



**KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ: ANKARA
ÇAYYOLU METROSU ÖRNEĞİ**

Hilal TULAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2020

Hilal TULAN tarafından hazırlanan “KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ: ANKARA ÇAYYOLU METROSU ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL

Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Bilge ARMATLI KÖROĞLU

Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Ela BABALIK

Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 07/12/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Cevriye GENCER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hilal TULAN

07/12/2020

KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ: ANKARA ÇAYYOLU METROSU ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hilal TULAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2020

ÖZET

İklim değişikliği açısından en önemli etken olan karbondioksit gazının atmosfere salımında ulaşım sektörünün payı dünya genelinde %24, tüketilen enerjideki payı ise %36 olup bu payda sürekli bir artış söz konusudur. Türkiye’de kent içi ulaşımın yaklaşık %90’ı karayolundan sağlanmakta olup lastik tekerlekli araçların kullanımındaki bu hızlı artış birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Yolculuk talebinde artış yaşanan alanlara yeni yollar yapılması taşıt trafiğini arttırmakta, yolculuk süreleri uzamakta, dur-kalk nedeniyle CO₂ salımı ve enerji tüketimi daha da artmaktadır. Bu problemi çözmek için yeni yollar, katlı kavşaklar yapılmakta olup tekrar aynı sorunlar yaşanmakta aynı çözümler uygulanarak bu durum bir kısır döngü halini almaktadır. Bu çalışmada kent içi raylı sistemin çevresel etkisini analiz etmek amacıyla yolculuk türel dağılımı, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi unsurları üzerinden bir metodoloji geliştirilmiştir. Metodoloji; Çayyolu Bölgesi’ne hizmet veren otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)’na uygulanmıştır. Bulguların sonucuna göre metro kullanımının önce ve sonrasında kent içi raylı sistemin çevre kalitesi ve enerji tüketimine etkileri belirlenmiştir. Çalışmada, 2014 yılında Ankara Metrosu (M2)’nin; hizmete açılması ve bölgeye hizmet veren EGO otobüsleri ile entegrasyonunun sağlanmasının lastik tekerlekli ulaşım türleri kaynaklı çevresel zararların önüne geçtiği elde edilen bulgularla saptanmıştır. Çalışma kapsamında 3 ayrı senaryo geliştirilerek raylı sistemin yolculuk türel dağılımı payındaki artışının; ulaşım kaynaklı çevre kirliliği, enerji tüketimi, trafik sıkışıklığı ve artan yolculuk sürelerinin azalmasındaki etkisi ortaya konulmuştur. Ulaşım kaynaklı çevresel zararların önüne geçilebilmesi için raylı sistem kullanımını arttırıcı çözüm önerileri sunulmuştur.

Bilim Kodu : 80211

Anahtar Kelimeler : Kentiçi raylı sistem, sera gazı salımı, enerji tüketimi, Ankara Metrosu (M2)

Sayfa Adedi : 129

Danışman : Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF INNER-CITY RAIL SYSTEMS: EXAMPLE OF
ANKARA ÇAYYOLU SUBWAY

(M. Sc. Thesis)

Hilal TULAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2020

ABSTRACT

The share of transportation sector, which is the leading factor in terms of climate change, in the CO₂ emission is 24% across the world, and in consumed energy, it is 36% and on the steady increase. About 90% of urban transportation in Turkey is provided by land. The heavy increase in the usage of rubber-wheeled vehicles brings along many problems. Building new roads in fields where demand for travelling is on the rise cause increase in vehicle traffic. Thus, journey time extends and depending on stop-and-go carbon dioxide emission and energy consumption increase further. In order to solve this problem, new roads and stack interchanges are built, yet same problems arise repeatedly. Methodology is developed through typical journey distribution, CO₂ emission and energy consumption factors. Methodology is applied on Çayyolu and EGO bus routes along with Çayyolu subway. According to results, the impact of inner-city rail system on environmental quality and energy consumption is determined before and after subway usage. Our findings show that opening of Çayyolu subway in 2014 and the integration of subway with EGO bus lines in the zone decrease the environmental damage arising from rubber-wheeled vehicles. Within the study, three scenarios have been developed in order to present the impact of increase of rail system in the share of typical travelling distribution on environmental pollution due to transportation as well as decrease in traffic jam and journey time. In order to avert environmental damages due to transportation, solution recommendations for enhancing railway system usage are offered.

Science Code : 80211

Key Words : Inner-city rail system, carbon dioxide emission, energy consumption,
Çayyolu subway

