

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNDE
EKOLOJİK KENT DÖNÜŞÜMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep ÖZDAMAR

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU
YİĞİT**

Ocak 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNDE EKOLOJİK KENT DÖNÜŞÜMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep ÖZDAMAR

Enstitü Anabilim Dalı

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez ~~21/01/2020~~ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.
Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU
YİĞİT
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi
Fusun BOYSAN

Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Mustafa AKÇİL

Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahribat yapılmadığını başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitenin herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Zeynep ÖZDAMAR

21.01.2020

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca tecrübeleri doğrultusunda yön veren ve bu tezin yapılmasında büyük desteği olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT'e, içtenlikle teşekkür ederim. Çalışma sürecimde motivasyon desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Öğr. Gör. Seçil ASLAN COŞKUNER'e içtenlikle teşekkür ederim. Çalışmam boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve tüm uygun şartları yerine getiren Sakarya Üniversitesi Erasmus+ Kurum Koordinatörlüğünde çalışan tüm iş arkadaşlarıma özellikle Öğr. Gör. Abdullah NALBANTOĞLU'na ve en önemlisi Sakarya Üniversitesi Erasmus+ Kurum Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Çisem BEKTUR hocama teşekkürlerimi sunarım.

Bu aşamaya gelirken her daim yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Hakan ÖZDAMAR'a, çalışmama sevgisinin gücüyle destek veren biricik kızım Zehra'ya ve başta annem ve babam Yurdanur-Ayhan KÜTÜK olmak üzere tüm aileme en içten sevgi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ŞEHİRLERİN EKOLOJİK AYAK İZİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE KATKISI	5
2.1. Ekolojinin Tanımı ve İlkeleri	6
2.2. Şehir Kavramı	8
2.2.1. Şehirs el ekoloji.....	10
2.2.2. Şehirlerdeki çevre kirlilikleri	12
2.2.2.1. Fosil yakıt tüketimi sonucu oluşan çevres el kirlilikler	13
2.2.2.2. Tarım arazilerinin kullanımı sonucu oluşan çevres el kirlilikler	17
2.2.2.3. Otlak alanların kullanımı sonucu oluşan çevres el kirlilikler	22
2.2.2.4. Yapılaşmış alanların sebep olduğu çevres el kirlilikler	23
2.2.2.5. Balıkçılık alanlarının kullanımının sebep olduğu çevres el kirlilikler	25
2.3. Şehirlerde Sürdürülebilirlik Kavramı.....	27

2.4. Ekolojik Ayak İzi Kavramı	31
2.4.1. Ekolojik ayak izinin parametreleri	33
2.4.1.1. Karbon tutma ayak izi.....	33
2.4.1.2. Tarım arazisi ayak izi.....	33
2.4.1.3. Orman ayak izi.....	34
2.4.1.4. Otlak ayak izi	34
2.4.1.5. Yapılaşmış alan ayak izi	34
2.4.1.6. Balıkçılık sahası ayak izi	34
2.4.2. Türkiye'nin ekolojik ayak izi	35
2.4.3. Şehirlerin ekolojik ayak izi değerinin belirlenmesi.....	37
2.5. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar	38

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE METOT	43
3.1. Sakarya İlinin Fiziksel ve Coğrafi Özellikleri.....	44
3.2. Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi.....	46
3.2.1. Sakarya ilinin 2010 ve 2018 yıllarına ait ekolojik ayak izinin hesaplanması için belirlenen bileşenler	47
3.2.2. Ekolojik ayak izi hesabı için Türkiye'ye özgü verilerin elde edilmesi.....	48
3.2.3. Ekolojik ayak izi hesabı için karbon sabit değerlerinin elde edilmesi.....	49
3.3. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Enerji Kullanımı Verilerinin Elde Edilmesi	51
3.4. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Isınmadan Kaynaklı Doğalgaz Kullanımı Verilerinin Elde Edilmesi.....	52
3.5. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Ulaşım Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanım Verilerinin Elde Edilmesi.....	53
3.6. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Gıda Tüketiminden Kaynaklı Verilerinin Elde Edilmesi.....	56
3.7. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Atıkların Verilerinin Elde Edilmesi.....	59

3.8. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Yapılaşmış Alan Verilerinin Elde Edilmesi	63
BÖLÜM 4.	
BULGULAR VE TARTIŞMA	64
4.1. 2010 ve 2018 Yılları İçin Enerji Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	65
4.2. 2010 ve 2018 Yılları İçin Isınmadan Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	66
4.3. 2010 ve 2018 Yılları İçin Ulaşımdan Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	68
4.4. 2010 ve 2018 Yılları İçin Gıda Tüketimin Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	70
4.5. 2010 ve 2018 Yılları İçin Atıklardan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	73
4.6. 2010 ve 2018 Yılları İçin Yapılaşmış Alan Kullanımından Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri	77
4.7. 2010 ve 2018 Yılları İçin Sakarya İli için Belirlenmiş Bileşenlerin Ayak İzi Değerleri ve Toplam Ekolojik Ayak İzi Değerinin Karşılaştırılması	79
4.8. Sakarya İlinin Ekolojik Ayak İzini Arttıran Bileşenlerin İyileştirilmesi için Yaklaşımlar	85
4.8.1. Sakarya İli için Yenilenemez Enerji Kullanımına Karşın Alternatif Yenilebilir Enerji Üretimi Yaklaşımı ve Maliyet Değerlendirilmesi	86
4.8.2. Sakarya İlinde Ulaşımda Fosil Yakıt Tüketimine Karşı Alternatif Yaklaşım ve Maliyet Değerlendirilmesi	89
BÖLÜM 5.	
SONUÇ	92
KAYNAKLAR	94



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
NO _x	: Azot Oksitler
SO _x	: Kükürt Oksitler
GHG	: Sera Gazı Emisyonları
AB	: Avrupa Birliği
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryası
GTÖ	: Gıda ve Tarım Örgütü
WWF	: Dünya ve Doğayı Korum Vakfı
BM	: Birleşmiş Milletler
GHA	: Küresel Hektar
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GFN	: Uluslararası Ayak İzi Ağı
SVM	: Destek Vektör Makinesi
BPNN	: Geri Yayılım Sinir Ağı Tahmin Doğruluğu Yöntemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Şehirlerin Oluşum Süreci	10
Şekil 2.2. Dünya Genelinde Şehirselleşme ve Kırsal Nüfus Değişimi, 1950- 2050 [15].	11
Şekil 2.3. Şehirselleşme-Şehirselleşme Çevre Bileşenleri [12].	12
Şekil 2.4. Hava Kirlenme Emisyonları [22].	15
Şekil 2.5. Enerji Yapısı ve Yoğunluğu [22].	16
Şekil 2.6. İnsan Faaliyetlerinden Kaynaklı Ormansızlaşma ve Yönetim Kalitesi Arasındaki İlişki [29].	19
Şekil 2.7. Ormansızlaşma Nedenlerinin Bölgesel Olarak Değişimi [30].	20
Şekil 2.8. Ekolojik Ayak İzi Oluşturan Bileşenler [45].	34
Şekil 2.9. 2010 -2014 Yılları Arasında Türkiye’ deki Ekolojik Ayak İzi Oluşturan Bileşenlerin gha Cinsinden Değerleri [47].	36
Şekil 2.10. 1961 - 2014 Yılları Arasında Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi ve Biyolojik Kapasite Değişimi [47].	37
Şekil 3.1. Türkiye’ ye Ait Ulusal Elektrik Karbon Yoğunluğu [62].	50
Şekil 3.2. 2010 Yılı Sakarya İlinin Arazi Niteliklerine Göre Dağılımı [76].	58
Şekil 3.3. 2017 Yılı Sakarya İlinin Arazi Niteliklerine Göre Dağılımı [77].	58
Şekil 4.1. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Yüzdeleri Dağılımları	79
Şekil 4.2. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması	80
Şekil 4.3. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Kişi Başı Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması.	81
Şekil 4.4. Sakarya İlinin 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Yüzdeleri Dağılımları	82
Şekil 4.5. Sakarya İlinin 2018 yılına ait Kişi Başı Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması.	83

Şekil 4.6. Sakarya İlinin 2010 ve 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerlerini Karşılaştırılması	84
Şekil 4.7. Sakarya İli Toplam Güneş Radyasyonu Dağılımı [92].....	87



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Ormansızlaşmaya Neden Olan Etkenler [30].	21
Tablo 2.2. Sürdürülebilir Toplulukların Sahip Olması Gereken Özellikler [40]. ...	31
Tablo 3.1. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yıllarına Ait Nüfus Verileri [58].....	45
Tablo 3.2. Sakarya İli Toplam Nüfus [59]	45
Tablo 3.3. Sakarya İli Toplam Yıllık Nüfus Artış Hızı [59].....	46
Tablo 3.4. Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Analizi İçin Belirlenen Bileşenler	47
Tablo 3.5. Türkiye İçin 2010 ve 2018 Yılları için Ekiyalans / Denklik Faktörleri [61]	48
Tablo 3.6. Türkiye İçin 2010 Yılı Verim Faktörleri [61].....	48
Tablo 3.7. Türkiye İçin 2018 Yılı Verim Faktörleri [61].....	48
Tablo 3.8. Karbon Sabit Değerleri [60,62]	51
Tablo 3.9. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yıllarına Ait Enerji Verileri [62,63,64,65,66]	52
Tablo 3.10. Sakarya İli Hanelerde 2010 ve 2018 Yılları için Aylık Elektrik Tüketim Miktarları [67,68]	52
Tablo 3.11. Isınmadan Kaynaklı Doğalgaz Tüketiminin Ayak İzini Hesaplamak İçin Diğer Veriler [69,70]	53
Tablo 3.12. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları için Hanelerde Ortalama Doğalgaz Tüketimi [68,71]	53
Tablo 3.13. Benzin - LPG Yakıt Türüne Göre CO ₂ Emisyon Miktarları [72].....	54
Tablo 3.14. Dizel Yakıt Türüne Göre CO ₂ Emisyon Miktarları [72]	54
Tablo 3.15. Ulaşımından Kaynaklı Ayak İzini Hesaplamak İçin Uplift (Yükseltme)Faktörü [60].....	54
Tablo 3.16. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin İlçelere Göre Toplam Araç Sayısı	55
Tablo 3.17. Sakarya İli Araçlar İçin Kullanılan Yakıt Tipi	55

Tablo 3.18. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Benzinli Araçlarının Ulaşım Değerleri.....	55
Tablo 3.19. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Dizel Araçlarının Ulaşım Değerleri.....	56
Tablo 3.20. Sakarya İli Bitkisel Ürün Üretimi İçin Kullanılan Tarım Alanı (ha) [73].....	56
Tablo 3.21. Türkiye’ de Kişi Başı Yıllık Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim Miktarı (Kg) [74].....	56
Tablo 3.22. Sakarya İli Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim miktarı (Ton) [75,58].....	57
Tablo 3.23. Sakarya İli Hayvansal Ürünlerin Üretim Miktarları [76].....	59
Tablo 3.24. Türkiye’ de Kişi Başı Yıllık Hayvansal Ürünlerin Tüketim Miktarları [78, 79, 80, 81, 82].....	59
Tablo 3.25. Sakarya İli Hayvansal Ürünlerin Tüketim Miktarı (Ton) [58].....	59
Tablo 3.26. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Katı Atık Miktarı [83,84].....	60
Tablo 3.27. Sakarya İli Katı Atık Bileşenleri [84].....	60
Tablo 3.28. Sakarya İli 2018 Yılı Geri Dönüştürülen Atık Verileri [60].....	61
Tablo 3.29. Sakarya İli 2010 Yılı Atıkların Toplanması İçin Kullanılan Araç Sayısı [60].....	62
Tablo 3.30. Sakarya İli 2018 Yılı Atıkların Toplanması İçin Kullanılan Araç Sayısı [60].....	62
Tablo 3.31. Sakarya İli İçin Yapılaşmış Alan (Ha).....	63
Tablo 3.32. Sakarya İli Sulak Alan [85].....	63
Tablo 4.1. Enerji Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler .	65
Tablo 4.2. Sakarya İli Ulaşımından Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler	69
Tablo 4.3. Sakarya İli Ulaşımından Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler	69
Tablo 4.4. Sakarya İli Hane Başı Bitkisel Gıda Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler	71
Tablo 4.5. Sakarya İli Hane Başı Hayvansal Gıda Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler	71

Tablo 4.6. Sabit Değerler [60]	73
Tablo 4.7. Sakarya İli Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (2010)	74
Tablo 4.8. Sakarya İli Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (2018)	75
Tablo 4.9. Geri Dönüşüm Sonucu Ortaya Çıkan Karbon Emisyon Miktarı (Ton) .	75
Tablo 4.10. Sakarya İli Atıklardan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler	76
Tablo 4.11. Sakarya İlinde 2010 ve 2018 yılı Atıklardan Kaynaklı Karbon Emisyon Değerleri	76
Tablo 4.12. Sakarya İli Yapılaşmış Alan Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler ...	78
Tablo 4.13. 2010 Yılı Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Değerleri	80
Tablo 4.14. 2018 Yılı Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Değerleri	83
Tablo 4.15. Sakarya İli Enerji Üretim Tesisleri [89]	86
Tablo 4.16. Enerji Santrallerinin İlk Yatırım ve Birim Enerji Üretim Maliyetleri [91]	87

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Şehirleşme, Ekolojik Ayak İzi, Ekolojik Ayak İzi hesabı, sürdürülebilirlik, ekolojik şehir dönüşümleri

Şehirlerin, ekolojik şehir yaklaşımıyla planlanması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için şehirlerin Ekolojik Ayak İzlerinin hesaplanması ve değerlendirilmesi önemli bir kaynaktır. Ancak Ekolojik Ayak İzi değerlendirmeleri genellikle ülkeler özelinde yapılmaktadır. Mevcut duruma göre, şehirlerde gerçekleştirilen faaliyetlerin Ekolojik Ayak İzine katkıları bilinmemekte ve gitgide Ekolojik Ayak İzi değerini arttırarak şehirleri sürdürülebilir ve ekolojik şehir şeklinden uzaklaştırmaktadır. Oysa ülkelerin olduğu gibi şehirlerin de kendilerine ait Ekolojik Ayak izi değeri mevcuttur. Şehirlere ait Ekolojik Ayak İzini tespit edilmesi için Sakarya İli örneğinde 2010 ve 2018 yıllarını kapsayacak şekilde yapılan bu çalışmada, Sakarya iline ait Ekolojik Ayak İzini oluşturan bileşenler belirlenerek her bir bileşenin ayak izi hesaplanmıştır. Buna göre Sakarya ilinin hem toplam Ekolojik Ayak İzi hem de Sakarya ilinde yaşayan nüfusa göre kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri her iki yıl için de tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2010 yılı için Sakarya İline ait toplam Ekolojik ayak izi değeri 1.125.856,026 gha ve kişi başı Ekolojik Ayak İzi 1,29 gha değerindedir. Ayrıca, 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi 1.226.490,173 gha ve kişi başı Ekolojik Ayak İzi 1,21 gha değerindedir. Ayrıca bu süre içinde Ekolojik Ayak İzini oluşturan bileşenler değerlendirilip bileşenlerin ayak izi değerlerinin Ekolojik Ayak İzine katkıları tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre Sakarya ilinde her iki yıl için Ekolojik Ayak İzini arttıran bileşenin fosil yakıt tüketimi ile enerji kullanımı olduğu belirlenmiş ve buna göre alternatif yenilenebilir enerji kullanımının bu değeri azaltabileceği ve böylece sürdürülebilirliğe katkı sağlanabileceği belirtilerek daha ekolojik bir şehir dönüşümünün gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

ECOLOGICAL URBAN TRANSFORMATIONS IN THE SUSTAINABILITY OF CITIES

SUMMARY

Keywords: Urbanization, Ecological Footprint, Ecological Footprint Calculation, Sustainability, Ecological City Transformations

In order to plan cities with ecological city approach and provide sustainability, the calculation and evaluation of Ecological Footprints of the cities are important resources. However Ecological Footprint evaluations are generally done specifically on countries. According to the current situation, Ecological Footprint contributions of the performed activities within cities remain unknown and over time increasing its Ecological Footprint making the cities less sustainable and taking them out of the shape of ecological cities. Whereas cities also have Ecological Footprint values such as countries.

In this work which aims to cover the determination of Ecological Footprint of the cities, by taking Sakarya for years 2010 and 2018, every aspect that forms the Ecological Footprint has been determined and the footprint of each aspect has been calculated. According to this, both the total Ecological Footprint value and Ecological Footprint value per person living in Sakarya for two years has been calculated. The results show that the value of the total Ecological Footprint for 2010 values 1.125.856,026 gha and Ecological Footprint per person values 1,29 gha. Furthermore, the value of the total Ecological Footprint for 2018 values 1.226.490,173 gha and Ecological Footprint per person values 1,21 gha. Also within this period of time, both the aspects that form Ecological Footprints and the contribution of each aspects footprint to the Ecological Footprint has been determined. The obtained results within the working scope show that the aspect that increases the Ecological Footprint for Sakarya for both years is the consumption of fossil fuels and it also suggests that using alternative energy can reduce this value and contribute to sustainability allowing a better ecological city transformation.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde şehirlerin var oluşunun tarihsel süreci incelendiğinde şehirleri meydana getiren asıl sebep insandır. Şehirleşme ve Şehirlileşme çalışmasında da belirtildiği gibi; “İnsan toplumsal bir varlıktır. İnsanların, karşılaştıkları ve bireysel olarak çözemedikleri zorlukları, sorun ve imkânsızlıkları toplu şekilde kurulan ilişkilerle çözmek ve ortadan kaldırmak isteği birlikte yaşama ihtiyacını gerektirmiştir. İnsanların toplu şekilde yaşama zorunluluğu yerleşimin esas sebebidir. Bu toplumsal olayın sonucunda da şehirler meydana gelmiştir. Şehirler insan doğasının bir ürünüdür, doğaldır ve doğal hayatın bir parçasıdır” [1].

Şehir kavramı literatür kaynaklarında incelendiğinde; sürekli önümüze çıkan tanım; nüfusun büyük kısmının ekonomik alanlar içinde geçimini devam ettirmek için birlikte yaşadığı yaşam alanları açıklaması ile yapılan tanımdır. Şehir kavramının genel tanımında da anlaşılacağı gibi insan topluluğu ve ekonomik avantajlar günümüz şehirlerinin meydana gelmesinde önemli bir rol almıştır. Ayrıca insanoğlu, üretim – tüketim dengesinin ana parçasıdır. “Şehirler, üretim biçimindeki değişimle doğmuş ve üretim güçlerindeki gelişme ile değişmektedir” ifadesinde de anlaşıldığı gibi, şehirlerin tarihsel sürecini incelediğimizde insanın olduğu yerde her zaman üretim ve tüketim vardır. Bu bilgiye göre de şehirlerde sanayileşmenin başlangıcı engellenememiştir [2].

Sanayileşme öncesinde şehirleri incelediğimizde önümüze çıkan en belirgin özellik nüfusun azlığıdır. Aynı zamanda bu süreçte insanlar yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamak için de genellikle insan ve hayvan gücünden yararlanmaktaydı. Böylece yaşam alanlarındaki ekolojik sisteme direkt bir insan etkisi yoktu. Sonuç olarak çevre kirlenmiyor, doğa ve insan ilişkisi uyum içindeydi. Ayrıca, sanayileşme öncesinde şehirlerde yaşayan insanlar üretimini yaşadığı topraklarda kendisi yapmaktaydı. Bu

şekilde olan üretim şekli günümüz algısı ile daha ekolojik görünmektedir. Kısaca bu bilgilerden anlaşılacağı gibi sanayi öncesi şehirlerin ekolojik şehir şeklinde olduğu bilgisine ulaşılabilir [3].

18. ve 19. yüzyıllarda ortaya çıkan Sanayi Devrimi sonrası şehirleri incelediğimizde, şehirler günümüze kadar olan zaman dilimi içinde ekolojik olmayan şehir şeklini almışlardır. Sanayinin gelişmesiyle birlikte, fabrikaların etrafında yerleşim alanları oluştu ve işçiler bu gelişmenin etkisiyle sağlıksız, altyapısı olmayan yeni yerleşim alanlarında hayatlarına devam ettiler. Süreç içinde de İnsan ve hayvan gücü enerji ihtiyacını karşılayamadı ve yenilenemez enerji kaynakları yani fosil yakıtlar kullanılmaya başlandı. Böylece sanayide üretim ve konutların ısıtılması için kullanılan ve yanma sonucu karbondioksit oluşturan fosil yakıtlar hava kirliliğine sebep oldu. Hava kirliliği sonucunda ortaya çıkan çevre sorunlarının yanında ulaşım sistemlerindeki gelişmeler; dağınık yerleşmeler sonucunda da henüz altyapısı olmayan, sağlık şartları kontrol edilmemiş ve plansız gelişen şehirler meydana geldi. Sonuç olarak sağlıklı yaşanabilecek şehirsiz alanlar oluşmadığından ve temiz suya erişilemediğinden ötürü salgın hastalıkların ve ölümlerin arttığı bir dönem başlamıştır. Aynı zamanda bu dönemde şehirlerdeki kontrolsüz nüfus artışı da sorunlar oluşturmuştur. Kısaca suya daha çok ihtiyaç duyulmuş, kanalizasyon atıkları çoğalmış, insanlar atıkları nasıl bertaraf edeceğini çözmemiştir [2,3].

Günümüzde ki şehirlerde yaşayan nüfusun ayrıca bu nüfus yoğunluğunun hızla artmasıyla birlikte şehirlerdeki dinamiklerin doğal çevre üzerindeki tahrip edici etkileri ve ekolojik sisteme olan baskısı artık hissedilebilir duruma gelmiştir. Böylece eko- şehir, sürdürülebilir şehir, yeşil şehir gibi alıştığımız şehirlerden farklı bir şehir kavramına geçişi gerektirmiştir. Şehirlerde yaşam kalitesini iyileştirmek, ekolojik ayak izlerini azaltmak ve şehirleri iklim değişikliklerine uyumlu hale getirmek, hızlıca ele alınması gereken üç ana konudur. Ayrıca şehirlerin, ekolojik sistemle uyumlu hale dönüştürmek hızlıca uygulanması gereken bir çözüm olarak da düşünülmektedir [3,4].

Şehirlerdeki üretim ve tüketim faaliyetleri, madde ve enerji çevriminin ana bileşenidir. Ayrıca üretim ve tüketim faaliyetleri şehirlerin taşıma kapasitesini de olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden, şehirlerin geliştirilmesi sürecinde şehirlerin ekolojisi ve şehirlerin sürdürülebilirliği arasındaki dengenin sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dengenin sağlanması içinde, şehirlerdeki doğal kaynakların kullanımının ve tüketilen doğal kaynaklarının geri kazanımı için yöntemlerin uygulanabilirliği önemlidir. Ekolojik Ayak İzi kavramı da, belirli bir nüfusun yaşamsal ihtiyaçlarını gidermek için ihtiyaç duyduğu toplam biyo-üretken toprak ve sulak alanları belirtmektedir. Ayrıca insanların biyo-üretken alanlardaki tükettikleri alanlara göre doğanın bu tüketim için ne kadar üretim alanına ihtiyaç olduğunu da belirtmektedir. Ekolojik Ayak İzi değerlendirme çalışmaları, iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi, ekonomik olarak, madde ve enerji çevrimindeki üretim ve tüketim sonucunda oluşan maliyetlere dayanmaktadır. Ancak, Ekolojik Ayak İzini ekonomik şekilde değerlendirilerek ele alınması gerçekte doğal kaynakların tüketim miktarlarını yansıtmamaktadır. İkinci olarak Ekolojik Ayak İzi çalışmaları, nüfusa dayalı şekilde tüketilen madde ve enerji miktarlarının tespit edilmesidir. İkinci yöntem Ekolojik Ayak İzi' nin hesaplanması için daha uygundur [5]. Ekolojik Ayak İzi analizinin verileri genelde ülkeler bazında takip edilebilmektedir. Şehrsel ölçekte Ekolojik Ayak İzi analizi ile ilgili bilimsel çalışmalar yeterli değildir ve şehirlerin Ekolojik Ayak İzi ile ilgili istenilen bilgiler tam olarak mevcut olmamakla birlikte ayrıca takip edilememektedir.

Şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin analiz edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, şehirlerin yapısı doğa ile daha uyumlu hale getirilmesi amacıyla şehrsel alanlarda ekolojik ayak izine etki eden bileşenler belirlenecektir. Buna göre Ekolojik Ayak İzini olumsuz etkileyen bileşenlerin iyileştirilmesine katkı sağlanarak şehirlerin doğa ile uyumu hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analizi sonucunda şehrsel Ekolojik Ayak İzi tespit edilebilecek ve şehirlerde yaşayan insanlar tarafından takip edilebilmesine de katkı sağlanacaktır. Bu amaçlar doğrultusunda şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analizi sonucuna göre ekolojik yani doğa ile uyumlu şehir dönüşümlerindeki genel hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Şehirler doğa ile bütünseldir bu yüzden mevcut şehir dokusunun doğa ile uyumlu hale getirilmesi ve çevresel sistemlere olan kötü baskının azaltılması hedeflenmektedir.
- Şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin bileşenlerinden biri olan enerji tüketimlerinde fosil yakıt kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırımının sağlanması hedeflenmektedir.
- Şehirlerin karbon emisyonunun kontrolünün gerçekleştirilmesi ve alternatif olarak sunulan yenilenebilir enerji kaynağı ile birlikte şehirlerin sıfır karbon ilkesine göre şekillenmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.
- Şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin belirlenmesi ayrıca Ekolojik Ayak İzi analizi sonucunda ayak izi değerini arttıran bileşenlerin iyileştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.
- Konuyla ilgili literatüre ve bundan sonra yapılacak bilimsel çalışmalara alternatif bir kaynak olması amaçlanmaktadır.

BÖLÜM 2. ŞEHİRLERİN EKOLOJİK AYAK İZİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE KATKISI

Şehirlerin ekoloji ile uyumlu hale getirilmesinin temeli şehirlere ait Ekolojik Ayak İzi değerinin belirlenmesidir. Ancak günümüzde yaşadığımız şehirlerin yapısını ve düzenini incelediğimizde Ekolojik Ayak İzi belli olan ve buna göre planlanmış ekoloji ile uyumlu şehirlerden söz edilemez. Aksine, şehirlere göç oranının artması ve göçlerle birlikte nüfusun artmasıyla birlikte şehirler düzensiz şekilde gelişmektedir. Böylece şehirler doğa ile uyumlu olma özelliğini yitirmekte ve ekolojik şehir olma özelliğinden de uzaklaşmaktadır. Sonuç olarak şehirler bozulmakta ve şehirlerde sağlıksız ortamlar oluşmaktadır.

Günümüzde bu duruma önerilen tek çözüm, şehirlerdeki atıkları geri dönüştürecek tesislerin inşa edilmesidir. Ancak bu çözüm yöntemleri pahalıdır. Ayrıca yeterli bilgi kazanımı ve teknolojik olanaklar olmadan oluşturulan bu tesisler veya yöntemler şehirleri ekoloji ile uyumlu hale getirmek için yeterli değildir. Bununla birlikte bu uygulamalar şehirlerin yalnızca kontrolünü iyileştirmektedir. Kısaca için ekoloji ilkeleri ile uyumlu ideal şehir olma özelliğine katkı sağlamamaktadır.

Plansız şekilde gelişen şehirlerde çevre kontrolünün iyileştirilmesi için geri dönüşüm tesisleri inşa edilirken, şehirlerin Ekolojik Ayak İzi değerlendirilmemektedir. Sonuç olarak Ekolojik Ayak İzi olumsuz etkilenmektedir. Şehirlerin Ekolojik Ayak İzi bilinmeksizin uygulanan bu yöntemlerin şehirlere olan pozitif veya negatif katkılarını tespit etmek kolay değildir. Özellikle şehirlerde bu gibi uygulamaların gerçekleştiği alanlar üretken alanlardır ve bu üretken alanlar da yok edilmektedir. Böylece Ekolojik Ayak İzi artmakta ve ayak izi değerindeki olumsuz etkinin telafi edilmesi için de ayrıca üretken alanlar oluşturulmamaktadır. Kısaca şehirlerin çevre kontrolünü gerçekleştirmek amaçlanırken şehrin biyolojik kapasitesi azaltılmaktadır. Ayrıca azaltılan biyolojik kapasitesinin iyileştirilmesi de uzun süreler almaktadır. Bu

olumsuz sonuçlar yapılan uygulamaların etkinliğini azaltmaktadır. Sonuç olarak canlıların daha sağlıklı ortamlarda yaşamlarına devam etmeleri için gerekli olan ekoloji ile uyumlu şehirleri gerektirmektedir. Şehirlerdeki bu gelişmeler bitmeyen bir döngü oluşturmakta ve sorun günden güne artmaktadır.

Konuya şehirlerdeki çevre uygulamalarının sürdürülebilirliği, insanların sağlığı ve doğal çevrenin korunması tarafından bakıldığında var olan düzenin uzun süre devam ettirilemeyeceği, insanların refah düzeyinin iyileştirilmesi bakımından yetersiz olduğu açıktır. Bu sebepten ötürü şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin tespit edilmesi ve şehirlerdeki uygulamaların şehirsal Ekolojik Ayak İzinin değerlendirilerek yapılması gerekmektedir.

2.1. Ekolojinin Tanımı ve İlkeleri

Ekoloji, kelimesi ilk kez 1869 yılında kullanılmıştır. Ekoloji, eski Yunanca' da ev yönetimi anlamındadır. Ancak literatürde "Ekoloji, canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır." şeklinde belirtilmektedir ve aslında biyoloji biliminin alt dalıdır. Günümüzde, "insan ekolojisi" ya da "çevre bilimleri" olarak belirtilen, çok daha geniş kapsamlı bir kavram ve bilim dalı vardır. İşte bu bilim dalı, alt bilim dalı olmaktan çıkmış, insan doğa ilişkisini araştıran disiplinler arası uygulamalı bilim dalı olmuştur [6,7].

Ekoloji bilimine göre insan ve doğa doğrudan etkileşim içindedir. Ekoloji bilimine göre en önemli şey, doğadaki her şeyin birbirine bağlı ve bağımlı olduğudur. Fakat insan ve doğa ilişkisinde genellikle insan, doğa karşısında güçlenme ve doğayı idare etme arzusu ile ekoloji ilkelerine göre aksi yönde yerini almıştır. Kısaca, insan ve doğa etkileşimi aynı yönde iyileştirici ve bütünsel şekilde ilerlemesi gerekirken, göz ardı edilen uygulamalar ile sürekli aksi yönde ilerlemişlerdir. Bunun sonucu olarak da; günümüz dünyasına borçlu şekilde hayatlarımızı sürdürmeye devam etmekteyiz. Bu yüzden teorik olarak kabul ettiğimiz ekoloji bilimi pratik olarak ta uygulanabilir olmalıdır. Ekoloji bilimini uygulanabilir olarak hayatımıza dâhil etmemiz için aşağıdaki ilkeleri mutlaka bilmemiz gereklidir [6].

Doğanın bütünselliği; doğa dengeli bir bütündür. Doğadaki her şey, kendi aralarında ilişki, bağımlılık ve uyum içindedirler.

Doğanın sınırlılığı; doğadaki her parçanın bir sınırı vardır. Kısaca doğal kaynaklar sınırsız değildir, yani tüketildikçe azalır ve tamamen tükenirler. Buna göre, çevre kirlenmesinin de bir sınırı vardır.

Doğanın özdenetimi; doğanın uyumu ve bütünselliği, doğanın özdenetimi sayesinde gerçekleşmektedir. Doğa bir sistemdir yani ekosistemdir. Ekosistem kavramına göre, canlı, cansız doğa bir bütün yani sistem olarak var olmaya devam etmektedir.

Doğanın çeşitliliği; doğadaki canlı türleri ve aynı türden canlılar arasında çok sayıda çeşitlilik vardır. Doğanın çeşitliliği, bütünlük ve özdenetim için gereklidir.

Doğada hiçbir şey yok olmaz; doğada hiçbir şey aniden yok olmaz. Ancak madde ve enerji birbirine çevrilebilir. Örneğin, sanayi üretiminde havaya salınan zehirli gazlar, arıtılmadan deşarj edilen atık sular, atılan ambalajlar ve radyoaktif atıklar doğada kaybolmazlar.

Doğada bedelsiz yarar olmaz; Doğa karşı elde edilen başarılar sonucunda bedeli ödenmemiş hiçbir yarar mevcut değildir. Sonuç olarak doğaya verdiğimiz zarar, çevresel kirlilik ve felaket olarak karşımıza çıkar.

Doğanın geri tepmesi; fizik biliminde olduğu gibi ekoloji biliminde de her etkinin bir tepkisi vardır. Buna göre doğadan elde edilen her kar tepki olarak zarara dönüşebilmektedir.

Doğa en uygun çözümü bulmuştur; doğadaki her canlı doğal seçimle çevreye uyumlu hale gelmiştir. Yani içinde bulunduğu ekosisteme en iyi şekilde uyum sağlamıştır. Bu durum doğanın en uygun çözüm şeklidir. İşte bu yüzden ekolojik sistem bozulmamalıdır.

Kültürel evrim ve geleneksel ekolojiye saygı duyulması gerekir; canlılar milyonlarca yıllık bir evrim sonucunda değişikliklerle yaşadıkları çevrelere en uyumlu biyolojik özellikleri kazanmışlardır. Buna göre insanların da yıllarca geliştirdikleri ekolojik uyumları mevcuttur.

Doğru olan, doğa ile uyumlu olmaktır; doğa ile var olmaya çalışırken onu kendimize uydurmaktan bizler ona uymalıyız.

2.2. Şehir Kavramı

Avrupa Şehirselleşme Şartı'nda etimolojik olarak “şehir”, “citta” “cite” ve “ciudad” kelimesi olarak belirtilmektedir. Yapı bakımından, arkeoloji ve topografinin, şehir planlama bakımından da insan topluluklarının bir arada bulunduğu mekândır. Literatür kaynaklarında da, “toplum yaşamının ana çekirdeği ve kimliğini meydana getiren tarihi ve yasal bir oluşum” olarak belirtilmektedir [2]. İlk küçük şehirler, M.Ö. 4.000 civarında Dicle ve Fırat nehirleri arasında tam anlamıyla şehir tanımı yapılmadan 100.000 yıl önce oluşmuştu [8]. Dünyada ilk şehirlerin, Mezopotamya'da, Nil vadisinde, Indus Vadisinde ve Huang-ho Vadisinde M.Ö. 5.500 yıl öncesinde var olduğuna dair kanıtlarda mevcuttur [9]. Tarihin bu dönemlerinde olan ilk şehirleri, belli nüfusu yapısında bulundurması ve insanların yaşamları için gerekli tüm sosyo-ekonomik faaliyetleri toplumsal düzen biçiminde yürütmesi açısından farklı bir şehir yapısı olarak kabul edebiliriz.

