

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ALFA-DEĞER HARİTALAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK
TÜRKİYE KARBON SALINIM HARİTASININ OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisi Eda ADANUR

**ŞUBAT 2022
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ALFA-DEĞER HARİTALAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK
TÜRKİYE KARBON SALINIM HARİTASININ OLUŞTURULMASI**

Harita Mühendisi Eda ADANUR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31/12/2021

Tezin Savunma Tarihi : 07/02/2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans programı kapsamında hazırlanan “Alfa-Değer Haritalama Yöntemi Kullanılarak Türkiye Karbon Salınım Haritasının Oluşturulması” başlıklı bu çalışma ile Türkiye’de 2020 yılında illere göre elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) tüketimine bağlı olarak salınan karbondioksit (CO₂) miktarının coğrafi dağılımının ve nüfusla ilişkisinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve alfa-değer haritalama yöntemi kullanılarak üretilen haritalar üzerinde izlenmesi ve irdelenmesi hedeflenmiştir.

Bu tez çalışması boyunca bilgisini, desteğini ve yardımını bir an olsun esirgemeyen çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüsniye Ebru Çolak’a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşamım ve eğitim hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini derinden hissettiğim aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

Eda ADANUR
Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Alfa-Değer Haritalama Yöntemi Kullanılarak Türkiye Karbon Salınım Haritasının Oluşturulması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/02/2022

Eda ADANUR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Problemin Tanımı.....	2
1.1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
1.1.3. Metodoloji.....	3
1.2. İklim Değişikliği.....	4
1.2.1. İklim Değişikliğinin Nedenleri.....	7
1.2.2. İklim Değişikliğinin Etkileri.....	10
1.2.3. İklim Değişikliği İzleme Yöntemleri.....	12
1.2.4. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İlişkisi.....	13
1.3. Karbon Ayak İzi.....	15
1.3.1. Tanımı ve Kapsamı.....	15
1.3.2. Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemi.....	17
1.3.3. Dünyada Karbon Ayak İzi.....	18
1.3.3.1. Türkiye’de Karbon Ayak İzi.....	21
1.3.4. Karbon Ayak İzi Haritaları Gereksinimi.....	23
1.4. Alfa-Değer Haritalama.....	25
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Karbon Salınımı Haritalarının Üretilmesi.....	28
1.5.1. Karbon Salınımı Haritası Üretiminde İhtiyaç Duyulan Veriler... ..	28
1.5.2. Örnek Uygulamalar.....	31
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	39

2.1.	Uygulama Bölgesi ve Özellikleri.....	39
2.2.	Araştırma Hipotezi.....	40
2.3.	Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı.....	41
2.3.1.	Grafik Veri Kümesi.....	42
2.3.2.	Öznitelik Veri Kümesi.....	43
2.4.	Kullanılacak Veriler ve Veri Toplama Aşaması.....	44
2.4.1.	Elektrik Tüketim Verisi.....	45
2.4.2.	Doğal Gaz Tüketim Verisi.....	46
2.4.3.	Katı Yakıt Tüketim Verisi.....	47
2.4.4.	Petrol Tüketim Verisi.....	49
2.4.5.	Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketim Verisi.....	51
2.4.6.	Nüfus Verisi.....	52
2.4.7.	İdari Sınır Verisi.....	54
2.5.	Karbon Salınımı Hesaplamalarının Yapılması.....	54
2.5.1.	Elektrik Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	55
2.5.2.	Doğal Gaz Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	58
2.5.3.	Katı Yakıt (Kömür) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	62
2.5.4.	Petrol Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	66
2.5.4.1.	Benzin Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	66
2.5.4.2.	Motorin Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	70
2.5.4.3.	Fuel-Oil Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	74
2.5.5.	Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması.....	78
2.5.6.	İllere Göre Toplam Karbon Salınımı Sonuçları.....	82
3.	BULGULAR	84
3.1.	Türkiye Karbon Salınımı Dağılım Haritalarının Üretilmesi	84
3.1.1.	Elektrik Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası.....	92
3.1.2.	Doğal Gaz Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası.....	93
3.1.3.	Katı Yakıt Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası.....	94
3.1.4.	Petrol Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası.....	95
3.1.5.	Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası.....	96

3.1.6.	2020 Yılı Türkiye Toplam Karbon Salınımı Alfa-Değer Haritası.....	97
4.	SONUÇLAR.....	100
5.	ÖNERİLER.....	104
6.	KAYNAKLAR.....	106
	ÖZGEÇMİŞ.....	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

**ALFA-DEĞER HARİTALAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK TÜRKİYE
KARBON SALINIM HARİTASININ OLUŞTURULMASI**

Eda ADANUR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK
2021, 114 Sayfa

Özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra atmosferde biriken insan kaynaklı sera gazlarının artması sıcaklıkların yükselmesine ve dolayısıyla küresel iklim değişikliğine sebep olmaktadır. İklim değişikliği ile uyum ve mücadele kapsamında tüm ülkeler ürettikleri sera gazı miktarını tespit etmek ve bu konuda gerekli önlemleri almak için çalışmalar yapmaktadır. Bu tez çalışması ile Türkiye'de 2020 yılında illere göre elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) tüketimine bağlı olarak salınan karbondioksit (CO₂) miktarının coğrafi dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve alfa-değer haritalama yöntemi kullanılarak üretilen haritalar üzerinden izlenmesi ve irdelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 2020 yılı tüketim verileri belirli kaynaklardan toplanarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve CO₂ emisyon (t CO₂e/Yıl) verileri elde edilmiştir. Ardından bu verilerin 2020 yılı Türkiye nüfus verisi ile birlikte değerlendirilebileceği alfa-değer haritaları, CBS yazılımı yardımıyla üretilmiştir. Ortaya çıkan haritalar analiz edilmiş ve alfa-değer haritalama yönteminin olumlu ve olumsuz yanları irdelenmiştir. Haritalar üzerinden hangi illerin nüfus miktarına göre daha fazla veya daha az karbon salınımı yaptığı tespit edilerek bunların sebepleri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Karbon salınımı, Alfa-değer haritası, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Türkiye.

Master Thesis

SUMMARY

**PRODUCTION OF CARBON EMISSION MAP OF TURKEY USING THE
VALUE-BY-ALPHA MAPPING METHOD**

Eda ADANUR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatics Engineering Program
Supervisor: Assoc. Pro. Hüsniye Ebru ÇOLAK
2021, 114 Pages

Especially after the Industrial Revolution, the increase in anthropogenic greenhouse gases accumulating in the atmosphere causes an increase in temperatures and therefore global climate change. Within the scope of adaptation and struggle with climate change, all countries work to determine the amount of greenhouse gas they produce and to take the necessary measures in this regard. With this thesis, it is aimed to monitor and scrutinize the geographical distribution of the amount of carbon dioxide emitted due to the consumption of electricity, natural gas, solid fuel, petroleum and liquefied petroleum gases (LPG) in Turkey in 2020, on the maps produced using Geographical Information Systems (GIS) and value-by-alpha mapping. For this purpose, the consumption data of 2020 were collected from certain sources, necessary calculations were made and CO₂ (t CO₂e/Year) emission data were obtained. Then, value-by-alpha maps, where these data can be evaluated together with Turkey's population data for 2020, were produced with the help of GIS software. The resulting maps were analyzed and the positive and negative aspects of the value-by-alpha mapping method were discussed. It has been determined on the maps that which provinces have more or less carbon emissions according to the amount of population and the reasons for these have been investigated.

Key Words: Climate change, Carbon emission, Value-by-alpha map, Geographical Information System, Turkey.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışmanın iş akış şeması.....	3
Şekil 2. Farklı kurumlara göre Dünya'nın ortalama sıcaklık değişimi..	5
Şekil 3. Yıllar içinde sera gazı miktarındaki değişim.....	7
Şekil 4. Gaz türüne göre küresel sera gazı emisyon oranları.....	8
Şekil 5. Ekonomik sektöre göre küresel sera gazı emisyon oranları....	9
Şekil 6. İklim değişikliği sorunlar ağı.....	11
Şekil 7. Bir bireye ait karbon ayak izi üretim oranları.....	17
Şekil 8. Bazı dünya ülkelerinin fosil yakıt kullanımı kaynaklı CO ₂ emisyon grafiği	18
Şekil 9. Ülkelere göre fosil yakıt kullanımı kaynaklı kişi başına düşen CO ₂ salınımı.....	19
Şekil 10. 1990- 2019 yılları arasında Türkiye'de toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu.....	21
Şekil 11. 1990- 2019 yılları arasında Türkiye'de sektörlere göre sera gazı emisyonu.....	21
Şekil 12. Kartogram türlerinin ve alfa-değer haritanın özelliklerine göre karşılaştırılması.....	25
Şekil 13. 2000-2004 ABD rahim ağzı kanseri mortalite (ölüm oranı) kümelenmesini gösteren alfa-değer haritası.....	26
Şekil 14. İlgilenilen değişken ve eşitleyici değişken için önerilen renk şemaları.....	28
Şekil 15. Şehirdeki sera gazı salınımlarının kapsamlara göre sınıflandırılması.....	30
Şekil 16. Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesi tüketimlere göre CO ₂ emisyon haritaları.....	31
Şekil 17. Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesi toplam CO ₂ salınım haritası...	32
Şekil 18. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi karbon ayak izi haritası.	33
Şekil 19. Türkiye'deki geomatik mühendislerinin karbon ayak izi dağılım haritası.....	34
Şekil 20. Dört ayrı kategoriye göre Jeonju şehri karbon salınım haritaları: (a) elektrik; (b) gaz; (c) atık; (d) ulaşım.....	35
Şekil 21. Toplam karbon salınımına göre Jeonju şehri karbon ayak izi haritası.....	35
Şekil 22. Lviv şehrinin enerji sektörü kaynaklı karbon ayak izi haritası...	36

Şekil 23. Kaukajärvi bölgesindeki konutlara ait sera gazı emisyon haritası..	37
Şekil 24. Çin'in 2015 yılındaki toplam sera gazı emisyon haritası.....	38
Şekil 25. Türkiye mülki idari bölümleri haritası.....	39
Şekil 26. Coğrafi veri tabanı tasarımı.....	41
Şekil 27. Türkiye il sınırları grafik verisi.....	43
Şekil 28. Coğrafi veri tabanında idari sınır katmanına ait öznitelik tablosu.....	85
Şekil 29. Üretilen tematik haritaya ait lejantın ayrıntılı açıklaması.....	86
Şekil 30. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-1...	87
Şekil 31. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-1'in detaylı incelenmesi.....	88
Şekil 32. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-2...	89
Şekil 33. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-3...	90
Şekil 34. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı sonuç haritasının detaylı incelenmesi	91
Şekil 35. 2020 yılı Türkiye elektrik tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası.....	92
Şekil 36. 2020 yılı Türkiye doğal gaz tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası.....	93
Şekil 37. 2020 yılı Türkiye katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası.....	94
Şekil 38. 2020 yılı Türkiye petrol tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası.....	95
Şekil 39. 2020 yılı Türkiye LPG tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası.....	96
Şekil 40. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı sonuç alfa-değer haritası.....	99

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. 2020 yılı faturalanan elektrik tüketimin illere göre dağılımı (Megawatt-saat).....	45
Tablo 2. 2020 yılı il bazında doğal gaz tüketim miktarı (Standart metre ³).....	46
Tablo 3. 2020 yılı illere göre katı yakıt tüketim miktarı (ton).....	48
Tablo 4. 2020 yılı illere göre benzin tüketim miktarı (ton).....	49
Tablo 5. 2020 yılı illere göre motorin tüketim miktarı (ton).....	50
Tablo 6. 2020 yılı illere göre fuel-oil tüketim miktarı (ton).....	51
Tablo 7. 2020 yılı illere göre LPG tüketim miktarı (ton).....	52
Tablo 8. 2019 ve 2020 yılı illere göre nüfus.....	53
Tablo 9. Hesaplamalarda kullanılan TIER yaklaşımları, emisyon faktörleri ve net kalorifik değerler.....	55
Tablo 10. İllere göre 2020 yılı elektrik tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	56
Tablo 11. İllere göre 2020 yılı doğal gaz tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	58
Tablo 12. İllere göre 2020 yılı kömür tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	63
Tablo 13. İllere göre 2020 yılı benzin tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	67
Tablo 14. İllere göre 2020 yılı motorin tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	71
Tablo 15. İllere göre 2020 yılı fuel-oil tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	75
Tablo 16. İllere göre 2020 yılı LPG tüketimine ait CO ₂ emisyonu hesaplanması.....	78
Tablo 17. İllere göre toplam karbon salınımı sonuçları.....	82

SEMBOLLER DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
Gg	: Gigagram
GHGP	: Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas Protocol)
HFCs	: Hidroflorokarbonlar
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)
kg	: Kilogram
kWh	: Kilowatt-saat
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (Liquefied Petroleum Gas)
MWh	: Megawatt-saat
N ₂ O	: Diazot Monoksit
PFCs	: Perflorokarbonlar
SF ₆	: Sülfür Hekzaflorid
Sm ³	: Standart metre ³
t	: Ton
TJ	: Terajoule
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)
WWF	: Doğal Hayatı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya var oluşundan beri doğal bir döngü izleyerek bazı iklim değişikliklerine uğramıştır. Bilinen en eski Buzul Çağı olan Huronian Buzul Çağı bundan 2.2 milyar yıl önce gerçekleşmiştir. Cryogenian buzullaşmasında yerkürenin, ekvatorlar da dâhil olmak üzere, tamamen buzul örtüleri ile kaplandığı ve sıcaklıkların ortalama -20°C 'lere kadar düştüğü tahmin edilmektedir (Güldoğan, 2020). Bu çağları takip eden 2 tane daha buzul çağından sonra Dünya sıcaklıklarının artmaya başladığı Mesozoik ve Tersiyer dönemleri yaşanmıştır. Mesozoik'in sonuna doğru (Kretase Dönemi), karbondioksitin (CO_2) günümüze oranla çok daha yüksek seviyelere çıkması nedeniyle yüzey sıcaklıkları önemli ölçüde (ortalama $27-28^{\circ}\text{C}$) artmaya başlamıştır (Güldoğan, 2020). Bu dönemin sonunda bazı okyanus akıntılarının güçlenmesiyle Dünya tekrar soğumaya başlayarak son buzul çağı olarak adlandırılan Pleistosen Buzul Çağı'na geçilmiştir (Güldoğan, 2020). Pleistosen'de buzulların 40° enlemlerine kadar yayıldığı soğuk buzul çağları ve Dünya'nın ısınmasıyla ekvatora doğru alanlarını genişleten buzulların geri çekildiği sıcak buzularası çağlar birbirini takip ederek iklimde bir döngü oluşmaya başlamıştır (Güldoğan, 2020). Yeryüzü, 11.000 yıldan daha fazla bir süreden bu yana Holosen adlı buzularası bir dönemi yaşamaktadır (URL-1, 2020). Buzularası dönemlerde Dünya'nın ısınmasını sağlayan etkenler volkanik patlamaların atmosfere bıraktığı CO_2 gibi gazların sera etkisi yaratması, Milankoviç Döngüleri adı verilen Dünya'nın yörüngesel değişimleri, Güneş lekeleri, dağ oluşumu gibi doğal süreçler olmuştur (Güldoğan, 2020). İklim döngüsünün doğası gereği yaşadığımız sıcak buzularası dönemden sonra sıcaklıkların düşerek yeryüzünün yeniden soğumaya başlaması gerekmektedir. Ancak özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra iklim üzerinde insan etkisi artmaya başlayarak Dünya'da doğal süreçlerin dışında bir sıcaklık artışı oluşmaya başlamıştır. Bu da iklimin dengesini bozarak doğanın kendi kendini iyileştirme gücünü elinden almış ve küresel ısınma ve iklim değişikliği adı verilen doğal afetin oluşmasına sebebiyet vermiştir.

Küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği tüm dünya için önemli bir sorundur. İklim değişikliğinin temel sebebi insan kaynaklı üretim ve tüketim faaliyetlerinden ortaya çıkan ve atmosferde birikme yapan sera gazlarının miktarındaki artıştır. Karbon ayak

izi sera gazı emisyonlarında gözlenen artışın ölçüsünü ifade etmektedir. Her bireyin belirli faaliyetler sonucunda yapmış olduğu karbon salınımı o bireye ait karbon ayak izini oluşturmaktadır. Küresel özellikte olması ve tüm toplumları etkilemesi açısından iklim değişikliğine karşı ülkelerin genel ve ortak bir yaklaşımının olması önem arz etmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği üzerine dünyada ve ülkemizde kabul gören politikalar söz konusudur. 1992 yılında kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) uluslararası alanda yapılan ilk çalışmadır. Bu sözleşmeyi 1997 yılında imzalanıp 2009 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü takip etmiştir. Karbon emisyonlarının hedeflenen değerin altına düşürülememesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin devam etmesi üzerine küresel ölçekte bir dönüm noktası olarak kabul edilen Paris Anlaşması 2015 yılında kabul edilmiştir (ÇŞB, 2020). Türkiye, BMİDÇS'ye tam anlamıyla 2004 yılında, Kyoto Protokolü'ne ise 2009 yılında katılmıştır. Bu sözleşmelerin gerekliliklerini yerine getirmek amacıyla 2010 yılında Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi, 2011 yılında Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı oluşturulmuştur. Paris İklim Anlaşması'nı 2021 yılı itibariyle tam anlamıyla kabul eden Türkiye, 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefini benimsemiştir. 11. Kalkınma Planı'nda iklim değişikliğine uyumun sağlanması ve gerekli tedbirlerin alınması amacıyla bölge ve şehir ölçeğinde ihtiyaçların tespit edilerek çözüm önerileri oluşturulması hedeflenmiştir (SBB, 2019). Yeni adıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesini ve iklim değişikliğine uyum çalışmalarını birinci elden koordine eden kuruluştur (ÇŞB, 2011). Tüm bu çalışmaların ortak hedefi ülkelerin üretmiş olduğu karbon emisyonunu aşamalı olarak azaltmak ve tamamen sıfıra indirmektir. Bu amaç doğrultusunda her ülke karbon salınım miktarlarını belirlemek ve takip edebilmek için belirli aralıklarla sera gazı envanterlerini çıkartma taahhüdünde bulunmuşlardır.

1.1.1. Problemin Tanımı

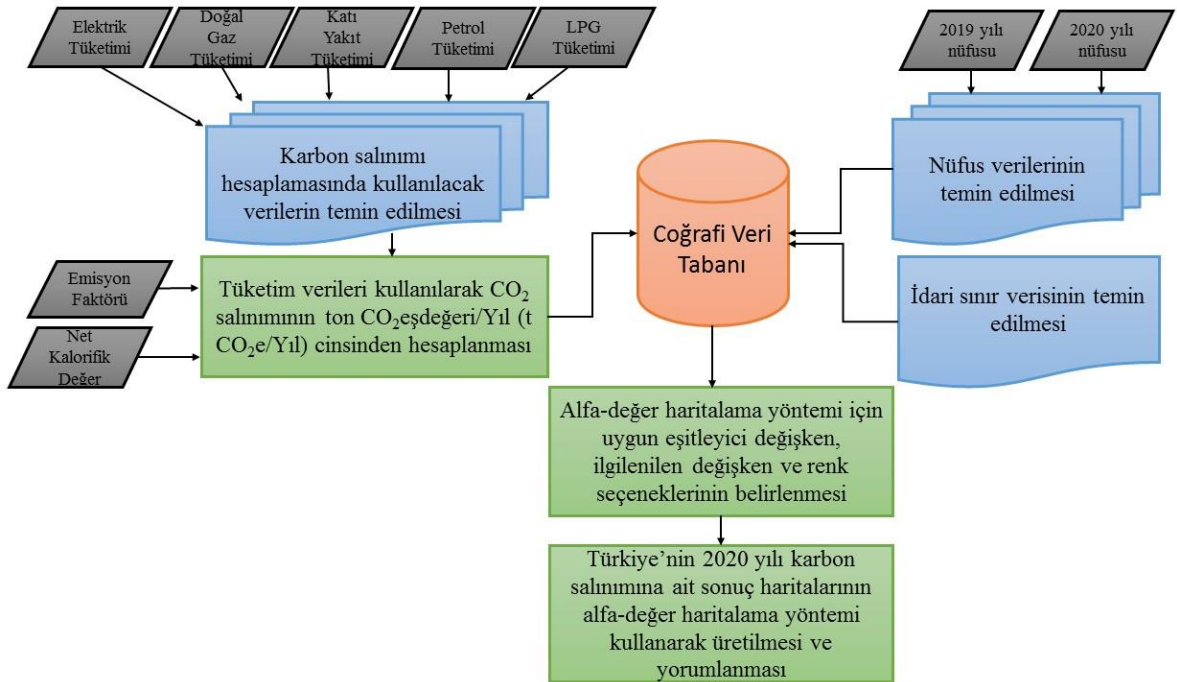
Bu çalışmada Türkiye'nin iklim değişikliğine yönelik belirlediği politikalara destek olması açısından karbon salınımı dağılım haritalarının nüfus değişkeni parametreleri ile birlikte değerlendirilebileceği en uygun haritalama tekniğinin belirlenmesi üzerine kurgulanmış bir problem ele alınmıştır.

1.1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma ile Türkiye'nin 2020 yılında illere göre elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) kaynaklı karbon salınımı miktarının hesaplanması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla il bazlı karbon salınım miktarı haritalarının üretilmesi amaçlanmıştır. Haritalama yöntemi olarak alfa-değer haritalama yöntemi kullanılmıştır. Böylece aynı harita üzerinde hem nüfus verisinin hem de karbon salınımı verisinin aynı anda görüntülenebilmesi ve incelenebilmesi hedeflenmiştir. Bu haritanın analiz edilmesiyle hangi illerin karbon salınımının fazla olduğu veya hangilerinin az olduğu tespit edilerek gerekli önlemlerin alınması ve çalışmaların yapılması sağlanabilir. Ayrıca alfa-değer haritalama yönteminin olumlu ve olumsuz yanları tespit edilerek yöntemin sağladığı avantajlar veya dezavantajlar ortaya çıkarılabilecektir.

1.1.3. Metodoloji

Bu çalışma literatür taraması ve çalışmanın amacına yönelik ihtiyaç duyulan verilerin tespit edilmesinden sonra Şekil 1'de görülen iş akış şemasına uygun olarak yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışmanın iş akış şeması

1.2. İklim Değişikliği

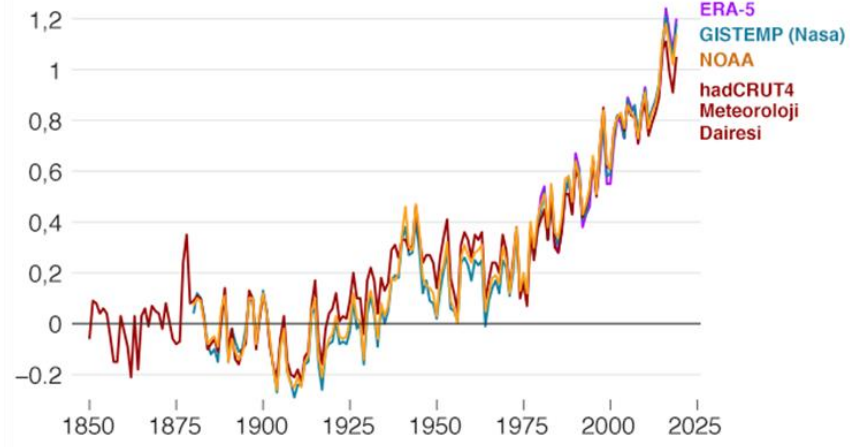
1994 tarihli Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) göre “İklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik demektir.” (REC Türkiye, 2006).

Dünya, Güneş'ten gelen ışınların bir kısmını geri yansıtır. Geri yansıyan bu ışınların atmosferde bulunan karbondioksit, metan, su buharı vb. gazlar tarafından tutulması ile Dünya ısınır ve yaşama elverişli bir sıcaklığa sahip olur. Dünya'dan yansıyan Güneş ışınlarının atmosferdeki gazlar tarafından tutulmasına 'sera gazı etkisi' denir ve bu doğal bir süreçtir (URL-2, 2020).

Eğer insanlığı 1750'li yıllarda başlatmış olduğu Sanayi Devrimi ile doğanın tolere edebileceğinden daha fazla zararlı gaz üretmemiş olsaydı, bu doğal süreç her zamanki gibi işlemeye devam edecekti. Ancak 1750'li yıllardan itibaren atmosferdeki sera gazlarının miktarı artmaya başlamıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2013-2014 yılları arasında yayınlamış olduğu 5. Değerlendirme Raporu'na göre CO₂, metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O) gazlarının atmosferik birikimleri bugün itibariyle en azından son 800,000 yıllık dönemde hiç olmadığı kadar yüksek bir düzeye ulaşmıştır (URL-3, 2020). Bu artış ile birlikte CO₂ birikimleri, temel olarak fosil yakıt yanması ve ikincil olarak net arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan salınımlar nedeniyle, sanayi öncesi döneme göre % 40 oranında artmıştır (URL-3, 2020). Atmosferde biriken sera gazları Dünya'ya adeta bir battaniye etkisi yaparak yeryüzünün sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda bu ısınma “Küresel ortalama yüzey (kara ve okyanus) sıcaklığı verileri, 1901-2012 döneminde yaklaşık 0.9°C'lik bir artış göstermiştir. Bu dönem boyunca yerkürenin hemen hemen tüm yüzeyi ısınmıştır.” şeklinde açıklanmıştır (URL-3, 2020). Eğer bu sıcaklık artışının önüne geçilmesi için gerekli önlemler alınmazsa 21.yüzyılın sonuna kadar küresel yüzey sıcaklığı değişikliğinin 1,5°C'yi hatta belki de 2°C'yi aşacağı raporda öngörülmüştür (URL-3, 2020). Bu rapor ile 1951-2010 dönemindeki küresel ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışın, kesin olarak (%95-%100 ihtimalle) insan etkinliklerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir (URL-3, 2020).

1850'den bu yana sıcaklık artışı

Sanayi öncesi dönemden sonra ortalama sıcaklıktaki değişim, °C



Şekil 2. Farklı kurumlara göre Dünya'nın ortalama sıcaklık değişimi (URL-4, 2020)

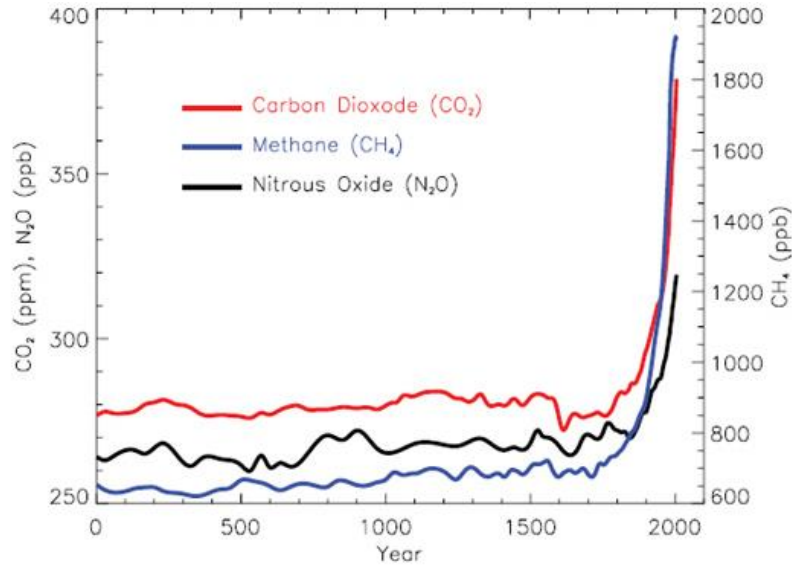
BM Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 1988'de ortaklaşa kurduğu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) ortaya koyduğu insan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı, 3-14 Haziran 1992 yılında toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (Rio Dünya Zirvesi) Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır ve 1994 yılında yürürlüğe girmiştir (URL-5, 2022). Bu sözleşme ile taraf ülkelere sera gazı azaltımı ve iklim değişikliğine uyum ile ilgili bazı yükümlülükler getirilmiştir. Bu yükümlülükleri yerine getirmekle sorumlu ülkeler EK-1 ve EK-2 ülkeleri olarak sınıflandırılmıştır. EK-1'de listelenen gelişmiş ülkeler daha sıkı azaltım yükümlülükleriyle karşı karşıyayken EK-2 gelişmiş ülkeleri ise birinci grupta üstlendikleri yükümlülüklerle ilaveten gelişmekte olan ülkelere yardımcı olmak ve iklim değişikliğine uyum için mali kaynak sağlamakla görevlendirilmiştir (URL-6, 2020). Sözleşmeyi imzalayan ülkeler her yıl COP (Conference of Parties) İklim Zirvesi'ne katılarak iklim değişikliği ile uyum ve mücadelede yol haritasını oluşturan önemli kararlar almaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda Uluslararası Standartlar Teşkilatı'nın (ISO) 'sürdürülebilir kalkınma' kavramını destekleme taahhüdünde bulunmasının sonucunda 1993 yılında çevre yönetimi alanında standardizasyonu sağlayan ISO/TC 207 kurulmuştur (Tejera, 2021). ISO/TC 207, iklim değişikliğinin başlıca nedeni olarak tanımlanan sera gazlarını yönetmek için standartların geliştirilmesinde aktif olarak

yer almıştır (URL-7, 2021). Bu doğrultuda alt komite olarak kurulan ISO/TC 207/SC 7, sera gazı emisyonlarını yönetmek ve azaltmak için standartların geliştirilmesinden, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaktan ve sürdürülebilirliği desteklemekten sorumludur (URL-7, 2021). Bu çalışmaları gelişmiş ülkeleri bağlayıcı yükümlülükler getiren 1997 yılında imzalanıp 2009 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü takip etmiştir. Bu protokol ile sera gazı emisyonlarının (CO_2 , CH_4 , N_2O , hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve sülfür hekzaflorid (SF_6)) toplamının, 2008-2012 yılları arasındaki birinci taahhüt döneminde, 1990 yılındaki seviyenin %5 altına düşürülmesi amaçlanmıştır (URL-8, 2020). Devam eden süreçte yapılan araştırmalar ve yayınlanan yeni raporlarda “küresel ısınmanın tartışmasız bir gerçek olduğu; sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasında geç kalınırsa iklim değişikliğinin ağır etkilerinin olacağı ve dolayısıyla küresel emisyonların acilen hızlı bir şekilde azaltılması gerektiği ” vurgulanmış ve bu sorunun tüm ülkelerin ortak sorunu olduğu belirtilmiştir (URL-9, 2020). Bunun üzerine 2015 yılında iklim değişikliğine karşı küresel çapta verilen mücadelede tarihsel bir dönüm noktası olarak belirtilen ve neredeyse tüm dünya emisyonlarını kapsayan, iklim değişikliği konusundaki ilk çok uluslu anlaşma olma özelliğine sahip Paris Anlaşması kabul edilmiştir (URL-10, 2020). Bu anlaşma ile Kyoto Protokolü’nün bitiş tarihi olan 2020 sonrası için ilk kez küresel ölçekte bütün ülkeler sera gazı emisyon azaltımı taahhüdünde bulunmuşlardır (URL-6, 2020). Paris Anlaşması’nın uzun dönem hedefi küresel ısınmayı Sanayi Devrimi öncesi döneme göre 2°C altında tutarak Dünya’nın havale eşiği olan $1,5^\circ\text{C}$ ’ye sabitlemek olarak belirlenmiştir. Bu hedef doğrultusunda anlaşmaya üye tüm devletlere ve konu ile alakalı tüm paydaşlara fosil yakıt kullanımının azaltılarak sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjiye küresel olarak geçişin zorunlu olduğu mesajı verilmiştir (URL 6 ve 10, 2020).

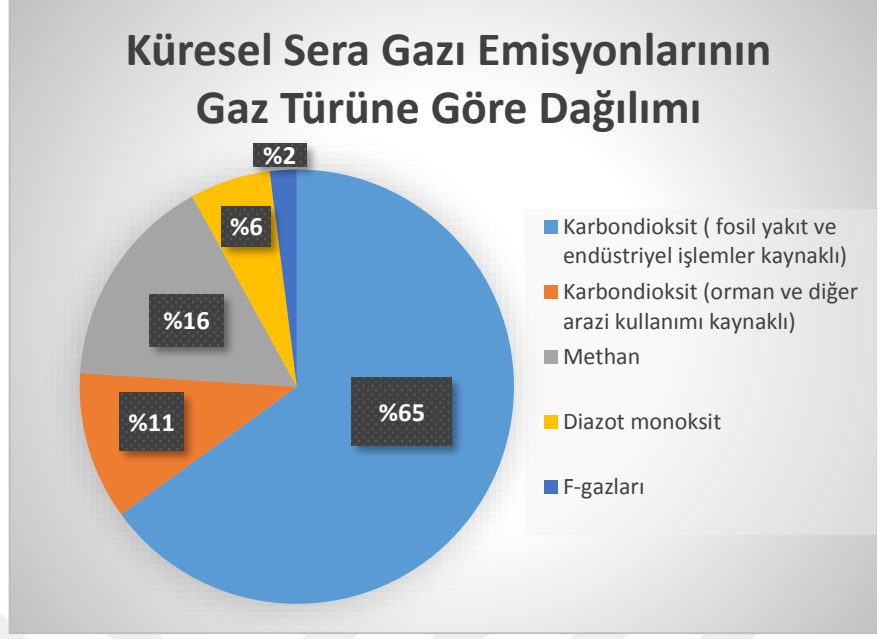
Tüm bu çabalara rağmen 2018’de yayımlanan IPCC $1,5^\circ\text{C}$ Küresel Isınma Özel Raporu ile verilen sözlerin sadece kağıt üzerinde kaldığı gözler önüne serilerek hükümetlerin ve dünya vatandaşlarının hala küresel ısınmanın sebep olabileceği felaketlerin ciddiyetinin farkında olmadığı ve gereken hassasiyeti göstermediği anlaşılmıştır. Rapora göre küresel ısınmayı $1,5^\circ\text{C}$ ile sınırlandırmak, ekolojik sistemler ve yaşam alanları üzerindeki birçok kalıcı etkinin önlenmesi anlamına gelmektedir. $1,5^\circ\text{C}$ sınırını koruyarak insanlara ve doğal ekosisteme sağlanan faydanın yanı sıra daha sürdürülebilir ve adil bir yaşam için toplumun her alanında hızlı, geniş kapsamlı ve benzeri görülmemiş değişiklikler gerekmektedir (URL-11, 2020).

1.2.1. İklim Değişikliğinin Nedenleri

IPCC'ye göre, küresel iklim değişikliğine sebebiyet veren küresel ısınmanın ana nedeni sera gazı emisyonlarında insan faaliyetleri sonucunda gözlenen artıştır (URL-12, 2020). Türkeş (2001)'e göre endüstri öncesi dönemden itibaren fosil yakıtların kullanılması, sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme, arazilerin amaçları dışında kullanılması, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, ormansızlaşma, çimento üretimi ve atıklar nedeniyle insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının atmosferdeki yoğunlukları artmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020).



Şekil 3. Yıllar içinde sera gazı miktarındaki değişim (URL-13, 2020)

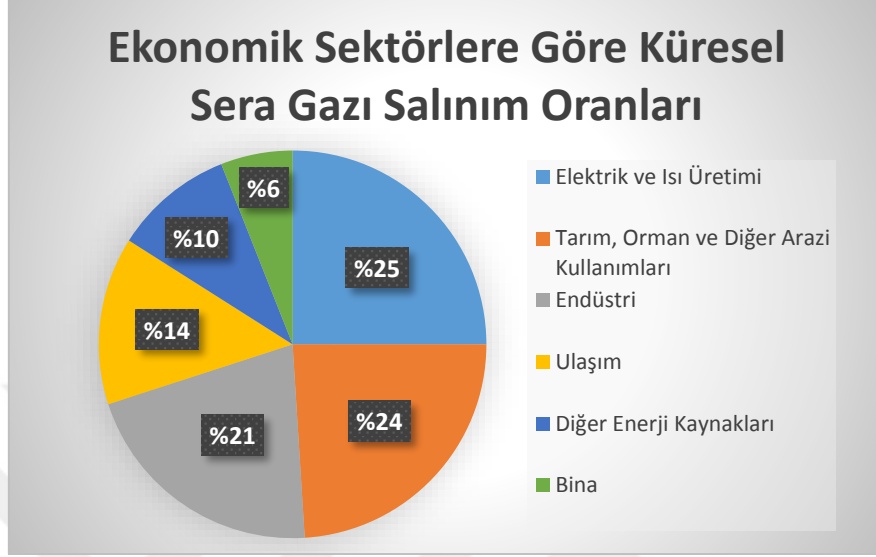


Şekil 4. Gaz türüne göre küresel sera gazı emisyon oranları (URL-14, 2020)

IPCC istatistiklerine göre küresel sera gazı emisyonlarında yaklaşık %76 ile en büyük pay CO₂'e aittir (URL-14, 2020). Atmosfere salınan CO₂ çok uzun süre orada kaldığından dolayı yıllar içinde gezegenin ne kadar ısınacağı ile CO₂ miktarı arasında doğrudan bir ilişki vardır (Metz, 2020). Başta kömür olmak üzere fosil yakıtların elektrik üretimi, ulaşım, endüstri ve evlerde kullanılmak üzere yakılması, %65'lik oran ile atmosferdeki CO₂ oranının artmasında başlıca sorumludur (URL-14, 2020). Ormansızlaştırma, arazilerin tarım amaçlı tahribi gibi arazi üzerinde doğrudan insan kaynaklı etkiler de CO₂ salınımında %11'lik paya sahiptir (URL-14, 2020). Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF) verilerine göre ormanlar, dünyada toprağa bağlı karbonların yarısını depolarken Birleşmiş Milletler (BM) Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tahminlerine göre ise 2000-2050 yılları arasında atmosfere salınması beklenen toplam CO₂ emisyonunun onda birini emme potansiyeline sahiptir (URL-15, 2020). Ancak ormanların ve toprakların insan müdahalesi ile tahrip edilmesi karbon yutma yetilerinin azalmasına sebep olmaktadır (URL-16, 2020).

En önemli ikinci sera gazı olan CH₄ tarımsal faaliyetler, atıkların araziye gömülmesi gibi sebeplerle ortaya çıkmaktadır ve atmosferdeki seviyesi Sanayi Devrimi öncesi döneme kıyasla %257 daha fazladır (URL-14 ve McGrath, 2020). N₂O gazı ise suni gübre kullanımı,

endüstri gibi insani kaynaklardan oluşmaktadır ve atmosferde endüstriyelleşmeden öncesine göre %122 daha fazla miktarda birikme yapmıştır (URL-14 ve McGrath, 2020).



Şekil 5. Ekonomik sektöre göre küresel sera gazı emisyon oranları (URL-14, 2020)

Sera gazı emisyonlarının sektör bazında dağılımında %25 ile en büyük pay elektrik ve ısı üretimini karşılamak için kullanılan fosil yakıtlara aittir (URL-14, 2020). Ormansızlaştırma, tarım ve diğer arazi kullanımları %24'lük oran ile ikinci sıradayken bunu %21 ile sanayileşme ve endüstri, %20 ile ulaşım ve inşaat sektörü takip etmektedir (URL-14, 2020).

IPCC 1,5°C Küresel Isınma Özel Raporu'nda, IPCC II. Çalışma Grubu Eş Başkanı Debra Roberts'in bazı beslenme tercihlerinin daha fazla toprak ve daha fazla suya ihtiyaç duyduğunu ve diğer tercihlere göre daha fazla ısı tutan gazların salınmasına neden olduğunu açıklamıştır (URL-16, 2020). Bir günlük alınması gereken kaloringin yüzde 18'ini oluşturan proteinin yüzde 37'sini hayvanlardan almak için toprakların %83'ünün kullanılması sera gazı salınımının %58'ini, su kirliliğinin %57'sini, hava kirliliğinin %56'sını, temiz su kıtlığının %33'ünü oluşturmaktadır (URL-17, 2020).

1.2.2. İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliği, sınır tanımayan ve gelişmişlik düzeyinden bağımsız olarak tüm ülkeleri etkileyen niteliğiyle tüm insanlığın ortak bir problemidir. İnsanlığın sebep olduğu, Sanayi Devrimi öncesi döneme göre yaklaşık 1°C'lik sıcaklık artışı bile daha fazla aşırı hava olayları, yükselen deniz seviyeleri ve Arktik deniz buzlarının erimesi gibi sonuçlarıyla canlı yaşamını tehdit etmektedir ve doğal ve sosyal daha birçok felakete sebep olmaktadır (URL-11, 2020). Olası senaryolara göre ise önlem alınmadığı durumda sıcaklık değişiminin 2040'ta 1,5°C, 2065 yılında 2°C, 2100 yılında 3°C olması beklenmektedir (URL-11, 2020). Bu denli bir sıcaklık artışının beraberinde başa çıkılmaz felaketleri getireceği düşünülmektedir.

