



T.C.
NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
ANABİLİM DALI

DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON MODELİ İLE
TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYE ATIĞI MİKTARININ TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Fatmanur ÖZER

Niğde
Temmuz, 2020

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK YÖNETİMİ
ANABİLİM DALI

DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON MODELİ İLE
TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYE ATIĞI MİKTARININ TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Fatmanur ÖZER

Danışman : Doç. Dr. Arzum BÜYÜKKEKLİK
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOPAL
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ömür DEMİRER

Niğde
Temmuz, 2020

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum 'Doğrusal Bulanık Regresyon Modeli ile Türkiye'deki Belediye Atığı Miktarının Tahmini' Başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde tez yazım kılavuzuna uygun olarak tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiği ve çalışmanın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım 22/07/2020

Fatmanur ÖZER



ÖN SÖZ

Eğitim-Öğretim hayatım boyunca emeği geçen bütun hocalarıma, bu çalışma boyunca yanımda olan danışman hocama ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Fatmanur ÖZER



ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON MODELİ İLE TÜRKİYE'DEKİ
BELEDİYE ATIĞI MİKTARININ TAHMİNİ**

ÖZER, Fatmanur

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Arzum BÜYÜKKEKLİK

Temmuz 2020, 91 sayfa

Atık yönetimi hem Türkiye’de hem de dünyada son yirmi yılda çok önem kazanan bir konudur. Türkiye Avrupa Birliği’ne katılmak isteyen bir ülke olarak Birlik üye ülkeleri gibi yeterli atık yönetimi sistemine ulaşmak istemekte ve atık konusunda yasalarını uyumlaştırmaya çalışmaktadır. Atık yönetimi açısından atık miktarlarının tahmini önemlidir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki toplam belediye atığı miktarı ile sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin varlığını ortaya koymak ve Tanaka’nın doğrusal bulanık regresyon modelini kullanarak Türkiye’nin 2005 – 2020 yılları arasındaki belediye atığı miktarını tahmin etmektir. Uygulamayla, belediye atıklarının miktarının belli yıllar arasındaki tahmini ve hangi göstergelere bağlı olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır. Çok sayıda gösterge içinden daha fazla etkili olabileceği düşünülen ve verisine ulaşılabilen nüfus artış hızı, kişi başına düşen GSYİH ve okur-yazarlık oranı bağımsız değişken olarak, Türkiye’deki toplam belediye atığı miktarı ise bağımlı değişken olarak modellemede kullanılmıştır. Kurulan tahmin modelinin gelecekteki atık miktarları hakkında öngörülerin geliştirilmesine ve atık geri kazanımı ve güvenli bertarafına yönelik yatırım ve planlamalara fayda sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Belediye atıkları, bulanık regresyon modeli, tahminleme

**ABSTRACT
MASTER THESIS**

**PROJECTION OF MUNICIPAL WASTE GENERATION IN TURKEY WITH
LINEAR FUZZY REGRESSION MODEL**

ÖZER, Fatmanur

International Trade and Logistics Management Administration

Supervisor: Associate Professor Arzum BÜYÜKKEKLİK

July 2020, 91 pages

Waste management in both Turkey and the World has been a matter of great importance in the last twenty years. Turkey as a country wishing to join the European Union wants to reach an adequate waste management system as the Union countries and seeks to adapt the law on waste to the European Union. Projection of waste generation is important for waste management. The aim of this study is to reveal the the relationship between municipal waste generation and socioeconomic indicators, and to estimate the amount of municipal waste generated in Turkey between 2005 and 2020 by using Tanaka's linear fuzzy regression model. With this study, it has been tried to reveal indicators which affect municipal waste generation and the projection of generation between certain years. Population growth rate, GDP per capita, literacy rate indicators which were thought to be more effective and easy to reach the data were used as independent varioable, the total amount of municipal waste in Turkey as dependent variable in the modeling. It is expected that the established projection model will benefit the development of forecasts about the waste generation in the future, and thus will contribute to the investments and planning for waste recovery and safe disposal.

Keywords: Municipal wastes, fuzzy regression model, projection

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
EKLER LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BELEDİYE ATIĞI YÖNETİMİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE, TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİNDE MEVCUT DURUM

1.1. ATIK KAVRAMI	4
1.2. BELEDİYE ATIĞI	5
1.3. BELEDİYE ATIKLARININ KAPSAMI	6
1.3.1. Tehlikeli Atıklar	6
1.3.2. Tıbbi Atıklar	9
1.3.3. Atık Madeni Yağlar	11
1.3.4. Bitkisel Atık Yağlar	12
1.3.5. Atık Pil ve Akümülatörler	12
1.3.6. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar	14
1.3.7. Ömrünü Tamamlamış Lastikler	15
1.3.8. Ömrünü Tamamlamış Araçlar	17
1.3.9. Maden Atıkları.....	18
1.3.11. Gemilerden Kaynaklanan Atıklar	22
1.4. BELEDİYE ATIK BERTARAFININ KAPSAMI	23

1.5. OECD ÜLKELERİNDE BELEDİYE ATIKLARININ DURUMU	26
1.6. TÜRKİYE'DE BELEDİYE ATIK YÖNETİMİ	33
1.6.1. Belediye Atığı Göstergeleri	34
1.6.2. Türkiye'nin Belediye Atık Yönetim Performansı	35
1.6.3. Belediye Atığı Geri Dönüşümünün Bölgesel Farklılıkları	37
1.6.4. Belediye Atık Yönetimini Geliştirmek İçin Önemli Girişimler	39

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON İLE TAHMİN

2.1. REGRESYON ANALİZİ.....	41
2.1.1. Basit Doğrusal Regresyon	42
2.1.2. Çoklu Regresyon	43
2.1.3. Doğrusal Olmayan Regresyon.....	44
2.1.4. Parametrik Olmayan Regresyon	46
2.2. BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ	46
2.3. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ.....	49
2.3.1. Bulanık Olmayan Veriler.....	50
2.4. BULANIK REGRESYON ANALİZİ LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	53

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TANAKA'NIN DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON MODELİ İLE TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYE ATIĞI MİKTARININ TAHMİNİ

3.1. UYGULAMANIN AMACI	57
3.2. UYGULAMANIN KAPSAMI VE VARSAYIMLARI	57
3.3. UYGULAMANIN MODELİ.....	58
3.3.1. Model Değişkenleri	59
3.3.2. Veri Seti	60
3.3.3. Bulanık Regresyon Modeli	60

3.3.3.1. H=0.00 Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi	63
3.3.3.2. H=0.50 Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi	67
3.3.3.3. H=0.70 Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi	71
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
EKLER.....	78
KAYNAKÇA.....	86



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Tıbbi Atık İstatistikleri Miktarları	11
Tablo 1.2. Atık Madeni Yağ İstatistikleri Miktarı (Ton)	11
Tablo 1.3. Bitkisel Atık Yağ İstatistikleri Miktarı (Ton)	12
Tablo 1.4. Atık Pil ve Akümülatör İstatistikleri Miktarı (Ton).....	14
Tablo 1.5. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya İstatistikleri Miktarı (Ton).....	15
Tablo 1.6. Maden Atıkları Düzenli Depolama Sayısı	19
Tablo 1.7. Türkiye'de ambalaj atığının geri dönüşüm hedefleri (üretilenlerin yüzdesi olarak)	39
Tablo 2.1. Bulanık olmayan veriler için veri kümelerine bir örnek	50
Tablo 2.2. Literatür Tablosu.....	56
Tablo 3.1. Türkiye'deki farklı yıllarda ortaya çıkan belediye atığı miktarı ve bu miktarı etkileyen değişkenlerin çizelgesi (veri seti)	60
Tablo 3.2. H=0.00 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri.....	65
Tablo 3.3. H=0.00 için Tanaka'nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı) değerleri	66
Tablo 3.4. H=0.50 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri.....	69
Tablo 3.5. H=0.50 için Tanaka'nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı Miktarı) değerleri	70
Tablo 3.6. H=0.70 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri.....	73
Tablo 3.7. H=0.70 için Tanaka'nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı Miktarı) değerleri	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Atık Beyanında Bulunan Tesislerin Yıllara Göre Dağılımı	8
Şekil 1.2. Tehlikeli Atık Miktarının Yıllara Göre Dağılımı	8
Şekil 1.3. Atık İşleme Yöntemine Göre Tehlikeli Atık Miktarı Türkiye Geneli Dağılımı	9
Şekil 1.4. 2017 ve 2018 Yılları Toplam Atık Miktarının Atık İşleme Yöntemine Göre Dağılımı	9
Şekil 1.5. Tehlikeli Atık Beyan Sistemi Verilerine Göre Tıbbi Atıklar	10
Şekil 1.6. Pil ve akümülatör çeşitlerinin bazı kullanım yerleri.....	13
Şekil 1.7. Üzerine çarpı çekilmiş tekerlekli bidonun EC sembolü	13
Şekil 1.8. Atık Madeni Yağlar, Bitkisel Atık Yağlar, Atık Piller, Atık Akümülatör, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar, Ömrünü Tamamlamış Lastik ve Araçlar.....	17
Şekil 1.9. Türkiye'deki motorlu kara taşıtı ve otomobil sayılarının yıllar içindeki değişimi.....	18
Şekil 1.10. Yıllar itibariyle maden atıkları	19
Şekil 1.11. Yıllar İtibariyle Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı ve Geri Kazanılan Ambalaj Atığı Miktarı.....	22
Şekil 1.12. Gemi Kaynaklı Atıkların Yıllara Göre Dağılımı.....	23
Şekil 1.13. Belediye Atık Ayrıştırma Seçenekleri.....	26
Şekil 1.14. Kişi başına düşen belediye atık üretim yoğunlukları, 2013	27
Şekil 1.15. Belediye atık bertarafı ve geri kazanım payları, 2013 (Kaynak: OECD (2015)).....	28
Şekil 1.16. 2000 yılından bu yana kişi başına üretilen belediye atığı miktarındaki değişim.....	28
Şekil 1.17. 2000 yılından bu yana, kişi başına düzenli depolama atığı miktarlarındaki değişim.....	29
Şekil 1.18. OECD ve Dünya.....	30
Şekil 1.19. OECD ülkeleri malzeme verimliliği.....	31

Şekil 1.20. Belediye katı atıklarının bertarafı	32
Şekil 1.21. Geri dönüşüm ve geri kazanım oranları	33
Şekil 1.22. Türkiye’de kişi başına düşen belediye atığı miktarı (kg/sermaye).....	34
Şekil 1.23. Türkiye’de Belediye Atığında Mevcut Durum.....	35
Şekil 2.1. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu	42
Şekil 2.2. Bulanık katsayı \tilde{A} için üyelik fonksiyonu	48
Şekil 2.3. Bulanık çıktı fonksiyonu	51
Şekil 2.4. Bulanık Doğrusal Regresyon Aralığı	52
Şekil 3.1. Nüfus Artış Hızı ile Belediye Atığı Miktarı	61
Şekil 3.2. GSYİH ile Belediye Atığı Miktarı	61
Şekil 3.3. Okuryazar Oranı ile Belediye Atığı Miktarı.....	62
Şekil 3.4. $H=0.00$ seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları	65
Şekil 3.5. $H=0.50$ seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları	69
Şekil 3.6. $H=0.70$ seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları	73

EKLER LİSTESİ

EK-1 Eurostat / OECD Belediye atıklarının tanımı	78
EK-2 H=0.00 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları	80
EK-3 H=0.50 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları	82
EK-4 H=0.70 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları	84



GİRİŞ

İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı kısa ve bilinen adıyla OECD, Batılı ülkeler kuruluşları sisteminin bir parçası olarak İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa ekonomilerinin onarılması ve desteklenmesi amacıyla kurulmuştur. 1960 yılında Paris'te imzalanan Paris Anlaşması, bu kuruluşun kurucu anlaşması olarak kabul edilmektedir. OECD'nin 20 kurucu üye ülkesinden biri de Türkiye'dir. Türkiye, OECD'nin bir üyesi ve Avrupa Birliği'ne de katılmak isteyen bir ülkedir. Bu katılımın gerçekleşmesi için Türkiye, Avrupa Birliği'ne üye ülkeler gibi yeterli ve etkili bir atık yönetimi sistemi oluşturmaya ve atık konusunda yasalarını uyumlaştırmaya çalışmaktadır.

Atık yönetimi hem Türkiye'de hem de dünyada son yirmi yılda fazlasıyla önem kazanan bir konudur. Türkiye'de de bu kapsamda birçok çalışma yapılmaktadır. Bu konuda yapılan en önemli çalışma "Sıfır Atık Projesi"dir ve 11 Temmuz 2019'da Sıfır Atık Yönetmeliği yayımlanmıştır. Projenin amacı sürdürülebilir kalkınma anlayışı kapsamında sürdürülebilir ekolojik ve sosyal dengeyi yakalamaktır. Yönetmeliğe göre Türkiye'de her il kendi Sıfır Atık Yönetim Planını hazırlayacaktır. Bu sayede kullanımı tamamlanan ürün ve/veya ambalaj atıklarının hem tekrar kullanımı mümkün kılınacak hem de üretime kazandırılacaktır.

Çoğu gelişmekte olan ülkede, atık yönetimi nispeten az gelişmiştir ve atık miktarları hakkındaki veriler, bu verilerle ilgili atık yönetimi stratejileri geliştirmek için anahtar faktör olmasına rağmen çoğunlukla güvenilir ve eksiktir. Oysa geri dönüşümü sağlanan her bir ürün ülke ekonomileri için maddi birer kaynaktır. Maddi kaynaklar ekonominin fiziksel temelini oluşturur ve önemli bir gelir ve iş kaynağıdır. Avrupa Birliği ve Türkiye mevzuatı tarafından tanımlanan atıkların geri kazanımı ve güvenli bertarafında belirli hedeflere ulaşmak için, gelecekle ilgili tahminde bulunabilecek atık modelleri ve atık miktarını belirleyen kriterler son derece önemlidir.

Modern tahmin yöntemleri; uzman sistemler, bulanık sistemler, evrimsel programlama, yapay sinir ağları (YSA) ve bu araçların çeşitli kombinasyonlarını içerir. Klasik tahmin yöntemlerinden daha esnek ve daha güvenilirdir. Bulanık regresyon, açık modeli, kolay uygulaması ve iyi performansı nedeniyle ilgi görmektedir. Belediye atıklarının tahmini yapılacak yatırımların planlanması

açısından stratejik önemdedir. Belediye atık miktarını tahmin etmek için güvenilir bir aracın önemini kabul ederek, çeşitli parametreler ve bu parametreleri tahmin etmek için modeller oluşturmaya çalışılmıştır. Çeşitli çalışmalarda sosyoekonomik faktörlerle bağlantıyı belirlemek için atık miktarına ilişkin hâlihazırda ölçülmüş veriler kullanılmıştır. Belirli bir yöntemde uygun veri seti ve modellerin seçimi, şirketlerin, belediyelerin veya tüm ülkenin gelişimini belirleyen büyük zorluklardan ve önemli faktörlerden biridir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki toplam belediye atığı miktarı ile sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin varlığını göstermek ve Tanaka'nın doğrusal bulanık regresyon modelini kullanarak Türkiye'nin 2005 – 2020 yılları arasındaki belediye atığı miktarını tahmin etmeyi sağlamaktır. Çalışmayla, belediye atıklarının miktarının belli yıllar arasındaki tahmini ve hangi göstergelere bağlı olduğunu ortaya konmaya çalışılacaktır. Çok sayıda gösterge içinden daha fazla etkili olabileceği düşünülen ve verisine ulaşılabilen Türkiye'deki nüfus artış hızı, kişi başına düşen GSYİH ve okur-yazarlık oranı bağımsız değişken olarak modellemede kullanılmıştır. Tahmin edilmek istenen bağımlı değişken ise Türkiye'deki toplam belediye atığı miktarı olarak modellemede ele alınmıştır.

Çalışmada tahmin yöntemi olarak Tanaka'nın doğrusal bulanık regresyon modeli kullanılmıştır. Modelin ilk uygulaması Tanaka (1982) tarafından prefabrik evlerin fiyat mekanizmasının tahmininde kullanılmıştır. Benzer şekilde Türkçe literatürde de, Düzyurt (2008) tarafından Türkiye'de ev fiyatlarının tahmini için kullanılmış ve daha sonra model geliştirilerek birçok alanda kullanılmıştır. Bulanık regresyon modelleri, enflasyon, işsizlik oranı gibi ekonomik faktörlerin tahmini için kullanılmış olsa da atıklar kapsamında Türkiye'de bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada ise belediye atıklarının dönemsel tahminlemesi için bu model kullanılmıştır. Türkiye'de belediye atık miktarının tahminlemesinin, geri dönüştürülebilir atık miktarının belirlenmesinde, verimli kaynak ve döngüsel ekonomi oluşturulmasında, yeşil büyüme ve sürdürülebilir kalkınma sağlanmasında önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan, yapılan tahminlemeyle atık miktarları hakkındaki öngörülerin gelecekte atık geri kazanımı ve güvenli bertarafına yönelik yatırımlar ve planlamalar için ışık tutması beklenmektedir.

Bu tez 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, belediye atığı yönetimine ilişkin kavramsal çerçeve verilmiş, Türkiye ve OECD ülkelerindeki

mevcut durum sayısal veriler ve şekillerle desteklenerek ele alınmıştır. İkinci bölümde, tahmin yöntemlerinden bulanık regresyon analizi tarihsel gelişimi ve literatürdeki kullanımı ile birlikte anlatılmıştır. Son bölüm olan üçüncü bölümde ise oluşturulan bulanık regresyon modeli LINGO 11.0 paket programı ile çözdürülmüş ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

BELEDİYE ATIĞI YÖNETİMİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE, TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİNDE MEVCUT DURUM

Bu bölümde, öncelikle atık ve belediye atığı kavramı açıklanacak olup, belediye atıklarının kapsamından söz edilecektir. Sonrasında, atıkların bertaraf şekilleri anlatılacaktır. Türkiye ve OECD ülkelerinin durumu genel hatları ile tablo ve şekillerle açıklanacaktır.

1.1. ATIK KAVRAMI

İnsanlar ihtiyaçlarını karşılamak ve hayatlarını sürdürmek amacıyla birtakım kaynakları kullanmak mecburiyetindedir. Bu kullanım sonunda işe yaramayan, atılan kısım “atık” olarak adlandırılır. Benzer şekilde istenmeyen, kullanılmış ve çevre için her türlü tehdit oluşturan maddeye de “atık” denmektedir (Öktem, 2016). Ancak atıkların kapsamı ve nelerden oluştuğu ile ilgili birçok farklı görüş vardır. Uzmanlar bu konuda her zaman aynı fikirde değildir, hatta sıradan insanlar bile aynı fikirde değildir. Bu çalışmada atık, birisi tarafından atılan ve işe yaramazlığı ima eden bir şey olarak ele alınacaktır. Atıklar genellikle üretim veya tüketim süreçlerinden kalıntı olarak tasvir edilir, ancak bunun nasıl sınıflandırılacağına dair farklı görüşler olabilir (Drackner, 2005). Sağlık ve Tehlike (1992) adlı klasik çalışmasında Mary Douglas, ünlü kir kavramını “yersiz madde” olarak başlatmış; kir, atık ve çöpün dinamik kategoriler olduğu sonucuna varmıştır. Bir insanın israfı başka bir insanın geçim kaynağı olabilir ya da Strasser'ın (1999) söylediği gibi; "Çöp olarak sayılanlar kimin saydığına bağlıdır".

Oxford Sözlüğü'nde (1995: 1581) atık; “gereksiz” olarak tanımlanır; “artık bir amaca hizmet etmeyen”, “reddedilen; istenmeyen veya kullanılmayan kalıntılar veya yan ürünler”dir. Aynı sözlükte çöp (1195: 558); oldukça alakalı bir terim, "reddetmek", "pislik" veya daha belirgin olarak "evsel atık" olarak tanımlanmaktadır. Sonuç olarak, atık ne kir ne de çöp ile eşanlamlıdır, ancak bazen bu kavramlar pratik olarak aynı nesnelere tanımlamak için birleştirilmektedir. Çöp kutusu, atık ve kir, bir nesnenin kullanımı veya eksikliği ile ilgili kavramları tasvir eden öznel kategorilerdir (Drackner, 2005).

Atık, Türkiye Cumhuriyeti mevzuatında ilk olarak 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler" olarak tanımlanmıştır (Çevre Kanunu, 1983). Konunun sınırları iktisadi boyutuna artı olarak yine yasal düzenlemelerle çizilmiştir. Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015) Madde 4'e göre "Atık, üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali ifade eder". Düzenlemeler ve tanımlar çerçevesinde yapılan tasniflendirmede, atıkların bir kısmı insanların temel ihtiyaçlarının çıktısı olurken konunun önemli bir kısmını da endüstriyel atıklar oluşturmaktadır. Dolayısıyla atık, insan faaliyetlerinin tüm aşamalarında üretilir ve atığın bileşimi ve miktarları büyük ölçüde tüketime ve üretim modellerine bağlıdır.

1.2. BELEDİYE ATIĞI

Belediye atıkları; hane halklarının evsel faaliyetlerinden kaynaklanan atıkları ve küçük ticari faaliyetlerden, ofis binalarından, okul ve hükümet binaları gibi kurumlardan ve aynı tesislerde atıkları işleyen veya bertaraf eden küçük işletmeden kaynaklanan benzer atıkları içerir ve belediyeler tarafından veya belediyeler için toplanan ve işlenen atık olarak tanımlanmaktadır (OECD Indicators, 2015). Belediye atıkları; ticaret ve ticaret atığına benzer, ofis binaları, kurumlar ve küçük işletmelerden çıkan benzer atıkları, bahçe ve açık alandaki atıkları, sokak süpürmelerini, çöp konteynerlerinin içeriğini ve evsel atık olarak yönetiliyorsa piyasa temizlik atıklarını, hacimli atıklar da dâhil olmak üzere tüm evsel atıkları kapsar. Ancak bu tanım, belediye kanalizasyon şebekelerinden ve arıtmadan gelen atıkları ve inşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atıkları kapsamamaktadır. Bu gösterge bin ton ve kişi başına kilogram olarak ölçülmektedir (OECD, 2020).

Avrupa Birliği'nde atıklarla ilgili istatistiksel veriler, Atık İstatistikleri Yönetmeliği kabul edilene kadar OECD / Eurostat ortak anketi (JQ) temelinde toplanmıştır. Bununla birlikte, belediye atıkları (MW: Municipal Waste) ile ilgili veri toplama, JQ'nun bir alt kümesine dayanılarak 2004'ten sonra devam etmiştir. Belediye atıkları ile ilgili istatistikler için en kapsamlı tanım hala OECD / Eurostat ortak anketinin tanımıdır. Buna göre: "Belediye atıkları, evsel atıkları ve nitelik ve yapı bakımından evsel atıklara benzer atıkları kapsar". Bu tanım zamanla, atık istatistiği

için atık kaynağı, atık malzemeler ve atık toplayıcılar şeklinde 3 ana boyutta faaliyete geçerek gelişmiştir (Eurostat-2017, 2020).

Değişken insan faaliyetlerine sahip çeşitli kaynaklardan ve tüm dünyadaki farklı sosyoekonomik alanlardan üretilen belediye atıkları oldukça heterojendir (Miezah, Danso, Kádár, Baffoe, Mensah, 2015). Örneğin gıda atıkları, bahçe atıkları, ahşap, plastik, kağıtlar, metaller, deri, kauçuklar, atıl malzemeler, piller, boya kapları, tekstil, atıkları. Ayrıca belediye atıkları değişken, kaynağa bağımlı ve hammadde olarak kullanımını zorlaştıran fiziksel özelliklere sahiptir.

Belediye atıkları üretilen toplam atıkların sadece bir parçasıdır, ancak bunun yönetimi ve bertarafı, kamu sektöründe kirliliği azaltma ve kontrol çabaları açısından oldukça önemlidir. Belediye atıkları hakkında artan temel kaygılar, uygun olmayan atık yönetiminin insan sağlığı, toprak ve su kirliliği, hava kalitesi, iklim, arazi kullanımı ve peyzaj üzerindeki potansiyel etkisi ile ilgilidir (OECD Indicators, 2015).

1.3. BELEDİYE ATIKLARININ KAPSAMI

Belediye atığının kapsamının Avrupa sınıflandırmaları açısından nasıl ifade edilebileceği konusunda Eurostat evsel atığa benzerliğe odaklanmıştır. Buna göre belediye atıklarının kapsamı (EK-1 de liste olarak gösterilmiştir), belediyelerin veya özel aktörlerin toplamadan sorumlu olup olmadığına bakılmaksızın, evsel atıkları ve hane halkı dışındaki diğer kaynaklardan üretilen benzer atık türlerini içermektedir. Belediye atıkları ile ilgili genel hedef kökenine bakılmaksızın, ayrıştırılmamış, karışık belediye atıklarını azaltmak yönündedir. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ise belediye atıklarının kapsamını izleyen alt bölümlerde açıklandığı şekilde belirlemiştir (ÇŞB, 2020).

1.3.1. Tehlikeli Atıklar

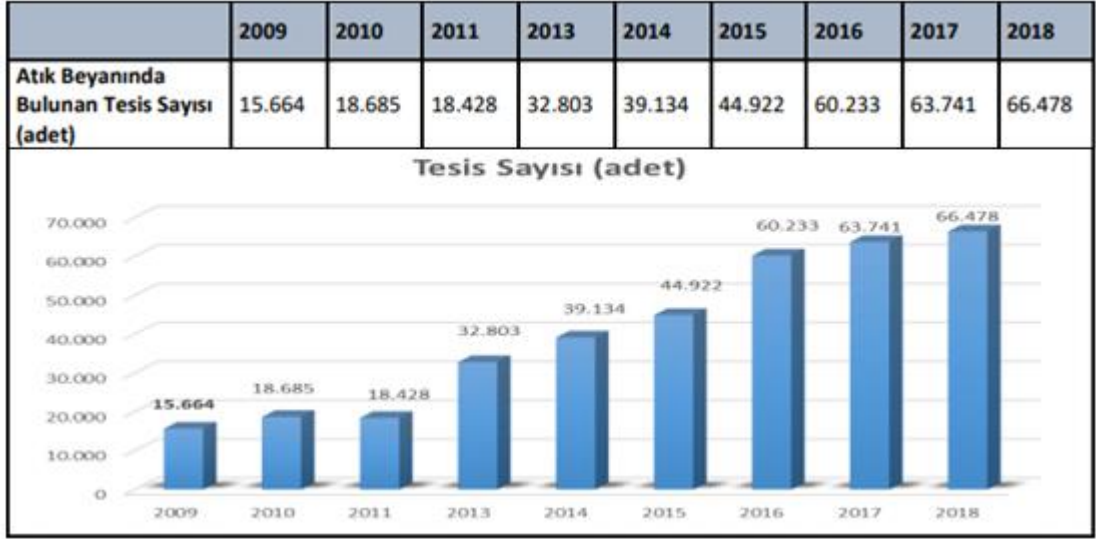
Bir atık eğer, parlayıcı ve yanıcı, korotif, reaktif ve de toksik özelliklere sahip ise bu atık tehlikeli atık sayılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994: 12). Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tehlikeli atıkları şöyle tanımlamaktadır: “Patlayıcı, parlayıcı, kendiliğinden yanmaya müsait, suyla temas halinde parlayıcı

gazlar çıkaran, oksitleyici, organik peroksit içerikli, zehirli, korozif, hava ve suyla temasında toksik gaz çıkaran, toksik ve eko-toksik özellikler taşıyan atıklar.”

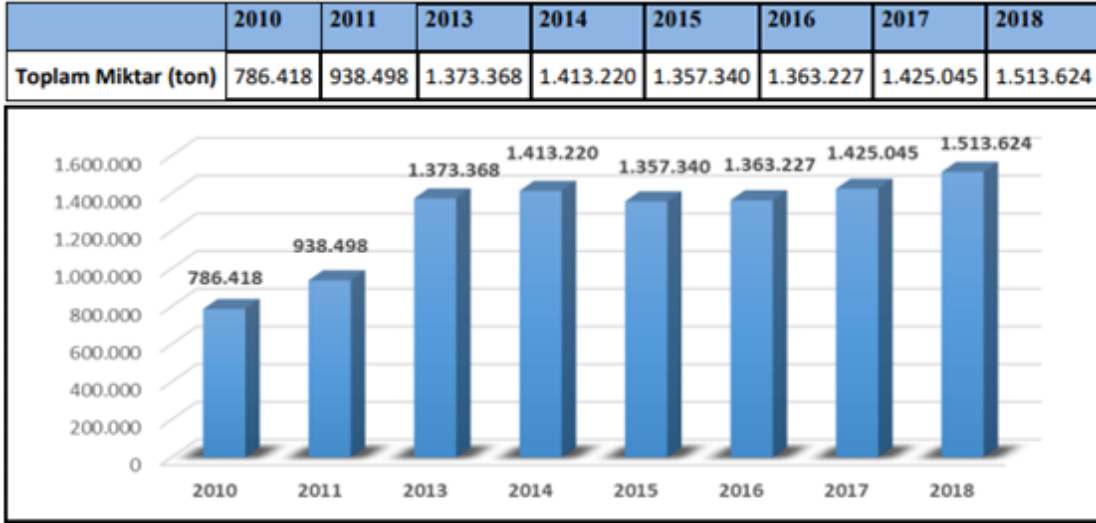
Özellikle sanayi tesislerinden kaynaklanan tehlikeli atıklar, çevresel değerler bakımından önemli bir baskı unsuru göstergesidir (ÇŞB, 2020). Bazı endüstri ve uygulama alanları ve ortaya çıkan zararlı atıklar şu şekilde sıralanmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994: 13):

- Kimya sanayi
- Metal endüstrisi
- Temizlik maddeleri ve kozmetik üretimi
- Mobilyacılık
- İnşaat endüstrisi
- Taşıt onarım ve bakım atölyeleri
- Matbaacılık endüstrisi
- Kâğıt endüstrisi
- Deri işleme atölyeleri

Atık Yönetimi Yönetmeliği dâhilinde yıllık tehlikeli atık bildirimleri atık üreticilerince, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Bilgi Sistemi adı altında bulunan Atık Yönetim Uygulaması/Tehlikeli Atık Beyan Sistemi (TABS) kullanılarak yürütülmektedir. İmalat süreçlerinde tehlikeli atık oluşturan sanayi işletmelerince kullanılan atık beyan sistemi ile Türkiye genelindeki toplam tehlikeli atık miktarları ortaya çıkarılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre 2017 sonu itibari ile 63.741 işletme Tehlikeli Atık Beyan Sistemini (TABS) kullanmıştır. Bu firmalar tarafınca bildirilen, 2017 yıl boyunca Türkiye’de oluşan tehlikeli atık miktarı toplam 1.425.045 tondur. 1.425.045 ton olarak belirlenen tehlikeli atığın, %83,6’sı geri dönüşüme yönlendirilmiş, %14,7’si bertaraf edilmiş, %1’i stoklanmış ve %0,7’si ihraç edilmiştir (ÇŞB, 2020). 2018 yılında ise ülke genelinde 66.478 işletme atık beyan formu doldurmuştur (Şekil 1.1). 2018 sonu itibariyle Türkiye genelinde tehlikeli atık miktarı toplamı 1.513.624 ton’dur (Şekil 1.2). Bu atıklara maden atıkları dâhil değildir.



