

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALOVA KENTSEL KATI ATIK YÖNETİM
ALTERNATİFLERİNİN ÇEVRESEL YAŞAM DÖNGÜSÜ
ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

SEDAT ÇİL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2013

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALOVA KENSEL KATI ATIK
YÖNETİM ALTERNATİFLERİNİN
ÇEVRESEL YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ
İLE İNCELENMESİ

SEDAT ÇİL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. NİHAL BEKTAŞ

GEBZE
2013



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/06/2013 tarih ve 2013/32 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 04/10/2013 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Sedat Çil'in tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr.Nihal BEKTAŞ

ÜYE

: Doç.Dr.Salim ÖNCEL

ÜYE

: Prof.Dr.Hayal BÜLBÜL SÖNMEZ

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Dünyada kontrolsüz kentleşme, hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme ile birlikte çevre sorunlarının boyutu ve çeşitliliği artmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin endüstriyel pazar paylarının verimli olarak artırabilmesi için; ucuz hammadde, ucuz enerji ve daha düşük üretim maliyetlerine olan ihtiyaç gün geçtikçe daha hayati bir önem kazanmıştır. Uluslararası pazarlama stratejilerinde artık “çevreci ürünlerin” nihai tüketiciler tarafından tercih edilir olmaya başlamasıyla ürün yönetimi içerisinde “atık yönetimi” kavramını ortaya çıkarmıştır. Atık yönetimi kavramı, dünyada çevre sorunlarının artması ve tüm endüstri kollarının çevreye duyarlı ürünler sunması ihtiyacını doğurmuştur.

Çevresel yaşam alanlarını oluşturan yerleşim birimlerinde de “atık yönetimi” kavramı günümüzde çok önemli bir yer edinmiştir. Bir kentin sağlıklı olduğunu ifade edebilmek için; tüm altyapı sorunlarının tamamlanmış olması gerekmektedir. Özellikle artan nüfusla birlikte ortaya çıkan atık ve atık yönetimi ihtiyaçlarının planlanması bu değerlendirmeler içindeki önemi giderek artmıştır. Kentsel katı atığın toplanması, taşınması, ara depolanması, nihai bertaraf için taşınması ve nihai bertaraf edilmesi atık yönetimi içerisinde bir sistem olarak değerlendirmenin önemi her geçen gün daha da önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, Yalova İline ait kentsel katı atığın, uzun vadeli atık yönetim sistemi içerisinde çevresel yaşam döngüsü ile farklı atık yönetim senaryolarının ÇYDA yazılım programı yardımıyla değerlendirilerek detaylı olarak incelenmiştir. Kentsel katı atığın mevcut durumu incelenmiş, yönetmelikler ve ekonomik şartlar göz önünde bulundurularak kentsel katı atık azaltma senaryoları geliştirilmiştir

Anahtar Kelimeler: Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi, Kentsel Katı Atık, Katı Atık Yönetim Alternatifleri, ISO 14040, Çevresel Yaşam Döngüsü.

SUMMARY

Uncontrolled urbanization, rapid population growth and industrialization have been increased along with the size and diversity of environmental problems in the world. There is a big need cheap raw materials and energy to lower production costs for more efficient industrial market share in the both developed and developing countries. In international marketing strategies "green products" are preferred by consumers and this was the start point of "waste management strategies" concept. Waste management concept with increasing environmental problems has given rise to the need to provide environmentally sound solutions to all branches of industry in the world.

Waste management concept has an important place nowadays in the environmental settlements habitats. It should be completed the entire infrastructure problems to express the all city's health. the importance of these evaluations has increased for waste and water management with the growing population. Urban solid waste collection, transport, temporary storage, transport and final disposal of solid waste has become more important with each passing day.

In this study, municipal solid waste long-term waste management options for city of Yalova were evaluated using environmental life cycle software program in detail. The impact assessment and emit fewer emissions to the environment were studied using this analysis and the comparison of different type of management options were also determined. Also, the current status of municipal solid waste, municipal solid waste regulations and economic conditions were examined by waste the reduction scenarios.

Key Words: Life Cycle Assessment, Waste Management, Municipal Solid Waste, Municipal Solid Waste Management, ISO 14044.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, desteğiyle, tavsiye ve yönlendirmeleri ile bilgisini esirgemeyen, karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlandığım, büyük sabır ve özverisiyle desteğini eksik etmeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nihal BEKTAŞ'a,

Tez çalışmasında kullanmış olduğum bilgisayar programı ile ilgili her soruma sabırla ve içtenlikle cevap veren Dr. Hüdai KARA 'ya ve ekibine (Metsims Sustainability Consulting, UK).

Hayatımın her alanında ve her zaman yanımda olan, gösterdikleri büyük destek ve anlayışları için aileme, Yalova Belediyesindeki mesai arkadaşlarıma, tüm eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği geçen bütün hocalarıma ve eşim Melek Teke Çil'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve İçeriği	2
1.2. Yapılan Diğer Çalışmalar	3
2. KENTSEL KATI ATIK ve KATI ATIK YÖNETİMİ	7
2.1. Kentsel Katı Atık	7
2.2. Kentsel Katı Atık Bileşenleri ve Nihai Bertaraf Yöntemleri	9
2.2.1. Kentsel Katı Atık Bileşenleri	9
2.2.2. Kentsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri	11
2.2.3. Türkiye’de Kentsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri	12
3. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME	18
3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmenin Tarihçesi	20
3.2. YDD’ nin Yapısı ve Standardizasyonu	21
3.2.1. ISO 14040 Çevre Yönetimi Prensipler ve Çerçeve	23
3.2.2. ISO 14044 Çevre Yönetimi Gerekler ve Kılavuz	25
3.2.2.1. Amaç ve Kapsam Tanımı	25
3.2.2.2. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi	27
3.2.2.3. Yaşam Boyu Etki Değerlendirilmesi	28
3.2.2.4. Yaşam Boyu Yorumu	29
3.3. YDD Üzerine Çalışan Kuruluşlar	30
3.3.1. SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)	30
3.3.2. ISO (The International Organization for Standardization)	31
3.3.3. UNEP (United Nations Environment Development)	31

3.4. YDD’ nin Uygulama Alanları ve Kullanıcıları	32
3.4.1. Çevresel Ürün Beyanları	32
3.4.2. AB Eko-Etiketi (Eco-Label)	33
4. MATERYAL VE METOT	35
4.1. Çalışma Yapılan Bölge	35
4.1.2. Coğrafi Yapı ve İklim Özellikleri	35
4.1.3. Nüfus Yapısı	38
4.3. Yaşam Döngü Değerlendirmesi Analiz Çalışmaları	39
4.3.1. Hedef ve Kapsam Tanımı	40
4.3.1.1. Hedef	40
4.3.1.2. Kapsam	41
4.3.2. Envanter Analizi	42
4.3.2.1. Veri Toplama	42
4.3.2.2. Varsayımlar	42
4.3.2.3. Hesaplama Yöntemi	43
4.3.3. Etki Analizi	45
4.3.4. Yorum	45
4.4. Sima-Pro Yazılımı ile Kentsel Katı Atığın YDD	46
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
5.1. Mevcut Durum	48
5.2. Birinci Atık Yönetim Senaryosu	54
5.3. İkinci Atık Yönetim Senaryosu	56
5.4. Üçüncü Atık Yönetim Senaryosu	58
5.5. Atık Yönetim Senaryolarının Karşılaştırılması	61
6. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	64
 KAYNAKLAR	 66
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbon Dioksit
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
Km	: Kilometre
ÇTV	: Çevre Temizlik Vergisi
ÇYDA	: Çevresel Yaşam Döngüsü Analizi
EPD	: Environmenal Product Declaration
KAY	: Katı Atık Yönetim
KKA	: Kentsel Katı Atık
LCA	: Life Cycle Assessment
ISO	: International Organization of Standardisation
SETAC	: Society for Environment Toxicology and Chemistry
US EPA	: United States Environmental Protection Agency
Res.Gaz	: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi
Yal.Bel	: Yalova Belediyesi
YAKAB	: Yalova Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği
Yal. Val	: Yalova Valiliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TSE	: Türkiye Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Çevresel sistem analizi	18
3.2: Örnek projenin YDD aşamaları	20
3.3: Yaşam döngüsü değerlendirme çerçevesi	24
4.1: Yalova ve çevresinin uydu görüntüsü	35
4.2: Yalova fiziki harita	36
4.3: Yalova aylık ortalama sıcaklık değerleri	37
4.4: Yalova aylık ortalama yağış değerleri	38
4.5: Yalova kentsel katı atık için sistem sınırları	42
4.6: Ambalaj atıkları bileşenlerinin yüzdesel oranları	45
4.7: Oluşturulan projeye ait görünün	46
4.8: Oluşturulan projeye ait görünüm	47
5.1: Mevcut durumun çevre etkileri	49
5.2: Mevcut durumun oransal çevre etkileri	50
5.3: Mevcut durumun karbon ayak izi diyagramı	51
5.4: Bir Kg ambalaj atığının kaynağında ayrı toplanmasının karbon ayak izi diyagramı	52
5.5: Bir Kg kentsel katı atığın karbon ayak izi diyagramı	53
5.6: Birinci atık yönetim senaryosunun çevre etkileri	54
5.7: Birinci atık yönetim senaryosunun oransal çevre etkileri	55
5.8: İkinci atık yönetim senaryosunun çevre etkileri	56
5.9: İkinci atık yönetim senaryosunun oransal çevre etkileri	57
5.10: Üçüncü atık yönetim senaryosunun çevre etkileri	58
5.11: Üçüncü atık yönetim senaryosunun oransal çevre etkileri	59
5.12: Üçüncü atık yönetim senaryosunun karbon ayak izi diyagramı	60
5.13: Tüm atık yönetim sistemlerinin karşılaştırılması	62
5.14: IPCC 2007 GWP a göre karşılaştırmalı etkiler	63

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Bertaraf edilen belediye atık miktarları	13
2.2: Bertaraf edilen belediye atık miktarları	14
2.3: Belediye katı atıklarının karşılaştırmalı oranları	14
2.4: Türkiye de katı atık bertaraf tesisleri	15
2.5: Türkiye Yalova katı atıkların karşılaştırılması	16
2.6: Belediyeler atık envanteri	17
3.1: ISO 14040 standartları serisi	23
3.2: Örnek fonksiyonel birimler	27
4.1: Yalova ili ve ilçeleri nüfus değerleri	39
4.2: Yalova için katı atık yönetim senaryoları	41
4.3: Yalova kentsel katı atık bileşenleri	43
4.4: Yalova belediyelerinin atık miktarları	44
5.1: Mevcut durum çevresel etkileri hesap tablosu	48
5.2: Birinci atık yönetim senaryosu hesap değerleri	54
5.3: İkinci atık yönetim senaryosu hesap değerleri	56
5.4: Üçüncü atık yönetim senaryosu hesap değerleri	58
5.5: Tüm atık yönetim senaryolarının karşılaştırılması	61
5.6: IPCC 2007 GWP 100a göre karşılaştırmalı etkiler	63

1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı ile birlikte hızlı kentleşme, tüketim ve buna bağlı olarak da kentsel atık oluşumuna bağlı çevre sorunları gittikçe artmaktadır. Kentsel katı atık miktarları arttıkça nihai atıkların uygun şartlar altında bertaraf edilmesi ihtiyacı da ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla çevre ve insan sağlığının tehlikeli boyutlara ulaşmaması için ulusal ve uluslararası yönetimler tarafından sürdürülebilir atık yönetim politikaları oluşturulmalı ve uygulamaya başlanmalıdır [Pichtel, 2005].

Hızlı kentleşme sonucunda kentsel katı atıkların, beşikten mezara kadar yaşam süreçlerinde, etki analizlerinin doğru şekilde yapılması gerekmektedir. Yeni atık bertaraf tekniklerinin ve metotların gelişmesi uzun vadeli atık yönetim planları oluşturulması çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmalara her geçen gün ilginin artması, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) kavramını ortaya çıkarmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, tüm yaşam boyunca, çevresel etkileri sistematik olarak bir ürün yada hizmet üzerinde ilişkilendirilen, çevresel etki yüklerini ölçen ve değerlendiren bilimsel bir yöntemidir [Horne et al., 2009].

Bu çalışma planlanırken, öncelikle kentsel katı atığın bileşenlerin oluşturulmuş, atık kaynakların ve farklı atık yönetim senaryolarının belirlenmiştir.

Kentsel katı atık yönetiminde uygulanacak atık yönetim senaryolarının; uygulanabilir, ekonomik, sosyal ve çevre kanunlarına göre uygun olması gerekmektedir. Bununla birlikte uluslararası, ulusal ve yerel yönetimlerin uzun vadeli atık yönetim politikaları ile birebir örtüşmeli, planlanan kentsel katı atık yönetim senaryoların birçok ekonomik ve sosyal etkenlere de cevap vermelidir. Kentsel katı atık yönetiminin önemi hızlı nüfus artışına bağlı hızlı ve çarpık kentleşmeyle oluşan atık bertaraf sorunları ile birlikte çevreye; başta halk sağlığı ve çevre kirliliği gibi direkt etkilere, sera gazlarının dolaylı etkilediği küresel iklim değişiklikleri sorununda bir nedeni olarak gösterilmektedir.

Kentsel katı atıklarının uygun yönetim politikalarıyla yönetemeyen idarelerin neden olduğu çevresel etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar her geçen gün artarak devam etmektedir [Anand, 2010].

Kentsel katı atık insanların doğal yaşam faaliyetleri sonucu ortaya çıkan; kıta, ülke, şehir, bölge, hatta en küçük yerleşim birimlerine göre farklılık gösterebilen, iklim şartlarına ve mevsimlere göre kompozisyonunda farklılıklar

gözlenebilmektedir. Ülkenin veya en küçük yerleşim biriminde bile; ekonomik ve sosyal farklılıklar, alışkanlıklar, yaşam biçimleri kentsel katı atığın miktarını ve çeşitliliğini önemli şekilde değiştirmektedir. Bununla birlikte miktarı ve içeri değişen kentsel katı atığın kompozisyonuna göre atık bertaraf senaryoları değişebilmektedir. Uzun vadeli kentsel katı atık yönetim politikalarında; planlama çalışması yapılacak bölgenin tüm sosyo-ekonomik faktörleri de plancılar tarafından çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Kentsel katı atığın uygun yönetim şekli ile yönetilmediğinde çevreye biricil endirekt etkisinin sera gazları olduğu bilinmektedir. Sera gazlarının yıllar içerisinde atmosferde miktarının artması sonucu oluşan gaz katmanının güneş ışınlarının yansımalarını etkilemesi nedeniyle sera etkisi oluşturmaktadır. Bunun sonucunda da güneş ışınları daha fazla atmosferde kalmakta bu da küresel ısıyı artırmaktadır. Küresel ısınmanın artması buzulların erimesi, iklim değişikliği, tarımsal faaliyetlerin etkilenmesi gibi birçok zincirleme etki oluşturabilmektedir. Değişik araştırma merkezlerinden elde edilen veriler, yer atmosferinin ortalama sıcaklığının 20. yüzyılda $0,6 \pm 0,2$ °C arttığını göstermektedir. 21. yüzyılın sonunda ise ortalama sıcaklık artışının en az 2°C olacağı öngörülmektedir. Bu sıcaklık artışına bağlı olarak buzulların erimesi sonucunda, son 10 yılda okyanus ve denizlerde 3 cm'lik bir su seviyesi artışı tespit edilmiştir. 2100 yılına kadar bu artışın 1 m'yi bulacağı tahmin edilmektedir. Bu durum deniz kıyısındaki kentlerin kıyı kesimlerinin su altında kalacağını göstermektedir [Blakman, 2001].

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Yalova Kentinin, sürekli gelişmekte olması, yapımı devam eden Körfez Köprüsünün hizmete açılmasından sonra Yerel ve Merkezi Yönetimlerce beklenen, hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin sonucunda ortaya çıkacak atık yönetimi modellerinin belirlenmesinde fikir vermesi amaçlanmıştır. Yalova İline ait kentsel katı atığın yaşam döngüsü analizleri, karbon miktarları ve kaynakları, Eco-indicator99 ve CML 2 Baseline V.4.2 veri tabanına sahip lisanslı SimaPro 7.2. bilgisayar programı ile hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmada amaç, en az çevresel etki yapacak nihai bertaraf metodunun farklı senaryolarla karşılaştırılarak belirlenmesi, bilimsel verilere dayalı olarak uzun vadede katı atık yönetim politikasının belirlenmesinde yerel yönetimlere yardımcı olmaktır.

Yalova İline ait kentsel katı atığın farklı atık yönetimi senaryoları ile Çevresel Yaşam Döngüsü Analizleri (ÇYDA) incelenmesi uzun vadede kentsel katı atık yönetim politikasını oluşturulmasında yardımcı olması hedeflenmektedir. Özellikle bölgenin 3/4'ünün ormanlarla kaplı olması, ilave tesis kamulaştırma maliyetlerinin çok pahalı olması, atık bertaraf tesislerinin yer seçiminde yerel yönetimleri çok zor durumda bırakmaktadır. Kentsel katı atığın en uygun şekilde bertaraf edilmesi, sınırlı alana sahip olan bölgenin, mevcut bertaraf tesisinin işletme ömrünü uygulanabilir atık yönetim politikalarıyla uzatılması hedeflenerek, daha az alan kaplayan ve daha fazla kentsel katı atığın nihai bertaraf edilebileceği, ÇYDA göre en uygun atık yönetim senaryosunun seçilmesi ile mümkün olacaktır. Bu çalışma doğrultusunda tamamen TSE EN ISO 14040 Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme (TSE EN ISO 14041, 14042, 14043) serilerine uygun olmasına dikkat edilmiştir.

1.2. Yapılan Diğer Çalışmalar

ÇYDA, 1960'li yıllarda özel çalışmalar için geliştirilmiş olup sonrasında 1990'lar da net enerji analizleri ile ortaya çıkmıştır. Bunun yeterli olmaması üzerine daha sonraları su ve hava emisyonları da eklenmiştir. Fakat bu çalışmalar da çok detaylı olmamıştır. 1990'da Society for Environment Toxicology and Chemistry (SETAC), 1997'de International Organization for Standardisation (ISO), YDD için bir metodoloji geliştirmiştir. Birleşmiş Milletler (BM) Çevre Programı çevresel yaşam döngüsünü, çevresel yükü bulmak için yapılan bir yaklaşım olarak tanımlar ve bu tanımlama da çevresel kaliteyi artırmak için son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Literatürde, çeşitli ürün ve aktivitelerin YDD konusunda çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. 2009 yılında yapılan bir inceleme makalesinde katı atık yönetimi performansların değerlendirilmesi için YDD kullanımı incelenmiştir. Bu çalışmada 2002-2008 yılları arasında yayınlanan çeşitli çalışmalardaki katı atık yönetimi konusundaki YDD karşılaştırılmış ve sonuçları irdelenmiştir [Cleary, 2009].

Yunanistan Selanik şehri için yapılan Kentsel Atık Yönetim stratejileri incelenmiş ve günlük yaklaşık 600 bin atık için farklı tiplerde atık yönetim senaryoları geliştirilmiştir. Kaynağında ayrı toplama, biyolojik arıtma ve yakma

proseslerini kapsayan senaryolarda, çevreye en uygun yönetim sisteminin biyolojik arıtma olduğu görülmüştür [Koronas et al., 2012].

YDD Analizlerin farklı yönetim stratejileri ile birleştirilmesiyle, uzun vadede ve en uygun çevresel etkiler altında kentsel katı atığın bertaraf edilmesi için; bir çok alternatif karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada, kentsel katı atık için dört farklı atık yönetim senaryosu oluşturulmuş ve aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Kaynağında ayırma, biyolojik arıtma, yakma prosesi ile enerji geri kazanımı mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda; biyolojik arıtma ile enerji geri kazanımının olduğu atık yönetim senaryosu en uygun senaryo olmuştur [Cherubini et al., 2009].

Modelleme çalışmaları ile YDD Analizlerinin, optimizasyon ve katı atık yönetim sistemlerinin entegrasyonunun araştırdığı çalışma ile, bir çok atık yönetim değişkenleri altında modelleme yapılmıştır. Çalışmaya göre, kaynak, üretim ve nihai bertaraf değerlerinin bir bütün halinde değerlendirildiği katı atık yönetim planları, klasik yöntemlerle oluşturulan yönetim sistemlerine göre çok daha başarılı ve yapılabilir olduğu ortaya konmuştur [Levis et al., 2013].

Çin Halk Cumhuriyetinde, dört farklı belediyenin müşterek kentsel katı atık yönetim şeklinde, oluşturulan katı atık yönetim senaryoları kendi aralarında karşılaştırılarak en uygun atık yönetim planı seçilmiştir. Çalışmanın sonunda, büyük kentler için ortak atık yönetim senaryoları oluşturmanın daha az çevreye etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Atık yönetim senaryoları içinde biyolojik bertaraf yönteminin en olumlu sonucu verdiği ortaya çıkmıştır [Jiglon et al., 2010].

YDD konu alınarak yapılan bir çok tez çalışması da bulunmaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmada, Eskişehir kentsel katı atık yönetimi için, atık yönetim senaryoları karşılaştırılmış ve kendi aralarında değerlendirme yapılmıştır [Banar vd., 2009].

Yaşam Döngüsü Değerlendirme yöntemiyle, İzmir kenti için hazırlanan Konut Değerlendirme Modelinin geliştirme süreci, İzmir’den seçilen konutlar üzerinde denenmesi diğer bir tez çalışmasında yapılmıştır. Tez sonunda geliştirilen bu model ile bir yazılım programı kullanarak, binalardaki enerji tüketimini, katı atık oluşturma durumu, su kirlilik endeksi, hava kirliliği endeksi, küresel ısınma potansiyeli ve doğal kaynak kullanımı konularında karşılaştırmalı analizler yapılmıştır [Bozkurt, 2007].

YDD metodu ile farklı atıksu arıtma teknoloji ve standartların çevresel masraflarını ve yararlarını değerlendirmesi yapılan bir tez çalışmasının konusu olmuştur. Atıksuların arıtıldığı tesislerin girdi (kullanılan kimyasal madde, elektrik enerjisi v.b.) ve çıktıların (havaya, suya ve toprağa verilen emisyonlar, oluşan çamur miktarı v.b.) bir envanteri yapılmış, girdi ve çıktılarla ilgili muhtemel çevre etkileri değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar çalışmanın amaçları ile bağlantılı bir şekilde yorumlanmıştır [Ün, 2009].

Kentsel katı atığın farklı atık yönetim senaryoları altında çevresel yaşam döngüsü ile incelenmesini amaçlayan bir çalışma da Çin Halk Cumhuriyetinde Qingbin Song ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Çalışmada yıllık 350 bin ton kentsel katı atık için oluşturulan bölge için beş farklı senaryo ile inceleme yapılmıştır. Buna göre kaynak azatılımı yapılarak; ham madde, ekosistem kalitesi ve insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir [Song et al., 2013].