Page Number : 129

Supervisor : Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez hazırlama sürecinde bilgi, görüş, öneri ve rehberliğini benden esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL'a, tez çalışmasında gerekli verilerin elde edilmesi ve yorumlanmasında başta Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı Ulaşım Şube Müdürü sayın Fuat VURAL olmak üzere; EGO Genel Müdürlüğü'ne ve personeline, beni her daim maddi manevi destekleyen değerli aileme, yüksek lisans eğitim sürecimin her anında desteğini ve sevgisini esirgemeyen değerli Mücahit Mert IŞILDAR'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
HARİTALARIN LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE SERA GAZI SALIMLARI, ENERJİ KULLANIMINA BAĞLI YAKIT TÜKETİMİ	11
3. ULAŞIMIN ÇEVRE KALİTESİNE ETKİSİ	19
3.1. Motorlu Araç Kullanımının Getirdiği Sorunlar	23
3.1.1. Hava kirliliği	25
3.1.2. Küresel atmosfer etkileri	25
3.1.3. Kentsel alanın verimsiz kullanımı	26
3.1.4. Trafik sıkışıklığı	26
3.1.5. Mobilite seviyesi	26
3.1.6. Sınırlı petrol rezervleri	27
3.2. Kent İçi Ulaşım Türlerinin Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması	28
3.2.1. Hava kirliliği	28
3.2.2. Alan kullanımı	30
3.2.3. Enerji tüketimi	31
3.2.4. Tıkanıklık yönünden	32
3.2.5. Kapasite	33
3.2.6. İşletme maliyeti	34

4. ANKARA’DA KENT İÇİ ULAŞIM TÜRLERİ.....	37
4.1. Ankara Kent İçi Ulaşımında Kullanılan Araç Türleri.....	40
4.1.1. Lastik tekerlekli toplu ulaşım türleri.....	40
4.1.2. Raylı sistem toplu ulaşım türleri.....	42
4.2. Ankara’da Kent içi Ulaşımın Mevcut Durumu.....	49
5. KIZILAY – ÇAYYOLU HATTINDA KENT İÇİ ULAŞIM TÜRLERİ.....	53
5.1. Çayyolu Bölgesi.....	53
5.2. Çayyolu Bölgesine Hizmet Veren Toplu Taşıma Sistemleri.....	56
5.2.1. Ankara Metrosu (M2).....	56
5.2.2. EGO otobüsleri.....	60
5.2.3. Aktarma merkezleri.....	63
6. METODOLOJİ.....	71
7. ÖRNEK ALAN ÇALIŞMASI: KIZILAY- ÇAYYOLU HATTINDAKİ ULAŞIM TÜRLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	85
7.1.Çevresel Etkilerin Analizi.....	85
7.1.1. Türel dağılım.....	85
7.1.2. CO2 emisyonu.....	91
7.1.3. Enerji tüketimi.....	96
8. ÇALIŞMA ALANINDA RAYLI SİSTEM KULLANIMININ ÇEVRESEL ETKİLERİ İÇİN OLASI SENARYOLAR.....	101
8.1. Senaryo 1.....	101
8.2. Senaryo 2.....	106
8.3. Senaryo 3.....	110
8.4. Ara Değerlendirme.....	114
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	129

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Yük taşımacılığı için hava kirletici ve CO ₂ emisyonları (gr / yolcu-km)	21
Çizelge 3.2. Yolcu taşımacılığı için hava kirletici ve CO ₂ emisyonları (gr / yolcu-km) ...	21
Çizelge 3.3. Uçuş sırasındaki emisyonlar (gr emisyon/kg yakıt)	23
Çizelge 3.4. Motorlu taşıtların yarattıkları CO ₂ salımları (gram/taşıt-km)	29
Çizelge 3.5. Kent içi ulaşım sistemlerinin enerji tüketimleri	32
Çizelge 3.6. Kent içi ulaşım sistemlerine yolcu kapasiteleri.....	34
Çizelge 3.7. Toplu taşıma sistemlerinde işletme maliyeti (ABD cent 1993)	34
Çizelge 4.1. Ankara kent içi EGO otobüsü yolcu sayılarının yıllara göre dağılımı	40
Çizelge 4.2. Ankara Metroları (M1,M2,M3,M4) ve Ankaray'ın güzergah özellikleri	45
Çizelge 4.3. Ankara raylı sistem verileri	46
Çizelge 4.4. Ankara raylı sistem hatlarına ilişkin 2017 yılı sayısal verileri	47
Çizelge 4.5. Ankara raylı sistem hatlarında yıllara göre taşınan yolcu sayıları	47
Çizelge 4.6. Ankara banliyösünde yıllara göre taşınan yolcu sayıları	48
Çizelge 4.7. Teleferik hattına ilişkin sayısal veriler	49
Çizelge 4.8. Ankara 2018 yılı kent içi ulaşım türel dağılımı	50
Çizelge 5.1. Çayyolu Bölgesi'nde bulunan mahallelerin nüfus büyüklükleri	53
Çizelge 5.2. Ankara Metrosu (M2) istasyon bazında binen günlük yolcu sayısı	58
Çizelge 5.3. Ankara Metrosu (M2) sistem ve teknik özellikleri	58
Çizelge 5.4. Ankara Metrosu (M2) ilişkin sayısal veriler	59
Çizelge 5.5. Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi'nde bulunan istasyonlar bazında binen günlük yolcu sayısı	59
Çizelge 5.6. Kızılay-Çayyolu hattı EGO otobüsleri günlük yolcu sayıları karşılaştırması	61
Çizelge 5.7. Çayyolu Bölgesi'ne hizmet veren otobüs hatlarına ilişkin 2018 yılına ait veriler	63