Şekil 1.1. Atık Beyanında Bulunan Tesislerin Yıllara Göre Dağılımı (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020)



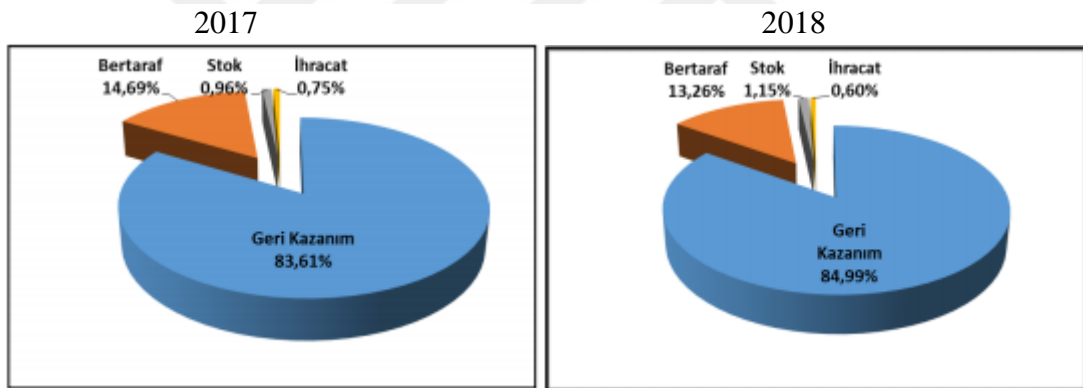
Şekil 1.2. Tehlikeli Atık Miktarının Yıllara Göre Dağılımı (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020)

2018 yılında geri kazanım için geri dönüşüm tesislerine gönderilen atık miktarı 1.286.363 ton, bertaraf edilmek amacıyla geri dönüşüm tesisine gönderilen atık miktarı ise 200.767 ton olarak belirlenmiştir. Yılsonu itibariyle işletme tesisinde stok olarak tutulan tehlikeli atık miktarı 17.434 ton, ihraç edilen tehlikeli atık miktarı ise 9.060 ton olarak belirlenmiştir (Şekil 1.3).

Yıl	Geri Kazanım	Bertaraf	Stok	İhracat	Toplam (Ton)
2014	1.033.598	314.826	58.225	6.571	1.413.220
2015	1.129.088	167.222	53.251	7.779	1.357.340
2016	1.089.809	222.263	40.933	10.222	1.363.227
2017	1.190.764	209.930	13.673	10.678	1.425.045
2018	1.286.363	200.767	17.434	9.060	1.513.624

Şekil 1.3. Atık İşleme Yöntemine Göre Tehlikeli Atık Miktarı Türkiye Geneli Dağılımı (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020)

2018 yılında bildirilen tehlikeli atığın %84,99'u geri dönüştürülmek için atık işleme tesislerine gönderilirken %13,26'sı bertaraf edilmek için sterilizasyon, düzenli depolama ve yakma tesislerine gönderilmiştir. Bununla birlikte %1,15'i stok, % 0,60'ı ise ihracat olarak kaydedilmiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. 2017 ve 2018 Yılları Toplam Atık Miktarının Atık İşleme Yöntemine Göre Dağılımı (%) (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020).

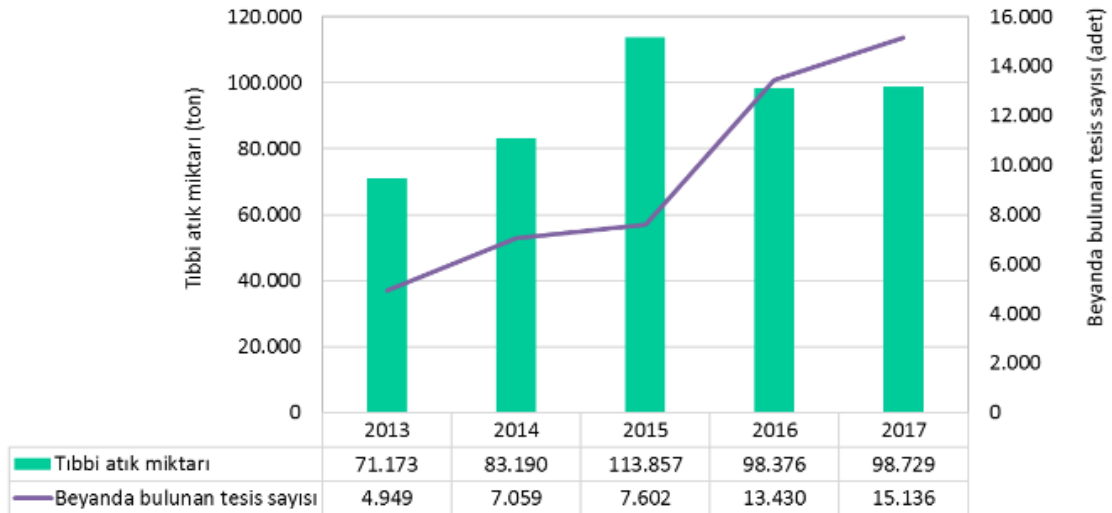
1.3.2. Tıbbi Atıklar

Sağlık kuruluşlarından toplanan enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici atıkların tamamına tıbbi atık adı verilir. Tıbbi atıkların bulaşıcı hastalık yayma durumları bulunmaktadır. Bu yüzden tehlikeli atık kapsamındadır (ÇŞB, 2020).

Türkiye’de tıbbi atık üzerine yapılan ilk çalışmalar 09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çerçeve Kanunu ve bu kanuna bağlı olarak çıkarılan 20.05.1993 tarih ve 21586 sayılı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile ortaya çıkmıştır. 22.07.2005 tarih ve 25883 sayı ile Resmi Gazete’de yayınlanan “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”

(TAKY) ile bu alanda yapılacak olan uygulamalar yeniden düzenlenmiştir. Tıbbi atıklar, sağlık kuruluşları, araştırma tesisleri ve laboratuvarlarca üretilen tüm atıkları içermektedir. Bununla birlikte, evde yerine getirilen sağlık uygulamaları (diyaliz, insülin enjeksiyonları, vb) “dağınık” veya “küçük” kaynaklardan oluşabilecek atıkları da içine almaktadır (Akbolat, Işık, Dede, Çimen, 2011).

Tehlikeli Atık Beyan Sistemine (TABS), 2017 yılında 15.136 tesis bildirimde bulunmuş, bildirilen toplam tıbbi atık miktarı 98.729 ton olarak belirlenmiştir. Bu sayı, tehlikeli atık miktarının (maden atıkları dışında) %6,9’unu oluşturmaktadır (Şekil 1.5). Türkiye’de 2008’den beri kurulan sterilizasyon tesisleriyle birlikte, tıbbi atıkların tehlikesiz hale dönüştürülme işlemi başarıyla uygulanmaktadır.



Şekil 1.5. Tehlikeli Atık Beyan Sistemi Verilerine Göre Tıbbi Atıklar (Kaynak: ÇŞB, ÇED)

2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atık Beyan Sistemine bildirilen tıbbi atık miktarları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 1.1) (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020):

Tablo 1.1. Tıbbi Atık İstatistikleri Miktarları (Ton)

Yıllar	Miktar (Ton)
	Tıbbi Atık
2013	71.173
2014	83.190
2015	113.857
2016	98.376
2017	98.729
2018	107.400

1.3.3. Atık Madeni Yağlar

Madeni yağlar; motor yağları (benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, iki zamanlı motor, hidrolik fren, antifiriz, gres ve diğer özel taşıt yağları), endüstriyel yağlar (hidrolik sistem, türbin ve kompresör, kızak, açık-kapalı dişli, sirkülasyon, metal kesme ve işleme, metal çekme, tekstil, ısı işlem, ısı transfer, izolasyon ve koruyucu, pas ve korozyon, izolasyon, trafo, kalıp, buhar silindir, pnömatik sistem koruyucu, gıda ve ilaç endüstrisi, genel amaçlı, kağıt makinesi, yatak ve diğer özel endüstriyel yağları ve endüstriyel gresleri), özel müstahzarlar (kalınlaştırıcı, koruyucu, temizleyici ve benzeri), kontamine olmuş yağ ürünleridir (Aşir, 2009).

2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atık Beyan Sistemine bildirilen atık madeni yağ miktarları aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 1.2) (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020):

Tablo 1.2. Atık Madeni Yağ İstatistikleri Miktarı (Ton)

Yıllar	Miktar (Ton)
	Madeni Yağ
2013	68.236
2014	61.335
2015	60.906
2016	68.895
2017	66.442
2018	70.130

1.3.4. Bitkisel Atık Yağlar

Rafine sanayinden çıkan ham yağdaki yağ asitlerinin bir bazla uzaklaştırılması esnasında oluşan çökeltiyi, tank dibi tortuları, yağlı toprakları, kullanılmış kızartmalık yağları, çeşitli işletmelerin yağ tutucularından çıkan yağları ve son kullanma tarihi geçmiş olan bitkisel yağlar bitkisel atık yağlar olarak sınıflandırılmaktadır (ÇŞB, 2020).

Belirli bir süre kullanılan bitkisel yağlar, fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybeder. Böylece atık yağ halini alırlar. Bu oluşmuş atık bitkisel yağlar, ekotoksit olmalarıyla birlikte içinde bulundurdukları ağır metal ve klor bileşiklerinin yakılmasıyla hava kirliliğine neden olmakta ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle, atık yağların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi ya da insanlar için zararsız bir şekilde geri dönüştürülmesi büyük önem taşımaktadır. Bitkisel atık yağların çevreyle uyumlu yönetimiyle insan ve doğanın sağlığı korunabilmektedir. Ayrıca, bitkisel atık yağların geri kazanımıyla ekonomik değer arz eden ürünler geliştirilip ve ekonomiye katkı sağlanabilmektedir (Gökalp, Özinal, Uz, 2018). 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atık Beyan Sistemine bildirilen bitkisel atık yağ miktarları Tablo 1.3'te yer almaktadır (Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020).

Tablo 1.3. Bitkisel Atık Yağ İstatistikleri Miktarı (Ton)

Yıllar	Miktar (Ton)
	Bitkisel Atık Yağ
2013	4.022
2014	7.234
2015	12.958
2016	17.070
2017	16.043
2018	13.170

1.3.5. Atık Pil ve Akümülatörler

Pil, “kimyasal reaksiyonlar sonucunda elektrik enerjisini depolayabilen + ve - uçları cihaza bağlandığında gerekli elektrik akımını sağlayan, genelde kapalı bir kap içerisine alınmış çeşitli tip ve boyutlardaki araçlar”dır. Pillere örnek olarak alkali mangan piller, çinko karbon piller, nikel kadmiyum piller gösterilebilir. Akümülatör ise “doğru akım elektrik enerjisini kimyasal enerjiye çevirip depo eden ve devrelerine

alıcılar bağlandığında bu enerjiyi tekrar elektrik enerjisine dönüştürerek alıcıları çalıştıran, elektrokimyasal statik bir elemandır.” Daha basit olarak tanımlarsak “birbirlerinden separatörlerle ayrılan, peş peşe dizilmiş pozitif ve negatif plakaların elektrolit ile reaksiyona girerek elektrik enerjisinin oluşturulduğu ve depolandığı sistemdir” (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009: 8). Pil ve akümülatörlerin kullanım alanları farklıdır ve Şekil 1.6’de verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009: 12).

TEKNOLOJİ	BAZI KULLANIM YERLERİ	TÜRÜ	EVSEL & OTOMOTİV ENDÜSTRİYEL
Alkalın ve Çinko Karbon	Radyolar, Oyuncaklar, lambalar	Taşınabilir Kuru Piller (<1 kg)	Evsel
Lityum	Fotoğraf uygulamaları, uzaktan kumanda kameralar		Evsel
Düğme Piller (Çinko Hava, Gümüş Oksit, Manganez Dioksit, Lityum)	Saatler, ısıtma cihazları, hesap makineleri		Evsel
Taşınabilir Nikel Kadmiyum	Telsiz Telefon, Acil Aydınlatma Lambaları		Evsel
Taşınabilir Nikel Metalhidrit	Telsiz ve taşınabilir telefonlar		Evsel
Lityum İyon	Cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar,		Evsel
Kurşun Asit Akümülatörleri	Otomotiv sektörü		Evsel
Bakım gerektirmeyen Kurşun Asit akümülatörleri	Alarm sistemleri, Acil Aydınlatma Cihazları, Işıldak	Otomotiv Aküleri	Evsel
		Endüstriyel	Endüstriyel
Endüstriyel Nikel Kadmiyum	Haberleşme, demiryolu		Endüstriyel
			Endüstriyel
Endüstriyel Nikel Metalhidrit	Elektrikli /Hibrit Araçlar		Evsel
			Endüstriyel

Şekil 1.6. Pil ve akümülatör çeşitlerinin bazı kullanım yerleri

Atık pil ve akümülatörlerin kontrolü ile ilgili yönetmeliklerde, pillerin çöpe atılmasının önlenmesi amacıyla, pil ve akümülatörlerin üzerinde ya da ambalajında üzerinde çarpı işareti olan bir çöp bidonu şeklinin bulunması zorunlu hale getirilmiştir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Üzerine çarpı çekilmiş tekerlekli bidonun EC sembolü

Türkiye’de kişi başına düşen pil miktarı, ithalat miktarı 9.800 ton kabul edilirse 140 gr, yani 6 adettir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009: 57). Cihazların içinde yer alan batarya ve pillerin hizmet ömrü sırasında ya da herhangi bir cihaza takılmadan muhafaza edilmeleri esnasında insan sağlığına hiçbir şekilde olumsuz etkisi bulunmamaktadır. “*Hizmet ömrünü tamamlamış veya herhangi bir şekilde hasar görenek kullanımı mümkün olmayan pillere ise atık piller denmektedir*” (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009: 59). Atık pillerin çöpler aracılığıyla toprağa karışması, akarsulara, denizlere ve kanalizasyonlara bırakılması ya da yakılmaları durumunda içinde bulundurdukları kimyasal maddeler çevrenin kirlenmesine yol açabilmektedir. Ancak, söz konusu kirlenmenin tahmin edilebileceği kadar kısa bir sürede gerçekleşmesi mümkün değildir. Gerçekleştirilen incelemelerde bu sürecin 5-15 yıl kadar olduğu doğrulanmıştır. Öte yandan, tehlikeli atıklar kapsamında olan atık piller oranının sadece %0,2 civarında olduğu Avrupa’daki birçok katı atık depolama sahasında yapılan testlerle belirlenmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009: 59).

2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atık Beyan Sistemine bildirilen atık pil ve akümülatör miktarları Tablo 1.4’te yer almaktadır (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020):

Tablo 1.4. Atık Pil ve Akümülatör İstatistikleri Miktarı (Ton)

Yıllar	Miktar (Ton)
	Atık Pil ve Akümülatörler
2013	13.488
2014	11.982
2015	17.282
2016	16.908
2017	23.684
2018	29.598

1.3.6. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar

Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar, Avrupa Birliği’nin WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment) yönergesinde “*evlerde, her türlü ticari ve endüstriyel ortamlarda kullanılan ömrünü tamamlamış elektrik ve elektronik eşyalar*” olarak tanımlanmaktadır. Bu esasa elektrik ve elektronik ürünler, endüstriyel (motorlar, transformatörler, endüstriyel makinelerin elektrikli aksamaları vb.) ve

tüketici (aydınlanma cihazları, kahverengi eşyalar, beyaz eşyalar) kullanımı olarak iki ana şekilde değerlendirilmektedir. Bununla beraber, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı elektrik ve elektronik ürünleri büyük ve küçük ev eşyaları, bilişim-telekomünikasyon ekipmanları, tüketici ekipmanları, aydınlatma ekipmanları, sabit sanayi aletleri haricindeki elektrik-elektronik aletler, tıbbi cihazlar, eğlence ve spor ekipmanları, oyuncaklar, izleme ve kontrol aletleri, otomatlar şeklinde 10 ana kategoriye ayırmaktadır (Ergülen ve Büyükkeklik, 2008):

E-atıklar özel yönetim gerektiren kurşun, nadir toprak, altın, bakır, cıva, lityum ve paladyum gibi yüksek değerli ve tehlikeli bileşenler içermektedir. Dünyada yaklaşık 45 milyon ton e-atık üretilmektedir (OECD, 2020). Bu 125.000 jumbo jeti veya 4500 Eyfel Kulesine eşdeğerdir. Bu 45 milyon tonun yaklaşık 19'u OECD ülkelerinden (% 43) gelmektedir. Kişi başına düşen e-atık miktarı ve yoğunluğu hızla artmakta ve yönetimi hakkında sorular ortaya çıkmaktadır. E-atıkların toplanması ve geri kazanımı iyileşmektedir, ancak artan elektrikli ve elektronik ekipman taleplerinin önünde yetersiz kalmaktadır. Birçok ülkede, e-atık hala resmi olmayan atık toplayıcılar tarafından düzenli olarak toplanmakta veya toplanmakta ve sökülmektedir ve yasadışı ticaret bir sorun olmaya devam etmektedir (OECD, 2020).

2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Atık Beyan Sistemine bildirilen atık elektrikli ve elektronik eşya miktarları Tablo 1.5'te yer almaktadır (Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, 2020).

Tablo 1.5. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya İstatistikleri Miktarı (Ton)

Yıllar	Miktar (Ton)
	Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya (WEEE)
2013	4.911
2014	6.817
2015	11.596
2016	23.027
2017	19.224
2018	23.365

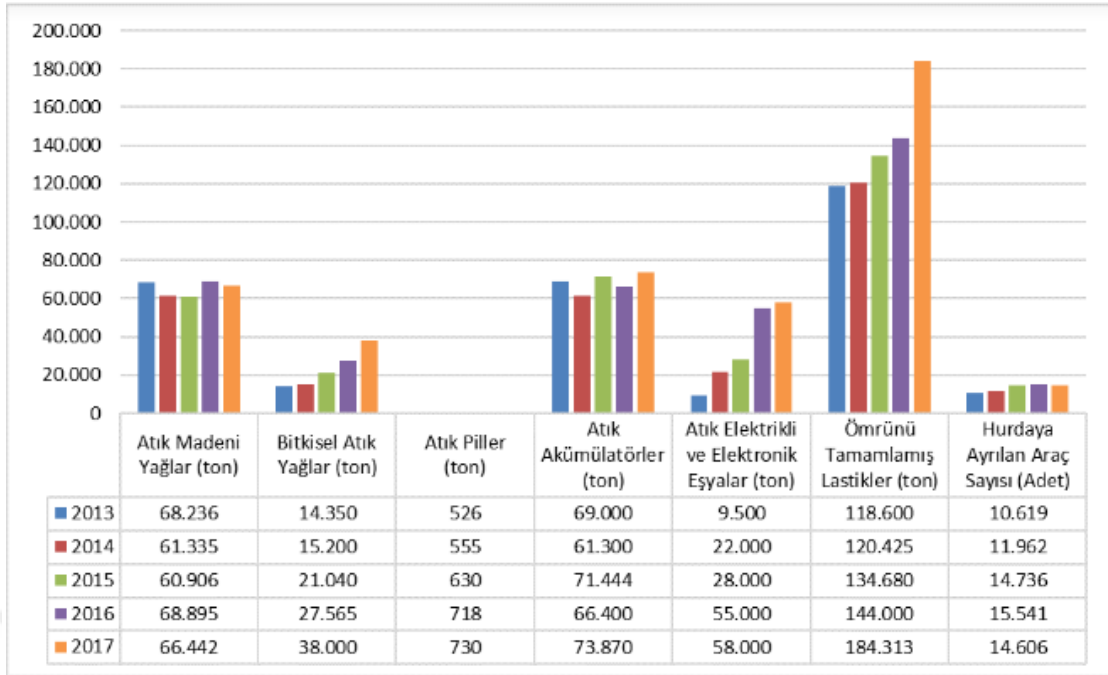
1.3.7. Ömrünü Tamamlamış Lastikler

Otomotiv sanayinde üretim artışına bağlı olarak lastik üretimi ve dolayısıyla atık lastik miktarı her geçen yıl artmaktadır. Dünyada her yıl yaklaşık 1,5 milyar

ömrünü tamamlamış lastik oluşmaktadır. Bu ömrünü tamamlamış lastiklerin ağırlığı 17 milyon tona kadar çıkmaktadır. Türkiye’de her sene ortalama 180.000-300.000 ton olmaktadır. “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği ve Uygulamaları 2018” raporuna göre, 2017 yılında toplanması gereken ömrünü tamamlamış lastik miktarı 236.660 ton, geri toplanabilen ömrünü tamamlamış lastik miktarı ise ancak 184.313 ton olmuştur. Bu sayı, Avrupa Birliği ülkelerinde 2018 yılı verilerine göre 3,2 milyon tona ulaşmıştır.

Atık lastiklerin kontrol altında tutulması, dünyada olduğu gibi Türkiye’de büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu atıkların değerlendirilerek geri kazanımının sağlanma süreçleri, kullanım alanlarına ve yapım zorluklarına göre büyük uğraşlar gerektirmekte ve farklılıklar göstermektedir. Atık lastikler farklı endüstriyel işlemlerden geçtikten sonraki geri dönüşümleri için doğrudan değerlendirme, malzeme olarak değerlendirme, termik değerlendirme ve ham maddesel değerlendirme olarak genel anlamda dört farklı yöntemden yararlanılabilmektedir. Ömrünü tamamlamış lastiklerin açık alanlarda depolanması; aynı zamanda bazı riskli durumları da oluşturmaktadır. Dünyadaki örnekler ele alındığında; kemirgen ve haşerelerin üremesi için uygun ortam oluşturmaktadır. Diğer yandan bu lastiklerin boşluklu yapıda olmasından dolayı önüne geçilemeyen yangınlara sebebiyet vermektedir. Yangınlar sırasında çevreye yayılan zehirli gazlar hava kirliliğine neden olmaktadır. Hava şartları nedeniyle içlerinde biriken su sivrisinek üremesi için uygun ortam oluşturmakta dolayısıyla toplum sağlığını tehdit etmektedir (Eryılmaz ve Demirarslan, 2019).

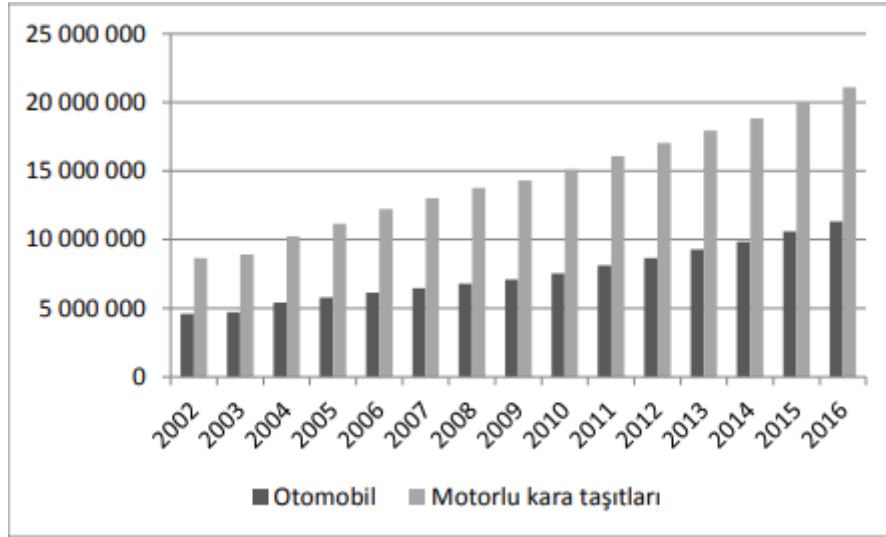
2013-2017 yılları arasında toplanan atık madeni yağ, bitkisel atık yağ, atık pil ve akümülatör, atık elektrikli ve elektronik eşya, ömrünü tamamlamış lastik miktarı ile hurdaya ayrılan araç sayıları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ve ÇED verilerine göre Şekil 1.8’de verilmiştir.



Şekil 1.8. Atık Madeni Yağlar, Bitkisel Atık Yağlar, Atık Piller, Atık Akümülatör, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar, Ömrünü Tamamlamış Lastik ve Araçlar

1.3.8. Ömrünü Tamamlamış Araçlar

Hem dünyada hem Türkiye’de otomobil ve motorlu kara taşıtları sayısı her yıl katlanarak artmaktadır (Şekil 1.9). Türkiye’de 2020 yılı itibariyle 1000 kişiye 236 tane araç düşmesi beklenmektedir. Hızla artan araç miktarının bilhassa nüfus yoğunluğu yüksek şehirlerde meydana getireceği trafik problemleriyle birlikte, ömrünü tamamlamış araç sayısını ve bununla beraber de çevreye verilen zararlar da artırmaktadır. Birçok ülkede artan ömrünü tamamlamış araçlarla baş edebilmek ve uygun şekilde geri dönüşümü ve bertarafını kontrol edebilmek için yönetmelikler çıkarılmıştır. Yönetmeliklerin asıl hedefleri, yeniden kullanım, geri kazanım ve geri dönüşüm oranlarını artırmak ve ömrünü tamamlamış atıklardan kaynaklanan atık miktarını minimum düzeye indirmektedir. Ömrünü tamamlamış araçların geri kazanımı ile ilgili AB yönetmeliği ve ülkemizdeki yönetmelikler benzer amaçla çıkarılmıştır ve işletmecilere aynı sorumlulukları yüklemektedir. Yönetmeliklerdeki temel fark, %95 geri dönüşüm ve yeniden kullanım amacı AB’de 2015 yılı itibariyle mecbur tutulurken, Türkiye’de 2020 yılı itibariyle mecburi tutulacak olmasıdır (Demirel, 2017).



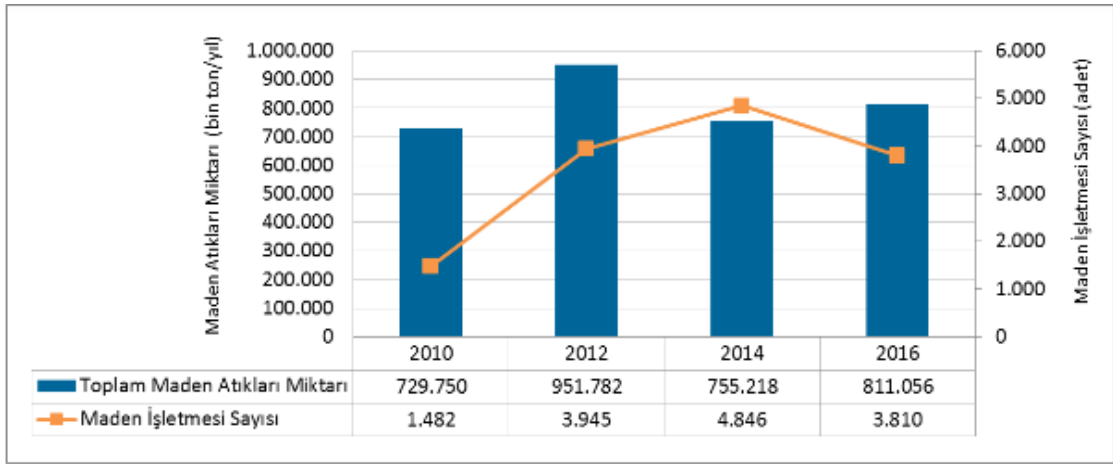
Şekil 1.9. Türkiye’deki motorlu kara taşıtı ve otomobil sayılarının yıllar içindeki değişimi

1.3.9. Maden Atıkları

Tüm endüstriyel çalışmalarında olduğu gibi madenlerin işlenmesiyle de atık oluşmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın tanımlamasına göre maden atıkları *“kömür ve linyit çıkarılması, metal cevheri madenciliği, madencilik ve taş ocakçılığını destekleyici diğer faaliyetler sektöründeki tüm maden işletmeleri ile diğer madencilik ve taş ocakçılığı sektöründe 10 ve daha fazla kişi çalışan tüm maden işletmelerinde gerçekleştirilen, anket sonuçlarına göre belirlenen atıkları ifade eder.”* Maden atıkları “tehlikeli”, “tehlikesiz” ve “inert” atıklar olarak üzere üç grupta toplanmaktadır (Maden Atıkları Yönetmeliği, Madde 9).