BM tarafından yayınlanan 2015 tarihli, İklim Bağlantılı Doğal Afetlerin İnsani Maliyeti Raporu'na göre, 20 yılda kayıtlara geçen küresel olarak toplam 6.457 doğal afetin %90'ı sel, fırtına, sıcak hava dalgası, kuraklık ve diğer aşırı iklim hareketlerinden kaynaklanmıştır (URL-18, 2020). 1995 yılından bu yana aşırı iklim hareketleri kaynaklı afetler 4,1 milyar insanı etkilemiş, 1998-2017 yılları arasında 1,3 milyon kişi hayatını kaybetmiş, 2,245 milyar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) doları maddi zarar meydana gelmiştir (URL 9 ve 18, 2020).

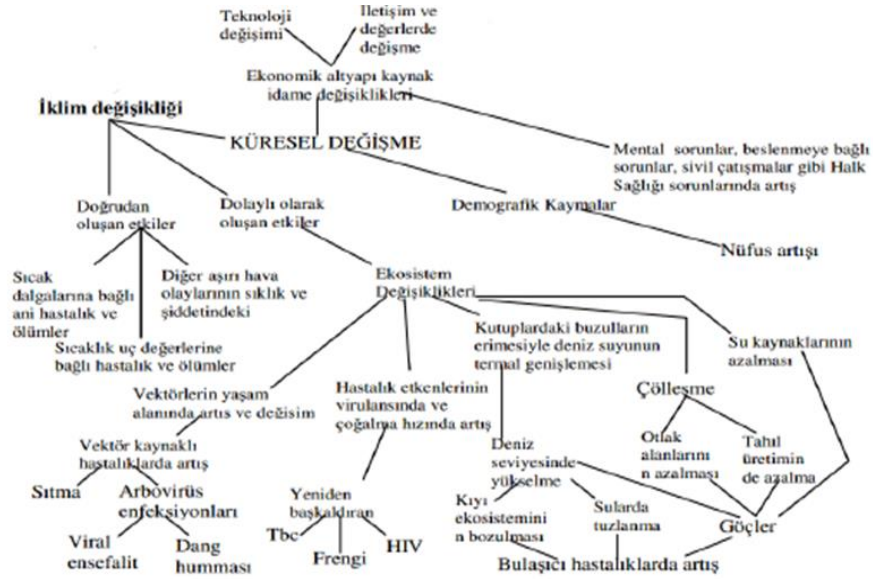
Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) Küresel İklim Durumu Raporu, 2011'den 2020'ye kadar olan 10 yılın rekor seviyedeki en sıcak dönem, son altı yılın şimdiye kadarki en sıcak altı yıl, 2020'nin ise 2016'dan sonra kaydedilen en sıcak yıl olduğunu ortaya koymaktadır (URL-19, 2020). Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz Havzası son 900 yılın yağış bakımından en kısır dönemini ve en ağır kuraklığını yaşamaktadır (URL-11, 2020). Sıcaklık ve kuraklık, orman yangınlarına maruz kalma oranlarında keskin artışlara ve beraberinde yanıklara, duman sebebiyle ortaya çıkan kalp ve akciğer hasarlarına ve yöre halklarının yaşam alanlarını kaybetmesine yol açmaktadır (URL-20, 2020).

Bilim insanlarının yaptığı araştırmalara göre artan sıcaklıklar dolayısıyla, dünya üzerinde 1994 yılından bu yana toplam 28 trilyon ton buzul erimiştir; yok olan kar ve buz tabakası Dünya'nın Güneş ışınlarını geri yansıtma özelliğini azaltarak ısınmayı artırmaktadır (URL 21 ve 22, 2020). Doğu Sibiry'a da Haziran 2020'de 38 dereceye varan sıcaklık ile

Kuzey Kutup Dairesi şimdiye kadar kaydedilen en sıcak zamanını yaşamıştır (URL-19, 2020). WMO verilerine göre, Antarktika sıcaklık ortalamaları ise 50 yılda yaklaşık 3 derece artmış ve batı kıyısındaki buzulların yaklaşık yüzde 87'si geri çekilmiştir (URL-23, 2020).

Sıcaklıkların artmasının sebep olduğu iklim değişikliği şiddetli yağmurları da daha muhtemel hale getirmektedir. Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi Doğu Karadeniz'de son 10 yıl içerisinde 100'e yakın insan sel suları ve heyelan altında kalarak hayatını kaybetmiştir (Aksu, 2020). Küresel araştırma grubu Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2020'lerin sonuna kadar her yıl 147 milyon insanın nehir ve sahillerde meydana gelen taşkınlardan etkileneceğini açıklamıştır (Holden, 2020).

İklim değişikliği ve ona neden olan faaliyetlerden olan tarımın ve sürdürülebilir olmayan ticaretin yaygınlaşması ve yoğunlaşması da dâhil olmak üzere arazi kullanma biçimimizdeki değişiklikler, kentleşme, sürdürülebilir olmayan gıda sistemleri, hava taşımacılığı, turizm, ticaret ve fosil yakıtlara dayalı yaşam biçimi çevreye zarar vermekte ve yaban hayatı, besi hayvanları, patojenler ve insanlar arasındaki teması artırmaktadır (URL 20 ve 24, 2020). Artan bu ilişki, 25 Ekim 2021 itibariyle 4,95 milyon insanın ölümüne sebep olan COVID-19 gibi hayvandan insana geçen ölümcül hastalıkların yayılması için daha elverişli koşulları sağlamaktadır (URL-25, 2021).



Şekil 6. İklim değişikliği sorunlar ağı (Türe, 2021)

1.2.3. İklim Değişikliği İzleme Yöntemleri

Bilim insanları ve araştırmacılar iklimin yıllar içerisinde nasıl bir değişime uğradığını tespit etmek ve nasıl bir değişime uğrayacağını modellemek için iklim modellerini kullanmaktadırlar. İklim modelleri, mevsimselden on yıllık zaman ölçeklerinde iklim öngörülerini ile önümüzdeki yüzyıl boyunca ve ötesinde gelecek iklim projeksiyonları yapmak ve çeşitli zorlamalara iklim sisteminin yanıtını araştırmak için kullanılabilir birincil araçlardır (Demircan vd., 2014). Bütün iklim modelleri temelde; kısa dalga radyasyon vasıtasıyla güneşten gelen enerji ve uzun dalga radyasyonla dünyadan giden enerjiyi hesaba katarak kurgulanırlar (URL-26, 2021). Bu dengedeki herhangi bir değişiklik sıcaklıklarda değişime yol açar (URL-26, 2021). İklim modelleri 6 başlıkta sınıflandırılabilir (Atay vd., 2021):

- Çevresel sistemler, ekosistemler, karbon döngüsü ya da okyanus akıntıları gibi fenomenleri kullanan ‘kutu modeller’,
- Gelen enerji ve giden enerji eşitliğine dayanan ‘sıfır boyutlu modeller’,
- Enerjinin atmosferin dikey kesitinde yukarı ya da aşağı taşınması sırasında ortaya çıkan emilim ve yayılımın dikkate alındığı bir boyutlu ‘radyatif-konvektif modeller’,
- Sıfır ve bir boyutlu modellerin geliştirilerek enerjinin atmosfer içinde yatayda da taşınmasının hesaba katıldığı ‘daha yüksek boyutlu modeller’,
- Orta karmaşıklıkta ‘yer sistem modelleri (EMICs)’,
- Basit modellerden farklı olarak atmosfer ve okyanusun yatayda ve dikeyde grid denilen hesaplama birimlerine ayrıldığı ‘küresel iklim modelleri (GCMs)’

İklim modellerinin de öngördüğü Dünya’nın gittikçe daha fazla ısınma problemi atmosferde biriken sera gazlarının miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu miktarın belirlenmesine dayanan karbon ayak izi hesaplamaları ile sera gazlarının iklim üzerindeki etkileri izlenerek gerekli önlemlerin alınması sağlanabilmektedir.

1.2.4. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İlişkisi

Arazi; su, toprak, kayalar, mineraller ve hidrokarbonlar altında veya üzerinde ve üstünde hava ile birlikte yer küre yüzeyinin bir alanı olarak tanımlanmaktadır (Yomralıoğlu, 2011). Sanayi Devrimi'ni takip eden süreçte artan nüfus, hızlı kentleşme, sanayi, turizm, tarım, madencilik gibi ekonomik faaliyetler, kirleticilerin artması, küreselleşme politikaları gibi insan kaynaklı etkiler doğal kaynaklar ve arazi üzerindeki baskıyı gitgide artırmaya başlamıştır. Doğal kaynakların aşırı, plansız ve bilinçsiz kullanım ve tüketimi ve bunun sonucunda oluşan arazi tahribatı nedeniyle doğal kaynak krizlerinin yaşanması, doğal kaynakların ve arazinin sonsuz değil kıt bir kaynak olduğunun ve tükenebileceğinin anlaşılmasını sağlamış ve bu kaynakların etkin yönetilmesi ihtiyacı oluşmuştur (Yomralıoğlu, 2011 ve Dengiz vd., 2020). Böylece “bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz ardı etmeden karşılama” şeklinde tanımlanan, ekonomik gelişimi, toprak ve doğal kaynakların doğru kullanımını, teknolojik ve kurumsal gelişmeleri amaçlayan sosyal, ekonomik, konumsal, çevresel ve kültürel bir anlayış olarak Sürdürülebilir Kalkınma kavramı ilk kez 1987’de ortaya çıkmıştır (Esina, 2009).

Araziyi sürdürülebilir kalkınma yaklaşımıyla kullanabilmek için etkin bir arazi idari ve yönetim sisteminin varlığı gereklidir (Yomralıoğlu, 2011). *Sürdürülebilir Arazi Yönetimi* toprak, su, hayvan ve bitkiler dâhil olmak üzere arazi kaynaklarının insanların değişen ihtiyaçlarını karşılayacak ürünleri sağlayacak ve bu kaynakların üretici potansiyelinin uzun dönemde korunmasını ve çevresel işlevlerin devamlılığını garanti altına alacak şekilde kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Topçu, 2017). Sürdürülebilir Arazi Yönetimi, tahrip olmuş ve bozulmuş arazinin azaltılması/dengelenmesi, bozulmuş alanların geri kazanımı ile gelecek kuşaklar için arazi kaynaklarının güvence altına alınması açısından son derece önemlidir (Dengiz vd., 2020). Ekonomik maliyeti yıllık 490 milyar ABD doları olarak tahmin edilen arazi tahribatının Sürdürülebilir Arazi Yönetimi yoluyla önlenmesi 1.4 trilyon ABD dolarına kadar ulaşabilecek ekonomik faydalar yaratabilir (Dengiz vd., 2020).

Arazi kullanımı ve iklim değişikliği arasında “geri besleme” adı verilen iki yönlü bir ilişki bulunmaktadır. İklim değişikliği, araziye doğrudan etkileyerek kuraklığa, çölleşmeye, erozyon tehdidinin artmasına sebep olmakta ve su kaynakları, tarımsal üretim, ekosistem üzerinde riskler oluşturmaktadır (URL-27, 2021). İklim değişikliği araziye etkilerken arazi

kullanımı da iklim değişikliğinin önemli bir etkeni olabilmektedir. Tarım arazilerinin yönetimi, arazi kullanımındaki değişiklikler ve ormancılık iklim değişikliğinin ana nedeni olan sera gazı salınımlarına sebep olmaktadır. Arazinin temel unsurlarından olan toprak önemli bir karbon deposudur. Ancak arazi kullanımının etkileriyle bozulan toprak depoladığı karbonu salmakta ve sera gazı emisyonlarını artırarak iklim değişikliğinin ateşini harlamaktadır (URL-27, 2021).

İnsan kullanımı, küresel olarak buzsuz toprak yüzeyinin %70'inden fazlasını (%69-%76) doğrudan etkilerken bu alanların yaklaşık dördte biri insan kaynaklı bozulmaya maruz kalmaktadır (URL-16, 2021). Toprağın maruz kaldığı en büyük sorunlardan biri çölleşmedir. "İklimsel değişimleri ve insan etkinliklerini de içeren, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenler arasındaki karmaşık etkileşimlerin, kurak, yarıkurak ve kuruyarınemli alanlarda oluşturduğu arazi bozulması" olarak tanımlanan çölleşme düşük toplam yağış, yetersiz su kaynakları, uzun kurak mevsimler, yinelenen kuraklık olaylarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Türkeş, 2012). Kuraklık ve çölleşme, arazinin verimliliğini düşürmektedir ve biyolojik çeşitlilik kaybı da dâhil olmak üzere, ekosistem sağlığını bozarak gıda güvencesini etkilemekte ve yoksulluğa yol açmaktadır (URL-16, 2021). Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2018 yılında yayımlanan Çölleşme ile Mücadele Raporu'na göre Türkiye topraklarının %25,5'i yüksek, %53,2'si ise orta derecede çölleşme riski ile karşı karşıyadır (Tolunay ve Akça, 2018).

Ormansızlaşma, aşırı otlatma, toprağı sürme ve uygunsuz tarım uygulamalarına bağlı olarak hızlanan toprak erozyonu, verimli toprak katmanlarını süpürerek toprağın besin içeriğini ve arazi verimliliğini düşürmektedir (URL-27, 2021). Dünya yüzeyinin %3'ünü oluşturan tarıma elverişli toprakların her yıl 75 milyar tonu erozyon ile kaybedilmektedir (Harrabin, 2021). İklim değişikliğine bağlı olarak artan yağış şiddeti ve tutarı, kuvvetlenen rüzgar hızı ve kuvvetli rüzgar olaylarının sıklıklarındaki artışlar, özellikle artan kuraklık olayları ile birlikte toprak erozyonunda bir artışa neden olmaktadır (Türkeş, 2012). Türkiye'de TEMA'nın (Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı) verilerine göre tarım arazilerinin yüzde 59'u, meraların yüzde 64'ü, orman arazilerinin yüzde 54'ü çeşitli şiddetlerde erozyona maruz kalmaktadır (Bildirici, 2021).

IPCC Arazi Raporu'na göre iklim değişikliği gıda güvenliğinin dört temelini; mevcudiyetini (ürün ve üretim), erişimini (fiyatlar ve gıdayı temini), kullanımını (beslenme ve pişirme) ve istikrarını (erişimde aksama) etkilemektedir (URL-16, 2020). Daha fazla sera gazı salınımına bağlı sıcaklıktaki her bir derecelik artışın, küresel kalori alımının üçte ikisini sağlayan buğday, mısır ve soya üretimini sırasıyla %6, %3,2, %7,4 ve %3,1 oranında düşürmesi ve tarımsal hasarı %20 kadar artırarak gıda fiyatlarında istikrarsızlığa yol açması beklenmektedir (URL-27, 2021). Hâlihazırda tahmini olarak 821 milyon insan yetersiz beslenirken artan iklim ve arazi baskıları nedeniyle 10 milyarlık bir nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması giderek zorlaşacaktır (URL-27, 2021).

IPCC İklim Değişikliği ve Arazi Raporu'na göre gezegenin iklim değişikliğinin üstesinden gelmesinin en iyi yolu kapsayıcı sürdürülebilirliğe odaklanmaktan geçmektedir (URL-16, 2020). Sürdürülebilir Arazi Yönetimi uygulaması, iklim değişikliğine uyum ve mücadele dahil eş zamanlı pek çok ortak fayda sağlayabilen onarma ve iyileştirme uygulamaları sayesinde, arazi bozulumu engellenebilir, azaltılabilir ya da tersine çevrilebilir (Shukla, P. R. vd., 2019).

1.3. Karbon Ayak İzi

1.3.1. Tanımı ve Kapsamı

Sürdürülebilirlik kavramı kapsamında olan ekolojik (çevresel) sürdürülebilirlik, insanlar tarafından kullanılan yenilenebilir doğal kaynakların, aynı zaman zarfı içerisinde doğanın üretebildiği kaynak miktarını geçmemesi olarak ele alınır (Galli vd., 2012). Ekolojik sürdürülebilirliğin somut olarak ifade edilebilmesi için iki kavramdan faydalanılır. *Ekolojik Ayak İzi* kavramı; mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle bir bireyin, topluluğun ya da faaliyetin tükettiği kaynakları üretmek ve yarattığı atığı bertaraf etmek için gereken biyolojik olarak verimli toprak ve su alanıdır (Galli vd., 2012). Ekolojik Ayak İzi tanımı çerçevesindeki doğal kaynakların üretilmesi için dünya üzerindeki üretken alanların niceliği ise biyolojik kapasite olarak adlandırılır (Galli vd., 2012). Sürdürülebilirlik ölçütünün sağlanması için ekolojik ayak izinin biyolojik kapasiteyi aşmaması yani doğal kaynakların tüketiminin var olanları geçmemesi gerekir.

Ekolojik ayak izinin 6 ayrı bileşeni vardır (Galli vd., 2012):

1. Karbon Ayak İzi
2. Tarım Arazisi Ayak İzi: İnsanların tükettiği gıda ürünlerinin üretimi için gerekli tarım alanının hesaplanması.
3. Orman Ayak İzi: İnsanların tükettiği orman ürünlerini üretmek için gereken orman alanının hesaplanması.
4. Otlak Ayak İzi: İnsanların talep ettikleri et, süt, deri ve yün gibi ürünlerin üretilmesi için gereken otlatma alanının hesaplanması.
5. Yapılaşmış Alan Ayak İzi: İnsan ihtiyaçlarının karşılanmasına ilişkin alt yapı ve üst yapıyla kaplı alanın hesaplanması.
6. Balıkçılık Sahası Ayak İzi: Tüketilen balık ve deniz ürünlerinin yaşaması için gereken tahmini deniz ve tatlı su alanının hesaplanması.

Bu çalışmada inceleyeceğimiz karbon ayak izi; tüm dünyada insan faaliyeti üretim ve tüketim sonucu ortaya çıkan ve atmosfere yayılan sera gazlarının ölçüsünü ifade etmektedir. Sera gazlarının CO₂ eşdeğeri olarak çevrilmesi ve CO₂'in sera gazları içindeki payının en yüksek oranı oluşturması nedeniyle karbon ayak izi olarak ifade edilmektedir (Binboğa ve Ünal, 2018). Küresel Ayak İzi Ağı'na (Global Footprint Network) göre küresel ölçekte ayak izinin %55'ini oluşturan karbon ayak izi, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ve her bireyin küresel ısınmada ne kadar payı olduğunun belirlenmesinde kullanılır (URL-28, 2021).

Karbon ayak izi birincil ve ikincil karbon ayak izi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Birincil karbon ayak izi (doğrudan karbon ayak izi) enerji tüketimi ve ulaştırma faaliyetleri dolayısıyla kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının doğrudan ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. İkincil karbon ayak izi (dolaylı karbon ayak izi) ise kullandığımız ürünlerin üretilmesinden bozulmasına kadar olan tüm yaşam döngüsü süresinde ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının ölçüsü olarak belirtilmektedir (Birkan, 2021).

1.3.2. Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemi

Karbon ayak izi hesaplaması doğrudan ya da dolaylı olarak üretilen ve atmosfere salınan CO₂ miktarının belirlenmesi ilkesine dayanır. Bu salınım en çok bireyler ve kurumların etkinlikleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Karbon ayak izi genellikle yıllık dönemler ve ton bazında karbon ölçümüyle yapılır (URL-29, 2021).

- Bireysel ve Hane Halkı Karbon Ayak İzi Hesaplamaları:



Şekil 7. Bir bireye ait karbon ayak izi üretim oranları (URL-28, 2021)

Kişisel Ayak İzi, bireylerin yaşam biçimlerine ve tercihlerine bağlı olan gıda, ulaşım, mal ve hizmetler gibi kişisel tüketim ve kullanımlarıyla ilişkilidir (Galli vd., 2012). Tam olarak ölçülebilmesi mümkün olmasa da bir kısmı tahmini olarak belirlenebilir. Bu iş için hazırlanmış bazı web siteleri bulunmaktadır. Bu siteler ayrıntılı denebilecek sorular sorarak yeme alışkanlıkları, ulaşım tercihleri, ev büyüklüğü, alışveriş ve eğlence stili, elektrik kullanımı, ısınma ve ev aletleri kullanımları gibi konularda bilgi toplar ve bu bilgilere dayanarak karbon ayak izini tahmin etmeye çalışır (URL-29, 2021).

- Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplama:

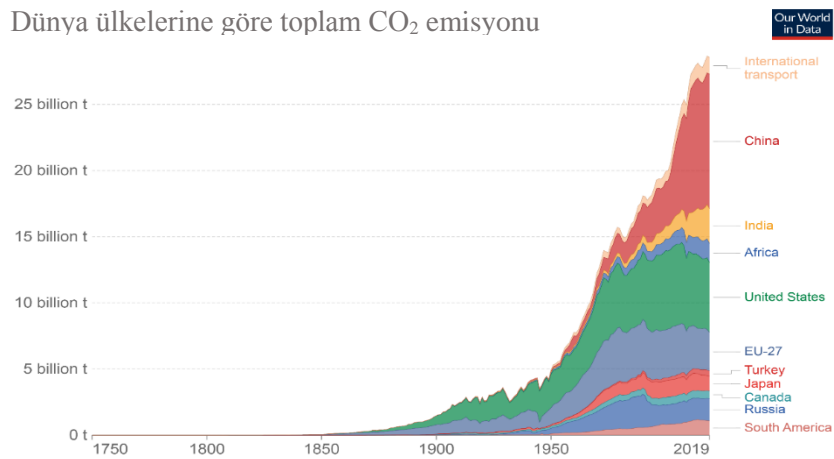
Karbon ayak izini etkileyen kurumsal faktörlere bakarken bir hizmet sağlamak veya ürün imal etmek için firmalar, belediyeler gibi kurumlar tarafından yapılan faaliyetler

dikkate alınmalıdır (URL-29, 2021). Kurumsal hesaplamaların yapılabilmesi olması için bazı standartlar belirlenmiştir. Ölçümlerin tutarlı olabilmesi için kurumlar benzer yöntemleri kullanmaktadır.

1) ISO 14064: ISO tarafından 1 Mart 2006 tarihinde çıkarılan ISO 14064 standartları; bir kuruluşun sera gazı emisyonu envanterinin çıkartılması, raporlanması ve iyileştirilmesi yönünde rehber standartlar serisidir (URL-30, 2020). Ülkemizde 17 Mayıs 2014 tarihli ‘Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik’ ile kurumlara sera gazı salınımlarının ISO 14064 standartlarına göre ölçülmesi zorunluluğu getirilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 2014).

2) Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas Protocol (GHGP)): Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Konseyi’nin (WBCSD) yayımlanmış olduğu protokol, şirket düzeyinde sera gazı emisyon envanteri hazırlayan şirketler ve diğer kuruluşlar için gerekli koşulları belirler ve rehberlik sağlar (URL-31, 2021). Özel sektör ve kamu sektörü operasyonları, değer zincirleri, ürünler ve şehir emisyonlarının ölçülmesi ve yönetilmesi için kapsamlı, küresel ve standart bir çerçeve oluşturmaktadır (URL-31, 2021).

1.3.3. Dünyada Karbon Ayak İzi

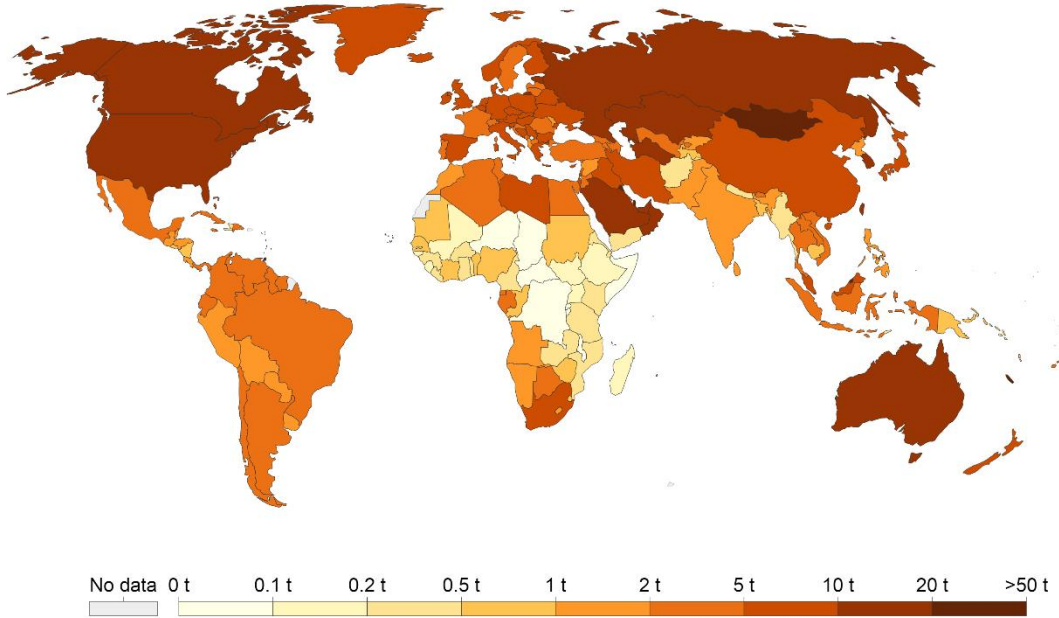


Şekil 8. Bazı dünya ülkelerinin fosil yakıt kullanımı kaynaklı CO₂ emisyon grafiği (Ritchie ve Roser, 2021)

“Our World in Data” projesi ile elde edilen ve yayınlanan verilere göre bazı dünya ülkelerindeki CO₂ emisyonunun yıllar içindeki değişimi Şekil 8’den görülebilmektedir. Bu grafiğe göre 20. yüzyıla kadar en büyük küresel emisyon üreticileri ABD ve Avrupa olmuştur. 1900 yılında emisyonların %90’dan fazlası Avrupa ve ABD tarafından üretilmiştir. Ancak 20. yüzyılın ikinci yarısından bu yana Asya’da ve özellikle Çin’de büyük bir CO₂ emisyonu artışı olmuştur. 2019 yılındaki verilere göre küresel emisyonların %55’i Asya kıtası kaynaklı olmakla beraber Çin 10,17 milyar ton CO₂ salınımı ile açık ara farkla Dünya’nın ve Asya kıtasının en büyük emisyon üreticisidir. Kuzey Amerika kıtası 6,48 milyar ton ile toplam küresel emisyonun %18’ine sebep olmakta ve böylece en fazla salınım yapan kıtalar sıralamasında ikinciliğe yerleşmektedir. Yılda 5,28 milyar ton CO₂ emisyonu yapan ABD, Kuzey Amerika kıtasının karbon salınımının büyük bir kısmından sorumludur. Avrupa kıtası karbon salınımının %17’sine sebep olan en büyük üçüncü bölgesel yayıcıdır. Afrika ve Güney Amerika ise %3-4’lük oranlar ile neredeyse uluslararası havacılık ve deniz taşımacılığı kadar karbon salınımı yapmaktadır (Ritchie ve Roser, 2021).

Ülkelere göre kişi başı CO₂ emisyon miktarları

Our World
in Data



Şekil 9. Ülkelere göre fosil yakıt kullanımı kaynaklı kişi başına düşen CO₂ salınımı (Ritchie ve Roser, 2021)

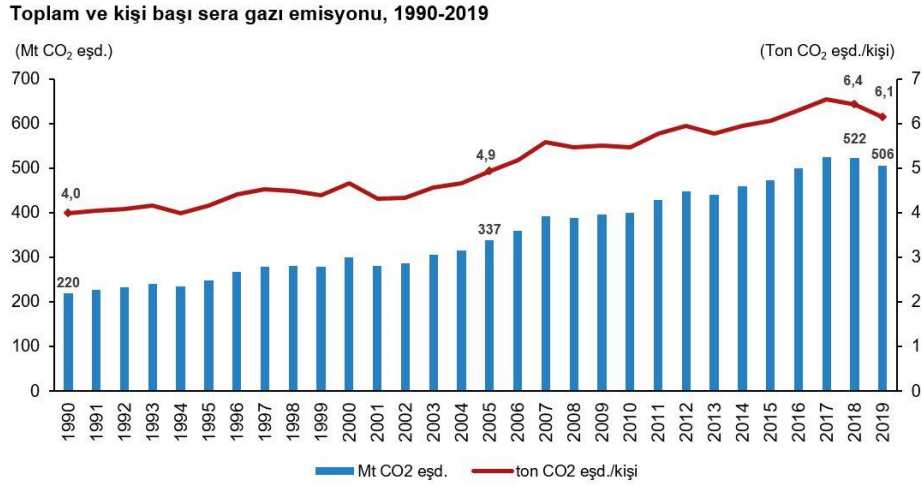
Dünyanın kişi başına en büyük CO₂ salıcıları, başlıca petrol üreten ülkelerdir; 2019 yılında kişi başına 38,61 ton ile en büyük CO₂ salınımına sahip ülke Katar olurken onu 37,79 ton ile Curaçao, 27,14 ton ile Trinidad ve Tobago, 25,56 ton ile Kuveyt ve 20,98 ton ile Brunei takip etmektedir. Ancak bu ülkeler küçük nüfuslu ülkeler oldukları için yıllık toplam CO₂ emisyonları da düşüktür. Kişi başına en yüksek CO₂ salınımına ve dolayısıyla yüksek toplam emisyonu sahip daha kalabalık ülkeler ABD, Avustralya ve Kanada'dır. Avustralya'nın kişi başına CO₂ salınımı 16,31 ton, ABD'nin 16,06 ton, Kanada'nın ise 15,41 ton olarak ölçülmüştür. Bu değerler kişi başına 4,72 ton olan dünya ortalamasının yaklaşık 3 kat fazlasıdır. Türkiye ise kişi başına 4,66 tonluk karbon salınımı ile dünya ortalamasının altındadır (Ritchie ve Roser, 2021).

Yüksek yaşam standardına sahip olan ülkelerin yüksek karbon ayak izine sahip olması beklenebilecek bir durumdur. Ancak benzer yaşam standardına sahip ülkelere bazıları arasında ciddi miktarda karbon salınımı farkı bulunmaktadır. Örneğin Birleşik Krallık, Fransa ve Portekiz gibi Avrupa ülkelerinde kişi başı karbon salınımı sırasıyla 5,48 ton, 4,97 ton ve 4,75 tondur. Bu değerler Almanya, Hollanda ve Belçika gibi aynı yaşam standartlarına sahip olan komşu ülkelere çok daha düşüktür. Bu farkta kullanılan enerji kaynakları büyük rol oynamaktadır. 2015 yılında Almanya'da fosil yakıt kaynaklı elektrik üretimi %55 iken bu oran Fransa'da sadece %6 olmuştur (Ritchie ve Roser, 2021).

2020 yılının Mart ayında tüm dünyada etkisini göstermeye başlayan COVID-19 salgını küresel emisyonlarda şimdiye kadarki en büyük düşüşe sebep olmuştur (URL-32, 2021). 2020 yılında birincil enerji talebi yaklaşık %4 düşerken küresel enerji tüketimi kaynaklı CO₂ salınımı %5,8 oranında düşmüştür. Petrole olan talebin %8,6 oranında ve kömüre olan talebin de %4 oranında düşüşü fosil yakıtlara olan talebin azaldığını işaret etmektedir. COVID-19 kısıtlamaları boyunca karayolu taşımacılığı faaliyetinde oluşan azalma küresel petrol talebindeki düşüşün %50'sini oluştururken havacılık sektöründeki duraklama da %35'ini oluşturmuştur (URL-32, 2021). Ancak 2021 yılında yayınlanan Küresel Elektrik Sektörü İncelemesi Raporu'na göre "küresel ölçekte enerji sektörü kaynaklı emisyonlar 2020'nin ilk yarısında görülen düşük seviyelerin üzerinde gerçekleşerek, 2021'in ilk yarısında yükselişe geçmiş ve 2019'un ilk yarısındaki emisyonlara göre %5 artmıştır. Küresel ölçekteki elektrik talebi de 2021'in ilk yarısında, salgın öncesindeki seviyesine kıyasla %5 artış göstermiştir." (URL-33, 2021).

1.3.3.1. Türkiye’de Karbon Ayak İzi

Dünya’nın pek çok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’nin de toplam Ekolojik Ayak İzi’nin en büyük paydasını %46-49’la (kişi başı 1,24-1,36 küresel hektar) Karbon Ayak İzi oluşturmaktadır (Galli vd., 2012). Türkiye en fazla sera gazı salınımına sebep olan ülkeler arasında 16. sırada bulunmaktadır. (Ritchie ve Roser, 2021).



Şekil 10. 1990- 2019 yılları arasında Türkiye’de toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu (TÜİK, 2021b)

Türkiye’de 2019 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %3,1 azalarak 506,1 milyon ton CO₂e olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2021b).

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2019

(Milyon ton CO₂ eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 değişim (%)	2018-2019 değişim (%)
Toplam emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525,0	522,5	506,1	130,5	-3,1
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	161,0	-2,3
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64,0	65,9	56,4	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19,0	19,0	17,8	18,1	17,2	55,7	-5,0

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Şekil 11. 1990- 2019 yılları arasında Türkiye’de sektörlere göre sera gazı emisyonu (TÜİK, 2021b)

CO₂ eşdeğerli olarak hesaplanan sera gazı emisyonlarının %72'si enerji kaynaklıyken %13,4'ü tarımsal faaliyetlerden, %11,2'si endüstriyel işlemlerden ve ürün kullanımından, , %3,4'ü ise atıklardan kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2021b). Enerji sektörü emisyonları 1990 yılına göre %161 artarak 364,4 milyon ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2021b).

Türkiye, 1992 yılında kabul edilen BMİDÇS'ye Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) üyesi olması sebebiyle otomatik olarak katılmış ve EK-1 ve EK-2 listelerinde yer almıştır. 2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen BMİDÇS 7. Taraflar Konferansı'nda Türkiye'nin diğer EK-1 üyelerinden farklı olmasını sağlayan özel koşullarının bulunduğu belirtilerek isminin EK-1'de kalarak EK-2'den silinmesi kararı alınmıştır (ÇŞB, 2011). Bu kararın ardından Türkiye BMİDÇS'ye tam anlamıyla 2004 yılında 189. taraf olarak katılmıştır (URL-34, 2021). Bu süreci 2009 yılında "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanun"un kabul edilmesi ve ardından onay sürecinin tamamlanması ile birlikte Kyoto Protokolü'ne katılım izlemiştir (ÇŞB, 2011). Türkiye, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve Kyoto Protokolü'ne katılarak taraf ülkelere yüklenen sorumlulukları kabul etmiş bulunmaktadır. Bu doğrultuda 2010 yılında Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi, 2011 yılında da Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı oluşturulmuştur. Ulusal İklim Değişikliği Strateji'sinde Türkiye'nin ulusal vizyonu "iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş; enerji verimliliğini yaygınlaştırmış; temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmış; iklim değişikliğiyle mücadelede özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile sunabilen bir ülke olmak" olarak belirlenmiştir (ÇŞB, 2010). Eylem Planı'nda ise Türkiye'nin özel şartları çerçevesinde öncelikli sektörlerde uygulanacak sera gazı emisyon kontrolü ve uyum önlemleri yer almaktadır (ÇŞB, 2011). 2016 yılına gelindiğinde Türkiye, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte Paris Anlaşması'nı imzalamıştır (URL-9, 2020). 2019 yılında yayınlanan 11. Kalkınma Planı'nda ülkemizin coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasında yer alması dolayısıyla gelişmekte olan ülke konumuna paralel şekilde, emisyon azaltımı ve iklim değişikliğine uyum çabalarını sürdürdüğünden bahsedilmiştir (SBB, 2019). Hedef olarak iklim değişikliğine uyumun sağlanması ve gerekli tedbirlerin alınması

amacıyla bölge ve şehir ölçeğinde ihtiyaçların tespit edilerek çözüm önerileri oluşturulması belirlenmiştir (SBB, 2019). 2021 yılında Paris Anlaşması'nın Onaylanmasının Uygun Bulunduğunu Dair Kanun Teklif'i Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde oy birliğiyle kabul edilmiştir. Bu yeni adımla Türkiye 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefini benimseyerek iklim politikasında yeni bir dönemi başlatmıştır (URL-35, 2021).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesini ve iklim değişikliğine uyum çalışmalarını birinci elden koordine eden kuruluştur (ÇŞB, 2011). 2009 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün altında, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı kurulmuştur (ÇŞB, 2011). 2011 yılında yapılan yeni düzenlemelerle, bazı Bakanlıklar iklim değişikliği ile mücadelede ilave sorumluluklar almışlardır (ÇŞB, 2011). "Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesindeki Su Yönetimi Genel Müdürlüğü içinde Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığına bağlı İklim Değişikliği Uyum Şube Müdürlüğü kurulmuş olup 'iklim değişikliğinin su kaynaklarına, taşkınlara ve kuraklığa etkisini belirleme maksadıyla çalışmalar yapmak' konuları ile görevlendirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ise, iklim değişikliğine uyum konusunda belirsizliklerin ortadan kaldırılmasına katkı sağlamaktadır. İç İşleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın iklim değişikliğine bağlı olarak artacak afet riskleri bağlamında gerçekleştirdiği çalışmaların yanı sıra sigorta hizmetlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları doğrudan uyum ile ilgilidir." (ÇŞB, 2011). 2021 yılında Paris Anlaşması'nın mecliste onaylanması ile Türkiye'nin 2053 yılı vizyonu doğrultusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığının adı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmiştir. Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlanmıştır (URL-36, 2021).

1.3.4. Karbon Ayak İzi Haritaları Gereksinimi

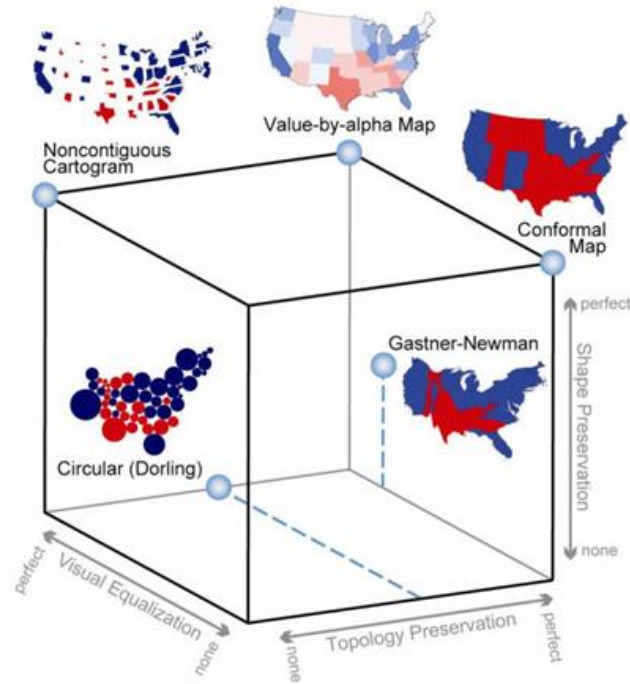
Başlıca etmen olan fosil yakıt kullanımının yanı sıra doğal ekosistemlerin bozulumu gibi nedenlerle atmosfere salınan sera gazları, kısaca karbon salınımı, ekosistemlerin depolayabileceğinden çok daha yüksek seviyededir (Galli vd., 2012). Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) 2020 Emisyon Açığı Raporu 2019 yılında arazi kullanımı da dâhil olmak üzere toplam sera gazı emisyonlarının 59,1 giga ton CO₂e ile yeni bir zirveye

ulaştığını göstermektedir (URL-37, 2021). IPCC'nin 2018 tarihli 1,5°C raporu sera gazı emisyonları mevcut şekilde devam ederse, küresel ısınmanın 2030 ile 2052 yılları arasında 1,5°C sınırını geçeceğini, Küresel Ayak İzi Ağı'nın raporu ise insanlığın, kaynak ve arazi kullanımına bağlı talebinin karşılanması için 2030'a gelindiğinde 2, 2050'ye gelindiğindeyse 2,8 gezegene ihtiyaç duyacağını öngörmektedir (URL-11, 2020 ve Galli vd., 2021). Bu sınırı geçmemek için küresel emisyonları 2030 yılında 2010 yılına göre %45 azaltmak ve 2050 yılında net sıfır emisyona ulaşmak gerekmektedir (URL-11, 2020).