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.8. Ümitköy İstasyonu'nda aktarma yapan yolcu sayısı	65
Çizelge 5.9. Koru İstasyonu'na aktarma yapan yolcu sayısı	68
Çizelge 6.1. 2004 yılına ait Koru Sitesi otomobil verileri	74
Çizelge 6.2. Çayyolu Bölgesi otomobil kullanımını belirlemek için hesaplamada yer alacak veri seti	75
Çizelge 6.3. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarına ilişkin otomobil kullanımı verileri için hesaplama yöntemi	76
Çizelge 6.4. Ümitköy-Çayyolu-Koru Metro İstasyonlarına ilişkin yolculuk durumu	77
Çizelge 6.5. Çayyolu Bölgesi metro kullanıcılarının belirlenmesinde kullanılacak veri seti	77
Çizelge 6.6. 2018 yılı Ümitköy, Çayyolu ve Koru Metro İstasyonlarının günlük yolcu sayıları	78
Çizelge 6.7. Yakıt türü benzin olan farklı otomobil markalarının km başına CO ₂ değerleri	79
Çizelge 6.8. Yakıt türü dizel olan farklı otomobil markalarının km başına CO ₂ değerleri	80
Çizelge 6.9. Enerji tüketimi belirleyicileri	81
Çizelge 7.1. Çayyolu-Kızılay arası otomobille yolculuk mesafeleri	87
Çizelge 7.2. Çayyolu-Kızılay hattı EGO otobüsleriyle yolculuk mesafeleri	88
Çizelge 7.3. Çayyolu Bölgesi'nde 2014 ve 2018 yıllarına ait türel dağılım belirleyicilerinin karşılaştırılması	89
Çizelge 7.4. Yakıt türü doğalgaz ve dizel olan otobüsün km başına yakıt tüketimi ve CO ₂ değeri	91
Çizelge 7.5. Metronun km başına yakıt tüketimi ve CO ₂ değeri	91
Çizelge 7.6. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarına ait otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)'na ilişkin CO ₂ emisyonu verileri	92
Çizelge 7.7. Otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) enerji tüketim değerleri	96
Çizelge 8.1. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 1'e göre yolculuk durumu	103

Çizelge	Sayfa
Çizelge 8.2. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 1'in CO ₂ emisyonu karşılaştırması	105
Çizelge 8.3. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 1'in enerji tüketimi karşılaştırması	106
Çizelge 8.4. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 2'ye göre yolculuk durumu	107
Çizelge 8.5. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 2'nin CO ₂ emisyonu karşılaştırması	108
Çizelge 8.6. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 2'nin enerji tüketimi karşılaştırması	110
Çizelge 8.7. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 3'e göre yolculuk durumu	111
Çizelge 8.8. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 3'ün CO ₂ emisyonu karşılaştırması	112
Çizelge 8.9. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 3'ün enerji tüketimi karşılaştırması	113
Çizelge 8.10. Çayyolu Bölgesi ulaşımında mevcut durum ve senaryoların karşılaştırması.....	115

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Dünyada sera gazlarının dağılım oranları	11
Şekil 2.2. Enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranı	12
Şekil 2.3. Enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı	13
Şekil 2.4 Yakıta bağlı CO ₂ emisyonu dağılımı	13
Şekil 2.5. CO ₂ emisyonunun sektörel dağılım oranı	14
Şekil 2.6. Türkiye'de sera gazlarının dağılım oranları	15
Şekil 2.7. Türkiye'de enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranları	15
Şekil 2.8. Türkiye'de enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı	16
Şekil 2.9. Türkiye'de yakıta bağlı CO ₂ emisyonu dağılımı	16
Şekil 2.10. Türkiye'de CO ₂ emisyonunun sektörel dağılımı	17
Şekil 3.1. Ulaştırma alt sistemlerinin ortalama yakıt tüketimi ve CO ₂ emisyonları	20
Şekil 4.1. Ankara'da 2012-2018 yıllarına ait nüfus ve otomobil değerleri	38
Şekil 4.2. Ankara, İstanbul ve İzmir kentlerinde 1000 kişiye düşen otomobil sahipliliğinin yıllara göre dağılımı	38
Şekil 4.3. Ankara'da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı	39
Şekil 4.4. Ankara raylı sistemlerinde 2017 yılı günlük ortalama yolcu sayısı	48
Şekil 4.5. Ankara'da 2018 yılı işgünü yolculuk türel dağılımı	51
Şekil 4.6. Ankara'da 2018 yılı işgünü yolculuk türel dağılımı	51
Şekil 4.7. Ankara'da 2018 yılı işgünü toplu taşıma yolculuk türel dağılımı	52
Şekil 5.1. Ankara ve Çayyolu Bölgesi'nin 2014-2018 yıllarına ait nüfus büyüklükleri	55
Şekil 5.2. Ümitköy Metro İstasyonu konumu	64
Şekil 5.3. Ümitköy Metro İstasyonu yolculuk dağılımı	66
Şekil 5.4. Koru Metro İstasyonu konumu	67