Kentsel katı atıkların farklı atık yönetim senaryoları ile karşılaştırılması yönünde literatür çalışmaları yapılmıştır. Bir çok farklı atık yönetim senaryosu kendi aralarında değerlendirilmiştir [Khoo et al., 2009].

Kentsel katı atığın alt bileşenlerinin kendi aralarında YDD Analizleri yapılarak, atık kaynaklarının kaynaklarına göre değerlendirilmesi, YDD Analizlerine göre çevre bileşenler arasında çevreye olan etkinin daha fazla olduğu araştırılmıştır [Rigonati et al., 2010].

Ülkemiz de benzer yapılan bir çalışmada; Ankara için kentsel katı atıkların farklı YDA senaryoları altında değerlendirilmiştir. Ankara için evsel katı atık yönetimine ilişkin çeşitli metotlar YDA kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı Ankara için çevresel etkileri en düşük ve en ekonomik evsel katı atık yönetim seçeneğinin belirlenmesi olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen senaryolar evsel katı atıkların toplanması, taşınması, kaynakta ayrı toplanması, transfer istasyonlarında ayrıştırılması yakma, anaerobik bozundurma ve düzenli depolama sürecini kapsamaktadır. Çalışmanın sonunda Ankara için en uygun atık yönetim sistemi belirlenmiştir.

YDA Senaryolarına göre kaynakta ayrıştırmayı içeren senaryoların çevresel etkileri ve enerji kullanım bazında en uygun yöntem olduğu, yakmayı içeren senaryonun en yüksek maliyette sahip olduğu ve toksititesi en yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık anaerobik bozundurmaya dayalı biyolojik prosessin

bulunduğu senaryonun en düşük maliyet ile en düşük küresel ısınma potansiyeline sahip olduğu görölmüşdür [Özeler vd., 2006].

2. KENTSEL KATI ATIK ve KATI ATIK YÖNETİMİ

2.1. Kentsel Katı Atık

Birçok çalışmada katı atık ve kentsel katı atık için farklı tanımlamalar yapılmıştır. Genel tanım olarak katı atık için; son kullanıcısı tarafından artık istenilmeyen ve uzaklaştırılması çevre ve insan sağlığı açısından gerekli olan, her türlü katı formdaki maddelere katı atık denilmiştir. Kentsel katı atık ise kaynağı şehirleşmeden olan, beşeri faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atık olarak tanımlanmıştır. Kentsel katı atık için; çöp, belediye atığı, evsel katı atık gibi farklı çalışmalarda tanımlamalar da yapılmıştır [Anand, 2010].

Çevre Kanunda tehlikeli ve zararlı atık kapsamına girmeyen; konut, sanayi, işyeri, piknik alanları gibi yerlerden gelen atık olarak tarif edilmiştir [ResGaz, 1]. Çevre Bakanlığı tarafından, 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmış olan “ Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”nde “Katı atık: Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu, iri katı atık, evsel katı atık, bu Yönetmelikte “katı atık“ olarak anılmaktadır.” Denmektedir [ResGaz, 2].

Kavramın belirleyici özelliği, kullanıcısının ya da üreticisinin maddeyi gözden çıkartması veya bu amaca sahip olmasıdır. Atık yönetimi literatüründe katı atık kavramı sıvı, gaz veya radyoaktif atıklar dışında kalan atıklar için kullanılsa da, söz konusu katı atıkların yeniden üretim ve işleme sürecine sokulması nedeniyle artık daha fazla atık anlamı taşımayan katı ya da yarı katı maddeler için de kullanılmaktadır [Tchobanoglos et al., 1993].

Katı atıkları yok edilmesi gereken maddelerden çok geri kazanılması gereken zenginlik olarak gören anlayışla çöpü, arzu edilmeyen yerlerde bulunan kıymetli maddeler; ise benzer bir anlatımla atıkları yanlış zamanda yanlış yerde bulunan kaynaklar biçiminde tanımlamaktadır. Kentsel katı atık kavramı özellikle zararlı ve tehlikeli katı atık kapsamına girmeyen atıklar için kullanılmaktadır. Kavram: Başta evsel nitelikli atıklar olmak üzere bu nitelikteki endüstriyel, ticari, kurumsal ve

kentsel işlevler sonucu ortaya çıkan atıkları kapsamaktadır. Kentsel katı atığın yönetimi yerel yönetimler tarafından yürütülmekte ve sekiz grup halinde değerlendirilmektedir

Zararlı ve Tehlikeli Atıklar; atıkların çevre ve insan sağlığına yönelik potansiyel ve/veya olası olumsuz etkilerini önlemek amacıyla uzaklaştırma sürecinde özel işlemler gerektiren biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikte yanıcı-yakıcı, zehirleyici, yok edici veya diğer bir madde ile etkileşimi sonucu zararlı ve tehlikeli olabilen asit, kurşun, civa, arsenik bileşikleri, kendiliğinden tepkimeye yatkın reaktif atıklar, tarım ilaçları, kadmiyum bileşikleri ve radyoaktif maddelerdir [Bois et al., 1999].

Zararsız Atıklar; zararlı ve tehlikeli atık kapsamına girmeyen organik ve inorganik maddelerdir. Mutfak ve yemek atık ve artıkları, karton, kağıt, kül, metal, cam, plastik, inşaat ve hafriyat atıkları ile diğer sentetik maddeler bu gruptan sayılabilir. Katı atıklar, kaynaklarına göre değişik gruplar altında incelenebilir.

Evsel Atıklar; evsel faaliyetlerden oluşan atık ve artıklardır. Genellikle çöp olarak bilinen ve çoğunlukla zararsız atık grubuna ait atıklar olmakla birlikte evsel atıklar pil, boya vb. zararlı ve tehlikeli atıkları da içerebilmektedir.

Endüstriyel Atıklar; endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıkları kapsamaktadır. Endüstriyel katı atık yönetimi konusunda doğal kaynakların ve çevrenin korunması anlamında geri kazanım ve arıtma tesisi uygulamaları önem taşımaktadır.

Ticari ve Kurumsal Atıklar; ticari işletmelerden ve kurumlardan Ticari işletmelerden ve kurumlardan ortaya çıkan atıklardır. Genel olarak evsel atıklar kadar organik madde içermeyen atıklardır. Lokanta, büfe, mağaza, okul, askeri yerleşim, liman, ofis, stadyum vb. ortak kullanım alanlarından toplanan atıklar bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Belediye Faaliyet Atıkları; sokak süprüntüleri, park bahçe, toptancı halleri, plaj ve mesire yerlerinden toplanan atıklar, araba hurdaları, hayvan ölüleri, su arıtma tesislerinden ortaya çıkan çamurlar bu özelliktedir. Bu atıkların kompozisyonu; kentin sosyo-ekonomik yapısına göre yüzdesel oranları değişmektedir. Sanayileşmiş kentler, az sanayileşmiş kentlere göre daha fazla atık çeşitleri göstermektedir.

Özel Atıklar: Uzaklaştırılması özel önem taşıyan atıklardır. Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, evsel atıklar içerisindeki boya,

inceltici, temizlik maddeleri, piller vb., lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır.

Tarımsal Atıklar: Bitkisel ve hayvansal ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içerik özellikleri topluluk ya da toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir. Katı atıkların miktar-hacim ve içerik olarak özelliklerinin bilinmesi, gerekli verilerin uygun yöntemlerle toplanması katı atık yönetim sistemi planlaması ve uygulamalarında etkinliğin sağlanmasında son derece önem taşımaktadır. Katı atıkların özellikleri hakkındaki bilgi ve verilerle ilgili olarak istatistiksel güvenilirlik, standart sapma, mevsimsel özellikler, yaşam standartları gibi konuların da araştırmacılar tarafından dikkate alınması gerekmektedir.

2.2. Kentsel Katı Atık Yönetimi ve Nihai Bertaraf Yöntemleri

2.2.1. Kentsel Katı Atık Bileşenleri

Kentsel katı atık, atık yönetimi ülkemizde Çevre Kanunları kapsamında yetki yerel yönetimlere verilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen ilgili atık yönetmeliklerince; kentsel katı atığın toplanması, taşınması, ara depolanması, nihai bertaraf için taşınması ve bertaraf edilmesi için, Büyük Şehir Belediyeleri, İl ve İlçe Belediyeleri ile İl Özel İdaresince yönetilmesi gerekmektedir. Mahalli İdareler, atık yönetimi yürütmek amacıyla; doğrudan yatırım yapmak, tesis kurmak, hizmet alımı yapmak veya son yıllarda oldukça yaygınlaşan Mahalli İdare Birlikleri oluşturarak atık yönetim planları oluşturmaktadırlar. Ülkemizde kentsel katı atığın toplanması, belediyelerince, Çevre Koruma Daire Başkanlıkları, Atık Yönetimi Daire Başkanlıkları, Temizlik İşleri, Fen İşleri gibi birim isimleri adı altında yürütülmektedir.

Kurumlar, genellikle kentsel katı atık yönetim uygulamalarının birinci ayağı olan atık toplama ve taşıma işlerini “Kent Temizliği” olarak yürütmekte, bu iş ve işleri kendi imkânları ile yaptıkları gibi yüklenici firmalardan hizmet alımı kapsamında da yaptırabilmektedirler. Kentsel katı atığın temel bileşeni

yerleşimlerden kaynaklanan evsel atıklardır. Atıkların büyük bir kısmını organik atık olarak bilinen “mutfak çöpu” dır. Bununla birlikte ambalaj atıkları, sokak ve park bahçe atıkları, kül, cüruf, mezbaha atıkları, hal-pazar yeri atıkları, sanayi ve endüstri kaynaklı tehlikeli olmayan atıklar ve diğ er inorganik atıklar olarak çeşitlenebilir. Atığın miktarı ve kompozisyonları; yerleşim yerinin sosyo-ekonomik yapısı, bölgesi, iklim şartları, beslenme alışkanlıkları, eğitim seviyesi, mevsim şartlarına göre değişmektedir.

Katı Atık Yönetimi (KAY) atıkların oluşumundan nihai bertarafına kadar devam eden süreçlerde farklı yönetim disiplinlerin de etkisi altında (Çevre ve Halk Sağlığı, ekonomi, mühendislik, imar ve şehircilik, gibi) kalmaktadır. Hedeflenen KAY için bu disiplinlerin ortak paydada buluşması KAY için çok verimli çözümler sunacaktır. KAY’ de kentsel katı atığın, toplanıp nihai bertaraf edilmesine kadar geçen sürede; miktarı ve bileşenleri sürekli değişken bir eğ ilim halinde seyretmekle birlikte özellikle toplama ve taşıma maliyetleri oldukça yüksektir. Mahalli idareler KAY hizmetlerinde vatandaşlardan Çevre Temizlik Vergisi (ÇTV) adı altında düzenli vergi tahakkuk etmektedir. Ancak toplanan vergiler ile KAY için yapılan maliyetler karşılaştırıldığında, vergilerin toplam maliyetin yanında oldukça az bir oranını karşılamaktadır. Mahalli idarelerin bütçelerinde oldukça önemli bir pay sahibi olan KAY için yeni, ekonomik ve uzun vadeli planlamaların yapılması gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

KAY’ de çöpler üretilip biriktirilip, toplanıp, taşındıktan sonra, kısa süre öncesine kadar, gelişmiş ülkelerde bile, doğrudan düzenli veya düzensiz çöp depolama alanlarına gömülür, burada depolanırdı. Ancak günümüz modern KAY sistemlerinde üretim-biriktirme-toplama/taşıma-depolama kısa yolunu reddetmekte, bu kısa yolun öncesinde, mutlaka bir işleme-geri kullanım/geri dönüşüm/geri kazanım- aşaması koymaktadır. Günümüz KAY felsefesinin ana temasını oluşturan bu aşamada, katı atık tanımında yer alan “iş e yaramaz” ifadesi reddedilmekte ve oluşan atık, o maddenin yaşam döngüsü içinde bir bölüm olarak kabul edilerek, maddenin yaşamasına devam etmesi ve döngüyü sürdürmesi için gerekli teknolojiler geliştirmekte ve uygulanmaktadır.

Kentsel katı atıkların sürdürebilir bir yapılandırma ile devamlılığı sağlanabilmesi için, kaynağında sınıflandırma, biriktirme ve işleme, toplama, taşıma

ve transfer ile ayırma, işleme ve dönüştürme süreçlerinin sonrasında nihai bertarafı kapsayan ana bileşenler oluşturmaktadır [Henriksen et al., 2006].

2.2.2. Kentsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri

Günümüzde kentsel katı atıklar için farklı ihtiyaçları bir arada sunabilen nihai bertaraf yöntemleri bulunmaktadır. Bertaraf yöntemlerin özelliği; çevreye duyarlı, uzun vadede ihtiyaçları karşılayabilecek ve ekonomik olması gerekmektedir [Bilitevski et al., 2005]. Nihai bertaraf yöntemleri genel olarak tanımlanmıştır;

Toplama taşıma kentsel katı atığın kaynağından farklı yöntemler ile toplanarak, bertaraf edilmek üzere bölgeden uzaklaştırılmasıdır. Burada insan ve çevre sağlığı için riskler azaltılmış olur.

Kaynağında ayrı toplama; atıklar içerisinde ekonomik fayda sağlayan ve geri kazanabilir olanların sistemden ayrı toplanarak ayrı bir şekilde değerlendirilmesi ve ekonomiye yeniden kazandırılmasıdır. Ürünler; plastik, cam, metal, kağıt-karton, elektronik eşyalar, araç lastikleri, her türlü hurda malzemeler bu grubu oluşturmaktadır.

Düzenli depolama tesisi; kentsel katı atıkların bertaraf edilmesi için oluşturulan büyük dolgu alanlarıdır. Bu alanlar özel mebranlar ile kaplanarak, gömülecek atıkların oluşturduğu çöp sızıntı sularının yer altı sularına karışması engellenmektedir. Direnaj sistemi ile toplanan sızıntı suları içerdiği yüksek kirlilik konsantrasyonu nedeniyle ileri arıtma yöntemleri uygulanması gerekmektedir [Bouis et al., 1999].

Düzenli depolama tesislerinde, atıklar belirli bir yoğunluğa geldikten sonra iş makineleri ile sıkıştırılmaktadır. Uygun sıkıştırma yüksekline geldiğinde ise inert malzemeler ile üzeri kapatılmaktadır. Depolama alanlarının uygun yerlerine açılan bacalarla gömülen atıkların bio-bozunması ile oluşan CH₄, H₂S, CO₂ gazları sistemden uzaklaştırılmaktadır. Düzenli depolama tesisleriyle nihai bertaraf yöntemi genel atık yönetimi planları arasında büyük pay sahibidir.

Kompostlaştırma En eski bertaraf yöntemlerinden biridir. Kentsel katı atık içerisindeki organik atıkları bio-bozunmayla gübre halini almasıdır [Bilitevski et al., 2005]. Toplanan atıklar, uygun ayırma işlemi yapıldıktan sonra bio-reaktöre alınarak mikroorganizmalar yardımıyla yarı havalı-havasız ortama yaklaşık 60 gün süreyle

işlem görmektedir. Ağır metal değerleri uygun olan kompostlar, gübre olarak kullanabilirler.

Termal prosesler içeriği bakımından yanabilen atıkların kütsel yoğunluğu fazla olduğu atık kompozisyonlarında enerji geri kazanımı sağlanması amacıyla, atıkların yakılarak nihai bertaraf edildiği yöntemdir. Diğer bertaraf yöntemlerine göre oldukça pahalıdır. Yakma tesislerinin işletme maliyetleri yüksektir. Yakma sonunda baca gazları emisyonları fazladır.

Proliz termal proses grubuna girmektedir. Yakma prosesinden farklı olarak atık, belirli şartlar altında bozularak gaz çıkışına neden olur, konvansiyonel yakma prosesleriyle enerji geri kazanımı sağlanır. Yakma prosesine göre daha pahalı yatırım maliyetine sahiptir [Tchobanoglos et al. 1993].

2.2.3. Türkiye’de Kentsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri

Ülkemizde 1994-2010 yılları arasında belediyelerce toplanan kentsel katı atıkların bertaraf yöntemlerine bakıldığında; 1994 yılında toplanan kentsel katı atığın %81.5’i vahşi depolama alanlarına -çöplük- dökülerek bertaraf edilirken 2010 yılında bu oran %43.5’e gerilemiştir. Aynı yıllar ele alındığında; 1994 yılında düzenli depolama gönderilen belediye atıklarının oranı %4.6 iken, 2010 yılında bu oran %54.4’e yükselmiştir [Web 1, 2013].

2010 yılı verileri ele alındığında; yaklaşık 26 milyon ton belediye atığının %43.3’ü çöplüklere, %54.4’ü düzenli depolama tesislerine, %0.8 kompost tesislerinde, %0.5 açıktan yakılmayla, %0.2 Dereye veya göle dökülerek, %0.1’i gömülerek ve %0.5’i diğer metotlarla bertaraf edilmektedir. Belediye atık miktarlarının yıllara göre verileri Tablo 2,1 ve Tablo 2,2’de verilmiştir. Yine aynı bertaraf edilen kentsel katı atık oranları Tablo 2,3’te gösterilmiştir [Web 1, 2013].

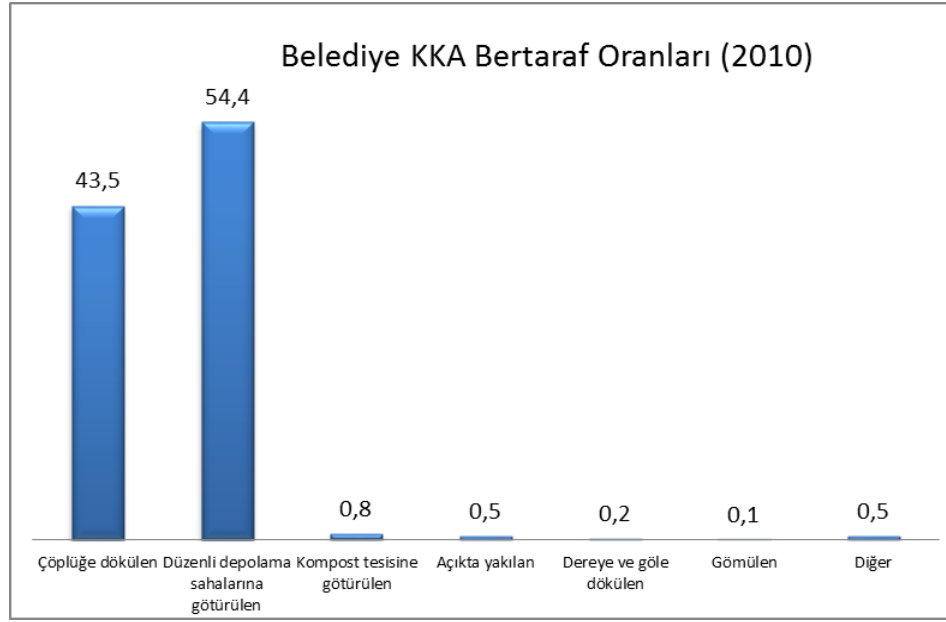
Tablo 2.1: Bertaraf edilen belediye atık miktarları.

Bertaraf Yöntemlerine Göre Belediye Atık Miktarı (Bin ton/yıl)												
	1994		1995		1996		1997		1998		2001	
Bertaraf yöntemi	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Toplanan belediye atık miktarı	17 757	100	20 910	100	22 483	100	24 180	100	24 945	100	25 134	100
Çöplüğe dökülen	14 479	81,5	17 175	82,1	17 520	77,9	16 805	69,5	16 853	67,6	14 570	58
Düzenli depolama sahalarına götürülen	809	4,6	1 444	6,9	2 847	12,7	4 364	18	5 258	21,1	8 304	33
Kompost tesisine götürülen	192	1,1	159	0,8	179	0,8	180	0,7	166	0,7	218	0,9
Açıkta yakılan	442	2,5	405	1,9	438	1,9	625	2,6	386	1,5	344	1,4
Dereye ve göle dökülen	558	3,1	370	1,8	370	1,6	384	1,6	375	1,5	101	0,4
Gömülen	523	2,9	829	4	824	3,7	1 447	6	852	3,4	482	1,9
Diğer	753	4,2	527	2,5	303	1,3	366	1,5	1 039	4,2	1 115	4,4

Tablo 2.2: Bertaraf edilen belediye atık miktarları

Bertaraf yöntemlerine göre belediye atık miktarı (Bin ton/yıl)												
	2002		2003		2004		2006		2008		2010	
Bertaraf yöntemi	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Toplanan belediye atık miktarı	25 373	100,0	26 118	100,0	25 014	100,0	25 280	100,0	24 361	100,0	25 277	100,0
Çöplüğe dökülen	16 310	64,3	16 567	63,4	16 416	65,6	14 941	59,1	12 678	52,0	11 001	43,5
Düzenli depolama sahalarına götürülen	7 047	27,8	7 432	28,5	7 002	28,0	9 428	37,3	10 947	44,9	13 747	54,4
Kompost tesisine götürülen	383,0	1,5	326,0	1,2	351,0	1,4	255,0	1,0	276,0	1,1	194,0	0,8
Açıkta yakılan	221,0	0,9	259,0	1,0	102,0	0,4	247,0	1,0	239,0	1,0	134,0	0,5
Dereye ve göle dökülen	197,0	0,8	228,0	0,9	155,0	0,6	70,0	0,3	48,0	0,2	44,0	0,2
Gömülen	500,0	2,0	597,0	2,3	426,0	1,7	144,0	0,6	100,0	0,4	34,0	0,1
Diğer	716,0	2,8	709,0	2,7	563,0	2,3	195,0	0,8	73,0	0,3	122,0	0,5

Tablo 2.3: Belediye katı atıklarının karşılaştırmalı oranları.



Ülkemizde bertaraf ve geri kazanım tesisleri ve kapasiteleri incelendiğinde; 1992 yılında sayısı bir olan düzenli depolama tesisi 2010 yılında toplam tesis sayısı 52'ye ulaşmıştır. Bertaraf edilen atık miktarı 14.3 milyon tonu aşmıştır.

1995 yılında bir adet olan yakma tesisi, 2010 yılında sayıları ikiye ulaşmıştır. Yakma sonucu bertaraf edilen belediye atıkları toplam atık miktarına oranı oldukça düşük olmakla birlikte yaklaşık 28 bin ton belediye atığı bu yöntemle bertaraf edilmiştir.

1995 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından Kemerburgaz bölgesinde işletmeye aldığı kompost tesisi ülkemizdeki ilk kompost tesisidir. 2010 yılı sonunda farklı illerde de işlemeye alınmasıyla birlikte sayıları dörde ulaşmıştır. 2010 yılı sonunda toplam 143 bin ton belediye atığı kompost elde edilmek üzere bertaraf edilmiştir.