Günümüzdeki şehirler, Sanayi Devrimi sonucu teknolojinin gelişmesiyle birlikte büyük nüfus hareketleri sonucu oluşmuştur. Ülkemizin de tarihsel sürecini incelediğimizde 600 yıllık bir imparatorluk yönetiminden yeni siyasal yönetim şekline geçmiştir. Kısaca diğer dünya ülkeleriyle uzun süren bir savaş sürecini yaşadıkten sonra Türkiye Cumhuriyeti kurulmuştur. Bu zaman içinde şehirlerin bazıları eski mirasın bazıları da yepyeni alanlar üzerinde kurularak ülkemizde günümüz şehirler oluşmuştur [10].

Günümüzde bir yerleşim biriminin şehir tanımını kazanması için aşağıda belirtilen özellikler olmalıdır [1].

- Belli bir nüfusta ve nüfus yoğunluğunda olması,
- Sanayi üretimine geçmiş olması ve hizmet sektörünün gelişmiş olması,
- Yerleşim alanlarında altyapının gelişmiş olması,
- Geleneksel aile yapısından daha çok çekirdek aile yapısını içermesi,
- Nüfusun büyük kısmının iş bölümüne ve yüksek eğitim düzeyine erişmiş olması,
- Yerel değerlerin yerini, ulusal değerlerin veya evrensel değerlerin almış olması,
- Geleneksel ilişkilerin çözülüp bireysel ilişkilerin ön planda olması,
- Eğitim düzeyinin kırsal kesimdeki eğitim düzeyinden yüksek olması ve çocuk bakımı ve eğitiminde aile dışı kurumların gelişmiş olması,
- Sosyal normların yerini, resmi denetleme kurumlarının almış olması,
- Statülerin aileden gelmeyip, bireylerin kendi çabaları ile kazanılmış olması gerekmektedir.



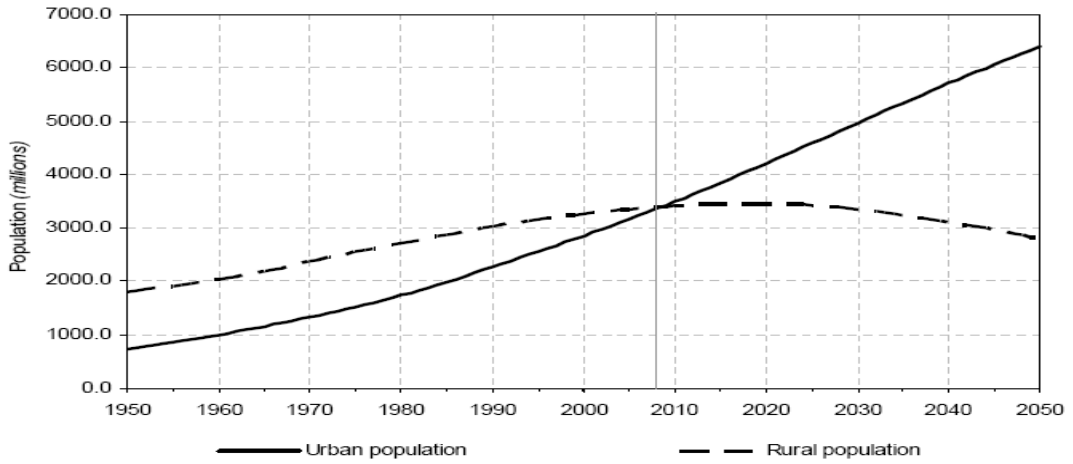
Şekil 2.1. Şehirlerin Oluşum Süreci

2.2.1. Şehirsal ekoloji

Günümüzde çoğu insanın yaşam alanı olan şehirler, her türde ve büyüklükteki organizmalara fırsatlar sunmak için yapısında alt ve üst yapı sistemlerini, doğal kaynakları ve bitki örtülerini barındıran ekosistemlerdir [11]. Kısaca şehirlerde hava, toprak, su, bitki gibi doğal çevre koşulları olmak zorundadır. Ayrıca şehirlerde ekonomik sürdürülebilirlik için devamlı geliştirilmesi gereken sanayi, ticaret, ulaşım, turizm gibi faaliyetlerinde bulunması gereklidir. Şehir ekosistemi olarak tanımlanan bu şeklin sağlıklı işleyişi, bileşenlerin sürekliliğine ve bileşenler arasındaki dengeye bağlıdır [12].

Dünyadaki ekolojik sistem sürekli artan insan faaliyetleri sonucu zarar görmektedir. Şehirler ekolojik sistemdeki doğal kaynaklardan fazlasını tüketme eğilimindedirler.

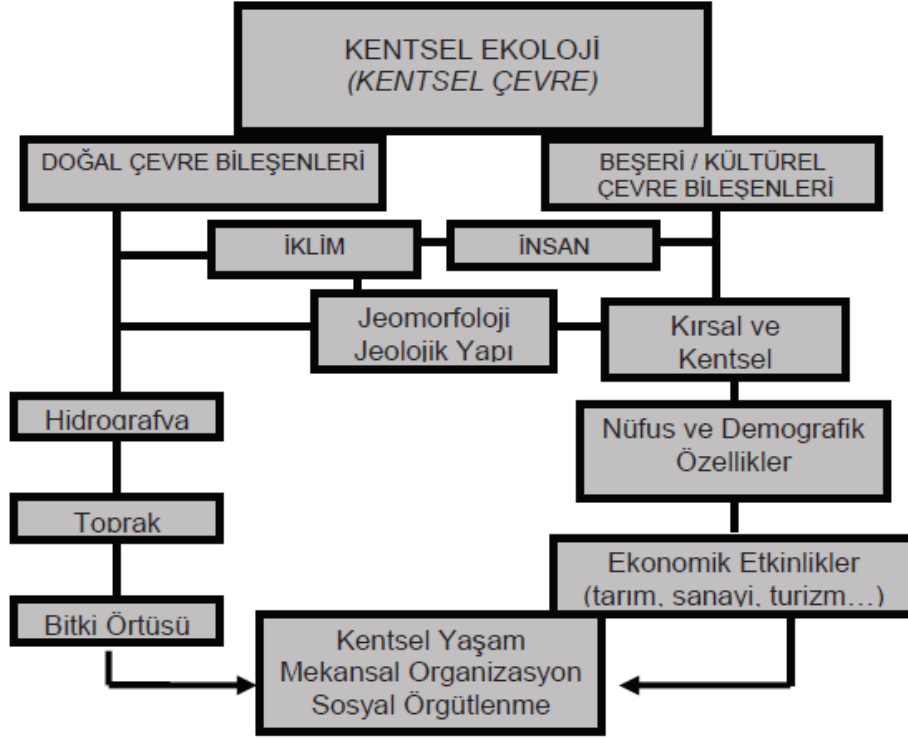
Şehirlerde yaşayan insanlar, doğal kaynakların yok olması açısından, içme suyu kullanımının% 60' ından, enerji tüketiminin % 75' inden, sanayi üretimi için yok edilen ağaçların % 80' inden ve atmosferde oluşan sera gazı emisyonlarının % 80' inden sorumludur [13]. Bu yüzden günümüzde şehirlerdeki sorunları çözmek şehirlere yeni bir bakış açısıyla bakılmaya başlanmıştır. Ayrıca Dünya, son yüz yılda hızla şehirleşmekte ve şu anda küresel nüfusun% 50' sinden fazlası şehirlerde hayatlarını sürdürmektedir. 2030 yılı için de yaklaşık % 60 kadar yeni şehir alanlarının 2000–2030 yıllarında inşa edileceği tahmin edilmektedir [14]. Aşağıdaki grafikte de bu açıkça belirtilmektedir.



Şekil 2.2. Dünya genelinde şehirselleşme ve kırsal nüfus değişimi, 1950- 2050 [15].

Şehirlerin sürekli gelişmesi sonucu, şehir alanlarının “çevresel taşıma kapasiteleri” ve “şehirlerin yaşanabilirliği” kavramlarının gözden geçirilmesini gerektirmiştir. Ayrıca bu alanda disiplinler arası çalışmalar da artmıştır. Şehir mekanizmasını da birer insan ekosistemi olarak inceleyen şehirselleşme ekolojisi çalışmaları bunun sonucudur. Şehirselleşme ekolojisi çalışmaları biyoloji, şehir planlama, yer, sosyoloji, ekonomi, politika bilimleri gibi birçok bilimsel alanın bakış açıları ortak noktada birleştirmekte ve odak bir yaklaşımı ortaya koymaktadır. Şehirselleşme ekolojisi, şehirlerin yeni gelişen alanları planlama aşamasında ekolojik sistemi değerlendirmektedir. Ayrıca şehirlerin ekonomik kalkınma modeli kapsamında da şehirler için “verimliliği”, “üretkenliği”, “korumayı” ve “yeniden kullanımı” değerlendiren metod ve faaliyetleri bir adım önde tutan bir yaklaşımdır. Şehirselleşme ekolojisi, şehir alanlarında sağlıklı ve

yaşanabilir ortamlar oluşturma çalışmaları olarak da düşünülmektedir [11]. Kısaca şehirsal ekoloji, şehirlerin gelişirken ekolojik bir yaklaşımla planlanmasıdır.



Şekil 2.3. Şehirsal Ekoloji-Şehirsal Çevre Bileşenleri [12].

2.2.2. Şehirlerdeki çevre kirlilikleri

Çevre kirliliği; “insanların fazlaca tüketimleri sonunda, ekolojik dengenin zarara uğratılarak, atık maddelerinin dünyanın katmanlarında birikmesi ve doğal yapısının yani ekolojik sistemin bozulması” şeklinde belirtilmektedir. Çevre kirliliğinin insan odaklı tanımı ise; “insanların yaşam alanlarında kirletici maddelerin artması ve sonuç olarak insan yaşamının kötü etkilenmesi” şeklindedir. Çevre kirliliği kontrol edilmediğinde küresel ve yerel düzeyde insanın var olduğu alanlarda gelişmektedir. Küresel boyutta olan çevre kirlilikleri, tüm insanlık için problem oluştururken, yerel alanlarda sadece o bölge insanını etkilemektedir [16].

Son yıllarda çevre konusu ekosistem üzerindeki olumsuz baskılardan ötürü çevre sorunları veya kirlilikleri şeklinde ifade edilmektedir. Özellikle, günümüzde şehirlerde hava, su ve toprak kirliliği de artmaktadır [17].

Dünyadaki küresel ısınmanın oluşmasına sebep olan insan faaliyetlerinin en başında kontrolsüz şehirleşmenin yarattığı sorunlar vardır. Şehirlerde fosil yakıt kullanılarak üretilen enerji kullanımı sonucu sera gazı emisyonları artmaktadır. Dolayısıyla şehirlerde karbon ayak izi oluşmakta ve karbon ayak izi değeri de büyümektedir. Sonuç olarak, oluşan sera gazı emisyonları, şehirlerdeki iklim değişiklikleri için değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmelerde ayak izi analizleri de yapılabilmektedir. Ayrıca şehirlerin ısı tutma özelliğiyle ve şehirlerde oluşmuş hava kirlilikleri sonucu; şehirler, etrafındaki açık alanlardan daha sıcak hale gelmekte kısaca ısı adaları oluşmaktadır. Bu bilgilerden anlaşılacağı gibi kirlilikler küresel sıcaklığı yükselten bir etki oluşturmaktadır. Buna göre şehirlerde uygulanacak iyileştirici uygulamalar karbon ayak izinin küçültülmesi ve küresel ısınmanın durdurulması için önemlidir. Günümüzde küresel ısınmaya sebep olan karbondioksit salınımının %40'ı, su kullanımının %12'si, atıkların %65'i ve enerji tüketiminin %75'i ve genel sera gazı emisyonlarının %80'i şehirlerde oluşmaktadır[18].

2.2.2.1. Fosil yakıt tüketimi sonucu oluşan çevresel kirlilikler

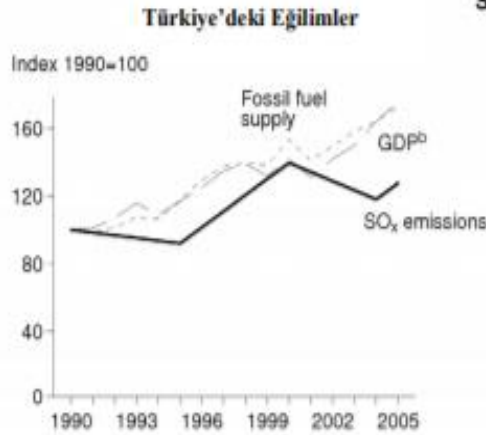
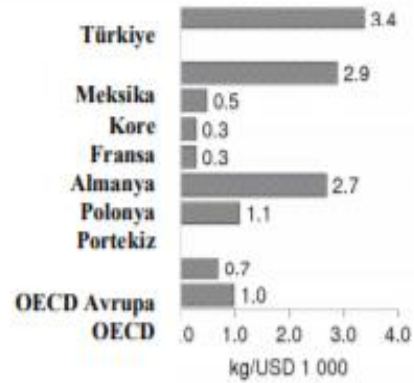
Enerji, canlıların hayatlarını devam ettirmeleri için gereklidir. Günümüzde enerji üretmek içinde çoğunlukla fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Evlerde ısınmak, ulaşımda taşıtların hareket etmesi ve sanayide üretim gerçekleştirmek için fosil yakıtlar tüketilmektedir. Ancak fosil yakıt kullanılarak enerji üretmek, doğal kaynakların yok olmasına, atmosferde oluşan sera etkisinin ve küresel sıcaklığın artmasına, doğal bitki örtüsünün zarar görmesine sebep olmaktadır. Ayrıca fosil yakıt tüketimi insanların sağlığını da olumsuz etkilemekte ve yaşam alanlarında çevre kirlilikleri oluşturmaktadır. Çünkü fosil yakıt tüketimi sonucu emisyonlar ortaya çıkmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz en çok bilinen fosil yakıt türleridir ve bu yakıt türlerinin belli bir sınırı vardır kısaca yenilenemez enerji kaynaklarıdır.

Ekolojik sistemde yenilenemez olan her kaynağın maliyeti mevcuttur. Buna rağmen yenilenemez enerji kaynakları devamlı kullanılmaktadır. Sonuç olarak da iklim değişikliğine ve bunun sonucunda da; sellerin oluşumuna, kutuplardaki buzulların erimesine ve sıcaklıkların artmasına sebep olmaktadır. Böylece, bu kaynakların kullanımını sürdürülebilir gelişmeyi engellemektedir [19].

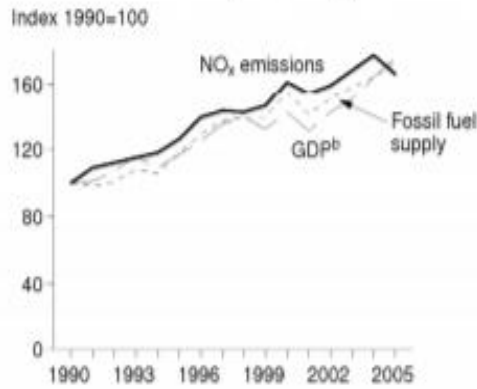
Dünya nüfusunun 21. yüzyılın ortalarında iki katına çıkması ekonomik ilerlemenin artacağına buna paralel olarak da sanayileşmenin artacağını belirtmektedir. Buna göre, küresel ölçekte enerji sektöründen enerji isteği 2050 yılına kadar önemli büyüklükte artması beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2050 yılına kadar petrol talebinde %70 ve karbon emisyonunda %130 oranında artış tahmin etmektedir. Bunların sonucunda, asit yağmurları, ozon incelmesi ve küresel ısınma gibi çevresel sorunlarında artacağı ön görülmektedir [20].

Fosil yakıt kullanarak enerji üretirken, azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), toz ve partikül maddeler içeren sera gazı (GHG) gibi hava kirletici emisyonlarda oluşmaktadır [21]. Kısaca hava kirliliği, fosil yakıt kullanımıyla enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanmaktadır.

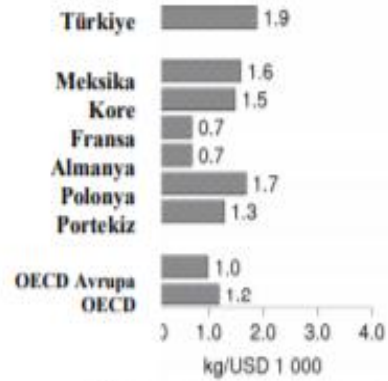
2008 Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütüne ait (OECD) çevresel performans göstergelerindeki verilere göre fosil yakıt tüketimi sonucunda oluşan hava kirletici emisyonlar ve bazı şehir ve sanayi bölgelerinde de SO_x , NO_x ve partiküllerden kaynaklanan dış ortam hava kirliliği ulusal hava kalitesi standartlarını aşmaktadır. Dış ortam hava kalitesi ile ilgili verilerde özellikle NO_x ve Ozon ile ilgili olan değerler oldukça önemli ve bu yüzden sınırlıdır. Buna rağmen orta ölçekli katı yakıtlı enerji üretim tesisleri SO_x emisyon standartları güçlendirilmiş ancak yüksek kükürlü petrol kullanan elektrik santrallerinin emisyon standartları Avrupa Birliği (AB) standartları ile karşılaştırıldığında olması gereken değerlerde değildir [22].

SO_xÜlkeler 2005
GSYİH birim başına

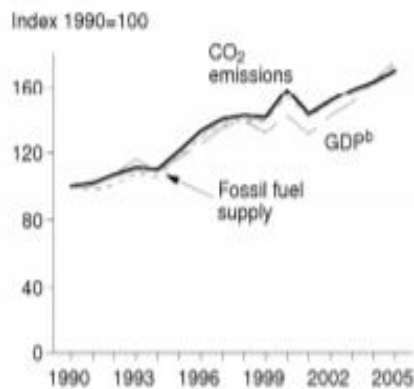
Türkiye'deki Eğilimler



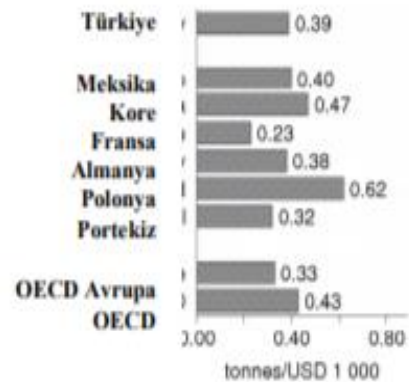
Ülkeler 2005 GSYİH birim başına



Türkiye'deki Eğilimler

CO₂^c

Ülkeler 2005 GSYİH birim başına

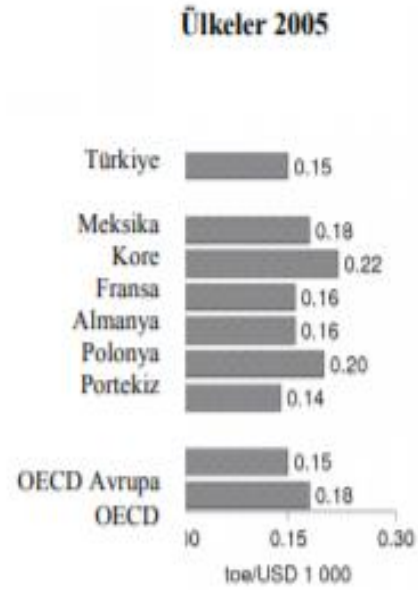
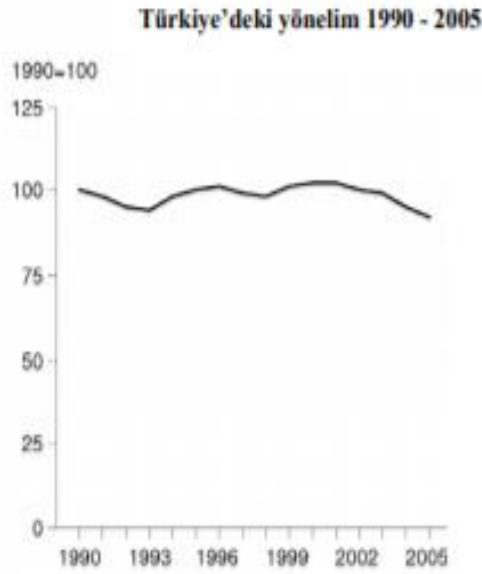


- Ya da mevcut olan son yıl.
- 2000 fiyatlarına ve satın alma gücü paritelerine göre GSYİH.
- Yalnız enerji kullanımı için emisyonlar; uluslararası deniz ve hava yükü taşıyıcıları hariç, sektörel yaklaşım.

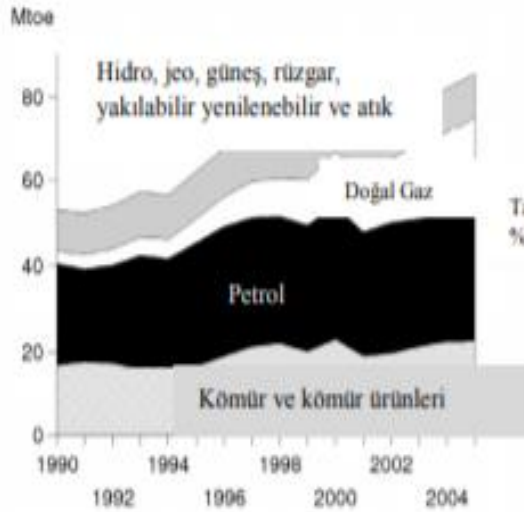
Kaynak: OECD-IEA (2007), yakıt yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları; OECD (2007), OECD Ekonomik Görünümü No. 82; OECD-IEA (2007), OECD ülkelerinin enerji bilançoları 2004-2005

Şekil 2.4. Hava Kirlenici Emisyonlar [22].

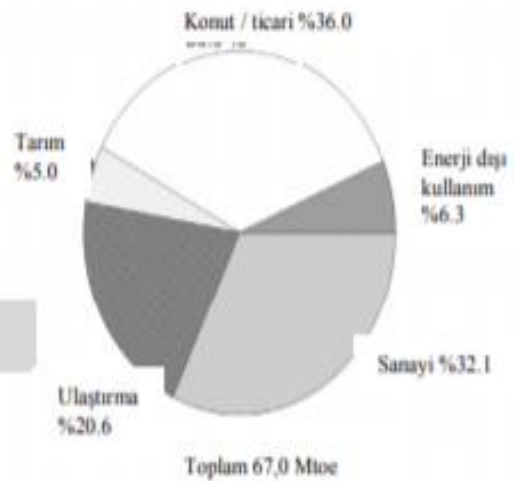
Birim GSYİH^b başına enerji arzı^a



Kaynağa göre enerji temini 1990 - 2005



Sektöre göre toplam enerji tüketimi



- a) Toplam birincil enerji arzı.
b) 2000 fiyatları ve satın alma gücü paritelerine göre GSYİH
c) Döküm, elektrik ticaretini içermemektedir.

Kaynak: OECD-IEA (2007), OECD ülkelerinin 2004-2005 enerji bilançoları; OECD (2007), OECD Ekonomik Görünüm No. 82.

Şekil 2.5. Enerji Yapısı ve Yoğunluğu [22].

2.2.2.2. Tarım arazilerinin kullanımı sonucu oluşan çevresel kirlilikler

Tarım alanlarında faaliyetlerin amacı canlıların besin maddesi ve süreklilikleri için ham madde ihtiyacını gidermektir ve bu amaç değişmemektedir. Ancak nüfusun hızlıca artması sonucu ihtiyaçlarda artmakta ve ekolojik sistem olumsuz etkilenmektedir. Özellikle bu istek yüzünden tarım faaliyetlerinde birim alandan daha fazla ürün alabilmek ve ürün kaybını azaltmak için kimyasal maddeler ve bilinmeyen üretim materyalleri kullanılmakta ve sonuç olarak da çevre kirlilikleri oluşmaktadır. Ayrıca tarımda üretim için kullanılan kimyasal gübre ve ilaçlar toprak, hava ve su kirliliğine sebep olarak, canlılar üzerinde toksik etkiler göstermekte ve toprak erozyonuna yol açmaktadır. Böylece doğal çevre kaynakları bozularak çevresel sorunlar karşımıza çıkmaktadır. Bunun ispatı olarak tarım faaliyetlerinde gübrelemenin havayı olumsuz etkilediği için birçok Avrupa ülkesindeki yeraltı suları koruma amacıyla azotlu gübre kullanımı sınırlandırılmaktadır [23].

Günümüzde tarımsal alanlarda su eksikliği verim artışını engellemektedir. Buna göre sulama, kurak ve yarı kurak bölgelerde yüksek tarımsal verim ve kalite açısından büyük öneme sahiptir. Ancak yanlış sulama uygulamaları sonucunda ciddi boyutlarda çevresel sorunlar meydana gelmektedir. Örneğin; yanlış sulama işlemi taban suyunun yükselmekte, tuzluluk, gübre ve kimyasal ilaç kalıntılarının sulama suyuyla derine indirmekte, sulardaki tuz yoğunluğunu arttırmakta ve yerüstü sularına tuz ve iz elementler karışarak, toprak erozyonu oluşturmaktadır. Ayrıca bu suları kullanan canlılarda da hastalıklar oluşmakta kısaca ekolojik sistem zarar görmektedir [24].

Tarım alanlarında en önemli kirleticilerden biri de pestisitlerdir. Pestisit, besin maddelerinin üretiminden ve tüketimine kadar olan süreçte, besin değerini bozan ve bitkilere zarar veren böcekleri, mikroorganizmaları ve diğer zararlıları yok etmek için kullanılan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır [25]. Bilimsel çalışmalar pestisitlerin zehirleyici olduğunu ve farklı şekillerde çevreyi kirlettiğini belirtmektedir. Ayrıca pestisitler hava ve su kirliliğine neden olmakta ve ekosistemdeki tüm canlı organizmalara da zarar vermektedir [26].

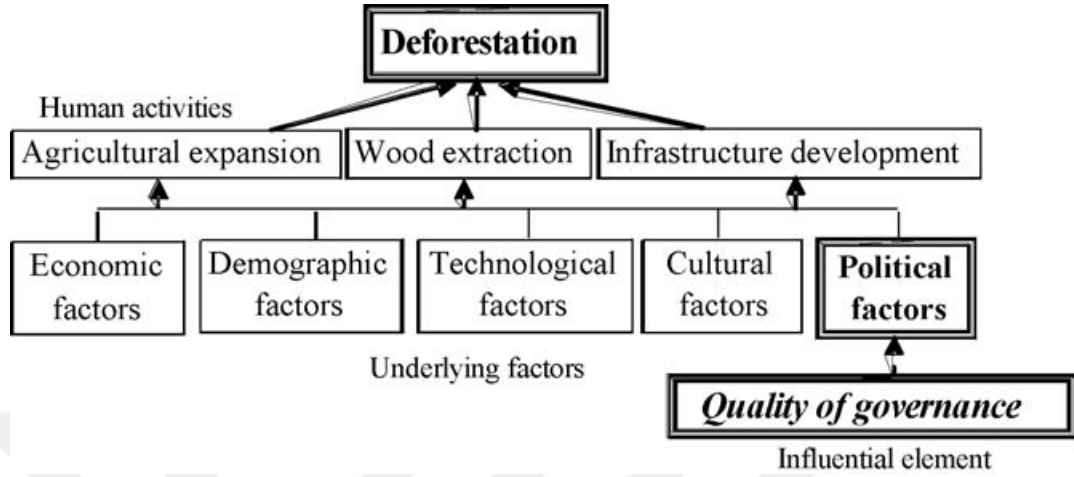
Dünyada yüzlerce çeşit pestisit bulunmakta ve kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) kaynaklarında en çok kullanılan 700 adet pestisit, 33'ü insan sağlığına çok zararlı, 48'i oldukça tehlikeli, 118'i orta derece tehlikeli ve 239'u da daha az tehlikeli grupta yer aldığı belirtilmektedir. Dünyada pestisit tüketimi 2001 yılında 3,2 milyon ton miktarına yükselmiştir. Buna göre pestisit tüketiminin % 75'i gelişmiş ülkelere aittir ve Amerika Birleşik Devletleri, Batı Avrupa ve Japonya ilk sırada yer almaktadır [24].

2.2.2.3. Orman Alanlarının Kullanımı Sonucu Oluşan Çevresel Kirlilikler

Orman alanlarının, tarım ve otlak için kullanılması ayrıca şehirsiz alanlara dâhil edilmesi ormansızlaşmayı meydana getirmektedir. Ormanlardaki ağaçlar yakıt olarak kullanılan kereste için yok edilmektedir. Yakıt üretimi ülkelerin ekonomik büyümesi için gerekli olmasına rağmen, aynı zamanda dünya ormanlarının yarısının yok olmasına neden olmaktadır. Bu şekilde meydana gelen orman alanlarının tahribi biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve karbondioksit salınımlarının artmasına sonuç olarak da iklimsel bozulmaya neden olmaktadır. Ayrıca tüketim amacıyla ormansızlaştırma başlı başına fosil yakıt tüketiminden kaynaklı atmosfere salınan karbondioksit miktarından sonra ikinci en büyük karbondioksit salınım kaynağıdır. Çünkü ormanlardaki ağaçlar ve topraklar çok miktarda karbon depolama özelliğine sahiptir. Kısaca tarım arazilerinin kullanımı için ağaçlar yakılmakta böylece karbon açığa çıkmakta ve iklim değişikliğini hızlandıran ve çevresel bozulmayı artıran sera gazlarından biri olan karbondioksit dönüşmektedir. Ek olarak, ormanların tahribi atmosferdeki karbondioksiti tutma özelliğini de yok etmektedir. Avrupa Toplulukları 2008 Komisyonuna göre, tropik ormanlar ürettiğimiz karbondioksitin yaklaşık % 15'ini tutmaktadır [27].

Son on yılda, ormansızlaşma sebebiyle ve orman arazilerinin değişim oranlarının farklılık gösterdiğini belirlemeye yönelik önemli çalışmalar yapılmıştır. Ormansızlaşma literatürüne önemli katkı sağlayan çalışmalarda da, nüfus değişimleri gibi sosyal süreç dinamikleri, insan faaliyetleri veya yerel düzeydeki eylemlerin

ormancılık faaliyetlerini doğrudan etkilediği belirtilmektedir. Bunlara örnek olarak tarımsal genişleme ve kereste üretimi için ağaç kesimleri gösterilebilir [28].

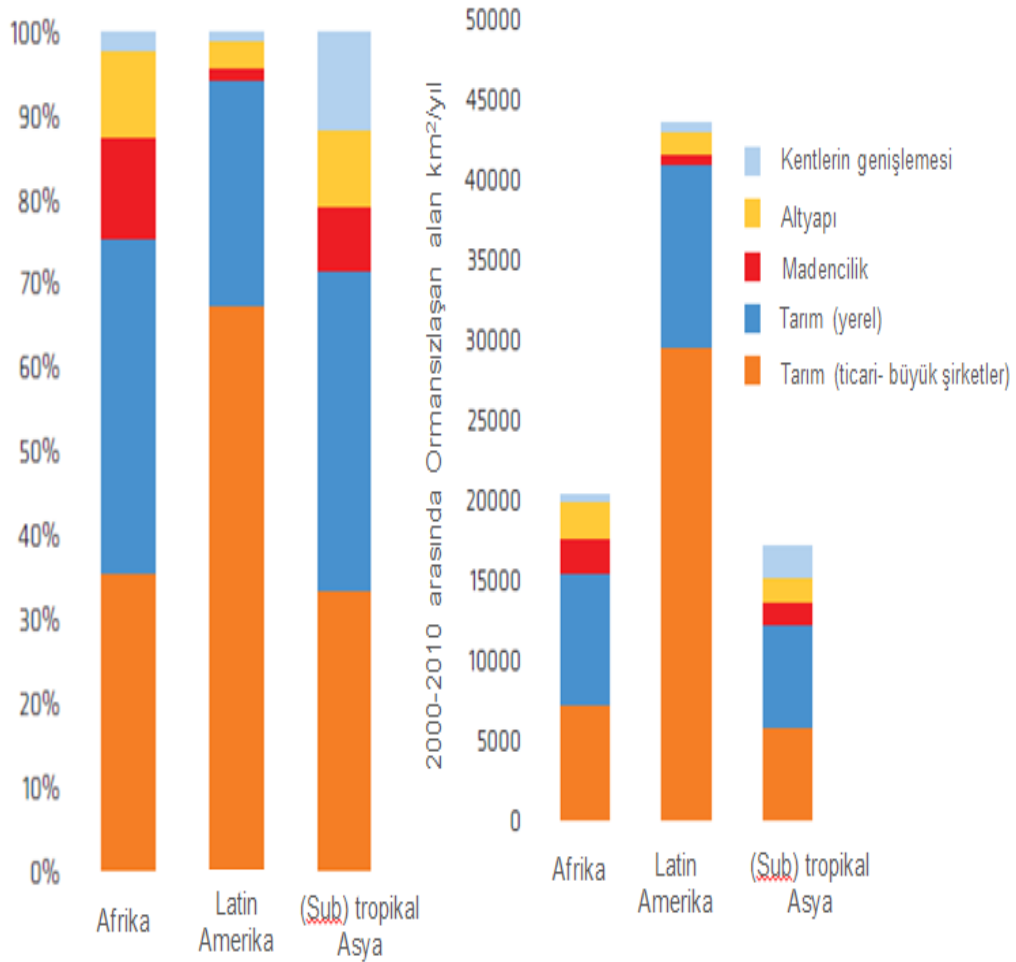


Şekil 2.6. İnsan Faaliyetlerinden Kaynaklı Ormansızlaşma ve Yönetim Kalitesi Arasındaki İlişki [29].

İnsan faaliyetleri sonucunda en çok olumsuz etkilenen doğal alanlar ormanlardır. Arazi kullanım değişiklikleri ve orman alanlarının azalması, küresel ısınma ve iklim değişikliğini oluşturan en önemli etkenlerdir. Sonuç olarak 1750 ve 2011 yılları arasındaki gerçekleşen ve 555 milyar ton değerinde olduğu tahmin edilen karbon emisyonlarının 375 milyar tonunun fosil yakıt kullanımı ve çimento üretiminden, 180 milyar tonunun ise arazi kullanım değişiklikleri sonucu ve orman alanlarının azalmasından kaynaklandığı belirlenmiştir [30].