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Koru İstasyonu yolculuk dağılımı	69
Şekil 6.1. Ümitköy-Çayyolu-Koru Metro İstasyonlarının yolculuk durumu	78
Şekil 6.2. 2018 yılı Viyana ulaşım türel dağılımı (%)	82
Şekil 7.1. Ankara’da yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	85
Şekil 7.2. 2004-2018 yılları arasında Ankara’da 1000 kişiye düşen otomobil sayısının değişim oranı (%)	86
Şekil 7.3. Çayyolu Bölgesi’nde yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	86
Şekil 7.4. Ankara ve Çayyolu Bölgesi belirli yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı.....	87
Şekil 7.5. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımı	90
Şekil 7.6. Çayyolu Bölgesi’nde 2014 ve 2018 yılı 1 iş gününde ulaşım türlerinin CO2 salımı dağılımı	94
Şekil 7.7. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yılı 1 iş gününde ulaşım türlerinin yolcu başına toplam CO2 salımları	94
Şekil 7. 8. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 günde ulaşım kaynaklı CO2 salımı şeması.....	95
Şekil 7.9. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi ulaşım kaynaklı 1 iş gününde enerji tüketimi dağılımları	98
Şekil 7.10. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde yolcu başına toplam enerji tüketimi (MJ)	98
Şekil 7.11. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi’ndeki ulaşım türlerinin koltuk-km başına enerji tüketimi (MJ/koltuk-km).....	99
Şekil 7.12. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi’ndeki ulaşım türlerinin yolcu-km başına enerji tüketimi (MJ).....	100
Şekil 8.1. Çayyolu Bölgesi 2030 yılı nüfusu	102
Şekil 8.2. Çayyolu Bölgesi 2004-2030 yılları arasında 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	102
Şekil 8.3. Çayyolu Bölgesi 2014, 2018 ve 2030 yıllarına ait yolculuk üretimi	103
Şekil 8.4. Çayyolu Bölgesi ulaşımında mevcut durum ve senaryoların CO ₂ salımı karşılaştırması (ton).....	115

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. M1 (Kızılay-Batıkent) metro hattı	42
Harita 4.2. M2 (Kızılay-Çayyolu) metro hattı	43
Harita 4.3. M3 (Batıkent-Sincan) metro hattı	44
Harita 4.4. M4 (Keçiören-Atatürk Kültür Merkezi) metro hattı	44
Harita 4.5. Ankaray (Dikimevi-AŞTİ) raylı toplu taşıma sistemi	45
Harita 4.6. Ankara raylı sistemler ve teleferik haritası	49
Harita 5.1. Çayyolu Bölgesi mahalleleri tematik nüfus haritası	54
Harita 5.2. Ankara Metrosu (M2) Kızılay-Çayyolu hattı durakları ve 2038 yılı öneri metro hatları	57
Harita 5.3. Metro öncesi Kızılay-Çayyolu hattı Ego otobüsleri	60
Harita 5.4. Ankara Metrosu (M2) ve entegre otobüs hatlarının güzergahları	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
CO ₂	Karbondioksit
PB	Kurşun
CO	Karbonmonoksit
H ₂ O	Su
CH ₄	Metan
NO	Azot Monoksit
N ₂ O	Nitröz Oksit
HFCs	Hidroflörür Karbonlar
PFCs	Perfloro Karbonlar
SF ₆	Sülfürhekza Florid
O ₃	Ozon
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
HC	Hidrokarbon
NO _x	Azot Oksit
SO ₂	Kükürt Dioksit
PM ₁₀	Partiküler Madde
TCK	Karayolları Genel Müdürlüğü
kWh	KiloWatt Saat
kcal	Kilokalori
MJ	Mega Joule

Kısaltmalar**Açıklamalar****AKM**

Atatürk Kültür Merkezi

AO 

Atatürk Orman  iftlięi

ASK 

Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü

A T 

Ankara  ehirlerarası Terminal İşletmesi

EGO

EGO Genel Müdürlüğü

GOP

Gazi Osman Pa a

gr

Gram

 ETT

 stanbul Elektrik Tramvay ve T nel İşletmeleri

 T 

 stanbul Teknik  niversitesi

kg

Kilogram

km

Kilometre

lt

Litre

m

Metre

m₃

Metreküp

MTA

Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü

ODTÜ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

OSB

Organize Sanayi Bölgesi

TCDD

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

1. GİRİŞ

Kültürel, sosyal veya daha önemlisi teknolojik gelişmelerden dolayı, sanayi devriminden sonra hızlı bir şekilde artan yoğun nüfusla birlikte kentler de hızlı bir şekilde büyümeye başlamıştır. Özellikle bu dönemde gelişmekte olan ülkelerde çarpık ve plansız kentleşmenin sonucunda şehirlerdeki ulaşım en büyük sorunlardan biri olarak ortaya çıkmıştır [1,2]. Artan ulaşım talebi motorizasyon ve trafik sıkışıklığı gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bunun sonucunda, ulaştırma sektörü çevresel problemlerle daha da bağlantılı hale gelmiştir. Ulaşımın çevresel boyutları incelendiğinde birçok değişken ön plana çıkmaktadır. Bunların en önemlileri; iklim değişikliği, hava kalitesi, gürültü kirliliği, su kalitesi, toprak kalitesi, biyoçeşitlilik ve arazi kullanımıdır. Özellikle iklim değişikliği ve hava kalitesi baz alındığında ulaşım kaynaklı her yıl atmosfere birkaç milyon ton gaz yayılmaktadır. Bunların içinde; karbondioksit (CO_2), kurşun (Pb), karbonmonoksit (CO), metan, azot oksit, nitroz oksit, kloro-flor karbon, benzen, uçucu bileşenler, çinko, krom, bakır, kadmiyum gibi ağır metaller ve kül ve toz gibi partikül maddeler bulunmaktadır. Özellikle nitroz oksit başta olmak üzere bu gazlardan bazıları ozon tabakasını tüketen en büyük etkenlerdendir. Dolayısıyla bu durum iklim değişikliğini de beraberinde getirdiği için ulaşım sistemleri bu değişiklikte bizzat rol oynamaktadır [2].