Bertaraf yöntemlerine göre tesisler incelendiğinde, işletmelerin ciddi işletme güçlükleriyle karşılaştıkları bilinmektedir. Yüksek yatırım maliyetleri ve uzman personel ihtiyaçları bu ve benzeri atık bertaraf tesislerinin sayısını artmamasının bir nedeni olarak ortaya çıkmıştır. Yalova ilinde şehir merkezine uzaklığı 17 Km olan düzenli depolama tesisi bulunmakta ve halen hizmet vermeye devam etmektedir. Tablo 2.4'te ülkemizdeki mevcut belediye atık bertaraf tesislerinin sayısı ve kapasite değerleri ayrıntılı olarak verilmiştir [TÜİK, 2010].

Tablo 2.4: Türkiye’de katı atık bertaraf tesisleri.

Türkiyede Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri Mevcut Durum Envanteri (2010)					
Tesis tipi	Yıl	Sayısı	Kapasitesi ⁽¹⁾ (bin ton)	Yüzölçümü (hektar)	Bertaraf edilen/geri kazanılan atık miktarı
Düzenli depolama	1992	1	75 000	90	
	1995	5	240 277	670	1.444,0
	2000	10	303 795	1 340	
	2005	18	309 513	1 398	7.078,0
	2006	22	378 974	2 419	9.942,0
	2008	37	390 478	2 948	10.037,0
	2010	52	423 142	3 421	14.309,0
Yakma	1995	1	9		0,3
	2000	3	44		
	2005	3	44		30,0
	2006	3	44		28,0
	2008	2	44		29,0
	2010	2	44		28,0
Kompost	1995	1	183		159,0
	2000	2	237		
	2005	4	606		165,0
	2006	4	605		105,0
	2008	4	551		143,0
	2010	5	558		134,0
⁽¹⁾ Yakma ve kompost tesisleri için yıllık kapasite belirtilmiştir.					
⁽²⁾ Faal olmayan tesislerin sayısı ve kapasitesi dahildir.					
... Bilgi elde edilememiştir.					

Tablo 2.5: Türkiye-Yalova kentsel katı atıkların karşılaştırılması.

NÜFUS		TOPLANAN BELEDİYE ATIK DEĞERLERİ (2010)											
		Atık hizmeti verilen					Toplam		Yaz		Kış		
		Anket uygulanan belediye sayısı	Belediye sayısı	Belediye nüfusu	Nüfusun toplam nüfus içindeki oranı %	Nüfusun belediye nüfusu içindeki oranı (%)	Miktar (ton/yıl)	Kişi başı (kg/kişi-gün)	Yaz mevsimi (ton/yaz)	Miktar (ton/gün)	Kış mevsimi (ton/kış)	Miktar (ton/gün)	Kişi başı (kg/kişi-gün)
Toplam													
TÜRKİYE	73 722 988	2 950	2 879	60 946 131	83	99	25 276 698	1,14	14 430 540	70 352	10 846 158	66 906	1,1
Yalova	203 741	15	15	173 122	85	100	89 814	1,1	49 252	230	20 562	136	0,79

Yalova ile ülkemiz atık miktarlarının karşılaştırmalı değerleri Tablo 2.5'te verilmiştir. Bu verilere göre; belediye nüfusu şehir nüfusuna göre oranı %84.97 olan şehirde kış mevsiminde günlük kişi başı atık üretim oranı 0.79 kg/kişi.gün, yaz mevsiminde ise 1.10 kg/kişi.gün dür. Türkiye ortalamasına göre Yalova Kenti'nde daha az atık üretimi olduğu görülmüştür.

Tablo 2.6'da, 2010 yılı verilerine göre hazırlanmış olan belediye katı atıklarının envanter tablosu gösterilmiştir [TÜİK, 2010].

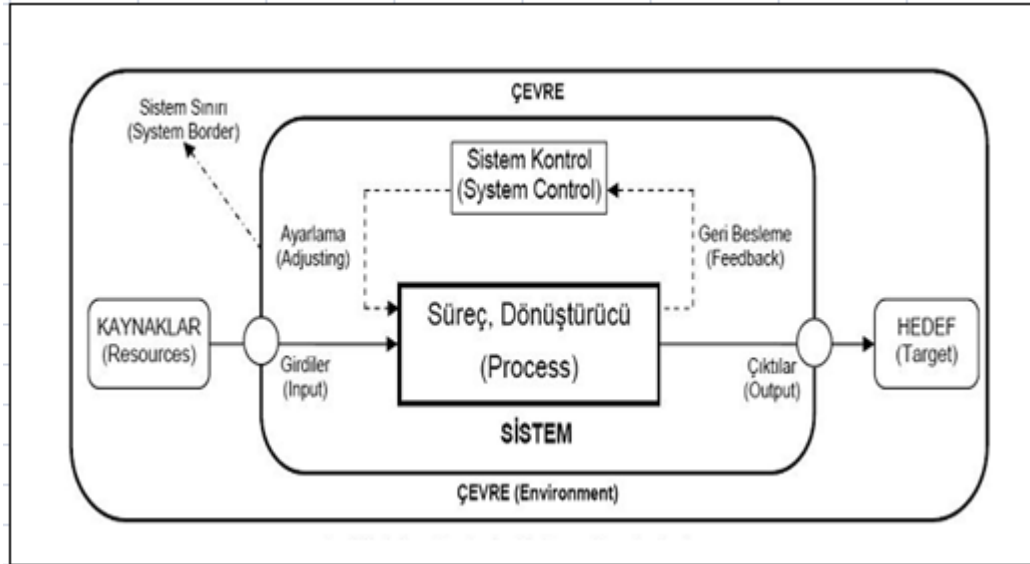
Tablo 2.6: Belediyeler atık envanteri.

Belediye Atık Temel Göstergeleri, 2010	
2010 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt sistemine göre toplam nüfus	73 722 988
Toplam belediye sayısı	2 950
Toplam belediye nüfusu	61 571 332
Anket uygulanan belediye sayısı	2 950
Anket uygulanan belediye nüfusu	61 571 332
Atık hizmeti verilen belediye sayısı	2 879
Atık hizmeti verilen belediye nüfusu	60 946 131
Atık hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%)	83
Atık hizmeti verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	99
Toplanan belediye atık miktarı (bin ton/yıl)	25 277
Kişi başı ortalama belediye atık miktarı (kg/kışı-gün)	1,14
Yaz Mevsimi	
Belediye atık miktarı (bin ton/yaz)	14 431
Günlük toplanan belediye atık miktarı (bin ton/gün)	70
Kişi başı ortalama belediye atık miktarı (kg/kışı-gün)	1,15
Kış Mevsimi	
Belediye atık miktarı (bin ton/kış)	10 846
Günlük toplanan belediye atık miktarı (bin ton/gün)	67
Kişi başı ortalama belediye atık miktarı (kg/kışı-gün)	1,10
Atık bertaraf yöntemleri ve miktarı (bin ton/yıl)	
Büyükşehir belediyesi çöplüğü	1 828
Belediye çöplüğü	8 754
Başka belediye çöplüğü	419
Düzenli depolama sahalanna götürülen	13 747
Kompost tesisine götürülen	194
Açıkta yakarak	134
Dereye ve göle dökerek	44
Gömerek	34
Diğer	122
Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri Temel Göstergeleri, 2010	
Atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri ile hizmet edilen nüfusun belediye nüfusuna oranı (%)	56
Atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri ile hizmet edilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%)	47
Düzenli depolama sahası	
Sayısı	52
Kapasitesi (bin ton)	423 142
Gelen atık miktarı (bin ton)	14 377
Düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilen toplam atık miktarı (bin ton)	14 309
Yakma tesisi	
Sayısı	2
Kapasitesi (bin ton/yıl)	44
Gelen atık miktarı (bin ton)	40
Yakma yöntemiyle bertaraf edilen toplam atık miktarı (bin ton)	28
Kompost tesisi	
Sayısı	5
Kapasitesi (bin ton/yıl)	556
Gelen atık miktarı (bin ton)	216
Kompostlanan atık miktarı (bin ton)	134
Üretilen kompost miktarı (bin ton)	38

3. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Günümüzde çevre ile ilgili konularda toplumsal ilginin artmasıyla beraber proje geliştirme ve uygulama esnasında verilen kararlar önemli bir hal almıştır. Teknolojinin gelişimine yönelik verilen doğru kararlar aşamasında göz önünde bulundurulması gereken başlıklardan biri de çevredir. Çevresel Yaşam Döngü Değerlendirmesi (ÇYDD, Environmental Life Cycle Assessment), 1990'lardan bu yana, karar vermeye yönelik kullanılan ve gelişmekte olan yöntemlerden biridir [Horne et al. 2009].

Çevresel Yaşam Döngüsü (ÇYD) ilk kez olarak 1990'larda net enerji analizleri ile ortaya çıkmıştır. Bunun yeterli olmaması üzerine daha sonraları su ve hava emisyonları da eklenmiştir. Birleşmiş Milletler (BM) Çevre Programı çevresel yaşam döngüsünü çevresel yükü bulmak için yapılan bir yaklaşım olarak tanımlar ve bu tanımlama da çevresel kaliteyi artırmak için son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir tür çevre sistem analizi olan çevresel yaşam döngüsünün basit şematik görünümü Şekil 3.1.'de verilmiştir [Franklin et al., 2000].



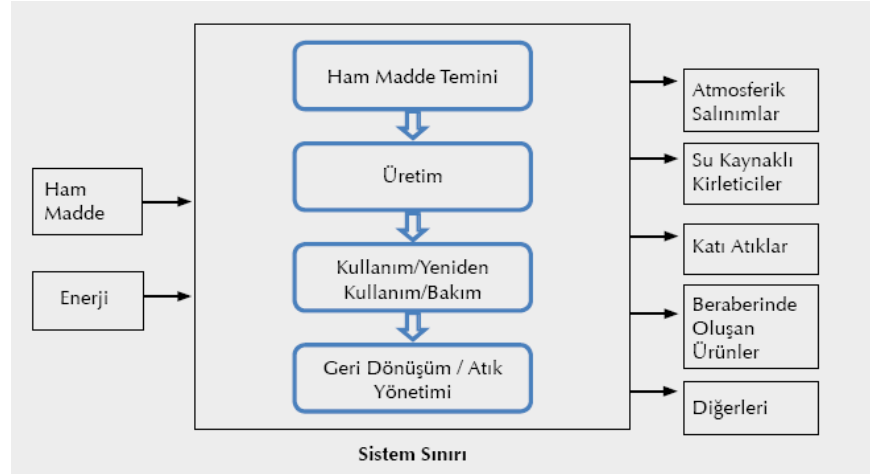
Şekil 3.1: Çevresel sistem analizi

Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, (ÇYDD) herhangi bir ürünün, proses veya aktivitenin çevresel performansını oluşumundan en son aşamaya kadar (örneğin ham maddenin ekstraksiyonundan son depolamaya kadar geçen dönem)

detaylarıyla inceleyen bir teknik olarak tanımlanır [Curran, 1996], [Horne et al. 2009]. Bu değerlendirme, ürünün işlenmesinde olduğu kadar enerji dahil olmak üzere hammaddenin üretilmesi, kullanılması ve final bertarafı sırasında havaya, suya ve toprağa olan tüm etkileri içerir. Dolayısıyla ÇYDD, kullanılan hammadde, imalat, dağıtım, kullanım, geri dönüşüm veya atık aşamalarında yani yaşam döngüsündeki tüm aşamalarda girdi ve çıktılarının çevresel etkilerinin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlayan bir araçtır.

Yaşam döngüsü analizi, hem doğrudan (üretim aşamasında oluşan emisyonlar ve kullanılan enerji vs.) hem de dolaylı (hammadde eldesi, ürünün dağıtılması, tüketici tarafından kullanılması ve bertarafı vs.) etkileri belirlemek ve ölçmek için kullanılabilir [Goedkoop, 2000]. Böylelikle bir ürünün ya da hizmetin tüm yaşam döngüsünü düşünerek, hem çevresel etkiler kısmen önlenebilir, hem de bu etkiler analiz edilmiş olur. Döngünün hangi aşamasının (ham maddelerin üretiminde ya da bertaraf) çevreye en fazla zararı verildiği görülür. Dolayısıyla üreticilerin tasarımdan bertaraf kadar ürünlerinden kaynaklanan kirliliğin sorumluluğunu almaları sağlanabilir. Bu sebeple, en faydalı olan çevresel performansı maksimize edecek şekilde spesifik organizasyon aktiviteleri belirlenebilir ve ayarlanabilir. YDD böylece üreticiye, “ürünün eldesi ve satışı” ile biter geleneksel düşüncesine yeni bir bakış açısı getirir.

ÇYDD, bir ürün ya da sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel etkileri kapsadığından, değerlendirilen bu çevresel etkileri tüm boyutlarıyla ve kapsamlı olarak yansıtır. ÇYDD ile gerçekleştirilebilen kapsamlı ve bütünsel değerlendirme, söz konusu ürün ya da sürece ilişkin yapılacak olası modifikasyonların yol açacağı çevresel etkilerin farklı senaryolar için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini ve ilgili karar alma süreçlerine yansıtılabilmesini de sağlar. Bir ÇYDD çalışmasında tipik olarak yer alan yaşam döngüleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir [Curran, 2005]. Dört aşamadan oluşan ve aşağıdaki şekilde özetlenen ÇYDD metodolojisi temel olarak; bir ürün ya da hizmet eldesini sürecinde kullanılan enerji, su ve diğer ham maddeler ile doğal kaynakları ve bununla birlikte ortaya çıkan çevresel emisyonların bir envanterinin çıkartılması, bu girdi ve çıktılara bağlantılı olarak meydana gelmesi olası olan çevresel etkilerin değerlendirilmesini, Sonuçların sistematik ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek, karar vericilere sunulmasını kapsar.



Şekil 3.2 Örnek prosesin YDD aşamaları.

3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Tarihçesi

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme ile birlikte insanların doğaya verdikleri zararlar da artmaya başlamıştır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir üretim ile sürdürülebilir bir kalkınmanın olmayacağı açıktır. Günümüzde artık yeşil endüstri kavramı artık ekonomik kalkınma ile birlikte ekolojik dengenin korunmasını bir arada sağlayan bir yaklaşım olarak kabul görmektedir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin tarihçesine bakıldığında, ürünlerin ve malzemelerin yaşam döngülerinin ele alınmasına ait ilk çalışmalar 1960'ların sonuna olmuştur. Bu çalışmalar daha çok enerjinin etkin kullanımı, hammaddenin tüketimi ve atıkların elden çıkarılması konuları üzerinde durulmuştur. Örneğin 1969 yılında bir içecek şirketinin yapmış olduğu bir YDD çalışmasında, farklı içecek kutuları karşılaştırılarak, hangisinin çevreye ve doğal kaynaklara daha az zarar verdiğinin bulunması amaçlanmıştır [Hendricksen et al., 2006], [Horne et al., 2009]. LCA metodolojisini geliştirme çabaları 1970'lerde Amerika Birleşik Devletlerinde başladı. Çok yakın geçmişte, Kuzey Amerika Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (SETAC) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevresel Koruma Ajansı (USEPA), Yaşam döngüsü envanter analizi ve etkili değerlendirmesini idare etmek için, bir iskelet üzerindeki uzlaşma geliştirmek ve desteklemek için tasarlanmış çalışmalara ve diğer projelere destek olmuşlardır. Benzer çabalar Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO tarafından da üstlenilmiştir. Bu çabalar sonucunda, kapsamlı LCA iskeleti ve iyi

tanımlanmış envanter metodolojisinde ortaya konmuştur [Hendricksen et al., 2006], [Horne et al., 2009].

1970'lerde gerçekleşen petrol krizinden sonra YDD endüstride enerji akışını izlemek ve yakıtın yaşam döngüsünü analiz etmek için projelerde kullanılmıştır. 1972 yılında, İngiltere'de Ian Boustead cam, plastik, çelik ve alüminyumdan oluşan çeşitli içecek kutularının üretiminde kullanılan toplam enerjiyi hesap etmiştir.

Katı atıklar ve geri dönüşüm konuları ise 1980'lerde önemli olmaya ve gelişmeye başlamıştır. 1988 yılında, katı atıkların dünya çapında bir konu olmasıyla YDD yöntemi yine çevresel problemlerin analizinde ortaya çıkan bir araç olmuştur. Hammaddeyi ve çevrenin gelişimini ilgilendiren tüm alanlarda YDD yöntemi yeniden geliştirilmiştir

1990 yılı ile birlikte YDD yönteminin standartları geliştirilmiştir. İlk kez olarak 1990'larda net enerji analizleri ile ortaya çıkan, bunun yeterli olmaması üzerine daha sonraları su ve hava emisyonları da eklenen bu çalışmalar ile, 1990'da Kimya ve Çevresel Toksikoloji Birliği (SETAC, Society for Environment Toxicology and Chemistry), 1996'da da Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), YDD için bir metodoloji geliştirmiştir. Yaşam Döngüsü Envanteri, Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme ve Yaşam Döngüsü Gelişme Analizi'nden oluşan ana hatları belirgin bir şekilde ortaya konulmuştur.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (Life Cycle Assessment (LCA)), “beşikten mezara analiz (Cradle-to-grave analysis)”, “yaşam döngüsü analizi (Life-Cycle Analysis)”, “ekolojik dengeleme (Eco-balancing)”, “yaşam döngüsü envanteri (Life Cycle Inventory (LCI))”, “Materyal akış analizi (Material Flow Analysis)” gibi değişik başlıklar altında da anılabilmektedir.

3.2. YDD'nin Yapısı ve Standardizasyonu

Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), hem endüstriyelmiş hem de gelişmiş ülkelerdeki ulusal kuruluşları içeren, amacı geniş bir yelpazedeki ürün ve etkinliklerin standartlaşmasını hedefleyen dünya çapında özel bir organizasyondur. ISO çalışmaları 1994 yılında başlamış ve YDD standartlarının ilk ve tam olarak serisinin oluşturulması bu çalışma ile hedeflenmiştir. Bunlardan 14000 serisi YDD ile ilişkili birçok standardı (14040 serisi) ve çevre yönetim sistemi üzerine olan

14001 standardını içermektedir. Türkiye'de de 2007 yılında TS EN 14040-14044 adı altında eş standartlar yayınlanmıştır

ISO, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi üzerine ISO 14040 serisini yayımlamıştır. Bu çalışma kapsamında ülkemizde, EN ISO 14040:1997 'den çevrilerek 1998'den itibaren “Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve” adıyla TS EN ISO 14040 ile 14043 arasında tanımlanmıştır. ISO 14040 standartları serisi Tablo 3.1.'de gösterilmektedir [TSE, 2007a].

Tablo 3.1. ISO 14040 Standartlarının serisi.

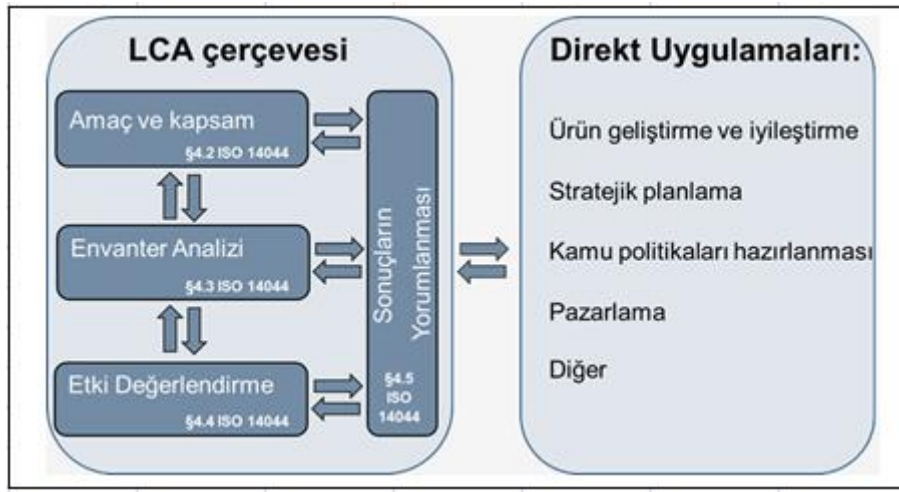
ISO 14040 STANDARDLARI SERİSİ	
ISO 14040 (2006)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve
ISO 14040 (1998)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO/DIS 14041(1998)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi (Haziran2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14042 (2000)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14043 (2000)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Yorumu (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14044 (2006)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Gereksinimler ve Kılavuzlar
ISO 14047 (2003)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme - ISO 14042 Uygulama Örnekleri
ISO/TS14048 (2002)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Veri Belgeleme Biçimi
ISO 14049 (2003)	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme - ISO 14041 Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi Uygulama Örnekleri

3.2.1. ISO 14040 Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme - Prensip ve Çerçeve

ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemlerinde kullanılan Hayat Boyu Değerlendirme kavramını bir mal ve hizmet sisteminde belirli bir malzeme ve enerjiden elde edilen mal ve hizmetlerle bu sistemin hayat döneminde ortaya çıkan

ve doğrudan doğruya sisteme atfedilebilen çevre etkilerine ait bilgilerin toplanması ve gözden geçirilmesiyle ilgili bir usuller dizisi olarak tanımlamaktadır [ISO, 2006a].

ISO 14040'a göre YDD birbiriyle ilgili dört ayrı bölümden oluşmaktadır. Her bölüm kendinden bir önceki bölümü izlemekte ve gerektiği durumlarda çalışılan bölümde yapılan eklemeler ve revizyonlar yapılabilir. Bu aşamalar basitçe tek sıra halinde takip edilmez, yinelemeli bir şekilde tekrar tekrar ele alınarak, giderek artan seviyelerde detaya ulaşılır veya son etaptaki duruma göre ilk aşamanın değiştirilmesini gerektirir. Şekil 3.3'te yaşam döngüsü değerlendirme çerçevesi gösterilmiştir [Web 2, 2013].



Şekil 3.3: Yaşam döngüsü değerlendirme çerçevesi.

ISO 14040 standardında amaç, öncelikle yaşam döngüsü değerlendirmesi hakkında bir ön bilgi vermektir. Bu standart, kullanıcılar ve sonuçlardan etkilenen taraflar için, YDD'nin uygulamalarını ve sınırlarını net bir şekilde ortaya koyar. Bu standartta ayrıca YDD çalışmasında bulunması gereken envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorum aşamaları için genel bir çerçeve oluşturulmuş, daha sonra devam edecek standartlara hazırlık yapılmış ve bir YDD çalışmasının sonuçlarının nasıl verilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur [ISO, 2006a].

Hedef tanımlamalar; çalışmanın amacı, hedefi ve fonksiyonel tanımlamalar belirlenir. Envanter Analizi; birincil kaynaklar, çıkan emisyonlar ve atıklar tanımlanır. Yaşam döngüsü veri çözümlemesi: iş-akış şemasından yararlanılarak çıkan salınımlar ve kullanılan ham maddeler tanımlanır. Listeleme tanımlandıktan sonra bunların potansiyel çevre ve sağlık problemleri tanımlanmalı ve bunların

sınıfları yapılmalıdır. Örnek olarak, hava kirleticilerden sera etkisi yapanları bir gruba toplanması verilebilir.