Orman alanlarının farklı arazi kullanımlarına dönüşmesi “ormansızlaşma” kavramını ortaya çıkarmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryası (UNFCCC) tarafından 2001 yılında belirtilen kararda ormansızlaşma kavramı “orman alanlarının doğrudan insan tarafından, orman olmayan alanlara dönüştürülmesi” olarak belirtilmiştir. UNFCCC bu tanımında yalnızca insan faaliyetlerinin etkisiyle orman alanlarının diğer arazi kullanımlarına dönüşmesini, ormansızlaşma olarak kabul etmektedir. Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ) ise hem insan faaliyetlerinin sonucu hem de doğal nedenlerle olan dönüşümleri ormansızlaşma olarak belirtmektedir. Ormansızlaşma ile ilgili verilen bu tanımların ortak noktası insan faaliyetlerinin etkisidir. Ayrıca, ormansızlaşma küresel ısınmayı ve iklim

değişikliğini ortaya çıkaran ana faktör olması sebebiyle Kyoto Protokolünde ve Paris İklim Anlaşmasında yerini almıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşmanın devam etmesi sonucunda 2005 yılında Montreal'deki COP11 toplantısında ormansızlaşmadan kaynaklanan salınımların azaltılması kavramı ortaya atılmıştır. 2007 yılında da Bali'de toplanan COP13 toplantısında ormansızlaşmanın yanında ormanların bozulmasıyla sera gazı salınımlarının artması başlığında yeni bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak ormansızlaşma ve orman alanlarının bozulmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması olarak adlandırılmakta ve kısaca REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) olarak ifade edilmektedir [30].



Şekil 2.7. Ormansızlaşma nedenlerinin bölgesel olarak değişimi [30].

Tablo 2.1. Ormansızlaşmaya neden olan etkenler [30].

Doğrudan	Dolaylı
Tarım alanlarının çoğalması	Kolonileşme
Plantasyonlar (kauçuk, palmiye vb.)	Sanayileşmiş ülkelerin baskısı
Aşırı yakacak odun üretimi	Borçlar
Aşırı otlatma	Nüfus yoğunluğu ve yoksulluk
Yangınlar	Göçler
Madencilik	Arazi hakları, arazi mülkiyeti ve adil olmayan arazi dağıtımı ve kaynakları
Şehirleşme/Sanayileşme ve alt yapı yatırımları	Ekonomik nedenler
Hava kirliliği	Ormanların değerinin düşük gösterilmesi
Savaşlar	Siyasi nedenler

Tarıma ve yerleşik düzene geçişin, ormanları bozduğuna dair değerlendirmeler bulunmaktadır. Örneğin; 2012 yılında GTÖ tarafından yapılan değerlendirmede günümüzde 4 milyar hektar küresel orman alanının, 10 bin yıl önce yaklaşık 6 milyar hektar alan kadar olduğu düşünülmektedir. Yeryüzündeki kara alanlarının Antartika kıtası hariç yaklaşık 15 milyar hektar alan değerindedir. Ancak orman alanları günümüze kadar olan zaman içinde % 45 oranından % 31'e düşmüştür. Bir diğer çalışmada da son 5 bin yılda 1,8 milyar hektar kadar orman alanı kaybedildiği ifade edilmektedir [30].

Türkiye de ormanlar, ülke yüzeyinin %25,6' sını kaplamaktadır. Bunun sayısal değeri de 20,2 milyon hektar alandır. Ülkemizde kaliteli ve verim gücü yüksek orman alanı olarak kişi başına düşen değer çok azdır. Üstelik bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de orman alanları her geçen gün azalmaktadır. Ülkemizde ormansızlaşmaya sebep olan en önemli etken ise, orman varlıkları aleyhine yapılan yasal düzenlemelerdir. Örnek olarak, 1950 ve 1989 yılları arasında meydana gelen %55 değerindeki orman kaybının nedeni yasalardaki orman varlıkları aleyhine yapılan değişikliklerdir. Örnek olarak, Türkiye'deki orman alanlarının %50' si orman yangınları bakımından hassas bölgelerde bulunmaktadır. Ancak insanlar tarafından değiştirilme imkanı olmayan ekolojik koşullara rağmen, ülkemizde 1950-1989 yılları arasında orman yangınları sonucu kaybedilen orman miktarı 675.854 hektar alandır. Bu değer, politik nedenlerle yapılan yasal düzenlemelerden kaynaklanan orman alanlarının kaybının yarısından daha azdır. Bütün bu olumsuzluklara rağmen, odun hammaddesi ihtiyacını karşılamak için, ormanların verim gücünün üzerinde üretim yapma zorunluluğu mevcuttur. Sonuç olarak orman

azalması afeti yaşanmaktadır. Bunu afet olarak belirtilmesinin sebebi, toprak, nefes alacağımız hava, içeceğimiz su, kullanacağımız enerji, kısacası tüm canlıların yaşam temellerinin kaybı demektir [30,31].

Dünya üzerinde sürekli artış gösteren hammadde odun hammaddesidir. Onun da kaynağı ormandır. Orman alanları ortadan kalkınca 6.000 kullanım alanı ve 6.000 iş kolu da odun maddesiyle birlikte ortadan kalkacaktır. Ormanlar, dünyadaki oksijen üreten doğal kaynakların başında gelmektedir. Ayrıca, orman alanları bir yılda ürettikleri 93 milyar ton oksijenle, karada yaşayan tüm bitkilerin ürettikleri oksijen miktarında %66'lık bir katılım payına sahiptir. Bu nedenle, ormanların bozulması, nefes alacak havanın yok edilmesi anlamında “ekolojik kriz” olarak tanımlanabilir. Ek olarak; orman alanlarının toprak erozyonunu engellemesi sonucunda ekolojik işlevin parasal değeri ise tahminlerin üzerindedir. Yapılan değerlendirmelere göre, ormanların sadece barajlara gidecek toprakları tutmaları sonucunda, sağladıkları su ve enerji tasarrufun değeri tüm dünya için bir yılda 6 milyar dolar olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak ormanların çevre sağlığı, gürültü, hava, su, toprak kirliliğini önleme, milyonlarca canlıyı barındırma gibi işlevleri de düşünülürse orman tahribinin ne gibi sorunlar oluşturacağı kolayca anlaşılmaktadır [31].

2.2.2.3. Otlak alanların kullanımı sonucu oluşan çevresel kirlilikler

Ekili meralar ve hayvan yetiştiriciliği için kullanılan meralar da dâhil olmak üzere, otlaklar, dünyadaki en büyük ekosistemler arasındadır. 800 milyondan fazla insanın geçim kaynaklarına da katkıda bulunmaktadır. Yiyecek ve yem, enerji ve vahşi yaşam habitatı için doğal kaynaklardır. Ayrıca karbon ve su deposu olarak nehir sistemleri için su havzası alanlarının korumasını da sağlamaktadır. Otlaklar, doğal kaynakların yerinde korunması bakımından önemlidir. Dünyadaki karasal alanlarda pek çok küresel felaketi (erozyon, bitki örtüsü yangınları, seller vb.) önleme açısından, en değerli bitki örtülerini barındıran alanlar olduğu bilinmektedir. Ayrıca, araştırmalara göre mera alanları, yüksek karbon bağlama kapasiteleri, zengin biyolojik çeşitlilikleri sahip olmaları ve erozyonu önlemeleri açısından oldukça

önemlidir. Ancak otlak alanları insan faaliyetleri sonucu ve yanlış bakım, yönetim uygulamalarıyla doğallıktan uzaklaşmaktadırlar [32, 33, 34].

Otlak alanların yer aldığı yeryüzü toprak oranının tahminleri, tanımlara bağlı olarak % 20 ile %40 arasında değişmektedir. Bu farklılıklar, otlakların kullanım şekillerinin uyumsuzluğundan kaynaklanmaktadır. GTÖ' nün verilerini ve tanımlarını kullanarak, 2000 yılında dünyadaki otlak alanların 3,5 milyar hektar olduğu tahmin edilmektedir. Bu alan, dünyadaki alanın % 26' sını ve dünya tarım alanlarının % 70' ini temsil etmektedir [32]. Belirtilen bu değerlere göre otlak alanların kayıpları sonucunda biyolojik kapasitenin önemli ölçüde azalabileceği ve böylece Ekolojik Ayak İzi değerinin artacağı ön görülebilir.

Türkiye' de meraların, özellikle yağış ve su kaynaklarının yetersizliği nedeniyle, aşırı otlatılmalar ve arazi açma faaliyetleriyle yapısı değiştirilmektedir. Kısaca bu faaliyetler için “Yapay Yangınlar” ile yok edilip “Tarla Arazisi” ne dönüştürülen mera tiplerindedir. Ayrıca birçok ülkede kötü baskıya maruz kalan alanlardır. Gelişmekte olan ülkelerde, özellikle Afrika ve Asya kıtalarının yarı kurak iklim koşullarında bulunan ülkelerde, mera arazilerinin kullanımına ve bakımına özen gösterilmemektedir. Böylece mera kayıplarıyla ulusal felaket boyutunda çevre sorunları artarak devam etmektedir. Asırlardır süregelen ve hiçbir mera yönetimi kuralı içermeksizin uygulanan ağır ve zamansız otlatmalar sonucu meralar iyi mera özelliğini kaybetmektedir. Ek olarak da şehirleşme, kırsal yerleşim, tarım ve madencilik alanlarındaki faaliyetlerin olumsuz katkısıyla, kayıplar hızla devam etmektedir. Ayrıca Mera Kanunundaki yeni düzenlemelerle süreç ne yazık ki meralar aleyhine işlemektedir. Yem kaynaklarının en önemli alanı olan meraların önlenemeyen bu kayıpları, hayvancılığımızı da olumsuz etkilediği ve hayvan varlığımızda önemli azalışlara neden olduğu da açıkça ortadır [33].

2.2.2.4. Yapılaşmış alanların sebep olduğu çevresel kirlilikler

Nüfus artışıyla birlikte hızlı şehirleşme ve doğal afetlerinde ortaya çıkması sonucunda şehirsal ekosistemlerde, doğal ve yapılı çevrelerde çevre sorunları

meydana gelmektedir. Aslında şehirselleme ve doğal ekolojik sistem, insanlara rahat bir yaşam ortamı ve vazgeçilemez doğal kaynak sağlaması gerekmektedir.

İnsan faaliyetleri ve şehirleşme, arazi kullanım dönüşüm sürecini hızlandırarak geçirimsiz alanların (örneğin; konut ve sanayi alanları) çoğaltmakta ve kirletici maddelerin (örneğin; fosfor ve azot) arttırmaktadır. Günümüzde kötü arazi kullanımı ise toprak kaymalarına, sellere, toprak kirliliğine ve su ortamlarının bozulmasına yani şehirlerde çevresel riskler oluşturmaktadır. Bununla birlikte, şehirselleme alanlardaki mevcut arazi kullanımının planlanması, bu çevresel riskleri azaltacak ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayabilecektir. Bu nedenle, şehirselleme ve çevre koruma arasındaki sorunları önlemek için uygun arazi kullanımının planlanması ve risk yönetiminin yapılması önemlidir [35].

Son yıllarda, küresel toplum, şehirleşme ve altyapı gelişimi olarak tanımlanan ikiz kalkınma planlarında önemli bir gelişim yaşanmıştır. Bu süreçte, daha az şehirleşmiş ve düşük altyapı gelişimi olan ekonomik toplumlardan, daha fazla şehirleşmiş ve yüksek altyapı gelişimi olan ekonomik toplumlara geçiş yaşanmıştır. Toplum ekonomilerinin bu ikiz kalkınma süreçlerine uyum sağlamasının temel nedeni, yüksek ekonomik büyüme ve insanların refahı ile ilgili yüksek yaşam standartlarına ulaşma isteğidir. Toplumlardaki ekonomiler arttıkça, kırsal tarımsal ortamlardan şehirselleme endüstriyel ortamlara toplu göçlerle birlikte tarımdan sanayi sektörüne geçiş yaşanmıştır. Hızlı şehirleşme sürecinde, konutlar, okullar, hastaneler, fabrikalar ve alışveriş merkezleri ve bina harici olarak da yollar, demiryolları, barajlar ve köprüler gibi altyapı talepleri çoğalmaktadır [36].

Toplumlarda ekonomik açıdan büyüme isteği, yapılaşmış alanlarda üretimi, inşaat faaliyetlerini ve endüstriyel gelişimi artırırken aynı zamanda daha fazla enerji kullanımını gerektirmekte ve ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını özellikle de karbondioksiti arttırmaktadır. Sonuç olarak çevresel bozulmalara sebep olmakta ve çevresel sürdürülebilirliği zorlamaktadır. Aynı zamanda enerji tüketiminin artan etkisi ile şehirleşme iki sınıfta şekillenir. Birincisi, tarıma dayalı üretim şekli olan

şehirler endüstri ile üretim şekli olan şehirlere dönüşerek değişir. İkincisi, insanların yaşam tarzlarını ve yaşam alışkanlıklarını değiştirir ve bu nedenle enerjiye olan talebi artan şehirlere dönüşür. Sonuç olarak enerji talebindeki artış hane düzeyinde ve ulaştırma sektöründe yüksek miktarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Enerji tüketimindeki artış, sanayi üretimini yukarı çekmektedir. Sonuç olarak şehirselleşme artılarının yanı sıra, çevresel kirlilikleri oluşturmaktadır [36].

2.2.2.5. Balıkçılık alanlarının kullanımının sebep olduğu çevresel kirlilikler

Ülkemizde 8000 km' den fazla kıyı şeridi vardır. Bu yüzden güçlü balıkçılık yönetimi ve planlaması gerekmektedir. Ancak Türkiye'de bu alandaki yönetmeliklerin yetersiz ve yasadışı, yetersiz balıkçılık faaliyetleri üzerindeki kontrollerin ve gözetimlerin eksiktir ve bu yüzden de çevre sorunları oluşmaktadır. Dünya Doğayı Koruma Vakfı, (WWF) 2 Şubat Dünya Sulak Alanlar Günü'nde sulak alanlarının kaybının sadece canlıların yaşamını tehlikeye atmadığını aynı zamanda sel ve kuraklık riskini de oluşturduğunu bildirmektedir. Oysaki zengin biyolojik çeşitliliğe sahip sulak alanlar tropikal ormanlarla birlikte yeryüzünün en fazla biyolojik üretimi yapan ekosistemleridir. Ayrıca, sulak alanlardaki balıkçılık, tarım, hayvancılık, saz üretimi, turizm ve ulaşım faaliyetleri de ekonomiye katkı sağlamaktadır [37].

Sulak alanlar, yağışın çok olduğu dönemlerde fazla suyu sünger gibi çekerek taşkınların etkisini azaltmakta, yağışın az olduğu dönemlerde de depoladıkları suyu salarak kuraklığa çözüm sağlamaktadır. Ayrıca sulak alanlar buldukları bölgenin daha nemli olmasını sağlayarak, yerel iklime olumlu katkı vermekte yani iç bölgelere deniz suyunun girmesini ve böylece toprağın tuzlanması da önlemektedir. Özellikle sel ve kuraklık gibi doğal afetlerin olumsuz etkilerini yok etmek için sulak alanların etkili şekilde korunması ve yönetilmesi önemlidir. Ancak sulak alanlar, tarımda aşırı ve bilinçsiz su kullanımı, çevresel kirlilikler, iklim değişikliği, yasak avcılık ve balıkçılık gibi sürdürülebilir olmayan altyapı projeleri ile tehdit edilmektedir. Aynı zamanda iyi planlanmamış baraj ve otoyol gibi büyük projelerde sulak alanları olumsuz etkilemektedir. WWF, belirtilen bu sorunlarla karşılaşmamak için suyun

verimli kullanılmasının, özellikle sulak alanları besleyen nehirlerin su kalitesinin korunmasının ve havza ölçeğinde planlama yapılmasının gerekliliğini bildirmektedir [37].

Tüm dünyada olduğu gibi Akdeniz Havzası'nda da balık stokları yasadışı avcılık faaliyetleriyle yok edilmektedir. Özellikle sanayi balıkçılığında daha az emekle daha fazla ürün elde etmeye yönelik büyük balıkçı teknelerinin ve av araçlarının kullanımı balık stoklarının artmasını engellemektedir. Uzun dönemde balık miktarını korumak için balıkçılık sahalarının biyolojik kapasitesinin artırılması gerekmektedir. Bunun için deniz rezervlerine ihtiyaç duyulmaktadır [38].

Deniz rezervleri; olumsuz baskı yaratan bütün insan faaliyetlerine kapatılmış yani tam korunan deniz alanlarıdır yani karasal alanlardaki milli parklar gibi. Bu tanım, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve balıkçılık yönetiminin iyileşmesine sebep olan ve günümüzde de gittikçe artan bir anlayıştır. Bu alanlar içinde hiçbir şekilde insan faaliyetine izin verilmemektedir. Böylece bilimsel araştırmalara kaynaklık edecek araştırma alanları ve hassas habitatların ve türlerin olduğu bölgeler korunabilmektedir. Ancak kıyı şeridindeki bazı bölgeler küçük ölçekli ve yıkıcı olmayan ekolojik sınırlar içinde sürdürülebilir balıkçılığa açılabilir. Ülkelerde deniz rezervlerinin oluşturulması için politik çözümler mevcuttur. Ayrıca deniz rezervleri oluşturulmasının gerekliliği ulusal ve uluslararası seviyede de kabul edilmektedir. Örneğin, Birleşmiş Milletler (BM) Dünyada Sürdürülebilir Gelişme Zirve'sinde Deniz Koruma Alanlarının oluşturulmasının gerekliliği belirtilmektedir. Ancak Türkiye'de kararlaştırılan hiçbir deniz rezervi bulunmamaktadır. Mevcut olan yaklaşık 15 özel koruma bölgesi ve tek bir canlının korunmasını amaçlayan birkaç koruma alanı da, tüm ekosistemin korunmasını ve deniz alanlarındaki yaşamın devamlılığını sağlayamamaktadır. Ayrıca bu bölgelerde yıkıcı balıkçılık aktiviteleri, yeni inşaat planları ve kirlilik gibi devam eden tehditlerde devam etmektedir. Sonuç olarak deniz rezervlerinin ekosistem tabanlı bir yaklaşımla oluşturulması için hızlı bir şekilde yasalar çerçevesinde düzgün tanımlamaların yapılması gerekmektedir [39].

2.3. Şehirlerde Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca, çevre sorunlarının önüne geçebilme ve ekosistemin korunmasına odaklanmıştır. “Sürdürülebilirlik” kavramı, 1970'lerin başında, çevre üzerindeki kötü etkilerden kaynaklanan endişelere yanıt olarak meydana gelmiştir. Sürdürülebilirlik kavramının, şehir kavramı ile birlikte ele alınması ise yeni bir olgudur [40,41].

1996 Habitat II Zirvesi'nin sonuç bildirgesindeki İstanbul Deklarasyonu'nun 15. maddesi şu şekildedir; “21. yüzyıla girerken, sürdürülebilir insan yerleşimleri için pozitif bir vizyon, ortak geleceğimiz için umut duygusu ve herkesin itibar, sağlık, güvenlik, mutluluk ve umut dolu nezih bir hayat vadeden güvenli bir evde yaşayabileceği, bütünüyle faydalı ve cazip bir meydan okumaya katılmayı teşvik ediyoruz.” şeklinde belirtilmiştir. Kısaca Habitat Zirvesi'nde sürdürülebilir bir yaşamı mümkün kılan yerleşmelerin ve yaşam alanların önemi belirtilmektedir. Kısaca sürdürülebilir şehirleşme olgusunu gündeme getirmiştir [40].

Literatürde sürdürülebilir şehirleşmeyle ilgili kabul gören tanımlamalardan birkaçı şu şekildedir; “sürdürülebilir bir şehir, tüm vatandaşların bireysel gereksinimlerini karşılamalarına ve şimdi veya gelecekte doğal dünyayı ve insanların yaşamlarını bozmadan, refahlarını artırmalarını sağlamaktır”. Diğer tanım BM' ninine benzemektedir, “şehirlerde sürdürülebilirlik, şimdi veya gelecekte, çevreyi ve insanların refahını artırmak” şeklindedir. Yapılan bu tanımlar sürdürülebilirlik kavramını ele alır ve şehirle ilişkilendirir. Şehirler için var olan bir diğer sürdürülebilirlik anlayışı ise, belirlenen yaşam kalitesini sağlayan doğal, yapay ve kültürel unsurlar arasındaki dengeye odaklanmaktadır. Sürdürülebilir şehirleşme ile ilgili yapılan tüm tanımlamalar bir araya toplandığında üç unsur ön plana çıkmaktadır. Birincisi, şehirlerde yaşayan insanların, şehir ile olan ilişkilerinde, şehrin ortak alanlarının kullanımında ve kamu hizmetlerinin alımında, yaşam kalitelerinin artırılması sorununun aşılmasıdır. İkincisi, şehrin bir yerleşim birimi olarak sürekliliğinin güçlendirilmesidir. Son olarak da, şehrin mevcut çevre

değerlerini taşıma kapasitesi üzerinde kullanım ile kaynakların yok edilmesi yani üretim ve tüketim faaliyetlerinin kaynağında sorgulanması gerekliliğidir [40,42].

Sürdürülebilir şehirleşmenin temeli, sürdürülebilir gelişme yaklaşımıyla oluşmaktadır. Sürdürülebilir gelişme kavramına uluslararası anlamda ilk defa 1972 Stockholm BM İnsan ve Çevresi Konferansı'nda değinilmiştir. Stockholm Bildirgesi'nin 15. ve 16. maddeleri sürdürülebilir şehirleşmeyle ilgilidir. Buna göre, bildirgenin 15. maddesi, “çevreye olan olumsuz etkileri önlemek, maksimum sosyal, ekonomik ve çevre faydaları sağlamak için yerleşmelere ve şehirlere planlama uygulanmalıdır” ifadesi şeklindedir. 16. madde de “temel insan haklarına ön yargısız olarak, ilgili hükümetlerce uygun bulunan demografi politikaları; çevre ve kalkınma üzerinde olumsuz etkileri olan nüfus artış hızı veya aşırı nüfus yığılmaları ile düşük nüfus yoğunluğunun insan çevresinin gelişmesini veya kalkınmayı engelleyebileceği bölgelerde uygulanmalıdır” şeklindedir. Böylece Stockholm Konferansı'nda sağlıklı, planlı yaşanabilir şehirlere vurgu yapılarak sürdürülebilir şehirleşmenin temel ilkeleri belirtilmiştir. Brutland Komisyonu tarafından 1987 yılında hazırlanan “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda da sürdürülebilir gelişme kavramı üzerinden sürdürülebilir şehirleşmeye değinilmiştir. Raporda ele alınan sorunların bir kısmı; yoksulluk, çevre üzerindeki olumsuz baskılar, nüfusun hızla artması, nüfus yoğunluğunu artmasıyla yaşam standartlarının iyileştirilmesinin engellenmesi, çevre kaynaklarının çok fazla tüketilmesinin yanında şehir sorunları ve şehirlerin kontrolsüz gelişimidir. Bu sorunların çözümleri ise; yerel yönetimlerin güçlendirilmesi ve enerji kullanımının tasarrufu, nüfus artışını ve yoğunlaşmasını önleyecek politikalar üretilmesi, türlerin ve ekosistemin korunması, doğal kaynakların verimli kullanılması şeklindedir. Bu çözüm önerileri sürdürülebilir şehirleşme kavramına yol göstermektedir. Kısaca, sürdürülebilir şehir, sürdürülebilir arazi kullanımı ve şehirsiz tasarım ilkeleriyle oluşturulan ideal bir şehirleşme şeklinde tanımlanmaktadır. Arazi kullanımı ile kompakt şehirsiz tasarım ise; sosyal etkileşimlerle çok çeşitli hizmetlere daha kolay erişim sağlanarak yaşam kalitesini artırmak, yeşil bina tasarım teknolojileri veya yenilenebilir enerji kullanımı ile enerji tüketimini minimuma indirmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak, park ve yeşil alan sistemlerini restore etmek, şehirsiz

yayılmayı engelleyerek çevreye duyarlı alanlar üzerindeki baskıyı hafifleterek gerçekleştirilebilmektedir. [40,41].

Sürdürülebilir şehirleşme kavramını konu alan bir diğer faaliyet ise 1992 Rio de Janeiro şehrinde BM tarafından düzenlenen Çevre ve Gelişme Konferansı'dır. Rio Zirvesi sonucunda kabul edilen "Gündem 21" belgesi, sürdürülebilir şehirleşme için önemlidir. Gündem 21'in " Sürdürülebilir İnsan Yerleşimleri Gelişmesinin Desteklenmesi" başlığında, insan yerleşimlerinin sosyal, ekonomik ve çevresel kalitesinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Herkes için yeterli barınma, insan yerleşimleri yönetiminin iyileştirilmesi, sürdürülebilir arazi kullanımlarının planlanması ve yönetimi, bütünleşmiş çevresel altyapı hizmetlerinin sağlanması, sürdürülebilir enerji ve ulaşım sistemleri, afetlere maruz kalmış alanlarda yerleşmelerin yeniden planlanması, insan yerleşimleri için kapasite oluşturulması gibi başlıklarla ele alınan bu programda sürdürülebilir şehirleşmenin hedefleri belirtilmektedir. Sürdürülebilir şehirleşme yaklaşımın temel olarak şekillendiği diğer önemli organizasyonda BM tarafından 1996 yılında İstanbul'da düzenlenen Habitat II İnsan Yerleşimleri Konferansı'dır. Habitat II' nin temel amacı, herkese yeterli konut sağlamak ve şehirleşen dünyada sürdürülebilirliği gerçekleştirmektir. Ayrıca Habitat II buluşmasında sürdürülebilir yerleşme bir hedef olarak belirlenmiş ve dışlanma, dışlama, toplumsal uyum, özel sektör ve kamu ortaklığı, yığılma, kirlilik, doğayla ilişki, yönetim, kimlik, kültürel değişimler gibi şehirseller sorunların evrenselliği ilan edilmiştir [40].

Sürdürülebilir şehirleşme olgusunun ön plana çıktığı faaliyetlerin başında 27 Mayıs 1994 tarihinde, Danimarka'nın Aalborg şehrinde gerçekleştirilen Avrupa Sürdürülebilir Şehir ve Kasabalar Konferansı yer almaktadır. Konferansın sonunda "Sürdürülebilirliğe Doğru Avrupa Şehirler ve Kasabalar Şartı" oluşturulmuştur. Aalborg Şartı, sürdürülebilirliği, yerel yönetimlerde tüm alanları kapsayacak şekilde karar verme sürecini, denge sonuçlu, yerel ve yaratıcı bir süreç olarak belirtmektedir. Bununla birlikte, doğanın taşıma kapasitesine uygun yaşam koşulları için ve sosyal adalet, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik tanımlarına göre sürdürülebilir gelişmenin, şehirlere ve kasabalara önemli bir yol gösterici olduğu belirtilmektedir.

İnsanoğlunun yüzleştiği birçok çevresel sorun için şehir yönetimlerine eko-sistem yaklaşımını benimsetmeyi hedefleyen bu şartlar ve sürdürülebilirlik açısından belirlenen şehrsel politikalar aşağıda belirtilmektedir.

- Öncelikli olarak şehirlerin birbirinden farklılaşması sonucuyla her şehrin sürdürülebilirliği için kendilerine özgün yöntem oluşturmalarının gerekliliği,
- Şehir ve kasabaların sorunlarını başka ortamlara ya da geleceğe taşıma hakkına sahip olmamalarının gerekliliği,
- Ekonomik gelişmenin sınırlayıcı etkeninin doğal servet olduğunun kabulü ile bu servetin korunmasının gerekliliği yani su rezervlerinin, toprağın, biyolojik çeşitliliğin korunması, yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının azaltılmasının gerekliliği,
- Sosyal adaletin sağlanması özellikle çevre sorunlarından en fazla ölçüde etkilenen ve en az ölçekte bu sorunları çözmeye yeterliliği olan yoksulların durumunun iyileştirilmesi, tüketimi körüklemek yerine insanların hayat kalitelerinin artırılması, uzun vadeli istihdam olanaklarının yaratılmasının gerekliliği,
- Arazi kullanımı ve “imar planlamasında” stratejik çevre etki değerlendirmesinin gerekliliği, şehrsel gelişim sürecinde hareketliliği azaltıcı yönde yöntemlerin oluşturulması gerekliliği,
- Yaşamsal ihtiyaçlara erişilebilirliğin artırılarak toplumsal refahı ve şehirli hayat tarzının daha az ulaşım ihtiyacı yönünde yönlendirilmesinin gerekliliği,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının tek sürdürülebilir seçenek olduğunun benimsenmesi,
- Yerel yönetimlere yeterli otoritenin verilmesi ve güçlü bir zeminin oluşturulması ile gerçekleştirilecek iyi yönetim kavramının gerekliliği,
- Anahtar etken olarak toplumun etkin katılımının sağlanmasının gerekliliği,
- Şehrsel yönetim araçlarının oluşturulmasının gerekliliği,

Aalborg Şartında ortaya koymuş ve bu ilkeler sürdürülebilir şehrsel gelişmenin uygulama yöntemlerini belirlemesi açısından önemlidir [40].

Buna göre sürdürülebilir şehirleşme kavramı, şehirleşme sonucunda tüm çevresel alanların, sosyal, ekonomik etkenleriyle birlikte olmalı ayrıca ekonomik ve sosyal ilerlemenin yanında çevreyi korumak için bir arada olmasını ve gelişim süreçlerinin planlanmasını gerektirmektedir.

Tablo 2.2. Sürdürülebilir Toplulukların Sahip Olması Gereken Özellikler [40].

Aktiflik, Kapsayıcılık ve Güvenlik	Güçlü bir yerel kültür ve diğer ortak topluluk etkinlikleriyle oluşan eşitlik, hoşgörü ve bağlılığın sağlanmasıdır.
İyi İdare	Etkin ve kapsayıcı katılım ile temsil edilmesidir.
İyi Ulaşım	İnsanları işlerine, okullarına, sağlık hizmetlerine ve diğer hizmetlere ulaştıracak iyi ulaşım hizmetlerinin olmasıdır.
İyi Hizmet	İnsanların ihtiyaçlarına uygun ve herkes tarafından erişilebilecek kamusal ve özel topluluklara ait gönüllülük hizmetlerinin olmasıdır.
Çevreye Duyarlılık	İnsanların yaşaması için çevreye saygılı olarak gerçekleştirilen faaliyetlerin olmasıdır.
İyi Gelişim	Büyüyen, çeşitli ve yenilikçi yerel ekonominin var olmasıdır.
İyi Tasarım ve İnşaat	Kaliteli şekilde doğal çevrenin korunmasıdır.
Herkes İçin Eşitlik	Bugün ve gelecekteki tüm toplulukları içeren bir anlayışa sahip olunmasıdır.

Sonuç olarak sürdürülebilir bir şehirleşme için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir [40]:

- Alan tasarrufu sağlayıcı gelişmeler uygulanmalıdır.
- Doğal habitat korunmalıdır.
- Şehirleşme planlı olmalıdır.
- Geniş yeşil alan sağlanmalıdır.
- Su kaynakları korunmalıdır.
- Motorlu araç kullanımı teşvik edilmemelidir.
- Geri dönüşüm programları başlatılmalıdır.

2.4. Ekolojik Ayak İzi Kavramı

Ekolojik Ayak İzi kavramı, belli bir nüfusun ve sürecin sürdürülebilir bir şekilde tüketimini desteklemek için gerekli, ekolojik olarak verimli toprak miktarının toplamı olarak tanımlanabilir. Bu anlamda ayak izi göstergesi, bir sistemin sürdürülebilirlik seviyesini ölçmek için bir yöntemdir. Çünkü uzun vadede doğal kaynakları koruma ve atıkların bertaraf konusuna göre Dünya'nın kapasitesine göre

kullanılan kaynakların ve atıkların hesaplanmasıdır. Bu nedenle Ekolojik Ayak İzi, sürdürülebilirliğin ilkelerinin değerlendirilmesinin bir ölçütüdür, yani tüketimin çevre ile uyumlu oranlarda değerlendirilip değerlendirilmediğinin bir ölçütüdür. Sürdürülebilirlik tanımının karmaşıklığı ve sorunu ölçecek veri noksanlığı sebebiyle; Ekolojik Ayak İzi için en çok kullanılan tanım, bir bireyin, popülasyonun veya faaliyetin, tükettiği tüm kaynakları üretmesini ve mevcut teknoloji ile kaynak yönetimi uygulamaları kullanılarak üretilen atıkların telafisini gerektiren biyolojik olarak verimli toprak ve su alanıdır. Genelde Ekolojik Ayak İzi biyolojik üretken kaynaklar oluşturmak için biyolojik olarak gereken verimli arazi alanının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Kısaca, üretiminin ayak izi, üretim yapılan arazinin ve biyolojik verimin sürdürülebilir olup olmadığını değerlendirmektedir. Oysaki verimli toprakların aşırı ve bilinçsiz kullanımı ayrıca fosil yakıtlarında kullanımı sürdürülebilirliğin bir problemidir. Buna göre Ekolojik Ayak İzi yöntemi de fosil yakıt sorununu doğru bir şekilde ele almaktadır. Kısaca, salınan karbondioksiti absorbe etmek için yeterli alan olsa dahi diğer kaynak türlerinin yani toprak alanlarının ve balıkçılık sahalarının aşırı kullanımı da biyolojik kapasite dâhilindedir [43,44].

Ekolojik Ayak İzi = Doğa Üzerindeki İnsan Talebi (TALEP)

Ulusal Biyolojik Kapasite = Doğal Kaynak Arzı (ARZ)

Ekolojik Ayak İzi; talep ve arz arasındaki dengenin sağlanması için hesaplanmalı ve çıkan sonuçlara göre şehirlerdeki sürdürülebilirlik için planlamalar yapılmasını gerektirmektedir.

İnsan faaliyetleri sonuçlarına göre çevre üzerindeki olumsuz baskının azaltılması ve şehirlerdeki sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla Ekolojik Ayak İzi ve biyolojik kapasite arasında aşağıdaki değer sağlanmalıdır.

Ekolojik Ayak İzi \leq Biyolojik Kapasite

2.4.1. Ekolojik ayak izinin parametreleri

Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması, insanların ihtiyaçlarına göre kullanılan tarım alanlarının ayak izi, otlak alanların ayak izi, orman alanlarının ayak izi, balıkçılık sahalarının ayak izi, yapılaşmış alanların ayak izi ve karbon tutma ayak izi olmak üzere çeşitli arazi kullanım tiplerinin ayak izi hesaplamaları ile elde edilmektedir. Ayrıca bunlar Ekolojik Ayak İzinin ölçümündeki parametreler olarak değerlendirilebilmektedir. Ekolojik Ayak İzi hesaplanmasında, belli olan bu arazi kullanım tiplerinin ayak izlerinin toplam miktarları, var olan biyolojik kapasitenin arzı ile karşılaştırılır. Ayrıca, Ekolojik Ayak İzi, arazi alanlarının biyolojik kapasitesine göre küresel hektar (gha) cinsinden hesaplanmaktadır. Buna göre Ekolojik Ayak İzi ve Biyolojik Kapasite arasındaki fark, bir popülasyonun biyosferin yenilenme kapasitesine ne derece yaklaştığını veya ne kadar uzaklaştığını yani ne kadarını aştığını gösteren bir sürdürülebilirlik ölçütüdür. Ayrıca, Ekolojik Ayak İzi hesabı çevresel sürdürülebilirliğe odaklanmasına göre, sürdürülebilirlik ölçütü olarak da son yıllarda medya, bilim ve politika gündemlerinde büyük bir popülerliğe ulaşmış ve uygulamaları küresel ürünlerden ve bireylere kadar farklı ölçeklere yayılmıştır [44].

