



**TÜRKİYE’NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YEŞİL
ULAŞIM AÇISINDAN AVRUPA ÜLKELERİ
ARASINDAKİ YERİNİN ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE
BELİRLENMESİ**

Merve EYÜBOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE’NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YEŞİL ULAŞIM AÇISINDAN AVRUPA
ÜLKELERİ ARASINDAKİ YERİNİN ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

(Determining Turkey's Place Between European Countries in Terms of Sustainable and Green
Transport With MCDM Methods)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve EYÜBOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ

Erzurum
Ocak, 2023



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**TÜRKİYE’NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YEŞİL ULAŞIM AÇISINDAN AVRUPA
ÜLKELERİ ARASINDAKİ YERİNİN ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ danışmanlığında, Merve EYÜBOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 18/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.**

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Ahmet TORTUM <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH <i>Gümüşhane Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ* danışmanlığında sunulan “Türkiye’nin Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Açısından Avrupa Ülkeleri Arasındaki Yerinin ÇKKV Yöntemleri ile Belirlenmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	1	30
Kuramsal Temeller	19	30
Materyal ve Metot	18	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	3	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	15	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Merve EYÜBOĞLU	Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ
23.1.2023	23.1.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince kendisine ne zaman danışsam kıymetli zamanını, bilgisini, fikirlerini esirgemeyen ve desteğini her daim hissettiğim değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ'a

Tez savunma jürisi hocalarım; Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazma sürecim boyunca çalışmama bulundukları düzenleme ve manevi katkılardan dolayı değerli meslektaşlarım; E. Hazal POLAT, Elif KULLEBİ, Zeynep ŞAHİN'e, teknik alanda sınırsız destek sağlayan kıymetli bilgisayar mühendisi dostum; Hatice KOÇAK'a, çalışmama farklı bakış açıları sunup beni yönlendiren kıymetli mimar dostum; Seda AKPINAR'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen babam M. Metin EYÜBOĞLU'na, kıymetli annem Vildan EYÜBOĞLU'na, ablam Nurdan EYÜBOĞLU ve ailesine, abim Metehan EYÜBOĞLU ve ailesine, halam Melek MIZRAK ve ailesine en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Merve EYÜBOĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE’NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YEŞİL ULAŞIM AÇISINDAN AVRUPA ÜLKELERİ ARASINDAKİ YERİNİN ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Merve EYÜBOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuriye KABAKUŞ

Amaç: Bir ülkenin veya kentin yaşanabilir olması tamamen çevre refahına, kamuoyunun isteklerinin karşılanmasına, ekonomik anlamda ülkelerin kendilerini tamamlamış olmalarına bağlıdır. Buna paralel olarak çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlar bizim hedeflerimizi, hedeflerimizde endekslerimizi oluşturmaktadır. Endeksler aracılığıyla ülkeler sürdürülebilirliğini ve yeşil ulaşımdaki yerlerini görüp eksikliklerini giderebilmektedir. Dolayısıyla hedefler doğrultusunda ilerlemeler sağlaması gerekmektedir. Bu durum bize giderek gelişen bölgelerde sürdürülebilirliği bununla aynı doğrultulu olarak da yeşil ulaşımın kolaylıklarını getirecektir. Bu çalışma “ülkelerin sosyal, çevresel ve ekonomik göstergelere göre sürdürülebilir ve yeşil ulaşım önemi değişir” hipotezini çok kriterli karar verme yöntemleri ile test etmek amacıyla yapılmıştır.

Yöntem: Çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç farklı gösterge belirlenmiştir. Belirlenen göstergelere göre nüfus, hava kalitesi, sera gazları emisyonu, motorlu taşıt sayısı, elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve gayri safi yurtiçi hasıla olmak üzere 8 alt kritere ayrılmıştır. Elde edilen verilerin kriter ağırlıklandırması için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), kriterlere göre ülkelerin sıralaması için Moora yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular: Çalışmada ilk önce AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıkları ile Moora yöntemi kullanılarak seçilen 15 Avrupa ülkesinin karşılaştırması yapılmıştır. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşımı elektrikli araç, bisiklet kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları pozitif yönde etkilerken nüfus, hava kirliliği, GHG (sera gazı emisyonu) ve motorlu taşıt sayısı negatif yönde etkilemiştir. Maksimizasyon yönlü kriterler sürdürülebilir ve yeşil ulaşım üzerinde daha büyük bir öneme sahip olmuştur. Moora yöntemine göre yapılan sıralamada seçilen Avrupa ülkelerinden Hollanda’nın ilk sırayı, Türkiye’nin ise son sırayı aldığı görülmüştür.

Sonuç: Yaşanabilir ülkeler oluşturabilmek için sürdürülebilir ve yeşil ulaşım vazgeçilmez unsurlar olma niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmada her bir kriterin çevre, ulaşım, enerji ve ekonomi üzerinde önemli bir yer tuttuğu görülmüştür. Tüm kriterlerin birbiri ile ilişkili olduğu ve birbirinden bağımsız düşünülerek değerlendirmenin yanlış olacağı kanısına varılmıştır. Uygulanan AHP yöntemine göre sosyal göstergelerin diğer göstergelere göre öneminin daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye bisiklet ulaşımına, yayaya, çevre dostu araçlara, enerjiye ve ekonomik güç gibi birçok parametreye vereceği önemi artırarak dengeli bir ilerleme ile sürdürülebilir ve yeşil ulaşımdaki yeri değişecektir.

Anahtar kelimeler: sürdürülebilirlik, sürdürülebilir ulaşım, yeşil ulaşım, çok kriterli karar verme yöntemleri (AHP ve MOORA)

Ocak 2023, 112 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

DETERMINING TURKEY'S PLACE BETWEEN EUROPEAN COUNTRIES IN TERMS OF SUSTAINABLE AND GREEN TRANSPORT WITH MCDM METHODS

Merve EYÜBOĞLU

Advisor: Assist. Prof. Dr. Nuriye KABAKUŞ

Purpose: The livability of a country or city depends entirely on environmental welfare, meeting the demands of the public, and the fact that countries have completed themselves economically. In parallel with this, environmental, social and economic problems constitute our targets and our indexes in our targets. Through indices, countries can see their sustainability and their place in green transportation and eliminate their deficiencies. Therefore, it is necessary to make progress in line with the targets. This situation will bring us the sustainability of the developing regions and the convenience of green transportation in the same direction. This study was conducted to test the hypothesis of "the importance of sustainable and green transportation changes according to social, environmental and economic indicators of countries" with multi-criteria decision making methods.

Method: Three different indicators were determined as environmental, social and economic. According to the determined indicators, it is divided into 8 sub-criteria: population, air quality, greenhouse gas emissions, number of motor vehicles, number of electric vehicles, use of bicycles, share of renewable energy sources and gross domestic product. The Analytical Hierarchy Process (AHP) was used for the criteria weighting of the data obtained, and the Moora method was used to rank the countries according to the criteria.

Findings: In the study, firstly, the criteria were weighted with the AHP method. Comparison of the calculated criterion weights and 15 European countries selected using the Moora method was made. While electric vehicles, bicycle use and renewable energy sources positively affected sustainable and green transportation, population, air pollution, GHG (greenhouse gas emissions) and the number of motor vehicles affected negatively. Maximization-oriented criteria have had a greater emphasis on sustainable and green transport. In the ranking made according to the Moora method, it was seen that the Netherlands, among the selected European countries, took the first place and Turkey took the last place.

Results: In order to create livable countries, sustainable and green transportation are indispensable elements. In this context, it has been seen that each criterion has an important place on the environment, transportation, energy and economy. It was concluded that all criteria are related to each other and it would be wrong to evaluate them independently. According to the applied AHP method, it was concluded that the importance of social indicators is greater than other indicators. Turkey will change its place in sustainable and green transportation with a balanced progress by increasing the importance it will give to many parameters such as bicycle transportation, pedestrian, environmentally friendly vehicles, energy and economic power.

Keywords: sustainability, sustainable transportation, green transportation, multi-criteria decision making methods (AHP and MOORA)

January 2023, 112 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1
Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
KURAMSAL TEMELLER	4
Sürdürülebilir Kalkınma.....	4
Türkiye İçin Sürdürülebilir Kalkınma.....	11
Sürdürülebilirlik	13
Sürdürülebilir Ulaşım Politika Uygulamaları	24
Yeşil Ulaşım.....	25
Literatür Özeti	28
MATERYAL ve METOT	36
Materyal	36
Çevresel performans göstergeleri.....	36
Nüfus	38
Hava kalitesi.....	39
Sera gazı emisyonları (CO ₂ emisyonu)	40
Sosyal performans göstergeleri	40
Motorlu taşıt sayısı.....	42
Elektrikli araç sayısı.....	42
Bisiklet kullanımı.	43
Ekonomik performans göstergeleri.	44
Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı.....	47
Gayri safi yurtiçi hasıla endeksi (GSYİH)	47

Metot	48
Karar verme.....	48
Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri.....	49
Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi.....	49
MOORA yöntemi.....	55
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	60
Kriterlerin Değerlendirilmesi	60
AHP Analizi Sonuçları ve Değerlendirilmesi	71
MOORA Analizi Sonuçları ve Değerlendirilmesi	76
SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKÇA	86



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Sürdürülebilirlik Sorunları.....	14
Tablo 2. Ulaşım Sisteminde Yaşanan Problemler	17
Tablo 3. Sürdürülebilir Ulaşımın Temel Amaçları	23
Tablo 4. Saaty Tarafından Önerilen Karşılaştırma Ölçeği	53
Tablo 5. Karşılaştırma Matrisleri için Tanımlanan RI Değerleri.....	55
Tablo 6. ÇKKV Yöntemlerinin Kıyaslanması.....	57
Tablo 7. Nüfus Verileri	61
Tablo 8. Hava Kalitesi Verileri	62
Tablo 9. GHG (Sera gazı emisyonu) Verileri	64
Tablo 10. Motorlu Taşıt Sayısı Verileri	65
Tablo 11. Elektrikli Araç Sayısı Verileri	67
Tablo 12. Bisiklet Kullanım Verileri	68
Tablo 13. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Verileri	69
Tablo 14. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Endeksi (GSYİH) Verileri	70
Tablo 15. Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi	72
Tablo 16. AHP Normalize Matris	73
Tablo 17. AHP ile Kriter Ağırlıkları.....	73
Tablo 18. AHP’de Her Bir Matrisin Kriter Ağırlıkları ile Çarpılması	74
Tablo 19. AHP ile $\lambda_{\max}$ Hesaplama	75
Tablo 20. MOORA Başlangıç Matrisi	77
Tablo 21: MOORA Normalize Matris.....	77
Tablo 22. MOORA Yönteminde AHP ile Bulunan Kriter Ağırlıkları.....	78
Tablo 23. MOORA Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	79
Tablo 24. MOORA ile Karar Seçeneklerinin Performansı	80
Tablo 25. MOORA ile Ülkelerin Sıralaması	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Gro Harlem Brundtland'ın el yazısı ile sürdürülebilir kalkınma tanımı.....	4
Şekil 2. Girdi ve çıktıların yarattığı çevresel sorunlar.....	5
Şekil 3. Sürdürülebilir kalkınma adına uluslararası platformlarda atılan adımlar	10
Şekil 4. Hart'a göre sürdürülebilirlik	16
Şekil 5. Sürdürülebilir ulaşım.....	21
Şekil 6. Sürdürülebilir ulaşım ile ilgili bağlantılı kavramlar	22
Şekil 7. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım piramidi.....	27
Şekil 8. Performans göstergelerine ait alt kriterler.....	36
Şekil 9. Dünyada nüfus artışı	38
Şekil 10. Nüfus artışı.....	38
Şekil 11. Türkiye'de nüfus dağılım grafiği	39
Şekil 12. Hava kirliliğinin etkisi	39
Şekil 13. Sera gazlarının etkisi.....	40
Şekil 14. Motorlu taşıtlar.....	42
Şekil 15. Elektrikli araç şarj şebekesi.....	43
Şekil 16. Elektrikli araç	43
Şekil 17. Bisiklet kullanımı	44
Şekil 18. Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi.....	47
Şekil 19. Dünya'da GSYİH endeksleri	48
Şekil 20. 4 Düzeyli AHP yapısı	51
Şekil 21. AHP akış şeması	52
Şekil 22. MULTIMOORA diyagramı	56
Şekil 23. Nüfus verileri	61
Şekil 24. Ülkelerin nüfusu.....	62
Şekil 25. Ülkelerin hava kalitesi	63
Şekil 26. Ülkelerin GHG (Sera gazı emisyonu).....	65
Şekil 27. Ülkelerin motorlu taşıt sayısı	66
Şekil 28. Ülkelerin elektrikli araç sayısı	67
Şekil 29. Ülkelerin bisiklet kullanımı	68
Şekil 30. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının payı	70
Şekil 31. Ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıla endeksi (GSYİH).....	71

Şekil 32. Ülkeler bazında kriter ağırlıkları	76
Şekil 33. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında ülkeler	81
Şekil 34. Ülkelerin yeşil ulaşım sıralaması	82



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	: Mikrogram/metreküp
AHP	: Analytical Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
BARCELONA	: Akdeniz'in Kirliliğe Karşı Korunmasına İlişkin Sözleşme
BASEL	: Tehlikeli Atıkların Sınırlarötesi Taşınımının ve Bertarafının Kontrolü Sözleşmesi
BEST	: BioEthanol for Sustainable Transport (Sürdürülebilir Ulaşım için Biyoetanol
BM	: Birleşmiş Milletler
CH₄	: Metan
CITES	: The Convention on International Trade In Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Ticareti)
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
CST	: Centre for Sustainable Transportation (Sürdürülebilir Ulaşım Merkezi)
DB	: Dünya Bankası
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
GHG	: Sera Gazı Emisyonu
H₂O	: Su Buharı
HFC	: Hidroflorakarbon
IMF	: International Monetary Fund (Uluslararası Para Fonu)
ITF	: International Transport Workers' Federation (Uluslararası Taşımacılık İşçileri Federasyonu)
IUCN	: International Union for the Conservation of Nature (Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği)
MONTREAL	: Ozon İncelten Maddelere İlişkin Protokol
MOORA	: Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon)
NO₂	: Azot Dioksit
O₃	: Ozon
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)

PFC	: Perflorakarbon
PM	: Partikül Madde
REC	: Regional Environmental Center (Bölgesel Çevre Merkezi)
SF₆	: Sülfürhekzaflorid
SO₂	: Kükürt Dioksit
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
TEMA	: Türkiye Erezyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı
TOPSIS	: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği)
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
UÇEP	: Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planını
UNCHE	: United Nations Conference on the Human Environment (Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı)
UNDESA	: United Nations Department of Economic and Social Affairs (Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Bölümü)
UNDP	: United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)
UNEP	: United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
WCED	: World Commission on Environment and Development (Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
WWF	: World Wide Fund for Nature (Dünya Doğayı Koruma Vakfı)

GİRİŞ

Ulaştırma sistemi, günlük yaşamda toplumu çevresel, sosyal ve ekonomik girdileriyle sürekli etkileyen bir yapıya sahiptir. Ulaşım, farklı uygulamalarla gerçekleştirilebilen vazgeçilmez bir ihtiyaçtır (Eriçok 2012). Tarihsel süreç boyunca birçok faktörün etkileşiminin ürünü olan ulaşım, insan yerleşimlerinin kurulmasında, konumlandırılmasında ve büyümesinde temel güçlerdendir (Vuchic 1981).

Sanayi devrimi ile birlikte gelişen makineleşme ve beraberinde getirdiği motorlu taşıtlar ulaşım açısından büyük önem taşımaktadır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinde toplumsal eşitsizlik ve dengesizlikler, çevresel bozulmalar ve ekonomik boyuttaki farklılıklar birçok problemleri beraberinde getirmiştir. Bahsi geçen olguların artan yoğunluğu ve uzun vadede olumsuz etkileriyle geri döndürülemez olmaları uluslararası kuruluşlar da olmak üzere birçok paydaşı sürdürülebilirlik ve yeşil ulaşım kavramları üzerinde yoğunlaştırmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma politikaları ilk olarak ‘Brundtland Raporu (1987)’nda ele alınmıştır. Raporda sürdürülebilir kalkınmanın kentsel biçim ve sürdürülebilir ulaşım bazında önemli bir yerinin olduğu vurgulanmıştır. Sürdürülebilirlik kavramında kriterlerin önemli bir yeri vardır. Sürdürülebilirlik çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan dengeli ve devam ettirilebilir bir döngü olarak ortaya çıkmaktadır. Temelde şimdiki neslin ihtiyaçlarına cevap verirken gelecek nesil içinde gereksinimlere karşılık verme durumunu içermektedir (Black, 2003). Çevresel boyutta doğa ve çevreyi ele alarak kalkınmayı sağlamayı, ekonomik boyutta üretkenliği ve verimliliği, sosyal boyutta ise birey ve toplum arasındaki dengeyi elde tutmayı hedeflemektedir (Cirit, 2014).

Sürdürülebilir kalkınma politikaları literatürde çok fazla yer almaktadır. 20. yüzyılın son yıllarında giderek artan nüfus yoğunluğunun olumsuz getirilerini azaltmak için uygulanan kalkınma modelleri ülkelerin yaşam standartlarının gelişmesinde büyük paya sahiptir. Ulaşım, insan yaşamının en önemli işlevlerinden ve ihtiyaçlarından biridir. Bu yüzden çevreye en az zarar verecek modeli seçmek sürdürülebilir ulaşım açısından çok önemlidir. Huertas *et al.* (2021) Latin Amerika şehirlerinde göstergeler üzerinden nicel veriler ve literatürü kullanarak sürdürülebilir hareketliliği incelemişlerdir. Yerel koşullar göz önünde bulundurularak uygulaması muhtemel en sürdürülebilir ulaşım modelini belirlemişlerdir. Alwan *et al.* 2019; Morfoulaki *et al.* 2021 ise çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak sürdürülebilir ulaşım modelleri geliştiren birçok araştırmacı bulunmaktadır. Çok kriterli karar verme

yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar, birden fazla model seçenekleri oluşturulabileceğini ve bunlar arasında en olağan sistemin hayata geçirilip insan hayatı kolaylaştırılabileceğini göstermişlerdir.

Yeşil ulaşım sürdürülebilir ulaşımın bir alt kolu olup yeşil altyapıdan bağımsız düşünülmemektedir. Yeşil ulaşımında amaç çevreye verilen zararın en aza indirilmesidir. Yeşil ulaşım ile ekosistem sağlığı ve direnci artırılarak ekosistem hizmetleri gelişmektedir. Bu sayede biyolojik çeşitlilikte korunarak doğaya katkı sağlamaktadır.

Sera gazları ısıyı tutan gazlardan oluşmaktadır. Bu gazlar iklim değişikliğine yol açmaktadır. Sera gazı emisyonlarının ve hava kirliliğine sebep olan etkilerin azaltılması çevreye fayda sağlarken, aynı zamanda istihdam alanlarının genişlemesini, toplumsal ve ekonomik ilerlemeyi desteklemektedir. Bu sebepten ötürü yeşil ulaşımın eriştiği platformlar birçok açıdan insanlığa hizmet etmektedir.

Yeşil ulaşım yaklaşımı sayesinde idari organlar ekonomik boyutta güçlendirilmekte, doğal kaynaklar daha aktif bir şekilde sürece dahil edilmekte, emisyonlar azaltılmakta, çevrenin korunması sağlanmakta ve daha temiz bir çevre yaratılmaktadır. Bu kapsamda yeşil ulaşım, toplu taşımanın araba yerine tercih edilmesi, çevre dostu alternatif yakıtların kullanılması, bisiklet kullanıcıları için bisiklet yollarının kullanımının teşvik edilmesi, araçların egzozlarına susturucular takılarak gürültünün önlenmesi, halkı yeşil faaliyetler konusunda bilinçlendirme, toplu taşıma biletlerinde geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Sürdürülebilir enerji, doğru zaman, doğru altyapı ve düşük maliyetle yürütülen, ulaştırma faaliyetlerinin çevreye zararlı unsurlarını uygulamalarıyla ortadan kaldıran bir faaliyet olarak tanımlanabilir. (Gültaş 2015).

Patil *et al.* (2010) çalışmalarında alternatif yakıt otobüsleri için yapılacak yatırım açısından emisyon standartlarındaki eğilimlere ve teknoloji geliştirmeye yönelik adımlar atılacak sistem üzerinde çalışmışlardır. Vahdani *et al.* (2011) elektrikli araçların seçimi için bulanık AHP ile çok kriterli karar verme yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemle göre etkinlik, fiyat ve kapasite, hava ve gürültü kirliliği, enerji arzı ve verimliliği, bakım maliyetleri gibi kriterlere göre değerlendirme yapmışlardır. Hsiao *et al.* (2005), yeşil ulaşım bağlamında Tapei’de alternatif yakıt kullanan araçlar için bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Tzeng *et al.* (2005) çok kriterli bir analiz yapmışlar ve alternatif yakıt sistemleri ile donatılmış bütün araçların hava kirliliği açısından önemli avantajlar sunduğuna odaklanmışlardır. Tüm bu çalışmalar yeşil ulaşım faaliyetlerinde etkin bir rol oynamaktadır. Çevre bilincinin ve sorumluluğunun sağlanması açısından çevre dostu teknolojilere yoğunlaşma eğiliminin arttığı anlaşılmaktadır.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bir ülkenin veya kentin yaşanabilir olması çevre refahına, kamuoyunun isteklerinin karşılanmasına, ekonomik anlamda ülkelerin kendilerini tamamlamış olmalarına bağlıdır. Buna paralel olarak çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlar bizim hedeflerimizi, hedeflerimizde göstergelerimizi oluşturmaktadır. Göstergeler ülkelerin sürdürülebilirliğini ve yeşil ulaşımdaki yerlerini görüp eksikliklerini giderebilmektedir. Dolayısıyla hedefler doğrultusunda ilerlemelerin sağlanması gerekmektedir. Bu durum bize giderek gelişen bölgelerde sürdürülebilirliği bununla aynı doğrultulu olarak da yeşil ulaşımın kolaylıklarını getirecektir. Türkiye sürdürülebilirlik ve yeşil ulaşım açısından geri planda kalmaktadır. Araştırmalar sonucunda çevresel, sosyal ve ekonomik olarak üç farklı gösterge grubu belirlenmiştir. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşımı etkileyen nüfus, hava kirliliği, sera gazı emisyonu, motorlu taşıt sayısı, elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve gayri safi yurtiçi hasıla olmak üzere elde edilen 8 alt kriterin verileri bulunmuştur. Belirlenen çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Moora yöntemine göre 15 Avrupa ülkesinin sıralamaları yapılmıştır. Türkiye'nin sürdürülebilir ve yeşil ulaşım açısından mevcudiyeti olumsuz yönelim göstermiştir. Yapılan literatür taramasında sürdürülebilir ulaşım üzerinde çalışmalara rastlanılmış yeşil ulaşımın önemi ve uygulanabilirliği açısından henüz bir çalışmanın olmaması tezin ulusal ölçekte özgünlüğünün göstergesi olarak kabul edilir. Bu tez çalışması gelecekteki çalışmaların temelini oluşturacağı için önemli olacağı düşünülmektedir.

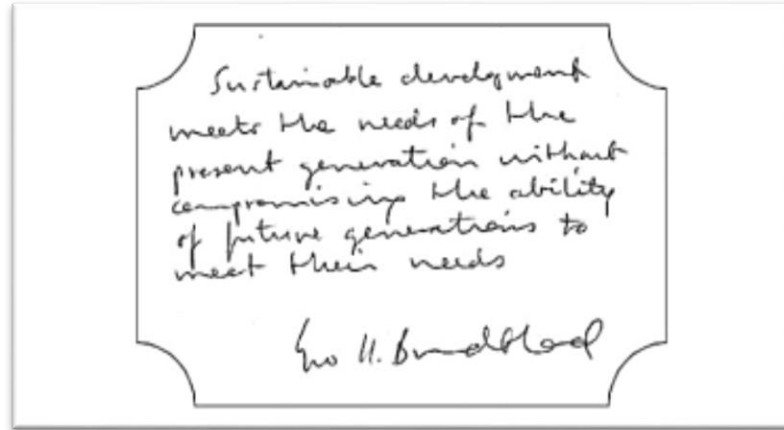
KURAMSAL TEMELLER

Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, sanayi devrimi ile başlayan ve günümüzde de devam eden, hammaddelerin sadece ekonomik çıkarlara dayalı olarak rafine edilmiş ürünlere dönüştürüldüğü, uzun vadede çevresel ve sosyal kalkınmayı engelleyen sistematik süreçlere bir alternatif olarak sunulmaktadır (Akgül 2010). 1970'ler ve 1980'lerden itibaren kavram, birçok uluslararası toplantı ve konferansta sunulduğunda kabul görmüştür. Bu kavram adına ilk adım Club of Rome tarafından yayımlanan “Büyümenin Sınırları” adlı raporla atılmıştır. Söz konusu raporda, 21. yüzyılda insanoğlunu bekleyen sorunlar üzerinde yoğunlaşmıştır (Meadows and Meadows 1972).

Sürdürülebilir kalkınma kavramının gelişimi için atılan önemli ikinci adım 1972 yılının Haziran ayında Birleşmiş Milletlerin Stockholm’de düzenlediği, Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansında (United Nations Conference on the Human Environment-UNCHE) gelmiştir. İnsanların içinde bulunduğu ekolojik çevrenin korunması, iyileştirilmesi ve geleceğe aktarılması sürdürülebilir kalkınma kavramının gelişmesine katkıda bulunmuştur (UNEP 1972).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı günümüzde de kabul edilip ilk kez kavramsal bir çerçeveye Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun (World Wide Fund for Nature-WCED) 1987 yılında yayınladığı Brundtland Raporu adlı raporda oturtulmuştur. Raporda, sürdürülebilir kalkınma; ‘günümüz ihtiyaçlarını karşılarken gelecek neslinde ihtiyaçlarını riske atmadan karşılayabilme sağlayan kalkınma’ şeklinde tanımı yapılmıştır.

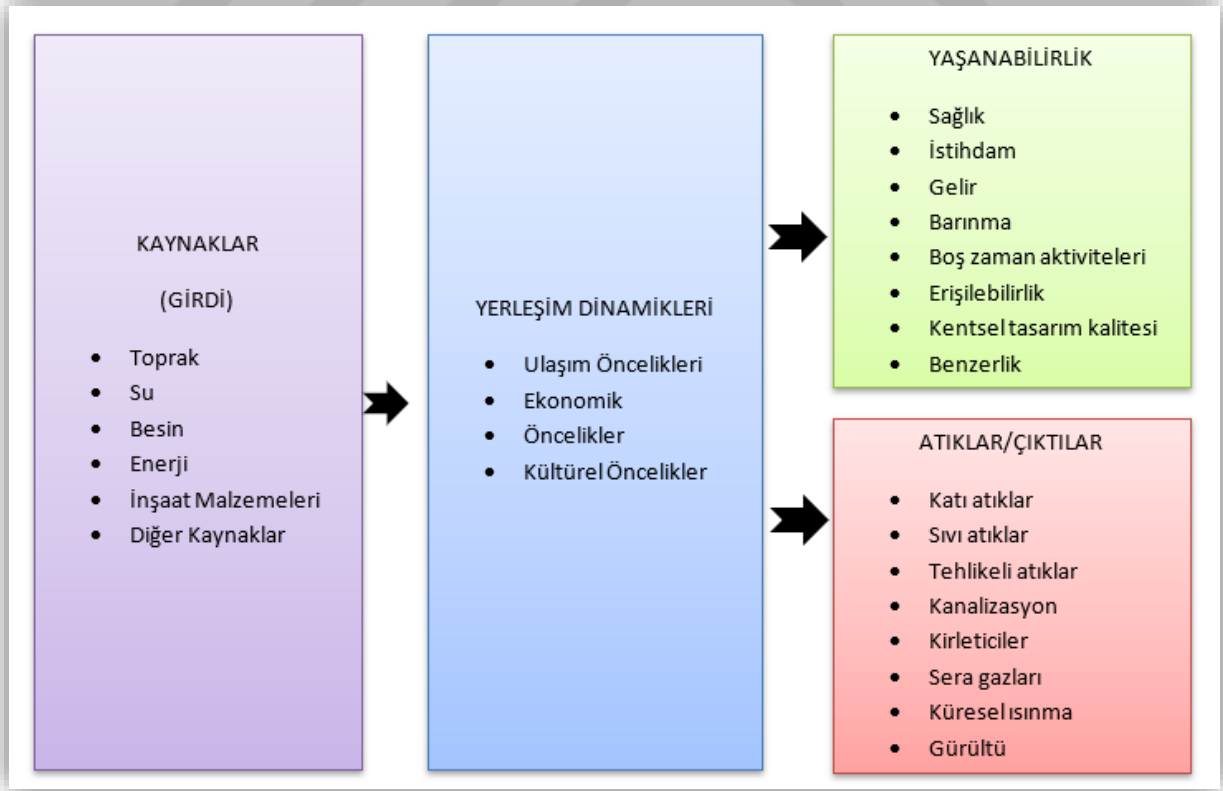


Şekil 1. Gro Harlem Brundtland'ın el yazısı ile sürdürülebilir kalkınma tanımı (Keiner 2005)

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD)'ye göre ise sürdürülebilir kalkınma;

- kavramsal çerçevede, dünyaya hakim olan düzenin daha bütünsel ve dengeli bir düzeye getirmenin bir yolunu bulmak,
- süreç çerçevesinde, katılımcıların prensiplerine göre kararları uygulamak,
- nihai amaç çerçevesinde ise yoksulluk, kaynakların aşırı tüketilmesi, sağlık alanında yetersizlik, sosyal dışlanmışlık, işsizlik gibi problemlerin tanımlanıp çözüme gidilmesidir (OECD 2008).

Newman and Kenworthy (1999)'ye göre, 1990'ların başında bir grup çevreci, dünyanın geleceğinin şehirlerin sürdürülebilirliğine bağlı olacağı fikrini savunuyorlardı. Uluslararası Eko-Kent Konferansında kentlerin yeni bakış açılarıyla ele alınması gerektiği savunulmuştur. Newman (1999) hiçbir sosyal, ekonomik veya kültürel sistem canlı ve cansız çevrenin kurallarından kaçamadığını ve alınacak önlemlerin bu kurallar doğrultusunda alınması gerektiğini belirtmiştir. Ekosistemler gibi şehirlerin de girdileri/kaynakları enerjileri ve materyalleri olan sistemler olduğunu ve en büyük çevre sorunlarının bu girdi ve çıktıların büyümesine bağlı olduğunu savunmaktadır.



Şekil 2. Girdi ve çıktıların yarattığı çevresel sorunlar (Newman and Kenworthy 1999)

Çevresel sorunlar sürdürülebilir kalkınma için yeni raporları tetiklemiş ve önemli kararlar bağlamında büyük rol üstlenmiştir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı üzerinde birçok tanımlama yapılmıştır. Bu tanımların hepsi ortak paydada buluşmuştur.

Brundtland Raporunun ardından, Yeryüzünü Önemsemek: Sürdürülebilir Yaşam İçin Bir Strateji (Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (International Union for the Conservation of Nature-IUCN), Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı (United Nations Environment Programme-UNEP) ve Dünya Doğayı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature-WWF) 1991) sürdürülebilir kalkınmayı vurgulayan bir başka rapordur. Bu raporda sürdürülebilir kalkınma ilkeleri geliştirilmiş ve uygulanabilir stratejiler önerilmeye çalışılmıştır. Rapor ayrıca ekonomik sürdürülebilirlik konusuna da değinmektedir. Bu sayede kritik kaynakların kullanılması ve yaşam kalitesinin sürdürülmesi konularına değinilmiştir.

Yeryüzü Zirvesi olarak anılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı Haziran 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenmiştir. Brundtland Komisyonunun hazırladığı Ortak Geleceğimiz adlı raporda kalkınma ve sürdürülebilirlik için kavramsal bir çerçeve oluşturarak kalkınma söyleminde öncü bir kavram olarak yerini almıştır (Adams 2001). Yeryüzü Zirvesi, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları üzerine uluslararası konsensüs ile alınan beş maddelik anlaşmaya vardığı için önemlidir (Akgül 2010). Uluslararası kabul gören bu beş önemli belge, Gündem 21, Rio Çevre ve Kalkınma Deklarasyonu, Ormanlar üzerine İlkeler Beyanatı, iklimsel değişim üzerine Çerçeve Konvansiyonu ve Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu olarak kayıtlarda yerini almıştır. Gündem 21, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmanın kavramsal çerçevesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu beş belgenin en önemli metni olan Gündem 21, sürdürülebilir kalkınma ile ekolojik çevre arasında bir denge kurmayı amaçlayan sürdürülebilir kalkınma kavramının siyasi ve ekonomik kabulüdür. Gündem 21, temel insan ihtiyaçlarını karşılamayı, yaşam standartlarını iyileştirmeyi ve ekosistemleri daha iyi korumayı ve yönetmeyi amaçlar. Temel amacı bir yandan günümüzün büyük sorunlarını aşmak, diğer yandan dünyamızı gelecek yüzyılın tehditlerine hazırlamak, diğer bir deyişle 21. yüzyılın gündemini belirlemektir. Rio Konferansı'nın önemli çıktılarından biri, kurum ve kuruluşların çevresel, ekonomik ve sosyal alanlardaki eylemlerine rehberlik eden 21. yüzyıla yönelik Gündem 21 bir eylem planıdır. Bu eylem planı için hazırlanan doküman, dört ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- a. Sosyal ve ekonomik boyutlar,
- b. Kalkınma için kaynakların korunması ve yönetimi,
- c. Etkin grupların rolünün güçlendirilmesi,

d. Uygulama mekanizmasıdır (Özmehmet 2008).

Keleş ve Yılmaz'a (2004) göre sürdürülebilirlik kavramı Avrupa Birliği tarafından kabul edilen bu eylem planı ile 1995'te Avrupa'ya girmiştir. Ancak 1986-1994 Uruguay Round anlaşmaları, 1992 Rio Zirvesi'nde uluslararası kabul görmüş “sürdürülebilir kalkınma” kavramıyla uyumlu politikaların benimsenmesini imkansız hale getirmiştir. Bunun nedeni az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomik konular başta olmak üzere birçok konuda yaşanan anlaşmazlıklardır. Sürdürülebilir kalkınma kavramı Torunoğlu'na (2003) göre, gelişmiş Kuzey ülkeleri ile gelişmekte olan Güney ülkelerinde uygulama belirsizliğinden nedeniyle birbirinden farklı sonuçlar meydana getirmektedir. “Sermayenin Uluslararası olması ile farklı ülkelerden gelen ucuz hammadde, enerji, mineral ve doğal kaynakları, farklı ülkelerden gelen daha ekonomik ve vasıflı işgücü ile birleştirme olanağı sağlamıştır” (Minibaş 2003). Birleşmiş Milletler (BM), Dünya Bankası (DB), Uluslararası Para Fonu (IMF) gibi uluslararası kuruluşların gelişmişlik tanımları ve farklılıklarını anlamak için “sürdürülebilir kalkınma” kavramına atfedilen görevlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Gündem 21, eşitsizlik, artan yoksulluk, açlık, hastalık, cehalet ve ekosistemlerin devam eden bozulmasına odaklanmaktadır. Bu olumsuzluklara çare olarak küresel bir ortaklık modeli önerir. Bu belgenin önerdiği şey, yerel yönetimlerin, Sivil Toplum Kuruluşları (STK)'ların ve diğer yerel aktörlerin uluslararası toplum ve merkezi hükümet tarafından “ortak” olarak görüldüğü yönetimden yönetişime geçiştir.

Küresel ortaklık modeli ilkelerinin kabul edilmesi, 1992 Rio “Yeryüzü Zirvesi”nden başlayarak, 1994 Kahire Nüfus ve Kalkınma Konferansı, 1995 Kopenhag Sosyal Gelişme Konferansı, 1995 Pekin Dördüncü Dünya Kadın Konferansı, 1996 İstanbul Habitat II “Kent Zirvesi” ve son olarak 2002 Johannesburg Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'ne uzanan küresel Birleşmiş Milletler konferansları gibi zirvelerle gerçekleşmiştir (Akgül 2010).