Değerlendirme; tüm çevresel etkiler değerlendirilir, çevresel yük bulunur (Yaşam döngüsü yorumu; benzer işlemi yapan diğer proseslerle karşılaştırılır). Geliştirme analizi; çevresel yaşam döngüsü sonunda üretim ve ürün sistemlerinin değiştirilmesi değerlendirilir [TSE, 2007b].

3.2.2. ISO 14044 Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme-Gerekler ve Kılavuz

Bu standart ISO 14040'a ilave olarak, YDD'nin amaç ve kapsam tarifinin derlenmesi ve hazırlanması ile yaşam döngüsü analizlerinin yapılması, yorumlanması ve rapor edilmesi için gerekli işlemleri ve şartları kapsar [ISO, 2006a]. Standartta tanımlamalardan sonra hedef ve kapsam aşaması yer almaktadır. YDD'nin ilk bileşeni olan bu aşamada, çalışmanın yapılma nedeninin, sonuçların kullanılacağı alanların ve ilgili tarafların açıkça ortaya konulması gerektiği üzerinde durulmaktadır.

3.2.2.1. Amaç ve Kapsam Tanımı

Amaç, planlanan uygulamayı açık bir şekilde ifade etmeli, çalışmanın yapılmasının nedenlerini ve kimin tarafından sonuçların kullanılacağını içermelidir. Bu aşamada, tasarlanan uygulama, çalışmanın gerçekleştirilme sebepleri ve hedef kitle (çalışmanın sonuçlarının kime iletileceği), net bir şekilde ifade edilmelidir. YDD'nin amacı, farklı ürünleri karşılaştırmak, mevcut ürünün geliştirilmesini sağlamak, yeni ürün tasarımına yardımcı olmak veya ürün etiketleme ölçütlerinin bir parçası olmak gibi çeşitli uygulamalar içerebilir. Çalışma boyunca bulguların sonuçlarına göre amaç yeniden tanımlanabilmektedir [ISO , 2006b].

YDD kapsamının tanımı, sistemin neyi içereceğini ve hangi ayrıntılı değerlendirme yönteminin kullanılacağına ilişkin olarak değerlendirmeye sınır koymaktır. Amaç tanımı, çalışma kapsamının seviyesini belirler. Kapsam tanımlanırken sistemin işlevleri, işlevsel birimi, sistem sınırları, varsayımlar, veri gereksinimleri ve sınırlar, düşünülmelidir. Kapsam, çalışmanın hedefini

desteklemelidir. Kapsam tanımında bulunurken aynı zamanda sistemin fonksiyonu, fonksiyonel birim, ayırma prosedürleri, kullanılacak etki analizi yöntemi, veri kalitesi gereksinimleri de verilmelidir. Çalışmanın kapsamı; çalışmanın uygun genişlik, derinlik ve detayda olması ve başlangıçta belirlenen hedefe ulaşılabilmesi açısından iyi bir şekilde tanımlanmalıdır. İlave bilgi gelmesi gibi durumlarda, çalışmanın kapsamı modifiye edilmelidir. Kapsam belirlenirken bazı varsayımlar yapılabilir. Hizmet ömrü, bakım yöntemleri ve atık işleme gibi bazı fonksiyonel prosesler ile ilgili varsayımlar belirlenmelidir [ISO, 2006a].

Sistemin Sınırları, bu aşamada belirlenmekte ve çalışmanın kapsamı ortaya koyulmaktadır. Sistemin sınırları, prosesleri/işlemleri (üretim, nakliye ve atık yönetim prosesleri v.b.) ve YDD’de ele alınacak olan girdi ve çıktıları tanımlar. Sistemin sınırları ile ilgili diğer bir önemli konu da ürünün hangi çevresel etkilerinin analiz edileceğidir. Çalışma kapsamında ele alınan çevresel etki kategorileri de belirlenmektedir [ISO, 2006b].

Veri Kalitesi, bir YDD çalışmasında oldukça önemlidir ve sonuçları doğrudan etkilediği için veri seçimine dikkat edilmesi gerekir. Çalışmalarda amaç ve kapsam tanımına bağlı olarak verilerin toplanmasında kesinlik, bütünlük, temsil edilebilirlik, tutarlılık, tekrarlanabilirlik ölçütlerinin dikkate alınması veri kalitesinin artmasına katkıda bulunabilir. Örneğin; veri toplamaya başlamadan önce verinin geçerliliği açısından kapsadığı yıllar, temsil ettiği coğrafya, temsil ettiği teknoloji, verinin temsil ettiği üretim grubu ve ayırma prosedürleri gibi veri kalitesini belirleyen unsurlar saptanmalıdır [ISO, 2006b].

Bir YDD çalışmasında ürünün/sistemin çevresel yüklerinin belirlenmesi, ürünler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için öncelikle fonksiyonel birim’in tanımlanması gereklidir. İşlevsel birim, amaç ve kapsam tanımı aşamasında belirlenmelidir ve aynı zamanda ölçülebilir olmalıdır. ISO 14040 standardında *işlevsel birim*, yaşam döngü değerlendirilmesi çalışmasında örnek bir birim olarak kullanılan ürün sisteminin nicelendirilmiş performansı olarak tanımlanmaktadır [ISO, 2006a]. İşlevsel birim, farklı ürünün bir ürünlerin karşılaştırma yapabilmek için bir ölçek olması açısından önemlidir. Bir sonraki aşama olan veri çözümlemedeki toplanan girdi ve çıktı verileriyle ilişkili olmak üzere referans sağlayacaktır. Bu nedenle açık bir şekilde tanımlanmalı ve ölçülebilir olmalıdır. Bu çalışmada KKAY için 1 tona karşılık gelen atık miktarları verilecektir. Katı atığın oluşturduğu bileşenler; miktarları, çalışma sınırlarını oluşturacaktır. Tablo 3.2.’de

çeşitli aktivite ve prosesler için fonksiyonel birim örnekleri verilmiştir [Franklin et al., 2000].

Tablo 3.2. Örnek fonksiyonel birimler.

Ürün/aktivite türü	Sistem fonksiyonu	Fonksiyonel Birim
Eşya/ürün kullanım	Aydınlatma Çamaşır Yıkama	kwh/gün 5 kg yıkanmış çamaşır
Proses	Petrol üretimi Atıksu arıtım	m ³ ürün/saat Ton.KOI uzaklaştırılmış/gün
Taşıma	Ürün taşıma Yolcu transferi	100kg taşıma/km Kişi.km

Birim işlem bir ürünün/sistemin yaşam döngüsünde yer alan, kendine ait girdi ve çıktıları olan aşamaların her birini temsil eder. Veri kategorileri/sınıfları ise YDD'nin tanımına uygun olarak toplanması gereken, hammadde, enerji, yan ürün, nakliye ve çevresel emisyonlara ait bilgilerdir.

Referans akış, fonksiyonel birimin fonksiyonu olarak ifade edilen ve verilen bir ürün sistemindeki işlemlerden elde edilmesi gereken çıktıların miktarıdır Standartta referans akış fonksiyonel birim başına, sistemde kullanılan girdiler ve sistemden çıkan çıktılar olarak tanımlanır. Sistemler arasındaki karşılaştırmalar, aynı fonksiyon için, aynı fonksiyonel birim tarafından, eşit referans akis baz alınarak yapılmalıdır. Bir ton asfalt için referans akış çalışmanın diğer bölümünde detaylıca gösterilecektir.

3.2.2.2. Yaşam Döngü Envanter Analizi

Envanter Analizi; oluşturabilmek için verinin toplanması gerekir. Envanter Analizi, söz konusu ürün veya aktivitenin yaşam döngüsü boyunca kullanılan girdiler (hammadde, su, enerji vb.) ile kullanım sonrası oluşan çıktıların (emisyon, yan ürün, atık vb.) ortaya koyulduğu kısımdır [ISO, 2006a]. İstenilen veriye her zaman gerçek uygulamalardan ulaşılamayabilir, bu durumda veri kalitesi gereksinimleri kullanılarak literatürden, daha önce yapılan çalışmalardan, yazılımların veri tabanlarından, ticari olarak bulunan envanter veri tabanlarından yararlanılabilir. Elde

edilen yüklü miktarda verinin işlenmesi için çoğu zaman Envanter Analizi için tasarlanmış özel yazılımlar (GaBi, SimaPro vb.) kullanılabilir.

Veriler kullanılırken, veri kalitesi göstergelerine de dikkat edilmelidir. Veri kalitesi göstergeleri toplanan verinin; kesinlik, bütünlük, temsil edilebilirlik, uygunluk/tutarlılık, tekrar edebilir olması gerekmektedir.

Bu standartta yer alan hedef ve kapsam aşamasının son bölümü olan kritik gözden geçirme işlemi ise, çalışmanın hedefine göre kurum içi denetimlerle veya standartları oluşturan kurumlar olarak konunun uzmanları tarafından yapılabilir.malıdır. Bu işlemin amacı, çalışmanın standartlara göre yapılıp yapılmadığının tespit edilmesi, bilimsel ve teknik kalitesinin belirlenmesi, hedef, veri toplama ve çalışma sonuçlarının incelenmesidir.

Bu standartta yer alan envanter analizi bölümündeysen, veri toplamak için hazırlanma (veri toplama formlarının oluşturulması), veri toplama işlemi (kayıtların tutulması, gizlilik prosedürlerine uyulması, ayırma (tahsisat) prosedürleri gibi), hesaplama yöntemleri (basit LCA'lar için elle yapılabilir fakat yanlışlıklardan kaçınmak için detaylı LCA'larda bu amaçla geliştirilmiş yazılımların kullanılmasında yarar vardır), toplanan verilerin fonksiyonel birimle ilişkilendirilerek referans akışlarını oluşturulması üzerinde durulmaktadır [ISO, 2006b].

.

3.2.2.3. Yaşam Boyu Etki Değerlendirilmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin üçüncü aşaması olan bu bölümde, elde edilen verilerin değerlendirilmesine ilişkin esaslar bulunmaktadır. Envanter Analizi sonucu oluşturulan verilerin kullanılması sonucunda ürünün amaç ve kapsam tanımı bölümünde tanımlanan çevresel etki kategorileri (iklim değişikliği, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojen etki vb.) göre etkilerinin belirlendiği ve tartışıldığı bölümdür. Bu bölüm, kategori tanımı, sınırlandırma, karakterizasyon ve değerlendirme gibi dört ana konu içerir[ISO, 2006b]. Bu bölümde ürünün/hizmetin yaşam döngüsünün hangi aşamalarında ne tür çevresel etkilere yol açıldığı açık bir şekilde ortaya koyulmaktadır.

Bu standardın tanımlar bölümünde etki kategorisi tanımı, ürünün/sistemin etkilediği çevresel alanları belirtmektedir (örn: iklim değişikliği, ozon tabakasının tahribatı, ötrofikasyon, asidifikasyon, kanserojen etkiler, radyasyon gibi). Bu kategori göstergelerine örnek olarak; iklim değişikliği göstergesi, KIP (Küresel

Isınma Potansiyeli) eşdeğeri olan kg CO₂ ile verilir ve bir maddenin bu etkiye katkısı kg CO₂ /kg madde olarak hesaplanır. Yine aynı şekilde stratosferik ozon azalması, Oksijen Azalma Potansiyeli eşdeğeri olarak kg CFC-11 olarak verilir ve bir maddenin bu etkiye katkısı kg CFC-11/kg madde olarak hesaplanır. Sınıflandırma aşamasında çoğunlukla göz önüne alınan kategoriler şunlardır;

- Küresel ısınma,
- Asitleşme,
- Besin birikiminden kaynaklanan aşırı bitki büyümesi ve oksijen azalması,
- Canlı ve cansız doğal kaynakların kullanımı,
- Ekotoksik etkiler,
- İnsanlar üzerinde toksik etkiler,
- İş ortamının durumu,
- Alan kullanımıdır.

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi üçüncü aşama olarak envanter verisinin karakterizasyonunu yapılmasıdır. Karakterizasyon, kategorileri göstergeler şeklinde modeller ve envanter girdi ve çıktı verilerinin bu kategori içinde toplanmasını sağlar.

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi dördüncü aşama olarak etki kategorilerinin birbirleriyle karşılıklı olarak, ağırlıklı değerlendirilmelerini içerir. Bunun amacı, farklı yaşam döngüsü etki kategorilerini, önem sırasına göre sıralamak ve gruplandırmaktır.

2.2.4. Yaşam Boyu Yorumu

Son kısım olan yorumlama bölümünde söz konusu ürünün/hizmetin çevresel etkileri değerlendirilmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yorumu, bir sistemin envanter analizi veya etki değerlendirmesi sonuçlarından elde edilen bilgiyi nitelendirmek, kontrol etmek ve değerlendirmek ve hedef ve kapsam bölümünde belirtildiği gibi sunmaya yönelik sistematik bir prosedürdür. Yapılan etki analizinden bulunan sonuçların, bütünlük, hassasiyet ve uygunluk açısından kontrolünün yapılmasında, yorumlanmasında, bu sonuçlara dayalı önerilerin sunulmasında ve

raporun hazırlanmasında uyulması gerekli hususları bu bölümde açıklanmalıdır. Bu çalışmalar, ürünün/hizmetin yaşam döngüsü boyunca neden

olduğu en önemli çevresel etkiler bu bölümde ele alınarak özellikle hangi süreçlerin bu etkileri doğurduğu ortaya çıkartılmaktadır. Dolayısıyla, gerçekleştirilen çıkarımlar sonucunda ürünün yaşam döngüsü göz önüne alındığında hangi safhada (hammadde temini, üretim, kullanım vb.) gerçekleştirilecek iyileştirmeler ile çevresel performansın ne şekilde iyileştirilebileceği ortaya konabilecektir [ISO, 2006b].

Yorum, yaşam döngüsünün diğer üç aşaması arasında gerçekleştirilir. Envanter analizlerinden ve etki değerlendirmesinden bulunanlar, hedef ve kapsam tanımında belirtilenleri ile karşılaştırılır, uygun değilse envanter analizi sistem sınırları gözden geçirilerek geliştirilme işlemi yapılmalıdır.

Bu tekrarlayıcı proses, hedef ve kapsam aşamasında belirtilen gereksinimler, aşağıda hususlar karşılanıncaya kadar tekrarlanmalıdır:

3.3. YDD Üzerinde Çalışan Kuruluşlar

YDD'nin daha anlaşılabilir, etkin ve her geçen gün yapılan değişikliklere uyum sağlaması gerekmekte olup bunlar için bazı kuruluşların sürekli yaptıkları çalışmaları mevcuttur. Bu kuruluşlar aşağıda verilmiştir.

3.3.1. SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)

1970'li yıllarda çevresel konular ile ilgilenen çevre bilimciler, biyolog, kimyager, toksikologlar yanı sıra yöneticiler ve mühendisler ile disiplinler arası iletişimi sağlamak ve bu boşluğu doldurmak için çalışmalar yapılmış olup 1979 yılında Kuzey Amerika'da kurulmuştur. SETAC 1990 yılında kurulan Pensacola, Florida, ABD ve Brüksel ile 2003 yılında kurulan Belçika ofisi olmak üzere idari ofisleri mevcuttur.

Çevre sorunlarının çözümü, diğer profesyoneller ile bilgi alışverişi, fikir, doğal kaynaklar, araştırma ve geliştirme ve çevre eğitiminin yönetimi ve düzenlenmesi ile multidisipliner yaklaşım ile akademi, iş ve devlet arasında üçlü denge kurmak SETAC'ın kurucu ilkeleridir. Kar amacı gütmeyen dünya çapında profesyonel bir kurum olan SETAC'ın amacı; sürdürülebilir çevre kalitesinin ve eko sistemin bütünlüğünü korumak, geliştirmek ve yönetmek için ilkelerin ve uygulamaların gelişmesini desteklemektir. 1990 yılında düzenlenen SETAC toplantısında YDD'nin

genel prensiplerinin ve kılavuzlarının geliştirilmesine başlanmıştır. Bu gelişme işlemi “SETAC Code of Practice” adı altında sonuçlanmıştır [SETAC,1993]. Bu, YDD’nin teknik çerçevesinin ilk defa uluslararası kabul gördüğü YDD’nin uyumlaştırılmasına doğru önemli bir

3.3.2. ISO (The International Organization for Standardization)

ISO (International Organization for Standardization),Uluslararası Standartlar Örgütü, geniş bir yelpazedeki ürün ve etkinliklerin standartlaşmasını hedefleyen standartların belirlenmesi çalışmalarını yürütmek gayesiyle 1946'da Cenevre'de kurulan uluslararası özel bir organizasyondur. YDD, ISO’nun da çalışma konusu içinde yer almaktadır. ISO çalışmaları 1994 yılında başlamış ve YDD standartlarının ilk ve tam olarak serisinin oluşturulması bu çalışma ile hedeflenmiştir. Bunlardan 14000 serisi YDD ile ilişkili birçok standardı (14040 serisi) ve çevre yönetim sistemi üzerine olan 14001 standardını içermektedir. Teknolojik ihtiyaçlardan dolayı ISO standartları, her beş yılda bir gözden geçirilir ve gerekli değişiklikler yapılır [ISO, 2003].

3.3.3. UNEP (United Nations Environment Development)

YDD alanında önemli rol oynayan üçüncü uluslararası kuruluş, Merkezi Nairobi, Kenya'da olan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)’tir. UNEP'in ayrıca altı bölge ofisi ve çok sayıda ülke ofisi vardır. Bu örgütün Amacı, Birleşmiş Milletlerde çevre konusunun eşgüdümünü, çevrenin durumunun küresel düzeyde sürekli gözden geçirilmesini, çevre sorunları hakkında uluslararası toplumun dikkatinin çekilmesini ve uluslararası ve ulusal çevre politikasının ve hukukunun gelişiminin sağlanmasını amaçlamaktadır [UNEP, 2012].

UNEP, kısmen gelişmiş ülkelerdeki YDD uygulamaları üzerine çoğunlukla odaklanmaktadır. UNEP’in önemli bir katkısı 1996 yılında kullanıcıların YDD’yi kolay okuması için bir rehber olan “Life Cycle Assessment: What it is, and what to do about it” başlıklı yayınıdır UNEP ve SETAC şu anda daha büyük ve yeni bir görev olan Yaşam Döngüsü İnisiyatifi için işbirliği yapmaktadırlar. UNEP/SETAC Yaşam Döngüsü İnisiyatifinin amacı, ürün ve hizmetlerin tüm yaşam döngüsü

boyunca olanaklarının ve risklerinin değerlendirilmesi için gerekli pratik araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır [Bozkurt, 2007].

3.4. YDD'nin Uygulama Alanları ve Kullanıcıları

YDD'nin uygulandığı alanlar uluslararası standart ISO 14040'da tanımlanmakta olup, dört ana başlık altında toplanmaktadır. Buna göre YDD; kamuya yaşam döngüsünde çeşitli noktalarda ürünlerin çevresel yönlerini geliştirmek için olasılıkları belirlemede, stratejik planlama, kullanılır. Öncelik belirleme, ürün ve hizmetlerin tasarımı ve mevcut tasarımların yenilenmesi konularında kamuda ve özel sektörde karar verilmesinde ölçüm tekniklerini de içerecek şekilde çevresel performans göstergeleriyle ilgili kamu politikası oluşturulmasında, pazarlamada (örnek çevresel ürün beyanları ve çevre etiketi) kullanılmaktadır [ISO 2006a]..

3.4.1. Çevresel Ürün Beyanları (Environmental Product Declaration)

Gelişen çevre duyarlı eğilimlerle birlikte üreticiler ürünlerini “Çevre dostu ürün”, “eko-ürün” şeklinde tanımlamaya başlamışlardır. Çevresel ürün beyanları, ürün veya sistemin çevresel performansını ifade etmek için kullanılan gönüllü, sertifikalı, standartlaşmış ve YDD'ye dayanan bir araçtır. Çevresel ürün beyanının amacı, ürünlerin çevresel performanslarıyla ilişkili olarak geçerli, doğru ve karşılaştırılabilir bilginin farklı tüketici ve piyasa ihtiyaçlarını karşılamak için sağlanmasıdır.

Çevresel Ürün Beyanları (EPD), bir ürünün veya sistemin çevresel etki değerlendirmesinin iletişimini sağlayan ve ISO 14025/TR Type III çevre beyanları temeline dayanan bir araçtır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) prensiplerini temel alan bu beyan yöntemi ilgili şirketler ve kuruluşlar için tüm dünya çapında geçerlidir. ISO 14040 serisi standartlara dayanarak bir ürününün belirli çevre etkilerini ölçüldüğü bir etiketleme olarak tanımlanır. Çevresel etiketler ve beyanlar bir ürün veya ürün grubu için yaşam döngüsü değerlendirme yöntemini esas alarak, nicel çevresel veriler sağlamaktadır. Beyanların hedefi TS EN ISO 14020'de şu şekilde açıklanmaktadır [TSE, 2007].

Amaç, bir ürün veya hizmetin çevre boyutu hakkında, yanıltıcı olmayan, doğru ve ispatlanabilir bilgiler verilmesi yoluyla, çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip ürün ve hizmetlere talebin artırılması ve bu ürünlerin arzının teşvik edilmesi gibi piyasa güçlerinin zorlaması ile sürekli bir çevresel gelişme potansiyelini sağlamaktır.

Bir ürünün çevresel etkileri ile ilgili bilgilerin verilmesi, kullanıcıların ürünü seçerken, ürüne ait diğer ölçütlerin yanında bu bilgilere göre de değerlendirme yapabilmesini sağlayacaktır. Bu şekilde çevresel beyana sahip olan ürünler arasında doğru bir karşılaştırmanın yapılabilmesi mümkün olacak ve ürünün özellikleri bir rekabet unsuru haline gelebilecektir. Ayrıca çevresel ürün beyanı ile ilgili bilgiler yeni ürünlerin eko tasarımında ve var olanların geliştirilmesinde etkilidir [Goedkoop, 2000].

3.4.2. AB Eko - Etiket (Eco-label)

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde çeşitli çevre etiketlerinin hazırlanması ve yaygınlaştırılması üzerine, bütün üye ülkeler için geçerli olacak AB çevre etiketi geliştirilmesi çalışmaları başlatılmış; AB Eko-Etiketi kurulmuştur. AB Eko-Etiketi, Avrupa Komisyonu tarafından 2008 yılında kabul edilen daha geniş Sürdürülebilir Tüketim-Üretim, Sanayi Politikası eylem planının bir parçasıdır. Avrupa tarafından bilinen ve çiçek sembolü ile ifade edilen Avrupa Birliği Eko-Etiketi, çevreye olan zararlı etkileri düşük, ürün ve hizmetlerde kullanılabilen bir etikettir. Gönüllülük esasına dayanan ve tüketicilerin çevre dostu ürünlere yönelmesini öngören bu sistemin ülkemizde uygulanmasının başlaması ile birlikte üreticiler açısından da Avrupa Birliği Eko-Etiketli ürünler için teşvik ve uluslararası pazarlara girebilmede avantaj oluşturacaktır.

