

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

KENTSEL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELİ-ARTVİN ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa KAYA

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Vedat YILMAZ**

ARTVİN-2024

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Kentsel Atıkların Enerji Potansiyeli Artvin rneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Vedat YILMAZ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-ğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☒ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

☐ Tezim sadece Artvin oruh niversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

☐ Tezimin ... ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu srenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

03/12/2024

Mustafa KAYA

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

KENTSEL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELİ-ARTVİN ÖRNEĞİ

Mustafa KAYA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : .../.../2024

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : .../.../2024

Başkan : Prof. Dr. Okan Tarık KOMESLİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ayla BİLGİN

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Vedat YILMAZ

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

Prof. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Kentsel Atıkların Enerji Potansiyeli-Artvin Örneği” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konusundaki bu araştırma için beni yönlendiren, Literatür araştırmalarımda yardımcı olan ve karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Vedat YILMAZ’a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu zorlu süreçte sonuna kadar bana destek olan değerli eşim Sıdıka KAYA’ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin yazım aşamasında ülkemizin yaşadığı 6 Şubat depremlerinde, başta eşi ve bebeği ile hayatını kaybeden kız kardeşim Sümeyye KAYA YOLLI olmak üzere tüm hayatını kaybedenlere ithaf edilmiştir.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Mustafa KAYA
Artvin - 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ BEYANNAMESİ	I
JURİ KABUL TUTANAĞI	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ	X
1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2 Tanımlar	3
1.2.1 Atık Kavramı	4
1.2.2 Katı Atıklar	4
1.2.3 Kentsel Katı Atık	4
1.2.3.1 Evsel Katı Atıklar.....	6
1.2.3.2 Endüstriyel Katı Atıklar.....	6
1.2.3.3 Hayvansal Atıklar	7
1.2.3.4 Tarımsal Atıklar	7
1.2.3.5 Mezbaha atıkları.....	7
1.2.3.6 Tehlikeli Atıklar.....	8
1.2.3.7 Tıbbi Atıklar.....	8
1.2.3.8 İnşaat ve Yıkıntı Atıkları	9
1.2.3.9 Orman Atıkları	9
1.3 Kentsel Atıkların Yönetimi ve Bertaraf Yöntemleri	10
1.3.1 Düzenli Depolama Yöntemi	12
1.3.2 Yakma	13
1.3.3 Gazlaştırma	15
1.3.4 Anaerobik Çürütme.....	16
1.3.5 Kompostlaştırma	17
1.4 Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi.....	18

1.5	Türkiye’de Atık Yönetimi	20
1.5.1.1	Atık Yönetimi İşleyişi.....	20
1.5.1.2	Türkiye’de Atık Yönetimi Mevzuatı	22
1.5.1.3	Atık İstatistikleri	23
1.5.1.4	Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Durumu	32
1.6	Artvin İline Ait Genel Bilgiler	33
1.6.1	Coğrafi Konum	33
1.6.2	İklim ve Bitki Örtüsü	34
1.6.3	Ekonomik Durum.....	34
1.6.4	Nüfus.....	35
1.7	Literatür Çalışması	355
2	MATERYAL ve YÖNTEM	38
2.1	Artvin İlinde Evsel Katı Atıklar	38
2.2	Artvin İlinde Tıbbi Atıklar	50
2.3	Artvin İlinde Atık Yağlar	52
2.4	Artvin İlinde Atık Pil ve Akümülatörler	53
2.5	Artvin İlinde Ömrünü Tamamlamış Lastikler	54
2.6	Artvin İlinde Ömrünü Tamamlamış Araçlar	54
2.7	Artvin İlinde Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları	54
2.8	Artvin İlinde Maden Atıkları.....	55
2.9	Artvin İlinde Orman Atıkları.....	56
2.10	Artvin İlinde Tarımsal ve Hayvansal Atıklar	60
3	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	63
3.1	Evsel Katı Atıkların Enerji Potansiyeli	63
3.2	Hayvansal Atıkların Enerji Potansiyeli	65
3.3	Tarımsal Atıkların Enerji Potansiyeli.....	66
3.4	Orman Atıkları Enerji Potansiyeli	68
4	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	70
	KAYNAKLAR	75
	ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

KENTSEL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELİ-ARTVIN ÖRNEĞİ

Bu tez çalışması, Artvin ilinin mevcut kentsel katı atık yönetim sistemi üzerine detaylı bir inceleme gerçekleştirerek, bu atıkların enerji geri kazanımı açısından taşıdığı potansiyeli ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında, Türkiye’de atık yönetimi üzerine yapılan araştırmalar incelenmiş ve ülkemizdeki kentsel katı atıkların verileri TÜİK tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, ilgili Bakanlıkların web siteleri üzerinden yer alan bilgiler ve akademik çalışmalardan elde edilmiştir. Bu çalışmada, Artvin ili için yapılmış ve ilde oluşan atıkların türlerine göre ayrıştırılmış miktarları incelenerek, elde edilen veriler ışığında, Artvin’de değerlendirilebilecek evsel, hayvansal, tarımsal ve orman atıklarından oluşabilecek enerji üretim potansiyeli ortaya konulmuştur.

Artvin ilindeki atıkların enerji üretimi potansiyelinin değerlendirilmesi, bölgesel sürdürülebilirlik stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayabilir. Atıklardan kaynaklı karbon salınım dolayısıyla da iklim değişimi üzerinde oluşan baskının azaltılmasına olumlu katkı sunabilir. Bu çalışma, kentsel katı atıkların enerji üretimi potansiyelini belirleyerek bu atıkların yönetiminde yerel yönetimlerin ve politika yapıcıların daha etkili kararlar almasına yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Artvin, Çevre Kirliliği, Çevre Yönetimi, Enerji, Kentsel Atık

SUMMARY

ENERGY POTENTIAL OF URBAN WASTE - EXAMPLE OF ARTVIN PROVINCE

This study, reveals the potential of these wastes in terms of energy recovery by conducting a detailed examination of the current urban solid waste management system of Artvin province.

Within the scope of the study, researches conducted on waste management in Turkey were examined and the data of urban solid wastes in our country were obtained from studies conducted by TÜİK, information on the websites of relevant Ministries and academic studies. In this study, the amounts of wastes generated in the province were examined according to their types and the energy production potential that can be generated from domestic, animal, agricultural and forest wastes that can be evaluated in Artvin was revealed in the light of the obtained data.

Evaluating the energy production potential of wastes in Artvin province can provide significant contributions to the development of regional sustainability strategies. It can make a positive contribution to reducing carbon emissions originating from wastes and therefore the pressure on climate change. This study can help local governments and policy makers make more effective decisions in the management of these wastes by determining the energy production potential of urban solid wastes.

Keywords: Artvin, Energy, Environmental Pollution, Environmental Management, Urban Waste

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Katı atıkların anaerobik arıtımında kullanılan proseslerin karşılaştırılması...	17
Tablo 2. 2018-2022 yıllarında Türkiye’de toplanan atık miktarı	24
Tablo 3. Türkiye’de Atık bertaraf etme ve geri kazanım tesis bilgileri	28
Tablo 4. Maden işletmeleri atık göstergeleri.....	29
Tablo 5. Bölgelere göre oluşan biyoatıklar	31
Tablo 6. Ülkemizde üretilen bazı tarım ürünlerinin üretim ve tahmini atık miktarı ..	31
Tablo 7. Artvin ili il ve ilçe merkez nüfusları ile belde ve köy nüfusları	35
Tablo 8. Artvin İlinde bulunan atık işleme tesisleri	44
Tablo 9. Artvin İli yıllara göre atık yönetimi istatistikleri	45
Tablo 10. Artvin ili belediye atıkları miktarı	46
Tablo 11. Artvin ili Kalorifik Değer Yıllık Ortalaması	49
Tablo 12. Artvin İli Atık Karakterizasyonu	49
Tablo 13. Artvin İli 2021-2022 yılları maden işletme tesisleri atık miktarı	55
Tablo 14. Artvin ilinde 2002 - 2012 Orman Varlığının Karşılaştırılması	58
Tablo 15. Artvin ili ağaç türüne göre orman varlığı	58
Tablo 16. Artvin ili orman atıkları miktarı.....	59
Tablo 17. Artvin İlinde bulunan Pelet Üretim Tesisleri	60
Tablo 18. Artvin İlinde bulunan Biyoenerji Tesisi	60
Tablo 19. Artvin İli hayvansal atık miktarı ve enerji eşdeğeri analizi	61
Tablo 20. Artvin tarım arazisi ürün dağılımı	62
Tablo 21. Artvin İli tarımsal atık miktarı ve enerji eşdeğeri analizi	62
Tablo 22. Balıkesir İli için kurulması planlanan tesise ait hesaplama verileri.....	63
Tablo 23. Çalışmalara ait illerde evsel katı atıkların enerji potansiyeli verileri.....	64
Tablo 24. Artvin ili için hesaplanan evsel katı atıkların enerji potansiyeli verileri ...	65
Tablo 25. Hayvansal atıkların değerlendirildiği çalışmalara ait veriler	65
Tablo 26. Hayvan türüne göre biyogaz üretim verimi	66
Tablo 27. Artvin’deki hayvansal atıkların enerji potansiyeli değerleri	66
Tablo 28. Karadeniz Bölgesine ait fındık ve çay atıkları ile alt ısı değerleri	67
Tablo 29. Artvin iline ait fındık ve çay ürünlerinin atık miktarı ve alt ısı değerleri..	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Biyokütlenin enerjiye çevrim yöntemleri.....	19
Şekil 2. Belediyelere ait 2018 yılı atık yönetimi verileri	26
Şekil 3. Belediyelere ait 2020 yılı atık yönetimi verileri	27
Şekil 4. Belediyelere ait 2022 yılı atık yönetimi verileri	27
Şekil 5. Türkiye’de Lisanslı Biyokütle Kurulu Gücünün Yıllara Göre Dağılışı.....	33
Şekil 6. Artvin İli, Merkez İlçesi eski vahşi depolama alanı	39
Şekil 7. Artvin İli eski katı atık depolama alanının 2024 yılı görünümü	40
Şekil 8. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı	41
Şekil 9. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı	41
Şekil 10. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı uydu görüntüsü	42
Şekil 11. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Biyobozunur Atık Oranları)	47
Şekil 12. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Ambalaj Atık Oranları)	47
Şekil 13. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Enerji Geri Kazanımı Atık Oranları)	48
Şekil 14. Artvin İlinde yıllara göre oluşan tıbbi atık miktarı	51
Şekil 15. Yıllar itibarıyla Artvin ilinde atık madeni yağ miktarları	53

KISALTMALAR DİZİNİ

AÇŞİDİM	Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇDR	Çevre Durum Raporu
ÇOKAB	Çoruh Havzası Kalkınma Birliği Başkanlığı
DOKAB	Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
MOYDEN	Motor Yağı Değişim Noktası İzin Belgesi
SERKA	Serhat Kalkınma Ajansı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1 GİRİŞ

İnsanlığın tarih boyunca var oluşundan günümüze kadar, kentsel katı atıklar şehirlerin önemli bir sorunu haline gelmiştir. Bu atıkların toplanması, ayrıştırılması, taşınması ve bertaraf edilmesine kadar geçen süreçte birçok zorlukla karşılaşılmalıdır. Bu sorunlarla başa çıkabilmek adına uzun yıllar boyunca çeşitli çözüm stratejileri araştırılmış ve çeşitli mevzuatlar yayımlanmıştır. Ancak, bu atıkların bertaraf edilmesi genellikle ekonomik olarak karlı bir eylem olmamakla birlikte, bertaraf maliyetlerinin de yüksek olması nedeniyle, yayımlanan mevzuat hükümlerinin uygulanması konusunda tam anlamıyla başarı sağlanamamıştır. Bu durum, artan yaşam kalitesi ile birlikte katı atık miktarının artmasına ve bu atıkların insan, toplum ve çevre sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaya aynı zamanda olumsuz sonuçlar doğurmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, çevre yönetimi ve atık bertaraf politikalarının daha etkili bir şekilde uygulanması gerekmekte olup bunun için daha detaylı ve sürdürülebilir stratejilerin belirlenmesi ve geliştirilmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu stratejilerin hayata geçirilmesi, kentsel katı atık sorunlarının en aza indirilmesi ve çözülmesi için önemli bir adım olarak değerlendirilmelidir.

Çevre sorunları, küresel düzeyde periyodik olarak gündeme gelmiş ve bu gündem meselesi olma durumu devam etmektedir. Bu sorunlarla başa çıkabilmek amacıyla çeşitli çözüm yolları denenmiş ve üretilen bir süreç içinde bulunmaktadır. Çevresel sorunlar ve sürdürülebilirlik gibi terimler, ilk defa 1972 yılında Stockholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'nda ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kalkınma ise, 1987 yılında Brundtland raporunda "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak ifade edilmiştir (Terzi, 2017).

Dünya genelinde, çevre sorunlarına yönelik çeşitli adımlar atılmıştır. 1992 yılında düzenlenen Rio Konferansı, 2002 yılında düzenlenen Johannesburg Zirvesi ve 2012 yılında düzenlenen Rio+20 Konferansı gibi uluslararası platformlarda bu sorunlar ele alınmış ve çözüm yolları üzerinde görüş birliği sağlanmıştır. Türkiye'de ise

sürdürülebilir kalkınma kapsamında gerekli çevresel politikalar hızla yaygınlaşmaktadır. 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı ise 1996-2000 yıllarını kapsayan bir dönemi içermektedir. Bu plan kapsamında, sürdürülebilir kalkınma göstergeleri belirlenmiş ve bu göstergelere dayanarak yeni çevre politikalarının oluşturulması gerekliliği vurgulanmıştır (Terzi, 2017).

Dünya genelinde, gerek gelişmiş ülkelerde gerekse gelişmekte olan ülkelerde ekonomiler hızla büyümektedir. Ekonomik büyümeyle birlikte artan yaşam standartları, yalnızca atık çeşitliliğinde artışa neden olmakla kalmamış, aynı zamanda atık miktarlarında da kayda değer bir yükselişe yol açmıştır. Bu durum, atık yönetimi stratejilerinde farklı bertaraf teknolojilerinin değerlendirilmesini ve çeşitli kullanım alanlarının incelenmesini zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca, doğal kaynakların hızla tükenmesi, ikincil kullanım ürünlerinin önemini artırmış ve kaynakların daha verimli ve dikkatli bir şekilde kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur (Yılmaz, 2019).

Yerleşim birimlerinde nüfus artışıyla birlikte, katı atıkların türlerinde ve birim atık miktarında artış gözlemlenmektedir. Katı atıkların miktarı ve özellikleri, yalnızca ülkeler arasında değil, aynı ülke içinde bölgeler ve hatta şehirlerin farklı semtleri arasında da farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklar genellikle gelir düzeyi, tüketim alışkanlıkları ve kullanım biçimlerinden kaynaklanmaktadır. Etkili bir katı atık yönetimi ile tüm atık türleri kontrol altına alınabilir. En uygun şekilde planlanan ve işletilen entegre bir katı atık yönetim sistemi, kontrolsüz atık oluşumuna tamamen engel olmayı hedefler (Akpınar, 2006).

Atık yönetimi, atıkların doğaya ve çevreye olan etkilerini en aza indirmek amacıyla bir dizi faaliyeti içeren bir süreçtir. Bu süreç, atığın oluşumundan başlayarak, atığın çeşitli aşamalardan geçmesini ve sonunda çevresel etkilerinin en aza indirilmesini sağlar. Atık yönetimi, geniş bir yelpazede faaliyetleri içerir ve bu faaliyetler Atık Yönetimi Yönetmeliği çerçevesinde düzenlenir. Bu faaliyetler arasında ilk olarak, atığın oluşumunun önlenmesi ve kaynağında azaltılması bulunmaktadır. Daha sonra atık yönetimi için en önemli faaliyetlerden ikisi de geri dönüşüm ve geri kazanım faaliyetleridir. Kentsel katı atıkların yeniden kullanılmasının ve geri dönüşümünün mümkün olmadığı durumlarda ise atıkların bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bertaraf

işlemleri, atıkların güvenli bir şekilde ortadan kaldırılmasını sağlar. Bu aşamada, çeşitli bertaraf yöntemleri kullanılabilir.

Atıkların artan miktarı, atık yönetiminin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu anlamda gelişmiş ülkeler, atık yönetimi anlamında ileri seviyelerde olsalar da, gelişmekte olan ülkeler tam anlamıyla uygulamaya geçmemekle birlikte bu sorunlara çözüm yolları araştırmaktadır. Atık yönetimi, geri dönüşüm, atıklardan enerji üretilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik, bu sorunların çözümünde önemli stratejiler sunmaktadır. Ülkemizde, katı atıkların yönetimi konusundaki çözüm yolları 1990 yıllarında başlamakla birlikte 2000'li yıllarda Avrupa Birliği ile iş birliği içinde ciddi adımlar atılmıştır. Bu adımlar, ülkemizdeki katı atık sorununu çevresel kirlilik aşamasından ekonomik bir değerlendirme safhasına taşımasına katkı sağlamıştır. (Kızılçam, 2020)

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Son yıllarda, artan atık bertaraf maliyetleri ve enerji ihtiyaçlarındaki artışlar, kentsel katı atıkların enerjiye dönüşümü üzerine yapılan çalışmalarda önemli bir hızlanmaya neden olmuş ve birçok bölgede bu konu üzerinde gerekli yatırımlar yapılarak uygulamaya geçirilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, Artvin ilinde ortaya çıkan kentsel katı atıkların oluşumundan bertarafına kadar olan süreçte hayata geçirilen uygulamaların detaylı bir şekilde incelenmesi ve bu atıkların potansiyel enerji üretimine yönelik araştırmanın gerçekleştirilmesidir.

1.2 Tanımlar

Ülkemizde çevre konusundaki çalışmalar, 1983 yılında Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 2872 sayılı Çevre Kanunu ile hızlanmış ve bu kanunla bazı çevresel tanımlamalar gerçekleştirilmiştir.

Çevre Kanunu ve diğer mevzuatlarda yapılan uygulamaya çalışılan bazı kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1 Atık Kavramı

Çevre Kanunu'nda atık; gerçekleştirilen bir eylem sonucunda meydana gelen ve çevreye bırakılan veya gelişigüzel atılan her türlü ürün olarak ifade edilmiştir (Resmi Gazete, 1983).

Diğer bir ifade ile atık, insan faaliyetleri sonucu oluşan yan ürünler olarak tanımlanabilir. Diğer ürünlere göre atığın farkı ise değerinin oldukça düşük olması yani değersiz bir ürün olmasıdır. (Sedef, 2016).

1.2.2 Katı Atıklar

Katı atık; Çevre Kanunu ile yapılan tanımlamaya göre üretici veya kullanıcı tarafından istenmeyen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması açısından, düzenli olarak bertarafının sağlanması gereken katı halde bulunan atık maddelerini ifade eder (Resmi Gazete, 1983).

Katı atıkların yönetimi ve düzenli bertarafı, çevre koruma ve toplum sağlığı açısından hayati öneme sahiptir. Çevre Kanunu'nun belirlediği standartlara uygun olarak, katı atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması, çevresel sürdürülebilirlik ve insan sağlığının korunması açısından önemli bir adımdır.

1.2.3 Kentsel Katı Atık

Kentsel katı atıklar, bir şehir veya kentte meydana gelen evsel, kamusal, endüstriyel, ticari ve diğer kaynaklardan türeyen çeşitli katı atıkları içeren geniş bir terimdir. Bu atıklar, şehirleşme sürecinde ortaya çıkan çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan, genellikle ambalaj malzemeleri, organik atıklar, inşaat atıkları, elektronik atıklar ve benzeri çeşitli malzemeleri içermektedir.

Son yıllarda katı atık miktarındaki ciddi artışın doğurduğu çevresel problemler, kentsel alanlarda yaşanan en kritik sorunlardan birini oluşturmaktadır. Bu sorunlar ise katı atık yönetimini zorlaştırmaktadır. Kentlerin çok büyük bir kısmı, katı atık yönetimi konusunda, mevcut bulunan düzenlemelerin yetersizliği, organizasyon ve planlama

konularındaki bilgi eksikliği, ayrıca ekonomik kısıtlamalar gibi nedenlerden dolayı bazı sorunlarla karşı karşıyadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Bu bağlamda, atık yöneticileri tarafından çözüm odaklı ve sürdürülebilir katı atık yönetimi stratejileri geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Öncelikle mevcut düzenlemelerin gözden geçirilerek bu düzenlemelerin daha etkin ve uygulanabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, katı atık yönetimi konusunda yerel yönetimlerin organizasyon kapasitelerini artırmak için eğitim ve bilgilendirme programlarının artırılması gerekmektedir.

Kentsel alanlarda katı atık sorunlarıyla etkili bir şekilde başa çıkabilmek için öncelik, bütçe ve finansman konularına verilmelidir. Bu bağlamda, yeterli kaynakların tahsis edilmesi, modern bertaraf tesislerinin kurulması ve atık geri dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesi sürdürülebilir bir katı atık yönetimi için kritik unsurları oluşturmaktadır. Bu tedbirler, çevresel sürdürülebilirlik ve kentsel yaşam kalitesinin artırılması amacıyla yerel yönetimler tarafından benimsenmelidir.

Her ne kadar katı atıkların çeşitli mevzuatlarda farklı bir şekilde tanımı yapılmış olsa da katı atıklar için birçok sınıflandırma yapılabilir. Kentsel katı atıklar oluştukları yere ve kaynaklarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir,

- Evsel katı atıklar
- Endüstriyel katı atıklar
- Hayvansal Atıklar
- Tarımsal atıklar
- Mezbaha atıkları
- Tehlikeli atıklar
- Tıbbi Atıklar
- İnşaat ve yıkıntı atıkları
- Orman Atıkları

Söz konusu bu atıklar bir yaşam alanında, yani bir kentte ortaya çıkan genel atıklar olduğu için, bu atıkları "Kentsel Katı Atık" olarak sınıflandırmak mümkündür.

1.2.3.1 Evsel Katı Atıklar

Evsel katı atıklar, evsel faaliyetlerden kaynaklanan atıklar olarak tanımlanmaktadır. Halk dilinde "çöp" olarak adlandırılan bu atıklar çoğunlukla zararsız atık kategorisine dâhil edilen atıklardır. Bununla birlikte evsel atıklar pil ve boya gibi tehlikeli ve zararlı atıkları da kapsayabilmektedir. (Güler, 2008).

Ayrıca evsel katı atıklar 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda; Konutlarda, sanayi tesislerinde, işyerlerinde ve piknik alanları gibi yerlerde oluşan tehlikeli ve zararlı atık olarak tanımlanmayan katı atıklar olarak açıklanmıştır (Resmi Gazete, 1983).

Kafeler, restoranlar, hastaneler, bakımevleri ve cezaevleri gibi kullanımları içeren yerlerde ve özellikle besin sektörünün yoğun olduğu endüstriyel tesislerde insan faaliyetleri yoğun olduğundan bu tip yerlerde büyük miktarda organik bileşen içeren atıklar oluşmaktadır. Bu alanlarda oluşan katı atıkların organik madde içeriği, özellikle kompostlaştırma işlemi uygulanacaksa, bertaraf sürecinin etkinliği açısından kritik bir unsurdur (Şahin, 2014).

1.2.3.2 Endüstriyel Katı Atıklar

Endüstriyel katı atıklar, Sanayi süreçlerinin bir parçası olarak ortaya çıkan veya isminden de anlaşılacağı gibi endüstri faaliyetleri sonucunda meydana gelen atıkları içeren bir kapsamı ifade etmektedir.

Endüstriyel katı atıklar oluşum alanlarına göre üç gruba ayrılırlar;

- Endüstriyel birimlerdeki proseslerden kaynaklanan katı atıklar,
- Endüstriyel tip atıksu arıtma tesislerinden oluşan çamurlar,
- Hava emisyonlarını kontrol etmek için kullanılan ekipmanlarından kaynaklanan katı atıklar (Pehlivan ve ark., 2014).

Her bir endüstriyel sektör, ürün çeşidine bağlı olarak kendisine has bir atık türü üretir. Örneğin, konserve imalathaneleri büyük miktarda sebze ve meyve atığı oluşturmakta iken, pil imalathaneleri ise tehlikeli atık kategorisine giren ve ağır metal içeren atıklar

üretirler. Bu endüstriyel tesislerde oluşan tehlikeli atıklar; kimyasal, biyolojik, yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı özelliklere sahip olabilirler. (Toprak, 1998).

1.2.3.3 Hayvansal Atıklar

Hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan atıklar, hayvansal atık olarak tanımlanmaktadır. Su yüzdesi yüksek olan bu atıklar, kötü kokmalarına ve dayanıksız olmalarına rağmen biyokütle kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir. Hayvansal atıklar güneşte kurutularak doğrudan yakılabileceği gibi, anaerobik çürütme işlemi ile biyogaz üretimi amacıyla da kullanılabilir. Kurutma işlemi, güneşin uzun süre ışıma yaptığı ve hava sıcaklığı yüksek olan bölgelerde gerçekleştirilebilmektedir. Hayvan atıklarının ısı değerleri, tarımsal atıkların ısı değerlerine benzer olup, 14-22 MJ/kg aralığında bulunmaktadır (Er, 2017).