2.4.1.1. Karbon tutma ayak izi

Okyanusların tuttuğu karbondioksit emisyonu ile birlikte, fosil yakıt tüketimi, arazi kullanımını değişiklikleri ve kimyasal süreçlerden kaynaklanan emisyonların tutulması için de gerekli olan orman alanlarının hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].

2.4.1.2. Tarım arazisi ayak izi

İnsanların ihtiyaçlarına göre tükettikleri gıda ve lif, hayvan yemi, yağ bitkileri ayrıca kauçuğun üretimi için de gerekli olan tarım alanlarının hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].

2.4.1.3. Orman ayak izi

İnsanların ihtiyaçların için kullandıkları ağaç, kâğıt hamuru, kereste, sanayi odunu ayrıca yakacak odun üretmek için gerekli olan orman alanının hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].

2.4.1.4. Otlak ayak izi

İnsanların talep ettikleri et, süt, deri ve yün gibi ürünlerin üretilmesi için gereken otlatma alanının hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].

2.4.1.5. Yapılaşmış alan ayak izi

Ulaşım ağları, konutlar, endüstriyel yapılar ve hidroelektrik santraller de dâhil olmak üzere insan ihtiyaçlarının karşılanması için alt yapı ve üst yapı ile kaplı alanın hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].

2.4.1.6. Balıkçılık sahası ayak izi

Tüketilen balık ve deniz ürünlerinin yaşaması için gereken deniz ve tatlı su alanlarının hesaplanmasıyla belirlenmektedir [45].



*Biocapacity, Ecological Footprint, and land area are usually measured in gha (global hectares)

Şekil 2.8. Ekolojik Ayak İzini Oluşturan Bileşenler [45].

2.4.2. Türkiye'nin ekolojik ayak izi

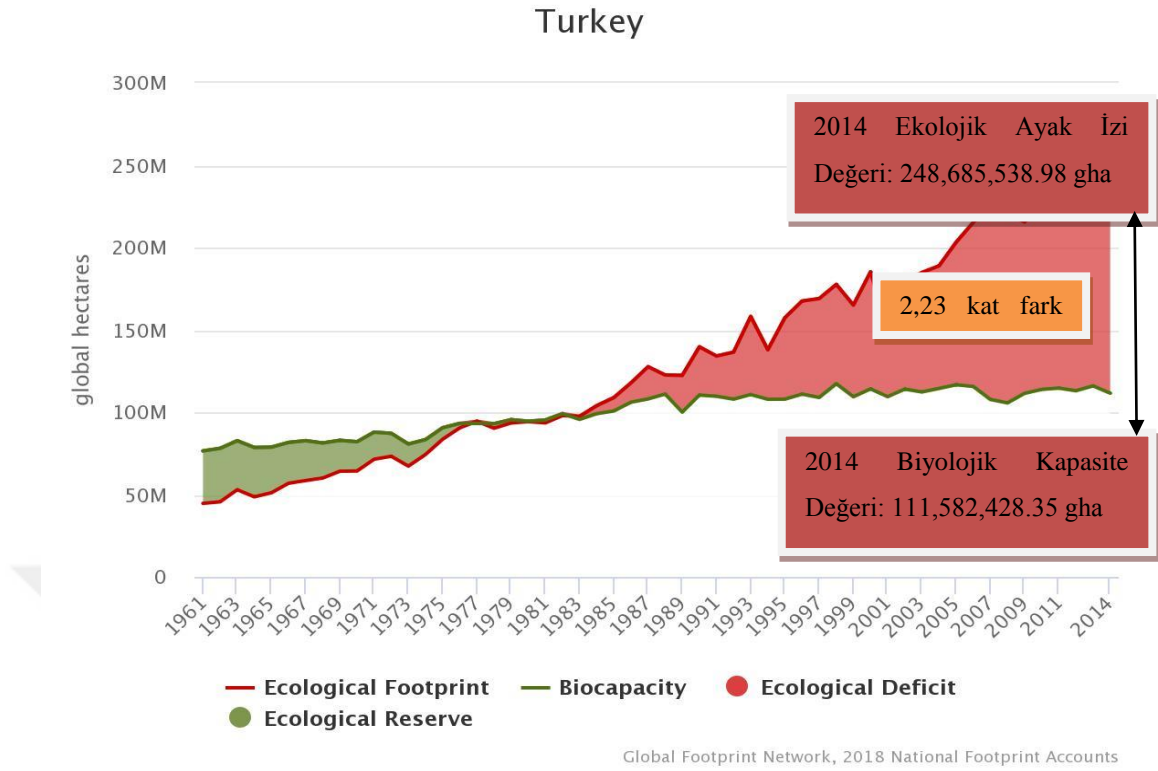
Türkiye'de 2007 yılında 2,7 gha olan tüketimin Ekolojik Ayak İzi değeri, dünya ortalamasına eşittir. Ancak Akdeniz ülkelerinin ortalamasına göre daha düşüktür. Türkiye'de tüketimin Ekolojik Ayak İzi değeri, kişi başı gerekli olan küresel biyolojik kapasitenin %50 oran değerinde üzerindedir. Bir başka ifadeyle; dünyadaki herkes ortalama bir Türkiye vatandaşı kadar tüketim gerçekleştirirse 1,5 gezegene daha ihtiyaç duyulacaktır. Bu durum, dünya genelinde olduğu gibi, Türkiye'de de sürdürülebilir olmayan bir yaşam şeklinin göstergesidir. Türkiye'de kişi başı ayak izi değeri 1,3 gha' dır. Buna göre ulusal biyolojik kapasite değeri dünya ortalamasının altında olduğu için, ulusal ekolojik açığımız küresel açıktan çok daha yüksektir. Ekolojik limit aşımı olarak adlandırılan bu açık, biyolojik kapasite ihtiyacının kısmen ülke dışından sağlandığını göstermektedir. Türkiye'de kişi başına düşen Ekolojik Ayak İzi değerinde zaman içinde büyük bir değişiklik görülmemiştir. Kişi başına düşen ayak izi değerinin 1961'den bu yana göstermiş olduğu bu istikrarın aksine, kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'da (GSYH) ciddi bir artış söz konusudur. Bunun sebeplerinden biri, 1961 ve 2007 yılları arasında kaynak verimliliğinin yaklaşık %10 kadar artmış olmasıdır. Kişi başına düşen Ekolojik Ayak İzi değerinin sabitliğinin aksine, tüketimin toplam ayak izi ise %150 oranında büyümüştür. Bu büyümenin en temel sebebi, 1961 ve 2007 yılları arasında Türkiye nüfusunun aynı oranda artmış olmasıdır. Açıkça Türkiye doğal kaynaklarını, kendini yenileyebilme hızına oranla daha fazla tükettiği için ekolojik açıdan borçlu ülkeler arasındadır. Türkiye'nin, biyolojik kapasite fazlasına sahip olma şeklinden biyolojik kapasite açığı olan şekle gelmesinin en temel nedeni nüfus artışıdır. Türkiye'deki üretken alanların dünya ortalamasının üstündeki verimliliğinin aksine kişi başına düşen biyolojik kapasite 2007 yılında 1,3 gha ile 1,8 gha değerleriyle dünya ortalamasının altındadır. Buna göre Türkiye'de tüketimin toplam Ekolojik Ayak İzi değeri ülke genelindeki biyolojik kapasite değerini 1974'te aşmış, 2007 yılı itibarıyla de bu eşik değerinin iki katına çıkmıştır. Türkiye de üretimin toplam Ekolojik Ayak İzi değeri ise kullanılabilir biyolojik kapasitene göre 1972 yılında aşmıştır. 2007 yılında da Türkiye'de üretimin Ekolojik Ayak İzi değeri, biyolojik kapasite değerinin yaklaşık 1,6 katına çıkmıştır. Bu durum ülkedeki kaynak tüketiminin ulusal ölçekte

sürdürülebilir olmadığını ve yurt dışından biyolojik kapasite ithalatına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir [46].

Türkiye'nin toplam Ekolojik Ayak İzi değerinin en büyük paydası %46-49 oranlarındaki ayrıca kişi başı 1,24-1,36 gha ayak izi değerine sahip olan, karbondioksit emisyonlarını hapsedmek için gerekli talepten kaynaklı oluşan karbon ayak izi değerinden kaynaklanmaktadır. 1961 ve 2007 yılları arasında da tüm arazi kategorilerinde ayak izi değerinde büyüme olmuş, ancak en fazla artış karbon ayak izi değerinde ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi değerinin yaklaşık %35 oranında, sayısal olarak da yaklaşık kişi başı 0,96 gha değerinde tarım alanlarına yönelik kullanımdan kaynaklanmaktadır. Ayrıca tarım ayak izi değerinin büyük kısmı yani %83'lük oranı gıda üretimine aittir. Geri kalan kısım ise çoğunlukla tütün üretimi ve devlet harcamalarından kaynaklanır. Türkiye'nin orman ürünlerine yönelik talebi ise ulusal ayak izi değerinin %11 oranında, sayısal olarak da, kişi başı 0,29 gha değerindedir. Buna göre 1961 ve 2007 yılları arasında en az büyüme Orman ayak izi değerinde gerçekleşmiştir. Türkiye'deki otlatma alanı kullanımı ise ulusal ayak izi değerinin %3 oranında ve kişi başı yaklaşık 0,08 gha değerindedir. Yapılaşmış alan kullanımı ise toplam ayak izi değerinin %3 oranında ve kişi başına 0,07 gha değerindedir. Türkiye'nin balıkçılık ve su ürünleri kullanımından kaynaklanan ayak izi değeri ise kişi başına 0,06 gha'dır ve ülkenin toplam ayak izi değerine göre %2 oranında fazladır [46].

Country	Year	Record	Built-up Land	Carbon	Cropland	Fishing Grounds	Forest Products	Grazing Land	Total	Data Quality Score
Turkey	2010	EFConsTotGHA	2571661.91	132889111.98	65349146.78	2602894.46	22930987.77	7344671.74	233688474.63	3A
Turkey	2011	BiocapTotGHA	2716662.26	0	58116902.63	3211937.49	43751443.15	6838881.28	114635826.81	3A
Turkey	2011	EFConsTotGHA	2716662.26	143918774.2	67613227.99	2229627.01	23584136.13	9823191.86	249885619.46	3A
Turkey	2012	BiocapTotGHA	2662881.09	0	56331328.09	3210007.52	43998651.67	6834771.97	113037640.35	3A
Turkey	2012	EFConsTotGHA	2662881.09	146797245.55	66177817.19	3045565.38	25197910.72	9615211.17	253496631.1	3A
Turkey	2013	BiocapTotGHA	2828610.57	0	58797758.07	3221677.56	44267451.9	6859619.89	115975117.99	3A
Turkey	2013	EFConsTotGHA	2828610.57	144762807.3	66886686.78	2184126.45	24192724.65	8659622.83	249514578.59	3A
Turkey	2014	BiocapTotGHA	2642953.79	0	54330305.56	3230164.03	44501315.6	6877689.36	111582428.35	3A
Turkey	2014	EFConsTotGHA	2642953.79	148204511.86	62179650.26	2302184.72	24927419.81	8428818.54	248685538.98	3A

Şekil 2.9. 2010 -2014 Yılları Arasında Türkiye' deki Ekolojik Ayak İzini Oluşturan Bileşenlerin gha Cinsinden Değerleri [47].



Şekil 2.10. 1961 - 2014 Yılları Arasında Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi ve Biyolojik Kapasite Değişimi [47].

Belirtilen değerlere göre, 2014 yılı için, Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzinin biyolojik kapasiteyle karşılaştırılması yapıldığında; Türkiye mevcut biyolojik kapasitesinden yaklaşık olarak 2,23 kat daha fazla tüketim gerçekleştirmektedir.

2.4.3. Şehirlerin ekolojik ayak izi değerinin belirlenmesi

Şehirlerin Ekolojik Ayak İzi hesaplanarak, şehir ekosisteminin üretken ve özümseyici faaliyetlerinin ve aynı zamanda da şehirlerdeki enerji ve madde akışının kontrolü kolaylaştırılabilir. Şehirlerde insanlar tarafından tüketilen kaynakların üretim yerleri tüketildikleri yerlere göre uzak mesafededirler. Bu nedenle, hızlı ve kontrolsüz şehirleşmenin sonuçları ve olumsuz etkileri başka alanlarda hissedilmektedir [48]. Bu tüketim sonuçlarının en iyi göstergesi de Ekolojik Ayak İzi değeridir.

Şehirlerde yaşayan insanların tüketimleri sonucunda şehrin ekosistemine ne kadar zarar verdikleri bilinmemekte ayrıca günlük faaliyetlerini planlamadan da yaşamaya

devam etmektedirler. Ayrıca Ekolojik Ayak İzi analizleri de genellikle ülkeler kapsamında yapılmaktadır. Ancak, bir şehrin ekolojik sistemin bozulmasına sebep olan esas kaynak şehirlerde yaşayan insanların tüketimleridir. Böylece şehirde yaşayan bir insan günlük faaliyetlerindeki tüketim değerini bilerek ve yaşamış olduğu şehrin Ekolojik Ayak İzine katkısını fark ederek faaliyetlerine devam ederse çevresel duyarlılıkta artmış olacaktır. Açıkça günlük faaliyetlerini yaşadığı şehrin Ekolojik Ayak İzi değerine etkisine takip edebilecek ve sahip olacağı farkındalık ile şehirlerdeki çevre kirliliğinin azaltılmasında etkinlik kazanarak şehirlerin sürdürülebilirliğine pozitif etki sağlayabilecektir. Bu yüzden şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin analizi, şehirlerin ekosistemi ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Şehirlerin sürdürülebilirlik ilkelerinden biri olan çevreye duyarlılığın geliştirilebilmesi için de şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analiz edilmeli ve şehirlerdeki yaşayan insanlar tarafından ulaşılabilir olmalıdır.

Ekolojik Ayak İzinin analizinin yapılması için belirlenmiş parametrelerin tümü bir şehri oluşturan ekolojik sistemin öğeleridir. Ekolojik Ayak İzi parametreleri olan, karbon tutma, tarım, orman, otlak, yapılaşmış ve balıkçılık alanları şehirlerin yapısında mevcut olan alanlardır. Bu alanların ayak izi analizleri yapılarak bir şehrin Ekolojik Ayak İzi değeri belirlenebilmektedir. Şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analizi sonucuna göre şehirlerin sürdürülebilirliği planlanabilir. Kısaca Ekolojik Ayak İzini değerini azaltabilecek düzenleyici uygulamalar ile şehrin mevcut hali ekoloji ile daha uyumlu hale dönüştürülebilir.

2.5. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar

Ekolojik Ayak İzi çalışmaları genelde analiz yöntemlerini içermektedir. Ayrıca literatürde yapılan Ekolojik Ayak İzi analizleri belli tüketici toplulukları özelinde veya şehirler ve ülkeler genelinde karşılaştırmalı şekilde yapılmaktadır. Üniversiteler için ya da ilgili mesleklerin özelinde yapılan Ekolojik Ayak İzi analizleri çoğunlukla bireysel tüketim tercihlerine göre hesaplanmaktadır. Bu çalışmalar da tüketicilerin tercihlerine göre tüketim çeşitleri ve miktarları anketlerle tespit edilir ve anketlerde verilen cevaplara göre belirli istatistik yöntemlerle Ekolojik Ayak İzi

hesaplanmaktadır. Şehirler düzeyinde Ekolojik Ayak İzi Analiz için genellikle Ekolojik Ayak İzini oluşturan temel bileşenlere göre bileşik tabanlı yöntem kullanılmaktadır. Ülkeler genelinde hesaplanan Ekolojik Ayak İzi değerinin sürdürülebilirlik ilkelerine katkısı ve ekonomik etkileri korelasyon analizleri ile incelenmektedir. Ayrıca, Ekolojik Ayak İzi analizi ile ilgili çalışmalar genellikle bu alanda uygulanan yöntemlerin karşılaştırılması veya Ekolojik Ayak İzinin iyileştirilebilmesi için en iyi yöntemin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır.

Dan ve arkadaşları, 2012 yılında yaptıkları çalışmada, bir eğitim kurumu olan lise düzeyinde Ekolojik Ayak İzi değerini hesaplamışlardır. Kurumsal düzeyde bireylerin tüketim şekillerine ilişkin veriler elde edilmiş. Ekolojik Ayak İzi değerini hesaplamak için belirledikleri dört ana tüketim bileşenleri; elektrik, ulaşım, gıda ve malzeme tüketim değerleridir. Buna göre her bileşenin ayak izini oluşturan faktörler ve tüketim miktarları tespit edilerek Ekolojik Ayak İzi değeri hesaplanmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre 314 gha değerinde bir ayak izi sonucunu ortaya konmuş ve bu sonuca göre, Ekolojik Ayak İzi değerinin azaltılması için senaryolar geliştirilmiştir [49].

Beytullah Eren ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış oldukları çalışmada, Sakarya Üniversitesinde Mühendislik Fakültesinde öğrenim gören öğrencilerin Ekolojik Ayak İzi değeri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuca göre üniversite öğrencilerinin çevresel farkındalıkların arttırılması amaçlamıştır. Bu çalışmada, 2015-2016 akademik yılı eğitim-öğretim döneminde öğrenim gören 390 mühendislik öğrencisine bireysel Ekolojik Ayak İzi anketi uygulanmıştır. Anket uygulamasında her bir katılımcıya Ekolojik Ayak İzi hakkında genel bilgilendirme yapılmış ve bireysel ayak izinin nasıl azaltabileceği hakkında çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Çalışma sonunda mühendislik öğrencilerinin bölüm, cinsiyet, yaş ve öğretim türlerine göre Ekolojik Ayak izi değişimleri incelenmiştir. Ayrıca çalışmadan elde edilen Ekolojik Ayak İzi değeri, Türkiye ve Dünya ortalamaları ile karşılaştırılmıştır [50].

Ömer Eren ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi akademisyenlerinin bilinçli tüketim alışkanlıklarına

bağlı olarak Ekolojik Ayak İzlerinin değeri hesaplanmıştır. Çalışmada, veri toplama aracı olarak web-tabanlı “Ekolojik Ayak İzi Hesaplama Anketi” kullanılmıştır. Verilerin toplanması için de tam sayım yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için 91 akademisyene anket uygulanmıştır. Verilerin analizi için ortalama ve standart sapma gibi istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, akademisyenlerin Ekolojik Ayak İzi değerinin ortalaması 3,08 gha ve Karbon Ayak İzi değerinin ortalaması 14,31 ton değerinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre, sürdürülebilir bir yaşam için Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi akademisyenlerine en az 3,08 değeri kadar daha dünya gerekmektedir [51].

Lingna Liu ve Yalin Lei 2018 yılında yaptıkları çalışmada, Pekin'in 2016 ve 2020 yılları arasında ki Ekolojik Ayak İzinin analizi için gelişmiş tahmin doğruluğuna sahip yeni bir model olan destek vektör makinesi (SVM) yöntemini kullanmışlardır. İlk olarak, 1996 ve 2015 yılları arasında Ekolojik Ayak İzini oluşturan 6 parametre ile Pekin'in Ekolojik Ayak İzi değeri hesaplanmıştır. İkinci olarak da, 2014 ve 2015 yıllarına ait Ekolojik Ayak İzi değerini hesaplamak için geri yayılım sinir ağının tahmin doğruluğu yöntemi (BPNN) ile Ekolojik Ayak İzi değeri hesaplanmıştır. Daha sonra BPNN ve SVM yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Tahmin değerler ile iki modeli kullanarak elde edilmiş gerçek değerler arasındaki nispi hata oranlarının 2014 yılında sırasıyla % 2 ve % 1, 2015 yılında % 3 ve % 0,53 olduğu ve standart sapmanın SVM yöntemi ile sifıra yaklaştığını, BPNN' ye kıyasla daha yüksek tahmin doğruluğu ve kararlılık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda Pekin'in Ekolojik Ayak İzi değerinin 1996'dan 2015'e kadar 8.984 ha' dan iki katına çıkmış ve 2020 yılına kadar da 14.206 ha değerine kadar çıkacağı tahmin edilmiş ve sonuçlar doğrultusunda Pekin için öneriler sunulmuştur [52].

Audil Rashid ve arkadaşları 2018 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, Pakistan'daki Rawalpindi şehrindeki Bahria ve Gulraiz kasabasının Ekolojik Ayak İzi değerini hesaplamışlardır. Ekolojik Ayak İzi değerinin hesaplanması için kullandıkları yöntem ise çevresel girdi-çıkı değerlendirme yaklaşımıdır. Bahria Kasabası'nın Ekolojik Ayak İzi 8,6 gha ve Gulraiz Kasabasının 6,9 gha değerindedir. Bu iki bölgedeki şehrsel nüfusun lüks bir yaşam tarzı yaşadığını ve Pakistan'ın biyolojik

kapasitesinden çok daha fazla kaynak tükettiğini göstermektedir. Bu çalışmadan ortaya çıkan bir başka sonuç ise, Pakistan'ın biyolojik kapasitesinin, nüfus artışından dolayı insanların ihtiyaçlarını karşılayamadığıdır. Bahria ve Gulraiz Kasabasının, Ekolojik Ayak İzlerinin değeri, ulusal standart değerinden yüksektir ve uygulamalar bu şekilde devam ederse Pakistan'ın Ekolojik Ayak İzlerinin 4,7 gha değerine yani iki katına çıkacağı ve nüfusun ekosistem üzerinde daha fazla stres yaratacağını göstermektedir. Sonuçlar doğrultusunda Ekolojik Ayak İzi değerinin azaltılması için yeşil kaynakların maksimum kullanılması ve enerjini kullanımının da bu kaynaklara adapte edilmesinin gerekliliği belirtilmiştir [53].

Lingna Liu ve arkadaşları 2018 yılında yapmış oldukları çalışmada, Çin'in Başkenti Pekin 'de, nüfus yapısı, ekonomik yapı ve endüstriyel yapı gibi faktörlerin Ekolojik Ayak İzine etkisini 39 sektörü inceleyerek araştırmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntem orijinal ayrıştırma analizi modeline dayanarak Ekolojik Ayak İzi değerinin de hesaplanması için girdi çıktı modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak, belirlenen 39 sektörden, sırasıyla % 59,4, % 31,0 ve % 7,7' lik toplam katkı oranlarıyla Ekolojik Ayak İzinin büyümesini sağlayan faktörlerin ekonomi, nüfus ve ayak izi yoğunluğu olduğu tespit edilmiştir. Endüstriyel yapının etkisi 0 olma eğilimindeyken; 9 sektör arasında nüfus yapısı ve ekonomik yapı Ekolojik Ayak İzi değerinin büyümesini desteklemektedir. Nakliye, depolama ve posta hizmetleri sektörleri ve bu sektör içerisindeki nüfus ve ekonomik yapı Ekolojik Ayak İzini büyüten faktörlerdir. Bu sonuçlara göre Pekin'deki sektörlerin gelecekteki gelişimi için önerilerde bulunulabileceği belirtilmiştir [54].

2008 Yılında Kanada'nın Alberta eyaletindeki Calgary şehri için Ekolojik Ayak İzi değeri ve Arazi Kullanımının analizini içeren bir proje yapılmıştır. Bu proje kapsamında şehrin Ekolojik Ayak İzi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında şehrsel ölçekte ölçümü tamamlanmıştır. Bu projenin ilk amacı, iklim değişikliğine uyum ve Ekolojik Ayak İzini azaltmaya uygulanabilecek nicel bir sürdürülebilirlik ölçütü olan yeni bir CBS analitik aracın ve çıkan sonuçlara göre şehrin sürdürülebilirliğine katkı sağlanabilmesi adına gerekli politikaların oluşturulmasıdır.

Projeden çıkan sonuca göre yerleşim alanında Ekolojik Ayak İzini arttıran en büyük bileşen %85 oranla Karbon ayak İzi olmuştur [55].

GLA Ekonomi, şehir limitleri 1. raporu için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Ekolojik Ayak İzinin analizi için bileşik tabanlı yöntem kullanılmıştır. Londra şehrinin Ekolojik Ayak İzinin tespiti için değerlendirilen bileşenler ise atıklar, gıda, enerji tüketimi, ulaşım, sulak alanların ve yapılaşmış alanların kullanımınıdır. Londra şehrinin 2003 yılında bu çalışma sonucunda Ekolojik Ayak İzi değeri kişi başı 6,63 gha' dır [56].

Uluslararası Ayak İzi ağında (GFN), “Şehirlerin Ayak İzleri ve İşlem Verileri” başlığında, şehirler düzeyinde ayak izi değerlendirmelerinin şimdiye kadar ki kolektif kamu kazanımlarını olumlu bir şekilde güçlendirmek için kullanılabilirliğini ve sürdürülebilirlik politikalarını tasarlamaya ve daha ileriki hedeflere ulaşmak içinde yardımcı olabileceği belirtilmektedir. GFN, şehirler arasında paylaşılabılır standartlar ve kullanışlı karşılaştırma sağlayan yukarıdan aşağıya bir yaklaşım kullanarak, 19 Akdeniz Bölgesi'nin Ekolojik Ayak İzinin değerlendirmesine öncülük etmiştir. Amaç, yukarıdan aşağıya bir şehir ayak izi analizinin bir bölgedeki şehirlerin kaynak talebini tutarlı ve karşılaştırılabilir bir şekilde etkili olarak analiz edebildiğini ve bu şehirlerin bölgesel ekolojik açığa katkısına ışık tutabildiğini göstermektir. Yukarıdan aşağıya yaklaşım, bu kıyı şehirlerinin Ekolojik Ayak İzlerini sürekli olarak izlemeye olanak sağlamıştır. Valletta, Atina ve Cenova, kişi başına düşen kişi başına en yüksek olan Ekolojik Ayak İzi değerine sahip şehirlerdir; kişi başına sırasıyla 5,3 ila 4,8 gha; Tiran, İskenderiye ve Antalya, kişi başına 2,1 ile 2,7 gha değerleri arasında değişmekte ve en düşük Ekolojik Ayak İzi değerine sahiptir. Selanik, Tel Aviv, Venedik, Palermo ve Napoli hariç çoğu şehrin kişi başına düşen ayak izi ülkelerinin sınırlarını aştığını göstermektedir [57].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

Günümüzdeki şehirlerin sürdürülebilirlik yönetiminin temel unsurlarından biri ekolojik şehir dönüşümleridir. Şehirlerin ekolojik dönüşümleri için yapılan uygulamalar genellikle şehir alanlarının çevreyle uyumlu malzemelerle dizayn edilmesidir. Ancak bu uygulamalar yeterli olmamaktadır. Bunun için şehirlerdeki insan faaliyetlerinin şehir ekosisteminde sebep oldukları değişimlerin tespit edilmesi için şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması gerekmektedir.

Karbon tutma, tarım, orman, otlak, yapı ve balıkçılık alanları şehirlerin ekolojik ayak izi oluşturan alanlardır. Ayrıca bu alanlarında kendilerine ait ayak izleri vardır. Ancak, bu alanlardaki faaliyetler ayak izleri değerlendirilmeksizin yapılmaktadır. Oysaki bu alanlar şehirleri oluşturmaktadır. Dolayısı ile bu alanların ayak izleri analiz edilerek şehirlerin Ekolojik Ayak İzi hesaplanabilir. Sonuç olarak şehirlerde yapılması planlanan faaliyetler, ayak izi değerlendirilerek uygulandığında şehirlerin sürdürülebilirliğine de katkı sağlanabilir.

Ülkemizdeki birçok şehrin Ekolojik Ayak İzi değeri belli değildir. Şehirlerin sürdürülebilirliği için ekoloji ile uyumlu olması ve sonuç olarak Ekolojik Ayak İzi değerinin belli olması gerekmektedir. Bu ihtiyaçtan hareketle ortaya çıkan bu çalışmada, Sakarya iline ait Ekolojik Ayak İzi değerinin analizi için ayak izini oluşturan ana bileşenler olarak; fosil yakıt kullanarak, ısınma ve ulaşım ihtiyaçlarının giderilmesi, gıda üretimi, atık miktarı, atıkların geri dönüşümü ve yapılaşmış alan kullanımının ayak izi değerleri hesaplanacaktır. Bu ayak izleri toplamından elde edilecek değerler ile Sakarya ilinin 2010 ve 2018 yılları için Ekolojik Ayak İzi değeri analiz edilecektir. Belirtilen bileşenlerin ayak izi değerleri şehirlerin Ekolojik Ayak İzini oluşturan temel alanlardır.

Bu tez çalışması kapsamında yürütülen faaliyetler ve bu faaliyetlerde kullanılan yöntemler aşağıda sunulmaktadır.

3.1. Sakarya İlinin Fiziksel ve Coğrafi Özellikleri

Sakarya ili, ülkemizin sosyo-ekonomik olarak en gelişmiş Marmara Bölgesinin kuzeydoğusunda ve Anadolu'yu diğer bölgelerle bağlayan merkez nokta üzerinde yer almaktadır. Yüzölçümü, 5.015 km², iz düşüm alanı ise 4.821 km²' dir. Rakımı 31 metredir. 29° 57' ve 30° 53' doğu boylamları ile 40° 17' ve 41° 13' kuzey enlemleri arasındadır. Sakarya ili, doğuda Düzce, güneydoğuda Bolu, güneyden Bilecik, batıdan Kocaeli ili ve kuzeyden de Karadeniz ile çevrilidir.

Sakarya ilinde toprakların '% 34'ü dağlarla çevrilidir. Ağırlıklı yeryüzü şekli ise % 44 oranına sahip platolardır. İlin en önemli platosu Kocaeli Platosudur. Ovalar il alanında % 22 oranla yer almaktadır. Marmara Bölgesinin en büyük ovalarından biri olan Akova yani Adapazarı Ovası, Aşağı Sakarya Vadisinde, Sapanca gölü ile Adapazarı'nın doğusundan Keremali dağı eteklerine kadar uzanmaktadır. Sakarya ilinin en önemli vadisi, Sakarya Vadisidir. Genişleyerek Akova'yı oluşturan vadi, Karadeniz'e yönelerek, Karasu yakınlarında Karadeniz'e açılmaktadır. Ayrıca Sakarya Bölgesi, 22 yaylaya sahiptir. İl topraklarının içinden geçen en önemli akarsu ise 824 km uzunluğundaki Sakarya Nehri'dir. Karadeniz'e kıyısı 60 km olan ilin; kuzeyde Kaynarca, Karasu ve Kocaeli ilçe sınırları boyunca kumsalları da bulunmaktadır. Ayrıca ilinin bitki örtüsü oldukça zengindir. Sakarya ilinde doğal bitki örtüsünü genellikle ormanlar oluşturmaktadır. İl genelinde 204.708 ha değerinde orman alanı mevcuttur. Ayrıca Karadeniz kıyılarından sebeple kuzeye özgü özelliği olan Karadeniz iklimi ile Marmara havzasına kadar uzanan Akdeniz ikliminin etkili olduğu il, iklimsel olarak geçiş alanıdır. Özellikle Marmara iklimi özelliklerini taşıyan Sakarya ili; yağışlı, rutubetli bir havaya ve ılıman bir iklime sahiptir. Kışlar bol yağışlı ve ılık, yazlar ise sıcak geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 15,35 C°' dir. Yıllık ortalama nem oranı % 73,9 değerinde, yıllık yağış ortalaması ise 1,02 mm değerindedir. Sakarya'da en fazla güneşlenmenin, ortalama değeri 8,34 saat/dk değeri ile Temmuz ayında olduğu görülmektedir. İlde

rüzgar esme sayısı yönünden egemen rüzgâr yönü kuzeybatıdır. İlde en hızlı esen rüzgâr 22,3 m/sn değeriyle güney-güney batıdır. Sakarya ili uzun yıllar sıcaklık ortalaması 14,5°C olup, 2016 yılı sıcaklık ortalaması 15,8°C ile ortalamanın üzerinde gerçekleşmiştir. 2016 yılında alansal ortalama yağış 598 mm ile 1981 ve 2010 yılları arasında 574 mm ortalama değerine göre %4 oranında fazla gerçekleşmiştir [58].

Sakarya ilinin nüfusu 2010 verilerine göre 872.872 kişi, 2018 verilerine göre 1.010.700 kişidir [59]. Sakarya ilinin nüfusu pek çok nedenden dolayı hızlı bir şekilde artma eğilimindedir. İl nüfusunun hızlı artışında, yurdun çeşitli yerlerinden göçler etkili olmuştur.

Tablo 3.1. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yıllarına Ait Nüfus Verileri [58]

İl	İlçe	2018 Yılı Toplam (Kişi)	2010 Yılı Toplam (Kişi)
SAKARYA	AKYAZI	89.301	83.191
	GEYVE	49.760	46.846
	HENDEK	84.099	73.815
	KARASU	64.124	53.708
	KAYNARCA	24.255	23.085
	SAPANCA	41.055	37.652
	KOCAALİ	25.497	22.983
	PAMUKOVA	29.386	26.640
	TARAKLI	6.895	7.337
	FERİZLİ	26.692	23.620
	KARAPÜRÇEK	13.041	12.326
	SÖĞÜTLÜ	13.973	14.249
	ADAPAZARI	271.515	245.458
	ARİFİYE	44.315	37.864
	ERENLER	87.197	73.418
	SERDİVAN	139.595	90.680
TOPLAM	1.010.700	872.872	

Tablo 3.2. Sakarya İli Toplam Nüfus [59]

Sakarya İli Toplam Nüfus	
Yıl	Toplam Nüfus (Kişi)
2018	1.010.700
2017	990.214
2016	976.948
2015	953.181
2014	932.706
2013	917.373
2012	902.267
2011	888.556
2010	872.872

Tablo 3.3. Sakarya İli Toplam Yıllık Nüfus Artış Hızı [59]

Toplam Yıllık Nüfus Artış Hızı (Binde)	
Sakarya	
2010	13,03
2011	17,81
2012	15,31
2013	16,6
2014	16,58
2015	21,71
2016	24,63
2017	13,49
2018	20,48

Sakarya ilinde tarımsal topraklar 175.048 ha genişliğindedir ve Sakarya ilinin yaklaşık % 48' ini kaplamaktadır. Sulanabilme özelliğine göre 93 bin hektar alanın yaklaşık 20 bin hektarlık bölümünde sulama ünitelerinden yararlanılarak sulu tarım yapılmaktadır. Tarımsal amaçla kullanılan arazilerin 80.399 ha' lık alanında tahıl, 8.610 ha' lık alanda sebze, 84.860 ha' lık alanda meyve, 1.51 ha' lık alanda da süs bitkisi yetiştirilmektedir. Sakarya ilinin ekonomisinde tarım sektörü önemli bir yere sahiptir. İlin güneyinde yer alan ilçelerde sebzeçilik ve çeşitli meyveler, orta kesimde başlıca mısır olmak üzere tarla ziraatı ve sebzeçilik, kuzeyde de fındığın öne çıktığı görülmektedir. Ayrıca il genelinde hayvancılık yaygın olarak yapılmaktadır [58].

