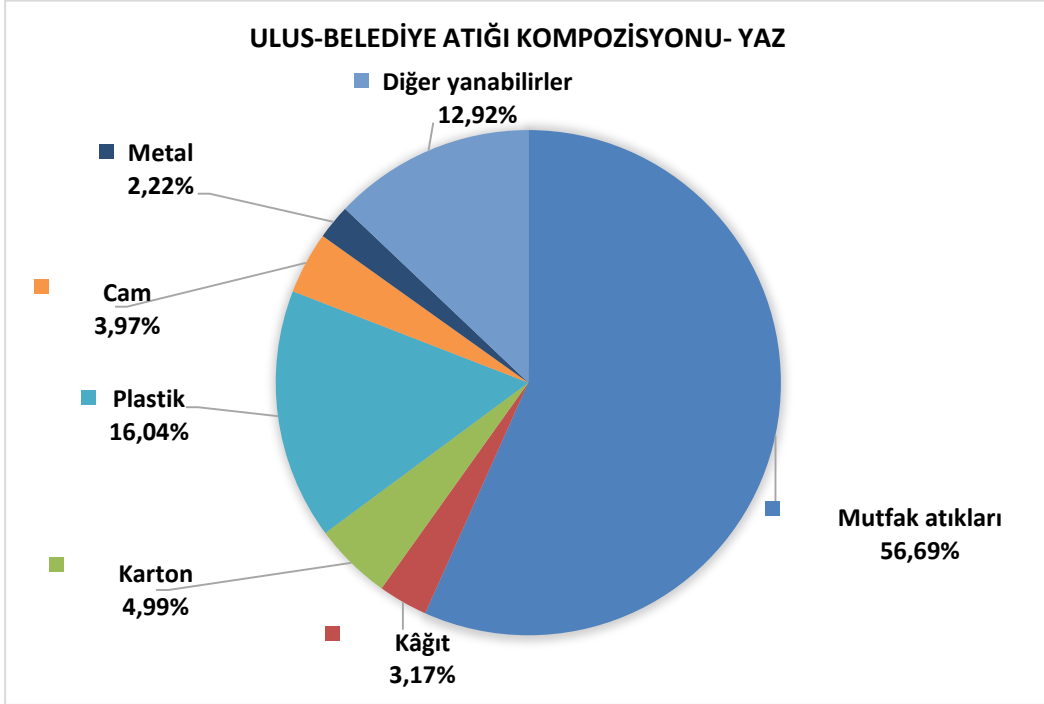
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.2.2.4. Ulus İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Ulus'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdeleri Tablo 2-19'da verilmiştir.

Tablo 2-19. Ulus ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	56,70	51,06
Kâğıt	3,17	3,22
Karton	4,99	3,32
Hacimli Karton	-	1,14
Plastik	16,04	16,78
Cam	3,97	3,04
Metal	2,22	3
Hacimli Metal	-	-
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	-	-
Tehlikeli Atık	-	0,43
Park ve Bahçe Atıkları	-	-
Diğer Yanmayanlar	-	-
Diğer Yanabilenler	12,92	11,06
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	-	-
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-	-
Diğer	-	-
Kül	-	6,95
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-26. Ulus ilçesi yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 46 / 173

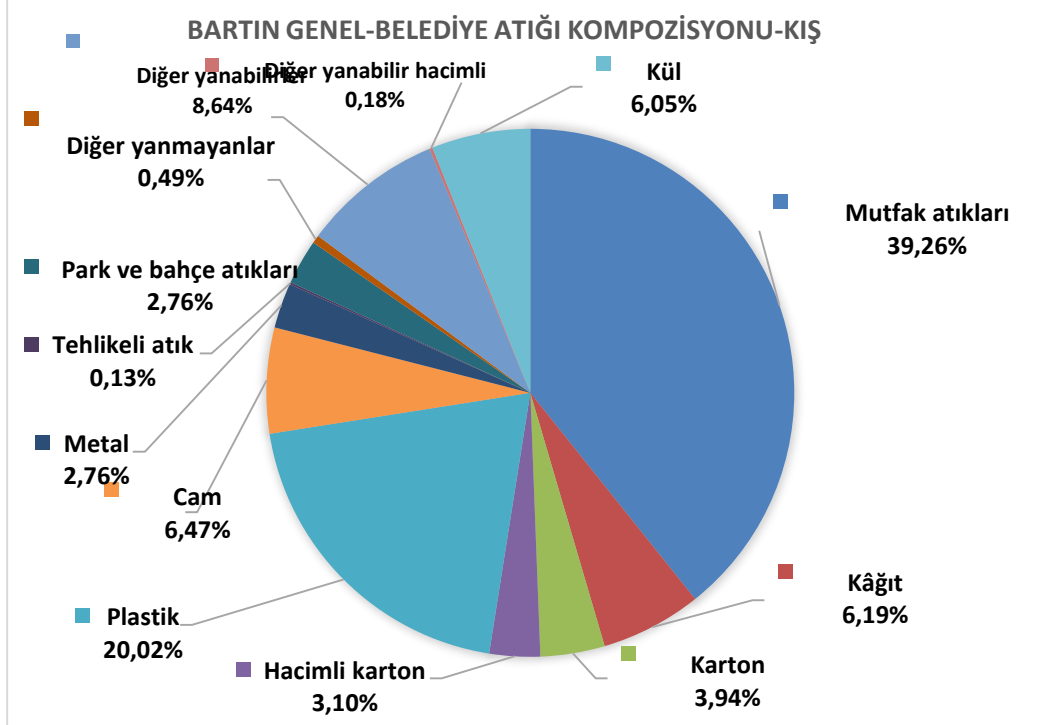
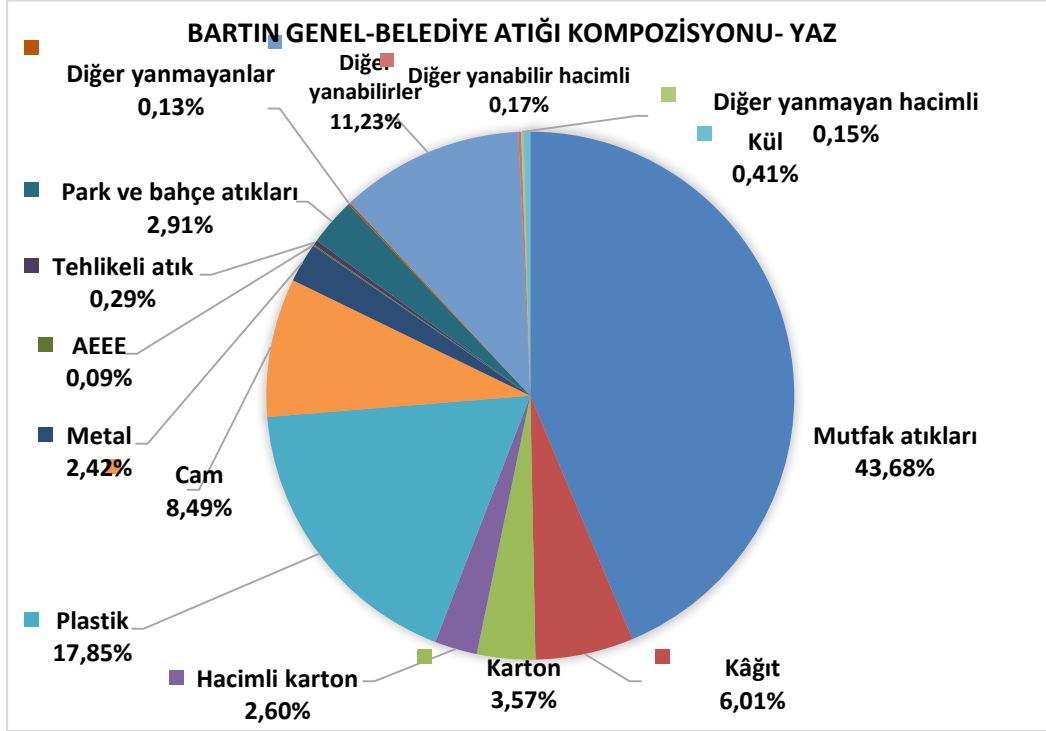
Güncelleştirme Sayısı: 01

2.2.2.5. Bartın Genel Atık Karakterizasyon Sonuçları

Bartın'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdeleri Tablo 2-20'de verilmiştir.

Tablo 2-20. Bartın İli genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	43,68	39,26
Kâğıt	6,01	6,19
Karton	3,57	3,94
Hacimli Karton	2,60	3,1
Plastik	17,85	20,02
Cam	8,49	6,47
Metal	2,42	2,76
Hacimli Metal	-	-
Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	0,09	-
Tehlikeli Atık	0,29	0,13
Park ve Bahçe Atıkları	2,91	2,76
Diğer Yanmayanlar	0,13	0,49
Diğer Yanabilenler	11,23	8,64
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,17	0,18
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	0,15	-
Diğer	-	-
Kül	0,41	6,05
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-27. Bartın İli Genel yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

2.3. Karabük

Belediye atığı madde grup analizi Karabük ilindeki ilçeler bazında gerçekleştirilmiştir. İl sınırları içerisinde farklı gelişmişlik düzeyine sahip 6 ilçe bulunmaktadır. Bunlar; nüfus yoğunluğuna göre sırası ile Karabük Merkez (134.406 kişi), Safranbolu (63.965 kişi), Yenice (20.186 kişi), Eskipazar (12.441 kişi), Eflani (8.307 kişi) ve Ovacık'tır (3.042 kişi). Karabük ilinde düzenli depolama sahası bulunmayıp her ilçenin atığı ilçe belediyelerince toplanıp, düzensiz depolama sahalarında depolanmaktadır.

Yöntem

Kullanılan malzemeler Şekil 2-28'de gösterildiği ve aşağıda listelendiği şekildedir;

- 1) Elektronik terazi,
- 2) Çelik sacdan sabit hacim kabı (1m*1m*0.5m),
- 3) Plastik örtü (6m*6m),
- 4) 16 adet plastik kap,
- 5) Eldiven ve koruyucu maske,
- 6) Tırmık, makas (toplama esnasında iç içe geçen maddeleri ayırmak amacı ile)
- 7) Not defteri, kalem (tartım sonuçlarını kaydetmek için)
- 8) Çekiç (metal kabın montelenmesi için)



Şekil 2-28. Kullanılan malzemeler

Sahada farklı bölgelerden gelen atık toplama araçları her biri ayrı bir yığın oluşturacak şekilde atıkları boşaltması sağlanmış ve her bir yığınlardan, sabit hacim kabına (1mx1mx0,5m) içini tamamen dolduracak kadar yerleştirilmiştir.

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 49 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Ayrım yapılacak kapların üzerine madde gruplarının adı (plastik, metal, cam vs) yazan etiketler katı atık karakterizasyonu için 16 bileşenden oluşan kompozisyon tabloları kullanılarak Tablo 2-21'deki gibi hazırlanmıştır [ASTM D5231 - 92(1998)]. Ayıklama sırasında bağlanmış poşetler varsa bunlar da açılıp, içlerinden çıkan atıklar uygun kaplara konmuştur.

Tablo 2-21. Kullanılan kompozisyon tablosu

	ATIK BİLEŞENLERİ	ATIK İÇERİĞİ
1	Mutfak Atıkları	Yemek artıkları, ekmek, sebze, meyve..
2	Kâğıt	Gazete, dergi, defter...
3	Karton	Süt kutusu, meyve suyu kutusu, tetrapak..
4	Hacimli Karton	Karton kutular.
5	Plastik	Tüm plastik..
6	Cam	Cam şişe, cam bardak, kavonoz..
7	Metal	Teneke kutu, çatal, bıçak
8	Hacimli Metal	Metal dolap, masa vs.
9	Atık elektrik ve Elektronik Ekipman	Telefon, radyo
10	Tehlikeli Atık	Pil, boya kutusu, deterjan kutusu, ilaç kutuları
11	Park ve Bahçe Atıkları	Dal, ağaç parçası, çim vs.
12	Diğer Yanmayanlar	Taş, kum, toz, seramik
13	Diğer Yanabilenler	Kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta
14	Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	Mobilya, tahtadan yapılmış malzemeler vs.
15	Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	-
16	Diğer (yukarıdaki gruplar hariç)	-

2.3.1. Karakterizasyon Çalışması

Karabük ilinde tüm ilçelerde birer adet kompresörlü atık toplama kamyonu bulunmaktadır. Atıklar her gün bu kamyonlarla toplanıp, her ilçenin kendi düzensiz depolama sahasına götürülmektedir. Karabük merkezinde bulunan depolama sahasına günde yaklaşık 150 ton atık gelirken, Safranbolu çöp sahasına yaklaşık 50-60 ton/gün atık girişi olmaktadır.

Numune alınan sahaların görüntüleri Şekil 2-29 ile Şekil 2-32 arasında verilmektedir.



Şekil 2-29. Karabük Merkez vahşi depolama alanı

Şekil 2-29’da görüldüğü gibi Karabük Merkez çöp sahasında katı atıklar ile hafriyat atıkları aynı alana depolanmaktadır. Olası yangınlarda yangının üzeri hafriyat atığı ile kapatılmaktadır. Ayrıca alanda sızıntı suyunun toplanıp işlendiği bir tesis olmadığından biriken su vadinin altında toplanmaktadır. Sahada ağır bir koku ve haşere oluşumu gözlenmiştir.

Şekil 2-30 ise Safranbolu’ya ait çöp alanını göstermektedir. Çöplükte mevcut yangın sebebiyle yangın söndürme faaliyetleri devam etmektedir. Özellikle yaz aylarında bu tip problemlerle sıklıkla karşılaşıldığı bilinmektedir.

Şekil 2-31 ve 2-32’de vahşi depolama alanlarından kaynaklanan problemler görülmektedir. Atıkların hiç bir önlem alınmadan uygunsuz olarak araziye dökülmesi sokak hayvanlarını bu alana çekerken, kontrolsüz yangınların da çıkmasına zemin hazırlamaktadır.

Karabük ilindeki, Merkez, Safranbolu, Yenice, Eskipazar, Ovacık ve Eflani ilçelerinde yer alan vahşi deponi sahalarından alınan numuneler sırası ile Tablo 2-22, Tablo 2-23, Tablo 2-24, Tablo 2-25, Tablo 2-26 ve Tablo 2-27’de gösterilmektedir.



Şekil 2-30. Safranbolu vahşi depolama alanı



Şekil 2-31. Yenice (solda) ve Eskipazar (sağda) vahşi depolama alanı



Şekil 2-32. Eflani (solda) ve Ovacık (sağda) vahşi depolama alanı

Nüfusu daha fazla olan olan Merkez ve Safranbolu ilçelerinden birden fazla numune alınmıştır. Bu numunelerin farklı sosyo-ekonomik düzeydeki mahallelerden gelen atıklar içinden alınmasına dikkat edilmiştir. Safranbolu ilçesi için Harmanlı Mahallesi, Sanayi Mahallesi-Çarşı ve Bostanbükü'nden



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 52 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

olmak üzere üç adet numune alınmıştır. Karabük merkez için ise Esentepe, Çarşı+Yenişehir, Kayabaşı ve Soğuksu mahalleleri olmak üzere dört numune alınarak analiz yapılmıştır.

Karabük Merkez ve Safranbolu ilçelerinden alınan numunelerin ilçe bazında atık kompozisyonları hesaplanırken bu numunelerin ağırlıkları toplanmış ve bu toplam ağırlığa oranlanarak atık fraksiyonlarının yüzdelik (%) değerleri hesaplanmıştır. Böylece ilçe geneline ait atık kompozisyon tabloları oluşturulmuştur. Mahalle bazında ayrıntılı sonuçlar ile numunelerin su içerikleri ise EK1'de yer almaktadır.

Diğer 4 ilçeden (Yenice, Eflani, Eskipazar ve Ovacık) ise birer numune alınmış ve analiz tamamlanmıştır.

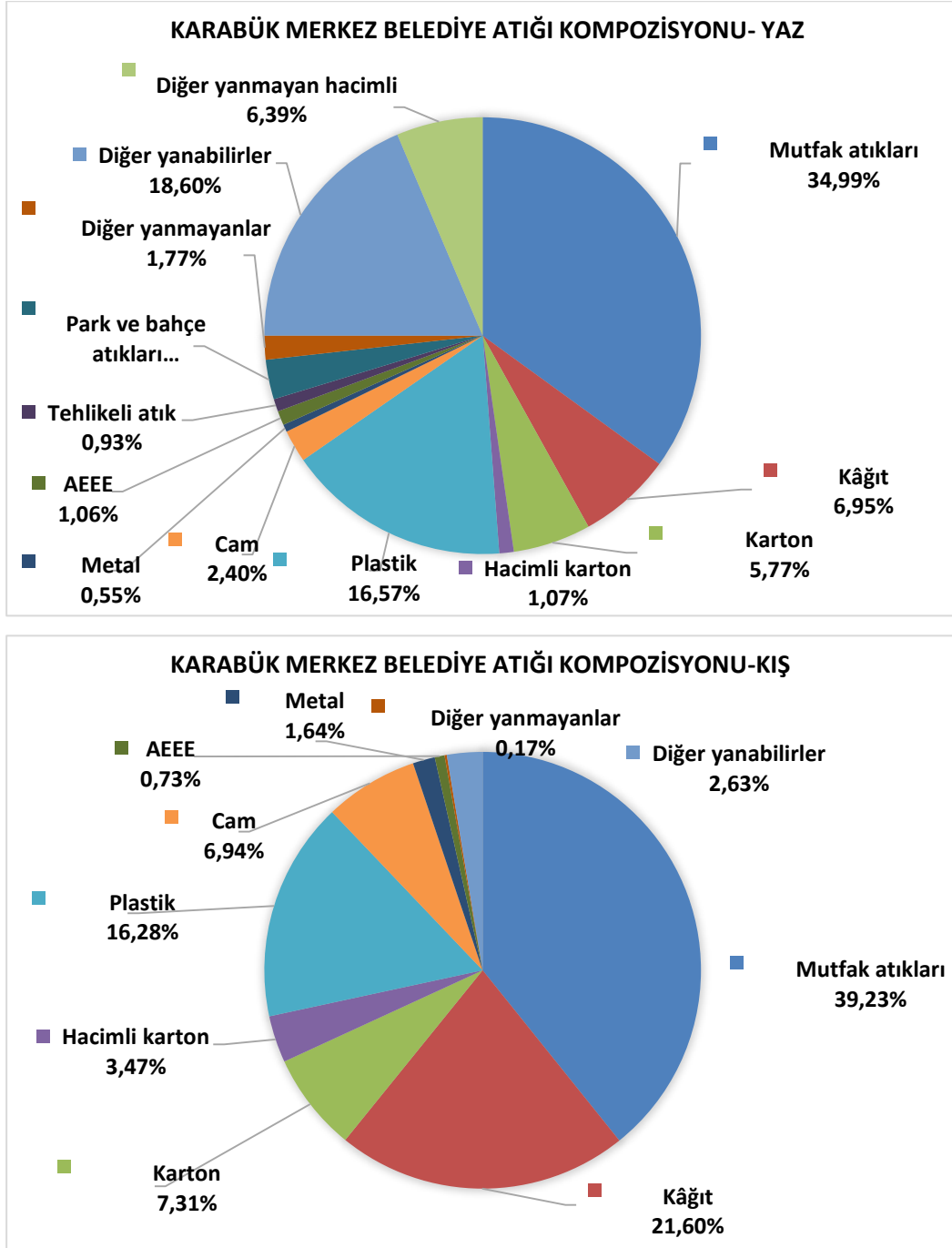
2.3.2. Karakterizasyon Sonuçları

Karabük Merkez İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Karabük Merkez'de bulunan katı atık döküm sahasına günde yaklaşık 150 ton atık getirilmektedir (Koordinatlar: 41.179942, 32.651211). Karabük Merkez İlçesi'nde toplanan evsel katı atıklar için yoğun (Yaz) ve normal (Kış) sezonlarda yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (ağırlığa göre yüzdelik dağılım) Tablo 2-22'de verilmiştir.

Tablo 2-22. Karabük Merkez'e ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	Yaz Dönemi, %	Kış Dönemi, %
Mutfak Atıkları	34,99	39,23
Kağıt	6,95	21,60
Karton (Tetrapak)	5,77	7,31
Hacimli Karton	1,07	3,47
Plastik	16,57	16,28
Cam	2,40	6,94
Metal	0,55	1,64
Hacimli Metal	-	-
Elektronik Atıkları	1,06	0,73
Tehlikeli Atık	0,93	-
Park ve Bahçe Atıkları	2,94	-
Diğer Yanamayan	1,77	0,17
Diğer Yanabilen	18,60	2,63
Diğer Yanabilen Hacimli	-	-
Diğer Yanamayan Hacimli	6,39	-
Diğer	-	-
Kül	-	-
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-33. Karabük Merkez ilçe yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

Safranbolu İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Safranbolu İlçesindeki katı atık döküm sahasına yaklaşık 50–60 ton/gün atık girişi olmaktadır (Koordinatlar: 41.230950, 32.698325). Karabük Merkez İlçesi toplanan evsel katı atıklar için yaz (Ağustos 2017) ve kış (Şubat 2018) sezonlarda yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (% ağırlık/ toplam ağırlık) Tablo 2-23'de verilmiştir.



TÜBİTAK

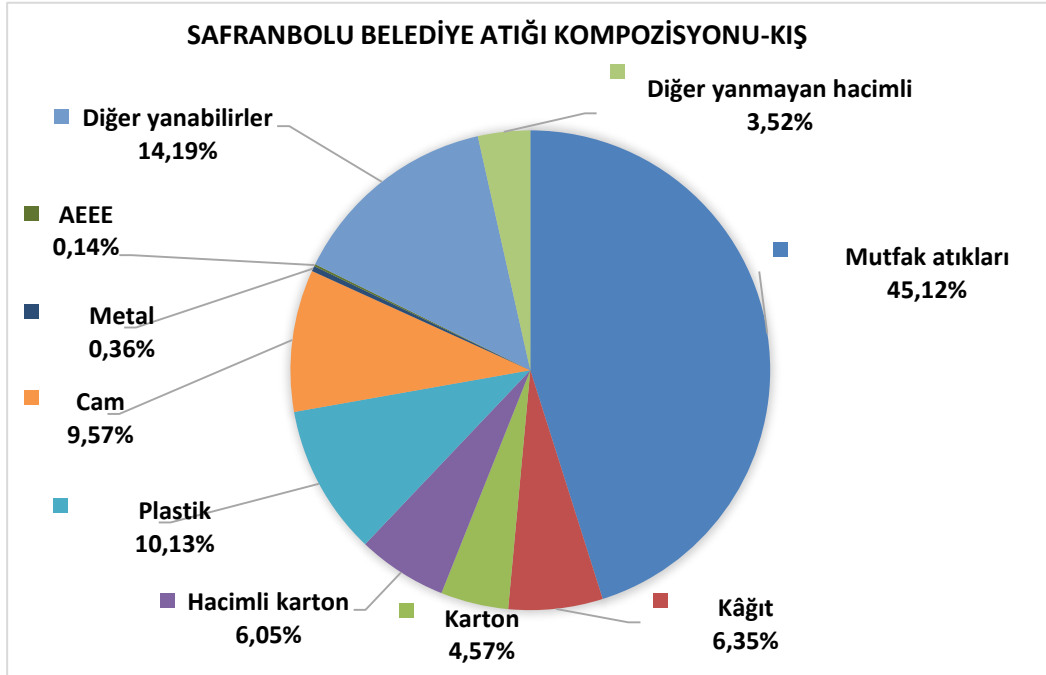
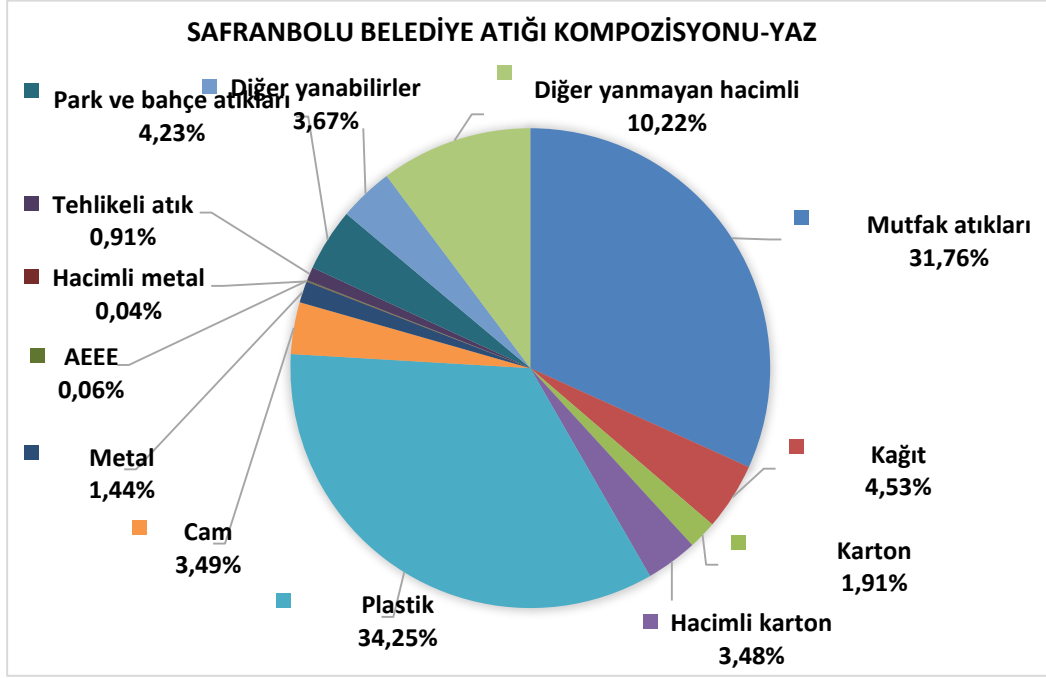
MAM**TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 54 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 2-23. Safranbolu'ya ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	Yaz Dönemi, %	Kış Dönemi, %
Mutfak Atıkları	31,76	45,12
Kağıt	4,53	6,35
Karton (Tetrapak)	1,91	4,57
Hacimli Karton	3,48	6,05
Plastik	34,25	10,13
Cam	3,49	9,57
Metal	1,44	0,36
Hacimli Metal	0,04	-
Elektronik Atıkları	0,06	0,14
Tehlikeli Atık	0,91	-
Park ve Bahçe Atıkları	4,23	-
Diğer Yanamayan	-	-
Diğer Yanabilen	3,67	14,19
Diğer Yanabilen Hacimli	-	-
Diğer Yanamayan Hacimli	10,22	3,52
Diğer	-	-
Kül	-	-
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-34. Safranbolu yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 56 / 173

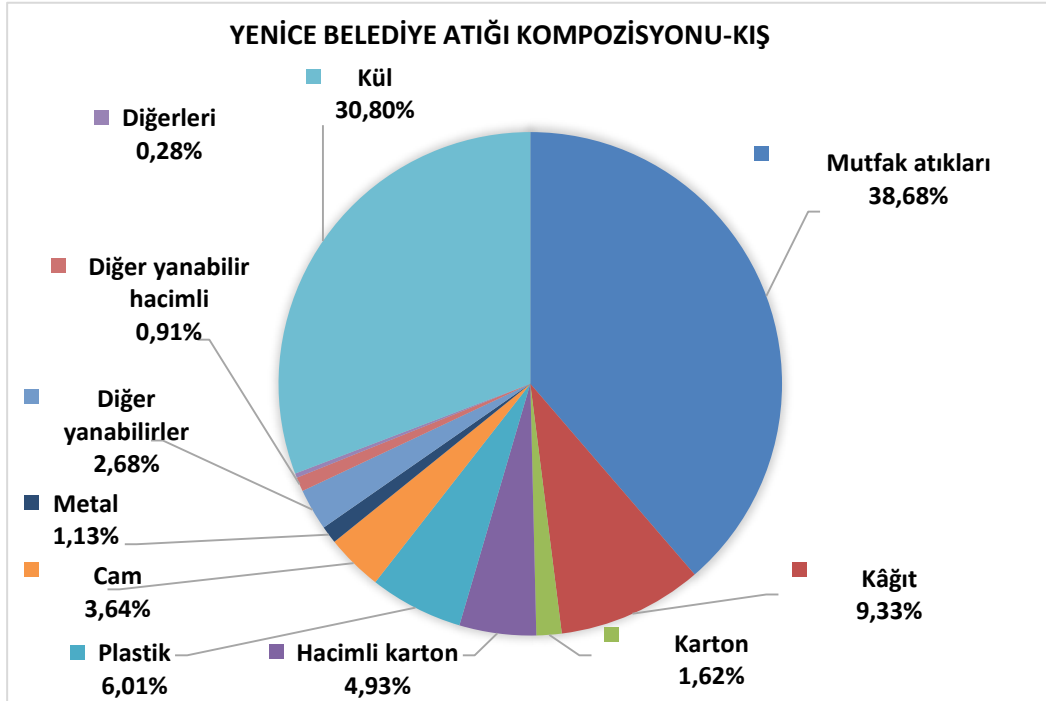
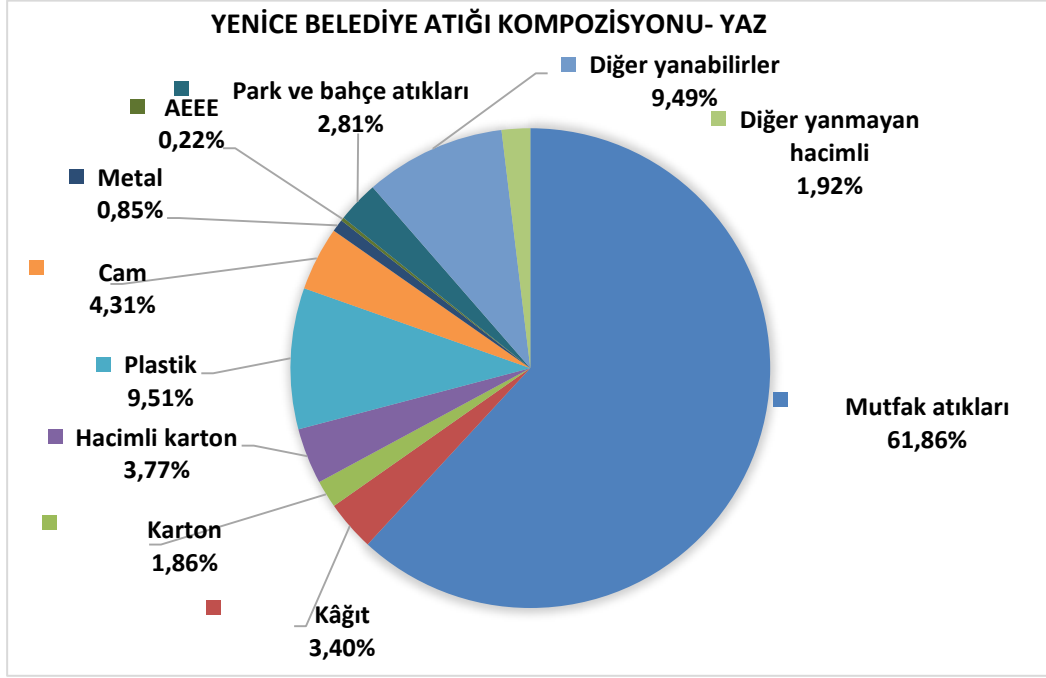
Güncelleştirme Sayısı: 01

Yenice İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Yenice İlçesi'ndeki katı atık döküm sahasında (Koordinatlar: 41.216464, 32.295964) yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (% , ağırlık/ toplam ağırlık) Tablo 2-24'de verilmiştir.

Tablo 2-24. Yenice'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	61,87	38,68
Kağıt	3,40	9,33
Karton (Tetrapak)	1,86	1,62
Hacimli Karton	3,77	4,93
Plastik	9,51	6,01
Cam	4,31	3,64
Metal	0,85	1,13
Hacimli Metal	-	-
Elektronik Atıkları	0,22	-
Tehlikeli Atık	-	-
Park ve Bahçe Atıkları	2,81	-
Diğer Yanamayan	-	-
Diğer Yanabilen	9,49	2,68
Diğer Yanabilen Hacimli	-	0,91
Diğer Yanamayan Hacimli	1,92	-
Diğer	-	0,28
Kül	-	30,80
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-35. Yenice yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 58 / 173

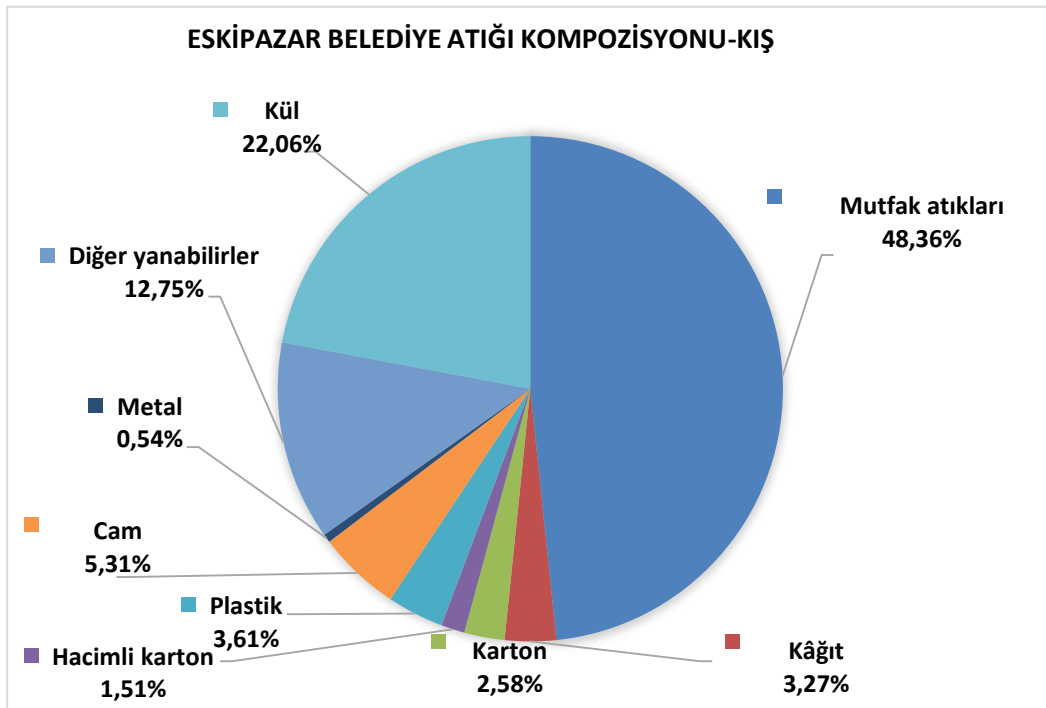
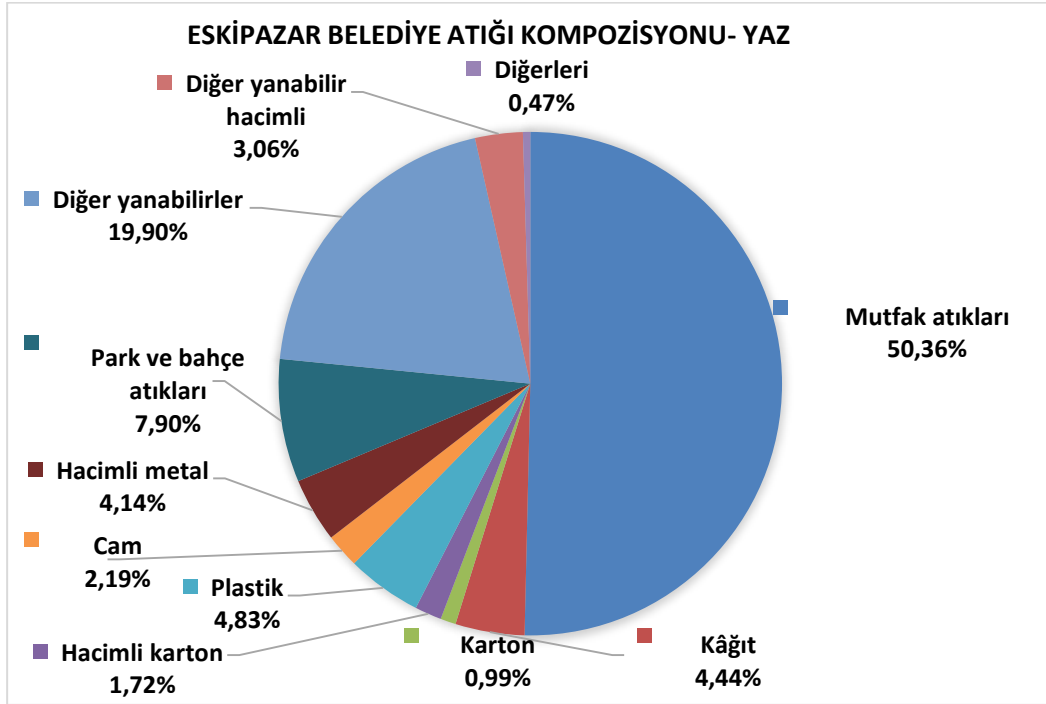
Güncelleştirme Sayısı: 01

Eskipazar İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Eskipazar İlçesindeki katı atık döküm sahasında (Koordinatlar: 40.919208, 32.532092) yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (% , ağırlık/ağırlık) Tablo 2-25'de verilmiştir.

Tablo 2-25. Eskipazar'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	50,37	48,36
Kağıt	4,44	3,27
Karton (Tetrapak)	0,99	2,58
Hacimli Karton	1,72	1,51
Plastik	4,83	3,61
Cam	2,19	5,31
Metal	-	0,54
Hacimli Metal	4,14	-
Elektronik Atıkları	-	-
Tehlikeli Atık	-	-
Park ve Bahçe Atıkları	7,90	-
Diğer Yanamayan	-	-
Diğer Yanabilen	19,90	12,75
Diğer Yanabilen Hacimli	3,06	-
Diğer Yanamayan Hacimli	-	-
Diğer	0,47	-
Kül	-	22,06
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-36. Eskipazar yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 60 / 173

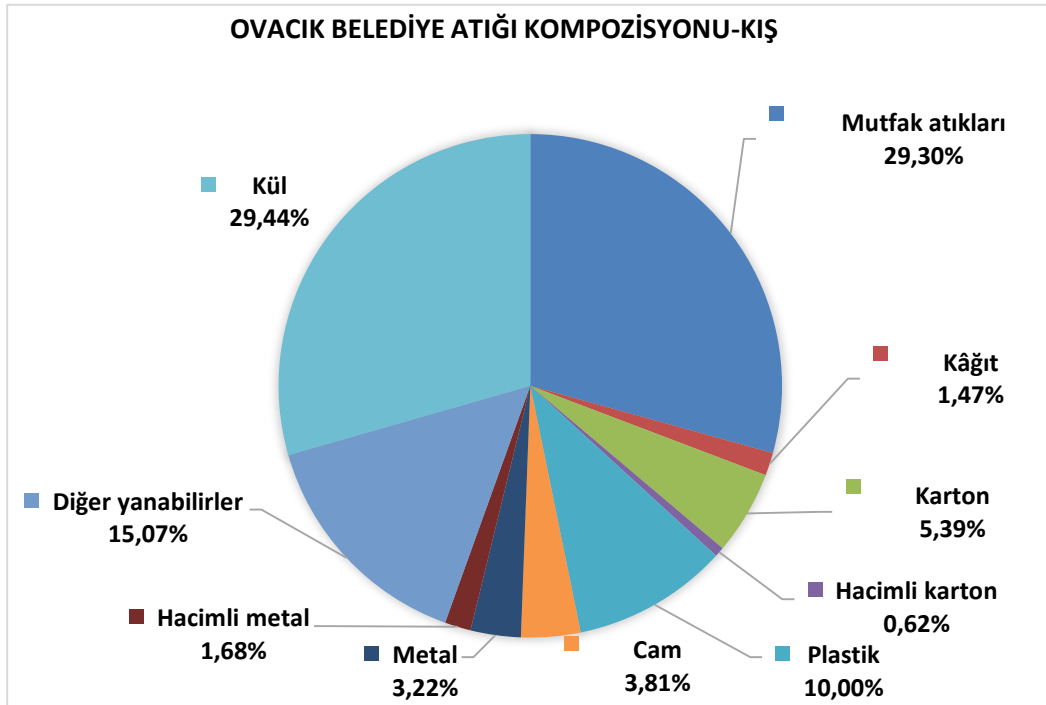
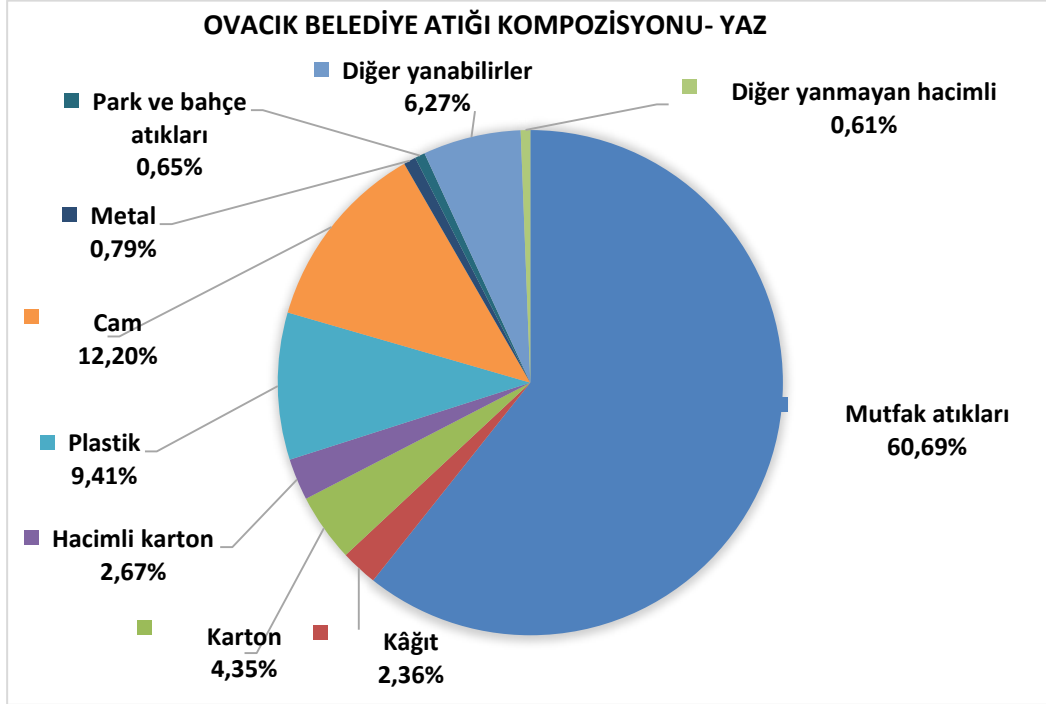
Güncelleştirme Sayısı: 01

Ovacık İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Ovacık İlçesindeki katı atık döküm sahasında (Koordinatlar: 41.097817, 32.941369) yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (% , ağırlık/ağırlık) Tabo 2-26'da verilmiştir.