Sera gazı emisyonlarının tehlikesi ile baş edebilmek için ilk önce bu emisyonlar tespit edilmelidir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği etkilerinin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması için tüm ülkelerin ve kentlerin kendi mevcut salınım oranlarını belirlemeleri ve kapsayıcı sürdürülebilirliğe odaklanmaları gerekmektedir (Türe, 2021). Bu bağlamda karbon salınımının coğrafya üzerinde nasıl bir dağılım gösterdiğinin haritalar üzerinde gösterimi gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir politikalar izlenmesi açısından karbon salınımının ne düzeyde olduğunun izlenmesi ve önlem stratejilerinin nerelerde ve nasıl geliştirilmesi gerektiğinin anlaşılabilmesi için karbon ayak izi haritalarının üretilmesi gerekmektedir. Böylece hangi coğrafi birimlerin daha fazla veya daha az karbon salınımı yaptığı belirlenebilecek ve gerekli müdahaleler yapılabilecektir. Ayrıca görsel olarak etkileyici bir şekilde oluşturulan karbon ayak izi haritaları, küresel ısınma ve iklim değişikliğine geniş kitleler tarafından dikkat çekilmesine olanak sağlayacaktır. Küresel sera gazı emisyonlarının %55'inden sorumlu 55 ülkenin de içinde bulunduğu 177 ülke tarafından imzalanan Paris İklim Anlaşması ile hükümetler, iki yılda bir sera gazı envanterlerinin ve ulusal gelişmelerin takibinin yapılması dâhil bazı sorumlulukları kabul ederek sera gazı salınımlarının azaltılmasını taahhüt etmişlerdir (URL-10, 2020). Yaklaşık yarısı Karbon Ayak İzi olan Ekolojik Ayak İzi hesaplamaları, ülkelerin kaynaklarını yönetmek için gereken verileri temin ederek, geleceği güvence altına almamızı sağlayabilir (Galli vd., 2012). Ekolojik Ayak İzi'ni tüm bileşenleriyle, nedenleri ve sonuçlarıyla tanımlayan ülkeler; doğal kaynaklarının ekolojik ayak izini aştığı durum olan ekolojik açığın beraberinde getirdiği riskleri ortadan kaldırmanın yollarını bulabilmektedirler (Galli vd., 2012). Sonuç olarak, Ekolojik Ayak İzi bilançosunu hazırlayan ülkeler, kalkınma hedeflerini çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurarak tanımlamaktadırlar (Galli vd., 2012).

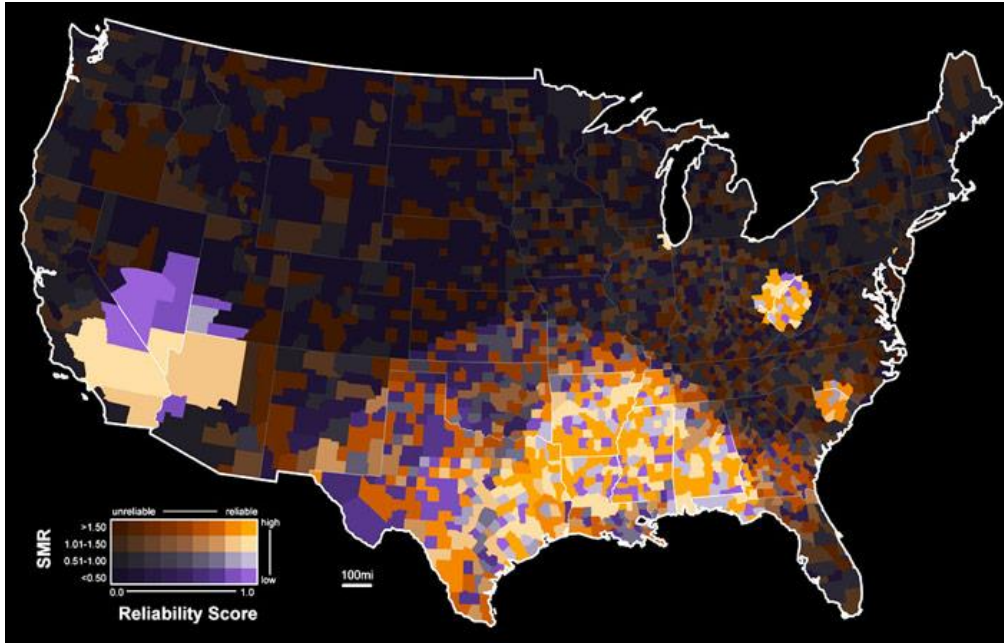
1.4. Alfa-Değer Haritalama

Coğrafi veriler görselleştirilirken oluşturulan haritaların ideal olması için üç özelliğe sahip olması gerekir. Bunlar: topoloji koruma, şekil koruma ve görsel eşitlemedir. Topoloji koruma, orijinal coğrafyanın haritaya aktarılması sırasında topolojik özelliklerin korunmasını, şekil koruma ise şekil özelliklerinin (örneğin, yerel açılar ve kenar uzunluğu oranları) sürdürülmesini ifade eder. Son olarak görsel eşitleme, tematik olarak vurgulanmak istenen veriyi daha dikkat çekici hale getirmek için altlık haritanın (basemap) ilgili bir değişkene (örneğin nüfus) göre dönüştürülmesidir. Kartogram haritalama tekniği görsel eşitlemeyi ilgili bir değişkene göre harita alanını bozulmaya uğratarak yapar. Ancak bunu yaparken diğer özelliklerden taviz vermesi gerekir. Örneğin bitişik kartogramlar topoloji korurken şekil korumazlar. Bitişik olmayan kartogramlar şekil korurken topoloji korumazlar. Dorling kartogramlar ise ne şekil ne de topoloji korurlar. İdeal kartogram, şekil ve topolojiyi tamamen korurken altlık haritayı görsel olarak eşitleyen üç özelliğe de mükemmel olanıdır. Ancak mevcut tüm kartogramlar şekil, topoloji ve/veya görsel eşitleme hatası içerir. İşte alfa-değer haritalama yöntemi burada devreye girerek üç özelliğin de korunmasını sağlar ve kartograma alternatif olarak geliştirilmiştir (Roth vd., 2010).



Şekil 12. Kartogram türlerinin ve alfa-değer haritanın özelliklerine göre karşılaştırılması (Roth vd., 2010)

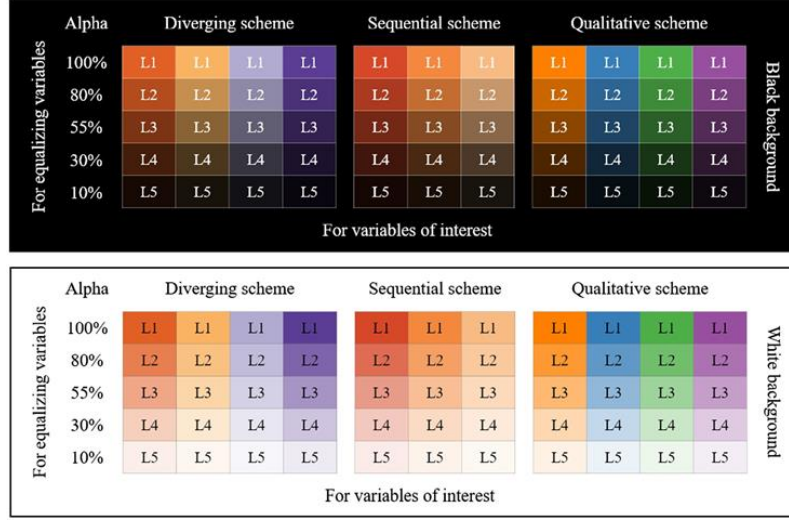
Alfa-değer haritası iki değişkenin etkileşimini ve coğrafi dağılımını aynı harita üzerinde göstermeyi amaçlayan bir tür iki değişkenli haritalama (bivariate map) yöntemidir. Değişkenlerden biri ilgilenilen değişken (variable of interest) olarak belirlenir ve numaralandırma birimleriyle (enumeration unit) ilişkili nicel veya nitel bir veridir. Bunlar harita üzerinde farklı renklerle temsil edilirler. İkinci değişken olan eşitleyici değişken ise (equalizing variable) her numaralandırma biriminin genel uzamsal dağılım için önemini gösteren nicel bir değişkendir. Harita üzerinde aynı rengin alfa kanalı kullanılarak oluşturulmuş farklı şeffaflık değerleriyle temsil edilir. Alfa kanalı siyah ve beyaz arasında 256 gri tonundan oluşan bir resmin herhangi bir bölgesinin saydam veya opak olmasını belirleyen görünmez bir kanaldır. Alfa değerinin %100 olması o bölgeyi tamamen opak yapar ve değer düştükçe şeffaflık artar. Alfa kanalı, düşük eşitleme değişkeni verisine sahip numaralandırma birimlerinin artan şeffaflık dolayısıyla arka plan rengiyle bütünleşerek neredeyse haritadan kaybolmasına neden olur. Bu kaybolma, eşitleme değişkeninde yüksek değerlere sahip alanlar üzerinde bir "spot ışığı" etkisi yaratır ve harita okuyucusunun bu alanlara odaklanmasına yol açar. Alfa-değer haritalama yönteminde görsel eşitleme alfa kanalı kullanılarak yapıldığından dolayı hem coğrafya hem de şekil ve topoloji mükemmel bir şekilde korunur (Roth vd., 2010). Bu özellik tematik haritalama anlamında alfa-değer haritalarının önemli bir avantajıdır.



Şekil 13. 2000-2004 ABD rahim ağzı kanseri mortalite (ölüm oranı) kümelenmesini gösteren alfa-değer haritası (Roth vd., 2010)

Şekil 13’te görülen alfa-değer haritası 2000 ve 2004 yılları arasında ABD’de rahim ağzı kanserinin sebep olduğu ölüm oranını göstermektedir. Burada numaralandırma birimi olarak ABD ilçeleri seçilmiştir. Eşitleme değişkeni, bir ilçenin yüksek rahim ağzı kanser riskinin bulunduğu bir coğrafi kümede bulunma olasılığını gösteren bir güvenilirlik puanıdır (reliability score). İlgilenilen değişken ise tek bir ilçedeki ölüm oranı ile tüm ülke için ölüm oranı arasındaki oran (standartlaştırılmış ölüm oranı veya SMR) olarak belirlenmiştir. Haritadan görüldüğü üzere ilgilenilen değişkeni mordan turuncuya 4 farklı renk temsil ederken, eşitleme değişkenini ise alfa değerinde yapılan değişiklikler dolayısıyla aynı rengin farklı şeffaflık değerleri altındaki görüntüsü temsil etmektedir. Böylece yüksek ölüm oranına sahip ilçeler haritada “parlamaktadır” (Roth vd., 2010).

Alfa-değer haritaları üretilirken bazı dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlardan ilki arka plan renginin seçilmesidir. Roth vd., (2010) daha tutarlı sonuçlar elde edebilmek için arka plan rengi olarak siyah veya beyazdan birinin seçilmesini önermiştir. Bir diğer husus da eşitleme değişkeninin sınıflandırılması ile ilgilidir. Yine Roth vd. (2010)’e göre haritanın estetiği ve etkinliğini artırmak için eşitleme değişkeni sınıflandırılırken 5-7 sınıf kullanılması ve sınıf sayısının anlamlı veri değerleriyle ilişkilendirilmesi önerilmektedir. İlgilenilen değişken ile ilgili olarak ise renk seçimine dair bazı tavsiyelerde bulunulmuştur. Şekil 13’te görüldüğü üzere ilgilenilen değişken için üç farklı renk şeması oluşturulmuştur. Bunlar: tek kutuplu sayısal veriler için sıralı (sequential) renk şeması, iki kutuplu sayısal veriler için farklılaşan (diverging) renk şeması ve kategorik veriler için niteliksel (qualitative) renk şemasıdır. Sıralı renk şeması düşükten yükseğe doğru giden sıralı veri setleri için uygundur. Genellikle açık renk düşük değerli veriyi temsil ederken daha koyu renkler yüksek değerli veriyi temsil eder. Farklılaşan (diverging) renk şemaları genellikle bir orta değere sahip veri setinin uç değerlerine vurgu yapmak için kullanılır. Orta değer açık renklerle vurgulanırken düşük ve yüksek uç değerleri zıt tonlara sahip koyu renklerle vurgulanır. Niteliksel renk şemaları ise düşükten yükseğe gibi belirli bir sıralaması olmayan kategorik verileri temsil etmek için kullanılır (URL-38, 2021).



Şekil 14. İlgilenilen değişken ve eşitleyici değişken için önerilen renk şemaları (Gao vd., 2019)

1.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Karbon Salınımı Haritalarının Üretilmesi

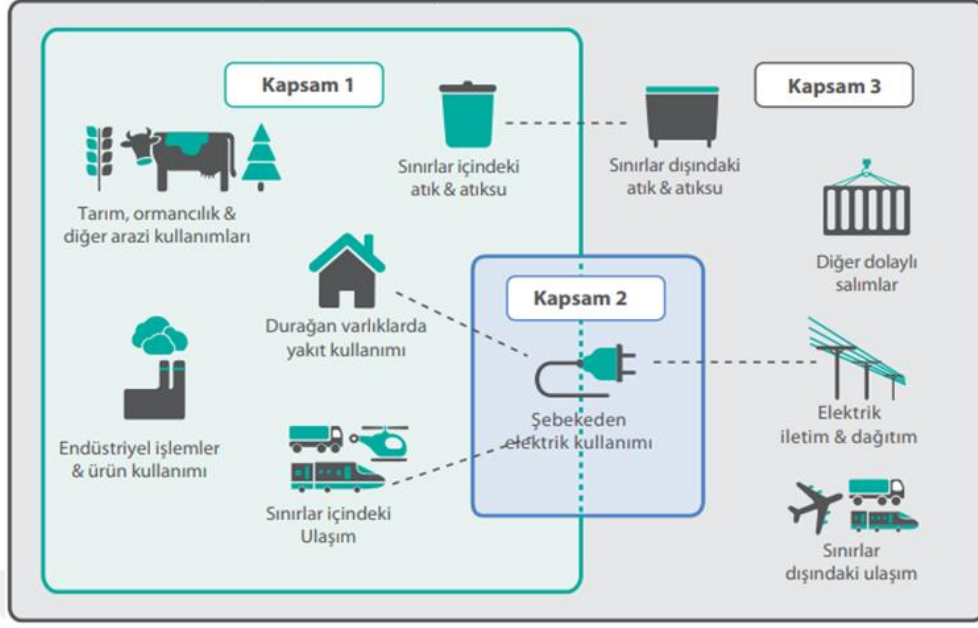
Coğrafi bilgi sistemi, konuma dayalı verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler bütünüdür (Yomralıoğlu, 2000 ve URL-39, 2021). Kendine özgü teknolojisiyle sorgulama ve istatistiksel analiz gibi klasik veri tabanı işlemlerini görselleştirme ve haritalar tarafından sağlanan coğrafi analizler ile birleştirmektedir (Töreayen vd., 2010). Karbon ayak izi haritası üretimi için kullanılan verilerin yoğunluğu ve çeşitliliği dolayısıyla CBS kullanılarak yönetilmesi kullanıcıya kolaylık sağlayacaktır. Ayrıca CBS teknolojisi ile CO₂ emisyonlarının belirlenen coğrafi koordinatlara göre analiz edilmesi ve karşılaştırılması mümkün olacaktır (Reveghe Dassi T., 2017).

1.5.1. Karbon Salınım Haritası Üretiminde İhtiyaç Duyulan Veriler

Karbon ayak izi sera gazı emisyonlarının CO₂ cinsinden hesaplanmış miktarları ile ifade edilmektedir. Bu yüzden bir karbon ayak izi haritası oluşturmak için elde edilmesi gereken ilk veri, haritası çıkarılacak bölgenin sera gazı salınımları olmalıdır. Bir bölgenin sera gazı envanterini çıkarmak için IPCC 2006 kılavuzuna göre enerji, endüstriyel işlemler, solvent ve diğer ürünlerin kullanımı, tarım, yeryüzü coğrafyasının ve ormanların kullanımı

ve atıklar kategorilerine ait veriler toplanmalı ve işlenmelidir (Binboğa ve Ünal, 2018). GHGP tarafından 2014 yılında yayımlanan Toplum Ölçekli Sera Gazı Salınımları Envanteri Küresel Protokolü'nde sera gazı emisyonları, doğrudan ve dolaylı emisyon kaynaklarının tanımlanmasına yardımcı olmak, şeffaflığı artırmak ve farklı ihtiyaç ve amaçlara hizmet etmek için üç farklı kapsamda incelenmektedir (URL-31, 2021):

- Kapsam 1- doğrudan sera gazı salınımları: Şehir sınırları içerisinde bulunan kaynaklar tarafından yapılan sera gazı salınımlarıdır (İBB, 2015). Örneğin: Şehirdeki araçlardan veya binaların yakıt tüketimlerinden kaynaklanan salınımlar (Trabzon Büyükşehir Belediyesi, 2018).
- Kapsam 2- dolaylı enerji sera gazı salınımları: İthal/satın alınan elektrik, ısıtma veya soğutma sistemleri, buhar gibi enerji kaynakları dolayısıyla şehir içinde oluşan sera gazı salınımlarıdır (URL-31, 2021). Örneğin: Şehirde tüketilen ancak ulusal şebekeden satın alınan elektrik kaynaklı salınımlar (Trabzon Büyükşehir Belediyesi, 2018).
- Kapsam 3- diğer dolaylı sera gazı salınımları: Şehir sınırları içinde gerçekleşen faaliyetlerin sonucu olarak hem şehir sınırları içerisinde hem de şehir sınırları dışında meydana gelen diğer tüm sera gazı salınımlarıdır (İBB; 2015). Örneğin: Şehirde tüketilen ürün ve hizmetlerin üretimi ve nakliyesi nedeniyle farklı ülke veya bölgede ortaya çıkan salınımlar (Trabzon Büyükşehir Belediyesi, 2018).



Şekil 15. Şehirdeki sera gazı salınımlarının kapsamlara göre sınıflandırılması (İBB, 2015).

Ancak harita üreticisi, çalışmasının kapsamı, çalışma süresi, elde edebildiği veri miktarı gibi sebeplerle bu kategorilerden sadece bazıları ile haritasını üretebilir. Küresel sera gazı salınımlarının %25'ine, Türkiye'de ise %73'üne sebep olan enerji sektörünün sebep olduğu salınımların belirlenebilmesi için ulaşımda veya konutlarda kullanılan benzin, motorin, LPG, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıt ve elektrik tüketimi miktar verileri yetkili kurumlardan tedarik edilmelidir. Konut kaynaklı sera gazı salınımlarının hesaplanabilmesi için çalışma bölgesindeki konut sayısı ve ortalama fosil yakıt tüketim miktarları, ulaşım kaynaklı salınımların hesaplanabilmesi için ise bölge kara, hava ve su trafiğinde salınıma sebep olan araç türü ve sayısı, bu araçların kat ettiği mesafe ve ortalama yakıt tüketimlerinin bilinmesi gereklidir.

Çalışma bölgesinde kişi başına düşen emisyon miktarının hesaplanmasında veya hem nüfus hem de emisyon miktarı verilerini aynı harita üzerinde gösterebilen böylece nüfus ve sera gazı salınımları arasındaki ilişkinin incelenmesine yardımcı olan alfa değer haritaları gibi haritalama yöntemlerinde kullanılmak üzere nüfus verisinin de bilinmesi gereklidir.

Karbon ayak izi haritası oluşturabilmek için gerekli diğer bir veri ise çalışılacak bölgenin idari sınırlarını içeren harita verisidir. Bu sınırlar ülke bazında çalışılacaksa şehir

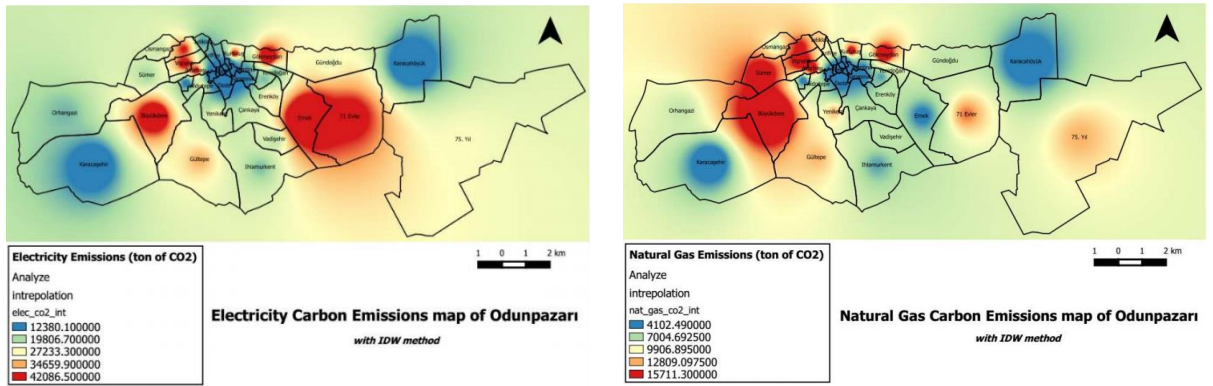
idari sınırları, şehir bazında çalışılacaksa ilçe idari sınırları, ilçe bazında çalışılacaksa mahalle idari sınırları şeklinde olabilir.

Son olarak da bu verilerin işlenmesi ve analizlerinin yapılabilmesi için bir yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma kapsamında CBS tabanlı yazılımlar kullanılabileceği gibi tercihen Python gibi programlama dillerinden de faydalanılabilir.

1.5.2. Örnek Uygulamalar

Dünyada ve Türkiye’de CBS tabanlı karbon salınımı haritalarının üretilmesi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar iklim değişikliğine karşı önlemlerin geliştirilmesi adına son yıllarda hem dünyadaki hem de ülkemizdeki politikalar doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda son 5-6 yıllık süreçte bu alanda gerçekleştirilmiş küçük bölge uygulamaları mevcuttur. Bu kısımda bu örnek uygulamalardan bahsedilerek, hangi yöntemleri kullandıkları üzerinde durulacaktır.

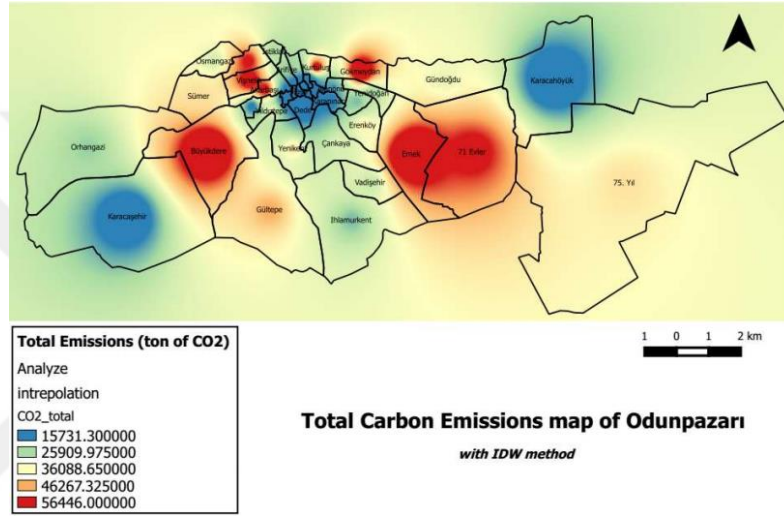
Reveghe Dassi (2017) tarafından Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesinde CO₂ emisyonlarının tahmin edilmesi ve analizi için CBS tabanlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile 2016 yılında Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesindeki mahallelerin doğal gaz ve elektrik tüketimine göre CO₂ emisyonları hesaplanmış ve CBS tabanlı QGIS 2.12.2 yazılımı ile haritası çıkarılmıştır. Bu çalışma şehir düzeyinde karbon emisyonlarını envanterlemek, analiz etmek ve haritalamak konusunda ilk çalışmadır.



Şekil 16a,b. Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesi tüketimlere göre CO₂ emisyon haritaları (a: Elektrik tüketimine göre, b: Doğal gaz tüketimine göre) (Reveghe Dassi T., 2017)

Elektrik ve gaz tüketimine göre CO₂ salınım haritaları mahallelere göre CBS yöntemi ile hazırlandığında Şekil 16'da görüldüğü gibi salınımın yüksek olduğu mahalleler ortaya çıkmıştır.

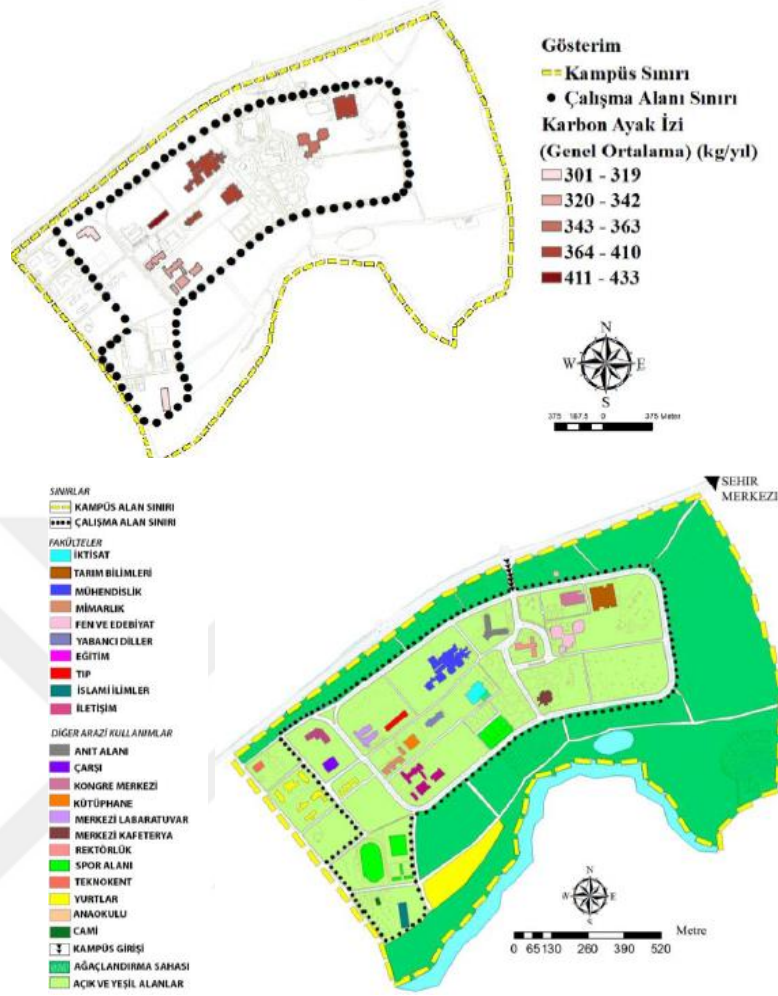
Elektrik ve gaz salınımı birlikte ele alındığında ise Şekil 17'de görülen toplam CO₂ salınım haritası ortaya çıkmıştır. Belediyelerin bu duruma göre yüksek CO₂ salınımı gösteren mahallelerde gerekli önlemleri alması beklenmektedir.



Şekil 17. Eskişehir ili, Odunpazarı ilçesi toplam CO₂ salınım haritası (Reveghe Dassi T., 2017)

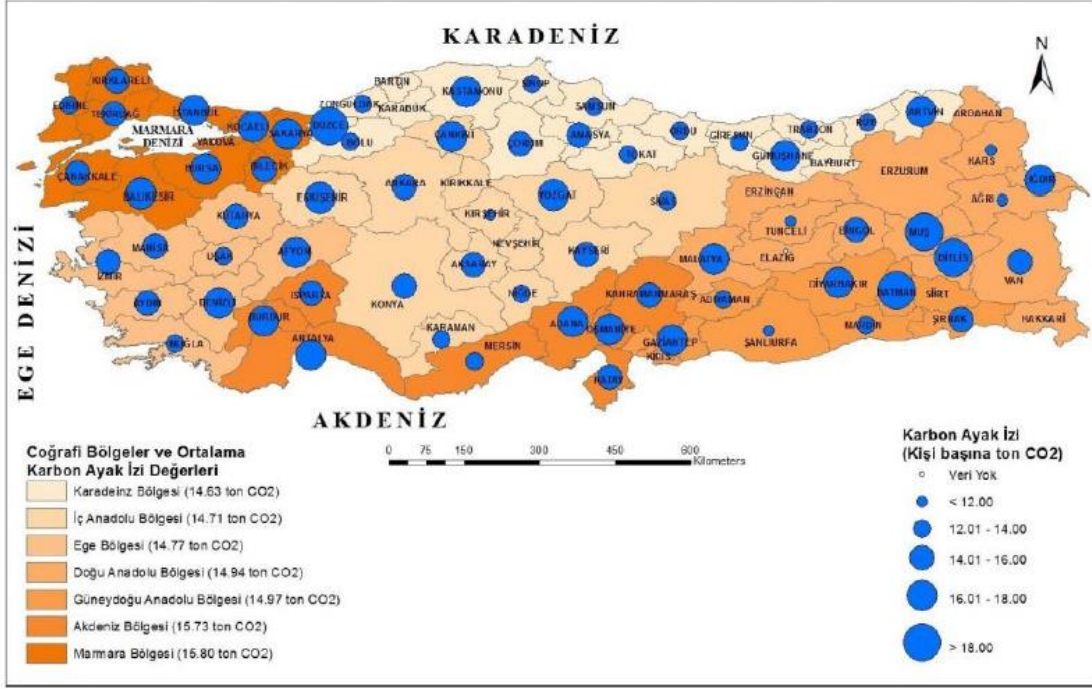
Bir diğer çalışmada ise Gökçek vd. (2019) Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi kampüsü içerisinde karbon ayak izi yükünün dağılımının belirlenmesi hedefleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. 2019 tarihinde gerçekleştirilen bu çalışmada, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi kampüsünde dokuz fakültede öğrenim gören öğrencilerin tüketim alışkanlıklarını ölçen anket uygulaması istatistiksel olarak SPSS uygulaması ile analiz edilmiş ve fakültelerine göre oluşturdukları karbon ayak izi değişimi ve bunun mekânsal dağılımı CBS yardımıyla ArcGIS 10.2 yazılımında incelenmiştir. Anket sonuçlarına göre en yüksek karbon ayak izi ortalama 433 kg CO₂/yıl Tıp Fakültesi öğrencilerinin olmuştur. Şekil 18'de çalışma sonucunda üretilen kampüse ait karbon ayak izi haritası yer almaktadır.

Karbon Ayak İzi Değişimi (Genel Ortalama)



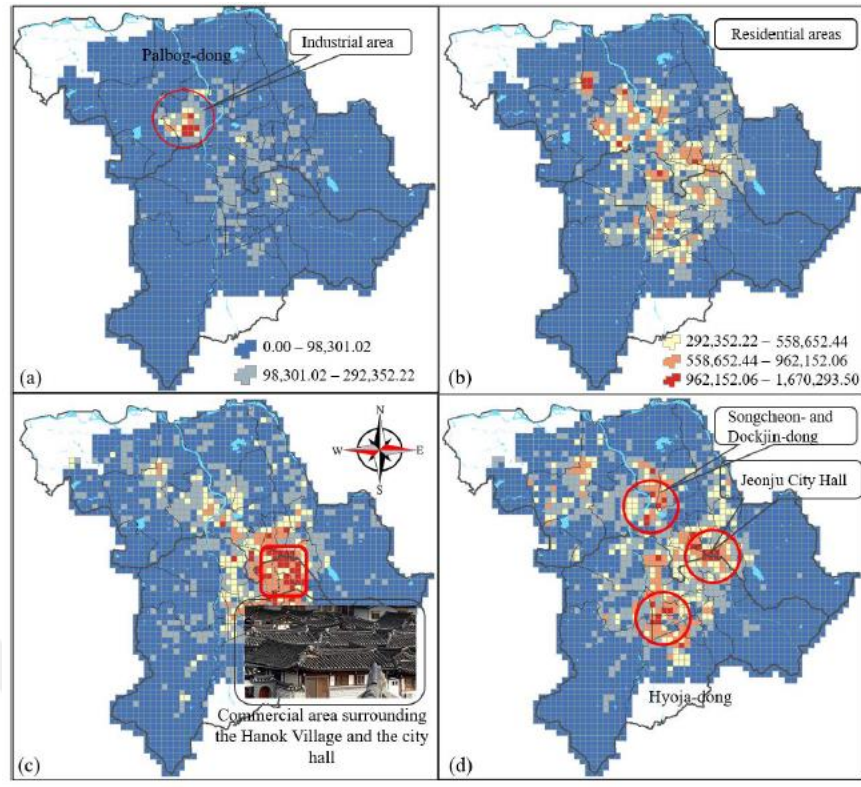
Şekil 18. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi karbon ayak izi haritası (Gökçek vd., 2019)

Türkiye’deki geomatik mühendisleri arasında yaşam standartları ve karbon ayak izi arasındaki ilişkinin belirlenmesi hakkındaki bir diğer çalışma ise 2015 yılında Sarıtürk vd. (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği’ne bağlı 10000’in üzerinde üyesi bulunan Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası üyelerine uygulanan 38 sorudan oluşan “Yaşam Düzeyi Anketi”nin sonuçları kullanılarak Türkiye’deki geomatik mühendisleri arasında karbon ayak izi değerlerinin belirlenmesi, yaş, yaşanan şehir, gelir seviyesi gibi bilgilere göre dağılımlarının incelenmesi ve CBS destekli olarak görselleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Temel amaç, temiz havanın kullanılmasında ve korunmasında büyük bir öneme sahip olan karbon ayak izi değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlerin artışına karşı olası önlemlerin alınmasıdır. Oluşturulan karbon ayak izi haritası Şekil 19’da yer almaktadır.

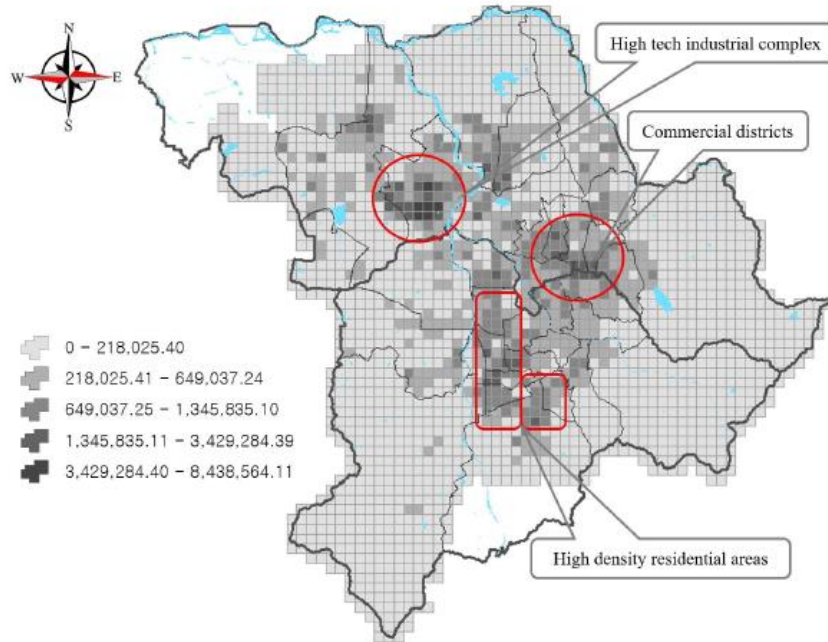


Şekil 19. Türkiye’deki geomatik mühendislerinin karbon ayak izi dağılım haritası (Sarıtürk vd., 2015)

Park ve Yang tarafından 2020 yılında gerçekleştirilen “Karbon Emisyonlarının Sürdürülebilir Değerlendirilmesi için CBS Destekli Dijital İkiz Sistemi: Güney Kore, Jeonju Şehrinden Bir Örnek Çalışma”da ise nesnelerin karbon salınımlarının mekânsal eğilimleri incelenmiştir (Park ve Yang, 2020). En yüksek verimlilik ve kaynakların en uygun şekilde dağıtımı için gerçek dünyadaki nesnelerin sanal ortamda kopyalarının oluşturulması olarak tanımlanan Dijital İkiz Sistemi’ne CBS tabanlı bir yaklaşım getirmeyi amaçlayan bu çalışma veri toplama ve görselleştirme, analiz ve dağıtım olmak üzere 3 aşamadan oluşur (URL-40, 2021). Veri toplama aşamasında, karbon salınımlarının başlıca sorumluları olan dört kategorinin çalışma bölgesine ait verileri toplanmıştır. Bunlar aylık elektrik kullanımı, aylık gaz kullanımı, aylık üretilen evsel atık miktarı ve araç sayısı verileridir. Bu veriler kullanılarak dört kategorinin karbon salınım değerleri IPCC kılavuzları aracılığıyla hesaplanmıştır. Analiz aşamasında, karbon salınımlarının mekansal eğilimlerini tahmin etmek ve mekansal istatistiklerle karbon emisyonlarının mekansal ilişkilerini görselleştirmek için Kontrolsüz Sınıflandırma metodlarından olan Iso Cluster and Maximum Likelihood araçları, makine öğrenimi teknikleri ve Getis-Ord G_i^* yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda oluşturulan haritalar Şekil 20 ve Şekil 21’de görülebilmektedir.



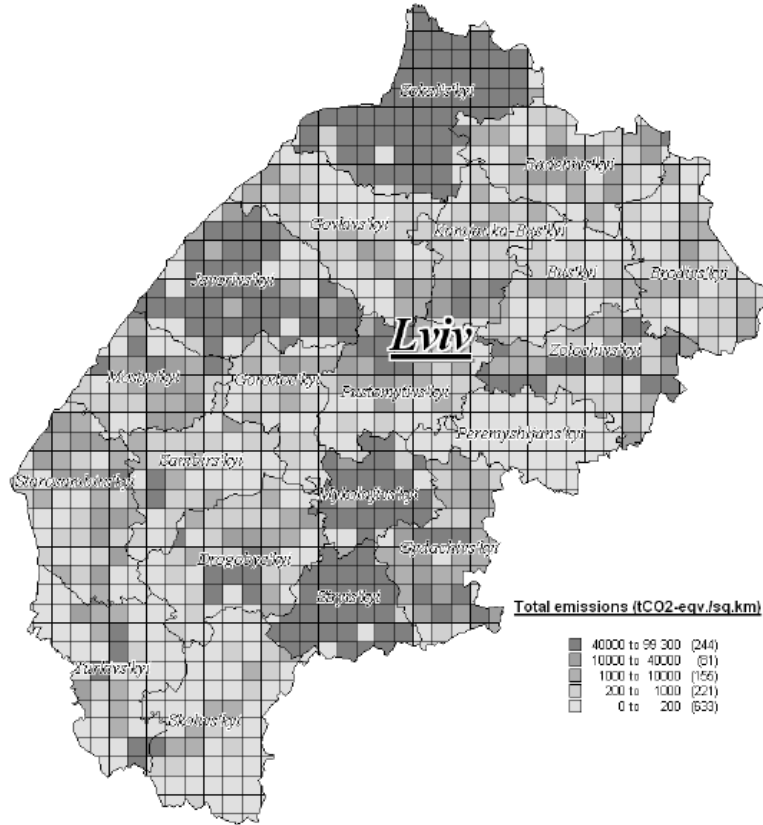
Şekil 20. Dört ayrı kategoriye göre Jeonju şehri karbon salınım haritaları: (a) elektrik; (b) gaz; (c) atık; (d) ulaşım (Park ve Yang, 2020)



Şekil 21. Toplam karbon salınımına göre Jeonju şehri karbon ayak izi haritası (Park ve Yang, 2020)

Hamal, 2008 yılında gerçekleştirdiği bir çalışmada CBS kullanarak CO₂ Emisyon Envanteri Oluşturulmasını hedeflemiştir (Hamal, 2008). Bu çalışma ile CBS tabanlı bilgi teknolojileri kullanılarak enerji tüketimine bağlı karbon salınımı envanterinin oluşturulması amaçlanmıştır. Uygulamanın örneği Ukrayna'nın batısında bulunan Lviv kenti için yapılmıştır. Emisyon hesaplamalarında kolaylık olması için tüm emisyon kaynakları üç ana türe ayrılmıştır. Büyük nokta (large point) kaynaklar, bölgedeki en büyük yayıcıların bilgileri kullanılarak nispeten fazla miktarda yıllık emisyonu sahip sabit emisyon kaynaklarını (enerji santralleri, mühendislik tesisleri, şeker rafinerileri vb.) tanımlamaktadır. Alan (area) kaynaklar, doğal gaz ve kömür tüketimi, benzin istasyonları, karayolu olmayan mobil kaynakları (tarım ekipmanları, ticari arazi kullanım ekipmanları, küçük fabrikalar vb.) tanımlamaktadır. Hat (line) kaynaklar ise yollar, otoyollar, boru hatları, demiryolları gibi emisyon kaynaklarını tanımlamaktadır.