Maden atıkları uygunsuz bir şekilde çevreye atıldıklarında insan ve çevre sağlığı için tehdit meydana getirebilir. Avrupa Birliği’nde madencilik faaliyetleri sonucunda meydana gelen atık miktarı, Avrupa’da meydana gelen atık miktarının %29’unu oluşturmaktadır. Başka bir tabirle oluşan maden atıkları yıllık 400 milyon tonu aşmaktadır. Avrupa’da özellikle 2000’li yıllara yaklaşırken maden atıklarının depolandığı havuzlarda ortaya çıkan kazaların endişe verici çevresel problemler yaratması bu mevzu üzerindeki çalışmaları artırmıştır. AB’de olduğu gibi Türkiye’de de maden atıklarının yönetilmesinde kritik sıkıntılar bulunmaktadır (Çetiner, Ünver, Hindistan, 2006).

TUİK verileri göz önüne alındığında maden işletmelerinde 2016'da 811 milyon ton atık meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 1.10). Maden atıklarının %99,9'unu mineral atıklar teşkil etmektedir. Mineral atıkların ise %99'unu dekapaj malzemesi/pasa oluşturmaktadır. 2016 yılında, toplam maden atıklarının geri kazanım ve bertaraf tekniği dağılımları göz önüne alındığında; %70,4'ü pasa sahalarında veya düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmiştir. %15,9'u ocak içine tekrar konulmuştur. %13'ü maden sahalarının doğaya tekrar kazandırılması için kullanılmıştır. %0,7'si ise geri dönüştürülmüş veya bertaraf edilmiştir. Ayrıca maden atıkları düzenli depolama sayısı ihtiyaç dolayısıyla her yıl artmaktadır (Tablo 1.6).



Şekil 1.10. Yıllar itibariyle maden atıkları (Kaynak: ÇŞB)

Tablo 1.6. Maden Atıkları Düzenli Depolama Sayısı

Yıllar	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Maden Atıkları Düzenli Depolama Tesisi Sayısı	6	17	25	32	34	36

1.3.10. Ambalaj Atıkları

Ambalaj ürünleri dış etmenlerden koruyan, taşınmasını ve depolanmasını temin eden ciddi bir gereksinimdir. Ambalajlar cam ambalajlar, kâğıt ambalajlar, plastik ambalajlar, metal ambalajlar olarak sınıflandırılır. İnsanlık tarihi boyunca

bilinen ilk ambalajlar, camdan üretilen şişelerdir. Camdan üretilen bu şişeler, kimi zaman şarap taşımak için kimi zaman da parfüm depolamak için kullanılmıştır. Cam ambalajlardan sonra ambalaj sektörü, matbaanın da gelişmesiyle birlikte kâğıt, karton ve metal ile tanışmıştır. Cam ambalajın temel maddesi kumdur. Hammaddelerinin %100 doğal olması, çevre dostu olması, sınırsız geri dönüşümü olması, sağlıklı olması, içindeki ürünle kimyasal tepkimeye girmemesi, yüksek ısı ve basınca karşı mukavemetinin olması, raf ömrünün uzun olması en önemli avantajlarıdır (Dabak, 2009).

Kâğıt ambalajlar eski çağlardan beri en fazla kullanılan ambalaj türü olmuştur. Kâğıt ve türevi (oluklu mukavva, karton) ambalajlar odun, bitki ve kullanılmış kâğıt gibi hammaddelerin birçok işlemde geçirilmesiyle meydana gelir. Oluklu mukavva ve karton ambalajlar sağlıklıdır, doğaya zarar vermez, ürünün doğal yapısını bozmadan ve tahrip etmeden taşınma ve depolama kolaylığı sağlar ve en önemlisi de %100 geri dönüşüme müsaittir (Dabak, 2009).

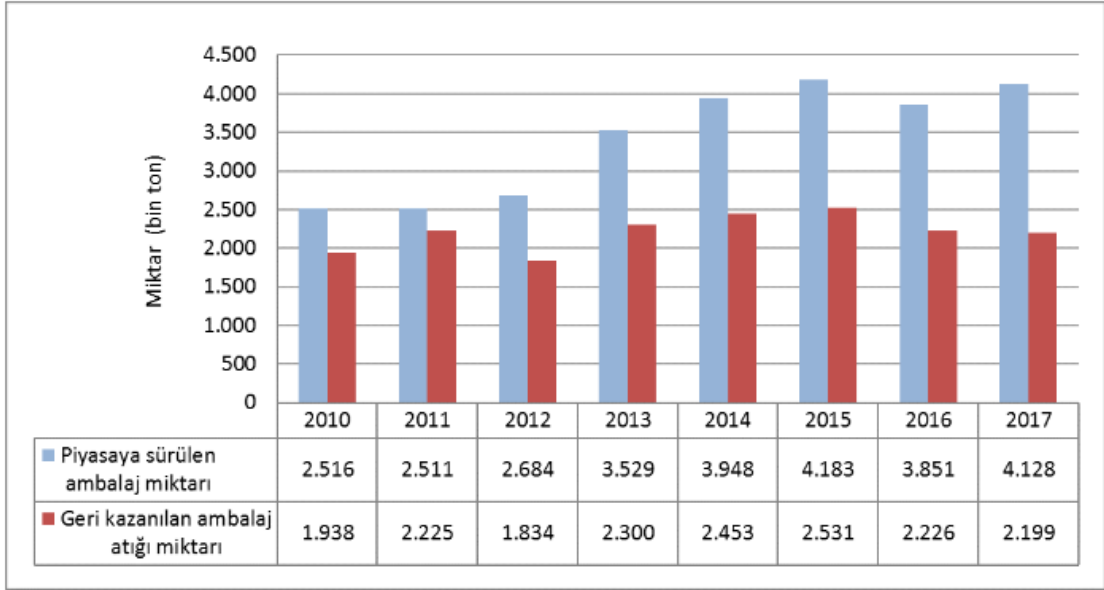
Bir diğer ambalaj malzemesi de özellikle imalat sanayinde kullanımı olan metallerdir. Metal ambalajların gazı, nem ve ışığı geçirmeme, içerdiği ürünün raf ömrünü uzatma, yüksek sıcaklara dayanma, ürünü çabuk soğutma ve de kolay şekillendirilme gibi özellikleri bulunmaktadır.

1920 yılında naylon, 1927 yılında plastik kavramı ortaya çıkmıştır. Plastik ambalajlar ağırlığının az olması ve ekonomik olmaları nedeniyle çok tercih edilirler. Kullanımları 1950'lerden beri hızla büyümektedir. Plastikler fosil yakıtlardan üretilen kimyasallardan üretilir ve bu nedenle üretimi, kullanımı ve bertarafı karbon ve kirletici emisyonlardan toprak, tatlı su ve okyanuslara sızıntıya kadar birçok çevresel sonuca yol açar. Bu sonuçlar plastiğin türüne ve plastik atıkların uygun şekilde yönetilip yönetilmediğine bağlıdır. Plastik atıklar geri dönüştürülebilirler, ancak genellikle yanlış yönetildiklerinden kimyasal özellikleri nedeniyle endişe uyandırmaktadır. Plastikler dayanıklıdır, bozulmaya karşı dayanıklıdır ve yüzyıllarca çevrede kalabilir. Genellikle çevre ve sağlık riskleri içeren kimyasal katkıları içerirler ve genellikle yiyecek artıkları, kâğıt ve diğer malzemelerle birlikte gelirler.

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 300 milyon ton plastik atık üretilmektedir. Her yıl okyanusta 8 milyon tondan fazla plastik ortaya çıkmaktadır. Tüm deniz çöplerinin % 80'i plastiktir. Mevcut eğilimler devam ederse, 2050 yılına kadar

okyanusta balıktan daha fazla plastik olabileceği tahmin edilmektedir. Plastikler deniz ekosistemlerini tehdit etmektedir. Plastikler okyanus akıntıları ile binlerce kilometre seyahat edebilir ve uzak adalar, kutuplar ve derin denizler dâhil dünyanın herhangi bir yerinde bulunabilir. Tek kullanımlık ürünler veya tek kullanımlık plastikler, genellikle mikro plastik içerdikleri veya mikro plastiklere ayrıldıkları için özel bir endişe kaynağıdır. Küçük enkazlar, hayvanlar onları yiyeceklerle karıştırdıklarından ve bileşenlerinin bazılarının insan sağlığı için risklerle gıda zincirinde yukarı hareket etmelerine izin verdiği için özellikle zararlıdır. Araştırmalar 800'den fazla deniz ve kıyı türünün yutma, dolaşma, hayalet balıkçılığı veya rafting yoluyla dağılmasından etkilendiğini göstermektedir. Plastiklerin çevresel etkilerine yönelik önlemler arasında atık önleme, malzeme ikamesi, daha etkili atık yönetimi, geliştirilmiş plastik tasarımı ve mikro plastikleri ortadan kaldıran daha gelişmiş atık su arıtma yer almaktadır. Plastik atıklarla ilgili OECD'nin ve AB'nin önemli çalışmaları vardır. OECD, plastik değer zincirinin tüm aşamalarını kapsayacak şekilde politika araçları üretmeye çalışmakta; geri dönüştürülmüş plastikler için daha iyi işleyen pazarların daha yüksek toplama ve geri dönüşüm oranlarını nasıl teşvik edebileceğini ve tek kullanımlık plastik atıkların önlenmesine yönelik etkili politikaların çevresel, ekonomik ve davranışsal açıdan ne kadar etkili olduğunu araştırmaktadır (OECD, 2020).

Genel itibari ile atıkların hacimce %50'sini, ağırlıkça %30'unu ambalaj atıkları oluşturmaktadır (OECD, 2020). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yaptığı tanıma göre ambalaj atığı: *“Üretim artıkları hariç ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünü sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dâhil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalajlarının atıklarının miktarlarını ve geri kazanımına ilişkin bilgileri içerir.”* Ambalaj Atıkları Kontrolü (AAK) Yönetmeliği'nde “kirleten öder prensibine göre, ambalaj atıklarının toplama maliyetlerini karşılama sorumluluğu ürünlerini ambalajlı olarak piyasaya süren işletmelere verilmiş olup, bu işletmelerin kayıt altına alınması büyük önem taşır” ifadesi bulunmaktadır. Ayrıca, günümüzde piyasaya sürülen ambalaj miktarı kullanımı arttıkça geri kazanılan ambalaj atığı miktarı da artmıştır (Şekil 1.11).



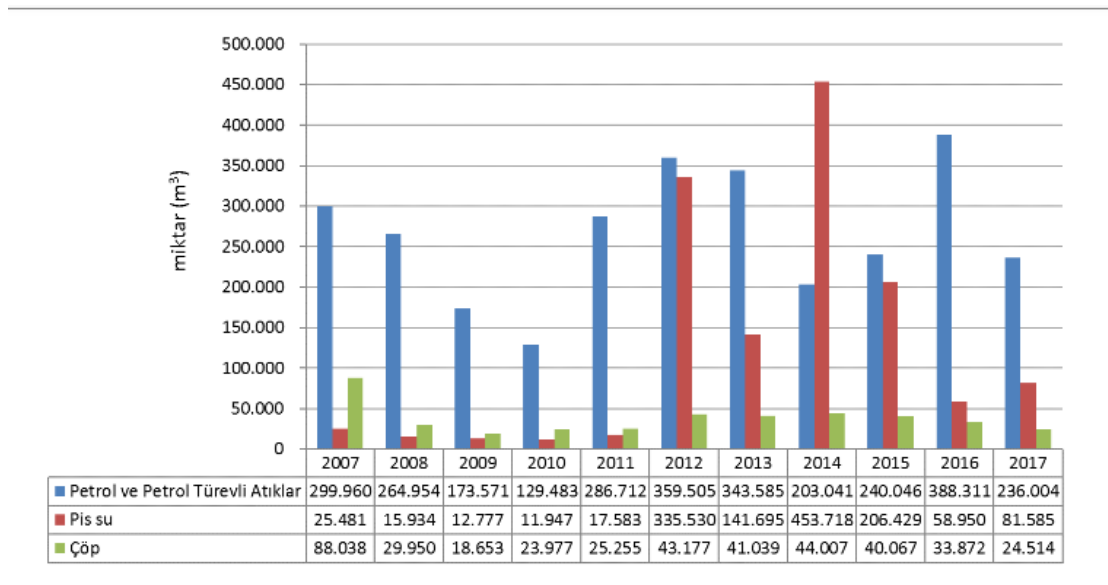
Atık Kodu	Cinsi	Üretilen Ambalaj (ton)				Kapsamında Piyasaya Sürülen (ton)	Kapsamında Temin Edilen (ton)
			Piyasaya Sürülen (ton)	Geri Kazanılan (ton)	Gerçekleşen Geri Kazanım Oranı (%)		
15.01.02	PLASTİK	3.150.000	915.301	497.089	54	87.742	19.998
15.01.04	METAL	373.682	142.482	81.146	57	71.696	5.332
15.01.05	KOMPOZİT	300.519	96.385	55.410	57	6.781	102
15.01.01	KAĞIT KARTON	2.757.848	1.604.823	1.258.128	78	19.853	9.707
15.01.07	CAM	1.331.265	845.615	193.563	23	37.264	103.471
15.01.03	AHŞAP	719.741	523.261	113.509	22	5.187	38.517
	TOPLAM	8.633.055	4.127.867	2.198.845	53	228.523	177.127

Şekil 1.11. Yıllar İtibariyle Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı ve Geri Kazanılan Ambalaj Atığı Miktarı

1.3.11. Gemilerden Kaynaklanan Atıklar

Dünyada deniz ticaret kapasitesi gün geçtikçe artış göstermektedir. Artan bu ticaret kapasiteyle, var olan deniz kirliliğinin %12'sini meydana getiren gemi kaynaklı deniz kirliliğinin yükselmesinin önlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda gemilerin her türlü ihtiyaçlarının karşılandığı, güvenli alan olan limanlara fazlasıyla görevler düşmektedir. Deniz kirliliğinin birçok sebebi bulunmaktadır (Keskin, 2006).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tanımına göre gemilerin ürettiği atıklar; “bir geminin normal faaliyetleri sırasında üretilen ve Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşmeye (MARPOL) göre petrol, petrol türevli atıklar, zehirli sıvı madde atıkları ve çöp kapsamına giren atıkları ifade etmektedir.” Türkiye'nin taraf olduğu MARPOL Sözleşmesi ve milli yasalar doğrultusunda deniz yetki bölgelerinde var olan gemilerin ürettikleri atıklarla yük artıklarının denize atılmasının önlenmesi ve deniz muhitinin korunması için atık kabul tesisleri yapılmış ve işletilmektedir. Türkiye’de gemi atıklarının kabul edilmesi hizmeti veren işletme sayısı 277 olmuştur. Türkiye’de gemi kaynaklı atıkların sebepleri yıllar içinde değişiklik göstermektedir (Şekil 1.12). Liman atık kabul tesislerinde bir araya getirilen atıklar, çeşitleri dikkate alınarak yasalar kapsamında geri dönüşüme yollanmaktadır. Bu sayede, deniz trafiği sebebiyle denizde meydana gelen gemilerden kaynaklı kirlilik düşürülmektedir (ÇŞB, 2020).



Şekil 1.12. Gemi Kaynaklı Atıkların Yıllara Göre Dağılımı

1.4. BELEDİYE ATIK BERTARAFININ KAPSAMI

Atık yönetiminin artan karmaşıklığı özellikle belediye atık bertarafı hakkındaki uygulamaları etkilemektedir. Bildirilen, geri dönüştürülen belediye atık miktarları Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporunun geri dönüşüm tanımına uygun olması gerektiğinden, bunların nasıl rapor edileceğine dair çeşitli hükümler

bulunmaktadır. Stratejik çevresel değerlendirme, plan veya programın onaylanmasından önce çevresel değerlerin plan ve programa entegre edilmesini sağlamak, plan veya programın olası çevresel etkilerini en aza indirerek karar vericilere yardım etmek amacıyla katılımcı bir yaklaşımla sürdürülen ve yazılı bir raporu da içeren çevresel çalışmalara denmektedir. Bu çalışmalar halkın ve bakanlığın görüşleri temel alınarak hazırlanmaktadır.

Belediye atıkları bertaraf işlemleri düzenli depolama, kompostlama / parçalama, geri dönüşüm ve yakma (ayrı ayrı enerji geri kazanımı olsun veya olmasın) kategorilerine ayrılır.

Düzenli depolama atıkların toprağın altına düzenli bir biçimde gömülmesi olarak ifade edilebilir. Ekonomik olarak maliyetinin az olmasından dolayı çoğu zaman tercih edilen bir yöntemdir. Düzenli depolama sahaları oluşturularak düzensiz depolamanın yarattığı zararlı etkiler azaltılarak kontrollü olarak atık bertarafı sağlanabilmektedir. Düzenli depolama sahalarının oluşturulmasındaki amaç, yeraltı ve yerüstündeki suların niteliğinin bozulmamasıdır. Ayrıca, depo sahasının kullanımı sona erdikten sonra sahanın tekrar değerlendirilebilir. Atık bertarafında hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın yine de depolamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Düzenli depolama işlemindeki en büyük problem çöp sızıntı sıvısıdır. Depolama alanının tabanına arıtma işlemi uygulamak bir çözüm yoludur fakat maliyeti artıran da bir unsurdur (Saraç, 2015).

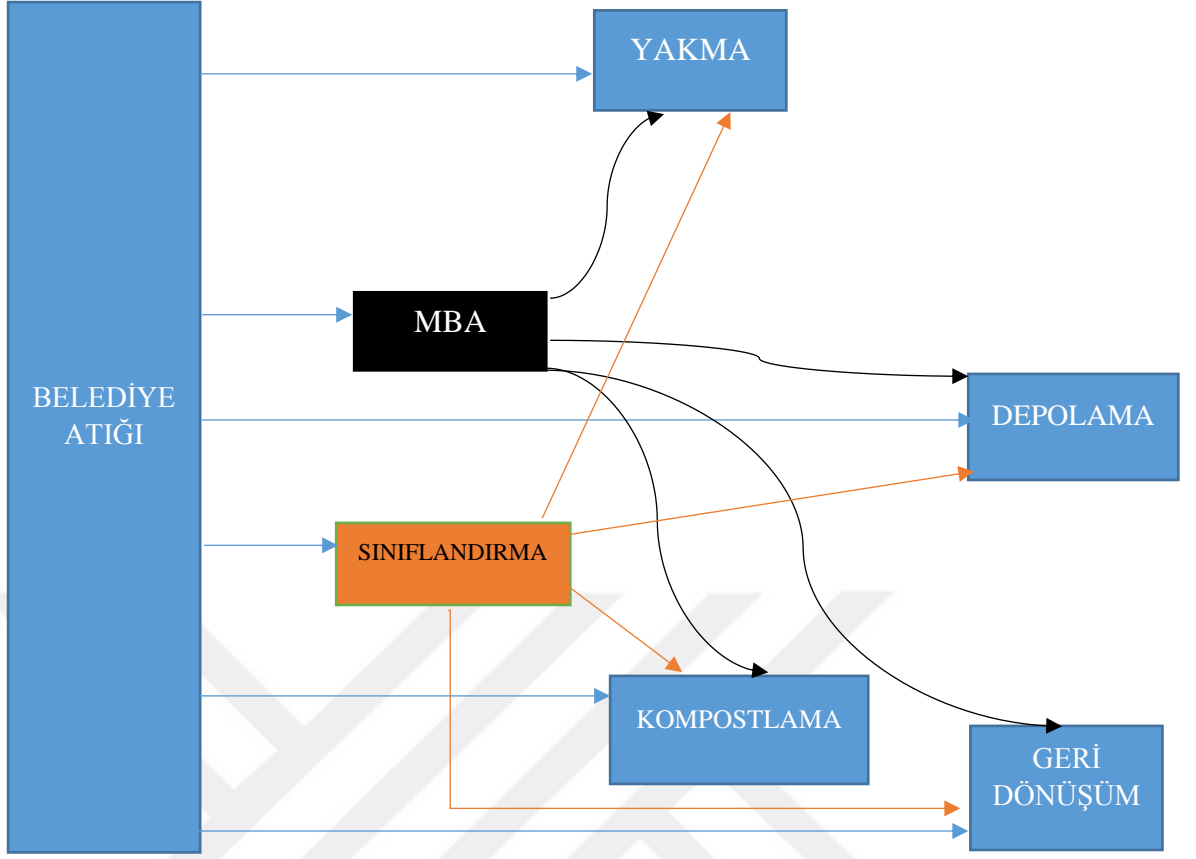
Kompostlama, katı haldeki atıkların organik bölümlerinin (sebze, meyve, yemek artıkları, selüloz, bahçe atıkları) stabilize edilmiş mineralize olmuş humusa benzer yapıdaki maddeye dönüştürülme işlemidir (Saraç, 2015). Bu maddeye de kompost denilmektedir. Doğada kendi haline bırakılan organik maddeler, kendi kendine kompost haline dönüşebilir ve bu da doğal bir işlemdir. Organik temelli belediye atıkları komposta dönüştürülerek toprağı ıslah edici olarak orman ve tarım alanlarının iyileştirilmesi amacıyla kullanılır.

Yakma yöntemi atıkları sağlıklı bir şekilde zararsız duruma getirmek, hacimlerini küçültmek ve eğer ekonomikse onlardan enerji üreten bir yöntemdir. Bu yöntemde atığın yanıcı madde içeriğinin fazla olması etkili bir sonuç alabilmek adına önemlidir. Bu yöntemi kullanırken meydana gelen zehirli gazlar ve yakma işleminden

sonraki meydana gelen yüksek tehlikeli atıkların depolanması ciddi problemler ortaya çıkarmaktadır (Çetin, 2019).

Geri dönüşüm, atıkların fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilmesinden sonra ikinci bir hammadde olarak üretim sürecine yollanmasına denmektedir (Çetin, 2019). Hammaddelerden kullanılmamış parçalar oluşturulacaksa, işlenmiş bu parçaları ve onu meydana getiren parçaları yeni bir ürün haline getirmektir. Bu üretim biçimi ürünün maliyetini düşürmektedir ve ekonomik olarak sağlanan karın yanında çevreye de pozitif etkileri olmaktadır. Ayrıca geri dönüşüm, küresel iklim farklılaşmasını yavaşlatmakta, enerji artırımını sağlamakta, doğa kirliliğini azaltmakta, biyoçeşitlilik üstündeki baskıyı indirmektedir. Hem de dünyadaki kıt kaynaklar korunmaktadır. Örneğin, 1 ton kağıttan geri dönüşümlü bir malzeme üretildiğini varsayarsak bu durumda 17 ağacın kesilmesi önlenmiş, 3 depo merkezi doluluğu azaltılmış, saatte 4.200 kw'lık enerji artırımını sağlanmış olup ve 26.000 litrelik su tasarrufu sağlanmış olmaktadır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Aşağıdaki belediye atık bertaraf işlemleri akış şeması gösterilmiştir (Şekil 1.13). Ön-ayırıştırma operasyonları MBA (mekanik-biyolojik ayırıştırma) ya da sınıflandırma meydana geldiğinde, çıktıları aşağıdaki dört ayırıştırma operasyonundan birine tahsis edilmelidir. Bu çıktıların miktarları tahmin ve / veya modellemeye dayalı olabilir, ancak ön ayırıştırmadan kaynaklanan proses ve su kayıplarını içermez, sadece gerçekte yönetilen ikincil atıkları içermelidir. Ön ayırıştırmadan elde edilen ikincil atık miktarları, raporlanacak ve operasyonların genel girdisinde belediye atık girdisine geri bağlanacaktır. Dört ayırıştırma işlemi için yakma, depolama, geri dönüşüm ve kompostlama, doğrudan ve dolaylı girdiler dikkate alınmaktadır. Uygulamada tesisler, geri kazanım veya kompostlama tesisleri olarak sınıflandırılabilir, ancak bunlar, malzeme geri kazanımı için uygun olmayan önemli miktarlarda tortu oluşturabilen büyük bir tasnif / eleme aşamasını oluşturur veya içerir. Ayrıca, geri dönüşüm için sıralama, bazı ülkelerde, düzenli depolama sahalarında veya kompostlama tesislerinde gerçekleştirilmektedir, bu da, geri dönüşüm için olanlar hafife alınırken bu işlemlere tabi tutulan fazla miktarlara neden olmaktadır (Eurostat-2017, 2020).



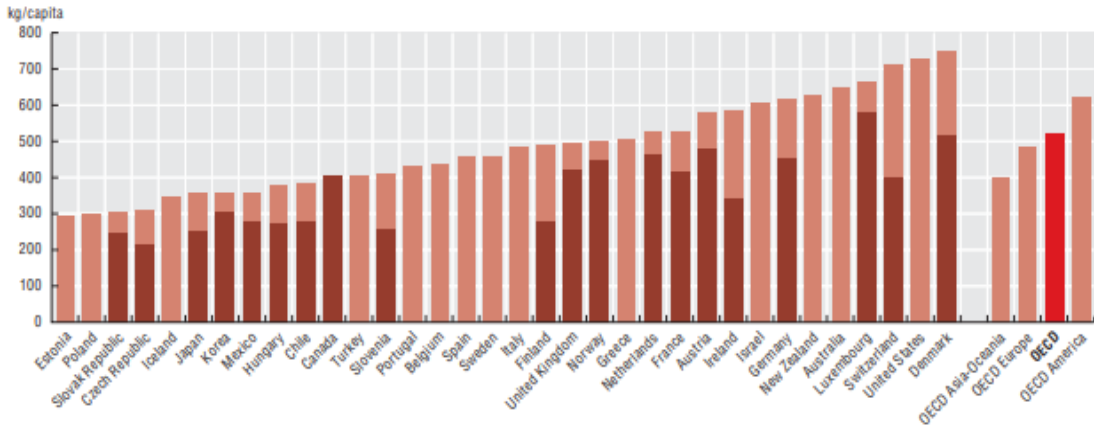
Şekil 1.13. Belediye Atık Ayırıştırma Seçenekleri

1.5. OECD ÜLKELERİNDE BELEDİYE ATIKLARININ DURUMU

1990'lı yıllarda OECD ülkelerinde üretilen belediye atıkları %19 oranında çoğunlukla özel tüketim harcamaları (+ % 33) ve GSYİH (+ % 31) doğrultusunda artmıştır. 2000'li yılların başından itibaren bu artış yavaşlamaktadır (+ % 2 olarak). Bugün üretilen belediye atık miktarı tahmini 650 milyon tonu aşmaktadır. OECD bölgesinde yaşayan bir kişi yılda ortalama 520 kg atık üretir; bu 1990'dan 20 kg daha fazla, ancak 2000'den 30 kg daha azdır (Şekil 1.14). (OECD Indicators, 2015).

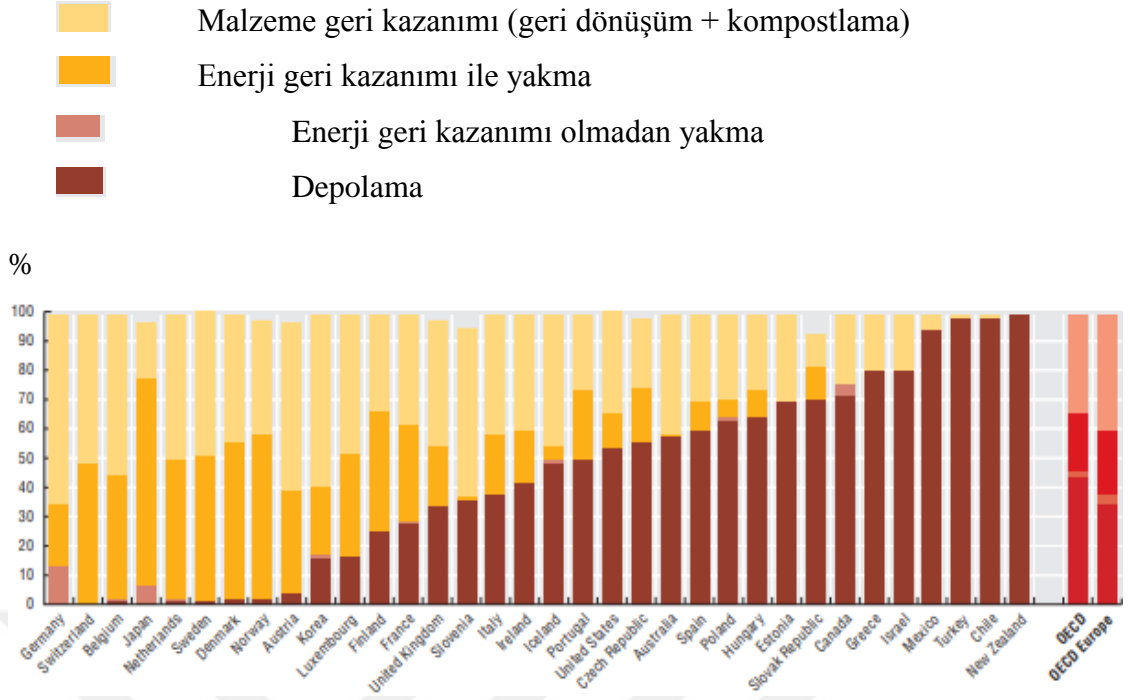
Belediye atığının miktarı ve bileşimi OECD ülkeleri arasında tüketim seviyeleri ve kalıpları, kentleşme oranı, yaşam tarzları ve ulusal atık yönetimi uygulamalarıyla ilişkili olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Avrupalılar ortalama olarak Amerika'da yaşayan insanlardan yaklaşık 130 kg daha az, ancak OECD Asya-Okyanusya bölgesinde yaşayan insanlardan 80 kg daha fazla üretmektedir.

