



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ: HATAY İLİ GÖKÇEGÖZ KATI ATIK DÜZENLİ
DEPOLAMA SAHASI ÖRNEĞİ**

ALİ BİRECİK

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
ARALIK 2023



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ: HATAY İLİ GÖKÇEGÖZ KATI ATIK DÜZENLİ
DEPOLAMA SAHASI ÖRNEĞİ**

ALİ BİRECİK
ORCID: 0000-0002-5931-4827

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ömer EREN
ORCID: 0000-0003-4578-3187

HATAY
ARALIK 2023

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ: HATAY İLİ GÖKÇEGÖZ KATI ATIK DÜZENLİ
DEPOLAMA SAHASI ÖRNEĞİ**

ALİ BİRECİK
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Ömer EREN danışmanlığında hazırlanan bu tez 05/12/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer EREN
Başkan

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Üye

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Üye

Kod No: 1466

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

05/12/2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İMZA
Ali BİRECİK

ÖZET

KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: HATAY İLİ GÖKÇEGÖZ KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASI ÖRNEĞİ

Hatay ilinin Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında uygulanan katı atık yönetim sistemi, belediye atıklarının değerlendirilmesine cevap verirken, her faaliyet gibi çevre üzerinde de olumsuz bir etki oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Hatay ili Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasının mevcut durumu analiz edilmiştir. Sahaya katı atık getiren ilçe belediyelerinin organizasyon yapısı ele alınmış ve bu süreçte oluşan çevresel etkiler, yaşam döngüsü değerlendirilmesi yönteminden faydalanılarak saptanmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi kapsamında, katı atığın toplanması, taşınması, aktarma istasyonlarına iletilmesi ve düzenli depolama sahasında depolanması süreçleri sistem sınırlarına dahil edilmiştir. Fonksiyonel birim olarak 1 ton Belediye Katı Atığı (BKA) kabul edilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinde Lisanslı SimaPro 8.0.5.13 Analyst yazılımı kullanılarak CML-IA Baseline modeline göre 11 etki kategorisinde çevresel etkiler belirlenmiştir.

Hatay ili Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında (154341 m² alan) yılda 536998 ton BKA depolandığı saptanmıştır. Ayrıca, kişi başına yılda ortalama 0,55 ton atık üretildiği, bu atıkların % 56,30'unun organik atık olduğu ve en fazla atığın merkez ilçe olan Antakya ilçesinden taşındığı da belirlenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi normalleştirme sonuçlarına göre en fazla çevresel etkiye % 76,92 pay ile küresel ısınma (100 yıl) potansiyelinin sebep olduğu da saptanmıştır. Küresel ısınma potansiyeli (100 yıl) değeri, 1 ton_{BKA} başına 553,02 kg CO₂-eş olarak hesaplanmıştır. Son olarak küresel ısınma potansiyeli (100 yıl) değerini depolama sahasında bekletilen BKA'ların arttırdığı sonucuna varılmıştır.

2023, 50 sayfa

Anahtar Kelimler: Belediye Katı Atığı, Düzenli Depolama Sahası, Hatay, Türkiye, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi,

ABSTRACT

LIFE CYCLE ASSESSMENT for MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: A CASE of GÖKÇEGÖZ SOLID WASTE LANDFILL SITE in HATAY PROVINCE

While the solid waste management system implemented in Gökçeğöz landfill in Hatay province responds to the utilization of municipal waste, it also has a negative impact on the environment like any other activity. In this study, the current situation of Gökçeğöz landfill in Hatay province was analyzed. The organizational structure of the district municipalities that bring solid waste to the site is discussed and the environmental impacts that occur in this process are determined by using the life cycle assessment method. Within the scope of the life cycle assessment, solid waste collection, transportation, transfer to transfer stations and storage in the landfill are included in the system boundaries. 1 ton of Municipal Solid Waste (MSW) was accepted as the functional unit. In the life cycle assessment, environmental impacts were determined in 11 impact categories according to the CML-IA Baseline model using the licensed SimaPro 8.0.5.13 Analyst software.

It was determined that 536998 tons of MSW is stored in Gökçeğöz solid waste landfill (154341 m² area) in Hatay province. It was also determined that an average of 0.55 tons of waste is generated per person per year, 56.30% of this waste is organic waste, and most of the waste is transported from the central district of Antakya. According to the life cycle assessment normalization results, it was also determined that the global warming potential (100 years) caused the highest environmental impact with a share of 76.92%. The global warming potential (100 years) value was calculated as 553.02 kg CO₂-equivalent per 1 ton_{MSW}. Finally, it was concluded that the global warming potential (100 years) value was increased by the municipal solid waste kept in the landfill.

2023, 50 pages

Keywords: Municipal Solid Waste, Landfill, Hatay, Türkiye, Life Cycle Assessment

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ömer EREN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan HMKÜ Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve HMKÜ FBE Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Hatay Büyükşehir Belediyesi İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Dairesi Başkanlığı'na, isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	6
2.2. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan YDD Çalışmaları	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Belediye Katı Atıkları	11
3.1.2. SimaPro Yazılım Programı	13
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	19
4.1. Yaşam Döngüsü Envanter Verileri.....	19
4.1.1. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Veriler	19
4.1.2. İlçeler ile İlgili Toplanan Veriler	25
4.1.3. Aktarma İstasyonları ile İlgili Veriler	29
4.2. Deponi Gazı Üretimi	35
4.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi	37
4.4. Yorumlama	42
4.4.1. Küresel Etki.....	42
4.4.2. Bölgesel Etki	43
4.4.3. Yerel Etki	44
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Aylık Olarak Toplanan Envanter Verileri.....	15
Çizelge 3.2. CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri.....	16
Çizelge 4.1. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Atık Karakterizasyonu	19
Çizelge 4.2. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasına Atık Taşıyan İlçe Belediyelerinin 2021 Yılı Nüfusları, Atık Miktarları ve Kişi Başına Atık Miktarları....	20
Çizelge 4.3. Katı Atıkların taşımacılığında kullanılan araçların şekilleri ve adetleri	23
Çizelge 4.4. Antakya Belediyesi Verileri.....	26
Çizelge 4.5. Reyhanlı Belediyesi Verileri.....	26
Çizelge 4.6. Kırıkhan Belediyesi Verileri.....	27
Çizelge 4.7. Samandağ Belediyesi Verileri.....	27
Çizelge 4.8. Defne Belediyesi Verileri	28
Çizelge 4.9. Hassa Belediyesi Verileri.....	28
Çizelge 4.10. Altınözü Belediyesi Verileri	29
Çizelge 4.11. Yayladağı Belediyesi Verileri.....	29
Çizelge 4.12. Reyhanlı Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri	30
Çizelge 4.13. Kırıkhan Katı Atık Aktarma İstasyonuna Ait Veriler.....	31
Çizelge 4.14. Samandağ Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri	32
Çizelge 4.15. Hassa Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri	33
Çizelge 4.16. Yayladağı Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri	34
Çizelge 4.17. Deponi Gazı Bileşenlerinin %'lik Dağılımı.....	35
Çizelge 4.18. Enerji Üretim Tesisinin Bazı Finansal Göstergeleri	35
Çizelge 4.19. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında 1 ton _{BKA} Depolanması YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri	37
Çizelge 4.20. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında 1 ton _{BKA} Depolanması YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Hatay ilinde katı atık düzenleme depolama sahalarının bulunduğu ilçeler	11
Şekil 3.2. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası	12
Şekil 3.3. SimaPro Programı	13
Şekil 3.4. Hatay ili Gökçeğöz katı atık yönetim sistemi sistem sınırları	14
Şekil 4.1. Gökçeğöz düzenli depolama sahasına taşınan atıkların ilçelere göre dağılımı	21
Şekil 4.2. Aktarma istasyonlarına taşınan atıkların ilçelere göre dağılımı	21
Şekil 4.3. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama alanına atık taşıma haritası	22
Şekil 4.4. Atık taşımacılığında kullanılan konteynır tipleri	23
Şekil 4.5. İlçelere bağlı olarak araç tiplerine göre toplanan atığın dağılımı	24
Şekil 4.6. İlçe belediyeleri tarafından taşınan atık, alınan yol ve harcanan yakıt miktarları	24
Şekil 4.7. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasının vadi yerleşimi	25
Şekil 4.8. Reyhanlı katı atık aktarma istasyonu	30
Şekil 4.9. Kırıkhan katı atık aktarma istasyonu	31
Şekil 4.10. Samandağ katı atık aktarma istasyonu	32
Şekil 4.11. Hassa katı atık aktarma istasyonu	33
Şekil 4.12. Yayladağı katı atık aktarma istasyonu	34
Şekil 4.13. EPA LandGEM modeli ile gaz üretim oranları projeksiyonu	36
Şekil 4.14. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında oluşan deponi gazından üretilen enerjinin yıllara göre değişimi (ATYA, 2022)	36
Şekil 4.15. YDD sonucunda elde edilen karakterizasyon değerlerinin süreçlere göre dağılımı	38
Şekil 4.16. YDD sonucunda elde edilen normalleştirme değerlerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması.....	41
Şekil 4.17. Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	42
Şekil 4.18. Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı	43
Şekil 4.19. Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı	44

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ADD	:	Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
AI	:	Aktarma İstasyonu
AYY	:	Atık Yönetimi Yönetmeliği
BA	:	Belediye Katı Atığı
CML	:	Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Merkezi
DD	:	Düzenli Depolama
EPDK	:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ISO	:	International Standards Organization
YDD	:	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi



1. GİRİŞ

Çağlar boyunca doğadaki kaynakların dengeli kullanımı ile doğal yaşantının sürekliliği arasında bir bağlantı olmuştur (Kanbir ve Sandıkçioğlu, 2022). Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı hem ülkemizde hem de tüm dünyada insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, sürekli artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atıklarda hem miktar hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır (Kaçtıoğlu ve Şengül, 2010). Atığın doğru bir şekilde yönetilmesiyle ortaya çıkan çevresel sorunları minimuma indirmek mümkündür.

Atık aslında parasal olarak değeri olan bir çöptür. Türk Dil Kurumu çöpü, “yararsız, pis veya zararlı olduğu için atılan ufak tefek şeylerin hepsi” olarak tanımlanmaktadır. Çöp, daima insan kaynaklı bir üründür. Gittikçe artması ve dünyanın kendi kendine arıtma (otopürifikasyon) mekanizasyonu ile kendini temizleyememesi sonucunda çevresel olarak kirlenmeye sebep olmaktadır.

Atıklar; üretim, tüketim, kimyasal, fiziksel özellikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Buna göre atıklar genel olarak; katı atıklar, sıvı ve gaz atıklar, ambalaj atıkları, şeklinde sınıflandırılabilir. Katı atıklar; üreticisi tarafından istenmeyen insan ve çevre sağlığı açısından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ifade etmektedir. Kökeni ne olursa olsun (evsel, ticari ya da endüstriyel) atık; hammadde, yakıt ve suyun kullanımı sonrası kullanışlılığını yitirmesi ve dolayısıyla kişi için mali değerini kaybetmesi olarak ifade edilebilir (Read, 1999). Birleşmiş Milletler Çevre Programına göre (UNEP) katı atık, “Sahibinin istemediği, ihtiyacı olmadığı, kullanmadığı, arıtılması ve uzaklaştırılması gerekli maddeler” olarak tarif edilmektedir (Öztürk, 2010).

Katı atıklar aynı zamanda içerdikleri yüksek azot ve karbonun, mikrobiyel ayrışması ile özellikle metan ve CO₂ içeren sera gazlarının salımını yapabilirler. Doğal olarak çöp sahaları önemli miktarda sera gazı salımlarının kaynağı olarak kabul edilmektedir. Küresel ölçekteki sera gazı salımlarının yaklaşık olarak %5’i atık sektörüne atfedilmektedir (Bogner ve ark., 2008).

Kentsel katı atık, kentlerde üretilen hemen hemen bütün katı atıkları içine almaktadır. Kentler en çok atıkların üretildiği yerlerdir. Kırsal alanlarda ise atıklar kentlere oranla daha az ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni ise doğal yaşam ve tarıma dayalı tüketim ile dünyanın döngüsüne karışan atıklar üretmesidir. Kısaca, günümüzde atık sadece atıldığı yeri değil, tüm dünyayı etkiler duruma gelmiştir (Kanbir ve Sandıkçioğlu, 2022).

Nüfusun hızlı artışı, değişen sosyal yaşam koşulları, biyo-parçalanabilir olmayan ürünlerin geliştirilmesi ve kullanılması gibi etkenler atık üretiminin artmasına neden olmakta; bu da kentsel katı atık yönetimi için çözülmesi gereken problemleri ortaya çıkarmaktadır (Asase ve ark., 2009).

İnsanoğlunun doğal kaynakları bilinçsiz kullanmaları ve atıkları uygun bir şekilde bertaraf edememesi sonucunda, küresel ısınma, fotokimyasal oksidasyon, ozon tabakasının incilmesi, asitleşme, ötrofikasyon ve ekotoksikite gibi pek çok sorun daha da ortaya çıkmıştır. Bu etkilere bağlı olarak “sürdürülebilirlik” kavramı önemli olmaya başlamıştır (Poroy, 2019; Sonneman, 2004).

Sürdürülebilirlik, tanım olarak, üretim ve çeşitliliğin devamlılığı sağlanırken insanlığın yaşamının sürekli kılınabilmesidir. Başka bir ifadeyle, kendi ihtiyaçlarımızı, gelecek nesillerin kaynaklarını tüketmeden karşılayabilmemizdir. Diğer bir ifadeyle, ekosistemin tüm ortamlarda sistemin işleyişinde olumsuz değişiklikler oluşturmada, en iyi biçimde gelecek kuşaklara bırakılması prensibini içermektedir (Poroy, 2019; Meriç 2004).