Küresel ortaklık ilkelerinin altında yatan yaklaşımı, bütün program alanları için geçerlidir. Bu bağlamda finansman politikalarını belirlemek, yeni kaynakların yaratmak, uygulanabilir teknik ve ekonomik araçları belirlemek, merkezi ve yerel yönetim ilişkilerini güçlendirmek, devlet ve sivil toplum kuruluşları arasında iş birliğini geliştirmek ve halkın etkin katılımını sağlamak temel prensibidir. Asıl amaç çok aktörlülük ve sosyal uzlaşmadır.

Bu ilkelere paralel olarak, uluslararası camianın da adım adım ilerlediği yeni bir süreç başlamıştır. Merkezi yönetimde çözüm bulmak yerine yerel yönetim ve hükümet STK'larla ortaklıklar kurmaya başlamıştır. Bu sayede yerel hükümet ve STK'lar 'ortaklık' statüsüne yükselmiştir. Bu süreç nihayete erdiğinde:

1. Yerel yönetimlerin dünyadaki demokratikleşme sürecinin en güçlü araçlarından olduğunu ve yürütme organının yeniden yapılandırılması giderek önem kazanmıştır. Kurumsallaşma, uluslararası toplum ve ülkelerden giderek daha fazla ilgi görmektedir.
2. Demokratik uygulamalar, çoğulculuk ve katılımcı politikalar fırsatların ve koşulların somut yollarla nerede gerçekleştiğini bulmuştur. Hükümetlerin 2000'li yıllara yeni bir anlayışla hazırlanmaları çok büyük önem taşımaktadır.
3. Yeni yüzyıla girerken özerklik, katılım, şeffaflık ve etkili yerel yönetim ihtiyacı yavaş yavaş ortaya çıkmıştır.
4. Yerel hükümetin yeniden yapılandırılması ve demokratikleşme sürecine sağladığı katkılarını artıracak mekanizmaların oluşturulmasına yönelik çalışmalar hızlanmaktadır.

1976 yılında Vancouver'da düzenlenen Habitat olarak bilinen ilk Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı'ndan sonra, Habitat II Zirvesi 3-14 Haziran 1996 tarihlerinde İstanbul'da yapılmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı Habitat II İstanbul Deklarasyonu, bulgularını Habitat Gündemi ile bütünleştirmiştir. Birleşmiş Milletler Sözleşmesi'nden ilham alan konferans, kentleşmiş bir dünyada herkes için uygun konut ve insan yerleşimlerinin sürdürülebilir gelişimi konularını ele almıştır (UN 1996).

1992 yılında gerçekleştirilen Rio Konferansı'nın tarihi kararlarının uygulanabilirliğini değerlendirmek ve son beş yılda nasıl ele alındığını saptamak amacıyla 1997 yılında New York'ta Rio+5 Zirvesi düzenlendi. Bu zirve Birleşmiş Milletler Özel Oturumu olarak düzenlenmiştir. Rio konferansının istenileni vermediğini görmüş ve somut girişimlere ihtiyaç olduğu üzerinde durulmuştur (Arat, Türkeş ve Saner 2002). Bu konferansın ayrıca bir diğer önemli sonucu da bütün ülkelerin sürdürülebilir kalkınma için Ulusal Gündem 21'lerini formüle etmesi ve sürdürülebilir kalkınma için bir eylem planı üretme ihtiyacı kabul edilmiştir.

26 Ağustos-4 Eylül 2002 tarihleri arasında düzenlenen Johannesburg Zirvesi, Rio konferanslarının son on yılını değerlendirdi ve gelecekteki kalkınma stratejilerini belirledi. Bazı kaynaklarda Rio +10 olarak da adlandırılan bu zirvenin en önemli özelliği, hem zirveye hazırlıkta hem de zirve sırasında toplumun tüm kesimlerinin katılımını sağlamaya öncelik vermesidir. Bu hedefin temel nedeni, sürdürülebilirliğin temel yapı taşlarından biri olan toplumu önceki zirvelerden, hükümet ve devlet düzeyinde alınan önlemlerden soyutlamaktır. Bu noktadan hareketle amaç belirleme, strateji geliştirme ve karar alma aşamalarında aktif rol oynayan toplumun her kesiminden paydaşlarının yükümlülüklerini yerine getirmesini

hedeflemektedir. Bu amaçla, devlet ve hükümet yetkililerinin yanı sıra yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları, özel sektör ve birçok toplum grubunun katılımıyla Johannesburg Zirvesi düzenlenmiştir. Katılımcı ülkeler, Rio 1992 sonrası faaliyetleri ve geleceğe yönelik önerileri özetleyen ulusal raporlar hazırlamışlardır.

2002 yılında Johannesburg’da düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi iki temel belge ile sonuçlanmıştır. Bunlardan biri “Uygulama Planı”, diğeri ise siyasi iradeyi yansıtan “Siyasi Bildiri”dir (UN 2002; Ağca 2002; Tuğcu 2006).

Zirvenin ilk çıktısı olan Uygulama Planı’nın içeriği aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Fakirliğin asgariye indirgenmesi,
2. Sürdürülemez üretim ve tüketim modellerinin farklılaştırılması,
3. Doğal kaynaklara göre ekonomik, çevresel ve sosyal kalkınmanın koruması ve kontrol edilmesi,
4. Sürdürülebilir kalkınmanın küresel ölçekte ele alınması,
5. Sürdürülebilirliğin sağlık boyutu,
6. Büyümeye çalışan küçük devletlerinin sürdürülebilir kalkınması,
7. Afrika’da sürdürülebilir kalkınma
8. Uygulama araçları.

Sürdürülebilir kalkınma için kuramsal yapıyı oluşturan ana başlıklar altında aşağıdakileri içeren birtakım hedefler belirlenmiştir: (UN 2002; Tuğcu 2006)

1. 2015 yılına kadar temiz su ve sanitasyona ulaşamayan insan sayısını yarıya indirmek,
2. 2010 yılına kadar biyoçeşitlilik noksanlığının giderilmesi,
3. 2015 yılına kadar balıkçılık alanlarında en yüksek yeterliliğe ulaşılması,
4. 2020 yılına kadar insanların hayat koşullarını iyileştirmek için harekete geçmek,
5. Henüz erişimi olmayan kişilere enerji sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak,
6. 2020 yılına kadar kimyasal kullanımı ve üretiminin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak,
7. Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi için kilit bir kaynak olarak küresel çevresel fırsatları belirlemek,
8. Uluslararası, bölgesel ve ulusal düzeylerde hava kirliliğini azaltmak için iş birliğini artırmak,
9. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında tüm ülkelere fayda sağlayan açık, adil ve ayrımcı olmayan çok taraflı bir ticaret ve finans sisteminin sağlanmak,

10. Gelişmekte olan ülkelerin borç sorunlarını kapsamlı bir şekilde ele alacak yenilikçi mekanizmaları desteklemek,
11. Belirli gruplar da dahil olmak üzere her düzeyde iyi yönetim ortaklıkları anlayışını derinleştirmektir.

Zirvenin bir diğer önemli çıktısı, Johannesburg bildirisi olarak da bilinen Siyasi Bildiri'dir (UN 2002). Bu belge, yerel, bölgesel ve küresel düzeylerde sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için ülkelerin sorumluluklarını vurgulamaktadır. Ayrıca tarafların uygulama taahhüdünü belirtmekte ve ekolojik çevreyi korumanın önemini altını çizmektedir.

Sonuç olarak, yoksulluğun ortadan kaldırılması, enerjinin çeşitlendirilmesi, yenilenebilir enerji kaynakları payının küresel ölçekte artırılması, biyoçeşitliliğin artması, sosyal sorumluluk bilincinin artırılması, hükümetler arası anlaşmaların ve ortak standartların etkili bir şekilde uygulanmasını sağlayarak Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Stratejilerinin uygulanmasını sağlamak için 2005 yılına kadar ilerlemeyi ve uygulamayı hızlandırma kararı alınmıştır (WSSD 2002).

1972		Stockholm Konferansı
1987		Ortak Geleceğimiz Raporu
1992		Rio Zirvesi
1996		Habitat II Zirvesi
1997		Rio+5 Zirvesi
2002		Johannesburg Zirvesi

Şekil 3. Sürdürülebilir kalkınma adına uluslararası platformlarda atılan adımlar (Özmehmet 2008)

Çevreyi ve bütün insanların yaşam standartlarını artırmayı, ekonomik büyüme ile refah düzeyini yükseltmeyi amaçlayan sürdürülebilir kalkınma hedefi doğrultusunda uluslararası forumlarda atılan adımların tarihsel durumu Şekil 3'de gösterilmiştir.

Türkiye İçin Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilirlik yaklaşımları, ekolojik ve çevresel hassasiyet Türkiye’de 1970'lere kadar uzanmaktadır. 1978 yılında çevre ile ilgili ulusal ve uluslararası faaliyetleri yürütmek üzere Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı kurulmuş ve ulusal politikada rol oynamıştır.

Türkiye’de başta Anayasa olmak üzere çevre ve çevrenin korunması ile ilgili bir dizi kanun, yönetmelik hayata geçirilmiştir. T.C. 1982 Anayasası'nın kabulü ile çevre koruma kavramı ilk kez anayasaya dahil edilmiştir (Budak 2000). Ancak anayasa çevre sağlığı ve dengesinin önemini vurgularken, ideal bir çevre nasıl olmalı ve bileşenleri neler olmalı gibi düzenlemeler bulunmamaktadır. Bu nedenle, çevrenin yasal olarak korunan alanları anayasada tanımlanmamıştır. 1982 Anayasasında 'sürdürülebilir kalkınma' ilkesinin açık bir şekilde ifade edilmediği ortaya çıkmıştır (Egeli 1996).

1983 yılında yürürlüğe giren Çevre Kanunu'nun amacı, çevreye bir bütün olarak bakmak, sadece kirliliği önlemek değil, aynı zamanda doğal kaynakların ve toprağın yönetimini sağlamaktır. Ardından 1986’da Hava Kalitesi Kontrolü, Gürültü Kontrolü, 1988’de Su Kalitesi Kontrolü, 1991’de Katı Atık Kontrolü, 1992’de Çevresel Etki Değerlendirmesi, 1993’te Tıbbi Atık Kontrolü, Toksik Kimyasal Ürünler ve Maddelerin Kontrolü ve Zararlı Atık Kontrolü yayınlanmıştır (Okumuş 2002).

Türkiye bu düzenlemelere ek olarak birçok uluslararası ve bölgesel yasal düzenlemeye de imza atmıştır. Uluslararası anlaşmalar arasında Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına İlişkin Sözleşme, Ozon İncelten Maddelere İlişkin Protokol (Montreal), Tehlikeli Atıkların Sınırlarötesi Taşınımının ve Bertarafının Kontrolü Sözleşmesi (Basel), Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Ticareti (CITES), Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi gibi uluslararası sözleşmeler bulunmaktadır. Yerel yasa düzenlemeleri arasında Akdeniz’in Kirliliğe Karşı Korunmasına İlişkin Sözleşme (Barselona), Avrupa'da Yaban Hayatı ve Habitatların Korunmasına İlişkin Sözleşme bulunmaktadır (Arat, Türkeş ve Saner 2002).

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından hazırlanan beş yıllık kalkınma planının gözden geçirilmesi, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma politikasının zaman içindeki değişim ve gelişimlerini takip etmemizi sağlamıştır. Küresel çevre koruma eğilimlerinin yansıması Türkiye'de ilk olarak 3. Beş Yıllık Kalkınma Planı sırasında tartışılmıştır. 1973-1977 planında, 1972 Stockholm Konferansı'ndan sonra Türkiye'de çevre bilincinin gelişiminin bir göstergesi olarak çevre konusuna ilk kez kalkınma planında ayrı bir yer verilmiştir (Egeli 1996). 19 Aralık 1978 tarih ve 16494 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “1979 Yılı Programı” ile Türkiye'de çevre kirliliği envanterinin çıkarılması ilkesi benimsenmiştir. Ancak

1991 yılında Çevre Bakanlığı bünyesinde Çevre Envanter Dairesi'nin kurulmasıyla çevre durum raporları ve çevre envanterlerinin bu kararnameye dayalı olarak hazırlanması gündeme gelmiştir (Çevre Bakanlığı 1993). 1992 Rio Konferansı'nda çokça tartışılan sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ilk kez 6. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda gündeme getirilmiştir. Altıncı beş yıllık geliştirme dönemi, endüstriyel gelişme çevreden sorumlu Çevre Müsteşarlığı cevap verememiştir ve 1991 yılında Çevre Bakanlığı'na devredilmiştir (Okumuş 2002). Altı ilde özel çevre koruma müdürlükleri merkeze bağlı müdürlükler şeklinde örgütlenmiştir (Altunbaş 2004). Aynı sıralarda Yerel Gündem 21 Eylem Planı'nın uygulanmasına başlanmıştır (Erim 2000).

Ardından, 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ekonomik ve sosyal politikaların çevre politikalarıyla uyumlaştırılması yoluyla sürdürülebilir kalkınmayı benimsemiştir. Bu bağlamda fikir birliği, sosyal uzlaşma ve kitlesel katılım, değerler ve davranış taahhüdünü destekleyen ilkelerin kullanılması, sosyal, kurumsal ve yasal yapının reformu planlanmaktadır (DPT 1995). Akabinde Türkiye, 1995 yılında başlayan ve 1998 yılında tamamlanan Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planını (UÇEP) üretmiştir. Hazırlık süreci, DPT koordinasyonunda, Çevre Bakanlığı'ndan teknik yardım ve Dünya Bankası'ndan ekonomik destekle, üniversiteler, çeşitli meslek grupları ve sektörlerin katılımı ile yürütülmüştür (İKV 1998). Çevre ile ilgili faaliyetler için öncelikli alanları belirleyen UÇEP, kirliliği çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olarak görüp bunun kaynaklarını belirlemiştir. İlâveten Türkiye'nin uzun vadeli çevre hedeflerine ulaşabilmesi için etkili çevre yönetim sistemleri geliştirmesi için birçok uygulama önerilmiştir. Çevresel bilgi ve farkındalığın artırılması gerekliliği savunulmakta ve Avrupa Birliği çevre standartlarının ve yönetmeliklerinin benimsenmesi için adımlar atılması öngörülmektedir (Altunbaş 2004).

2002 Johannesburg Zirvesi'nde Türkiye tarafından yayınlanan ülke raporunda, Japonya'nın 1992 Rio konferansından 2002'ye kadar on yıl boyunca sürdürülebilir kalkınmaya yönelik çabaları değerlendirilmiştir. Raporda iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin korunması, yönetim, yoksulluğun azaltılması ve endüstriler/sektörler ve bilgi/iletişim açısından 2002'den bu yana Türkiye'nin sosyal, ekonomik ve çevresel durumunu inceleyen çeşitli başlıklar yer almaktadır.

Bunların yanı sıra Türkiye, çevre kuruluşları alanında ulusal ve uluslararası faaliyetlere de katılmaktadır. Çevre Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Örgütü (UNDP) arasında ortaklaşa çalışmaları, Johannesburg'daki Dünya Zirvesi için ulusal hazırlıkları koordinasyonu ve UNDP tarafından ortaklaşa yürütülen Ulusal Çevre Kalkınma Programı kapsamında oluşturulan Proje Koordinasyon birimi tarafından sağlanmaktadır

(TÜBİTAK 2002). Bu birimin 1992 yılından beri yürüttüğü bazı çalışmalar şu şekilde gösterilmiştir; Türkiye’de Çevresel Kurumsal Yapılanma ve Yönetim Ulusal Programı başlıklı T.C Hükümeti ile İşbirliği, GAP Bölgesel Çevre Yönetimi Çalışması, Adıyaman’da Eko-Kent Planlaması ve Yerel Gündem 21, Batman’da Sürdürülebilir Kentsel Yaşam ve Toplumsal Kalkınma Programları, vb gibi. Bu çalışmalar sivil toplum kuruluşlarının çalışmalarını desteklemekte ve nihai olarak sürdürülebilir kalkınmanın insani boyutuna odaklanmayı hedeflemektedir.

Rio Konferansı kararlarının uygulanmasına yönelik kapsamlı ve geniş katılımlı bir çalışmanın parçası olarak geliştirilen 'Yerel Gündem 21' Eylem Planı, Türkiye'nin birçok ilinde aktif hale getirilmiştir. Ayrıca bu plan Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından dünyanın en iyi uygulamalarından biri olarak kabul edilmektedir.

Türkiye’de sürdürülebilirlik, Türkiye’nin küresel sürdürülebilirlik hedeflerine, şirketlerin kendi çabalarıyla ulaşabilecekleri hedefler yerine, devletler, iş dünyası, STK’lar ve bireylerin iş birliği ile ulaşması üzerine kurulmuştur. Sürdürülebilir Gelişme İçin Çevre Platformu, sürdürülebilirlik amaçlarına doğru bir şekilde ulaşılacağı gerçeğinden yola çıkarak oluşturulan bir diğer örgütlenme olarak oluşturulmuştur (Nemli 2003). Platform, çevresel olarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak amacıyla Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı, Deniztemiz Derneği, İstanbul Sanayi Odası, Türkiye Kalite Derneği, Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği, TEMA ve TÜSİAD tarafından kurulmuştur. Ayrıca 2004 yılında Ankara’da faaliyetlerine başlayan Bölgesel Çevre Merkezi (Regional Environmental Center-REC), Türkiye’nin AB üyelik sürecini kolaylaştırmış ve 6. Rio Dünya Zirvesi’nde kabul edilmiştir. Çevresel eylem planı sözleşme ve tavsiyelerinde de belirtildiği gibi, sürdürülebilir kalkınma araştırmalarını teşvik ederek araştırmaları desteklemektedir (Serban 2002).

Sürdürülebilirlik

Aşırı nüfus artışı ve buna bağlı olarak hızlı kentleşme, hava ve su kirliliği, tarım arazilerinin tahribi, ormanların harap edilmesi, aşırı atık üretimi, biyoçeşitliliğin azalması ve iklim değişikliği gibi çevre sorunları günümüzde baş göstermektedir. İklim felaketleri dünyamızda o kadar sık yaşanmakta ki, insan yaşamı için kritik olan doğal kaynakların hızla azaldığını ve hatta tükendiğini görmekteyiz. Doğal kaynaklar plansız tüketilirken, doğanın insanlar tarafından bilinçli ya da bilinçsiz olarak bir şekilde kirletildiği gözlemlenmiştir. Bu noktada bilinçsiz ve plansız yaklaşımın varlığı hem doğamızı hem de doğal kaynaklarımızı gelecek nesillere bırakma kaygısını beraberinde getirmektedir. Bu durum canlılar için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Tüm canlıların geleceğini ciddi şekilde etkileyen bu tehdit, çevre

sorunlarına olan ilginin artmasına neden olmuştur (Aydemir 2020). Bu kapsamda dünyanın sürdürülebilirlik kavramına olan ilgisi artırmakla kalmayıp, geleceğimizdeki sürdürülebilirlik kavramını şekillendirmeye başlamıştır. Buna bağlı olarak sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları ortaya çıkmıştır (Yıldıztekin 2016).

Tablo 1. Sürdürülebilirlik Sorunları (Litman 2007; TDM Encyclopedia 2007)

Ekonomik	Sosyal	Çevresel
Ödenebilirlik	Eşitlik	Kirlenmenin önlenmesi
Kaynak verimliliği	İnsan sağlığı	İklim değişikliği
Maliyetlerin içselleştirilmesi	Eğitim	Biyolojik çeşitlilik
Ticari ve iktisadi etkinlikler	Bir arada yaşanabilirlik	Tedbirli hareket etme
İstihdam	Yaşam kalitesi	Dönüşü olmayandan kaçınma
Üretkenlik	Halk katılımı	Doğal yaşamı koruma
Vergi yükü	Tarihi ve kültürel değerler	Estetik

Sürdürülebilirlik; Maslow'un ihtiyaçlar stratejisinde atıfta bulunulan boyutları fizyoloji, sosyoloji, güvenlik, değer ve kendini geliştirme ihtiyaçları olan insanların ihtiyaçlarını karşılamak için ortaya çıkmaktadır ve gelişmektedir (Littig and Griessler 2005; Badiru 2010). Sürdürülebilirlik birçok alanda iyileştirme ve çeşitli yenilikler yoluyla büyüme hedefli bir süreçtir (Cavaleri and Shabana 2018).

Sürdürülebilirlik aslında belli bir seviyeyi veya oranı koruyabilme, doğal kaynakları tüketmekten kaçınabilme, ekolojik bir yaklaşım yakalayabilme ve bunu kalıcı olarak sürdürülebilmek yeteneğidir (Oxford 2010). Sürdürülebilirlik, Latincede korumak veya katlanmak anlamına gelen 'sustinere' kelimesinden gelmektedir (Jacques 2014). Sürdürülebilirlik; en basit haliyle “günlük ihtiyaçların temini, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılanması” şeklinde tanımlanmaktadır (Gezen 2015). Yani sürdürülebilirlik, “verimliliğin uzun yıllar boyunca optimum koşullarda devamlılığının sağlanması” olarak yorumlanmaktadır (Altuntaş 2012).

Litman (2015)'a göre sürdürülebilirlik, gelecekte de devam eden toplumsal eşitlik ve uyumdur. Sürdürülebilirlik hiç bitmeyen bir yolculuktur. Sonsuza kadar devam edebilen her şeyin sürdürülebilir olduğunu süresiz olarak devam edemeyen herhangi bir şeyin de sürdürülemez olduğu bilinmektedir. Çevresel, ekonomik ve sosyal sistemlerin, farklı

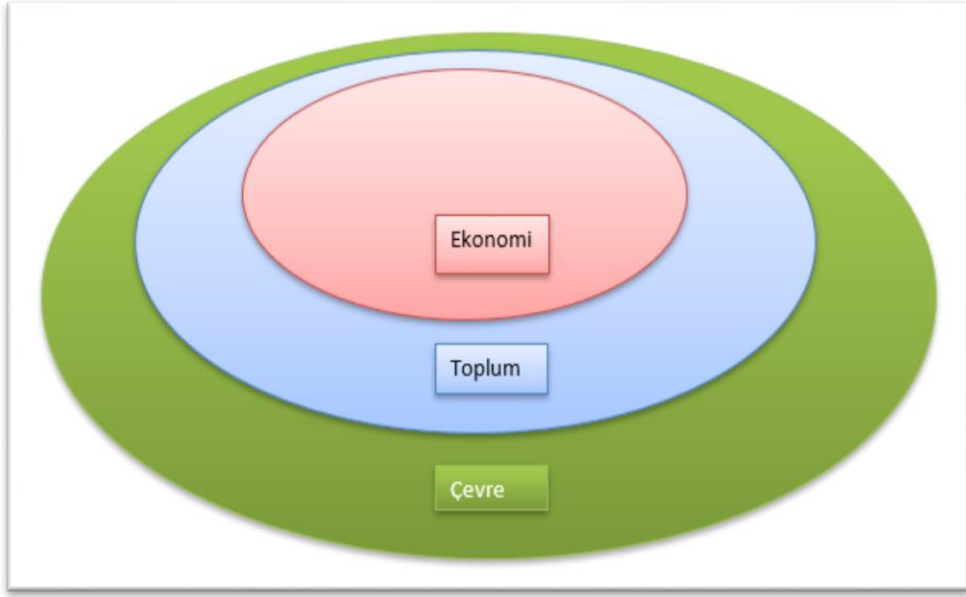
büyükölükteki işletmelerin nasıl etkileşime girdiğini ve ne şekilde birbirlerine fayda veya dezavantaj sağladıklarını incelemektedir (Litman 2015).

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1982 yılında ortaya çıkmış olsa da kavramın ulaşım sektöründe var oluşu 1990'lı yıllara uzanmaktadır. 1992 yılında yayımlanan “Ortak Ulaştırma Politikasının Gelecekteki Gelişimi” başlıklı “White Paper” adlı dokümanda (Avrupa Komisyonu 1992), ulaşım politikası ve planlaması konusunda bir dönüm noktasını temsil etmektedir. İlk kez; “sürdürülebilirlik” ile “sosyal uyum” tanımları White Paper’da görölmektedir (Avrupa Komisyonu 1992; Servantie 2014). Bu tanımların AB ulaşım politikası üzerindeki etkisi, sürdürülebilirlik kurallarının 1992’de Brezilya’da düzenlenen ilk Dünya Zirvesi’nin gündemine alınmasıyla ortaya çıkmıştır (Servantie 2014). Sürdürülebilirlik kavramının yanı sıra ulaşımından kaynaklanan karbon salınımını azaltma fikri de gündeme gelmiştir (Servantie 2014). Ulaştırmadan kaynaklanan karbondioksit emisyonlarını azaltma fikri çok önemlidir ve daha temiz, daha ekolojik ve daha verimli bir ulaşım politikasının oluşturulmasını teşvik etmektedir (Aydemir 2020).

Sürdürülebilirlik; çevresel, sosyal ve ekonomik kalkınma ile ilgilidir (Erben 2019). Temel sürdürülebilirlik noktaları şunlardır (Scilleman *et al.* 2012):

- Planlama
- Tasarım yönergeleri
- Politikalar
- Yönetim ve operasyonlar
- Standartlar

Sürdürülebilirlik kavramı Hart (1999) tarafından farklı bir şekilde tanımlamıştır. Bu tanıma göre, ekonomi toplumun içinde, toplum ise ekonomi ile birlikte çevrenin içinde var olmaktadır. Aynı anda üç sürdürülebilirlik sütunun en azından temel seviyesine ulaşmadan, istenen düzeyde ekolojik veya sosyal ekonomik sürdürülebilirliğin ayrı ayrı elde edilmesinin mümkün olmadığını vurgulamaktadır. Sonuçta, bu gösterim ile çevre, toplum ve ekonomi üçlüsü bütünsel olarak ele alınırsa sürdürülebilirliğe ulaşmanın yolunun açılacağı belirtilmektedir.



Şekil 4. Hart’a göre sürdürülebilirlik (Hart 1999)

Sürdürülebilirliğin ilkeleri dört kısımda ele alınabilir (Ekins *et al.* 2003):

1. **Yaşam Desteği:** İklimin giderek kötü bir hale gelmesinin önlenmesi,
2. **Kaynak:** Toprak verimliliğinin sağlanması, genetik çeşitliliğin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yenilenmesi
3. **İnsan sağlığı:** İnsanların sağlığına zarar verecek maddelerin giderek etkisini kaybetmesi
4. **Tümü:** Canlılara olumsuz olarak etkileyebilecek her türlü riski önlemeye çalışmak.

Birkaç kurum sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla çalışmalar yürütmektedir. Bu kuruluşlardan 2012 de kurulan Sürdürülebilir Ulaşım Merkezi (Centre for Sustainable Transportation-CST) 'nin amacı ulaşım sektöründe çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe fayda sağlamaktadır (PR Newswire 2013). Hükümetler arası bir kuruluş olan Uluslararası Taşımacılık İşçileri Federasyonu (International Transport Workers' Federation-ITF) ise OECD ile entegre olarak tüm ulaşım modlarını içeren, uluslararası bir düşünce kuruluşu olarak faaliyetlerini yürüten, yıllık ulaştırma bakanları zirvesini organize ederek gerçekleştiren ve 57 ülkeyi bünyesinde barındıran bir kuruluştur. Politik olarak özerk bir yapıya sahip olan ITF'nin misyonu, çevresel sürdürülebilirlikte, ekonomik büyümede ve sosyal içermeyi ve ulaşımın toplu profilini arttırmayı teşvik etmektedir. ITF'nin yıllık zirvesi küresel bir platform olmakla birlikte, dünyanın en büyük ulaştırma bakanları toplantısıdır ve yine aynı zamanda ulaştırma politikası konusunda önde gelmektedir. (Kager and Harms 2017).

Sürdürülebilir Ulaşım

Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinde toplumsal eşitsizlik ve dengesizlikler, çevresel bozulmalar ve ekonomik boyuttaki farklılıklar gözden kaçamayacak kadar birçok problemi beraberinde getirmiştir. Ulaşım ise yaşam kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Ulaşım planlaması, kentsel gelişim için önemlidir, bundan daha önemlisi yaşanabilir şehirler yaratmanın da ön koşuludur. Yaşanabilir şehirler yüksek standartlı ulaşım sistemleri ve diğer yaşam alanları anlamına gelir (Dissart 2000). Ulaşım sürekli artan talepler doğrultusunda birçok olumsuz sonucu doğrudan etkilemektedir. Bu olumsuzlukların en önemlileri hava kirliliği, gürültü kirliliği, sera gazı salınımı, hızlı enerji kaynağı tüketimi ve maddi açıdan yaşanan sıkıntılardır. Bahsi geçen olguların artan yoğunluğu ve uzun vadede olumsuz etkileriyle geri döndürülemez olmaları uluslararası kuruluşlarda olmak üzere birçok paydaşı sürdürülebilir ulaşım kavramı üzerinde yoğunlaştırmıştır. Sürdürülebilir kalkınma ile birlikte sürdürülebilirlik kavramı her alanda ön plana çıkmıştır. Sürdürülebilir ulaşım bu alanlardan biridir.

Tablo 2. Ulaşım Sisteminde Yaşanan Problemler (Schiller *et al.* 2010)

Ekonomik Sorunlar	Sosyal Sorunlar	Çevresel Sorunlar
Trafik sıkışıklığına bağlı ekonomik kayıplar (zaman, yakıt vb.)	Sokak hayatının ve komşuluğun zarar görmesi	Petrol ürünlerinin kullanımına bağlı olarak oluşan çevresel riskler
Yol ve asfalt gibi altyapı yatırım maliyetlerinin artması	Özel araç sahibi olmayanların ve engellilerin yaşadığı erişim sorunları	Yaşam alanlarının kentin dış bölgelerine kurulması ve kent alanının genişlemesi
Toplu taşıma sistemlerini kullanan yolcu sayısının düşük olmasından dolayı işletmenin zarar etmesi.	Trafikte meydana gelen tartışma ve gerginliklerin yarattığı olumsuz etkiler	Fotokimyasal dumanlar ve asit yağmurları
Kazalar sonucu oluşan ölüm ve yaralanmaların ekonomik maliyeti	Düşük gelir düzeyindekilerin özel araç almaya zorlanmış olması	Sera gazlarının oluşumu ve iklim değişikliği
Kirlilik kaynaklı sağlık sorunlarının ekonomik maliyeti		Trafik kaynaklı gürültü, görsel kirlilik, fiziki tehlikeler.

Ulaştırma sektörünün getirdiği birçok olumsuzluk vardır. Bunlar ulaşımındaki gecikmeden can kayıplarına kadar uzamaktadır. Trafik sıkışıklığı Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Bölümü (UNDESA) göre en yaygın ve en çok atıfta bulunulan ulaşım sorunudur. Bu tıkanıklıkların ulusal ve yerel gayri safi yurt içi hasıla üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ayrıca ulaşımında özel araç sayısının artması hava kirliliği, sera gazı emisyonları, şehir içi gürültü ve trafik kazalarının artmasına neden olmuş ve ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (UNDESA 2012).

Arslan ve Murat (2011) kent içi ulaşım sorunlarının sıkışıklık, park sorunu, toplu taşımaya ilginin azalması, yaya sorunu, emisyonlar, gürültü gibi çevresel etkileri ifade ettiğini belirtmişlerdir. Lee and Cheng (2008), metropollerde nüfus artışı ve artan araç yoğunluğunun hava ve gürültü kirliliğine neden olduğunu açıklamışlardır. Cohen *et al.* (2004), kirliliğin yaşamı olumsuz etkilediğini saptamış ve özellikle fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan hava kirliliğinin doğal yaşamı ve yaşamın kendisini etkilediğini ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

Aysan (1996) ise ulaşım sistemlerinin ekolojik dengeyi tehlikeye attığına dikkat çekmektedir. Ulaşımdan kaynaklanan egzoz gazları ve fotokimyasallar insan sağlığına zarar vermektedir ve ormanlar, topraklar ve yapılar asit yağmurundan zarar görmektedir.

Sürdürülebilir ulaşım tanım olarak, mevcut en ucuz ulaşım aracını bulmak veya beklenen bir seyahatin enerji tüketimini mümkün olduğunca azaltmak anlamına gelmektedir (Velazquez *et al.* 2015). Bununla beraber insanların kullandığı araç sayısını azaltmak ve toplu taşımaya yönlendirmek için düşük maliyetli, verimli ve güvenli güzergâhlar oluşturarak ulaşımı cazip hale getirmek oldukça önemlidir (Malasek and Jażdżik-Osmólska 2012; Asia News 2016). Sunulan verimliliğin tüketici tercihlerini olumlu etkilerle artırma oranı yüksektir. Kömür bazlı enerji yakıtları gibi hareketler, emisyonları azaltmak ve böylece verimliliği daha yüksek seviyelere çıkarmak için teknoloji ile örtüşmesi gerekmektedir (Ward 2010). Sürdürülebilir kalkınma anlayışına dayalı sürdürülebilir bir ulaşım sistemi, ulaşım sistemlerini iyileştirerek, özel araç sayısını azaltarak ve yaya ve bisiklet kullanımına yönelik faaliyetlerde bulunularak yapılabilir. Burada önemli olan çevreye geri dönüşü olmayan zararlar vermekten kaçınmaktır. Çevreye yenilenme fırsatları sağlayarak çevreden faydalanmak, sürdürülebilirliğin merkezinde yer almaktadır (Korkmaz 2021).

Sürdürülebilir ulaşım Dünya Sağlık Örgütü'ne (World Health Organization-WHO) göre ekonomik, güvenli, sosyal yaşamda kolay kabullenilen, yaşam kalitesine olumlu katkı sağlayan ve çevresel düzeni bozmayıp çevreyi koruyan, mümkün olan her yerde çevre sorunlarına çözüm üreten bir ulaşım sistemi olarak tanımlamaktadır (WHO 2004).

Sürdürülebilir bir kentsel ulaşım sistemi öncelikle yenilenebilir enerjiden yararlanır, ekonomiktir ve kısa vadeli planlı arazi kullanımında güvenli ulaşım sağlamaktadır. Düşük maliyetli, yüksek kaliteli ulaşım hizmetlerinin halka sunulması olarak tanımlanabilir (Crawford 2002).

Sürdürülebilir ulaşım, ulaşım planlaması açısından ulaşım sistemlerinin çeşitliliği ve gelişmişliği, kentsel yaşamının kalitesini ve kent sakinlerinin refahını artırmaktadır. Ulaşım ihtiyaçlarını karşılama kapasitesine sahip uygun fiyatlı bir ulaşım sistemi, kentsel hareketliliği

artırır. Kentsel hareketliliğin iyileştirilmesi toplumsal iletişim ve etkileşimi arttırdıkça kent yaşamının da kalitesini artıracaktır (Vuchic 2000).

Sürdürülebilir ulaşım planlamasında; fırsat eşitliği ve adalet, alınan kararların bütünlüğü, bunların uygulanması, çıkar merkezlerinin baskısından kurtulma sorunları düşünülmelidir. Kent hayatındaki insanların mallarını bir noktadan başka bir noktaya taşıyan ulaşım sistemleri, şehirlerdeki yaşam kalitesini artırmakta ve yaşanabilir kılmaktadır. Kentsel planlama ile kentsel planlamanın önemli bir parçası olan ulaşım planlaması beraber yapmalıdır. Planlama kapsamında kentte yaşayan insanların temel ihtiyaçları ve ulaşım ihtiyaçları belirlenmelidir. Bu anlamda planlı kentlerde toplumun sosyal yapısı iyi analiz edilmeli ve talepleri dikkate alınmalıdır (Üstündağ 2002).

Özel araç kullanmak yerine yaya erişiminden bisiklet kullanımına, taksiden otobüse kadar entegre bir ulaşım sisteminden faydalanmamızı sağlayan sürdürülebilir ulaşım, demiryolundan metroya, vapurdan feribota tüm ulaşım sistemini kapsamaktadır.