- Kişi başına düşen belediye atıkları
- Evsel atıklar



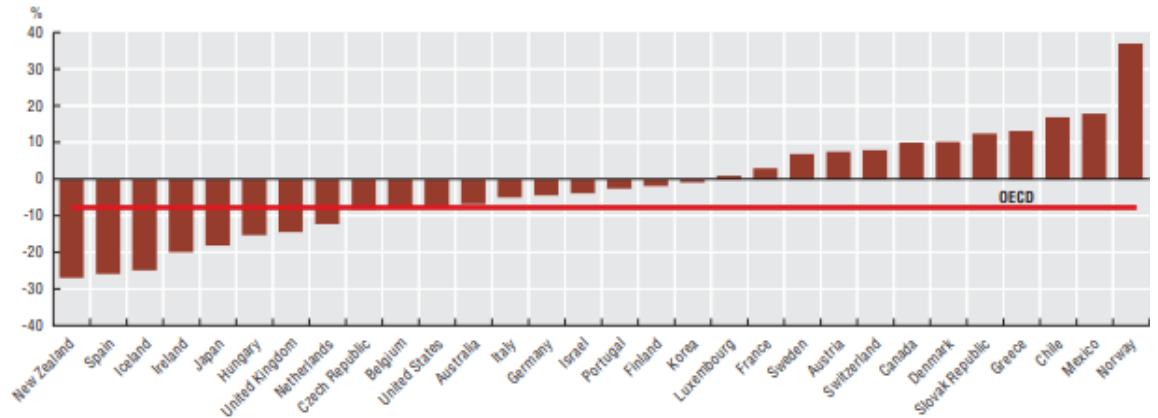
Şekil 1.14. Kişi başına düşen belediye atık üretim yoğunlukları, 2013 (Kaynak: OECD (2015), “Municipal Waste”, OECD Environment Statistics database)

Son yirmi yılda, OECD ülkeleri belediye katı atık üretimini engellemek için önemli çaba sarf etmiştir. Atık ve çöp yakma tesislerinden giderek daha fazla atık ayrılmakta ve geri dönüşüm yoluyla ekonomiye geri beslenmektedir. Mekanik ve biyolojik ön arıtma, geri kazanım oranlarını ve yakma verimliliğini arttırmak ve düzenli depolama alanlarını azaltmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Şekil 1.15). Üreticiler, satış noktasından sonra ürünleri için sorumluluk kabul etmeye giderek daha fazla teşvik edilmektedir. Avrupa atıklarının düzenli depolanması yasaklanmıştır. Bununla birlikte, düzenli depolama birçok OECD ülkesinde en önemli bertaraf yöntemi olmaya devam etmektedir (OECD Indicators, 2015).



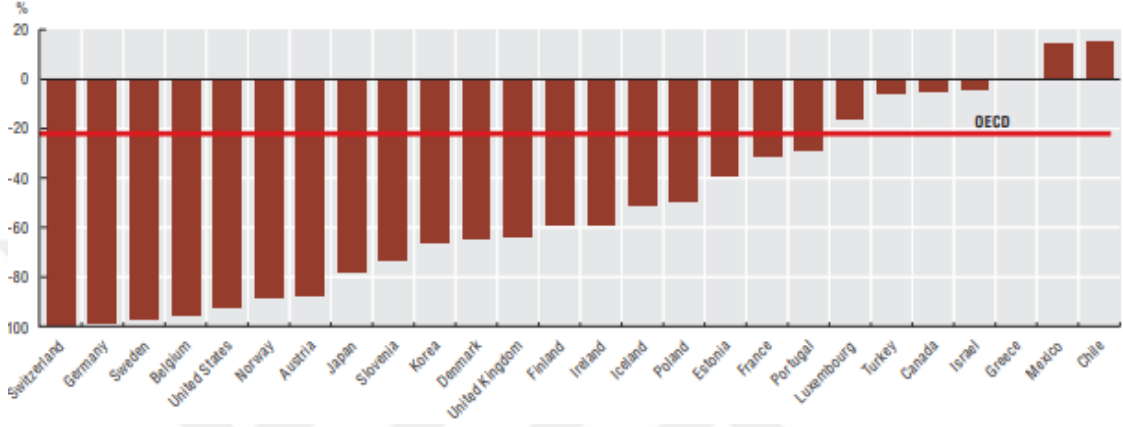
Şekil 1.15. Belediye atık bertarafı ve geri kazanım payları, 2013 (Kaynak: OECD (2015), “Municipal Waste”, OECD Environment Statistics database)

Üretilen atık miktarları OECD ülkelerinin çoğunda artmaya devam etmektedir (Şekil 1.16); sadece birkaçı ürettikleri atığı ekonomik büyümeden ayırmayı başarmıştır. Gelişmeler 2000’li yıllarda büyüme hızı yavaşlayan belediye atıkları için daha olumludur.



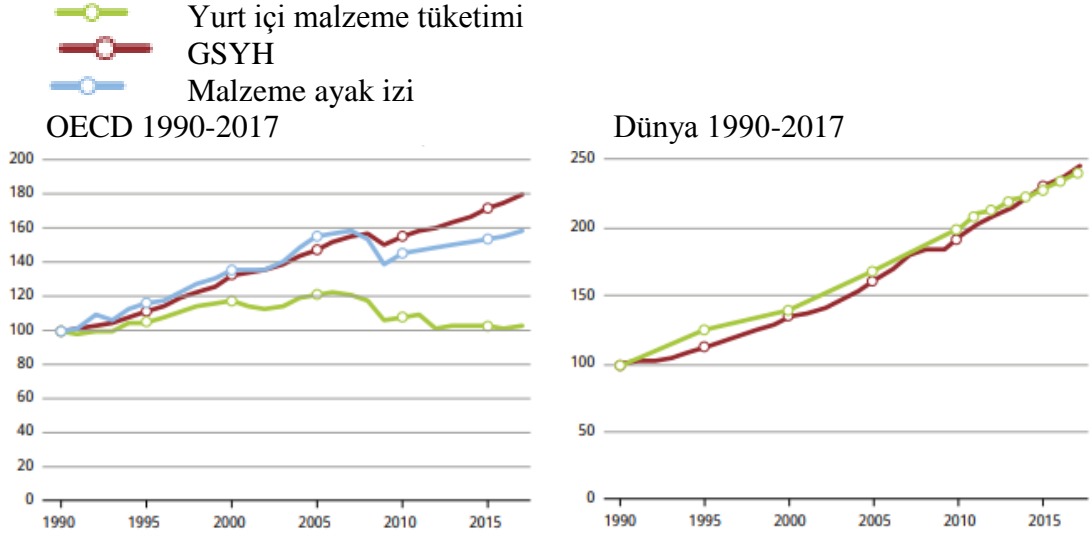
Şekil 1.16. 2000 yılından bu yana kişi başına üretilen belediye atığı miktarındaki değişim (Kaynak: OECD (2015), “Municipal Waste”, OECD Environment Statistics database)

Atıkların arıtılması iyileştirilmiş ve malzemeler geri kazanım ve geri dönüşüm yoluyla ekonomiye giderek daha fazla geri beslenmektedir. Bununla birlikte, ekonomide hala çok fazla malzeme kaybolmakta veya düşük değerli ürünlere geri dönüştürülmektedir ve düzenli depolama birçok OECD ülkesinde en önemli bertaraf yöntemi olmaya devam etmektedir (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. 2000 yılından bu yana, kişi başına düzenli depolama atığı miktarlarındaki değişim (Kaynak: OECD (2015), “Municipal Waste”, OECD Environment Statistics database)

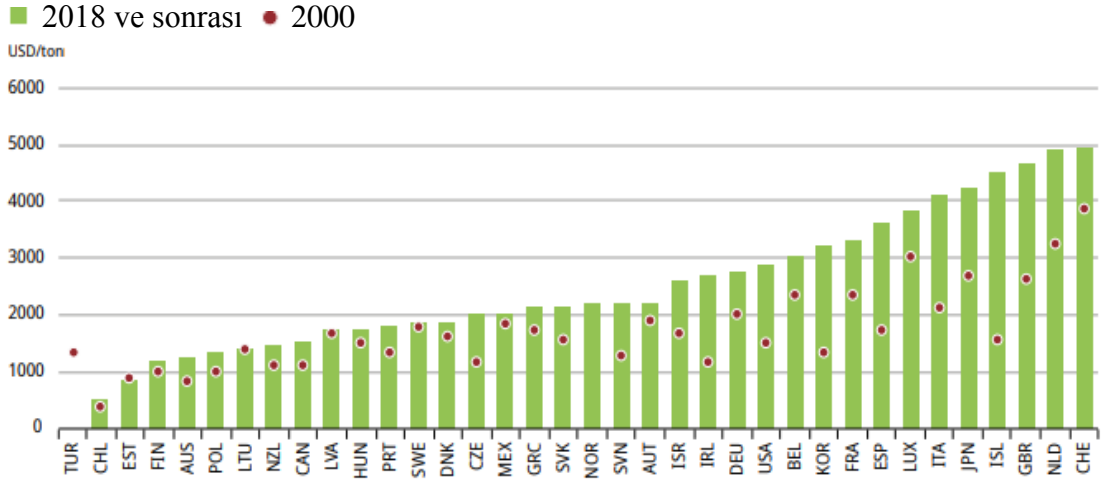
Çıkarılan malzeme miktarı, çoğunlukla inşaat ve endüstriyel malzemelerin yükselişiyle 1980 ve 2010 arasında iki katına çıkmıştır (OECD Indicators, 2015). Önümüzdeki on yıllarda, yapısal değişim ve teknoloji gelişmeleri sayesinde hammadde taleplerinin daha yavaş da olsa daha da artması beklenmektedir. 2060'a kadar küresel ekonominin dört katına çıkması ve küresel malzeme kullanımının iki katına çıkması beklenmektedir (OECD, 2020). Genel olarak, malzemelerin çıkarılması, işlenmesi ve kullanılması dünya genelinde tüm sera gazı emisyonlarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Şekil 1.18'deki grafikten de anlaşılıyor ki malzeme kullanımı OECD bölgesinde istikrar kazanmıştır, ancak dünya çapında büyümeye devam etmektedir.



Şekil 1.18. OECD ve Dünya (Kaynak: OECD (2019), “Material resources”, OECD Environment Statistics Database)

2000 yılından bu yana, çoğu OECD ülkesinde kişi başına düşen malzeme yoğunluğu azalmıştır (Şekil 1.18). Baltık ülkeleri gibi bazı ülkelerde, ekonomik büyüme ve azalan nüfusla ilişkili altyapı gelişimi nedeniyle kişi başına malzeme tüketimi artmıştır. Bir OECD ülkesinde yaşayan bir kişi yılda ortalama 15 ton malzeme tüketmektedir. Bu, 2000 yılına göre % 22 daha az (kişi başına 19 ton), ancak yine de diğer dünya bölgelerinden (kişi başına yaklaşık 12 ton) daha yüksektir. Önümüzdeki yıllarda gelişmekte olan ve gelişen ekonomilerdeki tüketim seviyelerinin, artan nüfuslar ve daha yüksek gelirler ve yaşam standartlarının etkisiyle mevcut OECD seviyelerine kademeli olarak yaklaşması beklenmektedir.

2000 yılından bu yana, OECD ülkelerinin büyük çoğunluğu malzeme verimliliğinde iyileşmeler yaşamıştır. Bugün OECD ülkeleri, 2000 yılında ton başına 1.700 ABD Doları'na kıyasla, tüketilen ton başına malzeme başına ortalama 2.600 ABD doları üretmektedir. Bu, üretim süreçlerindeki verimlilik kazanımlarını, malzeme karışımındaki değişiklikleri ve yerli üretimin ithalatın yerine geçmesini yansıtmaktadır. Ayrıca, 2008 mali krizini takiben ekonomik çıktıda azalmaya yol açan malzeme talebindeki azalmayı da yansıtmaktadır. Ekonomik büyüme devam ettikçe, birçok ülkede yurt içi malzeme tüketimi istikrarını korumuştur. Şekil 1.19'da görüldüğü üzere OECD ülkeleri 2000 tondan daha fazla kullanılan malzeme tonu başına daha ekonomik değer üretmektedir.



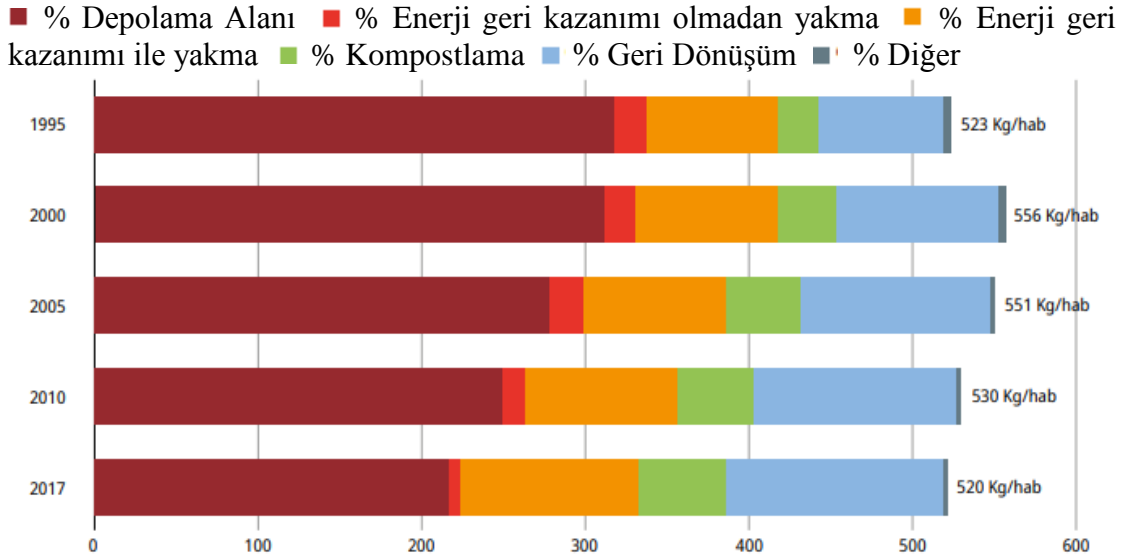
Şekil 1.19. OECD ülkeleri malzeme verimliliği (Kaynak: OECD (2019), “Material resources”, OECD Environment Statistics database)

1990'lı yıllarda OECD bölgesinde üretilen belediye katı atıkları çoğunlukla özel tüketim harcamaları ve GSYİH'ye paralel olarak artmıştır, bu artış 2000'li yılların başından itibaren yavaşlamıştır. Bugün, üretilen miktar tahmini 675 milyon tonu aşmaktadır. Belediye atığının miktarı ve bileşimi OECD ülkeleri arasında, tüketim seviyeleri ve kalıpları, kentleşme oranı, yaşam tarzları ve ulusal atık yönetimi ile ilişkili olarak, uygulamaları büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Dünya genelinde 2016 yılında tahmini 2 milyar ton kentsel atık üretilmiştir (kişi başına ortalama 270 kg) ve bu miktarın daha da artması beklenmektedir (Word Bank-2019, 2020).

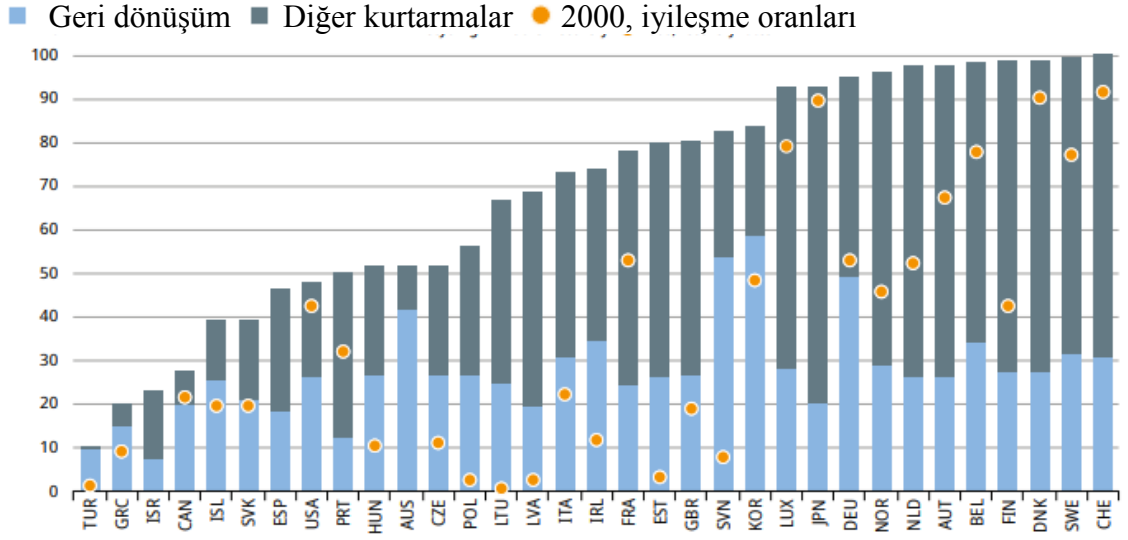
Birçok malzeme hala atık olarak ve ekonomide kaybolma riski olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm kaynaklardan gelen atıklar çoğu ülkede (örneğin, Fransa, Macaristan, Japonya, Slovak Cumhuriyeti, İspanya), genellikle birkaç istisna dışında nüfus ve ekonomik büyüme doğrultusunda büyümeye devam etmektedir. Üretilen atık miktarları, bileşimleri ve kökenleri ülkeler arasında farklılık göstermektedir; bu farklılık ekonominin yapısı ve inovasyon düzeyi ve temiz teknolojilere yatırım düzeyi ile ilgilidir. Birçok ülkede, toplam atık akımlarını, bunların geri kazanılmasını ve ikincil hammaddelerin ekonomide kullanımını izlemek için bilgi yetersiz kalmaktadır. Tahminler, 2016 yılında Avrupa Birliği'nde kullanılan malzeme kaynaklarının %12'sinin geri dönüştürülmüş ürünlerden ve geri kazanılmış malzemelerden geldiğini ve birincil hammaddelerin çıkarılmasını önlediğini gösteriyor (Eurostat-2019, 2020).

OECD ülkeleri, belediye atık üretimini azaltmak ve yönetim yöntemlerini geliştirmek için önemli çaba sarf etmiştir. Avrupa Birliği üye ülkeleri ise, Japonya ve diğer ülkeler iyileşme ve geri dönüşüm hedefleri belirlemiş ve göstergeler yoluyla ilerlemeyi izlemiştir. Bu çabalar sonuç vermeye başlamaktadır. Atık depolama alanlarından ve yakma fırınlarından giderek daha fazla atık ayrılmakta ve geri dönüşüm, kompostlama ve enerji geri kazanımı ile yakma yoluyla ekonomiye geri dönmektedir. Bazı ülkeler yönettikleri belediye atıklarının üçte birinden fazlasını geri dönüştürmektedir (Avustralya, Belçika, Almanya, İrlanda, Kore, Slovenya). Bu nedenle, belediye atık depolama alanlarının payı 1995-2017 yılları arasında %61'den %42'ye düşmüştür. Bazı Avrupa ülkeleri artık belediye atıklarını biriktirmemektedir (İsviçre, Almanya, Finlandiya, İsveç, Belçika). Bununla birlikte, düzenli depolama, bazı OECD ülkelerinde başlıca bertaraf yöntemi olmaya devam etmektedir ve atık akışından geri kazanılan birçok malzeme, düşük değerli ürünler olarak kullanılmaya devam etmektedir (örn. geri doldurma için kullanılan inşaat ve yıkım atıkları).

Atık depolama alanlarından ve yakma fırınlarından giderek daha fazla atık ayrılmakta ve geri dönüşüm, kompostlama ve enerji geri kazanımı ile yakma yoluyla ekonomiye geri dönmektedir (Şekil 1.20).



Şekil 1.20. Belediye katı atıklarının bertarafı (Kaynak: OECD (2019), “Waste: Municipal waste”, OECD Environment Statistics database)



Şekil 1.21. Geri dönüşüm ve geri kazanım oranları (Kaynak: OECD (2019), “Waste: Municipal waste”, OECD Environment Statistics database)

Şekilde görüldüğü gibi malzemeler geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla ekonomiye giderek daha fazla geri beslenmektedir (Şekil 1.21). Ülkeler ayrıca, olumsuz çevresel etkileri konusunda özel endişeler yaratan ve özel yönetim gerektiren tehlikeli bileşenler veya yüksek değerli malzemeler içeren atık akışlarına giderek daha fazla dikkat etmektedirler. Örnek olarak gıda atıkları, atık elektrikli ve elektronik cihazlar, inşaat ve yıkım atıkları, ömrünü tamamlamış araçlar, piller ve plastik atıklar verilebilir. Atıkların üretilmesini önlemek ve döngüsel iş modelleri oluşturmak için politika eylemi çoğu OECD ülkesinde daha yakındır, ancak ivme kazanmaktadır (OECD, 2020).

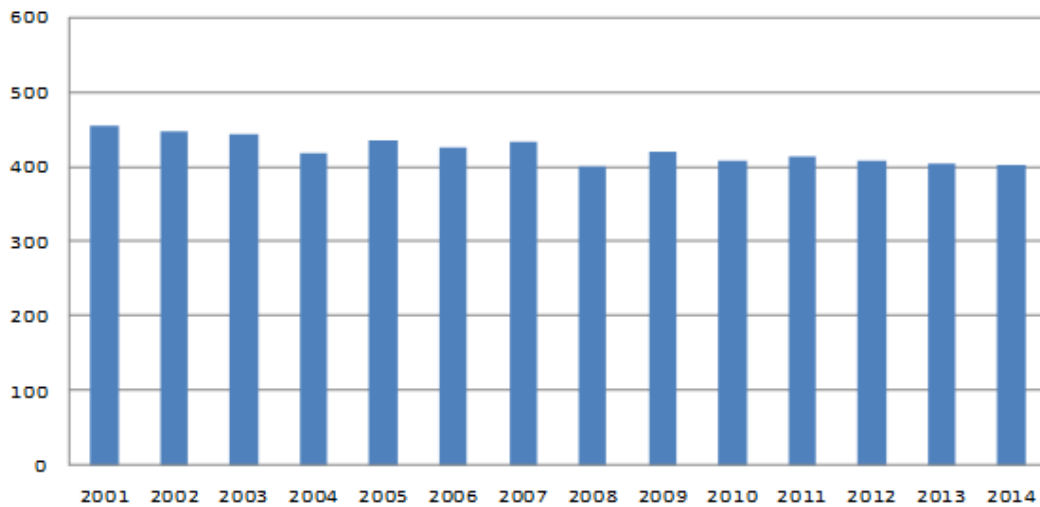
1.6. TÜRKİYE'DE BELEDİYE ATIK YÖNETİMİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği Türkiye'deki atık yönetiminin ilk adımıdır. Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na göre uygulamada birtakım eksiklikleri olmasına karşın, belediye atık yönetim sistemi yeni düzenlemelere dayanılarak iyileştirilmiş ve çalışmalarla desteklenmiştir. 2014 yılında toplanan belediye katı atık miktarı, üretilen toplam belediye katı atığının %90'ına eşdeğer olan 28 milyon tondur. Düzenli depolama alanına gidecek olan belediye katı atığının payı 2001 ve 2014 yılları arasında %114 artmıştır. Düzenli depolama sahası sayısı 2003'te 15 iken,

2016'nın 3. çeyreğinde 82'ye yükselmiştir. 2016 Ulusal Atık Yönetim Planı ve Eylem Planı verilerine göre, belediye atıklarının %61,07'si sıhhi depolama alanlarına gönderilir ve %28,25'i belediye çöp sahalarına atılır. Belediye katı atığının (ambalaj atığı dâhil) %11'inin geri dönüştürülmüş, kompostlanmış veya başka yöntemlerle bertaraf edildiği bildirilmiştir. Belediye atık yönetimi gün geçtikçe iyileşmektedir. Lisanslı geri dönüşüm ve geri kazanım tesislerinin sayısı son on yılda hızla artmıştır. 2003 yılında, farklı geri dönüştürülebilir atık türleri için 46 geri dönüşüm ve geri kazanım tesisi bulunurken, 2015 yılına kadar lisanslı tesis sayısı 1226'ya yükselmiştir (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).

1.6.1. Belediye Atığı Göstergeleri

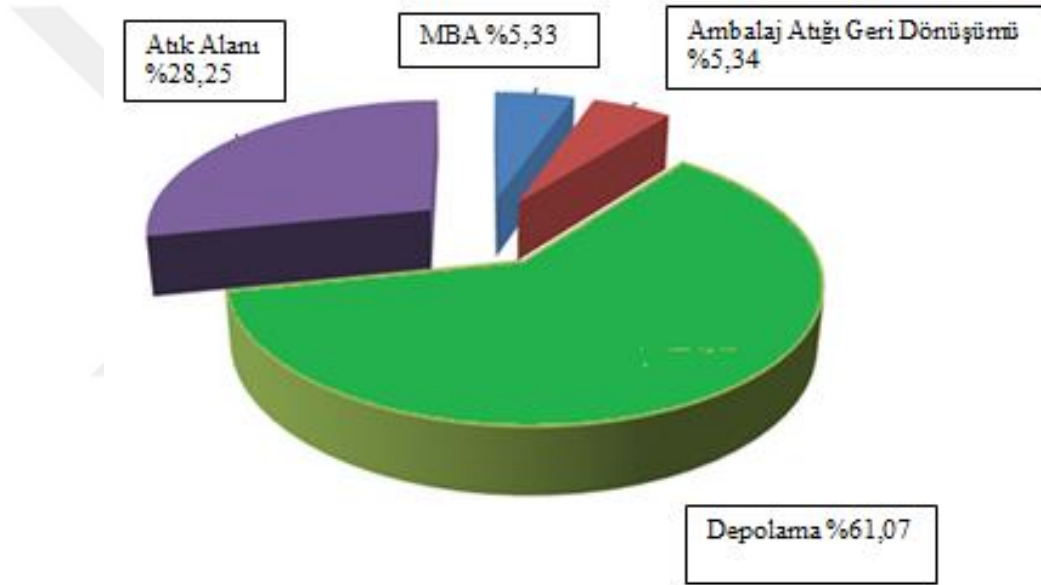
2014 yılında üretilen 28,6 milyon ton belediye atığından 28 milyon ton veya %90 toplanmıştır ve toplanan bu atığın yaklaşık %99,1'i sıhhi depolama sahalarında (%61,07) veya çöp sahalarında (%28,25) düzenli olarak doldurulmuştur, yaklaşık %11 geri kazanılmıştır. Toplanmamış belediye atığı miktarının kaderi hakkında mevcut bilgi yoktur. Şekil 1.22'de, 2001'den 2014'e kadar Türkiye'de kişi başına düşen belediye atığı üretiminin gelişimini göstermektedir. Veriler, 2001 yılında 454 kg/sermayeden başlayarak 2014 yılında 402 kg/sermayeye düşen, nispeten azalan istikrarlı bir atık üretimini göstermektedir (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).



Şekil 1.22. Türkiye'de kişi başına düşen belediye atığı miktarı (kg/sermaye)

Şekil 1.23, Ulusal Atık Yönetim Planı ve Eylem Planına göre, Türkiye'de belediye atığının toplam geri dönüşüm, malzeme geri dönüşümü ve organik geri dönüşüm (kompost ve diğer biyolojik arıtma) ile ilgili geri dönüşümünün gelişimini göstermektedir.

Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013 yılında geri dönüştürülen toplam ambalaj atığı miktarını 2.300.345 ton olarak bildirmektedir ve bu geri dönüştürülmüş ambalaj atığının kesinlikle bir kısmı belediye atığı kaynaklarından alınmıştır, ancak payı bilinmemektedir. Aşağıda gösterilen veriler bu nedenle belediye atığının şu anki durumu geri dönüştürülmüş, düzenli doldurulmuş ve dökülmüş durumdadır.



Şekil 1.23. Türkiye’de Belediye Atığında Mevcut Durum

1.6.2. Türkiye'nin Belediye Atık Yönetim Performansı

Atık üretimi ve yönetimi Türkiye için bir öncelik olarak kabul edilmiştir ve mevcut engellerin üstesinden gelmek için politikalar geliştirilmektedir. Ayrıca, belediye atık yönetimi AB üyeliği için aday bir ülke iken Türkiye için bir baskı noktası olmuştur.

Atık Yönetimi Yönetmeliği (02.4.2015-29314), Türkiye’de başarılı atık yönetimine yönelik önemli bir adımdır. Uygulamasında bazı eksikliklerin olduğu

gösterilmesine rağmen, atık yönetim sistemi yeni çalışmalar ve yeni düzenlemelerle iyileştirilmiştir. Eksikliklerin ana nedenleri şöyle tanımlanabilir:

- Atık yönetim sistemlerinin geliştirilmesi öncelikli bir politika alanı değildi
- Görev ve yetkiler, aralarında yetersiz koordinasyon ve işbirliği ile birçok kurum ve kuruluş arasında dağıtılır
- Hizmet karşılığında toplanan ücretler ve vergiler yetersizdi
- Altyapı (tesisler ve mevcut teknik kapasite) sınırlıydı ve tesislerin çoğunluğu modernizasyona ihtiyaç duyuyordu

Büyükşehir Belediye Kanunu'na (10.7.2004- 5216) ve Belediye Kanunu'na (3.7.2005 - 5393) göre, belediye atıklarının yönetimine ilişkin tek sorumluluk belediyelere aittir. Katı atıkların toplanması, taşınması, ayrılması, geri dönüşümü, bertarafı ve depolanması ile ilgili hizmetlerin tümünü sağlamaktan ya da bu hizmetleri sağlamak için başkalarını atamaktan sorumludurlar. Bununla birlikte, katı atıkların toplanması ve taşınmasında görevlerini büyük ölçüde yerine getirirken, katı belediye atık yönetiminde gerekli faaliyet ve dikkat düzeyini göstermemektedir. Bu durum yeni benimsenen yönetim perspektifleri ile iyileşmektedir.