Sürdürülebilirlik kapsamında oluşan atığın yönetilmesi gerekmektedir. Atık Yönetimi Yönetmeliğine göre; atık yönetimi atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrıştırılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetlerini kapsamaktadır. Atık yönetimi, atık oluşumunu önlemek, atığın çevre üzerindeki zararlı etkilerini, doğal kaynaklar ve hammadde tüketimini azaltmak açısından önemlidir (Kanbir ve Sandıkçioğlu, 2022).

Liamsanguan ve ark. (2008), kentsel katı atık yönetim sistemlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) metodunun faydalı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. YDD, bir üretim sürecinde beşikten mezara kadar

çevresel etkileri belirleyebildiğimiz bir metottur. Diğer bir ifade ile hammadde, enerji, yakıt vb. girdilerden üretim süreci sonunda elde edilen ürün, hizmet ve salınan emisyonlardan yola çıkarak bir üretim sürecinin çevresel etkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır.

YDD yaklaşımını tanımlamanın en iyi yolu 6 RE felsefesidir (UNEP, 2006):

- re-think / yeniden etraflıca düşünmek (ürün ve işlevinin ayrıntılı olarak analiz edilmesidir),
- re-duce / azaltmak (hammadde ve enerji tüketiminin en aza indirilmesidir),
- re-place / ikame etmek (geleneksel yöntemler yerine daha az zararlı ham maddeler ve enerji verimliliği yöntemlerinin tercih edilmesidir),
- re-cycle / geri dönüşüm (geri dönüştürülebilir malzemelerin tercih edilmesidir),
- re-use / yeniden kullanım (ürünün tekrar kullanılabilir şekilde tasarlanmasıdır),
- re-pair / onarmak (ürünün periyodik onarımlara uygun olarak tasarlanmasıdır).

YDD süreci ileri/geri beslemeli ve tekrarlanabilir olup, birbiriyle ilişkili 4 temel aşamadan oluşmaktadır (Eren, 2011). Bunlar;

1- Amaç ve Kapsam

Yönetimin ayrıntılı olarak belirlenip tanımlandığı aşamadır. YDD'nin ilk bileşeni olan bu aşamada, çalışmanın yapılma nedeninin, sonuçların kullanılacağı alanların ve ilgili tarafların açıkça ortaya konulması gerekmektedir. ISO 14040'a göre bu aşamada, çevresel etkileri değerlendirilecek olan ürün sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, fonksiyonel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanır. YDD çalışmasının yapısını oluşturan en önemli bölümdür.

Bu aşamada ürünün/sistemin çevresel yüklerinin belirlenmesi, ürünler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için öncelikle olarak fonksiyonel birimin tanımlanması gereklidir.

2- Yaşam Döngüsü Envanteri

Ürün veya sistemin kapsamlı ve eksiksiz olarak envanterinin ortaya çıkarıldığı aşamadır. Bu aşamada, veri toplamak için hazırlanma (veri toplama formlarının oluşturulması), veri toplama işlemi (kayıtların tutulması, gizlilik ilkelerine uyulması vb. gibi), hesaplama yöntemleri ve toplanan verilerin fonksiyonel birimle ilişkilendirilerek envanterlerin ortaya çıkarılması üzerinde durulmaktadır. ISO 14040'a göre bu aşamada,

bir üretim sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili veri toplama ve hesaplama yöntemleri oluşturulur ve sistem sınırları kesinleştirilir.

YDD yöntemi ileri/geri beslemeli olduğu için, veri toplamada bir sorun çıktığında veya yeni veri toplama yöntemi geliştirmek gerektiğinde, yaşam döngüsü envanteri aşamasına göre, yeniden YDD yönteminin amaç ve kapsam tanımları değiştirilebilir.

3- Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Ürün veya sistemin çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerini tahmin etmek için hesaplamaların yapıldığı aşamadır. Bu aşamada, yaşam döngüsü envanterinden elde edilen sonuçlara göre, ürünlerin potansiyel çevresel etkileri hesaplanır. ISO 14040'e göre bu aşamada, zorunlu ve zorunlu olmayan elemanlar tanımlanmalı ve eleman akışları oluşturulmalıdır.

Zorunlu elemanlar, etki kategorilerinin seçimini, kategori göstergelerinin saptanmasını ve tanımlama modellerinin oluşturulmasını kapsamaktadır. ISO 14047'ye göre, girdiyle ilişkili 2 adet, çıktıyla ilişkili de 6 adet kategori tanımlanmaktadır. Bunlardan girdi ilişkili kategoriler; abiyotik kaynakların ve biyotik kaynakların azalmasıdır. Çıktılarla ilişkili kategoriler ise; iklim değişikliği, stratosferik ozon azalması, asitleşme, fosfat kirlenmesi, insan zehirlenmesi ve ekotoksitesidir.

Bu aşamanın sonuçlarını ayrıntılı olarak sunmak için zorunlu olmayan elemanlar kullanılabilir. Bu elemanlar, normalleştirme, gruplandırma ve ağırlıklandırmayı kapsamaktadır. Normalleştirme, kategori gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında; gruplandırma, etki kategorilerinin niteliklerine göre sınıflandırılması veya derecelendirilmesinde; ağırlıklandırma ise değer ölçütlerine dayanan sayısal katsayılar kullanılarak etki kategorilerinin sonuçlarının tek boyutlu bir değere dönüştürülmesinde kullanılır.

4- Yorumlama

Ürün veya sistemin yaşam döngüsü etki değerlendirme sonuçlarının bulgularının tartışıldığı, değerlendirildiği ve mevcut iyileştirme potansiyellerinin belirlendiği aşamadır. YDD'nin son bileşeni olan bu aşamada, çalışmadaki kısıtları açıklamak, yaşam döngüsü envanter analizi ve yaşam döngüsü etki değerlendirme bulgularına dayalı sonuçları çözümlemek, ulaşılan sonuçlar ve önerileri şeffaf bir rapor haline getirerek çalışmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır. ISO 14040'a göre bu aşamada, konuların tanıtımı, değerlendirilmesi, eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlanır.

YDD yöntemi bu bağlamda katı atık yönetim sistemlerinin seçimine veya kaynak kullanımına öncelik veren stratejik kararlar için bir karar verme girdisi olarak kullanılabilir. Özellikle de düzenli depolama faaliyetlerinin potansiyel çevresel etkilerini değerlendirmek için kapsamlı bir şekilde uygulanabilir (Çetinkaya ve ark., 2018).

Bu çalışma Hatay ili Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası ile ilgili katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etkilerin analiz edilmesi ve bu etkileri azaltmaya yönelik yapılması gerekenlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Hatay ilinin Antakya, Defne, Kırıkhan, Reyhanlı, Hassa, Kumlu, Altınözü, Yayladağı ve Samandağ ilçelerini kapsayan katı atık yönetim modeli için YDD yapılmıştır. Kentsel katı atığın mevcut yönetim modeli içerisindeki toplama, taşıma ve düzenli depolama süreçleri sonucunda oluşturduğu çevresel etkiler, etki kategorileri bazında saptanmıştır. Bu çalışma kapsamında gerçek veriler kullanıldığından, yerel şartlara uygun bir değerlendirme yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatür araştırmaları sırasında Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi ile ilgili birçok çalışmaya rastlanılmıştır.

Yetiş ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarında, Bitlis ilinin katı atık yönetim sistemini incelemişlerdir. Bitlis ilinde günlük olarak yaklaşık 145 ton atık üretildiğini ve bu atıkları Bitlis ili ve ilçelerinin de dahil olduğu "Bitlis İli, İlçeleri ve Beldeleri Katı Atık Bertaraf Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği'ni (Bİ-KA) kuran ve üye olan belediyeler tarafından toplandığını, taşındığını ve Bİ-KA tarafından kurulan “Bitlis Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi” nde bertaraf edildiğini ifade etmişlerdir.

Gündüzalp ve Güven (2016) yaptıkları çalışmalarında, Çankaya belediyesinin katı atık yönetim sistemini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında; atık çeşitlerine, atık yönetimine ve geri dönüşüme dikkatleri çekmişler ve Çankaya Belediyesi’nin geri dönüşüm projeleri olan “Ambalaj Atıkları Geri Kazanım”, “Cam Atıkların Kaynağında Ayrı Toplanması” ve “Bitkisel Yağlar Atık” Projelerini tanıtmışlardır.

Demirarslan ve Başak (2018) yaptıkları çalışmalarında, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon illerindeki katı atık yönetim sistemlerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında nüfus sayılarını ve atık miktarlarını, Türkiye İstatistik Kurumu internet sitesi ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İl Müdürlükleri tarafından hazırlanan İl Çevre Durum Raporlarından toplamışlardır. Günlük kişi başına ortalama belediye atık miktarlarını 2016 yılı için sırasıyla 1,13 kg/kişi, 0,77 kg/kişi, 1,17 kg/kişi, 0,89 kg/kişi, 0,96 kg/kişi, 1,15 kg/kişi ve 0,79 kg/kişi olarak hesaplamışlardır.

Solak ve Pekküçükşen (2018) yaptıkları çalışmalarında, Türkiye’de 47 belediyede katı atık yönetim hizmetlerinin nasıl yönetildiği, konuyla ilgili yapılan çalışmaların ve projelerin neler olduğu ve yönetsel sorunları tespit etmeye çalışmışlardır. Türkiye’de kentsel katı atıklar hala sürdürülebilir kaynaklar olarak kabul edilmediklerini ve katı atıklar olarak değerlendirilmedikleri sonucuna varmışlardır. Mevcut sorunların çözümü ile ilgili en önemli girişimin katı atık yönetimi için oluşturulan birlikler olduğunu ifade etmişlerdir.

Ömürbek ve ark. (2019) yaptıkları çalışmalarında, Türkiye’de faaliyet gösteren 130 devlet üniversitesi ve 73 özel üniversite olmak üzere toplamda 203 Üniversitenin web sayfaları üzerinden çevre yönetimi, atık yönetimi, sıfır atık projesi kapsamında verdiği bilgiler ve yürüttüğü çalışmalar doğrultusunda üniversitelerin katı atık yönetimini araştırmışlardır. Çalışmada, araştırılan üniversitelerden sadece 52’sinde yürütülen çalışmalara ulaşmışlardır. Genel olarak üniversitelerin sıfır atık projelerini başlattıklarını fakat web sayfalarında yeterli açıklamalarının olmadığını tespit etmişlerdir. Özellikle devlet üniversitelerine göre vakıf üniversitelerinde sıfır atık çalışmaları hakkında bilgiye daha az rastlamışlardır.

Bekmezci ve Çetin (2020) yaptıkları çalışmalarında, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi ve bağlı belediyelerdeki evsel katı atıkların miktarlarını, yönetimini ve geri dönüşüm uygulamalarını, Türkiye İstatistik Kurumu ve Belediyelerden elde ettikleri verileri baz alarak değerlendirmişlerdir. Eskişehir’de 15 belediyede nüfusun % 99,2’sine atık toplama hizmeti verildiğini, günlük atık miktarının yaklaşık olarak 800 ton olduğunu bildirmişlerdir. Eskişehir’de 19 adet geri dönüşüm tesisi, 14 adet toplama ayırma tesisi ve 12 adet toplama ayırma ve geri dönüşüm tesisi bulunduğunu da belirtmişlerdir. Ayrıca en büyük sorunun atıkların ayrı toplanamaması olduğunu bildirmişler ve Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nin bu konuda farkındalığı artırmak üzere çok sayıda eğitim ve bilgilendirme kampanyaları yürüttüğünü de ifade etmişlerdir.

Kanbir ve Sandıkçıoğlu (2022) yaptıkları çalışmalarında, Siirt ilinin kentsel katı atık yönetim sistemini incelemişlerdir. Siirt’te geri kazanım faaliyetlerinin ve çevre bilincinin 2017 yılı öncesine göre arttığını saptamışlardır. Yaptıkları SWOT analizine göre, halkın geri dönüşüme yönelik farkındalık seviyesinin düşük olmasının tehdit oluşturduğunu belirlemişlerdir.

2.2. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Yapılan YDD Çalışmaları

Literatür araştırmaları sırasında Türkiye’de kentsel katı atık yönetiminin YDD’si ile ilgili birçok çalışmaya rastlanılmıştır.

Ozeler ve ark. (2006) yaptıkları çalışmalarında, Ankara ilinin kentsel katı atık yönetim sisteminin çevresel etkilerini saptamak için 5 farklı senaryo hazırlayarak YDD analizi yapmışlardır. Bu senaryolara göre sistem sınırlarını; Senaryo 1’e göre toplama,

taşıma ve düzenli depolama, Senaryo 2'ye göre kaynağında azaltım, toplama, taşıma ve düzenli depolama, Senaryo 3'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi ve düzenli depolama, Senaryo 4'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi, yakma ve düzenli depolama ve son olarak Senaryo 5'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi, anaerobik çürütme ve düzenli depolamadan oluşturmuşlardır. Sonuçta küresel ısınma potansiyeli değerlerini sırasıyla 5475,89 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 4523,79 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 5303,91 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 6639,83 kg CO₂-eş/ton_{BKA} ve 3245,01 kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır. Küresel ısınma potansiyeli değerleri açısından Senaryo 5'in en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Bütün sonuçlara göre değerlendirdiklerinde Senaryo 2'nin Ankara ili için en uygulanabilir kentsel katı atık yönetimi olduğunu saptamışlardır.