Tablo 2-26. Ovacık'a ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	60,69	29,30
Kağıt	2,36	1,47
Karton (Tetrapak)	4,35	5,39
Hacimli Karton	2,67	0,62
Plastik	9,41	10,00
Cam	12,20	3,81
Metal	0,79	3,22
Hacimli Metal	-	1,68
Elektronik Atıkları	-	-
Tehlikeli Atık	-	-
Park ve Bahçe Atıkları	0,65	-
Diğer Yanamayan	-	-
Diğer Yanabilen	6,27	15,07
Diğer Yanabilen Hacimli	-	-
Diğer Yanamayan Hacimli	0,61	-
Diğer	-	-
Kül	-	29,44
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-37. Ovacık yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 62 / 173

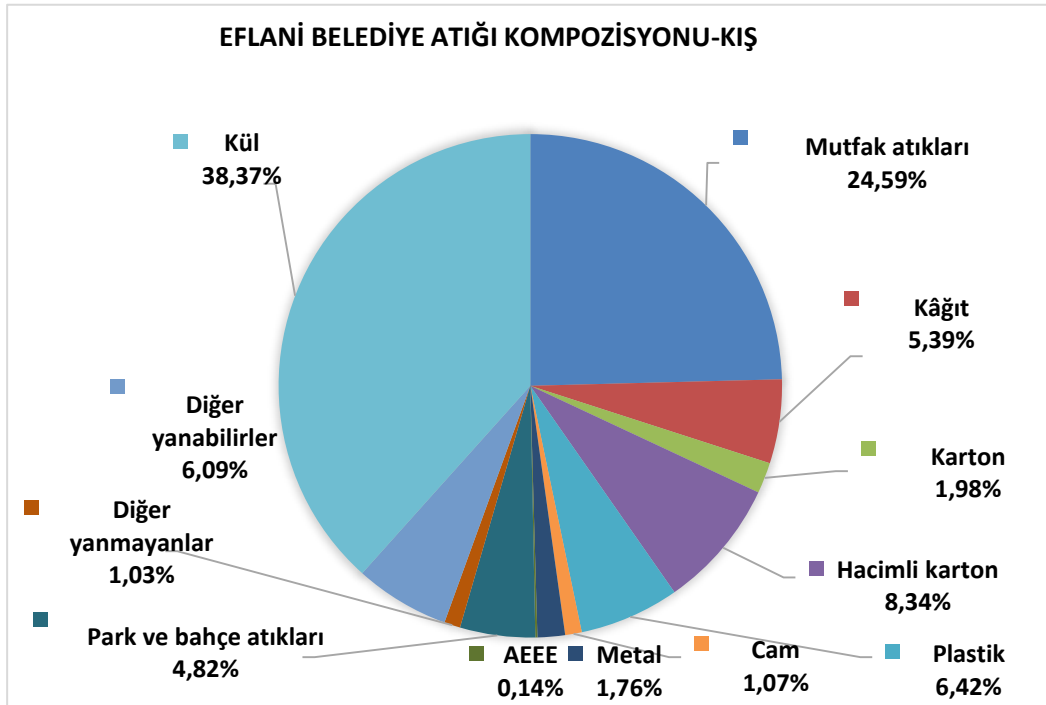
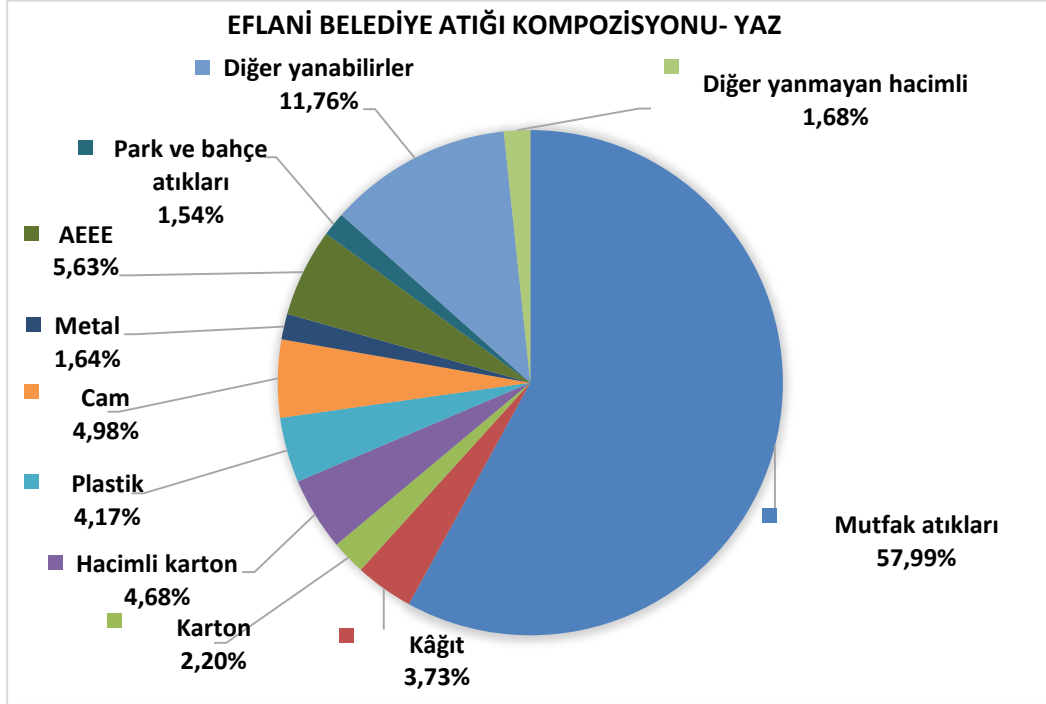
Güncelleştirme Sayısı: 01

Eflani İlçesi Atık Karakterizasyon Sonuçları

Eflani İlçesi'ndeki katı atık döküm sahasında (Koordinatlar: 41.426464, 32.937569) yapılan karakterizasyon çalışmasının sonuçları (% , ağırlık/ağırlık) Tablo 2-27'de verilmiştir.

Tablo 2-27. Eflani'ye ait yaz ve kış dönemi atık bileşenleri yüzdesi

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	57,99	24,59
Kağıt	3,73	5,39
Karton (Tetrapak)	2,20	1,98
Hacimli Karton	4,68	8,34
Plastik	4,17	6,42
Cam	4,98	1,07
Metal	1,64	1,76
Hacimli Metal	-	-
Elektronik Atıkları	5,63	0,14
Tehlikeli Atık	-	-
Park ve Bahçe Atıkları	1,54	4,82
Diğer Yanamayan	-	1,03
Diğer Yanabilen	11,76	6,09
Diğer Yanabilen Hacimli	-	-
Diğer Yanamayan Hacimli	1,68	-
Diğer	-	-
Kül	-	38,37
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-38. Eflani yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 64 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

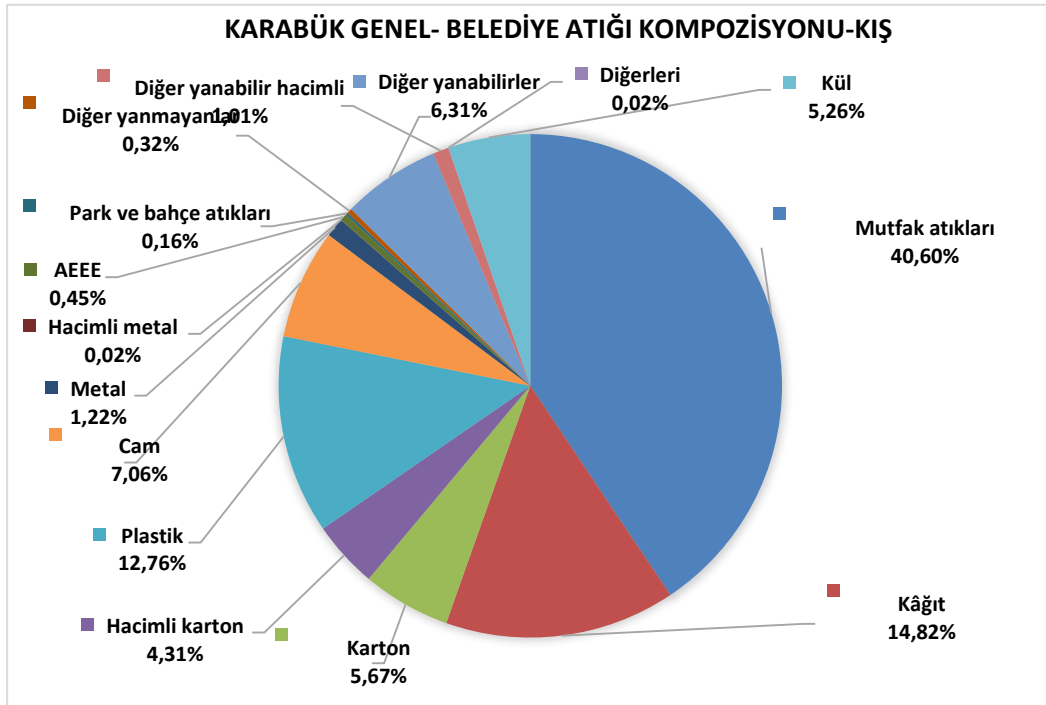
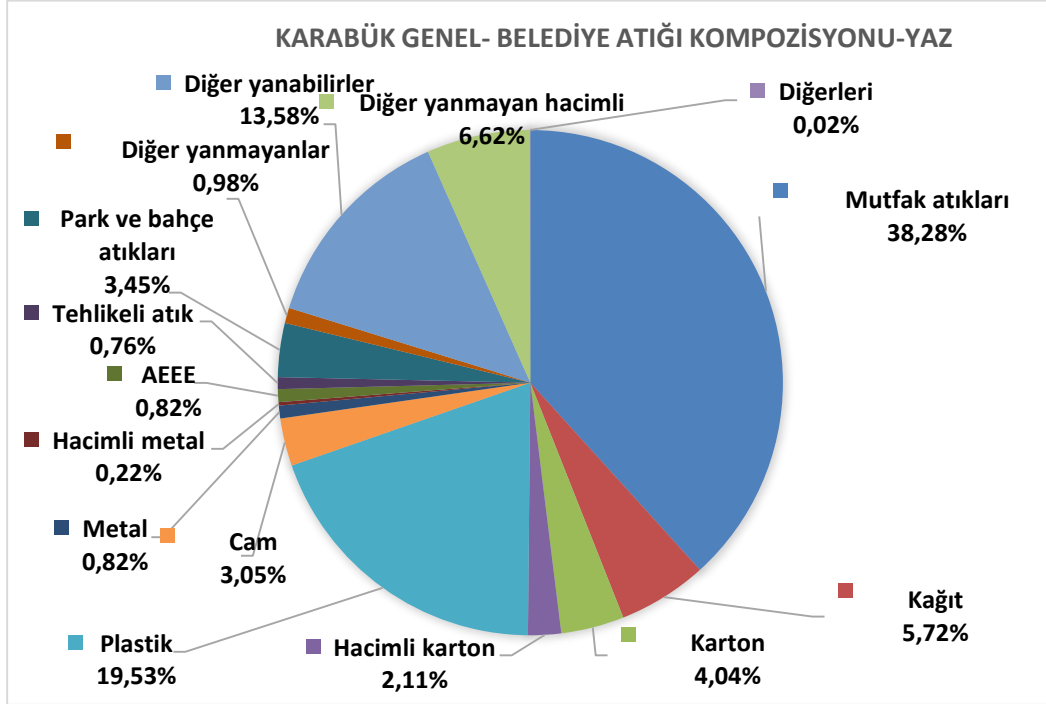
Karabük İli Genel Atık Karakterizasyon Sonuçları

Yukarıda Karabük İli'nin 6 ilçesi için yaz (Ağustos 2017) ve kış (Şubat 2018) dönemlerinde yapılan karakterizasyon çalışmalarının sonuçlarının ilçelerin nüfusuna göre ağırlıklı ortalaması hesaplanmış ve ve Karabük İli için genel sonuç olarak Tablo 2-28'de rapor edilmiştir.

Bu tablo hazırlanırken Tablo 2-22, Tablo 2-23, Tablo 2-24, Tablo 2-25, Tablo 2-26 ve Tablo 2-27'deki yüzdelik değerler, ilçelerin nüfusu baz alınarak normalleştirilmiştir. Böylece nüfusa göre ağırlıklı ortalama değerler hesaplanmıştır. Tablo 2-28'deki değerler, yapılacak diğer çalışmalarda kullanılabilir Karabük İli'nin genelini temsil eden ortalama bir değer olarak değerlendirilebilir.

Tablo 2-28. Karabük İli için değerler (Nüfusa Göre Ağırlıklı Ortalama)

ATIK BİLEŞENLERİ	YAZ DÖNEMİ, %	KIŞ DÖNEMİ, %
Mutfak Atıkları	38,28	40,60
Kağıt	5,72	14,82
Karton (Tetrapak)	4,04	5,67
Hacimli Karton	2,11	4,31
Plastik	19,53	12,76
Cam	3,05	7,06
Metal	0,82	1,22
Hacimli Metal	0,22	0,02
Elektronik Atıkları	0,82	0,45
Tehlikeli Atık	0,76	-
Park ve Bahçe Atıkları	3,45	0,16
Diğer Yanamayan	0,98	0,32
Diğer Yanabilen	13,58	6,31
Diğer Yanabilen Hacimli	-	1,01
Diğer Yanamayan Hacimli	6,62	-
Diğer	0,02	0,02
Kül	-	5,26
TOPLAM	100,00	100,00



Şekil 2-39. Karabük ili geneli yaz ve kış dönemi atık bileşenleri dağılımı

Bunun yanı sıra numunelerden alınan örneklerin mutfak atıklarının kurutulması ile elde edilen su muhtevalarına ilişkin analizlerin sonuçları Tablo 2-29'da verilmektedir. Farklı katı atık numunelerinden alınan mutfak atıklarının 800-900 gram kadarı 103°C'de kuruyana kadar tutulmuş (48-72 saat) ve kaybedilen ağırlık numunenin su muhtevası olarak kaydedilmiştir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 66 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 2-29. Numunelerin ortalama su içerikleri

SAHA	SU (NEM) MUHTEVASI (%)
Karabük	76,9
Safranbolu	75,6

Görüldüğü üzere kompozisyon dağılımı içinde ağırlıkça en fazla olan atık grubu hem yaz hem de kış mevsiminde mutfak atıklarıdır (%38,18 ve %40,60). İlçe bazındaki sonuçlar Karabük Merkez ve Safranbolu'daki tüketim alışkanlıklarının Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık ilçelerinden farklı olduğunu göstermektedir. Yazın Karabük Merkez ve Safranbolu'da mutfak atıkları %32-35 civarında iken Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık ilçelerinde %52-62 değerlerindedir. Kışın evsel katı atıklar arasında önemli miktarda külün bulunması, Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık ilçelerinde mutfak atıklarının yüzdelik değerini düşürmüştür.

Karabük İli'nin toplam nüfusuna kıyasla oldukça büyük bir üniversite öğrencisi nüfusu Karabük Üniversitesi'nde öğretim görmektedir (2017 verilerine göre toplam 51.340 öğrenci). Sonuçlar değerlendirilirken bu yoğun öğrenci nüfusunun tüketim alışkanlıkları göz önünde bulundurulmalıdır. 37.957 öğrenci Karabük Merkez ilçesindeki kampüste öğretim görmektedir. Ayrıca Safranbolu'nun turistik bir yerleşim birimi olduğu dikkate alınmalıdır.

Kağıt grubundaki atıkların oranı yaz sonuçlarına göre kış sonuçlarında oldukça yükselmiştir. Karabük Merkez ve Safranbolu ilçelerinde evsel atıklar arasında küle rastlanmamıştır ancak az nüfusu olan 4 ilçede (Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık) kış mevsiminde yapılan analizlerde külün ağırlıkça oranı yüksektir; bu da genel sonuçlara %5,26 değeri olarak yansımıştır.

Plastik ve kağıtların oranındaki yüksek değişim dikkat çekmektedir. Plastiklerin oranı yaz mevsiminde daha yüksektir; kağıtların oranının ise kışın arttığı tespit edilmiştir. Kış sezonundaki kâğıt grubundaki atıkların yoğun miktarda nem içerdiği gözlemlenmiştir.

Karabük Merkez ve Safranbolu ilçelerinde "diğer yanabilen" grubunun tamamına yakını bebek bezi ve tekstil ürünlerinden meydana gelmektedir. Kışın kül çıkan 4 ilçede (Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık) ise ayrıca bol miktarda kül çuvalının evsel atıklar içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 67 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

3. ATIK TAŞIMA MALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Metodoloji

Bu iş paketinin konusu; belediyeler, mahalli idare birlikleri ve il özel idareleri olmak üzere evsel katı atık idarelerinin; atıkların toplanması, doğrudan ve dolaylı olarak aktarma istasyonuna kadar ve/veya aktarma istasyonundan geri kazanım ve bertaraf tesisine taşınması, aktarma istasyonları, geri kazanım ve bertaraf tesislerinin kurulması ve işletilmesi hizmetlerini kapsayan atık üreticilerine sağlanan tüm hizmetlerin bölgesel olarak evsel katı atık idareleri bazında; arge çalışması yapılarak mevcut durumdaki maliyetlerinin belirleneceği, söz konusu maliyetlerin optimum seviyede olabilmesi için hazırlanacak tedbir ve planlamalardır.

27.10.2010 tarih ve 27742 numaralı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Atıksu Altyapı ve Evsel Katı Atık Bertaraf Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik” ve bu Yönetmeliğe bağlı olarak üretilen “Evsel Katı Atık Tarifelerinin Belirlenmesine Yönelik Klavuz” da verilen genel prensipler dikkate alınmıştır. Yönetmeliğin geçici 1. maddesine göre evsel katı atık idareleri, yayım tarihinden itibaren bir yıl içerisinde Yönetmelik’te belirtilen şartlara uyum sağlamakla yükümlüdürler. Buna göre, belediyelerin ve belediye birliklerinin, belediye meclisleri tarafından belirlenecek tarifeye göre, atıksu toplama, arıtma ve bertaraf ücreti ile katı atık toplama, taşıma ve bertaraf ücreti alması yükümlülüğü 26.10.2011 tarihi itibarıyla başlamış; 3 defa ötelenerek en son 30.12.2015 tarihli Resmi Gazetede yapılan değişiklikle tüm evsel katı atık idarelerine 31/12/2016 yılının sonuna kadar süre verilmiştir. Evsel katı atık idareleri, toplam sistem maliyetini belirledikten sonra, bu maliyetin kirleten öder ilkesine göre farklı atık üreticilerine dağıtılmasına dair esasları belirlemelidirler. Klavuz’a göre, kullanılan sistemin atık üreticisi için daha kabul edilebilir ve anlaşılır olması için, katı atık tarifelerinin belirlenmesinde su tüketiminin baz olarak kullanılmaması gerekmektedir. Bunun yerine, konteyner büyüklüğü, toplama sıklığı gibi faktörlere bağlı basit bir hesaplamayla atık miktarları belirlenerek tarife ayarlanması önerilmektedir.

Klavuz’a göre;

Evsel katı atık hizmetlerinin tam maliyeti, malzeme, yakıt, elektrik, sabit varlıklar ve personel kullanımından doğan maliyetlerin yanı sıra hizmetin sağlanması sırasında ortaya çıkan diğer maliyetleri de kapsamaktadır. Hizmetin tam maliyeti evsel katı atık idaresinin finansman ve yatırım faaliyetleri ile ilişkili maliyetlerini içerebilir. Bunlar; finansman kaynaklarının kullanımı; gayrimenkul satın alması veya tahsisi; sabit varlıkların tedariği, rehabilitasyonu, yenilenmesi ve iyileştirilmesi veya tesisin genişletilmesi için tüm yıl boyunca planlanan nakit ödemeler, hizmet sağlanması sırasında tahakkuk eden diğer maliyetler ve düzenli depolama sahaları için kapatma ve kapatma sonrası izleme faaliyetleri ile ilişkili maliyetlerdir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 68 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Hizmetin tam maliyeti, evsel katı atık tarifelerini sistemin düzgün işletilmesini ve sürdürülebilirliğini sağlayacak seviyenin üzerine çıkarabilecek ve sunulan hizmetle bir bağlantısı olmayan maliyetleri içermez. Bu maliyetler aşağıda sıralanmıştır.

a) Evsel katı atık idarelerinin yönetim hatalarından kaynaklanan cezalar, gecikme faizleri;

sözleşme ihlallerinden doğan ve ödenen cezalar (faturanın geç ödenmesi, vergi mevzuatının ihlali vb.);

b) Personel ile ilgili sosyal tesislerin (lojman, misafirhane, kreş vb.) işletme ve bakımından kaynaklanan maliyetler;

c) Malzeme ve üretim hatalarından kaynaklanan zarar ve kayıplar; (örn. hatalı stoklamadan doğan zarar, satın alınan malzemenin hatalı çıkması)

d) İşletme sürecindeki kişisel ve yönetimden kaynaklı hatalar veya güvenlik kurallarının ihlali sonucu oluşabilecek maliyetler;

e) Çeşitli sponsorluklar ve yardımlar.

Kılavuz'da tarife hesaplama ilkeleri, maliyetlerin hesaplanma yöntemleri, tarifelerin belirlenmesi, tarife kontrol ve onay süreci, faturalama ve muhasebeleştirme ile ilgili kapsamlı bilgi yer almaktadır. "Atıksu Altyapı ve Evsel Katı Atık Bertaraf Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik" gereğince; evsel katı atıklar için toplama, taşıma, aktarma, geri kazanım (kompost, yakma) ve bertaraf tesislerinin kurulması, işletilmesi, kapatılması ve kapatma sonrası izlenmesi ve bakımına ait tam maliyet esaslı tarifelerin belirlenerek su faturası ile birlikte tahsil edilmesi gerekmektedir. Bu Yönetmelik (ve Kılavuz) gereği, ülke genelindeki Belediyelerin çoğu evsel katı atık tarife bedellerini belirlemiştir.

Bu iş paketi kapsamında Bartın-Karabük ve Zonguldak illerinde bulunan evsel atık idarelerinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı hakkında mevcut durumun belirlenmesine yönelik olarak saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları kapsamında, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri ve BAKKA koordinasyonunda, il belediyeleri, ilçe belediyeleri, belde belediyeleri, il özel idareleri ve ilgili mahalli idare birlikleri olmak üzere evsel katı atık idaresi temsilcilerinin katılımı ile toplantılar düzenlenmiş ve sahada veri toplama çalışmaları yürütülmüştür. Çalışma kapsamında veri temini için hazırlanan anket formlarında aşağıda belirtilen bilgiler sağlanmaya çalışılmıştır;

- Atık toplama ve taşıma sistemi mevcut durumu (konteyner sayısı-kapasitesi, araç sayısı-kapasitesi, personel sayısı, toplama-taşıma mesafeleri vb.)
- Ambalaj atıkları dahil olmak üzere; kullanılan konteynırların ve/veya atık kumbaralarının sayısı,



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 69 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

- Kamyonların atık toplama güzergahı,
- Konteynırlardan toplanan atıkların varsa aktarma istasyonuna getirilmesi, konteynırlardan veya aktarma istasyonundan alınan atıkların düzenli depolama sahasına getirilmesi için kullanılan sistem ile maliyet kalemlerini oluşturan sabit varlıklar,
- Kamyon sayısı, semi-treyler sayısı, konteynır sayısı,
- Toplama süresince kamyonların yakıt tüketimi, transfer süresince aktarma istasyonu varsa kamyonların ve semi-treylerin yakıt tüketimi, konteynır toplama sıklığı-araç sefer sayısı,
- Yatırım giderleri (sabit varlıkların amortisman giderleri, araç maliyeti, konteynır maliyeti),
- İşletme giderleri (personel, araç bakımı, konteynır bakımı), her bir evsel katı atık idaresi
- Atık İşleme Tesisleri İlk Yatırım Maliyetleri (Aktif-inşa halinde-planlanan aktarma istasyonları, ambalaj atığı toplama ayırma tesisi, kompost- biyogaz- yakma- düzenli depolama tesisleri vb.)
- Atık İşleme Tesisleri İşletme Maliyetleri (İşletme maliyetleri, amortisman giderleri ve maddesel geri kazanım ve enerji satışı gelirleri)

Sahaya ait verilerin toplanması için atık toplama altyapısı ve sistemine ait anket formları oluşturulmuş ve 3 ilde aşağıdaki tabloda verilen tüm evsel katı atık idarelerine gönderilmiştir.

Tablo 3-1. Anket gönderilen BAKKA Belediyeleri

Ait Olduğu İl	Ait Olduğu İlçe	Yerleşim Adı	İdari Durumu	2017 Nüfus
Bartın	Merkez	HASANKADI	Belde	2.140
Bartın	Ulus	KUMLUCA	Belde	2.119
Bartın	Merkez	KOZCAĞIZ	Belde	7.096
Bartın	Ulus	ABDİPAŞA	Belde	2.581
Bartın	Ulus	ULUS	İlçe	3.218
Bartın	Merkez	MERKEZ	İlçe	71.485
Bartın	Amasra	AMASRA	İlçe	6.589
Bartın	Kurucaşile	KURUCAŞİLE	İlçe	1.828
Bartın TOPLAM				97.056
Karabük	Yenice	YORTAN	Belde	2.167
Karabük	Eskipazar	ESKİPAZAR	İlçe	6.743
Karabük	Ovacık	OVACIK	İlçe	574
Karabük	Merkez	MERKEZ	İlçe	119.548
Karabük	Yenice	YENİCE	İlçe	9.170
Karabük	Safranbolu	SAFRANBOLU	İlçe	48.382
Karabük	Eflani	EFLANİ	İlçe	2.033
Karabük TOPLAM				188.617
Zonguldak	Alaplı	ALAPLI	İlçe	20.259
Zonguldak	Alaplı	GÜMELİ	Belde	1.758
Zonguldak	Çaycuma	ÇAYCUMA	İlçe	27.457
Zonguldak	Çaycuma	FİLYOS	İlçe	4.952



TÜBİTAK

MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

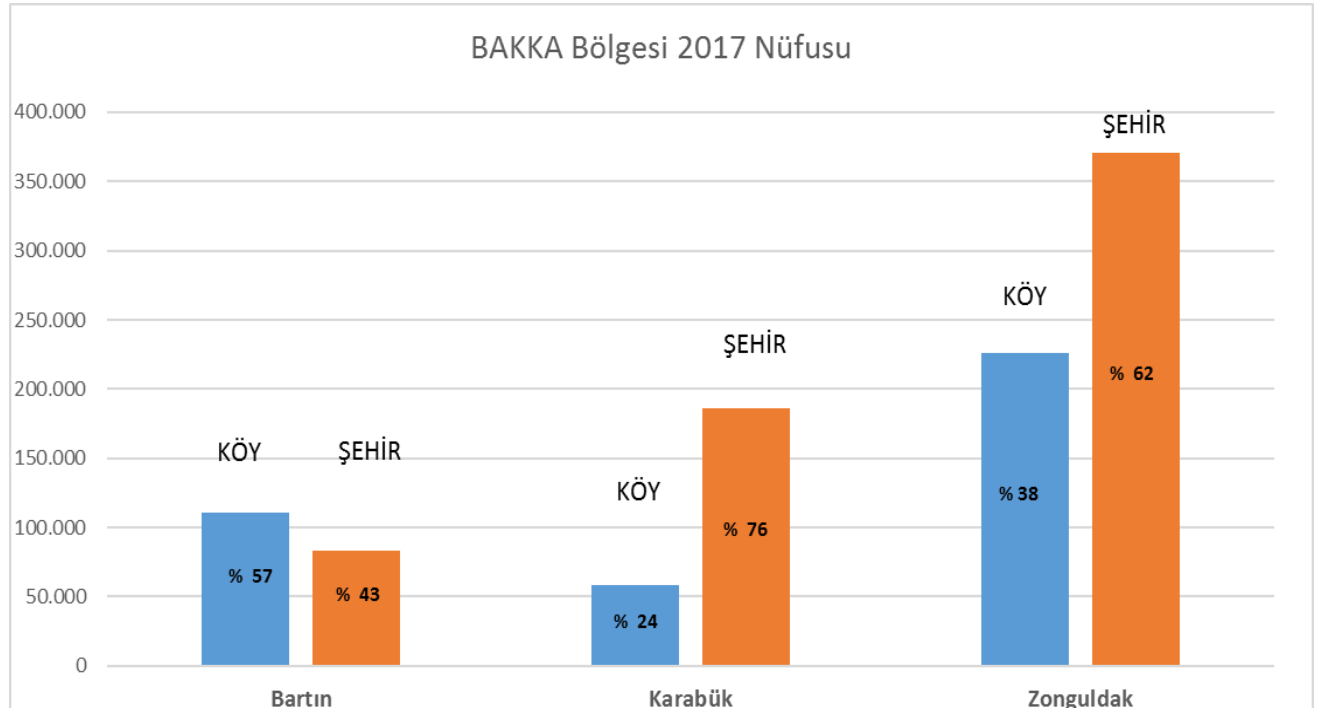
Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 70 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Zonguldak	Çaycuma	KARAPINAR	Belde	2.368
Zonguldak	Çaycuma	NEBİOĞLU	Belde	2.080
Zonguldak	Çaycuma	PERŞEMBE	Belde	2.557
Zonguldak	Çaycuma	SALTUKOVA	Belde	4.930
Zonguldak	Devrek	ÇAYDEĞİRMENİ	Belde	6.089
Zonguldak	Devrek	DEVREK	İlçe	27.110
Zonguldak	Ereğli	EREĞLİ	İlçe	118.030
Zonguldak	Ereğli	GÜLÜÇ	Belde	8.032
Zonguldak	Ereğli	KANDİLLİ	Belde	3.044
Zonguldak	Ereğli	ORMANLI	Belde	2.278
Zonguldak	Gökçebeş	BAKACAĞKADI	Belde	2.953
Zonguldak	Gökçebeş	GÖKÇEBEŞ	İlçe	8.239
Zonguldak	Merkez	BEYCUMA	Belde	3.399
Zonguldak	Merkez	ÇATALAĞZI	Belde	7.251
Zonguldak	Merkez	ELVANPAZARCIK	Belde	2.953
Zonguldak	Merkez	GELİK	Belde	3.012
Zonguldak	Merkez	KARAMAN	Belde	2.117
Zonguldak	Merkez	KİLİMLİ	İlçe	21.177
Zonguldak	Merkez	KOZLU	İlçe	40.375
Zonguldak	Merkez	MERKEZ	İlçe	108.424
Zonguldak	Merkez	MUSLU	Belde	1.812
Zonguldak TOPLAM				432.656
Genel TOPLAM*				718.329

* Köy nüfusları hariçtir

Çalışma bölgesine ait güncel nüfus dağılımı grafikleri Şekil 3-1'de verilmiştir.



Şekil 3-1. BAKKA Bölgesi İlleri nüfus dağılımı (Kaynak:TÜİK, 2017)



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 71 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü üzere, bölgede Zonguldak ve Karabükte şehir nüfusu (%62 ve %76), kırsal nüfusa göre (%38 ve %24) baskın olup; bu durum Bartında tam tersidir (% 42 şehir nüfusuna %58 kırsal nüfus). Bölgede her ne kadar İl Özel İdarelerinin kırsal kesimden atık toplamaya yönelik çabaları mevcutsa da, bu çalışmada kurulması düşünülen atık yakma tesisine şehirlerden kaynaklanan belediye atıklarının taşınacağı esas Kabul edilmiş, tüm kırsal kesimden taşınması durumu seçenek olarak değerlendirilmiştir.

Evsel Katı Atık İdareleri'nden talep edilen verinin tüm idarelerden olması gereken kalitede gelmemesi ve geri dönüş oranının düşük olması üzerine Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılarak eksik veriler belirlenmiştir.

Yerleşim yerlerinde atık toplanması ve taşınmasının yapılacağı sokak uzunlukları aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiş olup, hesaplamalarda güvenilir bir veri seti olarak kullanılacaktır.

1) Yol katmanı olarak ücretsiz, web'den indirilebilen "OpenStreetMaps" (OSM) verisi kullanılmıştır. Tüm Türkiye'nin OSM uzantılı verisi www.geofabrik.de sitesinden indirilmiştir. Daha sonra akıllı yol ağı verisi ESRI Arcmap OSM araçlarıyla FGDB yol ağı verisi formatına dönüştürülmüştür. Yol ağı verisiyle aşağıda belirtilen tüm yol ağı analizleri en hızlı (zaman) veya en kısa (mesafe) metodlarından biri kullanılarak yapılabilmektedir.

İki nokta arası rotalama, bir rota üzerinde en optimum şekilde nokta ziyaret sıralarının belirlenmesi, servis alan/bölgelerinin belirlenmesi, potansiyel tesis yerleri arasından belirlenecek bir metodolojiye göre en fizibil tesis yerlerinin belirlenmesi ve filo araçlarının toplam taşıma sisteminin maliyetini minimize edecek şekilde yönlendirilmesi gibi analizler yapılabilmektedir.

2) T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan temin edilen CORINE 2012 arazi örtüsü verisi ve OpenStreetMaps Yerleşim Yerleri Alanları verisini kullanarak yerleşim alanları belirlenmiştir.

Verinin oluşturulmasında aşağıdaki CORINE sınıfları kullanılmıştır;

111 - Sürekli Şehir Yapısı

112 - Kesikli Şehir Yapısı

141 - Yeşil Şehir Alanları

142 - Spor ve Eğlence Alanları

OpenStreetMaps verisinden "Residential-yerleşim yeri" olarak verilen alanlar da bu veriye entegre edilerek, sonuç yerleşim yerleri alansal CBS verisi oluşturulmuştur.

3) İlçe Sınırları ve İlçe Merkezleri verisinin oluşturulması;



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 72 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen güncel ilçe sınırları verisi ile TYYVT (Türkiye Yerleşim Yerleri Veri Tabanı) yerleşim merkezleri noktasal verisi kullanılmıştır.

Harita Genel Komutanlığı'nın ilçe sınırları verisi deniz kıyılarında hassas olmadığı için, öncelikle OpenStreetMaps verisinden çekilen deniz kıyısı sınırları ilçe sınırları verisine CBS araçları kullanılarak entegre edilmiştir.

Analizde istenen ilçe merkezi ve ilçe merkezi dışındaki köy, belde ve mahallelerin yerleşim alanlarının (lekelerinin) belirlenmesi için ilçe merkezi noktasal verisi ve yerleşim alanları ile ilçe sınırları CBS ortamında karşılaştırılarak ilçe bazlı olarak ilçe merkezi ve ilçe merkezi dışındaki yerleşim alanları verisi oluşturulmuştur.

İlçe merkezinden kopuk olan mahalleler olabileceğinden analiz 3 farklı şekilde yapılmıştır;

i) Sadece ilçe merkezinin isabet ettiği lekeyi ilçe merkezi kabul ederek; (Güvenilir aralıkta kalmak için sadece ilçe merkezlerinden atık toplandığı kabulü ile bu veri kullanılmıştır)

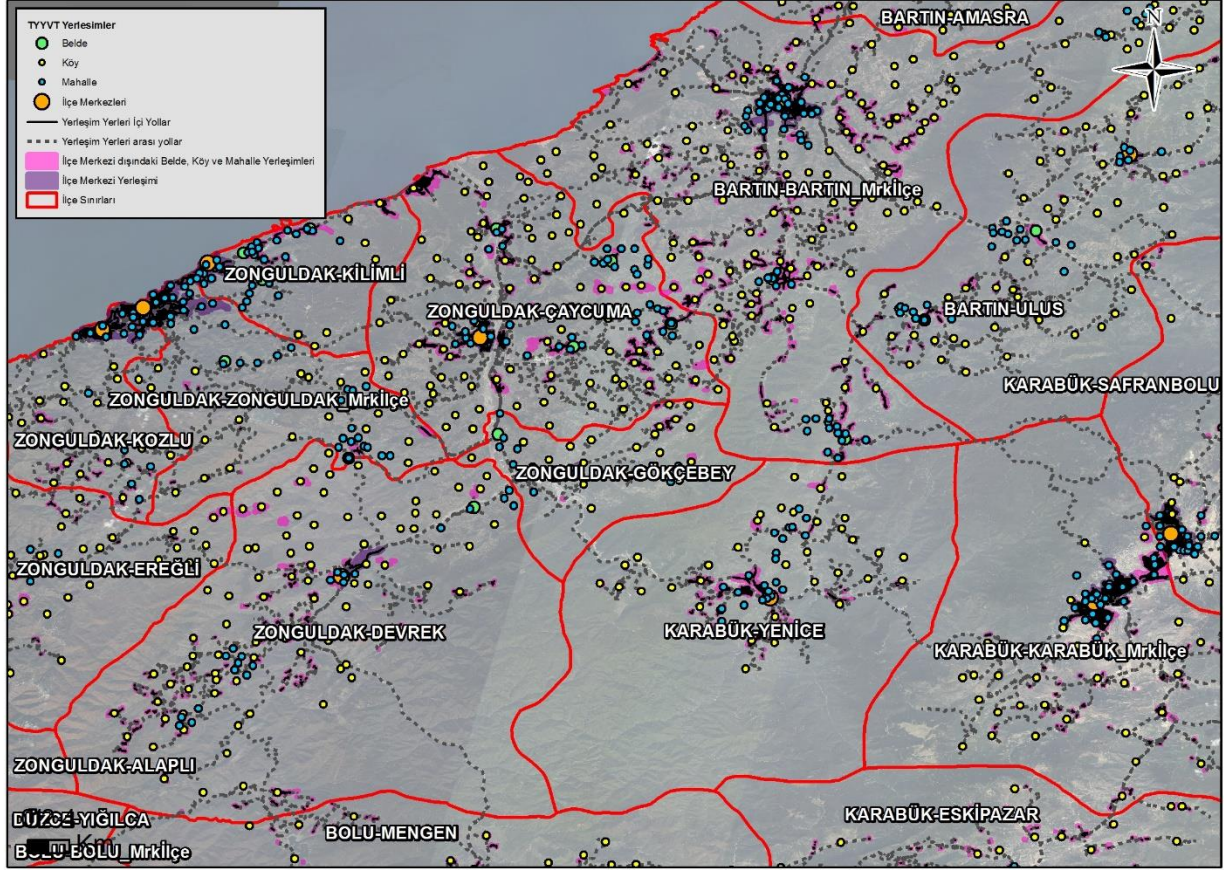
ii) İlçe merkezinin isabet ettiği leke ve 500 metre civarındaki lekeleri ilçe merkezi kabul ederek;

iii) İlçe merkezinin isabet ettiği leke ve 1 kilometre civarındaki lekeleri ilçe merkezi kabul ederek.

4) Gelişmiş CBS araçları kullanarak bu belirlenen lekelerin içinde kalan toplam yol uzunlukları (2 boyutlu olarak ve topoğrafyayı dikkate almadan) analiz edilerek, sonuçlar excel tablosuna yazdırılmıştır.

5) OpenStreetMaps verisinde bazı eksiklikler olabilmektedir sonuçlar yaklaşıktır, ancak yine de güvenilir bir veri setidir. İlerleyen zamanlarda nihai fizibilite çalışmasının yüksek doğrulukta yapılması açısından ticari olarak satın alınabilen yol ağı verisinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Türkiye'de HERE (NAVTEQ), TOMTOM ve Başarsoft gibi firmalar bu yol ağı verilerini temin edebilmektedir. Yukarıda belirtilen veri setleri gün ve saat bazında daha hassas yol ağı analizler yapılmasını sağlayan geçmiş trafik bilgisi ile beraber gelebilmektedir.

Şekil 3-2'de verilen sayısal haritada çalışılan alanlar ve verilere ait örnek görülmektedir.



Şekil 3-2. Bölge genelinde çalışma yapılan alanlara ait örnek sayısal harita

3.2. Kapsam

Bu iş paketi kapsamında yapılan çalışmalar ana hatları ile aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Atık Toplama ve Taşıma Sistemi

Evsel katı atık idaresinin; atıkların toplanması, geri kazanım ve/veya bertaraf tesislerine taşınması, aktarma istasyonu kullanılması durumunda; aktarma istasyonuna kadar ve/veya aktarma istasyonundan geri kazanım ve bertaraf tesisine taşınması çalışmalarındaki mevcut durumu ortaya konulmuştur.