Yapılan çalışmalar kapsamında Türkiye'de, belediye katı atık malzeme geri dönüşümünün %30'undan sorumlu olabilecek kayıt dışı bir geri dönüşüm sektörü olduğu söylenmektedir. Ancak bu gayri resmi geri dönüşüm uygulamasıyla ilgili mevcut durum hakkında bilgi yoktur. Belediye katı atığının önemli bir parçası olan ambalaj atığı etrafındaki duruma ilişkin olarak, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı aşağıdaki bilgileri sağlamıştır:

Ambalaj atığı kontrolüne ilişkin ilk özel yönetmelik 2004 yılında "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" ile yürürlüğe girmiş ve Ağustos 2011'de revize edilmiştir. Yönetmeliğin amacı ambalaj atığı üretimini en aza indirmek ve ayrıca üretim yöntemi ile önlenemeyen geri dönüştürülmüş ambalaj atığı oranını arttırmaktır. Yönetmelik aynı zamanda kaynağında ayrı olarak toplanacak, daha sonra belli bir sistem içinde tasnif edilecek ve taşınacak ambalaj atıklarına ilişkin ilke ve standartları da içermektedir.

Yetkili kuruluşlara üye olmayan kurum ve tedarikçiler ambalaj atıklarını geri kazanmak zorundadır. Bu yönetmelik ile yetkili kurumlara ve tedarikçilere geri dönüşüm hedefleri verilmektedir.

Sisteme kayıtlı ekonomik operatör sayısı Türkiye'de 2003'te 350'den 2014'te 23661'e hızla artmaktadır.

TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) toplama, ayırma ve geri dönüşüm tesislerine lisans vermektedir. 2003 yılında sadece 28 lisanslı tesis bulunurken, bu sayı toplama ve ayırma için 521'e ve 2015 yılında geri dönüşüm tesisleri için 676'ya yükselmiştir.

Kalkınma planları, Türkiye'de kamu politikasının koordinasyonu için temel araçlardır ve katı atıklarla ilgili politika belgelerinin temelini oluşturmaktadır. 2009-2013 dönemini kapsayan bir dizi Ulusal Atık Yönetimi Planı bulunmaktadır. Planın temel amacı, ayrı atık akışları için ayrıntılı atık yönetim planlarının hazırlanması için ulusal politikaları ve karar verme yapısını belirlemektir. En son Plan, AB uyum sürecine göre kriterleri yerine getirmek amacıyla yapılmıştır.

Son olarak, 2015 yılında Atık Yönetimi Yönetmeliği (02.04.2015-29314), Türkiye'de atık üretiminden bertarafına kadar atık yönetimi çerçevesini belirlemiştir, böylece prosedürler çevresel açıdan sağlıklı bir şekilde takip edilmiştir.

Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmelik (No: 27533 2010/03), planlanan bir dönemde düzenli olarak biyolojik olarak parçalanabilir belediye atık miktarını azaltmayı amaçlamıştır. Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na göre biyoçözünür atık miktarını azaltmak için bir strateji hazırlanması devam etmektedir.

Düzenli depolama alanlarına gönderilen biyoçözünür atık miktarını azaltmak için yeni MBA'lar yapım aşamasındadır. Metan gazından 7 kompostlama tesisi ve elektrik üretimi için 24 tesis faaliyet göstermektedir (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).

1.6.3. Belediye Atığı Geri Dönüşümünün Bölgesel Farklılıkları

Eurostat'a bildirilen Türkiye için belediye atığının geri dönüşümü için bölgesel veri bulunmamaktadır. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na göre, belediye atıklarının yönetimi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından bölgesel yönetim yaklaşımı olarak belediyelerin sorumluluğundadır. 2003 yılından bu yana, belediyeler bölgedeki diğer belediyelerle (belediyeler birliği aracılığıyla) işbirliği yaparak belediye atık yönetimi projelerini uygulamaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi, büyükşehir belediyesi ve diğer belediyeler atık hizmetlerinin toplanması, taşınması, ayrılması, geri dönüşümü, bertarafı ve depolanmasından sorumludur. Çevresel altyapı hizmetlerine ve atık hizmetlerine sürdürülebilirlik getirme ilkelerini sağlamak ve belirtmek için Ekim 2010'da mevzuat yürürlüğe girmiştir. Bu ilkeler, bu hizmetlerden faydalanan aboneler tarafından ilgili belediyeye ödenecek ücretlerin düzenlenmesini içerir. Belediyeler, hane halkından alınan ücretlere rağmen altyapı hizmetlerinin harcamalarını karşılayabilmelidir. Şu anda Türkiye'de düzenli depolama vergisi yoktur.

Daha iyi belediye atık yönetiminin çevresel faydaları çoktur. Diğer Avrupa Ekonomik Alanı üyesi ülkeler için daha iyi belediye atığı yönetiminin çevresel faydaları için sera gazı emisyonları modeli hesaplanmıştır. Ne yazık ki, bu model şu anda Türkiye'yi kapsamamaktadır.

Belediye atığı yönetimi ile ilgili istatistikler Türkiye'de 1994 yılından bu yana Türkiye İstatistik Kurumu tarafından derlenmektedir. Veriler web tabanlı yazılım ile anket yoluyla derlenmekte ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2016) tarafından işlenmektedir. 2004'ten itibaren, bertaraf sahalarındaki atık miktarlarının tartılması nedeniyle veri kalitesi artırılmaktadır. Ambalaj atıklarına ilişkin veriler ÇŞB tarafından toplanmıştır, ancak bu henüz rapor edilmemiştir. AB Ambalaj Atık Direktifine cevap veren Türk yasalarına göre ambalaj atıklarının geri dönüşümüne ilişkin yasal hedefler Tablo 1.7'de'de gösterilmektedir (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).

Tablo 1.7. Türkiye'de ambalaj atığının geri dönüşüm hedefleri (üretilenlerin yüzdesi olarak)

Yıllar	Cam	Plastik	Metal	Kağıt/Karton	Ahşap
2005	32	32	30	20	-
2006	33	35	33	30	-
2007	35	35	35	35	-
2008	35	35	35	35	-
2009	36	36	36	36	-
2010	37	37	37	37	-
2011	38	38	38	38	-
2012	40	40	40	40	-
2013	42	42	42	42	5
2014	44	44	44	44	5
2015	48	48	48	48	5
2016	52	52	52	52	7
2017	54	54	54	54	9
2018	56	56	56	56	11
2019	58	58	58	58	13
2020	60	60	60	60	15

1.6.4. Belediye Atık Yönetimini Geliştirmek İçin Önemli Girişimler

Türkiye'de daha iyi belediye atığı yönetimini teşvik edecek hiçbir özel girişim henüz bulunamamıştır. Ambalaj atığı geri dönüşümüne adanmış kar amacı gütmeyen bir kuruluş olan ÇEVKO, 1991 yılından bu yana kurulmuş ve 2005 yılında Türkiye'deki tüm ambalajlar için yetkili kurum olarak ilan edilmiştir. TUKCEV, Çevre Bakanlığı tarafından Türkiye'de yetkilendirilmiş ikinci yetkili kurumdur. Türkiye'de belediye atığı yönetim sisteminin iyileştirilmesine yönelik devam eden girişimler aşağıda listelenmiştir.

Türkiye'de faaliyet gösteren ilgili ulusal mevzuat ve AB mevzuatlarını kapsayan gerekli atık bertaraf tesisleri (ön bertaraf tesisleri ve depolama alanları) kurulması ve transfer istasyonlarının kurulması, geri dönüşüm ve yeniden kullanımın sağlanması ve atık taşıma maliyetlerinin azaltılmasını sağlayan bir atık yönetim

sisteminin kurulması hedeflenmektedir. Bu hedeflere ulaşmak için ilk adım olarak, Türkiye genelinde çalışmalar yürütülmektedir.

Toplama süreci ile ilgili ayrıntıları içeren atık yönetim planları 2008'den beri belediyeler tarafından hazırlanmıştır. 2015 yılı sonunda 620 ambalaj atığı yönetim planı ÇŞB tarafından onaylanmıştır. AB atık yönetimi direktiflerinin çoğu da Türkiye'nin ulusal mevzuatına aktarılmıştır (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).

Belediye atığı uygulamalarında gelecekteki eğilimlerin bir göstergesini veren önemli mevzuatlar mevcuttur. Belediye atıklarıyla ilgili AB atık yönetimi direktiflerinin çoğu, Türkiye'nin ulusal mevzuatına aşağıdaki konularda aktarılmıştır:

- Atık Yönetimi Yönetmeliği (02.04.2015-29314),
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (24.08.2011),
- Atıkların Düzenli Depolanması Hakkında Yönetmelik (26.03.2010),
- Elektrikli ve Elektronik Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (22.05.2012-28300),
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Kanununda Değişiklik (05.11.2013-28812),
- Atıkların Düzenli Depolanmasının Kontrolü Konusunda Değişiklik (11.03.2015-29292),
- Atık Bitkisel Yağların Kontrolü Yönetmeliği (06.06.2015-29378).

Atıkların düzenli depolanmasına ilişkin Yönetmelik, düzenli depolama tesislerinin izlenmesi, kontrolü, kapatılması ve bakım sonrası prosedürleri için hükümler getirmektedir. Ayrıca bunu desteklemek için bir raporlama mekanizması ve veritabanı oluşturmuştur. Düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilecek biyolojik olarak çözünebilir atığın azaltılmasına ilişkin ulusal strateji de taslak aşamada geliştirilmiştir. Bu strateji, geri dönüşüm, kompostlama, biyogaz üretimi veya enerji / malzeme geri kazanımı gibi yöntemlerle alınacak önlemleri içerecektir. Biyolojik olarak bozunabilir atık miktarlarının azaltılması stratejisine göre, AB Düzenli Depolama Direktifi (99/31/EC) 2025 yılına kadar uygulanacaktır.

Yukarıda belirtilen düzenlemelerin uygun şekilde uygulanması sağlanacaksa, hükümet, yerel yetkililer ile kamu ve özel sektör arasında iletişim ve işbirliğinde olağanüstü bir çaba ve iyileştirme gerekmektedir (Municipal Waste Management in Turkey, 2016).

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON İLE TAHMİN

Bu bölümde bulanık doğrusal regresyon analizine geçmeden önce temel olması açısından önce regresyon analizi anlatılacaktır. Daha sonra bulanık doğrusal regresyon analizi anlatılacak ve literatürde bu modeli kullanan çalışmalardan örnekler verilecektir.

2.1. REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi, kullanılan bağımlı değişken (ölçüt değişken) ve bağımsız değişken (açıklayıcı değişken) veya değişkenler arasında neden sonuç bağı bulunduran istatistiksel bir analiz yöntemidir. Regresyon, bir bağımlı değişkeni Y ile bir ortak değişken X arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Değişkene ayrıca bir tahmin değişkeni veya belirleyici özellik de denir ("regresyon" terimi, uzun ve kısa erkeklerin ortalamaya daha yakın uzunlukları olma eğiliminde oğulları olduğunu fark eden Sir Francis Galton'a aittir. Buna "ortalamaya doğru gerileme" adını vermiştir).

Basit ve çoklu formda olabilen regresyon analizleri değişkenler arasındaki matematiksel bağıntıyı analiz etmek amacıyla kullanılır. Basit regresyon analizinde, bir tane bağımlı değişken mevcutken bağımsız değişken sayısı da bir tanedir. Çoklu regresyon analizinde, iki ya da daha fazla bağımsız değişken kullanılmaktadır. Bu metotların uygulandığı veri setlerinin normal dağılım gösteren değişkenlerden (tek ve daha fazla) oluşması gerekmektedir. Aynı zamanda hata terimleri varyansının da normal dağılım göstermesi gerekmektedir. Basit veya çoklu regresyon analizi bu şartlar sağlanmazsa kullanılamaz. Basit veya çoklu regresyon analizinde amaç, bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki toplam değişime etkisinin belirlenmesi, buradaki toplam değişimi en iyi açıklayan modelin tahmin edilmesi ve bu tahmin denklemi sayesinde bağımsız değişkenlerin alacağı değerlere bakarak bağımlı değişken değerinin tahmin edilmesidir (Çokluk, 2010 ve Karaoğlu, 2019).

Değişkenler:

- Bağımlı Değişkenler "Y" ile gösterilen tahmin edilen değerdir.

- Bağımsız Değişkenler “X” ile gösterilen bağımsız değişkeni tahmin etmek için kullanılan değer ya da değerlerdir (Kaya, 2010).

X ve Y arasındaki ilişkiyi özetlemenin bir yolu regresyon fonksiyonudur (Denklem 2.1) (Wasserman, 2004: 209).

$$r(x) = \mathbb{E}(Y|X = x) = \int y f(y|x) dy \quad (2.1)$$

Burada amaç, form verilerinden regresyon fonksiyonunu $r(x)$ tahmin etmektir (Denklem 2.2).

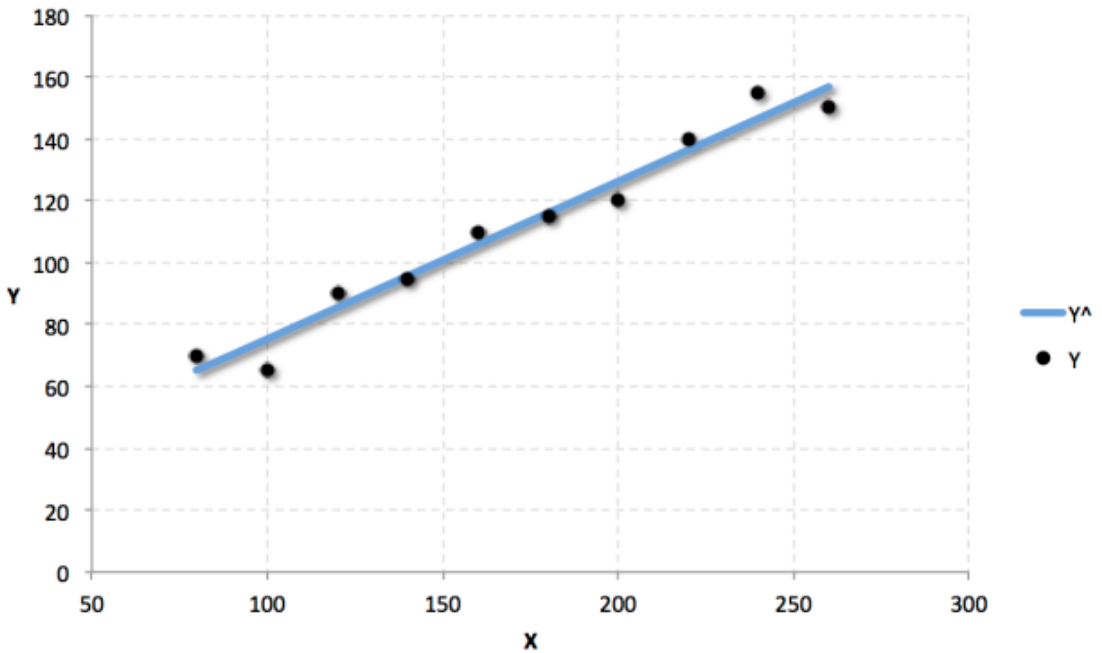
$$(Y_1, X_1), \dots, (Y_n, X_n) \sim F_{X,Y} \quad (2.2)$$

Bu bölümde parametrik bir yaklaşım benimsenmiş ve r 'nin doğrusal olduğu varsayılmıştır.

2.1.1. Basit Doğrusal Regresyon

Regresyonun en basit hali, X_i ' nin basit (tek boyutlu) ve $r(x)$ doğrusal olduğu varsayımını kullanan halidir (Denklem 2.3) (Wasserman, 2004: 209).

$$r(x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2.3)$$



Şekil 2.1. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu

Şekil 2.1’de gösterilen şekil rastgele datalar üzerine çizilmiş bir regresyon doğrusudur. Örnek bir doğruyu göstermek amacıyla verilmiştir. Düz çizgi en küçük kareler çizgisidir. Model basit doğrusal regresyon modeli olarak adlandırılır (Wasserman, 2004: 210).

2.1.2. Çoklu Regresyon

Şimdi, değişkenin k uzunluğunda bir vektör olduğunu varsayalım. Veriler şu şekildedir:

$$(X_1, X_i), \dots, (Y_i, X_i), \dots, (Y_n, X_n)$$

Koşuluyla

$$X_i = (X_{i1}, \dots, X_{ik})$$

Burada X_i , i ' inci gözlemi için k değişken değişkenlerin vektörüdür. Doğrusal regresyon modeli (Denklem 2.4):

$$Y_i = \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \quad (2.4)$$

$i = 1, \dots, n$ için, $\mathbb{E}(\varepsilon_i | X_{i1}, \dots, X_{ik}) = 0$ koşuluyla. Genellikle modele $i = 1, \dots, n$ için $X_{i1} = 1$ ayarlayarak yapabileceğimiz bir kesişme noktası eklemek istenir. Bu noktada, modeli matris notasyonunda ifade etmek daha uygun olacaktır. Sonuçlar şu şekilde belirtilecektir (Wasserman, 2004: 216):

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{bmatrix}$$

ve ortak değişkenler:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nk} \end{bmatrix}$$

Her sıra bir gözlemdir; sütunlar k değişkenlerine karşılık gelir. Dolayısıyla, X bir (n x k) matrisidir.

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad \mathcal{E} = \begin{bmatrix} \mathcal{E}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \mathcal{E}_n \end{bmatrix}$$

Sonra (Denklem 2.5) olarak yazılabilir (Wasserman; 217).

$$Y = X\beta + \mathcal{E} \quad (2.5)$$

2.1.3 Doğrusal Olmayan Regresyon

Bu kısımda, f fonksiyonu aracılığıyla (muhtemelen çok değişkenli) bir tahmin değişkeni x ile ilişkilendirmek istediğimiz tek değişkenli bir yanıt, örneğin y diyebiliriz.. f 'nin işlevi tam olarak bilinmemektedir, ancak bir dizi bilinmeyen p parametresi $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)$ olarak bilinir. Parametreleri belirtmek için, genellikle belirli modellerde tipik olarak kullanılan sembolleri kullanarak çeşitli Yunanca ve Latin harfleri kullanılmaktadır. Bağımsız ile bağımlı arasındaki ilişki aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Denklem 2.6) (Ritz, Streibig, 2008: 1):

$$y = f(x, \beta) \quad (2.6)$$

Bu bölüm, p fonksiyonunun β_1, \dots, β_p parametrelerinden bir veya daha fazlasında f fonksiyonunun doğrusal olmadığı durumla ilgilidir. Uygulamada parametrelerin verilerden tahmin edilmesi gerekir. N çiftinden $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$

oluşan bir veri kümesi düşünülür (f 'de meydana gelen parametre sayısı, gözlem sayısından az olmalıdır, yani $p < n$). Denklem (2.7) 'deki ilişki, hem x_1, \dots, x_n öngörücü değerlerinin hem de y_1, \dots, y_n yanıt değerlerinin hatasız olarak gözlemlendiği ideal durum içindir. Gerçekte, hiçbir çift $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ Denklem (2.6) 'e tam olarak uymayacak şekilde şekli bozacak ölçüm hataları olacaktır. Bu nedenle, x_i değerinin, bazı ölçüm hataları dışında Denklem (2.6) 'e göre y_i değerini tahmin ettiği varsayılmıştır. Başka bir deyişle, Denklem (2.6) 'deki ilişkinin sadece ortalama olarak doğru olduğu fikrini ortaya koymak daha gerçekçidir. Bu kavramı, koşullu ortalama yanıtı $E(y_i | x_i)$ (x_i öngörücü değeri için koşullu) ve yeniden Denklemi (2.6) aşağıdaki şekilde sunarak resmileştirebiliriz (2.7) (Ritz ve Streibig, 2008: 1):

$$E(y_i | x_i) = f(x_i, \beta) \quad (2.7)$$

Denklem (2.7) şu şekildedir; x_i tahmin değeri göz önüne alındığında, yanıtın $f(x_i, \beta)$ etrafında ortalanmasını beklenir. Bu nedenle, f ortalama fonksiyon olarak ifade edilir. Yukarıdaki formülasyonda, veri analistinin hangi tür f işlevinin (en azından kabaca) kullanılması gerektiğine dair önceden bilgi sahibi olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla, doğrusal olmayan regresyon yöntemleri, öngürülen ve öngörücü arasında ampirik veya teorik olarak oluşturulmuş fonksiyonel bir ilişki bulunan verilerin analizi için uygundur. Her ölçüm, ölçüm işlemiyle ilgili bir hata nedeniyle bozulacaktır. y_i gözlemi, beklenen ortalama $E(y_i | x_i)$ bir miktar farklılık gösterecektir. Düzensizlikler, ölçüm sürecindeki küçük değişikliklerden kaynaklanabilir. Bu nedenle, bağımlı ve bağımsız arasındaki ilişkinin modelinin tam spesifikasyonu doğrusal olmayan regresyon modeli tarafından verilir (Denklem 2.8) (Ritz ve Streibig, 2008: 2):

$$y_i = E(y_i | x_i) + \varepsilon_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i \quad (2.8)$$

ε_i terimini i gözleminin hata terimi olarak düşünülmelidir; yani, y_i cevabındaki bozulma, bilinmeyen çeşitli varyasyon kaynaklarının neden olduğu beklenen $f(x_i, \beta)$ değerinden uzaktır. Hata ε_i , ölçümden ölçüme değişir. Tipik olarak, hataların normal olarak ortalama 0 ve verilerden tahmin edilen bazı bilinmeyen standart sapma σ ile dağıtıldığı varsayılır. Burada modeller, ortalama fonksiyon aracılığıyla belirlenecektir, ancak Denklem (2.8) 'te belirtildiği gibi dolaylı olarak tam spesifikasyona sahip

olunacaktır. x ve y değişkenleri genellikle belirli bir bağlamda ve belirli bir veri kümesi için kullanılan gerçek adlarla değiştirilir.

2.1.4. Parametrik Olmayan Regresyon

Regresyon analizi de diğer istatistiksel yöntemler gibi parametrik ve parametrik olmayan metotlar olarak incelenebilmektedir. Parametrik metotlar kullanırken güçlü varsayımlar gerekmektedir. Parametrik olmayan metotlarda bu gerekli bir varsayım değildir (Ekinci, Alhan, Ergör, 2016).

Aşağıdakilerle ilişkili $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ nokta çiftleri göz önünde bulundurduğunda (Denklem 2.9):

$$Y_i = r(x_i) + \mathcal{E}_i \quad (2.9)$$

Koşuluyla $E(\mathcal{E}_i) = 0$.

x_i ' ler küçük harfle yazılmıştır, çünkü bunlar sabit olarak ele alınacaktır. Bu yapılabilir, çünkü regresyonda, sadece ilgilenilen x ' in koşullu Y ' nin ortalamasıdır.

$r(x) = E(Y|X = x)$ regresyon fonksiyonu tahmin edilmek istenmektedir.

Parametrik olmayan birçok regresyon tahmincisi vardır. Çoğu, x ' in yakınındaki noktalara daha fazla ağırlık vererek, Y_i 'lerin bir tür ağırlıklı ortalamasını olarak $r(x)$ tahminini içerir. Popüler bir versiyon Nadaraya-Watson kernel tahmincisidir (Denklem 2.10) (Wasserman, 2004: 319).

$$\hat{r}(x) = \sum_{i=1}^n \omega_i(x) Y_i \quad (2.10)$$

2.2. BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi modellemek için regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon analizinde bağımlı değişken y , bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonudur ve her değişkenin çıktıya katkı derecesi, bu değişkenler üzerindeki katsayılarla temsil edilir. Model, gözlem ve deneylerden toplanan verilerden ampirik olarak geliştirilmiştir. Net bir doğrusal regresyon modeli Denklem 2.11. 'de gösterilmiştir (Ross, 2004: 555).

$$Y = f(x, a) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \quad (2.11)$$

Geleneksel regresyon modeli, sistem özelliğinin bağımlı değişkenlerin gözlemlenen ve tahmin edilen değerleri arasındaki keskin, kesin ve tahmini sapmalar ile tanımlandığı varsayımına dayanmaktadır. Bununla birlikte, olasılık teorisinin prensiplerine dayanan istatistiksel regresyon modelleri, sadece bir dizi ön koşul karşılandığında doğrudur. En sık karşılaşılan pratik sorunlar:

- Az sayıda gözlem ve çok küçük örnek
- Normal bir hata dağılımı garanti edilemez
- Giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi (belirsizliği) tanımlamak zordur.

Regresyonların oluşturulması, olasılık teorisi kullanıldığında ve regresyon bağımlılığı bulanık bir işlev olarak tanımlandığında bu sorunlar ortaya çıkmaz. Bağımlı değişkenlerin gözlemlenen ve tahmin edilen değerleri arasındaki sapmanın kaynağı, sistem yapısının zayıf yerel değişkenlerinin neden olduğu önemli ölçüde olmayabilir. Bu varyasyonlar, sistem parametrelerinin çok keskin olmamasından kaynaklanabilir. Bu tür bulanık fenomen, modelin ilgili parametrelerinin bulanıklığına da yansıtılmalıdır. Regresyon modelinin bulanıklaşması düşünülürse, iki vakayı düşünebiliriz (ancak bunlar birbirini dışlayan değildir). Her şeyden önce, girdi verilerinin keskin ve model tanımında belirsiz olduğunu düşünülür. Bu durumda, belirsizlik, model parametreleri olarak regresyon katsayılarının bulanık doğası tarafından yansıtılır. İkinci durumda, sistemi iyi tanımlanmış ve bulanık bir karakter olarak ölçülen verilere sahip olarak düşünülebilir. Daha sonra modelin belirsizlik taşıyıcısı belirsiz girdi verileridir (Nowakowa ve Pokorny, 2013).

Geleneksel regresyon tekniklerinde, gözlemlenen değerler ile modelden tahmin edilen değerler arasındaki farkın gözlemsel hatalardan kaynaklandığı varsayılır ve fark rastgele bir değişken olarak kabul edilir. Tahmini değer için üst ve alt sınırlar belirlenir ve tahmini değerin bu iki sınır dâhilinde olma olasılığı tahminin güvenini temsil eder. Başka bir deyişle, geleneksel regresyon analizi olasılıklıdır. Ancak bulanık regresyonda, gözlemlenen ve tahmini değerler arasındaki farkın, sistemde doğal olarak bulunan belirsizliğe bağılı olduğu varsayılmaktadır. Belirli bir girişin çıktısının bir dizi olası değer olduğu varsayılır, yani çıktı bu olası değerlerden herhangi birini alabilir. Bu nedenle, bulanık regresyon doğada olasılıklıdır. Ayrıca, bulanık regresyon analizleri, geleneksel regresyon analizinde kullanılan keskin katsayıların aksine katsayıları temsil etmek için bulanık fonksiyonlar kullanmaktadır.

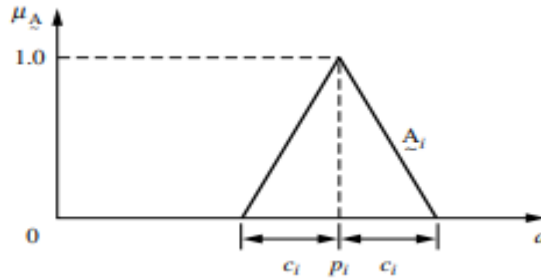
Denklem (2.12) tipik bir bulanık doğrusal regresyon modelini göstermektedir (Ross, 2004: 556).

$$\hat{Y} = f(x, \tilde{A}) = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \tilde{A}_2 X_2 + \dots + \tilde{A}_n X_n \quad (2.12)$$

Burada \tilde{A}_i , i ' nin bulanık katsayısıdır (genellikle bulanık bir sayıdır).

Bulanık regresyon, burada üyelik fonksiyonu olarak adlandırılan bir olasılık dağılımı ile temsil edilen bir dizi olası değeri tahmin etmektedir. Üyelik fonksiyonları, tahmini değerlerin her birine belirli bir üyelik değeri (ait olma derecesi) atanarak oluşturulur (Şekil 2.2). Bu üyelik fonksiyonları, bağımsız değişkenlerin katsayıları için de tanımlanır. Şekil 2.2 'de gösterilenler gibi bulanık katsayılar için üçgen üyelik fonksiyonları, çözümlerin doğrusal bir programlama formülasyonu yoluyla bulunmasına izin verir ve katsayılar için diğer üyelik işlevleri alternatif yaklaşımlar gerektirir. Katsayıların her biri için $\mu_{\tilde{A}}$ üyelik fonksiyonu şu şekilde ifade edilir (Denklem 2.13):

$$\mu_{\tilde{A}}(a_i) = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{|p_i - a_i|}{c_i}, \quad p_i - c_i \leq x_i \leq p_i + c_i \\ 0, \quad \text{aksi takdirde} \end{array} \right. \quad (2.13)$$



Şekil 2.2. Bulanık katsayı \tilde{A} için üyelik fonksiyonu

Bulanık fonksiyon \tilde{A} , merkezi değer p ve yayılım olarak bilinen c olmak üzere iki parametrenin bir fonksiyonudur. Yayılım, fonksiyonun bulanıklığını gösterir. Şekil 2.2, bulanık bir sayı olan "yaklaşık p_i " için üyelik işlevini göstermektedir. Bulanık parametreler, $\tilde{A} = \{\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n\}$ vektör formunda gösterilebilir. $\tilde{A} = \{p, c\}$ koşuluyla

$p = (p_0, \dots, p_n)$ ve $c = (c_0, \dots, c_n)$. Bu nedenle, çıktı (Denklem 2.12)' nin revize versiyonu (Ross, 2004: 557):

$$\tilde{Y} = (p_0, c_0) + (p_1, c_1) x_1 + (p_2, c_2) x_2 + \dots + (p_n, c_n) x_n$$

Çıktı bulanık parametresi \tilde{Y} için üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\tilde{Y}}(y) = \begin{cases} \text{Max}(\min[\mu_{\tilde{\lambda}}(a_i)]), & \{a \mid y = f(x, a)\} \neq \emptyset \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (2.14)$$

Denklem 2.13, Denklem 2.14 'in yerine konulduğunda (Denklem 2.15):

$$\mu_{\tilde{Y}}(y) = \begin{cases} 1 - \frac{|y - \sum_{i=1}^n p_i x_i|}{\sum_{i=1}^n c_i |x_i|}, & x_i \neq 0 \\ 1, & x_i = 0, \quad y = 0 \\ 0, & x_i = 0, \quad y \neq 0 \end{cases} \quad (2.15)$$

Yukarıdaki denklemler, örneklemeden elde edilebilen m veri setlerine uygulanır. Çıkış ve giriş verileri bulanık veya belirsiz olabilir (Ross, 2004: 557).