Banar ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarında, Eskişehir ili için optimum kentsel katı atık yönetim stratejisini geliştirmek için 5 farklı senaryo hazırlayarak YDD analizi yapmışlardır. Bu senaryolara göre sistem sınırlarını; Senaryo 1'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 7,5'i) ve düzenli depolama (atığın % 92,5'i), Senaryo 2'ye göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 15'i) ve düzenli depolama (atığın % 85'i), Senaryo 3'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 15'i), kompostlama (atığın % 75'i) ve düzenli depolama (atığın % 8'i), Senaryo 4'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 15'i), yakma (atığın % 85'i) ve düzenli depolama ve son olarak Senaryo 5'e göre toplama, taşıma, yakma (atığın % 100'ü) ve düzenli depolamadan oluşturmuşlardır. Sonuçta küresel ısınma potansiyeli değerlerini sırasıyla 6990 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 6950 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 1360 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 1370 kg CO₂-eş/ton_{BKA} ve 1510 kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır. Küresel ısınma potansiyeli değerleri açısından Senaryo 3'ün en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Bütün sonuçlara göre değerlendirdiklerinde Senaryo 3'ün Eskişehir ili için en uygulanabilir kentsel katı atık yönetimi olduğunu saptamışlardır.

Yay (2015) yaptığı çalışmada, Sakarya ilinin kentsel katı atık yönetimi sisteminin çevresel etkilerini saptamak için 5 farklı senaryo hazırlayarak YDD analizi yapmıştır. Bu senaryolara göre sistem sınırlarını; Senaryo 1'e göre toplama, taşıma ve düzenli depolama, Senaryo 2'ye göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 40'ı) ve düzenli depolama (atığın % 60'ı), Senaryo 3'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi (atığın % 40'ı), kompostlama ve düzenli depolama, Senaryo 4'e göre toplama, taşıma, yakma ve düzenli depolama ve son olarak Senaryo 5'e göre toplama, taşıma, geri

kazanım tesisi (atığın % 40'ı), kompostlama, yakma ve düzenli depolamadan oluşturmuşlardır. Sonuçta küresel ısınma potansiyeli değerlerini sırasıyla 1840 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 512 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, -874 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, 346 kg CO₂-eş/ton_{BKA} ve -1030 kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır. Küresel ısınma potansiyeli değerleri açısından Senaryo 5'in en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Senaryo 3 ve 5'te kompost üretiminin küresel ısınma potansiyeline olumlu bir etki yaptığını da saptamışlardır. Bütün sonuçlara göre değerlendirdiklerinde Senaryo 5'ün Sakarya ili için en uygulanabilir kentsel katı atık yönetimi olduğunu saptamışlardır.

Çetinkaya ve ark (2018) yaptıkları çalışmalarında, Aksaray ili için en iyi kentsel katı atık yönetim stratejisini belirlemek için YDD analizi yapmışlardır. Mevcut atık yönetim sistemine alternatif olarak dört farklı senaryo geliştirmişler ve en iyi çevresel çözüm için değerlendirmişlerdir. %75 düzenli depolama ve %25 kompostlama senaryosunu, insan sağlığı ve çevresel etki açısından en iyi sonuçları sağladığını saptamışlardır.

Poroy (2019) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, Bursa ilinde kentsel katı atık yönetim sisteminin çevresel etkilerini saptamak için YDD analizi yapmıştır. Çalışmasının sonucunda Bursa'da bir yılda deponi gazından enerji üretim tesisiyle azaltılan toplam emisyonun yaklaşık 0,5 milyon ton CO₂-eş düzeyinde, bir yılda depolama yoluyla bertaraf edilen kentsel atığın küresel ısınmaya olumlu katkısının ise yaklaşık 44 milyon ton CO₂-eş düzeyinde olduğunu saptamıştır.

Irbaş ve Dadaşer ÇELİK (2021) yaptıkları çalışmalarında, Kayseri İli Melikgazi İlçesi'nde evsel katı atık yönetimi için seçilmiş alternatif yaklaşımları YDD analizi ile incelemişlerdir. Katı atık yönetim alternatifleri olarak dört adet senaryo belirlemişlerdir. Senaryo 1 atıkların toplanması, depo sahasına taşınması ve düzenli depolanmasını içermektedir, Senaryo 2'de geri dönüşebilir atıklar kısmen kaynakta ayrıştırılmakta ve kalan atıklar ise düzenli depo sahasına taşınarak, depolanmaktadır, Senaryo 3'te geri dönüşebilir atıkların tamamı kaynakta ayrıştırılmakta ve diğer atıklar ise düzenli depo sahasına taşınmakta ve depolanmaktadır ve son olarak Senaryo 4'te ise geri dönüşebilir atıkların tamamının kaynakta ayrıştırılması sonrası kalan atıkların %50'si kompostlama ve %50'si düzenli depolama ile bertaraf edilmektedir. Melikgazi Belediyesi için Senaryo 3 ve Senaryo 4'ün hem enerji tüketimi hem de çevresel etkileri açısından diğer alternatiflere göre daha avantajlı olduğunu tespit etmişlerdir. Geri dönüşebilir atıkların

kaynakta ayrıştırılmasının çevresel etkilerin azaltılmasında etkili olduğunu saptamışlardır. Son olarak kompostlama uygulamasının düzenli depolamaya nispeten daha az çevresel etki oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

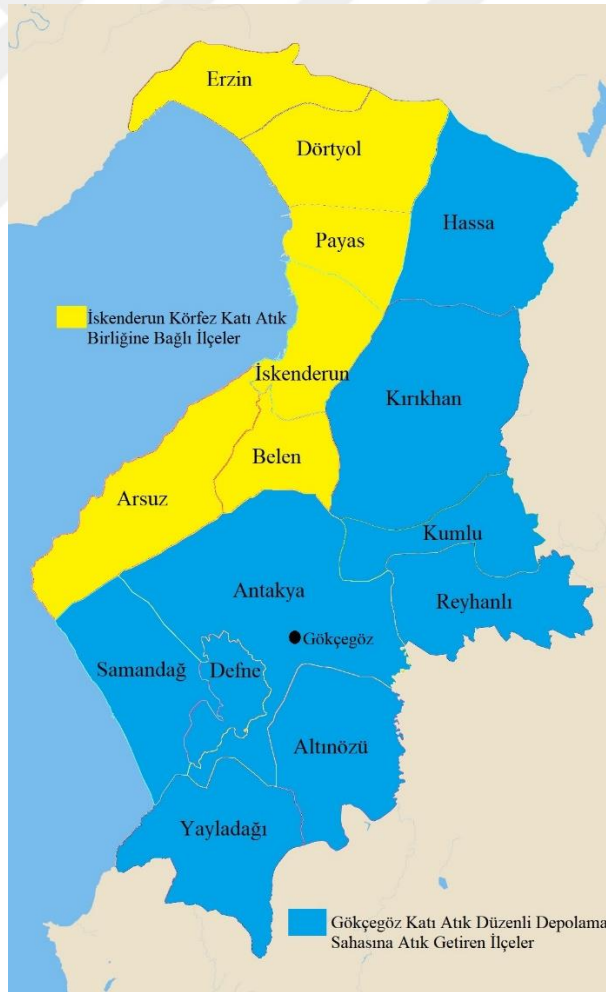
Özer ve Yay (2021) yaptıkları çalışmalarında, Kırklareli ilinde kentsel katı atık yönetim sisteminin çevresel etkilerini saptamak için 5 farklı senaryo hazırlayarak YDD analizi yapmışlardır. Bu senaryolara göre sistem sınırlarını; Senaryo 1'e göre toplama, taşıma ve düzenli depolama, Senaryo 2'ye göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi, biyometanizasyon ve düzenli depolama, Senaryo 3'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi, biyometanizasyon, yakma ve düzenli depolama ve son olarak Senaryo 4'e göre toplama, taşıma, geri kazanım tesisi, yakma ve düzenli depolamadan oluşturmuşlardır. Sonuçta küresel ısınma potansiyeli değerlerini sırasıyla 634 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, -138,2 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, -108,2 kg CO₂-eş/ton_{BKA} ve 188 kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır. Küresel ısınma potansiyeli değerleri açısından Senaryo 2'nin en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Senaryo 2 ve 3'te biyometanizasyonun küresel ısınma potansiyeline olumlu bir etki yaptığını da saptamışlardır. Bütün sonuçlara göre değerlendirdiklerinde Senaryo 2'nin Kırklareli ili için en uygulanabilir kentsel katı atık yönetimi olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Belediye Katı Atıkları

Hatay ilinde halihazırda iki adet katı atık düzenli depolama sahası bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bunlardan biri altı ilçeye (Arsuz, Belen, Dört Yol, Erzin, İskenderun ve Payas) hizmet veren İskenderun Körfez Katı Atık Birliğine ait katı atık düzenli depolama sahası, diğeri ise dokuz ilçeye (Antakya, Altınözü, Defne, Kırıkhan, Kumlu, Hassa, Reyhanlı, Samandağ ve Yayladağı) hizmet veren Antakya'daki Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Hatay ilinde katı atık düzenleme depolama sahalarının bulunduğu ilçeler



Şekil 3.2. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası

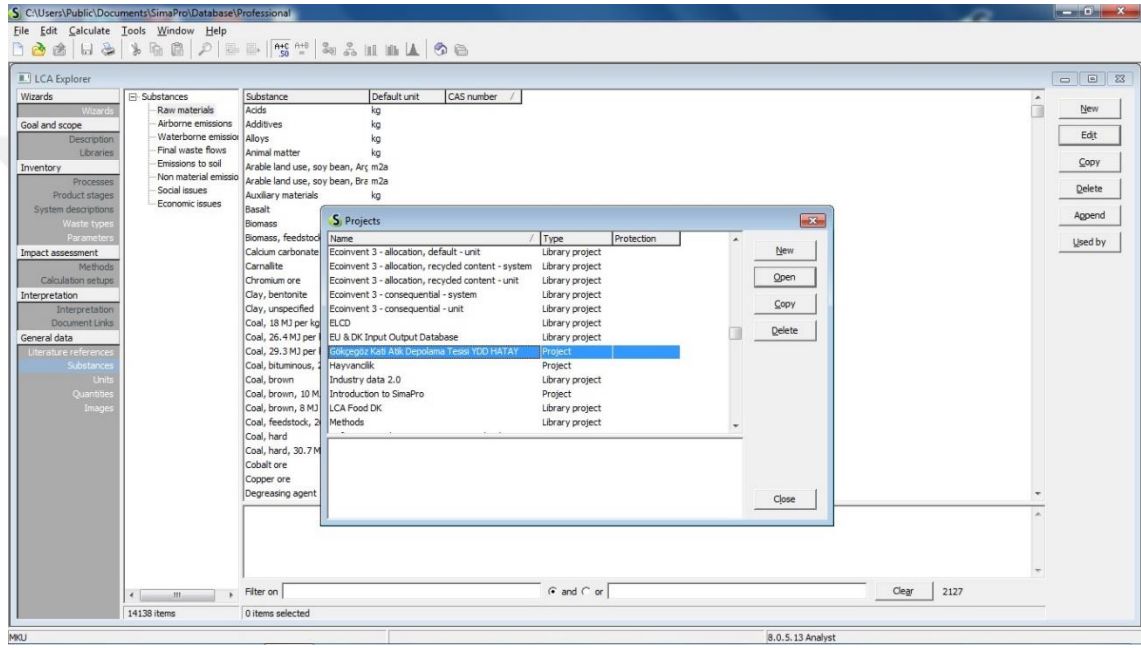
Hatay ilinin Antakya ilçesinde bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına gelen belediye katı atıkları, çalışmamızın ana materyalini oluşturacaktır. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında 2021 yılında yaklaşık bertaraf edilen günlük ortalama atık miktarı 1489 tondur. Ayrıca, bu sahada bulunan biyogaz elektrik enerjisi üretim tesisinden yılda ortalama 33220 MWh elektrik enerjisi de üretilmiştir (HBB, 2021).

Belediye katı atıkları, kâğıt -karton, cam, pet, poşet, plastik, metal, organik atık, elektrik-elektronik, tehlikeli atıklar, bahçe atıkları, diğer yanabilir ve diğer yanmayan atıklardan oluşmaktadır.

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına, belediye katı atıkları, Antakya, Altınözü ve Defne ilçelerinden direkt, Hassa, Kırıkhan, Reyhanlı, Samandağ ve Yayladağı ilçelerinden ise bu ilçelerde bulunan aktarma istasyonlarından gelmektedir. Washburn (2011) aktarma istasyonlarını, atıkların depolama sahası veya geri kazanım tesisi gibi nihai bertaraf alanlarına aktarılması için, küçük boyuttaki toplama araçlarından daha büyük nakliye araçlarına aktarıldığı önemli bir atık yönetim sistem bileşeni olarak tanımlamaktadır.

3.1.2. SimaPro Yazılım Programı

Hatay ili Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası ile ilgili katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etkilerin YDD ile saptanabilmesi amacıyla lisanslı SimaPro 8.0.5.13 Analyst programından faydalanılmıştır (Şekil 3.3). Sistemde kullanılan araçlara ve tüketilen yakıt miktarlarına bağlı olarak hesaplanan veriler, programa girilerek çevresel etki değerlendirme analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. SimaPro Programı

SimaPro (PRe Consultants, Hollanda), birçok ülkede hem endüstri hem de akademide YDD çalışmalarında en fazla tercih edilen programlardan birisidir. Birçok veri tabanına sahip olmasının yanında özellikle Ecoinvent veri tabanına sahip olması ve bu veri tabanlarının daima güncel olması tercih edilmesindeki en etkili unsurlardan biridir.

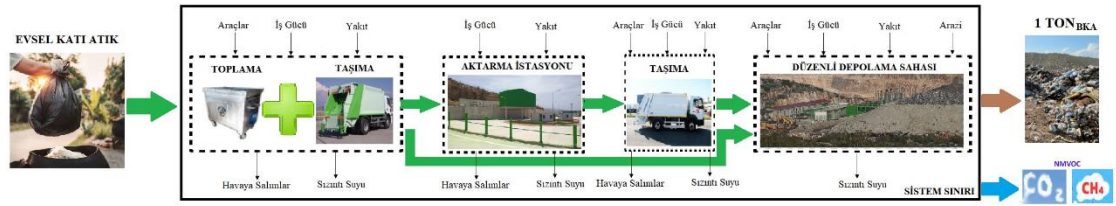
3.2. Yöntem

3.2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Katı atık yönetiminin çevresel etkilerini belirlemede yaşam döngüsü değerlendirme yönteminden faydalanılmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi 4 aşamadan oluşmuştur.