Trafik yoğunluğunun azaltılması ve bölgesel trafik yönetimi gibi sürdürülebilir ulaşım teknikleri mevcuttur. Bu tekniklerin kullanılmasındaki amaç, yeni kapasite yaratmak değil, mevcut sistemleri daha verimli kullanmak ve mevcut ulaşım sistemlerinin verimliliğini arttırmaktır. (Yalnız 2007).

Sürdürülebilir ulaşım teknikleri herkese göre farklılık göstermektedir. Dymen ve Henriksson'a göre şöyledir (Dymen and Henriksson 2009):

- Yoğun saatlerde şehir merkezinden trafik ücreti alınması,
- Temiz enerjili araç kullanımının artırılması,
- Bisiklet yollarının geliştirilmesi,
- Toplu taşımanın teşvik edilmesi.

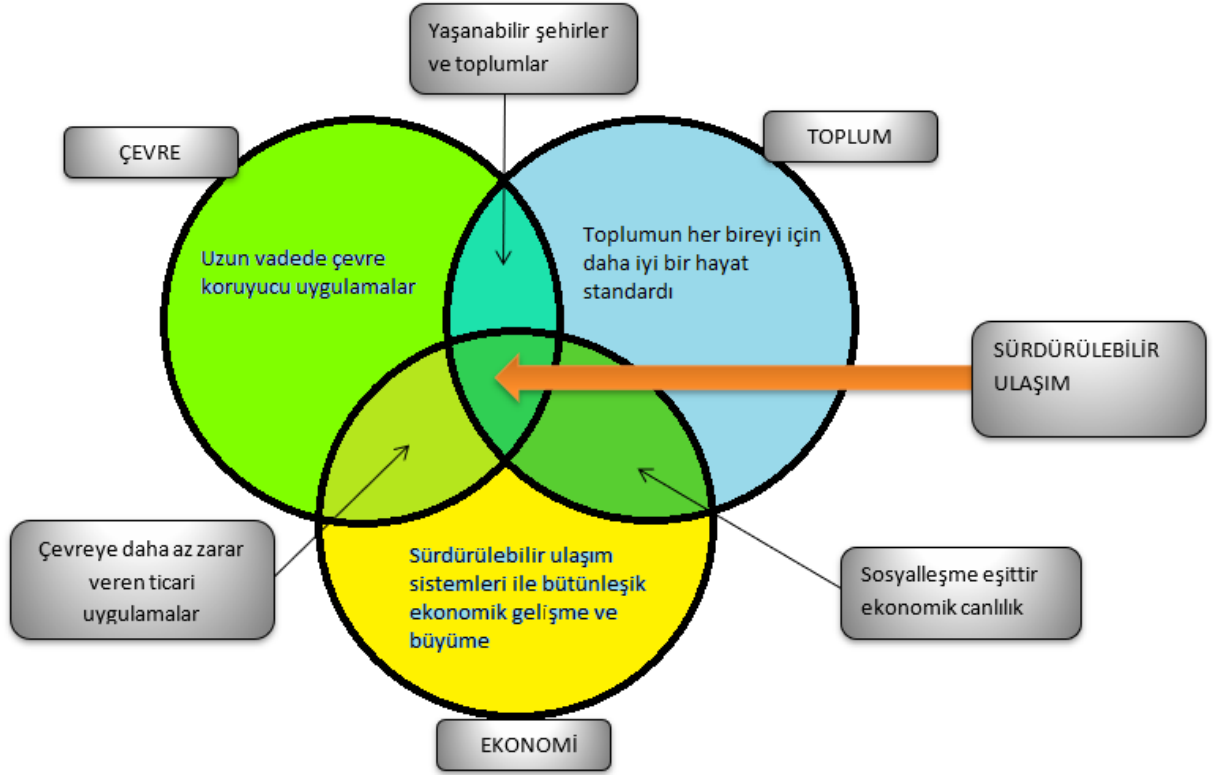
Sürdürülebilir ulaşım ile mevcut ulaşım anlayışımız arasında birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Mevcut trafik anlayışı; zaman kaybını ve ulaşım kalitesini hiçe sayan, genellikle motorlu taşıt kullanılan, ulaşım sistemlerini entegre etmeyen, ulaşım problemlerini daha genişletilmiş otoyollar yaparak çözen, çevreyi gözetmeyen bir sistemdir. Sürdürülebilir ulaşım kavramı ise ulaşım süresinin kısaltıldığı, güvenliğin dikkat edildiği ve yüksek kaliteli ulaşımın önemsendiği sadece motorlu taşıtların değil birden fazla ulaşım sisteminin kullanıldığı, ulaşım sisteminin bütünlüğünün sağlandığı, yollara bağımlılığın azaltıldığı, alternatif ulaşım sistemlerinin kullanılabilir olduğu, çevreye verilen zararın göz önünde bulundurulduğu ve diğer seçeneklerin planlama aşamasında tüm maliyetleri dikkate alan bir sistemi içermektedir (Yavuz 2016).

Mevcut sürdürülebilir ulaşım uygulamalarına ek olarak, hükümetlerin bu uygulamaların fizibilitesi konusunda endüstri ile birlikte çalışması önemli olacaktır. Dünya çapında uygulanan bir stratejinde belli bir standarta göre sergilediği davranış, bir başarı göstergesi olarak kabul edilir (Broaddus 2011). Talep yönetimi, aynı zamanda maliyet kontrolleri, iyileştirici eylemler, yeni yetkiler ve planlar, sürdürülebilir ulaşım konusunu ele alırken dikkate alınması gereken noktalar arasındadır. Uygulanacak politikalar bakımından vazgeçirici emniyet ve güvenlik düzenlemelerinin getirilmesi, bazı belirsizliklerin önlenmesini sağlamaktadır (Deakin 2001). Politika incelemesiyle ilgili olarak arabuluculuk faaliyetleri, sürdürülebilirlik göstergeleri olarak ortaya konan bir dizi kriterin dikkate alınmasından kaynaklanmaktadır (Anonymous 2010).

Sürdürülebilir ulaşım da planlama eksikliği, bazı uygulama sorunlarına yol açabilir (Gray *et al.* 2011):

- **Maliyet:** Ulaşım sisteminin mevcuttaki durumunu değiştirmek amacıyla büyük finansal güçler gereklidir.
- **Politika ve Hukuk:** Yaşadığınız kentle, bulunduğunuz coğrafi konumla ilişkili olarak ulaşım kararları politika görüşleri ile çelişebilir.
- **Düşük Yoğunluk:** Sürdürülebilir olmanın uzağındaki hizmetler düşük seviyede başarılı olabilir.
- **Araç Kültürü:** Bireylerin sosyal statüsünün göstergesi olarak görülen taşıtlar, değişimi sınırlamaktadır.
- **Geliştirici Direnci:** İnsanlar muhtemel potansiyel değişikliklerin mali yüküyle yüzleşmek istememektedirler (Erben 2019).

Çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik olmak üzere sürdürülebilir ulaşım 3 farklı bölüme ayrılarak incelenebilir (Velazquez *et al.* 2015).



Şekil 5. Sürdürülebilir ulaşım (International Association of Public Transport Türkiye-UITP Türkiye 2007)

Şekil 5, UITP Türkiye sürdürülebilir ulaşım yaklaşımı ile çevre, toplum ve ekonomi arasındaki ilişkiyi şu şekilde açıklamaktadır (The Centre for Sustainable Transportation-The Centre ST 2002):

- Bireylerin ve toplumların temel erişim ihtiyaçlarını güvenli bir şekilde karşılamaktadır, insan sağlığını ve çevreyi korumaktadır.
- Pahalıdan kaçınıp verimli çalışarak dinamik ekonomiyi bir döngüde ilerletmek istemektedir.
- Gezegendeki emisyonları ve atıkları dengede tutarak yenilenemeyen doğal kaynakların kullanımını azaltmaktadır.
- Yenilenebilir doğal kaynakların tüketimini azaltarak geri dönüşüme öncelik vermektedir.
- Arazi kullanımını ve gürültü oluşumunu kısıtlamaktadır.

Kanada'daki Ulaşım Merkezi (CST), sürdürülebilirlik açısından ulaşım sisteminin faydalarını şu şekilde tanımlamaktadır (Gilbert and Tanguay 2000):

- Bireysel ihtiyaçlar, iş ve toplum güvenliği için temel erişim ve geliştirme bakımından sürdürülebilir olmalı ve insanların sağlığı ile ekosistemlerini uyumlu hale getirmelidir.

- Verimli, rekabetçi bir ekonomi ile birlikte aynı zamanda dengeli bölgesel kalkınma seçenekleri sunmaktadır.
- Ulaşım da gerekli arazi miktarının en aza indirmektedir. Emisyon ve atıkları ise azaltarak alan üzerindeki etkiyi kırmaktadır.

Ekonomik boyut; kaynakların verimli kullanılması, insan ihtiyaçlarının karşılanması ve genel refah düzeylerinin yükseltilmesi yoluyla verimliliğin, büyümenin ve gelişmenin sağlanmasına dayanmaktadır.

Çevre boyutu, insanların ve diğer tüm canlıların yaşamasını sağlayan, bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan doğal kaynakları da içeren, ekonomik kalkınma için yürütülen faaliyetlerin yer aldığı çevreyi ifade etmektedir.

Sosyal boyut ise kişilerin ve toplumların yaşam standartları, aralarındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin nasıl sürdürüldüğü ile ilgilidir ve toplumun sağlık, adalet ve güvenlik gibi temel gereksinimleri tarafından yönlendirilir (Cirit 2014). Kısacası çevresel sürdürülebilirlik doğa ve çevreyi ele alarak kalkınmayı sağlamayı, ekonomik boyut üretkenliği ve verimliliği, sosyal boyut ise birey ve toplum arasındaki dengeyi elde tutmayı hedeflemektedir.

Sürdürülebilir ulaşım Şekil 6’da görüldüğü gibi süreklilik içinde, değişimi algılayarak sosyo-ekonomik ve politik çıkarların ekolojik sistemler ile yaşanabilirlik, erişilebilirlik ile ilgili kaygılarla uyumlu hale getirildiği kentler olarak ifade edilmektedir. Erişilebilirlik önemli ölçüde sürdürülebilir ulaşım da değer kazanmıştır.



Şekil 6. Sürdürülebilir ulaşım ile ilgili bağlantılı kavramlar

Sürdürülebilir kentler görüldüğü gibi sürekli bir devinim içinde değişikliği fark ederek politik, sosyal ve ekonomik çıkarların çevresel sistemlerle yaşanabilirlik, hareketlilik ve erişilebilirlik ile ilgili kaygıları eşleştirebilir duruma getirmektedir. Kentler, her türlü etkileşimin olduğu kültür, eğitim, sağlık ve ekonomik ilişkiler gibi karmaşık iç bağlantıların olduğu, yoğun insan ilişkilerinin ve hareketliliğin olduğu bölgelerdir. Bu bölgeleri birbirine bağlayan ve hareketliliğin sağlanmasına katkı sağlayan en önemli unsur şehrin ulaşım ağıdır. Kentsel sürdürülebilirlik için çevrenin sahip olduğu değerlere ve kaynak kullanımına saygı gösterilmeli, dikkate alınmalı, yerel ve bölgesel kapsamda çevrelerin olumsuz etkileri ortadan kaldırılmalıdır. Bu bağlamda kentlerin ve kent yaşamının sürdürülebilirliği ile bağlantılı olan ulaşım araçlarının önemi çok büyüktür (Demir 2011).

Dizel otomobil araba kullanımı insanların günlük hayatlarında sıklıkla tercih ettikleri ve artık bırakmak istemedikleri bir amaç haline gelmiştir. Bunun sonucunda faaliyetler artmıştır ve bu durumda enerji tüketimini lineer olarak etkilemektedir. Bireylerin kullanmak istedikleri özel araçlar esasında toplum için sürdürülemez bir durumdur. Bu nedenle ulaşım sistemleri oluşturulurken, bireysel konfordan çok, sistemin gerçeğe dayalı değer sistemi dikkate alınarak sürdürülebilir ulaşım modlarına öncelik verilmelidir. Planlamada, sürdürülebilir ulaşım türleri yaşanabilir bir çevrenin belirleyici unsurları olarak görülmektedir ve hareketi destekleyici girişimler hayata geçirilmelidir. Örneğin caddeler planlanırken yayaların serbest dolaşımına karşı koyan engeller ve ulaşım biçimleri kaldırılmalı ve ulaşım türlerinin;

1. Yaya
2. Bisiklet
3. Toplu taşıma
4. Otomobil

şeklindeki öncelik sıralaması ulaşım yapısına göre oluşturulmalıdır (Knoflach and Ocalır, 2011).

İnsanların birbirlerine, hizmetlere ve diğer yerlere kolay ulaşabilmeleri toplumların sosyo-ekonomik refahı için önem arz etmektedir. Burada anahtar kelime ulaşımın ama bu yeterli gelmemektedir. Ulaşım diğer kişilere, hizmetlere, mallara ve yerlere yeterli erişim sağlanması ilkesine göre yol izlemektedir (Eryiğit 2012). Kentlerimizde sürdürülebilir ulaşımın sağlanabilmesinde itici sebeplerden biri olan erişilebilirlik önceliğinin insana verilmesi, ulaşım türlerinin geliştirilmesinin sağlanabilmesi için de yolculuklarda özel araç kullanımının azaltılabilmesi hususunda toplu taşıma sistemlerinin kullanılmasını öngörmektedir (Hansen 1959; Engwicht 1993). Bu bağlamda erişilebilirliğin ana amacı farklı ulaşım modları ile özellikle de sürdürülebilir ulaşım türleriyle (yaya, bisiklet, otomobil ve toplu taşıma) mesafeleri kolayca yol alınmaktadır (Barter 2000).

Tablo 3. Sürdürülebilir Ulaşımın Temel Amaçları (Litman 2011)

Ekonomik Hedefler	Açıklama
Etkin hareketlilik	İnsanların ve eşyaların hızlı ve ekonomik olarak taşınması.
Yerel ekonomik kalkınma	Yerel düzeyde, istihdam, üretkenlik, iş etkinliği, gelir, gelir vergisi gibi kalemlerde sağlanan artış.
İşletme etkinliği	Ulaşım tesislerinin/hizmetlerinin etkin bir şekilde işletilmesi/sağlanması.

Tablo 3. (Devamı)

Sosyal Hedefler	Açıklama
Sosyal eşitlik (Adalet)	Ulaşımdan kaynaklı yararlı/zararlı etkilerin dengeli dağılımı, artan gelir ve hareketlilikle orantılı ücretlendirme.
İnsan sağlığı ve güvenliği	Ulaşım güvenliğinin ve halk sağlığının geliştirilmesi.
Ödenebilir ücret düzeyi	Temel ulaşım ihtiyacının hane halkının fiyat olarak karşılayabileceği bir düzeyde tutulması.
Toplumsal bağlılık	Toplumun bireyleri arasındaki etkileşim miktarını ve kalitesini artırmak.
Kültürel korunma	Toplum tarafından değer verilen sanat eserlerinin ve toplumsal aktivitelerin muhafaza edilmesi.
Çevresel Hedefler	Açıklama
Kirliliğin azaltılması	Gürültü düzeyinin, hava kirliliğinin(emisyonların) ve su kirliliğinin azaltılması.
Kaynakların korunması	Petrol ve arazi gibi sonlu ve kıt kaynakların daha düşük seviyelerde ve etkin bir biçimde kullanımı.
Açık alanların korunması	Tarım alanlarının, parkların ve doğal yaşam alanlarının korunması.
Bio-çeşitliliğin korunması	Hayvanların ve diğer canlı türlerinin yaşam alanlarına ve hayatlarına zarar vermemek.

Babalık (2012) sürdürülebilir ulaşımı şu şekilde tanımlanmaktadır: “çevresel, ekonomik ve sosyal kalkınma, sürdürülebilir ulaştırmanın üç ayağı olarak tanımlanmıştır. Minimum emisyonla çevre dostu ulaşım arabaların yayılmasını sağlayan, merkezi olmayan kentsel gelişmeyi önleyen ve kontrollü gelişmeye izin veren bir ulaşım sistemine ihtiyacımız vardır. Ekonomik bağlamda sürdürülebilir ulaşım, yakıt ve enerji odaklıdır. Yakıt tüketiminin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, altyapı yatırımı ve kullanımında etkili bir rol oynaması, trafik sıkışıklığının yanı sıra kazaları ve kayıp zamanı azaltan bir ulaşım sistemidir. Sosyal olarak sürdürülebilir ulaşım, herkes tarafından karşılanabilir ve erişilebilir bir ulaşım sistemi olmalıdır.”

Sürdürülebilir Ulaşım Politika Uygulamaları

Dünyanın dört bir yanındaki metropollerde ve Türkiye’de sürdürülebilir ulaşımı sağlamak için çeşitli politikalar uygulanmaktadır. Örneğin, 2005 yılında Stockholm, sürdürülebilir ulaşımı sağlamak için 'Sürdürülebilir Ulaşım için Biyoetanol' (BioEthanol for Sustainable Transport-BEST) projesini gündemine almıştır. Proje, ilk kez yenilenebilir yakıtlarla çalışan ve neredeyse sıfır CO₂ emisyonuna sahip temiz araçların kullanımını artırmıştır. Bu, hava kalitesini iyileştirip sera gazı emisyonlarını ve gürültüyü azaltmıştır. Proje çerçevesinde çevre dostu araçlar şehir merkezinde günün yoğun saatlerinde trafik

ücretinden muaf tutulacaktır. İlâveten proje kapsamında şehir merkezindeki otopark ücretlerine zam yapılmıştır. (Bedsworth *et al.* 2007).

Finlandiya'nın Helsinki kentinde yapılmış olan Metka-projesi (Metropolitan Alan için Sürdürülebilir Yapı) sürdürülebilir kent ve ulaşım amacıyla olan şehrin metropol bölgesinde hayata geçirilmiştir. Proje, fiziki olarak kentsel dokuyu ön plana çıkarmış ve bölgeye özgü kentsel tasarımla yaya yürüyüş yolları geliştirmiştir. Özellikle mevcut yapılar çok iyi incelenmiş, çeşitli bilgiler toplanmış ve trafik bağlantıları yapılmıştır. Sürdürülebilir bir arazi kullanım planına sahip kapsamlı bir sürdürülebilir bir şehir analizini mümkün kılmıştır. Böyle bir çalışmanın neticesinde dört tane gelişme alanında yayılma gösteren rehberli yaylı sistem, eski yol, yalnızca ulaşım konusunda güçlü bağlantı yolları ve farklı denge merkezleri inşa edilmiştir (Dymen and Henriksson 2009).

Türkiye'de çekici, güçlü ve etkili bir toplu taşıma sistemi kurarak sürdürülebilir ulaşımı sağlamak için büyük çaba sarf edilmekte ve özel araç sahipleri toplu taşımayı kullanmaya teşvik edilmektedir. Engelli ve yaşlı insanlar için kullanımı rahat olması ve kolaylık sağlayabilmesi için alçak tabanlı bir tramvay kullanımına geçilmiştir. Daha konforlu hizmet verebilmek için mevcut vagonlar yenilenmiştir. Tramvayda insan güvenliği ve sağlığı ile ilgili olarak istasyonlarda kir ve toz ölçümleri kontrol altına alınmıştır. Güvenlik kameraları ile istasyon ve araç içleri daha ehemmiyetli bir hal almıştır.

Yeşil Ulaşım

1990'lı yıllara gelindiğinde sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi, başta fosil enerji kaynakları olmak üzere enerji kaynaklarının hızla tüketilmesine neden olmuştur. Bu durum, küresel enerji krizi, enerji kıtlığı, enerji verimliliği ve özellikle ilgili bazı ülkelerde fosil enerji kaynaklarının yoğun üretimi gibi etkenler, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları için yeni arayışları beraberinde getirmektedir. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik eğilim, bu enerji kaynaklarının kullanıldığı alanları genişletmektedir. Bu aşamada hem endüstri hem de hizmet sektöründe önemli bir parçası olan ulaştırma sektörü, yenilenebilir ve temiz enerjinin üretimi ve tüketiminde kilit rol oynamaktadır (Kaplan ve Kaynak 2011).

Küresel ısınmanın ve kaçınılmaz iklim değişikliğinin sosyal ve çevresel etkileri nedeniyle, yerel yönetimler enerji tasarrufu ve karbon emisyonlarını azaltma çabalarına öncelik vermektedir (Süt *et al.* 2019). Kent içi ulaşımın sürdürülebilirliğini sağlamak için “yeşil ulaşım” adına bile küresel, merkezi ve yerel düzeyde birçok önlem alınması gerekmektedir.

Çevre koruma ve ekonomik büyüme kavramlarına dayanan yeşil yönetimin çıkış noktası, sürdürülebilir kalkınma kavramıdır. Sürdürülebilirlik, sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflerin birlikte değerlendirilmesi ve herkesin yararına olacak faaliyetlerin planlanması olarak tanımlanabilir (Akatay ve Aslan 2008). Yeşil altyapının en önemli parçası yeşil ulaşımır. İnsanlara en uygun zamanda ve en rahat koşullarda doğaya zararı en minimize ederek varma noktasına ulaşmayı hedeflemektedir. Çevre dostu bu ulaşım, “yeşil” kelimesinden ötürü sadece çevre döngüsü ve iklim değişikliği bakımından irdelenmesi gereken bir kavramdır. Aynı zamanda sürdürülebilir bir ulaşım şeklidir (Esin 2017).

Yönetim organlarının ekonomik olarak güçlendirilmesi, kaynakları daha verimli kullanmak, emisyonları azaltmak, çevreyi korumak ve daha temiz bir çevre yaratmak yeşil yönetim anlayışı ile başarılmaktadır. Bu bağlamda, yeşil ulaşım; araba yerine toplu taşımaya öncelik verilmesi, alternatif yeşil yakıtlı araçların teşvik edilmesi, araçlara gürültü ve kullanılması, bisiklet taşımacılığı için bisiklet yollarının kullanılması, toplu taşıma için şehir çapında çevre dostu aktivite programlarının teşvik edilmesi, toplu taşıma biletleri için geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu uygulamalar ile ulaştırma faaliyetlerinde çevreye zarar veren unsurları ortadan kaldırarak sürdürülebilir enerji ile doğru zamanlama, doğru altyapı ve düşük maliyetli faaliyetler gerçekleştirilir (Gültaş ve Yücel 2015).

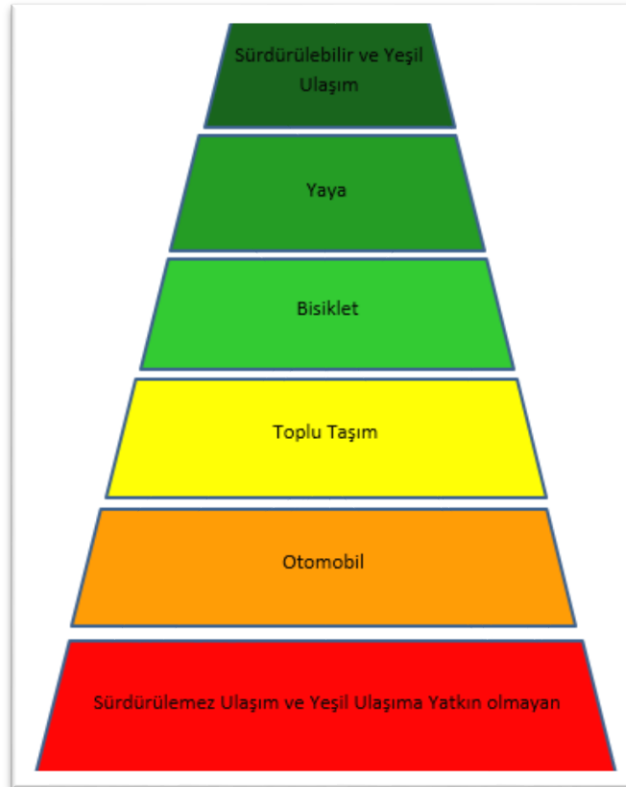
Yeşil ulaşım yaklaşımının bir şehrin yeşil altyapı projelerinden ayrılamaz olması şaşırtıcı değildir. Yeşil ulaşım altyapısı, şehirlerin doğanın yaklaşımını bütünleştirerek ulaşmaya çalıştıkları sürdürülebilirliğin amaçlarıyla sıkı sıkıya birbirine bağlıdır. Ulaşım ağlarının tasarımı ile hiyerarşisi, doğal su ve döngülerini dikkate alırken kullanılan malzemelerin özellikleri, ekosistem hizmetlerini (su filtrasyonu ve taşkın gibi) içermesi bakımından dikkat çekmektedir. Taşkın yatakları gibi sulak alanlar, park alanları, ormanlar vb. ile şehirlerde ve çevresinde yaşam kalitesini artırmaya yönelik bir yaklaşımdır. Ulaşım derken kent sınırlarının bile net olmadığı ağlardan bahsedilmektedir. Bu nedenle kent dışı ulaşım altyapısında anlayışın devamlılığının sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Avrupa Birliği, yeşil altyapı projelerinin hedeflerini, ekosistemlerin güvenilirliği ve dayanıklılığını artırmayı, biyoçeşitliliğin varlığına katkıda bulunmayı; örneğin su düzenlemesi gibi ekosistem hizmetlerini iyileştirmek olarak tanımlamaktadır (Naumann 2011).

Yeşil ulaşım altyapısı çok çeşitli uygulamalara sahiptir. Yeşil; yollar, kaldırımlar, drenler, otoparklar, yağmur sularını filtreleyen ve tutan yüzey kaplamaları, duvarlar, çatılar, parklar, göletler gibi sayılabilir. Bir ülkeden bir kentine, bir kentinden sokağına kadar

detaylandırılabilir. Bu ölçekler içindeki kurum ve kuruluşlar arasında iş birliği gereklidir (Elam *et al.* 2012). Yeşil ulaşım uygulamaları aşağıda belirtildiği gibi sıralanabilir:

- Grup taşımacılığı yerine daha büyük gruplarla ulaşım, örneğin toplu taşımayı arabalara tercih etmek,
- Tüm ulaşımında alternatif çevre dostu yakıtların kullanılması,
- Bisiklet yollarının ve bisikletli ulaşım kullanımının teşvik edilmesi,
- Araçların egzozlarından kaynaklanan gürültü için susturucu takılması,
- Kamuda geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması ulaşım biletleri,
- Bilişsel ve duyuşsal alanda çalışanların çevre eğitimi,
- Kamuoyunu büyütme,
- Yeşil faaliyetlerin teşvik edilmesi (Gültaş ve Yücel 2015).

Ulaşım elemanları; yayalar, bisikletliler, toplu taşıma, taksi ulaşımı, birden fazla kişi için araba, bir kişi için araba ve uçak olarak yeşil ulaşım yakınlık derecesine göre yeşil ulaşım piramidinde ifade edilmektedir. Yaya olmak en yeşili, yani en önemlisidir. Trafikte tek kişilik araçların kullanılması en düşük önceliğe sahiptir. Toplumun daha sağlıklı olması, daha az gürültü ve kirlilik yaratması ve daha büyük bir topluluk duygusu yaratması için bisiklet ve yaya trafiğine ihtiyacı vardır. Bugün her zamankinden daha çok uçuyoruz, daha az yürüyoruz ve çoğumuzun arazisi bisiklete binmeye elverişli değildir.



Şekil 7. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım piramidi

Özel araçlar sürdürülebilir ve yeşil ulaşımın arka planıdır. Bu nedenle önceliklerimizi şu şekilde sıralayabiliriz:

- Mevcut araçlardan kaynaklanan karbondioksit salınımını azaltmak ve elektrikli otomobilleri desteklemek.
- Özel araçtan toplu taşımaya geçişi teşvik eden ve yolcuların konforunu gözeterek çözümler geliştirilmek.
- Yeni yaya ve toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi. Toplu taşıma sistemlerinin birbiriyle entegre edilmesi ve ayrıca motorsuz ulaşım araçları olan bisiklet ve yaya yollarının kullanılması ile çalışmalar yapmak.
- Yüksek talep gören güzergahlarda demiryolu trafiğini artırmak. Kent genelinde ulaşım politikası ve şehir planlama politikası ile desteklemek ve diğer ulaşım sistemleri ile entegrasyonu sağlamak.
- Deniz taşımacılığının yaygınlaştırılması ve kentsel ulaşım sistemlerine entegre edilmesi.
- Yeşil ulaşım teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygın olarak uygulanması için, tüm çıkar grupları arasında yönetim ve kullanım konusunda işbirliği olmalıdır (Esin 2011).

Literatür Özeti

Bu bölümün asıl amacı sürdürülebilir ve yeşil ulaşımın temel amaçlarını destekleyen literatür çalışmalarını incelemektir.

Hussain *et al.* (2022), çalışmada çevre kirliliği ve ölüm, ekonomik odaklı ulaşım ve sosyoekonomik faktörlerin ulaşım verimliliğini etkileyip etkilemediğini ve nasıl etkilediğini analiz etmeyi hedeflemişlerdir. Bu amaçla 35 OECD ülkesi için 2000-2020 yılları arasındaki panel veriler kullanılmıştır. İlk olarak, on dört girdi/çıktı değişkeni kullanılarak taşıma verimliliğini ölçmek için veri zarflama analizi (VZA) yapmışlardır. İkincisi, ekonometrik analizi, sosyoekonomik faktörler ile sürdürülebilir ulaşım verimliliği arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılmışlardır. Sonucunda sürdürülebilir ulaşım verimliliğindeki %30,2'lik artışın ulaşımdan kaynaklı %1'lik artışın ise ev harcamalarından kaynaklandığı görmüşlerdir. OECD ülkeleri, incelenen dönem içinde yüksek ekonomik verimlilik puanlarıyla önemli ölçüde performans sergilemiştir. Ekonometrik analiz, sosyoekonomik faktörlerin sürdürülebilir ulaşım verimliliği üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Soto *et al.* (2021), çalışmada tercihleri ve tutumları açısından nüfustaki heterojenliği göz önünde bulundurarak özel, sürdürülebilir ulaşım politikaları formülize etme ihtiyacına dikkat çekmektedirler. Bu bağlamda, sürdürülebilir ulaşım politikalarını teşvik etmek için bir pazar segmentasyonu önermişlerdir. Çalışma, Kolombiya'nın en büyük beş metropol bölgesinde (Bogota, Medellín, Cali, Barranquilla ve Bucaramanga) düzenlenen bir ankette 1.041 araç sahibinin çevre dostu ulaşım alternatiflerine verdiği yanıtlardan yola çıkmaktadır. Toplanan verileri kullanarak çevreye, yeşil ulaşım politikalarına, araba kullanımına ve teknolojiye yönelik bireysel tutumları değerlendirmek için bir Çoklu Göstergeler Çoklu Nedenler (MIMIC) analizi uygulanmıştır. MIMIC sonuçlarına dayalı bir küme analizi yapıp üç grup tanımlanmıştır. Sonuçlar, araca bağlanma ve çevresel kaygı arasındaki çelişkiyi belirgin hale getirmiştir. Çevresel kaygının ne kadar düşükse, araca bağlılığın o kadar yüksek olduğu görülmüştür. Son olarak, her grubun heterojenliğini göz önünde bulundurarak sürdürülebilir stratejiler önerilmiştir, popülasyondaki hedeflenen her grubun ilgi alanlarını ve özelliklerini önemseyerek sürdürülebilir ulaşım politikalarını teşvik etmek için özel yapım eylemler ve pazarlama stratejileri geliştirmenin önemi vurgulanmıştır.

Manders *et al.* (2020), çalışmada Hollanda'da paylaşımlı elektrikli otomatik hareketlilik girişimleri hakkında bir çalışma yürüterek kombinasyonun vaatlerini ve mevcut gelişme durumunu inceleyerek ampirik bir bakış açısı sunmaktadırlar. Çalışma, başlatıcıların ortak elektrikli otomatik hareketlilik girişimlerini geliştirmek için azaltılmış otomobil hareketliliği vaatlerini ve artan sürdürülebilirlik vaatlerini seferber ettiğini göstermektedir. Ancak başlatıcılar, operasyonel ve teknik sorunlar ve kullanıcıları dahil etme zorluğu gibi çeşitli zorluklar da yaşamışlardır. Otomasyon genellikle bu uygulama zorluklarının üstesinden gelmek için bir unsur olarak görülmüştür. Gelişmeler hala erken bir aşamadır, ancak çok çeşitli aktörlerin sürekli katılımı, yalnızca araçların ötesine geçmek ve gelişmeleri çoklu modların entegrasyonu ve alternatif mobilite geliştirmeleri dahil olmak üzere ortak bir elektrikli otomatik mobilite sistemine yönlendirmek için çok önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Agarwal *et al.* (2020), çalışmada bisiklet payındaki artış potansiyelini belirlemektedirler. Yeni altyapının maksimum kullanımı için, önerilen yeni altyapı ile mevcut ağ arasındaki bağlayıcıların optimum sayısını ve konumlarını belirlemek için bir algoritma sunmuşlardır. Hanehalkı gelir seviyeleri, modal değişikliğin daha iyi anlaşılması için bireysel gezginleri karar verme sürecine dahil etmişlerdir. Önerilen otoyolun uygulamasını göstermek için Hindistan'ın Patna kentinde gerçek dünyadan bir çalışma seçilmiştir. Patna için bu tür bir altyapı sağlanarak bisiklet payının %32'den %48'e kadar çıkabileceği gösterilmiştir. Ancak,

bisikletle birlikte otoyolda motosiklete izin verilmesi, bisiklet payını %44 ile sınırlandırmaktadırlar. Bisiklet payındaki artış, büyük ölçüde insanların motosikletten, toplu taşımadan ve yayadan bisiklete geçmesinden kaynaklanmakta olduğu görülmüştür. Ayrıca, bisiklet otoyolunun faydalarını değerlendirmek için, bu çalışma ilk olarak karma trafik koşullarında zamana bağlı, araca özgü emisyonları tahmin etmek için bir emisyon modelleme aracını genişletmiştir. Otoyolda yalnızca bisikletlilere izin verilmesi sıkışık kentsel alanları iyileştirmiş, emisyonları azaltmış ve erişilebilirliği artırmıştır. Yine de, otoyolda motosikletlere izin verilmesi, kentsel alanın orta kesiminde emisyonları önemli ölçüde artırmakta ve istenmeyen eğitim tesislerine bisiklet yolu ile erişilebilirliği azaltmıştır. Bu çalışma, fiziksel olarak ayrılmış, yüksek kaliteli bir bisiklet otoyolunun yalnızca mevcut bisiklet kullanmayan yolcuları çekmekle kalmayıp bisiklet modunun payını artırmakla yetinmeyip, aynı zamanda olumsuz ulaşım dışsallıklarını da önemli ölçüde azaltacağını ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir ulaşım ve çevresel sürdürülebilirlik açısından bisiklete verilen önceliği vurgulayan bir çalışma olduğu görülmektedir.