3.2.2. Atık Bertaraf Tesisleri

Evsel katı atık idarelerinde mevcut durumda işletilmekte olan aktarma istasyonları, ambalaj atığı toplama ayırma tesisi, kompost, biyogaz, yakma gibi diğer geri kazanım ve ön işlem tesisleri ile atıkların bertarafının sağlandığı düzenli depolama tesislerinin ilk yatırım maliyetleri ortaya konulmuştur. Aktarma istasyonları ve düzenli depolama tesisleri için aktif, yapımı/yer seçimi devam eden veya planlama halinde olanlar raporda belirtilmiş, ancak mevcut maliyetlerin hesaplanmasında henüz faaliyete geçmemiş olanlar dikkate alınmamıştır. Diğer atık işleme tesisleri için de sahada ilk



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 74 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

yatırım maliyetleri hakkında bilgi alınmaya çalışılmış literatürden de ortalama maliyetler elde edilmiştir.

3.2.3. Atık İşleme Tesisleri

Evsel katı atık idarelerinde mevcut durumda işletilmekte olan aktarma istasyonları, ambalaj atığı toplama ayırma tesisi, kompost, biyogaz, yakma gibi diğer geri kazanım ve ön işlem tesisleri ile atıkların bertarafının sağlandığı düzenli depolama tesislerinin ilk yatırım maliyetleri elde edilmeye çalışılmıştır.

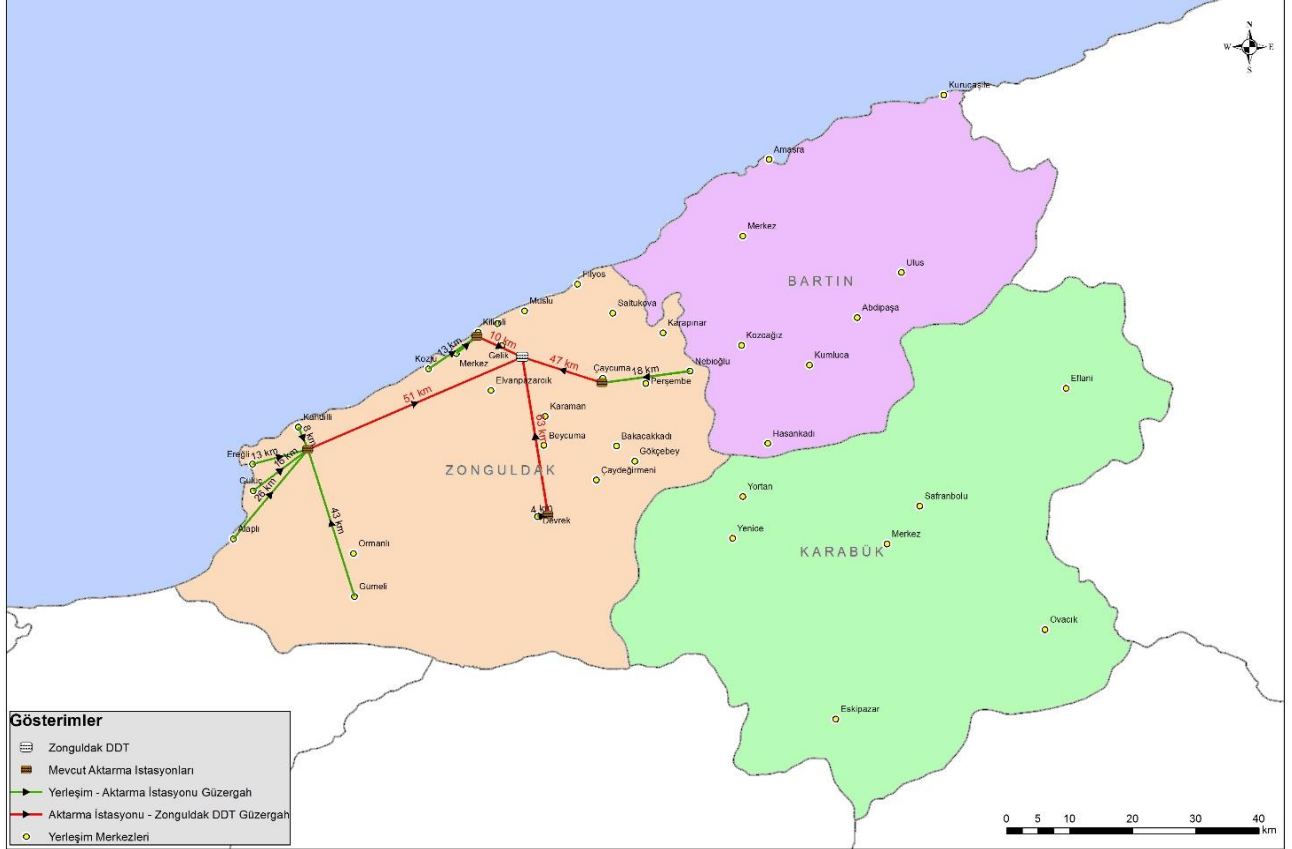
Bahsi geçen geri kazanım, ön işlem ve bertaraf tesislerinin işletme maliyetleri, amortisman giderleri ve maddesel geri kazanım ve enerji satışı gelirleri, ÇŞB, Kalkınma Bakanlığı, Avrupa Birliği ve diğer kaynaklardan alınan hibeler ve yararlanılan teşvikler ortaya konulmuştur. Bu tesislerin kamu yada özel sektör tarafından işletilme durumları, mevcut işletme sorunları, karşılaşılan idari,yasal sorunlar ve öneriler saha çalışmasında mümkün olabildiği kadar çok tesise ulaşılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Ancak satış gelirleri ve işlenen atık bilgileri, ticari sır olduğu gerekçesiyle çoğunlukla verilmemiştir. Bu konu, pazar araştırması ve finansal analizlerle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

3.3. Elde Edilen Bulgular

Çalışılan illerde evsel katı atık idareleri bazında elde edilen mevcut durum verileri vasıtasıyla oluşturulan tablolar, her bir idare/birlik bazında EK olarak verilmiştir.

3.4. Mevcut Durumda Toplama-Taşıma Maliyetleri

BAKKA bölgesinde bulunan 3 ilde atık toplama, taşıma ve bertarafına ilişkin mevcut durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Harita, her 3 ilde bulunan (beldeler dahil) toplam 40 adet Belediyeden elde edilen yazılı-sözlü beyanlar değerlendirilerek oluşturulmuştur.



Şekil 3-3. BAKKA Bölgesinde mevcut durumda atık toplama-taşıma ve bertarafı

Şekilden de görüleceği üzere bölgede bulunan illerden sadece Zonguldak'ta atık toplama, taşıma ve bertarafında belirli bir sistem kurulmuştur. Karabük'te yapımı devam eden düzenli depolama sahası, yapım esnasında meydana gelen teknik sorunlar sebebiyle yargı sürecinde olup, henüz taşıma ve bertarafa ilişkin bir sistem kurulamamıştır. Bartın'da ise henüz düzenli depolama sahası oluşturulmamıştır. Her iki ilde de atıklar ilgili yerleşimlere belirli mesafelerde bulunan düzensiz depolama sahalarına taşınmaktadır. Bununla birlikte hem Karabük hem de Bartın'da köyler dahil olmak üzere atık toplama sistemi çalışmaktadır.

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 76 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 3-2. Bartın İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2017)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Normal Sezon Atık Miktarı* (ton/gün) - Nüfusa göre -	TOPLAM YILLIK Atık Miktarı (ton/yıl)	2,5-7,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>7,5-12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	Toplama Aracı İlik Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Onarım Maliyeti (TL/yıl)	Toplama Personeli şoför+işçi Sayısı (kişi)	YILLIK Personel Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Taşıma Mesafesi (km) (km)**	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.ay)
ABDİPAŞA	2.581	3	3	3	1.044	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	32	29.200	35.040	125.740	120	16,2
AMASRA	6.589	6	6	7	2.645	2	2	0	650.000	32.500	16	414.000	77	69.898	83.877	600.275	227	30,4
HASANKADI	2.140	2	2	2	859	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	49	44.713	53.655	159.868	186	24,9
KOZCAĞIZ	7.096	8	8	8	2.849	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	39	5,2
KUMLUCA	2.119	3	5	2	1.679	1	0	0	150.000	7.500	3	78.000	61	55.206	66.248	206.954	123	32,6
KURUCAŞİLE	1.828	1	1	2	734	2	0	0	300.000	15.000	6	156.000	86	78.475	94.170	343.645	468	62,7
MERKEZ	71.485	60	80	79	29.200	3	4	0	1.150.000	57.500	40	1.020.000	140	127.385	152.862	1.357.747	46	6,3
ULUS	3.218	9	9	4	3.285	1	0	1	350.000	17.500	6	156.000	80	72.909	87.491	333.899	102	34,6
TOPLAM	97.056	92	113	107	42.295	12	6	1	3.050.000	152.500	77	1.986.000	549	500.598	600.717	3.239.815		

* Oluşması beklenen değer olup, TÜİK'in kişi başı atık verilerinden hesapla türetilmiştir (yerleşim yeri türüne göre kabuller yapılarak)

** Tüm ilçe-beldelerin atıklarını Bartın'da (yapılacak) düzenli depolama tesisine taşıdığı kabul edilmiştir (mesafeler Belediyelerden temin edilmiştir)

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 77 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 3-3. Karabük İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2017)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Normal Sezon Atık Miktarı* (ton/gün) - Nüfusa göre -	TOPLAM YILLIK Atık Miktarı (ton/yıl)	2,5-7,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>7,5-12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	Toplama Aracı İlik Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Onarım Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Personel Sayısı (kişi)	YILLIK Personel Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Mesafe (km)**	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.ay)
EFLANİ	2.033	4	7	2	2.555	1	0	0	150.000	7.500	4	102.000	90	82.125	98.550	290.175	114	47,6
ESKİPAZAR	6.743	11	11	7	3.869	0	0	1	200.000	10.000	6	156.000	57	51.921	62.306	280.227	72	13,9
MERKEZ	119.548	113	113	132	47.999	4	5	1	1.675.000	83.750	35	900.000	381	347.371	416.845	1.747.965	36	4,9
OVACIK	574	3	4	1	1.460	0	1	0	175.000	8.750	2	54.000	55	49.731	59.678	172.159	118	100,0
SAFRANBOLU	48.382	51	60	53	21.900	1	4	0	850.000	42.500	57	1.416.000	132	120.742	144.890	1.724.132	79	11,9
YENİCE	9.170	7	10	10	3.682	2	1	1	675.000	33.750	10	252.000	172	156.950	188.340	631.040	171	22,9
YORTAN	2.167	1	1	2	870	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	50	45.625	54.750	161.875	186	24,9
TOPLAM	188.617	188	206	207	82.334	9	11	3	3.875.000	193.750	116	2.934.000	936	854.465	1.025.358	5.007.573		

* Oluşması beklenen değer olup, TÜİK'in kişi başı atık verilerinden hesapla türetilmiştir (yerleşim yeri türüne göre kabuller yapılarak)

** ** Tüm ilçe-beldelerin atıklarını Karabük'te (yapılacak) düzenli depolama tesisine taşıdığı kabul edilmiştir (mesafeler Belediyelerden temin edilmiştir)

Tablo 3-4. Zonguldak İli mevcut durumda atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2017)	Normal Sezon Atık (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık (ton/gün)	Normal Sezon Atık * Nüfus (ton/gün)	YILLIK Atık (ton/yıl)	2,5-7,5 m3 Toplama Aracı (adet)	>7,5-12,5 m3 Toplama Aracı (adet)	>12,5 m3 Toplama Aracı (adet)	Toplama Aracı İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Şoför+işçi Sayısı (kişi)	YILLIK Personel Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Mesafe (km)	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.ay)
ALAPLI	20.259	17	21	22	8.134	0	0	2	400.000	20.000	22	540.000	89	81.213	97.455	738.668	91	12,2
BAKACAKKADI	2.953	3	3	3	1.186	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	94	12,6
BEYCUMA	3.399	4	4	4	1.378	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	81	11,0
ÇATALAĞZI	7.251	8	8	8	3.011	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	37	5,1
ÇAYCUMA	27.457	25	30	30	11.024	1	2	0	500.000	25.000	18	468.000	80	73.365	88.038	654.403	59	7,9
ÇAYDEĞİRMENİ	6.089	7	7	7	2.621	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	43	6,1
DEVREK	27.110	27	32	30	11.680	0	2	3	950.000	47.500	46	1.140.000	234	213.525	256.230	1.657.255	142	20,4
ELVANPAZARCI	2.953	1	1	3	1.186	0	0	1	200.000	10.000	3	78.000	46	41.519	49.823	179.341	151	20,2
EREĞLİ	118.030	110	110	130	47.389	5	7	0	1.975.000	98.750	226	5.676.000	584	532.900	639.480	6.967.130	147	19,7
FİLYOS	4.952	6	6	5	2.009	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	56	7,5
GELİK	3.012	3	3	3	1.236	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	90	12,4
GÖKÇEBEY	8.239	4	6	9	3.308	2	0	0	300.000	15.000	9	234.000	14	12.319	14.783	276.101	83	11,2
GÜLÜÇ	8.032	9	9	9	3.304	0	1	0	175.000	8.750	2	54.000	25	22.813	27.375	112.938	34	4,7
GÜMELİ	1.758	1	1	2	706	1	0	0	150.000	7.500	4	102.000	147	134.138	160.965	404.603	573	76,7
KANDİLLİ	3.044	3	2	3	1.222	2	0	0	300.000	15.000	5	132.000	20	18.250	21.900	187.150	153	20,5
KARAMAN	2.117	2	2	2	870	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	128	17,6
KARAPINAR	2.438	3	3	3	979	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	114	15,3
KİLİMLİ	21.177	35	35	23	12.775	0	2	0	350.000	17.500	7	180.000	67	60.955	73.146	344.101	27	5,4
KOZLU	40.375	40	50	44	18.250	1	3	1	875.000	43.750	18	468.000	53	48.363	58.035	618.148	34	5,1
MERKEZ	108.424	125	140	119	51.100	2	5	15	4.175.000	208.750	171	4.314.000	657	613.200	735.840	5.891.790	115	18,1
MUSLU	1.812	2	2	2	771	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	145	20,5
NEBİOĞLU	2.080	3	4	2	1.460	1	0	0	150.000	7.500	4	102.000	50	45.625	54.750	209.875	144	33,6
ORMANLI	2.278	3	3	3	935	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	119	16,3
PERŞEMBE	2.557	3	3	3	1.050	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	106	14,6
SALTUKOVA	4.930	3	4	5	1.979	1	1	0	325.000	16.250	3	78.000	17	15.695	18.834	128.779	65	8,7
TOPLAM	432.726	447	489	476	189.564	27	23	22	12.475.000	623.750	560	14.160.000	2.372	2.164.815	2.597.778	19.598.843		



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 80 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Planlama yapılırken aşağıdaki kriterler uygulanmıştır;

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Katı Atık Ana Planında verilen 50 km yarıçaplı maksimum atık taşıma mesafesi esas kabul edilmiştir. Bir başka deyişle atık taşıma mesafesi 50 km'yi aşan tüm yerleşimlerin bir aktarma istasyonu kullanması sağlanmıştır.
- Aktarma İstasyonları, nüfusu daha büyük yerleşim yerinde öncelikli olarak planlanmıştır.
- Aktarma İstasyonu İlk Yatırım Maliyetleri taşınan atık miktarı ve uygulanan teknolojiye bağlı olarak 50.000-250.000 USD arasında değişkenlik gösterebildiğinden, minimum sayıda yeni Aktarma Tesisine maksimum sayıda yerleşim merkezinin atık taşınması sağlanacak şekilde optimizasyon yapılmıştır.
- Günlük atık miktarı 100 ton olan yerleşim yerlerinde mutlaka aktarma istasyonu kurulması hedeflenmiştir.
- Aktarma İstasyonu tesis edilen yerlerde mevcut çöp toplama taşıma araçlarının sayısı, taşınan günlük katı atık miktarına göre daha büyük tonajlı olan araçların kullanılacağı düşünülerek belirlenmiş; taşıma mesafelerinin hesaplanmasında aktarma istasyonundan Çaycuma'ya sadece aktarma istasyonundan taşınacağı kabul edilmiştir.(Bazı durumlarda, örneğin Zonguldak-Çağdeğirmeni-Çaycuma mesafesi 19,8 km olduğundan, aktarma istasyonu olsa dahi doğrudan taşınacağı kabul edilmiştir)
- Çaycuma'daki olası yakma tesisine atık taşınacağı kabul edilerek, bölgede bulunan düzenli depolama alanlarının kullanılmayacağı kabul edilmiştir.

Yukarıdaki planlama ilkeleri doğrultusunda illerde oluşan yeni atık toplama ve taşıma maliyetleri aşağıda ki tablolarda gösterilmiştir.

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 81 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 3-5. Bartın İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2017)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün) - Nüfusa göre -	TOPLAM YILLIK Atık Miktarı (ton/yıl)	2,5-7,5 m ³ Toplama Aracı Sayısı (adet)	>7,5-12,5 m ³ Toplama Aracı Sayısı (adet)	>12,5 m ³ Toplama Aracı Sayısı (adet)	Toplama Aracı İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Onarım Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Şoför+işçi Sayısı (kişi)	YILLIK ŞOFÖR+İŞÇİ MALİYETİ (TL/Yıl)	Top.Taşıma Mesafesi (km) (km)*	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.ay)
ABDİPAŞA	2.581	3	3	3	1.044	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	26	23.908	28.689	114.097	109	14,6
AMASRA	6.589	6	6	7	2.645	0	2	0	350.000	17.500	16	414.000	68	62.415	74.898	568.813	94	12,6
HASANKADI	2.140	2	2	2	859	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	42	37.960	45.552	145.012	186	24,9
KOZCAĞIZ	7.096	8	8	8	2.849	0	1	0	175.000	8.750	2	54.000	19	17.429	20.915	101.093	37	4,9
KUMLUCA	2.119	3	5	2	1.679	1	0	0	150.000	7.500	3	78.000	34	30.934	37.121	153.554	91	23,3
KURUCAŞİLE	1.828	1	1	2	734	0	1	0	175.000	8.750	6	156.000	53	48.636	58.364	271.750	100	13,4
MERKEZ	71.485	60	80	79	29.200	0	4	4	1.500.000	75.000	44	1.128.000	94	85.775	102.930	1.431.705	24	3,2
ULUS	3.218	9	9	4	3.285	0	0	1	200.000	10.000	6	156.000	37	34.036	40.844	240.880	28	3,8
TOPLAM	97.056	92	113	107	42.295	3	8	5	2.850.000	142.500	81	2.094.000	374	341.093	409.311	3.026.904		

* Aktarma istasyonları veya 50 km'nin altında mesafede doğrudan Çaycuma Yakma Tesisine taşınma durumu için hesaplanmıştır

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 82 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 3-6. Karabük İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2016)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık Miktarı (ton/gün)	Normal Sezon Atık Miktarı (ton/gün) - Nüfusa göre -	TOPLAM YILLIK Atık Miktarı (ton/yıl)	2,5-7,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>7,5-12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	>12,5 m3 Toplama Aracı Sayısı (adet)	Toplama Aracı İlik Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Onarım Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Şoför+işçi Sayısı (kişi)	YILLIK ŞOFÖR+İŞÇİ MALİYETİ (TL/Yıl)	Top.Taşıma Mesafesi (km) (km)*	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.ay)
EFLANİ	2.033	4	7	2	2.555	0	1	0	175.000	8.750	4	102.000	49	44.439	53.327	208.515	61	8,2
ESKİPAZAR	6.743	11	11	7	3.869	0	0	1	200.000	10.000	6	156.000	39	35.861	43.034	244.895	49	6,5
MERKEZ	119.548	113	113	132	47.999	0	0	6	1.200.000	60.000	35	900.000	462	421.575	505.890	2.007.465	38	5,0
OVACIK	574	3	4	1	1.460	0	1	0	175.000	8.750	2	54.000	41	37.321	44.786	144.857	99	15,5
SAFRANBOLU	48.382	51	60	53	21.900	0	0	3	600.000	30.000	57	1.416.000	90	82.125	98.550	1.626.675	68	9,1
YENİCE	9.170	7	10	10	3.682	0	0	1	200.000	10.000	10	252.000	49	44.439	53.327	359.765	44	5,9
YORTAN	2.167	1	1	2	870	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	59	53.929	64.715	180.143	267	35,7
TOPLAM	188.617	188	206	207	82.334	1	2	11	2.700.000	135.000	116	2.934.000	789	719.689	863.627	4.772.315		

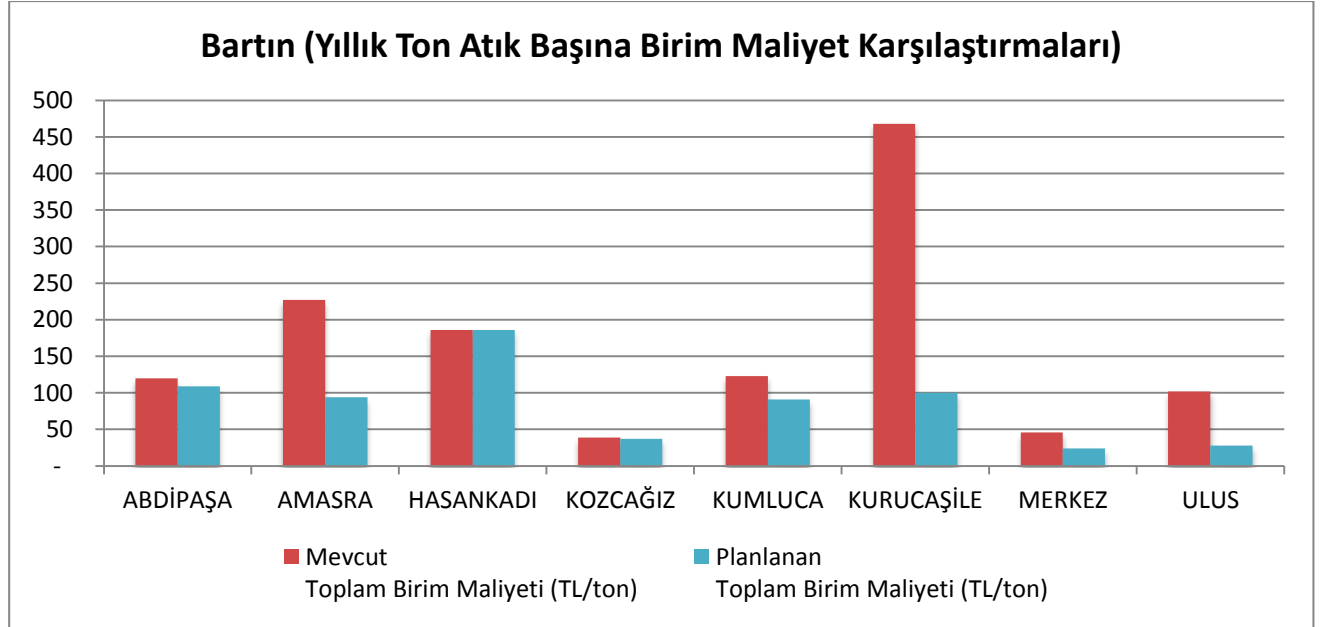
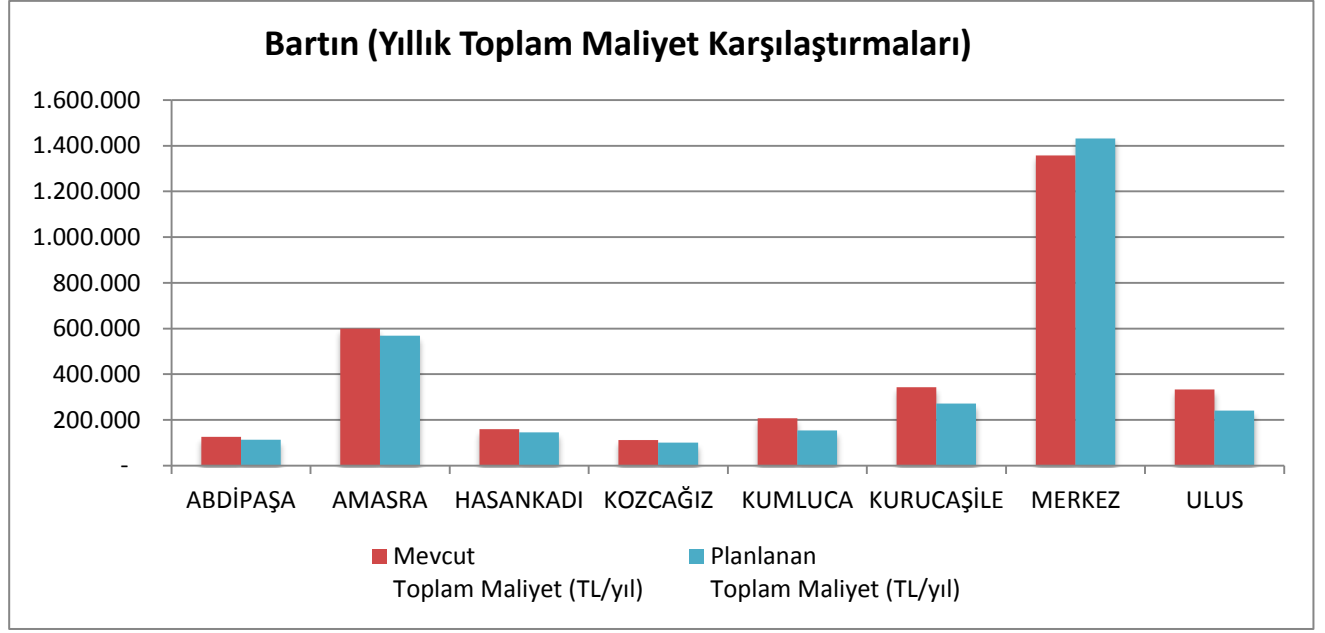
* Aktarma istasyonları veya 50 km'nin altında mesafede doğrudan Çaycuma Yakma Tesisine taşıma durumu için hesaplanmıştır

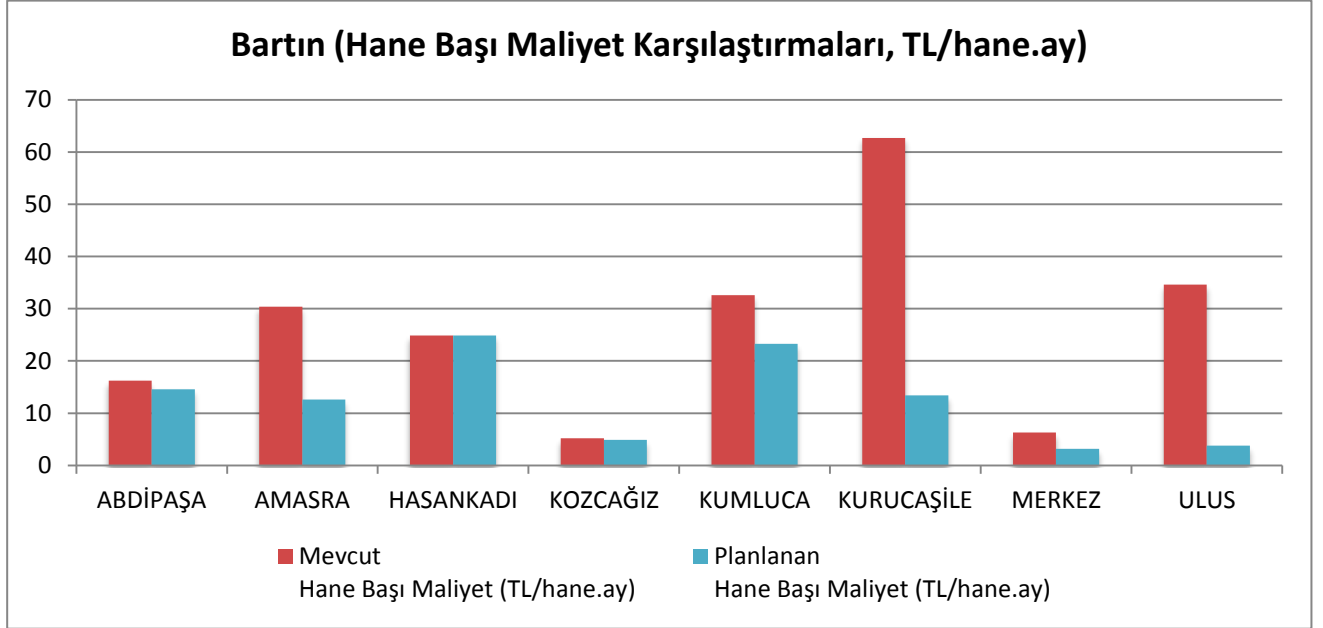
Tablo 3-7. Zonguldak İli planlanan Çaycuma yakma tesisine atık toplama-taşıma maliyetleri

Yerleşim	Nüfus (2016)	Normal Sezon Atık (ton/gün)	Yoğun Sezon Atık (ton/gün)	Normal Sezon Atık (ton/gün) - Nüfus	TOPLAM YILLIK Atık (ton/yıl)	2,5-7,5 m3 Toplam Aracı (adet)	>7,5-12,5 m3 Toplam Aracı (adet)	>12,5 m3 Toplam Aracı (adet)	Toplama Aracı İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Toplama Aracı Bakım Maliyeti (TL/yıl)	TOPLAM Şoför+İşçi Sayısı (kişi)	YILLIK ŞOFÖR+İŞÇİ MALİYETİ (TL/Yıl)	Top.Taşıma Mesafesi (km) (km)	YILLIK Toplama Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Taşıma Aracı Yakıt Maliyeti (TL/yıl)	YILLIK Toplam Maliyet (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)	Hane Başı Maliyet (TL/hane.a y)
ALAPLI	20.259	17	21	22	8.134	0	0	2	400.000	20.000	22	540.000	136	124.100	148.920	833.020	102	13,7
BAKACAKKADI	2.953	3	3	3	1.186	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	12	11.315	13.578	86.393	73	9,8
BEYCUMA	3.399	4	4	4	1.378	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	23	20.805	24.966	107.271	78	10,5
ÇATALAĞZI	7.251	8	8	8	3.011	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	37	5,1
ÇAYCUMA	27.457	25	30	30	11.024	1	2	0	500.000	25.000	18	468.000	7	6.296	7.556	506.852	46	6,2
ÇAYDEĞİRMENİ	6.089	7	7	7	2.621	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	19	17.246	20.696	99.442	38	5,4
DEVREK	27.110	27	32	30	11.680	0	2	3	950.000	47.500	46	1.140.000	182	166.075	199.290	1.552.865	133	19,1
ELVANPAZARCI K	2.953	1	1	3	1.186	0	0	1	200.000	10.000	3	78.000	46	41.975	50.370	180.345	152	20,4
EREĞLİ	118.030	110	110	130	47.389	0	7	4	2.025.000	101.250	226	5.676.000	631	575.788	690.945	7.123.983	150	20,1
FİLYOS	4.952	6	6	5	2.009	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	56	7,5
GELİK	3.012	3	3	3	1.236	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	90	12,4
GÖKÇEBEY	8.239	4	6	9	3.308	2	0	0	300.000	15.000	9	234.000	19	17.338	20.805	287.143	87	11,6
GÜLÜÇ	8.032	9	9	9	3.304	0	1	0	175.000	8.750	2	54.000	25	22.813	27.375	112.938	34	4,7
GÜMELİ	1.758	1	1	2	706	1	0	0	150.000	7.500	4	102.000	147	134.138	160.965	404.603	573	76,7
KANDILLİ	3.044	3	2	3	1.222	2	0	0	300.000	15.000	5	132.000	20	18.250	21.900	187.150	153	20,5
KARAMAN	2.117	2	2	2	870	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	22	19.984	23.981	105.464	121	16,6
KARAPINAR	2.438	3	3	3	979	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	27	24.455	29.346	115.301	118	15,8
KİLİMLİ	21.177	35	35	23	12.775	0	2	0	350.000	17.500	7	180.000	114	104.025	124.830	426.355	33	6,7
KOZLU	40.375	40	50	44	18.250	1	3	1	875.000	43.750	18	468.000	100	91.250	109.500	712.500	39	5,9
MERKEZ	108.424	125	140	119	51.100	2	5	5	2.175.000	108.750	171	4.314.000	719	656.088	787.305	5.866.143	115	18,0
MUSLU	1.812	2	2	2	771	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	25	22.813	27.375	111.688	145	20,5
NEBİOĞLU	2.080	3	4	2	1.460	1	0	0	150.000	7.500	4	102.000	24	21.809	26.171	157.479	108	25,2
ORMANLI	2.278	3	3	3	935	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	27	24.273	29.127	114.900	123	16,8
PERŞEMBE	2.557	3	3	3	1.050	1	0	0	150.000	7.500	2	54.000	15	14.053	16.863	92.416	88	12,0
SALTUKOVA	4.930	3	4	5	1.979	1	1	0	325.000	16.250	3	78.000	19	17.429	20.915	132.593	67	9,0
TOPLAM	432.726	447	489	476	189.564	22	23	16	10.525.000	526.250	560	14.160.000	2.434	2.220.751	2.664.902	19.651.903		

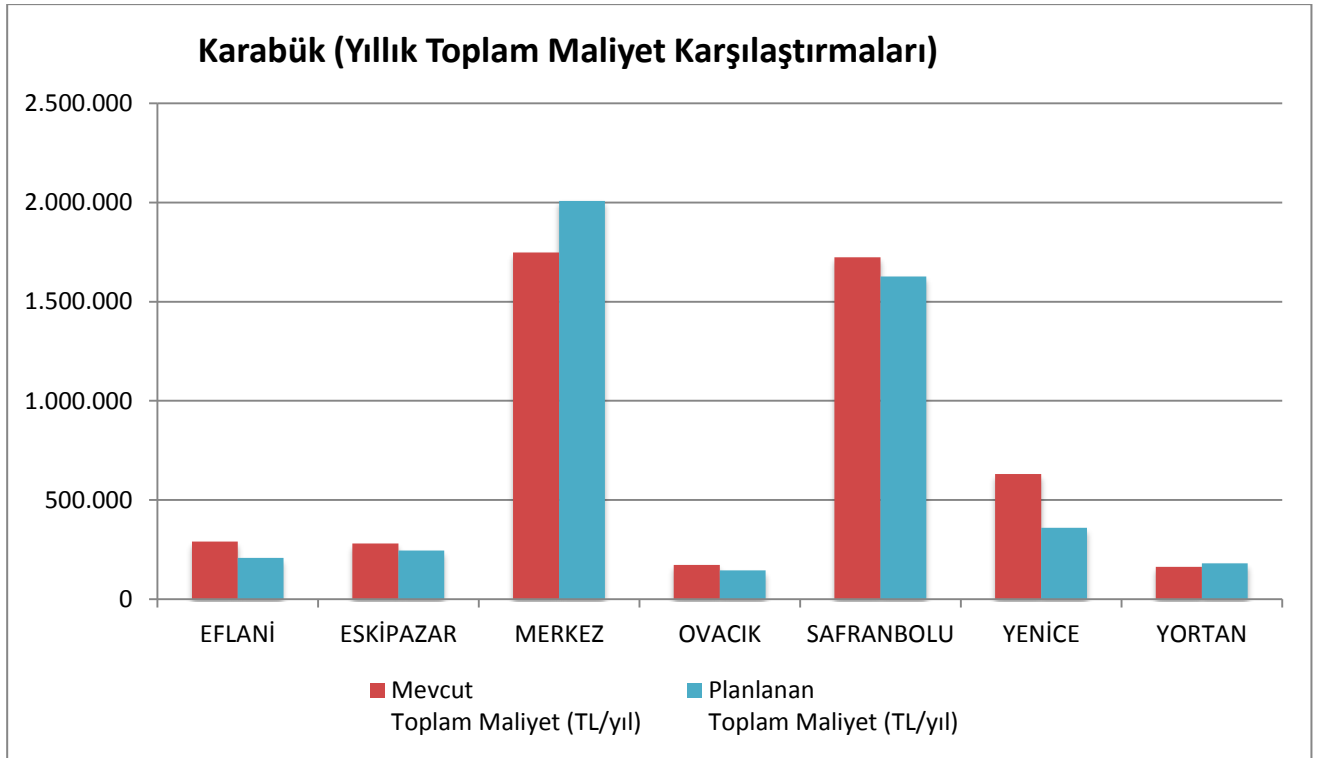
İller bazında hazırlanan karşılaştırmalı grafikler aşağıda verilmiştir.