3.2.1.1 Amaç ve Kapsam

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin ilk aşamasıdır. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası ile ilgili katı atık yönetiminin çevresel etkilerini belirlemek ve olası çevresel etkileri azaltmak için alınması gereken önlemleri saptamak yaşam döngüsü değerlendirmesinin amacı olmuştur. Şekil 3.4’de verilmiş olan sistem sınırları içinde toplama-taşıma, aktarma istasyonu ve düzenli depolama sahası aşamalarını kapsamıştır.



Şekil 3.4. Hatay ili Gökçeğöz katı atık yönetim sistemi sistem sınırları

Buna göre Hatay ili Gökçeğöz katı atık yönetim sistemini oluşturan tüm alt sistemler tek tek ele alınarak çevresel yükleri ve etkileri belirlenmiştir.

Fonksiyonel birim sistem sınırları belirlenmiş olan yaşam döngüsü değerlendirmesi yönteminde hesaplamada kolaylıklar sağlamaktadır. Yaşam döngüsü sürecinde farklı materyallerdeki girdilerin tek bir birimde bütünsel olarak değerlendirilmesini de sağlayabilmektedir. Bu birim özelinde çevresel etkiler hesaplanmaktadır. Bu çalışma için fonksiyonel birim, Hatay ili Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına getirilen **1 ton belediye katı atığı (BKA)** olarak kabul edilmiştir. Sistem içerisindeki girdilerin (Belediye katı atıkları, nakliye ve yakıt) tüketim miktarları fonksiyonel birim olarak değerlendirilerek, bu girdiler çıktılarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

3.2.1.2 Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Envanter analizi yapmak amacıyla Hatay Büyükşehir Belediyesi İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Dairesi Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü ile ortak yürütülen çalışma kapsamında, Gökçeğöz Katı Atık düzenli depolama tesisi ve aktarma istasyonları ile ilgili envanter verileri toplanmıştır. Ayrıca, Hatay ilinin ilçe belediyelerinin görevlileri ile yüz yüze görüşme gerçekleştirilip ilçe belediyeleri ile ilgili toplama ve taşıma verileri de elde edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Aylık Olarak Toplanan Envanter Verileri

Aşama	Veri	Birim
Toplama, Taşıma ve Aktarma istasyonu	Hizmet edilen nüfus sayısı	Adet
	Çalışan kişi sayısı	Adet
	Toplanan atık miktarı	Ton
	Konteyner sayısı	Adet
	Araç tipi	-
	Araç sayısı	Adet
	Araç sefer sayısı	Adet
	Katedilen mesafe	Km
	Yakıt türü	dizel/benzin
	Yakıt miktarı	L
	Sızıntı suyu hacmi	m ³
Depolama	Depolama alanı	Ha
	Çalışan kişi sayısı	Adet
	Depolanan atık miktarı	Ton
	İş makinası sayısı	Adet
	İş makinası yakıt miktarı	L
	Toprak örtü miktarı	Ton
	Enerji gideri	kWh
	Su gideri	m ³
	Sızıntı suyu hacmi	m ³

3.2.1.3 Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü envanter analizi aşamasında sisteme giren belediye katı atığı, nakliye, yakıt vb. bileşenleri ile sistemden çıkan bileşenler fonksiyonel birim bazına indirilerek ilişkilendirilip sonra bu elde edilen verilerin doğal kaynakların tüketimi, insan sağlığı ve çevreye olan etkileri bu aşamada incelenmiştir.

Bu çalışmada, 2001 yılında, Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Merkezi (CML) öncülüğünde bir grup bilim insanı tarafından yaşam döngüsü etki değerlendirme aşaması için geliştirilen etki kategorisi ve karakterizasyon metodolojisi olan CML-IA baseline modelinden (Çizelge 3.2) faydalanarak etki değerlendirmesi yapılmıştır.

Çizelge 3.2. CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri

Etki Kategorisi	Karakterizasyon Birimi
Abiyotik tükenme	kg Sb-eş
Abiyotik tükenme (fosil yakıtlar)	MJ
Küresel ısınma (100 yıl)	kg CO ₂ -eş
Ozon tabakasının incilmesi	kg CFC11-eş
İnsan toksisitesi	kg 1.4-DB-eş
Tatlı su ekotoksisitesi	kg 1.4-DB-eş
Deniz ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş
Karasal ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş
Fotokimyasal oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş
Asidifikasyon	kg SO ₂ -eş
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş

SimaPro veri tabanı kılavuzu (PRé Sustainability, 2022), CML-IA baseline modeline göre belirlenen etki kategorilerini aşağıdaki şekilde tanımlamıştır;

Abiyotik tükenme, atıkların doğada mikroorganizmaların etkisi olmaksızın, kimyasal, fiziksel veya biyolojik süreçlere maruz kalarak parçalanma sürecidir. Bu etki kategorisi insan refahı, insan sağlığı ve ekosistem sağlığının korunması ile ilgilidir. Bu etki kategorisi göstergesi, sistemdeki girdiler nedeniyle minerallerin çıkarılmasıyla ilgilidir. Abiyotik tükenme potansiyeli minerallerin her kg ekstraksiyonu başına kg antimon eşdeğeri olarak ifade edilir. Konsantrasyon rezervlerine ve birikim azaltma oranına dayalı olarak belirlenir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı küresel ölçektedir.

Abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), fosil yakıtların doğal olmayan ortamlarda, özellikle mikroorganizmaların etkisi olmaksızın yavaş bir şekilde kimyasal olarak parçalanma sürecidir. Bu etki kategorisi insan refahı, insan sağlığı ve ekosistem sağlığının korunması ile ilgilidir. Bu etki kategorisi göstergesi, sistemdeki girdiler nedeniyle fosil yakıtların çıkarılmasıyla ilgilidir. Abiyotik tükenme (fosil yakıtlar) potansiyeli kg emisyon başına MJ olarak ifade edilir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı küresel ölçektedir.

Küresel ısınma (100 Yıl), bir gazın atmosferde kalma süresi boyunca diğer gazlara kıyasla sera etkisi yaratma yeteneğini ölçen bir parametredir, genellikle karbon dioksit ile karşılaştırılarak ifade edilir. Bu etki kategorisi ekosistem sağlığı, insan sağlığı ve maddi refah üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. 100 yıllık zaman ufku için küresel ısınma potansiyeli, kg emisyon başına kg karbondioksit eşdeğeri olarak ifade edilir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı küresel ölçektir.

Ozon tabakasının incelmesi, ozon tabakasının stratosferdeki ozon gazlarının incelmesi veya delinmesi, UV ışınlarının yeryüzüne daha fazla ulaşmasına neden olabilir. Bu etki kategorisinin insan sağlığı, hayvan sağlığı, karasal ve sucul ekosistemler, biyokimyasal döngüler ve malzemeler üzerinde zararlı etkileri olabilir. Bu kategori çıktılarla ilgilidir ve küresel ölçektir. Ozon tabakasının incelmesi potansiyeli kg emisyon başına kg CFC-11 eşdeğeri olarak ifade edilir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı küresel ölçektir. Zaman aralığı sonsuzdur.

İnsan toksisitesi, kimyasal atıkların su, toprak veya hava yoluyla çevreye salınması sonucu oluşan zehirlenme durumudur. Bu etki kategorisi zehirli maddelerin insan çevresi üzerindeki etkileriyle ilgilidir. Çalışma ortamında maruz kalınan sağlık riskleri dahil edilmez. Her bir toksik madde için kg emisyon başına 1,4-diklorobenzen eşdeğeri olarak ifade edilir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı bir maddenin akıbetini belirler ve yerel ile küresel ölçek arasında değişebilir.

Tatlı su ekotoksisitesi, tatlı su ekosistemlerinde yaşayan canlıların çevresel toksinlere maruz kalması sonucu oluşan toksik etkileri ifade eder. Bu etki kategorisi göstergesi, havaya, suya ve toprağa toksik madde emisyonlarının bir sonucu olarak tatlı su ekosistemleri üzerindeki etkiyi ifade eder. Her bir toksik madde için kg emisyon başına 1,4-diklorobenzen eşdeğeri olarak ifade edilir. Bu göstergenin coğrafi kapsamı küresel/kıtasal/bölgesel ve yerel ölçekte geçerlidir. Zaman aralığı sonsuzdur.

Deniz ekotoksisite, deniz ekosistemlerinde yaşayan organizmaların çevresel toksinlere maruz kalması sonucu oluşan toksik etkileri tanımlamaktadır. Tatlı su ekotoksisitesi etki kategorisi ile benzer özellikler gösterir.

Karasal ekotoksisite, kara ekosistemlerinde yaşayan canlıların çevresel toksinlere maruz kalması sonucu oluşan toksik etkileri ifade eder. Tatlı su ekotoksisitesi etki kategorisi ile benzer özellikler gösterir.

Fotokimyasal oksidasyon, güneş ışığı altında atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan sis oluşumuna neden olan bir süreci tanımlamaktadır. Foto-oksidan oluşumu, insan sağlığına ve ekosistemlere zarar veren ve aynı zamanda ürünlere de zarar verebilen reaktif maddelerin (özellikle ozon) oluşumudur. Bu sorun "yaz dumanı" ile de belirtilmektedir. Kış dumanı bu kategorinin ve bu yöntemin kapsamı dışındadır. Maddelerin havaya emisyonu için fotokimyasal oksidasyon potansiyeli UNECE Trajectory modeli ile hesaplanır ve kg emisyon başına kg etilen eşdeğeri olarak ifade edilir. Zaman aralığı 5 gündür ve coğrafi kapsamı yerel ve kıtasal ölçek arasında değişmektedir.

Asidifikasyon, atmosferdeki sülfür dioksit ve azot oksitlerin çevreye salınması sonucu ortaya çıkan asidik yağmurların neden olduğu çevresel bir sorunu ifade eder. Asitleştirici maddeler toprak, yeraltı suyu, yüzey suyu, organizmalar, ekosistemler ve malzemeler (binalar) üzerinde çok çeşitli etkilere neden olur. Asidifikasyon potansiyeli kg emisyon başına kg SO₂ eşdeğeri olarak ifade edilir. Zaman aralığı sonsuzdur ve coğrafi kapsamı yerel ve kıtasal ölçek arasında değişmektedir.

Ötrofikasyon, sudaki besin maddelerinin aşırı birikimi sonucu sucul ekosistemlerde aşırı alg patlamalarına neden olan bir süreci ifade etmektedir. Bu etki kategorisi, havaya, suya ve toprağa besin emisyonlarının neden olduğu çevredeki aşırı makro besin seviyelerinden kaynaklanan tüm etkileri içerir. Ötrofikasyon potansiyeli kg emisyon başına kg PO₄ eşdeğeri olarak ifade edilir. Zaman aralığı sonsuzdur ve coğrafi kapsamı yerel ve kıtasal ölçek arasında değişmektedir.

3.2.1.4 Yorumlama

Son olarak etki değerlendirmesi sonucunda bulunan etki kategorizasyon değerlerine göre hem küresel (abiyotik tükenme, küresel ısınma ve ozon tabakasının incelməsi) hem bölgesel (asidifikasyon ve fotokimyasal oksidasyon) hem de yerel (ötrofikasyon, insan toksisitesi, tatlı su ekotoksitesitesi ve deniz-karasal ekotoksitesite) etkileri değerlendirilerek kentsel katı atık yönetim sisteminin çevresel etkileri yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Yaşam Döngüsü Envanter Verileri

4.1.1. Kentsel Katı Atık Yönetimi ile İlgili Veriler

4.1.1.1 Atık Karakterizasyonu

Bu çalışma kapsamında Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında (II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi lisansına sahip) bertaraf edilen belediye katı atıkları üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Hatay Büyükşehir Belediyesi Entegre Atık Yönetim Planı Hazırlanması projesi kapsamında gerçekleştirilen ve analizleri yüklenici firma tarafından yaptırılan kuru mevsim katı atık karakterizasyonu analiz sonuçları, Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Atık Karakterizasyonu

Bileşenler	İçerik (%)
Kağıt-Karton	7,62
Cam	5,98
Pet-Poşet-Plastik	12,02
Metal	0,38
Organik Atık	58,52
Elektrik-Elektronik	0,40
Tehlikeli Atıklar	0,70
Bahçe Atıkları	1,34
Diğer Yanabilir	8,28
Diğer Yanmayan	4,76
Toplam	100,00

Çizelge 4.1 incelendiğinde en fazla atığın organik atık (% 58,52) olduğu saptanmıştır. Organik atığı, pet-poşet-plastik (% 12,02) ve diğer yanabilir (% 8,28) ve atıklar takip etmektedir.