McDonagh *et al.* (2019), çalışmada kullanılan variable renewable electricity (VRE) elektrik şebekesini karbondan arındırmıştır ancak kesintili olması fiyatta, karbon yoğunluğunda ve zaman içinde azalmada değişikliklere yol açacağı görülmüştür. Bu, ulaşım için elektro yakıtlar (su elektrolizi yoluyla hidrojen gibi) üretmek için yönetilmesi zor olan elektriğin kullanılmasına ilgi duyulmasına yol açmıştır. Elektro yakıtların çevresel etkisinin büyük çoğunluğu tükettikleri elektrikte bulunmakta ancak yalnızca aksi takdirde azaltılacak elektriğin tüketilmesi (arz talebi aştığında üretilir), düşük çalışma saatleri nedeniyle aşırı derecede pahalı hidrojene yol açmaktadır. Çalışmada toptan elektriğe teklif veren bir model kullanılarak, politika değişikliği gerektirmeden sürdürülebilirliği artırmayı amaçlayan iki operasyonel strateji (kontrol), %40-60 yenilenebilir elektrik penetrasyonuna sahip elektrik sistemi modellerinde test edilmiştir. Teklif fiyatı kontrolü, tesisin elektrik için ödeyeceği maksimum fiyatı belirlemiştir. Rüzgar tahmini kontrolü, tesisin yalnızca minimum tahmini VRE üretimi karşılandığında çalışabileceğini dikte etmiştir. Düşük maliyetli veya yüksek tahmin edilen rüzgar enerjisi zamanlarında elektrik tedarik etmenin, daha düşük bir maliyetle (%57'ye kadar daha az) daha fazla dekarbonize hidrojen üretimine (%56'ya kadar daha fazla) yol açabileceği gösterilmiştir. Ekonomik olarak optimize edildiğinde (seviyelendirilmiş maliyetleri en aza indirerek), teklif fiyatı kontrolü, şebeke ortalamasına kıyasla üretilen elektro yakıtın karbon yoğunluğunu %5-25 ve rüzgar tahmini kontrolünü %14-38 oranında azaltmıştır. Her iki kontrol de aksi takdirde kesintiye uğrayan elektriği kullanma konusunda yüksek bir eğilim göstermiştir ve şebeke dengelemeye yardımcı olduğu söylenebilmektedir. Teklif fiyatı kontrolü aynı zamanda tesisin ortalama elektrik maliyetini de büyük ölçüde

azaltmıştır. Yenilenebilir enerji penetrasyonu ile olumlu etkiler arttırmış ve tesislerin ekonomik ve çevreye duyarlı işletimi arasında önemli sinerjiler kaydedilmiştir. Bu belgede test edilen operasyonel stratejiler, arz ve talep uyumsuzluğunu şiddetlendirmeden ulaşım yakıtlarının şebeke elektriğinden üretilmesine izin vermektedir. Bu işletim stratejilerini kullanan gelecekteki merkezi olmayan yarı depolama, ekonomik olarak nakliye yakıtı üretebilir ve şebeke dengelemeye yardımcı olabilir.

Makarova *et al.* (2017), çalışmada yönetim sisteminin uygulanmasıyla şehirdeki toplu taşıma sisteminin sürdürülebilirliğini iyileştirme olasılığına ilişkin bir araştırma sunulmaktadır. Önerilen yöntemin testi Rusya'da Naberezhnye Chelny şehrinde yapılmıştır. Sistemin kavramsal modeli ve program modüllerinin etkileşim şeması gösterilmiştir. Sistem verimliliğini değerlendirmek için bileşik gösterge önermiştir. Kentsel toplu taşıma yönlendirme alanında bilimsel temelli karar verme sürecinin yanı sıra bilgi-mantıksal bir veri modeli açıklanmıştır. Bu tür bir yönlendirme yaklaşımı, şehir yollarındaki trafik akışları hakkında gerçek bilgileri gerektirir ve aynı zamanda nüfus hareketliliği endeksini tutarken olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesini dikkate alır.

Solovieva *et al.* (2022), çalışmada Krasnodar Bölgesi'ndeki çevrenin durumu, özellikle hava kalitesi ile ilgili mevcut durumun özelliklerini sunmaktadırlar. Elektrikli ulaşımın geliştirilmesindeki küresel eğilimler açıklanmaktadır. Kuban'da elektrikli ulaşımın gelişmesiyle ilgili sorunlar ve olası çözümler değerlendirmektedirler. Konforlu bir yaşam ortamını ve insan yaşam kalitesini korumak için ulaşım alanındaki yeniliklerin tanıtımındaki mevcut eğilimler açıklamaktadırlar. Bu nedenle, elektrikli taşımacılığın hem Rusya'da hem de Krasnodar Bölgesi'nde yayılmasını engelleyen bir dizi nesnel faktör var olduğu görülmüştür. Ancak, en büyük ve orta ölçekli şehirlerin yetkilileri, yeşil ulaşımın geliştirilmesine elektrikli otobüs hatlarının ve elektrikli arabalar için altyapının oluşturulmasına yönelik uzun vadeli yatırımlar yapmaya hazır ise bu tür ulaşımındaki durum ülkede kökten değişecektir.

Enver *et al.* (2022), çalışmada şehir içi yolcuların COVID-19 sonrası dönemde şehir içi toplu taşımaya geçme niyetlerini incelemek için itme-çekme-bağlama (PPM) modelini ve kurumsal teoriyi bütünleştirmişlerdir. Sonucunda, düzenleyici ve normatif ortamların, toplu taşımanın ekonomik uygulanabilirlik ve işe gidip gelenlerin çevre yanlısı kaygıları ve kimlikleri, toplu taşımaya geçme niyetlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Bulgulardan yararlanarak, teori ve pratik için çıkarımlar sunulmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve çevre korumak, yolcuları rutin toplu taşıma kullanımına geçmeye teşvik etmek, hedefli iletişim oluşturmak, kullanılabilecek yeşil kentsel toplu taşıma tüketicilerini sınıflandırmak gibi durumlar için olası bir çerçeve oluşturulmaktadır.

Al-Ghussain *et al.* (2022), çalışmada 2050 yılına kadar elektrik şebekelerinde yenilenebilir sistemlerin %100 payına yönelik ülkelerin geçiş planlarını iyileştirme bağlamında, ilk kez elektrikli araçlar (EV'ler) için artan enerji talebini karşılama potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadırlar. Ürdün için rüzgar, güneş fotovoltaik (PV) ve pil enerjisi depolama sistemlerini (ESS) içeren önceden planlanan hibrit yenilenebilir enerji sistemi (RES) uygulanmıştır. Optimum RES boyutlandırma EV penetrasyon yüzdelerinin ve şarj oranlarının (normal, orta ve hızlı) etkisini incelemek ve sistem kapasitesini azaltmak için şarj sürelerini optimize etmek için yapılmıştır. Sonuç, tipik gece şarjı ve nispeten daha küçük EV penetrasyonları için RES sistem kapasitesinin aynı kaldığını, ancak ESS boyutunun %25 EV penetrasyonu için %16,67'ye kadar artırılması gerektiğini göstermiştir. EV penetrasyonu arttıkça gerekli ESS kapasitesi biraz düşmüş ancak %100 EV penetrasyonu için RES kapasitesi %24,53'e kadar artmıştır. Optimal şarj sürelerinin sabah saatleri 06:00-9:00 olduğu bulunmuştur. Bu erken şarj saatlerinin benimsenmesi ve %0 EV ile karşılaştırıldığında gerekli ESS kapasitesi, daha küçük EV penetrasyon yüzdeleri dışında neredeyse aynı kalmıştır. Bununla birlikte, %100 EV penetrasyonu için gerekli kapasitedeki artış, hızlı şarj için %24,5'ten normal şarj için %50,01'e kadar değişmiştir. Daha düşük penetrasyon yüzdeleri için, ESS ve RES kapasiteleri ile sonuçlandırılan üç şarj modu karşılaştırılabilir. Penetrasyon yüzdesi %100'e yükseldikçe, hızlı şarj modu %17 gibi önemli bir ölçüde daha düşük RES kapasitesi gerektirdiği gözlenmiştir. (17.000'e kadar).

Tao *et al.* (2021), çalışmada altyapının akıllı bir şehrin aydınlatma çerçevesi, su taşıma sistemi, akıllı izleme altyapısı vb. önemli olduğunu vurgulamışlardır. Ulaşım çerçevesini, bireylerin ve ürünlerin sorunsuz taşınabilirliğini sağlayarak, özellikle trafik sıkışıklığını yönetme, güncellenmiş bilgileri ve açık ulaşım müşterisinden zamanında veri sağlama, yeşil yöntemler oluşturma olasılığı ile akıllı şehir görevine göre ayarlamışlardır. Ulaşımın bisiklet ve araç paylaşımı gibi olduğunu savunmuşlardır. Bu çalışma, akıllı şehir segmentine bağlı olarak planlanmış ve oluşturulmuş, akıllı araç çerçeve modelini modern bilgi yaklaşımıyla sürdürülebilirliğe katkısı olduğunu düşünmektedir. Bu akıllı model araç çerçevesi, ofislerin üstün kullanımı, daha az gürültü, kazasız, müşterilerden gelen verileri kullanmak için web organize analizi ile aşamalı olarak bilinçli bir durumla giderek daha önemli hale getirilip akıllı bir şehir için yapıya ve planlamaya katkıda bulunmuştur. Ayrıca, müşteriye açık ulaşım ve giderek birbirine bağlanan istasyonlarla hizmet etme yeteneği vererek şehir içindeki kentsel alanlara doğru ilerlediği belirtilmiştir.

Shah *et al.* (2021), çalışmada, küresel sürdürülebilirlik için yeşil ulaşımı uygularken dikkate alınması gereken faktörler eleştirel bir şekilde gözden geçirilmiştir. İlk olarak, mevcut

seyahat talepleriyle ilişkili ve yeşil ulaşımın uygulanmasını engelleyen engeller ve zorluklar belirlenmiştir. Zorlukların ve engellerin üstesinden gelmek için önerilen üç adımlı bir strateji (ASI stratejisi olarak adlandırılan, yani kaçınma, değiştirme ve iyileştirme stratejisi) araştırılmıştır. Toplu taşıma sisteminin yeşillendirilmesi için yenilikçi teknolojilerin veya yönetim yaklaşımlarının belirlenmesi önerilmiştir. Araçların CO₂/devir kullanımını iyileştirmiş ve CO₂ emisyonlarını %12,4 oranında azaltabilmiştir. Bu inceleme, yeşil ulaşım sistemi aracılığıyla başarılı şehir planlamasına rehberlik etmektedir.

Jiang *et al.* (2021), çalışmada yeşil gemi inşası çağrısına aktif olarak yanıt vermek için, blok kooperatif taşımacılığı özellikle tersanedeki karbon emisyonunu azaltmakla ilgilenmektedirler ve bu nedenle “çok araçlı ve tek kargolu” (MVOC) yeşil ulaşım çözelgeleme sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunu etkili bir şekilde çözmeyi ve ulaşım verimliliğini artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan, eş zamanlı olarak katma değeri olmayan ulaşım süresi maliyetini ve toplam CO₂ emisyonunu en aza indirmek için senkronizasyon kısıtlamaları ile birleştirilmiş bir yönlendirme modeli olan iki amaçlı bir matematiksel model önerilmiştir. Daha sonra, gelecek vaat eden komşu bireyler oluşturmak ve yerel iyileştirmelerin geliştirildiği modeli çözmek için Pareto tabanlı çok amaçlı Tabu Arama (MOTS) algoritması tasarlanmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen MOTS algoritmasının sorunu büyük ölçekte bile etkili bir şekilde çözebileceğini ve baskın olmayan sıralama genetik algoritması-II'nin (NSGA-II) klasik algoritmasından daha iyi performans sergileyebileceğini göstermiştir. Bu çalışmanın, yüksek verimlilik ve düşük enerji tüketimi ile bir çalışma modunu mümkün kılacağı ve tersanedeki düz vagon taşımacılığı çözelgeleme operatörleri için yararlı bilgiler sağlayacağını beklemektedirler.

Geng *et al.* (2020), çalışmada Çin'de sürücülerin yeşil ulaşımaya yönelik niyetlerini değerlendirmek için demografik ve senaryo analizinin nasıl kullanılabileceğini açıklamak amacındadırlar. Özel ölçek oluşturulmuş ve anket verileri Çin'deki üç şehirde 1090 araba sürücüsünden toplanmıştır. Farklı politikalar ve fiyat senaryoları oluşturulduğunda ve sağlandığında yanıt verenlerin demografik ve kasıtlı farklılıklarını değerlendirmek için ikili lojistik analizi uygulanmıştır. Bu çalışmada park ücreti, yakıt vergisi ve trafik sıkışıklığı ücreti olmak üzere üç politika seçeneği dikkate alınmıştır. Sonuçlar, cinsiyet, yaş, eğitim, ikamet türü, çocuk durumu, aile sayısı ve hane geliri gibi demografik değişkenlerin, farklı politika senaryolarında sürücülerin yeşil ulaşımaya yönelik kasıtlı değişikliklerini değişen derecelerde tahmin edebildiğini göstermiştir ve üç politika seçeneğinin farklı nüfus türleri üzerinde farklı etkileri olmuştur. Son olarak, kentsel ulaşım planlaması için yüksek ve düşük politika

hedeflerini özetlemişlerdir. Bu çalışma, politika yapıcılarının farklı sosyal ve demografik grupları yönetmeleri için ampirik kanıtlar ve öneriler sunmuştur.

Chen and Wang (2020), çalışmada toplu taşıma ve bisiklet yoluyla erişilebilirliğe odaklanarak ulaşım eşitliğini değerlendirecek bir çerçeve geliştirmişlerdir. Çerçeveyi Fresno, California ve Cincinnati, Ohio'ya farklı geliştirme modelleriyle uygulayarak, hizmet alanlarını beş zaman eşiğiyle blok grubu düzeyinde betimlemişlerdir. Hizmet alanları, iş yerleri, restoranlar, kiliseler, kütüphaneler, parklar, çok amaçlı yollar ve okullar gibi kentsel fırsatların çokluğu ile bağlantılı sayılmaktadır. Daha sonra, avantajlı ve dezavantajlı olanlar arasındaki bu fırsatlara erişilebilirlik farkını belirlemek için istatistiksel karşılaştırma ve coğrafi haritalama kullanılmıştır. Sonuçlar, erişilebilirlikteki farklılıkların boyutunun, gruplama popülasyonunun eşik belirtimine duyarlı olduğunu göstermiştir. Bulgular, ekonomik olarak dezavantajlı mahalleler için erişilebilirliğe yardımcı olurken, aynı bisiklet kullanım düzeyine ulaşmak için toplu taşıma hizmetinin verimliliğinin iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Okul kaydı düşünülürse, Cincinnati'deki öğrenciler çoğu kaynağa iyi erişilebilirlikten yararlanırken, Fresno'daki fırsatlara erişilebilirlik farklı bir performans sergilemiştir. Çok amaçlı yollara erişilebilirliğin sonuçları, daha az varlıklı mahalleler için daha verimli yeşil ulaşım tesisleri sağlama ihtiyacını vurgulamıştır. Gruplar arasındaki erişilebilirlikteki farklılıklar, çeşitli sosyal grupların ihtiyaçlarını karşılamak için politikalar geliştirmenin önemini belirtmiştir.

Todorovic and Simic (2019), çalışmada yeşil bir ulaşım projesi üzerine bir araştırma raporu hazırlamışlardır. Yeşil ulaşım, şu anda yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Sürdürülebilirlik, çevre üzerindeki düşük etkileri ve mevcut ve gelecekteki ihtiyaçları dengelemeyi varsaymaktadır. Çalışma ile elektrikli araçların (EV) piyasaya sürülmesini ve EV'lerin araç ürün serilerinde hızla temel dayanak noktası haline gelmesini etkileyen sorunları araştırmışlardır. Bu sorunlar, bir yandan içten yanmalı motorların daha fazla kullanımı için önemli olan fosil yakıtların kalan kullanılabilir rezervleriyle, diğer yandan EV pilleri için gerekli olan lityum ve diğer metallerin mevcudiyeti ve rezervleriyle ilgili olduğunu görmüşlerdir. EV'lere bu geçiş, tüm topluma önemli faydalar sağlayabilecek mobilite ve enerjinin yakınsaması ile karakterize etmişlerdir. EV şarjı ve ilgili altyapının geliştirilmesi için yeşil enerjinin kullanımını yönlendiren politika çıkarımlarında bulunmuşlardır. Son olarak, yeşil ulaşımın ekonomisini ve sürdürülebilirliğini sağlayan iş modelleri sunulmaktadır.

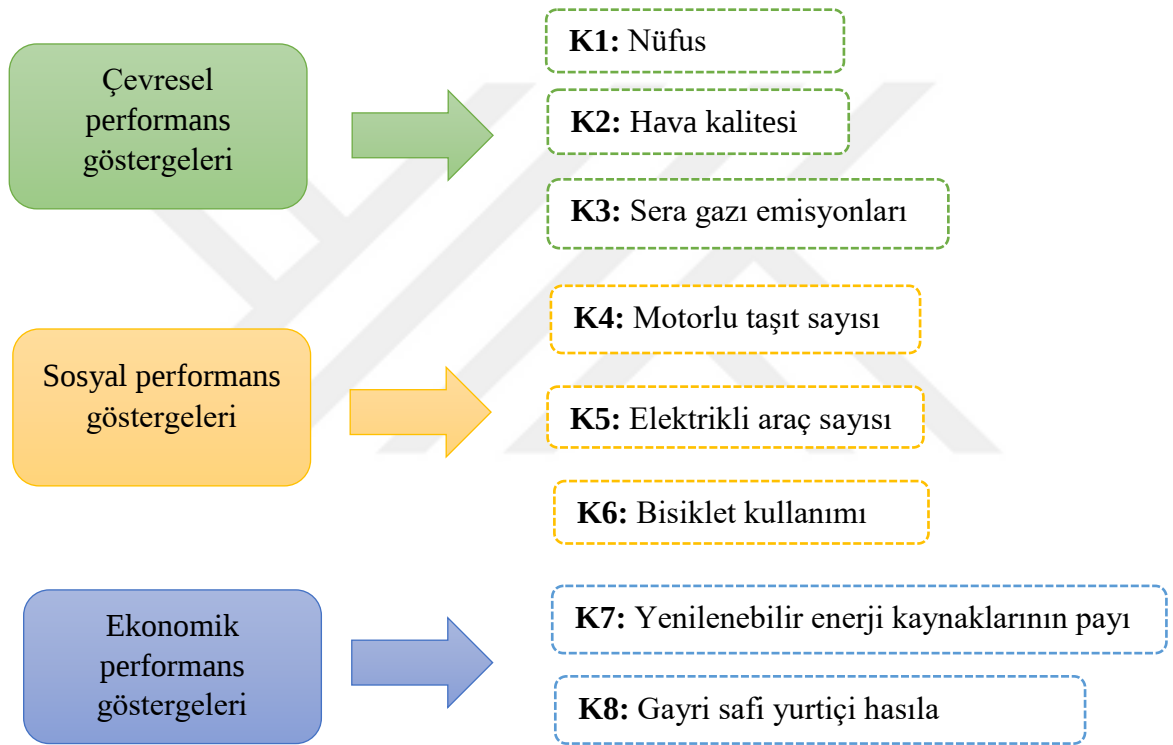
Baterliene and Jarasüniene (2016), çalışmada ileri teknolojiler için eğilim analizi sunmuşlardır. İleri teknolojiler farklı ülkelerde farklı kabul edilebilirlik ve yerel adaptasyon

seviyelerine sahip bir alandır, bu nedenle uygulama olanakları ve teknikleri hakkında bilgi sahibi olmak özellikle önemlidir. Mevcut ulaşım altyapısının daha verimli kullanımına katkıda bulunan AT, mobilite koşullarının iyileştirilmesinde ve ulaşım faaliyetlerinin optimize edilmesinde güçlü bir araç haline getirilmiştir. Farklı ulaşım modlarında ileri teknolojilerin uygulanmasının önemi incelemişlerdir. İleri teknoloji uygulamalarının farklı ulaşım modlarındaki işlevselliği belirtmiş ve ulaşım sisteminin tüm unsurları dikkate almışlardır. İlişkisel veri tabanı yapıları sağlanmış; bilgi ve iletişim açısından, çok aşamalı taşıma zincirleri ayırt etmişlerdir. Karayolu taşımacılığı ve liman etkileşiminin optimum işlevselliği, taşıma modlarının birleştirildiği ve faaliyetlerin koordine edildiği yeşil ulaşım koridorları ile yük taşımacılığında özellikle önemli olduğunu vurgulamışlardır. Yeşil ulaşım koridorları ile yük taşımacılığında ileri teknolojilerin uygulama olanaklarının gerçekleştirilen analizi, sorunların araştırılması ve çözüm önerileri getirilmesi gerektiğini göstermişlerdir. Bu çözümlerin temelinde, deniz limanından karayolu taşımacılığı ile yük teslimatının (ihracat) verimli bir şekilde kullanılması mümkün olduğunu savunmuşlardır. Bu amaçla, yeşil koridorlarla yük taşımacılığı geliştirilirken karayolu taşımacılığı ve liman etkileşiminin etkinlik analizi modeli önerilmiştir. Geliştirilen model ile yeşil koridorlarda karayolu taşımacılığının ne kadar verimli kullanıldığını değerlendirme fırsatı sunulmuştur.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan kriterler literatür taramaları sonucunda üç ana göstergeye ayrılmıştır. Bunlar çevresel performans göstergeleri, sosyal performans göstergeleri ve ekonomik performans göstergeleridir. Bu üç ana gösterge 8 alt kriterle ayrılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Performans göstergelerine ait alt kriterler

Çevresel performans göstergeleri

İnsan, doğal çevreden işlevsel ihtiyaçları başta olmak üzere tüm ihtiyaçlarını karşılamaktadır. İnsanlar ihtiyaçlarını giderebilmek için mevcut doğal kaynakların bilinçsizce kullanmaktadır. Bu nedenle, günümüzün doğal çevresi aşırı kullanımdan kaynaklı birçok problemle yüzleşmektedir (Gökdayı 1995).

Sanayinin gelişmesiyle birlikte ekonomik kalkınmaya önem verilmekte ve çevre ikinci plana atılmaktadır. Günümüzde gelişimini iyi bir derecede ilerleten metropoliten bölgeler, nüfus artışı, hava ve su kirliliği, yeşil alanların sayısının azlığı, gürültü kirliliği, plansız kentleşme ve bireysel araç kullanımındaki artış gibi pek çok sorunla karşı karşıya kalmaktadır

(Menteş 1977; Anonim 2007; Öztürk 2017). Bu bağlamda sorunların istikrarlı bir şekilde devam etmesi sürdürülebilir ve yeşil ulaşım açısından olumsuz sonuçlar doğurduğu için çevresel bütünlüğü tehdit etmektedir.

Hava, su ve toprak kirliliğinin yanı sıra bozulan ekolojik denge, ozon tabakasının incilmesi ve iklim değişikliği, çevresel değerlerin korunmasına yönelik çevre politikalarının oluşturulmasına yol açmıştır. Havadaki kirleticiler insan sağlığına, yaşamına ve ekolojik dengeye zararlıdır. Tanımlanabilecek hava kirliliğinin olası kaynaklarına ve boyutuna bakıldığında, ulaşımın kilit bir faktör olduğu açıkça ortaya konulmaktadır (Menteş 1977; Lien 2006).

Sera gazı olarak bilinen CO₂ gazının salınımına neden olan temel sektörlerden biri olarak ulaştırma sektörüdür. Bu sebeple ulaştırmanın iklim değişikliği ve küresel ısınmanın oluşmasında önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. AB ve OECD ülkelerinde ulaşım sektörü sera gazı emisyonlarının %30'unu oluşturmakta hatta gelişmiş ülkelerde bu pay bazen %40'ı geçmektedir (Anonim 2005).

Sanayi, enerji ve imalat gibi sektörlerin artan enerji verimliliği sayesinde sera gazı emisyonlarının azaltılması yönünde çalışmalar başarıya ulaşmıştır ancak bu başarıya ulaşmada geçilmemiştir. Lojistik ve yolcu trafiğindeki istikrarlı artışla birlikte sera gazı emisyonları da artarak küresel ısınmayı tetikleyen ilk unsur olmuştur.

Taşınan yolcu sayıları bakımından karşılaştırılırsa, otomobilin taşıdığı yolcu sayısı minibüsün üçte biri, otobüsün taşıdığı yolcu sayısının on üçte biri kadardır (Anonim 2009). Buna karşın; otobüsün taşıdığı yolcu sayısı dikkate alındığında otomobil, otobüse göre 125 kat daha fazla hava kirliliğine neden olmakta, 5 kat daha fazla enerji tüketmekte ve trafikte daha fazla alan kaplamaktadır (Elker 2002). Bu sebepten kent içi ulaşımında otomobil kullanım oranlarının artması ile karayolu alanına duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Karayolu alanını artırmak için daha fazla alana ihtiyaç duyulmakta, bu da yaya yolu alanlarının ve tarım alanlarının azalmasına neden olmaktadır. Toplu taşıma kullanım oranlarının artmasıyla daha az arazi kullanılacak ve çevreye verilen zarar azalacaktır (Illich 1992).

Çevresel sürdürülebilirliğin birbiriyle ilişkili hedefleri ve sürdürülebilirlik bağlamında karşılanabilir ve işlevsel bir çevre politikası geliştirmenin temel ilkeleri şunlardır (Moldan *et al.* 2012):

- Doğal kaynakların etkin yönetimi yoluyla ekosistemlerin bütünlüğünün korunması
- İyileştirme ilerlemeyi ölçmek için karar verme (göstergelerin kullanımı) bilgileri

- Sosyal ve çevresel arayüz (yaşam kalitesinin iyileştirilmesi)
- Küresel çevre taahhüdü (yönetim ve iş birliğinin iyileştirilmesi)
- Geri dönüşüme vurgu
- Tehlikeli maddelerin yayılmasının önlenmesi ve çevredeki kirleticiler
- Yenilenemeyen doğal kaynakların pasif kullanımı (yenilenebilir doğal kaynakların etkinliği)
- Uzun vadeli bakış açısı (süre sınırı yok)
- Geri bildirimin dikkate alınması
- Farklı ölçeklerin dikkate alınması (zaman ve mekan olarak)
- Esneklik (değişen bir duruma yanıt verme, eyleme geçerek öğrenme)
- Çevreye ve biyoçeşitliliğe saygı (Gedik 2020)

Çevresel performans göstergeleri bu ilkelerinden ötürü önemli bir kategoridir ve nüfus, hava kirliliği emisyonu/hava kalitesi (PM, CO, SO₂, NO_x...), GHG (Sera gazları) emisyonu/iklim değişikliği (CO₂, CH₄, N₂O) olmak üzere üç tane alt gösterge ile tanımlanmıştır.

Nüfus

Nüfus ve çevre geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Küresel nüfus dinamikleri çevresel bozulmayı ve sürdürülebilirliği etkilemektedir (Şekil 9). Dünya nüfusu az gelişmiş bölgelerde hızla artmaya devam etmektedir (Şekil 10). Bu bölgelerde nüfus çevresel bozulmaya, sürdürülebilirliği olumsuz kılmaya, yoksulluğa, kaynakları tüketmeye ve ekonomik anlamda zorluk yaşandığından göçe mecbur bırakılmaktadır. Bu göstergede kullanılan veriler Sustainable Development Report (2021) adlı rapordan 2020 yılına aittir.



Şekil 9. Dünyada nüfus artışı (Anonim 2019/a) **Şekil 10.** Nüfus artışı (Anonim 2020)



Şekil 11. Türkiye’de nüfus dağılım grafiği (Anonim 2021/a)

Hava kalitesi

Hava kirliliği, insan sağlığı ve çevre üzerinde ölüme sebebiyet verecek derecede olumsuz etkisi olan ve gün geçtikçe önemi artan bir sorun haline gelmiştir (Öztürk 2017). Ülkeleri birbirine karşı sorumlu kılan bağlayıcı bir kirlilik türü olarak hava kirliliği ön plana çıkmaktadır (Sofuoğlu 2003). Bunun sebebi hava kirliliğinin diğer kirlilik türleri ile kıyaslaması yapıldığında hem kendisinin hem de etkisinin en kısa sürede görüleceği kirlilik türünü oluşturmasıdır (Menteşe 2017). Sanayileşme, kentleşme ve nüfusun hava kirliliği üzerinde önemli bir etkisi vardır (Şekil 12). Sürdürülebilirliğin devamı açısından hava kirliliğini minimum seviyeye indirmek ilk hedef olmalıdır. Bu göstergede kullanılan veriler Dünya Hava Kalitesi Raporundan yıllık ortalama PM_{2.5} konsantrasyonuna göre 2022 en kirli şehir sıralaması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değerleri alınmıştır.



Şekil 12. Hava kirliliğinin etkisi (Anonim 2019/b)

Sera gazı emisyonları (CO₂ emisyonu)

Sanayi devriminden günümüze kadar insan faaliyetleriyle atmosfere birçok zarar verilmiştir. Sera gazları bunlar arasındadır. Sera gazları ısıyı tutma özellikleri sayesinde küresel ısınma sürecini hızlandırmaktadır (Şekil 13). CO₂, ömürleri ve atmosferdeki yoğunlukları ele alındığında salınımının acilen azaltılması gereken en etkili parametrenin sera gazı olduğu görülmektedir (Kumbaroğlu vd 2009). Ulaştırma sektörünün sera gazları içinde CO₂ üzerindeki etkisi çok büyüktür. Bu göstergede kullanılan değer ülkelerde salınan en fazla şehir bazında kişi başına düşen ton cinsinden CO₂ emisyon değeridir (Ton CO₂ eşd./CO₂). Bu veri, European Green City Index (2021) adlı rapordan 2021 yılına ait verilerinden temin edilmiştir.



Şekil 13. Sera gazlarının etkisi (Anonim 2017)

Sosyal performans göstergeleri

Sosyal sürdürülebilirlik ortak hedef ve bütünlüğe odaklanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma sosyal eşitliğin önemi üzerinde yoğunlaşmıştır. Sosyal sürdürülebilirlik, sosyal kimliklerin geleceğe ne ölçüde aktarılacağı olarak tanımlanabilir. Toplumda tüm kesimler daha iyi bir yaşam kalitesi ve sosyal bütünleşmeyi teşvik eden gelişmeyi kendine kabul etmektedir. Bu bağlamda toplumun kolektif işleyişi ve bireysel yaşam döngüsü sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır (Gedik 2020). Öte yandan kentsel sosyal sürdürülebilirlik, bir kentte insanların iletişimi, etkileşimi ve kültürel gelişimi için uygulanabilir bir ortam olarak işlev görme yeteneğidir (Bramley and Power 2009). Sosyal sürdürülebilirliğin istikrarı, sosyo-kültürel tercihlerin ve çevrenin zaman içinde nasıl korunduğu ile ilişkilidir (Vallance *et al.* 2011). Öte yandan Magnoli *et al.* (2001)'ne göre, çevresel sürdürülebilirlik ekosistem düzeni açısından bir ön koşul ise, sosyal sürdürülebilirlik de dengeli bir toplum için bir ön koşuldur.

Sosyal dinamikleri önemsemeyen bir kalkınma programı ekonomik kalkınmayı sağlasa bile toplumsal refah ve eşitlik sağlanamadığı için gerçek kalkınma sağlanamamaktadır. Bu durumda sürdürülebilir kalkınmanın sosyokültürel faktörler üzerinde yoğunlaşan sosyal boyutunun ehemmiyeti belirtilmelidir. Sosyal sürdürülebilirlik, kültürel çeşitliliğini koruyan, doğal çevre ile uyumlu, göreceli sosyal dengeyi ve barışçıl ilişkileri sürdüren, çoğulcu ve demokratik bir siyasi yapıya sahip, tüm üyelere açık, eşit fırsatlar sunabilen bu koşullardan yola çıkılarak sürekli büyümeyi başarabilen toplum olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2002).

Sürdürülebilirlik paradigması; özetle bilim, felsefe, teknoloji, ekonomi ve siyaset bileşenlerini içeren, günümüzde geline nokta insanın bir parçası olduğu ekolojik çevre içerisinde varlığını sürdürmesidir. Dengeli ve gerçekçi sürdürülebilir kalkınma hedefleri, toplumdaki yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlamalıdır. Toplumsal denge ve refahı sağlayamayan, insan kaynağını geliştiremeyen, toplumsal katılımı sağlayamayan ekonomik ve çevresel projeler başarılı ve sürdürülebilir olamaz.

Topluluklar içinde olumlu bir koşul yaratan ve bu koşula ulaşabilecek bir süreci ifade eden durum, sosyal sürdürülebilirlik olarak tanımlanmıştır. Bu tanımın içerdiği ilkeler aşağıdaki gibidir (Morelli 2011):

- Temel hizmetlere eşit ve kolay erişim
- Nesiller arası eşitlik
- Farklı kültürlere önem veren ilişkisel bir sistem
- Özellikle yerel düzeyde vatandaşların siyasi katılımı
- Toplumsal hareketlilik (motorlu araç sayısı, elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı)
- Sosyal sürdürülebilirlik bilincinin dağıtım sistemi
- Topluluğun ihtiyaçlarına mümkün olduğunca cevap verebileceği mekanizmalar
- Topluluk faaliyetleriyle karşılanamayan ihtiyaçlar üzerinde siyasi etki (Gedik 2020)

Toplumsal sürdürülebilirlik konusunda toplumların refahını artırmak için kuşaksal ihtiyaçlara göre şekillenmesi muhtemel düşünceler arasındaki ince çizgilerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu, sosyal sürdürülebilirliğin toplum ve doğa arasında şekillendiği, analitik ve kuralcı olduğu anlamına gelmektedir (Littig and Grießler, 2005).

Ulaşım sistemleri topluma eşit fırsatlar sağlamalı, adil ve erişilebilir olmalıdır. Engelliler, yaşlılar ve toplumun diğer kesimleri için uygun bir ulaşım sistemi benimsenmelidir. Ulaşım sistemlerinin toplum hizmetlerinde eşit olmayan dağılım sağlarsa sürdürülebilirliğin gerçekleşmediği anlamına gelir.

Sosyal göstergeler sürdürülebilir ulaşım açısından diğer endeksler gibi pozitif bir yaklaşım sergilemektedir. Bu göstergede motorlu taşıt sayısı, elektrikli araç sayısı ve bisiklet kullanımı olmak üzere üç tane alt gösterge bulunmaktadır.

Motorlu taşıt sayısı

Bir kentin mevcut durumdaki ulaşım sistemi hem bugünün hem de gelecekte kurgusal yaşamın öncüsü olmaktadır. Gün boyunca hizmet vermeyi sürdüren toplu taşıma araçlarının aksine otomobiller, günün çoğunluğunda genellikle kent merkezi gibi alan konusunda kısıtlılığı bulunan yerlerde kullanılmadan bekletilmektedir (Şekil 14). Enerji tüketimi bakımından toplu taşıma sistemlerine göre oldukça verimsiz bir tür olan bireysel taşımacılığın azaltılması, ulaşımın sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir parametredir (Öztürk 2017). 1000 kişi başına düşen motorlu taşıt sayısı, bireysel ulaşımın kullanım seviyesine ilişkin bir fikir verebilir. Bu veriler Avrupa Birliği İstatistik Ofisi'nden (Eurostat) elde edilmiş olup bu veriler 2020 yılına aittir.



Şekil 14. Motorlu taşıtlar (Anonim 2022/a)

Elektrikli araç sayısı

Petrol rezervlerinin azalması ve çevre kirliliğine olan duyarlılığın artmasıyla gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde elektrikli araçlar gündeme gelmiştir (Şekil 16). Bu noktada yaşanan teknolojik yenilikler ulaşım sektöründe elektrikli araçlar yeni bir çağ açmaktadır. Küresel çapta teknolojik gelişimi ve gelecekteki potansiyel seviyesi hala tamamlanmamıştır. Sürekli değişen ve gelişen elektrikli otomobiller sürdürülebilirlik ve yeşil ulaşım bağlamında önemli bir basamaktır. Bu veriler Eurostat platformundan 2019 yılına ait verilerden elde edilmiştir.



Şekil 15. Elektrikli araç şarj şebekesi (Anonim 2021/b)



Şekil 16. Elektrikli araç (Anonim 2019/c)

Bisiklet kullanımı.