Düzenlemeye göre bir çevre etiketi; aynı ürün grubu içinde belirli ekolojik ölçütlere uyan ürünlere verilebilir. Ölçütler, düzenlemenin oluşturduğu prosedüre göre ürün grupları tarafından, YDD yönteminin kullanımı ile bir ürünün yaşamındaki tüm farklı süreçleri ilgilendiren tüm çevresel etkiler göz önünde bulundurularak belirlenir. Aynı ürün grubu içinde, farklı ürünlerin oluşmuş ve olası çevresel etkilerini sistematik bir yolla karşılaştırmanın da amaçlandığı YDD, çevre etiketinin tasarlanmasında ve ekolojik ölçütlerin belirlenmesinde bilimsel bir temel

oluşturmaktadır. Çevre etiketinin amaçları; çevrenin korunması, çevresel yeniliklerin desteklenmesi, yapı kullanıcılarının çevresel konularda bilincinin artırılması olarak sıralanabilir. Etiketin özellikleri ise güvenilir olması, anlaşılır olması, seçici olması, güncel olması, çoklu ölçüt ile yaklaşımı ile çalışması, Avrupa boyutlarına sahip olması ve zorunlu bir uygulama olmamasıdır.

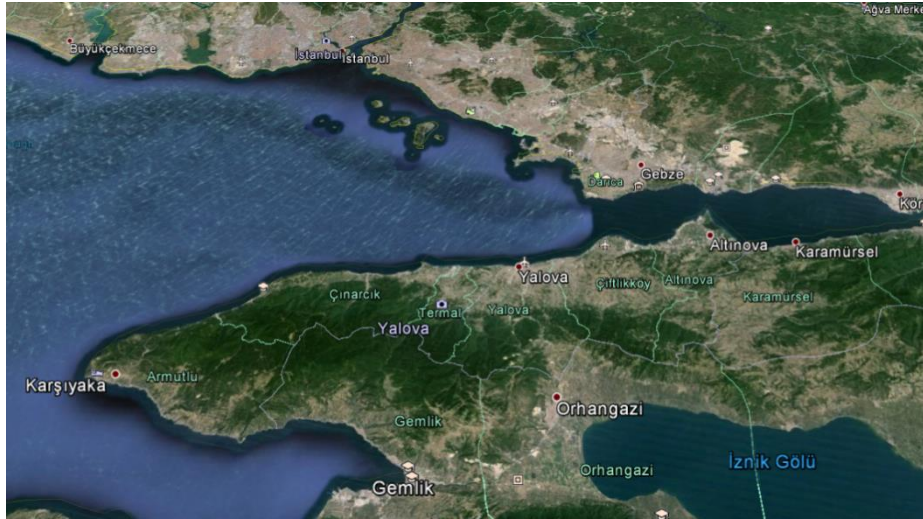
YDD'nin yukarıda tanımlanan geniş çaplı uygulama seçenekleri YDD sonuçlarını kullanabilecek endüstri veya diğer ticari girişimler, idari ve düzenleyici kuruluşlar, tüketici kuruluşlar ve çevresel gruplar, gibi birçok kullanıcının var olduğunu göstermektedir [Taygun, 2006].

4. MATERİYAL VE METOT

Bu çalışmada Yalova kentsel katı atığının, Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirmesiyle analizi yapılmıştır. Mevcut katı atık yönetimi ile geliştirilen farklı atık yönetim senaryoları oluşturulmuştur.

4.1. Çalışma Yapılan Bölge

Yalova, Marmara Bölgesinin Güney Doğusunda, güneyinde Bursa, doğusunda Kocaeli ve kuzeyinde İstanbul'a komşudur. Çevresindeki illerin sanayi ve ekonomik gelişmişlik seviyeleri oldukça yüksektir. Yalova yüz ölçümü bakımından ülkemizin en küçük ilidir. Yapımı devam eden İstanbul-Gebze- Orhangazi Otoyolu ile Körfez Köprüsü tamamlandıktan sonra bölgenin nüfus ve sanayileşmede gelişmeler doğrultusunda bölgenin katı atık yönetim sistemin oluşturulması ihtiyacı olduğu düşünülmüştür. Yalova İli ve çevresindeki bölgeler Şekil 4.1'deki uydu resmi ile gösterilmiştir.

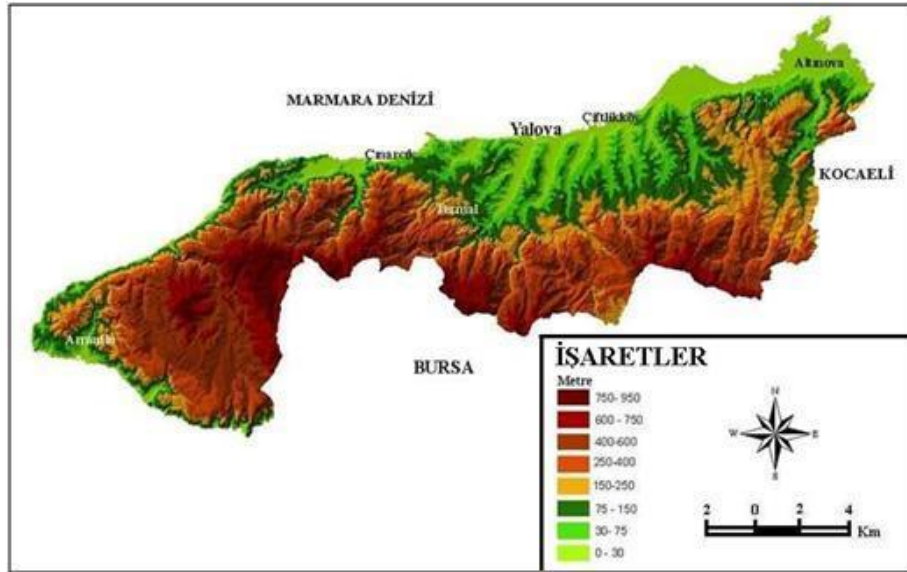


Şekil 4.1: Yalova ve çevresinin uydu görüntüsü.

4.1.2. Coğrafi Yapı ve İklim Özellikleri

Armutlu Yarımadası'nın kuzey kıyısı ile Samanlı Dağları'nın kuzey eteklerine kurulmuş olan Yalova İli, Türkiye'nin Kuzeybatısında konumlu ve

Marmara Bölgesi'nin Güneydoğu kesiminde, 28° 45' ve 29° 35' Doğu Boyamları, 40° 28' ve 40° 45' Kuzey Enlemi arasında yer almaktadır. Kuzeyinde ve batısında Marmara Denizi, doğusunda Kocaeli İli, güneyinde Bursa İli ile Gemlik Körfezi yer almaktadır. İlin denizden yüksekliği 2 metre, en yüksek noktası 926 metredir. Yüzölçümü 847 km²'dir. Yüzölçümü bakımından Türkiye'nin en küçük ili olan Yalova İli'nin kıyıları girintili ve çıkıntılı bir özellik göstermez. Sahil şeridi dar olmakla birlikte, doğal plaj özellikleri göstermektedir. Yalova, doğu kıyılarındaki düzlükler dışında dağlık bir araziye sahiptir. Bölgenin güneyi; batıdan doğuya doğru İzmit-Sapanca arasında Kocaeli Sıradağları ile birleşen Samanlı Dağları'yla kaplanmış durumdadır ve ilin başlıca dağları da Samanlı Dağları'dır. Bu dağlar Yalova'nın güneyinde bulunmaktadır. Birçok tepenin bulunduğu bu dağlık arazide Samanlı Dağları'nın en yüksek noktası Beşpınar Tepesi'dir. (926 m.) Armutlu, Taz Dağı'nın (867 m.) batıya doğru devam eden eteklerinde kurulmuştur. Yalova İli'nin fiziki haritası ve yükseklik kademelerini gösteren harita Şekil 4.2'de görülmektedir. Haritadan da görüleceği üzere, ilin en yüksek noktaları güney ve güneybatı kesimleridir.



Şekil 4.2: Yalova fiziki haritası.

İlin bitki örtüsünü makiler ve ormanlar oluşturmaktadır. Yalova'nın güneyindeki dik yamaçlar tümüyle gür bir orman örtüsüyle kaplıdır. Geniş yapraklı ağaçların hakim olduğu bu kısımda, iğne yapraklı ağaçlar oldukça azdır. Bu ormanlar il yüzölçümünün % 58'ini kaplamaktadır. Armutlu Yarımadası'nın orta kısımları

daha çok meşe ağaçlarının hakim olduğu bir ormanlık alana sahiptir. Orman örtüsünün bileşimine giren unsurların büyük bir kısmı Karadeniz kıyı silsilesinin florasına dahildir. Bir kısmı ise Akdeniz florasının (bitki varlığı) türleri olarak bu kısma sokulmuştur. Karakteristik türlerin bir araya geldiği kısımlardaki maki topluluğu da buna eklenebilir. Ormanlık alanlarda genellikle kayın, meşe, gürgen, kızılçık, kestane ve ıhlamur ağaçları görülmektedir. Yalova'daki ormanlardan, çevrenin odun ve kereste ihtiyacı da karşılanmaktadır.

Yalova İli'nin iklimi, Makro-klima tipi olarak, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşımaktadır. Kimi dönemlerde de karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır. İlde yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve bol yağışlıdır. 30 yıllık rasat bilgilerine göre, Yalova'da yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,6 °C'dir. En soğuk ay ortalama sıcaklığı 6,6 °C, en sıcak ay ortalama sıcaklığı 23,7 °C'dir. Yalova'da aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 4.3'te görülmektedir. 1975-2008 yılları arasında tutulan ortalama değerlere göre, en soğuk aylar Ocak ve Şubat ayları, en sıcak ay Temmuz ayı olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.3: Yalova aylık ortalama sıcaklık değerleri.

İlde kar yağışlı günlerin ortalama sayısı 10,6, karla örtülü günlerin ortalama sayısı da 5,2'dir. İlde deniz suyu sıcaklığı, en yüksek olduğu Ağustos ayında 22,9 °C, en düşük olduğu Şubat ayında da 7,4 °C'dir. Yine 1975-2008 yılları ortalamasına göre yıllık ortalama yağış miktarı 726,5 mm. Olarak tespit edilmiştir. Yalova'da aylık ortalama yağış miktarı Şekil 4.4'te görülmektedir. Şekilden de görüleceği

üzere, en yağışlı aylar Aralık, Kasım ve Ocak ayları, en az yağışlı aylar ise Temmuz, Mayıs ve Ağustos ayları olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.4: Yalova aylık ortalama yağış değerleri.

4.1.3. Nüfus

Cumhuriyet döneminde Yalova'nın nüfusu 1927–2012 yılları arasında yapılan bütün nüfus sayımlarında kesintisiz olarak artmıştır. Yalova'nın nüfusu bir süreliğine 17 Ağustos 1999 Doğu Marmara Depremi'nden etkilenmiş ve nüfus artış hızı azalmıştır. Ancak bu durum fazla uzun sürmemiştir. Yalova nüfusunun 1935-2012 yılları arasındaki değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. 1935 yılında 16.840 olan Yalova nüfusu, 1970 yılında 42.589'a, 2012 yılında da 211.799'a yükselmiştir. Başka bir deyişle Yalova nüfusu 1935-2012 yılları arasında yaklaşık olarak 12 kat artmıştır [Yal.Bel., 2009].

Yalova İli devamlı göç alan bir ilimizdir. Nüfus yapısı büyük ölçüde Karadeniz kökenli ve Balkan göçmeni vatandaşlarımızdan oluşmaktadır. Türkiye'nin her bölgesinden göç almakla beraber, il olmasının da etkisiyle özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden aldığı göçlerle son yıllarda nüfusta büyük bir artış yaşanmış, 17 Ağustos 1999 Doğu Marmara Depremi ile bu göç bir ölçüde azalmıştır.

İlin doğal ve göçlerden meydana gelen nüfus artışlarına paralel olarak, inşaat sektöründe hızlı gelişme görülmüştür. Yalova'nın İstanbul'un turistik banliyösü konumunda olması nedeniyle ilde önemli sayıda yazlıkçı bulunmaktadır. Yalova İli ve ilçelerinin nüfus dağılımı Tablo 4.1'de görülmektedir [Yal.Val., 2012].

Tablo 4.1:Yalova ili ve ilçeleri nüfus değerleri.

<i>İlçe</i>	<i>Nüfus (2012)</i>	<i>Km²'ye Düşen Nüfus</i>	<i>Kent Nüfusu 2012 (%)</i>
MERKEZ	121.479	740	84,7
ALTINOVA	23.148	243	23,1
ARMUTLU	7.732	32	66,7
ÇINARCIK	25.629	136	47,2
ÇİFTLİKKÖY	28.854	246	75,9
TERMAL	4.957	110	41,5
TOPLAM	211.799	250	70,5

2012 yılı itibariyle nüfus yoğunluğu km²'ye 250 kişi olup, bu yoğunluk 97 kişi olan Türkiye ortalamasının yaklaşık 2,5 katına denk gelmektedir. İlin 211.799 kişi olan toplam nüfusunun 105.963'ü erkek, 105.836'sı ise kadındır. Nüfus büyüklüğü açısından ildeki ilk üç yerleşim merkezi; Yalova (102.874 nüfus), Çiftlikköy (21.905 nüfus) ve Çınarcık (12.089 nüfus) olarak sıralanmıştır

4.3. Yaşam Döngü Değerlendirmesi Analiz Çalışmaları

Bu çalışmada PRè Consultans adlı Hollanda firmasına ait lisanslı SimaPro 7.2. bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Belirtilen yazılım dışında pek çok farklı firmaya ait yazılımlarda mevcut olup, kullandıkları veri tabanları, etki değerlendirmesi yöntemleri ve ISO 14040 standartlarına uygunluklarına göre çeşitli farklılıklar göstermektedirler. SimaPro yazılımı günümüzde LCA çalışmalarında Dünya'da en çok kullanılan programdır.

SimaPro 7.2. içerik bakımından; hedef ve kapsam (Goal and scope), envanter (Inventory), etki değerlendirmesi (Impact assesment) ve yorumdan (Interpretation) oluşan ISO 14040 aşamalarına ilaveten, kullanıma dayalı aşamalar (sihirbaz, veri kalitesi gereksinimleri, birimler, maddeler vb.) da içermektedir.

Hedef ve kapsam aşaması, raporlama açısından pek çok verinin girilmesini gerektirmektedir. Bu aşamada ayrıca envanterden seçilecek olan verinin çalışmaya uygunluğunun belirlenebilmesi için gereken veri kalitesi gereksinimleri (zaman, coğrafi kapsam, temsil edilen teknoloji vb. gibi) de bulunmaktadır.

Envanter aşamasında ise, veriler içeren pek çok sayıda proje ve veri bankası vardır. Hedef ve kapsam aşamasında belirtilen gereksinimler doğrultusunda, veri bankalarında bulunan verilerden en uygun olanı seçilir, ürün kümesi, yaşam döngüsü ve atık/bertaraf senaryoları oluşturulur.

Etki değerlendirmesi aşamasında ise matematiksel hesaplamalara dayanan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden de uygun olan seçilerek oluşturulmuş olan yaşam döngüleri analiz edilir veya ürün/sistem/yaşam döngüsü için karşılaştırma yapılır. SimaPro 7.2. yazılımında sistemlerin envanter analizlerinin hesaplanması için bir çok hesaplama metodu bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında geniş çapta kullanılmasının yanı sıra içerdiği etki gruplarının Çevre Mühendisliği alanındaki çalışma konularına daha yatkın olması nedeniyle CML 2 baseline 2000 metodu hesaplama yöntemi olarak seçilmiştir.

Bu metotta envanter analizinden gelen verilerin CML 2 baseline 2000 etki değerlendirmesinde; karakterizasyon (characterisation) ve normalizasyon (normalisation) bölümleri içerilmektedir. ISO 14042'de belirtildiği üzere sınıflandırma ve karakterizasyon, LCA çalışmalarında bulunması zorunlu bölümlerdir.

SimaPro yazılımı kullanılarak CML 2 baseline 2000 metodu ile yapılan çalışmada ortaya çıkan etki değerlendirmeleri ile ilgili genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

4.3.1. Hedef ve Kapsam Tanımı

Hedef ve kapsam çalışması ayrı ayrı verilmesi gerekmektedir.

4.3.1.1. Hedef

Bu çalışmada Yalova İline ait kentsel katı atık miktarlarının miktarları ve karakteri belirlenerek oluşturulan atık yönetim senaryolarının Sima-Pro yazılımına işlenmesi sonucu, hangi senaryonun daha uygun olacağına karar verilmesi amaçlanmıştır.

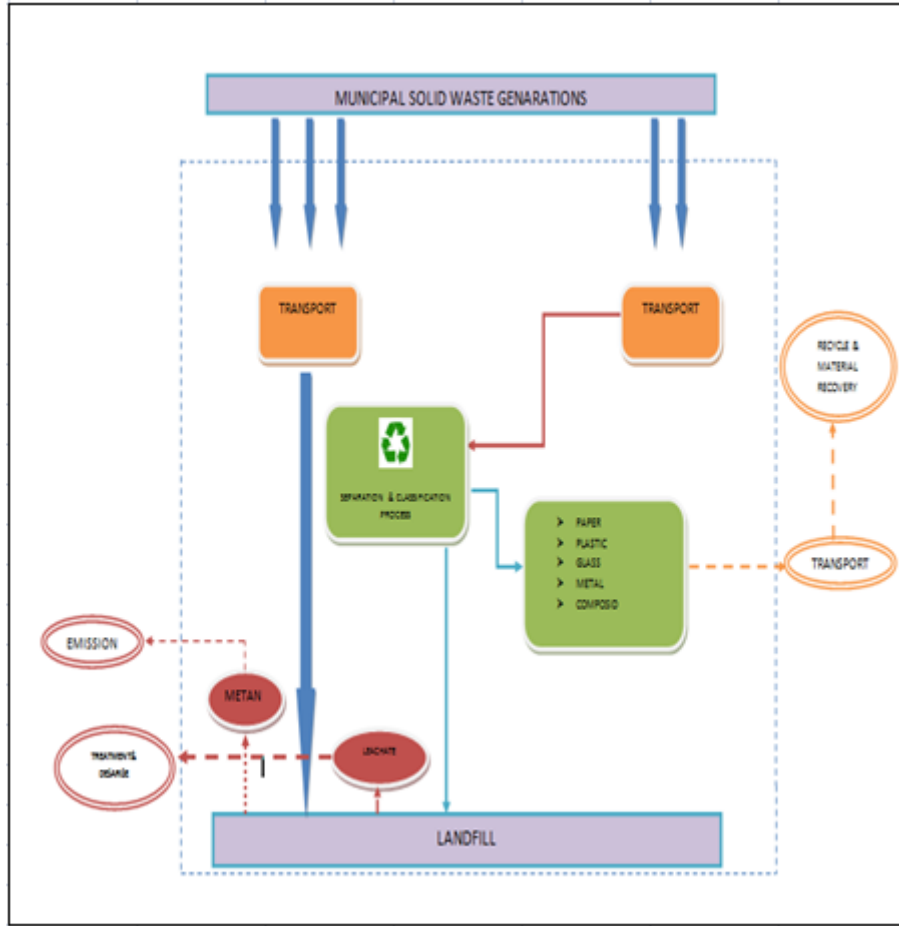
Tablo 4.2: Yalova için kentsel katı atık yönetim senaryoları.



Tablo 4.2’de Yalova kentsel katı atığın yönetimi için atık yönetim senaryoları gösterilmiştir. Bu senaryolar mevcut duruma göre çevresel etkileri her biri için ayrı ayrı hesaplanarak en uygun yönetim senaryosu bulunması hedeflenmiştir

4.3.1.2. Kapsam

Fonksiyonel birim Bu çalışmada fonksiyonel birim olarak "ton" kentsel katı atık seçilmiştir. Kapsam Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Sistem Sınırları Bu çalışmada kentsel katı atığın miktarı, cinsi, ve ambalaj atıkları kapsama alınmıştır.



Şekil 4.5: Yalova kentsel katı atık için sistem sınırları.

4.3.2. Envanter Analizi

4.3.2.1. Veri Toplama

Bu çalışmada günlük kentsel atık değerleri Yalova İli Katı Atık İşletme Birliği (YAKAB) tarafından işletilmekte olan Yalova Handere Mevkii Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi kantar kayıtları esas alınmıştır. Atık içeriğini belirleyen veriler Yalova Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü kayıtlarından derlenmiştir.

4.3.2.2. Varsayımlar

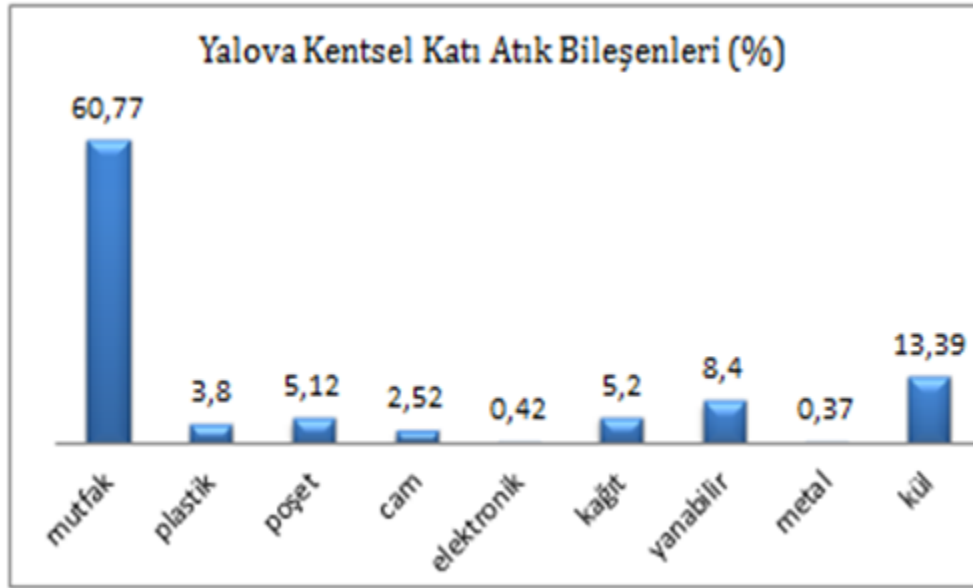
Bu çalışmada herhangi bir varsayımda bulunulmamıştır. Her türlü kentsel katı atık sisteme dahil edilmiştir. Ancak farklı yönetmeliklerde ifade edilen, tıbbi atıklar, elektronik atıklar, atık pil ve akümülatörler, ömrünü tamamlamış lastikler, bitkisel ve

endüstriyel atık yağlar, hafriyat toprağı ve inşaat atıkları sistem dışında tutulmuştur. Sistemde sadece belediyelerin çöp kamyonlarına kabul ettikleri kentsel katı atıklar değerlendirilmeye alınmıştır.

4.3.2.3. Hesaplama Yöntemi

Bu çalışmada elde edilen bütün veriler çalışma yapılan kentsel katı atığın 1 tona karşılık gelen atık dağılımları göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca hesaplama yönteminde belediye atıklarının bir yıllık değerinin diğer çevre yönetmeliklerine göre hazırlanan atık tipleri de hesaplanmıştır. Hesaplama için gerekli atık miktar verileri, kentsel katık yüzde bileşenleri Tablo 4.3 ve 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Yalova kentsel katı atığın bileşenleri.