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına atık taşıyan ilçe belediyeleri sınırları içerisinde ortaya çıkan atıkların yıllık miktarları değişebilmektedir. Atıkların miktarlarındaki bu değişimin en önemli sebebi ilçe belediyelerinin nüfuslarının farklı

olmasıdır. Aynı zamanda nüfusa bağlı olarak ilçelerde üretilen kişi başına atık miktarları da değişmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasına Atık Taşıyan İlçe Belediyelerinin 2021 Yılı Nüfusları, Atık Miktarları ve Kişi Başına Atık Miktarları

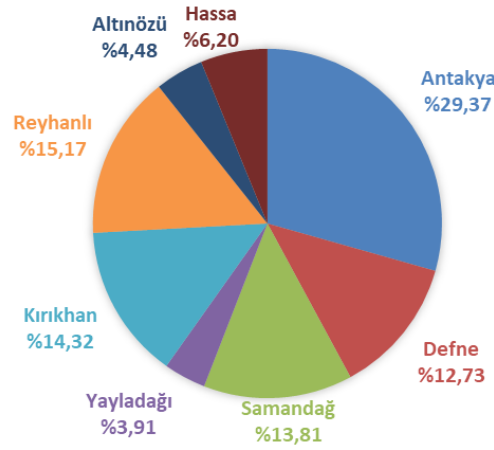
İlçeler	Nüfus (kişi)	Atık Miktarı (ton/yıl)	Kişi Başına Atık Miktarı (ton/kişi)
Altınözü	60861	24081	0,40
Antakya	393634	157734	0,40
Defne	162199	68356	0,42
Hassa	56952	33292	0,58
Kırıkhan	119854	76914	0,64
Reyhanlı	105309	81471	0,77
Samandağ	123999	74148	0,60
Yayladağı	36769	21002	0,57
Toplam	1059577	536998	-
Ortalama	-	-	0,55

Çizelge 4.2 incelendiğinde kişi başına en fazla atık, 0,77 ton ile Reyhanlı ilçesi belediye sınırları içerisinde ortaya çıkmaktadır. Bu ilçeyi Kırıkhan ve Samandağ ilçelerinin takip ettiği saptanmıştır. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına taşınan kişi başına atık miktarı ortalama olarak 0,55 ton olarak hesaplanmıştır.

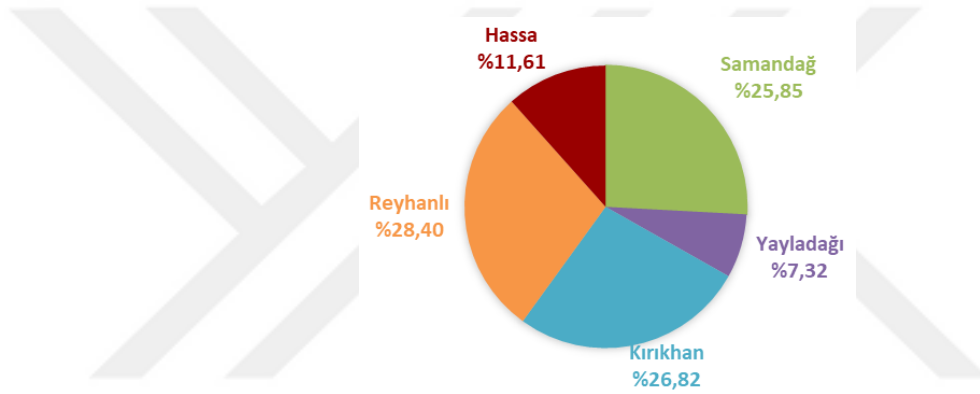
Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına gelen atığın tamamı ilçe belediyelerinden taşınmaktadır. Çizelge 4.2 incelendiğinde en fazla atığın Antakya (%29,37) merkez ilçesinden geldiği saptanmıştır. Antakya ilçesini Reyhanlı (% 15,17), Kırıkhan (% 14,32) ve Samandağ (% 13,81) ilçelerinden taşınan atıkların takip ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Antakya, Defne ve Altınözü ilçeleri atıklarını doğrudan Hassa, Reyhanlı, Kırıkhan, Yayladağı ve Samandağ ilçeleri ise atıklarını Hatay Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen aktarma istasyonları aracılığıyla Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına ulaştırmaktadırlar.

Aktarma istasyonlarına gelen atığın ilçelere göre dağılımı (Şekil 4.2) değerlendirildiğinde, aktarma istasyonlarına en fazla atığın Reyhanlı (% 28,40) ilçesinden taşındığı saptanmıştır. Reyhanlı ilçesini Kırıkhan (% 26,82) ve Samandağ (% 25,85) ilçeleri atıklarının takip ettiği belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Gökçeğöz düzenli depolama sahasına taşınan atıkların ilçelere göre dağılımı



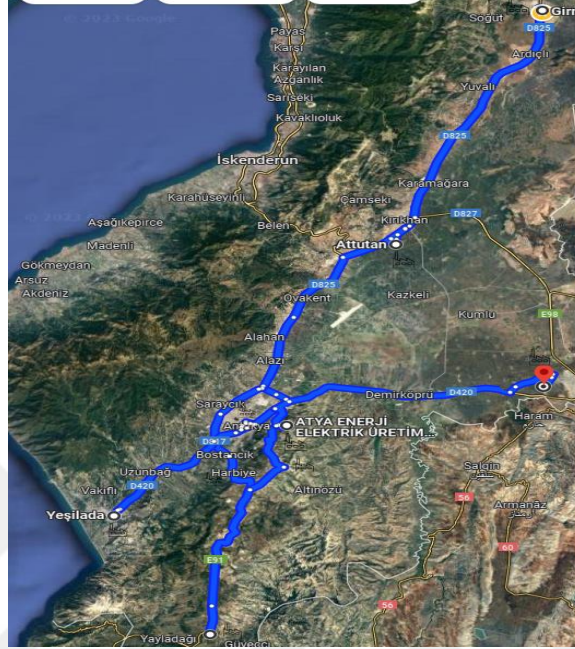
Şekil 4.2. Aktarma istasyonlarına taşınan atıkların ilçelere göre dağılımı

Kumlu ilçesi atıklarını kendi doğal döngüsü içerisinde değerlendirmekte ve değerlendiremediğini vahşi depolama yöntemiyle bertaraf etmeye çalışmaktadır. Kısaca atıklarını katı atık yönetimi sistemine dahil etmemektedir. Katı atıkların gözlerden uzak yerlere dökülmesiyle oluşturulan vahşi depolama alanları, önceden düşünülenin aksine, insan sağlığı ve çevre için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden belediyelerin katı atık yönetim sistemine dahil olmaları önem arz etmektedir.

4.1.1.2 Atık Taşımacılığı

Antakya, Defne ve Altınözü ilçelerinden toplanan atık Gökçeğöz katı atık düzenli depolama alanına taşınmakta; Hassa, Reyhanlı, Kırıkhan, Samandağ ve Yayladağı ilçelerinden toplanan atıklar ise önce Aktarma istasyonuna taşınmaktadır. Aktarma

istasyonundan atıklar, Hatay Büyükşehir Belediyesi tarafından semitreyler ile Gökçeğöz katı atık düzenli depolama alanına gönderilmektedir. Katı atığın toplanma ve taşınma haritası Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama alanına atık taşıma haritası

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında depolanan katı atığın % 41.6’si merkez ilçelerden (Antakya ve Defne) gelmektedir. Katı atık taşımacılığında kullanılan araçların şekilleri ve adetleri Çizelge 4.3’te ve konteynır tipleri ise Şekil 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Katı Atıkların taşımadaılığında kullanılan araçların şekilleri ve adetleri

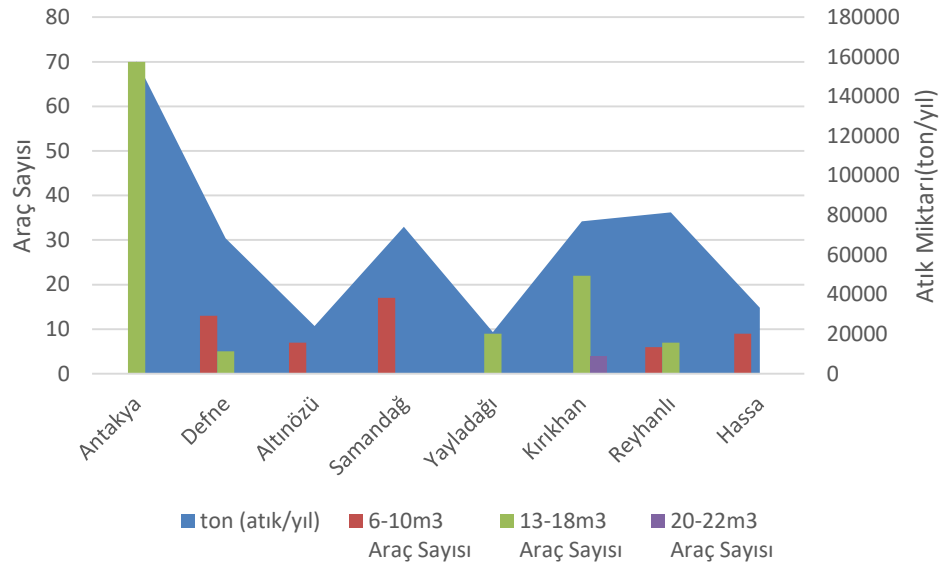
İlçeler	Hacimlerine göre araç sayıları		
	 6-10 m ³	 13-18 m ³	 20-22 m ³
Antakya	-	70	-
Defne	13	5	-
Samandağ	17	-	-
Yayladağı	-	9	-
Kırıkhan	-	22	4
Altınözü	7	-	-
Reyhanlı	6	7	-
Hassa	9	-	-



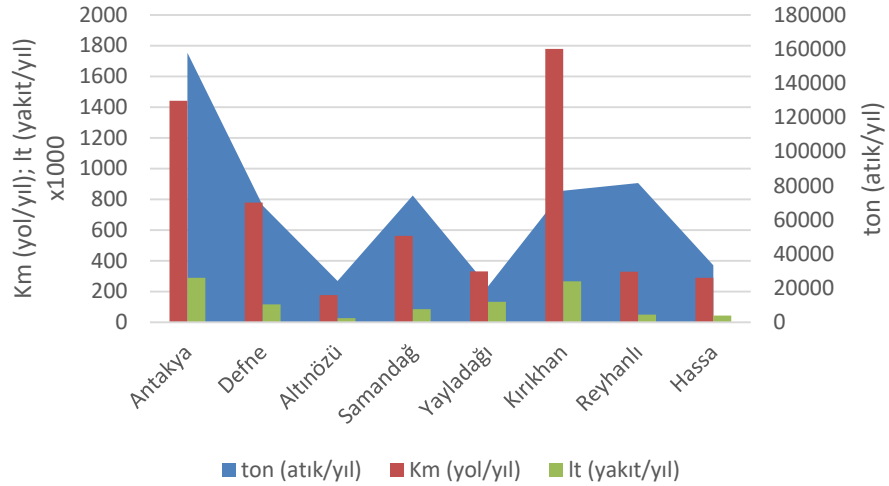
Şekil 4.4. Atık taşımadaılığında kullanılan konteynır tipleri

Ayrıca aktarma istasyonlarından Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına atık taşıyan 68 m³ hacimli 6 semitreyler çalıştırılmaktadır. Bu araçlar düzenli olarak Samandağ ve Reyhanlı'dan aktarma istasyonlarına gelen atıkları Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına ulaştırmaktadırlar. İhtiyaç halinde de Hassa ve Kırıkhan ilçelerinden aktarma istasyonlarına gelen atıkları da Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına nakletmektedirler.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen araç tipleri, taşınan atık miktarları, ilçelere göre değişen araç sayıları Şekil 4.5'te, taşınan atık, alınan yol ve harcanan yakıt miktarları da Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5. İlçelere bağlı olarak araç tiplerine göre toplanan atığın dağılımı



Şekil 4.6. İlçe belediyeleri tarafından taşınan atık, alınan yol ve harcanan yakıt miktarları

4.1.1.3 Düzenli Depolama Sahası

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına getirilen ve yoğunlukları 150-200 kg/m³ olan belediye atıkları, bu sahada yoğunlukları 700-890 kg/m³ olacak şekilde kompaktörlerle birkaç kez müdahale edilerek sıkıştırılmaktadır. Daha sonra sıkıştırılmış

olan bu atıklar, killi toprak örtü tabakası ile kapatılmaktadırlar. Bazı durumlarda parçalanmış hafriyat atıkları da örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Düzenli depolama sahasının vadideki yerleşimi Şekil 4.7’de verilmiştir.

Düzenli depolama sahasının vadideki yerleşimi Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasının vadi yerleşimi

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahası ve işletme tesisleri yasal mevzuata göre II. Sınıf evsel katı atık depolama alanı olarak sınıflandırılmaktadır. 25 yıllık bir kullanım ömrü hedefi ile koruma bantlı olarak 154341 m² bir arazi üzerine kurulmuş olan depolama sahası, 2009 yılında aktif olarak faaliyetine başlamıştır. Depolama sahasında belediye atıklarıyla birlikte tehlikeli olmayan sanayi atıkları da bertaraf edilmektedir. Sahaya günde ortalama 1500 ton düzeyinde atık kabul edilmektedir.