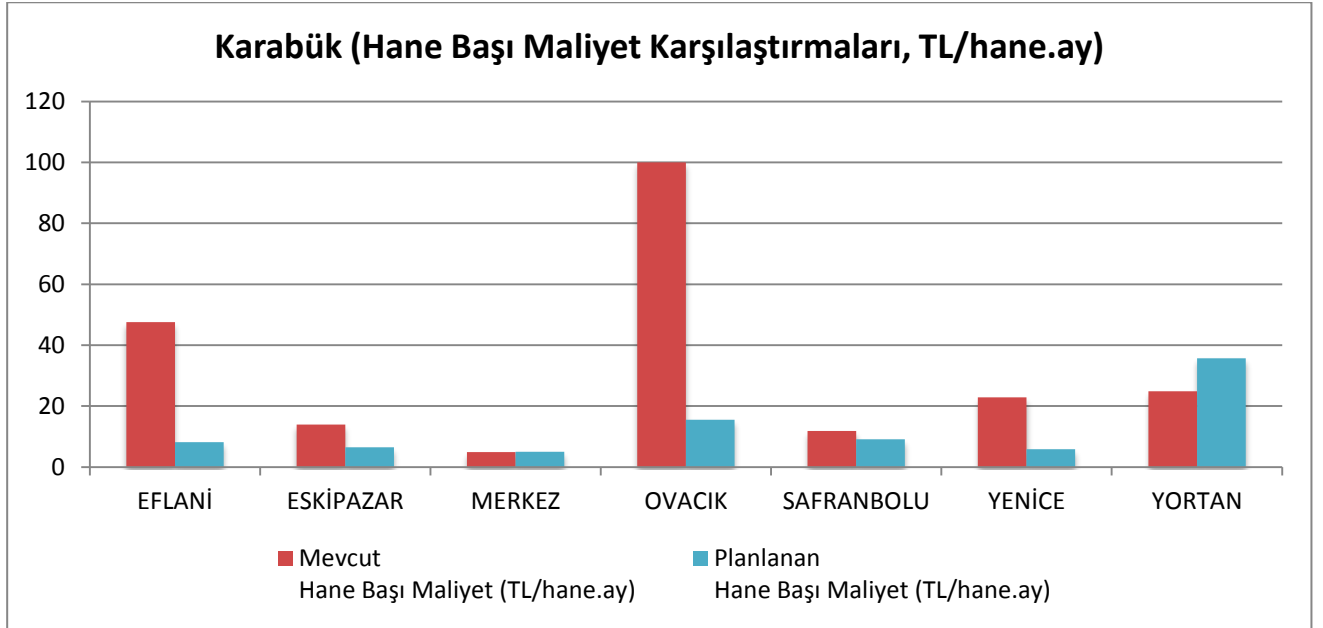
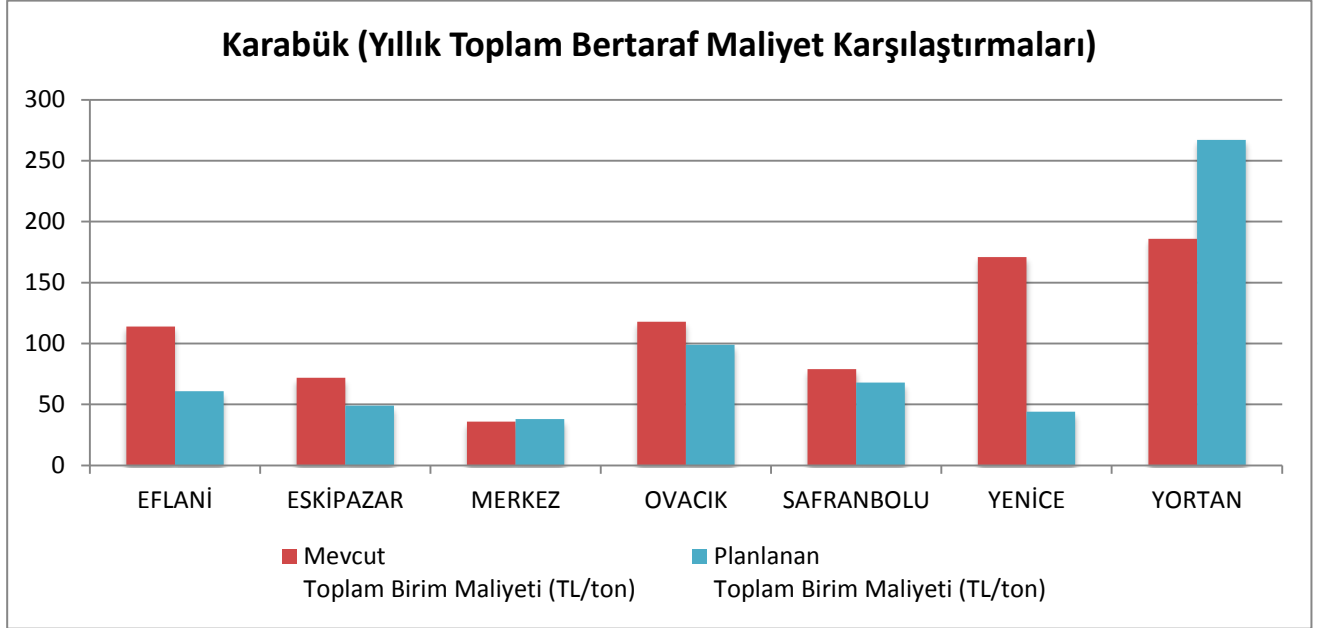
BARTIN

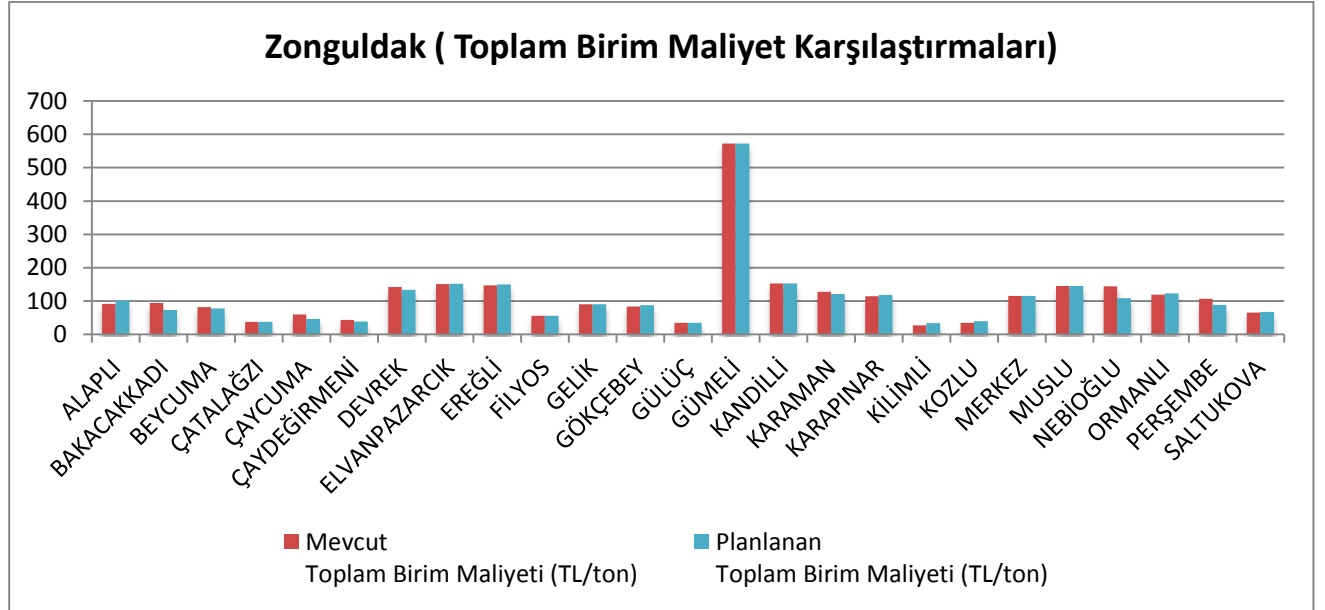
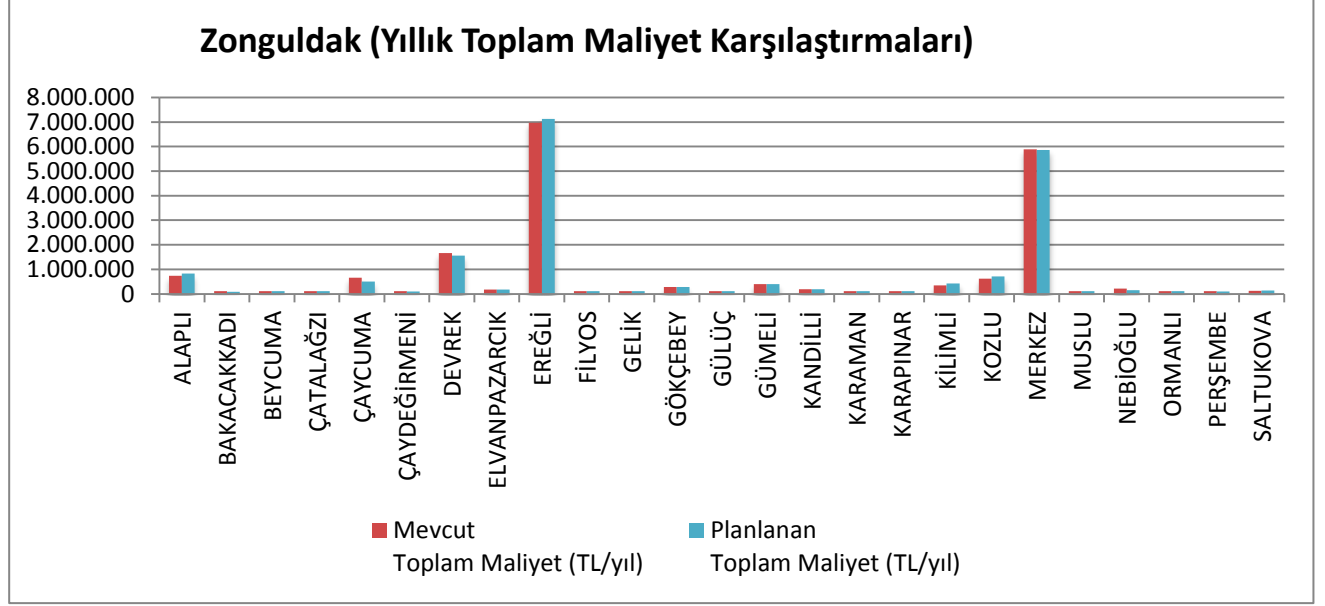


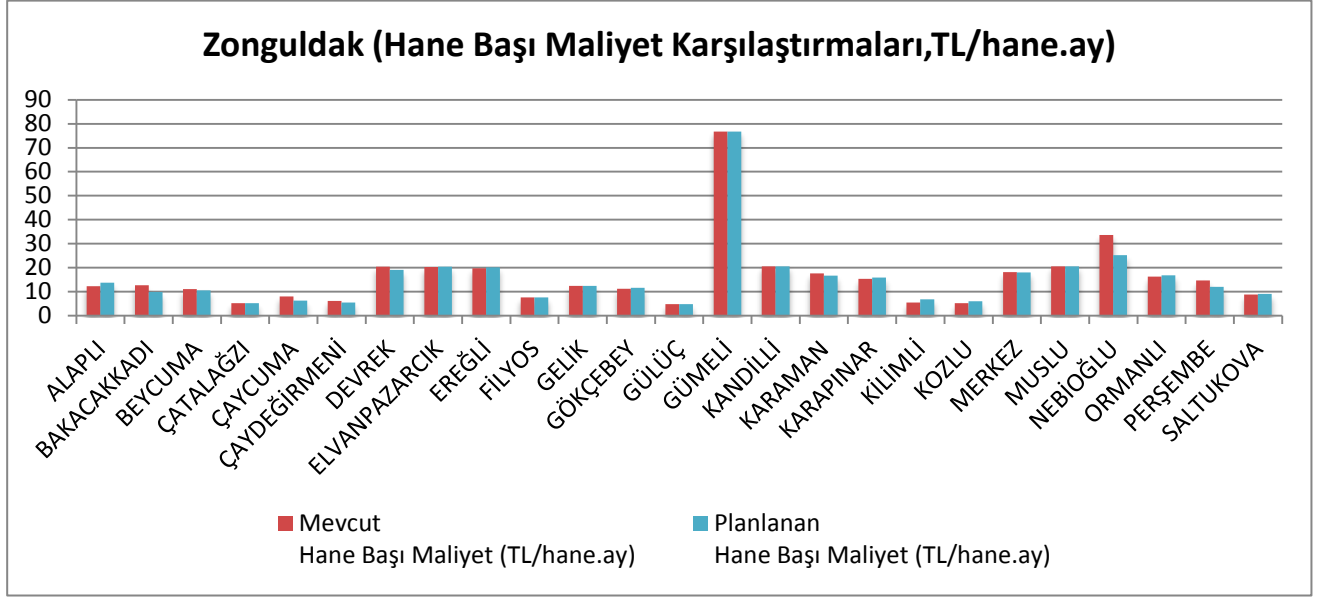
**Şekil 3-5.**Bartın İli toplam maliyet grafikleri

KARABÜK



**Şekil 3-6.**Karabük İli toplam maliyet grafikleri

ZONGULDAK




Şekil 3-7.Zonguldak İli toplam maliyet grafikleri

Sonuç olarak;

Bartın İli için mevcut durumda toplam bertaraf maliyetleri 3.239.000 TL'den, Bartın Merkez İlçede Aktarma İstasyonu yapılması halinde 3.026.000 TL'ye azalacaktır. Bir başka ifade ile planlanan Çaycuma Yakma Tesisine belediye atığı taşınma için aktarma istasyonu yapılması halinde sadece Bartın İlinin 2017 yılı fiyatları ile yıllık kazancı yaklaşık 213.000 TL (yaklaşık 53.000 USD/yıl) olup, yılda yaklaşık % 6,5 azalmaya tekabül etmektedir. (Bu hesaplamalarda Bartın Merkez'de yapılacak aktarma istasyonu ilk yatırım bedeli (2017 yılı için) 200.000 TL+KDV+arazi bedeli hariçtir. Merkez'de kullanılması gereken 2 adet aktarma aracının ilk yatırım bedeli toplamı (2017 yılı için) 800.000 TL+KDV'dir).

Karabük İli için mevcut durumda toplam bertaraf maliyetleri 5.007.000 TL'den, Karabük Merkez İlçede Aktarma İstasyonu yapılması halinde 4.772.000 TL'ye azalacaktır. Bir başka ifade ile planlanan Çaycuma Yakma Tesisine belediye atığı taşınma için aktarma istasyonu yapılması halinde sadece Karabük İlinin 2017 yılı fiyatları ile yıllık kazancı yaklaşık 229.000 TL (yaklaşık 57.000 USD/yıl) olup, yılda yaklaşık % 5 azalmaya tekabül etmektedir. (Bu rakamlara Karabük Merkez'de yapılacak aktarma istasyonu ilk yatırım bedeli (2017 yılı için) 200.000 TL+KDV+arazi bedeli hariçtir. Merkez'de kullanılması gereken 6 adet aktarma aracının ilk yatırım bedeli toplamı (2017 yılı için) 2.400.000 TL+KDV'dir).

Zonguldak İli için mevcut durumda toplam bertaraf maliyetleri 19.598.000 TL'den, Çaycuma Merkez İlçede Aktarma İstasyonu (Yakma Tesis) yapılması halinde 19.650.000 TL'ye artacaktır. Bir başka ifade ile planlanan Çaycuma Yakma Tesisine belediye atığı taşınma için ilde ilave aktarma istasyonu yapılması gerekmemesine rağmen bazı ilçelerin taşıma mesafelerinde azalmaya karşılık diğer



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 89 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

ilçelerde mesafelerde artış olduğundan Zonguldak ilinin 2017 yılı fiyatları ile yıllık ilave maliyeti yaklaşık 52.000 TL (yaklaşık 13.000 USD/yıl) olup, yaklaşık % 0,2 artışa tekabül etmektedir.

Yukarıdaki maliyetlere tüm personel, yakıt dahil, Çaycuma Yakma Tesisi ilk yatırım ve işletme maliyetleri hariçtir.

Maliyetler hesaplanırken yapılan tüm hesaplama kabulleri ve detay açıklamalar aşağıda toplu olarak verilmiştir.

3.5.1. Yapılan Kabuller

Atık Toplama Ekipmanları:

Çalışma bölgesindeki tüm il ve ilçe/belde belediyelerinden konut yerleşimlerinin olduğu bölgelerde kullanılan atık konteyneri ve diğer biriktirme yapıları (kafes, bidon, yeraltı konteyneri gibi) sayıları temin edilmiştir. Mevcut ise, yerden plastik poşetler ile toplama yapan belediyelerin durumu da ayrıca not edilmiştir. Ülke genelindeki metal ve plastik atık konteyneri üreticileri araştırılarak küçük (0,25-0,40 m³) ve büyük (>0,40 m³) konteynerler için 2017 yılı ortalama fiyatları olan 350 TL/adet ve 750 TL/adet maliyetleri kullanılmıştır. (Amortisman hesabı araçlar için yapıldığından, amortisman süreleri çok değişken olduğu için maliyette her iki durumda da konteyner maliyetleri katılmıştır).

Atık Toplama Araç ve Gereçleri:

Çalışma bölgesindeki tüm il ve ilçe/belde belediyelerinden konut yerleşimlerinin olduğu bölgelerde kullanılan atık toplama ve taşıma araçları ile diğer gereçlere (çöp taksi, seyyar el arabaları vb.) ait bilgiler temin edilmiştir. Belediye atıklarının toplanmasında en çok kullanılan araç tipleri küçük (2,5-7,5 ton), orta (7,5-12,5 ton) ve büyük (>12,5 ton) olarak sınıflandırılmış ve mevcut sayılar bu kabullere göre gruplanmıştır. Belediyelerin elindeki tüm araçların hidrolik sıkıştırımlı olduğu kabul edilmiş olup, saha çalışmalarında gözlenen mevcut durumda da sıkıştırmasız kamyon kullanımının arıza vb. acil haller dışında olmadığı görülmüştür. Ülke genelindeki atık taşıma aracı üretici firmalarından yukarıda sayılan araç tipleri için satış fiyatları ve ortalama yakıt tüketimi değerleri temin edilerek 150.000 TL (2,5-7,5 ton kapasite için), 175.000 TL (7,5-12,5 ton kapasite için), 200.000 TL (>12,5 ton kapasite için) İlk Yatırım Maliyetleri (Kdv dahil) 2017 yılı ortalama fiyatları olarak kullanılmıştır. Bu araçların ortalama yakıt sarfiyatları da boş ve dolu sefer ortalaması olarak 50 lt/100km kabul edilmiştir. Araç amortisman oranı %5 olarak kabul edilmiştir. Motorin fiyatı 5 TL kabul edilmiştir.

Atık Aktarma Araç ve Gereçleri:

Çalışma bölgesindeki tüm il ve ilçe/belde belediyelerinden konut yerleşimlerinin olduğu bölgelerde düzenli (ya da düzensiz) depolama tesisine atık aktarmada kullanılan taşıma araçları ile diğer özelliklerine (sayıları, kapasiteleri, sefer sıklığı vb.) ait bilgiler temin edilmiştir. Belediye atıklarının aktarılmasında en çok kullanılan araç tipleri küçük (22,5-35 ton) ve büyük (>35 ton) olarak



TÜBİTAK
MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 90 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

sınıflandırılmış ve mevcut sayılar kabullere göre gruplanmıştır. Ülke genelindeki atık taşıma aracı üretici firmalarından yukarıda sayılan araç tipleri için satış fiyatları ve ortalama yakıt tüketimi değerleri temin edilerek 250.000 TL (22,5-35 ton kapasite için), 400.000 TL (>35 ton kapasite için) İlk Yatırım Maliyetleri (KDV dahil) 2017 yılı ortalama fiyatları olarak kullanılmıştır. Bu araçların ortalama yakıt sarfiyatları boş ve dolu sefer ortalaması olarak 60 lt/100km kabul edilmiştir. Araç amortisman oranı %5 olarak kabul edilmiştir.

Atık Toplama, Taşıma ve Aktarma İşi İçin Çalışan İşgücü:

Çalışma bölgesindeki tüm il ve ilçe/belde belediyelerinde belediye atıklarının toplanması (sokak temizliği dahil), taşınması için çalışan işgücü (araç şoförleri ve işçiler) bilgileri temin edilmiştir. 2017 yılı için asgari ücretin genellikle %30-40 üzeri sözleşme bedelleri olduğu beyan edildiği için işçi maaşı 2.000 TL/ay, şoför maaşı ise 2.500 TL/ay olarak kabul edilmiştir.

Atık Bertaraf Metodu (Düzenli/Düzensiz):

Tüm il ve ilçe belediyelerinde belediye atıklarının mevcut durumda düzenli depolama ile bertaraf edilip edilmediği, yaşanan teknik sorunlar, düzenli depolama mevcut ise atık taşıyan ilçelerin isimleri elde edilmiştir. Düzensiz depolama kullanan belediyelere ait bilgiler ve 2023 yılına kadar kısa ve uzun vadede planların ne olduğu bilgileri de toplanmaya çalışılmıştır.

Atık Toplama, Taşıma, Aktarma Mesafeleri:

Ülke genelindeki tüm il ve ilçe belediyelerinde belediye atıklarının toplanması, taşınması, aktarılması ve bertarafına ait mesafeler için garajdan toplama bölgesi mesafesi (M1), toplama bölgesi boyunca katedilen mesafe (M2), toplama bölgesinden aktarma istasyonuna mesafe (M3), aktarma istasyonundan düzenli/düzensiz depolama tesisine mesafe (M4) ve düzenli/düzensiz depolama tesisinden garaja olan mesafe (M5) bilgileri temin edilmiştir. Özellikle İlçe Belediyelerinin çoğunda bu veriler mevcut olmadığı için CBS teknolojisi ile bu bilgiler oluşturulmuştur.

Atık Bertaraf Tesisi İlk Yatırım ve İşletme Maliyetleri:

Terim anlamıyla İlk Yatırım Maliyeti (İYM), bir sektörde ürün veya hizmet üretmek için kurulan işletmenin işletme giderleri oluşumu aşamasına gelindiği ana kadar yaptığı harcamaların bütünüdür. Ülke genelindeki tüm İl ve İlçe Belediyelerinde belediye atıklarının bertarafı amacıyla yapılan evsel katı atık bertaraf tesisi (düzensiz depolama alanlarının inşaatı için teorik olarak bir maliyet gerekmediği için sadece düzenli depolama tesisleri İYM'leri elde edilmiştir) İYM'leri hakkında bilgi alınmaya çalışılmıştır.

İşletme maliyeti (İM) altında toplanan maliyet kalemleri, doğrudan (direkt) ve dolaylı maliyetler şeklinde iki ana başlık altında toplanmaktadır. Doğrudan maliyetler atık üretim miktarıyla orantılı olarak değişen malzeme, personel, amortisman, bakım-onarım ve iş ya da hizmet sözleşmelerinden doğan maliyetleri



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 91 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

kapsamaktadır. Bu sebeple saha çalışmaları sırasında belediyelere doğrudan işletme maliyetleri sorulmuş ve bu bilgi elde edilmeye çalışılmıştır.

Aşağıda yazılı olan ve doğrudan maliyetlere ilave olan maliyetler hakkında bilgiler sorulmamıştır:

- a) **Maddi Olmayan Duran Varlıklar:** Telif hakkı, patent hakkı, imtiyaz hakkı, vb. gibi hak maliyetleri ile şerefiye, kuruluş giderleri, özel maliyet, vb. gibi aktifleştirilen giderler bu grupta yer alır.
- b) **Gelecek Aylara ve Gelecek Yıllara Ait Giderler:** Gelecek hesap dönemlerinde sağlanacak barınma, korunma, vb. hizmetler için önceden yapılan kira ve sigorta gibi ödemeler bu grupta gösterilir



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 92 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

4. TESİSE KABUL EDİLEBİLECEK ATIKLARIN ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİNİN VE ENERJİ DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Artan demografik büyüme, sanayileşme, kentleşme ve ekonomik faaliyetlerle birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki atık miktarı her geçen gün artmakta olup, oluşan atıklar sahip oldukları kimyasal bileşimler nedeniyle, insan ve çevre sağlığını giderek daha fazla oranda tehdit etmektedir. Bu problemlerin çözümü amacıyla günümüzde atık yönetim sisteminde 4 temel yöntem uygulanmaktadır:

- Kaynakta atık azaltma,
- Geri dönüşüm ve kompost üretimi,
- Atık yakma ve
- Düzenli depolama.

“Atık Yakma” yöntemi; uygun depolama alanlarının bulunamaması, yüksek maliyetlere sebep olan uzun taşıma mesafelerinin söz konusu olduğu durumlarda tercih edilecek bertaraf ve geri kazanım yöntemleri arasında yer almaktadır. Bu yöntemde belediye atıkları ile birlikte endüstriyel atıklarında yakıt olarak kullanıldığı tesislerde, ısı enerjisi üretilerek buhar ve / veya elektrik enerjisi haline dönüştürülmekte ve böylece konut ve endüstriyel kullanımlar için ısı ve elektrik enerjisi sağlanmaktadır. Ayrıca atık yakma alternatifi, atık hacmini ve depolama alanına olan talebi de azaltmanın en etkili yoludur. Bu yöntemle yakma işlemi sonunda atık hacmi yüzde 80 ila yüzde 95 oranında azaltılabilmektedir (Eswet, 2018A).

Atık yakma tesisi fizibilitesinde en önemli faktör, atıkların sahip olduğu kimyasal özellikler ve kalorifik değerlerdir. Sanayi, ticaret ve kurumsal atıklar (piyasa atıkları hariç) belediye atıklarından çok daha yüksek kalorifik değerlere sahiptir. Bu nedenle, farklı atıkların karıştırılması, yakma alternatifinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Genel anlamda bir atığın yakıt olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ki temel parametreler; kalorifik değer, kül ve nem içeriğidir. Ayrıca atıkların yakılması yoluyla geri kazanılacak maksimum enerji miktarı, sadece düşük kalorifik değerli atıklara değil aynı zamanda seçilen yakma sistemine de bağlıdır. Sadece elektrik üretildiğinde verim düşük olup, hem elektrik hem de buhar üretilen sistemler en verimli olanıdır. Belediye atığı yakma tesisine ilişkin örnek gösterim Şekil 4-1’de verilmiştir (Eswet, 2018B).



TÜBİTAK

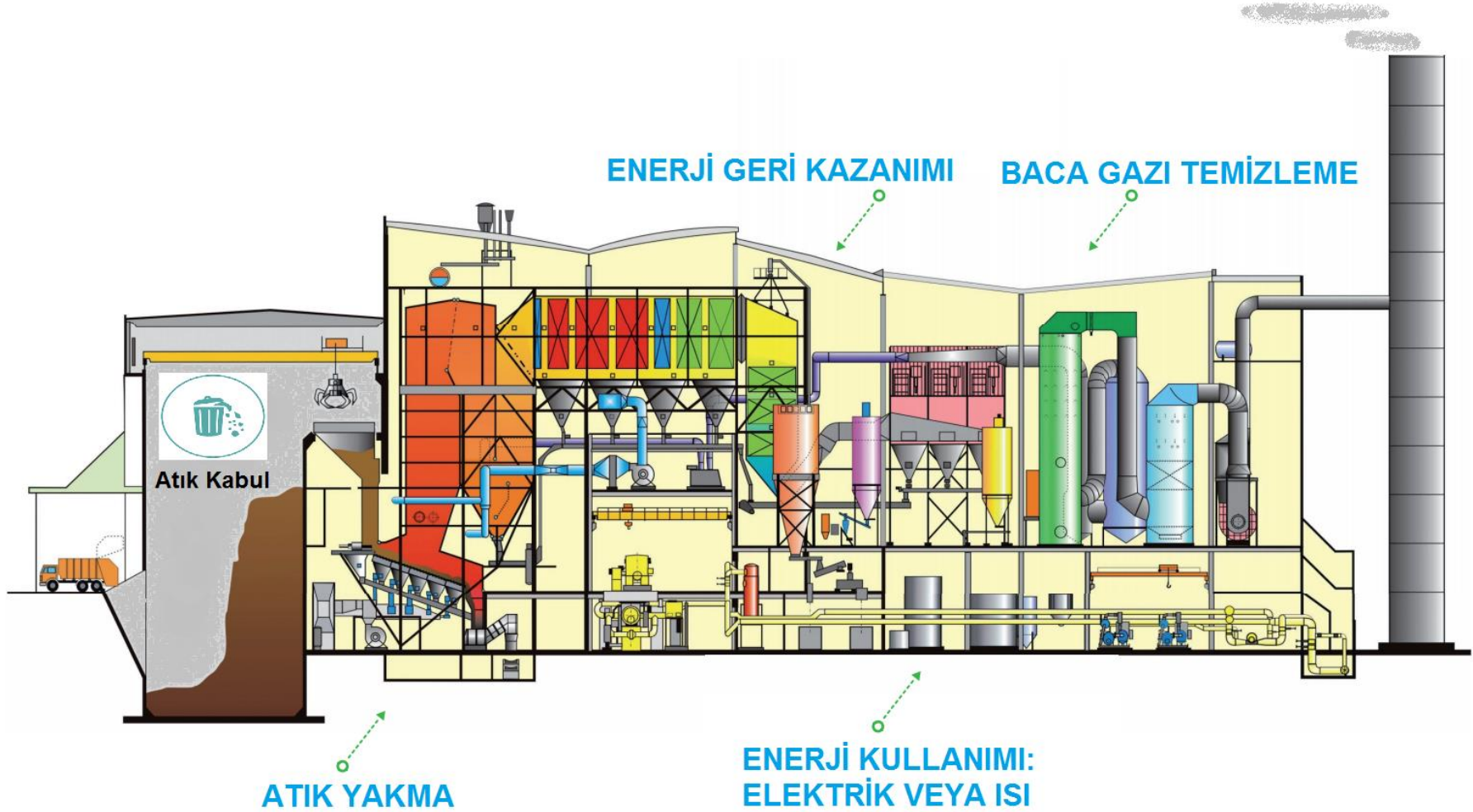
MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 93 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01



Şekil 4-1. Örnek belediye atığı yakma tesisi



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 94 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Yakma işleminden çıkan temel atık ise cüruftur. Üretilen cüruf miktarı atıkların kül içeriğine bağlı olup, cürufa ek olarak, az ya da çok kuru, yarı kuru veya yaş baca gazı temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıklarda üretilmektedir. Üretilen atık miktarları ve çevresel özellikleri ise uygulanan teknolojiye doğrudan bağlıdır. Bununla birlikte, genel olarak, oluşan atıklar tehlikeli atık olarak ele alınabilir ve sızıntı suyunun özelliklerine göre bertaraf edilebilir. Bu nedenle yakma tesisi yakınında kontrollü bir düzenli depolama alanının bulunması şarttır. Danimarka gibi kuzey ülkelerinde ise üretilen cürufların %99'u yapı malzemesi olarak tekrar kullanılmaktadır (Eswet, 2018B).

Avrupa'da özellikle Avusturya, Belçika, Danimarka, Almanya, Hollanda, İsveç ve İsviçre gibi ülkelerde atıklar düzenli depolama tesislerine gönderilmemekte, geri kazanım ve kompost uygulamaları üst seviyede uygulanarak sadece kalıntı atıkların yakma tesislerine gönderilmesi sağlanmaktadır. Bu ülkelere ait belediye atıkları ile benzeri atık yakma miktarları Tablo 4-1'de verilmiştir (Eurostat, 2018).

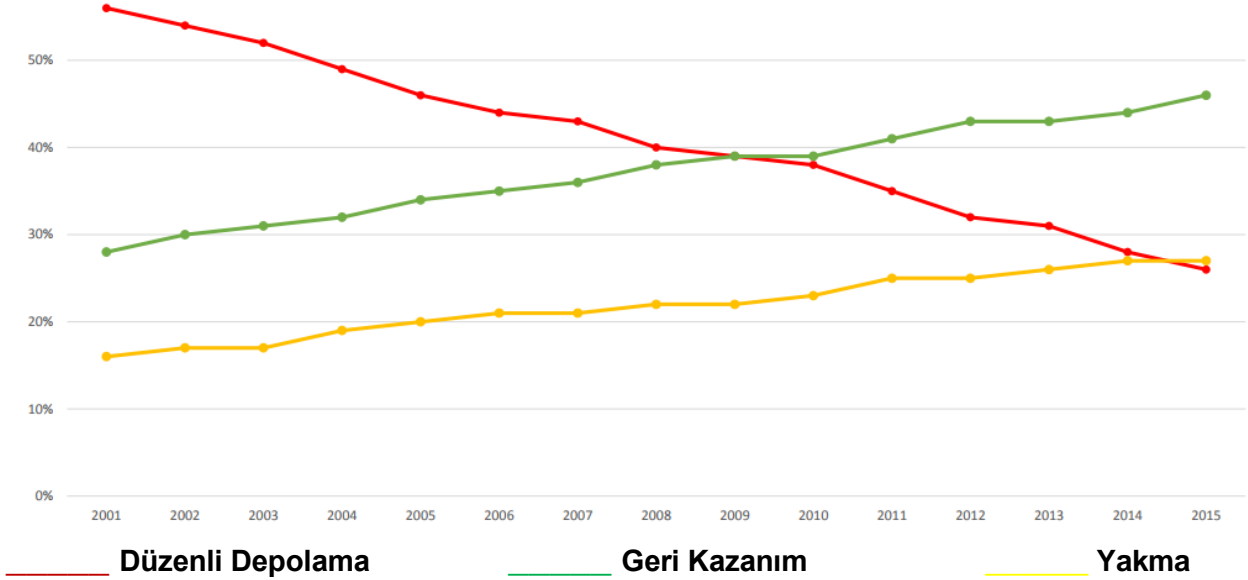
Tablo 4-1. 2004-2014 yılları arasında çeşitli ülkelere ait belediye ve benzeri atık yakma miktarları (ton)

Ülke	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Avusturya	0	0	0	331	1.068.668	0
Belçika	36.428	1.528	103	1.293.914	1.478.906	2.588.275
Danimarka	0	2.927.264	2.983.167	2.298.843	2.232.234	2.378.033
Almanya	849.319	3.054.164	5.559.984	6.580.200	7.473.645	10.179.664
Hollanda	115.661	42.538	1.495	3.207.550	5.705.064	5.143.487
İsveç	1.959.345	2.140.084	2.288.380	2.267.870	2.296.070	2.165.417

İsveç, İsviçre, Belçika, Danimarka, Almanya, Hollanda, Norveç ve Avusturya gibi ülkelerde 2015 yılı itibarıyla düzenli depolanan atık miktarı %5'in altında olup, Slovakya, Litvanya, Yunanistan, Romanya, Hırvatistan ve Malta gibi ülkelerde ise düzenli depolama oranı %75'in üzerindedir (Cewep, 2018A).

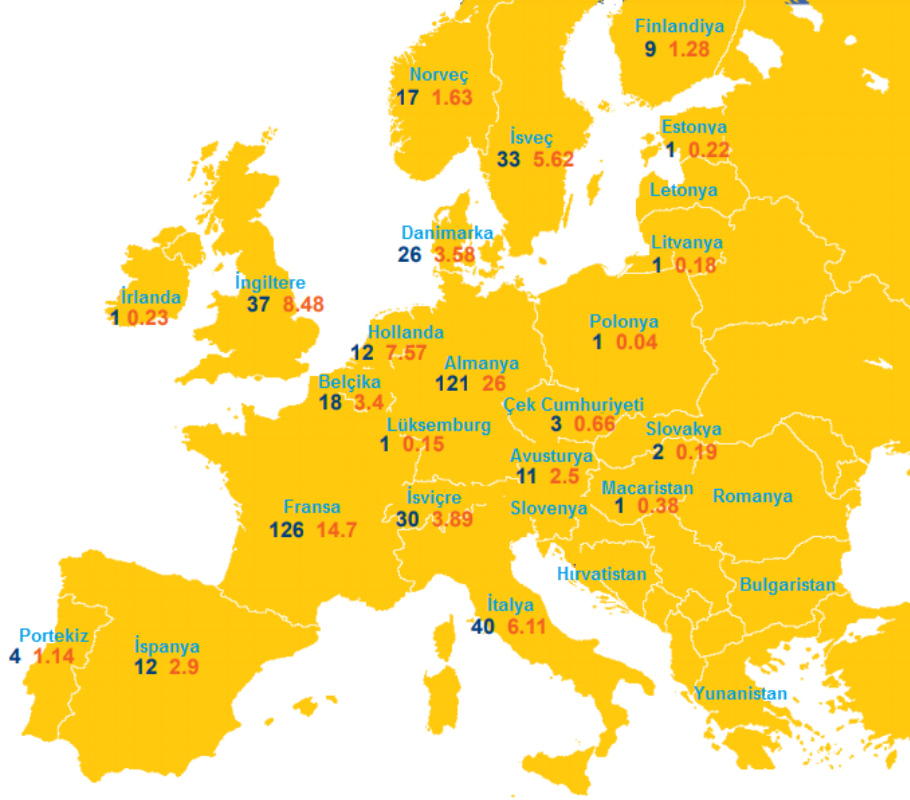
2015 yılında Almanya belediye atıklarının %68'ni geri kazanması sebebiyle AB üye devletleri arasında lider konumdadır. Almanya dışında AB üyesi devletler arasında 7 ülkede belediye atıklarının düzenli depolanması %10'nun altındayken, 8 ülkede ise hala %60'ın üzerindedir (Cewep, 2018B).

2001-2015 yılları arasında 28 AB üyesi devlete ait düzenli depolama, yakma ve geri kazanım %'lerine ait trendler Şekil 1-2'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde günümüze kadar düzenli depolama da %30 oranında azalma, yakma da %11 ve geri kazanımda da %18 oranında artış yaşandığı görülmektedir (Cewep, 2018D). 2015 yılında atıkların yakılması ile 18 milyon kişiye elektrik ve 15,2 milyon kişiye de ısıtma sağlanmıştır (Cewep, 2018C).



Şekil 4-2. AB’de 2001-2015 yılları arasındaki atık yönetim trendleri

AB üyesi ülkeler arasında Slovenya, Hırvatistan, Yunanistan, Romanya ve Bulgaristan gibi ülkelerde tehlikeli atık yakma tesisleri dışında herhangi bir belediye atığı yakma tesisi bulunmazken, Fransa 126 ve Almanya da 121 adet yakma tesisi ile AB’de birinci sırada yer almaktadır (Cewep, 2018E). Ancak tesis sayısından farklı olarak ülkeler bazında kişi başına düşen yakma kapasiteleri dikkate alındığında ise 591 kg ile İsveç ve 587 kg ile de Danimarka ön sıradadır. Avrupa’da bu ülkeleri sırasıyla Hollanda, Avusturya, Finlandiya ve Belçika izlemektedir (EC, 2018). AB üyesi ülkelerde bulunan yakma tesisleri ile termal arıtma ile muamele edilen atık miktarları Şekil 4-3’de verilmiştir.



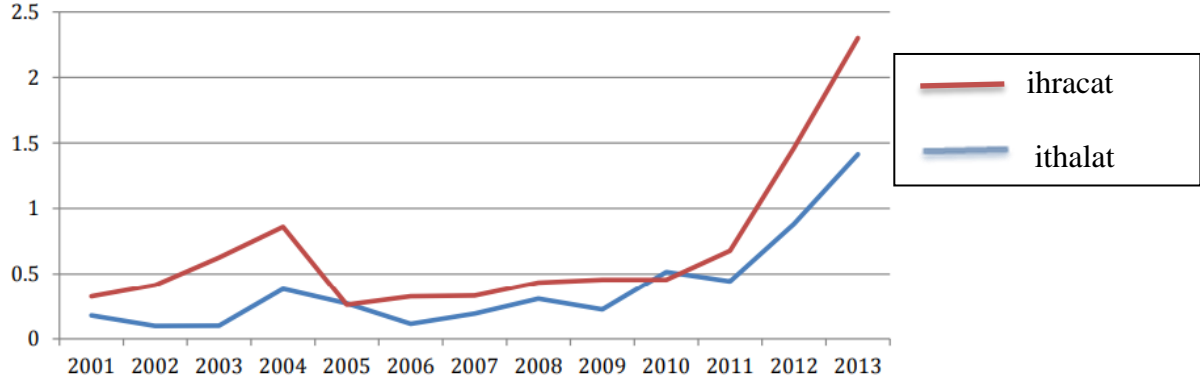
Şekil 4-3. 2015 yılı itibariyle AB üyesi ülkelerdeki yakma tesisleri sayısı (adet) ve yıllık bertaraf edilen atık miktarları (milyon ton)

AB’de ilk inşa edilen yakma tesislerine ait inşa yılları Tablo 4-2’de verilmiştir.

Tablo 4-2. Avrupa’da inşa edilen ilk atık yakma tesisleri

ÜLKE	İNŞA YILI	ŞEHİR	REFERANS
İsveç	1904	Stockholm	Sweden, 2018
Danimarka	1903	Frederiksberg	Stateofgreen, 2018
İngiltere	1874	Nottingham	İpfs, 2018
Çek Cumhuriyeti	1905	Brno	İpfs, 2018
Polonya	1912	Varşova	Cyranka vd., 2016
Hollanda	1912	Rotterdam	Kemp, 2007

AB ülkeleri kendi ülkelerinde açığa çıkan belediye atıkları dışında farklı ülkelerin atıklarını da transfer ederek yakabilmektedir. Örneğin; İsveç 2015 yılında Norveç, İngiltere ve İrlanda gibi ülkelere 1,3 milyon tondan fazla atığı ithal ederek bertaraf etmiştir (Sweden, 2018). Ancak genel olarak bakıldığında 2001’den günümüze ihraç edilen belediye atığı miktarları giderek artarken, 2013 yılında AB içerisinde oluşan 242 milyon ton belediye atığının sadece 2,3 milyon tonu ihraç edilmiştir (Wilts vd., 2017). 2001-2013 yılları arasında AB, Norveç ve İsviçre dahil olmak üzere yakma yöntemi ile bertaraf için ithal ve ihraç edilen karışık belediye atığı miktarları Şekil 1-4’de verilmiştir (Wilts vd., 2017).



Şekil 4-4. 2001-2013 yılları arasında yakılmak üzere ithal ve ihraç edilen karışık belediye atığı miktarları (milyon ton)

Bir yakma sisteminin başarısı günümüzde yürürlükte olan mevzuat ve kurumsal çerçeveye doğrudan bağlıdır. Bu amaçla 4. İş paketi kapsamında belediye atıkları için Ağustos ayında “Karabük” İlinde, atıksu arıtma çamurları ve seçilmiş endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıklar için de 25-29.09.2017 tarihleri arasında “Zonguldak-Bartın-Karabük” illerinde örnekleme çalışması yürütülmüş ve atıkların enerji değerleri ile çevresel özellikleri belirlenmiştir. Örneklemin her atık tipini temsil edecek özellikte olmasına dikkat edilmiş ve toplam örnekleme büyüklüğü 25 olarak belirlenmiştir. Atıksu arıtma çamurları ile endüstriyel tesislerden alınan atıklara (tavuk atıkları, sintine ve slaç) ait bilgiler Tablo 4-3 ve örnekleme noktalarına ait lokasyonlarda Şekil 4-5’de verilmiştir.

Tablo 4-3. Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan atıklara ait bilgiler

NO	TESİS	İL	ATIK KODU	ATIK KODU TANIMI	AÇIKLAMA	ATY	EK YAKIT	MIKTAR
1	Kağıt Fabrikası	ZONGULDAK (67)	03 Ahşap işleme ve kağıt, karton, kağıt hamuru, panel (sunta) ve mobilya üretiminden kaynaklanan atıklar					
2			03 03 11	03 03 10 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar	-	√	√	600 ton/yıl
3	Et Tavukçuluğu	ZONGULDAK (67)	02 Tarım, bahçivanlık, su ürünleri, ormancılık, avcılık ve balıkçılık, gıda hazırlama ve işlemeden kaynaklanan atıklar					
			02 01 06	Ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecektir hayvan dışkı, idrar ve tezek (ve bunlarla temas etmiş saman dahil), akan sızılar	-	√	√	31.200 ton/yıl
4	Liman İşletmesi	ZONGULDAK (67)	13 Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları (yenilebilir yağlar, 05 ve 12 hariç)					
			13 04 03*	Diğer denizcilik seyrüseferinden kaynaklanan sintine yağları	A	√	√	32,96 m ³ /yıl
5	Liman İşletmesi	ZONGULDAK (67)	16 Listede başka bir şekilde belirtilmemiş atıklar					
			16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M	√	√	351,69 m ³ /yıl
6	Atıksu Arıtma Tesisi	ZONGULDAK (67)	19 Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar					
			19 08 05	Kentsel atıksuyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	-	√	√	17.976 ton/yıl
7	Liman İşletmesi	ZONGULDAK (67)	13 Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları (yenilebilir yağlar, 05 ve 12 hariç)					
			13 04 03*	Diğer denizcilik seyrüseferinden kaynaklanan sintine yağları	A	√	√	211,84 m ³ /yıl
8	Liman İşletmesi	ZONGULDAK (67)	16 Listede başka bir şekilde belirtilmemiş atıklar					
			16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M	√	√	191,54 m ³ /yıl
9	Liman İşletmesi	ZONGULDAK (67)	16 Listede başka bir şekilde belirtilmemiş atıklar					
			16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M	√	√	296,48 m ³ /yıl
10	Atıksu Arıtma Tesisi	ZONGULDAK	19					



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 99 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	TESİS	İL	ATIK KODU	ATIK KODU TANIMI	AÇIKLAMA	ATY	EK YAKIT	MIKTAR
		(67)		Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar				
			19 08 05	Kentsel atıksuyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	-	√	√	550 ton/yıl
				02 Tarım, bahçivanlık, su ürünleri, ormancılık, avcılık ve balıkçılık, gıda hazırlama ve işlemeden kaynaklanan atıklar				
11	Et Tavukçuluğu	BARTIN (74)	02 01 06	Ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecekt hayvan dışkısı, idrar ve tezek (ve bunlarla temas etmiş saman dahil), akan sınılar	-	√	√	4.675 ton/yıl
				19 Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar				
12	Atıksu Arıtma Tesisi	BARTIN (74)	19 08 05	Kentsel atıksuyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	-	√	√	730 ton/yıl
				02 Tarım, bahçivanlık, su ürünleri, ormancılık, avcılık ve balıkçılık, gıda hazırlama ve işlemeden kaynaklanan atıklar				
13	Yumurta Tavukçuluğu	KARABÜK (78)	02 01 06	Ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecekt hayvan dışkısı, idrar ve tezek (ve bunlarla temas etmiş saman dahil), akan sınılar	-	√	√	6.800 ton/yıl
				19 Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar				
14	Atıksu Arıtma Tesisi	KARABÜK (78)	19 08 05	Kentsel atıksuyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	-	√	√	417,8 ton/yıl



Şekil 4-5. Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıklara ait örnekleme lokasyonları



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 101 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan atıkların sahip olduğu enerji değerlerinin belirlenmesi amacıyla atıklarda; nem (% , m/m), su içeriği (% , v/v), kül (% , m/m), uçucu madde (% , m/m), toplam kükürt (% , m/m), alt ısıl değer (cal/g), üst ısıl değer (cal/g) ve elementel içerik (C, H, N, % , m/m) belirleme analizleri ile birlikte parlama noktası (°C) ve yoğunluk (g/cm³) analizleri de gerçekleştirilmiştir. Analizler için kullanılan referans metotlara ait bilgiler Tablo 4-4'de, katı örneklerle ait analiz sonuçları Tablo 4-5'de ve sıvı örneklerle ait analiz sonuçları da Tablo 4-6'da verilmiştir.