2014 yılında 77 695 904 kişi olan Türkiye nüfusu, 2018 sonu itibariyle %6'lık artışla 82 003 882 kişiye; 2014 yılında 9 857 915 adet olan otomobil sayısı, 2018 yılında %26'lık artışla 12 398 190 adete ulaşmıştır [3]. Bu verilere bakıldığında; otomobil sayısındaki artışın, nüfus artışının 4 katından daha fazla olduğu görülmektedir.

Türkiye'de 2014 yılında toplam sera gazı emisyonu yaklaşık 458 milyon ton olup bunun %16'sı ulaşım sektörü kaynaklıyken; 2017 yılında toplam sera gazı emisyonu %15'lik artışla 526 milyon tona ulaşmış olup bunun %16'sı ulaşım sektörü kaynaklıdır [4]. Bu oranlar Türkiye'de ulaşım sektörünün; küresel iklim değişikliğine etkisinde doğrudan rolü bulunduğunu göstermektedir [2].

Günümüzde gelişmiş ya da gelişmemiş olsun pek çok dünya ülkesinin karşı karşıya kaldığı hızlı nüfus artışı, yoğun kentleşme, kentsel yayılma, hava kirliliği, kaynakların hızla tükenmesi ve artan enerji talebi; sürdürülebilir ulaşım politikalarının, önde gelen uygulama

araçları haline gelmesine neden olmuştur. Bu çerçevede; kent içi raylı ulaşım sistemleri, yolcu taşıma kapasiteleri, düşük işletme maliyetleri, iz başına düşen taşıt sayısının azlığı ile trafik yoğunluğunu azaltması, enerji etkinliği, çevre dostu olmaları ve kaza riskinin düşük olması gibi özellikleri ile bugün dünya kentlerinin sürdürülebilir ulaşım politikaları kapsamında sıklıkla tercih ettiği sistemler haline gelmiştir [5].

Tezin amacı

Türel dağılımdaki değişimlerin emisyon salımı ve enerji tüketimine etkilerinin belirlenerek ulaşım türleri içinde kent içi raylı sistemin yeri ve çevresel etkilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Tezin Hedefi

Çayyolu Metrosu'nun hizmet verdiği alandaki yolculuk türel dağılımında raylı sistemin payı arttırıldığında; olumsuz çevresel etkiler en az olacak şekilde, ulaşım talebinin karşılanabileceğinin ortaya konulması hedeflenmektedir.

Hipotez

Türel dağılımda raylı toplu taşıma türlerinin payının arttırılması, kentsel alanlarda çevre kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Literatür Taraması

Ulaşımın iklim değişikliğindeki rolü ve kent içi raylı sistemlerin çevresel etki yönünden diğer ulaşım sistemlerine göre avantajlarına yönelik birçok ulusal ve uluslararası bilimsel çalışma hazırlanmıştır. Aşağıda bu bilimsel çalışmalara yer verilmiştir.

Tezler

Karayolu ulaşımının hava kirliliğine etkisi üzerine hazırlanan bir tez çalışmasında; motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği incelenmiş, motorlu taşıtların sayısının ve nüfusun artması ile karayolundan kaynaklı hava kirliliği arasındaki ilişki; Ankara Sıhhiye-Maltepe

arasında seçilen alanda saha çalışması ve hava kirliliği ölçümleri yapılarak ortaya konulmuş, çalışma alanındaki hava kirliliğinin büyük ölçüde motorlu araç kullanımından kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. Kirliliğin trafik yoğunluğunun daha yoğun olduğu yol kesitlerinde arttığı gözlenmiştir. Bu bağlamda kirliliği azaltıcı çözüm önerileri üzerinde durulmuştur [6].