4.1.2. İlçeler ile İlgili Toplanan Veriler

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına 2021 yılında en fazla atık getiren ve Merkez ilçe olan Antakya Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Antakya Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	157734
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	393634
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	500
	Konteyner Sayısı	adet	10000
	Araç Sayısı	adet	70
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	100
	Yol Uzunluğu	km/yıl	1440000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	288000
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	1370

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Antakya Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Reyhanlı Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Reyhanlı Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	81471
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	105309
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	78
	Konteyner Sayısı	adet	2192
	Araç Sayısı	adet	13
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	2
	Yol Uzunluğu	km/yıl	327600
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	49140
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	708

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Reyhanlı Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Kırıkhan Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kırıkhan Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	76914
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	119854
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	165
	Konteyner Sayısı	adet	2174
	Araç Sayısı	adet	26
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	4
	Yol Uzunluğu	km/yıl	1778400
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	266760
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	667

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Kırıkhan Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Samandağ Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Samandağ Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	74148
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	123999
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	112
	Konteyner Sayısı	adet	6350
	Araç Sayısı	adet	17
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	2
	Yol Uzunluğu	km/yıl	561600
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	84456
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	864

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Samandağ Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Defne Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Defne Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	68357
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	162199
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	141
	Konteyner Sayısı	adet	4343
	Araç Sayısı	adet	18
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	20
	Yol Uzunluğu	km/yıl	777600
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	116640
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	592

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Defne Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Hassa Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hassa Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	33292
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	56952
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	92
	Konteyner Sayısı	adet	117
	Araç Sayısı	adet	9
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	2
	Yol Uzunluğu	km/yıl	288000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	43200
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	288

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hassa Belediyesinden sonra fazla atık getiren ilçe olan Altınözü Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Altınözü Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	24081
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	60861
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	44
	Konteyner Sayısı	adet	2120
	Araç Sayısı	adet	7
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	3
	Yol Uzunluğu	km/yıl	176400
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	26460
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	209

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına en az atık getiren ilçe olan Yayladağı Belediyesinden toplanan veriler, Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Yayladağı Belediyesi Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Toplama	Toplanan Atık Miktarı	ton/yıl	21002
	Hizmet Edilen Nüfus	kişi	36769
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	40
	Konteyner Sayısı	adet	3500
	Araç Sayısı	adet	9
	Araç Sefer Sayısı	sefer/gün	18
	Yol Uzunluğu	km/yıl	333000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	132000
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	182

4.1.3. Aktarma İstasyonları ile İlgili Veriler

Reyhanlı Katı Atık Aktarma İstasyonu

Reyhanlı Belediyesinin katı atıkları Reyhanlı ilçesinde bulunan 1024 m² alan üzerine inşa edilmiş Reyhanlı katı atık aktarma istasyonundan (Şekil 4.8) yaklaşık 46 km mesafede bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakledilmektedir.



Şekil 4.8. Reyhanlı katı atık aktarma istasyonu

Reyhanlı ilçesinde kurulmuş olan Reyhanlı katı atık aktarma istasyonuna ait veriler, Çizelge 4.12’te verilmiştir.

Çizelge 4.12. Reyhanlı Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Aktarma İstasyonu	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	3
	Araç Sayısı	adet	5
	Araç Sefer Sayısı	adet	3
	Yol Uzunluğu	km/yıl	99360
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	36432
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	708

Kırıkhan Katı Atık Aktarma İstasyonu

Kırıkhan Belediyesinin katı atıkları Kırıkhan ilçesinde bulunan 5000 m² alan üzerine inşa edilmiş Kırıkhan katı atık aktarma istasyonundan (Şekil 4.9) yaklaşık 52 km mesafede bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakledilmektedir. Aktarma istasyonu ile evsel atıkların küçük kapasiteli araçlardan kendinden sıkıştırılmalı yarı römork tipi semitreyler araçlarla nakil sağlanmaktadır. Bu şekilde depolama alanına giden araç sayısı azaltılmakta, yakıt, işgücü ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır.



Şekil 4.9. Kırıkhan katı atık aktarma istasyonu

Kırıkhan ilçesinde kurulmuş olan Kırıkhan katı atık aktarma istasyonuna ait veriler, Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kırıkhan Katı Atık Aktarma İstasyonuna Ait Veriler

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Aktarma İstasyonu	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	3
	Araç Sayısı	adet	7
	Araç Sefer Sayısı	adet	2
	Yol Uzunluğu	km/yıl	74880
	Yakıt Miktarı (Dizel	L/yıl	29952
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	667

Samandağ Katı Atık Aktarma İstasyonu

Samandağ Belediyesinin katı atıkları, Samandağ ilçesinde bulunan 500 m² alan üzerine inşa edilmiş Samandağ aktarma istasyonundan (Şekil 4.10) yaklaşık 56 km mesafede bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakledilmektedir.



Şekil 4.10. Samandağ katı atık aktarma istasyonu

Samandağ ilçesinde kurulmuş olan Samandağ katı atık aktarma istasyonuna ait veriler, Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Samandağ Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Aktarma İstasyonu	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	3
	Araç Sayısı	adet	2
	Araç Sefer Sayısı	adet	2-3
	Yol Uzunluğu	km/yıl	144000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	57600
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	720

Hassa Katı Atık Aktarma İstasyonu

Hassa Belediyesinin katı atıkları Hassa ilçesinde bulunan 6000 m² alan üzerine inşa edilmiş Hassa katı atık aktarma istasyonundan (Şekil 4.11) yaklaşık 85 km mesafede bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakledilmektedir.



Şekil 4.11. Hassa katı atık aktarma istasyonu

Hassa ilçesinde kurulmuş olan Hassa katı atık aktarma istasyonuna ait veriler, Çizelge 4.15’te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Hassa Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
Aktarma İstasyonu	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	3
	Araç Sayısı	adet	3
	Araç Sefer Sayısı	adet	1,5
	Yol Uzunluğu	km/yıl	306000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	107100
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	288

Yayladağı Katı Atık Aktarma İstasyonu

Yayladağı Belediyesinin atıkları Yayladağı ilçesinde bulunan 8580 m² alan üzerine inşa edilmiş Yayladağı Aktarma İstasyonundan (Şekil 4.12) yaklaşık 50 km mesafede

bulunan Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakledilmektedir.



Şekil 4.12. Yayladağı katı atık aktarma istasyonu

Yayladağı ilçesinde kurulmuş olan Yayladağı katı atık aktarma istasyonuna ait veriler, Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Yayladağı Katı Atık Aktarma İstasyonu Verileri

Aşama	Veri	Birim	Miktar
	Çalışan Kişi Sayısı	kişi	2
	Araç Sayısı	adet	1
	Araç Sefer Sayısı	adet	3
	Yol Uzunluğu	km/yıl	180000
	Yakıt Miktarı (Dizel)	L/yıl	43200
	Sızıntı Suyu Hacmi	m ³ /yıl	182

4.2. Deponi Gazı Üretimi

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında elde edilen deponi gazı bileşenlerinin ortalama düzey ve minimum-maksimum aralıkları, sahada elektrik üretimi yapan ATYA elektrik enerji üretim A.Ş’den temin edilerek Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Deponi Gazı Bileşenlerinin %’lik Dağılımı

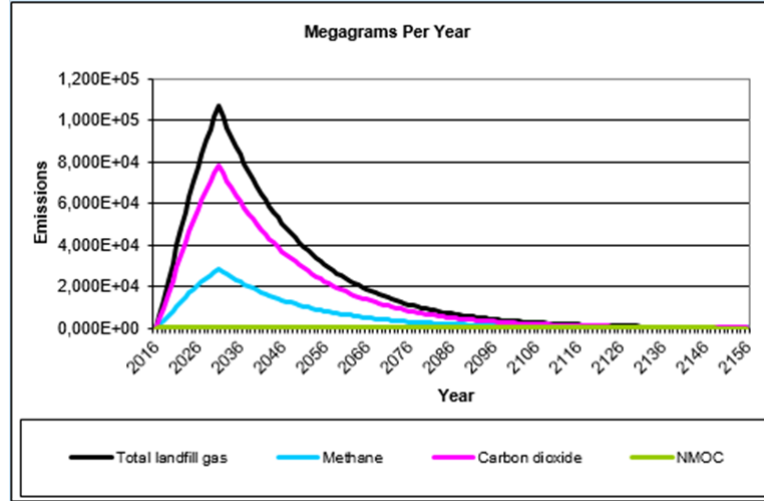
	CH ₄	CO ₂	O ₂	İz Gazlar
Ort	52,39	36,81	0,96	9,84
Mak	53,08	37,11	1,06	10,96
Min	51,71	36,52	0,81	8,75

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında oluşan deponi gazından enerji elde edilmektedir. Enerji üretim tesisinin bazı finansal göstergeleri, Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Enerji Üretim Tesisinin Bazı Finansal Göstergeleri

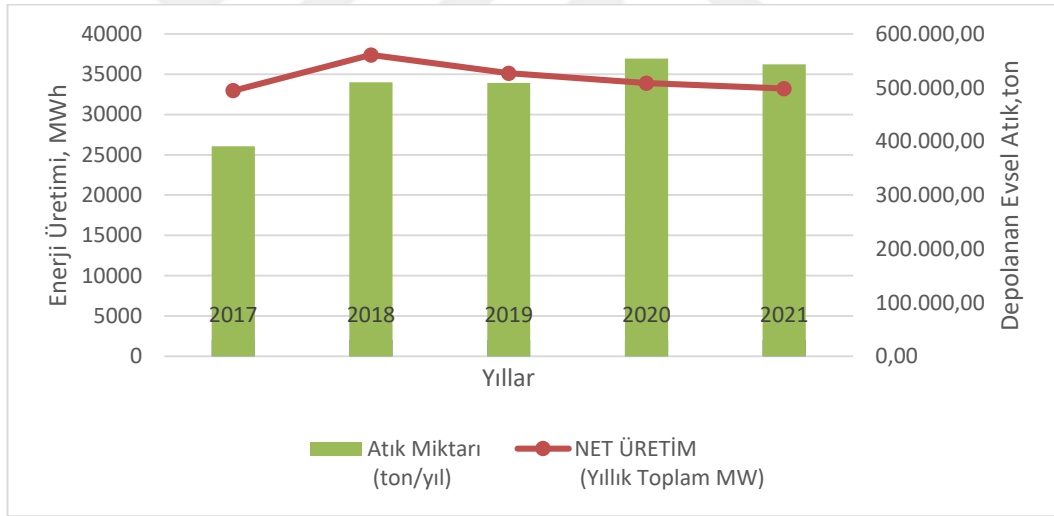
Parametre	Birim	Değer
Kurulu Güç	MW	7065
Yıllık elektrik üretimi	MWh/yıl	35000
Belediyenin payı	%	14

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında oluşan gazın gelecekteki oluşma projeksiyonu ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen LandGEM gaz emisyon modeliyle (versiyon 3.02) saptanmıştır. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasındaki gaz emisyon projeksiyonuna göre, 2036’da metan, karbondioksit ve toplam deponi gazı Emisyon değerleri sırasıyla 2,000E+04, 8,000E+04 ve 1,000E+05’e yükselerek bir pik yapacaklar ardından emisyon salınımlarının parabolik bir şekilde azalması beklenmektedir. Bu veriler, EPA LandGEM modeli kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan projeksiyona göre elde edilen grafik, Şekil 4.13’te verilmiştir.



Şekil 4.13. EPA LandGEM modeli ile gaz üretim oranları projeksiyonu

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında meydana gelen deponi gazından üretilen enerjinin yıllara göre değişimi Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14. Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında oluşan deponi gazından üretilen enerjinin yıllara göre değişimi (ATYA, 2022)

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına 2016 yılından itibaren atık kabul etmektedir. Deponi gazı ile enerji üretimi 2017 yılında başlamış olduğu için o yıllarda enerji üretimi 2019 ve sonrası yıllara göre daha düşüktür. Normal şartlar altında sahaya kabul edilen katı atık miktarı arttıkça üretilen enerji miktarının da artacağı düşünülmektedir. Ama Şekil 4.14’e göre bu artış gerçekleşmemektedir.

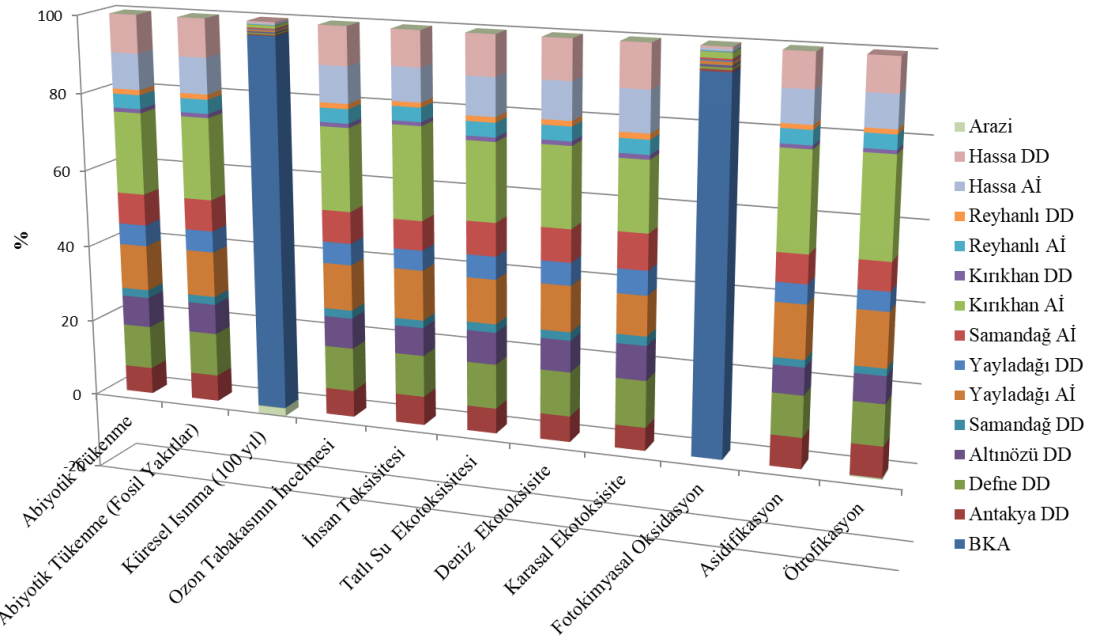
Deponi gazından enerji eldesiyle metan gazının küresel ölçekte daha az zararlı bir gaz haline geleceğini Poroy (2019) tezinde ifade etmiştir. Böylece bu gazdan enerji elde edilmesiyle hem direkt hem de indirekt olarak önemli bir miktarda sera gazı salınımindan kaçınılmış olunmaktadır