1.2.3.4 Tarımsal Atıklar

Tarımsal atıklar, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. Ayrıca bitkisel ve hayvansal ürünlerin elde edilmesi sırasında meydana gelen atıkları da ifade eder. Bu atıkların oluşum süreci ve miktarı, üretimi gerçekleştirilen ürün miktarının dışında insanların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, geleneksel uygulamalar, coğrafi durumlar, iklim, sanayi tesislerine olan mesafe, eğitim seviyesi gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir (Çolakoğlu, 2018).

Tarımsal atıkların enerji potansiyelleri, hasat edilebilen miktarlarına göre değerlendirilmektedir. Bu potansiyel, günlük veya yıllık üretilen bitki miktarı, kuru ağırlık ve kül miktarı gibi faktörler tarafından belirlenmektedir. Kuru halde bulunan atıkların enerji potansiyeli ise, organik kuru madde miktarı ve organik maddenin ısı değeri tarafından belirleyici bir rol oynamaktadır (Er, 2017).

1.2.3.5 Mezbaha atıkları

Mezbaha atıkları, etin ve diğer yenilebilir hayvansal kısımların işlenmesi sırasında ortaya çıkan yan ürünlerin yanı sıra, hayvanların tüketilemeyen dokularını da kapsayan bir terimdir. Yenilemeyen hayvan dokuları, kesilen hayvanın anatomik yapısının

önemli bir yüzdesini oluşturabilir, bu da genellikle organlar, bütünleşme, bağlar, tendonlar, kan damarları, tüyler ve kemikleri içerir ve genellikle hayvanın toplam kütlesinin %45'inden fazlasını oluşturabilir. Ancak, bu tür dokuların bir kısmı tüketilebilir olduğu gibi, geriye kalan kısım genellikle insan tüketimi için uygun değildir. Bu tür atıkların yönetimi için bir çözüm, evcil hayvan mamaları üreticilerinin büyük miktarlarda mezbaha atığı satın aldıklarıdır. Bu şekilde, mezbaha atıkları ekonomik olarak değerlendirilerek israf azaltılır ve aynı zamanda evcil hayvan maması endüstrisi için hammadde kaynağı olarak kullanılır. Bu uygulama, sürdürülebilirlik ve kaynak kullanımı açısından önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır (Ardalı, 2023).

1.2.3.6 Tehlikeli Atıklar

2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda tehlikeli atıklar; fiziksel, kimyasal veya biyolojik açıdan olumsuz etki oluşturarak, ekolojik dengeyi ve insan ile diğer canlıların doğal yapılarını bozan atıklar ve bu atıklar ile kirlenmiş maddeler diye tanımlanmıştır.

Bu atıkların varlığı, ekosistemlerin işleyişini olumsuz yönde etkileyerek biyoçeşitliliği azaltabilir ve canlı organizmaların sağlığını tehdit edebilir. Bu durum, sürdürülebilir bir çevre için elzem olan dengeli bir ekosistem yapısının bozulmasıyla sonuçlanabilir. Bu bağlamda, atık yönetimi ve çevre koruma önlemleri, ekosistem sağlığını koruma ve canlı organizmaların yaşam alanlarını sürdürülebilir şekilde muhafaza etme amacıyla büyük önem taşımaktadır.

1.2.3.7 Tıbbi Atıklar

Tıbbi atıklar, sağlık tesislerinin işlemleri sonucu oluşan atıklardır. Bu atıklar genellikle enfeksiyon yapıcı, patolojik (cerrahi operasyon, anatomi veya patoloji çalışması, otopsi vb. işlemler sonucu oluşan dokular, organlar, vücut kalıntıları ve sıvıları, fetus vb.) ve kesici-delici atıklar olmak üzere farklı kategorilere ayrılabilir. (Resmi Gazete, 2017)

Sağlık kuruluşlarında üretilen enfeksiyon yapıcı atıklar, genellikle kullanılmış cerrahi malzemeler, enfekte doku parçaları ve kontamine malzemeleri içerir. Bu tür atıklar,

potansiyel olarak hastalıklara neden olabilen mikroorganizmalar içerdiğinden özel bir şekilde yönetilmektedir.

Tıbbi atıkların düzenli ve güvenli bir şekilde yönetilmesi, çevresel riskleri en aza indirmenin yanı sıra toplum sağlığına yönelik potansiyel riskleri azaltmak açısından da önemlidir. Bu nedenle sağlık kuruluşları, mevzuata uygun olarak tıbbi atıkları toplama, taşıma, depolama ve imha etme süreçlerini titizlikle uygulamalıdır.

1.2.3.8 İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

İnşaat ve yıkıntı tipi atıklar, ilgili her türlü alt yapı ve üst yapının; bakım, onarım, tadilat, yenileme, yıkım veya afet kaynaklı yıkılma gibi nedenlerle meydana gelen atıkları ifade eder (Resmi Gazete, 2015).

Bu atıklar genellikle beton, tuğla, demir, ahşap ve diğer benzeri yapı malzemelerini içermekte olup çevresel etkileri nedeniyle uygun bir yönetim ve bertaraf sürecine tabi tutulmalıdır.

1.2.3.9 Orman Atıkları

Miktar olarak çok ciddi potansiyele sahip olan, fakat Türkiye’de istenen seviyede değerlendirilemeyen orman atıkları; ormanda bulunan herhangi bir ağacın birçok ürünün üretiminde kullanılan ana gövdesi dışında kalan ve çapları 0.6 cm seviyesine kadar olan bütün dallar, kabuklar, kozalaklar, sürgünler, meyveler, yapraklar ve çiçekler olarak ifade edilmektedir. (Alma ve Çetin 2002, Vurdu 1983)

Ormandan elde edilen ürünlere olan talebin karşılanması ve orman çeşitliliğinin sürdürülmesi, mevcut ormanların verimliliğinin artırılması ve verimsiz ormanların ıslah edilmesiyle mümkün olmaktadır. Ayrıca, ormanlardan elde edilen ürünlerin sadece ticari amaçlarla değil, aynı zamanda ormanların sürdürülebilirliği ve ekosistem sağlığı için de kullanılması önemlidir. Bu kapsamda, mevcut itibarıyla yeterince değerlendirilemeyen bir orman ürünü de, orman faaliyetleri sonucunda ormanda kendi haline bırakılan orman atıklarıdır. (Çetinkaya ve Bilir, 2020).

Orman atıkları, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de enerji üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Orman atıkları, doğrudan yakılarak enerji üretiminde kullanılabileceği gibi, pelet haline getirilerek de ısı amaçlı değerlendirilebilir. Peletler, biyokütlenin yüksek basınç altında sıkıştırılarak küçük, yoğun ve silindirik şekillere dönüştürülmesiyle elde edilir. Bu işlem, biyokütlenin enerji yoğunluğunu artırır ve depolama ile taşıma maliyetlerini azaltır. Yanma verimliliği yüksek olan peletler, daha düşük emisyon değerlerine sahip olup, çevre dostu bir yakıt alternatifi sunar.

1.3 Kentsel Atıkların Yönetimi ve Bertaraf Yöntemleri

Katı atıkların geri kazanımı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle gerçekleştirilen bir süreçtir. Bu süreç, atıkların birincil veya ikincil hammaddeye dönüştürülmesi ve enerji üretimi için kullanılması anlamına gelir. Aynı zamanda geri kazanım; kağıt, cam, metal ve plastik gibi malzemelerin tekrar kullanılabilir hale getirilmesini içerir. Geri kazanım terimi, atıkların geri dönüşümü ve tekrar kullanımını içeren geniş bir kavramdır. Bu süreç, kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği destekler. Ayrıca, geri kazanımın, atıkların doğaya verdiği olumsuz etkileri azaltarak çevresel etkileri en aza indirme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir (Yaman, 2007).

Bir yerleşim yerinde en büyük sorunlardan birisi katı atıklardır. Kentsel katı atıkların yeniden kullanılmasının ve geri dönüşümünün mümkün olmadığı durumlarda bu atıkların bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bertaraf işlemleri, atıkların güvenli bir şekilde ortadan kaldırılmasını sağlar. Bu aşamada, çeşitli bertaraf yöntemleri kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin uygulanması sırasında oluşabilecek çevresel etkilerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bertaraf işlemleri sonrasında atık izleme, kontrol ve denetim süreçlerinin titizlikle uygulanması gerekmektedir. Bu durum atık yönetiminin etkinliğini değerlendirmek ve geliştirmek için oldukça önemlidir.

Geri dönüşüm yöntemi ile; kağıt ve karton atıklar, plastik şişeler, metal içecek kutuları, cam ürünler ve çeşitli elektronik ürünler gibi malzemelerin toplanarak üretim bandına tekrar hammadde olarak girilmesi sağlanır. Daha fazla atığın geri dönüşüme kazandırılabilmesi için kağıt, plastik, metal gibi farklı malzemeler için ayrı toplama

ekipmanlarının kullanımının yaygınlaştırılması ve toplumun geri dönüşüm bilincinin artırılması gerekmektedir (Sedef, 2016).

Katı atık yönetiminin temel unsurlarından biri, atıkların toplandıktan sonra etkili bir şekilde bertaraf edilmesidir. Bu yöntemler, katı atığın özelliklerine ve katı atıklardan sorumlu olan ilgili birimlerin bakış açılarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda, katı atık yönetiminin temel ilkeleri, atıkların çeşitli özelliklerine göre belirlenen bertaraf yöntemlerini içermektedir. Bu yöntemler arasında geri dönüşüm, enerji geri kazanımı, kompostlaştırma ve depolama gibi farklı stratejiler bulunmaktadır. Ayrıca, katı atık yönetimine ilişkin kararlar ve uygulamalar, katı atıklardan sorumlu olan birimlerin politika ve stratejilerine dayanmaktadır (Solak ve Pekküçükşen, 2018).

Günümüzde katı atık yönetimi olarak birçok kentte vahşi depolama yöntemleriyle hala idare edilse de kentsel katı atıklar, oluştukları yere ve atıkların karakteristik özelliklerine bağlı olarak çeşitli bertaraf yöntemlerine tabi tutulmaktadır. Genel olarak kullanılan bertaraf yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010; Polat, 2018)

- Düzenli depolama
- Yakma
- Gazlaştırma
- Anaerobik çürütme
- Kompostlaştırma

Belediyelerin atık bertaraf yöntemleri arasında ilk ve en çok uyguladığı yöntem depolama yöntemidir. Geri kazanım, yakma ve kompostlaştırma gibi diğer yöntemlere kıyasla daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. Ancak, geri kazanım çalışmalarına katılan belediyelerin sayısı genel toplam içinde sınırlıdır (Solak ve Pekküçükşen, 2018).

Bu durum, genel olarak atık yönetimi stratejilerinin çoğunlukla depolama üzerine odaklandığını ve geri kazanım gibi daha sürdürülebilir yöntemlerin henüz yeterince benimsenmediğini göstermektedir. Geri kazanım, atıkların ekonomik değerini artırmak, doğal kaynak kullanımını azaltmak ve çevresel etkileri en aza indirmek açısından önemli bir stratejidir. Ancak, bu yaklaşımın benimsenmesi ve uygulanması konusunda birçok belediyenin henüz sınırlı bir katılım gösterdiği görülmektedir.

1.3.1 Düzenli Depolama Yöntemi

Atık bertaraf yöntemlerinin en eski olanı olan vahşi depolama, geçmişten günümüze çevresel sorunlar açısından önemli bir konu olmuştur. Bu süreçte, atıkların düzensiz bir şekilde araziye bırakılması, bu atıklardan kaynaklanan sızıntı suyu ve oluşan gazın kontrolsüz bir biçimde bırakılması gibi sorunları ortaya koymaktadır. Söz konusu yöntem, özellikle Asya bölgesinde hâlen yaygın bir şekilde uygulanmakta olup, ülkemizde de birçok bölgede halen önüne geçilememiş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu depolama yönteminin çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler arasında; çevreye olumsuz kokuların yayılması, rüzgâr ve sel olayları ile doğaya dağılarak çevre kirliliği oluşturması, fare, haşere ve sinek gibi sağlığa zararlı canlılara üreme ve barınma ortamı sağlaması, ayrıca bu atıklardan kaynaklanan sızıntı sularının yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletmesi gibi zararlar önemli bir yer tutmaktadır (Polat, 2018).

Vahşi depolama, yerel yönetimleri bir dizi çevresel sorunla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu sorunlarla başa çıkabilmek adına, yerel yönetimlerin attığı ilk adım, düzenli depolama sahaları kurmak olmuştur.

Düzenli depolama sahaları, bir kentte oluşan kentsel atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde kontrollü ve düzenli bir şekilde depolanması ve bertaraf edilmesini sağlayan bir atık bertaraf yöntemidir. Bu yöntem, atıkların kontrol altında depolanmasıyla birlikte, metan ve karbondioksit gibi enerji değeri yüksek gazların oluşturduğu depo gazının elde edilmesine imkan tanımaktadır. Elde edilen bu depo gazının enerji potansiyeli, gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde, ısıtma sistemlerinde veya içten yanmalı motorlarda kullanılarak enerji üretimine katkı sağlanmaktadır (Polat, 2018). Düzenli depolama sahalarında biriken sızıntı suları, özel bir drenaj

sistemi kullanılarak toplanmakta ve ayrı bir toplama havuzuna aktarılmaktadır. Bu toplama havuzunda biriken sular, belirli arıtma süreçleri uygulanarak arıtılmakta ve çevreye zarar vermeden geri kazanımı sağlanmaktadır.

Ayrıca 26.03.2010 tarihli ve 27533 sayılı Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te, düzenli depolama tesisleri; atıkların oluştuğu ortamlarda ön işlem, geri kazanım ve bertaraf işlemleri uygulanmak üzere geçici olarak depolandığı birimler ve atığın ön işlem ve geri kazanım işlemleri uygulanmak üzere üç yıldan az süre ile ara depolama yapıldığı tesisler ile atığa bertaraf işlemi uygulanmak üzere bir yıldan az süre ile ara depolama yapıldığı tesislerin dışında bu atıkların önceden belirlenen teknik standartlara göre yeraltı veya yer üstünde depolanarak bertaraf edildiği alanlar olarak tanımlanmıştır.

Düzenli depolama yöntemi, atık yönetim hiyerarşisinin son basamağını oluşturur. Bu alanların kullanımı, sıfır atık politikası ile atığın kaynağında ayrıştırılarak azaltılması ve atıkların geri dönüşüm işlemlerinin artırılmasıyla önemli ölçüde azaltılabilir. Her ne kadar atıklar kaynağında azaltılarak geri dönüştürülse de, depolama alanları tamamen ortadan kaldırılamaz. Bu durumun temel nedeni, diğer bertaraf yöntemleriyle işlenemeyen veya yakma gibi teknolojiler sonucu oluşan atık ürünlerin düzenli depolama alanlarına yönlendirilmesidir. Düzenli depolama yönteminin atık yönetim hiyerarşisinin son basamağında yer almasının sebebi olarak bu durum gösterilebilir. Böylece diğer atık bertaraf yöntemlerinin düzgün bir şekilde uygulamaya geçirilmesi, düzenli depolama alanları ile ilgili en büyük sorun olarak görünen arazi miktarını azaltmaya yardımcı olmaktadır (Mahini ve Gholamalifard, 2006).

1.3.2 Yakma

Atıktan enerjiye dönüşüm süreçlerinde en yaygın kullanılan yöntem doğrudan yakma yöntemidir. Son yıllarda kentsel katı atıklardan enerji üretmek amacıyla inşa edilen tesislerin çoğu, doğrudan yakma sistemlerini içermektedir. Doğrudan yakma sistemlerinde, atıkların etkili bir şekilde yanabilmesi için gereken oksijen, sistem tarafından bol miktarda sağlanır ve tam yanma koşulları sağlanmaya çalışılır. Dünyada kentsel katı atıklardan enerji üretiminin yaklaşık yüzde doksana yakını, bu tür yakma tesislerinde gerçekleştirilmektedir (Polat, 2018).

Katı atıklardan enerji üretilmesi için kullanılan yakma sisteminin önemli bir avantajı, atıkların hacimsel olarak %90, ağırlık bakımından ise %75 oranında azaltılmasını sağlamasıdır. Ancak, bu sistemlerde gerçekleştirilen yanma işlemi sırasında ortaya çıkan gaz emisyonlarının 900-1200 °C sıcaklıkta olması, bu emisyonların arıtılması ve kontrolünün zorlu ve yüksek maliyetli bir süreç olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, zaman içinde bu bertaraf yönteminin geçerliliğini yitirdiği ve piroliz ile gazifikasyon gibi diğer termal bertaraf yöntemlerine olan geçişin arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca düzenli depolama alanı kurmak için uygun alanın sınırlı olduğu ülkelerde, alternatif termal bertaraf yöntemlerine yönelme eğilimi ön plana çıkmaktadır (Arıkan, 2013).

Bu yöntemin kullanılması durumunda olumsuz hava emisyonları oluşacağından dolayı çevreye zarar vermemek adına hava kirliliği ile ilgili gerekli önlemlerin alınmasının yanı sıra, ortaya çıkan küllerin uzaklaştırılması sürecinde, potansiyel toksik maddelerin olumsuz etkilerine karşı da önlemler alınmalıdır. Yakma işlemi sonucunda ortaya çıkan inorganik atıkların nihai bertarafı için ise düzenli depolama ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu depolama süreci, atıkların kontrol altında tutulmasını ve çevresel etkilerinin minimize edilmesini sağlamak adına özenle planlanmalıdır. Bu süreçte, atıkların içerdiği potansiyel zararlı maddelerin çevreye sızmasını önlemek amacıyla uygun teknik ve mühendislik çözümleri de uygulanmalıdır. Bu şekilde, atıkların bertarafı sırasında çevresel risklerin en aza indirilmesi ve sürdürülebilir bir yönetim sağlanması hedeflenmelidir (Yaman, 2007).

Orman ürünlerinden kaynaklanan biyokütle enerji kaynakları, termokimyasal yakma işlemi sonucunda elde edilen enerji miktarı açısından petrol ve kömüre göre daha düşük bir verime sahiptir. Bu nedenle, Orman ürünlerinden kaynaklı biyoenerji kaynakları, diğer yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarıyla karıştırılarak yakma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle, kömür, tarımsal ve kentsel atıklar gibi farklı biyokütle kaynaklarıyla karıştırılarak yakılan işlemlerde, beklenen enerji değerine ulaşmak amaçlanır. Orman ürünlerinden kaynaklı biyokütle enerji kaynaklarının diğer enerji kaynaklarıyla bir arada yakılmasıyla ilgili proseslerin temel amacı, yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından kaynaklanan NO_x, SO_x ve CO₂ gibi gazların atmosfere salınımını azaltmaktır. Bu yaklaşım, çevresel etkilerin en aza indirilmesini ve sürdürülebilir bir enerji üretim sürecinin benimsenmesini hedefler. Bu

sayede, enerji üretimindeki çeşitlilik artırılarak, kaynak kullanımı daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir ve çevresel sürdürülebilirlik sağlanabilir (Ayan, 2022).

1.3.3 Gazlaştırma

Gazlaştırma teknolojisinin temel amacı, enerji üretimi esnasında emisyonlar azaltılırken yakıtın enerji yoğunluğunun artırılmasıdır. Gazlaştırma, özellikle atık bertarafı için çevre dostu ve modern bir seçenek olarak öne çıkar, çünkü gazın temizlenmesi sonucunda NO_x ve SO_x gibi kirleticilerin salınım miktarı daha düşüktür. Ayrıca, gazlaştırma süreci, yakma işlemine göre daha kısıtlı bir oksijen miktarı kullanır, bu da daha düşük bir baca gazı hacmini beraberinde getirir. Bu avantajlar, gazlaştırmanın çevre üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etme ve enerji üretiminde daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunma potansiyelini vurgular (Coşkun, 2015).

Gazlaştırma, karbon içeren katı veya sıvı bir ürünün, bir gazlaştırma ajanı ile termokimyasal dönüşüm süreci sonucunda yanabilen gaz ürünlere dönüştürülmesi işidir. Gazlaştırma işleminde, biyokütle kurutulduktan sonra yakıtın içerdiği nem buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Birçok biyokütle kaynağı, gazlaştırma işlemine uygun özelliklere sahiptir. Ancak, ideal bir gazlaştırma hammadresi olması için ürünün nem içeriğinin %5 ile %35 arasında olması gerekmektedir. Gazlaştırma işlemi, kuru biyokütlenin 700°C'nin üzerinde ısıtılmasıyla gerçekleşir. Bu sıcaklık, biyokütle materyalinin dönüşümünü başlatarak, yanabilir gazların üretilmesini sağlar. Bu gazlar genellikle metan, karbon monoksit, hidrojen ve diğer yanıcı bileşenleri içerir. Gazlaştırma süreci, biyokütle kaynaklarını enerjiye dönüştürürken, aynı zamanda daha temiz ve etkili bir enerji üretimi sağlamak amacıyla uygulanan bir yöntemdir (Coşkun, 2015).

Gazlaştırma yöntemi, yüksek sıcaklık altında, gazlaştırıcı olarak isimlendirilen reaktörlerin içinde gerçekleşir. Bu proses, karbon içerikli katı halde bulunan yakıtların oksijen, hava, su buharı veya bunların karışımları ile temas etmesiyle meydana gelir. Tam yanma olabilmesi için gereken oksijen miktarından %20-30 daha az miktarda kullanılarak yeni bir teknoloji geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem sonucunda, yüksek ısı değere sahip, büyük oranda karbonmonoksit (CO) ve hidrojen gazı (H₂)

içeren, az miktarda ise karbondioksit (CO₂) ve metan gazı (CH₄) içeren bir sentez gazı oluşur (Er, 2017).

1.3.4 Anaerobik Çürütme

Anaerobik çürütme prosesi, evsel atığın organik kısmının oksijensiz bir ortamda biyolojik olarak parçalanması ve bozunması işlemidir. Bu süreçte ana ürün, yaklaşık olarak %64 metan (CH₄) ve %35 karbondioksit (CO₂) içeren biyogazdır. Geleneksel anlamda anaerobik çürütme prosesi, sıvı atıklardaki (çiftlik atıkları, atıksular vb.) askıdaki katı maddelerin arıtılmasında kullanılan bir yöntemdir. Ancak daha sonra yapılan araştırmalar ile kentsel katı atıklar üzerinde çalışılarak bu prosesin atıklardan enerji elde etmek için ekonomik açıdan uygun olabileceğini ortaya konulmuştur (Coşkun, 2015)

Anaerobik çürütme işlemi, genellikle ön arıtma, anaerobik dönüşüm, son arıtma ve sızıntı suyu ve gazların arıtılması aşamalarından oluşur. Bu süreç, öncelikle reaktörlerde gerçekleşir. Anaerobik çürütme işlemi, atığın içerdiği katı madde miktarına göre kuru (yüksek katılım) ve ıslak (düşük katılım) olmak üzere iki ana prosese ayrılır. Kuru proses sistemlerinde fermente edilecek kütlenin katı atık miktarı genellikle %20-40 arasında değişmektedir. Bu sistemin en önemli avantajları daha az su gereksinimi duyarak ve yüksek miktarda gaz üretilmesidir. Ancak en büyük dezavantajı viskozitesi yüksek akımlar için güçlü pompaların özel olarak tasarlanması gerekliliğidir. Özel tasarlanan bu pompaların maliyetleri yüksek olduğu gibi bakımları da oldukça zordur. Islak proses sistemi ise, atıksu arıtma tesislerinde oluşan biyokatıların anaerobik stabilizasyonu için uzun yıllar boyunca kullanılan teknolojiye benzerlik göstermesi sebebiyle daha avantajlı görünmektedir. Islak sistemde fermente edilecek kütlenin katı madde içeriği genellikle %15'i bulmamaktadır. Böylece bu değerin sağlanması için sisteme çok miktarda su eklenir (Coşkun, 2015).

Organik atıkların kuru tip reaktörlerde genel olarak tek kademeli ve termofilik olarak tercih edilmesi yaygın bir yöntemdir. Bu tip reaktörlerdeki sıcaklık yaklaşık olarak 55°C seviyesinde olup organik kuru madde miktarı genellikle %30 seviyesindedir. Öte yandan ıslak tip reaktörler tercih edilmesi durumunda, genellikle 2 kademeli

sistemlerin uygulanabilirliği daha yaygın bir yöntemdir. Bu tip reaktörlerdeki sıcaklık yaklaşık olarak 35°C ve kuru madde miktarı ise %8-12 arasındadır (Er, 2017).

Katı atıkların anaerobik arıtımında kullanılan yöntemler ile ilgili olarak kullanılan reaktörlere ait kriterlerin, avantaj ve dezavantajların karşılaştırılması Tablo 1’de sunulmaktadır (Altınbaş, 2017).