Nüfusun hızlı artışı, teknolojiye yaşanan ilerlemeler, köyden kente göç gibi birçok etmenden dolayı kentler büyümeye başlamıştır. Kentlerin büyümesiyle yolculuk mesafesi de artmış ve bu sorunu karşılamak için motorlu taşıt sayısı da artmıştır. Motorlu taşıtların artmasındaki en büyük paya otomobiller sahiptir. Sağlık ve güvenlik açısından insan odaklı, ekonomik, doğa dostu, sürdürülebilir ve herkes için erişilebilirlik yönünden oldukça kullanışlı bir ulaşım aracı olan bisiklet, şehir içi trafik sorunlarında önemli çözüm yollarından biri olarak görülmektedir (Cengiz vd 2015). Ekonomik olarak sürdürülebilir trafikte bisiklet sürmek; petrol ürünlerine bağımlılığı en aza indirerek ve bireysel motorlu araç kullanıcılarının altyapı işletme maliyetlerini ve park etme ihtiyaçlarını azaltarak ortak bir fayda sağlamaktadır (Schiller *et al.* 2010). Toplumsal-sosyal açıdan sürdürülebilir ulaşım, bisiklet kullanımının tüm maliyetlerinin karşılanması ve herkes için erişilebilirliğin sağlanması, sokakta yaşama,

yaşam kalitesinin artırılması, trafik sıkışıklığının önlenmesi gibi pek çok avantajı da içermektedir (Eryiğit 2012; Yavuz 2016). Bu veriler COYA Global Bicycle Cities Index (2019) raporundan elde edilmiştir ve 2019 yılına aittir.



Şekil 17. Bisiklet kullanımı (Anonim 2015)

Ekonomik performans göstergeleri.

Ekonomik sürdürülebilirlik, ekonomi ve ekonomiyle ilgili her türlü konu için bir dizi kuraldır (Khafian 2013). Aynı zamanda, insanların zihinlerinde gerçekleştirilmesi gereken önceden var olan faydaları artırma girişimidir (Olawumi and Chan 2018). Ekonomik performans göstergeleri ile kentin ulaşım planlama çalışmaları ile enerji verimliliği politikaları ve çalışmaları baz alınarak nitel bir yorumlama söz konusudur. Ekonomik sürdürülebilirlik için geçmişten günümüze uzanan birçok tanım bulunmaktadır. Bu tanımlar arasındaki farkın sebebi başlangıç noktasının farklı sürdürülebilirlik modellerinin kullanılmasıdır. Ekonomik sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği negatif yönde etkilemeyen bir gelişme sürecidir. Bu nedenle, ekonomik sermayedeki bir artış ne doğal sermayeyi ne de sosyal sermayeyi azaltmamalıdır (KTH Royal Institute of Technology 2018).

Sanayileşmenin yol açtığı çevreden kaynaklanan problemler sonucunda nitelik ve nicelik yargıları tamamen değişmiş, doğanın zamanla kirlenebilen bir kaynağa dönüştüğü ve bu kaynağın kullanımının maliyetli olduğu anlaşılmıştır. Ekonomik olarak sürdürülebilir ve yeşil ulaşım, insanların gereksinimlerini verimli ve uygun maliyetli bir şekilde karşılayan ulaşım yapılarını belirtmektedir (Mess 1992). Bu nedenle ulaşımın, değişen talep yapısına mümkün olduğunca çabuk yanıt vermesi gerekmektedir (Anonim 1996). Ekonomik

sürdürülebilirlik için ulaşım sisteminin mali yönlerine ve bu sistemin entegre olacağı alanlara dikkat edilmelidir. Ayrıca, ekonomik sürdürülebilirlik açısından, ulaşım da yakıt tüketimini azaltarak bazı çözümler sunmak faydalı olacaktır (Singhal and Gupta 2016).

Ekonomik olarak sürdürülebilirlik sorunu, tüm ekonomik kavramları parasal olarak değerlendirmektir. Deniz, toprak, ormanlar, hava gibi ekonomik değeri ölçülemeyen ve yaşam için gerekli olan çevreler, günümüzde kullanılan ve gelecek nesiller tarafından kullanılacak olan, ekonomik değeri olmayan değerlerdir (Goodland 2002). Bu nedenle ekonomik sürdürülebilirliğin bir gereği olarak çevreyi korumak gerekmektedir.

Sürdürülebilir ulaşımın ekonomik amaçları aşağıdaki şekilde tanımlanmalıdır (Cracknell 2000):

- Ekonomik kalkınmanın bir parçası olarak altyapının geliştirilmesi
- Ekonomik, hızlı ve verimli ulaşım hizmetlerinin sağlanması
- Trafik sıkışıklığının giderilmesi
- Kırsal alanlar ile şehirler arasında bağlantılar oluşturulması
- Farklı ulaşım modlarının etkinleştirilmesi
- Ulaşım altyapısının oranının artırılması

Gelişmekte olan ülkelerde bugün hala uygulanan geleneksel ulaşım yaklaşımlarının, sürdürülebilir ulaşım ekonomisi için çeşitli etkileri vardır (Litman and Burwell 2006). Bunlar;

- Trafikte aksama
- Hareket etmeyi kısıtlayan durumlar
- Trafik kazaları sebebiyle oluşan ekonomik maliyetler
- Yenilenebilir doğal kaynakların kullanımının artması
- Tüketici maliyetleri ve hizmet maliyetleri şeklinde etkileri bulunmaktadır.

Standart bir ulaşım yaklaşımı, kapasite artışları, yalnızca trafik sıkışıklığının olduğu seyahat sürelerinin ve kısa vadeli sıkışıklığın ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır. Fakat uzun dönemde kirlilik, park sorunu, kaza gibi birçok maliyetin artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir proje değerlendirmesi veya ekonomik analiz yaparken bu dış maliyetleri dikkate alınmalıdır. Kısa ve uzun vadeli dış ile iç maliyetleri çıkarmak ve projeleri daha gerçekçi ve uygulanabilir bir biçimde değerlendirmek sürdürülebilir yeşil ulaşım açısından ekonomik analizin amaçları arasındadır. Yani herkese fayda sağlayan ve gelecek nesiller için sorun yaratmayan yeşil kalkınmayı hedef almaktadır (Daly 1990).

Bu nedenlerle, ulaşımın sürdürülebilirliğini sağlamak için ekonomik boyutu modern ulaşım yaklaşımlarına paralel politikalar ile entegre etmek, ekonomik tarafta ise farklı değişkenleri içeren analizler yapmak gerekmektedir.

Genel bir değerlendirme olarak, sürdürülebilir kalkınma bağlamında ulaşım sistemlerinin maliyetini oluşturan tüm bileşenler ekonomik analize dahil edilmektedir. Bileşenler, potansiyel kısa vadeli etkinlikleri açısından değerlendirilmelidir. Gelişmekte olan ülkeler üzerine yapılan araştırmalar sonucunda hızlı gelişmenin bir maliyet faktörü olarak algılanmadığını göstermektedir.

Ekonomik sürdürülebilirlikte birkaç finansal durum ortaya çıkabilir (Newman and Kenworthy 2000):

- Ekonomik sürdürülebilirliğin ulaşımında oluşturabileceği finansal durum
- Kazalar ve kirlilikten kaynaklanan dış maliyetler
- Kentsel ve kırsalda yer kaybı
- Yeni kurulan altyapıda oluşan maliyet şeklinde belirtilebilir.

Bir devletin ülkeye ekonomik boyutta katkısı, ülkenin ekonomik göstergelerinden biri olan ulaşım başarısına giden yolu desteklemektir. Sürdürülebilir ulaşım ile ilgili işletmelerin rolü değişirken, ulaşım verilecek değer her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki öncelikler dikkate alınabilir (Dowell and Victoria-Jaramillo 2017):

- **Lojistik Tabanlı Geliştirme:** Taşımacılık sektörü tedarik zinciri ile ortak bir fikir oluşturmak, ekonomide etkili bir kolaylaştırıcı olarak görülmektedir.
- **Değişen Ticaret Şeritleri:** Ulaşım yerlerindeki değişiklikleri içeren durumlara ticaret bölgelerinin eklenmesi kapasiteyi artırabilir ve taşıma maliyetlerini etkileyebilir.
- **Teknoloji İş Birliği:** Teknolojiyle bütünleşik bir şekilde verimli ve güvenli temel noktalar oluşturmak, karar verme aşamasında entelektüel olarak yardımcı olmaktadır.
- **Çekicilik:** Mevcut ulaşım sistemleriyle bütünleşen fikirlerin doğması için yöneticilerin küresel standartlara uygun süreçler oluşturması önemli olacaktır.

Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında ekonomik göstergeler büyük bir rol üstlenmektedir. Bu göstergede yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (%) ve gayri safi yurtiçi hasıla olmak üzere iki tane alt gösterge bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı

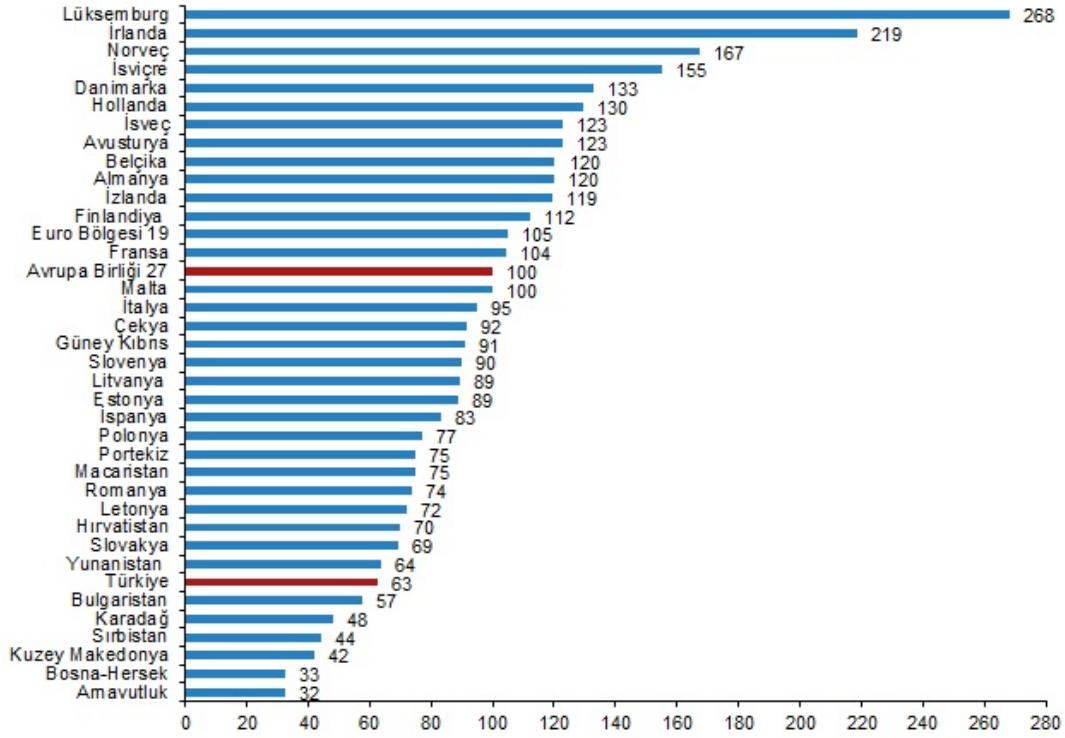
1970’li yıllarda gündeme gelen petrol krizlerinden sonra enerjiye olan ihtiyaç artmıştır ve yeni enerji kaynakları arama çalışmalarına girişilmiştir. Çevre kirliliği konusunda büyüyen duyarlılıkla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi fazlaşmış ve enerji kaynakları arasında yerini almaya başlamıştır (Öymen vd 2020). Dünya genelinde birinci enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımına bakıldığında hemen hemen tamamı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Doğal kaynaklardan elde edilen ve kendini sürekli olarak yenileyebilen enerji türü, yenilenebilir enerjidir (Şekil 18). Yenilenebilir enerji, ülkelerin ihtiyaç duydukları enerjileri yerli kaynaklarla gidererek dışa olan bağımlılıklarının en aza indirilmesi, kaynakların ise çeşitlendirilmesini sağlayarak sürdürülebilir enerji kullanımının olumlu anlamda değer kazandırması ve enerji kullanımı sonucunda çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açılarından oldukça önemli bir yere sahiptir (Karagöl vd 2017). Bu göstergede kullanılan veriler Sustainable Development Report (2021) adlı rapordan 2019 yılına aittir.



Şekil 18. Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi (Anonim 2022/b)

Gayri safi yurtiçi hasıla endeksi (GSYİH)

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH), sürdürülebilirliğin ekonomik manzarasında önemli bir konu olarak gündeme çıkmıştır (Luukkanen *et al.* 2019). GSYİH, ekonomik anlamda başarının bir simgesidir. Her ülkedeki mevcut durumu ulusal ve uluslararası düzeyde analiz etmeye yardımcı olmaktadır (Aguado and Martinez 2012). Bu bağlamda, sürdürülebilirlik ekonomisinin bazı açılarından ulaşım sorunları ortaya çıkabilir. Temel sorun, ulusal arz, talep ve karşılaştırılabilir verilere erişimdir (Rassafi and Vaziri 2007). Bu veriler Eurostat platformundan 2021 yılına ait kişi başına düşen GSYH endeks verilerden elde edilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Dünya’da GSYİH endeksleri (Anonim 2022/c)

Metot

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. AHP yönteminde üstünlük matrisi oluşturmak için uzman görüşlerinden (4 akademisyen ve 3 inşaat mühendisinden oluşan grup) ve literatür taramasından yararlanılmıştır.

Karar verme

Karar verme yöntemleri bir amacı gerçekleştirme konusunda var olan seçenekler arasından belirli olan kriterler dikkate alınarak en uyumlu olanını ya da olanların seçilme durumudur.

Karar verme, insanın düşünce yapısıyla paralel işlevsellik gösteren bir kavramdır. Temelde bir amaca yönelik olan kararlar zaman içerisinde büyüyen zihniyet ve düşüncelerle birden fazla hedefi başarmaya yönelik sistemlere doğru ilerlemiştir (Turanlı vd. 2005).

Karar verme süreci hayatın vazgeçilmez bir parçası olup basitten karmaşığa ortaya çıkan her sorunda bu süreç ön plana çıkmaktadır. Karar verme aslında bir problem çözme sürecidir. Bu süreç özellikle belirsiz bilgilerin olduğu ya da tamamlanmamış olan, dilsel ve sözel belirsizliklerin çok sık kullanıldığı alanlarda karmaşık hale gelmektedir (Başkaya vd. 2012).

Karar verme analizinin başlıca adımları; problemi tanımlamak, oluşabilecek bütün seçenekleri liste haline getirmek, karar verme sürecinin kontrolü dışındaki bütün olayları

tespit etmek, tüm seçeneklerin her bir durumda elde edilebilecek sonuçlarını gösterecek karar tablosunu oluşturmak, bir karar modelini seçmek, modeli uygulamak ve bir alternatif seçmektir (Topçu 2000; Ersöz ve Kabak 2010).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar vermenin Yöneylem Araştırması sınıfına ait en yaygın kolunu oluşturmaktadır (Triantaphyllou 2000). Çok kriterli karar verme, karar verme sürecine yardımcı olması amacıyla çok sayıda birbiriyle tutarsız kalitatif (nitel) ile kantitatif (nicel) ölçütlerini tayin etmek ve farklı yönlerine göre kriterleri belirleyerek oluşan seçenekler kümesinden bir ya da birden çok seçeneğe karar vermek, sıralamak veya gruplandırmak için kullanılan metotların toplamıdır (Zopounidis 1999).

Çok kriterli karar verme yöntemleri verinin türüne, karar verici sayısına, karar vericiden gelen bilgi ve bilgilerin özelliklerine göre farklı açılardan sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi uygulama süreci üç temel aşamadan oluşmaktadır (Triantaphyllou 2000):

- Kullanılacak olan kriter ve alternatiflerinin belirlenmesi
- Kriterlerin önceliği belirlenerek önem derecesini gösteren ağırlıkların saptanması ve seçeneklerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi,
- Sayısal değerleri saptanan yöntemle göre işleyip, her bir seçeneğin sıralamasının tayin edilmesi.

ÇKKV yöntemlerini kullanmamızdaki amaç birden fazla alternatif ve kriterin bulunduğu durumlarda karar verme düzeneğini denetim altında tutabilmek ve karar neticesini basit ve hızlı bir şekilde elde etmektir (Ballı 2005).

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi

1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından belirlenen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), komplike sorunların çözümü için yaygın bulunan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemidir. Bu yöntem aynı zamanda sosyal, teknik ve ekonomik alanlarda pek çok sorunun çözümünde kullanılan kriter yöntemidir. Çok sayıda seçenekler arasında karar vericinin kriterleri doğrultusunda önem sırasına göre karar seçeneklerinin sıralandığı yöntemdir. Ayrıca birçok karar vericinin sistematik olarak sürece katıldığı, karar almada kalitatif ve kantitatif kriterleri analiz edebilen topluluk veya bireylerin tercihleri, bilgileri, düşünceleri gibi karar verme sürecine dahil olabilecek kavramları da ekleyebilen doğrusal ağırlıklı yöntem olduğu bilinmektedir (Saaty 1980; Özbek ve Eren 2013).

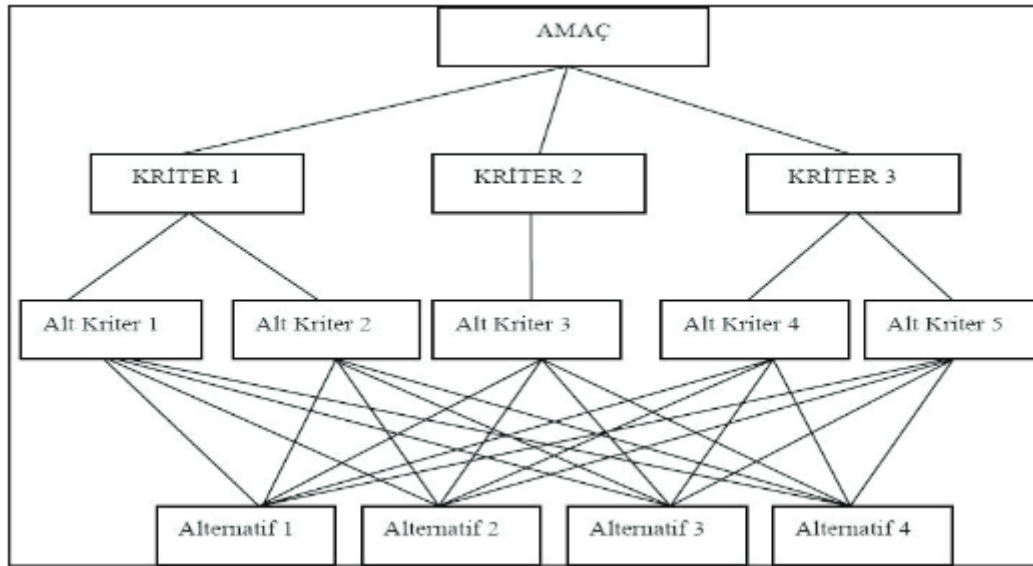
AHP'nin ilk amacı saptandıktan sonra amacı etkileyen etmenlerin ve alt etmenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu etmenlere birçok kurum, kuruluş, anket çalışmaları, literatür taraması ve bilim insanlarının çalışmaları incelenerek karar verilebilir.

AHP, sorununun her biri en az bir ögeden oluşan üst derecelenme sistemine göre sıralanan bir yapıdır. Elemanlardan alt kademede olanın üst kademede olanı etkilediği varsayımına dayanır. Bu bağlamda elemanların bir üst kademede bulunan elemanı ne oranda etkiledikleri ikili karşılaştırmalar yolu ile belirlenmeye çalışılır. Yani üst düzey faktörler çerçevesinde belirli bir düzeydeki faktörler birbiriyle karşılaştırılır. Daha açık bir ifade ile hiyerarşideki elemanlar bir üst düzeydeki elemana göre, göreceli önemlerinin belirlenmesi için ikili olarak karşılaştırılmaktadır.

AHP, bir sistemin farklı elemanlarının bütün sisteme olan etkilerini analiz ederek, göreceli önemlerini belirlemeye çalışan sistem yaklaşımını tespit etme temeline dayanmaktadır. Diğer bir deyişle, sistemin analizi yapılırken bileşenlerin sosyal ve fiziksel yapısı, bileşenlerin mevcut vaziyetini, ana ve alt amaçlarının ne olduğunu belirler. Bir sistem bir bütündür ve yapısı ile işlevleri birbirinden ayrılmaz. Kullanılan yöntemde üst derecelendirme sistemi bu sistemi oluşturan elemanların kendi aralarında fonksiyonel ilişkileri ile sisteme etkilerini belirlemek için ilgili yapıyı oluşturmak amacıyla kullanılır (Evren 1992; Koçak 2003).

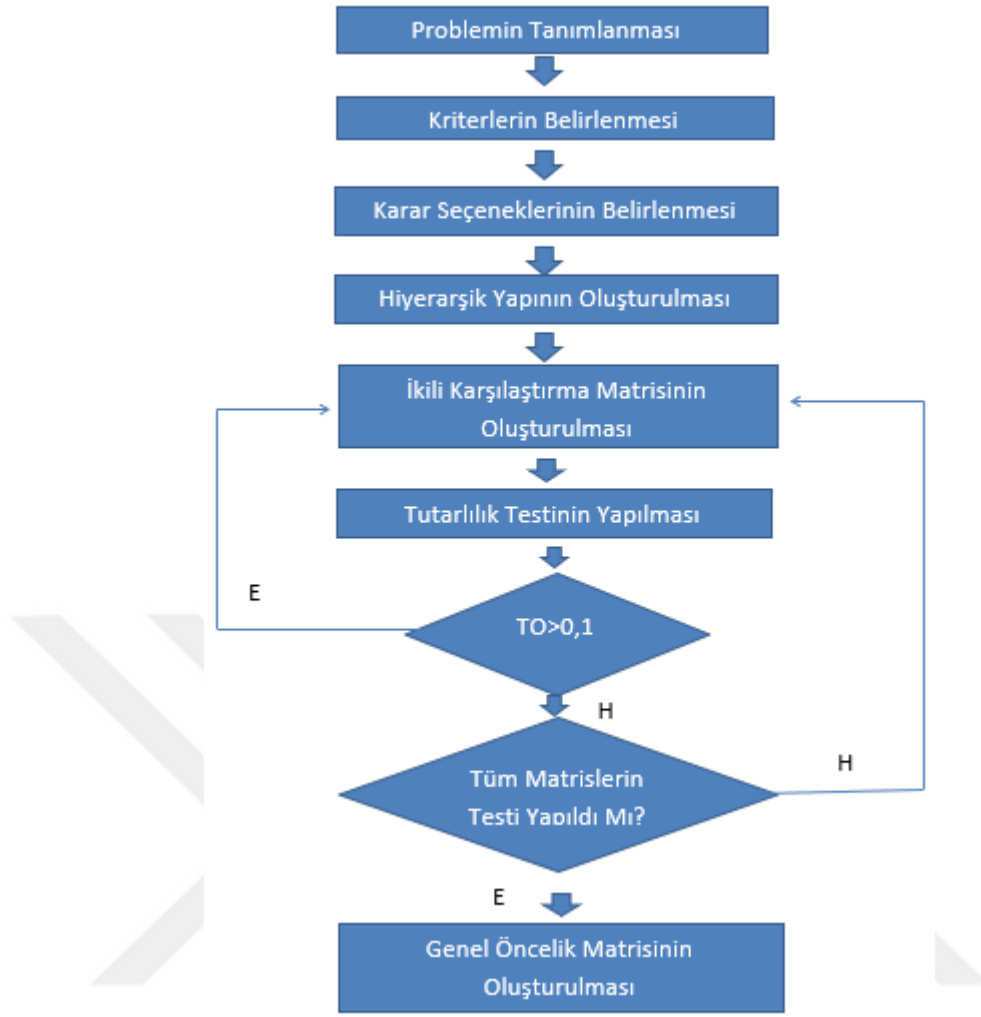
AHP'de üst derecelendirme sistemi en az üç kademede teşkil edilmektedir. Hiyerarşinin en üst kademesinde amaçlar mevcuttur. Bir alt kademede ana kriterler ve varsa ana kriterlerin altında alt kriterler bulunmaktadır. En alt kademede ise karar verme seçenekleri mevcuttur (Saaty 2000; Özbek ve Eren 2013).

İkili karşılaştırmalarda tutarlılığın sağlanması için kriter sayısının doğru tanımlanması ve her kriterin doğru tanımlanması gerekmektedir. Sınıflandırılan kriterlerin ortak özellikleri doğrultusunda gruplandırılmıştır. Kriterlerin arasında önem derecelerinde farklılık olmamalıdır. Önem derecesi denk olan kriterler aynı konumda bulundurulmalıdır (Özbek ve Eren 2013). Şekil 20'de AHP'nin düzeyli yapısı gösterilmiştir.



Şekil 20. 4 Düzeyli AHP yapısı (Özbek ve Eren 2013)

AHP, karar verici fikirlerini, bilgilerini ve tecrübelerini sürece dahil etme imkanı veren bir metottur. Sürece katılan veriler değiştirilerek model yeniden çalıştırılabilmektedir. Böylece sistem bütün olarak değerlendirilebilmektedir. Değerlendirme sonucunda problem görünen kısımlar düzeltilip daha doğru ve daha iyi sonuçlar üretilmektedir. AHP’de yeni faktörler eklemek ya da bulunan faktörleri yapıdan çıkarmak koşuluyla değişiklik yapılmasına imkan verilmektedir ve bu duyarlılık analizine girmektedir (Saaty 2000; Özbek ve Eren 2013). Duyarlılık analizi ile sonucun esnekliğini analiz edilmektedir. Hiyerarşinin ve ikili karşılaştırma matrislerinin meydana getirilmesi öznel bir durum olduğundan, deneyimli ve konusunda uzman kişilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi tercih edilmiş ve uzmanların görüşüne başvurulmuştur.



Şekil 21. AHP akış şeması (Özbek ve Eren 2013)

AHP yönteminin algoritmik adımları aşağıda belirtilen şekilde ilerlemektedir (Şekil 21).

Adım 1: Bu adımda problem tanımlanır. Karar için gerekli kriterler belirlenir ve kriter öncelikleri tespit edilir. Bu aşamada problem göstergelerin olumsuzluğu üzerinedir. Hangi gösterge daha negatif yönde eğilim gösterir bunu araştırmak amaçlı yola çıkılmıştır.

Adım 2: Bu adımda hiyerarşik yapı oluşturulur. Hiyerarşinin en tepe noktasında amaç yer alır. Amaç belirlendikten sonra bir alt seviyede amacı etkileyen kriterler ve varsa alt kriterler bulunmaktadır. Hiyerarşinin en alt kademesinde ise alternatifler yer almaktadır. Hiyerarşideki düzey sayısına, problemin karmaşıklığına ve problemi çözmek için gerekli ayrıntı derecesi dikkate alınarak karar hiyerarşisi oluşturulmaktadır. Hiyerarşi oluşturulurken aynı düzlemdeki seçeneklerin birbirinden tamamen bağımsız olduğu kabul edilmektedir.

Adım 3: Bu adımda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisi, hiyerarşik yapıda bir düzeyde yer alan kriterlerin bir üst faktör bağlamında ikili olarak birbiriyle karşılaştırılmasıyla oluşturulur. Bu matris Eşitlik (1) ile gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

AHP’de kriterlerin değerlendirilmesi birçok faktör göz önüne alınarak ikili karşılaştırma yargısı a_{ij} ile belirlenir. İkili karşılaştırma yargısı a_{ij} ile bir üst düzeydeki faktöre i. ve j. kriterlerin göreceli önemi belirlenmektedir. Yani a_{ij} değeri, göz önüne alınan faktör bağlamında, kriter i değeri kriter j değerine göre ne oranda tercih edilmelidir sorusunun cevabı olmaktadır. Seçeneklerin karşılaştırılması, her bir kriter göre ayrı ayrı yapılır ve bunun neticesi olarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. n sayıda elaman var ise $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma işlemi yapmak gerekmektedir. Yapılan her bir karşılaştırma, matris formatında düzenlenmektedir. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen Tablo 4’te gösterilen karşılaştırma ölçeği kullanılır.

Tablo 4. Saaty Tarafından Önerilen Karşılaştırma Ölçeği (Saaty 2008)

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit değerde öneme sahiptir.
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemli sayılmıştır.
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır.
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok daha önemli sayılmıştır.
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır.

Adım 4: Bu adımda daha önce oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrislerinin normalize edilme işlemine geçilir. Matrislerdeki her eleman bulunduğu sütunun toplamına bölünerek normalize edilmektedir. Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olmaktadır. Eşitlik (2) ile gösterilmiştir.

$$a_{ij}' = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Adım 5: Bu adımda öncelik vektörleri hesaplanmaktadır. Normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı, matrisin kendisine bölünerek ortalaması alınmaktadır. Bulunan bu değerler her bir ölçütün önem ağırlıklarıdır. Öncelik vektörü ise bu ağırlıklar ile oluşmaktadır. Eşitlik (3) kullanılır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad , i,j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

Adım 6: Bu adımda karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma değerlendirmeleri sonucunda oluşan bir matrisin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek için “Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI)” olarak adlandırılan katsayının hesaplanması gerekmektedir. CI katsayısı;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (4)$$

Eşitlik (4) ile bulunmaktadır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (5)$$

CI değerini hesaplayabilmek için önce λ_{max} bulunmaktadır. Bu hesaplama işlemi Eşitlik (5) ile yapılmaktadır. İkili karşılaştırma matrislerinin tam tutarlı olması durumunda λ_{max} adı geçen matrisin boyutuna eşit olmalıdır.

λ_{max} (özdeğer) hesaplamak için şu eşitlikler kullanılır;

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

Eşitlik (6) kullanılarak karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörü çarpılıp ağırlıklı toplam vektörü bulunur.

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}, i=1,2,\dots,n \quad (7)$$

Eşitlik (7) ile ağırlıklı toplam vektörün her bir elemanı öncelik vektörünün aynı indisli elemanına bölünerek her bir değerlendirme kriterine ilişki d_i değeri elde edilir.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (8)$$

Eşitlik (8) ile bulunan d_i değerler toplamı matris boyutuna bölünerek λ_{max} hesaplanmaktadır.

Tutarlılığı değerlendirebilmek için “Rassal Indeks (Random Index-RI)” değerinin bilinmesi gerekir. N boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan RI değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Karşılaştırma Matrisleri için Tanımlanan RI Değerleri (Saaty 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

CI ve RI değerleri bulunduktan sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)” belirlenmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

Eşitlik (9) ile hesaplanan CR değerinin 0.10’dan küçük çıkması adımlarımızın doğru işleyip karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu bilgisini vermektedir. $CR > 0,10$ olması durumunda takip edilen adımlarda veya matriste bulunan değerlerde hata olduğu gözlemlenir ve gerekli düzenlemeler yapılması için ilk tarafa geçilir.

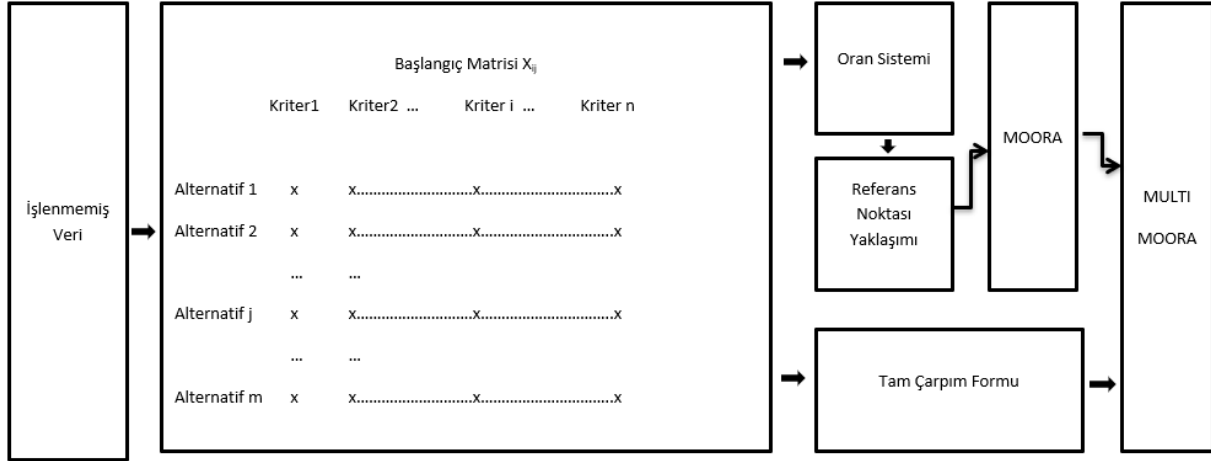
Adım 7: Bu adımda ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak, karar seçeneklerinin öncelik vektörü hesaplanır buna kriterlerin yüzdelik hesaplanması da denir. Bu öncelik vektörü, ölçütler için ağırlık vektörü olarak da tanımlanabilir. Burada oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde de tutarlılık oranı kontrol edilmelidir.

Adım 8: Bu adımda karar seçenekleri sıralanır. Öncelik vektörleri birleştirilerek öncelik matrisi elde edilir. Tüm öncelikler matrisi ile karar seçeneklerinin öncelik vektörü çarpılıp toplanarak sonuç vektörü elde edilir. Bu vektörün ağırlığı en yüksek olan karar varyantı, problem çözülürken tercih edilmesi gereken çözüm varyantı olarak belirlenir.

MOORA yöntemi

Yeni sayılabilecek bir yöntem olan Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) yöntemi Brauers ve Zavadskas tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. ÇKKV problemlerinin çözümünde popüler olarak son dönemlerde tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Değişik görüşlerin sınıflandırılmasına dayanan MOORA yöntemi (Brauers and Zavadskas, 2006), çeşitli kompleks problemleri çözme sürecinde uygun kararlar almak için kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntem ile erişilen sonuçlar, karar seçeneklerinin karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle MOORA yöntemi, karar seçeneklerini sıralama ve seçmede etkili bir araç niteliği taşımaktadır (Gadakh 2011; Mandal and Sarkar 2012; Dey *et al.* 2012).

Oran analizine dayalı çok amaçlı bir optimizasyon yöntemi olan MOORA'nın MOORA-Oran, MOORA-Referans Noktası, MOORA-Önem katsayısı, MOORA-Tam Çarpım Formu ve MULTIMOORA isimleri altında değişik versiyonları geliştirilmiştir. Şekil 22'de MOORA ve türevleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 22. MULTIMOORA diyagramı (Brauers and Zavadskas 2012)

MOORA yönteminin bütün kriterleri dikkate ve değerlendirmeye alması üstün taraflarındandır. Yöntemin en önemli avantajları arasında, karar seçenekleri ve kriterler arasındaki etkileşimleri tek olarak değil aynı anda total olarak ele almasıdır. Subjektif ağırlıklı normalleştirme yerine subjektif olmayan tarafsız değerler kullanılmaktadır. MOORA yöntemi uygularken uygun sonuçların alınabilmesi için bazı koşulların dikkate alınması gerekmektedir. Etkilenen bütün faktörler değerlendirilmelidir. Alternatifler ve kriterler arası tüm ilişkiler hesaba katılmalıdır. Nesnel olunmalıdır. En güncel verilerin kullanılması gerekmektedir. Nihai değerlendirme farklı MOORA yaklaşımları uygulanarak yapılmalıdır (Karaca 2011).

MOORA yöntemini kararlılık, işlem, veri tipi gibi birçok açıdan yaygın olan ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırılan ÇKKV yöntemlerine göre MOORA yönteminin basitlik, güvenilirlik, hesaplaması süresi gibi bazı avantajlarının olduğu belirtilmiştir (Tablo 6). Bu sebepten ötürü ülkelerin karşılaştırılmasında MOORA yöntemi tercih edilmiştir.