Atıkların enerji değerlerinin belirlenmesi amacıyla ihtiyaç duyulan parametre analizleri TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 102 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 4-4. Atıklarda enerji değerlerinin belirlenmesi için kullanılan referans metotlar

PARAMETRE	ATIK TÜRÜ	STANDART NUMARASI	BAŞLIK
Nem	Katı	BS EN 14774-1:2009	Solid biofuels. Determination of moisture content. Oven dry method. Total moisture
Kül	Katı	BS EN 14775:2009	Solid biofuels. Determination of ash content
Uçucu Madde	Katı	BS EN 15148:2009	Solid biofuels. Determination of the content of volatile matter
Toplam Kükürt	Katı	ASTM D4239 - 14e2	Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion
Alt Isıl Değer	Katı	BS EN 14918:2009	Solid biofuels. Determination of calorific value
Üst Isıl Değer	Katı	BS EN 14918:2009	Solid biofuels. Determination of calorific value
Elemental Analiz	Katı	DD CEN/TS 15104:2005	Solid biofuels. Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen
Su	Sıvı	BS EN 1428:2012	Bitumen and bituminous binders. Determination of water content in bituminous emulsions. Azeotropic distillation method
Kül	Sıvı	TS 1327 EN ISO 6245	Petrol ürünleri-Kül tayini
Parlama Noktası	Sıvı	TS EN ISO 2719	Petrol ürünleri ve yağlayıcılar-Parlama noktası tayini-Pensky martens kapalı kap metodu
Yoğunluk	Sıvı	TS EN ISO 12185	Ham petrol ve petrol ürünleri - Yoğunluk tayini - salınım yapan u-Tüpü yöntemi

Tablo 4-5. Arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan katı örnekler için enerji değerlerinin belirlenmesine ait analiz sonuçları

NO	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
1	Çamur	Nem	67,28	6,03	-
		Kül	6,18	17,76	18,90
		Uçucu Madde	23,76	68,23	72,60
		Toplam Kükürt	0,11	0,33	0,35



TUBITAK

MAM

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 103 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
		Alt Isıl Değer	791	3.302	3.549
		Üst Isıl Değer	1.247	3.582	3.811
		C	-	-	41,66
		H	-	-	5,33
		N	-	-	0,50
		Yoğunluk	1,2354	-	-
2	Çamur	Nem	65,28	6,30	-
		Kül	6,20	16,76	18,09
		Uçucu Madde	22,52	67,52	71,60
		Toplam Kükürt	0,15	0,38	0,35
		Alt Isıl Değer	763	3.235	3.569
		Üst Isıl Değer	1.256	3.485	3.785
		C	-	-	42,56
		H	-	-	5,36
		N	-	-	0,65
		Yoğunluk	1,2568	-	-
3	Tavuk Altlığı	Nem	25,90	5,47	-
		Kül	8,83	11,27	11,92
		Uçucu Madde	53,96	68,84	72,82
		Toplam Kükürt	0,32	0,40	0,43
		Alt Isıl Değer	2.748	3.657	3.900
		Üst Isıl Değer	3.085	3.935	4.163
		C	-	-	43,16
		H	-	-	5,34
		N	-	-	5,05
		Yoğunluk	1,4431	-	-
6	Çamur	Nem	60,76	3,36	-
		Kül	18,72	46,12	47,72
		Uçucu Madde	19,87	48,94	50,64
		Toplam Kükürt	0,23	0,57	0,59



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 104 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
		Alt Isıl Değer	914	3.058	3.183
		Üst Isıl Değer	1.331	3.277	3.391
		C	-	-	31,02
		H	-	-	4,23
		N	-	-	3,77
		Yoğunluk	1,1	-	-
10	Çamur	Nem	76,35	5,15	-
		Kül	6,45	25,89	27,29
		Uçucu Madde	15,02	60,25	63,52
		Toplam Kükürt	0,16	0,65	0,69
		Alt Isıl Değer	440	3.425	3.640
		Üst Isıl Değer	919	3.687	3.887
		C	-	-	36,77
		H	-	-	5,02
		N	-	-	8,33
		Yoğunluk	1,0992	-	-
11	Tavuk Altlığı	Nem	18,98	5,90	-
		Kül	16,51	19,18	20,38
		Uçucu Madde	53,11	61,68	65,54
		Toplam Kükürt	0,34	0,39	0,41
		Alt Isıl Değer	2.715	3.242	3.480
		Üst Isıl Değer	3.013	3.499	3.719
		C	-	-	39,65
		H	-	-	4,85
		N	-	-	4,71
		Yoğunluk	1,5795	-	-
12	Çamur	Nem	71,48	2,94	-
		Kül	9,27	31,55	32,50
		Uçucu Madde	17,61	59,93	61,74
		Toplam Kükürt	0,17	0,57	0,59



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 105 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
		Alt Isıl Değer	617	3.424	3.544
		Üst Isıl Değer	1.080	3.675	3.786
		C	-	-	35,99
		H	-	-	4,91
		N	-	-	7,45
		Yoğunluk	1,159	-	-
13	Tavuk Altlığı	Nem	65,95	4,63	-
		Kül	10,87	30,44	31,92
		Uçucu Madde	22,72	63,65	66,73
		Toplam Kükürt	0,16	0,44	0,46
		Alt Isıl Değer	630	2.757	2.918
		Üst Isıl Değer	1.061	2.973	3.118
		C	-	-	33.86
		H	-	-	4.06
		N	-	-	6.79
		Yoğunluk	1,2517	-	-
14	Çamur	Nem	75,48	3,92	-
		Kül	10,12	35,45	36,5
		Uçucu Madde	20,6	62,83	65,23
		Toplam Kükürt	0,25	0,52	0,61
		Alt Isıl Değer	589	3.253	3.120
		Üst Isıl Değer	985	3.526	3.652
		C	-	-	32,96
		H	-	-	6,2
		N	-	-	5,63
		Yoğunluk	1,152	-	-

Tablo 4-6. Endüstriyel tesislerden alınan sıvı örnekler için enerji değerlerin belirlenmesine ait analiz sonuçları

NO	ATIK TİPİ	ÜST ISIL DEĞER	KÜKÜRT	KÜL	SU	PARLAMA NOKTASI	YOĞUNLUK
4	Sintine	9.542	1,387	1,33	7,7	*	0,9347
5	Slaç	10.077	1,511	1,49	0,8	116	0,9322
7	Sintine	9.680	1,385	0,61	16,3	*	0,9452
8	Slaç	8.578	0,996	0,72	29,1	*	0,9489
9	Slaç	10.142	1,512	0,9	2,4	127	0,9298

* Numuneler yüksek su içerdiğinden bu noktalarda ölçüm alınamamıştır.



TÜBİTAK

MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 107 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Atıksu arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan atıkların enerji değerleri yanında çevresel özelliklerinin de ortaya konması amacıyla atıkların orjinal hallerinde; ağır metal (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Zn, mg/kg), toplam ağır metal (mg/kg), klor içeriği (%) ve poliklorlu bifenil (PCB, ppm) analizleri ile birlikte solvent içeriği (%) analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerle ait analiz sonuçları da Tablo 4-7'de verilmiştir.

Atıkların çevresel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ihtiyaç duyulan parametrelere ait analizler TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4-7. Arıtma çamurları ve endüstriyel tesislerden alınan örnekler için çevresel özelliklerin belirlenmesine ait analiz sonuçları

NO	ATIK TİPİ	Cd	Tl	Hg	Sb	As	Pb	Cr	Cu	Mn	Co	Ni	V	Zn	Σ A. METAL	Cl	PCB	SOLVENT
1	Çamur	0,31	0,06	< 0,05	2,3	1,0	8,14	17,8	36,6	72,3	1,51	11,9	65,2	63,7	12.429,33	0,028	< 0,1	-
2	Çamur	0,05	0,03	< 0,05	1,2	0,3	3,2	5,5	25,3	16,8	0,4	5,3	3,8	56,1	4.114,6	0,012	< 0,1	-
3	Tavuk Altlığı	0,2	0,1	< 0,05	1,7	1,1	1,4	4,7	83,3	568,5	0,6	8,9	5,3	438,1	4.848,3	0,111	< 0,1	-
4	Sintine	0,1	0,04	< 0,05	2,8	1,1	2,8	64,1	26,3	11,6	1,8	58,4	94,3	77,1	3.629,6	0,023	4,135	0,0141
5	Slaç	0,1	0,05	< 0,05	4,6	1,1	2,4	3,5	22,4	3,6	0,7	27,2	85,2	70,1	3.583,0	0,034	4,02	0,0056
6	Çamur	0,6	0,4	< 0,05	4,7	8,8	38,2	60,9	103,8	553,1	9,0	33,3	59,7	589,2	58.848,6	0,146	< 0,1	0,0046
7	Sintine	0,04	0,03	< 0,05	1,2	0,9	1,8	1,9	22,5	3,1	0,4	17,5	62,1	68,5	3.627,6	0,018	2,60	0,0519
8	Slaç	0,1	0,04	< 0,05	1,1	0,7	1,8	2,4	19,6	3,6	0,4	17,6	54,4	92,0	3.259,9	0,02	1,90	0,0304
9	Slaç	0,03	0,04	< 0,05	4,4	0,8	2,1	2,4	20,2	2,0	0,5	25,8	108,9	34,3	4.914,9	0,021	3,64	0,0387
10	Çamur	0,9	0,1	< 0,05	2,9	3,1	29,1	28,0	172,5	567,9	3,4	26,6	23,3	713,1	22.437,0	0,157	< 0,1	0,0113
11	Tavuk Altlığı	0,2	0,04	< 0,05	0,6	0,6	1,4	4,0	67,4	462,9	0,4	5,8	4,5	432,4	3.711,8	0,098	< 0,1	-
12	Çamur	0,8	0,2	< 0,05	3,0	5,0	20,5	28,2	161,4	481,1	4,0	24,8	29,3	536,1	26.661,0	0,130	< 0,1	-
13	Tavuk Altlığı	0,3	0,1	< 0,05	1,3	1,4	1,8	5,4	56,4	542,0	2,0	7,7	7,9	423,5	7.269,4	0,105	< 0,1	-
14	Çamur	0,8	0,3	< 0,05	5,0	6,9	25,6	42,6	89,9	563,9	11,2	23,6	59,6	574,2	36.886,6	0,125	< 0,1	-



TÜBİTAK

MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 109 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Belediye atıklarının (Atık Kodu: 20 03 01, ATY üretimine uygun) sahip olduğu enerji değerlerinin belirlenmesi amacıyla da diğer atık tiplerinde gerçekleştirilen analizlere benzer olarak; nem (% , m/m), kül (% , m/m), uçucu madde (% , m/m), toplam kükürt (% , m/m), alt ısıl değer (cal/g), üst ısıl değer (cal/g) ve elementel içerik (C, H, N, % , m/m) belirleme analizleri ile birlikte yoğunluk (g/cm³) analizleri de gerçekleştirilmiştir. Belediye atıklarına ait analiz sonuçları Tablo 4-8'de verilmiştir.

Atıkların enerji değerlerinin belirlenmesi amacıyla ihtiyaç duyulan parametre analizleri de TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4-8. Belediye atıkları için enerji değerlerin belirlenmesine ait analiz sonuçları

NO	LOKASYON	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
15	41°10'47.79"N 32°39'4.36"E	Belediye	Nem	66,85	3,64	-
			Kül	3,07	8,93	9,26
			Uçucu Madde	24,51	71,24	73,93
			Toplam Kükürt	0,06	0,18	0,19
			Alt Isıl Değer	1.091	4.221	4.401
			Üst Isıl Değer	1.557	4.528	4.698
			C	-	-	44,91
			H	-	-	6,04
			N	-	-	2,79
Yoğunluk	0,6	-	-			
16	41°10'47.79"N 32°39'4.36"E	Belediye	Nem	85,64	2,97	-
			Kül	4,16	28,14	29
			Uçucu Madde	10,7	72,32	74,53
			Toplam Kükürt	0,03	0,17	0,18
			Alt Isıl Değer	78	3.695	3.825
			Üst Isıl Değer	587	3.964	4.085
			C	-	-	44,27
			H	-	-	5,29
			N	-	-	2,84
Yoğunluk	-	-	-			
17	41°10'47.79"N 32°39'4.36"E	Belediye	Nem	71,65	3,89	-
			Kül	2	6,79	7,06
			Uçucu Madde	22,01	74,63	77,64
			Toplam Kükürt	0,05	0,18	0,19
			Alt Isıl Değer	928	4.463	4.666
			Üst Isıl Değer	1.414	4.793	4.987
			C	-	-	47,73
			H	-	-	6,52
			N	-	-	2,66

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 111 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	LOKASYON	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
18	41°10'47.79"N 32°39'4.36"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	84,22	4,36	-
			Kül	2,33	14,12	14,76
			Uçucu Madde	11,43	69,25	72,4
			Toplam Kükürt	0,02	0,15	0,16
			Alt Isıl Değer	111	3.457	3.639
			Üst Isıl Değer	613	3.716	3.886
			C	-	-	44,85
			H	-	-	5,01
			N	-	-	1,85
19	41°10'47.79"N 32°39'4.36"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	80,68	3,87	-
			Kül	5,34	26,57	27,63
			Uçucu Madde	13,69	68,12	70,85
			Toplam Kükürt	0,03	0,14	0,14
			Alt Isıl Değer	177	3.067	3.213
			Üst Isıl Değer	667	3.317	3.451
			C	-	-	39,66
			H	-	-	4,82
			N	-	-	1,79
20	41°13'51.42"N 32°41'53.97"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	80,04	4,51	-
			Kül	2,54	12,15	12,72
			Uçucu Madde	15,06	72,08	75,48
			Toplam Kükürt	0,03	0,14	0,15
			Alt Isıl Değer	353	3.771	3.975
			Üst Isıl Değer	850	4.069	4.261
			C	-	-	47,55
			H	-	-	5,81
N	-	-	2,11			



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 112 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	LOKASYON	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
21	41°13'51.42"N 32°41'53.97"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	70,27	4,72	-
			Kül	1,57	5,04	5,29
			Uçucu Madde	22,78	73,01	76,62
			Toplam Kükürt	0,05	0,15	0,16
			Alt Isıl Değer	851	3942	4.164
			Üst Isıl Değer	1.325	4.247	4.458
			C	-	-	48,58
			H	-	-	5,96
			N	-	-	1,76
22	41°13'51.42"N 32°41'53.97"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	79,61	3,38	-
			Kül	3,71	17,59	18,2
			Uçucu Madde	14,36	68,07	70,45
			Toplam Kükürt	0,03	0,13	0,14
			Alt Isıl Değer	338	3.661	3.808
			Üst Isıl Değer	828	3.924	4.061
			C	-	-	45,53
			H	-	-	5,13
			N	-	-	1,67
23	41°25'35.27"N 32°56'15.25"E	Belediye	Yoğunluk	0,6	-	-
			Nem	69,83	3,31	-
			Kül	5,36	17,17	17,76
			Uçucu Madde	22,27	71,37	73,81
			Toplam Kükürt	0,05	0,15	0,15
			Alt Isıl Değer	865	3.988	4.143
			Üst Isıl Değer	1.335	4.279	4.426
			C	-	-	45,65
			H	-	-	5,74
N	-	-	2,43			



TÜBİTAK

MAM**TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 113 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

NO	LOKASYON	ATIK TİPİ	PARAMETRE	ORJİNAL BAZDA	HAVADA KURU BAZDA	KURU BAZDA
			Yoğunluk	0,6	-	-
24	41° 5'52.14"N 32°56'28.93"E	Belediye	Nem	61,96	3,46	-
			Kül	0,05	0,13	0,14
			Uçucu Madde	24,88	63,14	65,4
			Toplam Kükürt	0,05	0,13	0,14
			Alt Isıl Değer	864	3.040	3.168
			Üst Isıl Değer	1.293	3.283	3.400
			C	-	-	38,15
			H	-	-	4,71
			N	-	-	1,45
			Yoğunluk	0,6	-	-
25	41°12'59.27"N 32°17'45.47"E	Belediye	Nem	90,84	4,55	-
			Kül	1,28	13,32	13,95
			Uçucu Madde	6,98	72,71	76,17
			Toplam Kükürt	0,01	0,14	0,15
			Alt Isıl Değer	-	3.711	3.914
			Üst Isıl Değer	384	4.001	4.192
			C	-	-	45,75
			H	-	-	5,64
			N	-	-	2,46
			Yoğunluk	0,6	-	-



TÜBİTAK

MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 114 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Belediye atıklarının enerji değerleri yanında çevresel özelliklerinin de ortaya konması amacıyla atıkların orjinal hallerinde; ağır metal (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Zn, mg/kg), toplam ağır metal (mg/kg), klor içeriği (%) ve poliklorlu bifenil (PCB, ppm) analizleri ile birlikte solvent içeriği (%) analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklere ait analiz sonuçları da Tablo 4-9'da verilmiştir.

Belediye atıklarının çevresel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ihtiyaç duyulan parametrelere ait analizler TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4-9. Belediye atıkları için çevresel özelliklerin belirlenmesine ait analiz sonuçları

NO	ATIK TİPİ	Cd	Tl	Hg	Sb	As	Pb	Cr	Cu	Mn	Co	Ni	V	Zn	Σ A. METAL	Cl	PCB	SOLVENT
15	Belediye	0,05	0,6	< 0,05	0,001	0,6	0,44	3,64	16,15	163,6	0,32	2,26	2,62	56,6	1.743,71	-	< 0,01	-
16	Belediye	0,21	0,4	< 0,05	0,002	0,7	0,43	2,01	17,91	27,5	0,25	2,3	2,5	34,8	1.116,39	-	< 0,01	-
17	Belediye	0,06	0,3	< 0,05	0,005	0,7	0,55	4,16	21,37	171	0,48	7,1	2,9	30,3	1.861	-	< 0,01	-
18	Belediye	0,05	0,2	< 0,05	0,008	0,9	0,7	5,53	16,2	49,2	0,44	3,9	3,9	75,6	1.906,47	-	< 0,01	-
19	Belediye	0,08	0,2	< 0,05	0,025	1,2	1,1	8,35	25,7	240	0,83	6,16	9,1	71	9.492,53	-	< 0,01	-
20	Belediye	0,05	0,1	< 0,05	0,048	0,5	0,44	3,39	17,13	138,1	0,38	5,8	2,3	24,1	1.528,53	-	< 0,01	-
21	Belediye	0,04	0,1	< 0,05	0,099	0,7	0,8	1,93	14,9	267,7	0,26	2	2,8	27,3	1.676,04	-	< 0,01	-
22	Belediye	0,04	0,1	< 0,05	0,001	0,8	0,8	2,03	17,3	31	0,22	1,5	4,9	30,6	1.429,48	-	< 0,01	-
23	Belediye	0,13	0,1	< 0,05	0,152	2,6	8,2	33,1	31,1	272,5	3,2	23,9	11,8	336,5	12.057,38	-	< 0,01	-
24	Belediye	0,04	0,1	< 0,05	0,011	0,8	0,5	2,25	17	90,1	0,24	2,1	4	37,6	16.990,22	-	< 0,01	-
25	Belediye	0,08	0,07	< 0,05	0,01	0,7	0,1	3,19	20,7	35,7	0,23	2,3	2,8	64,1	1.378,27	-	< 0,01	-



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 116 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

5. YAKMA TESİSİNİN GİRDİ VE ÇIKTI (BUHAR, ELEKTRİK) MALİYETLERİNİNİRDELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLME POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

5.1. Giriş

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli parametrelerinden birisi enerjidir. Ayrıca ülkelerin enerji tüketimi ile gelişmişlik seviyesi arasında bir ilişki mevcuttur. Ülkelerdeki kişi başı elektrik tüketimi değeri, o ülkenin gelişmişlik ölçütünde göstergelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Enerji birçok kaynaktan farklı teknolojilerle üretilmektedir. Bu kaynak ve teknolojilerden biriside atıktan yakma yöntemiyle enerji üretimidir. Atık yönetiminde atıktan enerji üretimi için ana husus, çevresel zararlı etkileri minimize ederek, faydayı maksimize etmektir. Atık yakma teknolojisiyle, katı atıkların çevresel etkileri minimuma indirilirken elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu sayede, negatif değerli katı atıklar ekonomide bir değer kazanmaktadır.

Atıkların enerji üretim amaçlı değerlendirilmesi, yenilebilir enerji kaynağı kapsamındadır. Bu sayede yenilebilir enerji kaynağı kurulu gücüne de katkı vermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında (özellikle güneş ve rüzgârda) en temel sorunlar,

- İklimlerden ve tabiat olaylarından bağımsız olmadıklarından elektrik üretimi için düşük kapasite faktörüne sahiptirler.
- Enerji nakil hatlarında salınımına neden olmaktadır.

Ancak, atıktan enerji üretim santralleri bu yönden bakıldığında, emreamade santraller (termik santraller, nükleer enerji santralleri) kapsamında da nitelendirilirler.

Bu iş paketinin konusu; Bartın-Karabük ve Zonguldak (Batı Karadeniz Bölgesi) illerinin fiziksel ve kimyasal nitelikleri belirlenmiş olan evsel atıklarının “Yakma Prosesi”yle bertarafın özfizibilitesinin yapılmasıdır. Bunu yaparken hem teorik hesaplamalar hem de bilgisayar destekli yazılım metodolojisi kullanılmıştır.

5.2. Kuramsal Bilgi

5.2.1. Yakma

Atık yakmadan gaye enerji üretimi ve atıkların miktarını azaltımıdır. Yakma sonucunda atık miktarında hacimce % 80–90, ağırlık bakımından % 75–80 oranında azalmaktadır (Saltabaş ve diğ, 2011).

Yakıt olarak evsel atıklar ikiye ayrılmaktadır. Bunlar;

- İşlenmemiş katı atık
- İşlenmiş katı atık (ATY)



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 117 / 173

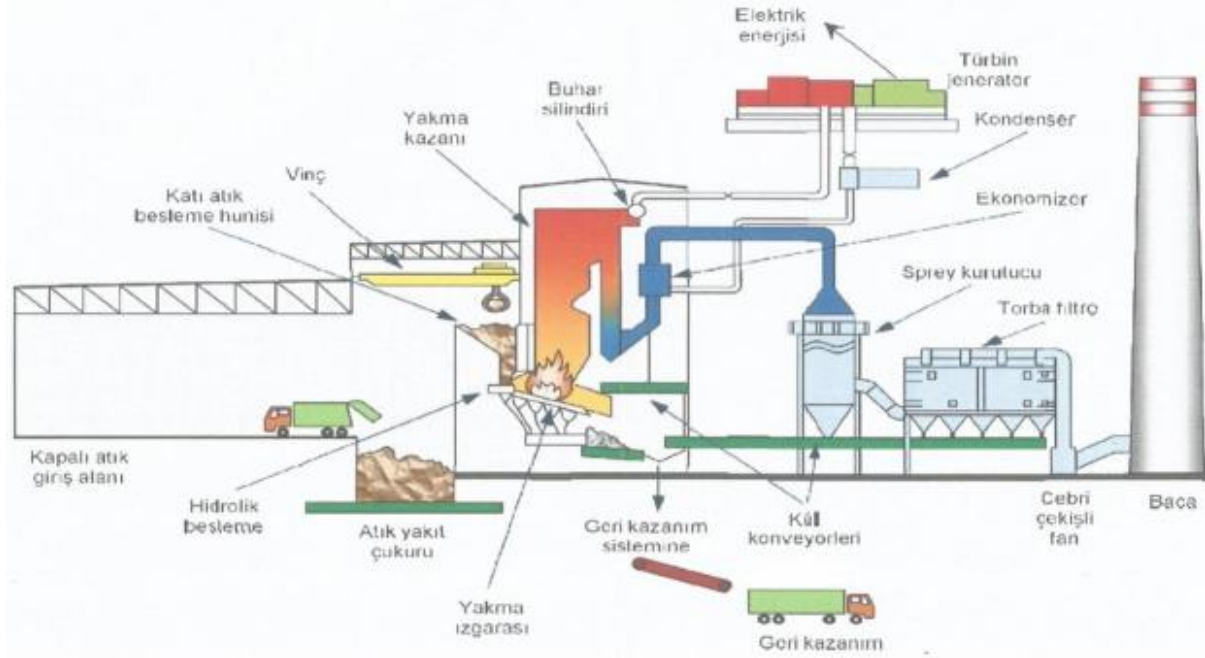
Güncelleştirme Sayısı: 01

ATY (RDF Refuse DerivedFuel) genellikle, evsel atıkların, ticari atıkların veya endüstri -proseslerinden çıkan tehlikeli ve tehlikesiz atıkların içinden ayrılmış yüksek ısı değere sahip olan kısmından türetilen yakıtlar için kullanılmaktadır (Alp, 2011). “Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği” ile atıkların alternatif hammadde olarak kullanılması, atıktan türetilmiş yakıt hazırlanması ve bu hazırlama tesislerinde bulunması gereken asgari şartlara ilişkin teknik, idari ve uyulması gereken genel kurallar ile atıktan türetilmiş yakıt kullanımı ve beraber yakma tesislerinde ek yakıt olarak kullanılacak atıklara ilişkin esasları belirlenmiştir (Resmi Gazete Sayısı: 29036). ATY, ham atıklara nazaran, yüksek ve sabit kalorifik değere, homojen fiziksel–kimyasal bileşime, taşıma kolaylığına, yanma kolaylığına, daha az yakma havası ihtiyacına, daha düşük emisyon yüküne sahiptir. ATY’ler, akışkan, sabit ya da akışkan yatak, ızgaralı veya döner fırın yakma sistemlerinde (çimento fabrikaları gibi) sistemlerinde bertaraf edilebilir.

İşlenmemiş katı atık doğrudan ızgaralı yakma sistemlerinde (Grate moving boiler) yakılmaktadır. Yanma sonucunda; ısı, kül ve atık baca gazı çıkmaktadır. Isıdan yüksek basınçlı kızgın buhar (17.5 barg ve üzeri basınçlar) üretilmektedir. Kızgın buhar, buhar türbini vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Net enerji üretimi; atığın yanabilir madde bileşimine, yoğunluğuna, nem miktarına ve atık içerisindeki kontamine inorganik madde miktarına bağlıdır. Yakma yöntemi ile organik maddenin ısı içeriği % 65–80 oranında sıcak havaya, buhara ve sıcak suya dönüştürülebilir. Sıcak hava, yakma havası olarak ya da ön işlem olarak kurutma sürecinde kullanılabilir. Yakma sistemlerinde atıkların yanabilmesi için gerekli oksijen miktarı fazla miktarda sisteme verilerek atıklar tam olarak yakılmaya çalışılır. Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik çerçevesinde yakma fırınında atıklar minimum 850 °C’de yakılmalıdır. Ayrıca dioksin ve furanlarla, poliaromatik hidrokarbon bileşiklerinin tümüyle dekompoze olması için bu sıcaklıkta yakma havasının en az 2 saniye fırın içinde kalması gerekmektedir (Resmi Gazete Sayısı: 27721).

Katı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan kül ve cürufun uzaklaştırılması için düzenli bir depolamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Oluşan külde vitrifiye edilerek inert atık haline getirilip, çeşitli amaçlarla (örneğin; asfalt yol yapımı maddesi vb.) kullanılabilir. Ayrıca kül içinden değerli metaller geri kazanılabilmektedir.

Atık yakma, alan ihtiyacına gereksiniminin azlığı nedeniyle kentleşmenin ve nüfus artışının etkili olduğu yeterli alanı olmayan şehirlerde kullanışlı bir yöntem olarak değerlendirilebilmektedir. Şekil 5.1’de yakma tesisi şeması görülmektedir.



Şekil 5-1. Yakma tesisi şeması (Saraç, 2015)

Yanma sonucu oluşan baca gazı emisyonlarının (CO, toz, SO₂, NO_x, HCl, HF, dioksin ve furanlar, poliaromatik hidrokarbonlar, ağır metaller) Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmeliğe uygun olması gerekmektedir. Bunun için yakma tesisi uygun bir baca gazı arıtma sistemine sahip olmalıdır. Oluşan ısının efektif kullanımı ile yakmadan maksimum fayda sağlaması gerekmektedir.

5.2.2. Evsel Atık Yakma Tesisi Kütle ve Enerji Analizi

Evsel atık yakma tesisi enerji analizi için öncelikle tesiste yakılacak olan atığın fiziksel ve kimyasal niteliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sayede tesiste üretilecek buhar miktarı, elektrik enerjisi miktarı ve artılmamış baca gazı emisyon değerleri, kül miktarı belirlenebilmektedir.

Elektrik enerjisi miktarı, üretilecek buhar yüküne, buhar miktarı ise elde edilen baca gazının ısı yüküne bağlıdır (mevcut olduğu sıcaklıklardaki entalpi değerlerine). Bu amaçla, kazanda buharlaşmaya neden olacak yakma sonucu elde edilen gazların ısı güçleri bulunmalıdır. Bu ısı güçleri, fırın içerisindeki sıcaklığa bağlı olmaktadır. Fırın sıcaklığı, atığın yanma havasıyla yaptığı kimyasal reaksiyon sonucu oluşan sıcaklıktır. Elektrik enerjisinin miktarını bulabilmek için bu değerleri bilmek ya da hesaplamak gerekmektedir. Bu amaçla, ilk önce kütle dengesi hesabı, daha sonra enerji dengesi hesabı yapılmalıdır. Kütle dengesi, giren atık miktarından oluşan baca gazı miktarına, baca gazı emisyonlarının miktarından, buhar yüküne kadar bileşenleri olan oldukça geniş bir denklidir.

Enerji dengesi ise kütle denkliği ifadesindeki kütlelerin ısı değerleriyle kurulan bir denklidir.

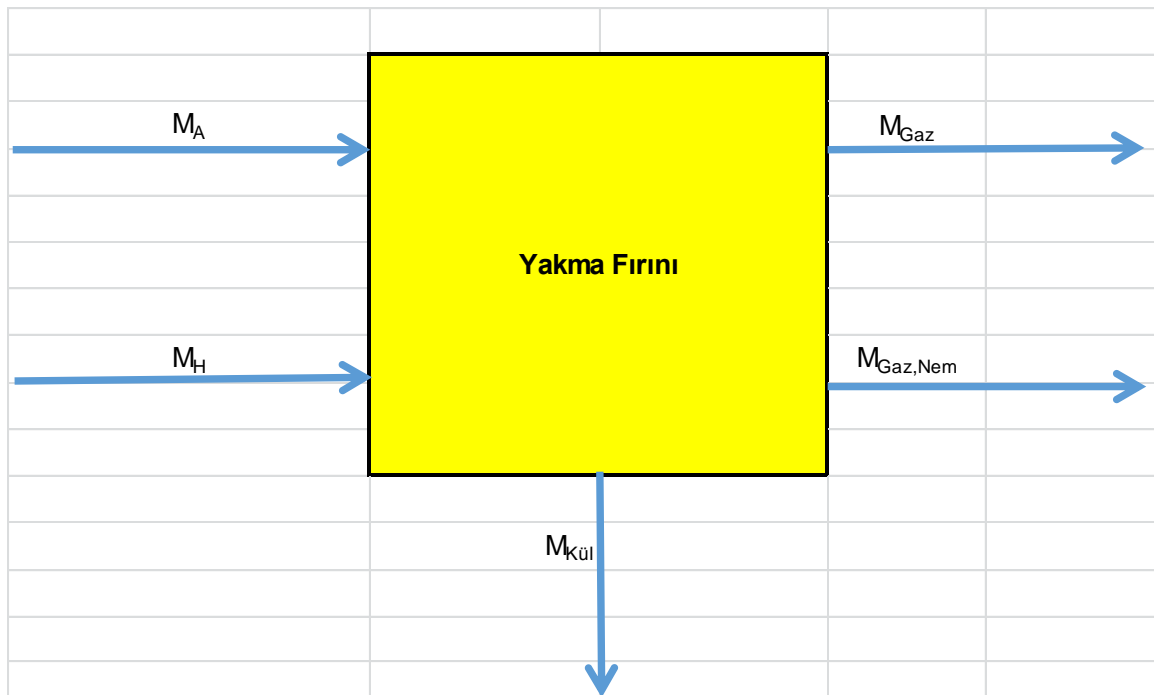
Hesaplama hiyerarşisi;

- Kütle denkliği hesabı,
- Enerji denkliği hesabı,
- Buhar yükü hesabı,
- Baca gazı emisyon değerleri hesabı,
- Buhar yükü,
- Elektrik enerjisi, atık ısı,
- Soğutma yükü hesabı,
- Tesisin kurulu gücü ve verimi

şeklinde olacaktır.

5.2.3. Kütle Denkliği

Kütle denkliği, termodinamiğin 2. kanunu olan kütle korunumu kanununun dayanmaktadır. Bu kanuna göre bir proseste işleme giren kütleler ile çıkan kütlelerin her zaman birbirine eşit olması gerekmektedir. Kütle korunumuyla bu işlemler gerçekleşirken giren maddeler hal değişimine (katı,sıvı veya gaz) uğrayabilirler. Evsel atık yakma tesisinde, giren maddeler; yakıt olarak katı atıklar ve yanmanın gerçekleşmesi için yakma havasıdır. Çıkan maddeler ise, kuru gaz, nem-ıslak baca gazı ve cüruf olmaktadır. Şekil 5.2’de bir evsel atık yakma tesisi kütle denkliği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5-2 Bir evsel atık yakma tesisi kütle denkliği şematik gösterimi



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 120 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Kütle denkleğinde, girenlerden atık, yanabilir sabit karbon ve organik maddeden, kül ve nem bileşenlerinde oluşmaktadır. Aşağıda atık bileşenlerinin nasıl hesaplanacağına dair denklemler verilmiştir.

Atık kütle hızı, kuru madde ve nem kütle hızlarının toplamından oluşmaktadır.

$$M_A = M_{A, K} + M_{A, Nem} \quad (\text{Denk. 1})$$

Burada;

M_A :	Atık kütle hızı,	kg/s
$M_{A, K}$:	Kuru atık kütle hızı,	kg/s
$M_{A, Nem}$:	Atık nem kütle hızı,	kg/s

olarak ifade edilmektedir.

Yakıt ve yakma havası içerisindeki nem oranı ile yanma sonucu oluşan nem gaz fazındaki nemi oluşmaktadır.

$$M_{A, Nem} = R_{nem} \times M_A \quad (\text{Denk. 2})$$

Burada;

R_{nem} :	Atıkta nem oranı	%
-------------	------------------	---

olarak ifade edilmektedir.

Atıktaki organik madde miktarı (kül ve nem hariç yanabilir atık kütle hızı) organik madde oranı ile atık kütle debisinin çarpımına eşittir.

$$M_{A, Organik} = R_{organik} \times M_A \quad (\text{Denk. 3})$$

$$M_{A, Organik} = M_A - M_{A, Kül} - M_{A, Nem} \quad (\text{Denk. 4})$$

Burada,

$M_{A, Organik}$:	Kül ve nem hariç yanabilir atık kütle hızı (organik madde)	kg/s
$R_{organik}$:	Atıkta organik madde oranı	%

olarak ifade edilmektedir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 121 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Yanma sonucunda ise kül oluşmaktadır. Söz konusu bu kül miktarı, atık kompozisyonunda yer alan yanmayan maddelerin oranıyla doğrudan ilişkili olmaktadır. Kül miktarını hesap edebilmek için atık karakterizasyonundaki yanmayan madde ve kül oranının bilinmesi gerekmektedir.

$$M_{A, \text{Kül}} = R_{\text{kül}} \times M_A \quad (\text{Denk. 5})$$

Bu denklemde;

$M_{A, \text{Kül}}$:	Kül kütleli hızı	kg/s
$R_{\text{kül}}$:	Atıkta kül oranı	%

olarak ifade edilmektedir.

Atığın ısı gücünü tespit edebilmek için belirlenmiş alt ısı değeri esas alınarak:

$$Q_{A, \text{th}} = M_A \times A_{\text{LHV}} \quad (\text{Denk. 6})$$

denklemini elde edilir. Bu denklemde;

$Q_{A, \text{th}}$:	Atık ısı gücü	MW _{th}
----------------------	---------------	------------------

olarak ifade edilmektedir.

Yanma sonucu oluşan kuru gaz miktarını bulabilmek için, kuru gaz atığın stokiyometrik yanmadaki parametrik değeri ile hesap yapılması gerekmektedir. Bu değer, atığın ısı enerjisine karşılık gelen değerdir. Tablolardan belirli ısı değeri karşılık gelen kuru gazın ve nemin parametrik değerleri bulunmaktadır. Enterpolasyon yöntemiyle atığın ısı enerjisine karşılık gelecek kuru gaz parametrik değeri elde edilebilmektedir. Buna göre;

$$M_{\text{Gaz}} = R_{\text{gaz}} \times Q_{A, \text{th}} / 860000 \quad (\text{Denk.7})$$

Bu denklemde;

M_{Gaz}	Yanma gazı (kuru bazda) kütleli hızı	kg/s
R_{gaz}	Stokiyometrik yanmada kuru gaz için atığın ısı değerinin parametrik değeri	kg/kcal

olarak ifade edilmektedir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 122 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Yanma sonucu oluşan nem miktarı için yine stokiyometrik yanmadaki nem parametrik değeri ile hesap yapılmaktadır. Bu değer, atığın ısı enerjisine karşılık gelen değer olmaktadır. Atığın içeriğindeki nem, yakma havasındaki nem ve yanma sonucu oluşan nem, toplam nemi oluşturmaktadır.

$$M_{Gaz, Nem} = R_{gaz, nem} \times A_{Isıl} + R_{nem} \times M_A + R_{H, nem} \times M_H \quad (\text{Denk. 8})$$

Bu denklemde;

$M_{Gaz, Nem}$:	Yanma sonucu oluşan nem kütleli hızı	kg/s
$R_{gaz, nem}$:	Stokiyometrik yanmada nem için atığın ısı değerinin parametrik değeri	kg/kcal
M_H :	Stokiyometrik yanma havası kütleli hızı	kg/s
R_H :	Stokiyometrik yanmada hava için atığın ısı değerinin parametrik değeri	kg/kcal
$M_{H, Nem}$:	Stokiyometrik yanma havası nemi kütleli hızı	kg/s
$M_{H, K}$:	Stokiyometrik kuru yanma havası kütleli hızı	kg/s
$R_{H, nem}$:	Yanma havasındaki nem oranı	%

olarak ifade edilmektedir.

Kütle yakma tesislerinde yanmanın gerçekleşebilmesine ilişkin olarak, hava fazlası oranı tespit edilerek sistemde bulunan hava miktarı ile toplam hava miktarı hesap edilmektedir. Burada, ortamda bulunan hava miktarı 1.0 olarak düşünülmüştür. Buna göre;

$$M_{H, F} = (R_{H, f} + 1) \times M_H \quad (\text{Denk. 9})$$

$M_{H, F}$:	Stokiyometrik yanma havası ve hava fazlası kütleli hızı	kg/s
$M_{H, F, K}$:	Stokiyometrik kuru yanma havası ve kuru hava fazlası kütleli hızı	kg/s
$R_{H, f}$:	Hava fazlası oranı	%

$$M_{H, F, K} = (R_{H, f} + 1) \times M_H \times (1 - R_{H, nem}) \quad (\text{Denk. 10})$$

$$ER = M_{H, F} / M_A \quad (\text{Denk. 11})$$

Burada;

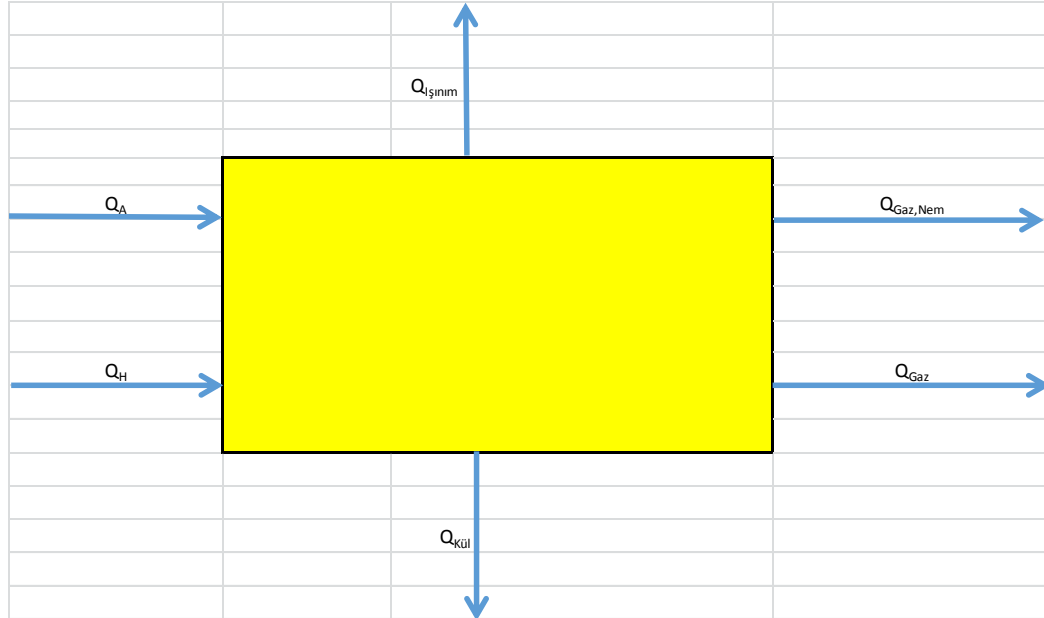
ER : Hava-yakıt oranı

ifade etmektedir.