2.3. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Bulanık regresyon modelleri, aralık tipi (bulanık olmayan verilere dayalı) ve aralıksız (bulanık verilere dayalı) tip modeller olarak sınıflandırılabilir. Bir aralık tipi modeli Tanaka ve arkadaşları (1982) buna karşılık P. Diamond (1988) tarafından ise aralıklı olmayan bir model önerilmiştir. Bu çalışmada Tanaka tarafından önerilen aralık tipi modeli kullanılmıştır. Ek olarak, bulanık olmayan sayıların öznitelik değerleri kullanılarak bir bulanık regresyon modeli kısaca açıklanmaktadır.

2.3.1. Bulanık Olmayan Veriler

Tanaka ve arkadaşları 1982 yılında, doğrusal bir programlama problemine dönüştürerek regresyon modelinin çözümünü belirlemiştir (kısaca tartışıldığı gibi bu tek yaklaşım değildir). Bulanık olmayan veriler için regresyon modelinin amacı, y_i içeren bulanık çıktı setinin h 'den büyük bir üyelik değeri ile ilişkili olacağı şekilde optimum parametreler \tilde{A} belirlemektir. Başka bir deyişle (Denklem 2.16) (Ross, 2004: 557):

$$\mu_{\tilde{Y}}(y_j) \geq h, \quad j = 1, \dots, m \quad (2.16)$$

h derecesi kullanıcı tarafından belirlenir; h arttıkça, çıktının bulanıklığı artar (Ross, 2004: 557). Veri kümesi ve model arasındaki uyumun ölçüsü h terimidir. Klasik doğrusal regresyon modelinde yapılması olası hatalar hata teriminde toplanırken, bulanık doğrusal regresyonda tüm model katsayılarına hata dağıtılır. Böylece parametrelerin her birinin tahmini belli bir bulanık seviyesinde olmaktadır. h terimi $[0,1]$ aralığında değer alır (Yücel, 2005).

h değeri 0' a yaklaştıkça, üyelik değerinin düşmesine ve inanç derecesinin azalmasına sebebiyet vermektedir. h inanç derecesinin o kümeyle ait üyelik derecesini belirlemektedir (Denklem 2.17) Ortalama inanç derecesi ise (\bar{h}) ortalama üyelik derecesi bildirmektedir ve ortalamaları alınarak hesaplanır (Erilli, Körez, Öner, Alakuş, 2012).

$$h_{inanç} = h_i = 1 - \frac{|p_i - y_i|}{c_i} \quad (2.17)$$

Tablo 2.1. Bulanık olmayan veriler için veri kümelerine bir örnek

Örnek numarası, j	Çıktı, y_j	n Girdi, x_{ij}
1	y_1	$x_{11}, x_{21}, \dots, x_{n1}$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
M	y_m	$x_{1m}, x_{2m}, \dots, x_{nm}$

Bir regresyon probleminin ele alınması gereken iki temel yönü vardır:

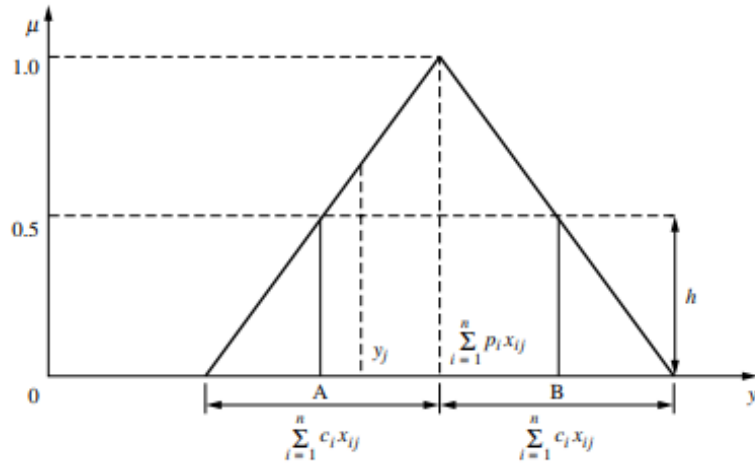
1) en uygun matematiksel model nedir ve 2) Tablo 2.1 'de gösterilen veriler için en uygun modeli nasıl belirleyebiliriz? Burada y_i , i.nci örnek için bir çıktı veya gözlem olarak adlandırılır ve x_{ij} j.inci girdi veya j.inci bağımsız değişken olarak adlandırılır i.nci örnek için (Tanaka, 1982).

Bu bölümde kendimizi lineer regresyon problemiyle sınırlandırmaktayız. Doğrusal regresyon modelinin $Y = a^t x$ olması, gözlenen değer ile tahmini değer arasındaki sapma $\tilde{Y}_i = a^t x_i$ olmasını sağlar (Denklem 2.18)

$$y_i = \tilde{Y}_i = \mathcal{E}_i, \quad i = 1, \dots, M \quad (2.18)$$

Genellikle sıfır ortalaması olan ve rastgele bir değişken olan gözlem hatası \mathcal{E}_i olarak kabul edilir. Aksine, sapmaların sistem yapısının bulanıklığına bağlı olduğu varsayılır. Başka bir deyişle, sapmalar gözlem hatalarından ziyade sistem parametrelerinin bulanıklığı ile yakından ilişkilidir (Tanaka, 1982). Yukarıdaki bakış açısıyla bulanık bir doğrusal fonksiyon dikkate alınmaktadır (Denklem 2.12).

Burada \tilde{A} , Tanım 2.14 ile tanımlanan bir bulanık kümedir. Tablo 2.1' de bulanık olmayan veriler olduğunda bulanık doğrusal regresyon modeli problemi bulanık parametreler \tilde{A} ' y₁, $\tilde{Y}_i = \tilde{A}x_i$ bulanık çıktı seti, h'den fazla derece ile y₁ içerecek şekilde belirlemektir. Verilerin dağılımı, bir modelin altında yatan fenomenin bulanıklığını temsil eder. Modelde veriler arasındaki sapmalar, bulanık parametrelerle ifade edilen sistem yapısının belirsizliği olarak açıklanmıştır.



Şekil 2.3. Bulanık çıktı fonksiyonu

Şekil 2.3 bulanık çıktı için üyelik işlevini göstermektedir. Denklem (2.16), bulanık çıktının Şekil 2.3' teki A ve B arasında olması gerektiğini belirtir. Şekilde (2.3) merkezi değeri ($\sum_{i=1}^n p_i x_i$) ve yayılım ($\sum_{i=1}^n c_i |x_i|$) Denklem (2.15) dikkate alınarak elde edilir. Burada h kullanıcı tarafından belirtilir (Ross, 2004: 558).

Regresyonda, tüm veri kümeleri için bulanık çıktının yayılımını en aza indiren bulanık katsayıları bulunmaya çalışılır. Denklem (2.19), minimize edilmesi gereken nesnel işlevi gösterir.

$$0 = \min \{ mc_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i x_{ij} \} \quad (2.19)$$

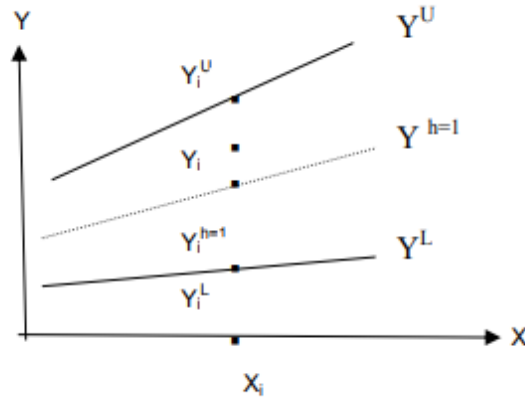
burada $x_{0j} = 1, j = 1, \dots, m$ için. Denklem (2.19), iki kısıta tabi olarak minimize edilmiştir. Kısıtlar, Denklem (2.15) Denklem (2.16)' in yerine konulduğunda elde edilir ve aşağıdaki Denklem (2.20) ve (2.21) olurlar (Ross, 2004: 558).

$$y_j \geq \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} - (1 - h) \sum_{i=1}^n c_i x_{ij} \quad (2.20)$$

ve

$$y_j \leq \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} + (1 - h) \sum_{i=1}^n c_i x_{ij} \quad (2.21)$$

Her veri kümesi iki kısıt ürettiğinden, her veri kümesi için toplam $2m$ kısıt vardır (Ross, 2004: 558).



Şekil 2.4. Bulanık Doğrusal Regresyon Aralığı

\tilde{Y}_i bulanık sayıları, x_j açıklayıcı değişkenlerinin gözlem değerlerine karşılık olarak tahmin edilmektedir. Y_i^u , \tilde{Y}_i aralığındaki üst sınırı; Y_i^L ise \tilde{Y}_i aralığındaki alt

sınırı ifade etmektedir. Alt sınırdan üst sınıra kadar, tektip dağılım gösteren n_i adet nokta bulunmaktadır (Şekil 2.4) (Yücel, 2005).

2.4. BULANIK REGRESYON ANALİZİ LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bulanık Doğrusal Regresyon, ilk kez Tanaka, Uejima ve Asai tarafından 1982 yılında çalışılmıştır. Sonradan bu konu birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve Tanaka'nın bulanık regresyon modeli geliştirilmiştir. Tanaka'nın 1982 yılındaki modelinde bulanık olmayan veriler kullanılarak bir yaklaşım elde edilmiştir. Çalışmada bağımsız değişkenlere göre bağımlı değişkeni tahmin etmek ve oluşturulan modelde parametreleri tahmin etmek amaçlanmış, klasik regresyon modeli esnetilerek Japonya'daki prefabrik evlerin fiyat mekanizmasının tahmini bulanık doğrusal modeli ile elde edilmiştir.

Bulanık regresyon modellerinin ikinci temel taşı Diamond 1988 yılında ortaya koymuş, aralıksız (bulanık verilere dayalı) tip model önermiştir. Bulanık değerli verilerin basit en küçük karelere uyması için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Modellere bulanık veri setlerinin uyarlanabileceği ve normal denklemlerin analoglarının türetildiği kriterler verilmiştir.

Moskowitz ve Kim (1993) H değeri arasındaki ilişki, üyelik fonksiyonu şekli ve bulanık doğrusal regresyonda bulanık parametrelerin yayılımlarını belirlemiş ve yayılımın H değeri ve üyelik fonksiyonu şekline duyarlılığını incelemiştir.

Chang ve Lee (1996), en küçük kareler yaklaşımına dayanan oldukça genel olan bulanık regresyon modeli önermiştir. Bu yeni modelin adı bulanık ağırlıklı en küçük kareler regresyonu yaklaşımı olmuştur. Normal aralığın dışında kalan veri noktaları düzeltilip ve etkileri azaltılmıştır. Chang ve Lee (1996), önerilen yöntemin bulanık regresyon analizinde etkili bir hesaplama aracı olabileceğini göstermek için sayısal bir örneğe de yer vermiştir.

İlerleyen zamanlarda yapılan çalışmaların bazılarında bulanık doğrusal regresyon modelleri farklı yöntemlerle bütünleştirilerek kullanılmış, bazılarında ise yöntemi geliştirmeye yönelik yeni açılımlar geliştirilmiştir. Bunlardan Bell ve Wang (1997), kümülatif travma bozuklukları risk faktörlerinin ilişkisini ortaya koymak, yaralanmaları tahmin etmek ve bireylerin risk düzeylerini değerlendirmek için farklı bulanık doğrusal regresyon modelleri oluşturmuştur. Oluşturulan dört bulanık model

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ikili karşılaştırmaları kullanılarak nihai bulanık doğrusal model oluşturulmuştur. Çoklu doğrusallık etkileri ele alınmış ve etkileri ortadan kaldırmak için kısmi standart sapma ölçeklendirme yöntemi kullanılmıştır. Kim ve Bishu (1998) ise önerdikleri modelle gözlemlenen ve tahmin edilen bulanık sayılar arasındaki bulanık üyelik değerlerinin farkının en aza indirilmesi kriterine dayanarak bulanık doğrusal regresyon analizinin değiştirilmesini önermişlerdir. Ghoshray ve Roig (1999), simetrik üçgen katsayısı kullanan bulanık doğrusal regresyon modelinin sonuçlarını simetrik olmayan bulanık üçgen katsayıları olan birine genişletmişlerdir. Bu çalışma, mevcut bulanık doğrusal regresyon modellerinin esnekliğini ortadan kaldırmaktadır.

Wang ve Tsaur (2000), Tanaka tarafından modellenen net girdi ve bulanık çıktı kullanılarak bulanık en küçük kare yöntemini önermişlerdir. Bu yaklaşımla yeni modeldeki öngürülebilirliğin Tanaka'dan daha iyi olduğu ve hesaplama verimliliğinin geleneksel en küçük kare yönteminden daha iyi olduğu gösterilmiştir.

Chang ve Ayyub (2001), bulanık regresyon ve normal regresyon arasındaki temel farklılıkları araştırmışlardır. Bulanık yaklaşımın üç yaklaşımını özetlemişler ve hem rastgelelik hem de belirsizlik türlerini bir regresyon modeline entegre etmek için, melez bulanık en küçük kareler regresyon analizini önermişlerdir. Tran ve Duckstein (2002), çok amaçlı bir bulanık regresyon modeli geliştirmiştir. Bu model, istatistiksel ve bulanık regresyonların merkezi eğilimini ve olasılık özelliklerini birleştirerek, her iki yaklaşımın bazı eksikliklerinin yok edilmesini sağlamıştır. Yongqi (2012), ağırlık vektöründeki bulanık kümeler prensibini uygulayarak belirsiz ve kesin olmayan verileri tahmin etmek için en küçük kareler destek vektörü bulanık regresyon modeli önerilmiştir. Chen, Hsueg ve Chang (2013), uzaklık kavramına dayalı bulanık bir regresyon modeli oluşturmak için iki aşamalı basit bir yaklaşım önermiştir. Çalışmada bulanık regresyon modelinde negatif katsayılarla ve çok sayıda bulanık gözlemle ilgili bir problemin ele alınmasında iki aşamalı bir yaklaşım önerilmiştir. Yabuuchi (2017), belirsizliğin bir olasılık derecesine dâhil edildiği varsayarak, veri dağılımındaki çarpıklığı gidermek için bulanık bir regresyon modeli oluşturmuştur.

Yukarıda açıklanan makalelerden farklı olarak bulanık regresyon modelleri kitaplara da konu olmuştur. Chuckhrova ve Johannssen (2019) bir kitap yayımlayarak içerisinde birçok bulanık regresyon modeline yer vermiş, bulanık regresyon analizi

hakkında geniş bir kaynakça sunmuştur. Ayrıca gelecekteki araştırmalar için olası yeni çalışma alanları önerilmiştir.

Yabancı literatürdeki bu çalışmaların yanı sıra, Türkiye’den araştırmacılar da bulanık regresyon modelini kullanmıştır. Örneğın Yücel (2005), Türkiye’de 1980-2004 yılları arasındaki kayıt dışı ekonominin bulanık yöntemlerle tahminine ilişkin bir çalışma gerçekleştirmiştir. Başaran (2007), çok değişkenli bulanık regresyonda parametre tahmininde bulunmuştur. Çalışmada daha önce yapılan doğrusal bulanık regresyon incelenmiş ve çok değişkenli bulanık regresyon tahmini için kullanılabilir farklı bir yöntem önerilmiştir. Düzyurt (2008), klasik ve bulanık regresyon modellerini incelenmiş, Ankara’daki ev fiyatları tahminini bu modellerle yapmıştır. Kaya (2010), bulanık regresyon ve lojistik regresyon modelini Türkiye’deki KOBİ’lerin devletin desteğini alıp almadığını araştırmak için kullanmıştır. Erilli, Körez, Öner ve Alakuş (2012), bulanık regresyon modelini kriz dönemlerindeki enflasyon tahminleri yapmak için kullanmıştır. Topuz (2018), bulanık regresyon çözümleme modelleri kullanılarak süt sığırcılığı üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, laktasyon süt verimine etki eden faktörler belirlenerek bulanık katsayı tahminleri bulunmaya çalışılmıştır. Aydoğdu (2020), Aydın ilindeki konut fiyatlarını etkileyen değişkenleri bulmak için bulanık regresyon analizinden yararlanmış, konut fiyatlarının tahmininde bulanık en küçük kareler modelini kullanmıştır.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında bulanık regresyon modellerinin pek çok farklı alanda tahmin yapmak için kullanıldığı görölmektedir. Aşağıdaki Tablo 2.2.’de literatürdeki farklı bulanık regresyon modeli öneren bu çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Literatür Tablosu

1982	Tanaka, Uejima, Asai	Klasik regresyon esnetilerek ilk doğrusal bulanık regresyon modeli oluşturulmuştur ve veriler bulanık değildir.
1988	Diomand	Verileri bulanık olan ilk bulanık regresyon modeli oluşturulmuştur.
1993	Moskowitz ve Kim	Bulanık parametrelerin yayılımlarını belirlenmiş ve H değerinin bulanıklığa etkisi araştırılmıştır.
1996	Chang ve Lee	Bulanık ağırlıklı en küçük kareler regresyonu yaklaşımı önerilmiştir.
1998	Kim ve Bishu	Önerilen modelle gözlemlenen ve tahmin edilen bulanık sayılar arasındaki bulanık üyelik değerlerinin farkının en aza indiren yeni bir model olmuştur.
1999	Ghoshray ve Roig	Simetrik üçgen katsayısı kullanan bulanık doğrusal regresyon modelinin sonuçlarını simetrik olmayan bulanık üçgen katsayıları olan birine genişletilmiştir.
2000	Wang ve Tsaur	Bulanık en küçük kare yöntemi önerilmiştir.
2001	Chang ve Ayyub	Melez bulanık en küçük kareler regresyon analizi önerilmiştir.
2002	Tran ve Duckstein	Çok amaçlı bir bulanık regresyon modeli geliştirilmiştir.
2012	Yongqi	Ağırlık vektöründeki bulanık kümeler prensibini uygulayarak belirsiz ve kesin olmayan verileri tahmin etmek için en küçük kareler destek vektörü bulanık regresyon modeli önerilmiştir.
2013	Chen, Hsueg, Chang	Uzaklık kavramına dayalı bulanık bir regresyon modeli oluşturmak için iki aşamalı basit bir yaklaşım önerilmiştir.
2017	Yabuuchi	Belirsizliğin bir olasılık derecesine dâhil edildiği varsayarak, veri dağılımındaki çarpıklığı gidermek için bulanık bir regresyon modeli oluşturmuştur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TANAKA’NIN DOĞRUSAL BULANIK REGRESYON MODELİ İLE TÜRKİYE’DEKİ BELEDİYE ATIĞI MİKTARININ TAHMİNİ

Bu bölümde Tanaka’nın doğrusal bulanık regresyon modeli kullanılarak Türkiye’deki belediye atığını tahmin eden ampirik bir uygulama yapılmıştır. Bölümde öncelikle uygulamanın amacı, kapsamı ve varsayımlarından başlanmıştır; arkasından kurulan modelde yer alan değişkenler ve veri seti açıklanarak, doğrusal bulanık model kurulmuştur.

3.1. UYGULAMANIN AMACI

Atık yönetimi hem Türkiye’de hem de dünyada son yirmi yılda çok önem kazanan bir konudur. Türkiye Avrupa Birliği’ne katılmak isteyen bir ülke olarak Birlik üye ülkeleri gibi yeterli atık yönetimi sistemine ulaşmak istemekte ve atık konusunda yasalarını uyumlaştırmaya çalışmaktadır. Atık yönetimi açısından atık miktarlarının tahmini önemlidir.

Burada yapılan uygulamanın amacı, Türkiye’deki toplam belediye atığı miktarı ile sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin varlığını ortaya koymak ve Tanaka’nın doğrusal bulanık regresyon modelini kullanarak Türkiye’nin 2005 – 2020 yılları arasındaki belediye atığı miktarını tahmin etmektir. Uygulamayla, belediye atıklarının miktarının belli yıllar arasındaki tahmini ve hangi göstergelere bağlı olduğu ortaya konmaya çalışılacaktır. Yapılan tahminlemeyle atık miktarları hakkındaki öngörülerin gelecekte atık geri kazanımı ve güvenli bertarafına yönelik yatırımlar ve planlamalar için ışık tutması beklenmektedir.

3.2. UYGULAMANIN KAPSAMI VE VARSAYIMLARI

Atık yönetim sistemlerinin yeterli bir şekilde planlanması ve atık eğilimlerini etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesi açısından atık üretiminin doğru tahmini önemli bir adımdır. Literatürdeki çalışmalar (Batinic, Vucmirovic, Vujic, Stanisavljevic, Ubavin, Vukmirovic: 2011) belediye atık miktarı ile çok sayıda sosyoekonomik gösterge (gelir seviyesi, eğitim seviyesi, yaş, cinsiyet, çalışma oranları vb.) arasında ilişki bulunduğunu göstermektedir. Ghinea, Dragoi, Comanita,

Gavrilescu, Campean, Curteanu, Gavrilescu (2016) katı atık miktarı ve çeşitliliğini tahmin etmek için, Romanya'da çalışma yapılan bölgede yaşayan sakinlerin sayısı, nüfus yaşı, kentsel yaşam beklentisi, toplam belediye katı atığı gibi göstergeler kullanılmıştır. Younes, Nopiah, Basri, Basri, Abushammala, Younes (2016), katı atık üretiminin genellikle ekonomik, demografik ve sosyal faktörlerle ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, bu faktörler nüfus ve ekonomik büyüme nedeniyle sabit değildir.

Literatürdeki çalışmalara dayanarak, bu tez çalışmasında yapılan uygulamada çok sayıda gösterge içinden daha fazla etkili olabileceği düşünülen ve verisine ulaşılabilen göstergeler çalışma kapsamına alınmıştır. Bunlar; Türkiye'de nüfus artış hızı, kişi başına düşen GSYİH ve okur-yazarlık oranıdır. Çalışmanın başlangıcında nüfus artış hızı yerine toplam nüfus kullanılmış, fakat model anlamlı çıkmadığı için veri değiştirilmiştir.

Diğer yandan, tahminleme için Tanaka'nın doğrusal bulanık regresyon modeli kullanılmıştır. Belediye atığı miktarının belirlenmesinde kullanılan kriterlerin yeterli düzeyde tanımlanmamış olması sebebiyle ortaya çıkan belirsizlik durumu da göz önüne alınarak Tanaka'nın bulanık regresyon modeli (bkz. Bölüm 2.4.) ile Türkiye'de toplanan belediye atığı miktarını tahminleyen model oluşturulmuştur. Ayrıca belediye atığı miktarı sadece belirtilen kriter ve göstergelere bağlı bulunmayabilir ve bu miktarı etkileyen birçok bağımsız değişken olabilir. Fakat belediye atığı miktarının belirlenmesi için kriterlerin kesin tanımlanmamış olması sebebiyle ortaya çıkan belirsizlik, yöntemde bulanıklığa neden olmaktadır.

Uygulama modelinde kullanılan veri Eurostat, OECD ve TÜİK veri tabanlarından toplanmış, resmi kurumlara ait bu veri tabanlarından elde edilen veri setinin güvenilir olduğu varsayılmıştır.

3.3. UYGULAMANIN MODELİ

Uygulamada tahmin yöntemi olarak Tanaka'nın doğrusal bulanık regresyon modeli kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenler ve veri seti izleyen kısımlarda açıklanmıştır.

3.3.1. Model Değişkenleri

Türkiye'deki toplanan belediye atığı miktarının, ikinci bölümde anlatılan Tanaka'nın doğrusal bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilmesine yönelik bu çalışmada, Türkiye'de yılda üretilen toplam belediye atığı miktarı, o yıldaki nüfus artış hızı, o yıldaki kişi başına düşen ortalama gayrisafi yurt içi hasıla miktarı, o yıldaki okur-yazarlık oranı değişkenleri kullanılmıştır. Modelde kullanılmak üzere belirlenen bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin tanımı şu şekildedir:

$i = 1, 2, \dots, 15$ (2005– 2020 yılları için)

$Y_i = i$. Yıldaki belediye atığı miktarı (bin ton)

$X_{i1} = i$. Yıldaki nüfus artış hızı (%)

$X_{i2} = i$. Yıldaki GSYİH (bin TL)

$X_{i3} = i$. Yıldaki okuryazarlık oranı (%)

Farklı GSYH'ye sahip ülkeler, belirli atık çeşitliliği ve miktarlarında da farklı paya sahiptir. Ancak, bu korelasyon belediye düzeyinde de gözlemlenebilir. Belediyelerdeki ortalama gelir ile farklı atık miktarları arasındaki bağımlılık göz önünde bulundurulur. Bu durumlar paralelinde, ülkedeki ortalama gelir ile atık miktarı arasında bağımlılık söz konusudur. Türkiye geliştirmekte olan bir ülke olarak, her yıl artan bir gelire sahiptir. Bu nedenle, ilk bağımsız değişken olarak, reel ekonomik gösterge olan ortalama hane halkı geliri alınmıştır. Nüfus ile ilgili temel parametreler, üretilen atık miktarının üzerinde etkili olan önemli faktörlerdir (Batinic ve diğerleri: 2011) . Çalışmada nüfus artış hızı diğer bir bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir. Üçüncü bağımsız değişken ise eğitim yapısı olarak alınmıştır. Bilgi, eğitim ve kültür kalıplarının seviyesi, üretilen atığın miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan araştırmalara göre (Batinic, Vucmirovic, Vujic, Stanisavljevic, Ubavin, Vukmirovic: 2011), yüksek eğitilmiş kişilerin atık miktarındaki payı daha düşüktür. Buradan hareketle üçüncü değişken olarak okuryazarlık oranı alınmıştır. Atık miktarları mevsimsel olarak değişse de Türkiye'de yeterli verilerin bulunamaması nedeniyle sadece yıllık ortalama değerleri hesaplanmıştır.

3.3.2. Veri Seti

Verilerin toplanmasına ilişkin yapılan ön incelemede modelde kullanılacak bağımlı değişken olan belediye atıklarıyla ilgili Türkiye’de 2005 yılından önceki yıllara ait sistematik veri olmadığı ve veri güvenilirlik seviyesinin düşük olduğu görülmüştür. 2005’den itibaren daha sistematik veri toplandığından 2005– 2020 yılları arası 15 yıla ait veri kullanılmıştır. İlgili veri Eurostat, OECD ve TÜİK veri tabanlarından Nisan 2020-Mayıs 2020 tarihleri arasında toplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan OECD, Eurostat ve TÜİK veri tabanlarından elde edilen veri seti Tablo 3.1.’de gösterilmiştir. Bu çizelgede, farklı yıllarda ortaya çıkan toplam belediye atığı miktarı (Y_i) ve bu miktarı etkileyen değişkenler (X_{i1}), (X_{i2}), (X_{i3}) olarak gösterilmiştir.

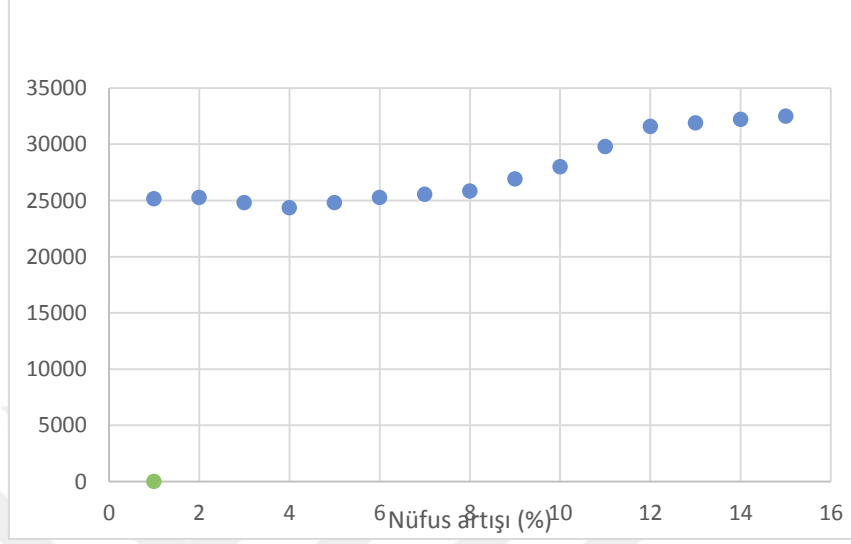
Tablo 3.1. Türkiye’deki farklı yıllarda ortaya çıkan belediye atığı miktarı ve bu miktarı etkileyen değişkenlerin çizelgesi (veri seti)

I	Y_i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}
1 (2005)	25147	1,3	9	88,1
2 (2006)	25280	1,2	11	88,2
3 (2007)	24820	1,2	12	88,7
4 (2008)	24361	1,2	14	91,8
5 (2009)	24819	1,3	13	92,5
6 (2010)	25277	1,4	15	94,0
7 (2011)	25561	1,5	18	95,1
8 (2012)	25845	1,6	20	95,8
9 (2013)	26928	1,7	23	96,0
10 (2014)	28011	1,7	26	96,1
11 (2015)	29797	1,7	29	96,2
12 (2016)	31584	1,6	32	96,5
13 (2017)	31896	1,6	38	96,7
14 (2018)	32209	1,5	45	97,0
15 (2019)	32500	14	51	98,0

3.3.3. Bulanık Regresyon Modeli

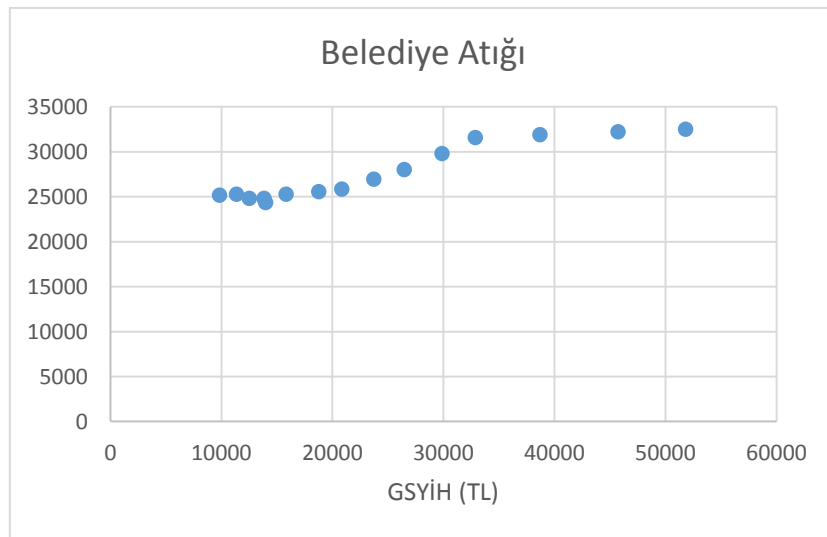
Doğrusal programlamayı kullanmadan önce bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı incelenmelidir. Doğrusallığı test etmek için nokta grafiğinden faydalanılır (Kaya, 2010). Modelde yer alan bağımlı

değişken ile bağımsız değişkenlere ilişkin nokta grafikleri ayrı ayrı Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.