4.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Antakya ilçesindeki Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına belediye katı atıklarının taşınması, toplanması ve aktarma istasyonlarından getirilmesi sırasında elde edilen yaşam döngüsü envanter verileri doğrultusunda CML-IA baseline modeline göre SimaPro 8.0.5.13 Analyst bilgisayar yazılımında yaşam döngüsü etki değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra Çizelge 4.19'daki karakterizasyon değerleri elde edilerek Şekil 4.15'de belediye katı atığının ilçelerden toplanması, taşınması, getirilmesi ve depolanması süreçlerinin etki kategorileri içindeki %'lik dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında 1 ton_{BKA} Depolanması YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri

Etki Kategorileri	BİRİM	Birim / ton _{BKA}
Abiyotik tükenme	kg Sb-eş	7,87E-07
Abiyotik tükenme (Fosil yakıtlar)	MJ	277,35
Küresel ısınma (100 yıl)	kg CO ₂ -eş	553,02
Ozon tabakasının incilmesi	kg CFC11-eş	4,00E-08
İnsan toksisitesi	kg 1.4-DCB-eş	2,03
Tatlı su ekotoksisitesi	kg 1.4-DCB-eş	0,11
Deniz ekotoksisite	kg 1.4-DCB-eş	318,11
Karasal ekotoksisite	kg 1.4-DCB-eş	0,01
Fotokimyasal oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş	0,13
Asidifikasyon	kg SO ₂ -eş	0,11
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş	0,03



1 ton_{BKA} Depolanması Analizi
Metod: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Karakterizasyon

Şekil 4.15. YDD sonucunda elde edilen karakterizasyon değerlerinin süreçlere göre dağılımı

Abiyotik tükenme potansiyeli değeri, $7,87E-07$ kg Sb-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Abiyotik tükenmeyi en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Atık İstasyonuna (Aİ) getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yayladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise Kırklareli'nde yaptıkları çalışmada, bu değeri $9,20E-06$ kg Sb-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Abiyotik tükenme potansiyeli (fosil yakıtlar) değeri, $277,35$ MJ/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Abiyotik tükenmeyi (fosil yakıtlar) en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağlıdağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri 107 MJ/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Küresel ısınma potansiyeli (100 yıl), $553,02$ kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma potansiyeli en olumsuz yönde etkileyen sürecin Gökçeğöz katı atık depolama sahasında depolanan belediye katı atıklarının neden olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi

sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Depolama sahası arazisinin olumlu yönde etkilediği yaklaşık olarak 11 kg CO₂-eş/ton_{BKA} salımı yuttuğu belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda, Özer ve Yay (2021) 634 kg CO₂-eş/ton_{BKA}, Irbaş ve Dadaşer Çelik (2021) 800 kg CO₂-eş/ton_{BKA} ve Poroy (2019) 39531 kg CO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Ozon tabakasının incelmesi potansiyeli değeri, 4,00E-08 kg CFC11-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Ozon tabakasının incelmeye en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri 2,10E-06 kg CFC11-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

İnsan toksisitesi potansiyeli değeri, 2,03 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. İnsan toksisitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri 1,20 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Tatlı su ekotoksitesite potansiyeli değeri, 0,11 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Tatlı su ekotoksitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Defne'den Düzenli Depolama (DD) sahasına getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri -0,02 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplayarak tatlı su ekotoksitesine olumlu bir etkisi olduğunu saptamışlardır. Bu durum, muhtemelen farklı veri setlerinin kullanılmasından ve farklı coğrafi bölgelerde yapılmış olmaktan kaynaklanmış olabilir.

Deniz ekotoksitesite potansiyeli değeri, 318,11 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Deniz ekotoksitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri -2772 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplayarak deniz ekotoksitesine olumlu bir etkisi olduğunu saptamışlardır. Bu durum, muhtemelen farklı veri setlerinin kullanılmasından, farklı

coğrafi bölgelerde veya değişik çevresel koşullarda yapılmış olmaktan kaynaklanmış olabilir.

Karasal ekotoksisite potansiyeli değeri, 0,01 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Karasal ekotoksisitesine en olumsuz yönde etkileyen süreçlerin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Defne'den DD sahasına getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri 0,009 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Fotokimyasal oksidasyon potansiyeli değeri, 0,13 kg C₂H₄-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Fotokimyasal oksidasyonu en olumsuz yönde etkileyen sürecin depolama sahasında depolanan belediye katı atıklarının neden olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) ise yaptıkları çalışmada, bu değeri 0,069 kg C₂H₄-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Asidifikasyon potansiyeli değeri, 0,11 kg SO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Asidifikasyonu en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda, Özer ve Yay (2021) 0,028 kg SO₂-eş/ton_{BKA} ve Irbaş ve Dadaşer Çelik (2021) 0,145 kg SO₂-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

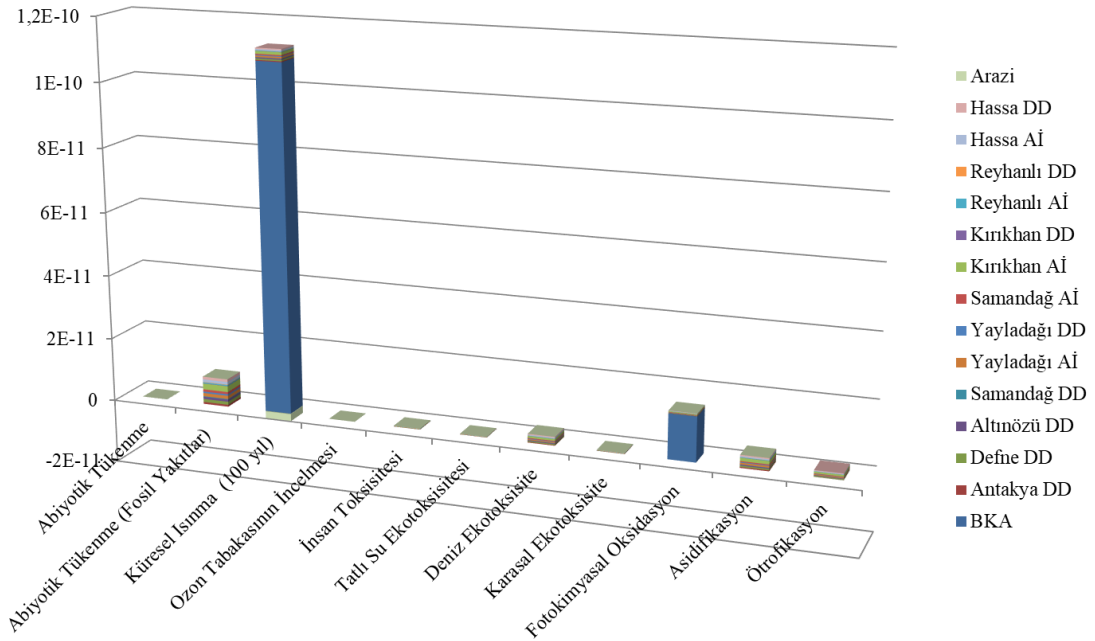
Ötrofikasyon potansiyeli değeri, 0,003 kg PO₄-eş/ton_{BKA} olarak hesaplanmıştır. Ötrofikasyonu en olumsuz yönde etkileyen sürecin, belediye katı atıklarının Kırıkhan Aİ'na getirilmesi sürecinin olduğu saptanmıştır. Bu olumsuz süreci, belediye katı atıklarının Yağladağı Aİ'na getirilmesi sürecinin takip ettiği tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda, Özer ve Yay (2021) 0,008 kg PO₄-eş/ton_{BKA} ve Irbaş ve Dadaşer Çelik (2021) 1,70 kg PO₄-eş/ton_{BKA} olarak hesaplamışlardır.

Karakterizasyon değerlerinin normalleştirilmesinden (Çizelge 4.20) sonra etki kategorileri kendi aralarında karşılaştırıldığında (Şekil 4.16), düzenli depolama sahasına toplanarak getirilen ve depolanan belediye katı atıklarının küresel ısınmaya aşırı sebep olduğu tespit edilmiştir. Özer ve Yay (2021) yaptıkları çalışmalarındaki referans senaryo (senaryo 1) ile bu çalışmada tespit edilen küresel ısınmaya sebep olma sonucu birbirine benzer çıkmıştır.

Küresel ısınma etkisini sırasıyla, fotokimyasal oksidasyon, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), asidifikasyon, ötrofikasyon ve deniz ekotoksosite etkileri takip etmektedir. Diğer etki kategorilerinin ise minimum seviyede etkiye bulundukları saptanmıştır.

Çizelge 4.20. Gökçeğöz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında 1 ton_{BA} Depolanması YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri

Etki Kategorileri	Değerler (E-13)
Abiyotik tükenme	0,093
Abiyotik tükenme (fosil yakıtlar)	88,197
Küresel ısınma (100 yıl)	1100,508
Ozon tabakasının incilmesi	0,004
İnsan toksisitesi	2,623
Tatlı su ekotoksisitesi	2,110
Deniz ekotoksosite	27,262
Karasal ekotoksosite	2,706
Fotokimyasal oksidasyon	147,599
Asidifikasyon	39,534
Ötrofikasyon	20,061



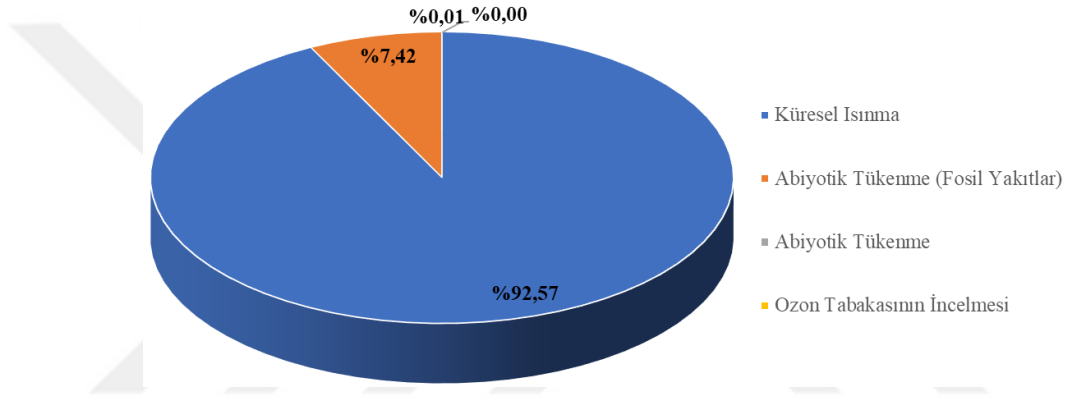
1 ton_{BA} Depolanması Analizi;
Metot: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Normalleştirme

Şekil 4.16. YDD sonucunda elde edilen normalleştirme değerlerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması

4.4. Yorumlama

4.4.1. Küresel Etki

Düzenli depolama sahasındaki 1 ton_{BKA} yaşam döngüsünün normalleştirme değerlendirmesine göre küresel ısınma değeri 1100,508E-13, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar) değeri 88,197E-13, deniz ekotoksisite değeri 27,262E-13, abiyotik tükenme değeri 0,093E-13 ve ozon tabakasının incilmesi değeri 0,004E-13 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).



Şekil 4.17. Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

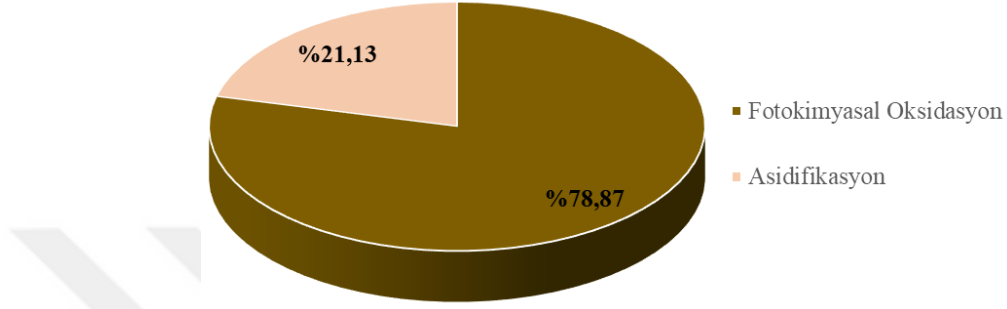
Küresel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.17), küresel ısınma etkisinin (% 92,57) küresel etkiye oldukça yüksek bir oranda sebep olduğu saptanmıştır. Bu sebebin kaynağı olarak, sahada depolanmış olan belediye katı atıklarının olduğu belirlenmiştir. Özer ve Yay (2021) ve Irbaş ve Dadaşer Çelik (2021)'in yaptıkları çalışmalar dikkate alındığında belediye katı atıklarının bir enerji kaynağı olarak kullanılması ile bu etkinin azaltılabileceği ortaya çıkmıştır.

Küresel ısınma değerini abiyotik tükenme (fosil yakıtlar) etkisinin (%7,42) takip ettiği saptanmıştır. Taşıma ve toplama sırasında dizel yakıt yakan araçların kullanılması abiyotik tükenme (fosil yakıtlar) etkisinin artmasında etkili olmuştur. Abiyotik tükenme (fosil yakıtlar) etkisinin artması sebebiyle doğal kaynakların özellikle fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir.

Abiyotik tükenme ve ozon tabakası incilmesi değerlerinin küresel etkiyi ihmal edilecek seviyelerde etkiledikleri de belirlenmiştir.

4.4.2. Bölgesel Etki

Düzenli depolama sahasındaki 1 ton_{BKA} yaşam döngüsünün normalleştirme değerlendirmesine göre fotokimyasal oksidasyon değeri 147,599E-13 ve asidifikasyon değeri 39,534E-13 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).



Şekil 4.18. Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Bölgesel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.18), fotokimyasal oksidasyon etkisinin (%78,87) bölgesel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Bu nedenle bölgede sis görülmesi ihtimali yüksektir.