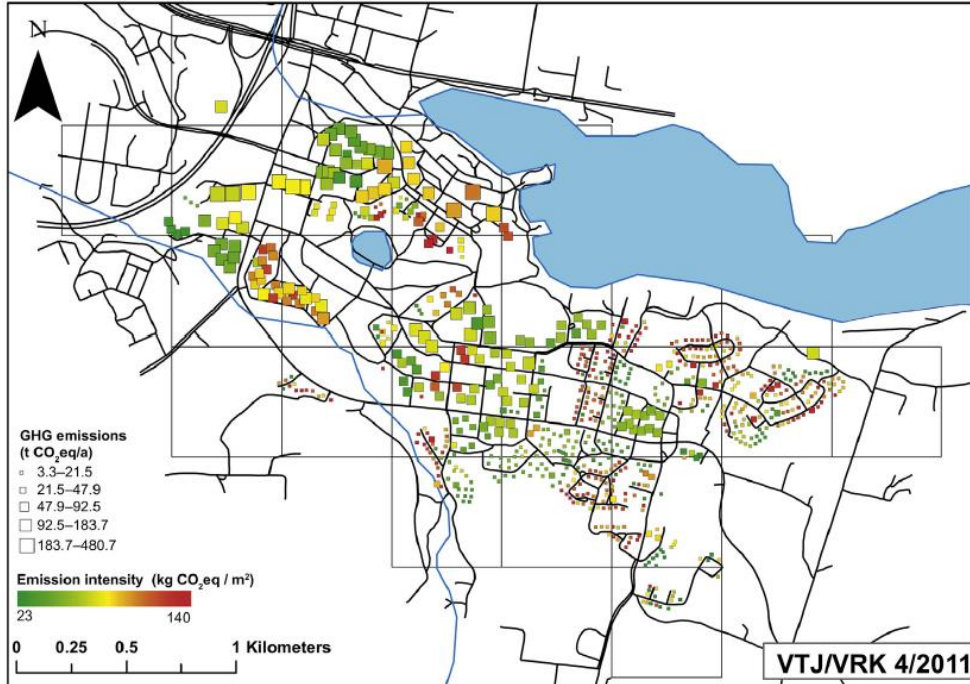
Daha sonra CBS teknolojisi kullanılarak bu 3 kaynağın ürettiği karbon salınım miktarı hesaplanmış ve Şekil 22'de görüldüğü üzere görselleştirilmiştir.



Şekil 22. Lviv şehrinin enerji sektörü kaynaklı karbon ayak izi haritası (Hamal, 2008)

Mattinen ve arkadaşlarının 2014 yılında gerçekleştirdiği başka bir çalışma ise “Konut Sektörü Kaynaklı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonlarının Modellenmesi ve Görselleştirilmesi” üzerinedir (Mattinen vd., 2014). Bu çalışma, konut stoklarından kaynaklanan enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları için bir hesaplama ve görselleştirme yaklaşımı sunmaktadır. Enerji ve emisyon sonuçlarının görselleştirilmesinde CBS teknikleri kullanılmaktadır. Çalışma alanı olarak Finlandiya’nın Tampere şehrinin Kaukajärvi bölgesi seçilmiştir.

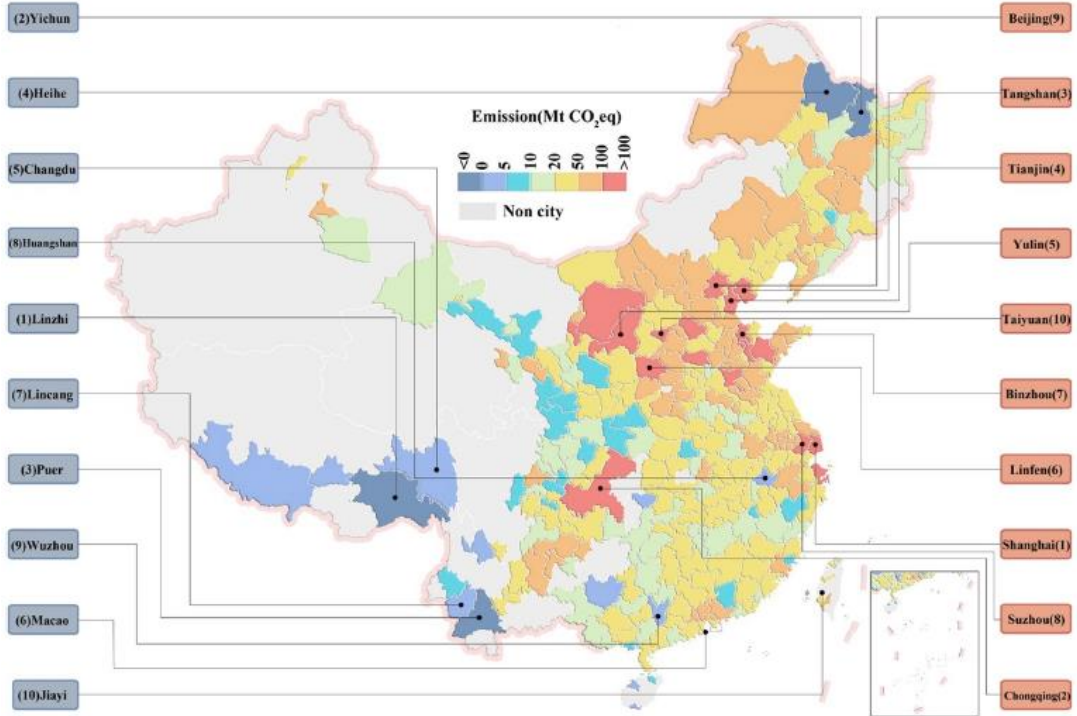
Bina enerji tüketimi hesaplaması için oluşturulan modelleme, binaların enerji performansı ile ilgili uluslararası ISO-13790 standardına dayanmaktadır ancak Finlandiya koşullarında enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörleri ve bina özelliklerini de hesaba katmaktadır. Bina enerji tüketimini hesaplayan model, bir sonraki adımda enerji tüketimi ve yakıtla özgül emisyon değerleri yardımıyla sera gazı emisyon değerlerini elde etmiştir. Hesaplama sonuçlarına göre yapılan konumsal analiz, CBS tabanlı ArcMap yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak üretilen Şekil 23’deki haritada çalışma bölgesinde yer alan konutlara ait sera gazı emisyonları izlenmektedir. Bu haritada kare şekillerin boyutu toplam emisyon miktarını, rengi ise emisyon yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 23. Kaukajärvi bölgesindeki konutlara ait sera gazı emisyon haritası (Mattinen vd., 2014)

Çin’de 2015 yılında yapılmış bir başka çalışmada şehir düzeyinde sera gazı emisyon envanteri ve belirsizlik analizi gerçekleştirilmiştir (Cai vd., 2019). 137 araştırmacıdan oluşan 19 grup tarafından yürütülen bu çalışma ile Çin’in 305 şehri için karbondioksit, metan, azot oksit ve florlu sera gazları dahil olmak üzere sera gazı emisyonlarını içeren veri seti bir araya getirilmiştir.

Çalışma sırasında şu aşamalar takip edilmiştir: (1) Çin Şehir Sera Gazı (CCG) 2015 veri görevi için çevrimiçi çalışma platformu oluşturuldu; (2) 76 enstitüden 137 araştırmacı gönüllü olarak işe alındı; (3) gönüllüler buldukları yere ve uzmanlık alanlarına göre 19 takım halinde gruplandırıldı ve veriler toplandı; (4) toplanan tüm veriler analiz edildi ve gruplar arasında karşılaştırılarak sağlaması yapıldı; (5) 4’ü akademisyen ve 16’sı daha önce veya hâlihazırda IPCC çalışmasına katılmış toplam 31 uzmanın katılımıyla, gönüllü olarak veri kaynakları, muhasebe yöntemleri ve sonuçların kalitesi gözden geçirildi. Tüm bu çalışmalar sonucunda Çin’in 2015 yılındaki toplam sera gazı emisyon haritası Şekil 24’te görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 24. Çin’in 2015 yılındaki toplam sera gazı emisyon haritası (Cai vd., 2019)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Uygulama Bölgesi ve Özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında yapılan uygulamada tüm Türkiye illeri esas alınmıştır. Türkiye 36°-42° kuzey paralelleri ve 26°-45° doğu meridyenleri arasında bulunan, topraklarının %97'sinin Asya ve %3'ünün Avrupa üzerinde bulunduğu bir Avrasya ülkesidir. Genişliği 1660 km olan kabaca bir dikdörtgen şeklindedir. Göller ve adalar dahil kapladığı gerçek alan 814.578 km², izdüşüm alanı ise 779.578 km²'dir (Kunt vd., 2020). Türkiye'de başkent Ankara dahil olmak üzere 81 il bulunmaktadır ve bu iller 7 coğrafi bölgeye ayrılmıştır.



Şekil 25. Türkiye mülki idari bölümleri haritası (URL-41, 2021)

Türkiye coğrafi konumu dolayısıyla ılıman iklim kuşağı ve subtropikal iklim kuşağı arasında yer almaktadır (Kunt vd., 2020). Yer şekillerinin çeşitliliği ülkede farklı iklim tiplerinin görülmesine sebep olmuştur. Bunlar: karasal iklim, Akdeniz iklimi, Karadeniz iklimi ve Marmara iklimidir (Kunt vd., 2020). Türkiye'de 1970-2020 yılları arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri 1970-1979 yılları arasında 12,8 °C, 1980-1989 yılları arasında

12,7 °C, 1990-1999 yılları arasında 13,0 °C, 2000-2009 yılları arasında 13,5 °C ve 2010-2020 yılları arasında 14,1 °C olarak ölçülmüştür (URL-42, 2021). Bu sıcaklık değerlerine bakıldığında Türkiye'nin gittikçe daha fazla ısındığı görülmektedir.

Türkiye'de ikamet eden nüfus 2020 yılı itibarıyla bir önceki yıla göre 459.365 kişi artarak 83.614.362 kişiye ulaşmıştır (TÜİK, 2021a). Yıllık nüfus artış hızı 2019 yılında binde 13,9 iken 2020 yılında binde 5,5 olmuştur (TÜİK, 2021a). En fazla nüfusa sahip il 15.462.452 kişi ile İstanbul olurken en az nüfusa sahip il ise 81.910 kişi ile Bayburt'tur. (TÜİK, 2021a).

2020 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de enerji kurulu gücü 95.890,6 MW olmuştur. Kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına dağılımına göre Türkiye enerji ihtiyacının %51,31'ini yenilenebilir kaynaklardan, %22,53'ünü doğal gazdan, %20,45'ini kömürden, %0,20'sini ise sıvı yakıtlardan karşılamaktadır (URL-43, 2021).

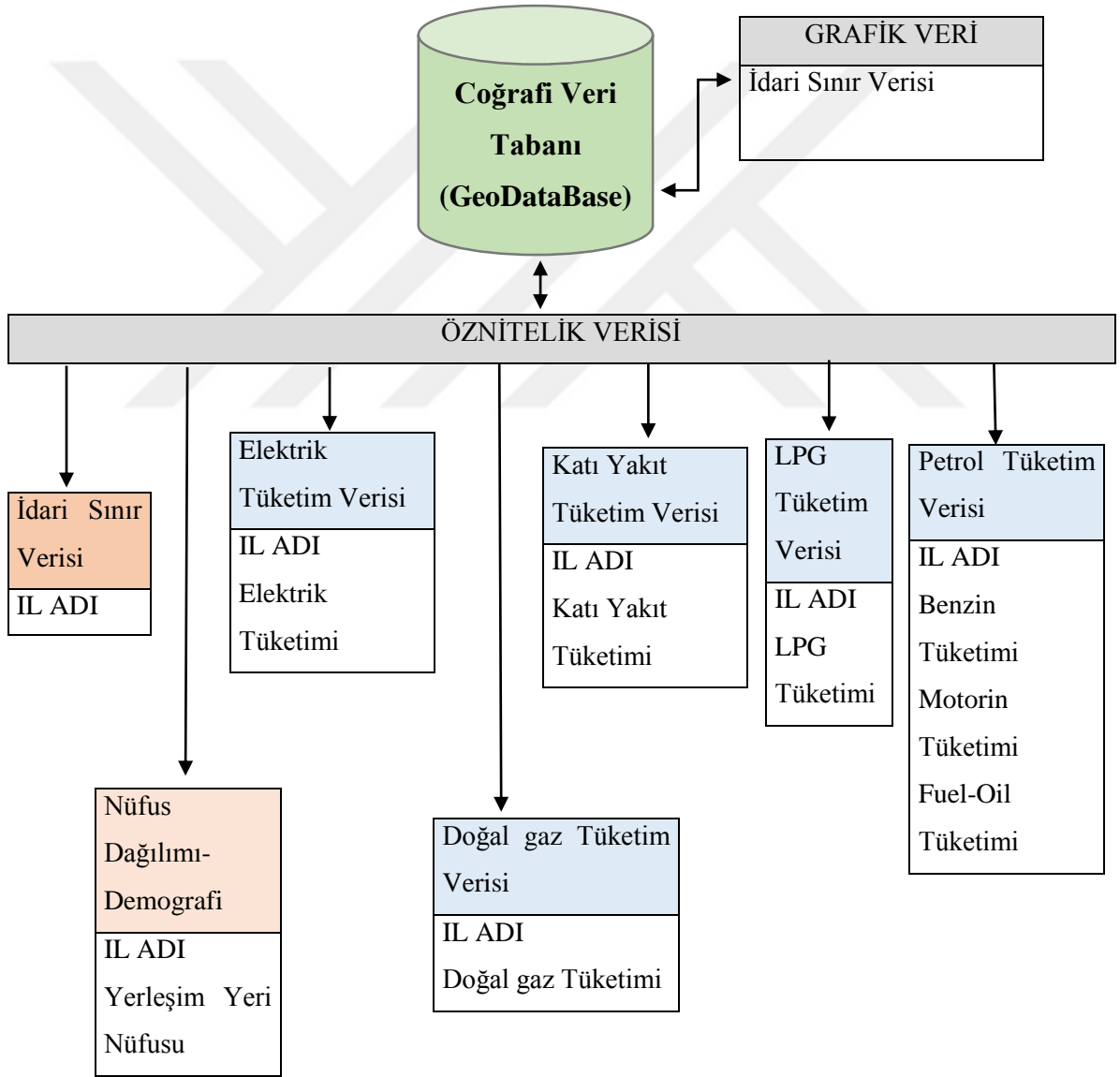
2.2. Araştırma Hipotezi

Bu tez çalışmasında Türkiye'de iklim değişikliğinin izlenmesi için karbon ayak izinin iller bazında coğrafi dağılımının oluşturulması hedeflenmektedir. Bu bağlamda tezin ana konusu Türkiye'de karbon salınım miktarlarının iller bazında farklı bir dağılım gösterip göstermediğinin araştırılması üzerinedir. *Tezin araştırma hipotezi*; Türkiye'de il bazlı enerji tüketimi, nüfus ve sıcaklık verileri ile karbon salınımı miktarları arasında önemli bir ilişki olduğunun CBS tabanlı analizler ve haritalar aracılığıyla değerlendirilmesidir.

En fazla karbon salınımına sahip olan illerin nüfusu ve dolayısıyla üretim ve tüketim faaliyetleri fazla olan iller olması beklenebilecek bir durumdur. Ayrıca sanayinin gelişmiş olduğu, fosil yakıt kullanımının fazla olduğu özellikle de doğalgazın yerine kömür kullanımının yaygın olduğu, madencilığe bağlı endüstri faaliyetlerinin yapıldığı illerde yüksek CO₂ üretiminden dolayı karbon salınımının da yüksek olması beklenmektedir. Bunun aksine daha az gelişmiş, nüfusu düşük illerde ise karbon salınımının az olması dolayısıyla bu illerin harita üzerinde daha az dikkat çekmesi beklenmektedir.

2.3. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı

Belli bir ilişki içerisinde olan grafik ve öznitelik verilerinin bir sistem kontrolünde toplanması, sorgulanması, analiz edilmesi ve sunulması için coğrafi veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır (Nişancı vd., 2007). Bu çalışma için tasarlanan coğrafi veri tabanında grafik veri olarak Türkiye illerine ait idari sınır haritası vektör formatta; idari sınırlarla ilişkisi kurulacak öznitelik verileri ise idari sınır isim bilgisi, nüfus bilgisi, elektrik tüketim, doğal gaz tüketim, katı yakıt tüketim, petrol tüketim ve LPG tüketim verileri olarak kurgulanmıştır.

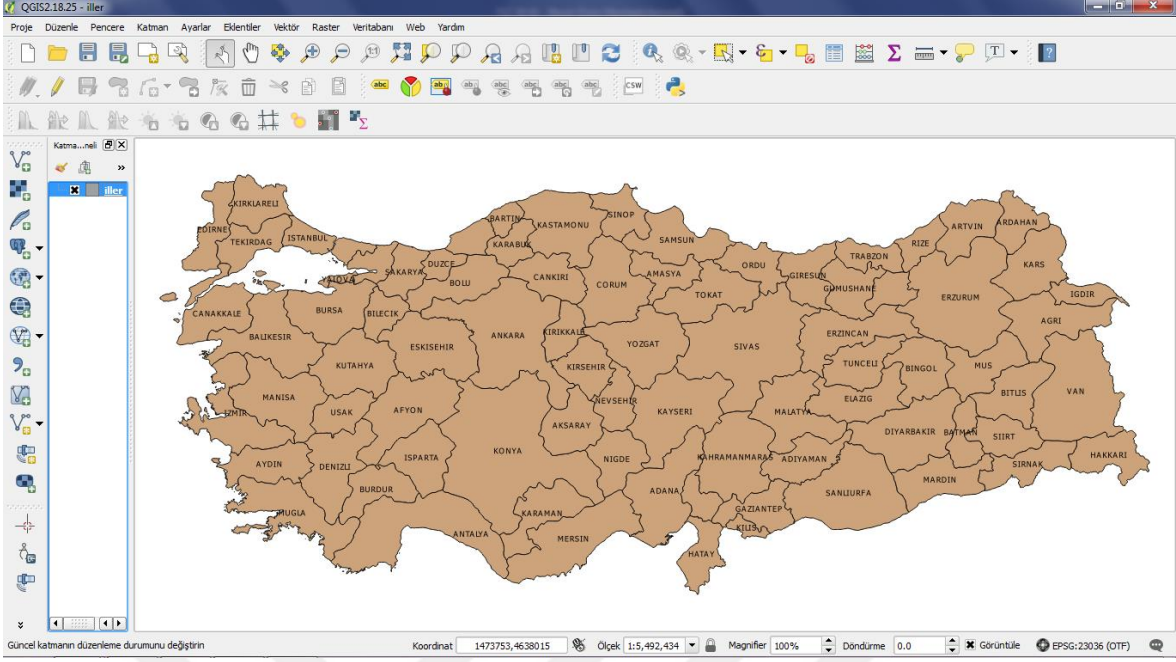


Şekil 26. Coğrafi veri tabanı tasarımı

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS), ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere uygun CBS altyapısı kurulmasını, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlusu oldukları coğrafi bilgileri ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunmaları amacıyla bir web portalı oluşturulmasını, coğrafi verilerin tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde içerik standartlarının oluşturulmasını ve coğrafi veri değişim standartlarının belirlenmesini amaçlayan bir e-devlet projesidir (URL-44, 2022). Bu kapsamda 32 adet coğrafi veri teması tanımlama dokümanı üretilmiş ve kamu kurum ve kuruluşlarının bu veri temalarına uygun olarak ürettikleri coğrafi verilerin tamamına tek bir noktadan ulaşım hedeflenmiştir (URL-45, 2022). Bu tez çalışması kapsamında oluşturulan coğrafi veri tabanındaki idari sınır verisi TUCBS'nin İdari Birim veri teması ile, nüfus verisi Nüfus Dağılımı-Demografi veri teması ile, karbon salınımı verileri ise Enerji Kaynakları ve Çevre İzleme Tesisleri veri temaları ile ilişkilidir. İdari Birim veri teması, ulusal olarak Türkiye'nin idari yapılanması ile hiyerarşik oluşturulan il, ilçe, köy, belediye ve mahalle gibi yerleşim alanları sınırlarıyla; Nüfus Dağılımı-Demografi veri teması, nüfusun, demografik özellikleri ve ekonomik faaliyetleri de dahil olmak üzere, grid, bölge, idari birim veya diğer analitik bölgelere göre dağılımıyla; Enerji Kaynakları veri teması, enerji kaynaklarının coğrafi sunumu ve konum bilgisinin bilinmesi, veri sağlayıcılarının kaynak türü, kaynağın niceliği, kaynak kullanım düzeyi ve ölçüm birimleri için birleşik bir yaklaşımla; Çevre İzleme Tesisleri veri teması ise çevre izleme tesislerinin konumları ve faaliyetleri ile birlikte, yetkili kurum adına ya da yetkili kurum tarafından yapılan emisyon, çevresel ortam durumu ve diğer ekosistem parametreleri (biyoçeşitlilik, bitki örtüsünün ekolojik durumu vb) ile ilgili gözlem ve ölçümleriyle tanımlanmaktadır (URL-46, 2022).

2.3.1. Grafik Veri Kümesi

Bu çalışmada kullanılan grafik verisi Türkiye il sınırları verisidir. Kullanılan veri internet ortamından indirilmiş olup vektör veri modelindedir. “.shp” formatlı il sınır verisi QGIS 2.18.25 yazılımı kullanılarak açılmış ve daha sonra diğer verilerle işlenmiştir.



Şekil 27. Türkiye il sınırları grafik verisi

2.3.2. Öznitelik Veri Kümesi

İdari sınır verisine ait öznitelik verisi il adlarını içeren metin veri formatındaki ‘İL ADI’ verisidir.

- 2019 ve 2020 yılına ait Türkiye nüfus verisi TÜİK’in Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları’ndan alınmıştır (TÜİK, 2020 ve TÜİK, 2021a). İllere göre nüfus istatistiklerine hem Microsoft Word (.docx) hem de Microsoft Excel (.xlsx) formatında ulaşılabilir. Bu çalışmada ‘.xlsx’ formatında indirilen nüfus verileri, öznitelik tablosuna bağlantı alanı olarak ‘İL ADI’ sütunu kullanılarak, tamsayı (integer) türünde eklenmiştir.
- 2020 yılına ait illere göre elektrik tüketim verileri EPDK tarafından yayınlanan Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporu’ndan elde edilmiştir (EPDK, 2021a). Raporlar ‘.docx’ formatındadır. Rapordan elde edilen her ilin aylık tükettiği elektrik miktarı yeni oluşturulan Excel tablosuna aktarılıp yıllık elektrik tüketim miktarı hesaplanmıştır.

- 2020 yılına ait illere göre doğal gaz tüketim verileri EPDK tarafından yayınlanan Doğal gaz Piyasası Aylık Sektör Raporu'ndan elde edilmiştir (EPDK, 2021b). Raporlar '.docx' formatındadır. Rapordan elde edilen her ilin aylık tükettiği doğal gaz miktarı yeni oluşturulan Excel tablosuna aktarılıp yıllık doğal gaz tüketim miktarı hesaplanmıştır.
- 2019 ve 2020 yılında iller bazında tüketilen katı yakıt verilerine Çevre ve Şehir Bakanlığı tarafından yayınlanan İl Çevre Durum Raporlarından ulaşılmıştır (URL 47 ve 48, 2021). Rapor yıllık verileri içermekte olup '.pdf' formatındadır. Rapordan alınan veriler yeni oluşturulan Excel tablosuna kaydedilerek ilgili hesaplamalarda kullanılmıştır.
- 2020 yılına ait illere göre petrol tüketim verileri EPDK tarafından yayınlanan Petrol Piyasası Aylık Sektör Raporu'ndan elde edilmiştir (EPDK, 2021c). Raporlar '.docx' formatındadır. Rapordan elde edilen her ilin aylık tükettiği türlerine göre petrol miktarı yeni oluşturulan Excel tablosuna aktarılıp yıllık petrol tüketim miktarı hesaplanmıştır.
- 2020 yılına ait illere göre LPG tüketim verileri EPDK tarafından yayınlanan LPG Piyasası Aylık Sektör Raporu'ndan elde edilmiştir (EPDK, 2021d). Raporlar '.docx' formatındadır. Rapordan elde edilen her ilin aylık tükettiği LPG miktarı yeni oluşturulan Excel tablosuna aktarılıp yıllık LPG tüketim miktarı hesaplanmıştır.

Ayrı ayrı hesaplanan tüketim verileri toplanarak ve gerekli hesaplamalar yapılarak Excel'de illere göre toplam karbon salınım miktarları bulunmuş ve öznitelik tablosuna bağlantı alanı olarak 'İL ADI' sütunu kullanılarak, ondalık sayı formatında bağlanmıştır.

2.4. Kullanılacak Veriler ve Veri Toplama Aşaması

Bu çalışmada verilere ulaşma güçlüğünden dolayı şehir sınırları içerisinde bulunan kaynaklar tarafından yapılan doğrudan sera gazı salınımlarını ifade eden Kapsam 1 ve ithal/satın alınan elektrik, ısıtma veya soğutma sistemleri, buhar gibi enerji kaynakları

dolayısıyla şehir içinde oluşan dolaylı sera gazı salınımlarını ifade eden Kapsam 2'ye ait enerji tüketim verileri toplanmıştır.

2.4.1. Elektrik Tüketim Verisi

2020 yılı elektrik tüketim verilerinin elde edilmesinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun aylık ve yıllık sektör raporlarından yararlanılmıştır (EPDK, 2021a). Aylık sektör raporlarında her ilin o aya ait faturalanan elektrik tüketim miktarı ve bu tüketimin aydınlatma, mesken, sanayi, tarımsal sulama ve ticarethane türlerine göre dağılımı bulunmaktadır. Yıllık sektör raporundan ise tüm yıla ait faturalanan tüketimin illere göre dağılımına ulaşılabilmektedir.

Tablo 1. 2020 yılı faturalanan elektrik tüketimin illere göre dağılımı (Megawatt-saat) (EPDK, 2021a)

İLLER	TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (MWh)	İLLER	TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (MWh)	İLLER	TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (MWh)
Adana	7.152.233,38	Edirne	1.027.479,40	Malatya	1.620.659,13
Adıyaman	1.200.929,99	Elazığ	1.250.648,69	Manisa	4.309.129,64
Afyonkarahisar	1.886.172,57	Erzincan	634.339,51	Mardin	2.038.947,29
Ağrı	488.145,82	Erzurum	893.633,87	Mersin	5.032.384,92
Aksaray	1.135.282,06	Eskişehir	3.033.934,90	Muğla	3.199.645,16
Amasya	604.734,83	Gaziantep	8.153.338,13	Muş	401.336,11
Ankara	14.099.402,64	Giresun	699.024,51	Nevşehir	764.513,59
Antalya	7.521.320,37	Gümüşhane	374.999,06	Niğde	1.242.426,63
Ardahan	130.666,37	Hakkari	286.384,82	Ordu	1.290.030,34
Artvin	441.803,45	Hatay	4.688.809,62	Osmaniye	4.048.250,84
Aydın	2.731.105,66	Iğdır	206.595,15	Rize	745.654,82
Balıkesir	3.482.514,92	İsparta	976.102,75	Sakarya	3.779.110,38
Bartın	666.283,22	İstanbul	38.487.633,35	Samsun	3.234.075,52
Batman	904.625,41	İzmir	15.238.973,00	Siirt	453.216,16
Bayburt	103.415,28	Kahramanmaraş	3.782.632,37	Sinop	375.012,24
Bilecik	2.027.587,46	Karabük	590.448,71	Sivas	1.272.256,30
Bingöl	303.740,40	Karaman	885.767,31	Şanlıurfa	5.350.457,55
Bitlis	365.671,20	Kars	319.354,08	Şırnak	644.324,60
Bolu	1.082.602,02	Kastamonu	1.038.918,89	Tekirdağ	7.158.109,70
Burdur	847.753,77	Kayseri	3.821.507,98	Tokat	863.976,43
Bursa	11.383.657,75	Kırıkkale	546.870,99	Trabzon	1.468.066,51
Çanakkale	2.761.636,28	Kırklareli	2.077.281,84	Tunceli	127.584,85
Çankırı	514.466,04	Kırşehir	431.521,18	Uşak	1.790.708,05

Tablo 1'in devamı

Çorum	845.249,19	Kilis	490.723,02	Van	1.048.382,02
Denizli	3.434.409,80	Kocaeli	10.180.000,79	Yalova	758.130,24
Diyarbakır	2.858.333,07	Konya	6.853.342,71	Yozgat	706.857,54
Düzce	989.702,75	Kütahya	1.594.982,71	Zonguldak	1.185.105,80
GENEL TOPLAM: 233.437.047,40					

2.4.2. Doğal Gaz Tüketim Verisi

2020 yılı doğal gaz tüketim verilerinin elde edilmesinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun aylık ve yıllık sektör raporlarından yararlanılmıştır (EPDK, 2021b). Aylık sektör raporlarında her ilin o aya ait doğal gaz satışlarının şirketlere ve sektörlerimize göre ayrıntılı dağılımı yer almaktadır. Yıllık sektör raporundan ise tüm iller bazında 2020 yılı doğal gaz satışlarının şirketlere ve sektörlerimize göre ayrıntılı dağılımına ulaşılabilmektedir.

Tablo 2. 2020 yılı il bazında doğal gaz tüketim miktarı (Standart metre³) (EPDK, 2021b)

İLLER	TOPLAM DOĞAL GAZ TÜKETİMİ (Sm ³)	İLLER	TOPLAM DOĞAL GAZ TÜKETİMİ (Sm ³)	İLLER	TOPLAM DOĞAL GAZ TÜKETİMİ (Sm ³)
Adana	564.784.469,32	Edirne	96.841.778,02	Malatya	282.588.315,12
Adıyaman	97.400.499,43	Elazığ	189.303.808,87	Manisa	622.086.325,54
Afyonkarahisar	167.562.431,23	Erzincan	71.940.129,22	Mardin	156.518.700,02
Ağrı	42.226.526,84	Erzurum	296.223.798,91	Mersin	714.112.750,94
Aksaray	153.576.977,44	Eskişehir	950.090.872,67	Muğla	73.882.698,82
Amasya	115.765.791,79	Gaziantep	712.540.264,32	Muş	37.592.022,74
Ankara	3.710.560.231,04	Giresun	47.285.172,56	Nevşehir	84.056.781,11
Antalya	764.160.250,34	Gümüşhane	28.357.718,18	Niğde	105.386.335,07
Ardahan	19.113.569,33	Hakkari	4.053.310,26	Ordu	131.076.516,11
Artvin	3.579.569,40	Hatay	1.177.021.858,06	Osmaniye	237.333.997,67
Aydın	159.608.250,28	İğdır	27.485.864,78	Rize	97.491.175,69
Balıkesir	1.886.778.886,77	Isparta	146.775.070,95	Sakarya	570.057.402,25
Bartın	68.876.986,30	İstanbul	7.610.397.911,55	Samsun	1.581.525.615,45
Batman	106.671.475,39	İzmir	3.905.666.253,04	Siirt	35.367.441,91
Bayburt	22.321.555,63	Kahramanmaraş	382.320.100,60	Sinop	25.076.113,93
Bilecik	526.901.532,57	Karabük	164.533.763,92	Sivas	257.507.605,51
Bingöl	35.318.843,83	Karaman	126.889.577,15	Şanlıurfa	189.274.407,85
Bitlis	33.527.920,66	Kars	61.289.633,48	Şırnak	3.711.816,77
Bolu	180.533.917,26	Kastamonu	91.376.028,36	Tekirdağ	1.542.333.700,05
Burdur	81.901.907,52	Kayseri	696.312.365,83	Tokat	148.723.192,92
Bursa	3.050.722.326,85	Kırkkale	1.981.359.153,07	Trabzon	129.214.939,20
Çanakkale	386.836.398,24	Kırklareli	1.387.572.611,75	Tunceli	8.736.044,97
Çankırı	92.720.307,30	Kırşehir	91.960.368,42	Uşak	226.327.454,87
Çorum	186.823.101,40	Kilis	24.257.669,81	Van	143.737.685,43

Tablo 2'nin devamı

Denizli	1.252.583.885,04	Kocaeli	3.544.140.523,72	Yalova	179.363.456,14
Diyarbakır	248.201.966,69	Konya	910.472.941,35	Yozgat	136.356.454,32
Düzce	253.163.859,94	Kütahya	455.451.942,28	Zonguldak	607.188.961,46
GENEL TOPLAM: 47.720.771.840,82					

2.4.3. Katı Yakıt Tüketim Verisi

Katı yakıtların yerli kömür, ithal kömür, kok kömürü, odun, petrol koku, antrasit, linyit, koklaşabilir taş kömürü gibi çeşitleri vardır ve bu çeşitlerin hepsi karbon ayak izini farklı miktarlarda etkiler. Bu yüzden karbon ayak izi hesaplaması yapılırken bu çeşitlerin her birinin ayrı ayrı tüketim miktarları bilinmelidir.

İllere ait katı yakıt tüketim miktarlarına Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yıllık bazda yayınladığı İl Çevre Durum Raporları'ndan ulaşılabilmektedir (URL 47 ve 48, 2021). Ancak bu raporlar her il için farklı şekilde hazırlanmıştır. Örneğin bazı illerde katı yakıt tüketimi cinslere göre ayrılmışken bazılarında cins belirtilmemiştir. Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Kahramanmaraş ve Yalova illeri içinse veri yayınlanmamıştır. Bu yüzden daha sağlıklı bir sonuç elde edebilmek için bu çalışmada sadece yerli ve ithal kömür tüketimi dikkate alınmıştır. Özellikle cinsi belirtilmeyen katı yakıtlar kömür olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bu tezin yazım aşamasında tüm iller için 2020 yılı raporları yayınlanmadığından bazı illerde 2019 verisi kullanılmıştır. Daha sonra hesaplama aşamasında 2019 yılına göre hesaplanan katı yakıt emisyon miktarı nüfus ile oranlanarak tahmini 2020 yılı verilerine ulaşılmıştır.

Tablo 3. 2020 yılı illere göre katı yakıt tüketim miktarı (ton) (URL 47 ve 48, 2021)

İLLER	TOPLAM KÖMÜR TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM KÖMÜR TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM KÖMÜR TÜKETİMİ (TON)
Adana (2019)	1.287.113,54	Edirne (2019)	97.331,77	Malatya (2020)	95.560,00
Adıyaman (2019)	349,11	Elazığ	Veri yok.	Manisa (2020)	8.610.535,00
Afyonkarahisar (2020)	93.520,43	Erzincan (2020)	43.702,41	Mardin (2020)	47.146,01
Ağrı (2020)	276.405,06	Erzurum (2020)	283.126,05	Mersin (2019)	826.754,11
Aksaray (2019)	4.087,42	Eskişehir (2020)	258.817,73	Muğla (2019)	14.304.467,39
Amasya (2020)	616.755,44	Gaziantep (2019)	1.827.693,04	Muş (2019)	134.221,20
Ankara (2020)	1.208.793,13	Giresun (2020)	347.821,93	Nevşehir (2019)	38.537,00
Antalya (2020)	21.211.275,66	Gümüşhane (2020)	624.266,76	Niğde (2020)	39.258,00
Ardahan (2020)	27.772,89	Hakkari (2019)	77,29	Ordu (2019)	122.854,00
Artvin (2019)	9.600,03	Hatay (2020)	1.528.270,77	Osmaniye (2020)	339.394,00
Aydın (2019)	208.565,88	Iğdır (2019)	25.836,78	Rize (2020)	126.595,58
Balıkesir (2020)	38.200.655,61	Isparta (2020)	13.141.201,35	Sakarya (2019)	69.264,30
Bartın (2020)	367,76	İstanbul (2019)	408.169,15	Samsun (2019)	156.514,00
Batman (2019)	54.658,50	İzmir (2020)	47.034,35	Siirt (2019)	9.868,60
Bayburt (2020)	7.714,63	Kahramanmaraş	Veri yok.	Sinop (2019)	4.250,00
Bilecik (2019)	51.799,91	Karabük (2019)	120.751,37	Sivas (2019)	7.161.544,00
Bingöl	Veri yok.	Karaman (2020)	157.594,11	Şanlıurfa (2019)	39.505,58
Bitlis (2020)	196.032,54	Kars (2020)	213.884,25	Şırnak (2019)	358.700,00
Bolu (2020)	128.723,70	Kastamonu (2019)	125.164,55	Tekirdağ (2019)	2.144.024,21
Burdur (2020)	624.683,10	Kayseri (2020)	289.505,97	Tokat (2020)	229.405,52
Bursa (2020)	1.465.503,00	Kırıkkale (2020)	59.916,95	Trabzon (2020)	1.982.181,00
Çanakkale (2020)	478.829,88	Kırklareli (2020)	114.804,27	Tunceli (2020)	1.591,00
Çankırı (2020)	643.341,99	Kırşehir (2020)	17.569,45	Uşak (2020)	52.123,68
Çorum (2020)	257.793,04	Kilis (2019)	3.366,72	Van (2019)	623.250,00
Denizli (2019)	287.496,51	Kocaeli (2020)	3.115.814,57	Yalova	Veri yok.
Diyarbakır	Veri yok.	Konya (2020)	1.098.480,24	Yozgat (2020)	560.000,00
Düzce (2020)	46.290,54	Kütahya (2019)	22.772.280,89	Zonguldak (2020)	8.578.123,23
GENEL TOPLAM: 87.946.891,46					

2.4.4. Petrol Tüketim Verisi

2020 yılı petrol tüketim verilerinin temin edilmesinde Enerji Piyasası Düzenleme kurumunun aylık ve yıllık sektör raporlarından faydalanılmıştır (EPDK, 2021c). Bu raporlarda petrol ürünleri benzin, motorin ve fuel-oil olarak ayrılmıştır ve her il için tüketim miktarları Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 4. 2020 yılı illere göre benzin tüketim miktarı (ton) (EPDK, 2021c)

İLLER	TOPLAM BENZİN TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM BENZİN TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM BENZİN TÜKETİMİ (TON)
Adana	53.056,40	Edirne	21.124,28	Malatya	16.554,47
Adıyaman	8.470,34	Elazığ	12.028,89	Manisa	46.731,11
Afyonkarahisar	20.556,19	Erzincan	6.438,41	Mardin	7.891,36
Ağrı	4.284,62	Erzurum	14.560,74	Mersin	54.662,34
Aksaray	11.222,71	Eskişehir	27.738,39	Muğla	67.157,84
Amasya	8.599,89	Gaziantep	41.257,00	Muş	2.904,99
Ankara	195.022,94	Giresun	11.231,29	Nevşehir	8.013,19
Antalya	96.026,38	Gümüşhane	2.661,12	Niğde	7.618,05
Ardahan	1.929,64	Hakkari	1.891,81	Ordu	17.215,16
Artvin	4.707,52	Hatay	38.673,51	Osmaniye	10.554,06
Aydın	43.002,55	Iğdır	2.998,05	Rize	8.260,52
Balıkesir	53.798,32	Isparta	13.478,96	Sakarya	32.256,61
Bartın	5.384,34	İstanbul	504.360,16	Samsun	30.969,96
Batman	5.764,18	İzmir	146.562,09	Siirt	2.383,43
Bayburt	1.435,11	Kahramanmaraş	21.406,61	Sinop	5.742,16
Bilecik	6.995,99	Karabük	6.580,25	Sivas	13.507,03
Bingöl	3.004,71	Karaman	5.249,37	Şanlıurfa	23.203,48
Bitlis	3.194,07	Kars	4.556,19	Şırnak	2.723,10
Bolu	17.011,92	Kastamonu	11.368,63	Tekirdağ	41.324,19
Burdur	8.349,18	Kayseri	35.887,63	Tokat	12.583,78
Bursa	109.684,96	Kırkkale	8.002,98	Trabzon	19.057,55
Çanakkale	27.439,05	Kırklareli	17.602,00	Tunceli	1.518,13
Çankırı	5.189,71	Kırşehir	5.439,31	Uşak	10.288,42
Çorum	12.601,37	Kilis	3.949,44	Van	10.523,28
Denizli	30.758,27	Kocaeli	72.509,31	Yalova	10.910,99
Diyarbakır	19.027,91	Konya	49.016,91	Yozgat	7.531,50
Düzce	13.830,97	Kütahya	14.204,86	Zonguldak	14.607,27
GENEL TOPLAM: 2.357.821,39					

Tablo 5. 2020 yılı illere göre motorin tüketim miktarı (ton) (EPDK, 2021c)