3.2. Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi

Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları için başlıca "bileşik" ve "bileşen tabanlı" olmak üzere iki yöntem vardır. Ulusal Ayak İzi hesaplamalarında çoğunlukla bileşik tabanlı yöntem kullanılmıştır. Bileşik yöntemle Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları genelde üretim ve tüketimin veri analizi ile yapılmaktadır. Bileşen tabanlı yöntem, bölgesel ve örgütsel Ekolojik Ayak İzi hesaplamak için kullanılmaktadır. Bileşen tabanlı yöntemle ise Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları genelde tüketim ve üretim veri analizi ile yapılmaktadır [60]. Ekolojik ayak izinin bileşenleri olarak belirtilen arazi kategorileri iki yöntem için de aynıdır.

Bu çalışmanın amacı bir şehrin Ekolojik Ayak İzini hesaplama olduğundan bileşen tabanlı Ekolojik Ayak İzi metodolojisinin bu ölçekteki çalışma için daha uygun

olduğu düşünölmektedir. Ayrıca, yerel verilerin kullanılması, daha geçerli ve uygulanabilirdir.

Bileşen Tabanlı Yöntemle Ekolojik Ayak İzi Hesabı;

Üretim Alanlarına Etki Eden Ekolojik Ayak İzi= $[(\text{Tüketim}(t)/\text{Verim}(t/\text{ha})) \times \text{Verim Faktörü}(\text{wha}/\text{ha}) \times \text{Ekivalans Faktörü}(\text{gha}/\text{wha})]$

Karbon Tutma Toprak Alanı Ekolojik Ayak İzi= $(\text{CO}_2(\text{ton}) \times \text{CO}_2 - \text{C Oranı} (t\text{C}/t\text{CO}_2) \times (1 - \text{Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı}) / (\text{Orman Karbon Tutma Oranı}(t\text{C}/\text{ha})) \times (\text{Orman Alanı Ekivalans Faktörü}(\text{gha}/\text{ha}))$

Toplam Ekolojik Ayak İzi (EFP)=Üretim Alanlarına Etki Eden Ekolojik Ayak İzi+Karbon Tutma Toprak Alanı İçin Ortaya Çıkan Ekolojik Ayak İzi

3.2.1. Sakarya ilinin 2010 ve 2018 yıllarına ait ekolojik ayak izinin hesaplanması için belirlenen bileşenler

Tablo 3.4. Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Analizi İçin Belirlenen Bileşenler

Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Analizi İçin Değerlendirilen Ana Bileşenler
Elektrik Enerjisi Kullanımı
Isınma İçin Fosil Yakıt Kullanımı
Ulaşım İçin Fosil Yakıt Kullanımı
Gıda Üretimi
Atık Miktarları ve Geri Dönüşüm
Yapılaşma İçin Alan Kullanımı

Sakarya ilinin bileşen tabanlı yöntemle Ekolojik Ayak İzi değerinin analizi için belirlenmiş ana bileşenler bir şehrin ana tüketim maddelerinden oluşmaktadır. Bu tüketim maddelerinin miktarlarına göre her biri için ayak izi değerini hesaplanacaktır. Her bir maddenin ayak izi değerini toplanarak Sakarya İli için Ekolojik Ayak İzi değerini belirlenecektir.

3.2.2. Ekolojik ayak izi hesabı için Türkiye’ye özgü verilerin elde edilmesi

GFN'den, “Ulusal Ayak İzi Hesapları 2018 baskısı - Türkiye 2018 için veri” kaynağından Türkiye'ye özgü verim ve denklik faktörleri için değerleri alınmıştır.

Tablo 3.5. Türkiye İçin 2010 ve 2018 Yılları için Ekivalans / Denklik Faktörleri [61]

Arazi Kullanım Tipi	Ekivalans / Denklik Faktör
Tarım Alanı	2,52
Orman Alanı	1,29
Otlak Alanı	0,46
Deniz Balıkçılık Alanı	0,37
Alt Yapı Alanı	2,52
İç Balık Avlama Alanı	0,37
Karbon	1,29

Ekivalans/Denklik Faktörü: Hektar cinsinden belirtilen arazilerin birimini Ekolojik Ayak İzi birimi olan küresel hektara birimine dönüştürmek için kullanılan bir katsayıdır ve bir alanın ekolojik üretim değerini de gösteren bir birimdir. Ayrıca yapı alanlarının Ekivalans değeri ekin alanlarının değeri ile aynıdır. Bu yüzden karbondioksit tutumu için Ekivalans değerinin orman arazisine eşit olduğunun varsayımı yapıldığı belirtilmektedir [60].

Tablo 3.6. Türkiye İçin 2010 Yılı Verim Faktörleri [61]

Alan Tipi	Ulusal Verim (gha)	Dünya Verimi (wha)	Verim Faktörleri (gha/wha)
Tarım Alanı	5,64	6,90	0,81
Otlak Alanı	8,2	6,19	1,32
Deniz Balıkçılık Alanı	811,80	503,83	1,61
İç Balık Avlama Alanı	0	0	1
Orman Alanı	2,96	1,81	1,63
Alt Yapı Alanı	0	0	0,73

Tablo 3.7. Türkiye İçin 2018 Yılı Verim Faktörleri [61]

Alan Tipi	Ulusal Verim (gha)	Dünya Verimi (wha)	Verim Faktörleri (gha/wha)
Tarım Alanı	5,88	7,97	0,73
Otlak Alanı	8,2	6,19	1,32
Deniz Balıkçılık Alanı	811,80	503,83	1,61
İç Balık Avlama Alanı	0	0	1
Orman Alanı	2,96	1,81	1,63
Alt Yapı Alanı	0	0	0,73

Verim Faktörü: Verim faktörü, bir ülkenin belirli arazi kullanım türünün, belirli bir yıl için o arazi kullanım kategorisinin dünya ortalamasına göre verim değerini göstermektedir. Bu nedenle, her ülke farklı verim faktörüne sahiptir ve her bir arazi kullanım tipine göre de verim faktörleri farklıdır. Bunun için her yıl ülkelere göre verimlilik farklılıklarını normal değerlere yaklaştırmak için Ekolojik Ayak İzi hesaplamalarında “verim faktörü” kullanılmaktadır. Kısaca, “Ulusal ortalamanın dünya ortalama getirisine oranı” olarak hesaplanmaktadır. Yapı alanlarındaki toprağın eski tarımsal alanlardaki topraklar kadar verimli olduğu kabul edildiği için, yapı alanlarının verim faktörü, tarım alanlarının verim değerine eşit olduğunu varsayımı yapılmaktadır. Karbon tutma alanlarının verim faktörünün de orman alanlarının verim faktörüne eşit olduğu varsayılmaktadır. İç balık avlanma alanlarının verim faktörü mevcut veri eksikliğinden dolayı sıfır “0” olarak kabul edilmektedir [60].

3.2.3. Ekolojik ayak izi hesabı için karbon sabit değerlerinin elde edilmesi

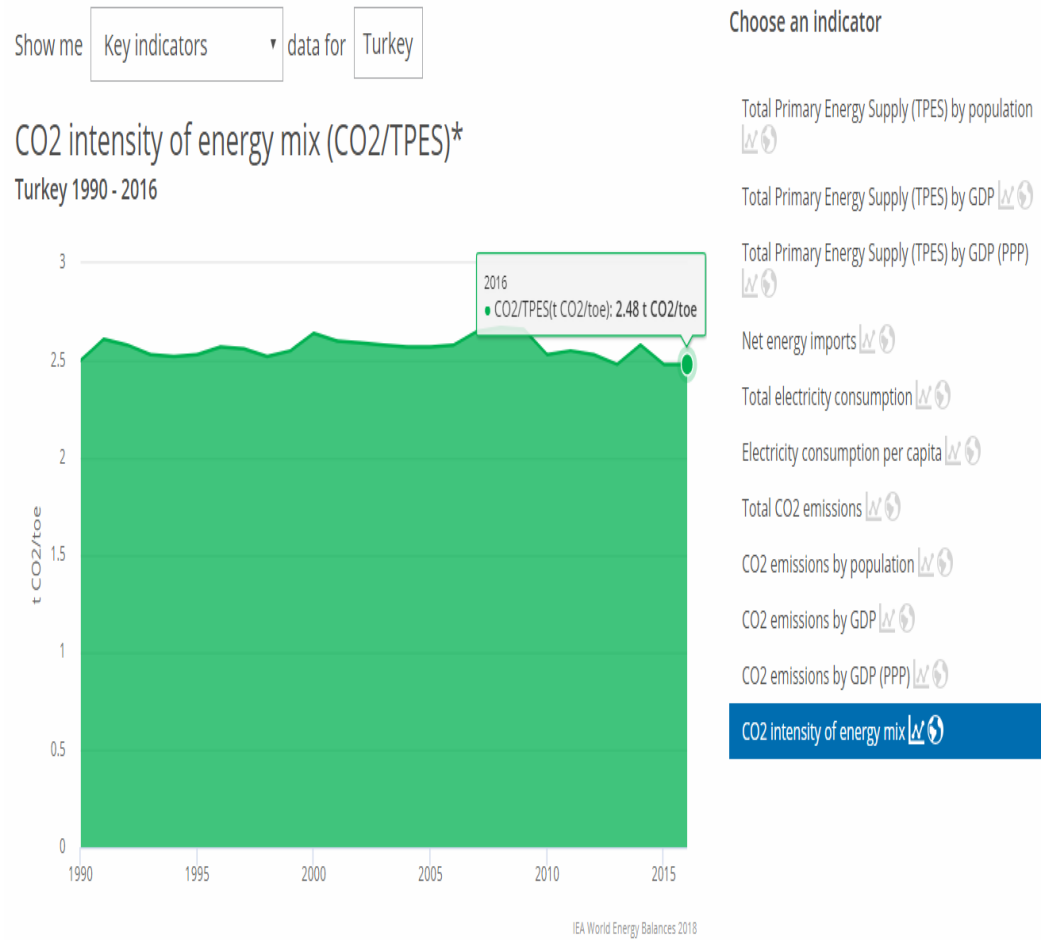
Tüketim sonucu oluşan karbondioksit değerinin hesaplanma metodolojisi her bileşen için farklıdır. Bunun yanı sıra, toplam karbondioksit miktarı hesaplamasında, "salınan karbondioksit" miktarından gerekli olan karbondioksit tutma alanını" elde etmek için kullanılan hesaplama yöntemi aynıdır [60]. Okyanus ve ormanlar tarafından emilen veya tutulan karbondioksitin miktarını toplam miktardan çıkarmak için, "Okyanus Karbon Emme Oranı" ve "Orman Karbon Yakalama Oranı" gibi karbon sabit verileri kullanılmaktadır.

Karbon Tutulma Faktörü, dünyadaki bir hektarlık değerdeki ortalama orman arazisinin yıllık karbon alım değerini tahmin etmektedir. Bu faktör dünya ormanlarının ortalama karbondioksit tutma potansiyeline dayanmaktadır ve IPCC verileri kullanılarak hesaplanmaktadır [62].

Okyanus Alım Fraksiyonu yani diğer tanımıyla Okyanus Emme Oranı, okyanuslar tarafından tutulan karbon emisyonlarının yüzdesini yansıtmaktadır. Bu yüzden, her yıl için tahmini yıllık okyanus karbon havuzunun o yıldaki fosil yakıt yanmasından

kaynaklanan toplam küresel emisyonlara oranı olarak tanımlanmakta ve hesaplanmaktadır [62].

Ulusal Elektrik Karbon Yoğunluğu ile ilgili değer doğrudan IEA bağlantısından alınmıştır. Bu kaynakta belirtilen ifadeye göre “Karbon Yoğunluğu” ifadesinin tanımı, tonlarca yayılan karbondioksit başına ayak izi değeri şeklinde belirtilmektedir [62]. Diğer çalışma kaynaklarında belirtilen “Karbon Yoğunluğu” ifadesinin daha açık tanımı ise mevcut sanayiye göre nihai enerji talebinin birim başı değerinin ölçülmesidir [46]. Bu çalışmada Ulusal Elektrik Karbon Yoğunluğu değerindeki tCO₂/toe birimi tCO₂/kWh birimine dönüştürülmüş ve elde edilen değer kullanılmıştır. Buna göre 1 toe = 11.630 kWh değerindedir.



Şekil 3.1. Türkiye' ye Ait Ulusal Elektrik Karbon Yoğunluğu [62]

Tablo 3.8. Karbon Sabit Değerleri [60,62]

CNST - C Sabit Değerleri		
Karbon Sabit Değerleri		
Tanım	Birim	Değer
C - CO2 Oranı	tC/tCO2	0,27
Orman Karbon Tutma Oranı / Karbon Tutulma Faktörü	tC/wha yr	0,97
Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı	–	0,28
Ulusal Elektrik Karbon Yoğunluğu	t CO2/kWh	0,000213

Bir ürünü elde etmek için dolaylı bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu dolaylı enerjide mevcut karbondioksit emisyonu oluşturmakta ve oluşan emisyonunda tutulması için de belli bir biyolojik kapasite gerekmektedir. Aynı ayrı her ürünün üretimi için gerekli olan bu biyolojik kapasite aynı zamanda Karbon Tutma Toprak Alanıdır. Ayrıca bu alan tüketim sonucu ihtiyaç duyulan alana yani biyolojik kapasiteye eşit olup Karbonun Ekoloji Ayak İzi olarak da değerlendirilmektedir [60]. Buna göre Karbon Tutma Toprak Alanı hesabı için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

Karbon Tutma Toprak Alanı Hesabı= $((CO_2(\text{ton}) \times CO_2 - C \text{ Oranı (tC/tCO}_2) \times (1 - \text{Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı)) / (\text{Orman Karbon Tutma Oranı (tC/ha)}) \times (\text{Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha/ha)})$

Bu formüle göre bir küresel hektar birimindeki değeri elde etmek ve buna göre ilgili bileşenin Ekolojik Ayak İzini hesaplamak için oluşan karbondioksit miktarı, karbonun karbondioksite oranı kullanılarak, karbon miktarına dönüştürülmüş ve bu işlemde Türkiye'ye özgü orman denklik faktörü kullanılmıştır.

3.3. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Enerji Kullanımı Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya İli 2018 yılı için elektrik kullanımından kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için Kayıp Kaçak Oranı Elektrik Mühendisleri Odasının verilerinden elde edilmiştir. 2010 yılına ait Kayıp Kaçak Oran verisi ise yine Elektrik Mühendisleri Odasına ait yayınlardan elde edilmiştir. 2010 ve 2018 yılına ait İletim Sistemi Kayıplarının verileri ise Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketine (TEİAŞ) ait istatistik verilerden elde edilmiştir. 2011'de yapılan TEİAŞ araştırmasında, Türkiye'de iki

çocuklu dört kişilik bir ailenin yıllık ortalama elektrik tüketimi 3.036 kWh olarak belirlenmiştir. Bu bilgiye göre Ekolojik Ayak İzi hesabı için gerekli olan tüketim miktarları her iki yıl içinde aynı değerin kabulü yapılarak yıllık ortalama hane başı tüketimi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ulusal değerler için yani Türkiye'de Elektrik Üretiminde kWh başına karbondioksit emisyon değeri IEA verilerinden elde edilmiştir.

Tablo 3.9. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yıllarına Ait Enerji Verileri [62,63,64,65,66]

Elektrik Tüketiminin Ayak İzini Hesaplamak İçin Diğer Veriler		
Veri	2010 Yılı Değer - Birim	2018 Yılı Değer - Birim
Türkiye'de Elektrik Üretiminde kWh başına CO2 emisyonu	472 (gr CO2/ kWh)	472 (gr CO2/ kWh)
Kayıp Kaçak Oranı	8,77 (%)	7,34(%)
İletim Sistemi Kayıpları	2,99(%)	2,5 (%)

Tablo 3.10. Sakarya İli Hanelerde 2010 ve 2018 Yılları için Aylık Elektrik Tüketim Miktarları [67,68]

2010 yılı Hane Sayısı	Hane Başı Ortalama Elektrik Tüketimi (KWh)	Hane Sayısına Göre Ortalama Yıllık Elektrik Tüketimi (KWh)
666.666	3.036	2.023.997.976
2018 yılı Hane Sayısı	Hane Başı Ortalama Elektrik Tüketimi (KWh)	Hane Sayısına Göre Ortalama Yıllık Elektrik Tüketimi (KWh)
703.395	3.036	2.135.507.220

3.4. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Isınmadan Kaynaklı Doğalgaz

Kullanımı Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya İli doğalgaz kullanımından kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için gerekli olan Doğalgaz Yanmasından Kaynaklanan CO2 Emisyonları' na ait değer IEA kaynaklarından elde edilmiştir. Ulusal Doğalgaz Tüketim Değeri ise Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun raporlarından elde edilmiştir. Ayrıca Türkiye Doğalgaz Dağıtıcılar Birliğinin 2018 yılında yayınlamış olduğu Doğalgaz Dağıtım Sektörü Raporunda da hane başı ortalama doğal gaz tüketimi 2018 yılında 905 m³ olarak gerçekleştiği belirtilmektedir. Buna göre hane başı yıllık doğalgaz tüketim miktarının değeri olarak bu değer her iki yıl içinde kabul edilecektir. Ayrıca her iki yıl için Sakarya ilindeki tüm hanelerin ısınma amacıyla doğalgaz tükettikleri kabul edilecektir.

Tablo 3.11. Isınmadan Kaynaklı Doğalgaz Tüketiminin Ayak İzini Hesaplamak İçin Diğer Veriler [69,70]

Isınmadan Kaynaklı Doğalgaz Tüketiminin Ayak İzini Hesaplamak İçin Diğer Veriler	
Veri	Değer – Birim
Doğalgaz Yanmasından Kaynaklanan CO2 Emisyonları	91,4 (milyon ton CO2)
Ulusal Doğalgaz Tüketim Değeri	49.329 (milyon m ³)

Tablo 3.12. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları için Hanelerde Ortalama Doğalgaz Tüketimi [68,71]

2010 Yılı Hane Sayısı	Hane Başı Ortalama Yıllık Doğalgaz Tüketimi (Milyon m3)	Hane Sayısına Göre Ortalama Yıllık Doğalgaz Tüketimi (Milyon m3)
666.666	905	603.332.730
2018 Yılı Hane Sayısı	Hane Başı Ortalama Yıllık Doğalgaz Tüketimi (Milyon m3)	Hane Sayısına Göre Ortalama Yıllık Doğalgaz Tüketimi (Milyon m3)
703.395	905	636.572.475

3.5. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Ulaşımın Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanım Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya İli ulaşımın kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için il içinde ki toplam araç sayıları değerlendirilmiştir. Ulaşımın kaynaklı tüketim değerinin hesaplanabilmesi için il merkezinden ilçelere olan mesafeler Google Map yol tarifi bağlantısından en uygun rota baz alınarak bu rotaların mesafeleri değerlendirilmiştir. İlçelere göre araç sayılarına ait veriler Sakarya İli Trafik Tescil Şube Müdürlüğünden elde edilmiştir. Araçların yakıt tiplerine ait bir veri kaynağı olmadığı için bu çalışmada tüm otomobillerin yakıt tipinin benzin olduğu ve otomobil dışında tüm araçların yakıt tipinin mazot olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada her aracın 1 yıl içinde her gün ilçe merkezinden il merkezine gidiş-dönüş şeklinde ulaşım sağladığı kabul edilmektedir. Araçların yakıt tiplerine Göre Ortalama kilometre başına karbondioksit değerleri Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının kaynaklarından elde edilmiştir.

Yakıt türüne göre Türkiye genelinde iller düzeyinde sayısal olarak en fazla tercih edilen araçlardan, her bir aracın ortalama yıllık 15.000 km kullanımı varsayımı altında oluşacak CO2 emisyon miktarları gr cinsinden değerleri aşağıda verilmiştir [72]. Bu veri üzerinden km başına gram değeri hesaplanmış ve bu tez çalışmasında ortalama değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.13. Benzin - LPG Yakıt Türüne Göre CO2 Emisyon Miktarları [72]

Benzin- LPG	Gr/15.000 km	Gr/km
Renault	3.142.500	209,5
Opel	3.892.500	259,5
Volkswagen	3.645.000	243
Fiat	2.355.000	157
Toyota	2.422.500	161,5
Ford	2.722.500	181,5
Hyundai	2.730.000	182
Honda	2.715.000	181
Peugeot	2.512.500	167,5
Ortalama	2.904.166	215,12

Tablo 3.14. Dizel Yakıt Türüne Göre CO2 Emisyon Miktarları [72]

Dizel	Gr/15.000 km	Gr/km
Renault	2.737.500	182,5
Ford	2.347.500	156,5
Fiat	2.317.500	154,5
Hyundai	2.557.500	170,5
Opel	1.935.000	129
Peugeot	2.527.500	168,5
Volkswagen	3.105.000	207
Toyota	2.842.500	189,5
Citroen	2.542.500	169,5
Ortalama	2.545.833	169,72

Ulaşımdan Kaynaklı Ayak İzini Hesaplamak İçin diğer veriler alanında belirtilen “uplift faktörü” literatürden elde edilmiştir [60].

Tablo 3.15. Ulaşımdan Kaynaklı Ayak İzini Hesaplamak İçin Uplift (Yükseltme)Faktörü [60]

Ulaşımdan Kaynaklı Ayak İzini Hesaplamak İçin Diğer Veriler	
Veri	Değer – Birim (%)
Uplift (Yükseltme) Faktörü	1,51

Uplift (Yükseltme) Faktörü: Araç ve yolların imalat ve bakımı nedeniyle oluşan ek bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu "dolaylı enerji" gereksinimlerinden kaynaklanan karbon emisyonları hesaplamalara dâhil edilmelidir. Yükseltme Faktörü, EF hesaplamalarında kullanılan nihai karbon emisyon değerine ulaşmak için dahil edilmektedir. Ancak, Türkiye'ye özgü yükseltme faktörü bulunmamaktadır. Bu nedenle doğru sonucun bulunabilmesi için literatürdeki yüksek değer seçilmiştir [60].

Tablo 3.16. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin İlçelere Göre Toplam Araç Sayısı

Sakarya İli İlçelerine Göre 2010 Yılı Araç Sayısı				Sakarya İli İlçelerine Göre 2018 Yılı Araç Sayısı			
İlçe	Toplam Araç Sayısı	Otomobil Sayısı	Otomobil Harici Diğer Araçların Sayısı	İlçe	Toplam Araç Sayısı	Otomobil Sayısı	Otomobil Harici Diğer Araçların Sayısı
Akyazı	16.239	6.652	9.587	Akyazı	21.039	9.318	11.721
Ferizli	4.327	1.736	2.591	Ferizli	5.641	2.386	3.255
Geyve	10.403	2.982	7.421	Geyve	13.546	4.053	9.493
Hendek	11.691	5.193	6.498	Hendek	16.963	8.125	8.838
Karasu	8.119	3.744	4.375	Karasu	13.108	6.282	6.826
Kaynarca	4.508	1.670	2.838	Kaynarca	6.555	2.499	4.056
Kocaeli	4.265	1.672	2.593	Kocaeli	6.478	2.583	3.895
Pamukova	7.006	2.095	4.911	Pamukova	9.252	3.064	6.188
Adapazarı	128.598	63.414	65.184	Adapazarı	188.321	101.749	86.572
Sapanca	6.059	3.325	2.734	Sapanca	8.914	5.183	3.731
Toplam Araç	201.215	92.483	108.732	Toplam Araç	289.817	145.242	144.575

Tablo 3.17. Sakarya İli Araçlar İçin Kullanılan Yakıt Tipi

Sakarya İli 2010 Yılı Toplam Araç Sayısına Göre	Benzinli Araç Sayısı	Dizel Araç Sayısı
201.215	92.483	108.732
Sakarya İli 2018 Yılı Toplam Araç Sayısına Göre	Benzinli Araç Sayısı	Dizel Araç Sayısı
289.817	145.242	144.575

Tablo 3.18. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Benzinli Araçlarının Ulaşım Değerleri

İlçe	İlçelere göre 2010 Yılı Benzinli araç sayısı	İlçelere göre 2018 Yılı Benzinli araç sayısı	Şehir Merkezine En Uygun Gidiş – Dönüş Ulaşım Mesafesi (Km)	Yıllık Şehir Merkezi ne Ulaşım Sayısı	Araç Sayısı Kadar 2010 Ortalama Ulaşım Mesafesi (Km)	Araç Sayısı Kadar 2018 Ortalama Ulaşım Mesafesi (Km)
Akyazı	6.652	9.318	67,4	365	163.645.852	229.232.118
Ferizli	1.736	2.386	31,6	365	20.023.024	27.520.124
Geyve	2.982	4.053	86	365	93.604.980	127.223.670
Hendek	5.193	8.125	75,2	365	142.537.464	223.015.000
Karasu	3.744	6.282	89,6	365	122.443.776	205.446.528
Kaynarca	1.670	2.499	63,8	365	38.889.290	58.194.213
Kocaeli	1.672	2.583	122,4	365	74.698.272	115.398.108
Pamukova	2.095	3.064	102,4	365	78.302.720	114.520.064
Adapazarı	63.414	101.749	13,8	365	319.416.318	512.509.713
Sapanca	3.325	5.183	53	365	64.322.125	100.265.135
TOPLAM	92.483	145.242	705,2	365	1.117.883.821	1.713.324.673

Tablo 3.19. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Dizel Araçlarının Ulaşım Değerleri

İlçe	İlçelere göre 2010 Yılı Ortalama Dizel Araç Sayısı	İlçelere göre 2018 Yılı Ortalama Dizel Araç Sayısı	Şehir Merkezine En Uygun Ulaşım Mesafesi (Km)	Yıllık Şehir Merkezine Ulaşım Sayısı	Araç Sayısı Kadar 2010 Ortalama Ulaşım Mesafesi (Km)	Araç Sayısı Kadar 2018 Ortalama Ulaşım Mesafesi (Km)
Akyazı	9.587	11.721	67,4	365	235.849.787	288.348.321
Ferizli	2.591	3.255	31,6	365	29.884.594	37.543.170
Geyve	7.421	9.493	86	365	232.945.190	297.985.270
Hendek	6.498	8.838	75,2	365	178.357.104	242.585.424
Karasu	4.375	6.826	89,6	365	143.080.000	223.237.504
Kaynarca	2.838	4.056	63,8	365	66.088.506	94.452.072
Kocaali	2.593	3.895	122,4	365	115.844.868	174.013.020
Pamukova	4.911	6.188	102,4	365	183.553.536	231.282.688
Adapazarı	65.184	86.572	13,8	365	328.331.808	436.063.164
Sapanca	2.734	3.731	53	365	52.889.230	72.176.195
TOPLAM	108.732	144.575	705,2	365	1.566.824.623	2.097.686.828

3.6. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Gıda Tüketiminden Kaynaklı Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya İli gıda tüketiminden kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için il içinde gıda üretim türü bitkisel ve hayvansal olmak üzere iki şekilde değerlendirilmiştir. Sakarya İli için bitkisel ürünlerin üretim değerleri, alanları ve Türkiye'ye ait kişi başı bitkisel ürünlerin tüketim değerleri ise yıllık olarak alınmış ve TÜİK'e ait veriler değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada 1 yumurtanın ağırlık olarak 100 gram olduğu kabul edilmektedir.

Tablo 3.20. Sakarya İli Bitkisel Ürün Üretimi İçin Kullanılan Tarım Alanı (ha) [73]

Yıl	Toplam Alan (ha)
2010	98.011
2018	78.930

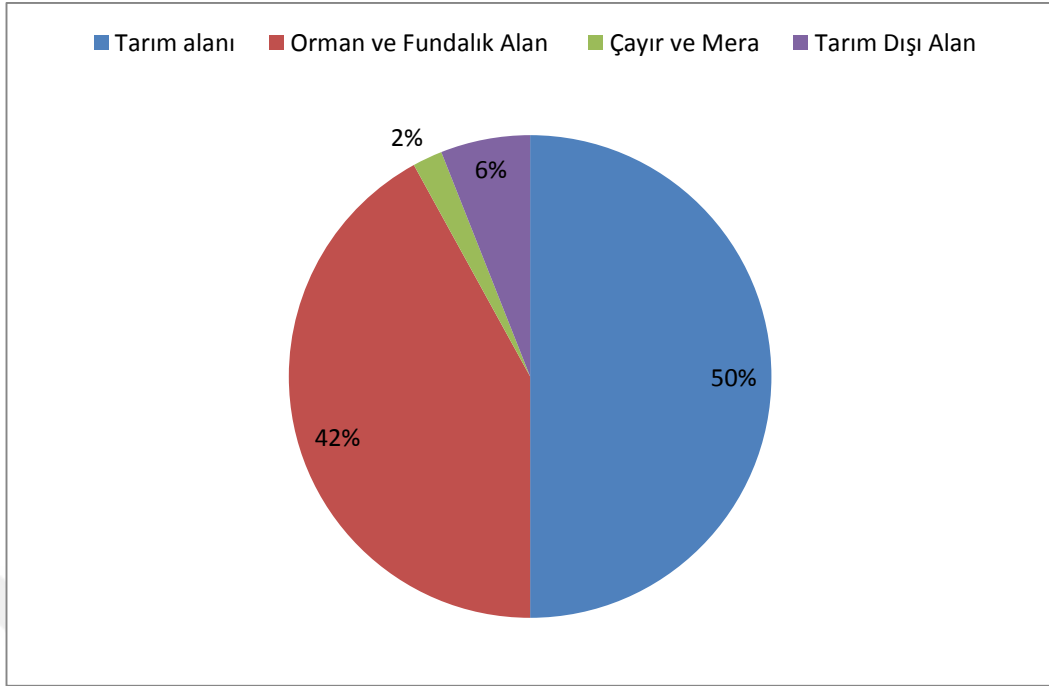
Tablo 3.21. Türkiye' de Kişi Başı Yıllık Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim Miktarı (Kg) [74]

Türkiye' de Kişi Başı Yıllık Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim Miktarı	
Yıl	Kişi Başı Tüketim (Kg)
2018	1.496,4
2017	1.496,4
2010	1.590,9

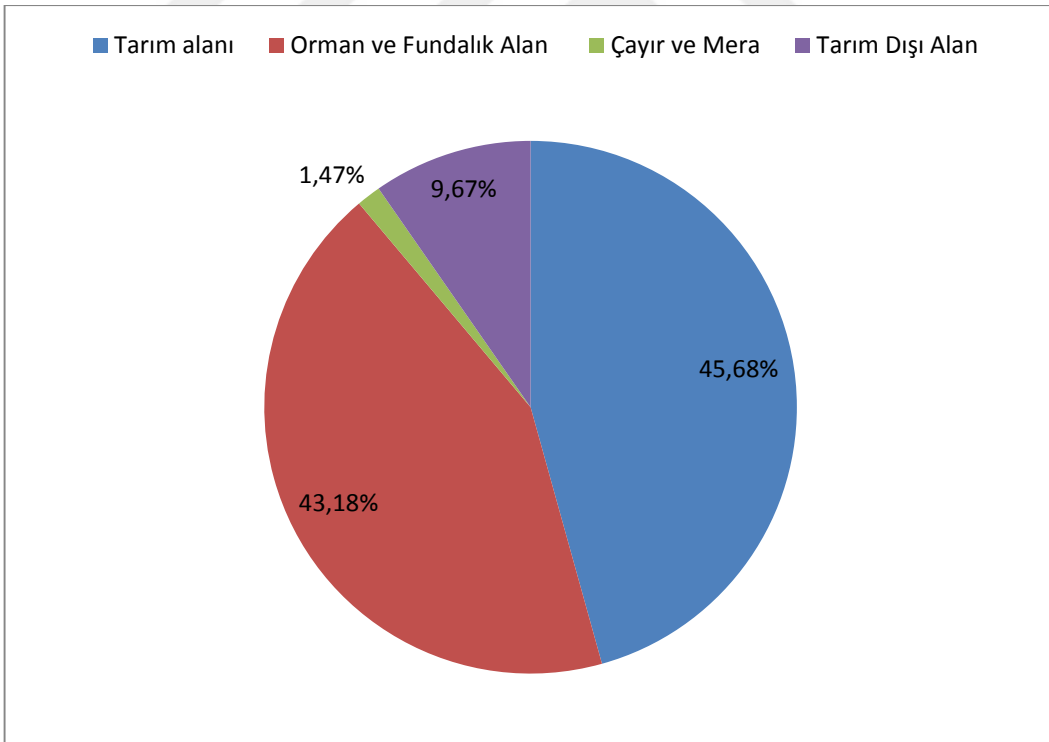
Tablo 3.22. Sakarya İli Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim miktarı (ton) [75,58]

Sakarya İli Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Tüketim miktarı (Ton)			
Yıl	Üretim Miktar (Ton)	Nüfus	Türkiye için kişi başı tüketim miktarı değerlendirilerek hesaplanan; Tüketim Miktarı (Ton)= (Nüfus* Kişi Başı Tüketim Kg/1000)
2010	1.307.375	872.872	1.388.652
2018	1.348.666	1.010.700	1.512.411

Sakarya ili için hayvansal ürünlerin üretim miktarları Sakarya İli İl Tarım Müdürlüğünden istenmiş ve gerekli veriler 2010 yılı için Sakarya İli İl Tarım Müdürlüğünün Faaliyet Raporlarından elde edilmiştir. Ancak 2018 yılına ait henüz rapor şeklinde yayınlanmadığı 2018 yılına ait veriler Sakarya İli İl Tarım Müdürlüğü ile görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca kırmızı et ve beyaz et gibi hayvansal ürünlerin 2010 ve 2018 yıllarına ait yıllık kişi başı tüketim miktarlarına ait veriler OECD veri setinden elde edilmiştir. Ancak, kişi başı süt, bal ve yumurta tüketimi literatür kaynaklarından elde edilmiştir. Hayvansal üretim için kullanılan otlak ve mera alan değerleri Sakarya İli Tarım İl Müdürlüğü faaliyet raporlarından elde edilmiştir. Verilere göre 2010 yılı Sakarya ili arazi yapısında otlak ve mera alanlarının değeri Sakarya ili toplam arazi değerinin %2' lik değeri kadardır. Sakarya ilinin toplam alanı 482.100 ha' dır. Buna göre 2010 yılı Sakarya ili otlak ve mera alan değeri 9.642 ha' dır [76]. Sakarya İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünün en son yayınlamış olduğu 2017 yılı verilerine göre Sakarya ili arazi yapısında otlak ve mera alanlarının değeri toplam arazi değerinin %1,47'lik değeri kadardır. Buna göre 2017 yılı Sakarya ili otlak ve mera alan değeri 7.086,87 ha' dır [77]. Bu çalışmada da 2018 yılı için 2017 yılı değeri kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. 2010 Yılı Sakarya İlinin Arazi Niteliklerine Göre Dağılımı [76]



Şekil 3.3. 2017 Yılı Sakarya İlinin Arazi Niteliklerine Göre Dağılımı [77]

Tablo 3.23. Sakarya İli Hayvansal Ürünlerin Üretim Miktarları[76]

Ürünler	2010 Yılı (Ton)	2018 Yılı (Ton)
Kırmızı Et	14.735	20.259
Beyaz Et	177.116	27.6428
Süt	204.946	28.2141
Bal	586	669
Yumurta	1.992.000.00 Adet = 19920 Ton	5.241.330.00 Adet = 52.413,3Ton
Toplam	417.303	631.910,3

Tablo 3.24. Türkiye' de Kişi Başı Yıllık Hayvansal Ürünlerin Tüketim Miktarları [78, 79, 80, 81, 82]

Türkiye' de Kişi Başı Hayvansal Ürünlerin Ortalama Tüketim Miktarı					
Yıl	Kırmızı Et Kişi Başı Tüketim (Kg)	Beyaz Et Kişi Başı Tüketim (Kg)	Süt Kişi Başı Tüketim (Kg)	Bal Kişi Başı Tüketim (Kg)	Yumurta Kişi Başı Tüketim (Adet)
2010	9,6	16,3	26,2	1,14	174 Adet =17,4 Kg
2018	12,8	19,3	41,5	1,14	294=29,4 Kg

Tablo 3.25. Sakarya İli Hayvansal Ürünlerin Tüketim Miktarı (Ton) [58]

Yıl	Ürün	Nüfus	(Türkiye için kişi başı tüketim miktarı değerlendirilerek hesaplanan; Tüketim Miktarı (Ton)= (Nüfus* Kişi Başı Tüketim Kg/1000)
2010	Kırmızı Et	872.872	8.379,571
2018	Kırmızı Et	1.010.700	12.936,96
2010	Beyaz Et	872.872	14.227,81
2018	Beyaz Et	1.010.700	19.506,51
2010	Süt	872.872	22.869,25
2018	Süt	1.010.700	41.944,05
2010	Bal	872.872	995,07
2018	Bal	1.010.700	1.152,19
2010	Yumurta	872.872	1.518.797.28 Adet =15.187,97 Ton
2018	Yumurta	1.010.700	2.971.458.00 Adet = 29.714,58 Ton

3.7. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Atıkların Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya İli atıklardan ve geri dönüşüm işlemlerinden dolayı enerji kullanımından kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için ilgili veriler Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı faaliyet raporlarından elde edilmiştir. Bu kaynaktan elde edilen bilgiye göre 2010 yılında 161.000 ton katı atık toplanmıştır. Ancak 2010 yılında Sakarya ilinde geri dönüştürme tesisi mevcut olmadığından toplanan katı atıklar sadece depolanmıştır. Sakarya ilinde 2018 yılında mevcut belediyelerden 273.416,7 ton katı atık toplanmıştır. 2018 yılı içinde toplanan katı atıklar ayrıştırılarak geri dönüştürülmüştür. Ayrıca, Sakarya ait katı atık bileşenlerinin oranlarına ait veriler Sakarya Büyükşehir Belediyesi 2018 yılı Faaliyet

raporundan elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen verilere göre 2018 yılında dönüştürülen katı atık miktarları hesaplanmıştır. 2018 Yılında gerçekleştirilen geri dönüşüm işlemleri için kullanılan enerji değeri ve dönüşüm değerleri ilgili veriler literatürden elde edilmiştir [60].