Tablo 1. Katı atıkların anaerobik arıtımında kullanılan proseslerin karşılaştırılması

Reaktör	Kriter	Avantajlar	Dezavantajlar
Tek Kademeli Islak Tip	Teknik	-Klasik çamur çürütme prosesine benzer (% 8-15 katı madde)	-Kısa devreler -Yüzen ve çöken fazlar -Mekanik ekipmanda aşınma -Komplike ön arıtma ihtiyacı
	Biyolojik	-İnhibitörler eklenen temiz suyla seyrelirler	-Reaktör muhtevası tam karışımı olduğundan şok yüklere karşı hassasiyet -Atılan inert ve plastikler nedeniyle uçucu madde kaybı -Düşük organik yükleme (Org. Yük. $\approx$ 3-5 kg UKM/m ³ .gün)
	Ekonomik ve Çevresel	-Atığı iletmeye kullanılan ekipmanlar ucuzdur	-Fazla su tüketimi ($\sim$ 1 m ³ musluk suyu/ton katı atık) -Susuzlaştırma ekipmanı gerekmektedir -Oluşan atıksuyun arıtılması gerekir -Büyük reaktör hacimleri -Komplike ön arıtma ihtiyacı -Büyük hacimleri ısıtmak için gereken yüksek enerji ihtiyacı
Tek Kademeli Kuru Tip	Teknik	-Reaktörün içerisinde hareketli parça yoktur -İnert ve plastiklerin ayrılmasına gerek yoktur -Kısa devre oluşmaz	-Islak atıklar (KM<90%) tek başlarına arılamazlar
	Biyolojik	-Ön-arıtmada UKM kaybı daha azdır -Yüksek organik yükleme hızı (Org. Yük. $\approx$ 10-15 kg UKM/m ³ .gün) -İnhibitörler reaktörün içerisine daha az yayılırlar	-İnhibitörleri temiz suyla seyreltme imkanı genelde yoktur
	Ekonomik ve Çevresel	-Daha ucuz ön-arıtma -Daha küçük reaktörler -Tam hijyenizasyon -Çok az su kullanımı -Daha az ısıtma ihtiyacı	-Daha dayanıklı ve daha pahalı atık iletmeye malzemeleri (pompa, borular)

1.3.5 Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, organik atıkların geri dönüşümünü sağlayan bir atık bertaraf yöntemidir. Bu yöntem ile etkin bir sonuç elde edilmesi ve çevresel olumsuz etkilerin (kokular, görsel kirlilik ve evsel atık suları vb.) engellenmesi için evsel atıkların belirli aralıklarla ve düzenli bir şekilde toplanması gerekmektedir. Kompostlaştırma süreci,

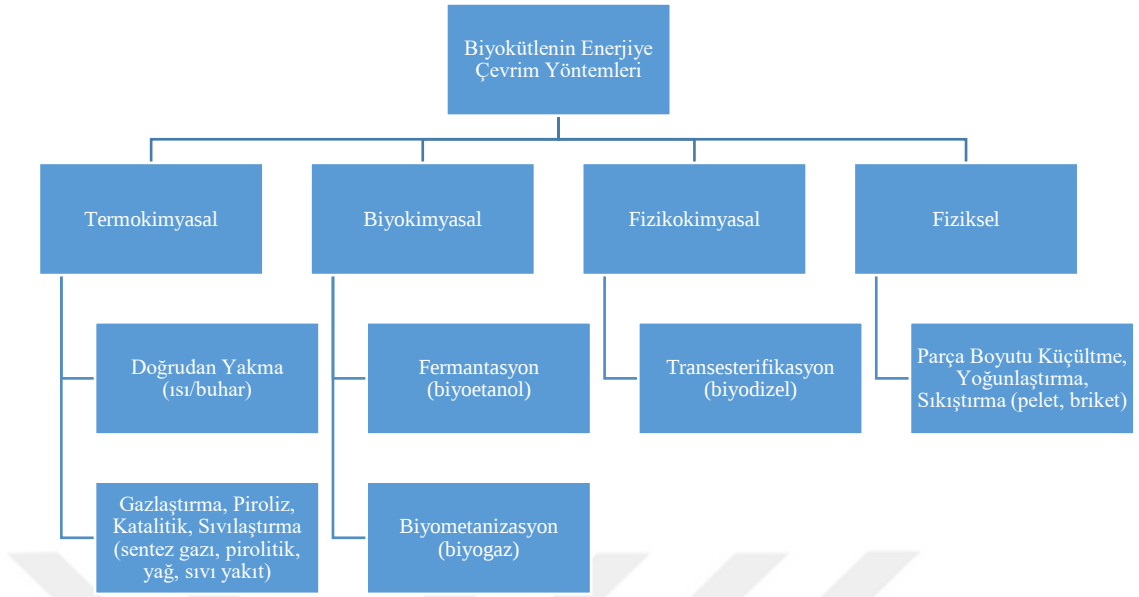
toplanan evsel atıkların içerdiği organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ortamda bulunan oksijen ile biyokimyasal olarak ayrıştırılmasıdır (Sedef, 2016).

Bu yöntemin bir dizi faydası bulunmaktadır. Bunlar arasında; toprağa besleyici maddelerin kazandırılması ve arttırılması, toprak içerisinde bulunan yararlı organizmaların artması, bazı bitkisel hastalıkların önüne geçilmesi, depolama alanları dışındaki organik atıkların geri kazanılması, gübre ve pestisit gibi ürünlerin kullanımının azaltılması, toprakta oluşacak erozyonun engellenmesi, toprak kirliliği sorunlarına çözüm getirilmesi ve doğal kaynakların korunması gibi faydalar sayılabilmektedir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

1.4 Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi

Günümüzde, kentlerin artan nüfusuyla birlikte kentsel atık yönetimi giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, atıkların sadece depolandığı veya yok edildiği geleneksel yöntemlerin yerine, atıkların enerjiye dönüştürülmesi, çevresel ve ekonomik açıdan önemli avantajlar sağlamaktadır. Ancak, bu sürecin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için uygun altyapı ve politikaların oluşturulması önemlidir.

Biyokütle ve diğer organik atıkların ise enerji amaçlı kullanılması için çeşitli dönüşüm yöntemleri kullanılmaktadır. Biyokütle kaynaklarından üretilebilecek farklı yakıt türlerinin dönüşüm yöntemleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Biyokütlenin enerjiye çevrim yöntemleri (URL-1)

Günümüzde, katı atıkların etkili bir şekilde bertaraf edilmesi amacıyla enerji potansiyellerinin değerlendirilmesine yönelik çeşitli teknolojiler geliştirilmekte ve mevcut teknolojilerin sürekli iyileştirilmesi çabaları sürdürülmektedir. Kentsel katı atıklardan enerji üretimine odaklanan bu teknolojiler arasında; düzenli depolama yöntemi, yakma sistemi, gazlaştırma ve anaerobik çürütme yöntemleri öne çıkmaktadır. Fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan emisyonlar ve atık düzenli depolama sahalarındaki metan salınımları, ciddi atmosferik kirleticiler arasında yer almaktadır. Metanın yüksek sera gazı potansiyeli nedeniyle, bu gazın iklim değişiklikleri üzerindeki etkisi büyük bir öneme sahiptir. Metanın atmosferdeki ömrü yaklaşık olarak 10 yıl iken, karbon dioksitin (CO_2) ömrü yaklaşık olarak 100 yıldır. Metan, hem antropojenik (insan kaynaklı) hem de doğal kaynaklı emisyonlardan kaynaklanmaktadır ve küresel sera gazı emisyonlarının %16'sını oluşturmaktadır (Coşkuner, 2015)

2023 yılı itibarıyla mevcutta bulunan atık depolama sistemleri ve biyoreaktörler yardımıyla metan gazı emisyonunun %25'inin geri dönüştürülerek 2.900 GWh elektrik enerjisi elde edileceği tahmin edilmektedir. Bu durumda ülkemizin yıllık enerji ihtiyacının %0,5'ini karşılayabileceği öngörülmektedir. Ancak mevcut durumdaki tesislere bakıldığında kapasitenin çok altında tesislere sahip olduğumuz bilinmektedir.

Bu durum, mevcut atık yönetimi altyapısının geliştirilmesi ve daha fazla biyogaz üretim tesisinin kurulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Böylelikle, çevresel etkilerin azaltılması ve enerji ihtiyacının sürdürülebilir bir şekilde karşılanması hedeflenmelidir (Coşkun, 2015).

1.5 Türkiye’de Atık Yönetimi

Atık Yönetimi Yönetmeliğinde atık yönetimi; herhangi bir atığın oluşmasını önleme, kaynağında azaltma, atığın özellik ve türüne göre ayrıştırma, toplama, biriktirme, geçici depolama, ara depolama, taşıma, yeniden kullanma, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı dâhil olmak üzere geri kazanma, bertarafı, bertaraf işlemlerinden sonra izleme ve kontrol ve denetim faaliyetlerini kapsayan bir süreç olarak tanımlanmıştır. Atık yönetimi, belediye başkanlıklarının önemli sorumluluklarını içeren bir konu olup, bu konuda birçok mevzuat belediyelere çeşitli görevler yüklemiştir. Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre atık işleme tesislerini kurma veya kurdurma, bu tesisleri etkin bir şekilde işletme veya işletirme, ayrıca çevre lisansı almaları veya aldirmaları gibi görevler “Belediyelerin görev ve sorumlulukları” başlığı altında belediyelere verilmiştir. Ayrıca atıkların yönetimi kapsamında, sorumlu tutulan diğer taraflarla birlikte bilgilendirme ve eğitim faaliyetleri düzenleme veya bu faaliyetlere katkıda bulunma sorumluluğu da yine aynı yönetmelikte belediyelere atanmıştır. Bu görevlerin etkin bir şekilde yerine getirilmesi, atık yönetiminin sürdürülebilirliği ve çevresel etkilerin minimize edilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Belediye başkanlıkları, bu görevleri yerine getirirken aynı zamanda mevzuata uyum sağlamak, çevresel standartları korumak ve toplumun çevre bilincini geliştirmekle yükümlüdür. Bu çerçevede, belediyelerin toplumda atık konusunda farkındalık yaratma, çevre bilincini artırma ve sürdürülebilir atık yönetimi için önemli bir rol oynama görevi bulunmaktadır (Resmi Gazete, 2015).

1.5.1.1 Atık Yönetimi İşleyişi

Ülkemizde; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde yer alan Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Atık Yönetimi alanında birçok şube müdürlükleri oluşturulmuştur. Bu müdürlükler, atık yönetimi süreçlerini daha etkili

bir şekilde yönetmek ve atıklara özel yaklaşımlar geliştirmek amacıyla faaliyet göstermektedir. Söz konusu Bakanlık, Çevre ve Orman Bakanlığı olarak faaliyetlerini yürütürken 2011 yılının sonunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı adını alarak faaliyetlerine devam etmiştir. Bu dönemde, atık yönetimi alanındaki birim müdürlüklerinde artış gözlemlenmiş ve katı atıkların daha detaylı bir şekilde kategorize edilmesi hedeflenmiştir (Aras, 2016).

Bu bağlamda kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılması, atık oluşumunun azaltılması veya en aza indirilmesi, atıkların oluştukları kaynakta ayrı toplanması ve bu atıkların geri kazanımının sağlanması amacıyla geliştirilen Sıfır Atık Projesi önemli bir hedef olarak belirlenmiştir. Bu proje çerçevesinde, atık oluşum sebeplerinin gözden geçirilmesi, atık yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi ve toplumsal bilincin artırılması gibi stratejiler uygulanmaktadır. Bu hedeflere ulaşmak adına, 30829 sayılı Sıfır Atık Yönetmeliği, 12.07.2019 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik, atık yönetimi alanında standartları belirleyerek, atıkların etkili bir şekilde kontrol edilmesini ve geri dönüşümünü sağlamayı amaçlamaktadır. Sıfır Atık Projesi ve bu yönetmelik, çevresel sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi konularında ülkemizde önemli adımları temsil etmektedir (Çetinkaya ve Bilir, 2020).

Ayrıca Türkiye'de bulunan ve faaliyette olan lisanslı biyokütle santrallerine bakıldığında, evsel katı atıklardan biyogaz üreten santrallerin ilk sırayı aldığı görülmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından lisans almış toplam 64 adet tesisten 23 tanesi evsel katı atık gazı diye adlandırılan tesislerdendir. Lisanslı tesis kapasitesi, 2013 yılının sonlarında 173 MW olarak belirlenmiştir. Ancak, işletmedeki kapasiteye bakıldığında bu değer yaklaşık 75 MW olduğu görülmektedir. Bu veriler, Türkiye'deki biyokütle enerji üretimi alanında katı atıktan biyogaz üreten santrallerin önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. 2012 yılında ülkemizde bulunan katı atık döküm alanlarından yayılan metan gazı miktarının 3.100 milyon m³ olduğu hesaplanmaktadır. Düzenli depolama sahalarının arttırılmasıyla ilgili herhangi bir çalışma yapılmadığı takdirde, bu miktarın 2023 yılına kadar 3.600 milyon m³'ü bulacağı kaçınılmazdır. Bu durum, katı atık yönetimi ve atık yönetimi politikalarının önemini vurgulamaktadır. Eğer bu durum devam ederse, metan emisyonlarının çevresel etkileri ciddi boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle, atık

yönetimi stratejilerinin güçlendirilmesi ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının teşvik edilmesi gerekmektedir (Coşkun, 2015).

1.5.1.2 Türkiye’de Atık Yönetimi Mevzuatı

Türkiye’de atık yönetimi konusunda resmi düzenlemelerin kökeni oldukça eski dönemlere dayanmaktadır. Atık yönetimi konusundaki ilk belirgin adımlar, 1930 yılında yayımlanan 1580 sayılı Belediye Kanunu ile 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu hükümleri kapsamında atıkların toplanması, depolanması, taşınması ve çevre ve insan sağlığının kontrol altına alınması için gerekli önlemlerin alınması gibi konuları içeren düzenlemelerle atılmıştır. Bu tarih itibarıyla, atık yönetimi alanındaki diğer yasal düzenlemelerde de atıkların etkili bir şekilde yönetilmesini sağlamak amacıyla doğrudan veya çevre ve insan sağlığının korunması kapsamında dolaylı hükümler içermektedir. Daha sonraki dönemde, 1982 Anayasası'nın yürürlüğe girmesiyle birlikte, çevrenin korunmasıyla ilgili hedefler belirlenmiş ve söz konusu Anayasa'nın 56. maddesinde, tüm bireylerin sağlıklı ve sürdürülebilir bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğu belirtilerek çevreyi korumak ve çevreyi geliştirmek vatandaşların ve devletin görevi olduğu vurgulanmıştır (Sayıştay, 2007).

11 Ağustos 1983 tarihinde yürürlüğe giren 2872 sayılı Çevre Kanunu, çevrenin korunmasıyla ilgili temel prensip ve kuralları belirleyerek, yetkili ve sorumlu kurum ve kuruluşları tanımlamıştır. Aynı zamanda, uygulamaya yönelik prosedürleri ortaya koymakla birlikte ve "kirliten öder" prensibini benimseyerek kirlilik oluşturan her bir ilgilinin yükümlülüklerini açıklamaktadır. Ayrıca Kanun hükümlerini ihlal eden gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak idari yaptırımları ve para cezalarını belirlemektedir. Daha sonra, 26 Eylül 2004 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nun 181, 182 ve 183. maddeleri ile 30 Mart 2005 tarihinde yayımlanan 5326 sayılı Kabahatler Kanunu'nun 41. maddesinde, herhangi kişi veya kişiler tarafından çevre kirliliğine neden olabilecek her türlü olumsuz davranışa karşı cezai yaptırımlar belirlenmiştir. Bu hükümler, çevre koruma alanında ihlal edilen durumlara karşı cezai sorumluluğu düzenlemekte ve çevresel suçlara karşı etkili bir yaptırım mekanizması oluşturmaktadır (Sayıştay, 2007).

5393 sayılı Belediye Kanunu’nda ise; İmar, su ve kanalizasyon, ulaşım gibi kentsel alt yapı; coğrafi ve kent bilgi sistemleri; çevre ve çevre sağlığı, temizlik ve katı atık hizmetlerini yapma görevi Belediye Başkanlıklarına verilmiştir. Ayrıca Belediye mücavir alan dışında ise bu görevler 5302 sayılı İl Özel İdareleri Kanunu ile İl Özel İdarelerine verilmiştir.

Günümüzde kentsel katı atık yönetimi konusunda 2872 sayılı Çevre Kanunu kapsamında çıkartılan ve yürürlükte olan bazı Yönetmelikler aşağıda verilmektedir.

- Atık Yönetimi Yönetmeliği
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
- Atık Ön İşlem Ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
- Sıfır Atık Yönetmeliği

1.5.1.3 Atık İstatistikleri

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2019-2023 yılları arasında Atık İstatistikleri hakkında yapılan araştırmada ülkemizde yer alan imalat sanayi işyerleri, maden işletmeleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB) ve hane halkları da dâhil olmak üzere, 2022 yılında toplamda 109,2 milyon ton atık oluştuğu belirlenmiştir. Bu atıkların 29,4 milyon tonu tehlikeli atıklardan oluşmaktadır. Elde edilen bu veriler, Türkiye'deki endüstriyel faaliyetler ve evsel atık üretimi konusundaki genel tabloyu göstermekte olup, atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik politikalarının oluşturulmasına yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu araştırma kapsamında oluşturulan 2018, 2020 ve 2022 yıllarında oluşan atık miktarları detaylı bir şekilde Tablo 2’de gösterilmiştir (TÜİK, 2023).

Tablo 2. 2018-2022 yıllarında Türkiye’de toplanan atık miktarı

		Toplam	İmalat Sanayi İşyerleri	Termik Santraller	Maden İşletmeleri	Organize Sanayi Bölgeleri	Hane Halkı
Toplanan Atık Miktarı (ton)	2018	94.870.818	22.881.144	26.127.134	17.387.029	286.843	28.099.214
	2020	104.739.181	23.867.866	24.375.356	27.581.875	279.067	28.635.018
	2022	109.237.232	27.969.021	27.815.548	26.309.170	323.140	26.820.352
Tehlikeli Atık Miktarı (ton)	2018	15.078.573	3.677.320	13.805	11.176.581	111.733	12.218
	2020	30.770.088	4.597.274	10.012	26.044.730	116.720	1.352
	2022	29.380.898	5.439.883	10.512	23.794.881	127.268	8.354
Tehlikesiz Atık Miktarı (ton)	2018	79.792.245	19.203.824	26.113.329	6.210.448	175.110	28.086.996
	2020	73.969.093	19.270.593	24.365.343	1.537.144	162.347	28.633.665
	2022	79.856.334	22.529.139	27.805.036	2.514.289	195.872	26.811.998

Tablodan elde edilen verilere dayanarak, 2022 yılında toplanan atık miktarının 2018 ve 2020 yıllarına yılına kıyasla arttığı görülmektedir. Bu artış eğilimi, genel atık miktarındaki bir büyüme olarak ifade edilebilir. Bununla birlikte, dikkat çeken bir diğer nokta ise, 2020 yılında toplanan tehlikeli atık miktarında 2018 yılına göre artış gözlemlenirken 2022 yılında bir azalma olmasıdır. Ayrıca tehlikesiz atık miktarında 2020 yılında 2018 yılına göre azalma görülürken 2022 yılında tekrar bir artış görülmektedir. Bu durumun çeşitli nedenleri olabilir, örneğin çevresel düzenlemelerdeki değişiklikler, teknolojik gelişmeler veya endüstriyel faaliyetlerdeki değişimler gibi etkenler bu eğilimleri etkileyebilir.

Ayrıca TÜİK tarafından 2022 yılında yapılan araştırmada; imalat sanayi işyerlerinde oluşan toplam 28 milyon ton atığın 5,4 milyon tonu tehlikeli nitelikte olup, toplanan bu atıklardan;

- Toplam atık miktarının %63,2'sinin satıldığı veya lisanslı atık işleme tesislerine gönderildiği,
- %14,5'inin işyeri bünyesinde geri kazanılarak tekrar kullanıma kazandırıldığı.
- %13,5'inin düzenli depolama tesislerine gönderildiği, burada kontrollü bir şekilde depolandığı,
- %3,3'ünün işyerinin bulunduğu sahalarda depolandığı,
- %3,1'inin belediye veya organize sanayi bölgesi yönetimleri tarafından toplandığı ve uygun şekilde bertaraf edildiği,
- %2'sinin birlikte yakma veya yakma tesislerine gönderildiği,

- %0,3'ünün dolgu malzemesi olarak kullanıldığı veya doğaya yeniden kazandırıldığı,
- %0,1'inin ise diğer bertaraf yöntemleri ile bertaraf edildiği belirtilmiştir (TÜİK, 2022).

TÜİK tarafından 2018 yılında gerçekleştirilen bir diğer araştırmaya göre, belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,16 kg olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, 2020 yılında yapılan TÜİK araştırmasında bu değer 1,13 kg olarak hesaplanırken 2022 yılında da TÜİK tarafından yapılan araştırmada bu miktarın günlük ortalama olarak 1,03 kg olduğu belirlenmiştir. Bu veriler, zaman içindeki kişi başı atık miktarındaki azalış ivmesini göstermektedir. 2018'den 2022'ye kadar geçen dönemde, belediyelerde toplanan atık miktarında sürekli bir düşüş yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu durum, çevre bilinci ve atık yönetimi konularında yapılan farkındalık çalışmalarının ve çevresel politikaların etkili olduğunu düşündürülebilir. Ancak, atık yönetimi ve geri dönüşüm politikalarının daha da güçlendirilmesi ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu veriler, atık miktarının azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılması konularında daha fazla çaba sarf edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Belediye Kanunu ve Büyükşehir Belediyesi Kanunlarına göre, Türkiye'deki yerleşim yerlerinde belediye kurulması için nüfusun 5000 kişi ve üzerinde olması gerekmektedir. Bununla birlikte, nüfusu 750.000'den fazla olan illerin il belediyeleri, kanunlarla büyükşehir belediyesine dönüştürülebilir. TÜİK'in 2022 verilerine göre, Türkiye'de toplam 1391 belediye bulunmaktadır. Bu belediyelerin 1389'unda atık yönetimi hizmeti sunulduğu belirlenmiştir. Bu durum, belediyelerin büyük çoğunluğunun atık yönetimi konusunda hizmet verdiğini göstermektedir. Atık yönetimi hizmetlerinin sağlanması, çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından önemli bir adımdır. Bu veri, atık yönetimi alanında yerel yönetimlerin etkin rol oynadığını ve atık yönetimi politikalarının yaygınlaştırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Söz konusu belediyeler tarafından toplanan 30,3 milyon ton atığın yönetimi aşağıdaki oranlarda gerçekleşmiştir:

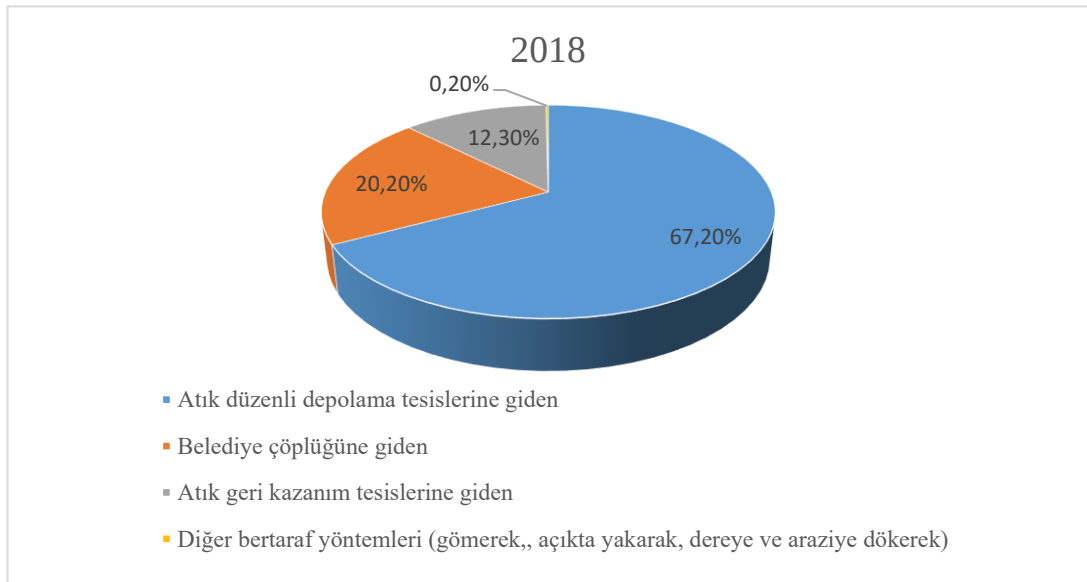
- Toplanan atıkların %85,9 kadarı atık işleme tesislerine yönlendirilmiştir.

- %13,5 kadarı belediye atık depolama alanlarına gönderilerek depolanmıştır.
- %0,6'sı ise gömülerek, açıkta yakılarak ve dereye veya araziye gelişigüzel dökülerek bertaraf edilmiştir.