İLLER	TOPLAM MOTORİN TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM MOTORİN TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM MOTORİN TÜKETİMİ (TON)
Adana	634.427,40	Edirne	547.144,71	Malatya	157.747,63
Adıyaman	136.963,75	Elazığ	143.801,78	Manisa	622.217,60
Afyonkarahisar	369.193,00	Erzincan	74.330,19	Mardin	180.497,99
Ağrı	77.295,50	Erzurum	148.120,54	Mersin	870.419,09
Aksaray	202.205,89	Eskişehir	350.124,74	Muğla	347.804,13
Amasya	130.181,89	Gaziantep	616.059,90	Muş	49.753,41
Ankara	2.003.408,06	Giresun	122.052,88	Nevşehir	137.518,80
Antalya	669.137,06	Gümüşhane	31.380,60	Niğde	244.317,31
Ardahan	110.365,23	Hakkari	27.293,17	Ordu	151.840,11
Artvin	58.405,71	Hatay	450.376,15	Osmaniye	125.730,23
Aydın	598.275,77	Iğdır	38.324,15	Rize	87.108,79
Balıkesir	475.871,24	Isparta	107.700,47	Sakarya	377.624,11
Bartın	34.626,63	İstanbul	3.214.859,42	Samsun	473.275,88
Batman	207.583,50	İzmir	1.226.795,33	Siirt	79.409,51
Bayburt	16.781,29	Kahramanmaraş	227.534,23	Sinop	42.539,64
Bilecik	86.862,76	Karabük	144.714,52	Sivas	162.100,83
Bingöl	39.211,05	Karaman	62.949,99	Şanlıurfa	316.860,65
Bitlis	92.495,45	Kars	50.144,81	Şırnak	119.056,00
Bolu	185.020,57	Kastamonu	153.047,93	Tekirdağ	396.692,49
Burdur	162.091,34	Kayseri	364.394,78	Tokat	160.978,72
Bursa	896.718,10	Kırıkkale	204.416,18	Trabzon	199.546,10
Çanakkale	212.290,62	Kırklareli	177.623,16	Tunceli	15.844,13
Çankırı	149.836,53	Kırşehir	54.733,16	Uşak	142.033,31
Çorum	202.467,46	Kilis	24.440,35	Van	157.738,59
Denizli	633.699,81	Kocaeli	782.189,75	Yalova	87.177,79
Diyarbakır	226.496,21	Konya	855.904,85	Yozgat	147.931,52
Düzce	134.116,44	Kütahya	266.987,45	Zonguldak	118.879,86
GENEL TOPLAM: 25.186.117,63					

Tablo 6. 2020 yılı illere göre fuel-oil tüketim miktarı (ton) (EPDK, 2021c)

İLLER	TOPLAM FUEL-OİL TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM FUEL-OİL TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM FUEL-OİL TÜKETİMİ (TON)
Adana	6.614,39	Edirne	1.182,30	Malatya	488,32
Adıyaman	33,44	Elazığ	9.181,47	Manisa	6.558,48
Afyonkarahisar	677,61	Erzincan	240,92	Mardin	1.132,82
Ağrı	76,88	Erzurum	715,92	Mersin	5.455,14
Aksaray	457,20	Eskişehir	4.118,72	Muğla	11.207,32
Amasya	379,98	Gaziantep	9.989,88	Muş	231,82
Ankara	101.016,66	Giresun	44,56	Nevşehir	172,16
Antalya	7.567,40	Gümüşhane	0,00	Niğde	2.064,64
Ardahan	39,42	Hakkari	623,48	Ordu	571,32
Artvin	0,00	Hatay	684,58	Osmaniye	44,10
Aydın	5.964,32	İğdır	240,76	Rize	49,48
Balıkesir	3.788,52	İsparta	2.496,22	Sakarya	1.293,38
Bartın	576,84	İstanbul	16.268,62	Samsun	3.455,20
Batman	8.763,05	İzmir	4.021,08	Siirt	712,98
Bayburt	0,00	Kahramanmaraş	14.562,70	Sinop	522,76
Bilecik	323,72	Karabük	2.584,56	Sivas	1.940,42
Bingöl	264,30	Karaman	71,56	Şanlıurfa	564,64
Bitlis	140,60	Kars	2.974,38	Şırnak	542,96
Bolu	623,30	Kastamonu	677,10	Tekirdağ	856,14
Burdur	470,72	Kayseri	1.036,28	Tokat	476,06
Bursa	7.701,72	Kırıkkale	1.944,80	Trabzon	3.043,44
Çanakkale	9.045,50	Kırklareli	3.666,60	Tunceli	549,80
Çankırı	470,05	Kırşehir	0,00	Uşak	996,52
Çorum	258,40	Kilis	103,52	Van	9.222,06
Denizli	2.532,98	Kocaeli	1.440,19	Yalova	0,00
Diyarbakır	5.151,32	Konya	7.209,26	Yozgat	583,26
Düzce	282,65	Kütahya	3.808,60	Zonguldak	1.206,98
GENEL TOPLAM: 307.051,23					

2.4.5. Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketim Verileri

2020 yılı LPG verilerinin elde edilmesinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun yayınlamış olduğu aylık ve yıllık sektör raporlarından faydalanılmıştır (EPDK, 2021d). Bu raporlarda LPG tüketiminin dağıtıcılara ve tüplü, dökme, otogaz türlerine göre dağılımı ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Tablo 7. 2020 yılı illere göre LPG tüketim miktarı (ton) (EPDK, 2021d)

İLLER	TOPLAM LPG TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM LPG TÜKETİMİ (TON)	İLLER	TOPLAM LPG TÜKETİMİ (TON)
Adana	129.547,52	Edirne	19.311,00	Malatya	38.422,12
Adıyaman	33.357,38	Elazığ	27.004,65	Manisa	100.053,37
Afyonkarahisar	54.240,85	Erzincan	11.810,92	Mardin	17.920,49
Ağrı	11.085,33	Erzurum	25.567,70	Mersin	114.971,87
Aksaray	28.207,31	Eskişehir	40.191,95	Muğla	76.720,29
Amasya	25.757,70	Gaziantep	89.303,58	Muş	9.471,21
Ankara	354.417,67	Giresun	24.337,32	Nevşehir	20.823,96
Antalya	150.404,33	Gümüşhane	5.095,43	Niğde	22.086,07
Ardahan	3.297,70	Hakkari	4.142,82	Ordu	37.918,49
Artvin	6.681,76	Hatay	82.169,72	Osmaniye	40.085,18
Aydın	70.528,53	Iğdır	3.857,74	Rize	13.561,47
Balıkesir	75.351,46	Isparta	27.986,12	Sakarya	76.144,72
Bartın	12.732,79	İstanbul	299.545,96	Samsun	68.392,11
Batman	11.216,30	İzmir	214.290,04	Siirt	6.517,15
Bayburt	3.057,34	Kahramanmaraş	78.991,98	Sinop	13.354,20
Bilecik	11.699,72	Karabük	14.886,88	Sivas	33.812,36
Bingöl	6.581,42	Karaman	15.266,00	Şanlıurfa	92.951,83
Bitlis	8.824,54	Kars	6.603,46	Şırnak	6.797,57
Bolu	25.588,45	Kastamonu	27.284,26	Tekirdağ	51.445,92
Burdur	22.179,47	Kayseri	88.702,85	Tokat	33.005,14
Bursa	111.275,61	Kırıkkale	29.822,52	Trabzon	31.883,07
Çanakkale	27.508,55	Kırklareli	16.385,00	Tunceli	2.695,61
Çankırı	12.732,12	Kırşehir	16.389,88	Uşak	25.156,52
Çorum	39.501,71	Kilis	6.868,25	Van	23.565,43
Denizli	70.818,50	Kocaeli	90.009,83	Yalova	10.081,92
Diyarbakır	45.690,31	Konya	144.939,63	Yozgat	30.955,69
Düzce	27.990,58	Kütahya	39.644,95	Zonguldak	32.625,68
GENEL TOPLAM: 3.862.104,80					

2.4.6. Nüfus Verisi

2019 ve 2020 yılı nüfus verilerine TÜİK'in her sene yayınladığı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarından ulaşılmıştır (TÜİK, 2020 ve TÜİK, 2021a). TÜİK'in web sayfasında bulunan İstatistik Veri Portalı'nın Nüfus ve Demografi bölümü aracılığıyla sorgulanmak istenen düzeylere göre standartlara uygun şekilde sunulan nüfus verisi görüntülenebilir ve indirilebilir (URL-49, 2021).

Tablo 8. 2019 ve 2020 yılı illere göre nüfus (TÜİK, 2020) (TÜİK, 2021a)

İLLER	2019 YILI NÜFUSU	2020 YILI NÜFUSU	İLLER	2019 YILI NÜFUSU	2020 YILI NÜFUSU
Adana	2.237.940	2.258.718	Karaman	253.279	254.919
Adıyaman	626.465	632.459	Kars	285.410	284.923
Afyonkarahisar	729.483	736.912	Kastamonu	379.405	376.377
Ağrı	536.199	535.435	Kayseri	1.407.409	1.421.455
Aksaray	416.367	423.011	Kırıkkale	283.017	278.703
Amasya	337.800	335.494	Kırklareli	361.836	361.737
Ankara	5.639.076	5.663.322	Kırşehir	242.938	243.042
Antalya	2.511.700	2.548.308	Kilis	142.490	142.792
Ardahan	97.319	96.161	Kocaeli	1.953.035	1.997.258
Artvin	170.875	169.501	Konya	2.232.374	2.250.020
Aydın	1.110.972	1.119.084	Kütahya	579.257	576.688
Balıkesir	1.228.620	1.240.285	Malatya	800.165	806.156
Bartın	198.249	198.979	Manisa	1.440.611	1.450.616
Batman	608.659	620.278	Mardin	838.778	854.716
Bayburt	84.843	81.910	Mersin	1.840.425	1.868.757
Bilecik	219.427	218.717	Muğla	983.142	1.000.773
Bingöl	279.812	281.768	Muş	408.809	411.117
Bitlis	348.115	350.994	Nevşehir	303.010	304.962
Bolu	316.126	314.802	Niğde	362.861	362.071
Burdur	270.796	267.092	Ordu	754.198	761.400
Bursa	3.056.120	3.101.833	Osmaniye	538.759	548.556
Çanakkale	542.157	541.548	Rize	343.212	344.359
Çankırı	195.789	192.428	Sakarya	1.029.650	1.042.649
Çorum	530.864	530.126	Samsun	1.348.542	1.356.079
Denizli	1.037.208	1.040.915	Muğla	983.142	1.000.773
Diyarbakır	1.756.353	1.783.431	Muş	408.809	411.117
Düzce	392.166	395.679	Nevşehir	303.010	304.962
Edirne	413.903	407.763	Niğde	362.861	362.071
Elazığ	591.098	587.960	Siirt	330.280	331.070
Erzincan	234.747	234.431	Sinop	218.243	216.460
Erzurum	762.062	758.279	Sivas	638.956	635.889
Eskişehir	887.475	888.828	Şanlıurfa	2.073.614	2.115.256
Gaziantep	2.069.364	2.101.157	Şırnak	529.615	537.762
Giresun	448.400	448.721	Tekirdağ	1.055.412	1.081.065
Gümüşhane	164.521	141.702	Tokat	612.747	597.861
Hakkari	280.991	280.514	Trabzon	808.974	811.901
Hatay	1.628.894	1.659.320	Tunceli	84.660	83.443
Iğdır	199.442	201.314	Uşak	370.509	369.433
Isparta	444.914	440.304	Van	1.136.757	1.149.342
İstanbul	15.519.267	15.462.452	Yalova	270.976	276.050
İzmir	4.367.251	4.394.694	Yozgat	421.200	419.095
Kahramanmaraş	1.154.102	1.168.163	Zonguldak	596.053	591.204
Karabük	248.458	243.614			

2.4.7. İdari Sınır Verisi

İdari sınır verisi olarak Türkiye'nin mülki idari il sınır haritası kullanılmıştır. Harita Genel Müdürlüğünün ücretsiz olarak yayınladığı Türkiye mülki idari sınırları verisi ilgili kaynaktan “rar” dosyası şeklinde indirilmiştir (URL-50, 2021). Dosyanın içinde ülke sınırı, il sınırı ve ilçe sınırı vektör verileri “ESRI shp” formatında bulunmaktadır. Bu veriler CBS kaynaklı yazılım yardımıyla açılarak işlenmiştir.

2.5. Karbon Salınımı Hesaplamalarının Yapılması

Karbon ayak izi, sera gazı emisyonlarının (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs ve SF₆) CO₂ cinsinden hesaplanmış miktarları ile ifade edilmektedir. Karbondioksitin %76'lık oran ile sera gazı emisyonları arasında en büyük paya sahip olması ve karbondioksit emisyonunun doğrudan yakıtın yanmasıyla ilgili olduğu için daha kesin hesaplanabilmesi nedeniyle bu çalışmada sadece karbondioksit salınımına bağlı karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır (URL-14, 2020 ve Binboğa ve Ünal, 2018).

IPCC'nin 2006 tarihli Ulusal Sera Gazı Envanteri İçin Yönergeler kılavuzunda sera gazı emisyonunun hesaplanmasında kullanılmak üzere Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımları açıklanmıştır (IPCC, 2006). Tier seviyesi arttıkça hesaplamalarda kullanılan verilerin miktarı ve yöntemin karmaşıklığı artmaktadır (Bıyık ve Civelekoğlu, 2020).

- Tier 1: Tüketilen yakıt miktarı ve yakıt türüne göre belirlenmiş standart emisyon faktörü kullanılarak yapılan hesaplamalardır.
- Tier 2: Tüketilen yakıt miktarı ve ülkeden ülkeye değişen yanma teknolojisi, çalışma koşulları, kontrol teknolojisi, bakım kalitesi ve yakıt yakarken kullanılan ekipmanın yaşının farklı olması gibi özelliklere göre belirlenmiş ülkeye özgü emisyon faktörü kullanılarak yapılan hesaplamalardır (Binboğa ve Ünal, 2018).
- Tier 3: Yakma tesislerinin ısıl güçleri, beslenme tipi gibi daha detaylı veri ve uzmanlık gerektiren hesaplamalardır (Türkay, 2018).

Bu çalışmada, hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörü uluslararası standartlara göre belirlenmişse Tier 1, Türkiye'ye özgü koşullar dikkate alınarak belirlenmişse Tier 2 yaklaşımı kullanılmıştır. IPCC (2006) kılavuzu rehberliğinde tüm hesaplamalarda:

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = \text{Tüketim Miktarı} \times \text{Emisyon Faktörü} \quad (1)$$

formülü esas alınmıştır. Sonuç CO₂ Emisyonu, tCO₂e/Yıl cinsinden bulunmuştur. Tüketim verilerinden birimi enerji birimi olmayanlara net kalorifik değer kullanılarak birim dönüşümü yapılmıştır (Pekin, 2006). Hesaplamaların detayı alt başlıklarda gösterilmiştir.

Tablo 9. Hesaplamalarda kullanılan TIER yaklaşımları, emisyon faktörleri ve net kalorifik değerler

VERİ	BİRİM	EMİSYON FAKTÖRÜ	NET KALORİFİK DEĞER	TIER
Elektrik	MWh	0,6993 ton CO ₂ e/MWh	-	2
Doğal gaz	Sm ³	0,202 kilogram CO ₂ e/kilowatt-saat	9,59 kWh/m ³	2
Katı Yakıt (Kömür)	Ton	0,390 kg CO ₂ e/kWh	7,09 kWh/kg	2
Benzin	Ton	69,30 ton CO ₂ e/Terajoule	44,30 TJ/Gigagram	1
Motorin	Ton	74,10 t CO ₂ e/TJ	43,00 TJ/Gg	1
Fuel-Oil	Ton	77,4 t CO ₂ e/TJ	40,40 TJ/Gg	1
LPG	Ton	63,1 t CO ₂ e/TJ	47,30 TJ/Gg	1

2.5.1. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplaması

Elektrik tüketim verisi MWh enerji biriminde olduğundan dolayı herhangi bir dönüşüm yapılmasına gerek olmaksızın

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{e/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (MWh)} \times \text{Emisyon Faktörü (t CO}_2\text{e/MWh)} \quad (2)$$

formülü kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Emisyon faktörü, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi tarafından yayımlanan Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Bilgi Formu'ndan alınmıştır (URL-51, 2021). Formül yardımıyla hesaplanan elektrik tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. İllere göre 2020 yılı elektrik tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	Elektrik Tüketimi (MWh)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /MWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Adana	7.152.233,38	0,6993	5.001.556,80
Adıyaman	1.200.929,99	0,6993	839.810,34
Afyonkarahisar	1.886.172,57	0,6993	1.319.000,48
Ağrı	488.145,82	0,6993	341.360,37
Aksaray	1.135.282,06	0,6993	793.902,74
Amasya	604.734,83	0,6993	422.891,07
Ankara	14.099.402,64	0,6993	9.859.712,27
Antalya	7.521.320,37	0,6993	5.259.659,33
Ardahan	130.666,37	0,6993	91.374,99
Artvin	441.803,45	0,6993	308.953,15
Aydın	2.731.105,66	0,6993	1.909.862,19
Balıkesir	3.482.514,92	0,6993	2.435.322,68
Bartın	666.283,22	0,6993	465.931,86
Batman	904.625,41	0,6993	632.604,55
Bayburt	103.415,28	0,6993	72.318,31
Bilecik	2.027.587,46	0,6993	1.417.891,91
Bingöl	303.740,40	0,6993	212.405,66
Bitlis	365.671,20	0,6993	255.713,87
Bolu	1.082.602,02	0,6993	757.063,59
Burdur	847.753,77	0,6993	592.834,21
Bursa	11.383.657,75	0,6993	7.960.591,86
Çanakkale	2.761.636,28	0,6993	1.931.212,25
Çankırı	514.466,04	0,6993	359.766,10
Çorum	845.249,19	0,6993	591.082,76
Denizli	3.434.409,80	0,6993	2.401.682,77
Diyarbakır	2.858.333,07	0,6993	1.998.832,32
Düzce	989.702,75	0,6993	692.099,13
Edirne	1.027.479,40	0,6993	718.516,34
Elazığ	1.250.648,69	0,6993	874.578,63
Erzincan	634.339,51	0,6993	443.593,62
Erzurum	893.633,87	0,6993	624.918,17
Eskişehir	3.033.934,90	0,6993	2.121.630,68
Gaziantep	8.153.338,13	0,6993	5.701.629,35
Giresun	699.024,51	0,6993	488.827,84
Gümüşhane	374.999,06	0,6993	262.236,84
Hakkari	286.384,82	0,6993	200.268,90
Hatay	4.688.809,62	0,6993	3.278.884,57
Iğdır	206.595,15	0,6993	144.471,99
Isparta	976.102,75	0,6993	682.588,65
İstanbul	38.487.633,35	0,6993	26.914.402,00
İzmir	15.238.973,00	0,6993	10.656.613,82

Tablo 10'un devamı

İller	Elektrik Tüketimi (MWh)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/MWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Kahramanmaraş	3.782.632,37	0,6993	2.645.194,82
Karabük	590.448,71	0,6993	412.900,78
Karaman	885.767,31	0,6993	619.417,08
Kars	319.354,08	0,6993	223.324,31
Kastamonu	1.038.918,89	0,6993	726.515,98
Kayseri	3.821.507,98	0,6993	2.672.380,53
Kırıkkale	546.870,99	0,6993	382.426,88
Kırklareli	2.077.281,84	0,6993	1.452.643,19
Kırşehir	431.521,18	0,6993	301.762,76
Kilis	490.723,02	0,6993	343.162,61
Kocaeli	10.180.000,79	0,6993	7.118.874,55
Konya	6.853.342,71	0,6993	4.792.542,56
Kütahya	1.594.982,71	0,6993	1.115.371,41
Malatya	1.620.659,13	0,6993	1.133.326,93
Manisa	4.309.129,64	0,6993	3.013.374,36
Mardin	2.038.947,29	0,6993	1.425.835,84
Mersin	5.032.384,92	0,6993	3.519.146,77
Muğla	3.199.645,16	0,6993	2.237.511,86
Muş	401.336,11	0,6993	280.654,34
Nevşehir	764.513,59	0,6993	534.624,35
Niğde	1.242.426,63	0,6993	868.828,94
Ordu	1.290.030,34	0,6993	902.118,22
Osmaniye	4.048.250,84	0,6993	2.830.941,81
Rize	745.654,82	0,6993	521.436,42
Sakarya	3.779.110,38	0,6993	2.642.731,89
Samsun	3.234.075,52	0,6993	2.261.589,01
Siirt	453.216,16	0,6993	316.934,06
Sinop	375.012,24	0,6993	262.246,06
Sivas	1.272.256,30	0,6993	889.688,83
Şanlıurfa	5.350.457,55	0,6993	3.741.574,96
Şırnak	644.324,60	0,6993	450.576,19
Tekirdağ	7.158.109,70	0,6993	5.005.666,11
Tokat	863.976,43	0,6993	604.178,72
Trabzon	1.468.066,51	0,6993	1.026.618,91
Tunceli	127.584,85	0,6993	89.220,09
Uşak	1.790.708,05	0,6993	1.252.242,14
Van	1.048.382,02	0,6993	733.133,55
Yalova	758.130,24	0,6993	530.160,48
Yozgat	706.857,54	0,6993	494.305,48
Zonguldak	1.185.105,80	0,6993	828.744,49

2.5.2. Doğal Gaz Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan doğal gaz verisi Sm^3 biriminde olduğundan dolayı ilk adım olarak doğal gaz tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (kWh)} = \text{Yakıt Tüketimi (m}^3) \times \text{Net Kalorifik Değer (kWh/m}^3) \quad (3)$$

formülü ile hesaplanmıştır. 1 Sm^3 , 1 m^3 'e eşit kabul edilmiştir. Net Kalorifik Değer İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sera Gazı Envanteri dokümanında bulunan Tablo B.5'ten alınmıştır (İBB, 2015).

2. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO_2 emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCC) Türkiye 2015 Ulusal Envanter Bildirimi kaynağından alınmıştır (İBB, 2015).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (kg CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (kWh)} \times \text{Emisyon Faktörü (kg CO}_2\text{e/kWh)} \quad (4)$$

3. Birim dönüşümü yapılarak CO_2 Emisyonu ($\text{t CO}_2\text{e/Yıl}$) verisi elde edilmiştir.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{e/Yıl)} = \text{CO}_2 \text{ Emisyonu (kg CO}_2\text{/Yıl)} \times 10^{-3} \quad (5)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan doğal gaz tüketimi kaynaklı CO_2 emisyonu ($\text{t CO}_2\text{e/Yıl}$) verisi Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. İllere göre 2020 yılı doğal gaz tüketimine ait CO_2 emisyonu hesaplanması

İller	Doğal Gaz Tüketimi (Sm^3)	Net Kalorifik Değer (kWh/m^3)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg $\text{CO}_2\text{e/kWh}$)	CO_2 Emisyonu (t $\text{CO}_2\text{e/Yıl}$)
Adana	564.784.469,32	9,59	5.416.283.060,78	0,202	1.094.089,18
Adıyaman	97.400.499,43	9,59	934.070.789,53	0,202	188.682,30
Afyonkarahisar	167.562.431,23	9,59	1.606.923.715,50	0,202	324.598,59

Tablo 11'in devamı

İller	Doğal Gaz Tüketimi (Sm ³)	Net Kalorifik Değer (kWh/m ³)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Ağrı	42.226.526,84	9,59	404.952.392,40	0,202	81.800,38
Aksaray	153.576.977,44	9,59	1.472.803.213,65	0,202	297.506,25
Amasya	115.765.791,79	9,59	1.110.193.943,27	0,202	224.259,18
Ankara	3.710.560.231,04	9,59	35.584.272.615,67	0,202	7.188.023,07
Antalya	764.160.250,34	9,59	7.328.296.800,76	0,202	1.480.315,95
Ardahan	19.113.569,33	9,59	183.299.129,87	0,202	37.026,42
Artvin	3.579.569,40	9,59	34.328.070,55	0,202	6.934,27
Aydın	159.608.250,28	9,59	1.530.643.120,19	0,202	309.189,91
Balıkesir	1.886.778.886,77	9,59	18.094.209.524,12	0,202	3.655.030,32
Bartın	68.876.986,30	9,59	660.530.298,62	0,202	133.427,12
Batman	106.671.475,39	9,59	1.022.979.448,99	0,202	206.641,85
Bayburt	22.321.555,63	9,59	214.063.718,49	0,202	43.240,87
Bilecik	526.901.532,57	9,59	5.052.985.697,35	0,202	1.020.703,11
Bingöl	35.318.843,83	9,59	338.707.712,33	0,202	68.418,96
Bitlis	33.527.920,66	9,59	321.532.759,13	0,202	64.949,62
Bolu	180.533.917,26	9,59	1.731.320.266,52	0,202	349.726,69
Burdur	81.901.907,52	9,59	785.439.293,12	0,202	158.658,74
Bursa	3.050.722.326,85	9,59	29.256.427.114,49	0,202	5.909.798,28
Çanakkale	386.836.398,24	9,59	3.709.761.059,12	0,202	749.371,73
Çankırı	92.720.307,30	9,59	889.187.747,01	0,202	179.615,92
Çorum	186.823.101,40	9,59	1.791.633.542,43	0,202	361.909,98
Denizli	1.252.583.885,04	9,59	12.012.279.457,53	0,202	2.426.480,45
Diyarbakır	248.201.966,69	9,59	2.380.256.860,56	0,202	480.811,89
Düzce	253.163.859,94	9,59	2.427.841.416,82	0,202	490.423,97
Edirne	96.841.778,02	9,59	928.712.651,21	0,202	187.599,96
Elazığ	189.303.808,87	9,59	1.815.423.527,06	0,202	366.715,55
Erzincan	71.940.129,22	9,59	689.905.839,22	0,202	139.360,98
Erzurum	296.223.798,91	9,59	2.840.786.231,55	0,202	573.838,82

Tablo 11'in devamı

İller	Doğal Gaz Tüketimi (Sm ³)	Net Kalorifik Değer (kWh/m ³)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Eskişehir	950.090.872,67	9,59	9.111.371.468,91	0,202	1.840.497,04
Gaziantep	712.540.264,32	9,59	6.833.261.134,83	0,202	1.380.318,75
Giresun	47.285.172,56	9,59	453.464.804,85	0,202	91.599,89
Gümüşhane	28.357.718,18	9,59	271.950.517,35	0,202	54.934,00
Hakkari	4.053.310,26	9,59	38.871.245,39	0,202	7.851,99
Hatay	1.177.021.858,06	9,59	11.287.639.618,80	0,202	2.280.103,20
Iğdır	27.485.864,78	9,59	263.589.443,24	0,202	53.245,07
Isparta	146.775.070,95	9,59	1.407.572.930,41	0,202	284.329,73
İstanbul	7.610.397.911,55	9,59	72.983.715.971,76	0,202	14.742.710,63
İzmir	3.905.666.253,04	9,59	37.455.339.366,65	0,202	7.565.978,55
Kahramanmaraş	382.320.100,60	9,59	3.666.449.764,75	0,202	740.622,85
Karabük	164.533.763,92	9,59	1.577.878.795,99	0,202	318.731,52
Karaman	126.889.577,15	9,59	1.216.871.044,87	0,202	245.807,95
Kars	61.289.633,48	9,59	587.767.585,07	0,202	118.729,05
Kastamonu	91.376.028,36	9,59	876.296.111,97	0,202	177.011,81
Kayseri	696.312.365,83	9,59	6.677.635.588,31	0,202	1.348.882,39
Kırıkkale	1.981.359.153,07	9,59	19.001.234.277,94	0,202	3.838.249,32
Kırklareli	1.387.572.611,75	9,59	13.306.821.346,68	0,202	2.687.977,91
Kırşehir	91.960.368,42	9,59	881.899.933,15	0,202	178.143,79
Kilis	24.257.669,81	9,59	232.631.053,48	0,202	46.991,47
Kocaeli	3.544.140.523,72	9,59	33.988.307.622,47	0,202	6.865.638,14
Konya	910.472.941,35	9,59	8.731.435.507,55	0,202	1.763.749,97
Kütahya	455.451.942,28	9,59	4.367.784.126,47	0,202	882.292,39
Malatya	282.588.315,12	9,59	2.710.021.942,00	0,202	547.424,43
Manisa	622.086.325,54	9,59	5.965.807.861,93	0,202	1.205.093,19
Mardin	156.518.700,02	9,59	1.501.014.333,19	0,202	303.204,90
Mersin	714.112.750,94	9,59	6.848.341.281,51	0,202	1.383.364,94
Muğla	73.882.698,82	9,59	708.535.081,68	0,202	143.124,09

Tablo 11'in devamı

İller	Doğal Gaz Tüketimi (Sm ³)	Net Kalorifik Değer (kWh/m ³)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Muş	37.592.022,74	9,59	360.507.498,08	0,202	72.822,51
Nevşehir	84.056.781,11	9,59	806.104.530,84	0,202	162.833,12
Niğde	105.386.335,07	9,59	1.010.654.953,32	0,202	204.152,30
Ordu	131.076.516,11	9,59	1.257.023.789,49	0,202	253.918,81
Osmaniye	237.333.997,67	9,59	2.276.033.037,66	0,202	459.758,67
Rize	97.491.175,69	9,59	934.940.374,87	0,202	188.857,96
Sakarya	570.057.402,25	9,59	5.466.850.487,58	0,202	1.104.303,80
Samsun	1.581.525.615,45	9,59	15.166.830.652,17	0,202	3.063.699,79
Siirt	35.367.441,91	9,59	339.173.767,92	0,202	68.513,10
Sinop	25.076.113,93	9,59	240.479.932,59	0,202	48.576,95
Sivas	257.507.605,51	9,59	2.469.497.936,84	0,202	498.838,58
Şanlıurfa	189.274.407,85	9,59	1.815.141.571,28	0,202	366.658,60
Şırnak	3.711.816,77	9,59	35.596.322,82	0,202	7.190,46
Tekirdağ	1.542.333.700,05	9,59	14.790.980.183,48	0,202	2.987.778,00
Tokat	148.723.192,92	9,59	1.426.255.420,10	0,202	288.103,59
Trabzon	129.214.939,20	9,59	1.239.171.266,93	0,202	250.312,60
Tunceli	8.736.044,97	9,59	83.778.671,26	0,202	16.923,29
Uşak	226.327.454,87	9,59	2.170.480.292,20	0,202	438.437,02
Van	143.737.685,43	9,59	1.378.444.403,27	0,202	278.445,77
Yalova	179.363.456,14	9,59	1.720.095.544,38	0,202	347.459,30
Yozgat	136.356.454,32	9,59	1.307.658.396,93	0,202	264.147,00
Zonguldak	607.188.961,46	9,59	5.822.942.140,40	0,202	1.176.234,31

2.5.3. Katı Yakıt (Kömür) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan kömür tüketimi verisi hesaplamaların doğru şekilde yapılabilmesi için ton biriminden kilogram birimine çevrilmiştir.

$$\text{Yakıt Tüketimi (kg)} = \text{Yakıt Tüketimi (ton)} \times 10^3 \quad (6)$$

2. Kömür tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (kWh)} = \text{Yakıt Tüketimi (kg)} \times \text{Net Kalorifik Değer (kWh/kg)} \quad (7)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Net Kalorifik Değer İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sera Gazı Envanteri dokümanında bulunan Tablo B.5'ten alınmıştır (İBB, 2015).

3. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO₂ Emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Türkiye 2015 Ulusal Envanter Bildirimi kaynağından alınmıştır (İBB, 2015).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (kg CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (kWh)} \times \text{Emisyon Faktörü (kg CO}_2\text{e/kWh)} \quad (8)$$

4. Birim dönüşümü yapılarak CO₂ Emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi elde edilmiştir.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{e/Yıl)} = \text{CO}_2 \text{ Emisyonu (kg CO}_2\text{/Yıl)} \times 10^{-3} \quad (9)$$

5. Veri eksikliğinden dolayı bazı illere ait kömür tüketim verisi 2019 yılına aittir. Bu şehirlerde elde edilen 2019 CO₂ Emisyonu, nüfus ile oranlanarak tahmini 2020 emisyon verisine ulaşılmıştır.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{e/2020)} = (\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{e/2019)} \times \text{2020 Nüfusu}) / \text{2019 Nüfusu} \quad (10)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan katı yakıt (kömür) tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. İllere göre 2020 yılı kömür tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	Kömür Tüketimi (kg)	Net Kalorifik Değer (kWh/kg)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2019)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2020)
Adana (2019)	461.203.340	7,09	3.269.931.680,60	0,39	1.275.273,36	1.287.113,54
Adıyaman (2019)	125.058	7,09	886.661,22	0,39	345,80	349,11
Afyonkarahisar (2020)	33.480.750	7,09	237.378.517,50	0,39	92.577,62	93.520,43
Ağrı (2020)	99.962.050	7,09	708.730.934,50	0,39	-	276.405,06
Aksaray (2019)	1.455.000	7,09	10.315.950,00	0,39	4.023,22	4.087,42
Amasya (2020)	223.049.960	7,09	1.581.424.216,40	0,39	-	616.755,44
Ankara (2020)	437.160.728	7,09	3.099.469.561,52	0,39	-	1.208.793,13
Antalya (2020)	7.671.070.000	7,09	54.387.886.300,00	0,39	-	21.211.275,66
Ardahan (2020)	10.044.080	7,09	71.212.527,20	0,39	-	27.772,89
Artvin (2019)	3.500.000	7,09	24.815.000,00	0,39	9.677,85	9.600,03
Aydın (2019)	74.881.210	7,09	530.907.778,90	0,39	207.054,03	208.565,88
Balıkesir (2020)	13.815.289.000	7,09	97.950.399.010,00	0,39	-	38.200.655,61
Bartın (2020)	133.000	7,09	942.970,00	0,39	-	367,76
Batman (2019)	19.397.000	7,09	137.524.730,00	0,39	53.634,64	54.658,50
Bayburt (2020)	2.790.000	7,09	19.781.100,00	0,39	-	7.714,63
Bilecik (2019)	18.794.280	7,09	133.251.445,20	0,39	51.968,06	51.799,91
Bingöl	Veri yok.	-	-	-	-	-
Bitlis (2020)	70.895.280	7,09	502.647.535,20	0,39	-	196.032,54
Bolu (2020)	46.553.000	7,09	330.060.770,00	0,39	-	128.723,70
Burdur (2020)	225.917.000	7,09	1.601.751.530,00	0,39	-	624.683,10
Bursa (2020)	530.000.000	7,09	3.757.700.000,00	0,39	-	1.465.503,00
Çanakkale (2020)	173.169.100	7,09	1.227.768.919,00	0,39	-	478.829,88
Çankırı (2020)	232.665.000	7,09	1.649.594.850,00	0,39	-	643.341,99

Tablo 12'nin devamı

İller	Kömür Tüketimi (kg)	Net Kalorifik Değer (kWh/kg)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2019)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2020)
Çorum (2020)	93.231.000	7,09	661.007.790,00	0,39	-	257.793,04
Denizli (2019)	103.603.000	7,09	734.545.270,00	0,39	286.472,66	287.496,51
Diyarbakır	Veri yok.	-	-	-	-	-
Düzce (2020)	16.741.000	7,09	118.693.690,00	0,39	-	46.290,54
Edirne (2019)	35.730.125	7,09	253.326.586,25	0,39	98.797,37	97.331,77
Elazığ	Veri yok.	-	-	-	-	-
Erzincan (2020)	15.805.000	7,09	112.057.450,00	0,39	-	43.702,41
Erzurum (2020)	102.392.700	7,09	725.964.243,00	0,39	-	283.126,05
Eskişehir (2020)	93.601.580	7,09	663.635.202,20	0,39	-	258.817,73
Gaziantep (2019)	650.984.730	7,09	4.615.481.735,70	0,39	1.800.037,88	1.827.693,04
Giresun (2020)	125.790.000	7,09	891.851.100,00	0,39	-	347.821,93
Gümüşhane (2020)	225.766.430	7,09	1.600.683.988,70	0,39	-	624.266,76
Hakkari (2019)	28.000	7,09	198.520,00	0,39	77,42	77,29
Hatay (2020)	552.700.000	7,09	3.918.643.000,00	0,39	-	1.528.270,77
Iğdır (2019)	9.257.000	7,09	65.632.130,00	0,39	25.596,53	25.836,78
Isparta (2020)	4.752.523.000	7,09	33.695.388.070,00	0,39	-	13.141.201,35
İstanbul (2019)	148.157.000	7,09	1.050.433.130,00	0,39	409.668,92	408.169,15
İzmir (2020)	17.010.000	7,09	120.600.900,00	0,39	-	47.034,35
Kahramanmaraş	Veri yok.	-	-	-	-	-
Karabük (2019)	44.538.127	7,09	315.775.320,43	0,39	123.152,37	120.751,37
Karaman (2020)	56.994.000	7,09	404.087.460,00	0,39	-	157.594,11
Kars (2020)	77.351.360	7,09	548.421.142,40	0,39	-	213.884,25
Kastamonu (2019)	45.630.000	7,09	323.516.700,00	0,39	126.171,51	125.164,55
Kayseri (2020)	104.700.000	7,09	742.323.000,00	0,39	-	289.505,97
Kırıkkale (2020)	21.669.000	7,09	153.633.210,00	0,39	-	59.916,95
Kırklareli (2020)	41.519.030	7,09	294.369.922,70	0,39	-	114.804,27

Tablo 12'nin devamı

İller	Kömür Tüketimi (kg)	Net Kalorifik Değer (kWh/kg)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2019)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2020)
Kırşehir (2020)	6.354.000	7,09	45.049.860,00	0,39	-	17.569,45
Kilis (2019)	1.215.000	7,09	8.614.350,00	0,39	3.359,60	3.366,72
Kocaeli (2020)	1.126.836.124	7,09	7.989.268.119,16	0,39	-	3.115.814,57
Konya (2020)	397.266.010	7,09	2.816.616.010,90	0,39	-	1.098.480,24
Kütahya (2019)	8.272.296.000	7,09	58.650.578.640,00	0,39	22.873.725,67	22.772.280,89
Malatya (2020)	95.560.000	7,09	677.520.400,00	0,39	-	264.232,96
Manisa (2020)	8.610.535.000	7,09	61.048.693.150,00	0,39	-	23.808.990,33
Mardin (2020)	47.146.010	7,09	334.265.210,90	0,39	-	130.363,43
Mersin (2019)	826.754.112	7,09	5.861.686.654,08	0,39	2.286.057,80	2.321.249,99
Muğla (2019)	14.304.467.390	7,09	101.418.673.795,10	0,39	39.553.282,78	40.262.604,45
Muş (2019)	134.221.200	7,09	951.628.308,00	0,39	371.135,04	373.230,35
Nevşehir (2019)	38.537.000	7,09	273.227.330,00	0,39	106.558,66	107.245,11
Niğde (2020)	39.258.000	7,09	278.339.220,00	0,39	-	108.552,30
Ordu (2019)	122.854.000	7,09	871.034.860,00	0,39	339.703,60	342.947,50
Osmaniye (2020)	339.394.000	7,09	2.406.303.460,00	0,39	-	938.458,35
Rize (2020)	126.595.578	7,09	897.562.648,02	0,39	350.049,43	350.049,43
Sakarya (2019)	69.264.300	7,09	491.083.887,00	0,39	191.522,72	193.940,63
Samsun (2019)	156.513.995	7,09	1.109.684.224,55	0,39	432.776,85	435.195,64
Siirt (2019)	9.868.601	7,09	69.968.381,09	0,39	27.287,67	27.352,94
Sinop (2019)	4.250.000	7,09	30.132.500,00	0,39	11.751,68	11.655,67
Sivas (2019)	7.161.544.000	7,09	50.775.346.960,00	0,39	19.802.385,31	19.707.333,52
Şanlıurfa (2019)	39.505.582	7,09	280.094.576,38	0,39	109.236,88	111.430,56
Şırnak (2019)	358.700.000	7,09	2.543.183.000,00	0,39	991.841,37	1.007.098,74
Tekirdağ (2019)	2.144.024.210	7,09	15.201.131.648,90	0,39	5.928.441,34	6.072.538,91
Tokat (2020)	229.405.520	7,09	1.626.485.136,80	0,39	-	634.329,20
Trabzon (2020)	1.982.181.000	7,09	14.053.663.290,00	0,39	-	5.480.928,68

Tablo 12'nin devamı

İller	Kömür Tüketimi (kg)	Net Kalorifik Değer (kWh/kg)	Enerji Tüketimi (kWh)	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ e/kWh)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2019)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/2020)
Tunceli (2020)	1.591.000	7,09	11.280.190,00	0,39	-	4.399,27
Uşak (2020)	52.123.680	7,09	369.556.891,20	0,39	-	144.127,19
Van (2019)	623.250.000	7,09	4.418.842.500,00	0,39	1.723.348,58	1.742.427,71
Yalova	Veri yok.	-	-	-	-	-
Yozgat (2020)	560.000.000	7,09	3.970.400.000,00	0,39	-	1.548.456,00
Zonguldak (2020)	8.578.123.233	7,09	60.818.893.721,97	0,39	-	23.719.368,55

2.5.4. Petrol Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

Petrol tüketimi kaynaklı karbon salınım hesaplamalarında petrol; benzin, motorin ve fuel-oil olarak 3 alt başlık altında değerlendirilmiştir.