5.2.4. Enerji Denkliği

Enerji denkliği, termodinamiğin 2. kanunu olan enerjinin korunumu kanununun dayanmaktadır. Bu kanuna göre bir proseste işleme giren enerjiler ile çıkan enerjiler her zaman birbirine eşit olması gerekmektedir. Enerjinin korunumuyla bu işlemler gerçekleşirken giren enerji hal değişimine uğrayabilir. Yakılacak atığın ısı değeri, fırında oluşacak kayıplar çıkarıldıktan sonra yanma sonucu oluşacak kuru gaz, nem-ıslak baca gazı ve kül ısı değerleri toplamına eşittir.

Şekil 5.3'te bir evsel atık yakma tesisi enerji denkliği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5-3 Bir evsel atık yakma tesisi enerji denkliği şematik gösterimi

Yanma sonucu oluşan kül ısı gücü;

$$Q_{Kül} = M_{A,Kül} \times C_{p_{kül}} \times \Delta T / 860000 \quad (\text{Denk. 12})$$

şeklindedir.

Burada;

$Q_{kül}$:	Külün ısı gücü	MW _{th}
$C_{p_{kül}}$:	Külün özgül ısı	kcal/kg C
$T_{Fırın}$:	Yakma fırını sıcaklığı	°C
T_{ortam} :	Ortam sıcaklığı	°C
ΔT :	Sıcaklık farkı	°C

ifade etmektedir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 124 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Kazan yüzeylerinde ışımadan kaynaklanan ısı kaybı meydana gelmektedir. Bu ısı kaybı, fırın içerisindeki ısı akışıyla orantılıdır. Bu değer, ısı akışına karşılık gelen ışıma kaybı oranından faydalanılarak bulunmaktadır.

Tablo 5-1. Fırındaki ısı akışına karşılık % ışımayla ısı kaybı (Saraç, 2015)

Fırındaki hız (Gcal/saat)	İşinim kaybı (R _{ışinim} , %)
<2.5	3.00
3.78	2.75
5.04	2.50
6.30	2.00
7.56	1.75
>8.82	1.50

$$Q_{ışinim} = R_{ışinim} \times Q_{A,th} / 860 \quad (\text{Denk. 13})$$

Bu denklemde;

$Q_{ışinim}$: Yakma fırınında ışıma ile ısı kaybı MW_{th}

$R_{ışinim}$: ışıma ile ısı kaybı oranı %
olarak ifade edilmektedir.

Toplam ısı kaybı ($Q_{Toplam Kayıp}$) ise;

$$Q_{Toplam Kayıp} = Q_{Kül} + Q_{ışinim} \quad (\text{Denk. 14})$$

denkleminde gösterilmiştir.

Yanma sonucu kül ve kazan kaybından çıkarılmış net ısı gücü ise;

$$Q_{Net} = Q_{A,th} - Q_{Toplam Kayıp} \quad (\text{Denk.15})$$

Bu denklemde:

Q_{Net} : Yakma fırınıdaki net ısı akışı MW_{th}
olarak ifade edilmektedir.

Yanma sonucu oluşan kuru gaz ve nem ısı gücü kazandaki suyu buharlaştırarak buhar elde edilmesini sağlamaktadır. Yanma sonucu oluşan kuru gaz ve nemin ısı gücünü, nemin ve kuru gazın sahip olduğu sıcaklık değerine karşılık gelen entalpi değerinden hesaplanabilir. Belirlenecek sıcaklık değeri ayrıca fırının sıcaklığıdır. Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmeliğe göre çerçevesinde yakma fırınında atıklar minimum 850 °C'de yakılmalıdır. Sıcaklık - gaz ve nem entalpi tablolarından fırın sıcaklığı ve gaz ve nem ısı güçleri hesaplanabilmektedir.

$$Q_{Gaz} = M_{Gaz} \times H_{Gaz} / 860000 \quad (\text{Denk. 16})$$

Bu denklemde;



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 125 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Q_{Gaz} : Kuru yanma gazı ısı gücü kcal/s
 H_{Gaz} : Kuru gazın entalpisi kcal/kg

olarak ifade edilmektedir.

$$Q_{Gaz, Nem} = M_{Gaz, Nem} \times H_{Gaz, Nem} / 860000 \quad (\text{Denk. 17})$$

Bu denklemde;

$Q_{Gaz, Nem}$: Nemin ısı gücü kcal/s
 $H_{Gaz, Nem}$: Nemin entalpisi kcal/kg

olarak ifade edilmektedir.

Toplam net ısı gücü ise;

$$Q_{Net} = Q_{Gaz} + Q_{Gaz, Nem} \quad (\text{Denk. 18})$$

olarak bulunabilir.

Q_{Net} denkliğini gösterirken kuru gaz ve nemin entalpi değerinden faydalanılmaktadır. Bu entalpi değeri fırın sıcaklığında oluşan entalpiye eşittir. Fırın sıcaklığı tespiti, bu entalpi değerinden sağlanır.

5.2.5. Isıl Güce Karşılık Gelen Buhar Gücünün Hesabı

Yanma sonucu oluşan baca gazları ile kazanda buhar üretilmektedir. Söz konusu buhar, tesisin işletme koşullarına uygun basınç ve sıcaklık değerleri sahip olup, kazandan buhar türbinine gönderilmektedir. Türbinde de elektrik üretilmektedir. Türbinde üretilen elektrik enerjisinin miktarının hesaplanabilmesi için ilk olarak kazanda üretilecek belirli basınç ve sıcaklık değerindeki kızgın buharın miktarının hesap edilmesi gerekmektedir. Isının bir kısmını buhara aktaran kuru gaz ve nem, baca gazı arıtma sistemine geçmektedir. Aktarılan bu ısı, kuru gaz ve nemin kazana girdiği ve çıktığı sıcaklıktaki entalpilerinin farkının gaz ve nem kütlesi ile çarpımıdır. Bu ısı, kazanda suya aktarılarak buharlaşmaya neden olmaktadır.

Buna göre;

$$Q_{Buhar} = Q_{Net} - (Q_{Çıkış Gaz} + Q_{Çıkış Gaz, Nem}) \quad (\text{Denk. 19})$$

$$Q_{Çıkış Gaz} = M_{Gaz} \times H_{Çıkış Gaz} / 860000 \quad (\text{Denk. 20})$$

$$Q_{Çıkış Gaz, Nem} = M_{Gaz, Nem} \times H_{Çıkış Gaz, Nem} / 860000 \quad (\text{Denk. 21})$$

denklemleriyile yukarıdaki açıklamalar matematiksel ifadeye dönüştürülmüştür.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 126 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Burada;

$H_{\text{Çıkış Gaz}}$:	Kazandan çıkan gazın entalpisi	kcal/kg
$H_{\text{Çıkış Gaz, Nem}}$:	Kazandan çıkan nemin entalpisi	kcal/kg
$Q_{\text{Çıkış Gaz}}$:	Kazandan çıkan kuru yanma gazı ısı gücü	MW _{th}
$Q_{\text{Çıkış Gaz, Nem}}$:	Kazandan çıkan nemin ısı gücü	MW _{th}
Q_{Buhar}	:	Kazandan çıkan buharın ısı gücü	MW _{th}

olarak ifade edilmektedir.

Kazanda elde edilen ısı gücün bir kısmı kazan yüzeylerinde kayıp olarak harcanacaktır. Kazana aktarılan ısı güç değerinden kayıp miktar çıkartılarak buharlaşmaya neden olacak net ısı hesaplanabilir. Bu durum;

$$Q_{\text{Net Buhar}} = Q_{\text{Buhar}} - (R_{\text{Kazan}} \times Q_{\text{Buhar}}) \quad (\text{Denk. 22})$$

denklemlerle ifade edilebilir.

Bu denklemde;

R_{Kazan}	:	Kazan yüzeyinde ısı kaybı oranı	%
$Q_{\text{Net Buhar}}$:	Kayıplar çıktıktan sonraki buhar ısı gücü	MW _{th}

ifade etmektedir.

Kazana gelen besleme suyunun bir kısmı deşarj edilmektedir. Bu oran kazanın özelliğine bağlı bir değer olmaktadır.

Kazanda oluşan buharın sıcaklık ve basınç değerine karşılık gelen entalpi değeri bulunabilir. Yine kazanda deşarj edilen doymuş suyun entalpi değeri bulunmalıdır. Kazana gönderilen besleme suyu sıcaklığı ve basıncı işletme şartlarına bağlı olmakla birlikte bu değerlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu değerlere karşılık gelen besleme suyunun entalpi değeri bulunur. Bu ifadeler aşağıdaki denklemlerle somutlaştırılmıştır.

$$Q_{\text{deşarj suyu}} = M_{\text{Besleme suyu}} \times R_{\text{deşarj}} \times H_{\text{deşarj suyu}} / 860000 \quad (\text{Denk. 23})$$

$M_{\text{Besleme suyu}}$:	Kazana beslenen ve buharlaşan su kütle hızı	kg/s
---------------------------	---	---	------



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 127 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$R_{\text{deşarj suyu}}$:	Kazandandeşarj edilen su oranı	%
$H_{\text{deşarj suyu}}$:	Kazandandeşarj edilen suyun entalpisi	kcal/kg
$M_{\text{deşarj suyu}}$:	Kazandandeşarj edilen su kütleli hızı	kg/s
$Q_{\text{deşarj suyu}}$:	Kazandandeşarj edilen suyun ısıli gücü	MW _{th}

$$Q_{\text{besleme suyu}} = M_{\text{Besleme suyu}} \times H_{\text{besleme suyu}} / 860000 \quad (\text{Denk. 24})$$

$H_{\text{besleme suyu}}$:	Kazana beslenen ve buharlaşan suyun sıvı entalpisi	kcal/kg
$Q_{\text{besleme suyu}}$:	Kazana beslenen ve buharlaşan suyun sıvı ısıli gücü	MW _{th}
$Q_{\text{Net Buhar}} = Q_{\text{Buhar}} - Q_{\text{besleme suyu}} - Q_{\text{deşarj suyu}}$			(Denk. 25)

Bulunan besleme suyu miktarınındeşarj edilen kısmı hariç geri kalan oran buharlaşmış şekilde kazandan türbine ulaşmaktadır. Bu sayede kazandan elde edilen buhar miktarı bulunabilmektedir.

Buhar miktarı ise;

$$M_{\text{buhar}} = Q_{\text{Net Buhar}} / H_{\text{Buhar}} / 860000 \quad (\text{Denk. 26})$$

şeklinde bulunur. Bu denklemde;

$Q_{\text{Net Buhar}}$:	Kayıplar çıkıldıktan sonraki buhar ısıli gücü	MW _{th}
H_{Buhar}	:	Kazanda elde edilen buhar entalpisi	kcal/kg
M_{Buhar}	:	Kazanda elde edilen buhar miktarı	kg/s

olarak ifade edilmiştir.

5.2.6. Baca Gazı Atık Isısı ve Emisyon Yükleri Hesabı

Bacadan atılacak gazın olması istenilen sıcaklık değerleri tespit edilmelidir. Bu işlemde sonra elde edilecek atık ısı tespit edilir. Bunun için;

$$Q_{\text{Atık Isı}} = ((Q_{\text{Çıkış Gaz}} + Q_{\text{Çıkış Gaz, Nem}}) - (Q_{\text{Baca Çıkış Gaz}} + Q_{\text{Baca Çıkış Gaz, Nem}})) / 860000 \quad (\text{Denk. 27})$$

$H_{\text{Baca Çıkış Gaz}}$:	Bacadan çıkan gazın entalpisi	kcal/kg
$H_{\text{Baca Çıkış Gaz, Nem}}$:	Bacadan çıkan nemin entalpisi	kcal/kg
$Q_{\text{Baca Çıkış Gaz}}$:	Bacadan çıkan kuru yanma gazı ısıli gücü	MW _{th}
$Q_{\text{Baca Çıkış Gaz, Nem}}$:	Bacadan çıkan nemin ısıli gücü	kcal/s



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 128 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Daha sonra bu atık ısının kullanılmasına karar verilir. Bu atık ısı, evsel atığın neminin gideriminde ve proses için istenilen değere getirilmesinde, yakma havasının ısıtılarak yanma veriminin artırılmasında ya da ısıtma suyu üretiminde kullanılabilir.

Baca gazı analizleri ve emisyon hesaplamalarında baca gazından atılan gazın debisinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla baca gazı debisi bulunmalıdır. Bu değeri bacadan atılacak gazın sıcaklık değerine karşılık gelen hacim miktarı ile bacadan atılan gazın miktarının çarpımı ile bulabiliriz.

$$V_{\text{baca gazı}} = V_{\text{baca gazı}} \times M_{\text{H,F,K}} \quad (\text{Denk. 28})$$

Burada;

$$\begin{aligned} V_{\text{baca gazı}} & : & \text{Baca gazı hacimsel hızı} & \text{Nm}^3/\text{s} \\ V_{\text{baca gazı}} & : & \text{Baca gazı özgül hacmi} & \text{Nm}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

olarak ifade edilmektedir.

Bulunan baca gazı debisi ile kirletici emisyonlar hesap edilebilir. Kirletici emisyon faktörleri değeri Avrupa Çevre Ajansı tarafından kentsel katı atıkların kütle yakma sistemleri için belirlendiği değerlerdir (Tablo 5.2).

Tablo 5-2. AÇA tarafından belirlenen katı atık yakma sistemleri emisyon faktörleri

Emisyon (NOx)	NOx kirletici parametre emisyon faktörü	g/ton atık	1071
Emisyon (CO)	CO kirletici parametre emisyon faktörü	g/ton atık	41
Emisyon (SOx)	SOx kirletici parametre emisyon faktörü	g/ton atık	87
Emisyon (PM10)	PM10 kirletici parametre emisyon faktörü	g/ton atık	3
Emisyon (VOC)	Uçucu organikler kirletici parametre emisyon faktörü	g/ton atık	5.9
Emisyon (Pb)	Pb kirletici parametre emisyon faktörü	mg/ton atık	58
Emisyon (Hg)	Hg kirletici parametre emisyon faktörü	mg/ton atık	18.8
Emisyon (Cd)	Cd kirletici parametre emisyon faktörü	mg/ton atık	4.6
PCBs	Poliklorlubifenillerin emisyon faktörü	ng/ton atık	3.4
PCDD/F	Dioksin ve furanların emisyon faktörü	ng/ton atık	52.5
Benzo(a)pyrene	PAH emisyon faktörü	µg/ton atık	8.4
Benzo(b)fluoranthene	PAH emisyon faktörü	µg/ton atık	17.9
Benzo(k)fluoranthene	PAH emisyon faktörü	µg/ton atık	9.5
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	PAH emisyon faktörü	µg/ton atık	11.6

Emisyon faktörü değerleri ile tesiste yakılan atık miktarı çarpımı; kirletici emisyonunu vermektedir.

$$M_{\text{emisyon}} = F_{\text{emisyon}} \times M_A \quad (\text{Denk. 29})$$



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 129 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$$\begin{aligned}M_{\text{emisyön(NOx)}} &= F_{\text{emisyön(NOx)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(CO)}} &= F_{\text{emisyön(CO)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(SOx)}} &= F_{\text{emisyön(SOx)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(PM10)}} &= F_{\text{emisyön(PM10)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(VOC)}} &= F_{\text{emisyön(VOC)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(Pb)}} &= F_{\text{emisyön(Pb)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(Hg)}} &= F_{\text{emisyön(Hg)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(Cd)}} &= F_{\text{emisyön(Cd)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(PCB's)}} &= F_{\text{emisyön(PCB's)}} \times M_A \\M_{\text{emisyön(PCDD/F)}} &= F_{\text{emisyön(PCDD/F)}} \times M_A\end{aligned}$$

Kirletici emisyon değerinin hesap edilmesi ile baca gazı kirletici yoğunluk değeri belirlenebilir. Bu bağlamda, kirletici emisyon değerinin baca gazı debisine bölümü bize kirletici gaz emisyonu yoğunluğunu verecektir.

$$\begin{aligned}C_{\text{emisyön}} &= M_{\text{emisyön}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E6 && \text{(Denk. 30)} \\C_{\text{emisyön(NOx)}} &= M_{\text{emisyön(NOx)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(CO)}} &= M_{\text{emisyön(CO)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(SOx)}} &= M_{\text{emisyön(SOx)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(PM10)}} &= M_{\text{emisyön(PM10)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(VOC)}} &= M_{\text{emisyön(VOC)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(Pb)}} &= M_{\text{emisyön(Pb)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(Hg)}} &= M_{\text{emisyön(Hg)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(Cd)}} &= M_{\text{emisyön(Cd)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E3 \\C_{\text{emisyön(PCB's)}} &= M_{\text{emisyön(Cd)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E6 \\C_{\text{emisyön(PCDD/F)}} &= M_{\text{emisyön(Cd)}} / V_{\text{baca gazı}} \times 1 \times E6\end{aligned}$$

Burada;

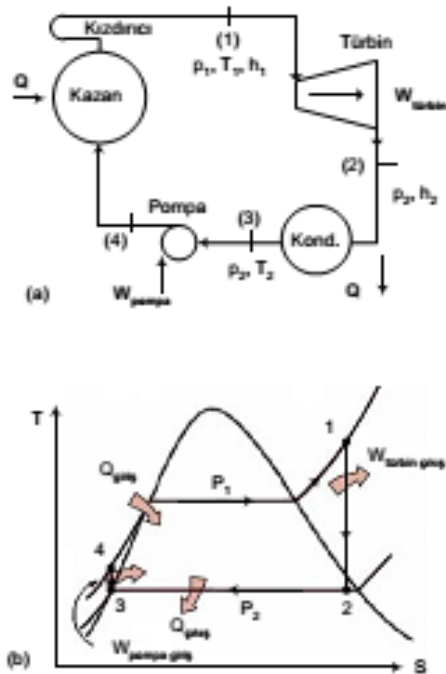
$M_{\text{emisyön}}$:	Kirletici parametre kütleli hızı	kg/s
$C_{\text{emisyön}}$:	Kirletici parametre emisyon derişimi	g/Nm ³ veya mg/Nm ³

ifade etmektedir.

Bu hesaplamalar ile baca gazı arıtma sistemi olmadığı takdirde atmosfere salınacak gazların yoğunluğu ve emisyon miktarları bulunmuş olmaktadır. Ancak bu hesaplar tamamen bir öngördür. Söz konusu şehirlere ait atıkların yakılmasından kaynaklı emisyonları tam olarak temsil etmemektedir. Baca gazı arıtma sistemleri, söz konusu bu değerler ve ilgili düzenlemeler, yönetmeliklere uygun ve istenilen değerlere ayarlayabilecek şekilde seçilerek uygulanmaktadır.

5.2.7. Buhar Türbininde Üretilen Elektrik Hesabı

Buharın ve suyun hal değişimine, ısı transferine bağlı elektrik üretim miktarı, Rankine çevrimi kullanılarak hesaplanabilir. Rankine Sıcaklık – Entropi grafiği (Şekil 5.4) ile çevrime ait bölgelere ilişkin sıcaklık ve basınç değerlerine karşılık entalpiler belirlenerek sistemin ürettiği elektrik miktarı bulunabilir.



Şekil 5-4 (a) Rankine çevrimi akım diyagramı, (b) Sıcaklık-entropi grafiği (Beşergil, 2009)

Şekil 2.4'te gösterilen hat no'ları;

- 1-2 : izentropik genişleme (buhar türbini)
- 2-3 : izobarik ısı çıkışı (kondensatör)
- 3-4 : izentropik sıkıştırma (pompa)
- 4-1 : izobarik ısı girişi (kazan, buhar jeneratörü)

şeklinde ifade edilmektedir.

Hesaplamalara, kazana giren besleme suyunun aktarımındaki pompanın işini hesaplanır.

Pompa işi;



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 131 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$$W_{\text{pompa}} = V_{\text{su}} \times (P_2 - P_1) / \eta_p \quad (\text{Denk. 31})$$

Denklem 31'de;

W_{pompa}	Pompa işi	kJ/kg
P_1	Besleme suyu giriş basıncı	kPa
P_2	Besleme suyu çıkış basıncı	kPa
V_{su}	Besleme suyu özgül hacmi	m ³ /kg
η_p	: Pompa verimi	

ifade etmektedir.

Şekil 2.4 (a)'daki 2 no'lu hattaki entalpi türbin işi için gerekmektedir. (1) ve(2) no'lu hatlardaki buharların entropileri birbirine eşittir.

$$H_{\text{çürük buhar}} = H_{\text{türbin doymun su}} + (X \times H_{\text{türbin su-buhar}}) \quad (\text{Denk. 32})$$

$$X = (S_{\text{doymun buhar}} - S_{\text{türbin doymun su}}) / S_{\text{türbin su-buhar}} \quad (\text{Denk. 33})$$

$H_{\text{çürük buhar}}$: Türbinden çıkan çürük buhar-su entalpisi	kJ/kg
$H_{\text{türbin doymun su}}$: Türbinden çıkan doymun su entalpisi	kJ/kg
$H_{\text{türbin su-buhar}}$: Türbinden çıkan buhar entalpisi	kJ/kg
X	: Kuruluk derecesi	
$S_{\text{doymun buhar}}$: Türbinden çıkan doymun buhar-su entropisi	kJ/kgK
$S_{\text{türbin doymun su}}$: Türbinden çıkan doymun su entropisi	kJ/kgK
$S_{\text{türbin su-buhar}}$: Türbinden çıkan su-buhar entropisi	kJ/kg K

Türbinin yaptığı iş ise;

$$W_{\text{türbin}} = \eta_p \times (H_{\text{türbin giren buhar}} - H_{\text{çürük buhar}}) \quad (\text{Denk. 34})$$

Burada;

$W_{\text{türbin}}$: Türbin işi	kJ/kg
η_p	: Türbin verimi	
$H_{\text{türbin giren buhar}}$: Türbine giren buhar entalpisi	kJ/kg

olarak ifade edilmektedir.

Sistemde yapılan net iş miktarı (W_{net}); türbinin yaptığı iş ile pompanın yaptığı iş farkıdır.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 132 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$$W_{net} = W_{turbin} - W_{pompa} \quad (\text{Denk. 35})$$

Burada;

W_{net} : Net iş kj/kg
olup, tesiste buhar ile üretilecek güç (G_{tesis} , MW) ise, buhar miktarı (M_{buhar}) ile net işin (W_{net}) çarpımına eşit olmaktadır.

$$G_{tesis} = W_{net} \times M_{Buhar} / 3600 \quad (\text{Denk. 39})$$

Tesisin yıllık elektrik üretimi ise;

$$E_{tesis} = G_{tesis} \times EMR \quad (\text{Denk. 40})$$

Burada;

E_{tesis} : Tesisin elektrik üretimi MW_e
EMR: Tesisin yıllık çalışma saati saat/yıl

ifade etmektedir.

Yakma tesisinde elektrik iç tüketim talebi olacaktır. Bu miktar tesisin kurulu gücü ve benzeri birçok parametreye bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu bağlamda; 1 yılda üretilen elektrik enerjisi miktarından iç ihtiyaç nedeniyle kullanılacak yıllık elektrik enerjisi miktarı farkı ulusal şebekeye satılacak elektrik enerjisi miktarını verecektir.

$$E_{tesis\ net} = E_{tesis} - E_{iç\ tüketim} \quad (\text{Denk. 41})$$

5.2.8. Kurulu Güç ve Tesis Veriminin Hesaplanması

Tesiste yılda üretilecek elektrik enerjisi miktarının bilinmesiyle yakma tesisinin verimi elde edilebilir.

$$R_{elektrik} = E_{tesis\ net} / Q_{Net\ Buhar} \quad (\text{Denk. 44})$$

Burada;

$R_{elektrik}$: Türbinin ısı gücü elektrik gücüne çevirme verimi (%15-27) %

ifade etmektedir.

Hesaplamalar, Rankie çevrimine göre yapıldığından verim %15-27 arası bir değerde olacaktır. Atık ısının tam olarak kullanıldığı kojenerasyon sistemlerinde verim daha yüksektir. Tesisin kurulu gücünü belirlemek için geleceğe dair atığın miktarındaki ve artışın enerji ihtacındaki artışa bağlı olarak önem arz etmektedir. Bu tür tesislerin ömrü genellikle 29 yıl olarak belirlenmektedir. 29 yıl sonunda her yıl yapılan bakım prosedürleri dışında ekipmanların değişimi gibi durumlar oluşabilecektir. Tesisin en



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 133 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

azından 29 yıl boyunca bulunduğu bölgedeki atık artışına cevap verebilmesi gerekmektedir. Ayrıca bir tesisin tam kapasite ile çalışması işletme açısından istenen bir durum değildir. Bu nedenlerden ötürü tesisin kurulu gücü elde edilen güçten büyük olmak zorundadır.

$$T = E_{\text{tesis}}/R_{\text{tesis}} \quad (\text{Denk. 43})$$

Burada;

R_{tesis} : Tesisin çalışma kapasitesi %
 T : Tesis kurulu gücü MW_e

ifade etmektedir.

5.3. Ön Fizibilite Çalışması

Bu bölümde tesisin kütle ve enerji denklikleri, toplam gider ve gelirler üzerinden ekonomik analiz yapılacaktır. Gider kalemi olarak, yatırım, işletme, faiz, ana para itfası sunulacaktır. Gelir kalemi olarak, elektrik satışından, karbon kredisinden ve kül gerikazanımından elde edilen gelirler verilecektir.

5.3.1. Yatırım Maliyeti

Tesisin temelini atılmasında devreye alınmasına kadar olan tüm maliyetler “Yatırım Maliyeti” olarak nitelenmektedir. Yakma tesisleri;

- Atık Kabul, Kurutma, Fırın ve Kazan Sistemi
- Buhar Türbini ve Alternatör
- Baca gazı arıtma sistemi

olarak üç ana sistemden oluşur. Bu ana sistemler üç ana yatırım maliyet kalemidir. Dördüncü maliyet kalemi ise yardımcı işletmeler, tesis kurulumu ve montajdır. Tesis yatırım maliyet kalemlerinin tesis yatırım maliyetine oranları Tablo 5.3’te verilmiştir.

Tablo 5-3. Tesis yatırım maliyet kalemlerinin tesis yatırım maliyetine oranları

Yatırım maliyet kalemleri	Oranlar
Atık kabul, kurutma, fırın, kazan ünitesi,	60%
Türbin ve elektrik üretim ünitesi	13%
Baca gazı arıtma sistemi	14%
Tesis kurulumu, yardımcı işletmeler ve montaj	13%
Toplam	100%

Öte yandan, tesiste yakılacak atık miktarı başına literatürde kurulum maliyeti tanımlaması yapılmaktadır. Buna göre, atık hazırlama kurutma tesisi hariç atık yakma tesisin kurulum maliyeti ton başına 380 US\$ olarak ifade edilebilmektedir (Saraç, 2015, Mayor of London, 2008). Bir başka birim



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 134 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

maliyetlendirme üretilen elektrik üzerinden 5000-10000 US\$/kW aralığında yapılmıştır(Breeze, 2017). Bir diğer birim amliyetlendirme is 150,000 US\$/atık-kg-gün şeklindedir. Bu fizibilite çalışmasında bu birim maliyet alınmıştır. Ayrıca bu birim maliyet, Almanya, Danimarka, Polonya ve Japonya'nın önde gelen yakma şirketlerinin ihalelerde vermiş olduğu birim maliyetlerle örtüşmektedir.

5.3.2. İşletme Maliyeti

Kurulum sonrası Yakma Tesisi devreye alındıktan sonra tesisin tüm ömrü boyunca oluşacak maliyetler "İşletme Maliyeti" 'dir. Söz konusu bu maliyet yıl bazlı değerlendirilmektedir. İşletme Maliyeti kapsamında; "Değişken Maliyet" ve "Sabit Maliyet" yer almaktadır. Değişken Maliyet yıllar içerisinde atık miktarındaki değişime paralel olarak değişkenlik göstermektedir. Değişken Maliyet alt kalemleri US\$/ton-atık olarak belirtilmektedir. Değişken maliyetler; Kimyasal ve Yardımcı malzemeler, kül nihai bertaraf maliyeti, personel giderleri, bakım ve yedek parça maliyeti, diğer maliyet kalemleridir. Sabit Maliyet ise, atık miktarından bağımsız olarak önceden planlanan ödeme kapsamında yer alan maliyet olmaktadır. Sabit Maliyetler; amortisman gideri, sigorta, faiz ödemesi, ana para itfasıdır (Saraç, 2015). Değişken maliyetler ve sabit maliyetler sırasıyla Tablo 5.4 ve 5.5'te sunulmuştur.

Tablo 5-4. Değişken maliyetler

İşletme Maliyetleri	Birim maliyet US\$/ton
Kimyasallar ve diğer	6
Kül nihai bertarafı	7.3
Personel maliyetleri	3
Bakım ve yedek parça	5.3
Ön görülemeyen giderler	0.3
Toplam	21.9

Tablo 5-5. Sabit maliyetler

Amortisman	Oran	Yıl
Atık kabul, kurutma, fırın, kazan ünitesi	6.67%	15
Türbin ve elektrik üretim ünitesi	5.00%	20
Baca gazı arıtma sistemi	10%	10
Tesis kurulumu, yardımcı işletmeler ve montaj	3.44%	29

5.3.3. Gelirler

Yakma Tesisin gelirleri;

- Enerji Satışından elde edilen gelir: YEK göre 13,3 US\$cent/kW elektrik tariferisiyle elektrik satışından gelir elde edilmektedir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 135 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

- Atık Bertaraf bedeli ile elde edilen gelir: Gelişmiş ülkelerin tamamında atık bertarafı için bir bedel alınmaktadır. Literatürde atık bertaraf bedeli “Gate Fee” veya “Tipping Fee” olarak geçmektedir.
- Cüruf Geri dönüşümden elde edilen gelir: Yanma sonucu oluşan kül bir inorganik yapıda olup, içerisinde metal oksitleri, sülfatları, halojenürleri barındırmaktadır.
- Karbon kredisinden elde edilen gelir: Atık yakma tesisleri düzenli depolamaya kıyasla bertarafa CH₄ salınımını azalttığı için karbon kredisi geliri kazanımı gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca Türkiye Gönüllü Karbon Borsasında işlem yapabilmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre Yakma tesisi düzenli depolamaya oranla ton atıkbertaraf başına 0.35 ton CO₂ salınımını engellemiş olmaktadır. Bu değer karbon kredisinde kullanılmaktadır. Karbon azaltımı ton birim fiyatı ise 10\$ olarak ele alınabilmektedir (Saraç, 2015).

5.4. Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atık Yakma Tesisinin Ön Fizibilitesi

Batı Karadeniz Bölgesinin atıkları hakkında bilgiler önceki bölümlerde sunulmuştur. Bu atıkların tamamının karıştırılması sonucunda oluşan atık karakteristiği aşağıda sunulmuştur (Tablo 5.6). Ancak karıştırma sonrası nem değeri %78 civarında çıkmıştır. Nem nedeniyle kalorifik değer ortalama 565 kcal/kg seviyesindeydi. Bir atık yakma tesisinden atık kalorifik değerinin 1500-2000 kcal/kg aralığında olması gerekmektedir. Bu nedenle yaklaşık suyun %50’lik (13.65 ton/s) kısmının buharlaştırılarak kurutması üzerinden tüm hesaplar yapılmıştır. Daha sonra bu işlem için atık ısı yeter şartı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Ancak her durumda atıklarında susuzlaştırılması için proses çalışması yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu hesaplamaların yanında bilgisayar destekli benzetim tekniğiyle (ASPEN HYSYS 9.0 software) proses simüle edilmiştir. ASPEN HYSYS sonuçları ile yapılan hesapların örtüştüğü görülmüştür.

Tablo 5-6. Atık karakteristiği

Atık Özellikleri	Birim	Değer
Atık kütleli hızı	kg/s	29,703
Kuru atık kütleli hızı	kg/s	16,433
Atık nem kütleli hızı	kg/s	13,270
Kül ve nem hariç yanabilir atık kütleli hızı (organik madde)	kg/s	13,698
Kül kütleli hızı	kg/s	2,735
Atıkta nem oranı	%	45%

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 136 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Atıkta organik madde oranı	%	46%
Atıkta kül oranı	%	9%
Atık ısı gücü	MW _{th}	72
Atık ısı değeri	kcal/kg	2,077
Karbon, C	kg/s	142,963
Hidrojen, H	kg/s	17,964
Azot, N	kg/s	7,790
Oksijen, O	kg/s	151,192
Klor, Cl	kg/s	8,232
Kükürt, S	kg/s	616

Kütle denkleği için elde edilen değerler aşağıda sunulmuştur.

Tablo 5-7. Kütle denkleği için elde edilen değerler

Kısaltma	Açıklama	Birim	Değer
M _A	Atık kütle hızı	kg/s	29,703
M _{A, K}	Kuru atık kütle hızı	kg/s	16,433
M _{A, Nem}	Atık nem kütle hızı	kg/s	13,270
M _{A, Organik}	Kül ve nem hariç yanabilir atık kütle hızı (organik madde)	kg/s	13,698
M _{A, Kül}	Kül kütle hızı	kg/s	2,735
R _{nem}	Atıkta nem oranı	%	45%
R _{organik}	Atıkta organik madde oranı	%	46%
R _{kül}	Atıkta kül oranı	%	9%
Q _{A,th}	Atık ısı gücü	MW _{th}	71.73
Q _{A,e}	Atık elektriksel gücü	MW _e	
A _{LHV}	Atık ısı değeri	kcal/kg	2,076.95

Yanmada oluşan parametre değerleri ve kütle denkleği aşağıda sunulmuştur.

Tablo 5-8. Yanmada oluşan parametre değerleri

Kısaltma	Açıklama	Birim	Değer
M _{Gaz}	Yanma gazı (kuru bazda) kütle hızı	kg/s	87,001
R _{gaz}	Stokiyometrik yanmada kuru gaz için atığın ısı değeri parametrik değeri	kg/kcal	0.001410
M _{Toplam Gaz}	Hava fazlası ile oluşan kuru yanma gazı kütle hızı	kg/s	
M _{Gaz,Nem}	Yanma sonucu oluşan nem kütle hızı	kg/s	5,650

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 137 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

R_{gaz,nem}	Stokiyometrik yanmada nem için atığın ısıl değerinin parametrik değeri	kg/kcal	0.0001
M_H	Stokiyometrik yanma havası kütleli hızı	kg/s	78,574
R_H	Stokiyometrik yanmada hava için atığın ısıl değerinin parametrik değeri	kg/kcal	0.001274
M_{H, Nem}	Stokiyometrik yanma havası nemi kütleli hızı	kg/s	526
M_{H, K}	Stokiyometrik kuru yanma havası kütleli hızı	kg/s	78,048
R_{H, nem}	Yanma havasındaki nem oranı (ortalama 13 °C, %72 RH)	%	0.67
M_{H,F}	Stokiyometrik yanma havası ve hava fazlası kütleli hızı	kg/s	157,148
M_{H,F,K}	Stokiyometrik kuru yanma havası ve kuru hava fazlası kütleli hızı	kg/s	156,097
R_{H,f}	Hava fazlası oranı	%	100
ER	Hava-yakıt oranı	%	19

Tablo 5-9. Kütle denkleği

Girenler	Miktar (kg/s)	Çıkanlar	Miktar (kg/s)
Atık	29,703	Gaz, nem	17,496
Yakma havası	157,148	Yanma gazı (kuru)	165,049
	Kül	2,735	
Toplam	186,852		185,280

5.4.1. Enerji Denkleği

Yakma sistemine kütle balansı oluşturulduktan sonra sistemin ısı dengesi kalacaktır. Yani yakılan atığın toplam ısı değeri (kayıplar çıkıldıktan sonra) fırından çıkan gaz, kül ve nemi ısı değerine eşit olmalıdır. Tablo 5.10'da hesaplanan değerler sunulmuştur.

Tablo 5-10. Enerji denkleği için hesaplanan parametreler

Kısaltma	Açıklama	Birim	
Q_{kül}	Külün ısı gücü	MW _{th}	0.966
C_pkül	Külün özgül ısı	kcal/kg C	0.32
T_{Fırın}	Yakma fırını sıcaklığı	°C	982
T_{ortam}	Ortam sıcaklığı	°C	25
ΔT	Sıcaklık farkı	°C	957
Q_{ışınım}	Yakma fırınında ışıma ile ısı kaybı	MW _{th}	1.076
R_{ışınım}	ışıma ile ısı kaybı oranı	%	1.50%
Q_{Toplam Kayıp}	Yakma fırındaki toplam ısı kaybı	MW _{th}	2.042
Q_{Net}	Yakma fırındaki net ısı akışı	MW _{th}	70
Q_{Gaz}	Kuru yanma gazı ısı gücü	MW _{th}	48,304
H_{Gaz}	Kuru gazın entalpisi (982 °C)	kcal/kg	251.6909
Q_{nem}	Nemin ısı gücü	MW _{th}	22.01
H_{Gaz,Nem}	Nemin entalpisi (982 °C)	kcal/kg	1,081.7645

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 138 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Giren ve çıkan gazın ve nemin entalpi farkının toplamıyla, atığının saatlik ısı yükün eşit olduğu fırın sıcaklığının 982 °C olduğu tespit edilmiştir. Tablo 5.11’de enerji denkliği sunulmuştur.

Tablo 5-11. Enerji denkliği

Girenler	Miktar (MWth)	Çıkanlar	Miktar (MWth)
Atık	72	Gaz, nem	22
		Yanma gazı (kuru)	48
		Kül	1
		Fırın kaybı	1
Toplam	72		72

5.4.2. Buhar ve Atık Isı Hesabı

Fırın sıcaklığı 982.22 °C olarak bulunmuştur. Bu sıcaklıktaki kuru yanma gazının ve neminin üzerindeki 70 MW’lık ısı ile buhar üretilecektir. Tabiki bu ısının tamamı buhara aktarılamayacaktır. Kazan çıkış buharı sıcaklığı 204 °C olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda buhara aktarılacak ısı ve diğer hesaplama sonuçları aşağıda sunulmuştur. Kazandan elde edilen buhar 350°C de 40 bar basınçta buhar türbinine gönderilmektedir.

Tablo 5-12. Buhara aktarılacak ısı ve diğer hesaplamalar

$H_{\text{Çıkış Gaz}}$	Kazandan çıkan gazın entalpisi	kcal/kg	45.6413
$H_{\text{Çıkış Gaz,Nem}}$	Kazandan çıkan nemin entalpisi	kcal/kg	672.9417
$Q_{\text{Çıkış Gaz}}$	Kazandan çıkan kuru yanma gazı ısı gücü	MW _{th}	8.76
$Q_{\text{Çıkış Gaz, Nem}}$	Kazandan çıkan nemin ısı gücü	MW _{th}	13.69
Q_{Buhar}	Kazandan çıkan buharın ısı gücü	MW _{th}	47.86
R_{kazan}	Kazan yüzeyinde ısı kaybı oranı	%	1%
$Q_{\text{Net Buhar}}$	Kayıplar çıktıktan sonraki buhar ısı gücü	MW _{th}	47.55
H_{Buhar}	Kazanda elde edilen buhar entalpisi	kcal/kg	739
M_{Buhar}	Kazanda elde edilen buhar miktarı	kg/s	55,696
$M_{\text{Besleme suyu}}$	Kazana beslenen ve buharlaşan su kütle hızı	kg/s	55,696
$R_{\text{deşarj suyu}}$	Kazandan deşarj edilen su oranı	%	2%
$H_{\text{deşarj suyu}}$	Kazandan deşarj edilen suyun entalpisi	kcal/kg	159
$M_{\text{deşarj suyu}}$	Kazandan deşarj edilen su kütle hızı	kg/s	1,114
$Q_{\text{deşarj suyu}}$	Kazandan deşarj edilen suyun ısı gücü	MW _{th}	0.21

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 139 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$H_{\text{besleme suyu}}$	Kazana beslenen ve buharlaşan suyun sıvı entalpisi	kcal/kg	85
$Q_{\text{besleme suyu}}$	Kazana beslenen ve buharlaşan suyun sıvı ısı gücü	MW_{th}	0.11
$Q_{\text{Atık ısı}}$	Baca gazı soğutma suyu ısı gücü (gaz ve nemin 204 °C'den 65 °C'ye üzerindeki ısı yükü)	MW_{th}	7.81
dt	Sıcaklık farkı	°C	35
$H_{\text{Baca Çıkış Gaz}}$	Bacadan çıkan gazın entalpisi	kcal/kg	12.0004
$H_{\text{Baca Çıkış Gaz,Nem}}$	Bacadan çıkan nemin entalpisi	kcal/kg	606.3594
$Q_{\text{Baca Çıkış Gaz}}$	Bacadan çıkan kuru yanma gazı ısı gücü	MW_{th}	2.30
$Q_{\text{Baca Çıkış Gaz, Nem}}$	Bacadan çıkan nemin ısı gücü	MW_{th}	12.34

$Q_{\text{soğutma}}$ suyu üzerinden hesaplanan değer atık ısı yüküdür. Bu ısı atığın neminin giderimi için kurulacak olan kurutma tesisinde kullanılabilir. Ancak bu ısı atığı %45 nem seviyesine getirmemektedir. Suyunun süzülmesi ve havada kurutulması için bir sistemin kurulması gerekmektedir.