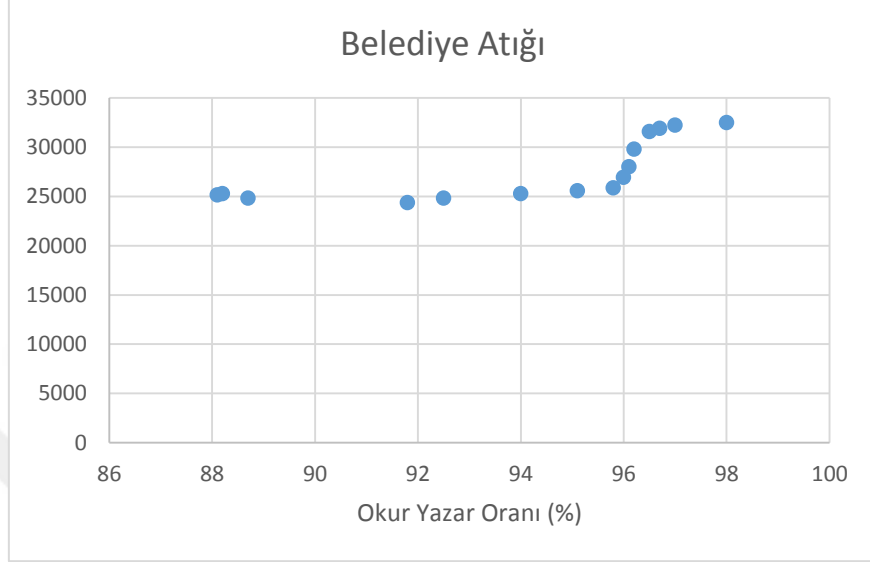
Şekil 3.1. Nüfus Artış Hızı ile Belediye Atığı Miktarı (Kaynak: TÜİK-OECD-Eurostat)

Şekil 3.1'de görüldüğü üzere Türkiye'deki nüfus artış hızı ile belediye atığı miktarı nokta grafiğinde incelendiğinde aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2. GSYİH ile Belediye Atığı Miktarı (Kaynak: TÜİK-OECD-Eurostat)

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere Türkiye’deki kişi başına düşen GSYİH ile belediye atığı miktarı nokta grafiğinde incelendiğinde aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Okuryazar Oranı ile Belediye Atığı Miktarı (Kaynak: TÜİK-OECD-Eurostat)

Şekil 3.3’de görüldüğü üzere Türkiye’deki okuryazar oranı ile belediye atığı miktarı nokta grafiğinde incelendiğinde aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir.

Modelde yer alan bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusallığı ortaya konduğundan doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu ve kısıtlarının oluşturulması aşamasına geçilebilir. Önerilen model için her veri ikişer kısıta dönüştürülmüştür. Buna göre, Tablo 3.1’deki 15 yıla ait veri seti kullanılarak 30 kısıt oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonu: $(0 = \min \{ mc_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i x_{ij} \})$ bulanık çıktının yayılımını minimize eden bulanık katsayıların bulunması içindir. Kısıtlar ise:

$$[y_j \geq \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} - (1 - h) \sum_{i=1}^n c_i x_{ij}] \text{ ve}$$

$$[y_j \leq \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} + (1 - h) \sum_{i=1}^n c_i x_{ij}]$$

regresyon katsayılarının merkezi değerini ve yayılımlarını oluşturmak içindir.

H derecesi kullanıcı tarafından belirlenir (Ross, 2004: 557). Dolayısıyla incelenen diğer uygulamalara bakılarak minimum bulanıklık kriteri $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ olarak 3 durum için elde edilen doğrusal programlama modelleri kurulmuştur. Kurulan bulanık doğrusal regresyon modellerinin LINGO 11.0 paket programında gösterimi ve elde edilen sonuçlar sırasıyla EK-2, EK-3 ve EK-4'te açık olarak sunulmuştur. Her bir farklı minimum bulanıklık kriteri için elde edilen bulanık regresyon modelleri aşağıda açıklanmıştır.

3.3.3.1. $H=0.00$ Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi

X bağımsız değişkenleri ve Y bağımlı değişkenin Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde $H=0.00$ için LINGO paket programında gösterimi aşağıdaki gibidir. Elde edilen çözüm sonuçları ise EK-2'de gösterilmiştir.

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde $H=0.00$ için:

$$\text{MIN} = 15*c_0 + 21.9*c_1 + 356*c_2 + 1410.7*c_3;$$

$$p_0 + 1.3*p_1 + 9*p_2 + 88.1*p_3 - c_0 - 1.3*c_1 - 9*c_2 - 88.1*c_3 \leq 25147;$$

$$p_0 + 1.3*p_1 + 9*p_2 + 88.1*p_3 + c_0 + 1.3*c_1 + 9*c_2 + 88.1*c_3 \geq 25147;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 11*p_2 + 88.2*p_3 - c_0 - 1.2*c_1 - 11*c_2 - 88.2*c_3 \leq 25280;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 11*p_2 + 88.2*p_3 + c_0 + 1.2*c_1 + 11*c_2 + 88.2*c_3 \geq 25280;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 12*p_2 + 88.7*p_3 + c_0 + 1.2*c_1 + 12*c_2 + 88.7*c_3 \geq 24820;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 12*p_2 + 88.7*p_3 - c_0 - 1.2*c_1 - 12*c_2 - 88.7*c_3 \leq 24820;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 14*p_2 + 91.8*p_3 + c_0 + 1.2*c_1 + 14*c_2 + 91.8*c_3 \geq 24361;$$

$$p_0 + 1.2*p_1 + 14*p_2 + 91.8*p_3 - c_0 - 1.2*c_1 - 14*c_2 - 91.8*c_3 \leq 24361;$$

$$p_0 + 1.3*p_1 + 13*p_2 + 92.5*p_3 + c_0 + 1.3*c_1 + 13*c_2 + 92.5*c_3 \geq 24819;$$

$$p_0 + 1.3*p_1 + 13*p_2 + 92.5*p_3 - c_0 - 1.3*c_1 - 13*c_2 - 92.5*c_3 \leq 24819;$$

$$p_0 + 1.4*p_1 + 15*p_2 + 94*p_3 + c_0 + 1.4*c_1 + 15*c_2 + 94*c_3 \geq 25277;$$

$$p_0 + 1.4*p_1 + 15*p_2 + 94*p_3 - c_0 - 1.4*c_1 - 15*c_2 - 94*c_3 \leq 25277;$$

$$p_0 + 1.5*p_1 + 18*p_2 + 95.1*p_3 + c_0 + 1.5*c_1 + 18*c_2 + 95.1*c_3 \geq 25561;$$

$$p_0 + 1.5*p_1 + 18*p_2 + 95.1*p_3 - c_0 - 1.5*c_1 - 18*c_2 - 95.1*c_3 \leq 25561;$$

$$p0+1.6*p1+20*p2+95.8*p3+c0+1.6*c1+20*c2+95.8*c3 \geq 25845;$$

$$p0+1.6*p1+20*p2+95.8*p3-c0-1.6*c1-20*c2-95.8*c3 \leq 25845;$$

$$p0+1.7*p1+23*p2+96*p3+c0+1.7*c1+23*c2+96*c3 \geq 26928;$$

$$p0+1.7*p1+23*p2+96*p3-c0-1.7*c1-23*c2-96*c3 \leq 26928;$$

$$p0+1.7*p1+26*p2+96.1*p3+c0+1.7*c1+26*c2+96.1*c3 \geq 28011;$$

$$p0+1.7*p1+26*p2+96.1*p3-c0-1.7*c1-26*c2-96.1*c3 \leq 28011;$$

$$p0+1.7*p1+29*p2+96.2*p3+c0+1.7*c1+29*c2+96.2*c3 \geq 29797;$$

$$p0+1.7*p1+29*p2+96.2*p3-c0-1.7*c1-29*c2-96.2*c3 \leq 29797;$$

$$p0+1.6*p1+32*p2+96.5*p3+c0+1.6*c1+32*c2+96.5*c3 \geq 31584;$$

$$p0+1.6*p1+32*p2+96.5*p3-c0-1.6*c1-32*c2-96.5*c3 \leq 31584;$$

$$p0+1.6*p1+38*p2+96.7*p3+c0+1.6*c1+38*c2+96.7*c3 \geq 31896;$$

$$p0+1.6*p1+38*p2+96.7*p3-c0-1.6*c1-38*c2-96.7*c3 \leq 31896;$$

$$p0+1.5*p1+45*p2+97*p3+c0+1.5*c1+45*c2+97*c3 \geq 32209;$$

$$p0+1.5*p1+45*p2+97*p3-c0-1.5*c1-45*c2-97*c3 \leq 32209;$$

$$p0+1.4*p1+51*p2+98*p3+c0+1.4*c1+51*c2+98*c3 \geq 32500;$$

$$p0+1.4*p1+51*p2+98*p3-c0-1.4*c1-51*c2-98*c3 \leq 32500;$$

@FREE(p0);

@FREE(p1);

@FREE(p2);

@FREE(p3);

END



Şekil 3.4. H=0.00 seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları

LINGO 11.0 paket programındaki bu sonuçlar doğrultusunda bulanık katsayı parametrelerinin en küçük bulanıklığa bağlı tahmin değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. H=0.00 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri

Değişkenler	Katsayılar	Merkez değeri (p_n)	Yayılım (c_n)
Sabit	\tilde{A}_0	60862,03	0,00
X_1	\tilde{A}_1	5331,67	0,00
X_2	\tilde{A}_2	337,04	43,90
X_3	\tilde{A}_3	-518,12	0,00

$$\tilde{Y}_i = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3}$$

$$= (60862,03 ; 0) + (5331,67 ; 0) X_{i1} + (337,04 ; 43,90) X_{i2} + (-518,12 ; 0) X_{i3}$$

(60862,03 ; 0) merkezi değeri 60862,03 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimdir. (5331,67 ; 0) merkezi değeri 5331,67 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimdir. Diğerleri de aynı şekilde (337,04 ; 43,90) merkezi değeri 337,04 ve yayılım

değeri 43,90 olan, (-518,12 ; 0) merkezi değeri -518,12 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimlerdir.

Tahmin edilen belediye atığı değerleri Tablo 3.3' te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. H=0.00 için Tanaka'nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı) değerleri

H=0.00 için						
i	Gerçek Y Değerleri	Tahmin Edilen \tilde{Y}_i Alt Sınır ve Üst Sınır Değerleri		Tahmin Edilen $Y_i = (p_i, c_i)$ Merkezi ve Yayılımı		İnanç Derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	p_i	c_i	h_i
1	25147	24785,08	25575,28	25180,18	395,10	0,91
2	25280	24786,39	25752,19	25269,29	482,90	0,97
3	24820	24820,47	25874,07	25347,27	526,80	0,00
4	24361	23800,57	25029,77	24415,17	614,60	0,91
5	24819	23677,92	24819,32	24248,62	570,70	0,00
6	25277	24020,18	25337,18	24678,68	658,50	0,09
7	25561	24862,84	26443,24	25653,04	790,20	0,88
8	25845	25619,60	27375,60	26497,60	878,00	0,25
9	26928	26928,56	28947,96	27938,26	1009,70	0,00
10	28011	27756,17	30038,97	28897,57	1141,40	0,22
11	29797	28583,73	31129,98	29856,88	1273,10	0,95
12	31584	28774,60	31584,20	30179,40	1404,80	0,00
13	31896	30429,81	33766,21	32098,01	1668,20	0,87
14	32209	31793,19	35744,19	33768,69	1975,50	0,21
15	32500	32500,74	36978,54	34739,64	2238,90	0,00

Belediye atığı miktarının bulanık ortalama değeri $Y_i = (p_i, c_i)$ şeklindedir. Belediye atığı miktarının belirsizliği \tilde{A}_2 kişi başına düşen GSYİH'nın belirsizliği ile ifade edilebilir.

H değerinin 0 olması ikinci bölümde de açıklandığı gibi sistem için bir inanç seviyesi düşüklüğüne ve üyelik değerinin düşmesine sebep olmaktadır (bkz. Bölüm 2.4.1)

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 15630,76$$

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{15} h_i / 15 = 0,41$$

Sistem bulanıklığı 15630,76 hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi (\bar{h}) ise Denklem 2.17' ye göre hesaplanarak 0'dan büyük bir değer olan 0,41 olarak belirlenmiştir.

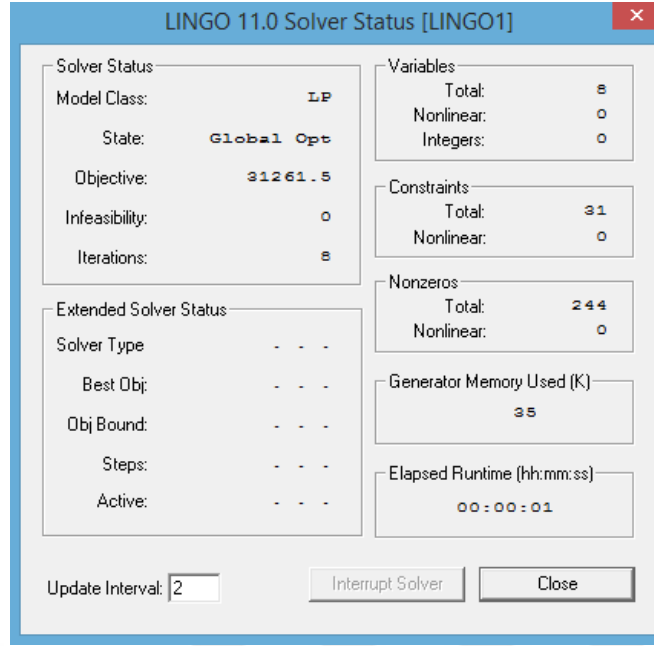
3.3.3.2. H=0.50 Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi

X bağımsız değişkenleri ve Y bağımlı değişkenin Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.50 için LINGO paket programında gösterimi aşağıdaki gibidir. Elde edilen çözüm sonuçları ise EK-3'de gösterilmiştir.

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.50 için:

$$\begin{aligned} \text{MIN} &= 15*c_0+21.9*c_1+356*c_2+1410.7*c_3; \\ p_0+1.3*p_1+9*p_2+88.1*p_3-0.5*c_0-1.3*0.5*c_1-9*0.5*c_2-88.1*0.5*c_3 &\leq 25147; \\ p_0+1.3*p_1+9*p_2+88.1*p_3+0.5*c_0+1.3*0.5*c_1+9*0.5*c_2+88.1*0.5*c_3 &\geq 25147; \\ p_0+1.2*p_1+11*p_2+88.2*p_3-0.5*c_0-1.2*0.5*c_1-11*0.5*c_2-88.2*0.5*c_3 &\leq 25280; \\ p_0+1.2*p_1+11*p_2+88.2*p_3+0.5*c_0+1.2*0.5*c_1+11*0.5*c_2+88.2*0.5*c_3 &\geq 25280; \\ p_0+1.2*p_1+12*p_2+88.7*p_3+0.5*c_0+1.2*0.5*c_1+12*0.5*c_2+88.7*0.5*c_3 &\geq 24820; \\ p_0+1.2*p_1+12*p_2+88.7*p_3-0.5*c_0-1.2*0.5*c_1-12*0.5*c_2-88.7*0.5*c_3 &\leq 24820; \\ p_0+1.2*p_1+14*p_2+91.8*p_3+0.5*c_0+1.2*0.5*c_1+14*0.5*c_2+91.8*0.5*c_3 &\geq 24361; \\ p_0+1.2*p_1+14*p_2+91.8*p_3-0.5*c_0-1.2*0.5*c_1-14*0.5*c_2-91.8*0.5*c_3 &\leq 24361; \\ p_0+1.3*p_1+13*p_2+92.5*p_3+0.5*c_0+1.3*0.5*c_1+13*0.5*c_2+92.5*0.5*c_3 &\geq 24819; \\ p_0+1.3*p_1+13*p_2+92.5*p_3-0.5*c_0-1.3*0.5*c_1-13*0.5*c_2-92.5*0.5*c_3 &\leq 24819; \\ p_0+1.4*p_1+15*p_2+94*p_3+0.5*c_0+1.4*0.5*c_1+15*0.5*c_2+94*0.5*c_3 &\geq 25277; \\ p_0+1.4*p_1+15*p_2+94*p_3-0.5*c_0-1.4*0.5*c_1-15*0.5*c_2-94*0.5*c_3 &\leq 25277; \\ p_0+1.5*p_1+18*p_2+95.1*p_3+0.5*c_0+1.5*0.5*c_1+18*0.5*c_2+95.1*0.5*c_3 &\geq 25561; \\ p_0+1.5*p_1+18*p_2+95.1*p_3-0.5*c_0-1.5*0.5*c_1-18*0.5*c_2-95.1*0.5*c_3 &\leq 25561; \\ p_0+1.6*p_1+20*p_2+95.8*p_3+0.5*c_0+1.6*0.5*c_1+20*0.5*c_2+95.8*0.5*c_3 &\geq 25845; \\ p_0+1.6*p_1+20*p_2+95.8*p_3-0.5*c_0-1.6*0.5*c_1-20*0.5*c_2-95.8*0.5*c_3 &\leq 25845; \\ p_0+1.7*p_1+23*p_2+96*p_3+0.5*c_0+1.7*0.5*c_1+23*0.5*c_2+96*0.5*c_3 &\geq 26928; \end{aligned}$$

$p_0+1.7*p_1+23*p_2+96*p_3-0.5*c_0-1.7*0.5*c_1-23*0.5*c_2-96*0.5*c_3 \leq 26928;$
 $p_0+1.7*p_1+26*p_2+96.1*p_3+0.5*c_0+1.7*0.5*c_1+26*0.5*c_2+96.1*0.5*c_3 \geq 28011;$
 $p_0+1.7*p_1+26*p_2+96.1*p_3-0.5*c_0-1.7*0.5*c_1-26*0.5*c_2-96.1*0.5*c_3 \leq 28011;$
 $p_0+1.7*p_1+29*p_2+96.2*p_3+0.5*c_0+1.7*0.5*c_1+29*0.5*c_2+96.2*0.5*c_3 \geq 29797;$
 $p_0+1.7*p_1+29*p_2+96.2*p_3-0.5*c_0-1.7*0.5*c_1-29*0.5*c_2-96.2*0.5*c_3 \leq 29797;$
 $p_0+1.6*p_1+32*p_2+96.5*p_3+0.5*c_0+1.6*0.5*c_1+32*0.5*c_2+96.5*0.5*c_3 \geq 31584;$
 $p_0+1.6*p_1+32*p_2+96.5*p_3-0.5*c_0-1.6*0.5*c_1-32*0.5*c_2-96.5*0.5*c_3 \leq 31584;$
 $p_0+1.6*p_1+38*p_2+96.7*p_3+0.5*c_0+1.6*0.5*c_1+38*0.5*c_2+96.7*0.5*c_3 \geq 31896;$
 $p_0+1.6*p_1+38*p_2+96.7*p_3-0.5*c_0-1.6*0.5*c_1-38*0.5*c_2-96.7*0.5*c_3 \leq 31896;$
 $p_0+1.5*p_1+45*p_2+97*p_3+0.5*c_0+1.5*0.5*c_1+45*0.5*c_2+97*0.5*c_3 \geq 32209;$
 $p_0+1.5*p_1+45*p_2+97*p_3-0.5*c_0-1.5*0.5*c_1-45*0.5*c_2-97*0.5*c_3 \leq 32209;$
 $p_0+1.4*p_1+51*p_2+98*p_3+0.5*c_0+1.4*0.5*c_1+51*0.5*c_2+98*0.5*c_3 \geq 32500;$
 $p_0+1.4*p_1+51*p_2+98*p_3-0.5*c_0-1.4*0.5*c_1-51*0.5*c_2-98*0.5*c_3 \leq 32500;$
@FREE(p0);
@FREE(p1);
@FREE(p2);
@FREE(p3);
END



Şekil 3.5. H=0.50 seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları

LINGO 11.0 paket programındaki bu sonuçlar doğrultusunda bulanık katsayı parametrelerinin en küçük bulanıklığa bağlı tahmin değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. H=0.50 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri

Değişkenler	Katsayılar	Merkez değeri (p_n)	Yayılım (c_n)
Sabit	\tilde{A}_0	60862,03	0,00
X_1	\tilde{A}_1	5331,67	0,00
X_2	\tilde{A}_2	337,04	87,81
X_3	\tilde{A}_3	-518,12	0,00

$$\tilde{Y}_i = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3}$$

$$= (60862,03 ; 0) + (5331,67 ; 0) X_{i1} + (337,04 ; 87,81) X_{i2} + (-518,12 ; 0) X_{i3}$$

(60862,03 ; 0) merkezi değeri 60862,03 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimdir.

(5331,67 ; 0) merkezi değeri 5331,67 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimdir.

Diğerleri de aynı şekilde (337,04 ; 87,81) merkezi değeri 337,04 ve yayılım değeri

87,81 olan, (-518,12 ; 0) merkezi değeri -518,12 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimlerdir.

Modelin LINGO 11.0 paket programında gösterimi ve elde edilen sonuçlar EK 2'de gösterilmiştir. Tahmin edilen belediye atığı değerleri Tablo 3.5' te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. H=0.50 için Tanaka'nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı Miktarı) değerleri

H=0.50 için						
\hat{I}	Gerçek Y Değerleri	Tahmin Edilen \tilde{Y}_i Alt Sınır ve Üst Sınır Değerleri		Tahmin Edilen $Y_i = (p_i, c_i)$ Merkezi Değerleri ve Yayılımı		İnanç Derecesi h_i
		Alt Sınır	Üst Sınır	p_i	c_i	
1	25147	24389,79	25970,47	25180,18	790,79	0,95
2	25280	24303,38	26235,20	25269,29	965,91	0,98
3	24820	24293,55	26400,99	25347,27	1053,72	0,49
4	24361	23185,83	25644,51	24415,17	1229,34	0,95
5	24819	23107,09	25390,15	24248,62	1141,53	0,50
6	25277	23361,53	25995,83	24678,68	1317,15	0,54
7	25561	24072,46	27233,62	25653,04	1580,58	0,94
8	25845	24741,40	28235,80	26497,60	1756,20	0,62
9	26928	25918,63	29957,89	27938,26	2019,63	0,49
10	28011	26614,51	31180,63	28897,57	2283,06	0,61
11	29797	27310,39	32403,37	29856,88	2546,49	0,97
12	31584	27369,48	32989,32	30179,40	2809,92	0,50
13	31896	28761,23	35434,79	32098,01	3336,78	0,93
14	32209	29817,24	37720,14	33768,69	3951,45	0,60
15	32500	30261,33	39217,95	34739,64	4478,31	0,49

Belediye atığı miktarının bulanık ortalama değeri $Y_i = (p_i, c_i)$ şeklindedir. Belediye atığı miktarının belirsizliği \tilde{A}_2 kişi başına düşen GSYİH'nın belirsizliği ile ifade edilebilir.

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 31261,52$$

$$\bar{h} = \sum_i^{15} h_i / 15 = 0,70$$

Sistem bulanıklığı 31261,52 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi (\bar{h}) ise, Denklem 2.17' ye göre hesaplanarak 0.50'den büyük bir değer olan 0,70 olarak belirlenmiştir.

3.3.3.3. H=0.70 Seviyesinde Minimum Bulanıklık Analizi

X bağımsız değişkenleri ve Y bağımlı değişkenin Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.70 için LINGO paket programında gösterimi aşağıdaki gibidir. Elde edilen çözüm sonuçları ise EK-4'de gösterilmiştir.

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.70 için:

$$\text{MIN} = 15*c_0+21.9*c_1+356*c_2+1410.7*c_3;$$

$$p_0+1.3*p_1+9*p_2+88.1*p_3-0.3*c_0-1.3*0.3*c_1-9*0.3*c_2-88.1*0.3*c_3 \leq 25147;$$

$$p_0+1.3*p_1+9*p_2+88.1*p_3+0.3*c_0+1.3*0.3*c_1+9*0.3*c_2+88.1*0.3*c_3 \geq 25147;$$

$$p_0+1.2*p_1+11*p_2+88.2*p_3-0.3*c_0-1.2*0.3*c_1-11*0.3*c_2-88.2*0.3*c_3 \leq 25280;$$

$$p_0+1.2*p_1+11*p_2+88.2*p_3+0.3*c_0+1.2*0.3*c_1+11*0.3*c_2+88.2*0.3*c_3 \geq 25280;$$

$$p_0+1.2*p_1+12*p_2+88.7*p_3+0.3*c_0+1.2*0.3*c_1+12*0.3*c_2+88.7*0.3*c_3 \geq 24820;$$

$$p_0+1.2*p_1+12*p_2+88.7*p_3-0.3*c_0-1.2*0.3*c_1-12*0.3*c_2-88.7*0.3*c_3 \leq 24820;$$

$$p_0+1.2*p_1+14*p_2+91.8*p_3+0.3*c_0+1.2*0.3*c_1+14*0.3*c_2+91.8*0.3*c_3 \geq 24361;$$

$$p_0+1.2*p_1+14*p_2+91.8*p_3-0.3*c_0-1.2*0.3*c_1-14*0.3*c_2-91.8*0.3*c_3 \leq 24361;$$

$$p_0+1.3*p_1+13*p_2+92.5*p_3+0.3*c_0+1.3*0.3*c_1+13*0.3*c_2+92.5*0.3*c_3 \geq 24819;$$

$$p_0+1.3*p_1+13*p_2+92.5*p_3-0.3*c_0-1.3*0.3*c_1-13*0.3*c_2-92.5*0.3*c_3 \leq 24819;$$

$$p_0+1.4*p_1+15*p_2+94*p_3+0.3*c_0+1.4*0.3*c_1+15*0.3*c_2+94*0.3*c_3 \geq 25277;$$

$$p_0+1.4*p_1+15*p_2+94*p_3-0.3*c_0-1.4*0.3*c_1-15*0.3*c_2-94*0.3*c_3 \leq 25277;$$

$$p_0+1.5*p_1+18*p_2+95.1*p_3+0.3*c_0+1.5*0.3*c_1+18*0.3*c_2+95.1*0.3*c_3 \geq 25561;$$

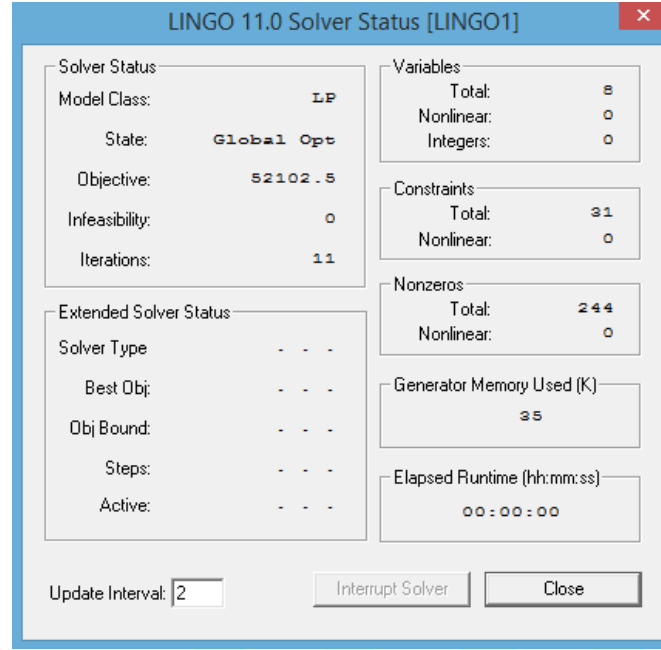
$$p_0+1.5*p_1+18*p_2+95.1*p_3-0.3*c_0-1.5*0.3*c_1-18*0.3*c_2-95.1*0.3*c_3 \leq 25561;$$

$$p_0+1.6*p_1+20*p_2+95.8*p_3+0.3*c_0+1.6*0.3*c_1+20*0.3*c_2+95.8*0.3*c_3 \geq 25845;$$

$$p_0+1.6*p_1+20*p_2+95.8*p_3-0.3*c_0-1.6*0.3*c_1-20*0.3*c_2-95.8*0.3*c_3 \leq 25845;$$

$$p_0+1.7*p_1+23*p_2+96*p_3+0.3*c_0+1.7*0.3*c_1+23*0.3*c_2+96*0.3*c_3 \geq 26928;$$

$p_0+1.7*p_1+23*p_2+96*p_3-0.3*c_0-1.7*0.3*c_1-23*0.3*c_2-96*0.3*c_3 \leq 26928;$
 $p_0+1.7*p_1+26*p_2+96.1*p_3+0.3*c_0+1.7*0.3*c_1+26*0.3*c_2+96.1*0.3*c_3 \geq 28011;$
 $p_0+1.7*p_1+26*p_2+96.1*p_3-0.3*c_0-1.7*0.3*c_1-26*0.3*c_2-96.1*0.3*c_3 \leq 28011;$
 $p_0+1.7*p_1+29*p_2+96.2*p_3+0.3*c_0+1.7*0.3*c_1+29*0.3*c_2+96.2*0.3*c_3 \geq 29797;$
 $p_0+1.7*p_1+29*p_2+96.2*p_3-0.3*c_0-1.7*0.3*c_1-29*0.3*c_2-96.2*0.3*c_3 \leq 29797;$
 $p_0+1.6*p_1+32*p_2+96.5*p_3+0.3*c_0+1.6*0.3*c_1+32*0.3*c_2+96.5*0.3*c_3 \geq 31584;$
 $p_0+1.6*p_1+32*p_2+96.5*p_3-0.3*c_0-1.6*0.3*c_1-32*0.3*c_2-96.5*0.3*c_3 \leq 31584;$
 $p_0+1.6*p_1+38*p_2+96.7*p_3+0.3*c_0+1.6*0.3*c_1+38*0.3*c_2+96.7*0.3*c_3 \geq 31896;$
 $p_0+1.6*p_1+38*p_2+96.7*p_3-0.3*c_0-1.6*0.3*c_1-38*0.3*c_2-96.7*0.3*c_3 \leq 31896;$
 $p_0+1.5*p_1+45*p_2+97*p_3+0.3*c_0+1.5*0.3*c_1+45*0.3*c_2+97*0.3*c_3 \geq 32209;$
 $p_0+1.5*p_1+45*p_2+97*p_3-0.3*c_0-1.5*0.3*c_1-45*0.3*c_2-97*0.3*c_3 \leq 32209;$
 $p_0+1.4*p_1+51*p_2+98*p_3+0.3*c_0+1.4*0.3*c_1+51*0.3*c_2+98*0.3*c_3 \geq 32500;$
 $p_0+1.4*p_1+51*p_2+98*p_3-0.3*c_0-1.4*0.3*c_1-51*0.3*c_2-98*0.3*c_3 \leq 32500;$
@FREE(p0);
@FREE(p1);
@FREE(p2);
@FREE(p3);
END



Şekil 3.6. H=0.70 seviyesinde minimum bulanıklık analizi sonuçları

LINGO 11.0 paket programındaki bu sonuçlar doğrultusunda bulanık katsayı parametrelerinin en küçük bulanıklığa bağlı tahmin değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. H=0.70 bulanıklık seviyesinde hesaplanan modele ait katsayı değerlerinin merkez ve yayılım değerleri

Değişkenler	Katsayılar	Merkez değeri (p_n)	Yayılım (c_n)
Sabit	\tilde{A}_0	60862,03	0,00
X_1	\tilde{A}_1	5331,67	0,00
X_2	\tilde{A}_2	337,04	146,35
X_3	\tilde{A}_3	-518,12	0,00

$$\tilde{Y}_i = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3}$$

$$= (60862,03 ; 0) + (5331,67 ; 0) X_{i1} + (337,04 ; 146,35) X_{i2} + (-518,12 ; 0)$$

X_{i3}

(60862,03 ; 0) merkezi değeri 60862,03 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimdir. (5331,67 ; 0) merkezi değeri 5331,67 ve yayılım değeri 0 olan bulanık

eğimdir. Diğerleri de aynı şekilde (337,04 ; 146,35) merkezi değeri 337,04 ve yayılım değeri 146,35 olan, (-518,12 ; 0) merkezi değeri -518,12 ve yayılım değeri 0 olan bulanık eğimlerdir.