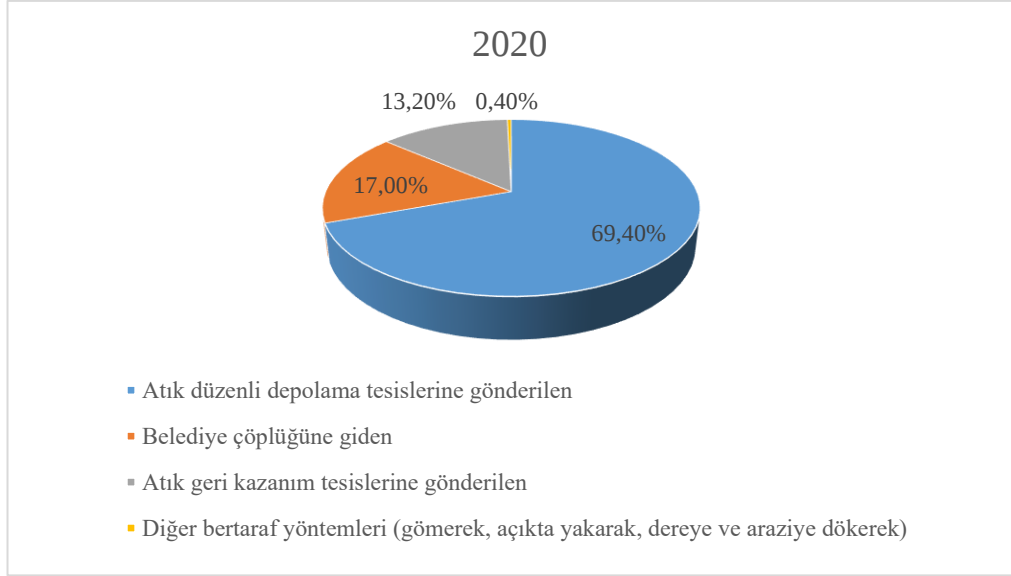
Ayrıca belediyeler tarafından faaliyette olan atıksu arıtma tesislerinde, kuru madde bazında 2020 yılında toplam 314 bin ton 2022 yılında ise 348 bin ton atıksu arıtma çamuru oluştuğu tespit edilmiştir (TÜİK, 2023).

Bu miktar, atıksu arıtma süreçlerinden kaynaklanan çamurun miktarını ifade etmektedir. Atıksu arıtma çamuru, atıksu arıtma tesislerinde gerçekleşen arıtma işlemleri sonucunda ortaya çıkan katı artıkları içerir. Bu çamurlar genellikle organik ve inorganik maddelerin karışımından oluşur ve uygun yöntemlerle bertaraf edilmelidir. Bu tür atık miktarlarının belirlenmesi, atıksu arıtma tesislerinin etkinliğini değerlendirmek ve çevresel etkileri minimize etmek amacıyla atık yönetimi stratejilerini planlamak için önemlidir.

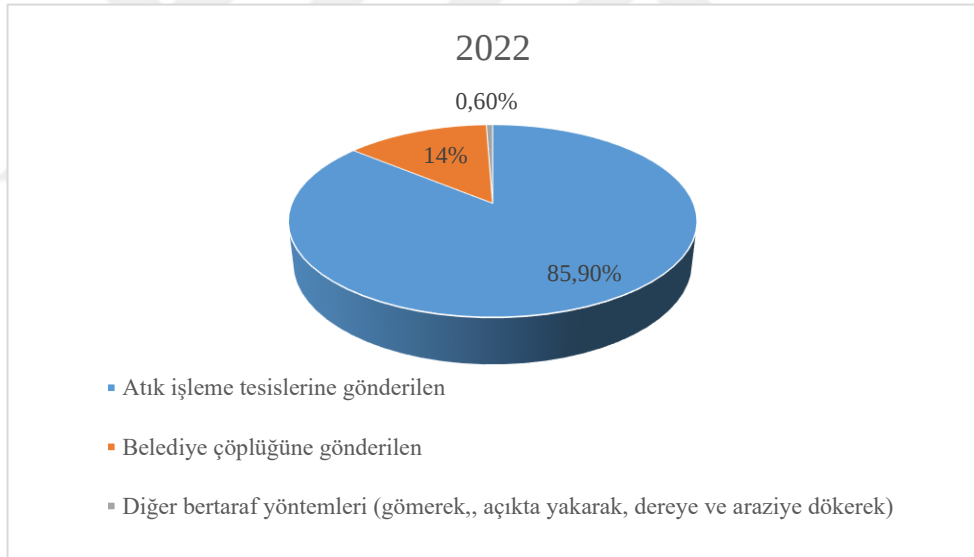
Ülkemizdeki belediyelerin atık yönetimine dair 2018, 2020 ve 2022 yıllarına ait yüzdesel oranlar, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 ve 2023 yıllarına ait veriler temel alınarak Şekil 2 - 4'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Belediyelere ait 2018 yılı atık yönetimi verileri



Şekil 3. Belediyelere ait 2020 yılı atık yönetimi verileri



Şekil 4. Belediyelere ait 2022 yılı atık yönetimi verileri

Grafiklerin incelenmesi sonucunda, 2018 yılında oluşan atıkların yaklaşık %70'i düzenli depolama tesislerine ve ortalama %12'si geri kazanım tesislerine yönlendirildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 2022 yılı itibariyle ülkemizde oluşan atıkların %80'den fazlasının atık işleme tesislerine yönlendirildiği görülmektedir. 2022 yılına ait belediyelerin atık yönetimi yüzdesel oranlarına göre, 2020 yılına kıyasla atık işleme tesislerine gönderilen atık miktarında bir artış yaşandığı, bu durumun ise belediye atık

depolama alanlarına gönderilen atık miktarında bir azalmaya neden olduğu gözlemlenmektedir.

2018 yılında çoğunlukla düzenli depolama tesislerine yönlendirilen atık miktarı dikkate çekmektedir. Bu durum, atıkların çoğunun hala basit bir şekilde bertaraf edildiğini ve geri dönüşüm veya diğer alternatif yöntemlere daha az odaklanıldığını göstermektedir. 2022 yılına gelindiğinde, 2020 yılına göre az da olsa atık yönetiminde bir değişiklik gözlemlenmektedir. Atık işleme tesislerine yönlendirilen atık miktarındaki artış, atıkların daha etkili bir şekilde işlendiğini ve bertaraf edildiğini işaret etmektedir. Bu, geri dönüşüm ve diğer atık azaltma stratejilerine daha fazla önem verilmesi veya daha etkili atık yönetim politikalarının uygulanmasıyla ilişkilendirilebilir.

2017-2023 yılları arasında TÜİK tarafından yapılan araştırma sonucunda elde edilen bir diğer verilere göre ülkemizdeki geri kazanım ve atık bertaraf tesislerine ilişkin veriler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Türkiye’de Atık bertaraf etme ve geri kazanım tesis bilgileri

Yıl		Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri	Atık Bertaraf Tesisleri	Düzenli Depolama Tesisleri	Yakma Tesisleri	Atık Geri Kazanım Tesisleri	Kompost Tesisleri	Beraber Yakma Tesisleri	Diğer Geri Kazanım Tesisleri
2014	Tesis Sayısı	985	117	113	4	868	4	39	825
	İşlenen Atık (ton)	61.048.878	41.324.637	41.281.755	42.882	19.724.241	94.019	532.343	19.097.879
2016	Tesis Sayısı	1.698	140	134	6	1.558	7	35	1.516
	İşlenen Atık (ton)	77.208.662	44.125.262	43.815.135	310.127	33.083.400	140.467	738.908	32.204.025
2018	Tesis Sayısı	2.223	166	159	7	2.057	8	40	2.009
	İşlenen Atık (ton)	104.452.603	56.372.769	55.878.883	493.885	48.079.834	138.054	1.069.360	46.872.420
2020	Tesis Sayısı	2.752	184	174	10	2.568	9	50	2.509
	İşlenen Atık (ton)	127.401.232	78.333.403	77.762.423	570.980	49.067.829	127.046	1.298.579	47.642.204
2022	Tesis Sayısı	3.136	200	191	9	2.936	11	59	2.866
	İşlenen Atık (ton)	133.183.175	81.446.031	80.996.500	449.532	51.737.143	120.096	3.154.270	48.462.778

Tabloya göre, geri kazanım ve bertaraf tesislerinde işlem görmüş olan toplam atık miktarı; 2014 yılında yaklaşık 61 milyon ton iken düzenli bir artış ivmesi göstererek bu miktar 2018 yılında yaklaşık 104 milyon ton, 2022 yılında ise yaklaşık 133 milyon ton olarak tespit edilmiştir. İşlem gören bu atıkların 2014 yılında ortalama 41 milyon tonu, 2018 yılında ortalama 56 milyon tonu ve 2022 yılında ise ortalama 81 milyon tonu bertaraf edilmiş, geri kazanılan miktar ise 2014 yılında ortalama 19 milyon ton iken 2018 yılında 48 milyon ton ve 2022 yılında ise 51,7 milyon ton olarak kaydedilmiştir.

Türkiye genelinde 2014 yılında 113 adet olarak kaydedilen düzenli depolama tesisi yıllara göre artış göstererek 2022 yılında 191 adet olarak tespit edilmiştir. Bu depolama tesislerinde toplamda 2014 yılında ortalama 41 milyon ton, 2018 yılında ortalama 55 milyon ton, 2022 yılında ise ortalama 80 milyon ton atık bertaraf edilmiş olup bertaraf miktarındaki artış göze çarpmaktadır. Ayrıca ülkemizde 2014 yılında 39 adet yakma tesisinde ortalama 532 bin ton atık yakılarak bertaraf edilirken 2016 yılında azalma görülen 35 adet yakma tesisinde 738 bin ton atık yakılarak bertaraf edilmiştir. 2018 yılında sayısı tekrar artan 40 adet yakma tesisi aracılığıyla 1,1 milyon ton atık yakılarak bertaraf edilmiştir. Yakma tesislerindeki artışla birlikte, 2020 yılında 50 adet yakma tesisi tarafından 1,3 milyon ton atık yakılmıştır. Bu artış eğilimi devam ederek, 2022 yılında ise 59 adet yakma tesisi vasıtasıyla 3,2 milyon ton atık yakılarak bertaraf edilmiştir.

TÜİK tarafından 2021 ve 2023 yıllarında maden işletmelerinin atık istatistiklerini içeren bir araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmaya göre elde edilen veriler Tablo 4'de gösterilmiştir. Tabloya bakıldığında 2020 yılında, 2018 yılına kıyasla toplam maden atığında bir artış gözlemlenirken, 2022 yılında bu miktarın tekrar azaldığı görülmektedir.

Tablo 4. Maden işletmeleri atık göstergeleri

Yıl	Toplam Atık Miktarı	Toplam Tehlikeli Atık Miktarı	Tehlikeli Mineral Atık Miktarı	Toplam Tehlikesiz Atık Miktarı	Tehlikesiz Mineral Atık Miktarı	Dekapaj Malzemesi/Pasa Miktarı
2018	812.098.193	11.176.581	11.164.125	800.921.612	800.373.504	794.711.164
2020	896.448.878	26.044.730	26.036.285	870.404.147	870.371.313	868.867.003
2022	860.563.173	23.794.881	23.787.879	836.768.292	836.687.187	834.254.003

Son dönemlerde, çevresel sorunlarla ilişkilendirilen zararlı kirletici madde salımlarının azaltılması için önemli çözüm stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejilerden biri, biyokütle kaynaklarından enerji üretimidir. Türkiye, tarım potansiyeli yüksek bir ülke olması sebebiyle, tarımsal biyokütle, enerji üretimi açısından özel bir konudur. Kullanılan hammadde ve uygulanan dönüşüm teknolojilerine bağlı olarak, biyokütleden; biyoetanol/metanol, biyodizel, biyogaz, biyoyağ, briket, pelet ve biyokömür gibi katı, sıvı ve gaz halinde biyoyakıt üretilebilir (Küsek ve ark., 2015).

Biyokütle, bitkilerin, ağaçların ve tarım ürünlerinin oluşturduğu organik maddelerin genel bir tanımıdır. Bu organik maddeler, fotosentez yoluyla güneş enerjisinin toplandığı ve depolandığı ortamlardan gelmektedir. Biyokütle, enerji üretiminde kullanılan bir kaynak olarak değerlendirilir. Biyokütleye örnek olarak odun veya odun atıkları, hayvansal atıklar, gıda üretimi aşamalarında meydana gelen atıklar, su bitkileri, yosunlar ve özellikle enerji üretiminde kullanılması amacıyla üretilen ve hızlı büyüyen ağaç türleri (örneğin kavak, söğüt, kıızılağaç, vb.) ve enerji bitkileri gösterilebilir (Saraçoğlu, 2008).

Ülkemizin tarımsal açıdan zengin bir coğrafyaya sahip olduğu bilinmektedir. Bu doğal avantaj, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde çeşitli biyoatıkların oluşmasına neden olmaktadır. Biyoatık miktarları, tarımsal etkinliklerin yoğunluğuna ve çeşitliliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu durum, biyoatıkların enerji üretiminde değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Özellikle, tarımsal atıkların yönetimi ve enerjiye dönüştürülmesi, çevresel sürdürülebilirliği artırmanın yanı sıra, yerel ekonomilere de katkı sağlayabilir.

Bu kapsamda ülkemizde üretimi yapılan tarımsal ürünlere ait biyoatıkların bölgesel dağılımı Tablo 5'de verilmiştir (Acar, 2015).

Tablo belirli tarım ürünlerinden kaynaklanan atıkların bölgesel bazda farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bazı bölgelerde, belirli tarım ürünlerinin atık miktarlarının yüksek olduğu gözlemlenirken, diğer bölgelerde ise bu atıkların daha az hatta hiç oluşmadığı belirlenmektedir. Bu durum, tarım faaliyetlerinin bölgesel özellikler, iklim koşulları, tarım uygulamaları ve üretim çeşitliliği gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini işaret etmektedir. Bu farklılıkların belirlenmesi,

atık yönetimi stratejilerinin ve politikalarının belirlenmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 5. Bölgelere göre oluşan biyoatıklar

	Mısır	Pamuk	Ş.Pancar	Fındık	Buğday	Ayçiçeği	Çeltik	Zeytin
	(ton)							
Karadeniz	478.524	0	65.756	246.932	1.627.379	187.999	21.240	1.338
Marmara	618.563	21.302	28.084	50.443	3.019.961	3.996.212	96.156	165.836
Ege	701.419	791.523	18.380	5	1.750.555	321.126	160	513.720
Akdeniz	2.185.616	699.009	28.756	168	2.693.664	462.556	1.134	162.008
İç Anadolu	135.259	70	361.254	0	6.670.795	813.375	18.500	2.437
Güneydoğu Anadolu	428.450	1.671.485	1.927	1	2.928.852	29.956	1.784	34.397
Doğu Anadolu	25.368	991	50.545	177	1.468.188	41.758	226	0

Ülkemizde bulunan bazı tarım ürünlerinin üretim miktarları ve bu ürünlerin üretiminden kaynaklanan tahmini atık miktarları Tablo 6’da gösterilmektedir (Acar, 2015).

Tablo 6. Ülkemizde üretilen bazı tarım ürünlerinin üretim ve tahmini atık miktarı

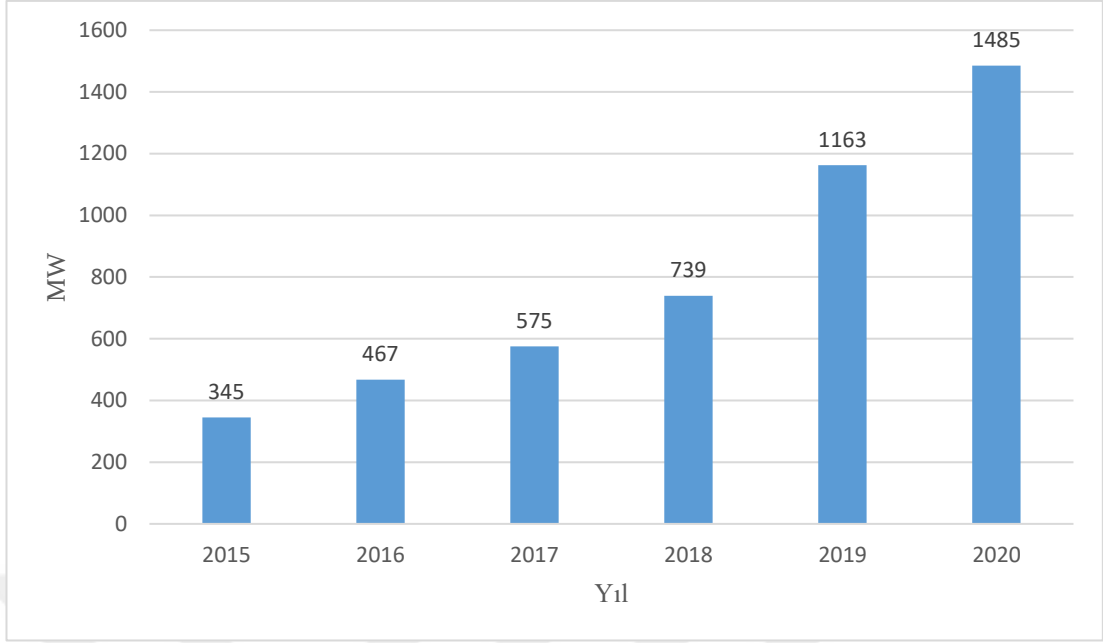
Ürün	Ekim Alanı (Ha)	Üretim (ton)	Atık Miktarı (ton) (tahmin)
Fındık Zurufu	337.498.943	661.614	297.726
Çay Tozu	761.360	1.121.206	50.000
Kolza Sapı	312.496	106.450	212.900
Buğday Sapı	85.738.019	20.159.394	20.159.394
Çeltik	990.433	696.000	139.200
Ayçiçeği	5.852.982	1.118.000	5.852.982
Mısır Sapı	5.282.838	3.811.000	4.573.200

Tablo 6 incelendiğinde, bazı tarım ürünlerinin üretim miktarlarına kıyasla atık miktarlarının daha az olduğu, ancak diğer bazı ürünlerin atık miktarlarının üretim miktarlarından daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu farklılıkların çeşitli sebepleri olabilir. Örneğin, ürünlerin cinsi, gövde yapısı ve kabuk yapısı gibi fiziksel özellikleri bu farklılıkları etkileyebilir. Daha açık bir ifadeyle, bir üründen elde edilen son ürün, genellikle ürünü saran kabuk ve gövde yapısından daha küçük boyutta olabilir, bu da atıkların daha fazla olmasına neden olabilir. Bu durum, tarım atıklarının ürün özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini göstermektedir.

1.5.1.4 Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Durumu

Ülkemizde 2001 yılında 19 milyon ton buğday, 7,5 milyon ton arpa, 2,2 milyon ton mısır, 650 bin ton ayçiçeği, 2.357.892 ton kütlü pamuk ve 12.632.522 ton şeker pancarı üretimi gerçekleştirilmiştir. 2018 yılına gelindiğinde, bu miktarlar sırasıyla 20 milyon ton buğday, 7 milyon ton arpa, 5,7 milyon ton mısır, 1.949.229 ton ayçiçeği, 2.570.000 ton kütlü pamuk ve 17.436.100 ton şeker pancarı olarak kaydedilmiştir. 2020 yılında ise buğday üretimi 20,5 milyon tona, arpa 8,3 milyon tona, mısır 6,5 milyon tona, ayçiçeği 2.067.004 tona, kütlü pamuk 1.773.646 tona ve şeker pancarı üretimi 23.025.738 tona yükselmiştir. Türkiye’nin 2018 yılında toplam enerji üretimi 303.000 GWh olarak tespit edilmiştir. Bu tarımsal ürünlerin toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı ise 2018 yılında %22 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, 2001 yılında 28.332 MW olan kurulu güç, 2020 yılı itibarıyla 95.891 MW’a; 2001 yılında 122.725 GWh olan elektrik üretimi ise 2020’de 305.458 GWh’e yükselmiştir (SERKA, 2022).

2019 yılında Türkiye’nin toplam birincil enerji arzı 144,4 milyon TEP olarak kaydedilmiştir. Bu enerji arzında en büyük payı %29 ile kömür alırken, onu %28,7 ile petrol ve %25,7 ile doğal gaz takip etmiştir. 2019 yılı itibarıyla fosil yakıtların enerji arzındaki toplam payı %83,5 olarak gerçekleşmiştir. Kişi başına düşen enerji arzı ise 1,75 TEP düzeyindedir. Bu kapsamda Türkiye’de yıllara göre lisanslı biyokütle kurulu gücü Şekil 5’de gösterilmiştir(SERKA, 2022).



Şekil 5. Türkiye’de Lisanslı Biyokütle Kurulu Gücünün (MW) Yıllara Göre Dağılışı

1.6 Artvin İline Ait Genel Bilgiler

Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan ve 2022 TÜİK verilerine göre nüfusu 169.543 olan Artvin İlının, Merkez İlçesi dışında Yusufeli, Ardanuç, Şavşat, Borçka, Murgul, Hopa, Kemalpaşa ve Arhavi olmak üzere toplamda 8 adet ilçesi bulunmaktadır. İl ve İlçelerinde genel olarak tarım ve hayvancılık ön plana çıkmaktadır. Ekonomik getirisi az olan bir şehir olması sebebiyle sürekli göç vermektedir.

1.6.1 Coğrafi Konum

Artvin İli, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan bir il olup 7.436 km²'lik bir yüzölçümüne sahiptir. Doğal zenginlikleri, ormanları ve dağlarıyla ünlüdür. Batısında Rize, Doğusunda Ardahan, Güneyinde Erzurum ile komşu olan bu il, aynı zamanda Kuzeyinde Gürcistan ile sınır paylaşmaktadır. Kuzey batısında ise Karadeniz kıyısı bulunmaktadır, kıyı uzunluğu ise 34 km'dir. Bu coğrafi konum, Artvin'in çeşitli doğal ve kültürel özelliklere ev sahipliği yapmasına olanak tanımaktadır (Artvin ÇDR, 2022).

1.6.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Merkez İlçesi ile birlikte toplamda 9 adet ilçesi bulunan Artvin İlinin iklim tipi değişkenlik göstermektedir. Kıyı kesiminde genel olarak tipik her mevsim yağışlı geçen Karadeniz İklimi görülmektedir. Ardanuç ve Yusufeli İlçelerinde kısmen Karasal iklime ek olarak Akdeniz iklimi de etkisini göstermektedir. Hatta bu alanın bir kısmında iklim Akdeniz iklimine çok benzemektedir (Artvin ÇDR, 2022).

En çok yağış alan mevsim kış, en kurak geçen mevsim ise yazdır. Artvin İli, doğal yapısı gereği endemik bitki topluluklarına ev sahipliği yapan bir bölgedir. İl, ılıman bir iklimle ve düzenli yağış rejimiyle karakterize edilmiştir. Bu özellikler, özellikle Karadeniz bitki topluluğunu etkilemiş olup, bütün Karadeniz Bölgesi'nde olduğu gibi hakim bitki örtüsü ormanlardır (Aras, 2016).

1.6.3 Ekonomik Durum

Artvin ekonomisine sanayi sektörünün katkısı oldukça sınırlıdır. İl genelinde faaliyet gösteren sanayi işletmeleri, özellikle gıda, maden ve orman ürünleri alanında, ilin doğal kaynak potansiyelini değerlendirmeye yönelik faaliyet göstermektedir. Bu işletmeler genellikle küçük ve orta ölçekli olup, sanayi sektöründeki ağırlıklı yapısıyla dikkat çekmektedir. Artvin'de Organize Sanayi Bölgesi bulunmamaktadır; ancak Merkezde ve bazı ilçelerde Küçük Sanayi Siteleri faaliyet göstermektedir. Bu siteler, sanayi işletmelerine bir araya gelme ve iş yapma imkânı sunarak, bölgedeki sanayi faaliyetlerine bir düzen getirmektedir. Ancak, genel olarak bakıldığında, Artvin'in sanayi sektörü küçük ölçekli işletmelerin hâkimiyetinde olduğu için ekonomik kalkınma açısından sınırlı bir etki yaratmaktadır (Artvin ÇDR, 2022).

Ayrıca Artvin'de geleneksel tarım uygulanmaktadır ve makineli tarımın neredeyse hiç bulunmamaktadır. Tarımsal işletmeler genellikle küçük aile tipi işletmelerden oluşmaktadır, bu da gübre ve zirai ilaç kullanımının çok sınırlı olduğu anlamına gelmektedir. Özellikle bölgede bulunan Çoruh Vadisi boyunca kurulan ve özellikle Yusufeli ilçesinde artan örtü altı sebze yetiştiriciliğinde, patlıcan, domates, kavun, marul, ıspanak ve maydanoz gibi birçok ürün başarıyla üretilmektedir (Aras, 2016).

Artvin ilinin şehirleşme oranı bakılırsa, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ve sanayi iş kollarında çalışan insanların toplam istihdama oranı Türkiye ortalamalarının altında bulunmaktadır. Ayrıca, tarım sektöründe çalışan insanların toplam istihdama oranı Türkiye ortalamasının üzerindedir (Aras, 2016).

1.6.4 Nüfus

Ekonomik ve coğrafi şartlardan dolayı sürekli göç veren Artvin ilinde nüfus artış hızı oldukça düşüktür. 2024 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2022 yılında 169,540 olan Artvin ilinin nüfusu, 2023 yılında artarak 172,356'ya ulaşmıştır. Bu durumda, nüfus artış hızı %17,3 olarak belirlenmiştir. Bu artış eğilimi, kentte oluşacak atık miktarında bir artış yaşanmasını beklenir hale getirmektedir.