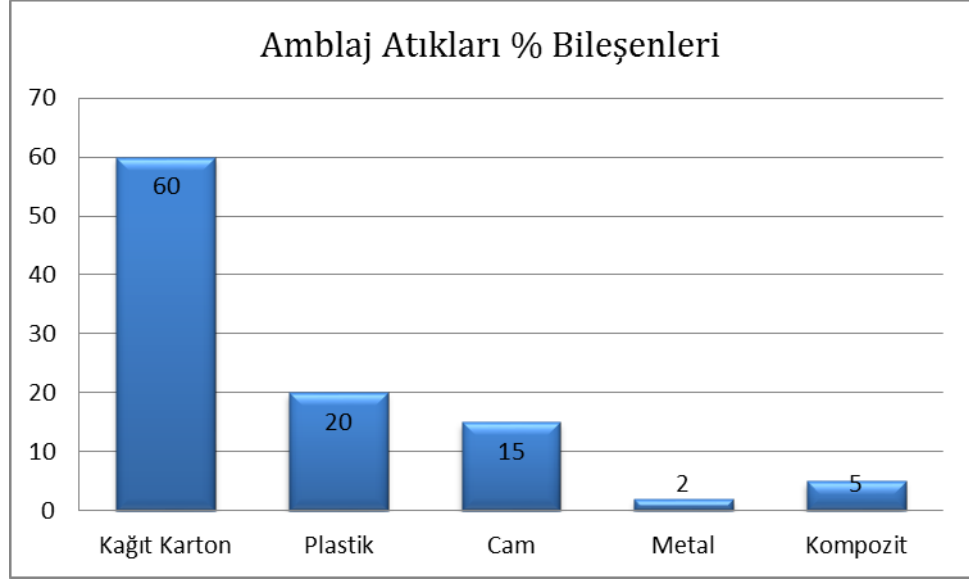
Tablo 4.4: Yalova'daki belediyelerin atık miktarları

KURUMLAR	2012 Temmuz	2012 Ağustos	2012 Eylül	2012 Ekim	2012 Kasım	2021 Aralık	2013 Ocak	2013 Şubat
	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)	Atık (ton)
YALOVA	3.454,30	3.303,44	3.231,92	2.990,33	2.824,18	2.942,92	2.678,14	3.149,19
ALTINOVA	300,42	270,02	282,74	231,5	278,43	280,11	264,14	253,12
ARMUTLU	457,36	370,18	304,84	174,02	33,14	73,66	0	0
ÇİFTLİKKÖY	783,16	732,25	662,85	514,7	499,88	533,86	443,02	515,33
ESENKÖY	0	54,34	0	0	0	0	0	0
KADIKÖY	107,72	80,64	92,36	84,48	86,84	78,9	63,56	70,3
KAYTAZDERE	41,08	125,66	126,38	104	97,5	94,96	68,96	90,8
KOCADERE BELEDİYESİ	27,38	22,6	18,84	14,38	3,64	0	0	0
SUBAŞI BELEDİYESİ	139,6	127,18	151,8	125,55	125,84	138,65	123,24	124,16
TAŞKÖPRÜ BELEDİYESİ	214,24	207,32	188	154,41	149,3	158,08	142,24	170,99
TAVŞANLI BELEDİYESİ	91,1	106,3	84,9	78,74	70,86	74,44	64,14	86,11
TERMAL BELEDİYESİ	131,94	120,16	114,98	84,38	84,22	77,45	77,7	138,66
TOPLAM	5.748,30	5.520,09	5.259,61	4.556,49	4.253,83	4.453,03	3.925,14	4.598,66

Yalova kentsel katı atık verileri detaylı olarak incelendiğinde; Düzenli depolama tesisine gelen atıkların yaklaşık %70'ini Yalova Belediyesi tek başına getirmektedir. Bu çalışmada sadece Yalova Belediyesinin atık değerlerine göre atık yönetim senaryosu oluşturulmuştur.

Yalova Belediyesince Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliğine göre kaynağında ayrı toplama işlemi 2000'li yılların başından beri uygulanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisans almış geri dönüşüm firmaları ile protokol yaparak yükümlüklerini yerine getirmektedir.

Kaynağında ayrı toplanan ambalaj atıklarının yüzde bileşenleri şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Ambalaj atıkları bileşenlerinin yüzdesel oranları.

4.3.3. Etki Analizi

Bu çalışmada SimaPro programı içerisinde bulunan veri tabanlarından CML 2 baseline 2000 hesaplama yöntemi kullanılmış olup bu yöntem, 2001 yılında Leiden Üniversitesi Çevre Bilim Merkezi önderliğinde bir grup bilim adamı etki kategorileri ve etki değerlendirmesi adımı için bir dizi karakterizasyon yöntemleri önermiştir. Bu yöntem "sorun odaklı yaklaşım" ve "zarar yaklaşımı" olarak ikiye ayrılmıştır. Bu yöntemde tanımlanan etki kategorileri grupları, insan sağlığı, kaynak kullanımı ve ekosistem kalitesi olarak belirlenmiştir.

Çalışmada her bir atık yönetim senaryosu için CO₂ kaynakları ve miktarları da belirlenecektir. CO₂ ile ilgili hesaplama işlemi de SimaPro programı içerisinde bulunan ICCP 2007 GWP 100a yöntemi ile hesaplanacaktır.

Bu yöntemin kullanılmasıyla yapılan karşılaştırma işleminde yukarıda verilen etki grupları ile ilgili etki analiz değerlendirmeleri Bulgular ve Tartışma (Bölüm 5) kısmında verilmiştir.

4.3.4. Yorum

Bu çalışmada yorum aşaması, etki analizinden bulunanların bir değerlendirmesi olduğundan, yine Bölüm 5 kısmında verilmiştir.

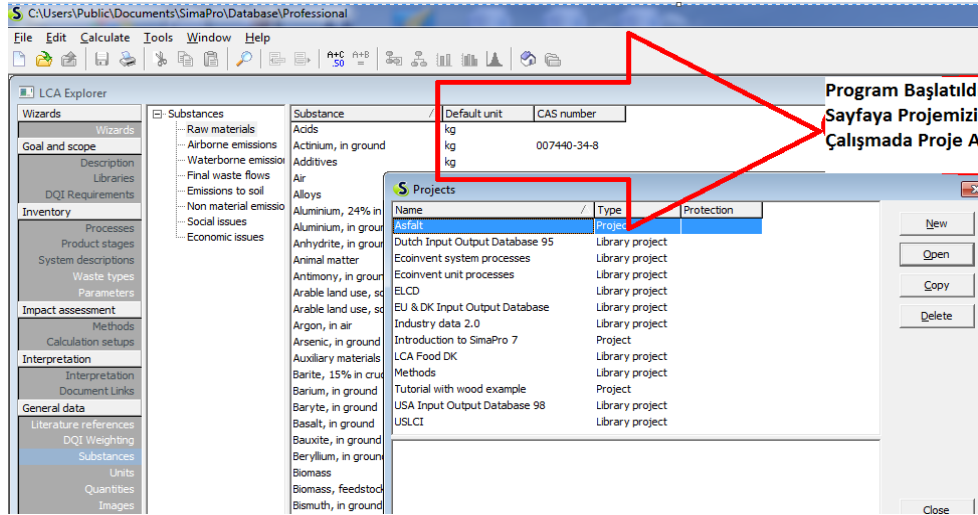
4.4. SimaPro Yazılımı ile Kentsel Katı Atığın YDD

Çalışmanın bu bölümünde, çevresel etkilerini belirleyecek olduğumuz kentsel katı atık tipine ait verilerin SimaPro programına girişlerinin yapılarak hesaplanması ve sonuçlarının oluşturulması bölümü anlatılacaktır.

Öncelikle program açılır, açılan ilk ekran proje ekranı olup buraya yapılmak istenen projenin adı yazılarak kaydedilir. Projemizin adı “Yalova” olarak belirlenmiştir. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de oluşturulan projenin adının girişinin yapıldığı program ekranında bir görünüm verilmiştir.

Yazılım programın çalışması amacıyla kentsel katı atık verilerinin işlenebilmesi amacıyla yazılım programın ilgili bölümlerine kentsel katı atığın bileşenleri, toplama yapan araçların taşıt kilometreleri, kaynağında ayrı toplanan ambalaj atık bileşenleri sayısal olarak işlenmektedir.

Son bölümde, oluşturmak istenen atık yönetim senaryolarını oluşturarak tüm senaryoların, çevresel etkilerinin sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar 5.nci bölümde detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.7: Oluşturulan projeye ekranına ait görünüm

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional\Asfalt - [Edit assembly 'Asphalt Type 1']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: Asphalt Type 1 Image:  Comment:

Status:

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
2 NO Agregate 12-19 mm	1	p	Undefined			
1 NO Agregate 5-12 mm	1	p	Undefined			
Tas Tozu 0-5mm	1	p	Undefined			
Bitumen	1	p	Undefined			
Filler	1	p	Undefined			
(Insert line here)						

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Electricity, medium voltage, at grid/TR U	2	kWh	Undefined			
(Insert line here)						

Şekil 4.8: Atık tiplerinin belirlenmesi.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yalova kentsel katı atığın farklı dört atık yönetim senaryosu ayrı ayrı ele alınarak çevresel etkilerinin YDA yazılım programı Sima-Pro çıktıları değerlendirilmiştir.

5.1. Mevcut Durum

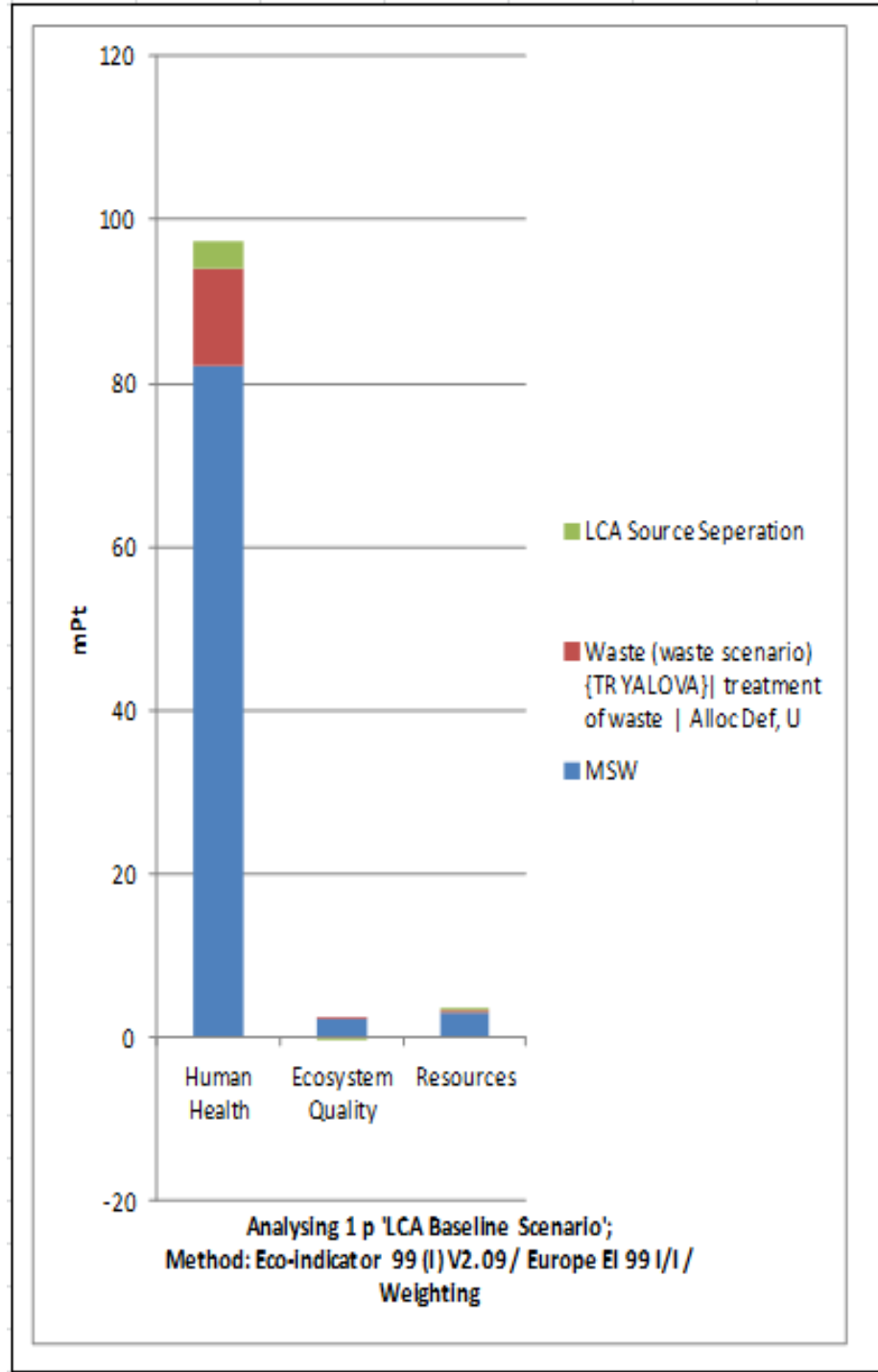
Yalova kentsel katı atık için oluşturulan birinci senaryoda Yalova Belediyesince günde 100 ton kentsel katı atık toplanmıştır. Bunun için 1000 km’lik taşıma mesafesi olmuştur. Taşıma yapan çöp kamyonları standart özelliklerde dizel motorlu ve sıkıştırma özelliklerine sahiptir. Her bir araç ortalama 15m³ taşıma kapasitesine sahiptir. Toplanan atıklar şehir merkezinden 17km uzaklıktaki düzenli depolama tesisine getirilmektedir. Mevcut durumda günde 2.85 ton karışık ambalaj atığı toplanmaktadır. Bunun için günde 130 km yol kat edilmektedir.

Tablo 5.1:Mevcut durumun çevresel etki hesap değerleri.

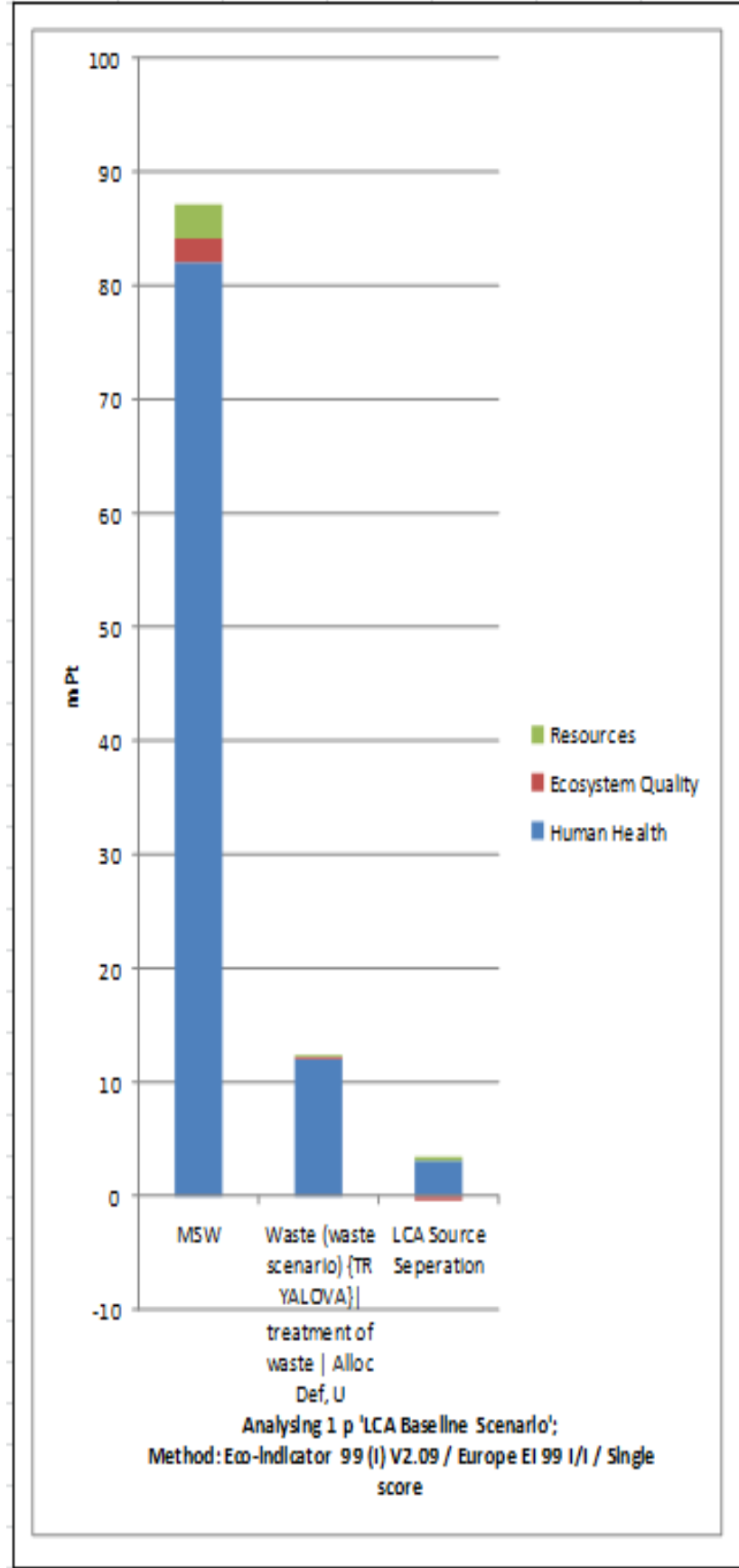
Calculation:	Analyse				
Results:	Impact assessment				
Product:	1 p LCA Baseline Scenario (of project Yalova Waste Management)				
Method:	Eco-indicator 99 (I) V2.09 / Europe EI 99 I/I				
Indicator:	Weighting				
Skip categories:	Never				
Exclude infrastructure processes:	No				
Exclude long-term emissions:	No				
Per impact category:	No				
Sorted on item:	Damage category				
Sort order:	Ascending				
Damage category	Unit	Total	MSW	Waste Scenario	LCA Source Seperation
Total	Pt	0,10268189	0,087187	0,012413094	3,08E-03
Human Health	Pt	0,09731306	0,08210066	1,20E-02	3,18E-03
Ecosystem Quality	Pt	0,00189434	0,00210697	0,000111774	-0,000324405
Resources	Pt	0,0034745	0,00297936	0,00026522	2,30E-04

Mevcut durumun çevresel etkileri iki farklı veri tabanı üzerinde değerlendirilmiştir. Tablo 5.1’de, elde edilen sonuçlar Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

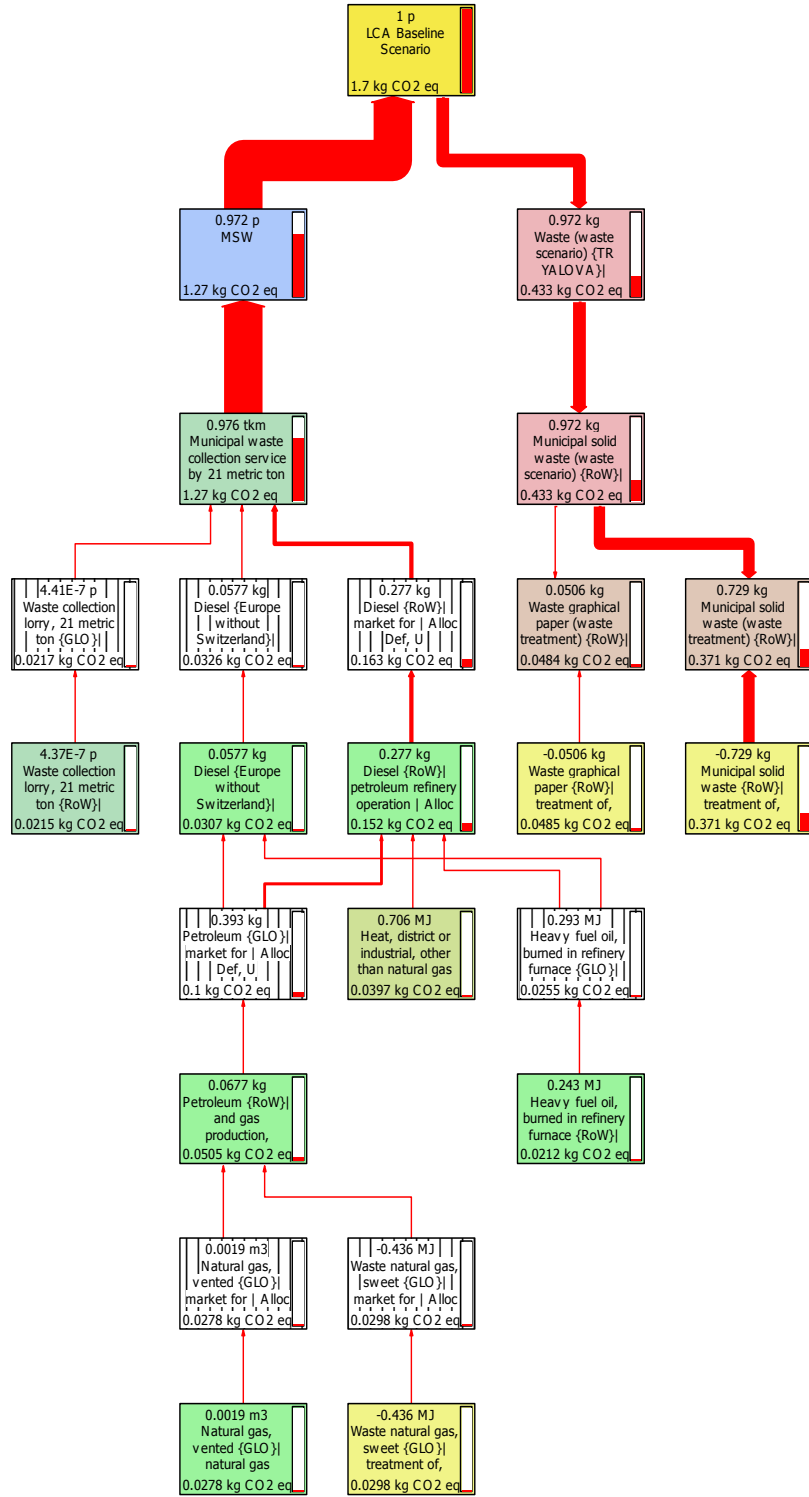
Mevcut durum analizine tüm senaryonun göre karbon ayak izi diyagramı şekil 5.3’de verilmiştir. Şekil 5.4’te bir kg ambalaj atığının kaynağında geri kazanılmasına ait karbon ayak izi diyagramı verilmiştir. Bir kg kentsel katı atığın toplanmasına ait karbon ayak izi diyagramı Şekil 5.4’te gösterilmiştir



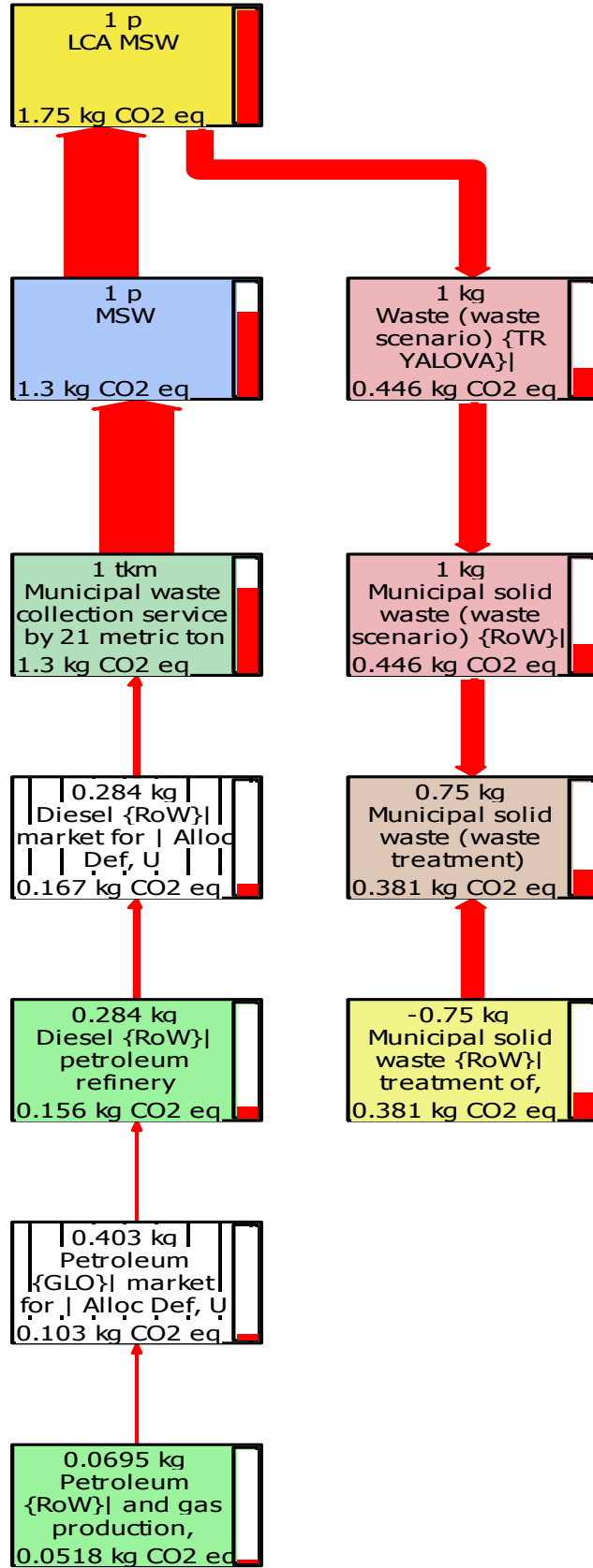
Şekil 5.1: Mevcut durumun çevre etkileri.