Modelin LINGO 11.0 paket programında gösterimi ve elde edilen sonuçlar EK 2’de gösterilmiştir. Tahmin edilen belediye atığı değerleri Tablo 3.7’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. H=0.70 için Tanaka’nın bulanık regresyon modeli kullanılarak tahmin edilen \tilde{Y} (Belediye Atığı Miktarı) değerleri

H=0.70 için						
i	Gerçek Y Değerleri	Tahmin Edilen \tilde{Y}_i Alt Sınır ve Üst Sınır Değerleri		Tahmin Edilen $Y_i = (p_i, c_i)$ Merkezi Değerleri ve Yayılımı		İnanç Derecesi h_i
		Alt Sınır	Üst Sınır	p_i	c_i	
1	25147	23863,03	26497,33	25180,18	1317,15	0,97
2	25280	23659,44	26879,14	25269,29	1609,85	0,99
3	24820	23591,07	27103,47	25347,27	1756,20	0,69
4	24361	22366,27	26464,07	24415,17	2048,90	0,97
5	24819	22346,07	26151,17	24248,62	1902,55	0,70
6	25277	22483,43	26873,93	24678,68	2195,25	0,72
7	25561	23018,74	28287,34	25653,04	2634,30	0,96
8	25845	23570,60	29424,60	26497,60	2927,00	0,77
9	26928	24572,21	31304,31	27938,26	3366,05	0,69
10	28011	25092,47	32702,67	28897,57	3805,10	0,76
11	29797	25612,73	34101,03	29856,88	4244,15	0,98
12	31584	25496,20	34862,60	32098,01	5561,30	0,70
13	31896	26536,71	37659,31	32098,01	5561,30	0,96
14	32209	27182,94	40354,44	33768,69	6585,75	0,76
15	32500	27275,79	42203,49	34739,64	7463,85	0,69

Belediye atığı miktarının bulanık ortalama değeri $Y_i = (p_i, c_i)$ şeklindedir. Belediye atığı miktarının belirsizliği \tilde{A}_2 kişi başına düşen GSYİH’nın belirsizliği ile ifade edilebilir.

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 52102,53$$

$$\bar{h} = \sum_i^{15} h_i / 15 = 0,82$$

Sistem bulanıklığı 52102,53 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi (\bar{h}) ise, 0.70'den büyük bir değer olan 0,82'dir. Tanaka'nın Bulanık Regresyon Modelleri kullanılarak farklı minimum bulanıklık kriteri değerleri H=0.00, H=0.50 ve H=0.70 için elde edilen elde edilen bulanık modellerin orta çizgi denklemi aynı olmuştur.

Tanaka'nın Bulanık Regresyon Modeli kullanılarak H=0.00, H=0.50 ve H=0.70 değerleri için elde edilen orta çizgi denklemi aşağıdaki gibidir:

H=0.00, H=0.50 ve H=0.70

$$\tilde{Y}_i = 60862,03 + 5331,67 X_{i1} + 337,04 X_{i2} - 518,12 X_{i3}$$

Modelin çözümü sonucunda görüldüğü gibi, her bir verinin inanç derecesi (h) H değerine göre H ile 1 arasında yayılım göstermektedir. H'nin derecesi arttıkça modelin bulanıklığı artmaktadır. H=0.00 olduğunda en düşük inanç derecesine sahip olur ve h'lar en dar bulanık büyüklüğe 0 ile 1 arasında sahip olurlar. Kısacası; ortalama inanç derecesi (\bar{h}) artışı H değerinin ve sistem bulanıklığının artmasına bağlıdır. Model, kullanılan her bir verinin h inanç derecesinin kullanıcının seçtiği H derecesinden büyük veya H derecesine eşit olmasına neden olur (Düzyurt, 2008).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Belediye atık yönetimi yönetimler için insan sağlığını, çevreyi ve doğal kaynakları koruma açısından büyük bir endişe kaynağıdır. Etkili bir atık yönetim sisteminin tasarımı ve işletimi, atık üretim miktarlarının doğru tahminini gerektirir. Atık tahmini, sürdürülebilir atık yönetimi için çok önemlidir. Gelişmiş ülkelerde ilgili veriye ulaşmak kolay olurken, gelişmekte olan ülkelerde hem atık kayıtlarının doğru tutularak veri oluşturulması ve verinin paylaşımı nispeten zordur. Atık üretimi incelenen literatürlere de dayanarak genellikle ekonomik, demografik ve sosyal faktörlerle ilişkilidir. Bununla birlikte, bu faktörler nüfus ve ekonomik büyüme nedeniyle sabit değildir.

Bu çalışmada, tahmin edilen toplam belediye atık miktarı ile uygulamada belirtilen göstergeler arasındaki ilişkinin varlığını ve doğruluğunu göstermek, gelecekte Türkiye’de belediye atıklarının miktarına ilişkin çıkarımlar yapmak için Tanaka’nın bulanık regresyon modeli kullanılmıştır. Bu model, Türkiye’de 2005 – 2020 yılları arasındaki belediye atık miktarının tahmini için kullanılmıştır. Atık yönetimi konusunda özellikle de atıkların miktarı hakkında belirsizlik durumlarının çözümlenmesi için Tanaka’nın bulanık regresyon modelinin minimum sapmayla hesapladığı tahmin değerleri başarılı olmuştur. Yapılan araştırmaların anlamlı bir şekilde sonuç vermesi için uygulanan analiz yöntem ve modelinin doğru bir şekilde seçilmesinin oldukça önemli olduğu bu çalışma yürütülürken bir kez daha görülmüştür. Bu modelde, Türkiye’deki nüfus artış hızı, kişi başına düşen GSYİH tutarı ve okur-yazarlık oranı 3 bağımsız değişken olarak ele alınmış ve sonuç olarak modeldeki belediye atığı miktarının belirsizliği GSYİH’nin belirsizliği ile ifade edilebileceği görülmüştür. Ayrıca, doğrusal bulanık modelleme sayesinde klasik regresyon modelinden farklı olarak esnek düşünme sağlanmıştır.

Çizelge 3.3, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.7’ de görüldüğü üzere; OECD, Eurostat ve TÜİK’den alınarak hazırlanan gerçek Y değerleri (toplam belediye atık miktarları) ile tahmin edilen \tilde{Y} toplam belediye atık miktarı hesaplamaları arasında büyük ölçüde bir farklılık bulunmamaktadır. H inanç derecesi bunu doğrular bir şekilde göstermiştir. H değeri kendi tarafımda seçilmiştir ve seçilen 3 farklı H değerine göre model 3 farklı sonuç üretmiştir. H derecesi ne kadar artarsa, yani tahmin edilen \tilde{Y} değerinin gerçek Y değerine ne kadar yakın olması istenirse o bağlamda tahmin edilen

Y (belediye atık miktarı) yayılımı ve sistemin bulanıklığı artmaktadır. Bu model, gelecekteki atık miktarını da öngörülen girdiler kullanılarak tahmin edebilir. Resmi istatistik sitelerinde modelde kullanılan girdilere yönelik öngörülen tahmin değerleri verilmemiştir.

Gelişmekte olan ülkelerde geleceğe dair hem tahminleme çalışmalarında önemli eksikler hem de bu tip çalışmalara araştırmacıların erişiminde çeşitli sıkıntılar bulunmaktadır. Bu tez kapsamında yapılan araştırmalarda geleceğe dair Türkiye’de nüfus artış hızı, GSYİH, okur-yazarlık oranına ilişkin herhangi bir projeksiyon geliştirilmediği görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmada sadece elde bulunan veriler kullanılarak 2005 – 2020 yılları arasına yönelik tahminlerde bulunulmuş ve küçük bir veri seti ele alınabilmiştir. Ancak, gelişmiş ülkelerde pek çok parametreyle ilgili tahmin verileri geliştirilmekte ve bu parametreler de girdi parametresi olarak kullanılarak farklı alanlardaki tahminlemelere zemin oluşturulabilmektedir.

Yapılan literatür incelemesinde Türkiye’de belediye atıkların tahminine yönelik bir çalışmaya rastlanamamıştır. Türkiye’deki belediyeler ve atık yöneticileri için gözlemlenen bilgiler, çevre koruma ilkelerine uygun olarak gelecekteki kararlar ve atık yönetimi geliştirme yönleri için iyi bir temel olması hedeflenmiştir. Yapılan atık analizi ve modellemesi ile yapılabilecek finansal yatırımların yönlendirilmesine destek olunabilir.

Gelecekteki çalışmalar il belediyeleri bazında da yapılabilir. Temsili belediyeler seçilerek sahadan elde edilen verinin tüm ülkeye projeksiyonu sağlanabilir. Diğer yandan, çevre ve atık yönetimi çalışmaları yapan analistlere Tanaka’nın bulanık regresyon analizi belirsizlik teşkil eden durumlar için önerilebilir. Aynı veriler kullanılarak bulanık regresyonun diğer modelleri de kullanılabilir.

Geleceği tahminlemede aslında yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi algoritmaları oldukça başarılıdır. Ancak bu metotlarla yapılan tahminlemelerde çok sayıda veri gerekmektedir. Bu çalışmada veri setinin birtakım nedenlerden dolayı küçük olması nedeniyle yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi algoritması kullanılamamıştır. Veri çoğaltılarak ve model geliştirilerek yapay sinir ağları ya da makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak gelecekteki atık miktarı ve atıkların bileşimleri değerlendirilmesi de mümkündür.

EKLER

EK-1 Eurostat / OECD Belediye atıklarının tanımı

Belediye atıkları, evsel atıkları ve benzeri atıkları içerir.

Ayrıca şunları içerir:

- hacimli atıklar (örn. beyaz eşya, eski mobilya, minder)
- bahçe atıkları, yapraklar, çim kırıntıları, sokak süpürmeleri, çöp konteynirlerinin içeriği ve pazar temizlik atıkları,

eğer atık olarak yönetiliyorsa.

Aşağıdakilerden kaynaklanan atıkları içerir:

- hane
- ticaret ve ticaret atığına benzer, küçük işletmeler, ofis binaları ve kurumları (okullar, hastaneler, hükümet binaları).

Ayrıca şunları içerir:

- seçilen belediye hizmetlerinden kaynaklanan atıklar, yani park ve bahçe bakımından kaynaklanan atıklar, sokak temizleme hizmetlerinden kaynaklanan atıklar (sokak süpürmeleri, çöp konteynirlerinin içeriği, pazar temizleme atıkları)

eğer atık olarak yönetiliyorsa.

Toplanan şu kaynaklardan gelen atıkları içerir:

- kapıdan kapıya çukur geleneksel koleksiyon (karışık evsel atık),
- kurtarma operasyonları için ayrı ayrı toplanan fraksiyonlar (kapıdan kapıya toplama ve / veya gönüllü tortular yoluyla).

Tanım, aynı kaynaklardan ve benzerlerinden elde edilen atıkları da içerir:

- belediyeler adına değil, doğrudan özel sektör (ticari veya özel kar amacı gütmeyen kuruluşlar) tarafından toplanır (esas olarak kurtarma amaçlı ayrı toplama)
- jeneratör tarafından bertaraf edilseler bile düzenli atık servisi tarafından hizmet edilmeyen kırsal alanlardan kaynaklanır.

Tanım aşağıdakileri içermez:

- belediye kanalizasyon şebekesinden atıklar ve arıtımı
- belediye inşaat ve yıkım atıkları



EK-2 H=0.00 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde **H=0.00** için:

Global optimal solution found.

Objective value: 15630.76

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 8

Variable	Value	Reduced Cost
C0	0.000000	3.608138
C1	0.000000	3.807857
C2	43.90662	0.000000
C3	0.000000	313.1832
P0	60862.03	0.000000
P1	5331.672	0.000000
P2	337.0406	0.000000
P3	-518.1246	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	15630.76	-1.000000
2	362.3600	0.000000
3	427.9593	0.000000
4	494.0717	0.000000
5	471.8740	0.000000
6	1053.759	0.000000
7	0.000000	0.2160824
8	668.4672	0.000000
9	560.9182	0.000000

10	0.000000	-0.2247256
11	1141.572	0.000000
12	59.87472	0.000000
13	1257.324	0.000000
14	881.9465	0.000000
15	698.6920	0.000000
16	1530.321	0.000000
17	225.9441	0.000000
18	2019.705	0.000000
19	0.000000	3.716616
20	2027.734	0.000000
21	255.4106	0.000000
22	1332.763	0.000000
23	1213.821	0.000000
24	0.000000	-5.471205
25	2810.024	0.000000
26	1870.058	0.000000
27	1466.845	0.000000
28	3535.084	0.000000
29	416.5120	0.000000
30	4478.476	0.000000
31	0.000000	1.763232

EK-3 H=0.50 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde **H=0.50** için;

Global optimal solution found.

Objective value: 31261.52
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 8

Variable	Value	Reduced Cost
C0	0.000000	3.608138
C1	0.000000	3.807857
C2	87.81325	0.000000
C3	0.000000	313.1832
P0	60862.03	0.000000
P1	5331.672	0.000000
P2	337.0406	0.000000
P3	-518.1246	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	31261.52	-1.000000
2	362.3600	0.000000
3	427.9593	0.000000
4	494.0717	0.000000
5	471.8740	0.000000
6	1053.759	0.000000
7	0.000000	0.4321647
8	668.4672	0.000000

9	560.9182	0.000000
10	0.000000	-0.4494513
11	1141.572	0.000000
12	59.87472	0.000000
13	1257.324	0.000000
14	881.9465	0.000000
15	698.6920	0.000000
16	1530.321	0.000000
17	225.9441	0.000000
18	2019.705	0.000000
19	0.000000	7.433233
20	2027.734	0.000000
21	255.4106	0.000000
22	1332.763	0.000000
23	1213.821	0.000000
24	0.000000	-10.94241
25	2810.024	0.000000
26	1870.058	0.000000
27	1466.845	0.000000
28	3535.084	0.000000
29	416.5120	0.000000
30	4478.476	0.000000
31	0.000000	3.526464

EK-4 H=0.70 İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde **H=0.70** için;

Global optimal solution found.

Objective value: 52102.53
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 11

Variable	Value	Reduced Cost
C0	0.000000	3.608138
C1	0.000000	3.807857
C2	146.3554	0.000000
C3	0.000000	313.1832
P0	60862.03	0.000000
P1	5331.672	0.000000
P2	337.0406	0.000000
P3	-518.1246	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	52102.53	-1.000000
2	362.3600	0.000000
3	427.9593	0.000000
4	494.0717	0.000000
5	471.8740	0.000000
6	1053.759	0.000000
7	0.000000	0.7202745
8	668.4672	0.000000

9	560.9182	0.000000
10	0.000000	-0.7490855
11	1141.572	0.000000
12	59.87472	0.000000
13	1257.324	0.000000
14	881.9465	0.000000
15	698.6920	0.000000
16	1530.321	0.000000
17	225.9441	0.000000
18	2019.705	0.000000
19	0.000000	12.38872
20	2027.734	0.000000
21	255.4106	0.000000
22	1332.763	0.000000
23	1213.821	0.000000
24	0.000000	-18.23735
25	2810.024	0.000000
26	1870.058	0.000000
27	1466.845	0.000000
28	3535.084	0.000000
29	416.5120	0.000000
30	4478.476	0.000000
31	0.0000900	5.877440

KAYNAKÇA

Akbolat, M. , Işık. O. , Dede, C. , Çimen, M. (2011). Sağlık Çalışanlarının Tıbbi Atık Bilgi Düzeylerinin Değerlendirilmesi, *Türkiye Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2(3), 131-140.

Anonymous. (1995). *The Concise Oxford Dictionary of Current English*, (9). Oxford: Clarendon Press.

Aşır, M. (2009). *Bazı Kaliksaren Türevlerinin Atık Madeni Yağlarının Geri Kazanımında Kullanımı*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015). T.C. Resmi Gazete 2 Nisan 2015, Web: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>, 20 Mayıs 2020'de alınmıştır.

Aydoğdu, N. (2020). *Bulanık Regresyon Analizi İle Aydın İli Konut Fiyatlarını Etkileyen Değişkenlerin Belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Başaran, M. A. (2007). *Çok Değişkenli Bulanık Regresyonda Parametre Tahmini*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Batinic, B. , Vukmirovic, S. , Vujic, G. , Stanisavljevic, N. , Ubavin, D. , Vukmirovic, G. (2011). Using ANN Model To Determine Future Waste Characteristics in Order To Achieve Specific Waste Management Targets – Case Study Of Serbia, *Journal of Scientific & Industrial Research* 70, 513-518.

Baykara, S. T. (2014). *OECD Ülkelerinde İç Denetim*, Kamu İç Denetçileri Derneği, Ankara.

Bell, P. M. , Wang, H. (1997). Fuzzy Linear Regression Models for Assessing Risks of Cumulative Trauma Disorders, *Fuzzy Sets and Systems* 92(3), 317-340.

Chang, P. , Lee, E. S. (1996). A Generalized Fuzzy Weighted Least-Squares Regression, *Fuzzy Sets and Systems* 82(3), 289-298.

Chang, Y. H. , Ayyub, B. M. (2001). Fuzzy Regression Methods- A Comparative Assessment, *Fuzzy Sets and Systems* 119(2), 187-203.

Chen, L. H. , Hsueh, C. C. , Chang, C. J. (2013). A two- Stage Approach for Formulating Fuzzy Regression Models, *Knowlwdge-Based Systems* 52, 302-310.

Chukhrova, N. , Johannssen, A. (2019). Fuzzy Regression Analysis: Systematic Review and Bibliography, *Applied Soft Computing* 84.

Çetin, H. (2019). *Türkiye’de Geri Dönüşümü Yapılan Evsel Katı Atıkların Çevresel, Toplumsal Ve Ekonomik Faydalarının İncelenmesi: Eskişehir Örneği*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Ve Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.

Çetiner, E. G. , Ünver, B. , Hindistan, M. A. (2006). Maden Atıkları ile İlgili Mevzuat: Avrupa Birliği ve Türkiye, *Madencilik Dergisi* 45(1), 23-34.

Çevre Kanunu (1983). T.C. Resmi Gazete 11 Ağustos 1983, Web: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/12/20181210-4.htm>, 21 Mayıs 2020’de alınmıştır.

Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2009). *Atık Pil ve Akümülatörlerin Yönetimi*, Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Raporu.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2020). Çevresel Göstergeler: Atık, Web: <https://cevreselegostergeler.csb.gov.tr/belediye-atiklari-miktari-ve-bertaraf-miktari-i-85749>, 27 Mayıs 2020’de alınmıştır.

Çetiner, E. G. , Ünver, B. , Hindistan, M. A. (2006). Maden Atıkları ile İlgili Mevzuat: Avrupa Birliği ve Türkiye, *Madencilik Dergisi* 45(1), 23-34.

Çokluk, Ö. (2010). Lojistik Regresyon Analizi: Kavram ve Uygulama, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri* 10(3), 1357-1407.

Dabak, C. (2009). *Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Kontrolü ve Avrupa Birliğine Uyum*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Demirel, N. (2017). Ömrünü Tamamlamış Araçların Geri Dönüşümünde Yükseltmiş Yönetmelik Hedeflerini Karşılama İçin Ağ Tasarımı ve Modellemesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C* 5(3), 223-236.

Diamond, P. (1988). Fuzzy Least Squares, *Information Sciences* 46(3), 141-157.

- Douglas, M. (1992). *Purity and Danger*. Routledge, London.
- Drackner, M. (2005). What is waste? To whom? – An anthropological perspective on garbage. *Waste Management & Research*, 23, 175-181.
- Düzyurt, S. (2008). *Bulanık Regresyon İle Tahmin ve Bir Uygulama*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eurostat (2017). Guidance on municipal waste data collection May 2017, Web: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351811/Municipal+Waste+guidance/bd38a449-7d30-44b6-a39f-8a20a9e67af2>, 25 Mayıs 2020’de alınmıştır.
- Ekinci, E. M. B. , Alhan, A. , Ergör, Z. B. (2016) Parametrik Olmayan Regresyon Analizi: Faiz Oranı, Enflasyon ve Döviz Kuru Arasındaki İlişkinin İncelenmesi Örneği, *Bankacılık ve Sigortacılık Araştırmaları Dergisi* 2(9), 28-37.
- Ergülen, A. , Büyükkeklik, A. (2008). Sürdürülebilir Kalkınmanın Ekonomik ve Çevre Boyutları Açısından Atık Yönetimi ve E-Atıklar, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 1(2), 19-30.
- Erilli, N. A. , Körez, M. K. , Öner, Y. , Alakuş, K. (2012). Kritik (Kriz) Dönem Enflasyon Hesaplarında Bulanık Regresyon Tahminlemesi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi* 13(2), 239-253.
- Eryılmaz, H. , Demirarslan, K. O. (2019). Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Sıvılaştırarak Geri Dönüşümünün Araştırılması, *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi* 2(1), 50-56.
- Ghinea, C. , Dragoi, E. N. , Comanita, E. D. , Gavrilescu, M. , Campean, T. , Curteanu, S. , Gavrilescu, M. (2016), Forecasting Municipal Solid Waste Generation Using Prognostic Tools and Regression Analysis, *Journal of Environmental Management* 182(1), 80-93.
- Ghoshray K. K. Y. , Roig, G. (1999). A Linear Regression Model Using Triangular Number Coefficients, *Fuzzy Sets and Systems* 106(2), 167-177.
- Gökalp, İ. , Özinal, Y. , Uz, V. E. (2018). Atık Bitkisel Yemeklik Yağların Saf Bitüm Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, *Adana Journal of Engineering Sciences and Design Dergisi*, 6(4), 570– 578.

- Güler, Ç. , Çobanoğlu, Z. (2001). *Tehlikeli Atıklar (30)*, Ankara: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi.
- Gündüzalp, A. A. , Güven, S. (2016). Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği, *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*.
- Karaoğlu, E. (2019). *Regresyon Analizinde Çoklu Doğrusal Bağlantı Probleminin İncelenmesi: Temel Bileşenler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kaya, H. S. (2010). *Bulanık Regresyon ve Bir Uygulama*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Keskin, H. A. (2006). *Gemilerden Kaynaklanan Atıkların Kontrolü Kapsamında Liman Atık Kabul Tesisi ve Ambarlı Limanı Örneği*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kim, B. J. , Bishu, R. R. (1998). Evaluation of Fuzzy Linear Regression Models By Comparing Membership Functions, *Fuzzy Sets and Systems 100(1-3)*, 343-352.
- Maden Atıkları Yönetmeliği (2015). Mevzuat Bilgi Sistemi 15 Temmuz 2015, Web: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20913&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, 17 Nisan 2020’de alınmıştır.
- Miezah, K. , Danso, K. O. , Kádár, Z. , Baffoe, B. F. , Mensah, Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana, *Waste Management (46)*, 15-27.
- Moskowitz, H. , Kim, K. (1993). On Assessing The H Value in Fuzzy Linear Regression, *Fuzzy Sets and Systems 58(3)*, 303 – 327.
- Municipal Waste Management in Turkey (2016). Ankara: Municipal Waste Management in Turkey November 2016 Sayıştay Raporu.
- Nowakova, J. , Pokorny, M. (2013). *Fuzzy Linear Regression Analysis*, 12th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems The International Federation of Automatic Control, Czech Republic.
- OECD. (2020). *Environment at a Glance 2020*, Paris: OECD Publishing.

- OECD. (2020). Municipal waste 2020, Web: <https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>, 1 Nisan 2020'de alınmıştır.
- OECD Indicators. (2015). *Municipal waste in Environment at a Glance 2015*, Paris: OECD Publishing.
- Öktem, B. (2016). Atık Yönetiminde Entegre Uygulama. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/1), 135-147.
- Ritz, C. , Streibig, J. C. (2008). *Nonlinear Regression with R* (1), New York: SpringerLink.
- Ross, T. J. (2004). *Fuzzy Logic With Engineering Applications* (2), London: John Wiley & Sons.
- Saraç, A. O. (2015). *Evsel Atık Değerlendirme Tesisi Enerji-Ekonomi Analizi ve Kocaeli İli İçin Uygulama*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Strasser, S. (1999). *Waste and Want; a Social History of Trash* (3). New York: Metropolitan Books.
- Tanaka, H. , Uejima, S. , Asai, K. (1982). Linear Regression Analysis with Fuzzy Model, *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics* 12(6), 903-907.
- Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni (2018). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tehlikeli Atık İstatistik Bülteni 23 Mart 2020, Web: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2018_yili_tehlikeli_atik_istatistik_bulteni-23.03.2020-20200323143024.pdf, 15 Mart 2020'de ulaşılmıştır.
- Topuz, D. (2018). *Süt Sığırcılığında Bulanık Regresyon Modellerinin Kullanımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tran, L. , Duckstein, L. (2002). Multiobjective Fuzzy Regression with Central Tendency and Possibilistic Properties, *Fuzzy Sets and Systems* 130(1), 21-31.
- Wang, H. F. , Tsaur, R. C. (2000). Resolution of Fuzzy Regression Model, *European Journal of Operational Research* 126(3), 637-650.
- Wasserman, L. (2004). *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference* (2), New York: Springer.

World Bank (2019). World Bank Data 2019, Web: <https://data.worldbank.org/>, 1 Mayıs 2020'de alınmıştır.

Yabuuchi, Y. (2017). Possibility Grades with Vagueness in Fuzzy Regression Models, *Procedia Computer Science* 112, 1470-1478.

Yongqi, C. (2012). Least Squares Support Vector Fuzzy Regression, *Energy Procedia* 17(A), 711-716.

Younes, M. K. , Nopiah, Z. M. , AhmadBasri, N. E. , Basri, H. , Abushammala, F. M. , Younes, M. Y. (2016). Landfill area estimation based on integrated waste disposal options and solid waste forecasting using modified ANFIS model, *Waste Management* 55, 3-11.

Yücel, L. İ. (2005). *Bulanık Regresyon: Türkiye'de 1980-2004 Döneminde Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