2.5.4.1. Benzin Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan benzin tüketimi verisi hesaplamaların doğru şekilde yapılabilmesi için ton biriminden gigagram birimine çevrilmiştir.

$$\text{Yakıt Tüketimi (Gg)} = \text{Yakıt Tüketimi (ton)} \times 10^{-3} \quad (11)$$

2. Benzin tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (Gg)} \times \text{Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)} \quad (12)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Net Kalorifik Değer, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

3. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO₂ Emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (TJ)} \times \text{Emisyon Faktörü (t CO}_2\text{e/TJ)} \quad (13)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan benzin tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. İllere göre 2020 yılı benzin tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	Benzin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Adana	53,0564	44,30	2.350,40	69,30	162.882,62
Adıyaman	8,470343	44,30	375,24	69,30	26.003,87
Afyonkarahisar	20,556194	44,30	910,64	69,30	63.107,31
Ağrı	4,284616	44,30	189,81	69,30	13.153,73
Aksaray	11,222705	44,30	497,17	69,30	34.453,59
Amasya	8,599888	44,30	380,98	69,30	26.401,57
Ankara	195,022935	44,30	8.639,52	69,30	598.718,46
Antalya	96,026375	44,30	4.253,97	69,30	294.800,01
Ardahan	1,929644	44,30	85,48	69,30	5.923,99
Artvin	4,707519	44,30	208,54	69,30	14.452,04
Aydın	43,002548	44,30	1.905,01	69,30	132.017,39
Balıkesir	53,798318	44,30	2.383,27	69,30	165.160,30
Bartın	5,384342	44,30	238,53	69,30	16.529,88
Batman	5,764181	44,30	255,35	69,30	17.695,98
Bayburt	1,435105	44,30	63,58	69,30	4.405,76
Bilecik	6,995994	44,30	309,92	69,30	21.477,63
Bingöl	3,004706	44,30	133,11	69,30	9.224,42
Bitlis	3,194071	44,30	141,50	69,30	9.805,77

Tablo 13'ün devamı

İller	Benzin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Bolu	17,01192	44,30	753,63	69,30	52.226,42
Burdur	8,349181	44,30	369,87	69,30	25.631,90
Bursa	109,684955	44,30	4.859,04	69,30	336.731,72
Çanakkale	27,439052	44,30	1.215,55	69,30	84.237,62
Çankırı	5,18971	44,30	229,90	69,30	15.932,36
Çorum	12,601366	44,30	558,24	69,30	38.686,07
Denizli	30,75827	44,30	1.362,59	69,30	94.427,58
Diyarbakır	19,02791	44,30	842,94	69,30	58.415,49
Düzce	13,830965	44,30	612,71	69,30	42.460,92
Edirne	21,12428	44,30	935,81	69,30	64.851,33
Elazığ	12,028888	44,30	532,88	69,30	36.928,57
Erzincan	6,438411	44,30	285,22	69,30	19.765,86
Erzurum	14,560743	44,30	645,04	69,30	44.701,34
Eskişehir	27,738393	44,30	1.228,81	69,30	85.156,59
Gaziantep	41,256997	44,30	1.827,68	69,30	126.658,57
Giresun	11,231293	44,30	497,55	69,30	34.479,96
Gümüşhane	2,661118	44,30	117,89	69,30	8.169,61
Hakkari	1,89181	44,30	83,81	69,30	5.807,84
Hatay	38,673514	44,30	1.713,24	69,30	118.727,30
Iğdır	2,99805	44,30	132,81	69,30	9.203,98
Isparta	13,478957	44,30	597,12	69,30	41.380,26
İstanbul	504,36016	44,30	22.343,16	69,30	1.548.380,65
İzmir	146,562094	44,30	6.492,70	69,30	449.944,16
Kahramanmaraş	21,406607	44,30	948,31	69,30	65.718,07
Karabük	6,580247	44,30	291,50	69,30	20.201,29
Karaman	5,249373	44,30	232,55	69,30	16.115,52
Kars	4,556192	44,30	201,84	69,30	13.987,46
Kastamonu	11,368625	44,30	503,63	69,30	34.901,57
Kayseri	35,887634	44,30	1.589,82	69,30	110.174,68

Tablo 13'ün devamı

İller	Benzin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Kırıkkale	8,002979	44,30	354,53	69,30	24.569,07
Kırklareli	17,602002	44,30	779,77	69,30	54.037,97
Kırşehir	5,439307	44,30	240,96	69,30	16.698,62
Kilis	3,949442	44,30	174,96	69,30	12.124,75
Kocaeli	72,509313	44,30	3.212,16	69,30	222.602,87
Konya	49,016912	44,30	2.171,45	69,30	150.481,43
Kütahya	14,204861	44,30	629,28	69,30	43.608,78
Malatya	16,554471	44,30	733,36	69,30	50.822,06
Manisa	46,731114	44,30	2.070,19	69,30	143.464,05
Mardin	7,891357	44,30	349,59	69,30	24.226,39
Mersin	54,662343	44,30	2.421,54	69,30	167.812,85
Muğla	67,157842	44,30	2.975,09	69,30	206.173,90
Muş	2,904991	44,30	128,69	69,30	8.918,29
Nevşehir	8,01319	44,30	354,98	69,30	24.600,41
Niğde	7,618049	44,30	337,48	69,30	23.387,33
Ordu	17,215163	44,30	762,63	69,30	52.850,38
Osmaniye	10,554058	44,30	467,54	69,30	32.400,85
Rize	8,260524	44,30	365,94	69,30	25.359,73
Sakarya	32,256608	44,30	1.428,97	69,30	99.027,46
Samsun	30,969962	44,30	1.371,97	69,30	95.077,47
Siirt	2,383432	44,30	105,59	69,30	7.317,11
Sinop	5,742162	44,30	254,38	69,30	17.628,38
Sivas	13,507029	44,30	598,36	69,30	41.466,44
Şanlıurfa	23,203479	44,30	1.027,91	69,30	71.234,45
Şırnak	2,723103	44,30	120,63	69,30	8.359,90
Tekirdağ	41,324186	44,30	1.830,66	69,30	126.864,84
Tokat	12,58378	44,30	557,46	69,30	38.632,08
Trabzon	19,057546	44,30	844,25	69,30	58.506,48

Tablo 13'ün devamı

İller	Benzin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Tunceli	1,518126	44,30	67,25	69,30	4.660,63
Uşak	10,288416	44,30	455,78	69,30	31.585,33
Van	10,523277	44,30	466,18	69,30	32.306,36
Yalova	10,910993	44,30	483,36	69,30	33.496,64
Yozgat	7,531502	44,30	333,65	69,30	23.121,64
Zonguldak	14,607271	44,30	647,10	69,30	44.844,18

2.5.4.2. Motorin Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan motorin tüketimi verisi hesaplamaların doğru şekilde yapılabilmesi için ton biriminden gigagram birimine çevrilmiştir.

$$\text{Yakıt Tüketimi (Gg)} = \text{Yakıt Tüketimi (ton)} \times 10^{-3} \quad (14)$$

2. Motorin tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (Gg)} \times \text{Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)} \quad (15)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Net Kalorifik Değer, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

3. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO₂ Emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (TJ)} \times \text{Emisyon Faktörü (t CO}_2\text{e/TJ)} \quad (16)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan motorin tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 14’te gösterilmiştir.

Tablo 14. İllere göre 2020 yılı motorin tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	Motorin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Adana	634,4274	43,00	27.280,38	74,10	2.021.476,02
Adıyaman	136,9638	43,00	5.889,44	74,10	436.407,60
Afyonkarahisar	369,193	43,00	15.875,30	74,10	1.176.359,65
Ağrı	77,2955	43,00	3.323,71	74,10	246.286,64
Aksaray	202,2059	43,00	8.694,85	74,10	644.288,62
Amasya	130,1819	43,00	5.597,82	74,10	414.798,56
Ankara	2003,408	43,00	86.146,55	74,10	6.383.459,09
Antalya	669,1371	43,00	28.772,89	74,10	2.132.071,41
Ardahan	110,3652	43,00	4.745,70	74,10	351.656,72
Artvin	58,40571	43,00	2.511,45	74,10	186.098,10
Aydın	598,2758	43,00	25.725,86	74,10	1.906.286,09
Balıkesir	475,8712	43,00	20.462,46	74,10	1.516.268,53
Bartın	34,62663	43,00	1.488,95	74,10	110.330,84
Batman	207,5835	43,00	8.926,09	74,10	661.423,29
Bayburt	16,78129	43,00	721,60	74,10	53.470,22
Bilecik	86,86276	43,00	3.735,10	74,10	276.770,81
Bingöl	39,21105	43,00	1.686,08	74,10	124.938,16
Bitlis	92,49545	43,00	3.977,30	74,10	294.718,26
Bolu	185,0206	43,00	7.955,88	74,10	589.531,03
Burdur	162,0913	43,00	6.969,93	74,10	516.471,64
Bursa	896,7181	43,00	38.558,88	74,10	2.857.212,87
Çanakkale	212,2906	43,00	9.128,50	74,10	676.421,61
Çankırı	149,8365	43,00	6.442,97	74,10	477.424,12
Çorum	202,4675	43,00	8.706,10	74,10	645.122,07
Denizli	633,6998	43,00	27.249,09	74,10	2.019.157,71

Tablo 14'ün devamı

İller	Motorin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Diyarbakır	226,4962	43,00	9.739,34	74,10	721.684,87
Düzce	134,1164	43,00	5.767,01	74,10	427.335,22
Edirne	547,1447	43,00	23.527,22	74,10	1.743.367,19
Elazığ	143,8018	43,00	6.183,48	74,10	458.195,60
Erzincan	74,33019	43,00	3.196,20	74,10	236.838,30
Erzurum	148,1205	43,00	6.369,18	74,10	471.956,48
Eskişehir	350,1247	43,00	15.055,36	74,10	1.115.602,47
Gaziantep	616,0599	43,00	26.490,58	74,10	1.962.951,66
Giresun	122,0529	43,00	5.248,27	74,10	388.897,08
Gümüşhane	31,3806	43,00	1.349,37	74,10	99.988,00
Hakkari	27,29317	43,00	1.173,61	74,10	86.964,22
Hatay	450,3762	43,00	19.366,17	74,10	1.435.033,54
İğdır	38,32415	43,00	1.647,94	74,10	122.112,23
Isparta	107,7005	43,00	4.631,12	74,10	343.166,01
İstanbul	3214,859	43,00	138.238,96	74,10	10.243.506,58
İzmir	1226,795	43,00	52.752,20	74,10	3.908.937,97
Kahramanmaraş	227,5342	43,00	9.783,97	74,10	724.992,32
Karabük	144,7145	43,00	6.222,72	74,10	461.103,88
Karaman	62,94999	43,00	2.706,85	74,10	200.577,55
Kars	50,14481	43,00	2.156,23	74,10	159.776,41
Kastamonu	153,0479	43,00	6.581,06	74,10	487.656,61
Kayseri	364,3948	43,00	15.668,98	74,10	1.161.071,08
Kırıkkale	204,4162	43,00	8.789,90	74,10	651.331,26
Kırklareli	177,6232	43,00	7.637,80	74,10	565.960,67
Kırşehir	54,73316	43,00	2.353,53	74,10	174.396,27
Kilis	24,44035	43,00	1.050,93	74,10	77.874,28
Kocaeli	782,1897	43,00	33.634,16	74,10	2.492.291,19
Konya	855,9048	43,00	36.803,91	74,10	2.727.169,61
Kütahya	266,9874	43,00	11.480,46	74,10	850.702,11

Tablo 14'ün devamı

İller	Motorin Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Malatya	157,7476	43,00	6.783,15	74,10	502.631,28
Manisa	622,2176	43,00	26.755,36	74,10	1.982.571,95
Mardin	180,498	43,00	7.761,41	74,10	575.120,75
Mersin	870,4191	43,00	37.428,02	74,10	2.773.416,35
Muğla	347,8041	43,00	14.955,58	74,10	1.108.208,31
Muş	49,75341	43,00	2.139,40	74,10	158.529,27
Nevşehir	137,5188	43,00	5.913,31	74,10	438.176,14
Niğde	244,3173	43,00	10.505,64	74,10	778.468,24
Ordu	151,8401	43,00	6.529,12	74,10	483.808,15
Osmaniye	125,7302	43,00	5.406,40	74,10	400.614,24
Rize	87,10879	43,00	3.745,68	74,10	277.554,74
Sakarya	377,6241	43,00	16.237,84	74,10	1.203.223,71
Samsun	473,2759	43,00	20.350,86	74,10	1.507.998,92
Siirt	79,40951	43,00	3.414,61	74,10	253.022,52
Sinop	42,53964	43,00	1.829,20	74,10	135.544,06
Sivas	162,1008	43,00	6.970,34	74,10	516.501,86
Şanlıurfa	316,8606	43,00	13.625,01	74,10	1.009.613,09
Şırnak	119,056	43,00	5.119,41	74,10	379.348,14
Tekirdağ	396,6925	43,00	17.057,78	74,10	1.263.981,27
Tokat	160,9787	43,00	6.922,09	74,10	512.926,50
Trabzon	199,5461	43,00	8.580,48	74,10	635.813,74
Tunceli	15,84413	43,00	681,30	74,10	50.484,14
Uşak	142,0333	43,00	6.107,43	74,10	452.560,72
Van	157,7386	43,00	6.782,76	74,10	502.602,46
Yalova	87,17779	43,00	3.748,64	74,10	277.774,59
Yozgat	147,9315	43,00	6.361,06	74,10	471.354,19
Zonguldak	118,8799	43,00	5.111,83	74,10	378.786,90

2.5.4.3. Fuel-Oil Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan fuel-oil tüketimi verisi hesaplamaların doğru şekilde yapılabilmesi için ton biriminden gigagram birimine çevrilmiştir.

$$\text{Yakıt Tüketimi (Gg)} = \text{Yakıt Tüketimi (ton)} \times 10^{-3} \quad (17)$$

2. Fuel-oil tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (Gg)} \times \text{Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)} \quad (18)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Net Kalorifik Değer, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

3. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO₂ Emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (TJ)} \times \text{Emisyon Faktörü (t CO}_2\text{e/TJ)} \quad (19)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan fuel-oil tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15. İllere göre 2020 yılı fuel-oil tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	Fuel-oil Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Adana	6,61439	40,4	267,22	77,4	20.682,93
Adıyaman	0,03344	40,4	1,35	77,4	104,57
Afyonkarahisar	0,67761	40,4	27,38	77,4	2.118,86
Ağrı	0,07688	40,4	3,11	77,4	240,40
Amasya	0,37998	40,4	15,35	77,4	1.188,18
Ankara	101,016659	40,4	4.081,07	77,4	315.875,05
Antalya	7,5674	40,4	305,72	77,4	23.662,96
Ardahan	0,03942	40,4	1,59	77,4	123,26
Artvin	0,00	40,4	0,00	77,4	0,00
Aydın	5,96432	40,4	240,96	77,4	18.650,19
Balıkesir	3,78852	40,4	153,06	77,4	11.846,55
Bartın	0,57684	40,4	23,30	77,4	1.803,76
Batman	8,76305	40,4	354,03	77,4	27.401,71
Bayburt	0,00	40,4	0,00	77,4	0,00
Bilecik	0,32372	40,4	13,08	77,4	1.012,26
Bingöl	0,2643	40,4	10,68	77,4	826,46
Bitlis	0,1406	40,4	5,68	77,4	439,65
Bolu	0,6233	40,4	25,18	77,4	1.949,03
Burdur	0,47072	40,4	19,02	77,4	1.471,92
Bursa	7,70172	40,4	311,15	77,4	24.082,97
Çanakkale	9,0455	40,4	365,44	77,4	28.284,92
Çankırı	0,47005	40,4	18,99	77,4	1.469,83
Çorum	0,2584	40,4	10,44	77,4	808,01
Denizli	2,53298	40,4	102,33	77,4	7.920,53
Diyarbakır	5,15132	40,4	208,11	77,4	16.107,97
Düzce	0,28265	40,4	11,42	77,4	883,84
Edirne	1,1823	40,4	47,76	77,4	3.697,00
Elazığ	9,18147	40,4	370,93	77,4	28.710,09

Tablo 15'in devamı

İller	Fuel-oil Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Erzincan	0,24092	40,4	9,73	77,4	753,35
Erzurum	0,71592	40,4	28,92	77,4	2.238,65
Eskişehir	4,11872	40,4	166,40	77,4	12.879,07
Gaziantep	9,98988	40,4	403,59	77,4	31.237,96
Giresun	0,04456	40,4	1,80	77,4	139,34
Gümüşhane	0,00	40,4	0,00	77,4	0,00
Hakkari	0,62348	40,4	25,19	77,4	1.949,60
Hatay	0,68458	40,4	27,66	77,4	2.140,65
Iğdır	0,24076	40,4	9,73	77,4	752,85
Isparta	2,49622	40,4	100,85	77,4	7.805,58
İstanbul	16,26862	40,4	657,25	77,4	50.871,32
İzmir	4,02108	40,4	162,45	77,4	12.573,76
Kahramanmaraş	14,5627	40,4	588,33	77,4	45.536,98
Karabük	2,58456	40,4	104,42	77,4	8.081,82
Karaman	0,07156	40,4	2,89	77,4	223,77
Kars	2,97438	40,4	120,16	77,4	9.300,77
Kastamonu	0,6771	40,4	27,35	77,4	2.117,26
Kayseri	1,03628	40,4	41,87	77,4	3.240,41
Kırıkkale	1,9448	40,4	78,57	77,4	6.081,31
Kırklareli	3,6666	40,4	148,13	77,4	11.465,31
Kırşehir	0,00	40,4	0,00	77,4	0,00
Kilis	0,10352	40,4	4,18	77,4	323,70
Kocaeli	1,44019	40,4	58,18	77,4	4.503,42
Konya	7,20926	40,4	291,25	77,4	22.543,07
Kütahya	3,8086	40,4	153,87	77,4	11.909,34
Malatya	0,48832	40,4	19,73	77,4	1.526,96
Manisa	6,55848	40,4	264,96	77,4	20.508,10
Mardin	1,132824	40,4	45,77	77,4	3.542,30

Tablo 15'in devamı

İller	Fuel-oil Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO _{2e} /TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO _{2e} /Yıl)
Mersin	5,45514	40,4	220,39	77,4	17.058,00
Muğla	11,20732	40,4	452,78	77,4	35.044,84
Muş	0,23182	40,4	9,37	77,4	724,89
Nevşehir	0,17216	40,4	6,96	77,4	538,34
Niğde	2,06464	40,4	83,41	77,4	6.456,05
Ordu	0,57132	40,4	23,08	77,4	1.786,49
Osmaniye	0,0441	40,4	1,78	77,4	137,90
Rize	0,04948	40,4	2,00	77,4	154,72
Sakarya	1,29338	40,4	52,25	77,4	4.044,35
Samsun	3,4552	40,4	139,59	77,4	10.804,27
Siirt	0,71298	40,4	28,80	77,4	2.229,46
Sinop	0,52276	40,4	21,12	77,4	1.634,65
Sivas	1,94042	40,4	78,39	77,4	6.067,62
Şanlıurfa	0,56464	40,4	22,81	77,4	1.765,61
Şırnak	0,54296	40,4	21,94	77,4	1.697,81
Tekirdağ	0,85614	40,4	34,59	77,4	2.677,12
Tokat	0,47606	40,4	19,23	77,4	1.488,62
Trabzon	3,04344	40,4	122,95	77,4	9.516,72
Tunceli	0,5498	40,4	22,21	77,4	1.719,20
Uşak	0,99652	40,4	40,26	77,4	3.116,08
Van	9,22206	40,4	372,57	77,4	28.837,01
Yalova	0,00	40,4	0,00	77,4	0,00
Yozgat	0,58326	40,4	23,56	77,4	1.823,83
Zonguldak	1,20698	40,4	48,76	77,4	3.774,18

2.5.5. Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımının Hesaplanması

1. Toplanan LPG tüketimi verisi hesaplamaların doğru şekilde yapılabilmesi için ton biriminden gigagram birimine çevrilmiştir.

$$\text{Yakıt Tüketimi (Gg)} = \text{Yakıt Tüketimi (ton)} \times 10^{-3} \quad (20)$$

2. LPG tüketim verisine ait enerji içeriği

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (Gg)} \times \text{Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)} \quad (21)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Net Kalorifik Değer, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

3. Enerji tüketim değeri emisyon faktörü ile çarpılarak CO₂ Emisyonu hesaplanmıştır. Emisyon faktörü, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ dokümanının EK-5 kısmından alınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (t CO}_2\text{/Yıl)} = \text{Enerji Tüketimi (TJ)} \times \text{Emisyon Faktörü (t CO}_2\text{e/TJ)} \quad (22)$$

Tüm bu işlem adımları sonucunda hesaplanan LPG tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu (t CO₂e/Yıl) verisi Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. İllere göre 2020 yılı LPG tüketimine ait CO₂ emisyonu hesaplanması

İller	LPG Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Adana	129,5475	47,30	6.127,60	63,1	386.651,42
Adıyaman	33,35738	47,30	1.577,80	63,1	99.559,43
Afyonkarahisar	54,24085	47,30	2.565,59	63,1	161.888,87
Ağrı	11,08533	47,30	524,34	63,1	33.085,61

Tablo 16'nın devamı

İller	LPG Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Aksaray	28,20731	47,30	1.334,21	63,1	84.188,39
Amasya	25,7577	47,30	1.218,34	63,1	76.877,20
Ankara	354,4177	47,30	16.763,96	63,1	1.057.805,60
Antalya	150,4043	47,30	7.114,12	63,1	448.901,26
Ardahan	3,297699	47,30	155,98	63,1	9.842,41
Artvin	6,681758	47,30	316,05	63,1	19.942,58
Aydın	70,52853	47,30	3.336,00	63,1	210.501,57
Balıkesir	75,35146	47,30	3.564,12	63,1	224.896,22
Bartın	12,73279	47,30	602,26	63,1	38.002,66
Batman	11,2163	47,30	530,53	63,1	33.476,51
Bayburt	3,05734	47,30	144,61	63,1	9.125,03
Bilecik	11,69972	47,30	553,40	63,1	34.919,32
Bingöl	6,581424	47,30	311,30	63,1	19.643,12
Bitlis	8,824537	47,30	417,40	63,1	26.337,98
Bolu	25,58845	47,30	1.210,33	63,1	76.372,04
Burdur	22,17947	47,30	1.049,09	63,1	66.197,51
Bursa	111,2756	47,30	5.263,34	63,1	332.116,51
Çanakkale	27,50855	47,30	1.301,15	63,1	82.102,86
Çankırı	12,73212	47,30	602,23	63,1	38.000,68
Çorum	39,50171	47,30	1.868,43	63,1	117.897,98
Denizli	70,8185	47,30	3.349,72	63,1	211.367,03
Diyarbakır	45,69031	47,30	2.161,15	63,1	136.368,66
Düzce	27,99058	47,30	1.323,95	63,1	83.541,52
Edirne	19,311	47,30	913,41	63,1	57.636,20
Elazığ	27,00465	47,30	1.277,32	63,1	80.598,90
Erzincan	11,81092	47,30	558,66	63,1	35.251,24
Erzurum	25,5677	47,30	1.209,35	63,1	76.310,12
Eskişehir	40,19195	47,30	1.901,08	63,1	119.958,11

Tablo 16'nın devamı

İller	LPG Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Gaziantep	89,30358	47,30	4.224,06	63,1	266.538,15
Giresun	24,33732	47,30	1.151,16	63,1	72.637,89
Gümüşhane	5,095429	47,30	241,01	63,1	15.207,97
Hakkari	4,142818	47,30	195,96	63,1	12.364,78
Hatay	82,16972	47,30	3.886,63	63,1	245.246,21
Iğdır	3,857738	47,30	182,47	63,1	11.513,92
Isparta	27,98612	47,30	1.323,74	63,1	83.528,20
İstanbul	299,546	47,30	14.168,52	63,1	894.033,86
İzmir	214,29	47,30	10.135,92	63,1	639.576,47
Kahramanmaraş	78,99198	47,30	3.736,32	63,1	235.761,82
Karabük	14,88688	47,30	704,15	63,1	44.431,84
Karaman	15,266	47,30	722,08	63,1	45.563,35
Kars	6,603462	47,30	312,34	63,1	19.708,89
Kastamonu	27,28426	47,30	1.290,55	63,1	81.433,43
Kayseri	88,70285	47,30	4.195,64	63,1	264.745,17
Kırıkkale	29,82252	47,30	1.410,61	63,1	89.009,18
Kırklareli	16,385	47,30	775,01	63,1	48.903,17
Kırşehir	16,38988	47,30	775,24	63,1	48.917,74
Kilis	6,868254	47,30	324,87	63,1	20.499,20
Kocaeli	90,00983	47,30	4.257,46	63,1	268.646,04
Konya	144,9396	47,30	6.855,64	63,1	432.591,17
Kütahya	39,64495	47,30	1.875,21	63,1	118.325,51
Malatya	38,42212	47,30	1.817,37	63,1	114.675,81
Manisa	100,0534	47,30	4.732,52	63,1	298.622,29
Mardin	17,92049	47,30	847,64	63,1	53.486,03
Mersin	114,9719	47,30	5.438,17	63,1	343.148,48
Muğla	76,72029	47,30	3.628,87	63,1	228.981,68
Muş	9,471209	47,30	447,99	63,1	28.268,05

Tablo 16'nın devamı

İller	LPG Tüketimi (Gg)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (t CO ₂ e/TJ)	CO ₂ Emisyonu (t CO ₂ e/Yıl)
Nevşehir	20,82396	47,30	984,97	63,1	62.151,80
Niğde	22,08607	47,30	1.044,67	63,1	65.918,73
Ordu	37,91849	47,30	1.793,54	63,1	113.172,67
Osmaniye	40,08518	47,30	1.896,03	63,1	119.639,43
Rize	13,56147	47,30	641,46	63,1	40.475,97
Sakarya	76,14472	47,30	3.601,65	63,1	227.263,83
Samsun	68,39211	47,30	3.234,95	63,1	204.125,13
Siirt	6,517154	47,30	308,26	63,1	19.451,29
Sinop	13,3542	47,30	631,65	63,1	39.857,34
Sivas	33,81236	47,30	1.599,32	63,1	100.917,39
Şanlıurfa	92,95183	47,30	4.396,62	63,1	277.426,83
Şırnak	6,797566	47,30	321,52	63,1	20.288,22
Tekirdağ	51,44592	47,30	2.433,39	63,1	153.547,03
Tokat	33,00514	47,30	1.561,14	63,1	98.508,13
Trabzon	31,88307	47,30	1.508,07	63,1	95.159,18
Tunceli	2,695608	47,30	127,50	63,1	8.045,39
Uşak	25,15652	47,30	1.189,90	63,1	75.082,91
Van	23,56543	47,30	1.114,64	63,1	70.334,09
Yalova	10,08192	47,30	476,88	63,1	30.090,81
Yozgat	30,95569	47,30	1.464,20	63,1	92.391,29
Zonguldak	32,62568	47,30	1.543,19	63,1	97.375,57

2.5.6. İllere Göre Toplam Karbon Salınımı Sonuçları

Yapılan hesaplamalara göre Türkiye'nin enerji alanındaki 2020 yılı CO₂ emisyonu 599.621.476,90 t CO₂e/Yıl olarak bulunmuştur. İllere göre 2020 yılı için toplam karbon salınım miktarları t CO₂e/Yıl cinsinden hesaplanmış ve Tablo 17'de gösterilmiştir. Tablo 17 değerlendirildiğinde 54.802.074,19 t CO₂e/Yıl emisyon miktarı ve %9,14'lük oran ile İstanbul, en çok karbon salınımı yapan il olmuştur. Onu 46.209.180,22 t CO₂e/Yıl emisyon miktarı ve %7,71 oranı ile Balıkesir takip etmektedir. En az salınım yapan iller ise 190.274,81 t CO₂e/Yıl ile Bayburt ve 175.452,02 t CO₂e/Yıl ile Tunceli olmuştur.

Tablo 17. İllere göre toplam karbon salınımı sonuçları

İLLER	2020 YILI CO ₂ EMİSYONU (t CO ₂ e/Yıl)	ORAN	İLLER	2020 YILI CO ₂ EMİSYONU (t CO ₂ e/Yıl)	ORAN
Adana	9.974.452,52	1,66	Karaman	1.285.299,33	0,21
Adıyaman	1.590.917,22	0,27	Kars	758.711,14	0,13
Afyonkarahisar	3.140.594,18	0,52	Kastamonu	1.634.801,22	0,27
Ağrı	992.332,21	0,17	Kayseri	5.850.000,23	0,98
Aksaray	1.859.856,67	0,31	Kırıkkale	5.051.583,98	0,84
Amasya	1.783.171,20	0,30	Kırklareli	4.935.792,49	0,82
Ankara	26.612.386,67	4,44	Kırşehir	737.488,62	0,12
Antalya	30.850.686,59	5,15	Kilis	504.342,72	0,08
Ardahan	523.720,69	0,09	Kocaeli	20.088.370,77	3,35
Artvin	545.980,17	0,09	Konya	10.987.558,06	1,83
Aydın	4.695.073,22	0,78	Kütahya	25.794.490,43	4,30
Balıkesir	46.209.180,22	7,71	Malatya	2.614.640,42	0,44
Bartın	766.393,87	0,13	Manisa	30.472.624,27	5,08
Batman	1.633.902,39	0,27	Mardin	2.515.779,63	0,42
Bayburt	190.274,81	0,03	Mersin	10.525.197,38	1,76
Bilecik	2.824.574,96	0,47	Muğla	44.221.649,13	7,37
Bingöl	435.456,77	0,07	Muş	923.147,72	0,15
Bitlis	847.997,68	0,14	Nevşehir	1.330.169,28	0,22
Bolu	1.955.592,52	0,33	Niğde	2.055.763,89	0,34
Burdur	1.985.949,02	0,33	Ordu	2.150.602,21	0,36
Bursa	18.886.037,21	3,15	Osmaniye	4.781.951,26	0,80
Çanakkale	4.030.460,86	0,67	Rize	1.403.888,97	0,23
Çankırı	1.715.551,00	0,29	Sakarya	5.474.535,66	0,91
Çorum	2.013.299,90	0,34	Samsun	7.578.490,24	1,26
Denizli	7.448.532,59	1,24	Muğla	694.820,48	0,12
Diyarbakır	3.412.221,20	0,57	Muş	517.143,10	0,09
Düzce	1.783.035,14	0,30	Nevşehir	21.760.814,25	3,63

Tablo 17'nin devamı. İllere göre toplam karbon salınımı sonuçları

İLLER	2020 YILI CO ₂ EMİSYONU (t CO ₂ e/Yıl)	ORAN	İLLER	2020 YILI CO ₂ EMİSYONU (t CO ₂ e/Yıl)	ORAN
Edirne	2.872.999,79	0,48	Niğde	5.579.704,10	0,93
Elazığ	1.845.727,33	0,31	Siirt	1.874.559,46	0,31
Erzincan	919.265,74	0,15	Sinop	15.613.053,28	2,60
Erzurum	2.077.089,62	0,35	Sivas	2.178.166,85	0,36
Eskişehir	5.554.541,68	0,93	Şanlıurfa	7.556.856,29	1,26
Gaziantep	11.297.027,48	1,88	Şırnak	175.452,02	0,03
Giresun	1.424.403,92	0,24	Tekirdağ	2.397.151,39	0,40
Gümüşhane	1.064.803,18	0,18	Tokat	3.388.086,95	0,57
Hakkari	315.284,63	0,05	Trabzon	1.218.981,82	0,20
Hatay	8.888.406,24	1,48	Tunceli	2.895.599,43	0,48
Iğdır	367.136,82	0,06	Uşak	26.249.128,17	4,38
Isparta	14.583.999,79	2,43	Van	923.147,72	0,15
İstanbul	54.802.074,19	9,14	Yalova	1.330.169,28	0,22
İzmir	23.280.659,08	3,88	Yozgat	2.055.763,89	0,34
Kahramanmaraş	4.457.826,86	0,74	Zonguldak	2.150.602,21	0,36
Karabük	1.386.202,50	0,23	GENEL TOPLAM: 599.621.476,90		

3. BULGULAR

3.1. Türkiye Karbon Salınımı Dağılım Haritalarının Üretilmesi

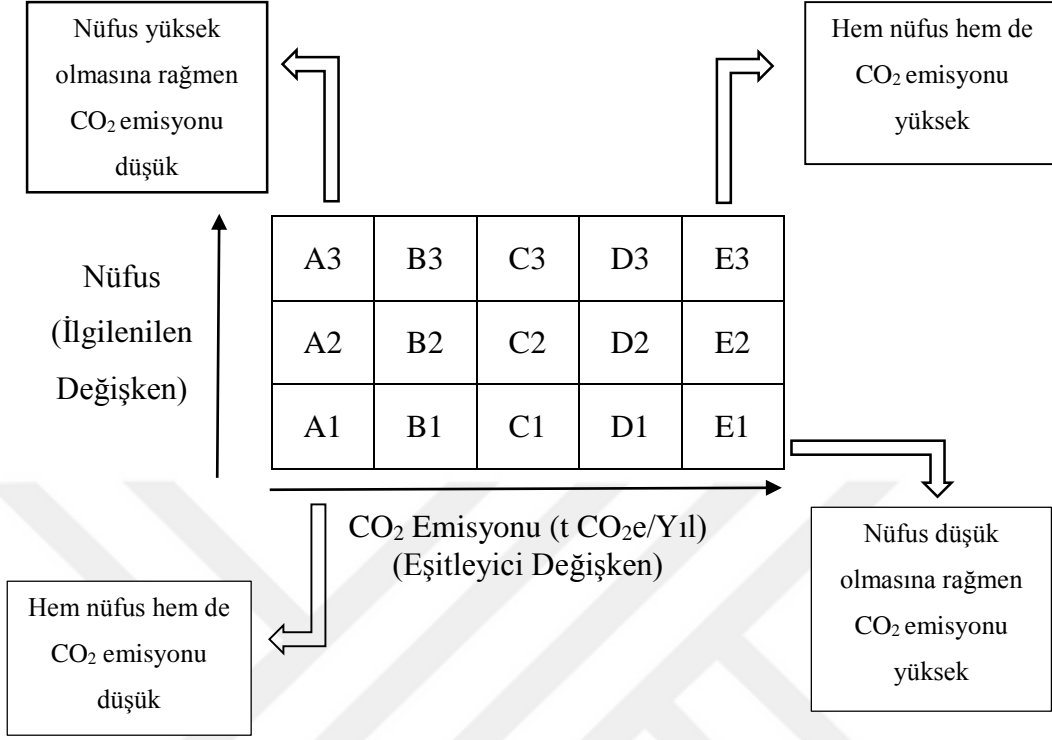
Bu çalışma sonucunda Türkiye'nin 2020 yılı boyunca yapmış olduğu karbon salınımı miktarının il bazında dağılımını gösteren tematik haritaların üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Haritaların üretiminde yöntem olarak alfa-değer haritalama seçilmiştir böylece alfa-değer haritalamanın görsel eşitlemeyi şekil ve topolojiyi koruyarak yapma avantajından, aynı harita üzerinde iki farklı verinin dağılımını gösterme yeteneğinden ve haritalama sırasında kullanılan renklerin farklı şeffaflık ayarlarıyla oluşturulan görsel gücünden faydalanmak istenilmiştir. Birbiriyle ve coğrafyayla olan ilişkisi incelenmek istenen her il için CO₂ emisyon miktarı ve nüfus verisi seçilen yönteme uygun olarak açık kaynak kodlu CBS yazılımı kullanılarak işlenmiş ve CBS tabanlı analiz ve sunum teknikleri kullanılarak haritalanmıştır.

Yapılan çalışmalar doğrultusunda üretilen haritalar Türkiye'de 2020 yılı boyunca elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve LPG kullanımı sonucu salınan CO₂ miktarı ve nüfus arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin mekânsal dağılımını gösteren haritalardır. Alfa-değer haritası üretebilmek için tanımlanması gereken numaralandırma birimi (enumeration unit), eşitleyici değişken (equalizing variable) ve ilgilenilen değişken (variable of interest) projenin ve işlenecek verilerin özelliklerine göre belirlenmiştir. Bu haritalarda numaralandırma birimi olarak Türkiye'nin illeri seçilmiştir. Eşitleyici değişken karbon salınım miktarıdır ve bu değerler veri sınıflandırma yöntemlerinden çeyreklik sınıflandırma (quantile) kullanılarak 5 sınıfa (A,B,C,D,E) ayrılmıştır. İlgilenilen değişken nüfustur ve büyükşehir nüfusu dikkate alınarak 3 sınıfa (1,2,3) ayrılmıştır. Buna göre nüfusu 750000'e eşit veya daha fazla olan iller 3. sınıfa, nüfusu 375000 ile 750000 arasında olan iller 2. sınıfa, nüfusu 375000'e eşit veya daha az olan iller 1. sınıfa atanmıştır. Sınır değerleri dikkate alınarak oluşturulan bu sınıflar CBS yazılımı yardımıyla birleştirilmiş ve böylece her ilin karbon salınımına ve nüfusuna göre atanacağı yeni sınıflar (A1,A2... gibi) oluşturulmuştur (Stevens, 2021)

	AD	IL	BOLGE	K	N	BI_CLASS
39	ADANA	01	AKDENİZ	D	3	D3
19	ADİYAMAN	02	GÜNEYDOĞUANA...	B	2	B2
45	AFYONKARAHİSAR	03	EGE	C	2	C2
73	AĞRI	04	DOĞUANADOLU	A	2	A2
26	AKSARAY	68	İCANADOLU	B	2	B2
20	AMASYA	05	KARADENİZ	B	1	B1
79	ANKARA	06	İCANADOLU	E	3	E3
58	ANTALYA	07	AKDENİZ	E	3	E3
42	ARDAHAN	75	DOĞUANADOLU	A	1	A1
29	ARTVİN	08	KARADENİZ	A	1	A1

Şekil 28. Coğrafi veri tabanında idari sınır katmanına ait öznitelik tablosu

Şekil 28’de gösterilen öznitelik tablosunda ‘K’ sütunundaki değerler illerin karbon salınımlarına göre sınıflandırılması sonucu atandıkları sınıfı gösterirken ‘N’ sütunundaki değerler ise nüfuslarına göre atandıkları sınıfı belirtmektedir. ‘K’ sütunundaki sınıflar oluşturulurken en yüksek sınır değeri olarak incelenen kategorideki en yüksek karbon salınımı miktarı, en düşük sınır değeri olarak ise en düşük karbon salınımı miktarı seçilmiştir. Bu iki sınır değeri arasındaki veriler en uygun sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır. ‘N’ sütunundaki sınıflar oluşturulurken en yüksek sınır değeri olarak en fazla nüfus miktarı, en düşük sınır değeri olarak ise en az nüfus miktarı seçilmiştir. Diğer sınıflara ait sınır değerleri büyükşehir nüfusu dikkate alınarak belirlenmiştir. ‘K’ ve ‘N’ sütunlarının birleştirilmesiyle oluşturulan ‘BI_CLASS’ sütunu ise illerin hem karbon salınımına hem de nüfusuna göre atandığı yeni sınıfları göstermektedir.