Tablo 3.26. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Katı Atık Miktarı [83,84]

2010 Yılı		2018 Yılı	
Ay	Katı Atık Miktarı (Ton)	Ay	Katı Atık Miktarı (Ton)
Ocak	13.180	Ocak	21.194,300
Şubat	12.300	Şubat	18.884,150
Mart	13.220	Mart	21.923,950
Nisan	12.650	Nisan	21.332,750
Mayıs	13.100	Mayıs	23.517,400
Haziran	13.600	Haziran	23.275,650
Temmuz	14.900	Temmuz	24.591,800
Ağustos	14.850	Ağustos	26.089,000
Eylül	13.150	Eylül	22.928,550
Ekim	13.100	Ekim	22.235,700
Kasım	13.250	Kasım	23.035,100
Aralık	13.700	Aralık	24.408,350
Toplam	161.000	Toplam	273.416,700

Tablo 3.27. Sakarya İli Katı Atık Bileşenleri [84]

Katı Atık Bileşenleri	% Değeri
Mutfak Atıkları	46,6
Kağıt	5
Karton	4,5
Plastik	16
Cam	3,9
Metal	1,4
Elektronik Atık	0,4
Tehlikeli Atık	1
Yanmayan Atıklar	4,4
Yanabilen Atıklar	11,2
Kül	3,9
Bahçe Atıkları	1,7
Toplam	100

Tablo 3.28. Sakarya İli 2018 Yılı Geri Dönüştürülen Atık Verileri [60]

Geride Dönüştürülen Atık	2018 Yılı Miktarı (Kg/Yıl)	Geride Dönüşüm İçin Kullanılan Enerji (Mj/Kg)	Mj den kWh e Çevrim	1 kilogram atıktan (kWh) üretilen elektrik miktarı	Türkiye elektrik üretiminden kWh başına CO2 emisyonu (gCO2 / kWh)
Mutfak Atıkları	127.412,18	10	0,28	10x0,28 (kWh)	472
Kağıt	13.670,83	21	0,28	21x0,28 (kWh)	472
Karton	12.303,75	21	0,28	21x0,28 (kWh)	472
Plastik	43.746,67	27	0,28	27x0,28 (kWh)	472
Metal	3.827,83	10	0,28	10x0,28 (kWh)	472
Bahçe Atıkları	4.648,08	10	0,28	10x0,28 (kWh)	472
Toplam	246.895,26				

Sakarya ilinde atıkların toplanması ve depolanması sürecinde ortaya çıkan karbon emisyonu değerine göre ayak izi değeri ortaya çıkmaktadır. Atıkların toplanması sürecinde ortaya çıkan ayak izi değeri için gerekli olan 2010 ve 2018 yılına ait veriler Sakarya ili ilçe belediyelerin Temizlik İşleri Şube Müdürlükleri ile görüşmeler sonucu elde edilmiştir. Bu çalışmada, ilçelerde toplanan atıkların düzenli depolanması için katı atık depolama tesisine ulaşım mesafesi Google Maps üzerinden en uygun rota alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada her çöp toplama aracının 2 günde 1 kez olmak şartıyla düzenli depolama sahasına atık getirdiği kabul edilmiştir. Ayrıca ağır vasıta araçlarının km başına ortaya çıkardığı emisyon değeri ilgili literatürden elde edilmiştir [60].

Tablo 3.29. Sakarya İli 2010 Yılı Atıkların Toplanması İçin Kullanılan Araç Sayısı [60]

İlçeler	Çöp Toplama Araç Sayısı	Yaklaşık Yıllık Toplanan Atık Miktarı (Ton)	Ağır Vasıta Emisyon Oranı (gr CO2 / km)	Sakarya İli Düzenli Depolama Sahasına Gidiş –Dönüş Olarak İlçelerin Yaklaşık Uzaklığı(km)	1 Aracın 2 Günde 1 Kez Olmak Üzere Hizmet Süresi İçinde Toplam Yıllık Mesafesi(km)	Araç Sayısı Kadar Toplam Yıllık Alınan Mesafe (km)
AKYAZI	6	10.000	870	73,6	13.432	80.592
GEYVE	3	5.400	870	92,2	16.826,5	50.479,5
HENDEK	10	20.000	870	81,4	14.855,5	148.555
KARASU	-	-	870	101,8	18.578,5	0
KAYNARCA	3	5.000	870	57	10.402,5	31.207,5
SAPANCA	5	-	870	59,2	10.804	54.020
KOCAALİ	5	-	870	134,6	24.564,5	122.822,5
PAMUKOVA	3	7.000	870	108,4	19.783	59.349
TARAKLI	-	-	870	152,2	27.776,5	0
FERİZLİ	3	2.880	870	43,8	7.993,5	23.980,5
KARAPÜRÇEK	4	-	870	70,2	12.811,5	51.246
SÖĞÜTLÜ	4	-	870	33,4	6.095,5	24.382
ADAPAZARI	32	-	870	17,2	31.39	100.448
ARİFİYE	5	15.600	870	44,8	8.176	40.880
ERENLER	8	21.873,6	870	32	5.840	46.720
SERDİVAN	12	26.140,682	870	31,4	5.730,5	68.766

Tablo 3.30. Sakarya İli 2018 Yılı Atıkların Toplanması İçin Kullanılan Araç Sayısı [60]

İlçeler	Yaklaşık Araç Sayısı	Yaklaşık Toplanan Yıllık Atık Miktarı (Ton)	Ağır Vasıta Emisyon Oranı (gr CO2 / km)	Sakarya İli Düzenli Depolama Sahasına Gidiş –Dönüş Olarak İlçelerin Yaklaşık Uzaklığı(km)	1 Aracın 2 Günde 1 Kez Olmak Üzere Hizmet Süresi İçinde Toplam Yıllık Mesafesi	Araç Sayısı Kadar Toplam Yıllık Alınan Mesafe
AKYAZI	10	4.146,95	870	73,6	13.432	134.320
GEYVE	7	15.020,15	870	92,2	16.826,5	117.785,5
HENDEK	10	24.526,8	870	81,4	14.855,5	148.555
KARASU	-	3.168,35	870	101,8	18.578,5	0
KAYNARCA	4	5.015,7	870	57	10.402,5	41.610
SAPANCA	7	17.000,7	870	59,2	10.804	75.628
KOCAALİ	6	5295,8	870	134,6	24.564,5	147.387
PAMUKOVA	2	7948,85	870	108,4	19.783	39.566
TARAKLI	-	-	870	152,2	27.776,5	0
FERİZLİ	3	7.643,7	870	43,8	7.993,5	23.980,5
KARAPÜRÇEK	4	1.780	870	70,2	12.811,5	51.246
SÖĞÜTLÜ	2	4.144,65	870	33,4	6.095,5	12.191
ADAPAZARI	30	89.308,45	870	17,2	3.139	94.170
ARİFİYE	6	16.034,55	870	44,8	8.176	49.056
ERENLER	11	28.916,05	870	32	5.840	64.240
SERDİVAN	18	45.246,5	870	31,4	5.730,5	103.149

3.8. Sakarya İli 2010 ve 2018 Yılları İçin Yapılaşmış Alan Verilerinin Elde Edilmesi

Sakarya ili için yapılaşmış alan değerlerinin verileri Sakarya Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığından yapılan görüşmelere sonucu elde edilmiştir. Bu veriler şehir planlamalarında kullanılan imar planlarından elde edilmiştir. İmar planları uygulamalarında planların değerlendirilmesi 10 yılı değerlendirilerek hesaplanmaktadır. Buna göre bu çalışmada Sakarya'nın yapılaşmış alan değerleri 2010 ve 2018 yılı için aynı kabul edilecektir.

Tablo 3.31. Sakarya İli İçin Yapılaşmış Alan (Ha)

İlçe	Konut Yerleşme Alanı	Kentsel Çalışma Alanı	Kentsel Sosyal Donatı Alanı	Açık ve Yeşil Alanı	Turizm Yerleşme Alanı	Sanayi Alanı	Kentsel Teknik Altyapı Alanı	Tarım Alanı
AKYAZI	636,59	59,68	22,22	75,01	-	12,41	276,07	-
GEYVE	207,44	8,47	21,12	107,3	-	38,56	51,68	32,13
HENDEK	1.135,94	232,11	59,61	442,6	0,8	163,8	429,67	-
KARASU	463,53	152,73	28,5	116,4	-	-	137,6	-
KAYNARCA	179,23	163,48	19,24	69,58	-	-	47,78	1,17
SAPANCA	658,06	136,68	76,21	199,6	797,03	13,48	481,38	356,2
KOCAALİ	193,88	123,72	19,83	76,77	-	-	80,21	-
PAMUKOVA	253,58	46,74	25,63	72,24	-	1,66	113,16	8,15
TARAKLI	35,99	13,37	3,81	118,4	-	0,81	27,69	169,6
FERİZLİ	356,42	90,88	39,63	131,3	-	2,15	188,04	266,8
KARAPÜRÇEK	179,74	16,76	24,04	37,51	-	60,63	113,8	-
SÖĞÜTLÜ	205,24	22,61	8,63	22,94	-	2,09	61,17	253,5
ADAPAZARI	2.180,2	636,9	271,5	1033	-	91,7	1.104,7	194,4
ARİFİYE	647,32	306,04	300,97	859	-	491,8	515,16	23,3
ERENLER	923,68	285,8	78,4	344,2	-	22,4	567,1	32,3
SERDİVAN	1.347,2	225,6	285,1	358,6	6,5	-	550,6	210,2
TOPLAM	9.604	2.522	1.284	4.064	804	902	4.746	1.548

Sakarya ili için sulak alan değerlerinin verileri literatür kaynaklarından elde edilmiştir.

Tablo 3.32. Sakarya İli Sulak Alan [85]

Sulak Alanlar	Alan (ha)	Alan (m2)
Akarsu Yüzey Alanı	4.790	47.900.000
Göl Yüzey Alanı	1.136	11.360.000
Toplam	5.926	59.260.000

BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şehirlerin ekolojik sistemi insanların yaşam kaliteleri için çok önemlidir. Bu yüzden var olan ekolojik sistem ölçülebilirlik bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. İnsanların yaşamsal faaliyetleri sonucunda ekolojik sisteme olan olumsuz etkileri üretim ve tüketim miktarlarına göre Ekolojik Ayak İzi hesaplanarak değerlendirilebilmektedir.

Bu değerlendirmeler tükettiğin miktara göre ne kadar üretim alanına yani biyolojik kapasiteye ihtiyaç olduğunu belirtmekte kısaca ne kadar üretim alanını yok ettiğini belirlemektedir. Ayrıca, tüketim miktarlarına göre yok edilen üretim alanlarının ne kadarını iyileştirebileceğinin de bir ölçüsü olabilmektedir.

Günümüzde Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları genellikle ülkeler için yapılmaktadır. Ülkeler için yapılan Ekolojik Ayak İzi hesaplamalarındaki çıkan sonuçlara göre belli iyileştirme uygulamaları ile düzenlemeler yapılabilmektedir. Buna göre şehirler ölçeğinde yerel yönetimlerin desteği ile de şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analizinin yapılması ekolojik sistemin daha hızlı iyileşmesine sebep olacak ve şehirlerin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Ekolojik Ayak İzini oluşturan bileşenler ve Ekolojik Ayak İzi hesabı için kullanılan yöntemler literatürde belirtilmektedir. Bu bileşenleri oluşturan etkenler canlıların yaşamsal faaliyetleri sonucu üretim ve tüketim miktarlarıdır. Yerel yönetimlerin bünyesinde zaten belli konular altında istatistiki bilgiler mevcuttur. Bu bilgiler genişletilerek şehirlerin Ekolojik Ayak İzi analizi yapılabilmektedir.

4.1. 2010 ve 2018 Yılları İçin Enerji Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Enerji kullanımından kaynaklı oluşan Ekolojik Ayak İzi hanelerde elektrik tüketimi değerlendirilerek hesaplanmıştır. Enerji kullanımı sırasında direkt olarak üretim alanı tüketimi olmadığı için enerji kullanımının ayak izi sadece gerekli olan karbon tutma toprak alanı için ortaya çıkan Ekolojik Ayak İzi olarak değerlendirilmektedir. Enerji kullanımından kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesaplanması için kullanacağımız veriler Bölüm 3'teki tablo 3.5, 3.8, 3.9 ve 3.10'dan alınmıştır.

Tablo 4.1. Enerji Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

2010 Yılı Toplam Tüketilen Elektrik Miktarı (KWh)	2.023.997.976
2018 Yılı Toplam Tüketilen Elektrik Miktarı (KWh)	2.135.507.220
2010 Yılı İletim Sistemi Kayıpları (%)	2,99
2018 Yılı İletim Sistemi Kayıpları (%)	2,5
2010 Yılı Kayıp Kaçak Oranı (%)	8,77
2018 Yılı Kayıp Kaçak Oranı (%)	7,34
Türkiye'de Elektrik Üretiminde kWh başına CO2 emisyonu (gr CO2/ kWh)	472
Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı (%)	28
Orman Karbon Tutma Oranı / Karbon Tutulma Faktörü (tC/ha)	0,97
C - CO2 Oranı	0,27
Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha/ha)	1,29

Enerjinin Ekolojik Ayak İzi, Bölüm 3'te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığında belirtilmiş olan formüle göre hesaplanmaktadır.

Enerjinin Ekolojik Ayak İzi=[(Yıllara Göre Toplam Tüketilen Elektrik Miktarı(kWh))x(Türkiye'de Elektrik Üretiminde kWh başına CO2 emisyonu (gr CO2/kWh))x(C-CO2 Oranı (t C(tCO2)⁻¹))x(1-Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı))x(Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha/ha))]/[(1-İletim Sistemi Kayıpları)x (1-Kayıp Kaçak Oranı)x(1000000gr/1ton)x(Orman Karbon Tutma Oranı(tC/ha))]

– 2010 Yılı için;

Enerjinin Ekolojik Ayak İzi=[(2023997976kWh).(472 gr CO2/kWh).(0,27 (tC(t CO2)⁻¹).(1-0,28).(1,29gha/ha)]/[(1-0,0299).(1-0,0877).(1000000gr/1ton).0,97tC/ha]
=279.069,343 gha

– 2018 Yılı için;

$$\text{Enerjinin Ekolojik Ayak İzi} = [(2135507220 \text{ kWh}) \cdot (472 \text{ gr CO}_2/\text{kWh}) \cdot (0,27 \text{ (tC(t CO}_2)^{-1}) \cdot (1-0,28) \cdot (1,29 \text{ (gha/ha))}] / [(1-0,025) \cdot (1-0,0734) \cdot (1000000 \text{ gr/1ton}) \cdot 0,97 \text{ tC/ha}]$$

$$= 288.443,242 \text{ gha}$$

Sonuçlara göre, Sakarya ilinin yıllık elektrik tüketimi sonucunda salınan karbondioksiti telafi edebilmek için 2010 yılı için 279.069 gha ve 2018 yılı için yaklaşık 288.443 gha değerleri kadar biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Daha açık ifadeyle Sakarya' da elektrik kullanımından kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

4.2. 2010 ve 2018 Yılları İçin Isınmadan Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Isınmadan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hanelerdeki doğalgaz tüketimi değerlendirilerek hesaplanmıştır. Isınma amaçlı doğalgaz kullanımı sırasında direkt olarak üretim alanı tüketimi olmadığı için enerji kullanımının ayak izi sadece gerekli olan karbon tutma toprak alanı için ortaya çıkan Ekolojik Ayak İzi olarak değerlendirilmektedir. Isınmadan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesaplanması için kullanacağımız veriler Bölüm 3'teki tablo 3.11 ve tablo 3.12' den alınmıştır.

1 metreküp doğal gazın yanmasından ne kadar CO₂'in kaynaklandığını gösteren değerlerin elde edilmesi için bir oran hesaplanmaktadır. Bu oranı oluşturan değerler sabit değerler olduğu için her iki yıl içinde aynı oran kullanılmaktadır.

$$(\text{tCO}_2/\text{m}^3) = [\text{Doğal Gaz Yanmasından Kaynaklanan CO}_2 \text{ Emisyonları (milyon ton CO}_2)] / [\text{Ulusal Doğal Gaz Tüketim Değeri (milyon m}^3)].$$

$$(\text{tCO}_2/\text{m}^3) = (91,4) / (49.329 \times 10^3) = 0,00185$$

Yanma nedeniyle ortaya çıkan toplam karbondioksit emisyon miktarı (ton)=[Yıllara Göre Sakarya İlinde Isınma Amaçlı Doğalgaz Tüketimi(m³)]x[(tCO₂/m³)]

2010 yılında yanma nedeniyle toplam karbondioksit emisyon miktarı (ton) = [603332730(m³)].[0,00185(tCO₂/m³)]=1.116.166 tCO₂

2018 Yılında Yanma nedeniyle toplam karbondioksit emisyon miktarı (ton) = [636572475(m³)].[0,00185(tCO₂/m³)]=1.177.659 tCO₂

Bundan sonra salınan toplam karbondioksit miktarını elde edildikten sonra, doğal gaz yanmasından dolayı Ekolojik Ayak İzi değerini hesaplamak için Bölüm 3'te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığında belirtilen formül kullanılmaktadır.

Isınmadan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi=[(CO₂ (ton)xCO₂-C Oranı(tC/tCO₂)x (1-Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı)/(Orman Karbon Tutma Oranı (tC/ha))]x(Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha/ha))

– 2010 Yılı için;

Isınmadan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi=[(1.116.166(ton).0,27(tC(tCO₂)-1).(1-0,28)/(0,97(tC/ha))].(1,29 (gha/ha))=287.682,7 gha

– 2018 Yılı için;

Isınmadan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi=[(1.177.659(ton).0,27(tC(tCO₂)-1).(1-0,28)/(0,97(tC/ha))].(1,29 (gha/ha))=303.532,2 gha

Bu sonuçlar, Sakarya ilinin yıllık ısınma amaçlı fosil yakıt tüketimi sonucunda salınan karbondioksiti telafi edebilmek için 2010 yılı için 287.682,7 gha ve 2018 yılı için yaklaşık 303.532,2 gha değerleri kadar biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Daha açık ifadeyle Sakarya'da ısınmadan kaynaklı her iki yıl için

hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

4.3. 2010 ve 2018 Yılları İçin Ulaşımın Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Sakarya ili için ulaşımdan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için araçların ortalama şehir merkezine ulaşım mesafeleri değerlendirilerek ve araçların yakıt tiplerine göre karbon emisyon miktarları tespit edilmiştir. Tespit edilen karbon emisyon değerine göre ne kadar üretim alanına ihtiyaç olduğu belirlenmektedir. Ulaşım amaçlı fosil yakıt kullanımı sırasında direkt olarak üretim alanı tüketimi olmadığı için enerji kullanımının ayak izi sadece gerekli olan karbon tutma toprak alanı için ortaya çıkan Ekolojik Ayak İzi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, Sakarya Büyükşehir Belediyesi 6. Ulusal Her Yönüyle Kentsel Dönüşüm Kongresi'nde 2019-2023 Sakarya Akıllı Şehir Stratejisi ve Eylem Planı projesi ile en iyi akıllı şehir projesini geliştiren ve uygulayan belediye olarak “Akıllı Kavşaklar” sayesinde araç yoğunluğunda azalma ve buna bağlı olarak kavşaktaki bekleme sürelerinde düşme, enerji tüketiminde azalma ve sürüş konforunda artış sağlanmaktadır şeklinde belirtilmektedir. Buna göre Sakarya ili ulaşım sisteminde kavşak kullanımı uygulaması için pilot ildir [86]. Bu yüzden il genelinde ulaşım sisteminde kavşak kullanımı yaygındır. Bu tez çalışmasında il genelinde trafik sisteminde sinyalizasyon uygulaması minimize edildiği için araçların dur ve kalk süreçlerinde meydana getirdikleri karbondioksit emisyon miktarı hesaba katılmamıştır. Sakarya ilinde ulaşımdan kaynaklı toplam karbondioksit emisyonunun miktarını bulmak için öncelikle aşağıdaki formülle bir aracın sebep olduğu yıllık emisyon miktarı tespit edilip daha sonra Sakarya'daki araç sayısı ile çarpılarak il genelindeki emisyon miktarı tespit edilmiş ve değerler tablo 4.2'de gösterilmektedir.

1 Araç İçin Yıllık Karbon Emisyon Miktarı (grCO₂) = (Şehir merkezine ulaşım mesafesi (km))x(Yıllık ulaşım değeri (gün))x(Araçların özel emisyon faktörü (gr/km))

Tablo 4.2. Sakarya İli Ulaşımından Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

2010 Yılı Benzinli Araçların Sayısına Ve Toplam Km Değerlerine Göre Ortalama Yıllık Km CO2 miktarı	2010 Yılı Dizel Araçların Sayısına Ve Toplam Km Değerlerine Göre Ortalama Yıllık Km CO2 miktarı
240.479.167.574	265.921.475.016
2018 Yılı Benzinli Araçların Sayısına Ve Toplam Km Değerlerine Göre Ortalama Yıllık Km CO2 miktarı	2018 Yılı Dizel Araçların Sayısına Ve Toplam Km Değerlerine Göre Ortalama Yıllık Km CO2 miktarı
368.570.403.656	356.019.408.448

Sakarya İlinde 2010 yılı için özel araç kullanımından kaynaklı ortaya çıkan toplam CO2 Emisyon miktarı= 506.400.642.589,08 grCO2

Sakarya İlinde 2018 yılı için özel araç kullanımından kaynaklı ortaya çıkan toplam CO2 Emisyon miktarı= 724.589.812.103,92 grCO2

Sakarya ilinde ulaşımdan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesaplanması için kullanacağımız veriler Bölüm 3'teki tablo 3.15, 3.8, 3.5' den alınmıştır.

Tablo 4.3. Sakarya İli Ulaşımından Kaynaklı Fosil Yakıt Kullanımının Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

2010 Yılı Karbon Emisyon Miktarı (grCO2)	506.400.642.589,08
2018 Yılı Karbon Emisyon Miktarı (grCO2)	724.589.812.103,92
Uplift Faktörü	1,51
C - CO2 Oranı (tC/tCO2)	0,27
Orman Karbon Tutma Oranı / Karbon Tutulma Faktörü (tC/ha)	0,97
Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı (%)	0,28
Orman Alanı Ekivalans Faktörü(gha/ha)	1,29

Sakarya ili ulaşımda kullanılan özel araçların tükettikleri fosil yakıt miktarına göre ortaya çıkan karbon emisyonu belirlenerek Ekolojik Ayak izi hesaplanmakta ve Bölüm 3' te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığında belirtilmiş olan formül kullanılmaktadır.

Ulaşımın Ekolojik Ayak İzi=[Toplam karbon emisyon miktarı(gr)/1.000.000]x[Uplift faktörü]x[C - CO2 Oranı]x[1- Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı]/[Orman Karbon Tutma Oranı (tC/ha)]x[Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha/ha)]

– 2010 Yılı için;

Ulaşımından Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi= $[506.400.642.589,08(\text{grCO}_2)/1000000(\text{gr/t})]$
 $\cdot [1,51] \cdot [0,27(\text{tC/tCO}_2)] \cdot [1 - 0,28]/[0,97(\text{tC/ ha})] \cdot [1,29(\text{gha/ha})] = 197.690,3326 \text{ gha}$

– 2018 Yılı için;

Ulaşımından Kaynaklı Enerjinin Ekolojik Ayak İzi= $[724.589.812.103,92$
 $(\text{grCO}_2)/1000000(\text{gr/t})] \cdot [1,51] \cdot [0,27(\text{tC/tCO}_2)] \cdot [1 - 0,28]/[0,97(\text{tC/ha})] \cdot [1,29(\text{gha/ha})]$
 $= 282.867,7314 \text{ gha}$

Bu sonuç, Sakarya ilinin yıllık ulaşımından kaynaklı fosil yakıt tüketiminin sonucu olarak salınan karbondioksiti telafi edebilmek için 2010 yılı için 197.690,33 gha ve 2018 yılı için yaklaşık 282.867,73 gha kadar biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Daha açık ifadeyle Sakarya' da ulaşımından kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

4.4. 2010 ve 2018 Yılları İçin Gıda Tüketimin Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Sakarya İli gıda tüketiminden kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için tüketilen gıda miktarları değerlendirilmektedir. Tüketilen gıda ürünü bitkisel ve hayvansal ürün tüketimi olarak iki grup şeklinde değerlendirilmiştir. Tüketilen gıda miktarına göre de ne kadar üretim alanı kullanıldığı tespit edilecektir. Buna göre Ekolojik Ayak İzi değeri de tüketime göre ne kadar üretim alanına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir. Kısaca Sakarya İlinde insanların gıda ihtiyaçları sonucunda tüketiminden dolayı ne kadar üretim alanının azaltıldığına değeri Ekolojik Ayak İzinin hesabı ile belirlenecektir.

Sakarya ilinde insanların ihtiyaç duyduğu gıda üretimi yapmak için ne kadar alan kullanıldığı tespit edilecek olup daha sonra insanların tükettikleri gıda miktarlarına göre gerçekte ne kadar üretken alan kullandıkları belirlenmektedir. Buna göre

Ekolojik Ayak İzi hesaplanmasında Bölüm 3'te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığındaki formül kullanılmaktadır.

Gıda Tüketiminden Kaynaklı Arazi kullanımı nedeniyle oluşan Ekolojik Ayak İzi=[Yıllık Tüketim miktarı (t)/Verim Faktörü(t/ha)xEkivalans Faktörü (gha/ha)]

Sakarya ilinde gıda tüketiminde kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesaplanması için kullanacağımız bitkisel ürünlere ait veriler Bölüm 3'teki tablo 3.22 ve tablo 3.5' den alınmıştır. 2010 ve 2018 yılları için Sakarya İli Tarımsal Alan Verim Faktörü her iki yıl için hesaplanmış olup gerçekte tüketilen gıda miktarının mevcut olan üretim alanına oranı alınarak tespit edilmektedir. Aynı şekilde hayvansal ürünlere ait veriler Bölüm 3'teki tablo 3.22, 3.25 ve tablo 3.5'den alınmıştır. 2010 ve 2018 yılları için Sakarya İli Tarımsal Alan Verim Faktörü her iki yıl için hesaplanmış olup gerçekte tüketilen gıda miktarının mevcut olan üretim alanına oranı alınarak tespit edilmektedir.

Tablo 4.4. Sakarya İli Hane Başı Bitkisel Gıda Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

2010 Yılı Toplam Tüketilen Bitkisel Gıda Ürün Miktarı (Ton)	1.388.652
2018 Yılı Toplam Tüketilen Bitkisel Gıda Ürün Miktarı (Ton)	1.512.411
2010 Yılı Sakarya İli Tarımsal Alan Verim Faktörü (t/ha)	14,16
2018 Yılı Sakarya İli Tarımsal Alan Verim Faktörü (t/ha)	19,16
Tarım Alanı Ekivalans Faktörü (gha / ha)	2,52

Tablo 4.5. Sakarya İli Hane Başı Hayvansal Gıda Tüketiminden Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

2010 Yılı Toplam Tüketilen Hayvansal Gıda Ürün Miktarı (Ton)	61.659,67
2018 Yılı Toplam Tüketilen Hayvansal Gıda Ürün Miktarı (Ton)	105.254,3
2010 Yılı Sakarya İli Otlak Alan Verim Faktörü (t/ha)	43,28
2018 Yılı Sakarya İli Otlak Alan Verim Faktörü (t/ha)	89,17
Otlak Alanı Ekivalans Faktörü (gha / ha)	0,46

– 2010 Yılı için;

Bitkisel Gıda Üretiminden Kaynaklı Arazi kullanımı nedeniyle oluşan Ekolojik Ayak İzi = [1.388.652(t)/14,16 (t/ha).2,52 (gha/ha)] = 247.132,98 gha

– 2018 Yılı için;

Bitkisel Gıda Üretiminden Kaynaklı Arazi kullanımı nedeniyle oluşan Ekolojik Ayak İzi = $[1.512.411(t)/19,1(t/ha).2,52 (gha/ha)]= 198.918,36$ gha

Bu sonuç, Sakarya ilinin yıllık bitkisel gıda üretiminden kaynaklı tüketilen biyolojik kapasiteyi telafi edebilmek için 2010 yılı için 247.132,98 gha ve 2018 yılı için yaklaşık 198.918,36 gha biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Ayrıca 2010 yılında Sakarya ilinin mevcut bitkisel üretim alanından 149.121,98 değeri kadar fazla alan kullanmaktadır ve 2018 yılı içinde bu değer 119.988,36' dır. Kısaca Sakarya' da bitkisel gıda üretiminden kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

– 2010 Yılı için;

Hayvansal Gıda Üretiminden Kaynaklı Arazi kullanımı nedeniyle oluşan Ekolojik Ayak İzi = $[61.659,675(t)/43,28(t/ha).0,46(gha/ha)] = 655,3477$ gha

– 2018 Yılı için;

Hayvansal Gıda Üretiminden Kaynaklı Arazi kullanımı nedeniyle oluşan Ekolojik Ayak İzi = $[105.254,3(t)/89,17(t/ha).0,46(gha/ha)] = 542,97$ gha

Bu sonuç, Sakarya ilinin yıllık hayvansal gıda üretiminden kaynaklı tüketilen biyolojik kapasitesinin telafi edebilmek için 2010 yılı 655,3477 gha ve 2018 yılı için yaklaşık 542,97 gha biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Kısaca Sakarya' da hayvansal gıda üretiminden kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar da üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

Sakarya ilinin gıda üretiminden kaynaklı Ekolojik Ayak İzi değeri nihai olarak 2010 yılı için 247.788,33 gha ve 2018 yılı için 199.461,33 gha biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Daha açık ifadeyle Sakarya' da gıda tüketiminden kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

4.5. 2010 ve 2018 Yılları İçin Atıklardan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Sakarya ili atıklardan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi, atıklardan kaynaklı ve atıkların toplanması ve geri dönüşüm sürecinde ortaya çıkan emisyonla göre karbon tutma Ekolojik Ayak İzi olarak değerlendirilmektedir. Atıklardan kaynaklı nihai Ekolojik Ayak İzi bu değerlerin toplamından elde edilmektedir. Atıklardan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için Bölüm 3' te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığında belirtilen formül kullanılmaktadır. Ayrıca atıklardan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi hesabı için Bölüm 3' te tablo 3.28' deki veriler kullanılmıştır ve bu verilere göre atık maddelerden kaynaklı emisyon miktarı hesaplanmıştır. 2010 yılında Sakarya ilinde geri dönüştürme tesisi mevcut olmadığından geri dönüşüm sonucu ortaya çıkan Ekolojik Ayak İzi hesabı bu yıl için değerlendirilememektedir ve toplanan katı atıklar sadece depolanmıştır.