Tablo 6. ÇKKV Yöntemlerinin Kıyaslanması (Chakraborty 2011)

ÇKKV Yöntemi	Basitlik	Hesaplama Süresi	Güvenirlik	Matematiksel İşlemler	Veri Türü
MOORA	Çok Basit	Çok Az	İyi	Asgari	Nicel
AHP	Çok Kritik	Çok Fazla	Zayıf	Azami	Karma
ELECTRE	Makul Kritik	Fazla	Orta	Makul	Karma
PROMETHEE	Makul Kritik	Fazla	Orta	Makul	Karma
TOPSIS	Makul Kritik	Makul	Orta	Makul	Nicel
VIKOR	Basit	Az	Orta	Makul	Nicel

MOORA yönteminin, birçok probleminin çözümünde başarılı bir şekilde uygulandığı bilinmektedir. Örneğin; özelleştirme uygulamalarında (Brauers and Zavadskas 2006), yol tasarımı optimizasyonunda yapılarda ısı izolasyonu açısından farklı pencere ve duvar tasarım alternatiflerini belirlemede (Brauers and Zavadskas 2008; Kracka *et al.* 2010), üretim sistemleri seçiminde (Chakraborty 2011), Lizbon kriterine göre Avrupa Birliği üyelerinin performanslarının sıralamasında (Brauers *et al.* 2011), malzeme seçiminde (Karande and Chakraborty 2012), zeki üretim sistemlerinin belirlenmesinde (Mandal and Sarkar 2012), kaynak işlemi parametrelerinin optimize edilmesinde (Gadakh *et al.* 2013), akademik birimler için uygun yönetici seçiminde (Özbek 2015), arıtma teknolojisini belirlemede (Liu *et al.* 2014), liman yerini belirlemede (Causa and Brauers 2014) ve Türkiye’de faaliyet gösteren yabancı sermayeli bankaların performansını ölçmede (Özbek 2015) MOORA yöntemi uygulanmıştır.

Tam çarpım formu dışındaki tüm MOORA yönteminin algoritmik adımları aşağıdaki şekilde ilerlemektedir.

Karar seçenekleri Eşitlik (1) ile kriterler ise Eşitlik (2) ile belirtilmektedir. Burada m karar seçeneklerinin, n ise kriterlerin sayısını göstermektedir.

$$a = a_1, a_2, a_3, \dots, a_m \quad (1)$$

$$k = k_1, k_2, k_3, \dots, k_n \quad (2)$$

Adım 1: Bu adımda başlangıç matrisleri oluşturulur. Bu matriste satırlar karar seçeneklerini, sütunlar ise kriterleri gösteren matris görünümünde oluşturulmaktadır. Burada x_{ij} , i. seçeneğin j. kriterine göre performans değerini gösterir.

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 2: Bu adımda matrisler normalize edilir. Matrisin normalize edilebilmesi için kriterlere Eşitlik (4) uygulanmaktadır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

Adım 3: Bu adıma MOORA-Oran yaklaşımı denilmektedir. Bu adımda karar seçeneklerinin performansı hesaplanır. Normalize edildikten sonra karar seçeneklerinde maksimizasyon yönlü ilerleyen performans değerleri toplamından minimizasyon yönlü ilerleyen performans değerleri toplamı çıkarılmaktadır. Bu işlem Eşitlik (5) ile uygulanmaktadır.

$$y_i = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (5)$$

Eşitlikte g, maksimize edilecek, (n-g), minimize edilecek kriterlerin sayısını ve y_i ise i. seçeneğin tüm kriterlere göre normalize edilmiş değerini göstermektedir. y_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve y_i sıralamasına göre ilk sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak belirlenir.

Adım 4: Bu adıma MOORA-Önem katsayısı yaklaşımı denilmektedir. Normalize edilmiş veriler bazı kriterlere fazla bazılarına ise az önem atfetmek için önem katsayısı (w_{ij}) adlandırılan bir oranla (significance coefficient) çarpılmaktadır (Brauers and Zavadskas 2012). Bu yaklaşımda, bir önceki adımda normalize edilmiş veriler dikkate alınır. Seçeneklerin performans değerleri Eşitlik (6) ile hesaplanmaktadır ve w_i , kriterlerin önceliklerini göstermektedir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (6)$$

Eşitlik (6) ile hesaplanan değerler arasında sıralama yapılır ve birinci sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak kabul edilir.

Adım 5: Bu adımda yine normalize edilmiş esas veriler baz alınmaktadır. Referans noktası yönteminde karar seçeneklerinin en iyi ve en kötü olarak maksimizasyon durumu ve minimizasyon durumu baz alınarak referans noktası (r_i) olarak belirlenir. Eşitlik (7) kullanılarak seçeneklerin her bir kritere göre referans noktasına olan uzaklıkları hesaplanır.

$$d_{ij} = \|r_i - x_{ij}^*\| \quad (7)$$

Eşitlik (8) kullanılarak karar seçeneklerinde sıralama elde edilir. Her seçenek için en yüksek değer hesaplanır (p_i) ve seçenekler büyükten küçüğe doğru sıralanır. En iyi seçenek olarak birinci sıradaki seçenek seçilir.

$$P_i = \min_i(\max_j d_{ij}) \quad (8)$$

Karar verici gerek görürse önem katsayısı (w_j) denilen oranı burada uygulayabilir. Bu işlem Eşitlik (9) ile gösterilmiştir (Brauers and Zavadskas 2012).

$$d_{ij} = \|w_j r_j - w_j x_{ij}^*\| \quad (9)$$

Adım 6: Bu adımda her bir seçeneğin skorlarını belirleyebilmek için maksimizasyon yönlü veriler çarpılarak minimizasyon yönlü verilerin çarpımına bölünmektedir. Bu işlem MOORA-Tam çarpım yaklaşımı olarak adlandırılmaktadır. Bu hesaplama Eşitlik (10) ile gösterilmektedir. A_i ve B_i değerleri Eşitlik (11) ve Eşitlik (12) ile hesaplanmaktadır.

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (10)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad i=1,2,\dots,m \quad (11)$$

m seçeneklerin sayısını, j ise maksimizasyon yönlü kriterlerin sayısını göstermektedir.

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{ki} \quad (12)$$

$(n-j)$, minimizasyon yönlü kriterlerin sayısını, U_i seçeneklerin skorlarını göstermektedir. U_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandıktan sonra ilk sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak belirlenir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışma alanı Türkiye, Almanya, Fransa, İtalya, Avusturya, Belçika, Danimarka, İspanya, Hollanda, İsveç, Finlandiya, Polonya, Çek Cumhuriyeti, İrlanda, Portekiz'den oluşan 15 ülkeyi kapsamaktadır. Ülkelerin sürdürülebilir ve yeşil ulaşım açısından değerlendirilmesi için uzman görüşlerinden ve literatürdeki çalışmalardan faydalanılarak kriterler belirlenmiştir. Araştırmanın amacı doğrultusunda çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak ülkelerin sürdürülebilir ve yeşil ulaşım değerlendirilmesi yapılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması için AHP yöntemi seçilmiştir.

Kriterlerin Değerlendirilmesi

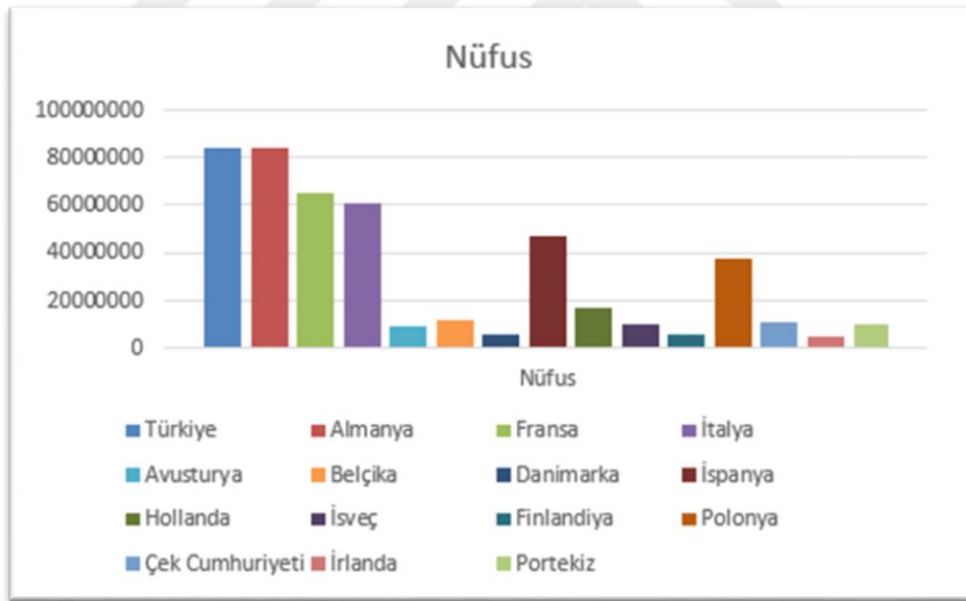
Nüfusun sürdürülebilir ve yeşil ulaşımında yeri çok büyüktür. Nüfus, çevresel bozulmalarda, sosyal etkileşimde, ekonomik boyutta belirleyici bir etkidir. Bir kentin sürdürülebilir olması için trafikte ulaşım ağının aktif bir şekilde rol alması gerekmektedir. Yeşil ulaşımındaki etkisini ise ulaşım konusunda yaya öncülüğüyle aktarılabilmektedir. Nüfus artışı, nüfus yığılması sürdürülebilir ve yeşil ulaşımı doğrudan etkilemektedir. Nüfus yoğunluğu ne kadar fazla ise çevresel dengesizliklerde o kadar fazladır. Nüfus dinamikleri doğal kaynakların kullanılabilirliğini etkilemekte ve tüketim düzeyleri ve verimlilikleriyle çevresel sürdürülebilirliği belirlemektedir. İnsan kitlesi arttıkça yoksulluk ve çevre üzerindeki baskı artmakta, ekosistem bozulmakta, doğal kaynaklar bilinçsiz kullanılmaktadır. Bu gibi sebepler çevresel bağlamda olumsuz etki yaratmaktadır. Nüfus yoğunluğu sosyal anlamda da rol oynamaktadır. Nüfus fazlaştıkça özel araç kullanma isteği artmaktadır. Bu sebeple trafikte kontrolsüz büyüme meydana gelmektedir. Yaratılan trafik sıkışıklıkları ekonomik anlamda hem şahsa hem de devlete zarar vermektedir.

Nüfus, ülkeler genelinde denetim altına alınmalıdır. Gelişmiş ülkelerde nüfus artışı kontrollü bir şekilde ilerlemektedir fakat az gelişmiş ve gelişmemiş ülkelerde geçmiş dönemlere nazaran düzelme olsa da hala nüfus artışı yoğunluk göstermektedir. Yerel yönetimler güçlendirilip nüfus artışını önleyecek politikalar izlenilebilir. Ulaşımın geliştiği ülkeler ya da şehirlerde nüfus diğer bölgelere göre daha fazladır. Bunun sebebi ulaşımın nüfusun dağılımında etkisi olarak gösterilmektedir.

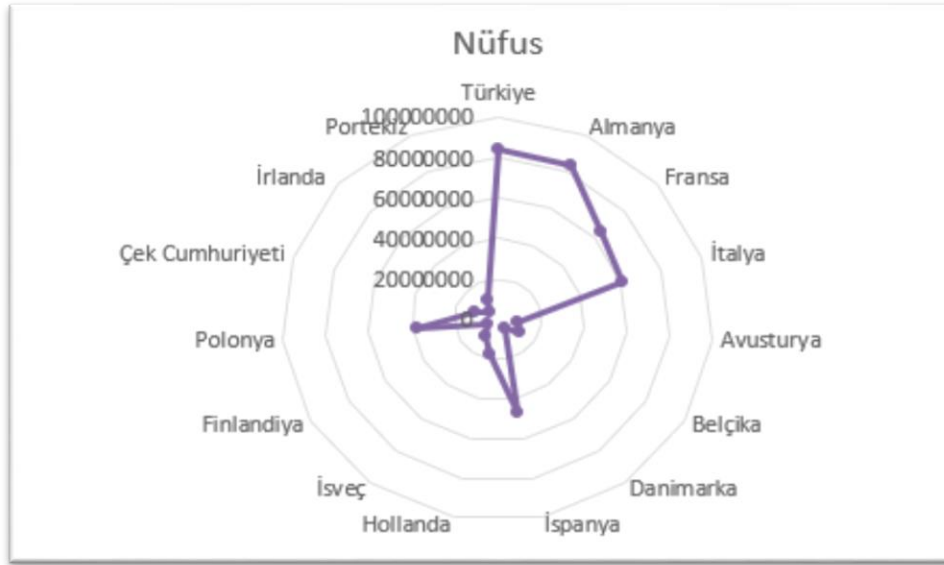
Tablo 7. Nüfus Verileri

Ülkeler	Nüfus
Türkiye	84339067
Almanya	83783945
Fransa	65273512
İtalya	60461828
Avusturya	9006400
Belçika	11589616
Danimarka	5792203
İspanya	46754783
Hollanda	17134873
İsveç	10099270
Finlandiya	5540718
Polonya	37846605
Çek Cumhuriyeti	10708982
İrlanda	4937796
Portekiz	10196707

Şekil 23 ve 24’te ülkelerin nüfusları gösterilmiştir.

**Şekil 23. Nüfus verileri**

Çalışmada 15 Avrupa ülkesi arasında nüfusu en yoğun olan ülke Türkiye, en az olan ülke İrlanda’dır. Nüfusun etkinliği incelendiğinde bu iki ülke arasında Türkiye’nin nüfusu 84339067, İrlanda’nın nüfusu 4937796’dır (Tablo 7). Nüfus, kriterlerimiz arasından hava kirliliğini ve sera gazlarının emisyonunu doğrudan etkilemiştir. İki ülkenin değerleri incelendiğinde nüfusa oranla hava kirliliği ve GHG değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür.



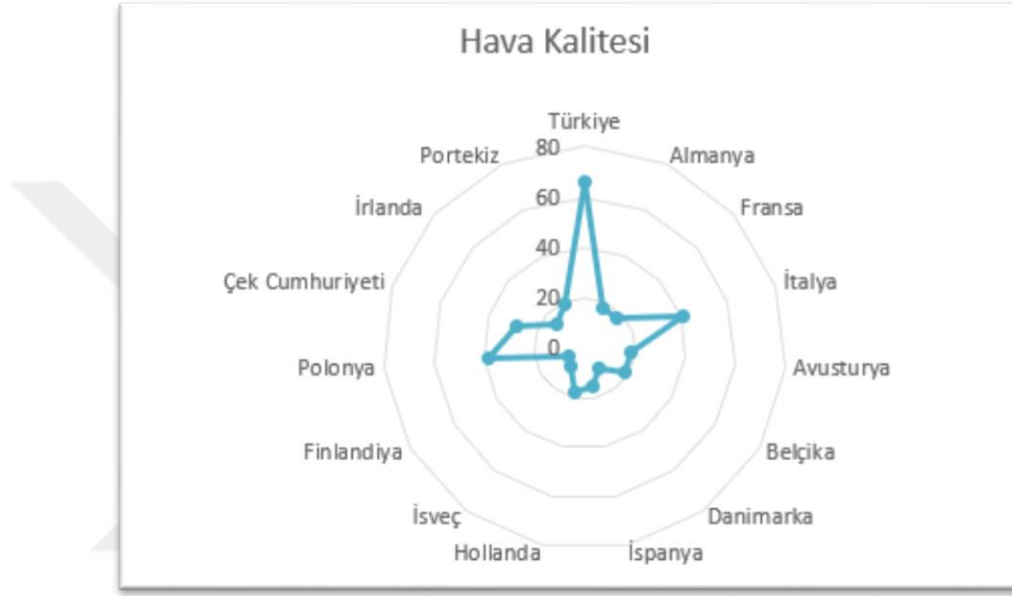
Şekil 24. Ülkelerin nüfusu

Hava kirliliği çevresel boyutta hem insanlardan hem taşıtlardan kaynaklı olabilmektedir. Nüfus artışı ve gelir düzeyinin giderek yükselmesine bağlı olarak motorlu taşıtların sayısı giderek artmaktadır. Motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları hava kirliliğinde önemli bir faktör olmaktadır. Araçların fazla olması trafikte yaratılacak yakıt kirliliğinin artmasına sebep olacaktır. Taşıtların üretiminde ortaya çıkan karbon ve diğer atıklarda kirliliği meydana getirmektedir. Hava kirliliğinin ekonomik açıdan maliyeti de çok fazladır. Hava kirliliği hem insan sağlığı hem de ekosistem üzerinde önemli bir etkidir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde ortaya çıkacak sorunun boyutu ve ciddiyeti büyük olacaktır. Bu sebeplerden ötürü elektrikli araçlara yönelmek çok önemlidir. Ulaşımdan kaynaklı başlıca hava kirleticileri azot oksitler (NO_x), partikül madde (PM) ve karbon monoksit (CO) olarak bilinmektedir

Tablo 8. Hava Kalitesi Verileri

Ülkeler	Hava Kalitesi (En fazla olan şehir bazında µg/m ₃)
Türkiye	66,2
Almanya	17,8
Fransa	17,4
İtalya	41,5
Avusturya	18,4
Belçika	18,8
Danimarka	10,1
İspanya	15,8
Hollanda	17,7
İsveç	9,3
Finlandiya	6,8
Polonya	38,2
Çek Cumhuriyeti	28,2
İrlanda	14,3
Portekiz	18,8

Üzerinde çalışılan 15 Avrupa ülkesinden hava kirliliği oranı en yüksek olan ülke Türkiye, en az olan ülke ise Finlandiya'dır (Tablo 8). PM2.5 konsantrasyonu sıralamasına göre Türkiye 66.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinde, Finlandiya ise 6.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerindedir. Bu değerler ülkelerin en fazla kirliliği olan şehirleri bazında çalışılmıştır. Çevresel bozulmada etkin rol oynayan hava kirliliği sera gazı emisyonları ile birlikte iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Yeşil ulaşım da hava kirliliği en önemli öncüllerin başındadır. Yeşil ulaşım da hedef çevreci bir ulaşım sistemi yaratmaktır. Bu durumla ilişkili olarak hava kirliliği düzenlemeleri önemsenmelidir. Şekil 25'te ülkelerin hava kalitesi gösterilmiştir.



Şekil 25. Ülkelerin hava kalitesi

Ulaşım da sürdürülebilir ve yeşil kavramları sera gazı emisyonlarının artışına bağlı olarak çıkmıştır. Sera gazının öncü sebeplerinden biri aşırı fosil yakıt kullanımı olduğu bilinmektedir. Karayolunun bu kullanımda payının büyük olduğu araştırmalarla gözlemlenilmiştir. Sera gazı atmosferde bulunan su buharı (H_2O), fosil yakıt, ormansızlaşma ve bilinçsiz arazi kullanımından kaynaklı (CO_2), tarımsal faaliyetler, atık yönetimi, enerji kullanımı ve biokütle yakma sırasında açığa çıkan (CH_4), gübre kullanımından kaynaklı (NO_2), ozon (O_3), endüstriyel üretim sürecinde meydana çıkan hidroflorakarbon (HFC), perflorakarbon (PFC), sülfürhekzaflorid (SF_6) gibi florlu bileşiklerden oluşmaktadır. CO_2 en çok ısı tutma özelliğine sahip olan gazdır. CO_2 ile birlikte diğer gazlarında ısıyı tutma miktarlarındaki aşırı artış atmosferin ısınının yükselmesine yani küresel ısınmaya sebep olmaktadır.

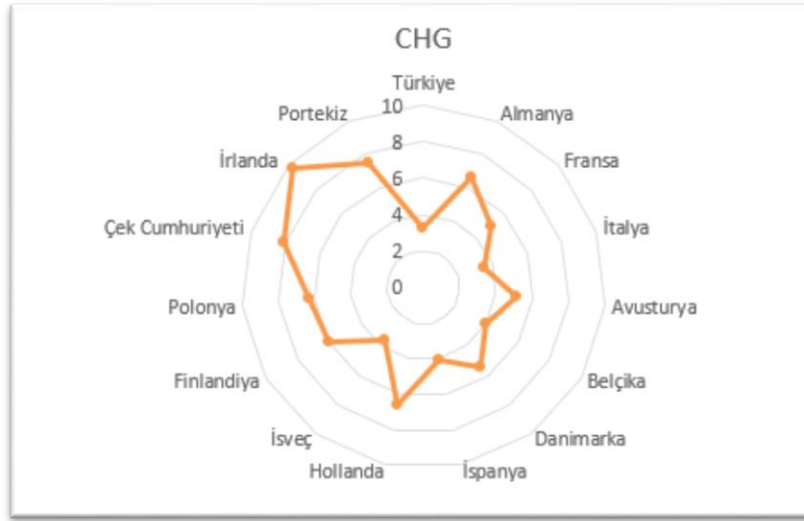
Ülkemizde enerji sektöründen kaynaklı %41, sanayi sektöründen kaynaklı %31, ulaştırma sektöründen kaynaklı %17 ve konutlardan kaynaklı %11 CO_2 emisyonu vardır (Diler 2006; Altınöz ve Terzi 2020). Asfalt ve beton yol yapımı sırasında da hem hammadde

hem de uygulamadan açığa CO₂ yayılmaktadır. Karayolu ulaşımının yaygın olarak tercih edilmesinden kaynaklı yapılan yük ve yolcu taşımacılığı ile de sera gazı emisyon değeri artmaktadır.

Tablo 9. GHG (Sera gazı emisyonu) Verileri

Ülkeler	GHG (En fazla olan şehir bazında/ Kişi başına düşen ton)
Türkiye	3,25
Almanya	6,57
Fransa	5,04
İtalya	3,5
Avusturya	5,19
Belçika	3,91
Danimarka	5,38
İspanya	4,08
Hollanda	6,66
İsveç	3,62
Finlandiya	6,01
Polonya	6,29
Çek Cumhuriyeti	8,05
İrlanda	9,72
Portekiz	7,47

Ülkemizde sera gazı emisyonu azaltma çalışmaları ve politikası sürdürülmektedir. Bu sebepten çalışmada sera gazı emisyonu kişi başına düşen ton CO₂ eşd./CO₂ değeri en az olan ülke Türkiye'dir (Tablo 9). Çalışmada sera gazı emisyon değeri en fazla olan ülke ise İrlanda'dır. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım da sera gazı önemli bir yere sahiptir. Yeşil ulaşım için çevreyi doğrudan etkileyen etmenler sürdürülebilirliği de paralel yönde etkilemektedir. Sera gazı çevreyi olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu sebeple sera gazına yol açan başta yakıt tüketimi olmak üzere ulaşım da kısıtlama getirebilecek her koşula dikkat edilmelidir. Şekil 26'da ülkelerin sera gazı emisyonu gösterilmiştir.



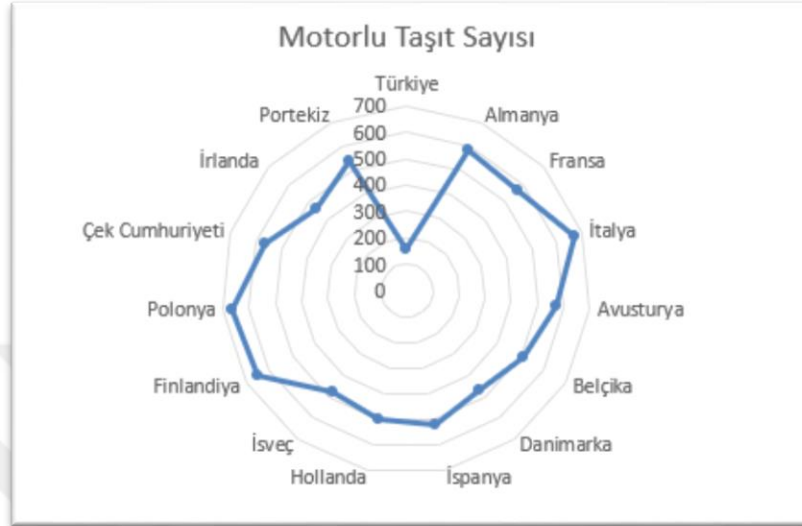
Şekil 26. Ülkelerin GHG (Sera gazı emisyonu)

Motorlu taşıtlar hava kirliliği ve sera gazını tetikleyen önemli bir unsurdur. Ulaşımın kirlilikten kaçınmak en temel isteklerden birisidir. Motorlu taşıtlardan çıkan egzoz emisyonları doğrudan toksik özelliğe sahiptir. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kirliliği yok etme temelleri üzerinde ilerleyen bir ulaşım sistemi olduğu için fazla sayıda motorlu taşıtları ve onun beraberinde getirdiği problemleri istememektedir. Motorlu taşıtların bireysel ulaşımında yaya olarak izlenen yola göre ulaşım süresini kısaltma, istenilen yere rahatlıkla varma gibi olumlu özellikleri vardır. Fakat sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında incelendiğinde olumsuz özellikleri daha ağır basmaktadır. Çalışma bu olumsuz durumların yarattığı sonuçların ülkeler üzerinde yarattığı durumları incelemek üzerine kurulmuştur.

Tablo 10. Motorlu Taşıt Sayısı Verileri

Ülkeler	Motorlu Taşıt Sayısı (1000 kişiye düşen)
Türkiye	157
Almanya	580
Fransa	567
İtalya	670
Avusturya	570
Belçika	510
Danimarka	466
İspanya	521
Hollanda	503
İsveç	476
Finlandiya	652
Polonya	664
Çek Cumhuriyeti	565
İrlanda	458
Portekiz	540

Çalışmada 15 Avrupa ülkesinin bin kişi başına düşen motorlu taşıt sayıları incelenmiştir. Yapılan incelemelere göre bin kişi başına düşen en fazla motorlu araç sayısı 670 ile İtalya, 157 ile en az motorlu taşıt sayısı Türkiye’dedir (Tablo 10). Türkiye’nin ekonomik olarak gelir düzeyi insanların alım gücünü, toplu taşımayı kullanma durumlarını etkilemiştir. Şekil 27’de ülkelerin motorlu taşıt sayıları gösterilmiştir.



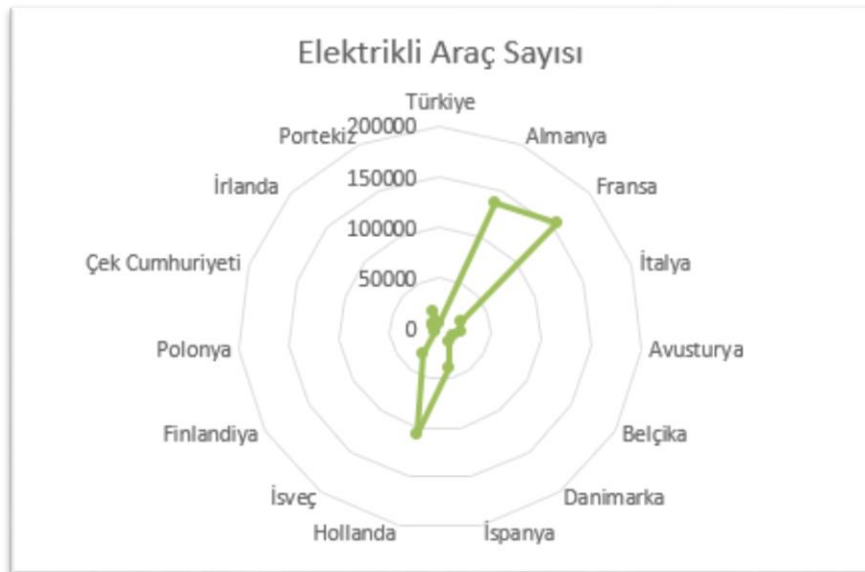
Şekil 27. Ülkelerin motorlu taşıt sayısı

Ulaşımda yaşanan teknolojik gelişmelerden biri fosil yakıtlara alternatif olarak elektrikli araçların kullanımı olduğu söylenebilmektedir. Elektrikli araçlar ulaşımdan kaynaklanan karbon emisyonunu azalttığı için çevreci bir teknoloji olarak adlandırılmaktadır. Çevreci olan bu araçlar yeşil ulaşımda önemli bir yer tutmaktadır. Ulaşım sistemlerinin genişlemesi ve yol altyapısının hızlı gelişimi akıllı ulaşım sistemlerini gündeme getirmiştir. Elektrikli araçların gün geçtikçe yaygınlaşması uzun vadede sürdürülebilirlik kavramını ve doğal kaynak sonuçlarını da beraberinde sürüklemiştir. Nüfusun fazlalaştığı ve araç yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde elektrikli araçlar sürdürülebilirlik bağlamında önem taşımaktadır. Elektrikli araçların Türkiye’de üretimi uluslararası ticaret ve kalkınma gibi ekonomik etkilerinden dolayı stratejik bir öneme sahiptir.

Tablo 11. Elektrikli Araç Sayısı Verileri

Ülkeler	Elektrikli Araç Sayısı
Türkiye	4869
Almanya	136617
Fransa	155125
İtalya	22728
Avusturya	20831
Belçika	15338
Danimarka	15507
İspanya	39453
Hollanda	106558
İsveç	30343
Finlandiya	4830
Polonya	5196
Çek Cumhuriyeti	8180
İrlanda	8590
Portekiz	18139

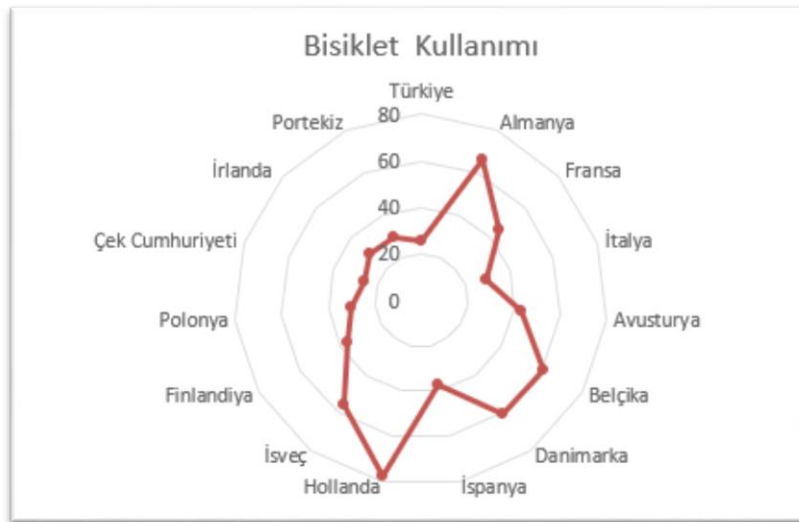
Çalışmada 155125 elektrikli araç sayısı ile en fazla olan ülke Fransa, 4830 elektrikli araç sayısı ile en az olan ülke Finlandiya'dır (Tablo 11). Bu sayılar elektrikli hibrid araçları değil sadece elektrikli araçların sayısını göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre elektrikli araç şarj istasyonu 2021 verileri de bulunmuştur. Bunlar; Türkiye 2322, Almanya 59550, Fransa 27870, Avusturya 12057, Belçika 13871, Danimarka 5105, İspanya 7756, Hollanda 92601, İsveç 16436, Finlandiya 4443, Polonya 1939, Çek Cumhuriyeti 1469, İrlanda 1177, Portekiz 2821'dir. Şarj istasyonu bakımından Hollanda ilk sırayı, İrlanda ise son sırayı almaktadır. Şekil 28'de ülkelerin elektrikli araç sayıları gösterilmiştir.

**Şekil 28.** Ülkelerin elektrikli araç sayısı

Tablo 12. Bisiklet Kullanım Verileri

Ülkeler	Bisiklet Kullanımı (Global Bicycle Cities Index/Puanlama)
Türkiye	25,48
Almanya	65,93
Fransa	45,45
İtalya	29,24
Avusturya	43,12
Belçika	60,51
Danimarka	60,46
İspanya	37,68
Hollanda	77,84
İsveç	55,88
Finlandiya	36,62
Polonya	30,06
Çek Cumhuriyeti	25,87
İrlanda	29,97
Portekiz	29,51

Çevre sorunlarından kaynaklı son yıllarda bisiklet kullanımına ilgi artmıştır. Yeşil ulaşım yayaya öncülük vermekle beraber yayadan sonra en önemli olarak bisiklet kullanımı üzerinde durmuştur. Bisiklet kullanmanın sadece ekolojik anlamda değil ekonomik anlamda da faydası bulunmaktadır. Yakıt tasarrufu, enerji verimliliği, vergi ödememe durumu, yapım ve bakım maliyetleri açısından ise sürdürülebilirliği ele almaktadır. Çalışmada puanlamaya göre en fazla bisiklet kullanan ülke 77,84 ile Hollanda, en az kullanan ülke ise 25,48 ile Türkiye'dir (Tablo 12). Şekil 29'da ülkelerin bisiklet kullanımı gösterilmiştir.

**Şekil 29.** Ülkelerin bisiklet kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekliliği sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında var olabilme özelliği gösterebilmektedir. Dünyanın yenilenme süreci devam ettikçe yenilenebilir enerji kaynakları da bitmeyecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları direkt olarak ya da enerjinin başka bir formuna dönüştürülerek kullanılabilir. Güneş, rüzgar, su ve biyoyakıt yenilenebilir enerji kaynakları arasında bilinmektedir. Kendilerini yenileyebildikleri için bitme tehlikeleri olmadığından fosil yakıtlar gibi çevreye zarar vermezler. Fosil yakıtların kullanılması çevresel dengeye zarar vermekte, yakıt konusunda dışa bağımlılığı artırmakta, ekonomik olarak yüksek ithalat gideri oluşturmaktadır. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan eğilim küresel çapta tehdit oluşturmaktadır.

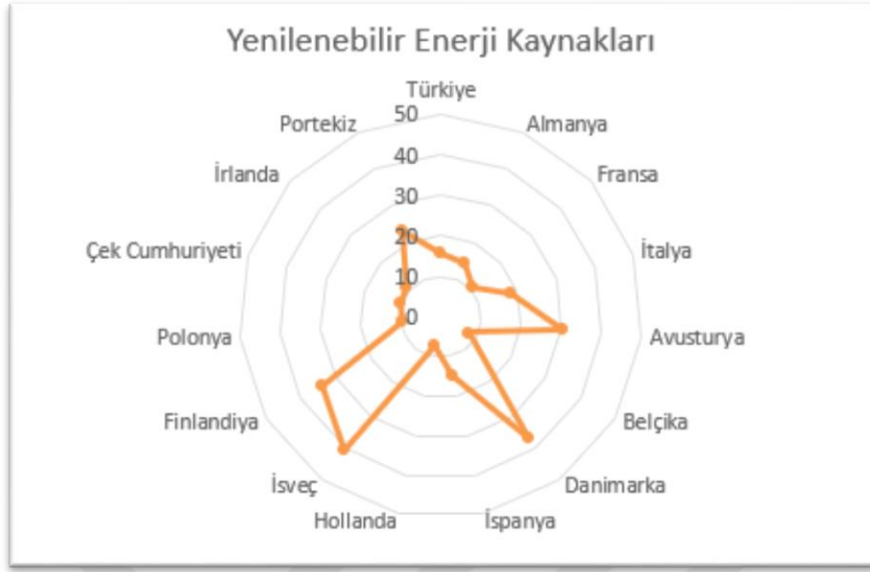
Ulaşımda enerji kullanımı çeşitli olumsuz sonuçlar ve riskler yaratabilmektedir. Ulaşımda kullanılan araçların tercih ettiği akaryakıt sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında çok tercih edilebilir bir durum değildir. Yenilenemeyen kaynaklara dayanan bu ulaşım türleri yolcu/kilometre başına enerji yoğunluğu yüksek yakıt kullanımını getirmektedir. Fosil yakıtlı kaynakların küresel düzeyde dengesiz dağılımları da sürdürülebilirlik bağlamında olumsuzluk yaratmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı tüketimi sosyal bütünleşmeyi engellediği için sosyal eşitsizlik oluşturmaktadır.

Tablo 13. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Verileri

Ülkeler	Yenilenebilir Enerjinin Payı (%)
Türkiye	15,947
Almanya	14,633
Fransa	10,682
İtalya	18,236
Avusturya	30,187
Belçika	7,756
Danimarka	36,931
İspanya	14,705
Hollanda	7,177
İsveç	40,782
Finlandiya	34,126
Polonya	9,347
Çek Cumhuriyeti	10,725
İrlanda	11,127
Portekiz	23,162

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve üzerinde yapılan çalışmalara önem vermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının payı yüzde bazında en yüksek olan ülke 40,782 ile İsveç'tir, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı yüzde bazında en az olan

7,177 ile Hollanda'dır (Tablo 13). Şekil 30'da ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının payı gösterilmiştir.