Artvin ili merkez ve diğer ilçeler ile belde ve köylere ait 2023 yılı nüfusları ve nüfus artış hızları, Tablo 7'de sunulmuştur (TÜİK 2024).

Tablo 7. Artvin ili il ve ilçe merkez nüfusları ile belde ve köy nüfusları

	Toplam	İl ve İlçe Merkezleri	Belde ve Köyler	Yıllık Nüfus Artış Hızı
Artvin	172.356	104.669	67.687	17,3
Merkez	35.929	25.785	10.144	-5,7
Ardanuç	11.157	5.217	5.940	7,5
Arhavi	21.746	16.539	5.207	10,4
Borçka	24.622	10.986	13.636	124,1
Hopa	27.176	22.506	4.670	-38,1
Kemalpaşa	9.688	6.615	3.073	78,8
Murgul	6.319	3.854	2.465	-0,9
Şavşat	16.917	5.975	10.942	21,1
Yusufeli	18.802	7.192	11.610	-2,8

Tablo verilerinde yer alan nüfus artış hızlarına göre, Artvin ili merkez nüfusunda azalma olduğu, ancak ilin toplam nüfusundaki artışın bazı ilçelerde görülen aşırı nüfus artışından kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Örneğin, Borçka ve Kemalpaşa ilçelerinde nüfus artış hızlarının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

1.7 Literatür Çalışması

Yapılan çalışmada evsel katı atıklar, hayvansal atıklar, tarımsal atıklar ve orman atıkları kapsamında literatür çalışması yapılmış ve bir çok araştırma incelenerek değerlendirilmiştir. Bu kapsamda değerlendirilen ve faydalanılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- Gülşen ve ark. (2022), tarafından yapılan “Adıyaman İlinin Katı Atıkların Elektrik Potansiyelinin Belirlenmesi” konulu araştırma makalesinde, Adıyaman ilindeki katı atıkların elektrik enerjisi potansiyelinin belirlenmiştir.
- Yılmaz (2019), tarafından yapılan “Balıkesir İli Evsel Katı Atıklarının Bertarafında Uygun Termal Yöntemin Seçilmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında, Balıkesir ilinde evsel nitelikli katı atıklara uygulanabilirliği öngörülen termal bertaraf yöntemlerinden yakma, piroliz ve gazifikasyon sistemleri incelenmiş ve termal bertaraf yöntemi olarak yakma sisteminin daha uygun olduğu belirlenmiştir.
- Yıldız ve ark. (2009), tarafından yapılan “Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi” konulu çalışmada; İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından kurulacak olan biyometanizasyon tesisinde, organik atık üreten endüstriyel tesislerden ve sebze-meyve hallerinden toplanan organik atıkların bertaraf edilerek biyogaz elde edilmesi incelenmiştir.
- Şenol ve ark. (2017), tarafından yapılan “Biyogaz Üretimi İçin Ankara’nın Başlıca Organik Atık Kaynakları” konulu araştırma makalesinde; Ankara ilinin hayvansal atıklar, mutfak atıkları, atık su arıtma tesisi atıkları ve tarımsal atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerji değeri belirlenmiştir.
- Ardahan Belediyesi tarafından 2013 yılında yaptırılan “Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Araştırılmasına Yönelik Fizibilite Çalışması” konulu fizibilite raporunda; Ardahan ilindeki hayvansal atıklardan (büyükbaş ve küçükbaş ve kümes) ve tarımsal atıklardan elde edilebilecek biyogaz ve enerji potansiyeli incelenerek yapılacak olan yatırımların uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.
- Demir (2017), tarafından yapılan “Kars İlinin Biyokütle Enerji Potansiyeli ve Kullanılabilirliği” konulu araştırma makalesinde; Kars ilinde biyokütle enerjisi potansiyelini oluşturan kaynakların tespiti ve bu kaynakların biyoenerji potansiyelinin belirlenmesi konusunda incelemeler yapılmıştır.
- Mert ve Gökçek (2023), tarafından yapılan “Niğde İlinin Hayvansal ve Tarımsal Atık Miktarlarının ve Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi” konulu araştırma makalesinde; Niğde ilindeki hayvansal ve bazı tarımsal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyelleri belirlenmiştir.

- Karayılmazlar ve ark. (2011), tarafından yapılan “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi” konulu çalışmada; biyokütle yetiştiriciliğinin potansiyeli ve öneminden bahsedilerek biyokütlenin enerji üretiminde kullanılması değerlendirilmiştir.
- Demirel ve Gürdil (2017), tarafından yapılan “Fındık Zurufu Atığından Yakıt Briketi Elde Edilmesi ve Brikete Ait Bazı Özelliklerin Belirlenmesi” konulu araştırma makalesinde; Samsun ilinde açığa çıkan fındık zurufu atığının yakıt briketi olarak kullanılmasıyla ilgili bazı teorik bilgiler elde edilmiştir.
- Dok (2014), tarafından yapılan “Karadeniz Bölgesinin Tarımsal Atık Potansiyeli ve Bunlardan Pelet Yakıt Olarak Yararlanılması” konulu çalışmada; Karadeniz bölgesinde oluşan tarımsal atıkların pelet yakıtı olarak kullanılması konusunda potansiyeli incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmalarda kentsel katı atıkların enerji potansiyeli konusunda gerek genel araştırmalar gerekse de il bazında yapılan çalışmalar yer almaktadır. Bu araştırmalar yapılan çalışmalarda referans olarak kullanılmış ve bu konuda Artvin ili için daha önce literatürde benzer bir çalışma yapılmamıştır.

2 MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Artvin ili için gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında kullanılan veriler; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının internet sitesinde yer alan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) duyuruları bağlantısından (URL-4), Çevre İzin ve Lisans Belge Sorgulama bağlantısından (URL-5), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve web sitesinde yayınlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası'ndan (URL-7), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından gerçekleştirilen araştırmalardan, Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü ve bu müdürlük tarafından hazırlanan kaynaklardan ve birçok akademik yayınlardan elde edilmiştir.

Tez kapsamında elde edilen veriler, metin, tablo ve grafikler şeklinde ilgili başlıklar altında detaylı bir biçimde gösterilmiştir. Araştırma, Artvin ilinde potansiyel olarak ortaya çıkabilecek çeşitli türdeki kentsel katı atıkların detaylı bir şekilde incelenmesini içermiştir. Öncelikle bu atıkların Artvin ilinde ne şekilde bertaraf edildiği araştırılmıştır. Bu inceleme sürecinde, atıklar arasından özellikle enerji üretimine yönelik potansiyeli olanlar öncelikli olarak belirlenmiş ve ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Ayrıca, Artvin ilinde mevcut durumda bulunan kentsel katı atık bertaraf yöntemleri, geri dönüşüm tesisleri ve enerji üretim tesislerinin türleri ve işlevleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çerçevede, hangi atıkların hangi bertaraf yöntemlerine tabi tutulduğu, hangi atıkların geri dönüşüm tesislerine yönlendirildiği ve hangi atıkların enerji üretim tesislerinde işlendiği açıklanmıştır. Bu analiz, Artvin ilinin kentsel atık yönetimi sürecini anlamak ve bu atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyelini değerlendirmek için önemli bir katkı sağlamaktadır.

2.1 Artvin İlinde Evsel Katı Atıklar

Artvin'de katı atık yönetimi, il ve ilçe merkezlerinde Belediyelerin sorumluluğunda olup kırsal bölgelerde ise bu yönetim İl Özel İdareleri tarafından yürütülmektedir. İlin topografik yapısının dağlık ve yağışlı olması, sürecin etkin bir şekilde uygulanmasını

zorlaştırmaktadır. Genel olarak, geri dönüşüm altyapısı il genelinde yetersiz olup, ayrıca bilinçli atık ayrıştırma alışkanlıkları istenilen düzeyde değildir. Artvin ili ve ilçelerinde katı atık düzenli depolama sahaları bulunmamakla birlikte Belediye ve İl Özel İdaresi tarafından katı atıklar toplanarak vahşi depolama yapılmaktadır.

Artvin ilinde evsel katı atık yönetimi, uzun yıllardır devam eden bir sorundur. Evsel atıklar, mevcut sistem planı içinde ayrı bir değerlendirme yapılmaksızın diğer atıklarla beraber bertaraf edilmektedir. Buna ek olarak, İlde katı atık düzenli depolama tesisi bulunmamaktadır. Atıklar, 2015 yılına kadar Şekil 6'da gösterilen İlin, Merkez ilçesi içinde bulunan İskebe Deresi yatağında depolanmaktaydı. Ancak, 2015 yılından itibaren evsel atıklar, Artvin-Ardanuç Karayolu üzerinde İlin merkezine yaklaşık 17 kilometre uzaklıkta bulunan Varyant adıyla adlandırılan mevkide yine vahşi olarak depolanarak bertaraf edilmektedir (Uçar, 2022).



Şekil 6. Artvin İli, Merkez İlçesi eski vahşi depolama alanı

İskebe Deresi üzerinde bulunan eski katı atık depolama alanı, Belediye tarafından hafriyat atığı döküm alanı olarak belirlenmiştir. İl merkezi sınırlarında oluşan hafriyat

atıkları bu alanda depolanmış ve atıkların üzeri kapatılmıştır. Söz konusu alanın 2024 yılına ait güncel durumu Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Artvin İli eski katı atık depolama alanının 2024 yılı görünümü

Artvin-Ardanuç Karayolu üzerindeki yeni katı atık depolama alanı, Şekil 8 ve 9’da gösterilmiştir. Bu alanda, il genelinde toplanan evsel katı atıklar biriktirilerek, üstleri hafriyat malzemesi ile kapatılmaktadır. Ancak, bu alanda sık sık yangınlar meydana gelmektedir. Yangınlar hem çevre kirliliğine yol açmakta hem de çevredeki ekosistem ve insan sağlığına zarar verebilmektedir. Bu durum, katı atık depolama alanının yönetiminde ve atık yönetimi politikalarının gözden geçirilmesinde acil bir ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Evsel katı atıkların toplandığı bu alanın uydu görüntüsü Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 8. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı



Şekil 9. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı



Şekil 10. Artvin İli, Merkez İlçesi yeni vahşi depolama alanı uydu görüntüsü

Evsel katı atık depolama alanı; uydu görüntüsünde de görüldüğü üzere Artvin Merkez İlçesi sınırlarında bulunan ve Türkiye'nin Yusufeli Barajı'ndan sonra en derin ikinci barajı olma özelliğine sahip olan Deriner Barajı'na kuş uçuşu yaklaşık 2 km uzaklıkta yer almaktadır. Bu alanın Deriner Barajı'na yakınlığı, çevresel açıdan önemli endişeleri beraberinde getirmektedir. Bu alanın baraj gölünün üzerinde bulunması da katı atık depolama alanının çevreye potansiyel olarak ciddi zararlar verebileceği anlamına gelmektedir. Bu durum, su kirliliği, habitat tahribatı ve ekosistem dengesizlikleri gibi çeşitli çevresel sorunlara neden olabilir. Ayrıca, katı atık depolama alanının yakınlığı, barajın su kalitesini ve bölgedeki su kaynaklarının sağlığını da olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, katı atık depolama alanının Deriner Barajı'na olan yakınlığının dikkatle değerlendirilerek, yeni bir düzenli depolama sahası arayışına girilmesi ve çevre koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu durum, bölgedeki çevresel hassasiyetlerin ve su kaynaklarının korunması açısından hayati öneme sahiptir.

2017 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hayata geçirilen Sıfır Atık projesi, Artvin ilinde de uygulama sürecine dâhil edilmiş ancak

tam manasıyla hayata geçirilememiştir. Bu durumun temel sebeplerinden biri, ilin merkez ve ilçelerinde halen katı atık düzenli depolama sahaları ile bertaraf tesislerinin oluşturulmamış olmasıdır. Bu eksiklikler, atık yönetimi alanındaki altyapı zafiyeti nedeniyle Sıfır Atık projesinin etkili bir şekilde uygulanmasını engellemekte ve il genelinde atık yönetimi konusunda ciddi zorluklara neden olmaktadır. Bu bağlamda, proje kapsamında yapılan çalışmaların tam anlamıyla somut sonuçlar doğurabilmesi için altyapı eksikliklerinin giderilmesi ve ilgili tesislerin kurulması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden Artvin ilinin gelecek hedefleri arasında, atık yönetimi altyapısının güçlendirilmesi, kırsal bölgelerdeki atık toplama sistemlerinin iyileştirilmesi ve yerel halkın bu konudaki katılımının artırılması bulunmalıdır. Ayrıca ilin doğal güzellikleri ile öne çıkan bir bölge olmasının yanı sıra, katı atık yönetiminde de sürdürülebilir çözümler üretmeye odaklanmalıdır. Kamu Kurumları, Belediyeler, yerel halk ve özel sektör işbirliği ile il genelinde etkili bir katı atık yönetim sistemi oluşturulmalıdır.

Artvin ilindeki evsel katı atık sorununu çözmek adına, Artvin il merkezi ve ilçe belediyeleri, Çoruh Havzası Kalkınma Birliği Başkanlığı (ÇOKAB) üyeliğine katılmıştır. ÇOKAB tarafından Erzurum ilinin Oltu ilçesinde planlanan katı atık bertaraf tesisi faaliyete geçtiğinde, İlde oluşan tüm evsel katı atıkların bu tesise yönlendirilmesi düşünülmektedir. Bu kapsamda planlanan tesisin ÇED Yönetmeliği kapsamında değerlendirmesi Erzurum Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü tarafından yürütülerek söz konusu proje için ÇED Gereklidir Kararı alınmıştır. Bu kararın ardından, projenin kapasitesi artırılarak Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından ÇED süreci başlatılmış ve projeye ilişkin sunulan Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu, Bakanlık tarafından incelenmiş ve 24.04.2017 tarihli ve 4599 Karar Numarası ile "ÇED Olumlu Kararı" verilmiştir. Ancak, alınan "ÇED Olumlu Kararı" na karşı dava açılmış ve dava süreci devam etmekte olup bu nedenle proje henüz uygulanamamıştır (Uçar, 2022).

Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünden elde edilen bilgilere göre, İl'de Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamında bir adet Çevre Lisansı alınmış Ambalaj Atığı Toplama Ayırma Tesisi bulunmaktadır.

Ayrıca, Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği kapsamında iki adet tesis için İl Müdürlüğüne 5 yıl geçerli Tehlikesiz Atık Toplama Ayırma Belgesi düzenlenmiştir. Ancak, 09.10.2021 tarihinde yayımlanan Atık Ön İşlem ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ile birlikte bu tebliğ yürürlükten kaldırılmıştır. Bu çerçevede, belge sahiplerine belge sürelerinin sonuna kadar faaliyetlerine devam etmeleri ve süre sonunda Yönetmelik kapsamında çevre lisansı almaları gerektiği belirtilmiştir (URL-6).

İl’de Atık İşleme Tesisleri olarak belgelendirilmiş bu tesisler Tablo 8’de gösterilmektedir (AÇŞİDİM, 2024).

Tablo 8. Artvin İlinde bulunan atık işleme tesisleri

Tesis Sahibi	Tesis Belge Türü	Bulunduğu Yer	Belge Tarihi
Seyhan AYKAÇ (Özniğdeliler Geri Dönüşüm)	Ambalaj Atığı Toplama Ayırma Çevre İzin ve Lisans Belgesi	Hopa/ARTVİN	23.06.2021
Salih ABDULLAH	Tehlikesiz Atık Toplama Ayırma Belgesi	Arhavi/ARTVİN	02.09.2021
Seçkin Geri Dönüşüm İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Tehlikesiz Atık Toplama Ayırma Belgesi	Merkez/ARTVİN	08.09.2021

Mevzuat hükümlerine göre 5 yıl geçerliliği olan söz konusu belgelerin tarihleri incelendiğinde, bu belgelerin yakın bir zamanda süresinin sona ereceği anlaşılmaktadır. Bu durum, Artvin ilinde yeni atık işleme tesislerinin kurulmasının ve atık yönetiminin daha etkin bir şekilde sağlanmasının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, tüm ilçelere atık işleme tesislerinin kurulması için belediyeler tarafından gerekli işlemlerin hızlandırılması gerekmektedir.

Bu adımlar, hem çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması hem de mevzuata uygunluk açısından büyük önem taşımaktadır. Atık yönetiminde etkin bir sistemin oluşturulması, sadece çevre kirliliğini azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda yerel ekonomiye ve halk sağlığına da olumlu katkılar sağlayacaktır. Bu nedenle, atık işleme tesislerinin kurulumu ve mevcut altyapının iyileştirilmesi hususunda belediyelerin hızlı ve kararlı adımlar atmaları gerekmektedir.

2022 TÜİK verilerine göre belediyeler tarafından toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,03 kg olarak hesaplanmıştır. Artvin iline ait yıllara göre atık yönetimi istatistikleri Tablo 9’da verilmiştir (TÜİK, 2010-2022).

Tablo 9. Artvin İli yıllara göre atık yönetimi istatistikleri

Yıl	Atık hizmeti veren toplam belediye sayısı	Toplanan atık miktarı (ton)	Belediye atık depolama alanına gönderilen		Atık işleme tesislerine gönderilen		Kişi başı toplanan günlük ortalama atık miktarı (kg)
			Belediye Sayısı	Atık Miktarı (ton)	Belediye Sayısı	Atık Miktarı (ton)	
2010	12	31.052	12	31.052	-	-	1,14
2012	12	32.232	12	32.232	-	-	1,12
2014	9	37.501	9	37.501	-	-	1,08
2016	9	43.184	9	42.184	2	1.000	1,17
2018	9	45.102	9	43.950	3	1.152	1,16
2020	9	58.062	9	56.630	4	1.432	1,13
2022	9	61.276	9	59.595	5	1.681	1,03

Tabloya göre, İl’de toplanan atık miktarında düzenli bir artış gözlenmektedir. 2022 yılında 61.276 ton atık toplandığı belirlenmiştir. Ancak, İl’de bu atıkların bertarafı için uygun bir düzenli depolama tesisi bulunmamaktadır. Bu durum, ilerleyen yıllarda İl’de ciddi çevresel ve sağlık sorunlarına neden olabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu sorunu çözmek için acil olarak İl merkezi ve ilçeleri kapsayacak şekilde entegre bir atık yönetim sisteminin kurulması ve uygun bertaraf tekniklerinin belirlenerek uygulanması gerekmektedir.

Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye geneli bütün İlleri kapsayacak şekilde enerji üretim potansiyeli olabilecek atıklar araştırılarak “Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası” hazırlanmış ve web sitesi üzerinden halkın kullanımına açılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda tespit edilen Artvin İlinde oluşan belediye atık miktarı Tablo 10’da verilmiştir (URL-7).

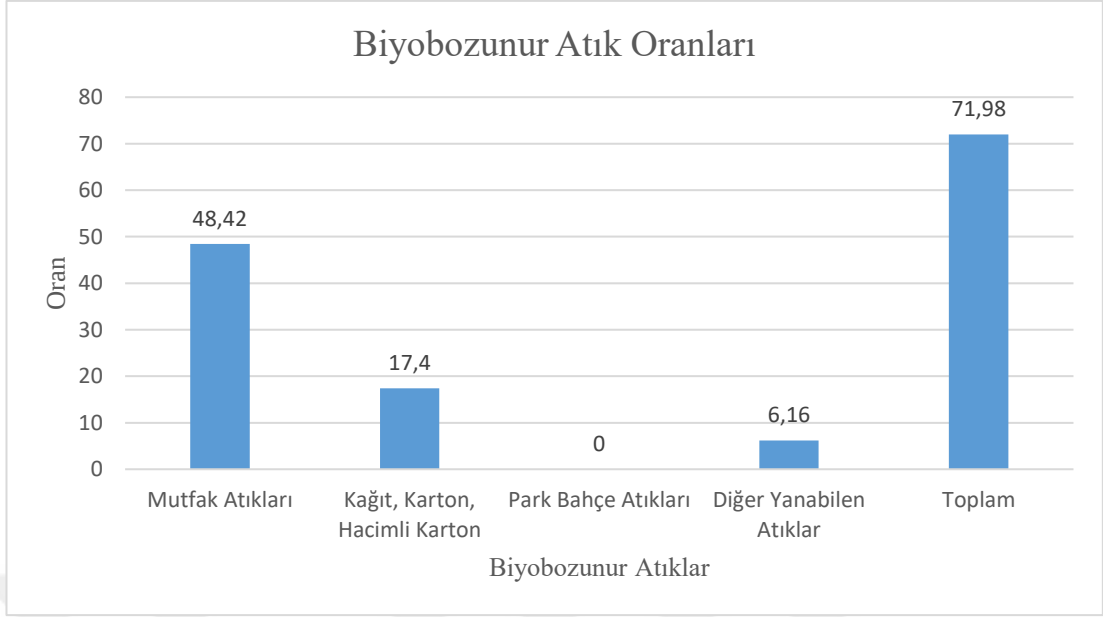
Tablo 10. Artvin ili belediye atıkları miktarı

Belediye Atık Miktarı (ton/yıl)				Biyometanizasyona Uygun Olanlar	Yakmaya uygun olanlar	Toplam
				25.723,03	31.439,26	57.162,29
Belediye (TEP/yıl)	Atıkları	Enerji	Eşdeğeri	829,57	4.402,29	5.231,86

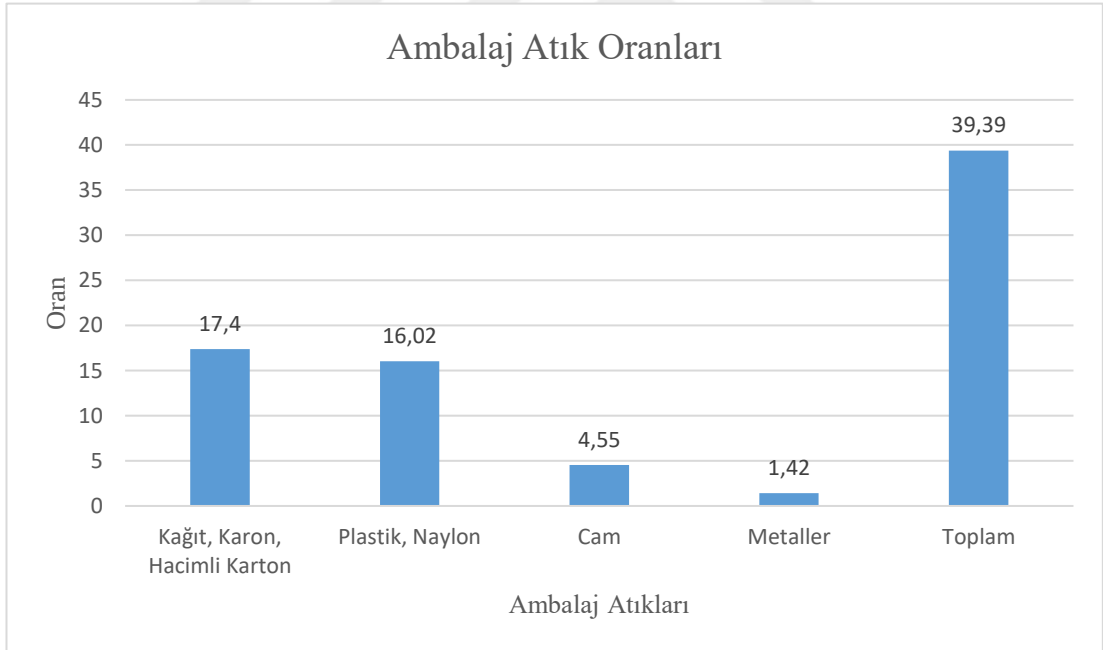
Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından 2017 yılında yapılan çalışma ile DOKAP Bölgesinde (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Samsun, Trabzon) oluşan evsel katı atıkların karakterizasyonu belirlenmiştir. Raporda belirtildiği üzere, öncelikle ildeki katı atıkları temsil eden bir numune alabilmek için ilin çeşitli bölgelerinden (il merkezi ve yüksek, düşük ve orta gelirli bölgeler) toplanan atıkların toplanıldı ifade edilmektedir. Homejenizasyonun sağlanması amacıyla, belirlenen bölgelerden toplanan atıklar kürek ile karıştırılarak her parçanın yaklaşık 25-30 kg ağırlığında olduğu 4 parçaya ayrılarak analizlerin gerçekleştirildiği belirtilmektedir (DOKAP, 2017).

Atıkların karakterizasyonu yapılırken biyobozunur, geri kazanılabilir ve diğer (inert) olmak üzere üç temel kategori esas alınmıştır. Biyobozunur atıklar, birtakım biyolojik süreçlerden geçerek mikroorganizmalar veya enzimler yardımıyla ayrıştırılabilen atıklar olarak tanımlanır. Geri kazanılabilir atıklar ise ambalaj atıkları ve enerji geri kazanımı için kullanılan atıklar olmak üzere iki alt kategoriye ayrılır (DOKAP, 2017).