Atıklardan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi=[CO₂(ton)xCO₂-C Oranı (tC/tCO₂)x(1-Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı)/(Orman Karbon Tutma Oranı(tC/ha)]x(Orman Alanı Ekivalans Faktörü(gha/ha))

Tablo 4.6. Sabit değerler [60]

Organik atıkların somutlaştırılmış enerjisi	10Mj/kg
Mj değerinin kWh dönüşümü	1Mj=0.28kWh
1 kilogram organik atıktan (kWh) üretilen enerji miktarı	10x0.28=2.8kWh
Türkiye enerji üretiminde kWh başına ortaya çıkan CO ₂ emisyonu (gCO ₂ / kWh)	472 gCO ₂ / kWh

– 2010 Yılı için;

Atıklardan kaynaklı ortaya çıkan enerji miktarı=[2.8kWhx161.000.000]=
450.800.000 kWh

Atıklardan ortaya çıkan CO₂ Emisyon Değeri=450.800.000kWhx472/10⁶ =
212.777,6 Ton CO₂' dir.

– 2018 Yılı için;

Atıklardan kaynaklı ortaya çıkan enerji miktarı= $[2.8\text{kWh} \times 273.416.700] = 765.566.760 \text{ kWh}$

Atıklardan ortaya çıkan CO₂ Emisyon Değeri = $765.566.760\text{kWh} \times 472/10^6 = 361.347,5 \text{ Ton CO}_2$ dir.

Atıkların toplanması sürecinde ortaya çıkan emisyon değerleri aşağıdaki tablolarda belirtilmektedir. Ağır vasıta emisyon oran değeri ve araç sayısı kadar yıllık alınan mesafe değeri Bölüm 3'te tablo 3.29 'dan alınmıştır. Bu verilere göre 1 yıllık atık toplama sürecinde ortaya çıkan emisyon miktarı hesaplanmıştır.

– 2010 Yılı için;

Tablo 4.7. Sakarya İli Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (2010)

İlçeler	Ağır Vasıta Emisyon Oranı (gr CO ₂ / km)	Araç Sayısı Kadar Toplam Yıllık Alınan Mesafe (km)	Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (Ton CO ₂)
AKYAZI	870	80.592	70,11
GEYVE	870	50.479,5	43,92
HENDEK	870	148.555	129,24
KARASU	870	0	0
KAYNARCA	870	31.207,5	27,15
SAPANCA	870	54.020	46,99
KOCAALİ	870	122.822,5	106,85
PAMUKOVA	870	59.349	51,63
TARAKLI	870	0	0
FERİZLİ	870	23.980,5	20,86
KARAPÜRÇEK	870	51.246	44,58
SÖĞÜTLÜ	870	24.382	21,21
ADAPAZARI	870	100.448	87,39
ARİFİYE	870	40.880	35,57
ERENLER	870	46.720	40,64
SERDİVAN	870	68.766	59,83
TOPLAM			785,99

– 2018 Yılı için;

Tablo 4.8. Sakarya İli Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (2018)

İlçeler	Ağır Vasıta Emisyon Oranı (gr CO ₂ / km)	Araç Sayısı Kadar Toplam Yıllık Alınan Mesafe (km)	Atık Toplama Sürecinde 1 Yılda Ortaya Çıkan Emisyon Değeri (Ton CO ₂)
AKYAZI	870	13.432	116,86
GEYVE	870	16.826,5	102,47
HENDEK	870	14.855,5	129,24
KARASU	870	18.578,5	0
KAYNARCA	870	10.402,5	36,2
SAPANCA	870	10.804	65,8
KOCAALİ	870	24.564,5	128,23
PAMUKOVA	870	19.783	34,42
TARAKLI	870	27.776,5	0
FERİZLİ	870	7.993,5	20,86
KARAPÜRÇEK	870	12.811,5	44,58
SÖĞÜTLÜ	870	6.095,5	10,61
ADAPAZARI	870	3.139	81,93
ARİFİYE	870	8.176	42,68
ERENLER	870	5.840	55,88
SERDİVAN	870	5.730,5	89,74
TOPLAM			959,51

Sakarya İli 2018 yılı geri dönüştürme işlemlerinde dönüştürülen atıklar 6 tür şeklinde belirlenmiştir. Türlerine göre dönüştürülen atık miktarları Sakarya ilinin atık karakterizasyonuna göre belirlenmiştir. Atıkların geri dönüştürme işlemi sonucu ortaya çıkan emisyon değerine göre Ekolojik ayak İzinin hesaplanması için gerekli olan verilere Bölüm 3'te tablo 3.28'den alınmıştır. Ayrıca atık maddelerinin geri dönüşümü sonucunu ortaya çıkan karbon emisyon değeri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

Tablo 4.9. Geri Dönüşüm sonucu ortaya çıkan karbon emisyon miktarı (ton)

Geri Dönüştürülen Atık	2018 Yılı Miktarı (Kg/Yıl)	Geri Dönüşüm İçin Kullanılan Enerji (Mj/Kg)	Mj den kWh e Çevrim	Türkiye elektrik üretiminden kWh başına CO ₂ emisyonu (gCO ₂ / kWh)	Geri Dönüşüm sonucu ortaya çıkan karbon emisyon miktarı (ton)
Mutfak Atıkları	127.412,18	10	0,28	472	168,38
Kağıt	13.670,83	21	0,28	472	37,94
Karton	12.303,75	21	0,28	472	34,15
Plastik	43.746,67	27	0,28	472	156,1
Metal	3.827,83	10	0,28	472	5,06
Bahçe Atıkları	4.648,08	10	0,28	472	6,14
Toplam					407,78

Sakarya ili için atıklardan kaynaklı toplam Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için gerekli olan veriler Bölüm 3' te tablo 3.26, 3.29, 3.30, 3.8 ve tablo 3.5' den elde edilmiştir.

Tablo 4.10. Sakarya İli Atıklardan Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

Veriler	Miktar
2010 Yılı Sakarya İli için Toplam Atık Miktarı (Ton)	161.000
2018 Yılı Sakarya İli için Toplam Atık Miktarı (Ton)	273.416,700
2010 Yılı Çöp kamyonları tarafından toplanan yaklaşık atık miktarı (Ton)	113.894,282
2018 Yılı Çöp kamyonları tarafından toplanan yaklaşık atık miktarı (Ton)	275.197,2
Ağır Vasıta Emisyon Oranı (grCO ₂ / km)	870
C - CO ₂ Oranı (tC/tCO ₂)	0,27
Orman Karbon Tutma Oranı / Karbon Tutulma Faktörü (tC/wha yr)	0,97
Ton Başına Okyanus Karbon Emme Oranı (%)	0,28
Orman Alanı Ekivalans Faktörü (gha / ha)	1,29

Tablo 4.11. Sakarya İlinde 2010 ve 2018 yılı Atıklardan Kaynaklı Karbon Emisyon Değerleri

Atıkların Karbon Emisyonu	2010 Yılı	2018 Yılı
Atıklardan Salınan Karbon Emisyon Değeri	212.777,6	361.347,5
Atık Toplama Sürecinde Salınan Karbon Emisyon Değeri	785,99	959,5
Atıkların Geri Dönüşümü Sürecinde Salınan Karbon Emisyon Değeri	-	407,78

Atıklardan Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi Hesabı;

– 2010 Yılı için;

Atıklardan Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi = ((212.777,6 (ton).0,27(tC/tCO₂).(1- 0,28)/(0,97(tC/ha)).(1,29 (gha/ha)) = 55.009,81 gha

– 2018 Yılı için;

Atıklardan Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi = ((361.347,5 (ton).0,27(tC/tCO₂).(1- 0,28)/(0,97(tC/ha)).(1,29 (gha/ha)) = 93.419,88 gha

Atık Toplama Sürecinde Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi Hesabı;

– 2010 Yılı için;

–

Atık Toplama Sürecinde Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi=
 $((785,99(\text{ton}).0,27(\text{tC/tCO}_2).(1-0,28))/(0,97(\text{tC/ha})).(1,29(\text{gha/ha})) = 203,20 \text{ gha}$

– 2018 Yılı için;

Atık Toplama Sürecinde Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik Ayak İzi=
 $((959,5(\text{ton}).0,27(\text{tC/tCO}_2).(1-0,28))/(0,97(\text{tC/ha})).(1,29(\text{gha/ha}))= 248,06 \text{ gha}$

Atıkların Geri Dönüşümü Sürecinde Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik
 Ayak İzi Hesabı;

– 2018 Yılı için;

Atıkların Geri Dönüşümü Sürecinde Salınan Karbon Emisyonuna Göre Ekolojik
 Ayak İzi = $((407,78(\text{ton}).0,27(\text{tC/tCO}_2).(1-0,28))/(0,97(\text{tC/ha})).(1,29(\text{gha/ha}))=$
 105,4243 gha

Bu sonuçlara göre, Sakarya ilinin atıklardan kaynaklı salınan karbondioksiti telafi edebilmek için 2010 yılı için nihai 55.213,02 gha ve 2018 yılı için nihai 93.773,37 gha değeri kadar biyolojik kapasitenin gerekli olduğunu göstermektedir. Daha açık ifadeyle Sakarya'da atıklardan kaynaklı her iki yıl için hesapladığımız Ekolojik Ayak İzi değerleri kadar üretken alanın yok edildiği belirtilmektedir.

4.6. 2010 ve 2018 Yılları İçin Yapılaşmış Alan Kullanımından Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi Hesabı ve Değeri

Sakarya ili içinde yapılaşmış alan kullanımının değeri literatürde de belirtildiği gibi direkt yapılaşmış alan değeri Ekolojik Ayak İzi değerini vermektedir. Yapılaşmış alan Ekolojik Ayak İzini hesaplamak için toplam yapı alanı değerleri kullanılmıştır.

Ekolojik Ayak İzini hesaplamak için gereken veriler uygun verim faktörü ve denklik faktörüdür. Uluslararası Ayak İzi Ağı, yerleşim bölgesi için bir verim faktörü atamanın karmaşık ve zor olabileceğini belirtmektedir. Literatürdeki metodolojilerde, sadece toprak tipi ve o toprakla ilgili alanın tam olarak bilinmemesi durumunda, Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları için hesaba katılacak olan alanın ekim alanlarında gelişebileceği kabul edilebilmektedir. Eşitlik faktörü söz konusu olduğunda, alanı küresel hektar olarak ifade etmek için “altyapı ekivalans faktörü” kullanılmıştır [87]. Yapılaşmış alan Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için Bölüm 3' te Ekolojik Ayak İzi Analiz Yöntemi başlığında belirtilen aşağıdaki formül kullanılmaktadır. Ayrıca Ekolojik ayak İzinin hesaplanması için gerekli olan veriler Bölüm 3' te tablo 3.31 ve tablo 3.32' den alınmıştır.

Yapılaşmış alan Ekolojik Ayak İzi=[Toplam Alan(ha) x Verim Faktörü x Alt Yapı Ekivalans Faktörü(gha/ha)]

Tablo 4.12. Sakarya İli Yapılaşmış Alan Ekolojik Ayak İzi Hesabı İçin Veriler

Yapı Alanları	Alan (ha)
Konut Yerleşme Alanları	9.604
Kentsel Çalışma Alanları	2.522
Kentsel Sosyal Donatı Alanları	1.284
Açık ve Yeşil Alanlar	4.064
Turizm Yerleşme Alanları	804
Sanayi Alanları	902
Kentsel Teknik Altyapı Alanları	4.746
Tarım Alanları	1.548
Göller	1.136
Nehirler	4.790
Toplam Alan	31.400
Verim Faktörü (t/ha)	0,73
Altyapı Ekivalans Faktörü (gha/ha)	2,52

– 2010 ve 2018 Yılı için;

Sakarya İli Yapılaşmış alan Ekolojik Ayak İzi =[31.400(ha).0,73 x 2,52(gha/ha)] = 58.412,3 gha

Bu sonuç, Sakarya ilinin Yapılaşmış Alan kaynaklı oluşan Ekolojik Ayak İzini telafi edebilmek için yaklaşık 58.412,3 gha değerinde biyolojik kapasitenin gerekli

olduğunu göstermektedir. Kısaca Sakarya ilinde Yapılaşma nedeniyle bu kadar üretken alan yok edilmektedir.

4.7. 2010 ve 2018 Yılları İçin Sakarya İli için Belirlenmiş Bileşenlerin Ayak İzi Değerleri ve Toplam Ekolojik Ayak İzi Değerinin Karşılaştırılması

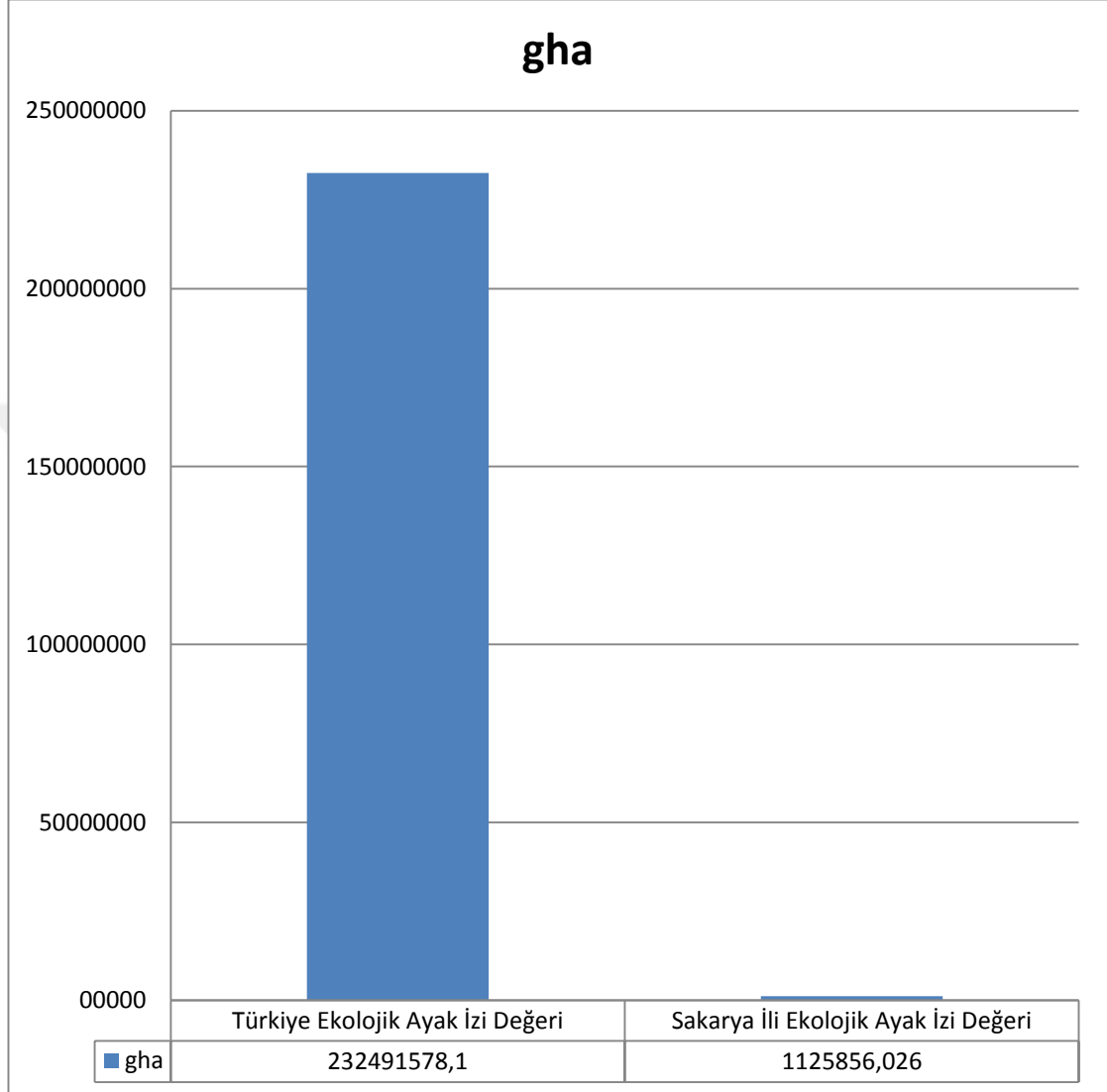
Sakarya ili 2010 yılına ait Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için belirlenmiş bileşenlerin ayak izi değerleri Şekil 4.1' de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Yüzdelerle Dağılımları

Sakarya İlinin 2010 yılı Ekolojik Ayak İzi değeri bu tez çalışmasında 1.125.856,02 gha değerinde hesaplanmıştır. Sakarya İlinin 2010 yılı Ekolojik Ayak İzini değerini aynı yılda Türkiye' ye ait 2.324.915.78,09 gha' dır [88]. Bu değeri Ekolojik Ayak İzi değeri ile karşılaştırdığımızda ülkemizin Ekolojik Ayak İzi değerinin yaklaşık olarak 0,005 katı kadardır ayrıca aşağıdaki şekil 4.2' de gösterilmekte ve 2010 yılına ait bileşenlerin ayak izi değerleri de tablo 4.10' da belirtilmektedir. Ekolojik ayak izini değerini oluşturan en büyük bileşenler enerji kullanımı ve ısınmadan kaynaklı

fosil yakıt kullanımıdır. Kısaca bu iki bileşende fosil yakıt kullanımı esas olduğu için fosil yakıtlardan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi olarak değerlendirilebilmektedir.

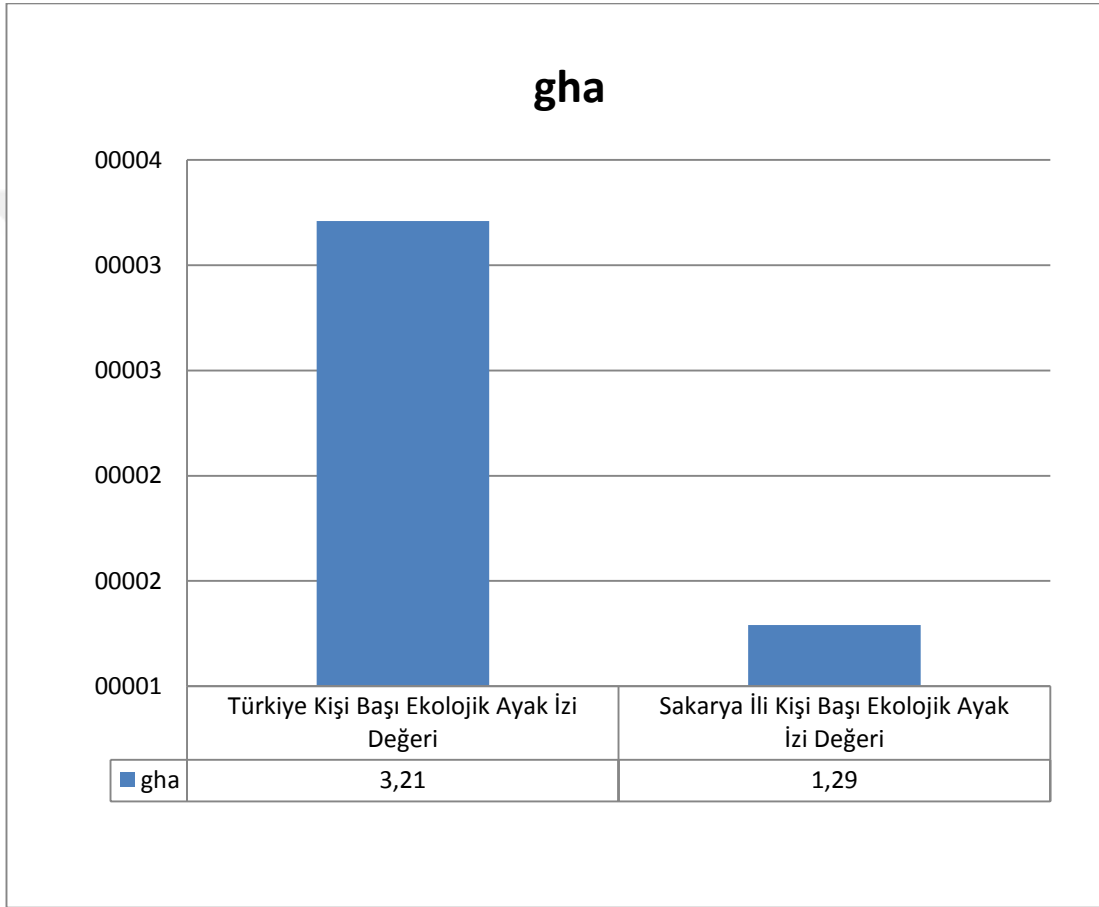


Şekil 4.2. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması

Tablo 4.13. 2010 Yılı Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Değerleri

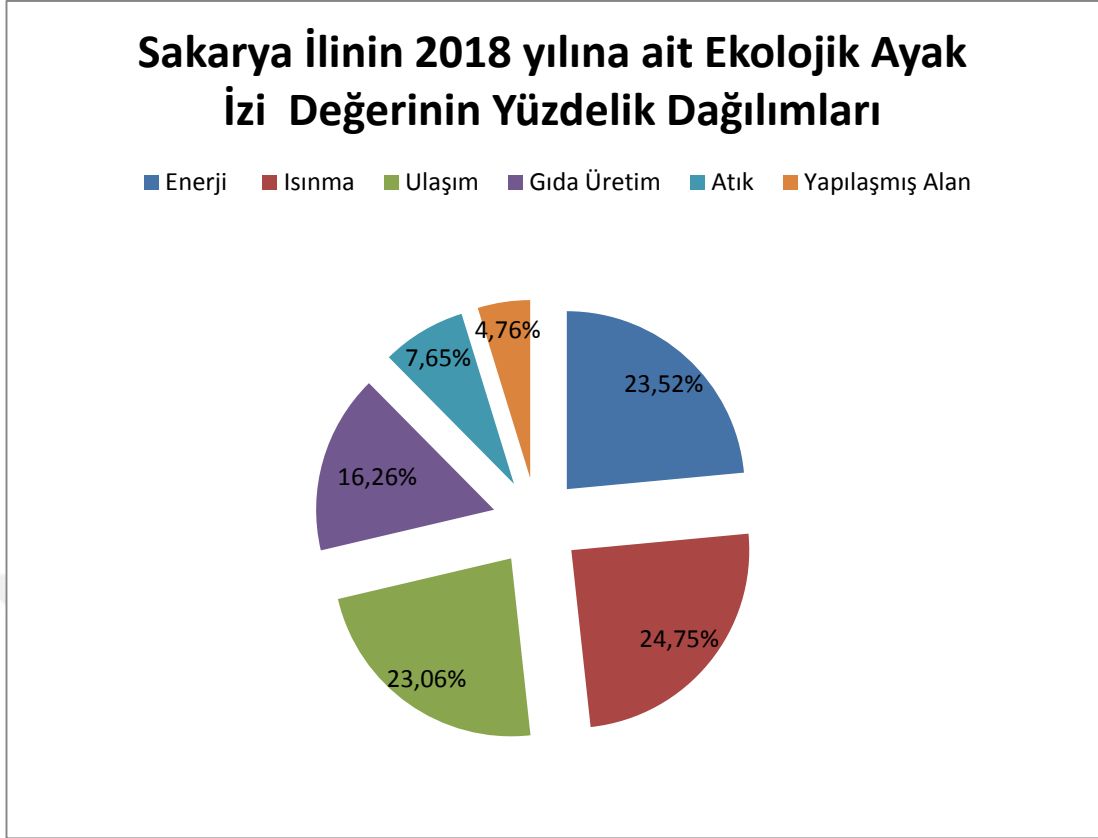
Ekolojik Ayak İzi Bileşenleri	EF (gha)	Kişi başı EF (gha)
Enerjisi Kullanımı	279.069,34	0,32
Isınma	287.682,7	0,33
Ulaşım	197.690,33	0,23
Gıda Üretimi	247.788,33	0,28
Atık	55.213,02	0,06
Yapılaşmış Alan	58.412,3	0,07
Toplam	112.5856,02	1,29

Sakarya ilinin 2010 yılına ait kişi başı Ekolojik Ayak İzi Değeri bu tez çalışmasında yaklaşık olarak 1,29 gha kadar hesaplanmıştır. Bu değeri 2010 yılında Türkiye'ye ait kişi başı Ekolojik ayak İzi değeri 3,21 gha'dır [88]. Bu değeri Türkiye'ye ait Ekolojik Ayak İzi değeri ile karşılaştırdığımızda ülkemizin Ekolojik Ayak İzi değerinin yaklaşık olarak 0,4 katı kadar olduğu belirlenmektedir. Ayrıca aşağıdaki şekil 4.3' de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Sakarya İlinin 2010 yılına ait Kişi Başına Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması

Sakarya ili 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için belirlenmiş bileşenlerin ayak izi değerleri Şekil 4.4' de gösterilmektedir.



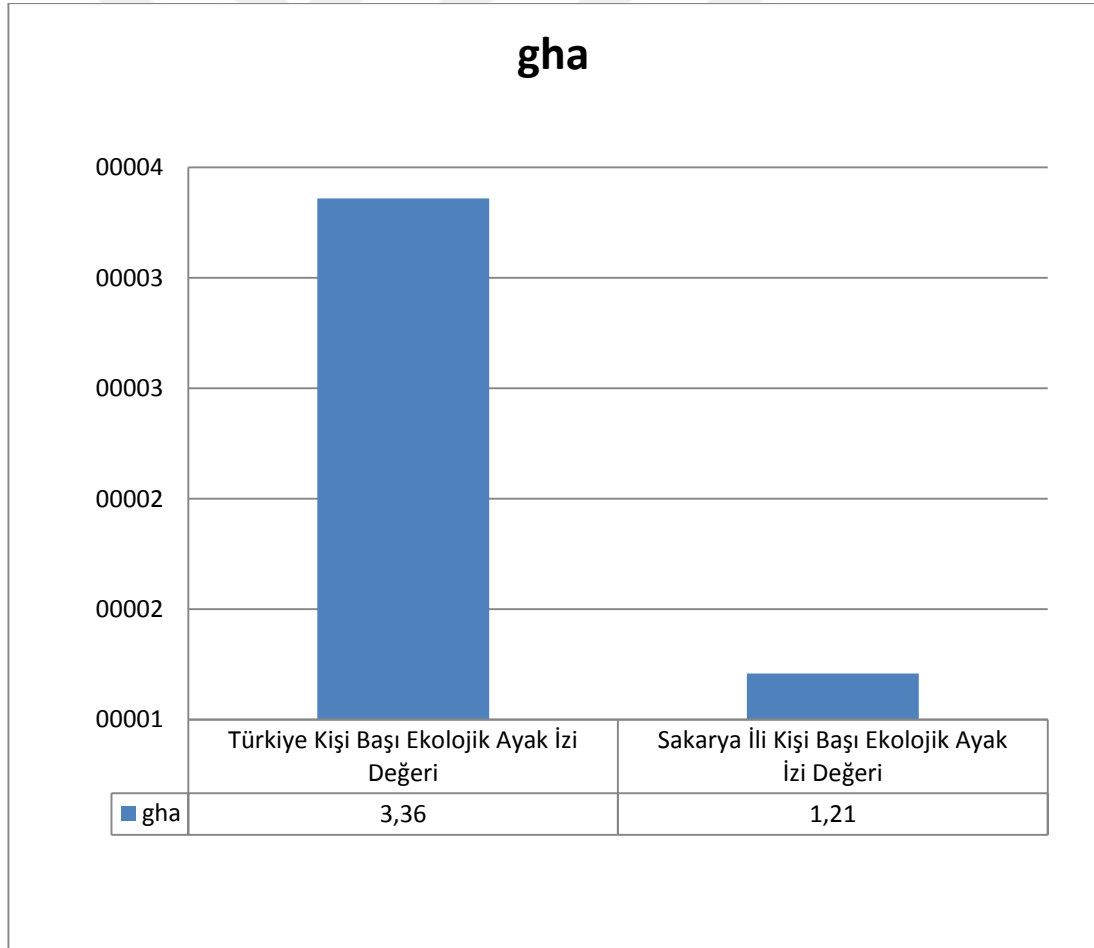
Şekil 4.4. Sakarya İlinin 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerinin Yüzdelerle Dağılımları

Sakarya İlinin 2018 yılı Ekolojik Ayak İzi değeri bu tez çalışmasında 1.226.490,17 gha değerinde hesaplanmıştır. Sakarya ilinin 2018 yılı Ekolojik Ayak İzini değerini, Türkiye için en son hesaplanmış 2016 yılı Türkiye'ye ait 2.669.611.71,96 gha [88] değerindeki Ekolojik Ayak İzi değeri ile karşılaştırdığımızda ülkemizin Ekolojik Ayak İzi değerinin yaklaşık olarak 0,004 katı kadar olduğu belirlenmekte ve şekil 4.5' de de gösterilmektedir. Ayrıca 2018 yılına ait bileşenlerin ayak izi değerleri de tablo 4.11'de belirtilmektedir. Buna göre 2018 yılı için Ekolojik ayak izini değerini oluşturan en büyük bileşenler enerji kullanımı, ulaşım ve ısınma kaynaklı fosil yakıt kullanımıdır. Aslında bu bileşenlerde fosil yakıt kullanımı esas olduğu için fosil yakıtlardan kaynaklı Ekolojik Ayak İzi olarak da değerlendirilebilir.

Tablo 4.14. 2018 Yılı Sakarya İli Ekolojik Ayak İzi Değerleri

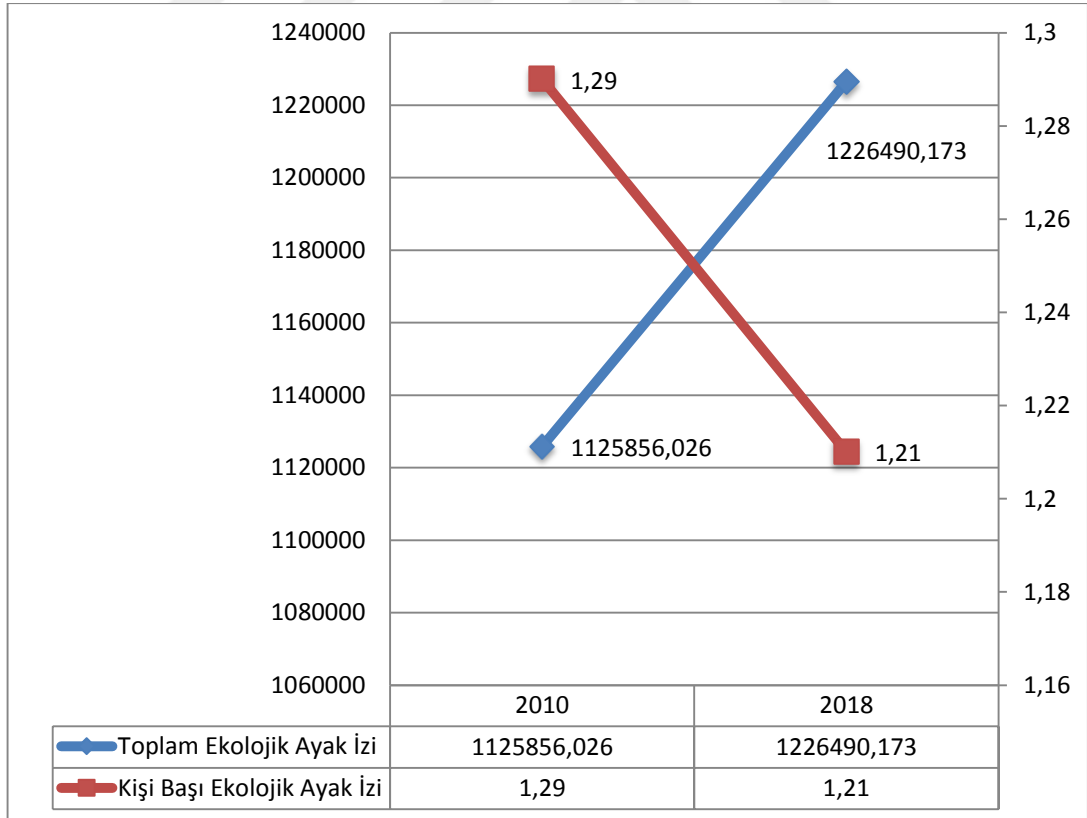
Ekolojik Ayak İzi Bileşenleri	EF (gha)	Kişi başı EF (gha)
Enerjisi Kullanımı	288.443,24	0,28
Isınma	303.532,2	0,30
Ulaşım	282.867,73	0,28
Gıda Üretimi	199.461,33	0,20
Atık	93.773,37	0,09
Yapılaşmış Alan	58.412,3	0,06
Toplam	1.226.490,17	1,21

Sakarya ilinin 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değeri yaklaşık olarak 1,21 gha'dır. Bu değeri en son hesaplanmış 2016 yılı Türkiye'ye ait kişi başı Ekolojik ayak İzi Değeri 3,36 gha değerindedir [88]. Sakarya ili 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi değerini ülkemizin Ekolojik Ayak İzi değeri ile karşılaştırdığımızda yaklaşık olarak 0,36 katı kadardır. Ayrıca şekil 4.5'de de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Sakarya İlinin 2018 yılına ait Kişi Başı Ekolojik Ayak İzi Değerinin Türkiye ile Karşılaştırılması

Sakarya ilinin 2010 ve 2018 yıllarına ait Ekolojik Ayak izi değerlerini incelediğimizde 2010 yılında toplamda 1.125.856,026 gha değerindedir ve Ekolojik Ayak İzi değerini en çok arttıran bileşen fosil yakıt tüketiminden kaynaklı enerjinin ayak izi bileşenidir. Ayrıca 2010 yılında Sakarya ilinin kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri 1,29 gha değerindedir. 2010 yılına ait bu değeri ülkemizin Ekoloji Ayak İzi değeri ile karşılaştırıldığında etkilemiş olduğu oran açısından uygun görünmekte ancak sonuç olarak var olan biyolojik kapasiteden fazlası tüketilmektedir. 2018 yılında Sakarya'nın Ekolojik Ayak İzi 1.226.490,17 gha değerindedir ve Ekolojik Ayak İzini en çok arttıran bileşen 2010 yılı bileşeniyle aynı olup fosil yakıt tüketiminden kaynaklı enerjinin ayak izidir. 2018 yılı Sakarya ilinin kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri ise 1,21 gha değerindedir. Bu değer, Sakarya ilinde yaşayan bir kişi mevcut tüketimine devam ettiği takdirde var olan biyolojik kapasiteden fazlasını tüketmeye devam edeceğini göstermektedir. Sakarya ili için her iki yıla ait toplam ve kişi başı Ekolojik Ayak İzi değerleri şekil 4.6' da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Sakarya İlinin 2010 ve 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi Değerlerini Karşılaştırılması

2010 yılından 2018 yılına kadar Sakarya İlinin Toplam Ekolojik Ayak İzi değeri 100.634,14 gha değerinde artmıştır. Bu tez çalışmasından çıkan sonuca göre bu artışa sebep olan bileşenler atık ve ulaşımın ayak izinin bu zaman içinde artmasıdır. Sakarya ilinin 2010 yılı kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri 1,29 gha, 2018 yılında ise 1,21 gha değerindedir. Bu zaman içinde Sakarya ilinin kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri 0,08 gha değerinde azalmıştır. Sonuç olarak bu değer azalması istenilen bir durumdur. Bu değer azalmasının başlıca sebebi nüfusun artmasıdır. Nüfus artışı söz konusu olduğu için de kişi başı Ekolojik Ayak İzi değeri azalmıştır. Ayrıca bileşenlerin ayak izi değerleri incelendiğinde de bu azalmaya sebep olan bir diğer etken ise bileşen gıda üretiminin ayak izi değerinin azalmasıdır.