Şekil 29. Üretilen tematik haritaya ait lejantın ayrıntılı açıklaması

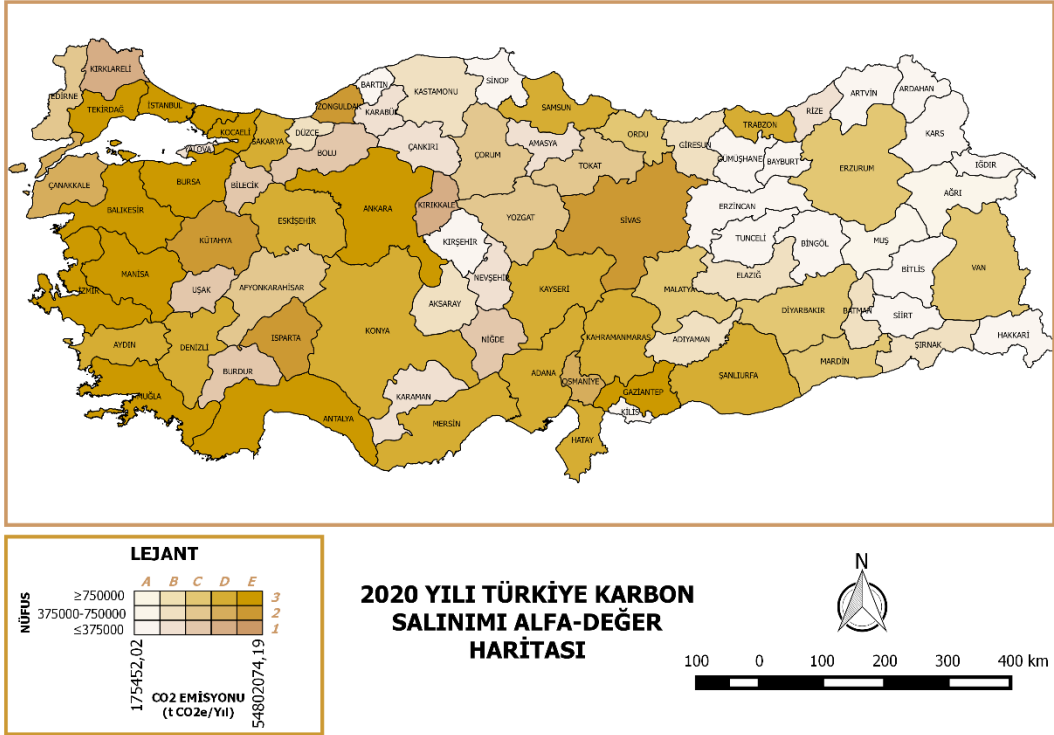
Nüfusu yüksek olan illerin CO₂ emisyonunun yüksek olması (D3, E3), nüfusu düşük olan illerin ise CO₂ emisyonunun da düşük olması (A1, B1) beklenebilecek bir durumdur. Ancak nüfusu düşük olmasına rağmen CO₂ emisyonu yüksek iller (D1, E1) ve nüfusu yüksek olmasına rağmen CO₂ emisyonu düşük iller (B3, C3) daha dikkat çekici illerdir ve harita üzerinde vurgulanması gerekir. Çünkü nüfusun düşük olduğu yerde CO₂ emisyonunun yüksek olması o ilde bir şeylerin yanlış yapıldığının göstergesidir ve bu yanlış düzeltilmelidir. Aksine nüfusu yüksek olmasına rağmen CO₂ emisyonu düşük illerde de bir şeyler doğru yapılıyordur ve bu diğer illere örnek olabilir. Harita oluşturulurken bu durum dikkate alınmalı ve renk seçimi ona göre yapılmalıdır.

Oluşturulan yeni sınıflara atanacak renklerin seçiminde farklı tarayıcılarda aynı görüntünün elde edilebilmesi ve çıktı alınırken renk değişikliği olmaması için bu amaca uygun sıralı (sequential) renklerin gösterildiği “ColorBrewer” ve “Web Safe Color Chart” dan yararlanılmıştır (URL 38 ve 52, 2021). Renklerin şeffaflık ayarlarında alfa-değer haritalama yöntemine göre oynamalar yapılmıştır. A sınıfına ait renklerin şeffaflık oranı

%10, B sınıfına ait renklerin şeffaflık oranı %30, C sınıfına ait renklerin şeffaflık oranı %55, D sınıfına ait renklerin şeffaflık oranı %80 olarak seçilmiş, E sınıfına ait renklerde ise bir değişiklik yapılmamıştır.

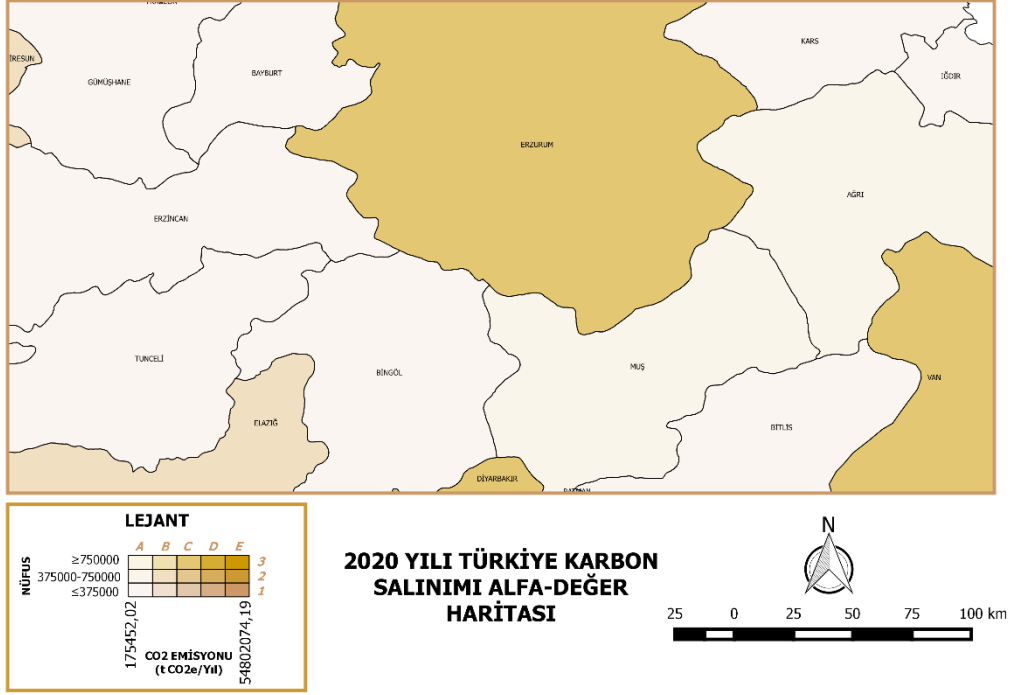
Bu çalışma kapsamında en doğru, anlaşılabilir ve etkileyici haritayı oluşturabilmek için birden fazla renk seçeneği denenmiştir. Bu renklerden bazılarıyla oluşturulan haritalar ve bu haritaların neden sonuç harita olarak tercih edilmediği aşağıda açıklanmaktadır.

Seçenek 1:



Şekil 30. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-1

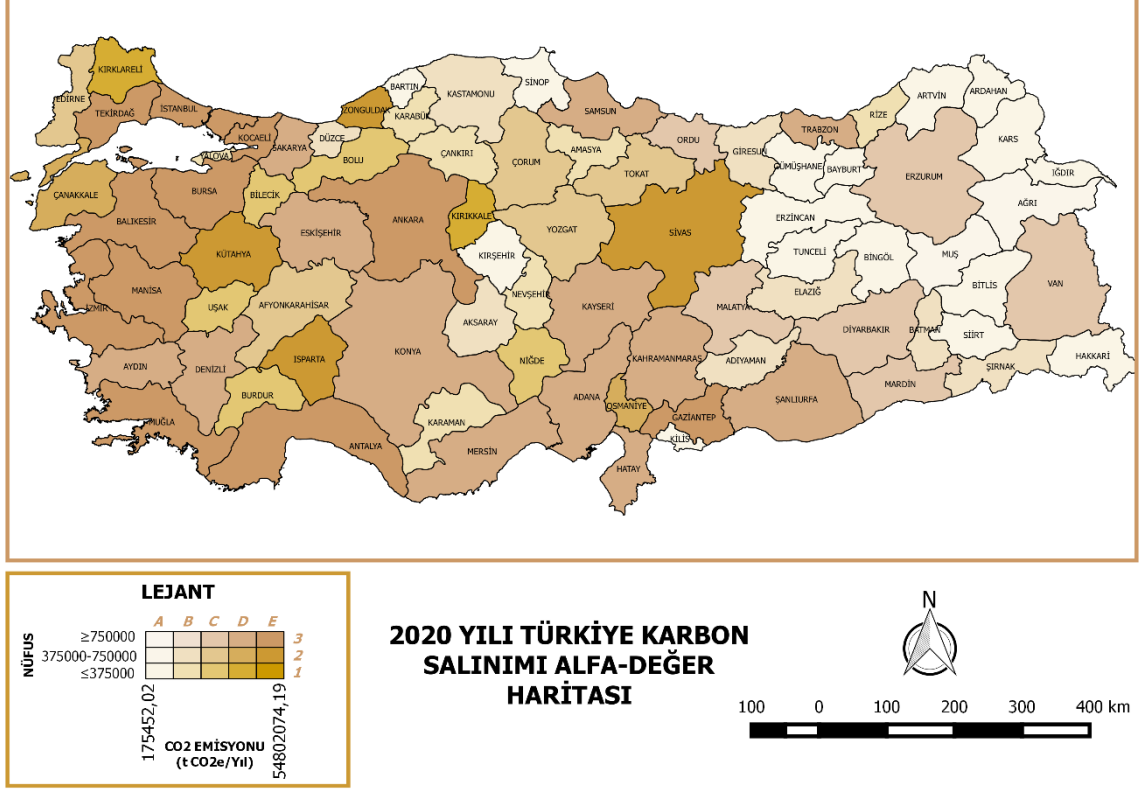
Bu haritaya bakıldığında göze en çok çarpan iller Ankara, İstanbul, Bursa, Balıkesir gibi E3 sınıfına ait iller ve Eskişehir, Konya, Denizli gibi D3 sınıfına ait illerdir. Ancak en az bu iller kadar nüfusu düşük olmasına rağmen karbon salınımı yüksek olan Kırklareli, Kırıkkale gibi D1 illeri ve Bilecik, Uşak gibi C1 illeri de dikkat çekmelidir.



Şekil 31. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-1'in detaylı incelenmesi

Ayrıca Erzincan, Bingöl, Bitlis, Tunceli (A1) ve Muş, Ağrı (A2) gibi aslında farklı sınıflara ait olan iller, A sınıfında şeffaflığın fazla olmasından dolayı ayırt edilememektedir. Bu sorun alfa-değer haritalamanın genel bir sorunu olarak ortaya çıkmaktadır ve neredeyse oluşturulan tüm haritalarda gözlenmiştir.

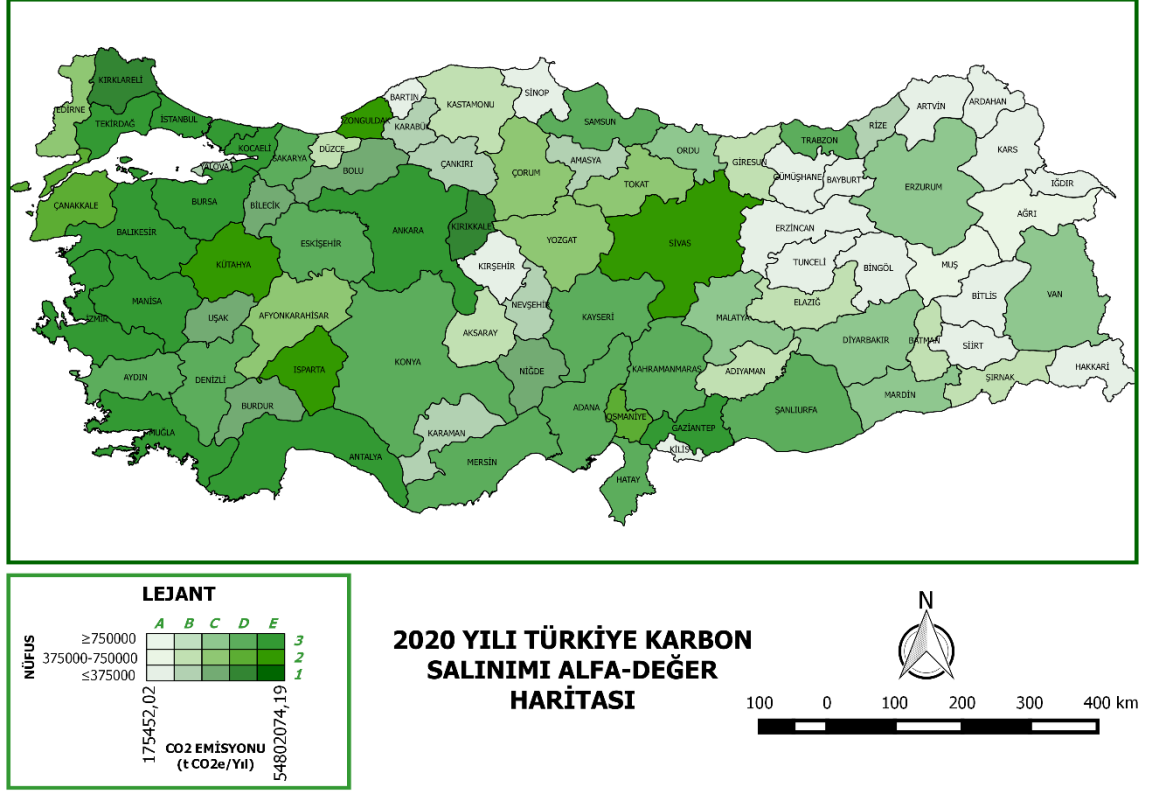
Seçenek 2:



Şekil 32. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-2

Bu haritada da 1 numaralı haritadaki renkler kullanılmış ancak D1 ve C1 illerini öne çıkarmak amacıyla diğer renklere kıyasla daha dikkat çekici olan renk grubu bu sınıflara atanmıştır. Ancak oluşan yeni harita görsel olarak göze hoş gelmemekle birlikte hem nüfusun hem de CO₂ salınımının yüksek olduğu D3 ve C3 illeri de yeterince dikkat çekmemektedir. Yine de daha dikkat çekici rengin 1 numaralı sınıfa verilmesi mantıklı bir yaklaşımdır ancak 3 numaralı sınıfa da bu renk yanında sönük kalmayacak bir renk vererek dengeyi sağlamak gerekmektedir.

Seçenek 3:

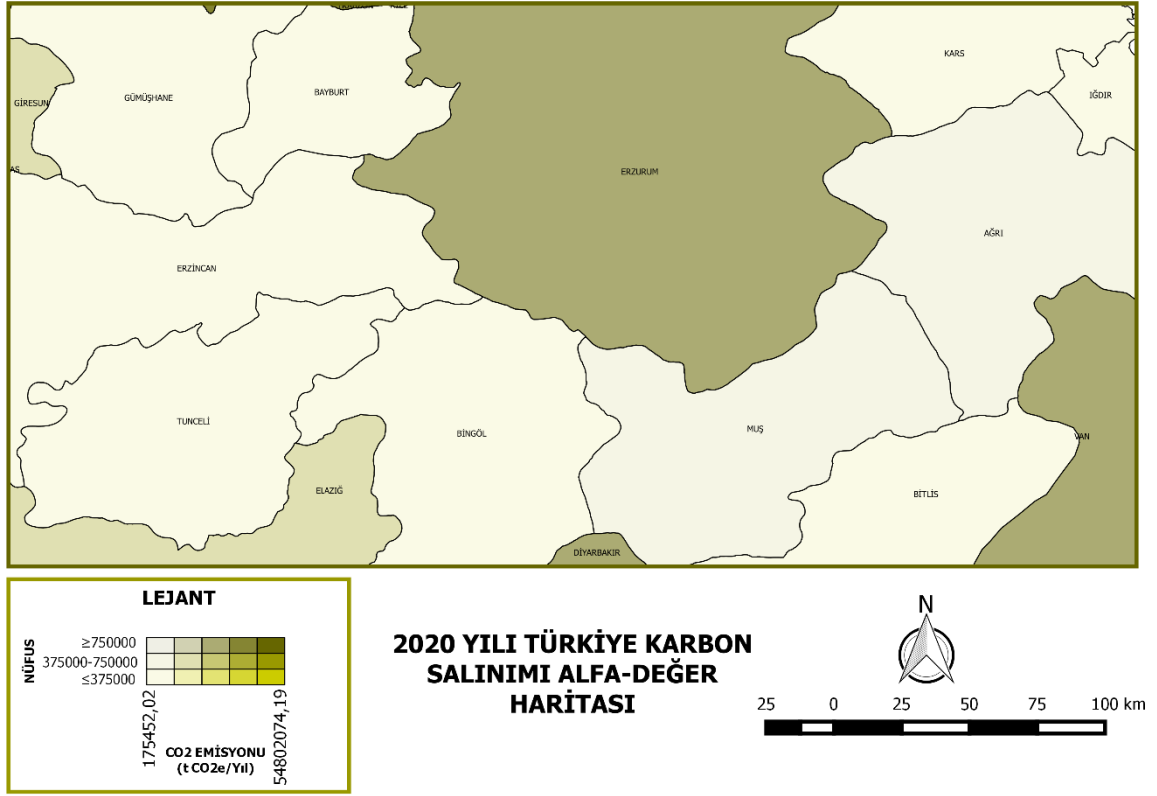


Şekil 33. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı örnek alfa-değer haritası-3

Bu haritada ise birbirine çok benzer renklerin seçilmesi haritanın doğru bir şekilde okunmasını zorlaştırmıştır. Haritada en çok dikkat çeken il yüzölçümünün büyüklüğünün de etkisiyle Sivas (E2) ilidir. Ancak daha fazla dikkat çekmesi gereken Ankara (E3) ve Kırıkkale (D1) illeri sönük kalmıştır. Buna göre 1. ve 3. sınıfı aynı seviyede ortaya çıkaran renklerin seçilmesi yanlış tercih olacaktır, bunun yerine 3.sınıfa soğuk bir renk tonunun 1. sınıfa ise sıcak bir renk tonunun atanması iki sınıfı da parlatırken nüfusu düşük olmasına rağmen CO₂ emisyonu yüksek illerin ve nüfusu yüksek olmasına rağmen CO₂ emisyonu düşük illerin haritadan daha rahat seçilmesine olanak sağlayacaktır.

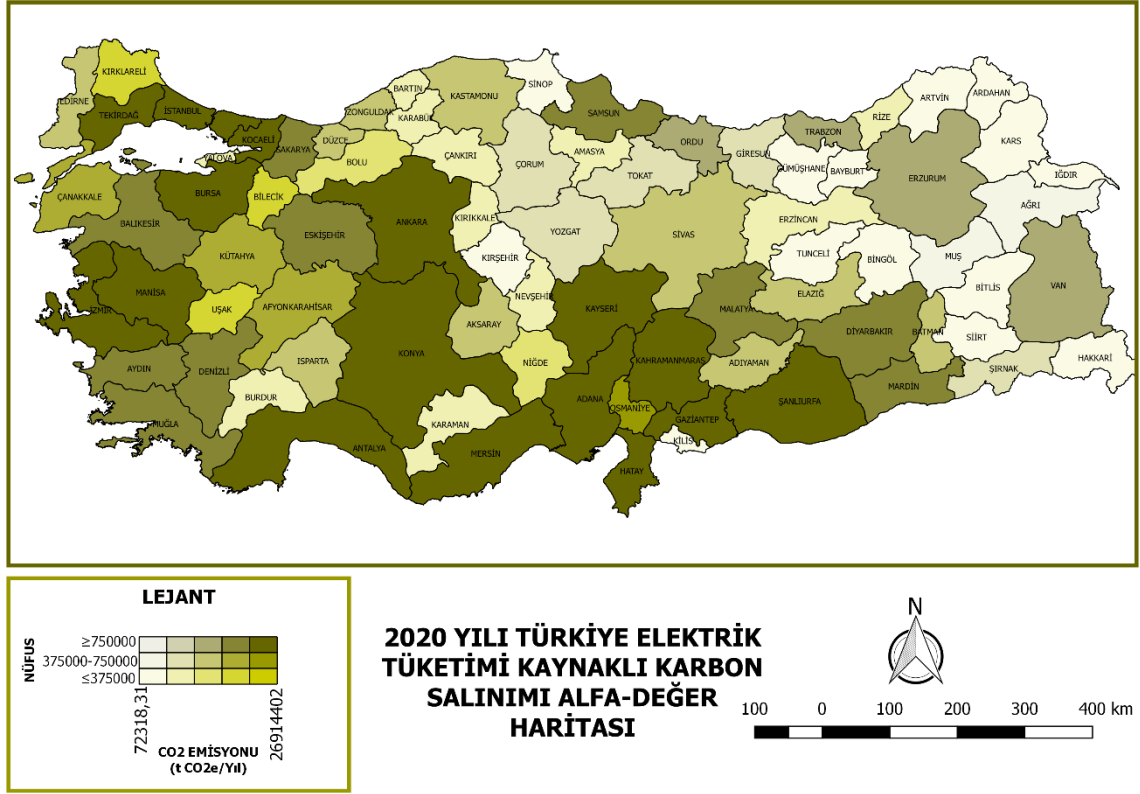
Bu tespitlerden yola çıkılarak Türkiye'ye ait karbon salınım haritalarının üretiminde kullanılacak en uygun renklerin 1. sınıf için #CCCC00, 2. sınıf için #999900 ve 3. sınıf için #666600 renkleri olacağına karar verilmiştir (HEX renk koduna göre). Kullanılan bu

renklerle hem nüfusu hem karbon salınımı yüksek olan iller ve nüfusu düşük olmasına rağmen karbon salınımı yüksek olan iller aynı oranda dikkat çekmektedir. Ayrıca Sivas ve Konya gibi yüzölçümünün büyük olması sebebiyle verisel olarak görece daha önemli olan numaralandırma birimlerinin önüne geçen illerin bu dikkat çekiciliği diğer renk seçeneklerine göre daha azdır. Daha önceki sayfalarda alfa-değer haritalamanın genel sorunu olarak belirtilen şeffaflık değerinin fazla olmasından dolayı A1, A2 ve A3 sınıflarının ayırt edilememesi durumu sonuç haritada kullanılmak üzere seçilen daha az gözlenmiştir. Ağrı ve Muş gibi A2 illeri ile Bingöl, Bitlis ve Kars gibi A1 illerinin renk farklılıkları Şekil 34'te açıkça görülebilmektedir. Tüm bu sebepler dolayısıyla sonuç haritalarının üretiminde #CCCC00, #999900, #666600 renkleri kullanılmıştır.



Şekil 34. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı sonuç haritasının detaylı incelenmesi

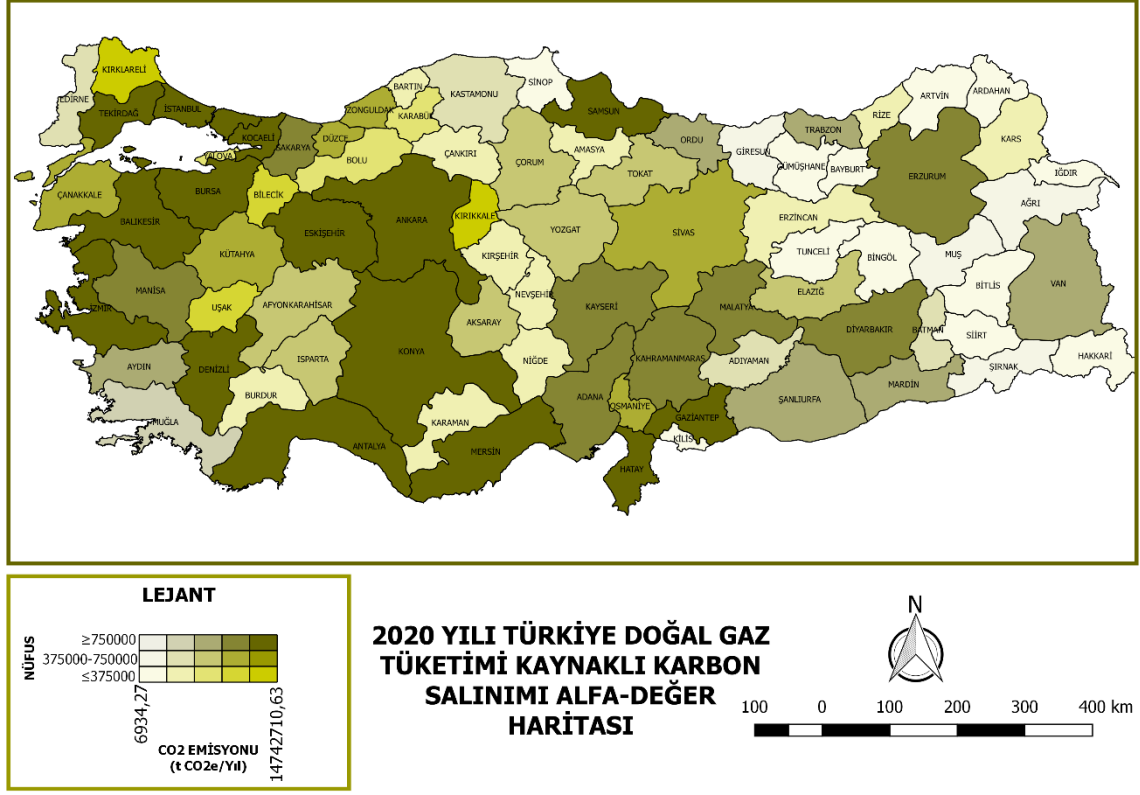
3.1.1. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası



Şekil 35. 2020 yılı Türkiye elektrik tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası

2020 yılında 38.487.633,35 MWh tüketim ile İstanbul, en çok elektrik tüketimi yapan il olurken bu tüketimden kaynaklı 26.914.402 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. En az elektrik tüketimi yapan il ise 103.415,28 MWh ile Bayburt olmuş ve bu tüketimden kaynaklı 72.318,31 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. Şekil 35'te bulunan elektrik tüketimi kaynaklı karbon salınımı haritası incelendiğinde İstanbul, Ankara, Konya, Antalya, Bursa gibi illerin nüfuslarının yüksek olması sebebiyle elektrik tüketimi kaynaklı karbon salınımlarının da yüksek olduğu görülebilmektedir. Uşak, Bilecik ve Kırklareli illeri ise nüfusları düşük olmasına rağmen karbon salınımı yüksek olan illerdir.

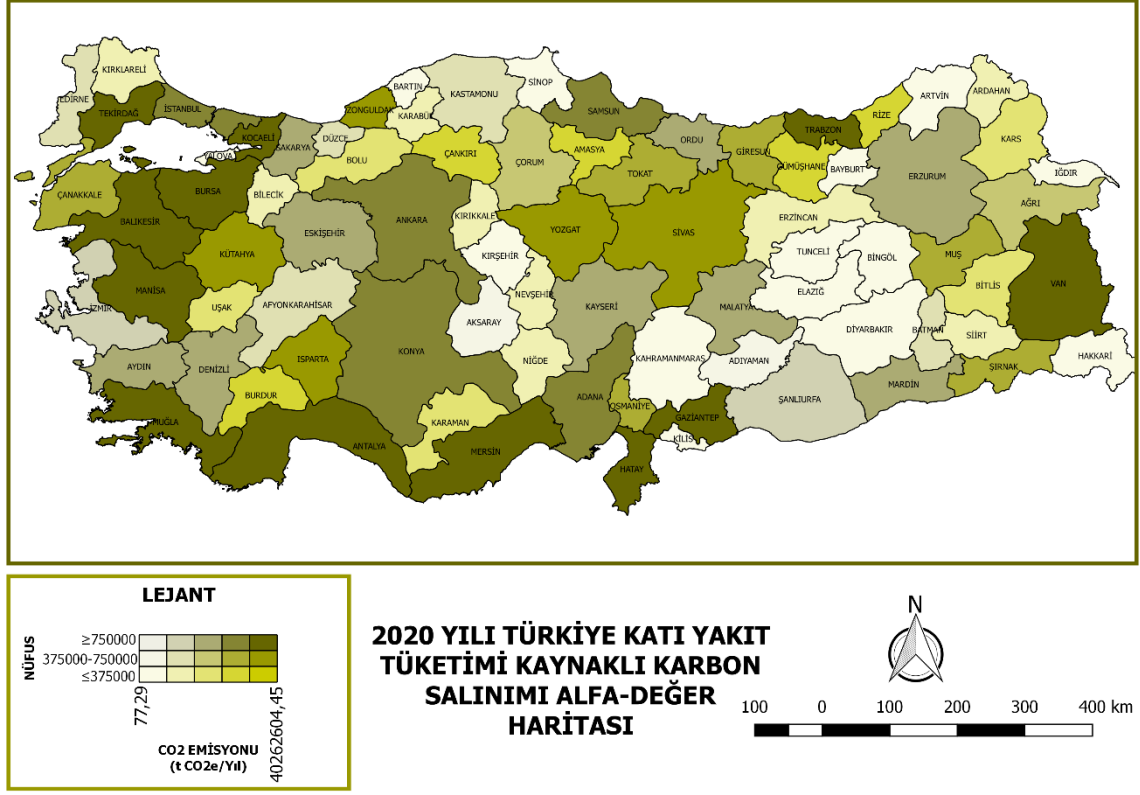
3.1.2. Doğal Gaz Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası



Şekil 36. 2020 yılı Türkiye doğal gaz tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası

Doğal gaz tüketiminde ilk sıradaki il 7.610.397.911,55 Sm³ ile İstanbul olurken son sıradaki il ise 3.579.569,40 Sm³ ile Artvin olmuştur. İstanbul bu tüketimden kaynaklı 14.742.710,63 t CO2e/Yıl, Artvin ise 6.934,27 t CO2e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. Şekil 36'da bulunan doğal gaz tüketimi kaynaklı karbon salınımı haritası incelendiğinde yine İstanbul, Ankara, Samsun, Kocaeli gibi büyükşehirler yüksek karbon salınımı yaptığı görülebilmektedir. Ancak Muğla büyükşehir olmasına rağmen doğal gaz tüketimi kaynaklı karbon salınımında 62. sıradadır ve haritada da B3 sınıfında yer almaktadır. Yani nüfusu yüksek olmasına rağmen karbon salınımının düşük olmasıyla dikkat çekmektedir. Kırklareli ve Kırıkkale illeri nüfusları düşük olmasına rağmen karbon salınımı yüksek olan illerdir.

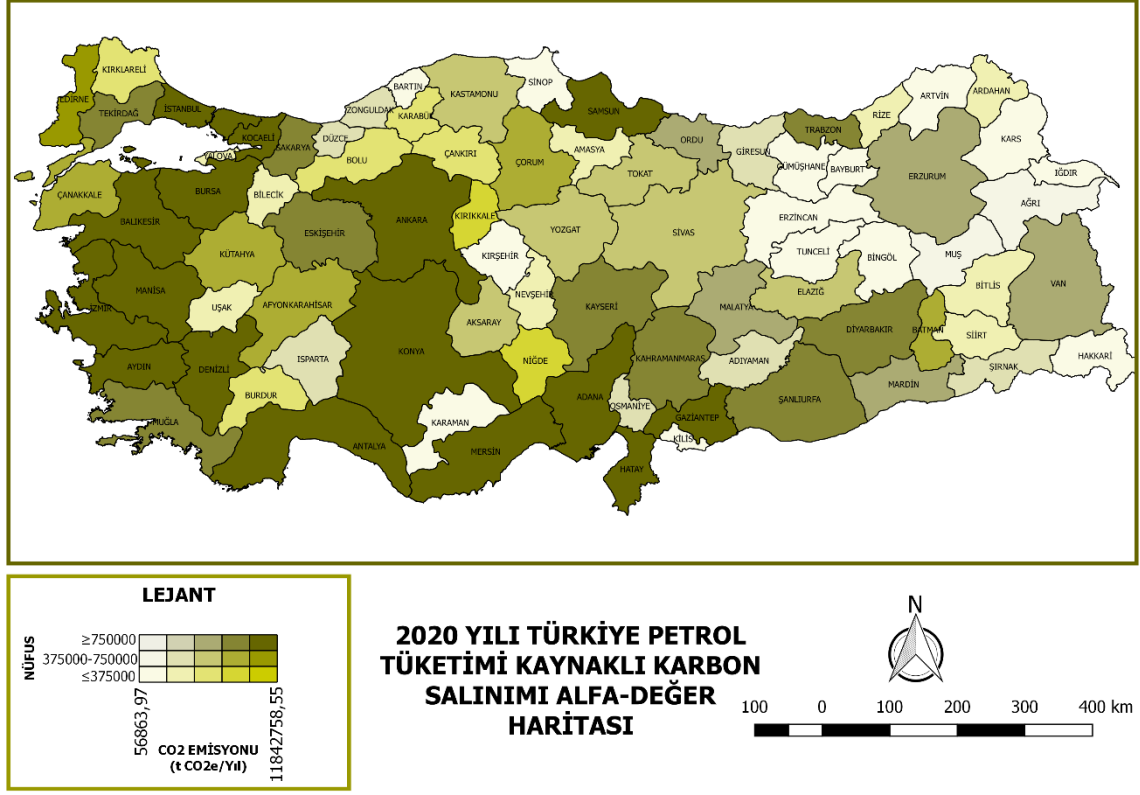
3.1.3. Katı Yakıt Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası



Şekil 37. 2020 yılı Türkiye katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası

Kömür kaynaklı katı yakıt tüketiminde Balıkesir 13.815.289 ton ile ilk sırada yer alırken Hakkari 28 ton ile son sırada yer almıştır. Bu tüketimden kaynaklı karbon salınımı miktarı Balıkesir için 38.200.655,61 t CO_{2e}/Yıl, Hakkari için 77,29 t CO_{2e}/Yıl olmuştur. Şekil 37’de bulunan katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınımı haritası incelendiğinde koyu renklerin batıda yoğunlaştığı diğer haritaların aksine renklerin tüm haritaya yayıldığı gözlemlenmektedir. Çünkü elektrik ve doğal gaz tüketimi gelişmişlik seviyesiyle doğru bir orantı ilişkisi içerisindeyken katı yakıtlar ise az nüfuslu ve gelişmemiş şehirlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Nüfusu az olmasına rağmen katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınımı fazla olan Rize, Gümüşhane, Amasya, Çankırı, Burdur illeri bu duruma örnektir. Trabzon, Van, Kocaeli, Bursa gibi iller ise hem nüfusu hem de karbon salınımı yüksek illerdir. İzmir ve Şanlıurfa illeri ise yüksek nüfuslarına rağmen katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınımını az miktarda yapmaktadır.

3.1.4. Petrol Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası

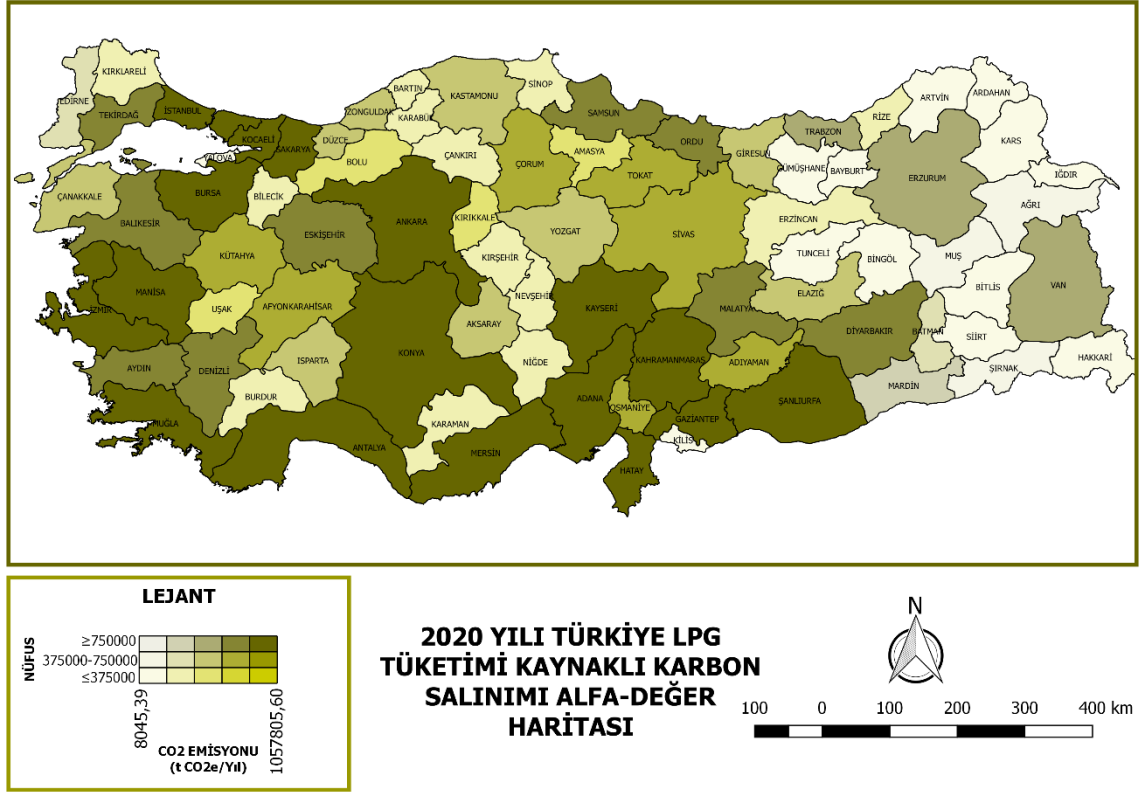


Şekil 38. 2020 yılı Türkiye petrol tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası

Petrol ürünlerinden olan benzin tüketimi dolayısıyla yapılan karbon salınımında İstanbul 1.548.380,65 t CO₂e/Yıl ile ilk sırada yer alırken, Bayburt ise 4.405,76 t CO₂e/Yıl ile son sırada yer almaktadır. Motorin tüketimi kaynaklı karbon salınımında da İstanbul 10.243.506,58 t CO₂e/Yıl ile ilk sırada yer almaktadır, Tunceli ise 50.484,14 t CO₂e/Yıl karbon salınımı ile listenin sonundadır. 2020 yılı boyunca en fazla fuel-oil tüketimi kaynaklı karbon salınımı yapan il 315.875,05 t CO₂e/Yıl ile Ankara olurken 104,57 t CO₂e/Yıl karbon salınımı ile Adıyaman en az miktarda salınım yapan ildir. Tüm bu 3 kategori birlikte değerlendirildiğinde ise İstanbul 3.735.488,20 tonluk petrol tüketiminin sebep olduğu 11.842.758,55 t CO₂e/Yıl karbon salınımı ile en fazla salınım yapan il durumundadır. Tunceli ise 17.912,05 ton petrol ürünü tüketerek 56.863,97 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır ve Türkiye’de 2020 yılı boyunca petrol tüketimi kaynaklı en az karbon salınımı yapan ildir. Şekil 38 incelendiğinde elektrik, doğal gaz veya katı yakıt tüketimi kaynaklı karbon salınım haritalarında dikkat çekmeyen Batman ilinin “parıldadığı” görülmektedir.

Batman 650'ye yakın kuyu sayısı ile Türkiye'de en fazla petrol üretimi yapılan ildir (URL-53, 2021). Kırıkkale ve Niğde de düşük nüfuslarına rağmen petrol ürünleri tüketimi kaynaklı yüksek karbon salınımı yapan illerdir.

3.1.5. Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Tüketimi Kaynaklı Karbon Salınımı Dağılım Haritası



Şekil 39. 2020 yılı Türkiye LPG tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası

Son kategori olan LPG tüketiminde ilk sıraya yerleşen il 354.417,67 ton ile Ankara, son sıraya yerleşen il ise 2.695,61 ton ile Tunceli olmuştur. Ankara, LPG tüketimi kaynaklı 1.057.805,60 t CO_{2e}/Yıl karbon salınımı yaparken Tunceli 8.045,39 t CO_{2e}/Yıl karbon salınımı yapmıştır. Şekil 39'da bulunan LPG tüketimi kaynaklı karbon salınımı alfa-değer haritası incelendiğinde genel olarak düzenli bir dağılımın olduğu görülmektedir. Batı illeri doğu illerine göre daha koyu renklerle sınıflandırılmıştır. En dikkat çekici iller hem nüfusları hem de karbon salınimleri yüksek olan büyükşehirlerdir.