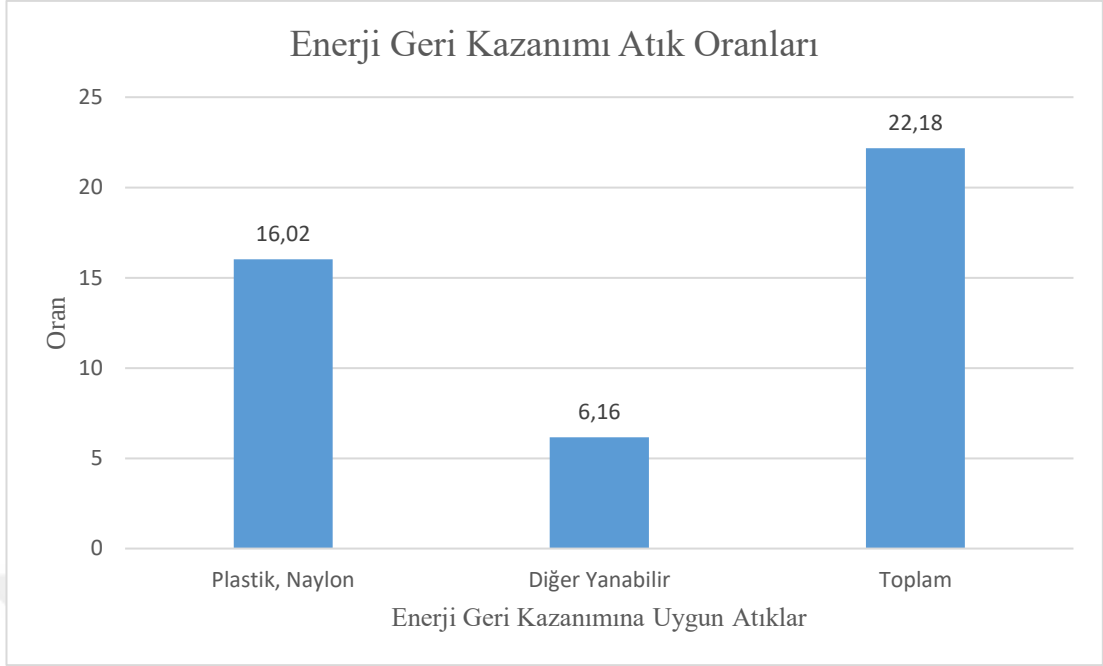
Artvin ilinde yapılan karakterizasyon çalışması, Temmuz 2016 ile Nisan 2017 arasındaki dönemde dört mevsimi içerecek şekilde yapılmıştır. Bu çalışmaya ait veriler Şekil 11-13'de gösterilmiştir (DOKAP, 2017).



Şekil 11. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Biyobozunur Atık Oranları)



Şekil 12. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Ambalaj Atık Oranları)



Şekil 13. Artvin İli Atık Karakterizasyonu (Enerji Geri Kazanımı Atık Oranları)

Şekiller incelendiğinde karakterizasyon çalışması yapılan atığın içinde en yüksek yüzdeye sahip olan kısım olan biyobozunur atıklar, tüketim alışkanlığının zamana göre değişme göstermesiyle azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle modern yaşam tarzının getirdiği paketli ürünlerin ve hazır gıdaların artmasıyla ilişkilendirilebilir. Aynı sebepten dolayı ambalaj atıklarının yüzdesel dağılımında artış beklenmektedir, çünkü tüketicilerin ambalajlı ürünlere olan talebi artmaktadır. Bertaraf değerlendirmesi yapılırken, bu değişen eğilimlerin dikkate alınması önemlidir. Biyobozunur atıkların azalması ve ambalaj atıklarının artması, atık yönetimi stratejilerinin ve altyapısının yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir. Bu durum, özellikle geri dönüşüm ve geri kazanım programlarının güçlendirilmesi, atık azaltma ve ambalajın tasarımında sürdürülebilirlik ilkelerinin benimsenmesi gibi önlemlerin öncelikli hale gelmesini sağlayabilir (DOKAP, 2017).

DOKAP tarafından yapılan çalışma ile elde edilen Artvin iline ait evsel katı atıkların yıllık ortalama kalorifik değerleri ise Tablo 11’de verilmektedir (DOKAP, 2017). Ayrıca Artvin ilinin mevsimlere göre yıllık ortalama atık karakterizasyonu Tablo 12’de sunulmaktadır (Uçar, 2022).

Tablo 11. Artvin ili Kalorifik Değer Yıllık Ortalaması

	Orijinal Örnek	Kuru Örnek
Alt ısı değeri (kcal/kg)	3533	3883
Üst ısı değeri (kcal/kg)	3840	4079

Tablo 12. Artvin İli Atık Karakterizasyonu

Atık Bileşeni	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
			(%)		
Mutfak Atıkları	40,71	66,02	39,85	47,08	48,42
Kağıt	15,02	6,80	8,53	7,80	9,54
Karton	7,50	0	8,71	6,95	5,79
Plastik	6,76	8,16	6,97	7,94	7,46
Naylon Poşet	8,51	8,29	8,07	9,36	8,56
Cam	8,74	2,26	4,31	2,90	4,55
Metal	0,87	3,80	3,22	2,45	1,42
Park, Bahçe Atıkları	0	0	0	0	0
Diğer Yanmayan Atıklar (Taş, kum vb.)	1,75	0	4,13	3,48	2,34
Yanabilen Atıklar (Tekstil, çocuk bezi vb.)	0	4,67	11,53	8,43	6,16
TOPLAM	100	100	100	100	100

Artvin ilinde mevcut bir katı atık düzenli depolama tesisi bulunmamaktadır. Bu durum, ildeki atık yönetimi sorunlarını daha da karmaşık hale getirmektedir. İl için yerel yönetimler tarafından acil olarak entegre bir katı atık yönetim sistemi oluşturulması gerekmektedir. Bu sistemin bir parçası olarak, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının "Atık Getirme Merkezlerinin Kurulması ve İşletilmesi İle Sıfır Atık Uygulamalarına İlişkin Usul ve Esaslar" konulu talimatlarında belirtilen hususlara uygun bir şekilde bir Atık Getirme Merkezi kurulması gerekmektedir.

Söz konusu usul ve esaslarda; nüfusu 20.000-100.000 arasında olan mahalli idarelerde kurulacak olan atık getirme merkezlerinin her biri 300 m²'den az olmamak kaydıyla toplamda en az 600 m²'yi sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda Artvin İline en az 300 m² olmak üzere en az iki adet atık getirme merkezi kurulması uygun görülmektedir. Bu merkez sayesinde, atıklar sıfır atık yönetim sistemi kapsamında, diğer atıklarla karıştırılmadan kaynağında ayrıştırılmalıdır. Ayrıca, geri dönüşemeyen evsel atıkların depolanması için uygun bir düzenli depolama tesisi planlanmalı ve

faaliyete geçirilmelidir. Planlanacak olan bu tesis, uzun yıllar boyunca Artvin ilinde oluşacak atık miktarını karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Bu entegre sistem, mevcut atık miktarını yönetmek için bir çerçeve sunarken, gelecekteki atık miktarının artan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik stratejik bir planlama sağlayacaktır. Böylece, çevresel sürdürülebilirlik sağlanarak, atık yönetimi konusundaki sorunların minimize edilmesi hedeflenecektir.

İl’de planlanan katı atık düzenli depolama sahası faaliyete geçtiğinde, atık yönetiminin tam anlamıyla sağlanabilmesi için İlçelere de aktarma merkezlerinin planlanması zorunlu olacaktır. Artvin İline ait ilçelerin nüfusları düşük olsa da, ilin engebeli bir araziye sahip olması ve ilçelerin dağınık konumda olması, birden fazla aktarma merkezlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu aktarma merkezlerinin konumlarını belirleyen faktörlerden biri, kurulacak olan düzenli depolama sahasının İl merkezi ve İlçelere göre konumudur. İlçelerin birbirlerine olan mesafesi ve mevcut yol bağlantısının durumu göz önünde bulundurularak; Borçka, Murgul, Hopa ve Arhavi ilçelerini kapsayacak şekilde bir adet, İl merkezi ve Ardanuç İlçesi için bir adet, Şavşat ve Yusufeli ilçeleri için ise bir adet olmak üzere düzenli depolama sahası ile birlikte toplamda dört adet aktarma merkezinin kurulması öngörülmektedir (DOKAP, 2017).

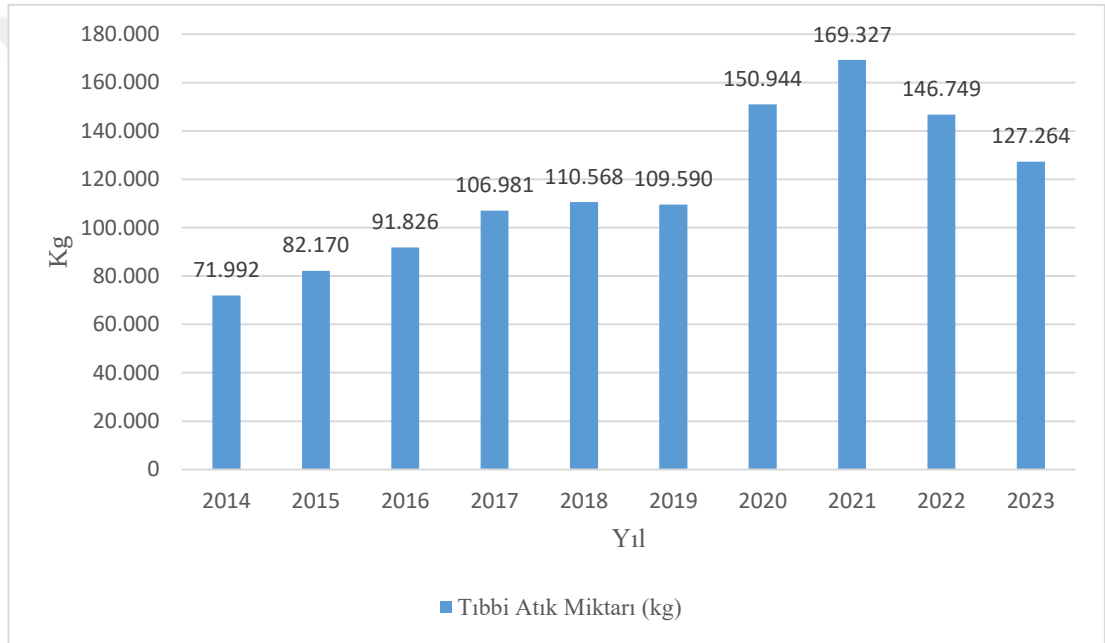
2.2 Artvin İlinde Tıbbi Atıklar

Tıbbi atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği gereğince tehlikeli atık sınıfına girdiğinden dolayı insan ve çevre sağlığı açısından tehlike arz etmektedir. Bu sebeple tıbbi atıklar oluştukları yerde mevzuat hükümleri kapsamında toplanıp taşınarak oluştukları bölgeye en yakın ve en uygun tıbbi atık işleme tesisine gönderilmesi ve uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak işlenmesi gerekmektedir.

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde “*Tıbbi atık işleme tesislerinin bulunmadığı illerde belediyeler kendilerine uygun tıbbi atık işleme tesisi belirlemek zorundadır. Bu durumda; tıbbi atık işleme tesisinin bulunduğu ilin il müdürlüğünden onay alınması ve her iki ilin mahalli çevre kurulu tarafından olumlu karar alınması kaydıyla ilgili belediye ile sözleşme yapılması gerekmektedir.*” hükmü yer almaktadır.

Bu sebeple Doğu Karadeniz Bölgesinde sadece Trabzon İlinde Tıbbi Atık İşleme Tesisi bulunduğundan Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Artvin ili ve diğer illerde toplanan tıbbi atıklar; Trabzon İli, Ortahisar İlçesi'nde bulunan Evra Enerji San. Tic. A.Ş. Ortahisar Şubesi tarafından işletilen Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisine nakledilmekte ve bu tesiste bertarafı sağlanmaktadır. Tıbbi atık fiyatları ile ilgili her yılın başında Artvin İli Mahalli Çevre Kurulu tarafından karar alınmaktadır.

Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünden elde edilen verilere göre; Artvin İlinde yıllara göre oluşan toplam tıbbi atık miktarları Şekil 14'de verilmiştir (AÇŞİDİM, 2024).



Şekil 14. Artvin İlinde yıllara göre oluşan tıbbi atık miktarı

Tabloya göre, Artvin ilinde toplanan tıbbi atık miktarı 2014 yılından 2019 yılına kadar istikrarlı bir artış göstermiştir. Ancak, 2020 yılına gelindiğinde bu artış hızında bir ivme artışı gözlenmiştir. 2021 yılında ise bu artış devam etmiş, ancak 2022 yılında azalmaya başlayarak 2023 yılında bu azalma devam etmiştir. Bu durumun birçok nedeni olabilir. İlin nüfus artışına ilişkin veriler incelendiğinde, 2020 yılında belirgin bir hızlanma olmadığı gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, tıbbi atık miktarındaki artışı, Dünya genelinde ortaya çıkan ve ülkemizde de 2020 yılının mart ayında ilk vakası görülen Covid-19 salgın hastalığına bağlı sağlık sistemindeki olağanüstü yoğunluğa

bağlamak mümkündür. Ayrıca, bu pandemi sürecinde sağlık sisteminde atık yönetimi ile ilgili yapılan yeni düzenlemeler ve buna bağlı olarak toplama sistemindeki gelişmeler de tıbbi atıkların toplanmasındaki bu artışın sebebi olarak düşünülebilir.

2.3 Artvin İlinde Atık Yağlar

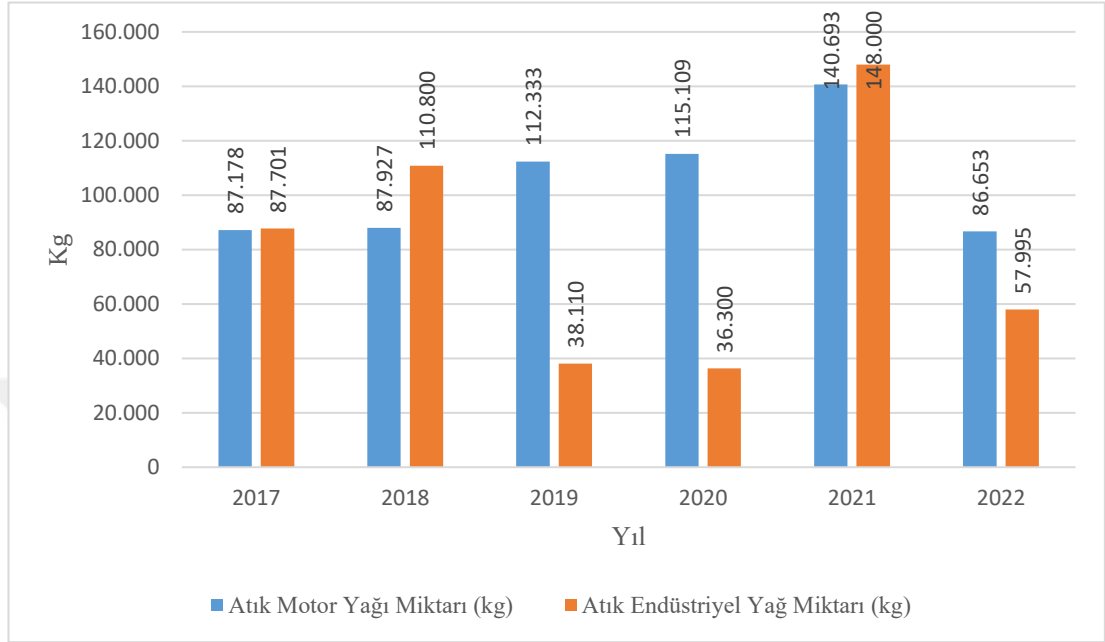
21 Aralık 2019 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 30985 sayılı Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliğinin "Atık Yağ Üreticisinin Yükümlülükleri" başlıklı 8. maddesinin ikinci fıkrasında; "Motor yağı değişimi yapılan işletmeler, Atık Yönetimi Yönetmeliğinin 13 üncü maddesindeki hükümler doğrultusunda geçici depolama alanı kurmakla, il müdürlüğüne başvurarak Ek-3'te yer alan belgeyi almakla, Bakanlığın çevrimiçi programlarına kayıt olmakla, motor yağı değişimine ilişkin bilgileri çevrimiçi programı kullanarak bildirmekle ve onaylamakla yükümlüdür." hükmü bulunmaktadır.

Bu hüküm çerçevesinde, motor yağı değişimi gerçekleştiren işletmelere yönelik bazı yükümlülükler düzenlenmiştir. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından bildirilen talimat doğrultusunda; motor yağı değişimi gerçekleştiren akaryakıt istasyonları, servisler, tamirhaneler, kamu kurum/kuruluşları, belediyeler, madencilik faaliyeti gösteren işletmeler ve diğer motor yağı değişimi yapılan işletmelerin, belirtilen Yönetmelik hükümleri çerçevesinde Bakanlığın çevrimiçi programlarına kayıt yaptırarak "Motor Yağı Değişim Noktası İzin Belgesi (MOYDEN)" alması gerekmektedir. (URL-2)

Bu süreçte, Artvin ilinde motor yağı değişimi yapan işletmelere, Artvin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından MOYDEN Belgesi düzenlemekte ve Bakanlığın çevrimiçi uygulaması olan Entegre Çevre Bilgi Sistemi üzerinden atık motor yağı yönetimleri takip edilmektedir.

Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü web sitesi üzerinden ulaşılan Brifing dosyasında, Artvin İlinde bulunan motor yağı değişimi yapan 53 adet işletmeye MOYDEN Belgesi verildiği belirtilmiştir.(URL-3)

Artvin 2022 Yılı Çevre Durum Raporu'ndan elde edilen verilere göre, 2017 ile 2022 yılları arasında Artvin'de yıllık olarak oluşan atık madeni yağ ve atık endüstriyel yağ miktarları Şekil 15'de grafiksel olarak gösterilmiştir (ÇDR 2022).



Şekil 15. Yıllar itibariyle Artvin ilinde atık madeni yağ miktarları

Bu verilere göre, belirtilen yıllar arasında atık yağ miktarlarında düzgün bir ivme belirlenememiş, ancak önemli derecede dalgalanmalar tespit edilmiştir. Bu durumun ana nedeni, atık yağların etkin bir şekilde yönetilememesi ve uygun önlemlerin alınamaması olarak değerlendirilebilir.

2.4 Artvin İlinde Atık Pil ve Akümülatörler

Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünden sağlanan verilere göre, Entegre Çevre Bilgi Sistemi üzerinden yapılan atık beyanlarının incelenmesi sonucunda 2022 yılında lisanslı firmalara teslim edilen atık pil ve akümülatör miktarının 8544 kg olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Sıfır Atık Yönetmeliği kapsamında Sıfır Atık Belgesi verilen binalarda, atık pil kutularının bulunma şartının arandığı ve toplanan ömrünü tamamlamış pillerin TAP (Taşınabilir Atık Pil) derneği ile iletişime geçilerek gönderildiği tespit edilmiştir. Bu süreçle birlikte, atık akülerin

ise akü değişim noktalarında teslim alınarak üretici firmaya gönderildiği bilgisi elde edilmiştir (Aras, 2016).

2.5 Artvin İlinde Ömrünü Tamamlamış Lastikler

Artvin 2022 Çevre Durum Raporu'nda; il sınırları içinde ömrünü tamamlamış lastiklere ilişkin lisanslı bertaraf tesisi bulunmadığı, ancak ilde oluşan ömrünü tamamlamış lastiklerin, Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği hükümleri kapsamında geçici olarak depolandıktan sonra, atığı oluşturan firmalar tarafından lisanslı geri kazanım ya da bertaraf tesislerine gönderildiği ifade edilmiştir (ÇDR, 2022)

2.6 Artvin İlinde Ömrünü Tamamlamış Araçlar

Artvin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü ile Artvin 2022 Çevre Durum Raporu'na dayanarak elde edilen bilgilere göre; Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik hükümleri kapsamında, Artvin ilinde "Özay OTO" unvanıyla faaliyet gösteren 1 adet "Ömrünü Tamamlamış Araç Teslim Yeri" bulunmaktadır.

Bunun yanı sıra, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın web sitesi üzerinden alınan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Duyuruları bilgilerine göre, Fırat Yılmaz adına ait "Ömrünü Tamamlamış Araçlar Geçici Depolama Tesis" projesine ÇED Gerekli Değildir Kararı verildiği tespit edilmiş olmasına rağmen, tesisin hala faaliyete geçmediği bilgisine ulaşılmıştır (URL-4).

2.7 Artvin İlinde Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

Artvin ili ve ilçelerinde baraj, hidroelektrik santrali ve maden ocağı gibi büyük çaplı projelere ait inşaatlardan kaynaklanan çalışmalar neticesinde, hafriyat atıkları oluşmaktadır. Hafriyat Toprağı İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak bu atıklar, ilgili projelere ait Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Kararlarına esas Proje Tanıtım Dosyalarında ve Nihai ÇED Raporlarında belirlenen hafriyat döküm sahalarında depolanmaktadır. Ayrıca Belediye sınırları içerisinde

ortaya çıkan hafriyat atıkları ise Belediyeler tarafından belirlenen hafriyat depolama sahalarında depolanmaktadır (Aras, 2016).

Artvin ilinin engebeli topografyası, belediyelerin hafriyat döküm sahası bulma konusunda ciddi engellerle karşılaşmasına sebep olmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde, Artvin iline bağlı il ve ilçe belediyelerinin resmi olarak belirlenmiş bir hafriyat döküm sahasına sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda Artvin ilinde hafriyat atıkları ile ilgili herhangi bir veri elde edilememiştir.

2.8 Artvin İlinde Maden Atıkları

Artvin ilinde birçok madencilik tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden birisi, Murgul ilçesi sınırlarında faaliyet gösteren Eti Bakır A.Ş. tarafından işletilen bakır maden ocağı ve zenginleştirme tesisidir. Ayrıca aynı şirket tarafından Artvin Merkez, Taşlıca Köyü sınırlarında Cerrattepe adıyla adlandırılan bölgede faaliyette olan maden ocağında da çıkarılan bakır madenleri Murgul ilçesinde bulunan bu tesise taşınarak konsantre haline getirilmektedir. Bu tesisin faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan atıklar, atık depolama sahalarında (atık barajı) biriktirilerek bertaraf edilmektedir.

Artvin 2021, 2022 ve 2023 Çevre Durum Raporlarından elde edilen bilgilere göre, 2022 yılında maden zenginleştirme tesislerinden kaynaklanan atıklara ilişkin veriler Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Artvin ili 2020-2022 yılları maden tesisleri atık miktarı

	İşlenen Cevherin Adı	Toplam Tesis Sayısı	Zenginleştirme Atığı Miktarı (ton/yıl)
2020		3	3.601.236
2021	Bakır	3	3.515.127
2022		3	3.654.536

Tablodaki verilere göre, Artvin’de 2020 yılında maden zenginleştirme tesislerinden kaynaklanan atık miktarı 3.601.236 ton olarak belirtilmiştir. Ancak, 2021 yılında bu miktarın hafif bir azalma gösterdiği görülmektedir. Bu azalmanın nedenleri akademik çalışmalar ile araştırılabilir ve atık yönetimi politikalarının veya uygulamalarının bu azalmada etkili olup olmadığı değerlendirilebilir. Bununla birlikte, 2022 yılında atık miktarındaki artışın sebepleri üzerinde durulması ve bu artışın çevresel etkileriyle ilgili

derinlemesine bir analiz yapılması gerekmektedir. Bu veriler, maden atıklarının yönetilmesi ve çevresel etkilerinin azaltılması için daha etkili politikaların geliştirilmesi açısından önemli ipuçları sunmaktadır.

Diğer madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar, ilgili projelere ait Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Kararlarına esas Proje Tanıtım Dosyaları ve Nihai ÇED Raporları kapsamında belirlenen pasa depolama sahalarında depolanmaktadır. Bu atıkların bir kısmı, açılan maden galerilerinde geri dolgu malzemesi olarak kullanılmakta, diğer bir kısmı ise iyileştirme projeleri aracılığıyla doğaya yeniden kazandırılmaktadır.

2.9 Artvin İlinde Orman Atıkları

Doğu Karadeniz Bölgesi, doğal güzellikleri ve zengin biyoçeşitliliği ile dikkat çeken bir coğrafyadır. Bu bölgede bulunan Artvin ili, özellikle zengin ve gösterişli orman varlığı ile bilinir. Orman ekosistemleri, bölgenin ekolojik dengesine katkıda bulunarak, flora ve fauna çeşitliliğini destekler. Artvin'in orman zenginliği, biyolojik çeşitliliği koruma açısından kritik bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda, bu ormanlar, ekonomik faaliyetlerde de önemli bir kaynak olarak hizmet vermektedir, özellikle ahşap endüstrisi için stratejik bir kaynak teşkil etmektedir. Artvin ili, sürdürülebilir orman yönetimi ve koruma projeleri açısından da bölgesel ölçekte öne çıkan bir konumda bulunmaktadır.