5.4.3. Emisyon Değerlerinin Hesaplanması

Elde edilen debi ile birlikte tesisin oluşturduğu emisyonlar hesap edilebilir. Burada, Avrupa Çevre Ajansının 2016 yılı atık yakma tesisleri için öngördüğü emisyon faktörlerinden faydalanılacaktır. Ayrıca, kirlenici emisyonların bulunabilmesi için kirlenici kütleli debilerden faydalanılacaktır. Yönetmeliklerde sınır değeri belirlenmiş bir diğer parametre ise emisyon yoğunluğudur. Bu amaçla kirlenici emisyon değerinin baca gazı debisine bölümü bize kirlenici gaz emisyonu yoğunluğu bulunacaktır.

Baca gazı sıcaklığı 65°C'de, baca gazı özgül hacmi 1.2840 m³/kg olup, hacimsel debisi ise 234388 Nm³/h bulunmuştur. Bileşen kirlenici bazında kütleli debiler aşağıdaki Tablo 5.13'de yoğunlukları ise Tablo 5.14'de verilmiştir.

Tablo 5-13. Bileşen kirlenici bazında kütleli debiler

Parametre	Değer	Birim
$M_{\text{emisyon(NOx)}}$	31.81	kg/s
$M_{\text{emisyon(CO)}}$	1.22	kg/s
$M_{\text{emisyon(SOx)}}$	2.58	kg/s
$M_{\text{emisyon(PM10)}}$	0.09	kg/s
$M_{\text{emisyon(VOC)}}$	0.18	kg/s
$M_{\text{emisyon(Pb)}}$	1.72	g/s
$M_{\text{emisyon(Hg)}}$	0.56	g/s
$M_{\text{emisyon(Cd)}}$	0.14	g/s
$M_{\text{emisyon(PCB's)}}$	1.01E+05	ng/s
$M_{\text{emisyon(PCDD/F)}}$	1.56	ng/s

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 140 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-14. Bileşen kirletici bazında yoğunluklar

Parametre	Değer	Birim
C _{emisyon} (NO _x)	0.13572	g/Nm ³
C _{emisyon} (CO)	0.00520	g/Nm ³
C _{emisyon} (SO _x)	0.01103	g/Nm ³
C _{emisyon} (PM10)	0.00038	g/Nm ³
C _{emisyon} (VOC)	0.00075	g/Nm ³
C _{emisyon} (Pb)	0.00735	mg/Nm ³
C _{emisyon} (Hg)	0.00238	mg/Nm ³
C _{emisyon} (Cd)	0.00058	mg/Nm ³
C _{emisyon} (PCB's)	4.30871E-07	mg/Nm ³
C _{emisyon} (PCDD/F)	6.65315E-12	mg/Nm ³

Tablo 5.13 ve Tablo 5.14'de verilen değerler filtre sistemi mevcut olmadığı durumlardaki değerlerdir. Filtreleme işlemine ilişkin İZAYDAŞ referans alınarak işlem yapılması benimsenmiştir.

Kazan çıkışında sıcaklığı 204 °C'ye düşen atık gaz, torbalı filtreden geçerken yüksek verimle tozlarından arınır. Ardından ventri yıkayıcı ile asidik gazlardan ve ağır metal yükünden arınır. Sonrasında ise absorpsiyon kulesinden geçerek SO₂ tutulur. En son PCDD/F ve PAH'lar adsorpsiyon kulesinden geçirilerek tutulur. Gaz temizleme sisteminden geçirilen gaz, Atık Yakma Yönetmeliği emisyon kriterlerine uygun bir şekilde atmosfere salınır.

5.4.4. Türbine Elektrik Enerjisi Hesabı

Türbinin ürettiği elektriğin, pompa tüketiminin ve net elektrik enerjisinin hesaplama sonuçları aşağıda Tablo 5.15'de gösterilmiştir.

Tablo 5-15. Türbinin elektrik üretimine dair parametrelerin sonuçları

Parametreler	Birim	Değer
W _{pompa}	kJ/kg	5.29
P ₁	kPa	400
P ₂	kPa	4,000
V _{su}	m ³ /kg	0.001028
η _p		70%
H _{çürük buhar}	kJ/kg	2,415.9
H _{türbin doymun su}	kJ/kg	151.5
H _{türbin su-buhar}	kJ/kg	2,567.4
X		73%
S _{doymun buhar}	kJ/kgK	6.5821
S _{türbin doymun su}	kJ/kgK	0.5208



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 141 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

$S_{\text{türbin su-buhar}}$	kJ/kg K	8.3312
$W_{\text{türbin}}$	kJ/kg	91,214
η_p		85%
$H_{\text{türbin giren buhar}}$	kJ/kg	3,092.5
$S_{\text{türbin giren buhar}}$	kJ/kgK	6.5821
W_{net}	kJ/kg	912

Tablo 5-16. Tesis yıllık elektrik üretimi hesap sonuçları

G_{tesis}	MW	14.03
E_{tesis}	MW _e	112,241
EMR	saat/yıl	8,000
$E_{\text{tesis net}}$	MW _e	103,262
$E_{\text{iç tüketim}} (\%8)$	MW _e	8,261

5.4.5. Tesis Kurulu Güç Hesabı

Tesisin kurulu gücünü belirlemek için geleceğe dair atığın miktarındaki ve artışın enerji ihtiyacındaki artışa bağlı olarak önem arz etmektedir. Bu tür tesislerin ömrü genellikle 29 yıl olarak belirlenir. 29 yıl sonunda her yıl yapılan bakım prosedürleri dışında ekipmanların değişimi gibi durumlar oluşabilecektir. Tesisin en azından 29 yıl boyunca bulunduğu bölgedeki atık artışına cevap verebilmesi gereklidir. Ayrıca bir tesisin tam kapasite ile çalışması işletme açısından istenen bir durum değildir. Bu nedenlerden ötürü tesisin kurulu gücü elde edilen güçten büyük olmak zorundadır. Çalışma kapasitesi %72 alınmıştır. Bu durumda tesis kurulu gücü 19.5 MW olmaktadır. Tesis verimi ise %18.4 olarak bulunmuştur

5.5. Evsel Atık Yakma Tesisi Ön Fizibilitesi

Batı Karadeniz Bölgesi evsel katı atık yakma tesisine ilişkin olarak öz fizilite çalışması için nüfus artışının atık miktarına yansımaları olarak yıllık bazda %1'lik bir nüfus ve atık artışı belirlenmiştir. Bu öngörü üzerinden, üretilen elektrik, %8 iç tüketimde harcanan elektrikten kalan ve satılan elektrik miktarı belirlenmiştir. Tesis, 36 ayda kurulumunu tamamlayıp devreye alınacağı hedeflendiğinden atık öngörümü 2021 yılından başlamaktadır. Bu öngörüye bağlı olarak (%72 kapasite faktörü) 19.5 MW kapasiteli bir tesisin bu kapasiteyi sağlaması için bertaraf etmesi gereken atık miktarı 362000 ton/yıldır. 2049 yılına kadar tesis bölge atığının bertarafı için yeterli olacaktır. Çizelge 2.15 öngörüye dayalı atık miktarı ve elde edilecek elektrik enerjisi gösterilmiştir.

Ön fizilite çalışmasında 6 senaryo planlanmıştır. Bunlar;



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 142 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

- Senaryo 1: Bertaraf bedeli olarak 20 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %12 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
- Senaryo 2: Bertaraf bedeli olarak 50 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %12 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
- Senaryo 3: Bertaraf bedeli olarak 15 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %6 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
- Senaryo 4: Bertaraf bedeli olarak 20 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %6 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
- Senaryo 5: Bertaraf bedeli olarak 15 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %8 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
- Senaryo 6: Bertaraf bedeli olarak 20 US\$/ton atık ve 10 yıl vadeli %8 faiz üzerinden geri ödeme süresinin belirlenmesi
-

Elektrik satış bedeli olarak tüm senaryolarda 13.3 US\$/cent/kWh olarak alınmıştır. Bu bedel, 18 Ocak 2011 tarihli, 27809 sayılı, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” referans alınmıştır (EK 2). Belirtilen tüm senaryolarda karbon kredisi geliri ve kül gerikazanımı geliri hesaplamalara dahil edilmiştir.

Tablo 5-17. Batı Karadeniz Bölgesi gelecek 30 yıllık atık öngörüsü ve bu öngörüye dayalı üretilecek enerji miktarı

Yıllar	Kümülatif atık (ton yıl)	Üretilen güç (MW)	Üretilen Enerji (kWh/yıl)	Satılan Enerji (kWh/yıl)
2018	260,200	14.03	112,241,129	103,261,839
2019	262,802	14.17	113,363,541	104,294,457
2020	265,430	14.31	114,497,176	105,337,402
2021	268,084	14.46	115,642,148	106,390,776
2022	270,765	14.60	116,798,569	107,454,684
2023	273,473	14.75	117,966,555	108,529,231
2024	276,208	14.89	119,146,221	109,614,523
2025	278,970	15.04	120,337,683	110,710,668
2026	281,759	15.19	121,541,060	111,817,775
2027	284,577	15.34	122,756,470	112,935,953
2028	287,423	15.50	123,984,035	114,065,312
2029	290,297	15.65	125,223,875	115,205,965
2030	293,200	15.81	126,476,114	116,358,025
2031	296,132	15.97	127,740,875	117,521,605
2032	299,093	16.13	129,018,284	118,696,821



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 143 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

2033	302,084	16.29	130,308,467	119,883,789
2034	305,105	16.45	131,611,551	121,082,627
2035	308,156	16.62	132,927,667	122,293,454
2036	311,238	16.78	134,256,944	123,516,388
2037	314,350	16.95	135,599,513	124,751,552
2038	317,494	17.12	136,955,508	125,999,068
2039	320,669	17.29	138,325,063	127,259,058
2040	323,875	17.46	139,708,314	128,531,649
2041	327,114	17.64	141,105,397	129,816,965
2042	330,385	17.81	142,516,451	131,115,135
2043	333,689	17.99	143,941,616	132,426,286
2044	337,026	18.17	145,381,032	133,750,549
2045	340,396	18.35	146,834,842	135,088,055
2046	343,800	18.54	148,303,190	136,438,935
2047	347,238	18.72	149,786,222	137,803,325
2048	350,710	18.91	151,284,085	139,181,358
2049	354,218	19.10	152,796,925	140,573,171

5.5.1. Batı Karadeniz Evsel Atık Yakma Tesisi Yatırım Maliyeti

Tesis toplam yatırım bedeli, 150,000 US\$/ton gün atık birim fiyatıyla 361,337 ton/yıl kapasite için 148,494,797 US\$'dir. 150,000 US\$/ton gün atık birim fiyatı İZAYDAŞ'tan alınmış bir birim bedeldir. Bu bedel literatür bilgileri ile örtüşmektedir. Örneğin 7,500 US\$/kWh elektrik gibi (Breeze, 2017). Yatırım bedeli Tablo 5.18'de gösterilmiştir.

Tablo 5-18. Birim yatırım bedeli ve tesis yatırım maliyeti

Elektrik satış rakamı	13.3	US\$cent/kWh
Tesis kurulum birim maliyeti	150,000	US\$/ton gün atık
Tesis kurulum toplam maliyeti	148,494,797	US\$

Tesisin yatırım maliyetinin karşılanması için % 15 öz sermaye (yasa gereği minimum alt sınır), % 85 banka finansmanı kullanım modeli planlanmıştır. Kredi faiz oranı için üst limitten % 12 faiz oranı ve 2 yıl ön ödemesiz 10 yıl vadeli finansman şeklinde kurgulanmıştır. Bu kurgu bankaların yatırım destek şekline, risk analizlerine ve çevreci yatırımlara karşı politikalarına göre değişkenlik arz eden bir durumdur. Bu kurguya göre hesaplamalar Tablo 5.19'da gösterilmiştir.



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 144 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-19. Yatırım bedeli ödeme

Yıl	2018	2019	2020
Öz sermaye	22,274,220		
Banka finansmanı		63,110,289	63,110,289

Tesis kurulum ana kalem maliyetleri ve oranları Tablo 5.20'de özetlenmiştir.

Tablo 5-20. Yatırım maliyet kalemleri

Atık kabul, kurutma, fırın, kazan ünitesi	60%	89,096,878
Türbin ve elektrik üretim ünitesi	13%	19,799,306
Baca gazı arıtma sistemi	14%	21,036,763
Tesis kurulumu, yardımcı işletmeler ve montaj	13%	18,561,850
Toplam	100%	148,494,797

5.5.2. Batı Karadeniz Evsel Atık Yakma Tesis İşletme Maliyeti

2020 yılı için tesisin işletme maliyeti Tablo 5.21'de gösterilmiştir.

Tablo 5-21. Tesis işletme birim maliyetleri ve işletme kalem maliyetleri

İşletme Maliyetleri	Birim maliyet (US\$/ton)	İşletme Maliyeti (US\$)
Kimyasallar ve diğer	6	1,608,507
Kül nihai bertarafı	7.3	1,957,017
Personel maliyetleri	3	804,253
Bakım ve yedek parça	5.3	1,420,848
Ön görülemeyen giderler	0.3	80,425
Toplam	21.9	5,871,050

5.5.3. Sabit Maliyetler

Kurulum maliyeti 148,494,797 US\$ olan tesisin kurulum likidite akışında banka kredisi kullanılmış olup, toplamda 126,220,578 US\$ kredi kullanılacağı öngörülmüştü. 2 yıl ön ödemesiz 10 yıl vade %12 faizli kredi için yıllara göre banka anapara ve faiz itfası Tablo 2.22 de gösterilmiştir.

Tablo 5-22. Tesisin finansmanı

Yıllar	Ana Para (US\$)	Ana Para İtfası (US\$)	Faiz (US\$)	Kalan Ana Para (US\$)	Yıllık Ödemeler (US\$)
--------	-----------------	------------------------	-------------	-----------------------	------------------------



TÜBİTAK

MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 145 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

2018					
2019	63,110,289				
2020	63,110,289				
2021	126,220,578	12,622,058	15,146,469.3	113,598,520	27,768,527
2022	113,598,520	12,622,058	13,631,822.4	100,976,462	26,253,880
2023	100,976,462	12,622,058	12,117,175.5	88,354,404	24,739,233
2024	88,354,404	12,622,058	10,602,528.5	75,732,347	23,224,586
2025	75,732,347	12,622,058	9,087,881.6	63,110,289	21,709,939
2026	63,110,289	12,622,058	7,573,234.67	50,488,231	20,195,292
2027	50,488,231	12,622,058	6,058,587.73	37,866,173	18,680,646
2028	37,866,173	12,622,058	4,543,940.8	25,244,116	17,165,999
2029	25,244,116	12,622,058	3,029,293.87	12,622,058	15,651,352
2030	12,622,058	12,622,058	1,514,646.93	0	14,136,705
Toplam		126,220,578	83,305,581		209,526,159

Amortisman oranları için, Gelir İdaresi Başkanlığı'nın hazırlamış olduğu "Amortisman Tabi İktisadi Kıymetler Tablosu"ndan yararlanılmıştır. Buna göre dört ana başlık altında maliyetlendirilen tesisin Amortisman tablosu Tablo 5.23'de gösterilmiştir.

Tablo 5-23. Tesis amortisman tablosu

Amortisman	Oran	Yıl	Amortisman Gideri (US\$)
Atık kabul, kurutma, fırın, kazan ünitesi	6.67%	15	5,942,762
Türbin ve elektrik üretim ünitesi	5.00%	20	989,965
Baca gazı arıtma sistemi	10.00%	10	2,103,676
Tesis kurulumu, yardımcı işletmeler ve montaj	3.44%	29	638,528
Toplam			9,674,931

Sigorta bedeli olarak 100000 US\$/yıl alınmıştır (Saraç, 2015).

**MAM****TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)**

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 146 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

5.5.4. Tesis Gelirleri

Tesis gelirleri olarak elektrik satışından elde edilen gelir kWh elektrik başına 13.3 US\$centtir. Kül gerikazanımından elde edilen gelir 2020 için aşağıda gösterilmiştir (Tablo 5.24). Karbon kredisi geliri Tablo 5.25'te gösterilmiştir. Tesisten, 7.81 MW'lık atık ısının geri kazanılacağı hesaplanmıştır. Bu atık ısı, 25 °C'den 60 °C'ye 192 m³/s debili bir soğutma suyuna aktarılabilir. Söz konusu soğutma suyu sera ya da civar yerleşim yerlerinin ısıtılmasında kullanılabilir. Atık ısının birim geliri Tablo 5.26'da gösterilmiştir. Bu tabloda pompalama enerjisi 21.85 Kw'a karşılık, basınç kaybı 3 bar, borulama 5 km alınmıştır. Elektrik birim maliyeti, EPDK 01.09.2018 tarihli, alçak gerilim tek zamanlı tarifesi olan 42 Kr alınmıştır. 7.81 MW'lık atık ısıya karşılık gelen 2500 kcal/kg ısı kapasitedeki kömürü %60 verimle yakılmasındaki ısı değer referans alınmıştır. Birim atık ısı maliyeti, bu kömürün birim fiyatının %30'u kabul edilmiştir. Dolar kuru ise 7 ₺ 'den hesaplanmıştır. Atık ısı geri kazanım sistemi işletme ve yatırım maliyeti hesaplamaları ve fizibilitesi bu projenin konusu dışında olduğundan yapılmamıştır.

Tablo 5-24. Kül gerikazanım geliri

Kül miktarı (ton/yıl)	23,957
Değer oranı (%)	3%
Değer birim geliri (US\$/ton)	200
Toplam gelir (US\$/yıl)	143,743
Kül geliri (US\$/atık ton)	0.55

Tablo 5-25. Karbon kredisi geliri

Karbon kredisi birim gelir (US\$/ton atık)	10
Karbon kredisi toplam gelir (US\$/yıl)	2,602,001

Tablo 5-26. Atık ısı geliri

Atık ısı geliri	
Atık ısı birim gelir (US\$/ton atık)	0.95
Referans kömür kalorisi (kcal/kg)	2,500
Referans kömür fiyatı (US\$/ton)	50
Referans oran (birim atık ısı maliyeti/birim kömür maliyeti)	30%
Pompaj maliyeti (5 km aktarım için)	1.31
Elektrik maliyeti(US\$/kW)	0.060



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 147 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

5.5.5. Tesis Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması

Senaryo 1'e (%12 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.26'da gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli (kapı giriş ücreti) 20 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 24 yıldır. Geri kalan 6 yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar **71,444,792 \$** olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 1.49 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 2'ye (%12 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.27'de gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli 50 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 17 yıldır. Geri kalan yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar **165,639,535 \$** olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 3.71 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 3'e (%6 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.28'de gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli 15 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 22 yıldır. Geri kalan yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar **99,035,328 \$** olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 1.12 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 4'e (%6 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.29'da gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli 20 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 20 yıldır. Geri kalan yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar **126,078,281 \$** olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 1.49 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 5'e (%8 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.30'da gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli 15 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 23 yıldır. Geri kalan yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar 85,309,191 \$ olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 1.12 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 6'ya (%8 banka faizi) göre tesis gelir-gider ve geri ödeme tablosu Çizelge 2.31'de gösterilmiştir. Bu senaryoya göre bertaraf bedeli 20 US\$/atık ton olduğunda geri ödeme süresi 21 yıldır. Geri kalan yıllık süre boyunca bertaraf bedeli alınmadığı takdirde toplam kar 107,474,282 \$ olarak hesaplanmıştır. Hane başı kapı giriş ücreti ise 1.49 US\$/ hane.ay olarak hesaplanmıştır.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 148 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-27. Senaryo 1'e göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	15,146,469	13,631,822	12,117,175	10,602,529	9,087,882	7,573,235	6,058,588	4,543,941	3,029,294	1,514,647	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl				0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl				268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084
İşletme Giderleri	US\$/ton				22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl				5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646
Toplam nakit akışı	US\$/yıl				33,739,577	32,283,640	30,828,291	29,373,535	27,919,377	26,465,825	25,012,883	23,560,558	22,108,857	20,657,785	6,585,291	6,650,144	6,715,646
Enerji Üretimi	kWh/yıl				106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789
Enerji Geliri	US\$/yıl				14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl				8,042,534	8,122,959	8,204,189	8,286,230	8,369,093	8,452,784	8,537,311	8,622,685	8,708,911	8,796,001	8,883,961	8,972,800	9,062,528
Kül fiyatı	US\$/ton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl				148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881
Toplam gelir	US\$/yıl				22,340,605	22,564,011	22,789,651	23,017,548	23,247,723	23,480,200	23,715,002	23,952,152	24,191,674	24,433,591	24,677,926	24,924,706	25,173,953
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl				-11,398,972	-9,719,629	-8,038,640	-6,355,987	-4,671,654	-2,985,624	-1,297,881	391,594	2,082,817	3,775,805	18,092,635	18,274,562	18,458,307
Kümülatif	US\$/yıl				-11,398,972	-21,118,601	-29,157,241	-35,513,228	-40,184,882	-43,170,506	-44,468,387	-44,076,793	-41,993,976	-38,218,171	-20,125,535	-1,850,974	16,607,334

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10	10	10	10
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	9,153,153	9,244,685	9,337,132	9,430,503	9,524,808	9,620,056	9,716,257	9,813,419	9,911,554	10,010,669	10,110,776	3,403,961	3,438,001	3,472,381	3,507,105	3,542,176
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	25,425,692	25,679,949	25,936,749	26,196,116	26,458,077	26,722,658	26,989,885	27,259,784	27,532,381	27,807,705	28,085,782	21,558,718	21,774,305	21,992,048	22,211,968	22,434,088
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	18,643,890	18,831,329	19,020,642	19,211,849	19,404,967	19,600,017	19,797,017	19,995,987	20,196,947	20,399,917	20,604,916	14,004,043	14,145,083	14,287,534	14,431,409	14,576,723
Kümülatif	US\$/yıl	35,251,224	54,082,553	73,103,195	92,315,044	111,720,012	131,320,029	151,117,046	171,113,033	191,309,981	211,709,897	232,314,813	246,318,856	260,463,939	274,751,473	289,182,882	303,759,606

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 149 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-28. Senaryo 2'ye göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	15,146,469	13,631,822	12,117,175	10,602,529	9,087,882	7,573,235	6,058,588	4,543,941	3,029,294	1,514,647	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl				0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl				268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084
İşletme Giderleri	US\$/ton				22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl				5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646
Toplam nakit akışı	US\$/yıl				33,739,577	32,283,640	30,828,291	29,373,535	27,919,377	26,465,825	25,012,883	23,560,558	22,108,857	20,657,785	19,206,713	17,755,641	16,304,569
Enerji Üretimi	kWh/yıl				106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789
Enerji Geliri	US\$/yıl				14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl				16,085,067	16,245,918	16,408,377	16,572,461	16,738,185	16,905,567	17,074,623	17,245,369	17,417,823	17,592,001	17,767,921	17,945,600	18,125,056
Kül fiyatı	US\$/ton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl				148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881
Toplam gelir	US\$/yıl				30,383,139	30,686,970	30,993,840	31,303,778	31,616,816	31,932,984	32,252,314	32,574,837	32,900,585	33,229,591	33,561,887	33,897,506	34,236,481
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl				-3,356,438	-1,596,670	165,549	1,930,243	3,697,439	5,467,159	7,239,431	9,014,279	10,791,728	12,571,806	14,356,596	16,147,362	17,942,135
Kümülatif	US\$/yıl				-3,356,438	-4,953,108	-4,787,560	-2,857,316	840,122	6,307,282	13,546,713	22,560,991	33,352,720	45,924,526	60,287,121	76,444,483	94,507,618

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	60	60	60	60	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	18,306,307	18,489,370	18,674,264	18,861,006	3,174,936	3,206,685	3,238,752	3,271,140	3,303,851	3,336,890	3,370,259	3,403,961	3,438,001	3,472,381	3,507,105	3,542,176
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	34,578,846	34,924,634	35,273,881	35,626,619	20,108,205	20,309,287	20,512,380	20,717,504	20,924,679	21,133,926	21,345,265	21,558,718	21,774,305	21,992,048	22,211,968	22,434,088
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	27,797,044	28,076,014	28,357,774	28,642,352	13,055,095	13,186,646	13,319,513	13,453,708	13,589,245	13,726,137	13,864,399	14,004,043	14,145,083	14,287,534	14,431,409	14,576,723
Kümülatif	US\$/yıl	155,466,362	183,542,376	211,900,151	240,542,503	253,597,598	266,784,244	280,103,757	293,557,465	307,146,710	320,872,847	334,737,246	348,741,288	362,886,371	377,173,905	391,605,315	406,182,038

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 150 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-29. Senaryo 3'e göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	7,573,235	6,815,911	6,058,588	5,301,264	4,543,941	3,786,617	3,029,294	2,271,970	1,514,647	757,323	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl			100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl			0	0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl			268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084	
İşletme Giderleri	US\$/ton			22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl			5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646	
Toplam nakit akışı	US\$/yıl			26,166,342	25,467,729	24,769,703	24,072,270	23,375,436	22,679,207	21,983,589	21,288,588	20,594,210	19,900,462	6,585,291	6,650,144	6,715,646	
Enerji Üretimi	kWh/yıl			106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789	
Enerji Geliri	US\$/yıl			14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544	
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl			6,702,111	6,769,132	6,836,824	6,905,192	6,974,244	7,043,986	7,114,426	7,185,571	7,257,426	7,330,000	7,403,300	7,477,333	7,552,107	
Kül fiyatı	US\$/ton			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kül geliri	US\$/yıl			148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881	
Toplam gelir	US\$/yıl			21,000,183	21,210,184	21,422,286	21,636,509	21,852,874	22,071,403	22,292,117	22,515,038	22,740,189	22,967,590	23,197,266	23,429,239	23,663,531	
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl			-5,166,159	-4,257,545	-3,347,417	-2,435,761	-1,522,562	-607,804	308,528	1,226,450	2,145,979	3,067,129	16,611,975	16,779,095	16,947,886	
Kümülatif	US\$/yıl			-5,166,159	-9,423,704	-12,771,121	-15,206,882	-16,729,444	-17,337,248	-17,028,720	-15,802,270	-13,656,291	-10,589,163	6,022,813	22,801,907	39,749,793	

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	25	25	25	25	25	25	25	25	25	10	10	10	10	10	10	
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	7,627,628	7,703,904	7,780,943	7,858,753	7,937,340	8,016,714	8,096,881	8,177,850	8,259,628	8,343,336	8,427,991	8,513,691	8,600,436	8,688,228	8,777,066	8,866,950
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	23,900,167	24,139,168	24,380,560	24,624,366	24,870,609	25,119,315	25,370,509	25,624,214	25,880,456	26,139,226	26,402,619	26,670,644	26,943,311	27,220,620	27,502,581	27,789,192
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	17,118,365	17,290,548	17,464,454	17,640,098	17,817,499	17,996,674	18,177,641	18,360,418	18,545,022	18,726,137	18,909,650	19,094,561	19,280,870	19,468,576	19,657,678	19,848,175
Kümülatif	US\$/yıl	56,868,158	74,158,706	91,623,160	109,263,259	127,080,758	145,077,432	163,255,073	181,615,491	200,160,513	213,886,650	227,751,049	241,755,091	255,900,174	270,187,708	284,619,118	299,195,841

TUBITAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 151 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-30. Senaryo 4'e göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	7,573,235	6,815,911	6,058,588	5,301,264	4,543,941	3,786,617	3,029,294	2,271,970	1,514,647	757,323	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl				0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl				268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084
İşletme Giderleri	US\$/ton				22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl				5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646
Toplam nakit akışı	US\$/yıl				26,166,342	25,467,729	24,769,703	24,072,270	23,375,436	22,679,207	21,983,589	21,288,588	20,594,210	19,900,462	6,585,291	6,650,144	6,715,646
Enerji Üretimi	kWh/yıl				106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789
Enerji Geliri	US\$/yıl				14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl				8,042,534	8,122,959	8,204,189	8,286,230	8,369,093	8,452,784	8,537,311	8,622,685	8,708,911	8,796,001	8,883,961	8,972,800	9,062,528
Kül fiyatı	US\$/ton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl				148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881
Toplam gelir	US\$/yıl				22,340,605	22,564,011	22,789,651	23,017,548	23,247,723	23,480,200	23,715,002	23,952,152	24,191,674	24,433,591	24,677,926	24,924,706	25,173,953
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl				-3,825,737	-2,903,718	-1,980,052	-1,054,723	-127,713	800,993	1,731,413	2,663,564	3,597,464	4,533,129	18,092,635	18,274,562	18,458,307
Kümülatif	US\$/yıl				-3,825,737	-6,729,455	-8,709,507	-9,764,230	-9,891,943	-9,090,950	-7,359,537	-4,695,973	-1,098,509	3,434,620	21,527,255	39,801,817	58,260,124

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	30	30	30	30	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	9,153,153	9,244,685	9,337,132	9,430,503	9,524,808	9,620,056	9,716,257	3,271,140	3,303,851	3,336,890	3,370,259	3,403,961	3,438,001	3,472,381	3,507,105	3,542,176
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	25,425,692	25,679,949	25,936,749	26,196,116	26,458,077	26,722,658	26,989,885	20,717,504	20,924,679	21,133,926	21,345,265	21,558,718	21,774,305	21,992,048	22,211,968	22,434,088
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	18,643,890	18,831,329	19,020,642	19,211,849	19,404,967	19,600,017	19,797,017	13,453,708	13,589,245	13,726,137	13,864,399	14,004,043	14,145,083	14,287,534	14,431,409	14,576,723
Kümülatif	US\$/yıl	76,904,014	95,735,344	114,755,986	133,967,835	153,372,802	172,972,819	192,769,837	206,223,545	219,812,789	233,538,927	247,403,325	261,407,368	275,552,451	289,839,985	304,271,394	318,848,118



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 152 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-31. Senaryo 5'e göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	10,097,646	9,087,882	8,078,117	7,068,352	6,058,588	5,048,823	4,039,058	3,029,294	2,019,529	1,009,765	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl				0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl				268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084
İşletme Giderleri	US\$/ton				22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl				5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646
Toplam nakit akışı	US\$/yıl				28,690,754	27,739,699	26,789,232	25,839,358	24,890,083	23,941,413	22,993,354	22,045,911	21,099,092	20,152,903	6,585,291	6,650,144	6,715,646
Enerji Üretimi	kWh/yıl				106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789
Enerji Geliri	US\$/yıl				14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton				25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl				6,702,111	6,769,132	6,836,824	6,905,192	6,974,244	7,043,986	7,114,426	7,185,571	7,257,426	7,330,000	7,403,300	7,477,333	7,552,107
Kül fiyatı	US\$/ton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl				148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881
Toplam gelir	US\$/yıl				21,000,183	21,210,184	21,422,286	21,636,509	21,852,874	22,071,403	22,292,117	22,515,038	22,740,189	22,967,590	23,197,266	23,429,239	23,663,531
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl				-7,690,571	-6,529,515	-5,366,946	-4,202,849	-3,037,209	-1,870,010	-701,237	469,127	1,641,096	2,814,688	16,611,975	16,779,095	16,947,886
Kümülatif	US\$/yıl				-7,690,571	-14,220,086	-19,587,032	-23,789,881	-26,827,090	-28,697,100	-29,398,337	-28,929,210	-27,288,114	-24,473,426	-7,861,451	8,917,644	25,865,530

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	10	10	10	10	10	10
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	7,627,628	7,703,904	7,780,943	7,858,753	7,937,340	8,016,714	8,096,881	8,177,850	8,259,628	8,342,224	3,370,259	3,403,961	3,438,001	3,472,381	3,507,105	3,542,176
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	23,900,167	24,139,168	24,380,560	24,624,366	24,870,609	25,119,315	25,370,509	25,624,214	25,880,456	26,139,260	21,345,265	21,558,718	21,774,305	21,992,048	22,211,968	22,434,088
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	17,118,365	17,290,548	17,464,454	17,640,098	17,817,499	17,996,674	18,177,641	18,360,418	18,545,022	18,731,472	13,864,399	14,004,043	14,145,083	14,287,534	14,431,409	14,576,723
Kümülatif	US\$/yıl	42,983,894	60,274,443	77,738,897	95,378,995	113,196,494	131,193,169	149,370,810	167,731,227	186,276,249	205,007,721	218,872,120	232,876,162	247,021,245	261,308,779	275,740,189	290,316,912

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 153 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 5-32. Senaryo 6'ya göre gelir-gider tablosu

	Birim	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Özsermaye	US\$	22,274,220	0	0													
Kredi	US\$		63,110,289	63,110,289													
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	10,097,646	9,087,882	8,078,117	7,068,352	6,058,588	5,048,823	4,039,058	3,029,294	2,019,529	1,009,765	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	12,622,058	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl				100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl				0	0	0	0	0	0	3,000,000	3,000,000	3,750,000	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl				268,084	270,765	273,473	276,208	278,970	281,759	284,577	287,423	290,297	293,200	296,132	299,093	302,084
İşletme Giderleri	US\$/ton				22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl				5,871,050	5,929,760	5,989,058	6,048,948	6,109,438	6,170,532	6,232,237	6,294,560	6,357,505	6,421,080	6,485,291	6,550,144	6,615,646
Toplam nakit akışı	US\$/yıl				28,690,754	27,739,699	26,789,232	25,839,358	24,890,083	23,941,413	22,993,354	22,045,911	21,099,092	20,152,903	19,206,714	18,261,525	17,317,336
Enerji Üretimi	kWh/yıl				106,390,776	107,454,684	108,529,231	109,614,523	110,710,668	111,817,775	112,935,953	114,065,312	115,205,965	116,358,025	117,521,605	118,696,821	119,883,789
Enerji Geliri	US\$/yıl				14,149,973	14,291,473	14,434,388	14,578,732	14,724,519	14,871,764	15,020,482	15,170,687	15,322,393	15,475,617	15,630,373	15,786,677	15,944,544
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl				8,042,534	8,122,959	8,204,189	8,286,230	8,369,093	8,452,784	8,537,311	8,622,685	8,708,911	8,796,001	8,883,961	8,972,800	9,062,528
Kül fiyatı	US\$/ton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl				148,098	149,579	151,075	152,586	154,111	155,653	157,209	158,781	160,369	161,973	163,592	165,228	166,881
Toplam gelir	US\$/yıl				22,340,605	22,564,011	22,789,651	23,017,548	23,247,723	23,480,200	23,715,002	23,952,152	24,191,674	24,433,591	24,677,926	24,924,706	25,173,953
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl				-6,350,149	-5,175,688	-3,999,581	-2,821,811	-1,642,360	-461,213	721,649	1,906,241	3,092,581	4,280,688	5,471,815	6,664,942	7,861,069
Kümülatif	US\$/yıl				-6,350,149	-11,525,837	-15,525,418	-18,347,229	-19,989,589	-20,450,802	-19,729,153	-17,822,913	-14,730,331	-10,449,643	-7,642,992	-5,117,553	-3,017,553

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu

Sayfa/Toplam Sayfa: 154 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

	Birim	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Özsermaye	US\$																
Kredi	US\$																
Faiz ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana para ödemesi	US\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigorta	US\$/yıl	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
İlave Yatırım	US\$/yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Atık Miktarı	ton/yıl	305,105	308,156	311,238	314,350	317,494	320,669	323,875	327,114	330,385	333,689	337,026	340,396	343,800	347,238	350,710	354,218
İşletme Giderleri	US\$/ton	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
İşletme giderleri	US\$/yıl	6,681,802	6,748,620	6,816,106	6,884,267	6,953,110	7,022,641	7,092,867	7,163,796	7,235,434	7,307,788	7,380,866	7,454,675	7,529,222	7,604,514	7,680,559	7,757,365
Toplam nakit akışı	US\$/yıl	6,781,802	6,848,620	6,916,106	6,984,267	7,053,110	7,122,641	7,192,867	7,263,796	7,335,434	7,407,788	7,480,866	7,554,675	7,629,222	7,704,514	7,780,559	7,857,365
Enerji Üretimi	kWh/yıl	121,082,627	122,293,454	123,516,388	124,751,552	125,999,068	127,259,058	128,531,649	129,816,965	131,115,135	132,426,286	133,750,549	135,088,055	136,438,935	137,803,325	139,181,358	140,573,171
Enerji Geliri	US\$/yıl	16,103,989	16,265,029	16,427,680	16,591,956	16,757,876	16,925,455	17,094,709	17,265,656	17,438,313	17,612,696	17,788,823	17,966,711	18,146,378	18,327,842	18,511,121	18,696,232
Bertaraf Bedeli+Karbon Kredisi	US\$/ton	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10	10
Bertaraf Bedeli	US\$/yıl	9,153,153	9,244,685	9,337,132	9,430,503	9,524,808	9,620,056	9,716,257	9,813,419	3,303,851	3,336,890	3,370,259	3,403,961	3,438,001	3,472,381	3,507,105	3,542,176
Kül fiyatı	US\$/ton	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kül geliri	US\$/yıl	168,549	170,235	171,937	173,657	175,393	177,147	178,919	180,708	182,515	184,340	186,183	188,045	189,926	191,825	193,743	195,681
Toplam gelir	US\$/yıl	25,425,692	25,679,949	25,936,749	26,196,116	26,458,077	26,722,658	26,989,885	27,259,784	20,924,679	21,133,926	21,345,265	21,558,718	21,774,305	21,992,048	22,211,968	22,434,088
Nakit açığı fazlası	US\$/yıl	18,643,890	18,831,329	19,020,642	19,211,849	19,404,967	19,600,017	19,797,017	19,995,987	13,589,245	13,726,137	13,864,399	14,004,043	14,145,083	14,287,534	14,431,409	14,576,723
Kümülatif	US\$/yıl	63,019,751	81,851,080	100,871,723	120,083,571	139,488,539	159,088,556	178,885,573	198,881,561	212,470,805	226,196,943	240,061,341	254,065,384	268,210,467	282,498,001	296,929,410	311,506,134



MAM

TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

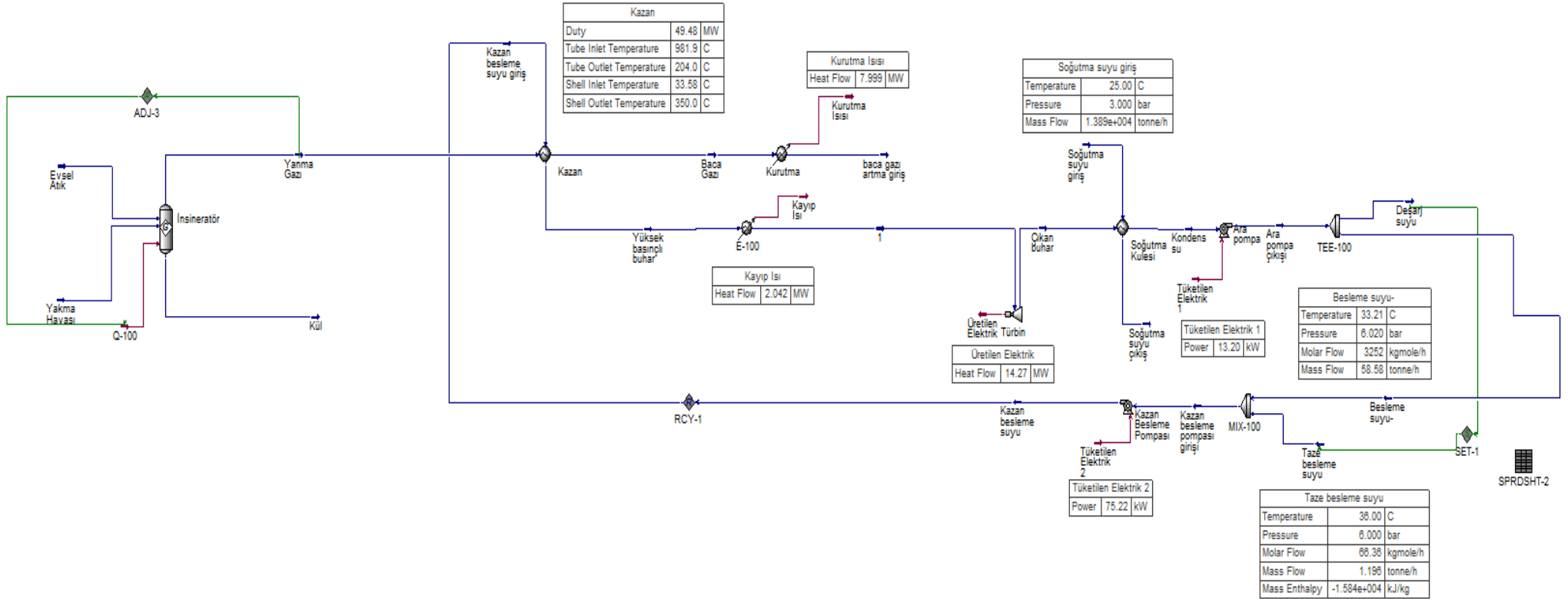
Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 155 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

5.6. Batı Karadeniz Atık Yakma Tesisinin Bilgisayar Destekli Benzetimi

Batı Karadeniz Atık Yakma Tesisinin bilgisayar destekli benzetimi çalışması ASPEN HYSYS 9.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle atık kimyasal ve fiziksel olarak hypothetical component olarak tanımlanmıştır. Ardından yakma havası (%100 hava fazlası) Başlık 5.4'ün altında belirtilen hava ve nem miktarı olarak alınmıştır. Fluid Package olarak Peng Robinson modeli uygulanmıştır. Yanma reaksiyonu sonucunda gaz sıcaklığı ve entalpi ve entropi değerlerinin teorik hesaplamalarla örtüştüğü gözlemlenmiştir. 2 MW'lık ısı kayıp sistem eklendiğinde buhar türbininde % 85 adyabatik verimde 14.27 MW elektrik üretildiği belirlenmiştir. Tesisin atık ısısının 8 MW olduğu belirlenmiştir. Bu ısının özellikle atıkların kurutulmasında kullanılabileceği tespit edilmiştir. Türbin çıkışı oluşan çürük buharın yoğunlaştırılması konusunda 2 °C'lik soğutma suyu sıcaklık farkı için 13,890 m³/s su ihtiyacının olduğu tespit edilmiştir. Eğer ekolojik ve çevresel açıdan sorun çıkmadığı takdirde Filyos Çayı minimum debide 111,600,000 m³/s'lik akışa olup termodinamiksel olarak soğutma suyu tedarikine uygun bir debide sahiptir. Ancak sözkonusu faaliyetin ekolojik ve çevresel etkileri ayrıca incelenmelidir.