Şekil 5.2: Mevcut durumun oransal çevre etkileri.



Şekil 5.3:Mevcut durumun karbon ayak izi diyagramı.



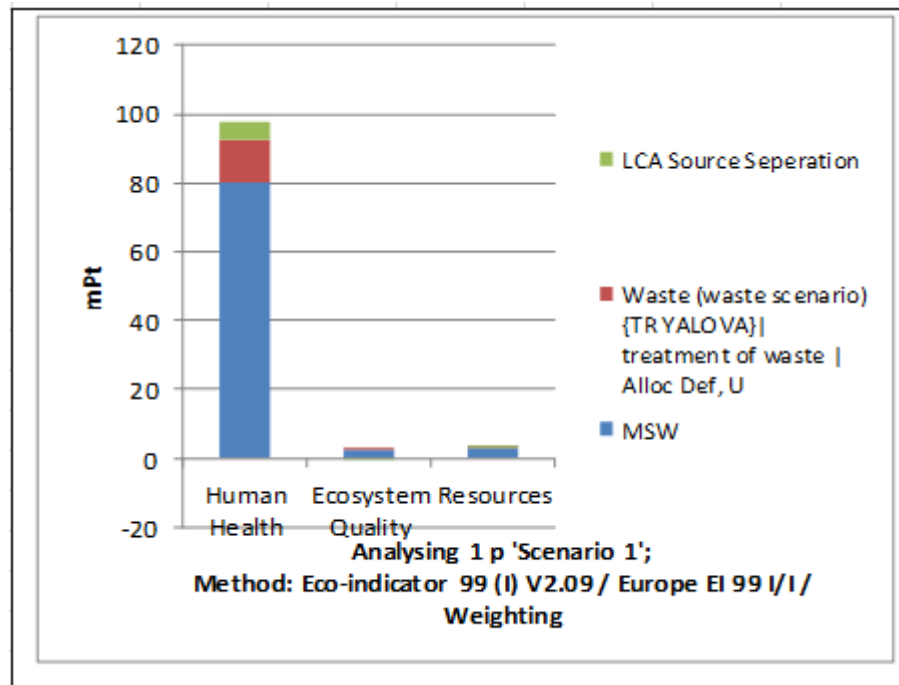
Şekil 5.5: Bir Kg kentsel katı atığın karbon ayak izi diyagramı.

5.2. Birinci Atık Yönetim Senaryosu

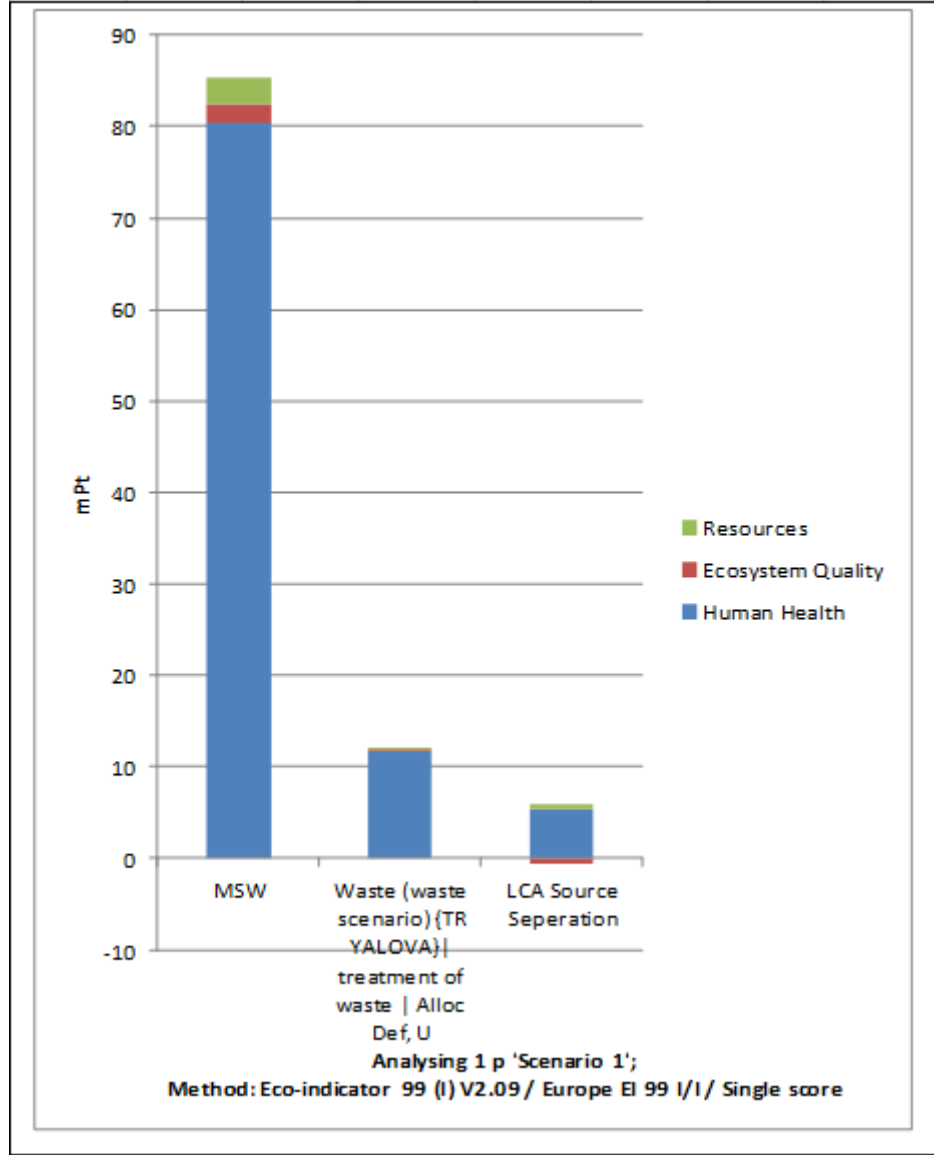
Bu senaryoda Yalova kentsel katı atığın aynı taşıt kilometresiyle toplanması, günlük taşıt kilometrelerinin sabit kalması ve mevcut duruma göre kaynağında toplanan ambalaj atığının %50 arttırıldığı öngörülmüştür.

Tablo 5.2. Birinci atık yönetim senaryosunun hesaplama değerleri.

Calculation	Analyse				
Results	Impact assessment				
Product	1 p Scenario 1 (of project Yalova Waste Management)				
Method	Eco-indicator 99 (I) V2.09 / Europe EI 99 I/I				
Indicator	Weighting				
Skip categories	Never				
Exclude infrastructure process	No				
Exclude long-term emissions	No				
Per impact category:	No				
Sorted on item:	Damage category				
Sort order	Ascending				
Damage category	Unit	Total	MSW	Waste Scenario	LCA Source Speration
Total	Pt	0,10283085	0,08538461	0,012156483	5,29E-03
Human Health	Pt	0,09764266	0,08040343	1,18E-02	5,45E-03
Ecosystem Quality	Pt	0,00161605	0,00206341	0,000109464	-0,000556824
Resources	Pt	0,00357214	0,00291777	0,000259737	0,00039463



Şekil 5.6: Birinci atık yönetim senaryosu çevresel etkileri.



Şekil 5.7: Birinci atık yönetim senaryosunun oransal çevre etkileri.

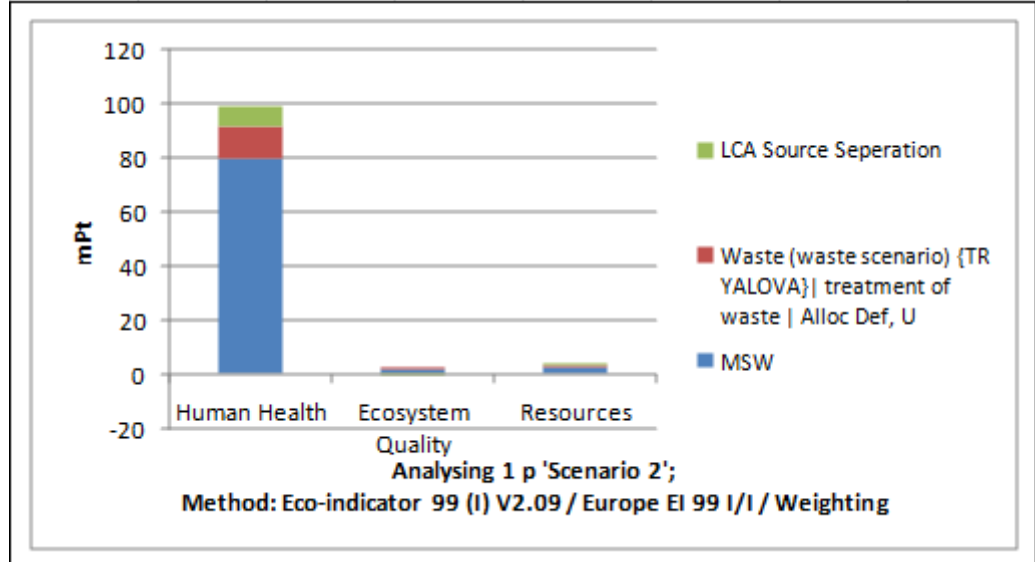
Oluşturulan birinci atık yönetim senaryoları Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Kaynak kullanımı, ekosistem kalitesi ve insan sağlığı etkileri hesaplanmıştır.

5.3. İkinci Atık Yönetim Senaryosu

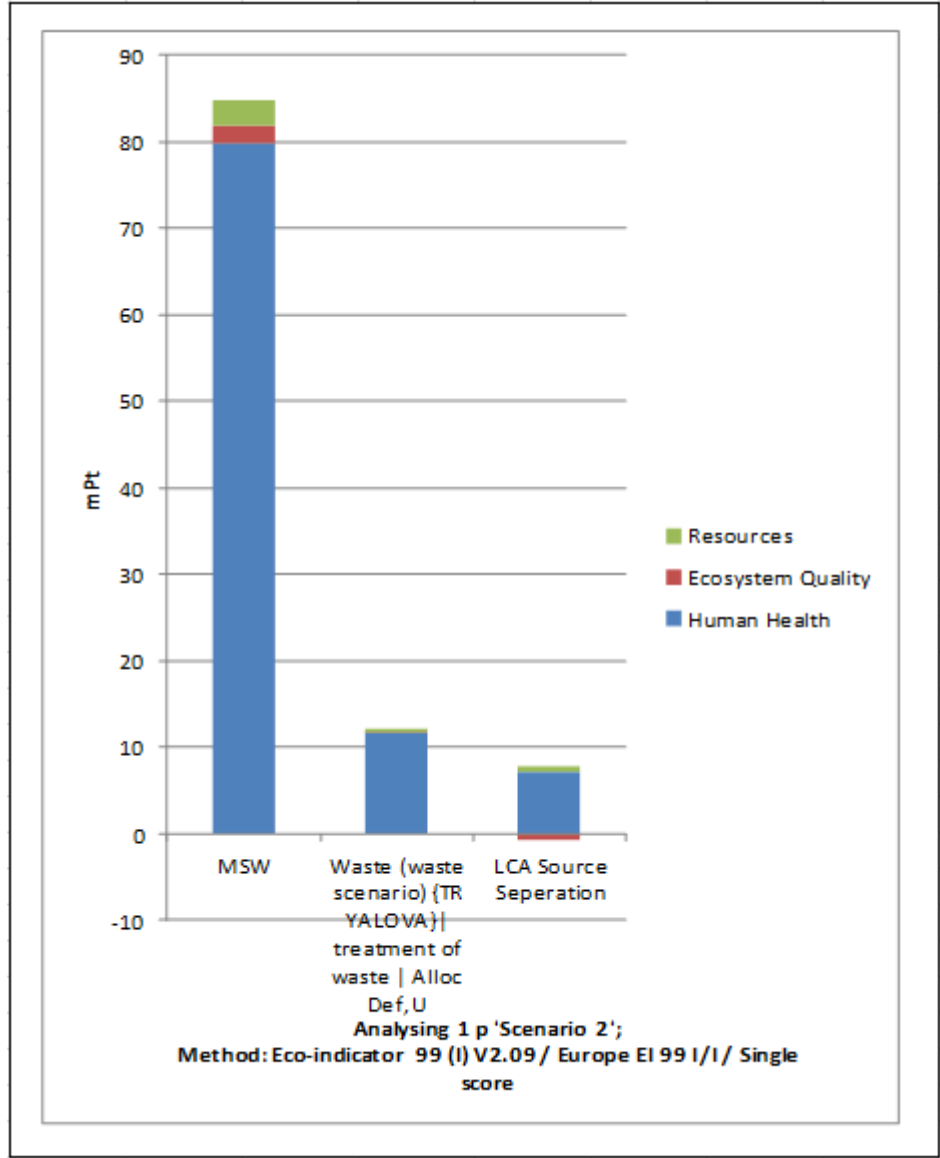
İkinci atık yönetim senaryosunda, mevcut duruma göre kaynağında ayrı toplama oranının %75 artırılması hedeflenmiştir. Yapılan hesaplama sonuçları Tablo5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3: İkinci atık yönetim senaryosu hesaplama tablosu.

Calculation:	Analyse				
Results:	Impact assessment				
Product:	1 p Scenario 2 (of project Yalova Waste Management)				
Method:	Eco-indicator 99 (I) V2.09 / Europe EI 99 I/I				
Indicator:	Weighting				
Skip categories:	Never				
Exclude infrastructure processes:	No				
Exclude long-term emissions:	No				
Per impact category:	No				
Sorted on item:	Damage category				
Sort order:	Ascending				
Damage category	Unit	Total	MSW	Waste Scenario	LCA Source Seperation
Total	Pt	0,1039	0,08484	0,012078606	0,006988186
Human Health	Pt	0,0988	0,07989	0,01171177	0,007202458
Ecosystem Quality	Pt	0,00142	0,00205	0,000108762	-0,000735609
Resources	Pt	0,00368	0,0029	0,000258073	0,000521337



Şekil 5.8: İkinci atık yönetim senaryosunun çevresel etkileri.



Şekil 5.9: İkinci atık yönetim senaryosunun oransal çevre etkileri.

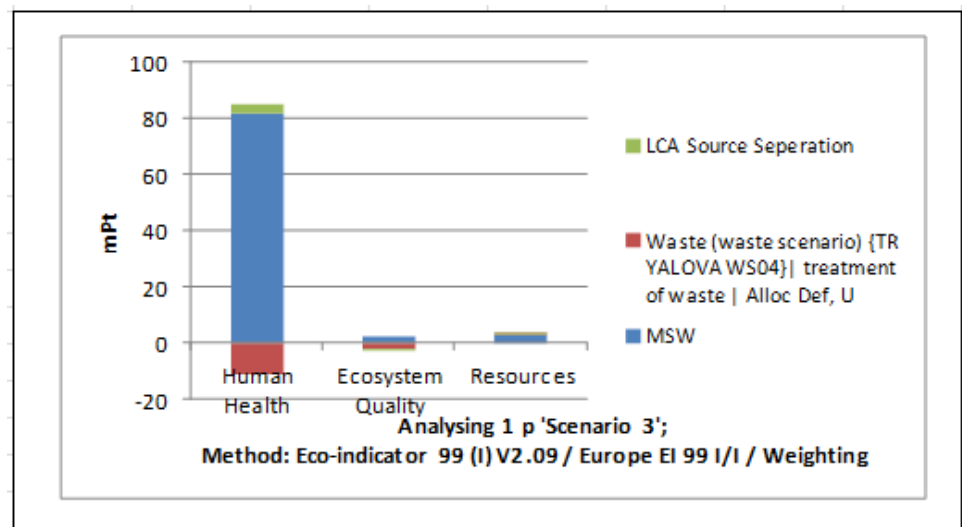
İkinci atık yönetim senaryosunun sonuçları Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

5.4. Üçüncü Atık Yönetim Senaryosu

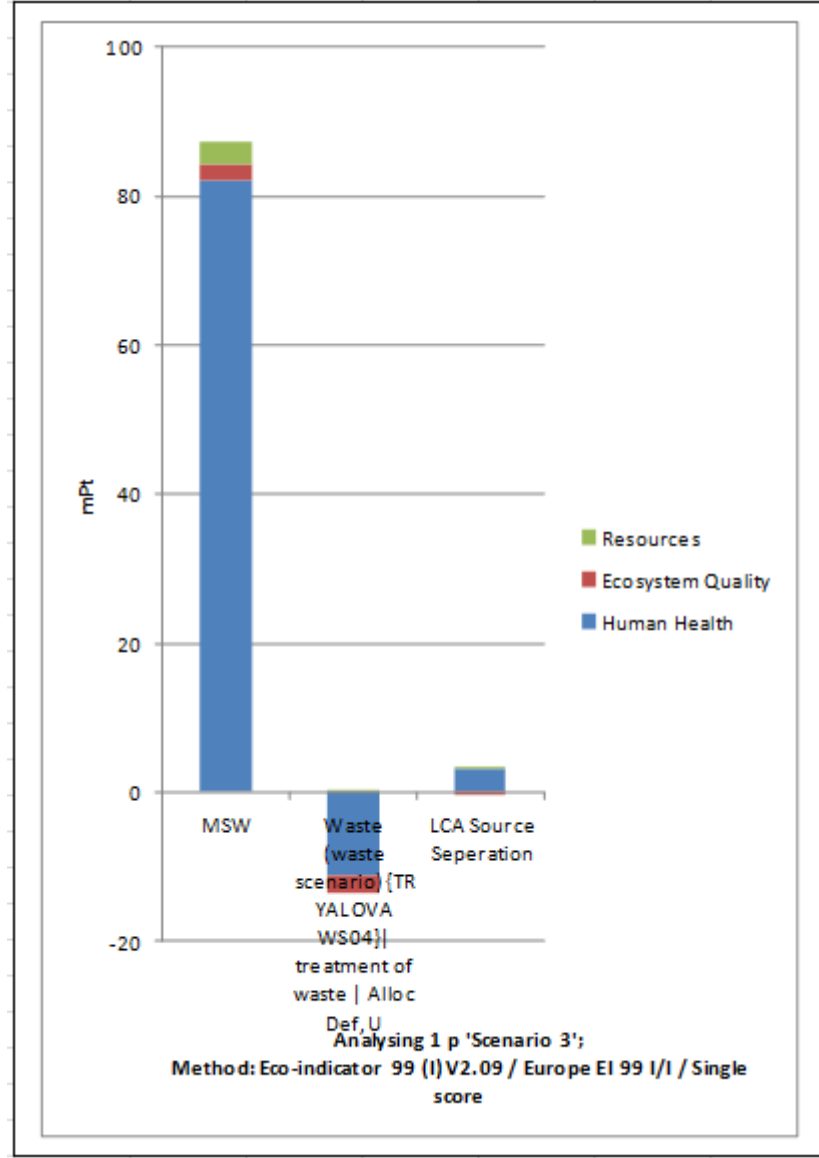
Üçüncü atık yönetim senaryosunda ikinci senaryodaki kaynağında ayrı toplama oranı %75 olarak devam etmekte, evsel katı katık bileşenindeki yaklaşık %15 atığın düzenli depolama tesisinde bertaraf edileceği düşünülmüştür. Düzenli Depolama Tesisinin hemen yanında Organik Arıtma amacıyla bir kompost tesisi düşünülmüştür. Mevcut kentsel katı atığın %60 oranında organik atık olduğundan dolayı biyolojik arıtma planlanmıştır. Tesiste günlük 60ton mutfak atığı işlenecektir. Üçüncü senaryonun hesaplama değerleri Tablo5.4’de gösterilmiştir.

Tablo 5.4 Üçüncü atık yönetim senaryosunun hesaplama tablosu.