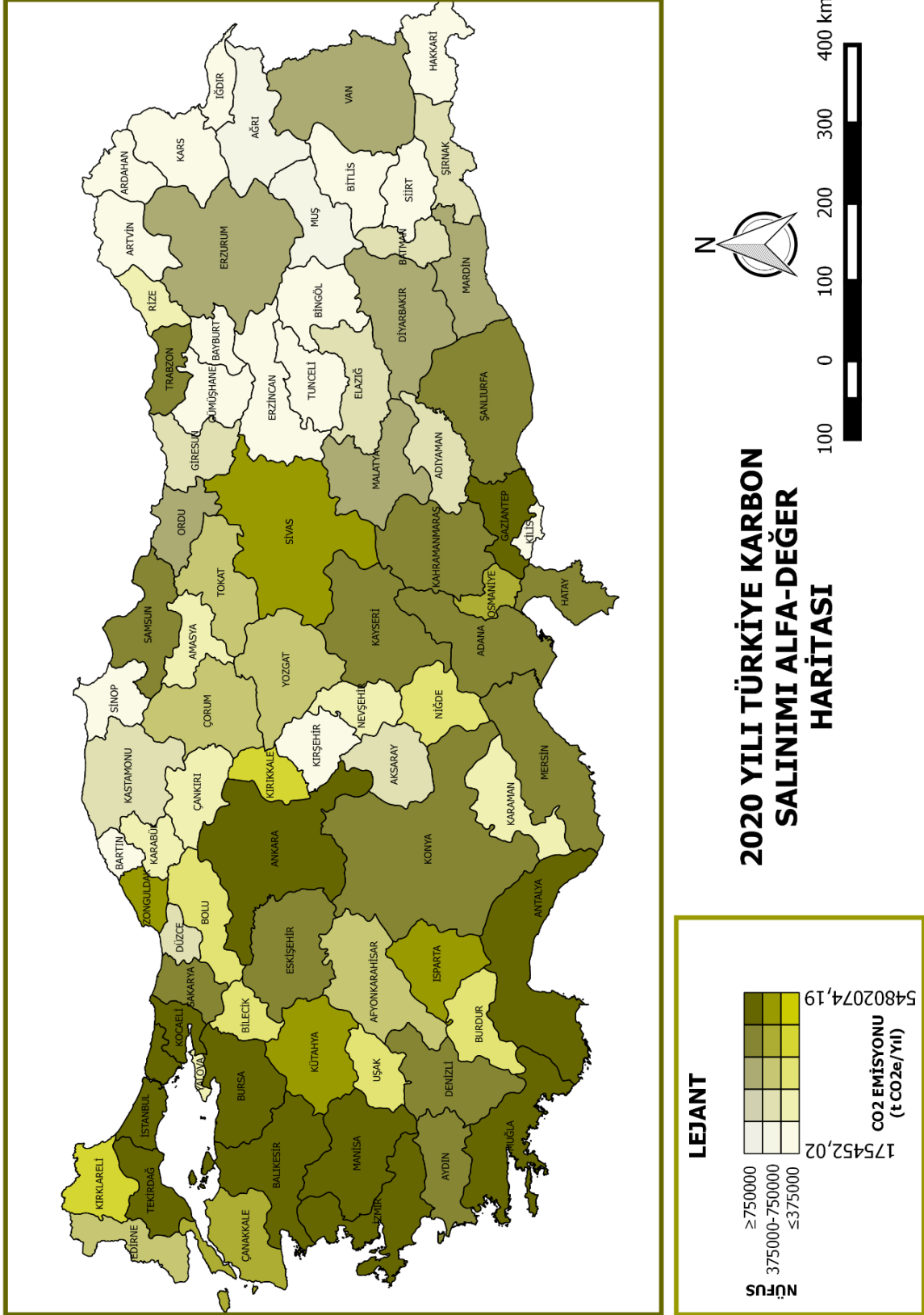
3.1.6. 2020 Yılı Türkiye Toplam Karbon Salınımı Alfa-Değer Haritası

Türkiye'nin 2020 yılı için il bazlı karbon salınım miktarı dağılım haritası alfa-değer haritalama tekniğine göre CBS tabanlı olarak üretilmiştir. Öncelikle illerin karbon ayak izini ifade edebilmesi açısından il düzeyinde elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve LPG tüketiminden kaynaklanan karbon salınım miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan karbon salınım miktarları CBS yazılımı kullanılarak, tasarlanan coğrafi veritabanına ilave edilmiştir. Karbon salınım miktarları dağılım haritasını üretmek için istatistiksel harita üretim tekniklerinden ziyade alfa-değer haritalama tekniği kullanılmıştır. Alfa-değer haritaları, farklı renk tonlarının artalan renklerini 3*5 karelajlık bir renk matrisinde hem nüfus hem de CO₂ emisyonu bilgisi ile birlikte sunma avantajını sağlamaktadır. Bu bağlamda renk alternatifleri denenerek en ideal renkler olarak 1. sınıf için #CCCC00, 2. sınıf için #999900 ve 3. sınıf için #666600 renkleri (HEX renk koduna göre) belirlenmiş ve sonuç tematik harita üretilmiştir.

Türkiye'nin 2020 yılı boyunca il ölçeğinde elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve LPG tüketiminden kaynaklanan karbon salınımı miktarının birlikte değerlendirilmesi ve bu salınımın nüfus ile ilişkisinin CBS araçlarından faydalanılarak alfa-değer haritalama yöntemi ile iller bazında haritalanmasıyla oluşturulan sonuç harita Şekil 40'ta yer almaktadır.

2020 yılı boyunca tüm kategorilerde toplam yapılan karbon salınımında ilk üç il İstanbul 54.802.074,19 t CO₂e/Yıl, Balıkesir 46.209.180,22 t CO₂e/Yıl, Muğla 44.221.649,13 t CO₂e/Yıl olmuştur. İstanbul tüm Türkiye'deki karbon salınımının %9,14'ünü tek başına üretirken Balıkesir ise %7,71'lik bir orana sahiptir. 2020 yılı için en az karbon salınımı yapan iller ise 175.452,02 t CO₂e/Yıl ile Tunceli, 190.274,81 t CO₂e/Yıl ile Bayburt ve 315.284,63 t CO₂e/Yıl ile Hakkari olmuştur. Şekil 40'ta bulunan 2020 yılı Türkiye karbon salınımı alfa-değer haritası incelendiğinde renklerin doğudan batıya doğru gittikçe arttığı gözlemlenmektedir. Bu gelişmişlik oranı ile karbon salınımı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Marmara Bölgesi'nde İstanbul, Tekirdağ, Kocaeli, Bursa ve Balıkesir illeri hem yüksek nüfusa hem de yüksek karbon salınımına sahip olduklarından dolayı E3 sınıfına dâhil olmuşlardır. Kırklareli ve Bilecik illeri ise nüfusları düşük olmasına rağmen yüksek karbon salınımına sahip olduklarından dolayı sırasıyla D1

ve C1 sınıflarına dâhil olmuşlardır. Ege Bölgesi'nde Manisa, İzmir ve Muğla illeri E3 sınıfında değerlendirilirken Uşak ise C1 sınıfında değerlendirilmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde genel olarak düşük nüfus düşük karbon salınımı eğilimi gözlemlenirken Samsun ve Trabzon gibi bölgenin gelişmiş illeri D3 sınıfına dâhil olarak yüksek nüfusa ve yüksek karbon salınımına sahip illerden olmuştur. Ordu ise C3 sınıfına dâhil olmuştur ve diğer yüksek nüfuslu illerle kıyaslandığında daha düşük karbon salınımı yapmaktadır. Taş kömürü yatakları ve işletmeciliğiyle anılan Zonguldak ili ise E2 sınıfına ait renk ile renklendirilmiştir. Bölgedeki düşük nüfusa rağmen yüksek karbon salınımına sahip tek il C1 sınıfına ait Bolu ili olmuştur. İç Anadolu Bölgesi'nde E3 sınıfına ait Ankara ili yüksek nüfusa sahiptir ve yüksek karbon salınımı yapmaktadır. Hemen bitişiğindeki Kırıkkale ili ise D1 sınıfına dâhildir ve düşük nüfusuna rağmen yüksek miktarda karbon salınımı yapmaktadır. Bölgede dikkat çeken illerden biri C1 sınıfına ait Niğde iken diğeri de E2 sınıfına ait Sivas'tır. Sivas'ın dikkat çekiciliği yüzölçümünün büyüklüğünden dolayı görsel etkileyciliği de yüksek bir il olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum haritanın doğru anlaşılabilmesinin önüne geçmektedir ve alfa-değer haritalamanın eksik bir yönüdür. Akdeniz Bölgesi genel olarak yüksek nüfuslu illere sahip olduğundan dolayı karbon salınımı da yüksek olan bir bölgedir. Ancak Burdur ili C1 sınıfına aittir ve nüfusu düşük olmasına rağmen yüksek karbon salınımı yapmaktadır. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri genel olarak az gelişmiş illere sahip olduğundan karbon salınımı da düşük seviyededir. Bu iki bölgede en yüksek karbon salınımını Gaziantep ve Şanlıurfa illeri yapmaktadır. Diyarbakır, Erzurum, Malatya, Mardin ve Van ise C3 sınıfında yer almaktadır ve nüfusları yüksek olmasına rağmen karbon salınımları düşüktür.



Şekil 40. 2020 yılı Türkiye karbon salınımı sonuç alfa-değer haritası

4. SONUÇLAR

İnsanoğlu var oluşundan beri sürekli kendi elleriyle yaşamını tehlikeye atmaktadır. Bitmeyen savaşlar, silahlanma yarışları, nükleer felaketler, kimyasal atıkların doğru şekilde yönetilememesi gibi sebeplerle insan yeryüzünü kirletmekte ve tek yaşam alanına zarar vermektedir. İklim değışikliği de işte böyle insanın kendi kendini sabote etme alışkanlığından ortaya çıkmış, Dünya'nın geleceğini ve üzerindeki canlı yaşamını tehdit eden günümüzün en büyük problemlerinden biridir. İnsanlığın tarihinde pek çok yeni başlangıçlara sebep olan Sanayi Devrimi ile atmosferde biriken sera gazı miktarı artarak iklim değışikliğinin kapısı aralanmıştır. Günümüzdeki yaklaşık 1°C'lik ısınma ile insanoğlu çoktan iklim değışikliğinin yıkıcı etkileriyle yüzleşmektedir. IPCC'nin raporlarında sınır olarak belirlenen 1,5°C sıcaklığının aşılması halinde ise insanoğlu geri döndürülemez bir eşiğı aşmış olacaktır.

İklim aktivisti Greta Thunberg'in 'Evimiz Yanıyor' konuşmasında "İklim krizini çözmek Homo sapiens'in şimdiye kadar karşılaştığı en büyük ve en karmaşık mesele. Buna karşılık, esas çözüm o kadar basit ki, küçücük bir çocuk bile bunu kavrayabilir. Sera gazı salınımlarımızı durdurmak zorundayız." sözleriyle belirttiğı gibi iklim değışikliği ile mücadelenin temel unsurunu sera gazı emisyonlarını azaltmak oluşturmaktadır (Vakanüvis ÖM, 2021). Ancak bir sorunu çözümlayebilmenin yolu ilk olarak onu tanımak ve anlamaktan geçmektedir. Sera gazı azaltım hedeflerine ulaşabilmek için de kimin, ne kadar, hangi yollarla sera gazı ürettiğinin tespit edilmesi gereklidir. İşte karbon ayak izi bu tespitin yapılmasına olanak vermektedir.

Bu anlayıştan yola çıkılarak yapılan bu çalışmada Türkiye'de 2020 yılında tüketilen elektrik, doğal gaz, katı yakıt, petrol ve LPG miktarı ve 2020 yılı nüfus değerleri dikkate alınarak Türkiye'ye ait karbon salınımı alfa-değer haritası oluşturulmuştur. 2020 yılında 38.487.633,35 MWh tüketim ile İstanbul, en çok elektrik tüketimi yapan il olurken bu tüketimden kaynaklı 26.914.402 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. En az elektrik tüketimi yapan il ise 103.415,28 MWh ile Bayburt olmuş ve bu tüketimden kaynaklı 72.318,31 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. Doğal gaz tüketiminde ilk sıradaki il 7.610.397.911,55 Sm³ ile İstanbul olurken son sıradaki il ise 3.579.569,40 Sm³ ile Artvin

olmuştur. İstanbul bu tüketimden kaynaklı 14.742.710,63 t CO₂e/Yıl, Artvin ise 6.934,27 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. Kömür kaynaklı katı yakıt tüketiminde Balıkesir 13.815.289 ton ile ilk sırada yer alırken Hakkari 28 ton ile son sırada yer almıştır. Bu tüketimden kaynaklı karbon salınımı miktarı Balıkesir için 38.200.655,61 t CO₂e/Yıl, Hakkari için 77,29 t CO₂e/Yıl olmuştur. Petrol ürünlerinden olan benzin tüketiminde ilk sırada 504.360,16 ton ile İstanbul bulunurken son sırada ise 1.435,11 ton ile Bayburt bulunmaktadır. Benzin tüketimi dolayısıyla yapılan karbon salınımı İstanbul için 1.548.380,65 t CO₂e/Yıl, Bayburt için ise 4.405,76 t CO₂e/Yıl olmuştur. Motorin tüketiminde ilk sırada 3.214.859,42 ton ile İstanbul, son sırada 15.844,13 ton ile Tunceli yer almıştır. İstanbul'un motorin tüketiminin sebep olduğu karbon salınımı 10.243.506,58 t CO₂e/Yıl olurken Tunceli ise 50.484,14 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. 2020 yılı boyunca en fazla fuel-oil tüketen il 101.016,66 ton ile Ankara olurken 33,44 ton ile Adıyaman en az tüketim yapan il olmuştur. Ankara bu tüketim ile 315.875,05 t CO₂e/Yıl, Adıyaman 104,57 t CO₂e/Yıl karbon salınımına sebep olmuştur. Son olarak LPG tüketiminde ilk sıraya yerleşen il 354.417,67 ton ile Ankara, son sıraya yerleşen il ise 2.695,61 ton ile Tunceli olmuştur. Ankara, LPG tüketimi kaynaklı 1.057.805,60 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yaparken Tunceli 8.045,39 t CO₂e/Yıl karbon salınımı yapmıştır. 2020 yılı boyunca tüm kategorilerde toplam yapılan karbon salınımında ilk üç il İstanbul 54.802.074,19 t CO₂e/Yıl, Balıkesir 46.209.180,22 t CO₂e/Yıl, Muğla 44.221.649,13 t CO₂e/Yıl olmuştur. İstanbul tüm Türkiye'deki karbon salınımının %9,14'ünü tek başına üretirken Balıkesir ise %7,71'lik bir orana sahiptir. 2020 yılı için en az karbon salınımı yapan iller ise 175.452,02 t CO₂e/Yıl ile Tunceli, 190.274,81 t CO₂e/Yıl ile Bayburt ve 315.284,63 t CO₂e/Yıl ile Hakkari olmuştur.

Bu verilerle oluşturulan 2020 yılı Türkiye toplam karbon salınımı alfa-değer haritası incelendiğinde renklerin şeffaflığının doğudan batıya doğru gittikçe azaldığı gözlemlenmektedir. Renklerin bu değişimi, batı illerinde doğu illerine göre daha fazla karbon salınımı yapıldığını göstermektedir. Bu durumu illerin gelişmişlik seviyesi ile açıklayabilmek mümkündür. İstanbul, Ankara, Bursa, İzmir, Balıkesir, Gaziantep, Antalya gibi gelişmiş ve büyükşehir olan iller nüfuslarının da fazla olmasından dolayı diğer illere göre daha çok karbon salınımı yaparlar. Ayrıca gelişmişlik seviyesi yüksek olan illerde sanayi, tarım, endüstri, madencilik, turizm sektörleri gibi daha fazla karbon salınımı yapmaya müsait sektörler de daha gelişmiş olduğundan bu illere ait karbon salınım miktarı

artmaktadır. Örneğin 2020 yılı Türkiye nüfus sıralamasında 17. sırada bulunmasına rağmen Balıkesir ilinin en fazla karbon salınımı yapan ikinci il olması bu ildeki madencilik sektörünün gelişmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Orta Anadolu petrol rafinerisinin bulunduğu Kırıkkale, Hamitabat ilçesinde doğal gaz termik santrali bulunan Kırklareli ve taş kömürü çıkarımıyla birlikte demir-çelik sanayiide birinci sırada yer alan Zonguldak illerinin gelişmişlik oranı ve nüfusu düşük olmasına rağmen fazla karbon salınımı yapması da bu sebepten dolayıdır. Ancak katı yakıt tüketimi incelendiğinde karbon salınımı ile gelişmişlik seviyesi arasındaki doğru orantının geçerliliğini yitirdiği görülmektedir. Gelişmiş şehirlerde genel olarak doğal gaz ulaşan ilçe ve konut sayısı gelişmemiş şehirlere göre daha fazladır ve konutlarda enerji ihtiyacı fosil yakıtlar arasındaki en temiz kaynak olarak sayılabilecek doğal gaz ile karşılanmaktadır. Gelişmemiş şehirlerde ise kömür ve odun türevleri doğal gaza nazaran daha fazla tüketilmektedir ve bu durum da katı yakıt tüketimine bağlı karbon salınımının gelişmemiş illerde daha fazla olmasına sebep olmaktadır.

Alfa-değer haritalama kartograma alternatif bir teknik olarak üretildiği de düşünülürse gerçekten de kartograma kıyasla görselliği çok daha etkileyici bir yöntemdir. Bu çalışmada da görüldüğü üzere harita üzerinde şekilsel hiçbir bozulma olmaksızın nüfus ve karbon salınımı gibi iki veri seti aynı anda gösterilebilmektedir. Ancak bu yöntemin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1) Bir haritaya bakıldığında yüzölçümü büyük olan numaralandırma birimleri (enumeration unit) verisel olarak daha azı ifade etse bile daha çok göze çarpmaktadır. Harita okuyucusu bu birimleri büyüklüklerini göz ardı ederek değerlendirmelidir. Ancak bu bazı harita okuyucuları için zorlayıcı bir durum oluşturabilir.

2) Alfa-değer haritalamanın temelini şeffaflık ayarlarında yapılan oynamalar oluşturmaktadır. Ancak %10'luk şeffaflık ayarında veri kaybı fazla olduğundan dolayı sınıfların renkleri farklı olsa bile aynıymış gibi gözükebilmektedir. Bu durumun çözümü için renk seçimi önem arz etmektedir. Bu çalışma sırasında üretilen çoğu haritada bu zorlukla karşılaşmıştır. Fakat sonuç harita için seçilen renklerde sınıflar daha rahat bir şekilde ayırt edilmektedir. Sınıflar arası renk farkı harita üzerinde yakınlıktıkça daha da belirgin olmaktadır. Bundan dolayı alfa-değer haritaların basılı ortamda değil de dijital ortamda,

yakınlaştırılıp uzaklaştırılabilir bir şekilde, interaktif olarak yayınlanması daha doğru analiz edilebilme açısından faydalı olacaktır.

3) Alfa-değer haritalamada iki farklı verinin aynı harita üzerinde ilişkilendirilmesi ve bu verilerin birden çok sınıfa ayrılarak incelenmesinden dolayı oluşturulan haritanın lejantı okuyucuya ilk bakışta karışık gelebilmektedir. Bu durumun okuyucuyu fazla zorlamaması için verilerin mümkün olduğunca az sınıfa ayrılması önerilmiştir (Roth vd., 2010)



5. ÖNERİLER

2019 yılında Davos'ta gerçekleştirilen Dünya Ekonomi Konferansı'nda 16 yaşındaki iklim aktivisti Greta Thunberg'in belirttiği gibi "Karbon ayak iziniz ne kadar büyükse, ahlakî yükümlülüğünüz de o kadar büyüktür." (Vakanüvis ÖM, 2021). Dünya'daki canlı yaşamı sadece bugünle sınırlı değildir. Günü kurtarmak için yapılan eylemlerle Dünya'ya verilen her zarar ve kaynakların hoyratça kullanılması, 50 ya da 100 yıl sonra yaşayan herhangi bir canlının yaşam kalitesinin düşmesine sebep olacaktır. İpin ucunu elinde tutan günümüz insanı dünya varlıklarının sahibi değil de emanetçisi olduğunun farkına varmalı ve gelecekteki canlı yaşamının sorumluluğunu omuzlarında hissetmelidir. İpin ucunu kaçırmamak için her bir bireyin ve kurumun bazı önlemler alması gerekir. Tüm ülkeler, hükümetler ve il yönetimleri iklim değişikliğiyle mücadeleyi ciddiye alarak bu konuda çalışmalar yürütmelidir. Bu mücadelede CBS tabanlı karbon ayak izi haritaları üretilmesi, ilçe, il ve hatta ülke bazında mevcut durumun tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için iyi bir strateji olacaktır. 175 ülkenin imzalayarak iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum stratejisinde yol gösterici olarak benimsediği Paris Anlaşması'nın yükümlülüklerinden olan sera gazı envanteri üretimi, karbon salınımı haritaları ile desteklenmelidir. Üretilen haritalar ile karbon salınımının coğrafyayla ilişkisi tespit edilerek gerekli önlemlerin alınması ve müdahalelerin yapılması sağlanacaktır. Ayrıca karbon salınımının görselleştirilmesi ile bu konuya daha geniş kitlelerce daha fazla dikkat çekilmesi sağlanabilir. Dünyada ülkeler bazında karbon salınımı haritaları üreten bazı projeler bulunmaktadır. Ancak ülkemizde henüz resmi bir karbon salınımı haritası üretiminden bahsetmek mümkün değildir. Türkiye, iklim değişikliğiyle mücadelede yeni bir yola girdiği bu dönemde artık ülke, il ve ilçe bazında karbon salınımı haritalarının üretimine başlamalıdır. Bu haritalar resmi kurumlarca online ortamda interaktif olarak yayınlanmalı ve halk ile paylaşılmalıdır. Ancak karbon salınımı haritalarının üretiminde karşılaşılan bazı zorluklar vardır. Bunların en önemlisi veriye erişimdeki güçlüktür. Bu çalışma kapsamında da verilere ulaşma güçlüğünden dolayı sadece enerji sektörü dikkate alınmak durumunda kalmıştır. Ancak enerji sektöründe de kurumlardan elde edilen verilerde eksiklikler ve yanlışlıklar bulunmaktadır. Özellikle Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınlamış olduğu katı yakıt tüketim verileri yeterli ve ayrıntılı veri içermemekle birlikte verilerin bulunduğu raporlar belli bir standartta hazırlanmadığı için bazı illerde her cins

yakıtta yer verilirken bazılarında veri girişi bile yapılmamıştır. Oysa IPCC'nin yayınlamış kılavuza göre karbon ayak izi haritalarının üretimi için enerji, endüstriyel işlemler, solvent ve diğer ürünlerin kullanımı, tarım, yeryüzü coğrafyasının ve ormanların kullanımı ve atıklar kategorilerine ait karbon salınım verileri toplanmalı ve işlenmelidir. Dünyanın ve Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum stratejisinde belirlediği 2050 hedeflerine yaklaşırken kurumlar bu mücadelede kullanılacak verileri daha hassas, doğru ve standartlara uygun bir şekilde toplamalı, düzenlemeli ve yayınlamalıdır. Böylece tüm kategoriler hesaba katılarak yapılan karbon ayak izi haritaları karbon salınımı hakkında tam anlamıyla bir rehber olacaktır ve üretilen bu haritalar iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir silah olarak kullanılabilir.

Yaşadığımız uzay çağında insanlık milyarlarca ışık yılı uzaklıktaki gezegenleri keşfedebilmekte, Güneş Sistemi'ndeki gezegenlere uzay araçları gönderebilmekte hatta Mars'ta koloni kurma planları yapmaktadır. Ancak hiçbir yer insanlığın yuvası olan Dünya'nın sağladığı imkânları sağlamayacaktır. Bu yüzden bir krizin başlangıcında bulunan günümüz toplumu hastalanmış Dünya'nın tedavisi için zamanın ve bütçesinin büyük bir kısmını kullanmaktan çekinmemelidir.

6. KAYNAKLAR

Aksu, C., Dereler ve İnsanlar, <https://www.iklimhaber.org/dereler-ve-insanlar/> , 29 Aralık 2020.

Atay, H., Arabacı, H. ve Gürkan, H., Küresel İklim Modelleri, <http://slideplayer.biz.tr/slide/5583535/>, 02 Ocak 2021.

Bıyık, Y. ve Civelekoğlu, G., 2020. Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması, Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4, 2, 78-87.

Bildirici, L., Çölleşme, dünyada 1,5 milyar insanın hayatını doğrudan etkiliyor, <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/collesme-dunyada-1-5-milyar-insanin-hayatini-dogrundan-etkiliyor/1878553> , 11 Ocak 2021.

Binboğa, G. ve Ünal, A., 2018. Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 21, 187-202.

Birkan, İ., Küresel Isınma ve Karbon Ayak İzimiz, <https://www.turkishnews.com/tr/content/wp-content/uploads/2014/08/KURESEL-ISINMA-VE-KARBON-AYAK-IZIMIZ.pdf> , 11 Ocak 2021.

Cai, B., Cui, C., Zhang, D., Cao, L., Wu, P., Pang, L., Zhang, J. ve Dai, C., 2019. China city-level greenhouse gas emissions inventory in 2015 and uncertainty analysis, Applied Energy, 253, 113579.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2010. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı. Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023, Ankara, 40 s.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2011. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı, Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, BMS Matbaacılık, Ankara, 123 s.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2020. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı, Ankara, 64 s.

Demirbaş, M. ve Aydın, R., 2020. 21. Yüzyılın En Büyük Tehdidi: Küresel İklim Değişikliği, Ecological Life Sciences, 15, 4 , 163-179.

Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. ve Akçakaya, A., 2014. Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24 Ekim, Ankara.

Dengiz, O., Öztaş, T., Haliloğlu, M. ve Şahin, K., 2020. Arazi Tahribatı Dengelemesi, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ocak, Ankara, Bildiriler Kitabı I: 81-104

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 2021a. Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, Ankara.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 2021b. Doğal gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, Ankara.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 2021c. Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, Ankara.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 2021d. Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (Lpg) Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, Ankara.

Esina, E., 2009. Arazi Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Galli, A., Moore, D., Cranston, G., Wackernagel, M., Kalem, S., Devranoğlu, S. ve Ayas, C., 2012. Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, Ofset Yapımevi, 88 s.

Gao, P., Li, Z. ve Qin, Z., 2019. Usability Of Value-By-Alpha Maps Compared To Area Cartograms And Proportional Symbol Maps, Journal of Spatial Science, 64, 2, 239-255.

Gökçek, Ö. B., Bozdağ, A. ve Demirbağ, H., 2019. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Örneğinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8,2, 721-730.

Güldoğan, B., Dünya'nın Geçirdiği "Buzul Çağları", http://www.yaklasansaat.com/dunyamiz/dunya/buzul_caglari.asp , 27 Aralık 2020.

Hamal, Kh. V., 2008. Carbon Dioxide Emissions Inventory with GIS, Штучний інтелект, 3, 55-62.

Harrabin, R., Toprak erozyonu: '3,2 milyar kişiyi etkiliyor, iklim değişikliğini artırıyor', <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-48107077> , 11 Ocak 2021.

Holden, E., Seller 2030'a Kadar İki Kat Daha Fazla İnsanı Etkileyecek, <https://www.iklimhaber.org/seller-2030a-kadar-iki-kat-daha-fazla-insani-etkileyecek/>, 29 Aralık 2020.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Japan, 2006.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı Sera Gazı Envanteri, İstanbul, 2015.

Kunt, M., Gürbüzler, D., Erkal, İ. F. ve Yıldırım, K., 2020. 6. Türkiye Çevre Durum Raporu, Çevre Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı, No:48, Ankara, 356 s.

Mattinen, M. K., Heljo, J., Vihola, J., Kurvinen, A., Lehtoranta, S. ve Nissinen, A., 2014. Modeling and visualization of residential sector energy consumption and greenhouse gas emissions, Journal of Cleaner Production, 81, 70-80.

McGrath, M., Dünya Meteoroloji Örgütü: Küresel ısınmaya yol açan sera gazı yoğunluğu rekor düzeyde, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-46308251>, 27 Aralık 2020.

Metz, B., IPCC Raporu ve Siyasi Sonuçları, <https://www.greeneuropeanjournal.eu/ipcc-raporu-ve-siyasi-sonuclari/>, 27 Aralık 2020.

Nişancı, R., Yıldırım, V. ve Yıldırım, A., Su Havzalarına Yönelik CBS Veri Tabanı Modellemesi: Trabzon Galyan Vadisi Örneği, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ekim-Kasım 2007, Trabzon.

Park, J. ve Yang, B., 2020. GIS-Enabled Digital Twin System for Sustainable Evaluation of Carbon Emissions: A Case Study of Jeonju City, South Korea, Sustainability, 12, 9186.

Pekin, A. E., Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006.

REC Türkiye, 2006. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü; Metinler ve Temel Bilgiler, İris İletişim Çözümleri, Ankara, 61 s.

Reveghe Dassi T., C. S., 2017. A Gis-Based Study To Estimate And Analyze Carbon Dioxide Emissions In Odunpazarı District Of Eskişehir, Master of Science Thesis, Anadolu University, Graduate School of Sciences, Eskişehir.

Ritchie, H. ve Roser, M., CO₂ and Greenhouse Gas Emissions , <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>, 07 Ekim 2021.

Roth, E. R., Woodruff, A. W. ve Johnson, Z. F., 2010. Value-by-alpha maps: An alternative technique to the cartogram, The Cartographic Journal, 47, 2, 130-140.

Sarıtürk, B., Sivri, N. ve Şeker, D. Z., 2015. Türkiye'deki Geomatik Mühendisleri Arasında Yaşam Standartları ve Karbon Ayak İzi Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Mart, Ankara.

Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M. ve Portugal Pereira, J. (editörler), 2019. IPCC İklim Değişikliği ve Arazi Özel Raporu "Teknik Özeti", Türkçe Çeviri Konu Danışmanı ve Türkçe Editörü: Türkeş, M., TEMA Vakfı, İstanbul.

Stevens, J., Bivariate Choropleth Maps: A How-to Guide, <https://www.joshuastevens.net/cartography/make-a-bivariate-choropleth-map/>, 20 Ekim 2021.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), Yönetim Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Bilgi ve Belge Yönetimi Dairesi Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Ankara, 2019.

Tejera, J. L., AENOR and the Climate Change, The ISO Standards, “What future for the voluntary Carbon Market”, https://seors.unfccc.int/applications/seors/attachments/get_attachment?code=HZJHBCZB7QMA1EZRLMJR3UWFZM41IHYM, 08 Aralık 2021.

T.C. Resmi Gazete, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ, (29068), 22.07.2014, EK-5.

Tolunay, D. ve Akça, E., 2018. Çölleşme ile Mücadele İlerleme Raporu 2017, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.

Topçu, P., 2017. Sürdürülebilir Kalkınma Ve Arazi Yönetimi, Uluslararası Katılımlı 1. Tarım ve Gıda Etiği Kongresi, 10-11 Mart, Ankara.

Töreyan, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T., 2010. ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı, İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti., Ankara, 94 s.

Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Kurumsal ve Kentsel Sera Gazı Envanteri, Trabzon, Temmuz 2018.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2019, Yayın No: 33705, Ankara, Şubat 2020.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2020, Yayın No: 37210, Ankara, Şubat 2021a.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2019, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196>, 25 Ekim 2021b.

Türe, C., Şehirlerin İtibarı İçin Küçük Karbon Ayak İzi, https://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2014/12/3.Prof_-Dr.-Cengiz-T%c3%9cRE.pdf , 12 Ocak 2021.

Türkay, M., 2018. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonunun (Karbon Ayak İzinin) Hesaplanması: Eskişehir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Türkeş, M., 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61, 14-29.

Türkeş, M., 2012. Kuraklık, Çölleşme Ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi, Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20,1, 7-55.

URL-1, https://tr.wikipedia.org/wiki/Buzul_%C3%87a%C4%9F%C4%B1, Buzul Çağı, 27 Aralık 2020.

URL-2, https://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_etkisi , Sera Etkisi, 27 Aralık 2020.

URL-3, <https://www.wwf.org.tr/?2340> , IPCC 5. Değerlendirme Raporu Açıklandı, 27 Aralık 2020.

URL-4, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-51120658>, Küresel ısınma: Geçtiğimiz 10 yıl tarihin en sıcak 10 yılı oldu, 27 Aralık 2020.

URL-5, <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi>, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 26 Ocak 2022.

URL-6, <http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa>, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 27 Aralık 2020.

URL-7, <https://committee.iso.org/home/tc207sc7>, ISO/TC 207/SC 7, Greenhouse Gas Management And Related Activities, 08 Aralık 2021.

URL-8, <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> , Kyoto Protokolü, 27 Aralık 2020.

URL-9, <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> , Paris Anlaşması, 29 Aralık 2020.

URL-10, <https://www.avrupa.info.tr/tr/Paris%20%C4%B0klim%20Anla%C5%9Fmas%C4%B1> , Geleceğe Dair: Paris İklim Anlaşması, 29 Aralık 2020.

URL-11, <https://www.birbucukderece.com/15derecerapor/>, IPCC 1,5°C Raporu, 27 Aralık 2020.

URL-12, https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/ , İklim Değişikliği, 27 Aralık 2020.

URL-13, <http://www.global-greenhouse-warming.com/greenhouse-gas.html>, Greenhouse Gas, 27 Aralık 2020.

URL-14, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>, Global Greenhouse Gas Emissions Data, 27 Aralık 2020.

URL-15, <https://p.dw.com/p/3bN1A> , İklim değişikliğine karşı en etkili silah: Ormanlar, 27 Aralık 2020.

URL-16, <https://www.birbucukderece.com/araziraporu/>, IPCC İklim Değişikliği Ve Arazi Raporu, 27 Aralık 2020.

URL-17, <https://blog.quicksigorta.com/yasam/beslenme-bicimlerimizin-iklim-degisikligine-etkileri-1447>, Beslenme biçimlerimizin iklim değişikliğine etkileri, 27 Aralık 2020.

URL-18, <http://www.mfa.gov.tr/iklim-degisikligiyle-mucadelenin-onemi.tr.mfa> , İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Önemi, 29 Aralık 2020

URL-19, <https://www.iklimhaber.org/wmo-2020-rekor-sicakliklarin-yasandigi-ilk-uc-yil-arasinda/>, WMO: 2020 Rekor Sıcaklıkların Yaşandığı İlk Üç Yıl Arasında, 29 Aralık 2020.

URL-20, <https://www.iklimhaber.org/yeni-rapor-dunyanin-iklim-krizinin-saglik-etkilerine-karsi-bagisikligi-yok/>, Yeni Rapor: Dünyanın İklim Krizinin Sağlık Etkilerine Karşı Bağışıklığı Yok, 29 Aralık 2020.

URL-21, <https://www.iklimhaber.org/1994den-bugune-28-trilyon-ton-buzul-eridi/>, 1994'den Bugüne 28 Trilyon Ton Buzul Eridi, 29 Aralık 2020.

URL-22, <https://www.iklimhaber.org/ipcc-emisyonlar-azaltilmazsa-okyanuslar-10-kat-hizli-yukselecek/>, IPCC: Emisyonlar Azaltılmazsa Okyanuslar 10 Kat Hızlı Yükselinecek, 29 Aralık 2020.

URL-23, <https://sptnkne.ws/BwaQ>, Antarktika'da sıcaklık 20.7 dereceye yükselerek rekor kırdı, 29 Aralık 2020.

URL-24, <https://www.iklimhaber.org/pandemi-cagindan-kacis-daha-kotu-krizler-kapida/>, Pandemi Çağından Kaçış: Daha Kötü Krizler Kapıda, 29 Aralık 2020.

URL-25, <https://g.co/kgs/4wBBWv>, Koronavirüs hastalığı (COVID-19)/İstatistikler, 25 Ekim 2021.

URL-26, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=kuresel>, Küresel İklim Modellemesi, 02 Ocak 2021.

URL-27, <https://bianet.org/system/uploads/1/files/attachments/000/002/691/original/raporarazietkiler.pdf?1565249952>, İklim Değişikliği ve Arazi Kullanımının Etkileri, 02 Ocak 2021.

URL-28, <http://www.karbonayakizi.com/whatiscarbonfootprint.html>, Karbon Ayak İzi Nedir ?, 11 Ocak 2021.

URL-29, <https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-nasil-hesaplanir>, Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır?, 12 Ocak 2021.

URL-30, <https://www.altensis.com/hizmetler/kurumsal-surdurebilirlik-2/>, Kurumsal Karbon Ayak İzi Ölçümü ve Raporlanması, 12 Ocak 2021.

URL-31, https://www.ozyegin.edu.tr/sites/default/files/upload/HSE/karbon_ayakizi.pdf, Karbon Emisyon Yönetimi, 12 Ocak 2021.

URL-32, <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>, Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020, 07 Ekim 2021.

URL-33, <https://www.iklimhaber.org/yeni-arastirma-enerji-sektorunden-kaynaklanan-emisyonlar-artiyor/>, Yeni Araştırma: Enerji Sektöründen Kaynaklanan Emisyonlar Artıyor, 07 Ekim 2021.

URL-34, <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 14 Ekim 2021.

URL-35, <https://www.iklimhaber.org/paris-anlasmasi-tbmmde-onaylandi-sirada-komurden-cikis-var/>, Paris Anlaşması TBMM’de Onaylandı: Sırada Kömürden Çıkış Var, 14 Ekim 2021.

URL-36, <https://www.iklimhaber.org/bakanligin-ismi-cevre-sehircilik-ve-iklim-degisikligi-bakanligi-olarak-degistirildi/>, Bakanlığın İsmi Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Olarak Değiştirildi, 14 Ekim 2021.

URL-37, <https://www.iklimhaber.org/bm-raporu-dunya-hala-3cyi-askin-sicaklik-artisina-dogru-ilerliyor/>, BM Raporu: Dünya Hâlâ 3°C’yi Aşkın Sıcaklık Artışına Doğru İlerliyor, 12 Ocak 2021.

URL-38, <https://colorbrewer2.org> , Color Brewer 2.0, Color Advice For Cartography, 05 Ekim 2021.

URL-39, https://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafî_bilgi_sistemi, Coğrafi Bilgi Sistemi, 12 Ocak 2021.

URL-40, <https://www.ent.es.com.tr/dijital-ikiz-digital-twin-nedir-endustri-4-0-ve-dijital-ikizlerin-onemi/> , Dijital İkiz (Digital Twin) Nedir? Endüstri 4.0 ve Dijital İkizlerin Önemi, 31 Mart 2021.

URL-41, <https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulk-idare-bolumleri-haritasi/189>, Türkiye Mülkî İdare Bölümleri Haritası, 11 Ekim 2021.

URL-42, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=parametrelerinTurkiyeAnalizi>, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler, Türkiye Ortalama Sıcaklık 2020, 11 Ekim 2021.

URL-43, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, TEİAŞ Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2020 İstatistikleri, 11 Ekim 2021.

URL-44, <https://www.tkgm.gov.tr/projeler/turkiye-ulusal-cografî-bilgi-sistemi-tucbs#:~:text=TUCBS%2C%20Ulusal%20d%C3%BCzeyde%20teknolojik%20geli%C5%9Fmelere,amac%C4%B1yla%20bir%20web%20portal%C4%B1%20olu%C5%9Fturulmas%C4%B1n%C4%B1%2C>, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS), 10 Şubat 2022.

URL-45, <https://www.netcad.com/blog/tucbs-standartlarini-biliyor-musunuz>, TUCBS Standartlarını Biliyor Musunuz?, 10 Şubat 2022.

URL-46, <https://rehber.tucbs.gov.tr/>, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Rehber Uygulaması, 10 Şubat 2022.

URL-47, <https://ced.csb.gov.tr/2019-yili-il-cevre-durum-raporlar-i-98681>, 2019 Yılı İl Çevre Durum Raporları, 25 Eylül 2021.

URL-48, <https://ced.csb.gov.tr/2020-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-102101>, 2020 Yılı İl Çevre Durum Raporları, 25 Eylül 2021.

URL-49, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>, TÜİK İstatistik Veri Portalı Nüfus ve Demografi, 15 Kasım 2021.

URL-50, <https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulki-idare-sinirlari/232>, Türkiye Mülki İdare Sınırları, 15 Kasım 2021

URL-51, https://yenader.org/wp-content/uploads/2020/08/0c6b62ea-bf2f-4fea-b9b3-28bc6f48ddf2_Bilgi_Formu_-_Web_Sitesi.pdf, Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Bilgi Formu, 29 Eylül 2021.

URL-52, <https://htmlcolorcodes.com/color-chart/web-safe-color-chart/>, Web Safe Color Chart, 21 Ekim 2021.

URL-53, <https://maabir.com/turkiyede-petrol-cikarilan-yerler/>, Türkiye’de Petrol Çıkarılan Yerler, 17 Kasım 2021.

Vakanüvis ÖM, Greta'dan çağrı: Eviniz yanıyormuş gibi hareket etmenizi istiyorum, çünkü yanıyor!, <https://acikradyo.com.tr/acik-gazete/gretadan-cagri-eviniz-yaniyormus-gibi-hareket-etmenizi-istiyorum-cunku-yaniyor>, 18 Aralık 2021.

Yomralıoğlu, T., 2011. Dünya’da Arazi Yönetimi, Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini Trabzon Yomra Fen Lisesinde tamamladı. 2015 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölümünden 2019 yılında mezun oldu. Aynı sene Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