Bilgisayar destekli benzetim çalışması akım şeması Şekil 5.5'te, prosesin kütle ve enerji denklemleri Şekil 5.6'da ve türbine ait veriler Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5-5 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması akım şeması



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 157 / 173

Güncelleştirme Sayısı: 01

The screenshot displays the Aspen HYSYS V9 software interface. The main window shows a material streams table with the following data:

Name	Kondens su	Besleme suyu-	Kazan beslem...	Ara pompa çıkışı	Taze besleme...	Kazan beslem...	Kül	Evsel Atık	Yakma Havası	Yanma Gazı	Baca Gazı	Yüksek basınçl...
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Temperature [C]	33.15	33.21	33.58	33.21	36.00	33.27	981.9	25.00	25.00	981.9	204.0	350.0
Pressure [bar]	5.000e-002	6.020	40.02	6.020	6.000	6.000	1.030	1.050	1.040	1.030	1.020	40.00
Molar Flow [kgmole/h]	3318	3252	3318	3318	66.36	3318	76.83	913.0	5447	6605	6605	3318
Mass Flow [tonne/h]	59.78	58.58	59.78	59.78	1.196	59.78	3.079	29.70	157.1	183.8	183.8	59.78
Liquid Volume Flow [m3/h]	59.90	58.70	59.90	59.90	1.198	59.90	2.251	34.92	180.5	212.8	212.8	59.90
Heat Flow [MW]	-263.2	-257.9	-263.1	-263.2	-5.260	-263.2	4.505	-61.18	-3.933	-64.88	-114.4	-213.7

Name	Kazan beslem...	Çıkan buhar	baca gazı artm...	Deşarj suyu	Soğutma suyu...	Soğutma suyu...	1	** New **
Vapour Fraction	0.0000	0.8161	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
Temperature [C]	33.58	36.41	65.00	33.21	25.00	27.78	296.5	
Pressure [bar]	40.02	6.000e-002	1.020	6.020	3.000	2.900	40.00	
Molar Flow [kgmole/h]	3318	3318	6605	66.36	5.551e+005	5.551e+005	3318	
Mass Flow [tonne/h]	59.78	59.78	183.8	1.196	1.000e+004	1.000e+004	59.78	
Liquid Volume Flow [m3/h]	59.90	59.90	212.8	1.198	1.002e+004	1.002e+004	59.90	
Heat Flow [MW]	-263.1	-230.0	-122.4	-5.264	-4.413e+004	-4.410e+004	-215.7	

Şekil 5-6 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması kütle ve enerji denklikleri



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması- Sonuç Raporu
Sayfa/Toplam Sayfa: 158 / 173
Güncelleştirme Sayısı: 01

The screenshot displays the Aspen HYSYS V9 software interface. The main window shows the 'Model Summary Grid' for an 'Expander' unit. The grid contains the following data:

Property	Value
Name	Türbin
Expander Speed [rpm]	
Power [kW]	14274.6
Adiabatic Efficiency	85
Polytropic Efficiency	82.0886
Delta T [C]	-260.05
Delta P [kPa]	3994
Polytropic Head [m]	106793
Adiabatic Head [m]	103135
Dynamic Head	
Polytropic Fluid Head [kJ/kg]	1047.28
Adiabatic Fluid Head [kJ/kg]	1011.41
Dynamic Fluid Head [m]	106793
Polytropic Head Factor	0.956428
Polytropic Exponent	1.12
Isentropic Exponent	1.13552
Dynamic Delta P	
Linker Power Loss [MW]	

The interface also shows a 'Messages' window at the bottom right with the following text:

```
Recycle: RCY-1 Iteration 1  
Converged  
Exchanger: Kazan  
Outer Loop converged, curves complete.  
Recycle: RCY-1 Iteration 0  
Converged
```

Şekil 5-7 Evsel atık yakma tesisi bilgisayar destekli benzetim çalışması buhar türbinine ait datalar



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 159 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

5.7. Sonuç ve Öneriler

Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması Projesi Yakma Tesisinin Girdi ve Çıktı (buhar, elektrik) Maliyetlerinin İrdelenmesi ve Değerlendirilme Potansiyelinin Belirlenmesi 5. İş Paketinde katı atık yakma tesisleri için ön fizibilite genel bir çalışma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Daha detaylı çalışma tesisin tekno-ekonomik analizi, yaşam döngü analizi, karbon ayak izi şeklinde yapılabilir.

Ön fizibilite çalışmada, literatürdeki ancak özellikle İZAYDAŞ tarafından kabul görülen verilerden ve Y. Müh. Ali Osman Saraç'ın "Evsel Atık Değerlendirme Tesisi Enerji-Ekonomi Analizi ve Kocaeli İli İçin Uygulama" konulu Y.Lisans tezindeki bilgi, veri ve bulgulardan yararlanılmıştır.

Bu iş paketi çalışması sonucunda Batı Karadeniz Bölgesi için 2020 yılında devreye alınabilecek 19,5 MW kurulu güce sahip yakma tesisi tasarlanmıştır. Bu tesis aynı zamanda Bölgenin 2049 yılına kadar atık girdisine yanıt verecek şekilde hesaplanmıştır. Bunun için öncelikle enerji ve kütle denklikleri hem hesaplama yöntemiyle hemde bilgisayar destekli benzetim metodolojisi ile yapılmıştır. Buhar miktarı ve besleme suyu hesapları yapılmış, baca gazı atık ısı hesaplamaları, türbin çürük buharı soğutma yükü hesaplamaları gerçekleştirilmiştir (Bilgisayar destekli benzetimde yapılmıştır.). Buhar türbininde üretilen elektrik enerjisi hesaplanmış, tesis için kurulu güç ve verim hesabı da her iki metodoloji ile yapılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynağı ile elde edilen elektrik enerjisi kapsamında biyokütle kategorisinde değerlendirilebilmesi söz konusudur. Bu nedenle, elektrik enerjisi satış fiyatını 6094 no'lu YEK Kanunu referans edilerek 13,3 US\$cent/kWh olarak alınmıştır. Bakanlar Kurulu'nun 2013/5625 karar sayılı yazısına göre yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösteren tesisler için uygulanacak fiyat ve süreler ile yerli katkı ilavesine ilişkin karar 5 Aralık 2013 tarihli, 28842 Sayılı, Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Buna göre, 1/1/2016 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek olan Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) Destekleme Mekanizmasına tabi YEK Belgeli üretim lisansı sahipleri için önceki fiyatlar, on yıl süreyle uygulanacaktır. Bu tarih sonrası için birim fiyatta herhangi bir resmi açıklama yapılmadığı için hesaplamalar 13,3 US\$cent/kWh birim fiyatı üzerinden yapılmıştır. Bu fiyatta azaltıma gidilmesi projelerin geri ödemelerinde aritmetik bir artış gözlenecektir.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 160 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

Ayrıca, 1/1/2016 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek YEK Belgeli üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde, bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için önceki fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle aynı Kanuna ekli II sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilecektir.

Ön fizibilite çalışmasında altı senaryo çalışılmıştır. Senaryo 1'e (%12 banka faizi) göre bertaraf bedeli 20 US\$/atık ton için olduğunda geri ödeme süresi 24 yıldır. Senaryo 2'ye (%12 banka faizi) göre bertaraf bedeli 50 US\$/atık ton için geri ödeme süresi 17 yıldır. Senaryo 3'e (%6 banka faizi) göre bertaraf bedeli 15 US\$/atık ton için geri ödeme süresi 22 yıldır. Senaryo 4'e (%6 banka faizi) göre bertaraf bedeli 20 US\$/atık ton için geri ödeme süresi 20 yıldır. Senaryo 5'e (%8 banka faizi) göre bertaraf bedeli 15 US\$/atık ton için geri ödeme süresi 23 yıldır. Senaryo 6'ya (%8 banka faizi) göre bertaraf bedeli 20 US\$/atık ton için geri ödeme süresi 21 yıldır. Hane başı ücretleri, 15 US\$/ton atık kapı giriş ücreti uygulması için 1.12 US\$/hane.ay, 20 US\$/ton atık kapı giriş ücreti uygulması için 1.49 US\$/hane.ay, 50 US\$/ton atık kapı giriş ücreti uygulması için 3.71 US\$/hane.ay olarak hesaplanmıştır. Ayrıca türbin çıkışı oluşan çürük buharın yoğunlaştırılması konusunda 2 °C'lik soğutma suyu sıcaklık farkı için 13,890 m³/s su ihtiyacının olduğu tespit edilmiştir. Eğer ekolojik ve çevresel açıdan sorun çıkmadığı takdirde Filyos Çayı minimum debide 111,600,000 m³/s'lik akışa olup termodinamiksel olarak soğutma suyu tedarigine uygun bir debiye sahiptir. Ancak sözkonusu faaliyetin ekolojik ve çevresel etkileri ayrıca incelenmelidir.

Evsel katı atık yakma tesisleri hem atık bertarafı hemde enerji üretim tesisleridir. Bu nedenle bu tesislerin yatırım ve işletme maliyetleriyle diğer enerji santrallerinin yatırım ve işletme maliyetleri kıyaslanmamalıdır. Çünkü atık yakma tesisindeki yatırım maliyeti 7,500 US\$/kW-elektrik iken, termik santrallerde bu değer 1,500 US\$/kW-elektriktir. Bu tip tesislerin gerçek amacı atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi, depolama kaynaklı problemlerin engellenmesidir. Bu nedenle, atık yakma tesisleri diğer bertaraf tesisleri ile kıyaslandığında, atık yakma tesisleri görece fizibl hale gelmektedir.

Bu çalışmasının sonrasında detaylı bir fizibilite çalışması yapılabilir. Detaylı bir fizibilite çalışmasında,

- Tüm sistem ekipman bazında denklileri çıkartılabilir, ekipmanlar tasarlanabilir ve fiyat araştırması yapılabilir. Bu sayede yatırım maliyeti net belirlenebilir.
- Finansman yönünden yurtiçi ve yurtdışı bankalarla iletişime geçilebilir. Tüm alternatifler değerlendirilebilir.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 161 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

- Ayrıca yap-işlet, yap-işlet-devret gibi modeller planlanabilir.
- Sistem kojenerasyon sistemine çevrilebilir.

Sonuç olarak, ülkemizde mevcut bir evsel atık yakma tesisi bulunmamaktadır. Söz konusu ön fizibiliteye bu gözle bakıldığında bu çalışma, termodinamik, ısı transferi, stokiyometri, proses ve ekipman simülasyonu bilim dalları ve teknikleri ve literatür bilgisi ışığında hazırlanmış olan bir çalışmadır.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 162 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

6. ATIKLARIN ATIKTAN TÜRETİLMİŞ YAKIT (ATY) ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Tesiste değerlendirilebilecek olan atıkların (tavuk atıkları, orman endüstrisi atıkları, arıtma çamuru, liman atık kabul tesisinden çıkan atıklar- sludge, slop ve sintine atıkları) standardizasyonunun sağlanması için ATY olma özelliklerinin özelliklerinin özelliklerinin (kalorifik değer, kül miktarı, klor içeriği vb) ve ATY olma şartlarının (ağır metal (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn), solvent içeriği (PAH veya VOC), parlama noktası, halojenli organik bileşik içeriği (PCB), halojenli organik bileşikler) sınır değerleri ile kıyaslama çalışması yürütülmüştür.

6.1. Atıkların ATY Özelliklerinin Değerlendirilmesi

20 Haziran 2014 tarih ve 29036 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği"ne göre ATY hazırlama tesisine kabul edilecek atıkların kimyasal içerikleri ve fiziksel özelliklerine ilişkin atığın kaynağı ve atık kodu, atığın kalori değeri, kül miktarı, nem miktarı, uçucu madde miktarı ve pH değeri belirlenmiştir. ATY hazırlama tesisleri Tablo 6.1'de belirtilen özelliklere haiz olacak şekilde Tablo 6.2'de ilgili sütuna karşılık gelen atık kodlarındaki atıkları ATY hazırlanmasında kullanabilirler.

ATY Tablo 6-1 verilen özelliklere uygun olmalı veya uygun olacak şekilde hazırlanmalıdır.

Tablo 6-1. ATY hazırlama tesislerinde hazırlanacak yakıtın özellikleri

Parametre	Sınır Değer
Kalorifik değer, kcal/kg	>2500
Tane boyutu, mm	<50 ⁽¹⁾
Nem oranı, %	<35
Klor İçeriği, %	<1 ⁽²⁾
Hg, µg/MJ	<330
Ağır metal toplamı, mg/MJ	<2500
PCB, ppm	<50
Solvent içeriği, %	<15

⁽¹⁾ Tane boyutu parametresi ATY kullanacak tesislerde kullanılan teknolojilerin Bakanlık ça uygun bulunması halinde artırılabilir.

⁽²⁾ Klor by-pass hattı bulunan tesisler için parametre üç katına kadar Bakanlıkça uygun bulunması halinde artırılabilir.

Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği incelendiğinde bölgede oluşan kağıt çamuru, tavuk atıkları, sintine/slaç, arıtma çamuru, belediye atıkları için uygun atık kodları tespit edilmiş ve Tablo 6.2'de verilmiştir.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 163 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 6-2. ATY olabilecek atıkların listesi

ATIK KODU	ATIK AÇIKLAMASI	Açıklama	ATY	Ek Yakıt	Alternatif Hammadde
02 01 06	Ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecektir hayvan pislikleri, idrar ve tezek (pisletilmiş saman dahil), akan sızılar		X	X	
02 01 07	Ormancılık atıkları		X	X	
03 03 11	03 03 10 dışındaki saha içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar (kağıt endüstrisi)		X	X	X
13 04 03*	Diğer denizcilik seyrüseferinden kaynaklanan sintine yağları	A	X	X	
16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M	X	X	
19 08 05	Kentsel atık suyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar		X	X	
20 03 01	Karışık Belediye Atıkları		X		

İlgili tesislerin kabul edebilecekleri atık kodları çarpı (X) işaretleri ile vurgulanmıştır. Yukarıdaki tabloda yanında çarpı işareti yer almayan veya Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek-IV atık listesinde olmasına rağmen bu listede yer almayan atıklar ilgili tesisler tarafından kabul edilemez.

(A) işareti: "Açıklama" sütununda yer alan işaret atığın kesin tehlikeli atık olduğunu belirtir.

(M) işareti: "Açıklama" sütununda yer alan işaret atığın muhtemel tehlikeli atık olduğunu belirtir.

ATY Hazırlama Tesislerinde olması gereken ekipmanların listesi atık türlerine göre Tablo 6.3'de verilmektedir.

Tablo 6-3. ATY tesislerinde atık türlerine göre olması gereken ekipman listesi

Ekipman	Belediye Atığı (Tehlikesiz Atıklar)	Karışık Atık (Belediye + Endüstriden Kaynaklanan Tehlikeli ve/veya Tehlikesiz Atıklar)	Tehlikeli Atıklar
Bunker (iç veya dış karıştırılmalı)		X	X
Poşet parçalayıcı döner elek	X	X ⁽¹⁾	
Kaba Kırıcı (Ön parçalama)	X	X	X
Manyetik ayırıcı	X	X	X
Ayırıcı (Balistik, Havalı veya Eddy akımlı vb.)	X	X	X
İnce Kırıcı (Son parçalama)	X	X	X
Kurutucu	X ⁽¹⁾⁽²⁾	X ⁽¹⁾⁽²⁾	X ⁽¹⁾⁽²⁾
Konveyör	X	X	X
Vibrasyon cute	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	

⁽¹⁾ İhtiyaç duyulması halinde kullanılır.

⁽²⁾ Atığın %65'ten fazla sulu/nemli olması halinde tesiste bulunması zorunludur.

(3) ATY hazırlayan tesislerin hazırladıkları yakıtın özelliklerini gösterir analizleri tesis bünyesinde kurulu bulunan laboratuvarlarda veya Bakanlıktan yeterlik almış laboratuvarlarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Analiz sonucu doğrultusunda Tebliğde yer alan "Atıktan Türetilmiş Yakıt Bilgi Formu"nu hazırlamakla yükümlüdür. ATYBF, her menü değişikliğinde veya beslenen atık



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 164 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

karakterizasyonunda değişiklik olması halinde yenilenir. Bölgede oluşan atıkların ATY olma özelliğini belirlemek için yapılan analiz sonuçları Tablo 6.4'de verilmektedir.

Tablo 6-4. Atıkların ATY olma özelliği açısından incelenmesi ve analiz sonuçları

Parametre	Kağıt Çamuru	Tavuk Atığı	Sentine/ Slač	Aritma Çamuru	Belediye Atığı
Atığın kaynağı	Kağıt Fabrikası	Tavuk Çiftlikleri	Liman İşletmeleri	Atıksu Arıtma Tesisleri	Yerleşim Yerleri
Atığın kodu	030311	020106	130403	190805	200301
Miktarı, ton/yıl (kuru)	196	29224	867	7496	62484
pH değeri (Sulu çözelti)	7,40	6,99..	-	7,19	6,55
Su (nem) içeriği (% ağırlık)	67,28	31,52	7,79	61,9	78,82
Kül miktarı (% ağırlık)	17,76	9,99	1,16	17,10	3,59
Üst ısı değeri (kcal/kg)*	3811	3948	9709	3425	4222
Klor içeriği, %	0,020	0,109	0,025	0,145	<0,01
PCB	<0,1	<0,1	3,57	<0,1	<0,1
Hg, mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ağır metal toplamı, mg/kg	8271	5109	3900	56169	3211
Solvent içeriği, %	-	-	0,021	0,005	-

*105 °C'de kurutulmuş örnekte

ATY üretimi için kullanılan atıklar içindeki maddeler için genel kısıtlamalar, nem parametresi hariç, tüm parametrelerin ATY üretimi için maksimum kabul edilebilir sınır değerlere göre uygun olduğu tespit edilmiştir. Nem parametresinin uygunluğu için tesiste kurutucu ünitesinin bulunması gerekmektedir.

6.2. Atıkların Karışımından Oluşan ATY'nin Özellikleri

Bölgede oluşan kağıt çamuru, tavuk atığı, sentine/slač, arıtma çamuru ve belediye atıkları oluştukları oranda karıştırılarak ATY' üretilmesi planlanmıştır.

Tüm atıkların karışımından elde edilecek ATY, ilgili Tebliğe göre özellikleri belirlenerek sınır değerler ile karşılaştırılmış ve uygunluğu tespit edilmiştir. Sonuçlar ve düşünülen karışım oranları Tablo 6.5'de verilmektedir.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 165 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

Tablo 6-5. Atık karışımlarından elde edilecek ATY'nin özellikleri

Parametre	Sınır Değer	ATY
		%0.2 Kağıt Çamuru % 29 Tavuk Atığı %0.8 Sintine/Slaç %7.5 Arıtma Çamuru %62.5 Belediye Atığı
Kalorifik değer, kcal/kg	>2.500	4.129
Tane boyutu, mm	<50 ⁽¹⁾	0-50
Nem oranı, %	<35	63,13
Klor içeriği, %	<1 ⁽²⁾	0,043
Hg, µg/MJ	<330	<2,9
Ağır metal toplamı, mg/MJ	<2500	448,4
PCB, ppm	<50	0,03
Solvent içeriği, %	<15	0,0006

⁽¹⁾ Tane boyutu parametresi ATY kullanacak tesislerde kullanılan teknolojilerin Bakanlıkça uygun bulunması halinde artırılabilir.

⁽²⁾ Klor by-pass hattı bulunan tesisler için parametre üç katına kadar Bakanlıkça uygun bulunması halinde artırılabilir.

6.3. Hazırlanan ATY'nin CEN/TS 15359 Standardına Göre Değerlendirilmesi

Hazırlanan ATY-Karışım CEN/TS 15359 standardına göre aşağıda verilen tabloda değerlendirilmiş ve sınıfı belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 6.6'da verilmektedir.

Tablo 6-6. ATY-Karışım'ın CEN/TS 15359 standardına göre sınıflandırılması

Sınıflandırma Parametresi	Birim	ATY Sınıfı					ATY-Karışım
		1	2	3	4	5	
Kalorifik Değer	MJ/kg	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3	17,26
Klor	%	≤ 0.2	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 3.0	0.043
Civa	mg/MJ	≤ 0.02	≤ 0.03	≤ 0.08	≤ 0.15	≤ 0.50	0.0002

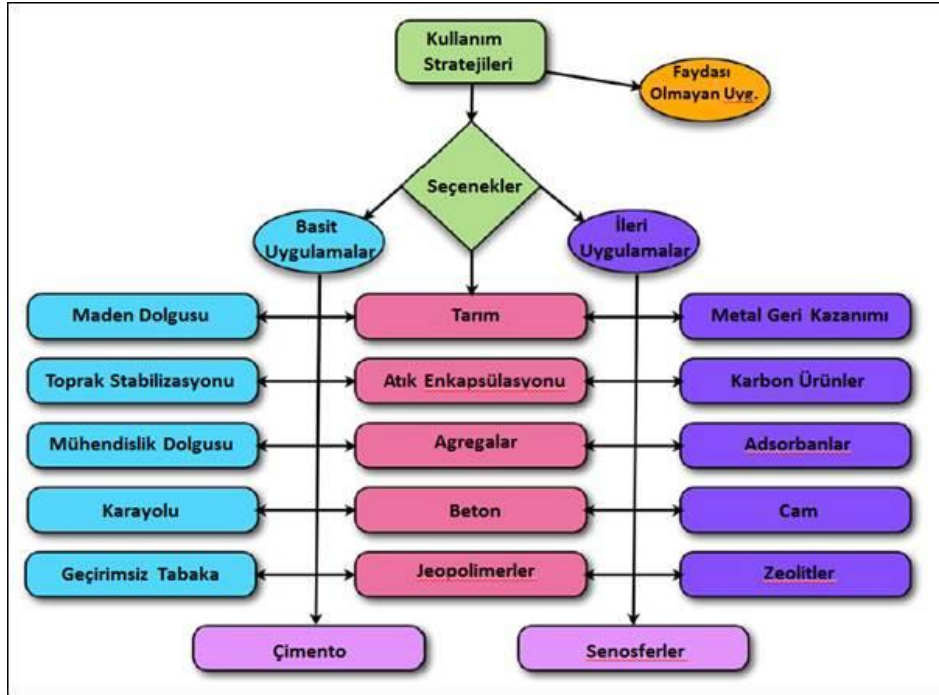
Tablo 6.6 incelendiğinde oluşturulacak ATY-Karışım numunelerinin CEN/TS 15359 standardına göre klor ve civa parametreleri açısından 1. sınıf ATY, kalorifik değer olarak 3. sınıf ATY sınıfına uygun olduğu görülmektedir.

6.4. Küllerin Değerlendirilmesi

Son yıllarda küllerin geri kazanımı yakma tesislerinde büyük yoğunluk kazanmıştır. Küllerin genel yapısı ve özellikleri ile kullanım olanaklarına yönelik gerçekleştirilen çalışmalar, sonuçta küllerin inşaat alanında CaO, SiO₂, Fe₂O₃ ve Al₂O₃ içerikleri sebebiyle çimento ya da beton olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Ayrıca küllerin çimento hammaddesi olarak kullanımlarının avantajlarından biri de, karbondioksit emisyonlarının azaltılmasıdır. Küller özellikle yol yapımında, zemin stabilizasyonunda, ayrıca dolgu ve enjeksiyon işlemlerinde de kullanılabilir. Başlıca diğer kullanım alanları ise;

kaldırım taşı ve seramik üretimi, pozitif tarım uygulamaları, emici malzeme ve zeolit sentezidir. Uygulamalardan herhangi birinin seçimi, kül atıklarını en aza indirmeye ve depolama alanına alternatif sağlamada büyük katkı yapacaktır. Küllerin kullanımı nihai ürünün ekonomik değerine ve uygulanan prosesin zorluk derecesine göre üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

- **Herhangi bir fayda gözetilmeyen uygulamalar:** Sınırlı katma değeri olan veya üreticiyi zarara sokan yerinde depolama/kullanımlardır.
- **Basit uygulamalar:** Sınırlı işlem veya karıştırmaya tabii tutularak veya doğrudan katma değeri olan ürünlerin elde edilmesidir.
- **İleri uygulamalar:** Katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesi için önemli işlemler gerektiren uygulamalardır. Küllerin kullanım stratejileri Şekil'de verilmiştir.



Küllerin kullanım stratejileri [Heidrich, 2005]

Küllerin yeniden kullanımında pek çok faktör etkilidir. Bunlardan bazıları; bertaraf maliyetlerinin düşürülmesi, bertaraf için gerekli alan ihtiyacının azaltılması ile arazilerin başka amaçlar için kullanılabilir hale getirilmesi, yan ürün olarak satışı ile elde edilecek finansal kazanç ve doğal kaynakların korunumu olarak sayılabilmektedir [Ahmaruzzaman, 2010]. Bölgede planlanan yakma tesisinden kaynaklanacak küller de CEM IV ve V sınıfı çimentolarda kullanılabilir uçucu kül katkı miktarı %11-55 arasında değiştiğinden, laboratuvar tesislerinden geçirilerek yurt genelinde beton ve çimento üreten fabrikalara satılabilir.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 167 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

6.5. Sonuç ve Öneriler

Bölgede oluşan kağıt çamuru, tavuk atığı, sintine/sşlaş, arıtma çamuru ve belediye atıklarının karışımından oluşacak olan ATY'nin, "Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği"ne göre ATY olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği'nin ATY ve Ek Yakıt Kullanımına Yönelik Teknik Usuller bölümünde belirtildiği üzere AYİY 8 inci maddesi kriterlerine göre deneme yakması yapılması gerekmektedir. Tesis işleticisi deneme yakmasına başlamadan önce, deneme yakması planını hazırlar ve Bakanlık onayına sunar. Deneme yakması planı Bakanlıkça onaylanmadan deneme yakması başlatılamaz. Beraber yakma tesislerinde hava kirleticilerine ilişkin ölçümler AYİY Ek-3'e uygun olarak yürütülür. AYİY Ek-3 bölümünde yer alan ölçüm tekniklerine ilişkin parametreler bazında % 95 güven aralığı değerleri ayrı ayrı belirlenmiş olup, sürekli bazda ölçüm yapan cihazların TS EN 15267-3 ve TS EN 14181 standardına uygun olması gerekmektedir. Deneme yakması sırasında oluşan emisyon değerleri AYİY Ek-2'de verilen sınır değerinin altında ise ölçülen değer uygun, sınır değerinin üzerinde ise ölçülen değer uygunsuz olarak nitelendirilir. ATY'nin sevkiyatı sırasında atıktan türetilmiş yakıt bilgi formu (ATYBF) kullanılır.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 168 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

7. GENEL DEĞERLENDİRME

Sağlıklı ve sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi, geri kazanılabilir atıkların diğer atıklar ile karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve bir sistem içerisinde geri kazanım sürecinin gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Bu şekilde hem depolama alanına giden atık miktarı azaltılmakta, hem de değerlendirilebilir atıklar hammadde olarak ekonomiye kazandırılmaktadır. Etkili bir geri kazanım sonucunda, kompost, biyometanizasyon ve yakma tesislerinin verimleri ve geri kazanılan ürünlerin kalitelerinin artması beklenmektedir.

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğe (ADDDY) göre düzenli depolama sahalarına gidecek atığın ön işlemden geçirilmesi gerekmekte olup; bu şekilde atık üretimini en aza indirerek, atıkların ekonomik bir girdiye dönüştürülmesi ve atığın enerjisinden faydalanmak sürdürülebilir bir entegre atık yönetim sisteminin oluşturulması için gereklidir. Katı atıkların entegre yönetimine ilişkin ihtiyaç duyulan strateji, her ölçekteki belediye veya belediye birlikleri tarafından

- Düzenli depolama tesislerinin kurulması
- Düzenli depolamaya geçen belediye veya belediye birliklerinde ikili toplama sistemine geçilmesi
- Maddesel geri dönüşüm tesislerinin kurulması
- Kompost, biyometanizasyon ve yakma tesislerinin kurulması

adımlarını takip edecek şekilde takvime alınmalıdır.

Düzenli Depolama tesislerindeki bertaraf yöntemiyle 20 yıllık depolama kapasitesine sahip bir tesisin ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti Zonguldak için 5.668.000 Euro ve 2.841.500 Euro/yıl , Bartın için 1.571.000 Euro ve 713.500 Euro/yıl ve Karabük için 2.094.000 Euro ve 1.232.000 Euro/yıl olarak öngörülmektedir. Hane başına düşen işletme maliyeti ise 1,37 Euro/hane.ay olarak hesaplanmıştır. Düzenli depolama sahasında bertaraf yönteminin ilk yatırım maliyetleri alternatif bertaraf yöntemlerine kıyasla uygun olduğu görülmekte olup, işletme maliyetleri açısından fark oluşmadığı gözlemlenmektedir. Buna karşın Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik kapsamında düzenli depolama alanlarına alınacak organik atık miktarında yapılacak azaltım hedefleri 2015 yılı için %25, 2018 yılı için %50, 2025yılı için %65 olarak belirlenmiştir.

Buna göre Zonguldak, Karabük ve Bartın illerinde 2020, 2023 ve 2025 yıllarında düzenli depolama tesislerine gönderilmesine müsaade edilmeyecek biyobozunur atık miktarları aşağıdaki çizelgede



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 169 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

gösterilmektedir. Çizelgeye göre 2025 yılında Zonguldak Karabük ve Bartın illerinde düzenli depolamaya gönderilmesine müsaade edilmeyecek toplam biyobozunur atık miktarı 462 ton/gün olarak öngörülmektedir. Bu atıklar için fizibilitesi de dikkate alınarak kompost, biyometanizasyon veya yakma tesisi kurulması gerekmektedir. Kompost tesisleri maddesel geri kazanım, biyometanizasyon ve yakma tesisleri ise enerji geri kazanımı sağlayan tesislerdir.

İller	Düzenli Depolama tesisine gönderilmesine müsaade edilmeyen biyobozunur atık miktarı, ton/gün		
	2020	2023	2025
Zonguldak	200	208	279
Bartın	57	60	81
Karabük	72	76	102
Toplam	329	344	462

Entegre katı atık yönetim sisteminin birinci önceliği, kaynaktan ayırma ile üretilen atık miktarının azaltılmasıdır. İkinci öncelik ise biyometanizasyon, kompostlaştırma, vb. sistemleri içeren geri dönüşüm ve geri kazanımdır. Katı atıklar için uygulanabilecek yakma ve düzenli depolama gibi bertaraf yöntemleri kabul edilebilir teknolojiler içerisinde yer almaktadır. Biyometanizasyon ve kompost geri kazanım ve kaynakların yeniden kullanımının en yüksek formudur.

Bu sebeple belediye/birliklerin öncelikle ikili toplama sistemine geçiş yaparak, atık kumbaraları ve atık getirme merkezleri, maddesel geri kazanım tesislerini oluşturmaları, bu sistemleri takiben ayrı toplama sistemine geçiş yaparak kompost, biyometanizasyon gibi geri kazanım teknolojilerinin faaliyete geçirmeleri gerekmektedir. Belirtilen hedeflere ulaşılması ve düzenli depolama tesislerinde işletme açısından optimizasyonun sağlanması için düzenli depolama hizmetinden faydalanan belediyelerin getirme merkezi, ikili toplama sistemi ve kaynağında ayrı toplama sistemini başlatmış olmaları gerekmektedir.

Bu amaçla evlerde çöplerin biriktirilmesi için iki ayrı torba içinde yapılmalıdır. Karton kutular, kağıtlar, tüm plastikler, cam, metal, teneke kutu mavi torbalarda, mutfak atıkları, kontamine olmuş kağıt kartonlar, park bahçe atıkları, kumaş, çacuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, mobilyalar, tahtadan yapılmış atıklar ise sarı torbalarda toplanmalıdır.

İkili toplama sistemiyle mavi torbalarla toplanan atıkların ayrıştırılması için maddesel geri kazanım tesisleri (MGT) kurulur. MGT, ikili toplama sistemiyle toplanan kaynağında ayrılmış ve atık



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 170 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

kumbaralarıyla toplanan katı atıkların işlendiği, bu atıklardan geri kazanılabilir maddelerin ayrılıp geri kazanıldığı ayrıca geri kazanılmış maddelerin kalitesinin yükseltildiği tesislerdir

Sarı torbalarda toplanan biyolojik olarak ayrıştırılabilir atıklar, park ve bahçe atıkları önışleme tabi tutulmadan depolama alanına kabul edilmez. Yukarıda tanımlanan ulusal biyolojik atık azaltma programına göre belediyeler gerekli yatırımlarını tamamlamakla yükümlüdür. Atık azaltma stratejisine göre tüm belediyeler ön işlem olarak kompost, biyometanizasyon, yakma vb. teknolojileri uygular. Bu kapsamda kompost ve biyometanizasyon tesislerini kuracak belediyelerin tesisleri işletmeye alma takvimi web adresin de verilmektedir. Elde edilen kaliteli kompost belediyelerin park ve bahçe işlerinde, kalite normu sağlanamayanlar düzenli depolama örtü malzemesi olarak kullanılabilir.

Bu amaçla israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, atık oluşum sebeplerinin gözden geçirilerek atık oluşumunun engellenmesi veya minimize edilmesi, atığın oluşması durumunda ise kaynağında ayrı toplanması ve geri kazanımının sağlanmasını kapsayan atık yönetim felsefesi olarak "Sıfır Atık" kavramı tanımlanmıştır.

Atıkların geri dönüşüm ve geri kazanım süreci içinde değerlendirilmeden bertarafı hem maddesel hem de enerji olarak ciddi kaynak kayıpları yaşanmasına neden olmaktadır. Dünya üzerindeki nüfus ve yaşam standartları artarken tüketimde de kaçınılmaz şekilde bir artış yaşanmakta ve bu durum doğal kaynaklarımız üzerindeki baskıyı artırarak dünyanın dengesini bozmakta, sınırlı kaynaklarımız artan ihtiyaçlara yetişememektedir. Bu durum göz önüne alındığında, doğal kaynakların verimli kullanılmasının önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu nedendir ki son yıllarda tüm dünyada sıfır atık uygulama çalışmaları hem bireysel hem kurumsal hem de belediye genelinde yaygınlaşmaktadır.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 171 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

KAYNAKLAR

1. Wilts, H., Marin, G., Paleari, S., Zoboli, R., (2017). Assessment of waste incineration capacity and waste shipments in Europe. European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy.
2. EC, 2018. The role of waste-to-energy in the circular economy. Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2017) 34 final.
3. Eurostat, 2018. [Internet] <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
4. Cewep, 2018A. [Internet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/08/Graph-3-treatments.pdf>
5. Cewep, 2018B. [Internet] <http://www.cewep.eu/2017/07/08/municipal-waste-treatment-2015/>
6. Cewep, 2018C. [Internet] <http://www.cewep.eu/2017/07/02/waste-to-energy-cycle/>
7. Cewep, 2018D. [Internet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/07/Graph-2001-2015.pdf>
8. Cewep, 2018E. [Internet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/09/2017.09.07-EU-Map-2015.pdf>
9. Eswet, 2018A. [Internet] <http://www.eswet.eu/facts.html>
10. Eswet, 2018B. [Internet] http://www.eswet.eu/tl_files/eswet/3.%20Facts/ESWET%20Handbook_for%20website.pdf
11. Sweden, 2018. [Internet] <https://sweden.se/nature/the-swedish-recycling-revolution/>
12. Stateofgreen, 2018. [Internet] <https://stateofgreen.com/files/download/272>
13. ipfs, 2018. [Internet] <https://ipfs.io/ipfs/QmXoypizjW3WknFiJnKLwHCnL72vedxjQkDDP1mXWo6uco/wiki/Waste-to-energy.html>
14. Cyranka, M., Jurczyk, M., Pajak, T., (2016). Municipal Waste-to-Energy plants in Poland – current projects. E3S Web of Conferences, 10, 00070.
15. Kemp, R. (2007). An Example of a “Managed Transition”: The Transformation of the Waste Management Subsystem in the Netherlands (1960-2000), Innovations Towards Sustainability, Physica-Verlag HD.



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 172 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

16. ASTM D5231 - 92(1998) Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. Erişim Linki: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D5231-92R98.htm>
17. Anonim (2004a). "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği", (18.03.2004 tarih ve R.G. 25406).
18. Anonim (2004b). "Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği", (31.08.2004 tarih ve R.G. 25569).
19. Anonim (2005). "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", (22.07.2005 tarih ve R.G. 25883).
20. Anonim (2006). "Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği", (25.11.2006 tarih ve R.G. 26357).
21. Anonim (2008). "Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği", (30.07.2008 tarih ve R.G. 26952).
22. Anonim (2009). "Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik", (30.12.2009 tarih ve R.G. 27448).
23. Anonim (2011). "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği", (24.08.2011 tarih ve R.G. 28035).
24. Anonim (2012). "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği", (22.05.2012 tarih ve R.G. 28300).
25. Anonim (2014). "Atıktan Üretilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği" (20.06.2014 tarih ve R.G. 29036).
26. Anonim (2015a). "Atık Yönetimi Yönetmeliği" (02.04.2015 tarih ve R.G. 29314).
27. Anonim (2015b). "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği", (06.06.2015 tarih ve R.G. 29378).
28. www.geofabrik.de (sayısal veri sitesi)
29. Wilts, H., Marin, G., Paleari, S., Zoboli, R., (2017). Assessment of waste incineration capacity and waste shipments in Europe. European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy.
30. EC, 2018. The role of waste-to-energy in the circular economy. Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2017) 34 final.
31. Eurostat, 2018. [Internet] <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
32. Cewep, 2018A. [Internet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/08/Graph-3-treatments.pdf>
33. Cewep, 2018B. [Internet] <http://www.cewep.eu/2017/07/08/municipal-waste-treatment-2015/>
34. Cewep, 2018C. [Internet] <http://www.cewep.eu/2017/07/02/waste-to-energy-cycle/>
35. Cewep, 2018D. [Internet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/07/Graph-2001-2015.pdf>



TÜBİTAK MAM ÇEVRE ve TEMİZ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (ÇTÜE)

Proje Adı: Batı Karadeniz Bölgesi Katı Atıklarının Yakma Tesisinde Bertarafı için Ön Fizibilite Raporunun Hazırlanması
Sayfa/Toplam Sayfa: 173 / 173 Güncelleştirme Sayısı: 01

36. Cewep, 2018E. [Inetrnet] <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/09/2017.09.07-EU-Map-2015.pdf>
37. Eswet, 2018A. [Internet] <http://www.eswet.eu/facts.html>
38. Eswet, 2018B. [Inetrnet] http://www.eswet.eu/tl_files/eswet/3.%20Facts/ESWET%20Handbook_for%20website.pdf
39. Sweden, 2018. [Internet] <https://sweden.se/nature/the-swedish-recycling-revolution/>
40. Stateofgreen, 2018. [Internet] <https://stateofgreen.com/files/download/272>
41. İpfs, 2018. [Internet] <https://ipfs.io/ipfs/QmXoypizjW3WknFiJnKlWHCnL72vedxjQkDDP1mXWo6uco/wiki/Waste-to-energy.html>
42. Cyranka, M., Jurczyk, M., Pajak, T., (2016). Municipal Waste-to-Energy plants in Poland – current projects. E3S Web of Conferences, 10, 00070.
43. Kemp, R. (2007). An Example of a “Managed Transition”: The Transformation of the Waste Management Subsystem in the Netherlands (1960-2000), Innovations Towards Sustainability, Physica-Verlag HD.
44. Saraç, A., O., (2015). Evsel Atık Değerlendirme Tesisi Enerji-Ekonomi Analizi ve Kocaeli İli için Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
45. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği, Resmi Gazete Tarihi: 20.06.2014, Resmi Gazete Sayısı: 29036
46. Akp, K. (2011) Atık Yönetimi Sempozyumu ATY Üretimi Kullanımı ve Etkileri, Atık Yönetimi Sempozyumu, ÇOB, Antalya.
47. Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 06.10.2010, Resmi Gazete Sayısı: 27721.
48. Beşergil, B. , (2009). Rafineri Prosesleri, Ege Üniversitesi Yayını, İzmir.
49. Mayor of London, (2008). Cost of incineration and non-incineration energy from waste Technologies
50. Heidrich, C. (2005). Summary of technical options for coal combustion products utilisation in Australia Ed.1 ed.: pgs 6. Wollongong: Ash Development Association of Australia.
51. Ahmaruzzaman, M. (2010). A review on the utilization of fly ash, Progress in Energy and Combustion Science, 36, 327-363.