Calculation	Analyse				
Results	Impact assessment				
Product	1 p Scenario 3 (of project Yalova Waste Management)				
Method	Eco-indicator 99 (I) V2.09 / Europe EI 99 I/I				
Indicator	Weighting				
Skip categories	Never				
Exclude infrastructure processes	No				
Exclude long-term emissions	No				
Per impact category	No				
Sorted on item	Damage category				
Sort order	Ascending				
Damage category	Unit	Total	MSW	Waste Scenario	LCA Source Separation
Total	Pt	0,07691816	0,08719	-0,013350639	0,003081803
Human Health	Pt	0,07416313	0,0821	-0,011113832	0,003176297
Ecosystem Quality	Pt	-0,00064338	0,00211	-0,00242594	-0,000324405
Resources	Pt	0,00339841	0,00298	0,000189133	0,000229911

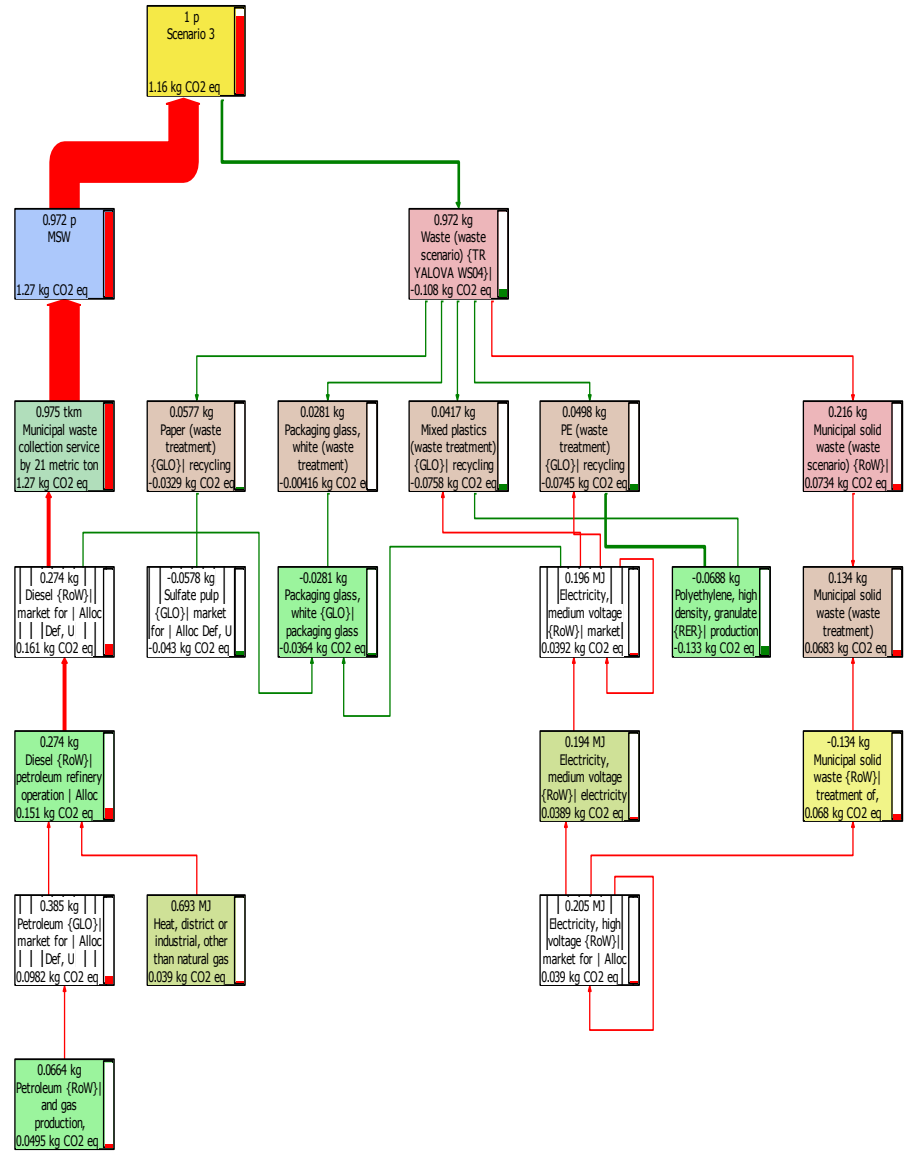


Şekil 5.10: Üçüncü atık yönetim senaryosunun çevre etkileri.



Şekil 5.11: Üçüncü atık yönetim senaryosunun oransal etkileri.

Üçüncü atık yönetim senaryosunun çevresel etkileri Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Yapılan hesaplamada üçüncü atık yönetim senaryosu için karbon ayak izi diyagramı oluşturulmuştur ve Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Yapılan senaryolar için hesaplama değerlerine göre mevcut durum ve üç farklı senaryo karşılaştırılmış ve en uygun atık yönetim senaryosu seçilmiştir.



Şekil 5.12: Üçüncü atık yönetim senaryosu karbon ayak izi diyagramı.

5.5. Atık Yönetim Senaryolarının Karşılaştırılması

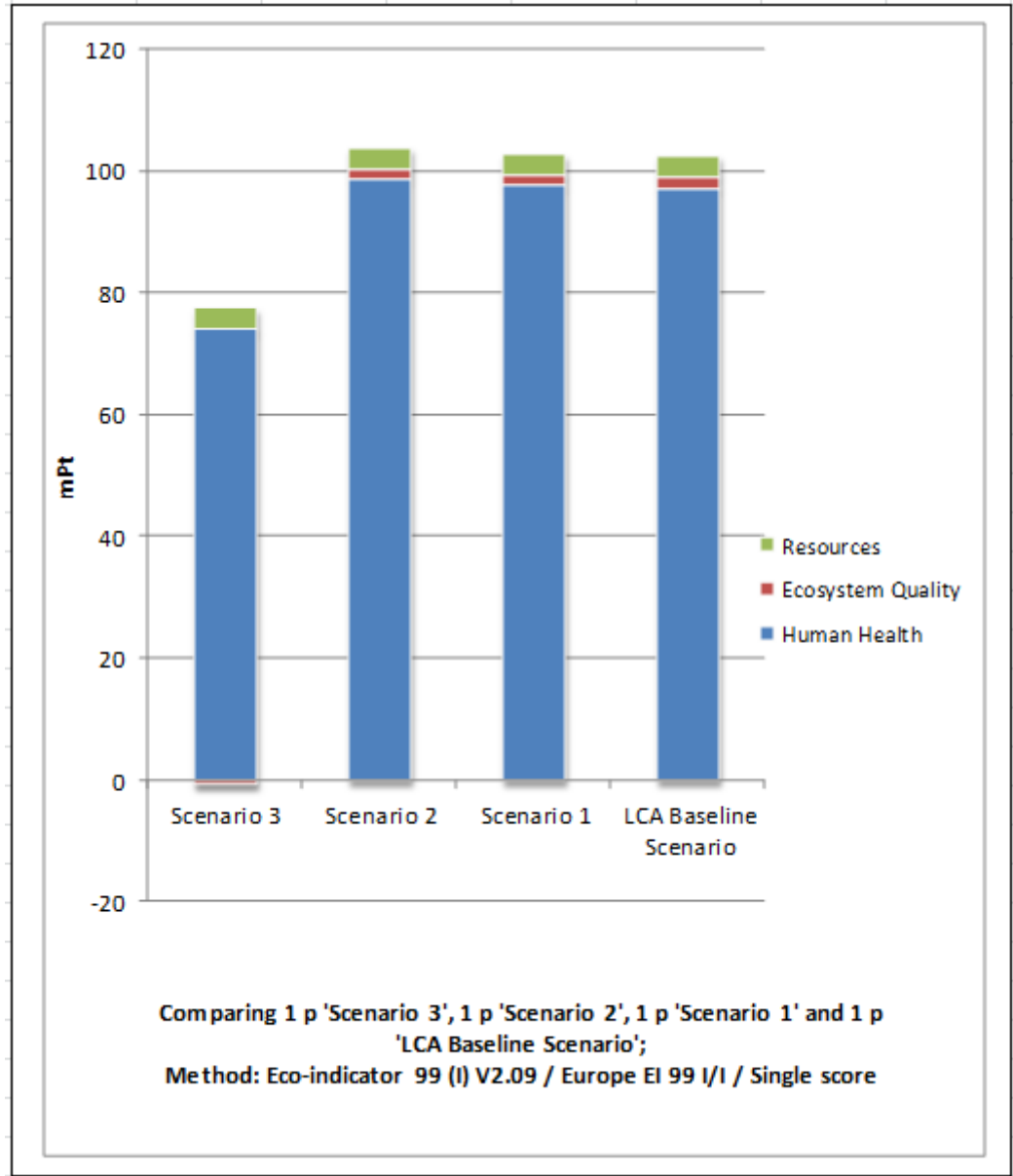
Yapılan çalışma sonucunda Yalova Kentsel Katı Atık Yönetimi için oluşturulan üç farklı yönetim senaryosuna göre üçüncü senaryonun diğer atık senaryolarına göre daha çevreci olduğu görülmüştür.

Kaynağında ayrı ambalaj atıklarının mevcut duruma göre %75 oranında artırılarak, kullanabilen %60 organik atığın kompost olarak değerlendirilmesini planlayan senaryonun hesaplama verileri Tablo 5.5’de gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Tüm atık yönetim senaryolarının karşılaştırılması

Calculation	Compare				
Results	Impact assessment				
Product 1	1 p Scenario 3 (of project Yalova Waste Management)				
Product 2	1 p Scenario 2 (of project Yalova Waste Management)				
Product 3	1 p Scenario 1 (of project Yalova Waste Management)				
Product 4	1 p LCA Baseline Scenario (of project Yalova Waste Management)				
Method	Eco-indicator 99 (I) V2.09 / Europe EI 99 I/I				
Indicator	Single score				
Skip categories	Never				
Exclude infrastructure processes	No				
Exclude long-term emissions	No				
Per impact category	No				
Sorted on item	Damage category				
Sort order	Ascending				
Damage category	Unit	Scenario 3	Scenario 2	Scenario 1	LCA Baseline Scenario
Total	Pt	0,076918158	0,10390441	0,10283085	0,10268189
Human Health	Pt	0,074163127	0,098802571	0,097642661	0,097313059
Ecosystem Quality	Pt	-0,000643377	0,001423346	0,00161605	0,001894337
Resources	Pt	0,003398408	0,003678492	0,003572141	0,003474495

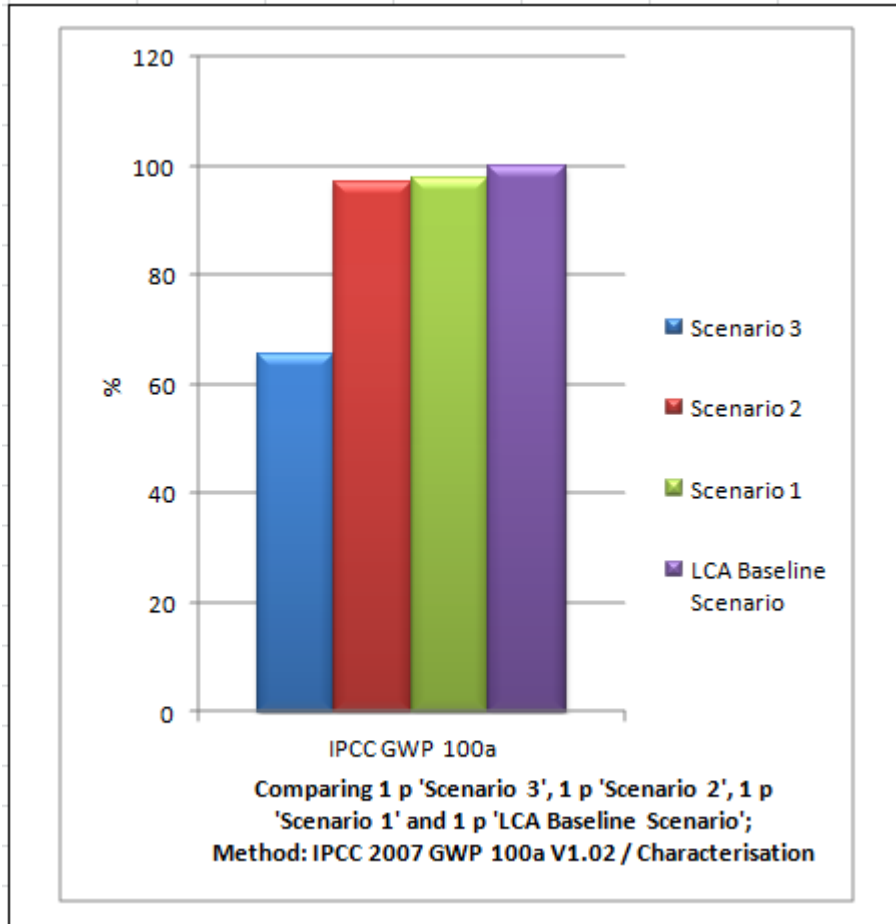
Tüm atık yönetim senaryoları Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’ de gösterilmiştir. Kaynak kullanımı, ekosistem kalitesi ve insan sağlığı ölçütlerine göre değerlendirilme yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, Sima-Pro Yazılım Programında kullanılan Eko-Indicator veri tabanından çıkan tüm sonuçları IPCC 2007 GWP100a indikatörüne göre karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Tüm atık yönetim senaryolarının karşılaştırılması.

Tablo 5.6: IPCC 2007 GWP 100a göre hesaplama tablosu.

Calculation:	Compare				
Results:	Impact assessment				
Product 1:	1 p Scenario 3 (of project Yalova Waste Management)				
Product 2:	1 p Scenario 2 (of project Yalova Waste Management)				
Product 3:	1 p Scenario 1 (of project Yalova Waste Management)				
Product 4:	1 p LCA Baseline Scenario (of project Yalova Waste Management)				
Method:	IPCC 2007 GWP 100a V1.02				
Indicator:	Characterisation				
Skip categories:	Never				
Exclude infrastructure processes:	No				
Exclude long-term emissions:	No				
Sorted on item:	Impact category				
Sort order:	Ascending				
Impact category	Unit	Scenario 3	Scenario 2	Scenario 1	LCA Baseline Scenario
IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	1,1582883	1,7105547	1,722927	1,7610836



Şekil 5.14: IPCC 2007 GWP 100a göre karşılaştırmalı etkiler.

6. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Yalova Kentsel Katı Atık Yönetimi için en uygun atık yönetim senaryosu; literatürdeki benzer çalışmalara karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, Yalova Kentsel Katı Atıklarının farklı atık yönetim senaryoları modellenerek en uygun atık yönetim senaryosu seçilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler maddeler halinde sıralanmıştır.

- Yapılan çalışmada, mevcut duruma göre çalışan katı atık yönetimi planlanan senaryolara göre daha fazla çevresel etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.
- Üçüncü atık yönetim senaryosu; diğer yönetim senaryoları ve mevcut durum verilerine göre “Ekosistem Kalitesi” parametresi pozitif yönde yarar sağladığı görülmüştür.
- Kaynağında ayrı ambalaj atığı toplama oranı; mevcut duruma göre %50 ve %75 artırılması “Organik Arıtma” ya göre kaynak kullanımı, insan sağlığı ve ekosistem kalitesinde yüksek bir oranda fayda sağlamadığı görülmüştür.
- Biyolojik arıtmanın etkisi, kaynağında ayrı toplama senaryolarından daha iyi olumlu sonuç vermiştir.
- Biyolojik arıtma, diğer atık yönetim senaryolarının IPCC 2007 GWP 100a değerlendirmesine göre yaklaşık %25 daha az küresel ısınma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Bulunan sonuçlar literatürdeki diğer benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında;

Kentsel katı atıkları, farklı bertaraf senaryolarında en etkin yönetim senaryosunun “Biyolojik Arıtma” olduğu saptanmıştır [Cheribuni et.al,2009]. Cheribuni ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kentsel katı atıkların; kaynağında ayrı toplanması, biyolojik arıtma, ayırma ve yakma süreçleri senaryolara dahil edilmiştir. Çevresel etkilerin en uygun olduğu senaryonun “Biyolojik Arıtma” olduğu görülmüştür.

Özellikle yakmaya dayalı atık yönetim senaryolarının Toksik etkilerinin yüksek olduğu, belirtilmiştir [Özeler vd., 2006].

Yalova kentsel atık yönetim alternatifleri oluştururken ekonomik kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Biyolojik arıtmanın daha uygun olacağı planlanmıştır.

Kentsel Katı Atık Yönetim sistemi içerisinde tüm bireylerin etkin rol oynaması gerekmektedir. Ancak yerel yönetimlerde uzman personel istihdam edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yönetim şekli oluşturulmasında Ulusal ve Uluslar arası kalkınma ajansları ile ortak çalışmalar yürütülebilir. Hibe kredi anlaşmalarıyla mevcut alt yapının güçlendirilmesi planlanabilir.

Bölgede yapılacak katı atık çalışmalarında, uzun vadede bölgenin ihtiyaçlarına cevap verebilmesi için biyolojik arıtmanın da yetkililer tarafından çözüm alternatiflerine eklenmesi gerekmektedir.

Körfez Köprüsünün hizmete açılmasıyla birlikte Yalova Kentinde oluşacak ani nüfus artışı beklemektedir. Nüfus artışı ile birlikte Katı Atık Yönetiminin gerekliliğini ortaya çıkaracaktır. Sağlıklı, modern kent yaklaşımı temel altyapı sorununu çözmüş yönetim senaryoları ile sağlanmaktadır.

Kentler hızlı nüfus artışları ve sanayileşme devam ettikçe katı atık yönetimin önemi giderek artacaktır.

KAYNAKLAR

Anand S., (2010), "Solid Waste Management", 1st Edition, Mittal Samuel ILCP Press.

Banar M., Çokaygil Z., Ozkan A., (2009), "Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey", Waste Management, 29, 54–62.

Bilitewski B., Marek K., Hardtle G., (1994), "Waste Management", 3th Edition, Springer-Verlang Berlin Hiedelberg.

Blackman C., (2001), "Basic Hazardous Waste Management", 1st Edition, CRC Press LLC.

Bouis A., Evans A., Ketchum H., Liu H., Zegel C., (1999), "Hazardous Waste", 1st Edition, CRC Press LLC.

Buckingham L., Grega L., Evans C., (1994), "Hazardous Waste Management", 4th Edition, McGraw- Hill International Editions Civil Engineering Series.

Bozkurt E., (2007), "Life Cycle Assesments (LCA) based home rating model for İzmir", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Cleary J., (2009), "Life Cycle Assessments of Municipal Solid Waste Management Systems: A Comparative Analysis of Selected Peer-Reviewed Literature", Environment International, 35, 256–1266.

Curan M. A., (2005), "What is the LCA?", USA Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory Press, 26, 181-201.

Cheribuni F., Bargigli S., Ulgiati S., (2009), "Life Cyle Assessment of Waste Management Strategies Landfilling, Sorting Plant and Incineration", Energy, 34, 2116-2123.

Franklin P., Rubik F., (2000), "Life Cycle Assessment in Industry and Business", 1st Edition, Springer-Verlag Press.

Goedkoop M., (2000), "Methodology Annex: The Eco-indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assesment", PRE Consultants Press, 10, 2-14.

Horne R. E., Grant T., Verghese K.L., (2009), "Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects", 3th Edition, Csiro Press.

Henriksen C. T., Lave B. L., Mathews H. S., (2006), “Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services An Input Output Approach”, 3th Edition, PRF Press.

ISO, (2003), “Environmental Management Life Cycle Impact Assessments Examples of Application of ISO 14042”, International Organization for Standardization.

ISO, (2006a),” Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework”, International Organization for Standardization.

ISO, (2006b),” Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirement and Guidelines”, International Organization for Standardization.

Vaughn J., (2009), “Waste Management: a Reference Handbook”, 3th Edition, ABC.CLIO Inc Press.

Pichtel J., (2005), “Waste Management Practices, Municipal, Hazardous and Industrial”, 1st Edition, CPR Press.

Jinglon H., Li X., Zhooze, C., (2010), “Life Cycle Assessment of Four Municipal Solid Waste Management Scenarios in China”. Waste Management 30, 2362-2369.

Koronas C. J., Nakai A., (2012), “Integrated solid waste management and energy production –a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki”, Journal Of Clean Production 27, 141-150.

Khoo H. H., (2009), “Life Cycle Assessment of Various Waste Conversion Technologies”, Waste Management 29, 1882-1900.

Levis J. W., Barlaz M. A., Decalaris J. F., Ranjitman S. R., (2013), “A generalized multistage optimization modelling framework for life cycle assessment based on integrated solid waste management”, Environmental Modelling&Software, 50, 51-65.

Özeler D., Yetis Ü., Demirel G. N., (2006), “Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study”, Environment International 32, 405 -411.

Rigonati L., Grosso M., Giugliana M., (2010), “Life Cycle Assessment of sub-units composing a MSW Management System”, Journal of Cleaner Production 18, 1652-1662.

ResGaz 1, 2872 Sayılı Çevre Kanunu, 11.08.1993 tarih ve 18132 Sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.1991 tarih ve 20814 Sayılı Resmi Gazete.

Ramesha C., Diganta B., (2012), “Das Solid Waste Management: Principles and Practice”, 3th Edition, Springer-Verlag- Berlin Hiedelberg,

SETAC, (1991), “A Technical Framework for Life Cycle Assessment Report”, SETAC Offical Press, 10, 253-272.

Song Q., Wang Z., Li J., (2013), “Environmental Performance of Municipal Solid Waste Strategies based on LCA Method: A Case Study of Macau”, Journal of Cleaner Production, 1,1-9.

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993),“Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues”, 3th Edition, McGraw-Hill.

TÜİK, (2010), “2010 Yılı Atık Yönetim Envanteri”, 1075 Sayılı Haber Bülteni.

TSE, (2007a), “TS EN ISO 14040: Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Degerlendirme-Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensipler ve Çerçeve”.

TSE, (2007b), “TS EN ISO 14044: Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Gereksinimler ve Kılavuzlar”.

Taygun G.T., Balanlı A., (2005), “Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü-çevre etkileşimi”,YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12, 18-27.

UNEP, (2012), United Nations Environment Programme, “Environmental Pollutions Controls Annual Report”, UNEP Press, 12, 12-24.

Ün, Y., (2009), “Atıksu arıtma tesislerinde yaşam döngüsü analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Web 1, (2013), <http://tuikapp.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/katiatik.zul>. (Erişim Tarihi: 17/11/2013).

Web 2, (2013), <http://www.enve.metu.edu.tr/people.gndemirer>. (Erişim Tarihi:01/09/2013).

Yal. Bel., (2009), “2009-2014 Dönemi Beş Yıllık Stratejik Planı”.

Yal. Val., (2012), “Afet Plan Koordinasyon Merkezi Yıllık Faaliyet Raporu”.

ÖZGEÇMİŞ

Sedat Çil 1982 yılında Sivas'ta doğmuştur. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi Kocaeli Meslek Yüksek Okulu Kimya Bölümünden Tekniker unvanı ile mezun olmuştur. 2004 yılında Dikey Geçiş Sınavında başarılı olarak Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde eğitim hayatına devam etmiştir. 2007 yılında İyi Derece ile mezun olduktan sonra 2008 yılında GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsünde Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başlamıştır. 2009 yılından bu yana T.C. Yalova Belediyesinde Çevre Mühendisi unvanı ile çalışmaktadır.