Bir ülke genelindeki siyasi ve yasal belgelerin o ülkedeki sürdürülebilir kentsel ulaşımı ne kadar desteklediğini ortaya koymak amacıyla hazırlanan bir tez çalışmasında; ABD, İngiltere ve Türkiye'nin yasal süreçte karşılaştırmalı analizi sonucunda ölçütler belirlenmiştir. Türkiye'deki politika ve mevzuatların yerel yönetimlerin daha sürdürülebilir kentsel ulaşım sistemi uygulamalarını sağlayıp sağlayamayacağı belirlenmiş ayrıca analizde, Türkiye'deki yasal sürecin bu konudaki güçlü ve zayıf yönleri de ortaya konulmuştur. Tezde uygulanan trafik sıkışıklığı politikaları için kentlerin iyi bir toplu taşıma ağına sahip olması gerektiği vurgulanmıştır. Tezde elde edilen bulgular ve öneriler şu şekildedir: Türkiye'de toplu taşıma sistemlerini teşvik etmek ve özel araç kullanımını caydırmak için, merkezi ve yerel yönetimler bunu planlarında benimsemelidir. Türkiye'de sürdürülebilir ulaşımaya yönelik kanunlar oluşturulmaya başlanmış olmasına rağmen uygulanabilir olmadığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi; yasalarda belirlenen sürdürülebilir ulaşım politikalarının yerel yönetimlerce uygulanabilir bağlayıcı mevzuata aktarılmaması, yasalarla sınırlı kalmasıdır. Bağlayıcı mevzuat eksikliği ise; Türk sisteminin sürdürülebilir kentsel ulaşımındaki temel zayıflıklarından biridir. Özellikle İngiltere'de yerel yönetimlerin farkındalığını ve kapasitesini artırmak ve aynı zamanda sürdürülebilir kentsel ulaşım uygulamalarının etkili bir şekilde kullanılabilmesindeki en önemli faktör yerel yönetimlere rehberlik eden mevzuat çalışmalarının oluşturulmasıdır. Türkiye'de politika oluşturması sebebiyle merkezi yönetimin; sürdürülebilir kentsel ulaşım konusunda yüksek düzeyde farkındalık kazandığı yorumu yapılabilir, ancak sürdürülebilir kentsel ulaşım politikaları uygulanacaksa, yerel yönetimler bu tür politikaları benimsemeye yönlendirilmelidir [7].

Sürdürülebilir insan odaklı entegre ulaşım sisteminin kentlerde yaygınlaştırılması üzerine hazırlanan bir tez çalışmasında; kentsel planlama kuramlarında kent ve ulaşım problemlerine çözüm üretmiş sürdürülebilir insan odaklı entegre ulaşım sisteminde ulaşım türlerinin nasıl olması gerektiği değerlendirilmiş ve bunu büyük oranda benimsemiş olan Avrupa'daki Viyana, Barselona ve Amsterdam kentlerindeki ulaşım sistemleri incelenmiştir. Bu Avrupa kentleri dikkate alınarak çalışma alanı olarak belirlenen Sakarya'nın ulaşım sistemi

değerlendirilerek sürdürülebilir insan odaklı entegre ulaşım sisteminin sağlanabilmesi için kentlerde uygulanması gereken ulaşım politikaları geliştirilmiştir. Kentin topografyasının bisiklet yollarına elverişliliği ve toplu taşıma sisteminin yetersizliği belirlenmiş, insan odaklı ulaşım sisteminin Sakarya kent merkezinde uygulanabilmesine yönelik öneri plan geliştirilmiştir [8].

Sürdürülebilir ulaşım politikaları bağlamında EkoHareketlilik yaklaşımı ele alınan bir tez çalışmasında; yürümeye, bisiklet kullanımına, toplu ulaşım ve paylaşılan ulaşım öncelik tanıyan; entegre edilmiş, sosyal boyut açısından kapsayıcı ve eşitlikçi, düşük maliyetli, doğa dostu ve etkin bir ulaşım türü olarak tanımlanan EkoHareketliliğin kavramsal çerçevesi ve göstergeleri incelenmiştir. Bu göstergelerle çalışma alanı olarak belirlenen Bozcaada'da mevcut sürdürülebilir ulaşım değerlendirilmiştir. Bozcaada'nın EkoHareketlilik düzeyine ulaşması için atılması gereken adımlar anket çalışması ve veri analizleriyle ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda tezde belirtilen öneriler; yeni gelişecek alanların toplu taşıma planına uyumlu bir şekilde gelişmesinin sağlanması, düşük hız (<30 km/saat) ya da arabasız bölgelerin artırılması, belediye tarafından türel dağılımın belirlenmesi ve hava kalitesinin ölçümüne yönelik çalışmaların yapılması şeklindedir [9].

Toplu taşımacılık sistemlerinin sera gazı emisyonlarına etkisi üzerine hazırlanan bir tez çalışmasında; ulaştırma sektöründe fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının, toplu taşıma sistemlerinin kullanımıyla azaltılması yönündeki etkileri ele alınmış, Marmaray Raylı Sistem Projesi'nin karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltıcı etkisi incelenmiştir. İlk senaryoda raylı sistem olmaması durumunda otomobil, otobüs, minibüs ve motosiklet kullanımına bağlı olarak açığa çıkan sera gazı karşılaştırması yapılmıştır. Diğer senaryoda raylı sistem kullanımıyla birlikte açığa çıkan toplam sera gazı hesaplanarak, kent içi ulaşım türleri karşılaştırılmış, raylı sistemin çevresel önemi vurgulanmıştır [10].

Trafik talep yönetimi ve sürdürülebilir ulaşım planlaması ele alınan bu tez çalışmasında; trafik sıkışıklığını azaltmayı, yol güvenliğini arttırmayı, çevre kirliliğini azaltmayı, enerji tüketimini azaltmayı ve tasarruf etmeyi hedeflemekte olan trafik talep yönetimi uygulaması yapılarak Bursa Gürsu ilçesi özelinde; sürdürülebilir ulaşım için çözüm önerileri ortaya konulmuştur. Çözüm önerilerinden bazıları şu şekildedir: Arazi yapısının uygunluğu sebebiyle bisiklet yolları ve raylı sistem uygulamaları yapılmalı, işlerliği olan yaya yolları

yapılmalı, toplu taşımanın özendirilmesi için kent içerisinde, talep yoğunluğuna göre oluşturulacak güzergahlar ve kentin her yerine yayılan duraklar ile toplu taşımacılığa işlerlik kazandırılmalıdır [11].