Şekil 30. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının payı

Gayri safi yurtiçi hasıla, ekonomik olarak büyüme bir ölçüttür. Satın alma gücü paritesinde kişi başına GSYİH endeksinin kullanılması uluslararası yaşam standartlarını karşılaştırmada önemli bir parametredir. GSYİH ekonomi kriteri sürdürülebilir ve yeşil ulaşımında belirleyici bir etkidir. Çünkü gelir ne kadar fazla ise refah seviyesiyle orantılı olarak yapılan yollar ve çevreci araç alım gücü gibi birçok etken o kadar fazla olacaktır.

Tablo 14. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Endeksi (GSYİH) Verileri

Ülkeler	GSYİH Endeksi
Türkiye	63
Almanya	120
Fransa	104
İtalya	95
Avusturya	123
Belçika	120
Danimarka	133
İspanya	83
Hollanda	130
İsveç	123
Finlandiya	112
Polonya	77
Çek Cumhuriyeti	92
İrlanda	219
Portekiz	75

Türkiye 2021 yılında dünyada 11. Avrupa’da 4. Sırada yer almıştır (IMF). SAGP’ye göre Türkiye’nin GSYİH 2 trilyon 954 milyar dolardır. Çin 27,2 trilyon ile birinci sırada yer almaktadır. Çalışmada GSYİH endeks değerine göre 133 ile ilk sırayı Danimarka, 63 ile en son sırada Türkiye almaktadır (Tablo 14). Şekil 31’de ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıla endeks değerleri gösterilmiştir.



Şekil 31. Ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıla endeksi (GSYİH)

AHP Analizi Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada ele aldığımız 8 belirleyici kriter bulunmaktadır. Kriterlerimiz nüfus, hava kalitesi, sera gazı emisyonu (GHG), motorlu taşıt sayısı, elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve gayri safi yurtiçi hasıla endeksinden oluşmaktadır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi karar problemleri çözümünde önemli bir adımdır. Problemi çözerken kriter ve alternatif fazlalığı çeşitli sayıda yöntemleri tercih etme açısından yol göstermektedir. AHP yöntemi ile ağırlıklandırması yapılan kriterlerin MOORA yöntemi ile karşılaştırması yapılmıştır. Problemin çözümü için Excel programından yararlanılmıştır

Aşama 1: Bu aşamada sürdürülebilir ve yeşil ulaşım için etken rol oynayan kriterler belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterlerin AHP çözümüne uygun olup olmadığı irdelenmiştir. Çözülebileceği uygunluk sağladıktan sonra bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Karar verme sürecinde kriterler büyük rol oynamaktadır.

Aşama 2: Bu aşamada literatür taraması ile belirlenip, kriterler uzmanlardan alınan görüşler ve literatür araştırmalarına göre bir üst faktörle ikili olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 15).

Tablo 15. Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1	0,333	0,333	0,200	0,143	0,111	0,333	0,111
K2	3	1	1	0,333	0,200	0,143	0,333	0,143
K3	3	1	1	0,333	0,200	0,143	1	0,143
K4	5	3	3	1	0,333	0,200	3	0,200
K5	7	5	5	3	1	0,333	5	0,333
K6	9	7	7	5	3	1	7	1
K7	3	3	1	0,333	0,200	0,143	1	0,200
K8	9	7	7	5	3	1	5	1

Matrisler oluşturulurken Saaty ölçeği kullanılmıştır. Önceki bölümde de bahsedildiği gibi bu ölçek 1-9 arasında karşılaştırma yapmaktadır. Kriterlerin öncelikleri, bu matris temel alınarak AHP yöntemi ile çözülmüştür. Aynı kriterlerin birbirine göre üstünlüğü olmadığı için karşılaştırmaları 1'dir. Karşılaştırmalar tamamlandıktan sonra sütunların toplamı elde edilmiştir.

$$a_{11}=1, a_{22}=1, a_{33}=1, a_{44}=1, a_{55}=1, a_{66}=1, a_{77}=1, a_{88}=1$$

$$a_{21}=3, a_{12}=1/3=0,333$$

$$a_{31}=3, a_{13}=1/3=0,333$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{81}=9, a_{18}=1/9=0,111$$

$$\Sigma K1 = (1+3+3+5+7+9+3+9) = 40$$

$$\Sigma K2 = (0,333+1+1+3+5+7+3+7) = 27,333$$

$$\Sigma K3 = (0,333+1+1+3+5+7+1+7) = 25,333$$

$$\Sigma K4 = (0,2+0,333+0,333+1+3+5+0,333+5) = 15,2$$

$$\Sigma K5 = (0,143+0,2+0,2+0,333+1+3+0,2+3) = 8,076$$

$$\Sigma K6 = (0,111+0,143+0,143+0,2+0,333+1+0,143+1) = 3,073$$

$$\Sigma K7 = (0,333+0,333+1+3+5+7+1+5) = 22,667$$

$$\Sigma K8 = (0,111+0,143+0,143+0,2+0,333+1+0,2+1) = 3,130$$

Aşama 3: Bu aşamada karşılaştırma matrisi normalize edilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. AHP Normalize Matris

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,025	0,012	0,013	0,013	0,018	0,036	0,015	0,035
K2	0,075	0,037	0,039	0,022	0,025	0,046	0,015	0,046
K3	0,075	0,037	0,039	0,022	0,025	0,046	0,044	0,046
K4	0,125	0,110	0,118	0,066	0,041	0,065	0,132	0,064
K5	0,175	0,183	0,197	0,197	0,124	0,108	0,221	0,106
K6	0,225	0,256	0,276	0,329	0,371	0,325	0,309	0,319
K7	0,075	0,110	0,039	0,022	0,025	0,046	0,044	0,064
K8	0,225	0,256	0,276	0,329	0,371	0,325	0,221	0,319

Normalize işlemi;

$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$, $i, j=1, 2, \dots, n$ denklemi ile yapılmıştır. Her bir matris bir önceki aşamada elde edilen sütun toplamına bölünmüştür ve bu şekilde normalize edilmiştir.

$$a'_{11} = \frac{a_{11}}{\sum K1} = \frac{1}{40} = 0,025, \dots, a'_{18} = \frac{a_{81}}{\sum K8} = \frac{0,111}{3,130} = 0,035$$

$$a'_{21} = \frac{a_{21}}{\sum K2} = \frac{3}{40} = 0,075, \dots, a'_{28} = \frac{a_{82}}{\sum K8} = \frac{0,143}{3,130} = 0,046$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$a'_{81} = \frac{a_{81}}{\sum K1} = \frac{9}{40} = 0,225, \dots, a'_{88} = \frac{a_{88}}{\sum K8} = \frac{1}{3,130} = 0,319$$

Aşama 4: Bu aşamada öncelik vektörü hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle her bir kriter için önem ağırlıkları yani kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Kriter ağırlıkları her bir kriterin normalize edildikten sonra bulunduğu sütunun ortalamasının alınmasıyla bulunmuştur (Tablo 17).

Tablo 17. AHP ile Kriter Ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Kriter Ağırlıkları
K1	0,025	0,012	0,013	0,013	0,018	0,036	0,015	0,035	0,021
K2	0,075	0,037	0,039	0,022	0,025	0,046	0,015	0,046	0,038
K3	0,075	0,037	0,039	0,022	0,025	0,046	0,044	0,046	0,042
K4	0,125	0,110	0,118	0,066	0,041	0,065	0,132	0,064	0,090
K5	0,175	0,183	0,197	0,197	0,124	0,108	0,221	0,106	0,164
K6	0,225	0,256	0,276	0,329	0,371	0,325	0,309	0,319	0,301
K7	0,075	0,110	0,039	0,022	0,025	0,046	0,044	0,064	0,053
K8	0,225	0,256	0,276	0,329	0,371	0,325	0,221	0,319	0,290

$$\bar{x}_{K1} = \frac{(0,025+0,012+\dots+0,035)}{8} = 0,021$$

$$\bar{x}_{K2} = \frac{(0,075+0,037+\dots+0,046)}{8} = 0,038$$

$$\bar{x}_{K3} = \frac{(0,075+0,037+\dots+0,046)}{8} = 0,042$$

$$\bar{x}_{K4} = \frac{(0,0125+0,110+\dots+0,064)}{8} = 0,090$$

$$\bar{x}_{K5} = \frac{(0,175+0,183+\dots+0,106)}{8} = 0,164$$

$$\bar{x}_{K6} = \frac{(0,225+0,256+\dots+0,319)}{8} = 0,301$$

$$\bar{x}_{K7} = \frac{(0,075+0,110+\dots+0,064)}{8} = 0,053$$

$$\bar{x}_{K8} = \frac{(0,225+0,256+\dots+0,319)}{8} = 0,290$$

Kriter ağırlıklarının toplamı, 1 olma mecburiyeti içermektedir. Burada bulunan kriter ağırlıkları bir sonraki MOORA yönteminde ülkelerin karşılaştırmasında kullanılacaktır.

$$\bar{x}_K = (0,021+0,038+0,042+0,090+0,164+0,301+0,053+0,290) = 1$$

Normalize edilen her bir sütun toplamı da 1 olmaktadır.

$$\Sigma K1' = (0,025+0,075+\dots+0,225) = 1$$

$$\Sigma K2' = (0,012+0,037+\dots+0,256) = 1$$

$$\Sigma K3' = (0,013+0,039+\dots+0,276) = 1$$

$$\Sigma K4' = (0,013+0,022+\dots+0,329) = 1$$

$$\Sigma K5' = (0,018+0,025+\dots+0,371) = 1$$

$$\Sigma K6' = (0,036+0,046+\dots+0,325) = 1$$

$$\Sigma K7' = (0,015+0,015+\dots+0,221) = 1$$

$$\Sigma K8' = (0,035+0,046+\dots+0,319) = 1$$

Aşama 5: Bu aşamada başlangıç matrisleri kriter ağırlıkları ile çarpılmıştır (Tablo 18).

Tablo 18. AHP’de Her Bir Matrisin Kriter Ağırlıkları ile Çarpılması

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Toplam
K1	0,021	0,013	0,014	0,018	0,023	0,033	0,018	0,032	0,173
K2	0,063	0,038	0,042	0,030	0,033	0,043	0,018	0,041	0,308
K3	0,063	0,038	0,042	0,030	0,033	0,043	0,053	0,041	0,343
K4	0,105	0,114	0,125	0,090	0,055	0,060	0,160	0,058	0,767
K5	0,147	0,190	0,209	0,271	0,164	0,100	0,266	0,097	1,443
K6	0,189	0,267	0,292	0,451	0,492	0,301	0,372	0,290	2,654
K7	0,063	0,114	0,042	0,030	0,033	0,043	0,053	0,058	0,436
K8	0,189	0,267	0,292	0,451	0,492	0,301	0,266	0,290	2,548

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & 0,333 & \dots & 0,111 \\ 3 & 1 & \dots & 0,143 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 9 & 7 & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,021 \\ 0,038 \\ \vdots \\ 0,290 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$$

$w_i = a_{ij} * \bar{x}_{Kj}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ denklemi ile önem ağırlıklarının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. Her matris için ayrı ayrı önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

$$w_{11} = a_{11} * \bar{x}_{K1} = 1 * 0,021 = 0,021$$

$$w_{21} = a_{21} * \bar{x}_{K1} = 3 * 0,021 = 0,063$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$w_{91} = a_{91} * \bar{x}_{K1} = 9 * 0,021 = 0,189$$

Bu aşama ölçeklendirme matrislerinin kriter ağırlıklarına çarpılmasıyla elde edilmiştir. Daha sonra her bir satırın toplamı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu toplam tutarlılık indeksini hesaplama da kullanılmıştır.

Aşama 6: Bu aşamada $\lambda_{\max}$ hesaplaması yapılmıştır (Tablo 19).

Tablo 19. AHP ile $\lambda_{\max}$ Hesaplama

	Toplam	Kriter Ağırlıkları	T/KA	$\lambda_{\max}$
K1	0,173	0,021	8,236	8,453
K2	0,308	0,038	8,084	
K3	0,343	0,042	8,222	
K4	0,767	0,090	8,503	
K5	1,443	0,164	8,802	
K6	2,654	0,301	8,806	
K7	0,436	0,053	8,199	
K8	2,548	0,290	8,774	

Bir önceki aşamada elde edilen toplam ve kriter ağırlıkları burada işleme girmiştir. Toplamın kriter ağırlığına bölümü ile elde edilen değerlerin ortalaması $\lambda_{\max}$ değerini oluşturmaktadır.

$$\lambda_{\max} = \frac{(8,236 + 8,084 + 8,222 + 8,503 + 8,802 + 8,806 + 8,199 + 8,774)}{8} = 8,453$$

Aşama 7: Bu aşamada tutarlılık oranı kontrol edilmektedir.

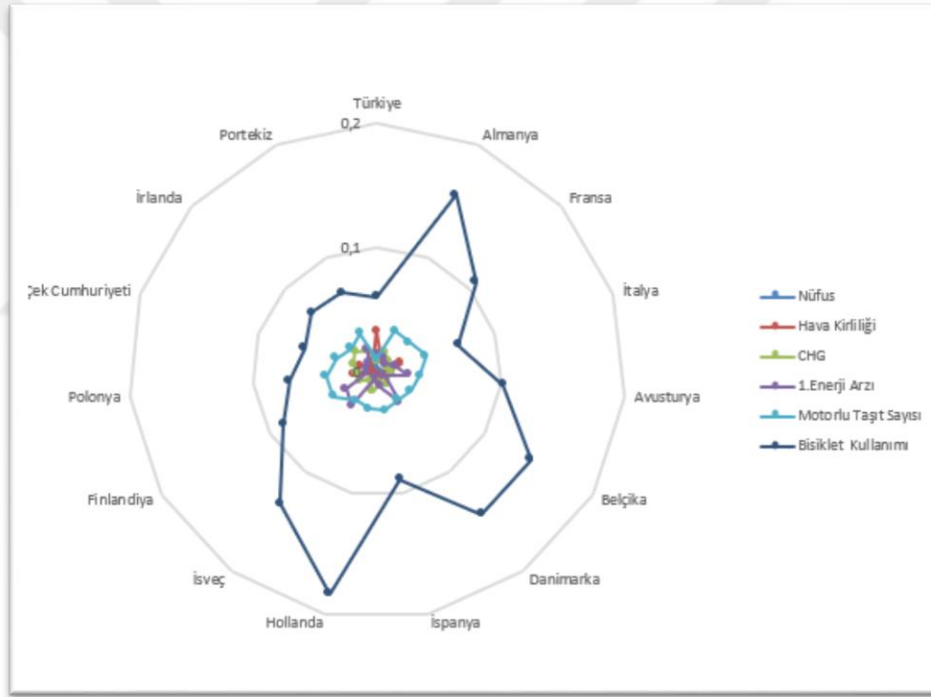
$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{8,453 - 8}{7} = 0,065$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,065}{1,41} = 0,046$$

Bu aşamada tutarlılığın hesaplanabilmesi için $\lambda_{\max}$ değeri kullanılarak CI değeri hesaplanmıştır. CI değeri verilen eşitliği ile ifade edilmektedir. Bu değer bulunduktan sonra CR eşitliği ile tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı Consistency Index'in, Rassal Index değerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Rassal Index değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Tabloda her bir kriter sayısına göre belirlenmiş Rassal Index bulunmaktadır ve 8 kriter için

Rassal Index değerinin 1,41 olduğu görülmektedir. Burada önemli olan CR değerin 0.10 değerinden küçük olmasıdır. Bu değer 0.10'dan küçük ise; problem çözümü tutarlıdır, değerlendirmesi yapılmaktadır. Aksi bir durum söz konusu ise problem çözümü tutarlı değildir, değerlendirmesinde bulunulur ve bu değer sağlanana kadar en başa dönerek adımlar tekrardan işletilmeye başlanır.

Çalışmada kullanılan kriterler üç gösterge altında toplanmaktadır. Bu göstergeler nüfusun, hava kalitesinin ve sera gazları emisyonunun oluşturduğu çevresel göstergeler, motorlu taşıt sayısının, elektrikli araç sayısının ve bisiklet kullanımının oluşturduğu sosyal göstergeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ve gayri safi yurtiçi hasılanın oluşturduğu ekonomik göstergeler olarak sınıflandırılmaktadır. Normalize edilmiş kriterlerin karşılaştırmasına göre sosyal performans göstergeleri diğer göstergelere göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Şekil 32'de AHP analizleri ile ülkelerin kriter ağırlıkları gösterilmiştir.



Şekil 32. Ülkeler bazında kriter ağırlıkları

Ulaşımda araç sayılarının fazlalığı, çevre dostu teknolojilerin edinilmesinin, bisiklet ve yayaya öncelik verilmesinin önemi çok daha büyük olmaktadır. En temelde kullanılan tüm verilerin birbiriyle ilişki içerisinde olduğu unutulmamalıdır.

MOORA Analizi Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bu yöntemle belirlenen kriterlere göre ülkelerin sıralaması yapılmıştır. Ülkeleri çevresel, sosyal ve ekonomik yönden etkileyen birçok etmen vardır. MOORA yöntemiyle Avrupa ülkeleri arasında ağırlıklı olarak çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırma

yapılacaktır. Analiz ülkeler açısından yol gösterici nitelik taşımaktadır. Problemin işletilmesinde Excel programından yararlanılmıştır.

Aşama 1: Bu aşamada başlangıç matrisi oluşturulmaktadır (Tablo 20).

Tablo 20. MOORA Başlangıç Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	84339067	66,2	3,25	157	4869	25,48	15,947	63
Almanya	83783945	17,8	6,57	580	136617	65,93	14,633	120
Fransa	65273512	17,4	5,04	567	155125	45,45	10,682	104
İtalya	60461828	41,5	3,5	670	22728	29,24	18,236	95
Avusturya	9006400	18,4	5,19	570	20831	43,12	30,187	123
Belçika	11589616	18,8	3,91	510	15338	60,51	7,756	120
Danimarka	5792203	10,1	5,38	466	15507	60,46	36,931	133
İspanya	46754783	15,8	4,08	521	39453	37,68	14,705	83
Hollanda	17134873	17,7	6,66	503	106558	77,84	7,177	130
İsveç	10099270	9,3	3,62	476	30343	55,88	40,782	123
Finlandiya	5540718	6,8	6,01	652	4830	36,62	34,126	112
Polonya	37846605	38,2	6,29	664	5196	30,06	9,347	77
Çek Cum.	10708982	28,2	8,05	565	8180	25,87	10,725	92
İrlanda	4937796	14,3	9,72	458	8590	29,97	11,127	219
Portekiz	10196707	18,8	7,47	540	18139	29,51	23,162	75

Aşama 2: Bu aşamada matrisler normalize edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21: MOORA Normalize Matris

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	0,517	0,630	0,142	0,075	0,020	0,142	0,188	0,139
Almanya	0,514	0,170	0,286	0,277	0,565	0,366	0,172	0,265
Fransa	0,400	0,166	0,219	0,271	0,641	0,253	0,126	0,230
İtalya	0,371	0,395	0,152	0,320	0,094	0,163	0,215	0,210
Avusturya	0,055	0,175	0,226	0,273	0,086	0,240	0,356	0,272
Belçika	0,071	0,179	0,170	0,244	0,063	0,336	0,091	0,265
Danimarka	0,036	0,096	0,234	0,223	0,064	0,336	0,435	0,294
İspanya	0,287	0,150	0,178	0,249	0,163	0,209	0,173	0,183
Hollanda	0,105	0,169	0,290	0,241	0,440	0,433	0,085	0,287
İsveç	0,062	0,089	0,158	0,228	0,125	0,311	0,480	0,272
Finlandiya	0,034	0,065	0,262	0,312	0,020	0,204	0,402	0,247
Polonya	0,232	0,364	0,274	0,318	0,021	0,167	0,110	0,170
Çek Cum.	0,066	0,269	0,351	0,270	0,034	0,144	0,126	0,203
İrlanda	0,030	0,136	0,423	0,219	0,036	0,167	0,131	0,484
Portekiz	0,063	0,179	0,325	0,258	0,075	0,164	0,273	0,166

$$X_{K1}^2 = (84339067)^2 + (83783945)^2 + \dots + (10196707)^2 = 2,65858E+16$$

$$X_{K2}^2 = (66,2)^2 + (17,8)^2 + \dots + (18,8)^2 = 11026,37$$

· · ·
· · ·
· · ·

$X_{K8}^2 = (63)^2 + (120)^2 + \dots + (75)^2 = 204869$ hesaplamaları yapıldıktan sonra normalize matrisi oluşturmak için eşitliğe geçilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (j=1,2,\dots,n) \text{ denklemi ile her matris için ayrı ayrı hesaplamalar}$$

yapılmaktadır.

$$x_{11}^* = \frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} x_{K1}^2}} = \frac{84339067}{2,6585E+16} = 0,517$$

$$x_{21}^* = \frac{x_{21}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} x_{K1}^2}} = \frac{83783945}{2,6585E+16} = 0,514$$

$$x_{31}^* = \frac{x_{31}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} x_{K1}^2}} = \frac{65273512}{2,6585E+16} = 0,400$$

$$x_{41}^* = \frac{x_{41}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} x_{K1}^2}} = \frac{60461828}{2,6585E+16} = 0,371$$

Aşama 3: Bu aşamada MOORA-Oran yaklaşımında ilerlenmiştir (Tablo 22).

Tablo 22. MOORA Yönteminde AHP ile Bulunan Kriter Ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Almanya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Fransa	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
İtalya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Avusturya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Belçika	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Danimarka	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
İspanya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Hollanda	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
İsveç	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Finlandiya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Polonya	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Çek Cum.	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
İrlanda	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290
Portekiz	0,021	0,038	0,042	0,090	0,164	0,301	0,053	0,290

Burada normalize edilmiş matrisler AHP yöntemi ile bulduğumuz kriter ağırlıkları ile tablo oluşturulmuştur (Tablo 14). Daha sonra normalize edilen matris ile kriter ağırlıkları çarpılmıştır. Böylece işlem ağırlıklandırılmış normalize matris haline getirilmektedir (Tablo 23). Bu aşamada;

$$y_i = \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \text{ denklemi kullanılmıştır.}$$

Tablo 23. MOORA Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Türkiye	0,011	0,024	0,006	0,007	0,003	0,043	0,010	0,040
Almanya	0,011	0,006	0,012	0,025	0,093	0,110	0,009	0,077
Fransa	0,008	0,006	0,009	0,024	0,105	0,076	0,007	0,067
İtalya	0,008	0,015	0,006	0,029	0,015	0,049	0,011	0,061
Avusturya	0,001	0,007	0,009	0,025	0,014	0,072	0,019	0,079
Belçika	0,001	0,007	0,007	0,022	0,010	0,101	0,005	0,077
Danimarka	0,001	0,004	0,010	0,020	0,011	0,101	0,023	0,085
İspanya	0,006	0,006	0,007	0,022	0,027	0,063	0,009	0,053
Hollanda	0,002	0,006	0,012	0,022	0,072	0,130	0,004	0,083
İsveç	0,001	0,003	0,007	0,021	0,021	0,094	0,026	0,079
Finlandiya	0,001	0,002	0,011	0,028	0,003	0,061	0,021	0,072
Polonya	0,005	0,014	0,011	0,029	0,004	0,050	0,006	0,049
Çek Cum.	0,001	0,010	0,015	0,024	0,006	0,043	0,007	0,059
İrlanda	0,001	0,005	0,018	0,020	0,006	0,050	0,007	0,141
Portekiz	0,001	0,007	0,014	0,023	0,012	0,049	0,015	0,048

$$y_{11}=(0,517*0,021)=0,011$$

$$y_{21}=(0,514*0,021)=0,011$$

$$y_{31}=(0,400*0,021)=0,008$$

$$y_{41}=(0,371*0,021)=0,008 \text{ şeklinde her matris için ayrı ayrı uygulanmalıdır.}$$

Aşama 4: Bu aşamada karar seçeneklerin performansı belirlenir (Tablo 24).

Ağırlıklandırılıp normalize edilmiş matriste, maksimize yönlü performansların değerlerinin toplamından minimize yönlü performansların değerlerinin toplamı çıkarılmaktadır. Bu aşamada maksimizasyon yönlü ilerleyen elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (%) ve gayri safi yurtiçi hasıla değerlerinin toplamından minimize yönlü ilerleyen nüfus, hava kirliliği, GHG (sera gazları emisyonu), motorlu taşıt sayısı toplamını çıkarıp elde edilen değerler sıralamaya koyulmuştur.

$$\Sigma x_1=(0,003+0,043+0,010+0,040)-(0,011+0,024+0,006+0,007)=0,049$$

$$\Sigma x_2=(0,093+0,110+0,009+0,077)-(0,011+0,006+0,012+0,025)=0,235$$

$$\begin{aligned} & \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ & \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ & \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \end{aligned}$$

$$\Sigma x_{15}=(0,012+0,049+0,015+0,048)-(0,001+0,007+0,014+0,023)=0,079$$

Tablo 24. MOORA ile Karar Seçeneklerinin Performansı

Ülkeler	Performans Değerleri
Türkiye	0,049
Almanya	0,235
Fransa	0,206
İtalya	0,079
Avusturya	0,142
Belçika	0,156
Danimarka	0,186
İspanya	0,111
Hollanda	0,248
İsveç	0,187
Finlandiya	0,116
Polonya	0,050
Çek Cumhuriyeti	0,064
İrlanda	0,160
Portekiz	0,079

Aşama 5: Bu aşamada Avrupa ülkelerinin sıralaması yapılmıştır (Tablo 25).

Tablo 25. MOORA ile Ülkelerin Sıralaması

Ülkeler	Sıralama
Hollanda	1
Almanya	2
Fransa	3
İsveç	4
Danimarka	5
İrlanda	6
Belçika	7
Avusturya	8
Finlandiya	9
İspanya	10
Portekiz	11
İtalya	12
Çek Cumhuriyeti	13
Polonya	14
Türkiye	15

Şekil 33'te sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında ülkelerin sıralaması gösterilmiştir.

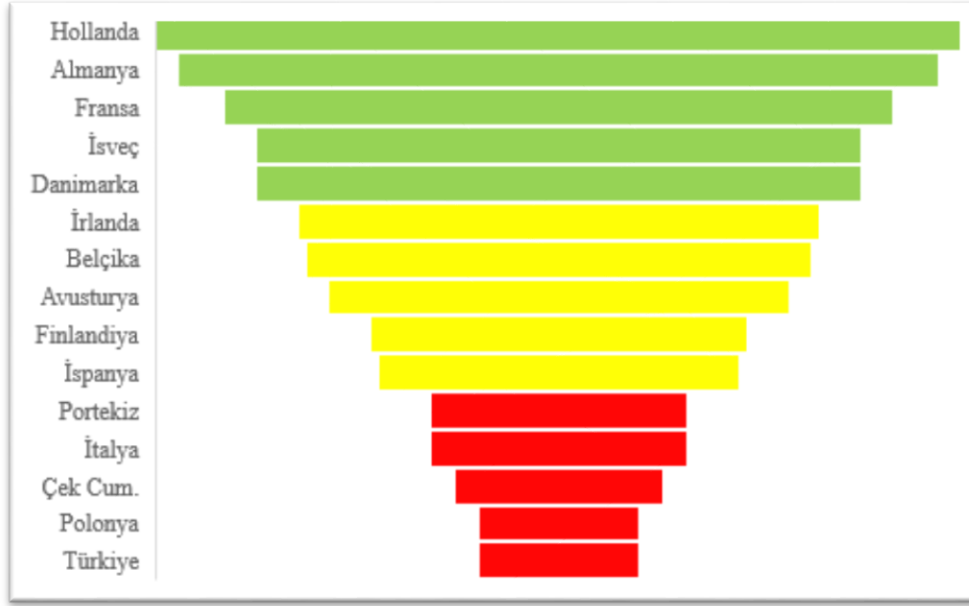


Şekil 33. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında ülkeler

Yaşanabilir ülkeler oluşturabilmek için sürdürülebilir ve yeşil ulaşım vazgeçilmez unsurlar olma niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmada her bir kriterin çevre, ulaşım, enerji ve ekonomi üzerinde önemli bir yer tuttuğu görülmüştür. Fakat bu kriterler tek başına bir fayda sağlamamaktadır. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım kapsamında gözle görülür bir fark oluşturabilmesi için toplu bir şekilde değerlendirilmeye alınmalıdır.

Çalışmaya göre en kapsamlı şekilde bu kriterlerin varlığını benimseyen ülkelerin sıralaması; Hollanda, Almanya, Fransa, İsveç, Danimarka, İrlanda, Belçika, Avusturya, Finlandiya, İspanya, Portekiz, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Polonya ve Türkiye olmuştur. Elektrikli araç, bisiklet kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları pozitif yönde etkilerken nüfus, hava kirliliği, GHG (sera gazı emisyonu) ve motorlu taşıt sayısı negatif yönde etkilemiştir. Maksimizasyon yönlü kriterler sürdürülebilir ve yeşil ulaşım üzerinde daha büyük bir öneme sahip olmuştur.

Şekil 34'te 15 Avrupa ülkesinin yeşil ulaşım yakınlık derecesine göre sıralaması yapılmıştır.



Şekil 34. Ülkelerin yeşil ulaşım sıralaması

Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım literatürü incelendiğinde genel olarak kriterlerin hemen hemen aynı seçildiği görülmektedir. Çalışmada kullanılan parametreler sürdürülebilir ve yeşil ulaşım çerçevesinde belirleyici olma özelliği taşımaktadır. Bu tezin gelecek çalışmaları da aydınlatması açısından yol gösterici niteliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Sürdürülebilirliğin kritik noktası yeşil ulaşımdan geçmektedir. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım lojistik faaliyetlerinden turizm sektörüne kadar birçok alanda etkin rol oynamaktadır (Seyhan ve Yılmaz 2010; Çoruh 2017).

Tuğaç (2022) iklim değişikliğinin ulaşımın direncini etkilemesini incelemiştir. Araç yükünü hafifletmek için bisiklet ve toplu taşıma desteklemiş, sera gazlarının azaltılması yönünde alternatif yakıtlı ve çevre dostu elektrikli araçların kullanılması istemiştir. Fakat ulaşımın sistematik bir şekilde ilerleyebilmesi için sadece araç ve kirlilik açısından değerlendirmenin eksik kalacağını vurgulamamız gerekmektedir. Küresel iklim değişikliğinin yarattığı problemlere alternatif çözüm arayışları sunarak yapılan çalışmada ekonomi ile çevrenin destelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Özdemir vd (2021) çalışmada küreselleşmeden kaynaklı nüfus artışı ile kentsel ulaşım da hareketliliği artırdığını gözlemlemişlerdir. Benzin ve dizel yakıtlı araçların kullanımının artması ile yeşil ve sürdürülebilir bir ulaşım anlayışını benimsemişlerdir. Bu çalışmada motorlu kara taşıt sayısı, trafik kazaları, otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımları, elektrikli araç sayıları ve sera gazı emisyonlarına ilişkin kriterleri kullanmışlardır. Manders *et al.* (2020) ve Solovieva *et al.* (2022) çalışmalarında elektrikli araçları, Chen and Wang (2020) toplu taşıma kriterlerini kullanmışlardır. Bu kriterler sürdürülebilir ve yeşil

ulaşım için önemlidir fakat yeterli değildir. Tez kapsamında literatürdeki kriterlere ek olarak ülkesel bazda bisiklet kullanımı, nüfus, ekonomik göstergelerin ağırlıklı sürdürülebilir ve yeşil ulaşımda etkisi incelenmiştir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada her geçen gün gelişen teknoloji, artan nüfus sayısı, kirliliklerin fazlalaşması gibi birçok durum insan yaşamını değiştirmektedir. Bu bağlamda ulaşım da tarih boyunca insan yaşamında önemli bir rol üstlenmiştir. Bu yüzden çevresel, sosyal ve ekonomik anlamda en uygun ulaşım modelini seçmek doğru bir yaklaşım olmaktadır. Sürdürülebilir ve yeşil ulaşım modeli hem insanlar hem de trafik açısından çevreci ve ekonomik olmasıyla tercih edilmektedir. Yapılan literatür araştırmalarının sonucunda; sürdürülebilir ulaşımın, sürdürülebilir kalkınmanın ulaşım sektöründeki ifadesi olduğu, yeşil ulaşımın ise sürdürülebilir ulaşımın bir alt kolu olduğu belirlenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) son dönemlerde araştırmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. ÇKKV yöntemleri basit, güvenilir ve hızlı gibi birçok özelliklerinden dolayı araştırmacıların ilgisini çekmiştir.

Tez kapsamında, bulunan kriterler çevresel, sosyal ve ekonomik olarak üç göstergeye ayrılmıştır. Çevresel gösterge; nüfus, hava kalitesi ve sera gazı emisyonu (GHG), sosyal gösterge; motorlu taşıt sayısı, elektrikli araç sayısı ve bisiklet kullanımı, ekonomik gösterge; yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve gayri safi yurtiçi hasıla olmak üzere toplam sekiz alt kritere ayrılmıştır. Uzmanların görüşü ve yapılan literatür araştırmalarına göre ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. Normalize edilmiş verilerle yapılan değerlendirmelere göre sosyal performans göstergelerinin çevresel ve ekonomik göstergelere oranla daha etkili olduğu saptanmıştır. Ulaşımında çevre dostu teknolojilerin edinilmesinin, bisiklet ve yayaya öncelik verilmesinin belirleyici bir etken olduğu görülmüştür. En temelde kullanılan tüm verilerin birbiriyle ilişki içerisinde olduğu unutulmamalıdır.

Nüfus, çevresel bozulmalarda, sosyal etkileşimde, ekonomik boyutta belirleyici bir etkidir. Nüfus, hava kirliliği, GHG ve motorlu taşıt sayısı birbirini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Ulaşımında sürdürülebilir ve yeşil kavramları sera gazı emisyonlarının artışına bağlı olarak çıkmıştır. Sera gazının öncü sebeplerinden biri aşırı fosil yakıt kullanımı olduğu bilinmektedir. Ülkemizde enerji sektöründen kaynaklı %41, sanayi sektöründen kaynaklı %31, ulaştırma sektöründen kaynaklı %17 ve konutlardan kaynaklı %11 CO₂ emisyonu vardır. Asfalt ve beton yol yapımı sırasında da hem hammadden hem de uygulamadan açığa çıkan CO₂ yeşil ulaşımı etkilemektedir. Karayolu ulaşımının yaygın olarak tercih edilmesinden kaynaklı yapılan yük ve yolcu taşımacılığı ile de sera gazı emisyon değeri

artmaktadır. Motorlu taşıt sayısının fazlalığı ulaşımda trafik sıkışıklığına ve trafik kazalarına sebep olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan ulaşım türleri sürdürülebilir ve yeşil ulaşımda önemlidir. Elektrikli araçlar çevre dostu teknolojilerle hazırlanmıştır ve yeşil boyutta büyük etkiye sahiptir. Ekonomik kriterlerden biri olan GSYİH sürdürülebilir ve yeşil ulaşımda belirleyici bir etkidir. Çünkü gelir ne kadar fazla ise refah seviyesiyle orantılı olarak yapılan yollar ve çevreci araç alım gücü gibi birçok erken o kadar fazla olmaktadır. Türkiye 2021 yılında dünyada 11., Avrupa'da 4. Sırada yer almıştır. SAGP'ye göre Türkiye'nin GSYİH 2 trilyon 954 milyar dolardır.

Çalışmaya göre en kapsamlı şekilde bu konuların varlığını benimseyen ülkelerin sıralaması; Hollanda, Almanya, Fransa, İsveç, Danimarka, İrlanda, Belçika, Avusturya, Finlandiya, İspanya, Portekiz, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Polonya ve Türkiye olmuştur. Türkiye'nin sürdürülebilir ve yeşil ulaşım açısından mevcudiyeti olumsuz yönelim göstermiştir.