4.8. Sakarya İlinin Ekolojik Ayak İzini Arttıran Bileşenlerin İyileştirilmesi için Yaklaşımlar

Bu çalışmada Sakarya ilinin 2010 ve 2018 yıllarına ait Ekolojik Ayak İzi analizine göre Ekolojik Ayak İzine etki eden bileşenler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre 2010 yılı için Ekolojik Ayak İzinin artmasına sebep olan bileşenler; enerji ve ulaşım kaynaklı fosil yakıt tüketimidir. 2018 yılı için ise enerji, ulaşım ve ısınma kaynaklı fosil yakıt tüketimidir. Bu sonuca göre il genelinde kişi başı Ekolojik Ayak İzinde iyileşme söz konusuysen Ekolojik Ayak İzine etki eden bileşenlerde ise tam aksi durum mevcuttur. Çünkü ayak izine olumsuz etki eden bileşen sayısı artmıştır.

Sakarya İlinin Ekolojik Ayak İzinin iyileştirilmesi için öncelikle belirtilen bileşenlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. İl genelinde Ekolojik Ayak İzini arttıran en büyük bileşen aslında fosil yakıt tüketimidir ve bunun için de alternatif enerji kaynağı gereklidir. Ancak bunun için maliyetlerin değerlendirilmesi önemlidir.

4.8.1. Sakarya İli için Yenilenemez Enerji Kullanımına Karşın Alternatif Yenilebilir Enerji Üretimi Yaklaşımı ve Maliyet Değerlendirilmesi

Sakarya İlinin enerji üretim tesislerini incelediğimizde Sakarya'nın elektrik santrali kurulu gücü 2.421 MW' dır. Toplam 14 adet elektrik enerji santrali bulunan Sakarya'daki elektrik santralleri yıllık yaklaşık 15.416 GW elektrik üretimi yapmaktadır [89].

Tablo 4.15. Sakarya İli Enerji Üretim Tesisleri [89]

Güneş	0,00 MW	0,0 %
Rüzgar	0,00 MW	0,0 %
Jeotermal	0,00 MW	0,0 %
Biyogaz	2,89 MW	0,1 %
HES	49,58 MW	2,0 %
Doğalgaz	2.348,62 MW	97,0 %
Kömür	0,00 MW	0,0 %
Diğer	20,00 MW	0,8 %

İl genelinde enerji üretimi fosil yakıt kullanan enerji santrallerinden sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarımız olan güneş, rüzgar, jeotermal, biyogaz gibi temiz enerji kullanımıyla enerji üretimi yok sayılacak kadar azdır. Oysaki yenilenebilir enerji kaynakları, doğal bir çevrim sürecinde aynen kalabilen, kullanılmasına rağmen azalmayan, tükenmeyen enerji kaynaklarıdır kısaca ayak izine olumsuz etkileri söz konusu değildir. Yenilenemez enerji kaynakları ise bir kez kullanıldığında kendini yenileyemeyen enerji kaynaklarıdır. Ayrıca yaygın olarak kullanılan yenilenemez enerji kaynakları gelecekte tükenecek ve enerji talebinin karşılanması için yeni enerji üretim tesislerinin kurulması gerekecektir. Ancak enerji yatırımlarında sağlıklı ve sürdürülebilir kararlar alınabilmesi için enerji santrallerinin maliyetleri de değerlendirilmelidir [90].

Enerji santrallerinde maliyet unsurlarının değerlendirilmesinde, genellikle santralin ilk yatırım maliyeti ve birim enerji üretim maliyeti dikkate alınmaktadır. Santralin birim enerji üretim maliyeti, santralin kullanım ömrü boyunca yapılan bütün harcamaları (ilk yatırım maliyeti, işletme/bakım maliyetleri) kapsayan, santralden birim enerji elde edilmesi için gerekli olan maliyeti ifade eden ekonomik bir değerlendirme ölçütüdür. [90].

Entropi yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının düzey 1 bölgelerine göre incelenmesi başlıklı araştırmanın sonucunda sanayi üretiminin ve nüfusun olduğu İstanbul, Bursa, Eskişehir, Kocaeli ve Sakarya gibi illerde biyokütle kaynaklı enerji alternatifleri arttırılabileceği belirtilmiştir [93]. Ayrıca Sakarya ilinin bitkisel biyokütle açısından atık miktarının ve enerji potansiyelinin araştırılması başlıklı çalışmanın sonucuna göre Sakarya il' inde 2017 yılı içinde tarla bitkileri ve meyve ağaçlarının budanması kaynaklı olarak 29.279.814,4 ton atığın oluştuğu teorik olarak hesaplanmış ve ısı değerlerin toplamı 1.184.515.834 GJ/yıl olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, atık olarak düşünülen bitkisel biyokütleden yararlanmanın mevcut enerji potansiyeline sağlayacağı katkıda çok net görülmektedir. Bölgedeki biyokütle potansiyelinin, alternatif enerji kaynağı olarak hem temiz enerji kullanılabileceği hem de ekonomi ve çevre sağlığı açısından katma değer oluşturacağı belirtilmektedir [94]. Sonuç olarak Sakarya ili için alternatif enerji kaynağı olarak biyokütle enerjisi; hem elektrik enerjisi amacıyla hem de ısınma amacıyla kullanıma uygundur ve biyokütle enerji santrallerinin ilk yatırım maliyetleri diğer enerji santralleri ile karşılaştırıldığında da makul görünmektedir.

Sakarya ilinin biyokütle enerji potansiyeli 1.184.515.834 GJ/yıl ise buda yıllık olarak 329.032.176.111,11 kWh değerinde enerji demektir. Bu çalışmaya göre bu enerji miktarı her iki yıl için tüketilen enerji miktarından fazladır yani yeterlidir. Sakarya ilindeki enerjini üretimi günümüzde doğalgaz termik santrallerinden karşılanmaktadır ve yıllık olarak 15.416.000.000 kWh değerinde enerji üretilmektedir. İl geneli için her iki enerji kaynağı için birim enerji üretim maliyetlerinin değerlendirildiğinde biyokütle enerji santralleri için mevcut enerji değerinde üretimin yıllık üretim maliyeti 739.968.000 \$ değerindedir. Doğalgaz termik santrallerinden enerji üretiminin yıllık üretim maliyeti 554.976.000 \$ değerindedir. Bu sonuca göre biyokütle enerji santralleri ile il genelinde enerji üretimi 1,33 kat daha maliyetlidir. Ancak yerel, temiz ve yenilenebilir bir kaynakla enerji üretimi söz konusu iken bu maliyet fazlalığı kısa sürede ortadan kalkabilecek durumdadır. Ayrıca uzun vade de şehrin sürdürülebilirliğine katkı sağlanacaktır.

4.8.2. Sakarya İlinde Ulaşımında Fosil Yakıt Tüketimine Karşı Alternatif Yaklaşım ve Maliyet Değerlendirilmesi

Sakarya ilinin 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzine etki eden bileşenler değerlendirildiğinde ulaşım kaynaklı fosil yakıt tüketimi ayak izini olumsuz etkilemektedir. İl genelinde ulaşımında genellikle benzin ve dizel gibi fosil yakıt kullanılmaktadır. Son yıllarda bu yakıtlara, alternatif olarak kullanılabilen bazı enerji kaynakları mevcuttur. Bunların çevreye etki dereceleri ve kullanılabilir özellikleri birbirilerine kıyaslandığında farklılıklar göstermektedir. Bu enerji türleri de metanol, etanol, metan, biyodizel, hidrojen, elektrik ve hibrit teknoloji enerji olarak sayılabilir [95].

Karayolu taşıtlarından kaynaklanan karbondioksit emisyon oranını azaltmak için trafiğe yeni çıkacak olan araçlarda yakıt tüketimini azaltacak tedbirler ve ulaşımın planlı ve düzenli hale getirilerek trafik akışının düzenlenmesine yönelik alternatif yöntemler de geliştirilebilir. Ayrıca araçlardaki yakıt tüketimi motor teknolojisindeki iyileştirmelerle de azaltılmaktadır. Ek olarak daha hafif malzeme kullanılması, boyutlarının küçültülmesi ve araç aerodinamiğindeki iyileştirmeler ile beraber yakıt tüketimi de azaltılabilmektedir. Bununla beraber şehir içinde daha küçük arabaların kullanılması, ayrıca hibrit araçların yaygınlaştırılmasını sağlamaya yönelik vergi politikalarının benimsenmesi, bu amaca yönelik yaklaşımlardandır [95].

Sakarya ilinde bu yaklaşımlara göre örnek bir uygulama mevcuttur. İl genelinde trafik düzenlenmesinde sinyalizasyon uygulamasının az olması araçların dur kalk süreçlerindeki karbondioksit emisyonlarını minimize etmektedir. Ancak bu tek başına yeterli bir uygulama değildir. Ulaşımından kaynaklı emisyonların azaltılması için özel olarak kullandığımız araçları tamamıyla değiştirilmesi de pek mümkün olmayabilir. Daha çevreci yakıt tüketen araç tiplerinin satışı yerel yönetimlerce desteklenebilir ve idari yönetimlerdeki araçlar hem daha çevreci hem de boyutları daha küçük araç alternatifleriyle değiştirilebilir.

Örneğin; İdari bir birimde büyük boyutlu benzinli-manuel son model bir aracın ortalama 2. el piyasa araştırmasına göre değeri yaklaşık olarak 80.000 TL civarındadır. Ancak küçük boyutlu hybrid veya elektrikli son model bir aracın 2. el piyasa araştırmasına göre değeri yaklaşık olarak 130.000 TL İki araç arasında küçük boyutlu hybrid veya elektrikli araç büyük boyutlu elektrikli araca göre yaklaşık olarak 1,625 kat kadar daha maliyetlidir. Elektrikli araçların üretimindeki yüksek maliyet elektrikli araç pazarının gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu araçların pazarda geniş bir şekilde yayılmasını engelleyen en önemli etken satın alma maliyetinin belirtildiği gibi çok yüksek olmasıdır. Ancak tüm elektrikli araçların yakıt maliyeti konvansiyonel araçlara göre çok daha düşüktür. Örnek olarak küçük bir konvansiyonel aracın yakıt maliyeti yıllık ortalama 690 \$ iken tüm elektrikli araçların yıllık yakıt maliyeti çok daha düşük olup 390 \$ - 480 \$ arasındadır. Tüm elektrikli araçların yakıt maliyeti düşük olduğundan ve petrol fiyatlarının artışı ile de bu araçların ön plana çıkması ve daha çok geliştirilmesi gerekmektedir [96]. Buna göre yakıt tüketimleri değerlendirildiğinde hybrid ve elektrikli araçların yakıt tüketimi maliyetleri daha düşük ayrıca sadece elektrikli çalışan araçlar motorlu taşıt vergisinden de muaftır böylece maliyet farkı kısa sürede ortadan kalkabilir. Üstelik uzun vadede çevresel sürdürülebilirliğe de katkı sağlanacaktır. Ayrıca, küçük boyutlu benzinli son model bir aracın 2. el piyasa araştırmasındaki değeri de yaklaşık olarak 60.000 TL olup ve boyutu daha küçük olduğu için daha az yakıt tüketecek böylece daha az emisyon salınımı yapılacak ve maliyet açısından da 0,75 kat kadar daha uygundur. Sonuç olarak mevcut durumlarda bile ufak değişikliklerle ayak izimizi azaltacak düzenlemeler yapılabilir.

Sakarya ilinde son zamanlarda motorsuz ulaşım yöntemi olarak bisiklet kullanımı yaygınlaştırılmaktadır ve bu istenilen bir durumdur. Ayrıca bisiklet maliyetini motorlu araçların maliyetleri ile karşılaştırdığımızda da bir bisikletin en yüksek maliyeti yaklaşık olarak 1.000 TL'dir ve kullanım aşamasında da hiçbir maliyet söz konusu değildir. Ayrıca sıfır emisyon salınımına sahiptir. Bu gibi ulaşım yöntemleri alternatif olarak daha geniş kapasitede il genelinde uygulanabilir.

Ulaşımında enerji verimli araçların yaygınlaştırılması, alternatif yakıtlar, bisikletli ve yaya ulaşımının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, şehirlerdeki trafik yoğunluğunun hafifletilmesi amacıyla otomobil kullanımının azaltılması, toplu taşımanın yaygınlaştırılması ve raylı sistem taşımacılığının güçlendirilmesi gibi ulaşımında iyileştirici uygulamalar öncelikli eylem alanları olarak belirtilebilir [97].



BÖLÜM 5. SONUÇ

Dünyada genelde ülkelerin Ekolojik Ayak İzleri değerlendirilmektedir. Bu durum ülkelerin ekolojik sistemini korumak için iyileştirmeler gerektirmekte ve bu yüzden de ülkelere yaptırımlar getirmektedir. Ülkeleri ise şehirler oluşturmaktadır. Buna göre ülkelere daha küçük ölçekli alanlar olan şehirlerin Ekolojik Ayak İzlerinin hesaplanması yapılması planlanan uygulamaları kolaylaştıracaktır.

Ülkelerin Ekolojik Ayak İzi belli olmasına rağmen küçük ölçekte alanların değeri bilinmediği için yerel ölçeklerde ekolojik sistemi düzenleyecek uygulamalar göz ardı edilmektedir. Yerel yönetimlerde ekolojik sistemin korunması için uygulanan kontroller ve cezai işlemler bu durumun engellenmesinde yeterli olmamaktadır. Ayrıca kontrolsüz olarak ekolojik sisteme zarar verilmekte ve sonuç olarak şehirlerde oluşan çevre kirlilikleri engellenememektedir. Ayrıca nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, tüketim miktarı artmakta ve bu bölgelerde üretim alanları da aynı oranda azalmaktadır. Kısaca yerel yönetimler bu şekilde kontrolsüz olan gelişmeleri takip edememektedir.

Günümüzde de şehirlerin Ekolojik Ayak İzi değerinin noksanlığından ötürü; şehirlerin Ekolojik Ayak İzi hesaplanıp ve değerlendirilmelidir. Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için Ekolojik Ayak İzini oluşturan bileşenlerinde ayak izlerinin tespit edilmesi ve her bileşenin ayak izi değerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu şekilde olan çalışma yöntemi sonucunda bileşenler için oluşturulan ayak izi değerleri kendi alanlarında da iyileştirmelerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca tek bir bileşende yapılacak olan iyileştirme sonucu şehrin toplam ekolojik ayak izini iyileştirebilmektedir.

Bu çalışmada Sakarya ili Ekolojik Ayak İzinin hesaplanması için enerji, ısınma, ulaşım, gıda tüketimi, atık ve yapılaşmış alan bileşenleri değerlendirilmiştir. Her bir bileşen için tüketim sonucu ekolojik sisteme ne kadar zarar verildiğinin göstergesi olarak ayak izleri hesaplanmıştır. Buna göre bileşenler özelinde yapılacak olan her uygulama sonucunda değişen değerler sürekli takip edilebilir ve sonuca göre iyileştirici uygulamalar planlanabilir.

Çalışma sonucunda Sakarya İlinin bileşenlerine göre 2010 yılına ait toplam Ekolojik Ayak İzi 1.125.856,026 gha ve kişi başı Ekolojik Ayak İzi 1,29 gha değerindedir. Ayrıca, 2018 yılına ait Ekolojik Ayak İzi 1.226.490,173 gha ve kişi başı Ekolojik Ayak İzi 1,21 gha değerindedir. Bu sonuca göre Sakarya iline ait her iki yıl özelinde Ekolojik Ayak İzi değerleri tespit edilmiş ve bu yıllara göre olan zaman içinde Ekolojik Ayak İzinin oluşturan bileşenler değerlendirilip bileşenlerin ayak izi değerlerinin Ekolojik Ayak İzine katkıları tespit edilmiştir. Sonuç olarak Sakarya iline ait belirlenmiş her bileşen için planlanacak uygulamalar Sakarya ilinin toplam Ekolojik Ayak İzi değerinin iyileştirebileceği gibi yerel yönetimlerin ekolojik sistemle ilgili çalışmalarına da temel olacağı düşünülmektedir.

Elde edilen tüm sonuçlar, çalışmada ulaşılmak istenen hedefler incelendiğinde, yürütülen çalışmanın genel sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Şehirlerin Ekolojik Ayak İzinin oluşturan bileşenler değerlendirilerek Ekolojik ayak İzinin arttıran bileşenler için alternatif çevreci bir yaklaşım sunularak Ekolojik sisteme olumsuz baskının azaltılmasına ve şehirlerin daha sürdürülebilir şekilde planlanmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.
2. Yerel yönetimlere ekolojik sistemin korunması ve iyileştirilmesi için alternatif bir değerlendirme yöntemleri önerildiğinden, iyileştirici uygulamalar için yol gösterici bir çalışma olması amaçlanmıştır.
3. Şehirlerin Ekolojik Ayak İzi tespiti ile şehirlerin doğa ile uyumlu hale getirilmesine yani ekolojik dönüşümlerine daha az maliyetli bir yöntemle katkı sağlanması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Erol K., “Kentleşme ve Kentlileşme”,1-91,2017.
- [2] M. Fatih Ç., “Kentleşme, Sanayileşme ve Kalkınma Etkileşimi”, T.C. Fırat Kalkınma Ajansı,1-11.
- [3] Gamze Y.I., “2011 Avrupa Yeşil Başkenti Hamburg: Eko-kent Kriterleri ve Performans Göstergeleri Açısından İncelenmesi”, SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi,241-262.
- [4] Stephan P., Teresa Z., Rieke H., Thomas B. R., Cecil K. B., Chapter 3, “Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green”, September 2017, 29-49,2017.
- [5] Yi L., Bin C., 2017 “Urban ecological footprint prediction based on the Markov chain”, Journal of Cleaner Production 163 (2017) 146-153.
- [6] http://privat.bahnhof.se/wb332299/dog_yasa/eko_cev.htm#Ekosistem Erişim Tarihi: 20.02.2019
- [7] Eugene P. Odum, Gary W. Barrett, “Fundamentals of Ecology” Fifth Edition.
- [8] Worldwatch Enstitüsü 2007 Dünyanın Durumu Kentsel Geleceğimiz- Giriş 12. Sf 4. Paragraf.
- [9] Willian H. Frey, Zachary Z., “HANDBOOK OF URBAN STUDIES, Defining the City”, 14-35.
- [10] Mehmet Y. Yahyagil “Kentlerin Kültürün Gelişmesindeki Etkileri” 1-16.
- [11] Ian Douglas, “Urban ecology and urban ecosystems: understanding the links to human health and well-being” Current Opinion in Environmental Sustainability 2012, 4:385–392
- [12] Arife K., 2009 “ Kentsel Ekoloji: Kentsel Çevre Analizlerinde Coğrafi Yaklaşım” Ege Coğrafya Dergisi 18 /(1-2), 31-47.

- [13] T. Elmqvist, H. Setälä, S.N. Handel, S. van der Ploeg, J. Aronson, J.N. Blyden, E. Gomez-Baggethun, D.J. Nowak, J. Kronenberg, R. de Groot., 2015 "Benefits of restoring ecosystem services in urban areas." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 101-108.
- [14] Jianguo Wu, 2014. "Urban ecology and sustainability: The state of the science and future directions." *Landscape and Urban Planning*. 125, 209-221.
- [15] Bilge AYDIN, 2010 " Gelişme Alanlarında Ekolojik Kentsel Yerleşim Kriterlerinin Belirlenmesi ve İmar Planı Kapsamında Yorumlanması: Ömerli Havzası – Sancaktepe Örneği" İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Tasarım Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [16] Recep AKDUR, 2005, " Avrupa Birliği ve Türkiye’de Çevre Koruma Politikaları: Türkiye’nin Avrupa Birliğine Uyumunu" Ankara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Araştırma Ve Uygulama Merkezi Araştırma Dizisi: 23.
- [17] Barış Gençer Baykan, 2008 " Türkiye’de Çevre: Sorunlar, Aktörler ve Yeni Alanlar" Bahçeşehir Üniversitesi, Ekonomik ve Toplumsal Araştırmalar Merkezi, Araştırma Notu 08/5.
- [18] Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu 28-30 Haziran 2018, "Değişim/Dönüşüm/Özgünlük." Tam Metin Bildiri Kitabı Cilt1. Mahnaz Gümrükçüoğlu YİĞİT, "Kentleşme ve Değişen İklimler".
- [19] Orhan ÇOBAN, Nazan ŞAHBAZ KILINÇ. " Enerji Kullanımının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi" *Marmara Coğrafya Dergisi* Sayı:33, Ocak 2016,589-606.
- [20] Tülay Selici, Zafer UTLU, Nadir İLTEN. " Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi".
- [21] Xue-Chao Wang, Jiří Jaromír Klemeš, Xiaobin Dong, Weiguo Fan, Zihan Xu, Yutao Wang, Petar Sabev Varbanov. " Air pollution terrain nexus: A review considering energy generation and consumption." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 105, May 2019, Pages 71-85.
- [22] EKONOMİK İŞBİRLİĞİ VE KALKINMA ÖRGÜTÜ, 2008 " OECD Çevresel Performans İncelemeleri, Türkiye".
- [23] Xiaoxing Qi, Yonghu Fu, Raymond Yu Wang, Cho Nam Ng, Heping Dang, Yanling He."Improving the sustainability of agricultural land use: An integrated framework for the conflict between food security and environmental deterioration" *Applied Geography* 90,2018, 214–223.
- [24] <http://cevreonline.com/tarimsal-faaliyetlerden-kaynaklanan-cevre-kirliligi/> Erişim Tarihi: 11.03.2019.

- [25] Senar ÖZCAN, 2003 “ Konya Atıksuyunda Organoklorlu (OCPs) Pestisitlerin Araştırılması” Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [26] Manar Fawzi Bani Mfarrej, Fatimetou Mohamed Rara. 2018 " Competitive, Sustainable Natural Pesticides." *Acta Ecologica Sinica*, CHNAES-00595; No of Pages 7.
- [27] Manuel A. Zambrano-Monserrate, Christopher Carvajal-Lara, Roberto Urgilés-Sanchez, Maria Alejandra Ruano. 2018 " Deforestation as an indicator of environmental degradation: Analysis of five European countries." *Ecological Indicators* 90, 1-8.
- [28] Vincent Bax, Wendy Francesconi. 2018 "Environmental predictors of forest change: An analysis of natural predisposition to deforestation in the tropical Andes region, Peru." *Applied Geography* 91, 99–110.
- [29] Chisa Umemiya, Ewald Rametsteiner, Florian Kraxner. 2010 "Quantifying the impacts of the quality of governance on deforestation." *Environmental Science & Policy* 13, 695-701.
- [30] Doğanay TOLUNAY. “Dünyada ve Türkiye’de Ormansızlaşma” İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı dtolunay@istanbul.edu.tr.
- [31] Necmettin ÇEPEL, "Orman Erozyon İlişkisi".
- [32] http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf “Are grasslands under threat: Brief analysis of FAO statistical data on pasture and fodder crops” Erişim Tarihi: 15.03.2019.
- [33] Rıza AVCIOĞLU. 2012" Türkiye Meraları ve Mera Kanununun Getirdikleri." *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1): 24-32.
- [34] Dalya HAZAR, Koray VELİBEYOĞLU. 2018 " Kırsal-Ekolojik Müştereklerimiz: Mera Alanları." *Tarım Ekonomisi Dergisi* Cilt:24 Sayı:2 Sayfa:193-201.
- [35] Qian Li, Yang Yu ,Xiaoqian Jiang ,Yuntao Guan, 2019. “Multifactor-based environmental risk assessment for sustainable land-use planning in Shenzhen, China” *Science of The Total Environment* Volume 657, 20 Pages 1051-1063.
- [36] Munir Ahmad, Zhen-Yu Zhao, Heng Li, 2019. “Revealing stylized empirical interactions among construction sector, urbanization, energy consumption, economic growth and CO2 emissions in China” *Science of the Total Environment* 657, 1085–1098.

- [37] <https://m.bianet.org/bianet/toplum/183204-sulak-alanlarin-kaybi-sel-ve-kurakliga-neden-oluyor> . “Sulak Alanların Kaybı Sel ve Kuraklığa Neden Oluyor” Erişim Tarihi: 18.03.2019.
- [38] <http://www.wwf.org.tr/?1961#>. “Sürdürülebilir Balıkçılık için Ekosistem Temelli Yönetim.” Erişim Tarihi: 18.03.2019.
- [39] <https://www.greenpeace.org/turkey/Global/turkey/report/2008/5/bilgilendirme-raporu.pdf>. “Yarın da balık istiyorsak, hemen bugün deniz rezervlerine ihtiyacımız var.” Erişim Tarihi: 18.03.2019.
- [40] Öğr. Gör. Dr. Elif KARAKURT TOSUN, 2009, “ Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri”, PARADOKS, Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, (e-dergi), <http://www.paradoks.org>, ISSN 1305-7979, Yıl:5 Sayı:2 (Temmuz-2009).
- [41] T. Yigitcanlar, D. Dizdaroglu, 2015, "Ecological approaches in planning for sustainable cities A review of the literature." *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 1(2): 159-188.
- [42] May Hald, 22 June 2009 “Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Philosophy in Culture, Environment and Sustainability” Centre for Development and the Environment, University of Oslo, Blindern, Norway.
- [43] S. Bastianoni, V. Niccoluccib, R.M. Pulselli, N. Marchettini, 2012. “Indicator and indicandum: “Sustainable way” vs. “prevailing conditions” in the Ecological Footprint” *Ecological Indicators* 16, 47–50.
- [44] Kai Fang, Qifeng Zhang, Huajun Yu, Yutao Wang, Liang Dong, Lei Shi, 2018. “Sustainability of the use of natural capital in a city: Measuring the size and depth of urban ecological and water footprints” *Science of the Total Environment* 631–632, 476–484.
- [45] <https://www.dogadergisi.com/ekolojik-ayak-izi-nedir/> Erişim Tarihi: 21.03.2019.
- [46] https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf , “ Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu,2012”, WWF Türkiye .
- [47] <http://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?type=BCtot,EFCtot&cn=223> Erişim Tarihi: 21.03.2019.
- [48] Primit Verma, A.S. Raghubanshi, 2018. "Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities." *Ecological Indicators* 93, 282–291.

- [49] Dan Gottlieb Meidad Kissinger, Eran Vigod-Gadot, Abraham Haim, 2012. “Analyzing the ecological footprint at the institutional scale – The case of an Israeli high-school.” *Ecological Indicators* 18, 91–97.
- [50] Beytullah Eren, Ahmet Aygün, Dilara Chabanov, Neslihan Akman, 2016. “Mühendislik Öğrencileri Ekolojik Ayak İzinin Belirlenmesi.” ISEM2016, 3rd International Symposium on Environment and Morality, 4-6 November 2016, Alanya – Turkey.
- [51] Ömer EREN, Oğuz PARLAKAY, Murat HİLAL, Burcu BOZHÜYÜK, 2017. “Ziraat Fakültesi Akademisyenlerinin Ekolojik Ayak İzinin Belirlenmesi: Mustafa Kemal Üniversitesi Örneği” *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, <http://ziraatdergi.gop.edu.tr/>, Araştırma Makalesi/ResearchArticle, 138-145.
- [52] Lingna Liu, Yalin Lei, 2018. “An accurate ecological footprint analysis and prediction for Beijing based on SVM model.” *Ecological Informatics* 44, 33–42.
- [53] Audil Rashid, Ayesha Irum, Ikram Ali Malik, Aniq Ashraf, Liu Rongqiong, Guijian Liu, Habib Ullah, Muhammad Ubaid Ali, Balal Yousaf, 2018, "Ecological footprint of Rawalpindi; Pakistan's first footprint analysis from urbanization perspective." *Journal of Cleaner Production* 170, 362-368.
- [54] Lingna Liu, Yalin Lei, Jianping Ge, Kejia Yang, 2018, “Sector screening and driving factor analysis of Beijing's ecological footprint using a multi-model method.” *Journal of Cleaner Production* 191, 330 - 338.
- [55] The City of Calgary Land Use Planning and Policy, “Ecological Footprint and Land Use Scenarios, Calgary, Alberta” [Calgary.ca](http://calgary.ca), Contact 311.
- [56] London Development Agency, Mayor of London, GLA Economics, “London’s Ecological Footprint ; A Review” June 2003.
- [57] Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/2017/02/18/city-footprints-data-action/> Erişim Tarihi: 29.03.2019.
- [58] T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2017 “Sakarya İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu”.
- [59] TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>, Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi, Erişim Tarihi: 09.04.2019.
- [60] Yeliz GALİOĞLU, 2015 “Quantifying The Ecological Footprint of Middle East Technical University: Towards Becoming a Sustainable Campus” The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, The Degree of Master of Science in Earth System Science.

- [61] Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org/>, “National Footprint Accounts 2018 Edition- Data Year 2018- Turkey.” GFN, Erişim Tarihi:10.04.2019.
- [62] International Energy Agency, <https://www.iea.org/statistics/>, Erişim Tarihi: 10.04.2019.
- [63] Elektrik Mühendisleri Odası Basın Açıklaması, “2018 Kayıp ve Kaçak Hedefleri” Elektrik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu, 18 Ocak 2018.
- [64] <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015>, “Üretim Sisteminden Alınan ve Dağıtım Noktalarına İletim Sistemi Üzerinden Aktarılan Enerji Miktarları, 2006 -2012 yılları arası.
- [65] Banu SALMAN, Kahraman YAPICI “Kayıp ve Kaçak Hedefleri.”Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, Nisan 2015, sayı 453.
- [66] <https://www.teias.gov.tr/tr/ix-teias-elektrik-enerjisi-iletim-maliyeti-ve-iletim-sistemi-uzerinden-aktarilan-enerji-1>, Enerji Bilançosu 2018 yılı, Erişim Tarihi:03.12.2019
- [67] <https://gazelektrik.com/faydali-bilgiler/elektrik-tuketimi> Erişim Tarihi: 10.04.2019
- [68] TÜİK , <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> Erişim Tarihi: 10.04.2019
- [69] www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2017.html , CO2 Emissions from Fuel Combustion, IEA, 2017.
- [70] Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) , Doğalgaz Piyasası 2018 yılı Sektör Raporu.
- [71] GAZBİR, Türkiye Doğalgaz Dağıtıcıları Birliği, 2018 Yılı Doğalgaz Dağıtım Sektörü Raporu.
- [72] Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Kara Ulaşım Araçlarının Karbondioksit Emisyonlarına Eko-Verimlilik Yaklaşımı”, <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kara-ulasim-araclarinin-karbondioksit-co-2-emisyonlarına-eko-verimlilik-yaklasimi/165>,Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, Verimlilik Uzmanı İhsan GÖCEN, Erişim Tarihi:05.08.2019.
- [73] TÜİK , <https://biruni.tuik.gov.tr/ilgosterge/?locale=tr>, Erişim Tarihi: 04.12.2019

- [74] TÜİK , <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr>, Erişim Tarihi: 04.12.2019.
- [75] TÜİK , <https://biruni.tuik.gov.tr/ilgosterge/?locale=tr>, Erişim Tarihi: 04.12.2019.
- [76] Türkiye Cumhuriyeti, Sakarya Valiliği, Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2010 yılı Faaliyet Raporu.
- [77] Türkiye Cumhuriyeti Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Sakarya İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2017 Yılı Yıllık Faaliyet Özeti, Aralık 2017, Sakarya.
- [78] Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütünün (OECD), <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>, Erişim Tarihi: 04.12.2019.
- [79] Ulusal Süt Konseyi, 2010 Yılı Sektör Raporu.
- [80] Ulusal Süt Konseyi, 2018 Yılı Süt Raporu.
- [81] Mehmet ÖKMEN, “Avrupa Birliği ve Türkiye’de Bal Tüketimi”, 31 Ocak 2017, <http://www.aribalpolen.com/avrupa-birligi-ve-turkiyede-bal-tuketimi/> , Erişim Tarihi: 04.12.2019.
- [82] Yumurta Üreticileri Merkez Birliği (YUM-BİR),2018 Yılı Yumurta Tavukçuluğu Verileri.
- [83] Sakarya Büyükşehir Belediyesi, 2010 Yılı Faaliyet Raporu.
- [84] Sakarya Büyükşehir Belediyesi, 2018 Yılı Faaliyet Raporu.
- [85] Ahmet ÇELEBİ, Saim ÖZDEMİR, “Sakarya İli Ölçeğinde Su Varlığı, Projeksiyonu ve Sürdürülebilir Su Yönetimi.”Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği.
- [86] Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Basın ve Halkla İlişkiler, Haberler, “Bu gurur tüm Sakarya’nındır Akıllı şehir stratejisi başarı ödülü Sakarya’nın”. Erişim Tarihi: 05.12.2019.
- [87] Working Guidebook to the National Footprint Accounts, Global Footprint Network Advancing the Science of Sustainability, Research Department April 2016, Updated April 26 2018.
- [88] Global Footprint Network, Country Trends, <http://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=223&type=BCtot,EFCtot>, Erişim Tarihi: 06.12.2019

- [89] <https://www.enerjiatlas.com/sehir/sakarya/> Erişim Tarihi: 01.11.2019.
- [90] Kadir KAYA, Erdem KOÇ, “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizleri.” Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 660, s. 61-68, 2015.
- [91] Erdem KOÇ, Mahmut Can ŞENEL, “Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım-Üretim Maliyet Analizi.” Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2013.
- [92] T.C. Sakarya Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Sakarya İl Çevre Durum Raporu, 2011.
- [93] Ejder AYÇİN, Talip ARSU “CODAS ve ENTROPİ yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının düzey 1 bölgelerine göre incelenmesi” AVRASYA Uluslararası Araştırmalar Dergisi Cilt: 7 Sayı: 18 Sayfa: 425 - 447 Haziran 2019 Türkiye.
- [94] Hülya KARABAŞ “Sakarya İlinin Bitkisel Biyokütle Açısından Atık Miktarının ve Enerji Potansiyelinin Araştırılması” Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 2(1): 35-43 (2019).
- [95] İbrahim AKBEN, Yasin DEMİRER “ Lojistik Sektöründe Çevreci Araç Uygulamaları” Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi /Journal of Turkish Social Sciences Research, Ekim 2018, Cilt: 3, Sayı: 2.
- [96] Osman DEMİROĞLU “ Elektrikli / Hybrid Araçların Araştırılması” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [97] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı “ Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı” 2017-2023.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep ÖZDAMAR, 19.05.1987 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2005 yılında Şehit Üsteğmen Selçuk Esedođlu Lisesinden mezun oldu. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2011 yılında mezun oldu. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitime başladı. 2011 Yılı itibari ile Sakarya Üniversitesi Erasmus+ Koordinatörlüğünde birim sorumlusu olarak çalışmaya devam etmektedir.