Ulaştırmanın iklim değişikliğine etkisi ve raylı sistem açısından inceleme yapılan bu tez çalışmasında; iklim değişikliğinde ulaştırma sektörünün payına yönelik teorik bilgiler verilmiş, İstanbul'da raylı sistem hatlarında kullanılan farklı ulaşım türlerinin sera gazı salımı karşılaştırılarak raylı sistemin diğer ulaşım türlerine göre daha çevre dostu olduğu vurgulanmış, iyileştirme önerileri sunulmuştur. Bu öneriler bazıları; istasyon seçimi ve hat güzergahlarının ulaşım ihtiyacını karşılayabilecek şekilde seçilmesi, temiz yakıt kullanımı ve enerji verimliliği için devlet desteğiyle teknolojik adımlar atılması, raylı sistem kullanımı teşvik edilmesi ve otomobil sahipliğinin zararları konusunda halkı bilinçlendirme çalışmalarının yapılması şeklindedir [12].

Bildiriler

Toplu taşıma talebi ve kent içi raylı sistemlerin sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirildiği bir bildiride; ulaştırma sisteminde küresel ölçekte kaydedilen gelişme eğilimleri bağlamında Avrupa Birliği başta olmak üzere sürdürülebilir ulaştırma politikalarının geliştirilme sürecine değinilmiş, kent içi raylı sistemler ve toplu taşıma talebinin ne şekilde yönlendirilmesi gerektiği üzerine projeksiyon çalışması yapılmıştır. Kent içi raylı sistemlerin son on yılda gelişim göstermesi dengeli yolculuk türel dağılımın ve otomobil kullanımının azaltılmasında tek başına etkili olamayacağı; yönetim, sürdürülebilir ulaşım planları ve bunların birbirleriyle entegrasyonunun sağlanması gerekliliği vurgulanmıştır [13].

İETT'nin 4E Yönetim Modeli özelinde ulaşımda sürdürülebilirliğin ele alındığı bir bildiride; Enerji, Ekonomi, Etkinlik ve Ekoloji kavramlarını ifade eden 4E yönetim anlayışının insan odaklı, çevre duyarlı ve enerji etkin kullanımı açısından fayda sağlayan bir model olduğu ortaya konularak, dünyadaki kaynakların hızla tüketiminden dolayı yaşanacak maddi ve manevi kayıpların önüne geçebilmek için yerel iyileştirmelerin yetersiz olduğu küresel bazda dönüşümlerin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır [14].

Özel araç kullanımının yol açtığı trafik sıkışıklığının çevresel ve ekonomik boyutunun ele alındığı bir bildiride; İstanbul'da belli örneklem alanlarında özel araç kullanımından kaynaklanan enerji, emisyon, gürültü, araç sahipliği maliyetleri ortaya konularak toplu taşımanın yaygınlaştırılması vurgulanmıştır. Bu bağlamda dünyanın çeşitli kentlerinde uygulanan düşük emisyonlu bölge ve trafik fiyatlandırması uygulamalarının trafik tıkanıklığında azalma, toplu taşıma kullanımında artış sağlaması açısından ülkemizde de uygulanması üzerinde durulmuştur [15].

Sürdürülebilir ulaşım kavramının detaylı irdelendiği bir bildiride; sürdürülebilirlik kavramının temelleri ve modern zamanda sürdürülebilirlik kavramına yönelik teorik bilgiler verilmiştir. Otomobil kullanımı, trafik tıkanıklığı, kazalar gibi sistemin kendi içindeki sorunların yanı sıra, gürültü, çevre kirliliği, partiküller, komşulukların birbirinden ayrılması gibi durumların ulaşım sisteminde sürdürülemeyen sistemin parçaları olduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilir bir ulaşım yapısı için planlamanın merkezine ölçek olarak insan yerleştirilmesi vurgulanarak bu bağlamda öneriler sunulmuştur [16].

Bir kentin ulaşımını sürdürülebilirlik açısından değerlendirmek için endeks oluşturulan bir bildiride; çevre, ulaşım, enerji ve kurumsal yönetim performansı göstergelerine göre saptanan bulgularla bir kentin sürdürülebilir ulaşım bağlamında durumunun belirlenebileceği belirtilmiştir. Bu endeksle kentlerin sürdürülebilir ulaşım performanslarının karşılaştırılabileceği, politika ve strateji üretmede karar verici ve uygulayıcılara fayda sağlayabileceği sonucuna varılmıştır [17].

Elektrikli araçların çevre ve sağlık avantajlarının ele alındığı bir bildiride; çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul Fatih ilçesinde işleyen otobüslerin yerine elektrikli araçların işleme konulmasıyla hava kirletici gazlar, sera gazları ve gürültü seviyelerindeki değişim ve bu değişimin insan sağlığına olan etkileri belirlenerek, doğalgazlı ve dizel otobüslerin azaltılarak elektrikli otobüslerin arttırılması emisyon salımlarında, gürültü seviyelerinde ve sağlıklı yıl kayıplarında ciddi oranlarda azalmalar sağladığı çıkarımı yapılmıştır [18].