Son yıllarda, enerji ihtiyaçlarının artması ve çevresel endişelerin yükselmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik arayışları hızlanmıştır. Bu bağlamda, odun atıklarından pelet üretimi, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca orman endüstri sektörünün de ilerlemesi ile mobilya üretimi ve ağaç kesim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan odun atıkları, geleneksel olarak çevreye zarar verebilen bir sorun oluşturmuştur. Pelet üretimi, bu atıkları ekonomik ve çevresel açıdan değerlendirmeyi sağlamakla birlikte atık yönetimi sorunlarını da azaltmaktadır.

Her yıl ülkemiz ormanlarında gerçekleştirilen üretim ve bakım faaliyetleri sonucunda milyonlarca ton atık ortaya çıkmaktadır. Tahminlere göre, ülkemizde yaklaşık 7

milyon metreküp civarında orman atığı ve tarımsal üretim sonrasında yaklaşık 56 milyon ton zirai atık oluşmaktadır (Saraçoğlu, 2008).

Son yıllarda Türkiye'de de yaygınlaşan odun peleti üretimi, odun artıklarının kurutulduktan sonra öğütülerek talaş haline getirilip daha sonra yüksek basınçla sıkıştırılmasıyla elde edilen ürünlerdir. Genellikle 6-10 mm çapında olan bu peletlerin üretim süreci genellikle üç aşamada gerçekleşir. İlk aşama olan kurutma aşamasında, yaklaşık %50-65 nem içeriğine sahip olan talaş, fırın gibi uygun bir ortamda kurutulur ve nem oranı yaklaşık %10'a düşürülerek ikinci aşama yani öğütme aşamasına geçilir. Bu aşamada genellikle 6.4 veya 3.2 mm çapında olan bir değirmenin eleğinden geçirilerek talaşlar öğütülür ve ardından preslenerek pelet formuna getirilir. Son olarak peletleme aşamasında ise bu peletler ortalama 70-90 derece sıcaklıkta preslenerek sıkıştırılır ve soğutma işleminden geçirilir. Soğutma işlemi sonrasında peletlerin sıcaklığı yaklaşık 25 dereceye düşürülerek paketlenir (Zengin ve ark., 2019).

Artvin ilinin 2022 Çevre Durum Raporu'ndan elde edilen verilere göre; il sınırları içerisinde toplam orman alanı 403.695 hektar olarak tespit edilmiştir. Bu orman alanının %55'i verimli orman kategorisinde yer alırken, %45'i bozuk orman niteliğindedir. İlin coğrafyası genelinde, toplam alanın %57'si ormanlık alanlar tarafından kaplanmaktadır. İl sınırları içerisinde yer alan ormanlar, türlerine göre sınıflandırıldığında; ladin, köknar, sarıçam, kayın, meşe, gürgen, kızılğayağ, ıhlamur, kestane, akağaç, dişbudak, kayacık, fıstıkçanı, karağaç, huş, ardıç, şimşir, sandal, taksus (porsuk), orman gülü gibi türler öne çıkmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere yakma amaçlı kullanılacak odun ve orman atıkları bu türlerden meydana gelmektedir.

Orman Genel Müdürlüğü tarafından erişime açılan web sitesinde, Artvin ilinde "normal kapalı" orman alanının 221.532 hektar ve "boşluklu kapalı" orman alanının 182.163 hektar olmak üzere toplam orman alanının 403.695 hektar olduğu belirtilmiştir. Artvin'in orman varlığının yıllara göre değişimi ise Tablo 14'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir (URL-8).

Tablo 14. Artvin ilinde 2002 - 2012 orman varlığının karşılaştırılması

Yıl	Normal Alan (ha)	Boşluklu Kapalı Alan (ha)	Toplam (ha)
2002	191.869	198.621	390.490
2004	191.958	196.575	388.534
2012	210.443	190.503	400.946
2015	221.532	182.163	403.695
2018	221.532	182.163	403.695
2020	221.532	182.163	403.695

Bu bilgiler, Artvin ilinin orman kaynaklarının durumunu ve bu kaynakların yıllar içindeki değişimini değerlendirmek için önemlidir. Artvin'in zengin orman varlığı hem biyolojik çeşitliliğin korunması hem de iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Bu veriler, çevresel planlamalar ve orman yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için temel teşkil etmektedir.

Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye geneli bütün illeri kapsayacak şekilde enerji üretim potansiyeli olabilecek atıklar araştırılarak “Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası” hazırlanmış ve web sitesi üzerinden halkın kullanımına açılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda tespit edilen Artvin ilinin orman varlığı Tablo 15’te verilmiştir (URL-7).

Tablo 15. Artvin ili ağaç türüne göre orman varlığı

Ağaç Türü	Orman Varlığı (ha)
Sarıçam	105.765
Gökmar	57.960
Ladin	107.247
Ardıç	161,00
Fıstıkçamı	94,00
Kayın	73.524
Meşe	31.829
Kızılağaç	17.023
Kestane	9.959
Huş	133
Toplam	403.695

Tablodan görüldüğü üzere, Artvin ilinde birçok ağaç türü bulunmaktadır. Ağaç türlerinin bu kadar çeşitli olmasına bağlı olarak, orman endüstrisinin yoğun olması beklenmektedir. Ancak, bu anlamda ilde herhangi bir fabrika veya büyük ölçekli işleme tesisi bulunmamaktadır. Genel olarak kesilen ağaçlar kereste haline dönüştürülerek başka illerdeki ahşap endüstri tesislerinde işlenmek üzere nakliye edilmektedir. Buna bağlı olarak, ilde birçok kereste üretim tesisi bulunmaktadır. Bu

sebeple kesilen ağaçlara ilk müdahale il sınırları içerisinde yapıldığından, oluşan orman atıkları fazladır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan aynı çalışma kapsamında, Artvin'de bulunan ormanların kesilerek belirli ürünlere dönüştürülmesi sonucu oluşan orman atık miktarı araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları Tablo 16'da sunulmuştur (URL-7).

Tablo 16. Artvin ili orman atıkları miktarı

Orman Atık Miktarı (ster/yıl)	Endüstriyel Değerlendirilmeyenler	Olarak Süceyrattan (bitki örtüsü) Elde Edilebilecekler	Toplam
	25.046	4.000	29.046
Oran	%86,23	%13,77	%100

Artvin, zengin biyolojik çeşitliliği ve geniş ormanlık alanları ile dikkat çeken bir ilimizdir. Bu doğal kaynaklar, orman endüstrisinin gelişimi için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ancak, mevcut durumda bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilemediği gözlemlenmektedir. Bu durumu aşmak için, orman kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve orman ürünlerinin katma değerli ürünlere dönüştürülmesi önem arz etmektedir.

İl sınırları içerisinde büyük ölçekli ahşap işleme tesislerinin bulunmaması, bölgesel ekonomik kalkınmanın önünde bir engel teşkil etmektedir. Kereste üretim tesislerinin varlığı, yerel ekonomiye katkı sağlamakla birlikte, işlenen ahşap ürünlerinin katma değerinin başka illerde yapılması, Artvin'in ekonomik potansiyelini sınırlamaktadır. Ayrıca, yerel düzeyde gerçekleştirilen kesim işlemleri sonrasında oluşan orman atıklarının fazlalığı, çevresel sorunlara yol açabilmektedir.

Artvin'deki orman atıklarının çevresel risklerini azaltmak ve sıfır atık projesiyle bu atıkların geri dönüşümünü sağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülebilir. Odun atıklarından parke ve sunta gibi ürünlerin üretimi gerçekleştirilerek orman atıklarının geri dönüşümü sağlanabilir. Ayrıca, biyokütle enerji tesislerinde orman atıkları, biyoyakıt üretiminde kullanılabilir. Bu, hem atıkların değerlendirilmesi hem de sürdürülebilir enerji üretimi açısından önemli bir adım olacaktır. Bu sayede enerji üretimi sağlanırken bu atıkların bertarafı da sağlanmış olacaktır. Ayrıca bu tesisler,

yerel ekonomiye katkıda bulunurken aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir.

Bu kapsamda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından internet üzerinden erişime açılan “Çevre İzin ve Lisans Belge Sorgulama” konulu site üzerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda ilde 3 adet pelet üretim tesisi bulunmaktadır. Artvin ilinde bulunan pelet üretim tesislerine ait bilgiler Tablo 17’de verilmiştir (URL-5).

Tablo 17. Artvin İlinde bulunan Pelet Üretim Tesisleri

İşletme Adı	Birka Nakliyat Taah. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Dişka Pat Pelet Üretim San. Tic. Ltd. Şti.	Arten Orman Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.
İşletme Adres	Ardanuç/ARTVİN	Arhavi/ARTVİN	Murgul/ARTVİN
Belge Türü	Çevre İzin ve Lisans Belgesi	Geçici Faaliyet Belgesi	Çevre İzin ve Lisans Belgesi
Onay Tarihi	21.03.2022	25.09.2023	10.01.2024
Kapasite (ton/yıl)	6.480	19.200	11.880

Ayrıca yine Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının internet sitesinde yer alan “ÇED Duyuruları” konulu site üzerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda Artvin ilinde 1 adet Biyoenerji Tesisi bulunmakta olup bu tesise ait bilgiler Tablo 18’de gösterilmiştir (URL-4).

Tablo 18. Artvin İlinde bulunan Biyoenerji Tesisi

İşletme adı	İşletme adres	Belge türü	Onay tarihi	Üretim kapasitesi (kWh/yıl)	Kurulu güç
Arten Orman Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.	Murgul/Artvin	ÇED Gerekli Değildir	13.08.2021	75.000.000	10 MWe

2.10 Artvin İlinde Tarımsal ve Hayvansal Atıklar

Artvin’de tarımsal faaliyetler küçük aile tipi şeklinde yapılmaktadır. Tarımsal üretimde, insan gücüne dayalı üretim modeli söz konusu olup, makineli tarım yok denecek kadar azdır. Bitkisel üretim, çoğunlukla Çoruh Nehri ve kollarının oluşturmuş

olduğu vadi tabanında bulunan tarımsal arazilerde yapılmasına karşılık, hayvansal üretim yüksek kesimlerde yapılmaktadır. Gübre ve zirai ilaç kullanımı çok azdır.

Artvin'de tarımsal faaliyetler, küçük aile tipi işletmelerin hâkim olduğu bir yapıya sahiptir. Bu durum, tarımsal üretimde insan gücüne dayalı bir modelin baskın olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle makineli tarım kullanımı çok azdır. Makineli tarımın neredeyse hiç uygulanmaması, tarımsal verimliliği sınırlayabilir ve modern tarım tekniklerinden yeterince yararlanılamamasına yol açabilir. Bitkisel üretimin Çoruh Nehri ve kollarının oluşturduğu vadi tabanında yoğunlaşması, bu bölgelerin verimli tarım arazileri olduğunu göstermektedir. Ancak, bu sınırlı alanların dışındaki tarım faaliyetlerinin yetersiz kalması, genel tarımsal üretim kapasitesini etkileyebilir. Öte yandan, hayvansal üretimin yüksek kesimlerde yapılması, coğrafi ve iklimsel şartlara uyum sağlamayı hedefleyen bir üretim modeline işaret etmektedir. Gübre ve zirai ilaç kullanımının az olması, çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu bir durum yaratırken, aynı zamanda tarımsal verimliliği olumsuz etkileyebilir (ÇDR, 2022).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlas'ından elde edilen verilere göre, Artvin'in hayvansal atık ve hayvansal atık enerji eşdeğeri Tablo 19'da verilmiştir (URL-7).

Tablo 19. Artvin İli hayvansal atık miktarı ve enerji eşdeğeri analizi

Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	Büyükbaş Hayvanlar	Küçükbaş Hayvanlar	Kanath Hayvanlar	Toplam
	443.778,86	135.837,67	1.360,11	580.976,64
Hayvansal Atık Eşdeğeri (TEP/yıl)	3.066,81	317,15	340,09	3.724,05

Artvin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından yayınlanan 2022 yılı Faaliyet Raporu'nda, Artvin ilinin yüzölçümünün 729.994 hektar olduğu ve bunun 63.100 hektarının tarım arazisi olarak kullanıldığı belirtilmiştir. İl'deki tarım arazilerine göre üretimi yapılan ürünlerin dağılımı Tablo 20'de gösterilmiştir (URL-9).

Tablo 20. Artvin tarım arazisi ürün dağılımı

Ürün	Miktar (Dekar)
Çay	91.560
Fındık	82.428
Mısır	9.904
Patates	10.400
Fasulye (kuru)	5.950
Fasulye(taze)	3.941
Ceviz	6.069
Bağ	2.025
Domates	2.128
Zeytin	861
Hıyar	1.064
Kiraz	738
Kivi	310
Diğer ürünler	77.100
Kullanılmayan	336.522
TOPLAM	631.000

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlas'ına göre tarımsal atık miktarı ve tarımsal atık enerji eşdeğeri Tablo 21'de sunulmuştur (URL-7).

Tablo 21. Artvin İli tarımsal atık miktarı ve enerji eşdeğeri analizi

Tarımsal Atık Miktarı (ton/yıl)	Tarla Bitkileri	Bahçe Bitkileri	Sebze Bitkileri	Toplam
	8.431,50	14.775,12	10.704,43	33.911,05
Tarımsal Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	3.259,28	6.617,32	3.915,80	13.792,40

Yapılan çalışmada tarımsal atıklar; tarla bitkileri, bahçe bitkileri ve sebze bitkileri olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Tablolarda en fazla tarımsal atığın bahçe bitkilerinden kaynaklandığı ve en çok üretimi yapılan ürünün fındık ve çay olduğu görülmektedir. Ancak tarımsal faaliyetler aile tipi olarak yapıldığından bu ürünlerden oluşan atıklar genel olarak ısınma ve gübre amaçlı yerinde değerlendirilmektedir.

3 BULGULAR ve TARTIŞMA

Artvin İlinde oluşan kentsel katı atıklar ile ilgili ayrıntılı veriler 2. Bölüm’de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak İl’de oluşan kentsel katı atıklarından enerji üretim potansiyeli detaylı olarak aşağıda irdelenmiştir.

3.1 Evsel Katı Atıkların Enerji Potansiyeli

Evsel katı atıklardan enerji üretimi konusunda literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda bu konuda birçok araştırma yapıldığı ve bu kapsamda çeşitli tesislerin faaliyete geçerek enerji üretimine başladığı tespit edilmiştir. Artvin ili için yapılan kentsel katı atıkların enerji üretim potansiyeli hesaplamalarında; Balıkesir, İstanbul (Hasdal) ve Adıyaman olmak üzere 3 farklı ilde bu konuda yapılan çalışmalara ait bulgular ve veriler baz alınmıştır. Aşağıda bu çalışmalar ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

Yılmaz (2019) tarafından Balıkesir ili için yapılan “Balıkesir İli Evsel Katı Atıklarının Bertarafında Uygun Termal Yöntemin Seçilmesi” konulu çalışmada Balıkesir’e ait genel bilgiler Tablo 22’de verilmiştir (Yılmaz, 2019).

Tablo 22. Balıkesir İli için kurulması planlanan tesise ait hesaplama verileri

Nüfus (kişi)	1.189.57
Enerji verimi (MWh/t)	0,78
Elektrik üretim verimi (%)	35
Nem oranı (%)	59,15
Ortalama kalorifik değer (Kcal/kg)	4726
Atık miktarı (ton/yıl)	320.000
Elektrik üretim miktarı (MW/yıl)	87.360

İncelenen bu çalışmada, Balıkesir ili için evsel atıklardan enerji üretim tesisine yönelik kapasite hesabı şu şekilde yapılmıştır.

$$\text{Yıllık Elektrik Üretimi} = 320.000 \times 0,78 \times 0,35 = 87.360 \text{ MW (87.360.000 kWh)}$$

DOKAP tarafından yapılan çalışmada Artvin ilinde oluşan evsel katı atıklarının yıllık ortalama kalorifik değeri Tablo 12’de yaklaşık 4000 kcal/kg olarak verilmiştir. Ayrıca Artvin’de oluşan evsel katı atıkların nem oranı %60 olarak tespit edilmiştir (DOKAP,

2017). Böylece Artvin’de oluşan evsel katı atıkların yıllık ortalama kalorifik değeri ve nem oranı Balıkesir ili ile benzer olduğu görülmektedir.

Ayrıca evsel katı atıkların enerji geri kazanımı konusunda; Yıldız ve ark. (2009) tarafından yapılan “Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi – İstanbul Örneği” konulu çalışma ve Gülşen ve ark. (2022) tarafından yapılan “Adıyaman İlinin Katı Atıkların Elektrik Potansiyelinin Belirlenmesi” konusunda yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır.

Yararlanılan bu çalışmalara ait evsel katı atık miktarları ve bu atıklardan elde edilebilecek enerji üretim potansiyeli değerleri Tablo 23’de sunulmaktadır.

Tablo 23. Çalışmalara ait illerde evsel katı atıkların enerji potansiyeli verileri

İl	Atık miktarı (ton/yıl)	Toplam biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	Net enerji potansiyeli (kWh/yıl)	Enerji eşdeğeri (kWh/ton)
Balıkesir	320.000		87.360.000	273
İstanbul/Hasdal	45.000	5.400.000	8.456.000	188
Adıyaman	237.656		32.956.035	139
			Ortalama	200

Yapılan çalışmalar değerlendirilerek Artvin ilinde oluşan evsel katı atıkların enerji üretim potansiyeli değerleri hesaplanmıştır. Artvin ili evsel katı atık verilerine bakıldığında TÜİK tarafından yapılan çalışmada 2022 yılı için ilde yıllık oluşan evsel katı atık miktarı Tablo 9’da 61.276 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre ilde oluşan evsel katı atık miktarı Tablo 10’da 57.162,29 ton/yıl olarak verilmiştir.

Ayrıca Tablo 7’de Artvin ilinin 2023 yılına ait nüfusu 172.356 olarak verilmiştir. Kişi başı günlük ortalama atık miktarı ise 1,03 olduğu Tablo 9’da gösterilmiştir. Böylece ortalama olarak bir hesap yapıldığında Artvin’de yıllık 64.797 ton atık olduğu öngörülmektedir.

Bu çalışmada, Artvin’de oluşan evsel katı atıkların enerji üretimi potansiyeli hesaplamalarında evsel katı atık miktarı olarak en düşük değer olan Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan 57.162,29 ton/yıl verisi kullanılmıştır. Enerji eşdeğeri ise Tablo 23’de hesaplanan, 200 kWh/ton olarak kabul edilmiştir. Bu

kapsamda yapılan hesaplama sonucu bulunan Artvin iline ait evsel katı atıkların enerji üretim potansiyeli değerleri Tablo 24'te sunulmaktadır.

Tablo 24. Artvin ili için hesaplanan evsel katı atıkların enerji potansiyeli verileri

İl	Atık miktarı (ton/yıl)	Toplam biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	Enerji eşdeğeri (kWh/ton)	Net enerji potansiyeli (kWh/yıl)
Artvin	57.162,29	6.859.475	200	11.432.458

3.2 Hayvansal Atıkların Enerji Potansiyeli

Hayvansal atıkların enerji üretim potansiyeli konusunda literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, hayvansal atıkların enerji üretim potansiyeli konusunda; Ankara, Ardahan, Kars ve Niğde illerini kapsayan dört ayrı çalışma incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalara ait hayvansal atık miktarları ve bu atıklardan elde edilebilecek enerji üretim potansiyeli değerleri Tablo 25’de sunulmaktadır.

Tablo 25. Hayvansal atıkların değerlendirildiği çalışmalara ait veriler

İl	Hayvan türü	Atık miktarı (ton/yıl)	Toplam biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	Biyogaz eşdeğeri (m ³ /ton)	Net enerji potansiyeli (kWh/yıl)	Enerji eşdeğeri (kWh/ m ³)
Ankara (Şenol ve Ark., 2017)	Büyükbaş	1.314.118	43.365.894	33	469.080.000	4,7
	Küçükbaş	829.712	48.134.896	58		
	Kanatlı	106.982	8.344.596	78		
Ardahan (Ardahan Belediyesi, 2013)	Büyükbaş	1.545.838	58.109.558	38	231.740.913	4
	Küçükbaş	12.710	569.430	45	2.270.886	
	Kanatlı	12.111	1.214.141	100	4.841.993	
Kars (Demir M., 2017)	Büyükbaş	1.295.252	42.743.316	33	200.894.000	4,7
	Küçükbaş	182.968	10.612.144	58	49.877.000	
	Kanatlı	10.171	793.338	78	3.728.000	
Niğde (Mert ve Gökçek, 2023)	Büyükbaş	1.114.962	36.793.741	33	172.930.583	4,7
	Küçükbaş	61.528	3.568.675	58	16.772.773	
	Kanatlı	60.913	4.751.260	78	22.330.923	

İlgar, R. (2016) tarafından “Hayvan Varlığına Göre Çanakkale Biyogaz Potansiyelinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma” konulu yapılan çalışmada hayvansal atıkların türlerine göre biyogaz üretim verimleri Tablo 26’ da verilmiştir. Ayrıca 1 m³ biyogazın 4,7 kWh elektriğe eş değer olduğu belirtilmiştir (İlgar, 2016).

Tablo 26. Hayvan türüne göre biyogaz üretim verimi

Hayvan türü	Biyogaz verimi (m ³ /ton)
Büyükbaş	33
Küçükbaş	58
Kanatlı	78

Birçok ilde yapılan çalışmalarda, Tablo 26'de de belirtilen biyogaz üretim verimi değerleri ile aynı değerler kabul edildiği görülmektedir. Yani hayvansal atıkların biyogaz eşdeğeri büyükbaş hayvanlar için 33 m³/ton, küçükbaş hayvanlar için 58 m³/ton ve kanatlı hayvanlar için ise 78 m³/ton olarak kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın birçok çalışmada ise hayvansal atıklardan elde edilen 1 m³ biyogazın 4,7 kWh elektriğe eş değer olduğu kabul edilmiştir. Diğer illerde yapılan çalışmaların biyogaz eşdeğeri ve elektrik enerjisi eşdeğeri de bu değerlere yakın olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalar değerlendirilerek Artvin ilinde oluşan hayvansal atıkların enerji üretim potansiyeli değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan ve Tablo 19'da gösterilen hayvansal atık verileri (443.779 ton/yıl büyükbaş, 135.838 ton/yıl küçükbaş ve 1.360 ton/yıl kanatlı) kullanılmıştır.

Bu değerler kullanılarak Artvin için yapılan hesaplamalarda biyogaz üretim verimi olarak Tablo 26'de belirtilen değerler kabul edilmiştir. Net elektrik enerjisi eşdeğeri ise 4,7 m³/kWh olarak kullanılmıştır. Böylece hesaplama sonucunda elde edilen Artvin iline ait hayvansal atıkların enerji potansiyeli değerleri Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Artvin'deki hayvansal atıkların enerji potansiyeli değerleri

Hayvan türü	Atık miktarı (ton/yıl)	Biyogaz eşdeğeri (m ³ /ton)	Toplam biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	Enerji eşdeğeri (kWh /m ³)	Net enerji potansiyeli (kWh/yıl)
Büyükbaş	443.779	33	14.644.707	4,7	68.830.123
Küçükbaş	135.838	58	7.878.604		37.029.439
Kanatlı	1.360	78	106.080		498.576

3.3 Tarımsal Atıkların Enerji Potansiyeli

Artvin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından yayınlanan 2022 yılı Faaliyet Raporu'nda, Artvin ilinin yüzölçümünün 729.994 hektar olduğu ve bunun 63.100 hektarının tarım arazisi olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, raporda 2022 yılında

Artvin’de 91.560 dekar arazide 159.898 ton çay üretildiği, bu miktarın Türkiye’deki çay üretiminin %11’ine denk geldiği ve Artvin’in çay üretimi yapan iller arasında 3. sırada yer aldığı ifade edilmiştir. Fındık üreten iller arasında ise 11. sırada bulunan ve Türkiye üretiminin %0,68’ini karşılayan Artvin’de, 82.428 dekar arazide 5.185 ton fındık üretimi gerçekleştirilmiştir. İl’deki tarım arazilerine göre üretimi yapılan diğer ürünlerin dağılımı ise Tablo 20’de gösterilmiştir (URL-9).

Dok (2014) tarafından 2014 yılında gerçekleştirilen "Karadeniz Bölgesinin Tarımsal Atık Potansiyeli ve Bunlardan Pelet Yakıt Olarak Yararlanılması" başlıklı araştırma makalesinde, Karadeniz bölgesinde 455.000 ton fındık üretiminin yapıldığı ve üretilen fındığın yaklaşık üçte biri kadarının fındık zurufu olarak atık hale geldiği belirtilmiştir. Böylece Karadeniz Bölgesinde oluşan fındık zurufu, fındık budama atığı ve çay atığı miktarları ve alt ısı değerleri Tablo 28’ de verilmektedir (Dok, 2014).