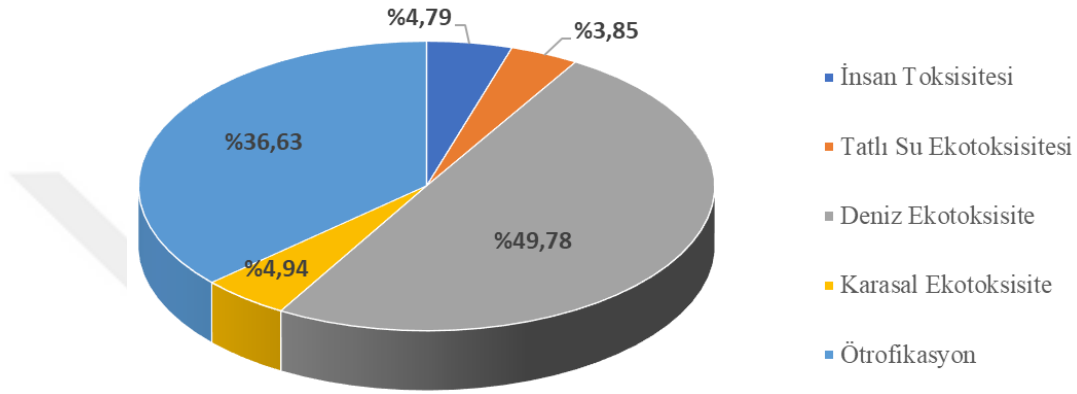
Aynı zamanda atık depolama sahasındaki gaz emisyonları atmosferde fotokimyasal reaksiyonlara neden olabilmektedir. Bu durum, bölgesel hava kalitesini etkileyerek ozon oluşumuna katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca, atmosferdeki uçucu organik bileşenlerin (VOCs) fotokimyasal oksidasyonu, bölgesel hava kirleticilerine dönüşebilir ve solunum sistemine zarar verebilmektedir.

Asidifikasyon etkisi yüzdeler olarak ihmal edilmeyecek (% 21,13) seviyededir. Atıkların çürümesi sırasında oluşan asidik suların yerel su kaynaklarına sızması, bölgesel su kalitesini etkileyebilmektedir. Su kaynaklarındaki pH düşüşleri, sucul ekosistemlerde ve yerel su tüketimi ile ilgili problemlere neden olabilmektedir.

Atmosferdeki belirli gazların emisyonlarından kaynaklanan asidik yağmurlar, atmosferdeki asit yoğunluğunu artırarak bölgesel ve hatta küresel ölçekte su sistemlerini etkileyebilmektedir. Ormanların ve sulak alanların asidik yağmura karşı hassasiyeti, ekosistemlerin uzun vadeli sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir.

4.4.3. Yerel Etki

Düzenli depolama sahasındaki 1 ton_{BKA} yaşam döngüsünün normalleştirme değerlendirmesine göre deniz ekotoksosite değeri 27,262E-13, ötrofikasyon değeri 20,061E-13, karasal ekotoksosite değeri 2,706E-13, insan toksisitesi değeri 2,623E-13 ve tatlı su ekotoksitesitesi değeri 2,110E-13 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).



Şekil 4.19. Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Yerel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.19), deniz ekotoksosite etkisinin (%49,78) yüksek olduğu saptanmıştır. Bu etki aynı zamanda, yerel olarak çevreyi oldukça olumsuz olarak etkilemektedir. Deniz ekotoksitesitesini, ötrofikasyon etkisinin (%36,63) takip ettiği saptanmıştır.

Atık suların su kaynaklarına sızması, özellikle yerel göletler ve akarsularda ötrofikasyona neden olabilmektedir. Bu durum, aşırı alg büyümesine ve oksijen eksikliğine yol açarak sucul canlıların yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. Balık ölümleri, su bitkilerinin aşırı çoğalması gibi etkiler yerel su ekosistemlerinde görülebilmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasında Hatay Büyükşehir Belediyesinin uygulamakta olduğu katı atık yönetim sisteminin, kentsel katı atık yönetim hiyerarşisine somut olarak yanıt verdiği tespit edilmiştir.

Belediye katı atıklarının, Gökçeğöz katı atık düzenli depolama sahasına Antakya, Defne ve Altınözü belediyelerinden doğrudan, diğer belediyelerden (Reyhanlı, Kırıkhan, Samandağ, Hassa ve Yayladağı) ise aktarma istasyonlarında toplandıktan sonra Hatay Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğunda nakliye edildiği gözlemlenmiştir.

Düzenli depolama sahasına 2021 yılında toplamda 536998 ton belediye katı atığı getirilmiştir. Belediye katı atığının % 56,30'u organik atıktan oluşmaktadır. En fazla atık 157734 ton (% 29) ile merkez ilçe olan Antakya belediyesi sınırları içinde toplanarak sahaya nakliye edilmiştir. Depolama sahasına getirilen atığın kişi başına düşen miktarı ortalama 0,55 ton olarak saptanmış ve kişi başına en fazla atık 0,77 ton ile Reyhanlı belediyesi sınırları içerisinde üretilmiştir.

Belediye katı atığının mevcut yönetim sistemi içerisinde; toplanması, taşınması ve düzenli depolanması süreçlerinde oluşan çevresel etkiler yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ile tespit edilmiştir. Fonksiyonel birim 1 ton belediye katı atığı olarak kabul edilmiştir. Çevresel etkiler, CML-IA Baseline modeline göre, 11 adet etki kategorisinde hesaplanmıştır. Çevresel etkileri belirlemede SimaPro 8.05 Analyst programından yararlanılmıştır.

Hesaplanan çevresel etkilerin karakterizasyon değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur:

- Abiyotik tükenme potansiyeli değeri, 7,87E-07 kg Sb-eş/ton_{BKA},
- Abiyotik tükenme potansiyeli (fosil yakıtlar) değeri, 277,35 MJ/ton_{BKA},
- Küresel ısınma potansiyeli değeri, 553,02 kg CO₂-eş/ton_{BKA},
- Ozon tabakasının incilmesi potansiyeli değeri, 4,00E-08 kg CFC11-eş/ton_{BKA},
- İnsan toksisitesi potansiyeli değeri, 2,03 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA},
- Tatlı su ekotoksitesi potansiyeli değeri, 0,11 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA},
- Deniz ekotoksitesi potansiyeli değeri, 318,11 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA},
- Karasal ekotoksitesi potansiyeli değeri, 0,01 kg 1.4-DB-eş/ton_{BKA},
- Fotokimyasal oksidasyon potansiyeli değeri, 0,13 kg C₂H₄-eş/ton_{BKA},

- Asidifikasyon potansiyeli değeri, 0,11 kg SO₂-eş/ton_{BKA},
- Ötrofikasyon potansiyeli değeri, 0,003 kg PO₄-eş/ton_{BKA}.

Karakterizasyon değerlerinin normalleştirilmesinden sonra etki kategorileri kendi aralarında karşılaştırıldığında, düzenli depolama sahasına toplanarak getirilen belediye katı atıklarının % 76,92'lık oran ile en fazla küresel ısınmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Küresel ısınmanın artmasına neden olan sürecin de depolama sahasında depolanan belediye katı atıklarının olduğu saptanmıştır.

Aynı zamanda bu etki kategorilerinin küresel, bölgesel ve yerel olarak etkileri de değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçlarına göre;

- Küresel ısınma potansiyelinin, küresel etkiye oldukça yüksek bir oranda (%92,57) sebep olduğu,
- Fotokimyasal oksidasyonun, %78,87 oran ile bölgesel etkiye sebep olduğu ve
- Deniz ekotoksitesinin %49,78 ile yerel etkiye sebep olduğu saptanmıştır.

Yapılan analizler ve literatür taramaları sonucunda elde edilen sonuçlar, mevcut atık yönetimi uygulamalarının çevresel etkilerini anlamamıza ve geliştirmemize yönelik değerli bir bakış sunmuştur.

Bu çevresel etkilerin yönetilmesi ve azaltılması için şu tür önlemler alınabilir:

- Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin 4. maddesinin G bendine dayanarak, atık işleme tesislerinin aktarma istasyonları haricinde geri kazanma ve/veya bertaraf etme faaliyetlerini içerdiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, mevcut yasal düzenlemeler, aktarma istasyonlarında atık işleme tesisleri kurulmasını engellemektedir. Ancak, atıkların küçültülmesi önemli bir adım olabilir ve bu konuda yeni düzenlemelerin gözden geçirilmesi önerilmektedir. Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinin revize edilmesi, sera gazı salınımının azaltılmasına ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının teşvik edilmesine olanak tanıyabilir.

- Katı atıkları düzenli depolama sahasına getirmeden önce ayırarak geri dönüştürülmeye uygun olanların geri dönüştürülme tesislerine gönderilmesi, geri dönüştürülemeyenlerin sahaya getirilmesi önerilmektedir.

- Atıkların düzenli depolama sahasında kontrolsüz bir şekilde çürümesini önlemek için gaz toplama sistemlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

- Atık toplama araçlarının elektrikli olması karbon ayak izini azaltarak, çevre kirliliğini minimize edecektir.

- Asit yağmurlarını engellemek için düzenli depolama sahasının tasarımında sızıntı suyu önleme önlemlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir.
- Hava kalitesini iyileştirmek için gaz emisyonlarını kontrol altına alacak teknolojilerin kullanılması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Asase, M., Yanful, E.K., Mensah, M., Stanford, J., Amponsah, S., 2009. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. **Waste Management**, 29: 2779-2786.
- ATYA, 2022. ATYA Enerji Elektrik Üretim A.Ş. Kuruyer 31001, Antakya/Hatay
- Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., 2009. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. **Waste Management**, 29:54-62.
- Bekmezci, H.D, Çetin, H., 2020. Kentsel katı atıklar ve geri kazanımlarının faydaları; Eskişehir örneği. **Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi** 9(3), 1415-1424.
- Bogner, J., Pipatti, R., Hashimoto, S., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L., Kjeldsen, P., Monni, S., Faaij, A., Gao, Q., Zhang, T., Ahmed, M.A., Sutamihardja, R.T., Gregory, R., 2008. Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the IPCC fourth assessment report. Working Group III (Mitigation). **Waste Manag Res**, 26:11–32.
- Çetinkaya, A.Y., Bilgili, L., Kuzu, S.L., 2018. Life cycle assessment and greenhouse gas emission evaluation from Aksaray solid waste disposal facility. **Air Qual Atmos Health**, 11, 549–558.
- Demirarslan, K.O., Başak, S., 2018. Doğu Karadeniz Bölgesi illeri katı atık yönetimi. **Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi**, 1(3), 117-132.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova Bölgesinde tatlı sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Doktora Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Adana.
- Gündüzalp, A.A., Güven, S., 2016. Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya Belediyesi ve semt tüketicileri örneği. **Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi**, 9, 1-19.
- HBB, 2021. Hatay Büyükşehir Belediyesi 2021 Yılı Faaliyet Raporu. <https://www.hatay.bel.tr/upload/files/HBB%202019%20YILI%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU.pdf> erişim tarihi: 07.02.2021
- Irbaş, E., Dadaşer-Çelik, F., 2021. Evsel Katı Atık Yönetim Senaryolarının Yaşam Döngüsü Analizi: Melikgazi İlçesi (Kayseri) Örneği. **Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi**, 7(2), 266-267.
- Kaçtıoğlu, S., Şengül, Ü., 2010. Erzurum Kenti Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Tersine Lojistik Ağı Tasarımı ve Bir Karma Tam Sayılı Programlama Modeli. **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 24, 1.
- Kanbir, F., Sandıkçıoğlu, M., 2022. Siirt'te kentsel katı atık yönetimi ve sorunları. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 24(2), 404-425.
- Liamsanguan, C., Gheewala, S.H., 2008. LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems. **Journal of Environmental Management**, 87: 132-138.
- Meriç, B.T., 2004. Water Resources Management and Turkey. **Geological Engineering**, p. 28.
- Ömürbek, V., Erk, Ç., Herek, S., 2019. Üniversitelerde atık yönetimi uygulamaları. **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 35, 124-161.

- Özeler, D., Yetis, U., Demirer, G.N., 2006. Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study. **Environment International**, 32: 405-411.
- Özer, B., Yay, A.E., 2021. Comparative life cycle analysis of municipal waste management systems: Kırklareli/Turkey case study. **Environ Sci Pollut Res**, 28: 63867–63877.
- Öztürk, İ., 2010. Katı Atık Yönetim ve AB Uygulamaları. **İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi**, 2, İstanbul.
- Poroy Z., 2019. Bursa’da Kentsel Katı Atık Yönetimi için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi. **Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- PRé Sustainability, 2022. SimaPro database manual - Methods library
- Read, A.D., 1999. A Weekly Doorstep Recycling Collection, I had no Idea We Could Overcoming the Local Barriers to Participation. **Resources, Conservation and Recycling**, 26, 217 -249.
- Solak, S.G., Pekküçükşen, Ş., 2018. Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi: Karşılaştırmalı bir analiz. **MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 7(3), 653-683.
- Sonneman, G., Castells, F., Schuhmacher, M., 2004. Integrated life-cycle and risk assessment for industrial processes, Boca Raton, USA, **Lewis Publishers**, 392 s.
- Yay, A.S.E., 2015. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. **Journal of Cleaner Production**, 94:284-293.
- Yetiş, A.D, Gazigil, L., Şapçı, Z., Can, O.T., Tütün, M.M., Gözetin, C., Bekmezci, H.D., Yücesoy, Z., 2013. Bitlis ili katı atık yönetiminin değerlendirilmesi. **5. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi**, Kocaeli.
- Washburn, B., 2011. Avian use of solid waste transfer stations. **Landscape and Urban Planning**, 104:388-394.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar İlkokul, Ortaokul ve Liseyi Hatay’da tamamladı. Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2017 yılında mezun oldu. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Ocak 2020 tarihinde Yüksek Lisans öğrenimine başlamış olup devam etmektedir.