Sürdürülebilir ve yeşil ulaşımın ülkemiz üzerindeki etkinliği artırmak için birkaç öneride bulunulabilir. Bu öneriler:

- Nüfus ve göç konusunda halk bilinçlendirilip sürdürülebilir ulaşım politaları bu yönde belirlenebilir.
- Motorlu taşıt sayısının fazlalığına bağlı olarak artan hava kirliliğinin azaltılması, elektrikli araçlara, bisikletlere ve yayalara olan ilginin artırılması için politikalar geliştirilmelidir.
- Refah düzeyinin artmasıyla oluşan lüks yaşam isteği beraberinde araç sahipliğini artırmıştır. Artan bu araç sayısı trafikte sıkışıklığa, egzozlarından çıkan gaz ile kirlenmeye ve hatta ölüme varabilecek boyuta ulaşmıştır. Bu durum için toplu taşımaya öncelik verilebilir.
- Bisiklet yolları artırılıp araçlar için parket&devamet yöntemi uygulanabilir.
- Karayolu ulaşımının payı azaltılıp, demir ve denizyolunun ulaşımdaki rolü artırılabilir.

Tezde kullanılan kriterler, çalışmanın hedefi ve ülkelerin üzerindeki sürdürülebilir ve yeşil ulaşım etkilerini gözlemleyebilmek için önemli olduğu düşünülmektedir. Fakat verileri elde etmek uzun bir zaman dilimine yayılmış ve ülkeler bazında erişmek zorlayıcı olmuştur. İleride yapılacak çalışmalarda kriter sayısı artırılarak yeni bir çalışma yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Adams, W.M., 2001. Green Development: Environment And Sustainability In The Third World (2.Baskı). London: Routledge.
- Agarwal, A., Ziemke, D., Nagel, K., 2020. Bicycle Superhighway: An Environmentally Sustainable Policy For Urban Transport. Transportation Research Part A, 137,519-540.
- Aguado, R., Martinez, J., 2012. GDP And Beyond: Towards New Measures Of Sustainability Based On Catholic Social Thought. Asia-Pacific Journal of Business Administration, 4(2), 124-138.
- Ağca, B., 2002. Dünya sürdürülebilir kalkınma zirvesi. Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, Vol. 7, No.3.
- Akatay A., Aslan Ş., 2008. Yeşil Yönetim ve İşletmeleri ISO 14001 Sertifikası Almaya Yönelten Faktörler. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1(10), 313-339.
- Akgül, U., 2010. Sürdürülebilir Kalkınma: Uygulamalı Antropolojinin Eylem Alanı. Antropoloji Dergisi, (24), 133-164.
- Al-Ghussain, L., Ahmed, A. D., Abubakar, A. M., Muhammed, M. A., Hassan, M.A., Akafuah, N. K., 2022. Optimal Sizing Of Country-scale Renewable Energy Systems Towards Green Transportation Sector In Developing Countries. Case Studies In Thermal Engineering, 39, 102442.
- Altınöz, E., Terzi, S., 2020. Karayollarında Üstyapı Tipinin Karbon Ayak İzi Etkisinin Araştırılması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8 (2), 451-459.
- Altunbas, D., 2004. Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Türkiye'deki Kurumsal Değişimlere Bir Bakış. Yönetim Bilimleri Dergisi, 1 (1-2), 103-118.
- Altuntaş, A., 2012. Sürdürülebilir Toplumlar ve Metropollerin Baskılarından Kurtulmak İçin Alternatif Bir Yol: Sürdürülebilir Kentler. M.K.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9 (17), 135-148.
- Anonymous, 1996, OECD, Towards Sustainable Transportation, TheVancouver Conference, Canada, 10-11.
- Anonymous, 1996, WORLD BANK, Development In Practice-Sustainable Transport Priorities For Policy Reforms, The International Bank For Reconstruction And Development, USA.
- Anonymous, 2002, GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi), online: <http://www.gap.gov.tr/Turkish/Ggbilgi/gsurkal.htm>
- Anonymous, 2005, ITF (International Transport Forum), Transport CO₂ Emissions, online: www.internationaltransportforum.org.
- Anonim, 2007. İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye.
- Anonim, 2009. Kentleşme Şurası, Kentleşme Şurası Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyonu Raporu, TC Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

- Anonymous, 2010. Sustainable Transportation; Studies From C.M. Jeon And Co-researchers Update Current Data On Sustainable Transportation. Transportation Business Journal.
- Anonim, 2015. <https://mesleki hizmetler.csb.gov.tr/yasanabilir-cevre-ve-surdurulebilir-sehirler-icin-bisiklet-yolu-haber-20439> (13.12.2022)
- Anonymous, 2016. Asia-pacific: Asia-pacific Transport Ministers Discuss A Regional Roadmap For Sustainable Transport Connectivity. Asia News Monito. <https://www.unescap.org/news/asia-pacific-transport-ministers-discuss-regional-roadmap-sustainable-transport-connectivity> (11.10.2022)
- Anonim, 2017. <https://www.enerjiportali.com/sera-gazi-nedir/> (13.12.2022)
- Anonim. 2019. <https://www.coya.com/bike/index-2019> (24.05.2022)
- Anonim, 2019a. <https://www.herkesebilimteknoloji.com/haberler/toplum/yoksa-beklenen-nufus-patlamasi-yasanmayacak-mi> (13.12.2022)
- Anonim, 2019b. <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/hava-kirliligi-ekosisteme-olumsuz-etkisi-olan-bir-cevre-sorunudur/1504157> (13.12.2022)
- Anonim, 2019c. <https://yesilekonomi.com/ingilterede-elektrikli-arac-sarj-istasyonu-sayisi-benzin-istasyonunu-gecti/> (13.12.2022)
- Anonim, 2020. <https://www.neoldu.com/nufus-artis-azalis-olumlu-olumsuz-etki-38052h.htm> (13.12.2022)
- Anonim, 2021a. <https://www.paramedya.com.tr/devami/43341/tuik-acikladi-iste-turkiyenin-yeni-nufuu/> (13.12.2022)
- Anonim, 2021b. <https://medium.com/ieee-trsb-pes/elektrikli-ara%C3%A7-%C5%9Farj%C4%B1n%C4%B1n-%C5%9Febekeye-etkisi-ve-ak%C4%B1l%C4%B1-%C5%9Farj-%C3%A7%C3%B6z%C3%BCmleri-b%C3%B6l%C3%BCm-3-3f9c5dcc2289> (13.12.2022)
- Anonymous, 2022a. <https://tr.euronews.com/2022/08/05/avrupada-kisi-basina-kac-arac-dusuyor-turkiyede-durum-ne> (13.12.2022)
- Anonim, 2022b. <https://www.speakeragency.com.tr/blog/surdurulebilir-enerji-kaynaklari-donusumu> (13.12.2022)
- Anonim, 2022c. SGP'ye göre kişi başına GSYH endeks değerleri. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Satinalma-Gucu-Paritesi-2021-45868#:~:text=Avrupa%20Birli%C4%9Fi%20%C4%B0statistik%20Ofisi%20\(Eurostat,AB%20ortalamas%C4%B1n%C4%B1n%20%37%20alt%C4%B1nda%20kald%C4%B1.](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Satinalma-Gucu-Paritesi-2021-45868#:~:text=Avrupa%20Birli%C4%9Fi%20%C4%B0statistik%20Ofisi%20(Eurostat,AB%20ortalamas%C4%B1n%C4%B1n%20%37%20alt%C4%B1nda%20kald%C4%B1.) (26.12.2022)
- Anonim, 2022. <https://www.iqair.com/turkey> (24.05.2022)
- Anonim, 2022. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:fddc99e7-5907-49aa-92c4-610c0801659e/european-green-city-index.pdf> (10.11.2022)
- Arat, G.; Türkeş, M. Saner, E., 2002. Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi - Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli- Uluslararası Sözleşmeler Ön Rapor. Ankara: TÜBİTAK.
- Arslan T., Murat Y., 2011. Kent Ulaşımında Organizasyonel Sorunların Değerlendirilmesi: Antakya Örneği, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(1), 35.
- Avrupa Komisyonu, 1992. Ortak Ulaştırma Politikasının Gelecekteki Gelişimi. Beyaz Kitap. http://aei.pitt.edu/1116/1/future_transport_policy_wp_COM_92_494.pdf (08.04.2021).

- Aydemir, H., 2020. Yapay Zeka Sistemleriyle Türkiye Demiryollarının Enerji Analizi ve Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması Stratejileri ile Ulaştırma Enerji Verimliliği. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aysan M., 1996. Environment Sensitive Urban Transportation, European Regional Science Association 36th European Congress, Switzerland.
- Badiru, A. B., 2010. The Many Languages of Sustainability. *Industrial Engineer*, 42(11), 30-34.
- Ballı, S., 2005. Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Barter, P., 2000, Taking Steps: A Community Action Guide To People Centred, Equitable And Sustainable Transport, Sustainable Transport Action Network For Asia and the Pacific (the SUSTAN Network),1-3.
- Başkaya, Z., Öztürk, B. A., 2012. Tedarikçi Değerlendirme Probleminde Bulanık TOPSIS Algoritması ile Grup Karar Verme ve Karar Vericilerin Bireysel Kararları Arasındaki İlişkiler. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 153-178.
- Batarliene, N., Jarasüniene, A., 2016. Development of Advanced Technologies (AT) in Green Transport Corridors. *Procedia Engineering*, 134, 481-489.
- Bedsworth, L.W., Taylor, M.R., 2007. Learning From California's Zero - Emission Vehicle Program. Public Policy Institute of California, San Francisco. CA, 3 (4), 1e18
- Black, W. R. 2003, Sustainable Transport And Potantial Mobility, *Transportation - A Geographical Analysis*, Newyork, 317.
- BM Yedinci Kentsel ve Bölgesel Araştırma Konferansı, (www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10444.pdf).
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., 2006. The MOORA Method And Its Applications To Privatization In A Transition Economy. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445.
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., 2010. Project management by MULTIMOORA As An Instrument For Transition Economies. *Technological and Economic Development of Economy*, (1), 5-24.
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., 2012. Robustness of MULTIMOORA: A Method For Multi-objective Optimization. *Informatica*, 23(1), 1-25.
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., 2013. Multi-Objective Decision Making With A Large Number of Objectives. An Application For Europe 2020. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 67-69.
- Bramley, G., ve Power, S., 2009. Urban Form And Social Sustainability: The Role Of Density And Housing Type. *Environment and Planning B, Planning and Design*, 36(1), 30-48.
- Broadbuss, A., 2011. Sustainable Transportation: Problems and Solutions By William R. Black And An Introduction To Sustainable Transportation: Policy, Planning, And Implementation By Preston L. Schiller, Eric C. Bruun, And Jeffrey R. Kenworthy. *Berkeley Planning Journal*, 24(1)
- Brundtland Commission, World Commission on Environment and Development, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Oxford University Press, UK.
- Budak, S., 2000. Avrupa Birliği ve Türkiye Çevre Politikası. İstanbul: Böke Yayınları.

- Cavaleri, S., Shabana, K., 2018. Rethinking Sustainability Strategies. *Journal of Strategy and Management*, 11(1), 2-17.
- Cengiz, T. and Kahvecioğlu, C., 2016. Sürdürülebilir Kent Ulaşımında Bisiklet Kullanımının Çanakkale Kent Merkezi Örneğinde İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(02), 55-66.
- Chakraborty, S., 2011. Applications of The MOORA Method For Decision Making In Manufacturing Environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9), 1155-1166.
- Chen, N., Wang, C. H., 2020. Does green transportation promote accessibility for equity in medium-size U.S. cites?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102365.
- Cheng, B.W., Lee, W.C., 2008. Incorporating e-Technology to Advantage in a Greener Taxi Industry and its Impact on Driving Performance and Safety, *Transportation Planning and Technology*, 31(5), 569-588.
- Cirit F., 2014. Sürdürülebilir Kent içi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması, *Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı, Ankara*.
- Cracknell, J.A., 2000. Experience In Urban Traffic Management And Demand Management In Developing Countrie. *World Bank Urban Transport Strategy Review – Background Paper*, Washington D.C.
- Crawford, J.H., 2002. *Carfree Cities*. Utrecht, USA: International Books.
- Cohen A.J., Anderson H.R., Ostro B., Pandey K.D., Krzyzanowski M., Kunzli N., Gutschmidt K., Pope III C.A., Romieu I., Samet J.M., Smith K.R., 2004. Urban air pollution. In: *Comparative Quantification of Health Risks: Global And Regional Burden of Disease Attribution To Selected Major Risk Factors*, Volume 2.
- Çoruh, E., 2017. Ulaştırmanın Ülke Ekonomisi ve Sürdürülebilir Turizm Üzerindeki Bileşik Etkileri. *DOKAP Bölgesi Uluslararası Turizm Sempozyumu*, Trabzon.
- Coşkun, K., Esin, N., 2017. Kentlerde Ulaşım Dönüşümü: Yeşil Ulaşım Altyapısı. *Okan Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü*, 123-134.
- Çevre Bakanlığı., 1993. *Çevre ve Çevre Bakanlığı*, Ankara: Yeşil Seri.
- Daly, H., 1990. Towards Some Operational Principles Of Sustainable Development, *Ecological Economics*, 1-6.
- Deakin, E., 2001. Sustainable development & sustainable transportation: Strategies for economic prosperity, environmental quality, and equity. *St. Louis: Federal Reserve Bank of St Louis*.
- Dey, B., Bairagia, B., Sarkar, B., Sanyal, S., 2012. A MOORA based fuzzy multi-criteria decision making approach for supply chain strategy selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3, 649-662.
- Demir, Z.S., 2011. Sürdürülebilir Ulaşım Bağlamında İstanbul Kent İçi Ulaşımı ve Metrobüs Örneği, *Lisans Bitirme Ödevi, M.S.G.S.Ü. Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul*.
- Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 1995. Yedinci beş yıllık kalkınma planı (1996- 2000). *Ankara: DPT Yayınları*.
- Diler, A., 2006. Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde Doğal Gaz Kullanımının Karbon Dioksit Emisyonlarına Etkileri, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.

- Dissart, J., 2000. Quality Of Life In The Planning Literature, *Journal Of Planning Literature*, 135-161.
- Dowell, P., P.H.D., Victoria-Jaramillo, I., 2017. The Evolving Role of Transportation In Economic Development. *Institute of Transportation Engineers.ITE Journal*, 87(6), 40-43.
- Dymén, C., Henriksson, A., 2009. Spatial Planning And Its Contribution To Climate Friendly And Sustainable Transport Solutions. *Nordregio Working Paper*, İsveç.
- Egeli, G., 1996. Avrupa Birliği ve Türkiye’de Çevre sorunları. Ankara: TÇV Yayını.
- Ekins, P., Simon S., Deutsch L., Folke C., 2003. A framework For The Practical Application of The Concepts of Critical Natural Capital And Strong Sustainability. *Ecological Economics*, 44, 165-185.
- Elam, J., Giltz, L., Spagnola, R., 2012. Green Infrastructure and Transportation Planning To Improve Environmental Outcomes (PPT Presentation). Volpe National Transportation Systems Center, USA, https://www.environment.fhwa.dot.gov/ecological/webinars/webinar_07242012.pdf
- Elker, C., 2002. Ulaşımda Politika ve Pratik. Gölge Ofset Matbaacılık, Ankara, 28-35.
- Engwicht, D., 1993. Reclaiming Our Cities And Towns: Better Living With Less Traffic. The Concept of Accessibility: A search For An Operational Form. *Regional Studies*, 5, 101–107 (New Society Publishers).
- Enver, M. A., Dhir, A., Jabeen, F., Zhang, Q., Siddiquei, A. N., 2022. Unconventional Green Transport Innovations in The Post-COVID-19 Era. A Trade-off Between Green Actions And Personal Health Protection. *Journal of Business Research*, 155,113442.
- Erben, B., 2019. Sürdürülebilir Ulaşımın Bisikletin Önemi ve Gebze Teknik Üniversitesinde Bisiklet Alanı Konumlandırılması. Yüksek Lisans Tezi, GTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eriçok, S. D., 2012. İstanbul’un Sürdürülebilir Ulaşım Hedefleri Kapsamında, Özel Otomobil ve Metrobüs Sistemi Araçlarının Seyir Çevrimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erim, R., 2000. Çevre ile İlgili Hukuksal Düzenlemeler. Türkiye’de Çevrenin ve Çevre Korumanın Tarihi Sempozyumu. 177, 179-180.
- Ersöz, F., Kabak, M., 2010. Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Eryiğit, S., 2012, Sürdürülebilir Ulaşımın Sosyal Boyutunda Bisikletin Yeri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 85.
- Evren, R., 1992. Yönetimde Karar Verme. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Gadakh, V. S., 2011. Apl-plication of Moora Method For Parametric Potimization of Milling Process. *İnternational Journal of Applied Engineering Research*, Dindigul, 1(4), 743-758.
- Gedik, Y., 2020. Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma. *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, 3(3), 197-215.
- Geng, J., Long, R., Birhane, G.E., Yang, L., Zhu, J., 2020. Drivers’ Intentions Toward Green Transport in China: Understanding Associations Between Demographic And Policy Factors. *Resources, Conservation an Recycling*, 161, 104981.

- Gezen, A. F., 2015. İnşaat Sektöründe Sürdürülebilir Kent Yaşamı ve Karayollarında Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gilbert, R., Tanguay, H., 2000. Sustainable Transportation Performance Indicators Project. The Centre for Sustainable Transportation. www.cstctd.org.
- Goodland, R., 2002. Sustainability: Human, Social, Economic And Environmental. Encyclopedia of Global Environmental Change. U.S.A. John Wiley & Sons.
- Gökdayı, İ., 1995. Çevre Sorunlarının Geleceği ve Sorunların Çözümünde İzlenebilecek Dünya ve Türkiye Ölçekli Politikalar, SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Gray, C., A.I.C.P., Rashid, S., Walters, J., Luo, A., 2011. Sustainable Transportation Around The Pacific Rim. Planning, 77(6), 32-35.
- Gültaş P., Yücel M., 2015. Yeşil lojistik: Yeşil ulaşım hizmetleri Malatya Büyükşehir Belediyesi örneği. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 6(2), 70-83.
- Gündem 21 (http://www.zeytinburnu-bld.gov.tr/varliklar/Turkce/download/pdf/yerel_kalkinma/1_gundem_21_nedir.doc).
- Gündem 21 nedir? (www.la21.turkey.net 2006).
- Hamurcu, M., Eren, T., 2018. Kent İçi Ulaşım İçin Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi İle Proje Seçimi. Engineering Science, 13(3), 217-228.
- Hansen W.G., 1959. How Accessibility Shapes Land Use. Journal of the American Planning Association (JAPA), 25:2, 73-76.
- Hsiao H., Chan Y.C., Chiang C.H. and Tzeng G.H., 2005. Fuzzy AHP And TOPSIS For Selecting Low Pollutant Emission Bus Systems. In: 28th IAEE International Conference. Taipei, Taiwan, pp. 1-19.
- Huertas, J. I., Stöffler, S., Fernandez, T., Garcia, X., Castaneda, R., Guevara O. S., Mogro A. E., Alvarado D. A., 2021. Methodology to Asses Sustainable Mobility in Latam Cities. Applied Sciences, 11, 9592.
- Hussein, B. B. A.; Alwan, K. H.; Fleehe, M. K., 2019. Urban Transport and Growth: Dynamic Indicators in Diwanayah City. Materials Science and Engineering, 518, 1-13.
- Hussain. Z., Xia, Z., Li, J., 2022. Estimating Sustainable Transport Efficiency And Socioeconomic Factors: Application of Non-parametric Approach. Transportation Letters, 14(6).
- Illich, I., 1992. Enerji ve Eşitlik, İz Yayıncılık, İstanbul.
- International Association of Public Transport Türkiye (UITP Türkiye), 2007. Kentsel Ulaşım ve trafik Sıkışıklığı Ücretlendirmesi.
- IUCN, UNEP ve WWF, 1991. Caring For the Earth: A Strategy for Sustainable Living, Gland, Switzerland.
- İstanbul Kültür Vakfı [İKV], 1998. Avrupa Birliği ve Türkiye'nin çevre politikalarının karşılaştırmalı incelemesi. İstanbul: İKV.
- Jacques, P., 2014. Sustainability: The Basics. Routledge ISBN-10: 9780415608480.
- Jiang, Z., Chen, Y., Li, X., Li, B., 2021. A Heuristic Optimization Approach For Multi-vehicle And One-cargo Green Transportation Scheduling In Shipbuilding. Advanced Engineering Informatics, 49, 101306.

- Kager, R., Harms, L., 2017. Synergies From Improved Bicycle-transit Integration: Towards An Integrated Urban Mobility System. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).
- Kaplan, H., Kaynak, Z., 2011. Kent İçi Yeşil Ulaşım Tür ve Düzenlemeleri: Yerel Yönetimlerin Yetki ve Sorumlulukları Yönünden Bir İrdeleme. Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul.
- Karaca, T., 2011. Proje Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Kritik Yolun Belirlenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ., 2017. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayını, Sayı 197.
- Keiner, M., 2005. History, Definition(s) and Models of Sustainable Development, ETH Zurich, 1-8.
- Keleş, R., Yılmaz, M., 2004. Sürdürülebilir Konut Tasarımı ve Doğal Çevre. <http://www.tarihikentlerbirligi.org/icerik/yerelkimlikdetay.asp?sayi=13&makale=76>.
- Khafian, N., 2013. The Efforts of Handling Transportation Problems in Dki Jakarta Through Sustainable Transportation Policy. Bisnis - Birokrasi, 20(3), 179-185.
- Knoflach, H., Ocalır, E., V., 2011, Sürdürülebilir Ulaşım Kavramı Üzerine Tartışmalar, İnşaat Mühendisleri Odası 9. Ulaştırma Kongresi, TMH-468-2011/4, 51-57.
- Korkmaz, F., 2021. Üniversite Yerleşkelerinde Sürdürülebilir Ulaşım ve Bisiklet Yollarının Planlanması: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.
- Koçak, A., 2003. Yazılım Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı ve Bir Uygulama, Ege Akademik Bakış, 3(1), 67-77.
- KTH Royal Institute of Technology, 2018. Economic Sustainability, <https://www.kth.se/en/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekonomisk-hallbarhet-1.431976>, Erişim Tarihi: 08.14.2020
- Kumbaroğlu G., Arıkan Y., 2009. Farkındalık ve Fark Yaratmak: Türkiye’nin CO₂ Salımları. Açık Toplum Vakfı Yayını, İstanbul.
- Lien, J., 2006. Integrating Strategic Environmental Assessment Into Transport Planning, Griffith University Environment, Science, Engineering And Technology Group, Doktora Tezi, Avustralya. <http://www4.gu.edu.au:8080/adt-root/uploads/approved/adt-QGU20070813.155624/public/02Whole.pdf>
- Litman, T., Burwell, D., 2006. Issues In Sustainable Transportation, International Journal Of Global Environmental Issues, 6(4), 331-347.
- Litman, T., 2007. Well Measured, Developing Indicators For Comprehensive And Sustainable Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute, Canada.
- Litman, T., 2011, Sustainability and Livability. Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T., 2015. Well Measured: Developing Indicators for Sustainable And Livable Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute, 32.
- Littig, B., Grießler, E., 2005. Social Sustainability: A Catchword Between Political Pragmatism And Social Theory. International Journal of Sustainable Development 8(1-2): 65-79.

- Luukkanen, J., Jari Kaivo-oja, Vähäkari, N., O'Mahony, T., Korkeakoski, M., Juha Panula-Ontto, Anh, N. Q., 2019. Resource Efficiency And Green Economic Sustainability Transition Evaluation of Green Growth Productivity Gap And Governance Challenges In Cambodia. *Sustainable Development*, 27(3), 312-320.
- Magnolini, G. C., Bonanni, L. A., Khalaf, R., Fox, M., 2001. Designing a DNA for Responsive Architecture: A New Built Environment for Social Sustainability, online: http://iterations.com/protected/download_files/dna_archtect.pdf
- Makarova, I., Paşkeviç, A., Shubenkova, K., 2017. Ensuring Sustainability of Public Transport System Through Rational Management. *Procedia Engineering*, 178, 137-146.
- Mandal, U. K., Sarkar, B., 2012. Selection of Best Intelligent Manufacturing System (Ims) Under Fuzzy Moora Conflicting Mcdm Environment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(9), 301-310.
- Manders, T., Cox, R., Wiecezorek, A., Verbang, G., 2020. The Ultimate Smart Mobility Combination For Sustainable Transport? A Case Study on Shared Electric Automated Mobility Initiatives in the Netherlands. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, 100129.
- McDonagh, S., Deane, P., Rajendran, K., Murphy, J. D., 2019. Are Electrofuels A Sustainable Transport Fuel? Analysis of the Effect of Controls on Carbon, Curtailment, And Cost of Hydrogen. *Applied Energy*, 247, 716-730.
- Meadows, D. H., Meadows, D., 1972. *Limits To Growth*, Report To The Club of Rome, New York: Universe Books, Milet.
- Menteş, G., 1977. Kentsel Ulaşımda Çevre Sorunları - Özellikle Hava Kirlenmesi ve Gürültü, Kentsel Ulaşım Teknikleri Semineri Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Menteşe, S., 2017. Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği: Teorik Bir inceleme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(53), 381-389.
- Mees, W., 1992. Understanding Sustainability, in Bernd Hamm et al. (eds.) *Sustainable Development And The Future Of Cities*, Centre For European Studies, Universitat Trier, Germany, 32.
- Minibaş, T., 2003. *Sürdürülebilir Kalkınma ve Etkileri*. Ankara: Tübitak
- Moldan, B., Janousková, S., Hak, T. (2012). How To Understand And Measure Environmental Sustainability: Indicators And Targets, *Ecological Indicators*, Vol:17, 4-13.
- Morelli, J., 2011. Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals, *Journal of Environmental Sustainability*, Vol: 1(1), Article 2, 1-10.
- Morfoulaki, M. and Papathanasiou, J., 2021. Use of the Sustainable Mobility Efficiency Index (SMEI) for Enhancing the Sustainable Urban Mobility in Greek Cities. *Sustainability*, 13, 1709.
- Naumann, S., Davis, M., Kaphengst, T., Pieterse M., Rayment M., 2011. Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report. Brussels: European Commission.
- Nemli, E., 2003. *Sürdürülebilir Gelişme: Ekonomi ile Çevre Arasındaki Denge*. <http://www.kalder.org/genel/Esra%20Nemli%20Oturum%205E%20Windows%20XP.ppt>

- Newman, P., Kenworthy, J., 1999. Sustainability and Cities, Overcoming Automobile Dependence. Washington: Island Press, 1-9.
- Newman, P., Kenworthy, J., 2000. Sustainable Urban Form: The Big Picture. In K. Williams, E. Burton, M. Jenks, Achieving Sustainable Urban, London and New York: E & FN Spon. 109-120.
- Njoroge, M., Anderson, W., Mbura, O., 2019. Innovation Strategy And Economic Sustainability In The Hospitality Industry, The Bottom Line, Vol: 32 (4), 253-268.
- OECD, 2008. Sustainable Development Linking Economy, Society, Environment. Paris.
- Okumus, K., 2002. Turkey's Environment. Hungary: REC-CEE.
- Olawumi Timothy O., Chan Daniel W.M, 2018. A Scientometric Review of Global Research on Sustainability And Sustainable Development. Journal of Cleaner Production 183 , 231-250.
- Oxford University., 2010. Oxford Dictionary of English (Third Edition). Oxford: OUP.
- Öymen, G., Ömeroğlu, M., 2020. Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Rolü. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19(39), 1069-1087.
- Özbek, A., 2019. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü-Kavram Teori Uygulama. Seçkin Teknik Yayınları, 365 s., Ankara.
- Özbek, A., Eren, T., 2013. Üçüncü Parti Lojistik (3pl) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) Belirlenmesi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 5(2), 46-54.
- Özdemir, T., Kiraz, E. D., Yıldırım, B., 2021. İklim Değişikliği ile Mücadelede Düşük Karbonlu Ulaşım Sistemlerine Geçiş Uygulamaları. Climate and Health Journal, 1(2), 47-57.
- Özmehmet, E., 2008. Dünyada ve Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları, Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 3(12), 1853-1876.
- Öztürk, E.A., 2017. Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Endeksi, Transist 2017 Bildiri Kitabı, 18-24.
- Patil A., Herder P., Brown K. 2010. Investment Decision Making For Alternative Fuel Public Transport Buses: The Case of Brisbane Transport. Journal of Public Transportation, 13(2), 6.
- PR Newswire; New York [New York], 2019. Gotcha Launches First Campus Bike Share System for Augusta University: JagRide Bike Share to launch mid-January.
- Rassafi, A. A., Vaziri, M., 2007. Assessment of Modal Transportation Sustainability: Application of Data Envelopment and Concordance Analyses. Iranian Journal of Science and Technology, 31, 179-193.
- Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., 1986. Axiomatic Foundations of The AHP. Management Science 32, pp. 841-855
- Saaty, T. L., 2000. Fundamentals of Decision Making And Priority Theory With The Analytic Hierarchy Process (Vol. 6). Rws Publications.
- Saaty, T. L., 2008. Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. Int. J. Services Sci., 1, 83-86.
- Sach, J. D., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., Woelm, F., 2021. Sustainable Development Report. UK.

- Schilleman, Bethany, P Eng; Gough, Jim, PENG, 2012. Sustainability in Your Words. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal; Washington. Vol. 82, Iss. 5, 20-24.
- Schiller, P.L., et al., 2010. An Introduction to Sustainable Transportation Policy, Planning and Implementation, Published by Earthscan, London, 1-8.
- Serban, S. D. 2002. REC Türkiye'ye Açılıyor: Fizibilite Çalışması ve Başlangıç Planı. Macaristan: Avrupa Komisyonu, Çevre Genel Müdürlüğü Orta ve Doğu Avrupa Bölgesel Çevre Merkezi.
- Servantie, D., 2014. Geçmişten Geleceğe AB Ulaştırma Politikası. İKV, 101: Kasım.
- Seyhan, G., Yılmaz, B. S., 2010. Sürdürülebilir Turizm Kapsamında Konaklama İşletmelerinde Yeşil Pazarlama: CALISTA LUXURY RESORT HOTEL. Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 11(1), 51-74.
- Shah, K. J., Pan, S.Y., Kim, H., You, Z., Zheng, J. M., Chiang, P. C., 2021. Green Transportation For Sustainability: Review of Current Barriers, Strategies, and Innovative Technologies. Journal of Cleaner Production, 326, 129392.
- Singhal, N.; Gupta, H., 2016. Environment Sustainability Drivers in Indian Business Schools. IPE Journal of Management, 6(1), 34-45.
- Solovieva, A., Litvinova, T., Litvinov, A., 2022. Green Transport As A Tool For Improving The Quality of Life of The Kuban Population. Transportation Research Procedia, 63, 2914-2920.
- Sofuoğlu, A., 2003. Hava Kirliliği. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü. İzmir.
- Sofo, J. J., Cantillo, V., Arellona, J., 2021. Market Segmentation for Incentivising Sustainable Transport Policies. Transportation Research Part D, 99, 103013.
- Sutcliffe, B.E., 2012. Raylı Sistemlerin Kent İçi Ulaşımdaki Rolü. 3. Yeşil Ekonomi Konferansı, İstanbul, 23-32.
- Süt, N. İ., Hamurcu, M., Eren, T., 2019. Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması: Ring Araçlarının Seçimi için Bir Karar Verme Süreci. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(1), 9-21.
- Tao, H., Wang, J., Yaseen, Z. M., Muhammed, M.N., Zain, J.M., 2021. Shrewd Vehicle Framework Model With A Streamlined Informed Approach For Green Transportation in Smart Cities. Environmental Impact Assessment Review, 87, 106542.
- TDM Encyclopedia, 2007. Sustainable Transportation And Tdm, Planning That Balances Economic, Social And Ecological Objectives. Victoria Transport Policy Institute.
- The Centre for Sustainable Transportation (The Centre ST), 2002. Definition and Vision of Sustainable Transportation.
- Todorovic, M., Simic, M., 2019. Feasibility Study on Green Transportation. Energy Procedia, 160, 534-541.
- Topçu, Y., 2000. Çok Kriterli Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul.
- Torunoğlu, E., 2003. Tübitak Vizyon 2023: Panel İçin Notlar: Sürdürülebilir Kalkınma Paradigması Üzerine Ön Notlar. Ankara: Tübitak.
- Triantaphyllou, E., 2000. Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Tuğaç, Ç., 2022. İklim Değişikliği ve Kentsel Dirençlilik Bağlamında Yeşil Ulaşım. İdealkent Dergisi, 13(36), 545-575.

- Tuğcu, Can T., 2006. Çevre Ekonomisine Teorik Bir Yaklaşım: Sürdürülebilirlik Kavramının Üretim Fonksiyonuna Dâhil Edilebilirliği, (<http://www.geocities.com/ceteristr/ttugcu3.doc> 2006).
- Turanlı, M., Köse, A., 2005. Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi ile Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(7), 19-39.
- TÜBİTAK., 2002. Sürdürülebilir Kalkınma için Bilgi ve İletişim Çalıştayı. Ankara: TÜBİTAK-MAM ESÇAE Yayını.
- Tzeng G.H., Lin C.W. and Opricovic S., 2005. Multi-criteria Analysis of Alternative-fuel Buses For Public Transportation. Energy Policy, 33(11), 1373-1383.
- UN, 2002. Report of the World Summit on Sustainable Development, (http://www.un.org/jsummit/html/documents/summit_docs.html).
- UNEP, 1972. Declaration on the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm (<http://www.unep.org>).
- United Nations, 1996. Second International Conference on Human Settlements (Habitat II). Istanbul: UN.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), 2012. Shanghai Manual: A Guide for Sustainable Urban Development in the 21st Century.
- Üstündağ, K., 2002. İnsan Merkezli Bütünleşik Kentsel Ulaşım Planlama Modeli, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Vahdani B., Zandieh M. and Tavakkoli-Moghaddam T., 2011. Two Novel FMCDM Methods For Alternative-fuel Buses Selection. Applied Mathematical Modelling, 35(3), 1396-1412.
- Vallance, S., Perkins, H. ve Dixon, J., 2011. What Is Social Sustainability? A Clarification Of Concepts, Geoforum, 42, 342-348.
- Velazquez, L., Munguia, N. E., Will, M., Zavala, A. G., Verdugo, S. P., Delakowitz, B., & Giannetti, B., 2015. Sustainable transportation strategies for decoupling road vehicle transport and carbon dioxide emissions. Management of Environmental Quality, 26(3), 373-388.
- Vuchic, V. R., 1981. Urban Public Transportation: Systems and Technology. University of Michigan, 673, USA.
- Vuchic, V.R., 2000. Transportation For Livable Cities, Center For Urban Policy Research Pres, Rutgers University, 2. Basım, Newjersey.
- Ward, T., 2010. Shell addresses sustainable transport. Global Refining & Fuels Report, 14(11), 13-14.
- WCED, 1987. Our Common Future, Brundtland Report, Oxford-New York: Oxford University Press.
- WHO, 2004. online: www.who.int/whr/2004/en/ - 19k, ziyaret tarihi: 12.10.2022
- World Summit on Sustainable Development [WSSD]., 2002. World Summit on Sustainable Development implementation report. Johannesburg: WSSD.
- Yavuz, B., 2016. Sürdürülebilir Ulaşım Kapsamında Bisiklet Ulaşımının İzmir Bornova İlçesinde İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Yalınız, P., Bilgiç, Ş., 2007. “Eskişehir Kent Merkezinde ‘Park Et ve Bin’ Uygulamasının Sürdürülebilir Ulaştırma Bağlamında Değerlendirilmesi” 7. Ulaştırma Kongresi, 461-470.
- Yıldıztekin, H., 2016. Kentiçi Sürdürülebilir Ulaşım Modelleri İçerisinde Raylı Sistemler ve Ankara Banliyösü Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zopounidis, C., 1999. Multicriteria Decision Aid in Financial Management. European Journal of Operational Research, 119(2), 404-415.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Merve EYÜBOĞLU
Eğitim	
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği (2018)
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ulaştırma Bilim Dalı (Halen devam etmektedir)