Tablo 28. Karadeniz Bölgesine ait fındık ve çay atıkları ile alt ısı değerleri

Atık türü	Toplam atık miktarı (ton)	Pelet üretiminde kullanılabilir atık miktarı (ton)	Alt ısı değeri (Kcal/kg)
Fındık zurufu	150.000	100.000	4.070
Fındık budama atığı	810.000	100.000	4494
Çay atığı	30.000	24.000	4.630

Ayrıca Demirel ve Gürdil (2018) tarafından yapılan “Fındık Zurufu Atığından Yakıt Briketi Elde Edilmesi ve Brikete Ait Bazı Özelliklerin Belirlenmesi” başlıklı çalışmada elde edilen sonuçlara göre fındık zurufunun ısı değeri 4232 Kcal/kg olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmalar değerlendirilerek Artvin ilinde oluşan fındık ve çay atığı miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, Artvin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün 2022 yılı Faaliyet Raporu’nda belirtilen yıllık fındık üretim miktarı olan 5.185 ton ve yıllık çay üretim miktarı olan 159.898 ton değerleri dikkate alınmıştır.

Artvin’de yıllık olarak üretilen 5.185 ton fındığın yaklaşık üçte birinin fındık zurufu olarak atık hale geldiği kabul edilmesi durumunda Artvin ilinde yıllık 1.728 ton fındık zurufu olduğu ve bu atık miktarının yaklaşık 1.152 ton/yıl kadarının pelet üretiminde kullanılacağı tespit edilmiştir. Ayrıca, Tablo 28’deki bilgilere göre, Artvin’de

yapılan fındık üretiminden pelet üretiminde kullanılabilecek 1.140 ton/yıl budama atığı oluşabileceği hesaplanmıştır.

Ayrıca Tablo 28'de, Karadeniz Bölgesi'nde oluşan çay atığı miktarının yaklaşık 24.000 ton olduğu belirtilmiştir. Türkiye'deki çay üretiminin yalnızca Karadeniz Bölgesi'nde yapıldığı ve bunun %11'inin Artvin ilinde gerçekleştirildiği kabulü ile, Artvin'de yıllık 3.300 ton çay atığı oluşabileceği tespit edilmiştir. Bu çay atıklarının yaklaşık 2.640 tonunun pelet üretiminde kullanılabileceği hesaplanmıştır.

Ayrıca Artvin ilinde tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklardan fındık ürününün alt ısı değerleri, yararlanılan iki çalışmadaki verilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Böylece, Artvin ilinde üretilen fındık ve çay ürünleri için hesaplanan atık miktarları ve alt ısı değerleri, birleşik olarak Tablo 29'da gösterilmiştir.

Tablo 29. Artvin iline ait fındık ve çay ürünlerinin atık miktarı ve alt ısı değerleri

Atık türü	Toplam atık miktarı (ton)	Pelet üretiminde kullanılabilecek atık miktarı (ton)	Alt ısı değeri (Kcal/kg)
Fındık zuru	1.728	1.152	4.151
Fındık budama atığı	9.230	1.140	4494
Çay atığı	3.300	2.640	4630

3.4 Orman Atıkları Enerji Potansiyeli

Karayılmazlar ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen "Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmada, odun peletlerinin herhangi bir kimyasal bağlayıcı madde kullanılmadan yüksek basınç etkisiyle oluşturulduğu ve bu peletlerin yaklaşık 5 kWh/kg ısı enerjisi içerdiği belirtilmiştir. Bu enerji değeri, kilogram başına yaklaşık 0,5 litre fuel-oil'in enerji değerine eşdeğerdir (Karayılmazlar ve ark., 2011).

Artvin ilinde oluşan orman atık miktarı, Tablo 16’da 29.046 ster/yıl olarak belirtilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan “Doğu Anadolu Bölgesinde Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) Yakacak Odunlarının Ster Çevirme Faktörleri ve Belli Zaman Aralıklarında Ster Ağırlıkları” başlıklı Araştırma Bülteni’nde, 1 ster

odunun 353 kg olduğu tespit edilmiştir (URL-10). Bu veriler ışığında, Artvin’de yıllık oluşan orman atıkları 10.253.238 kg olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler ışığında Artvin ilinde orman atıklarından oluşabilecek elektrik enerjisi potansiyeli aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$10.253.238 \text{ kg} \times 5 \text{ kWh/kg} = 51.266.190 \text{ kWh}$$

Böylece Artvin’de oluşan orman atıklarından yılda 51.266.190 kWh elektrik enerjisi potansiyeli bulunduğu hesaplanmıştır. Ayrıca Artvin ilinde oluşan ortalama 10.253.238 kg orman atıklarından yaklaşık olarak 5.126.619 lt fuel-oil’in enerji değerine denk geldiği tespit edilmiştir.



4 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Artvin iline ait evsel katı atıklarının enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla; Balıkesir, İstanbul/Hasdal ve Adıyaman illeri için yapılan çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalara ait sonuçlar, Artvin'deki evsel atıkların biyogaz üretimi ve enerji potansiyeli için değerlendirilmesine yönelik bir referans oluşturmuştur. Artvin'deki evsel katı atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli, bu üç çalışmanın bulguları ışığında daha net bir şekilde ortaya konulmuş ve yerel yönetimlerin atık yönetimi ve enerji üretimi konusunda alacağı kararlara yön verebilecek nitelikte bilgiler elde edilmiştir. Bu tür çalışmalar, sürdürülebilir enerji çözümleri ve etkin atık yönetimi uygulamaları geliştirmek için kritik öneme sahiptir.

Artvin iline ait evsel katı atıklar için yapılan enerji potansiyeli hesaplamalarında yararlanılan çalışmalarda ortaya çıkan farklılıkların, illerdeki evsel katı atıkların kalorifik değerleri, nem oranları ve uygulanan teknolojiler gibi birçok etmenden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu faktörlerin her biri, atık yönetimi süreçlerinin ve enerji üretim teknolojilerinin farklılıklarına bağlı olarak enerji potansiyelinde önemli değişikliklere neden olabilir. Örneğin, atıkların kalorifik değeri yüksekse, daha fazla enerji üretimi sağlanabilirken; yüksek nem oranı ise yakma verimini düşürebilir ve ek enerji ihtiyacı doğurabilir. Ayrıca, kullanılan teknolojilerin verimliliği de enerji üretim kapasitesini etkileyebilir.

Artvin ilinde oluşan evsel katı atıkların enerji potansiyeli hesaplamaları için yararlanılan üç çalışmanın yıllık elektrik üretim miktarı ortalaması alınmıştır. Böylece Artvin iline ait evsel katı atıklardan yıllık ortalama 11.432.458 kWh elektrik enerjisi elde edilebileceği ortaya konulmuştur. Bu miktar, iyi bir fizibilite çalışması sonucunda veya atık yönetiminin daha etkin bir şekilde uygulanması ve kurulacak düzenli depolama tesisleri ile artırılabilir. Ayrıca, atıkların yüksek nem oranına sahip olması nedeniyle, enerji verimliliğini artırmak için ön işlem süreçlerinin uygulanması gerekmektedir. Uygun ön işlem teknikleri kullanılarak, atıkların ısı değeri artırılabilir ve böylece yakma tesislerinin verimliliğinin de artırılması sağlanmış olur.

Artvin ilinde oluşan hayvansal atıkların enerji potansiyeli üzerine yapılan literatür araştırması sonucunda; Ankara, Ardahan, Kars ve Niğde illerini kapsayan dört ayrı

Çalışma incelenmiş ve Artvin için yapılan hesaplamalar bu çalışmalar temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Artvin ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyelini ortaya koymaktadır. Artvin ilinde; büyükbaş hayvanlardan bir yılda oluşan 443.779 ton hayvansal atığın 14.644.707 m³ biyogaz ve bu biyogazdan 68.830.123 kWh elektrik enerjisi, küçükbaş hayvanlardan bir yılda oluşan 135.838 ton hayvansal atıktan ise 7.878.604 m³ biyogaz ve bu biyogazdan 37.029.439 kWh elektrik enerjisi ve kanatlı hayvanlardan bir yılda oluşan 1.360 ton hayvansal atığın ise 106.080 m³ biyogaz ve bu biyogazdan 498.576 kWh elektrik enerjisi üretme potansiyeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuçlar, özellikle büyükbaş hayvan atıklarından yıllık olarak retilbilecek biyogaz ve bu biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisinin, bölgedeki enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından elde edilebilecek enerji miktarları da göz önünde bulundurulduğunda, Artvin ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Ancak, ilin coğrafi koşulları nedeniyle nüfusun dağınık bir biçimde yerleşmiş olması ve hayvancılık faaliyetlerinin genellikle kırsal alanlarda aile tipi olarak yapılması, endüstriyel ölçekte hayvansal faaliyetlerin sınırlı kalması bu atıkların yönetimini zorlaştırmaktadır. Bu durum, hayvansal atıkların toplanması, taşınması ve işlenmesi süreçlerinde zorluklar yaratmakta, potansiyelin etkin bir şekilde değerlendirilmesini engelleyebilmektedir. Bu nedenle, Artvin'de hayvansal atıkların enerji üretiminde etkin kullanılabilmesi için kapsamlı ve entegre bir atık yönetim stratejisinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Artvin ilinde tarımsal faaliyetler büyük ölçüde küçük ölçekli aile çiftliklerinden oluşmaktadır. Bu durum, tarımsal üretim önemli ölçüde insan gücüne dayanmasına ve makineli tarım uygulamalarının neredeyse hiç bulunmamasına yol açmaktadır. Tarımsal faaliyetler genellikle oruh Nehri boyunca tarım arazilerinde yoğunlaşmıştır. Gübre ve zirai ilaç kullanımı ise oldukça sınırlıdır. Bu sınırlı kullanım, hem çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu bir etki yaratmakta hem de ürünlerin doğal kalitesini korumaya yardımcı olmaktadır. Ancak, modern tarım tekniklerinin eksikliği, verimlilik ve üretim kapasitesi açısından çeşitli zorluklar ortaya çıkarmaktadır (URL-9).

Ayrıca Artvin'in coğrafi yapısının engebeli olması ve tarım arazilerinin toplam yüzölçümü içerisindeki payının düşük olması, tarımsal üretimin sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Bu durum, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin büyük ölçüde kısıtlanmasına yol açmaktadır. Ancak, mikro klima iklim etkisi sayesinde Artvin'de çeşitli tarım ürünleri yetiştirilebilmektedir. Buna rağmen, tarım arazilerinin yetersizliği, bu ürünlerin endüstriyel ölçekte gelişmesini engellemekte ve tarımsal faaliyetlerin küçük ölçekli ve sınırlı miktarda yapılmasına neden olmaktadır. Karadeniz sahil kesiminde yer alan ilçelerde çay ve fındık tarımının yoğun olarak yapılması, bu bölgelerde tarımsal üretimi daha belirgin hale getirmektedir. Bu sebeple bu çalışmada, sadece çay ve fındık atıklarının enerji potansiyelleri araştırılarak değerlendirilmiştir.

Tarımsal atıkların enerji üretim potansiyeli konusunda yapılan literatür çalışması sonucunda, Artvin ilinde üretimi yapılan fındık ürününden yılda 1.728 ton fındık zurufu olduğu ve bu atıkların yaklaşık 1.152 ton kadarının pelet üretiminde kullanılabileceği hesaplanmıştır. Fındık üretim sürecinde ortaya çıkan budama atıklarının ise yılda 9.230 ton olduğu tespit edilmiş ve bu atıkların yaklaşık 1.140 ton kadarının pelet üretiminde değerlendirilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca, yapılan hesaplamalar, Artvin ilinde oluşan fındık atıklarının alt ısı değeri 4.151 kcal/kg ve fındık budama atıklarının alt ısı değeri 4.494 kcal/kg olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, Artvin gibi fındık üretiminin önemli olduğu bölgelerde, fındık zurufu atığının enerji üretimi için değerlendirilmesine yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Fındık zurufunun yüksek ısı değeri, bu atığın pelet olarak kullanımını ekonomik ve çevresel açıdan faydalı kılmaktadır. Bu kapsamda İl'de üretimi yapılan fındık ürününden oluşan atıkların pelet üretim tesislerinde ısı enerjisine dönüşümünde değerlendirilmesi gerekmektedir.

ÇAYKUR Genel Müdürlüğüne bağlı çay fabrikalarından elde edilen bilgilere göre, bu fabrikalarda oluşan çay atıklarının fabrikalarda doğrudan yakıldığı veya çiftçilere gübre amaçlı dağıtıldığı belirtilmiştir (Dok, 2014). Bu durum, çay atıklarının alternatif değerlendirme yöntemleri arasında yer alırken, enerji üretim potansiyelinin tam anlamıyla kullanılmadığını göstermektedir.

Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, Artvin ilinde yılda ortalama 3.300 ton çay atığı oluşmakta ve bu atıkların yaklaşık 2.640 tonu pelet üretiminde değerlendirilebilecek kapasitededir. Ayrıca,  ay atıklarının alt ısı değerinin 4.630 kcal/kg olduğu tespit edilmiştir.

 ay atıklarının mevcut yakma ve gübre olarak kullanma yöntemlerine ek olarak, pelet üretimi gibi alternatif enerji üretim yöntemlerinin değerlendirilmesi, atık yönetiminde daha verimli ve sürdürülebilir     mler sunabilir. Artvin ilindeki çay atıklarının enerji üretimi amacıyla değerlendirilmesi, mevcut uygulamaların yanı sıra, yenilikçi ve sürdürülebilir atık yönetim stratejilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu tür stratejiler, bölgenin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlayabilir.

Artvin ilinde oluşan orman atıklarının enerji potansiyeli üzerine yapılan literatür araştırması sonucunda, Artvin ilinde ortalama 10.253.238 kg orman atığı oluştuğu ve bu atıkların yaklaşık 51.266.190 kWh elektrik enerjisi üretim potansiyelinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Artvin ilinde oluşan bu orman atıklarının enerji değerini yaklaşık olarak 5.126.619 litre fuel-oil'e denk gelmektedir.

Bu veriler, Artvin ilindeki orman atıklarının enerji üretimi açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Orman atıklarının biyokütle ve pelet üretiminde kullanılması, hem yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanılmasını sağlayacak hem de atık yönetiminde sürdürülebilir     mler sunacaktır.

Artvin ilinde orman atıklarının enerji üretiminde değerlendirilmesi, bölgenin enerji ihtiya ını karşılamada önemli bir katkı sağlayabilir ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayabilir. Bu potansiyelin tam anlamıyla kullanılabilmesi için mevcut tesislerin verimli çalışmasının yanı sıra, ek yatırımlar ve stratejik planlamalarla orman atıklarının enerji üretiminde daha etkin bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, günümüzde  evre sorunları, özellikle de katı atık yönetimi, şehirlerin sürdürülebilir kalkınması için kritik bir öneme sahiptir. Bu,  evresel kirliliğin azaltılması, doğal kaynakların korunması ve insan sağlığının korunması açısından

büyük önem taşır. Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan Artvin ili, kendine özgü doğal güzellikleri ve biyoçeşitliliği ile tanınırken, katı atık yönetimi konusunda yeterli düzeyde olmadığı gözlemlenmektedir.

Artvin'in coğrafi yapısı ve turistik potansiyeli, bölgede artan nüfus ve ekonomik faaliyetlerle birlikte katı atık yönetimi sorunlarını artırmaktadır. Yetersiz atık toplama, geri dönüşüm altyapısının eksikliği ve atıkların uygun şekilde bertaraf edilememesi gibi faktörler, çevresel etkilerin artmasına ve doğal yaşam alanlarının zarar görmesine yol açmaktadır. Ayrıca, bu durum turizm endüstrisi üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak bölgenin ekonomik potansiyelini de sınırlamaktadır.

Artvin'in katı atık yönetimi sorunlarının çözümü için bölgesel ve yerel yönetimlerin daha etkin politikalar geliştirmesi, atık toplama ve geri dönüşüm altyapısının güçlendirilmesi, çevresel bilinçlendirme ve eğitim programlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca, yerel halkın, işletmelerin ve sivil toplum kuruluşlarının katılımıyla birlikte çevresel sürdürülebilirlik konusunda ortak çabaların teşvik edilmesi önemlidir. Bu çabalar, Artvin'in eşsiz doğal mirasını korumak ve bölgenin sürdürülebilir kalkınmasını desteklemek için hayati öneme sahiptir.

Ayrıca Artvin ilinde oluşan kentsel katı atıkların enerji üretiminde kullanılması, atık yönetimi sorunlarını azaltırken, fosil yakıtlara olan bağımlılığı da azaltabilir. Ayrıca, biyogaz üretimi sürecinde ortaya çıkan yan ürünler, tarımda gübre olarak kullanılabilir ve böylece tarımsal verimliliğe katkıda bulunabilir.

Bu tez çalışmasında kentsel katı atıklardan enerji potansiyeli elde edilmesi üzerine yapılmış çalışmalar değerlendirilmiş olup, elde edilen veriler ile ilk kez Artvin ilinde oluşabilecek yenilenebilir enerji miktarı ortaya konulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçların, katı atık yönetimi konusunda yapılacak akademik çalışmaların yanı sıra il yönetimi tarafından hayata geçirilecek projelere zemin hazırlaması yönünde katkı vermesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, M., 2015. Türkiye biyoatık potansiyeli ve değerlendirilmesi, Türk Tarım Dergisi, Temmuz-Ağustos 2015, 224: 50-53.
- Akpınar, N., 2006. Kentsel katı atıklardan enerji üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Alma, M.H. ve Çetin N.S., 2002. Orman foliagesi üzerinde etkili olan faktörler ve foliagenin kullanım yerleri, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Trabzon.
- Altınbaş, M., 2017. Bionergy recovery from organic wastes ders notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Aras, P., 2016. Artvin (merkez) entegre katı atık yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ardahan Belediyesi, 2013. Biyogaz ve enerji potansiyelinin araştırılmasına yönelik fizibilite çalışması, Fizibilite Raporu.
- Ardalı, Y., 2023. Kesimhane atıklarının yönetimi, Sıfır Atık Vizyonu ile Hayvansal Atıkların Yönetimi Çalıştayı, 05-06 Ocak 2023 Bolu.
- Arıkan, E., 2013. Çok kriterli karar verme teknikleri ile katı atık bertaraf etme teknolojisi seçimi ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, Milli Savunma Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Ayan, A., 2022. Biyokütle enerjisinin Türkiye'deki kullanım olanaklarının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Aybek, A., Üçok S., Bilgili M.E. ve İspir M.A., 2015. Kahramanmaraş ilinde bazı tarımsal atıkların biyogaz enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması, U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 29 (2): 25-37.
- Coşkun, M.C., 2015. Evsel atıktan enerji üretimi-Gaziantep örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Çolakoglu, B., 2018. Tarımsal atıkların alternatif kullanım alanları konusunda üretici eğilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- ÇŞİDB, 2022. Artvin ili 2022 yılı çevre durum raporu, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara.
- Demir, M., 2017. Kars ilinin biyokütle enerji potansiyeli ve kullanılabilirliği, Türk Coğrafya Dergisi 68:31-41.
- DOKAP, 2017. Düzenli depolama alanları için yer tespiti çalışması ve alternatif katı atık bertaraf sistemleri araştırma projesi, Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP) Çevre ve Turizm Koordinatörlüğü, Trabzon.
- Dok, M., 2014. Karadeniz bölgesinin tarımsal atık potansiyeli ve bunlardan pelet yakıt olarak yararlanılması, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, Samsun.
- Er, M., 2017. Konya bölgesi için alternatif biyokütle esaslı enerji sistemlerinin teknolojik değerlendirilmesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Güler, N., 2008. Kentleşme sürecinde katı atık yönetimi ve Kocaeli örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

- Gülşen, H., Akkuş, A., Yolun, A. ve Aslan, M., 2022. Adıyaman İlinin Katı Atıkların Elektrik Potansiyelinin Belirlenmesi, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi 25(3).
- Güney Ege Kalkınma Ajansı, 2012. Hayvansal atıklardan temiz enerjiye aydın atlası, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara.
- İlgar, R., 2016. Hayvan varlığına göre Çanakkale biyogaz potansiyelinin tespitine yönelik bir çalışma, Doğu Coğrafya Dergisi, 35: 89-106.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y. ve Kurt, R., 2011. Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13 (19): 63-75
- Kızılcıam, G., 2020. Türkiye’de atık yönetimi uygulamaları ve atıklardan enerji üretimi (Kocaeli-İzaydaş örneği), Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.
- Küsek, K., Güngör C., Öztürk HH. ve Akdemir Ş. 2015. Tarımsal artıklardan biyopelet üretimi, U. Ü. Ziraat fakültesi dergisi, 29 (2): 137-145.
- Mahini, A.S. ve Gholamalifard, M., 2006. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment, Iran.
- Mert R.A. ve Gökçek B.Ö., 2023. Niğde ilinin hayvansal ve tarımsal atık miktarlarının ve enerji potansiyelinin belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 39 (3).
- Pehlivan, E., Yazıcı, M. ve Güner, G., 2014. Endüstriyel katı atıklar ve geri kazanım, ISEM 2014 Adıyaman.
- Polat, F., 2018. Kentsel katı atıkların termal işlenmesinin enerji optimizasyonu, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Saraçoğlu, N., 2008. Modern enerji ormancılığı-ormanlardan biyokütle enerjisi üretimi ve çözümler, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Genel Müdürlüğü Toplantısı, Ankara.
- Sayıştay, 2007. Türkiye’de atık yönetimi-ulusal düzenlemeler ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi, Ankara.
- Sedef, M., 2016. Katı atık yönetimi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Solak, G. ve Pekküçükşen, Ş. 2018. Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi: karşılaştırmalı bir analiz, Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi.
- Şahin, C., 2014. Sinop ili kentsel katı atık toplama ve taşıma optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Şenol, H., Elibol E., Açikel Ü. ve Şenol M., 2017. Biyogaz Üretimi İçin Ankara’nın Başlıca Organik Atık Kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2): 15-28
- T.C. Resmi Gazete, 1983. Çevre kanunu. 2872, 11.08.1983, 1.
- Terzi, S. 2017. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye’de uygulanan çevre politikası araçlarının değerlendirilmesi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete, 2017. Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliği. 29959, 25.01.2017, 1-3.
- T.C. Resmi Gazete, 2010. Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelik. 27533, 26.03.2010, 1-5.
- T.C. Resmi Gazete, 2015. Atık yönetimi yönetmeliği. 29314, 02.04.2015, 1-7.
- T.C. Resmi Gazete, 2019. Sıfır atık yönetmeliği, 30829, 12.07.2019.
- T.C. Serhat Kalkınma Ajansı, 2022. Tra2 bölgesi biyokütle enerjisi atlası, Ankara.

- Toprak, H. 1998. Katı atık toplama, taşıma ve bertaraf sistemlerinin eniyilenmesi ve ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 265, İzmir.
- Uçar, Ö., 2022. Artvin ili katı atık toplama taşıma sisteminin optimizasyonu ve geri kazanım uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- URL-1. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle> (16 Ekim 2024, 10:27)
- URL-2. <https://usak.csb.gov.tr/motor-yagi-degisim-noktasi-moyden-izin-belgesi-duyuru-410441> (19 Ocak 2024, 13:45).
- URL-3. <https://artvin.csb.gov.tr/> (19 Ocak 2024, 14:00).
- URL-4. <https://eced-duyuru.csb.gov.tr/eced-prod/duyurular.xhtml> (22 Ocak 2024, 22:44).
- URL-5. <https://eizin.cevre.gov.tr/Rapor/BelgeArama.aspx#!> (24 Ocak 2024, 14:30)
- URL-6. <https://cygm.csb.gov.tr/atik-on-islem-ve-geri-kazanım-tesislerinin-genel-esaslarina-iliskin-yonetmelik-yayimlandi-duyuru-420471> (07 Mayıs 2024, 23:05)
- URL-7. <https://bepa.enerji.gov.tr/> (20 Mayıs 2024, 11:00)
- URL-8. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf> (02 Haziran 2024, 23:25)
- URL-9. <https://artvin.tarimorman.gov.tr/FotografGalerisi/Galeri001/faaliyet%20raporlar%C4%B1/2022%20%20Faaliyet%20Raporu.pdf> (12 Temmuz 2024, 23:05)
- URL-10. https://www.ogm.gov.tr/doguanadolu/yayinlarimiz-sitesi/Yayinlarimiz/Tek%20Yapraklar/09_Do%C4%9Fu%20Anadolu%20B%C3%B6lgesinde%20Sar%C4%B1cam.pdf (16 Temmuz 2024, 10:15)
- Vurdu, H. 1983. Potential of forest as an animal feed supplement, J. Forest Engineering 20:23-28
- Yaman, T., 2007. İstanbul'da kentsel katı atık yönetimi ve geri kazanım potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yıldız Ş., Saltabaş, F., Balahorli V., Sezer K. ve Yağmur K., 2009. Organik atıklardan biyogaz üretimi (biyometanizasyon) projesi – istanbul örneği, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yılmaz, A. ve Bozkurt, Y., 2010. Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi uygulamaları ve kütahya katı atık birliği (kükab) örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Y.2010.
- Yılmaz, M., 2019. Balıkesir ili evsel katı atıklarının bertarafında uygun termal yöntemin seçilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Zengin, Y., Çelik A., Dok, M. ve Çolak, S., 2019. Kavak odun atıklarından elde edilen peletlerin bazı yakıt özelliklerinin belirlenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 21 (1): 29-36

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :Kaya, Mustafa
Uyruğu :TC
Doğum tarihi ve yeri :
Medeni hali :
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

Atatürk Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği

2013

Yayınlar

.....

.....