Makaleler

Ulaşımın çevresel etkilerinin ele alındığı bir makalede; kentsel hareketlilikte trafik, toplu taşıma, banliyö mahalleleri özelinde ulaşımın çevresel etkisini değerlendiren bir metodoloji

ortaya konulmuş, İspanya'nın Zaragoza kenti üzerinden yapılan hesaplamalarla emisyon salınımı, trafik sıkışıklığı, enerji tüketimi değerlendirilerek kentlilerin yaşam kalitesini iyileştirici bir yatırım yapılması amaçlanmıştır. Gerekli önlemler alındığında trafik, emisyon ve enerji tüketimi oranlarında azalmanın sağlanabileceği vurgusu yapılmıştır [19].

Ulaşım türlerinin enerji kullanımı ve mekânsal etkilerinin ele alındığı bir makalede; ulaşım türlerinin enerji tüketimlerine göre bir karşılaştırması Ankara özelinde yapılan çalışmayla ortaya konarak, mekânsal yapıdaki değişimlerin bir değerlendirmesi yapılmıştır. Kentsel yayılmanın; özel araç bağımlılığı ve enerji tüketiminde doğrudan artışa sebep olduğu vurgusu yapılarak alınması gereken önlemler belirtilmiştir [20].

Taşıt egzoz emisyonlarını azaltma yöntemleri üzerine hazırlanan bir makalede; taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonları tarif edilerek, bu gazların azaltılma yöntemleri detaylı bir literatür taraması yapılarak incelenmiştir. Taşıt kaynaklı açığa çıkan egzoz emisyonlarını azaltmak için kullanılan en güncel ve teknolojik sistemler değerlendirilmiştir [21].

Kent içi ulaşım sorunları ve çözüm önerilerinin ele alındığı bir makalede kent içi toplu taşıma sistemleri sınıflandırılarak; teknik, ekonomik ve çevresel özellikler açısından karşılaştırması yapılmıştır. Bu çerçevede ortaya çıkan sorunlar verilmiş ve çözüm önerileri üzerinde durulmuştur. Bu öneriler genel hatlarıyla şu şekildedir: Kentlerde ulaşım-çevre ve ulaşım-arazi kullanımı ilişkisi göz önünde bulundurularak planlar yapılmalı, şehirlerde yeni cazibe merkezleri oluşturulurken, çekeceği trafik miktarı ve bu trafiğin mevcut yollar üzerindeki dağılımı belirlenmeli, imara yeni açılan, açılması düşünülen veya imarında değişiklik yapılan bölgelerde de artan trafiğe göre ulaşım altyapısı düzenlenmelidir. [22].

Karayolu taşımacılığına alternatif bir sistem olarak raylı sistemlerin ele alındığı bir makalede; kent içi ulaşımında raylı sistemlerin gerekliliği ile ekonomik ve sosyal açıdan faydaları detaylı şekilde verilmiştir. Ulaşımında raylı sistemin önemine vurgu yapılarak çözüm önerileri sunulmuştur. Bu öneriler; ulaştırma ve haberleşme sistem ve hizmetlerini ülkenin sosyal, ekonomik ve coğrafi yapısına uygun, çağın teknolojik gelişmelerine paralel hale getirmesi, kent içi ulaşımında toplu taşımacılık özendirilmeli ve raylı sistemlere ağırlık verilmeli, ulaşım politikaları insan öncelikli olmalı, kirli bir dünyayı güzelleştirmek ve trafik kazalarını en aza indirmek için büyük kentlerden başlamak üzere raylı sistemin ülkenin

tamamında hizmete açılmasının sağlanması, böylece her yıl binlerce ölü ve yaralanmalarla sonuçlanan trafik kazalarının da önüne geçilmesi şeklindedir [23].

Metrobüs sisteminin enerji kullanımı ve çevreye etkisi üzerine hazırlanan bir makalede; İstanbul'da 2007 yılından beri hizmet vermekte olan metrobüs sistemi incelenmiş, elektrikli araçların ya da trolleybüslerin mevcut sisteme entegre edilmesinin çevreye etkileri (emisyonlar) ve maliyete etkisi (ilk yatırım ve işletme maliyeti) incelenerek kullanım potansiyelleri aktarılmıştır. Yapılan çalışmayla elektrikli otobüslerin devreye alınması ile yakıt maliyetlerinin, emisyon değerlerinin ve çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılabileceği saptanmıştır. [24].

Sürdürülebilir ulaşım planlamaları ve çevre üzerine olumsuz etkilerin ele alındığı bir makalede; ulaşım sektörünün küresel, kentsel ve yerel bazdaki etkilerin nasıl şekillendiği analiz edilerek tüm sorunların ulaşımındaki çarpık sistemden kaynaklandığı ve mevcut durumun yapısını düzelterek olumsuzlukların minimize edilebileceği belirtilmiştir. Küresel boyuttan yerel ölçeğe kadar, insanlığın geleceği sürdürülebilir bir çevreye, çevrenin geleceği ise büyük oranda ulaşımında yapılacak yapısal değişimlere bağlı olduğu vurgulanmıştır. Bu çerçevede; ulaştırma sistemleri ve altyapısı planlanırken çevre ile uyumlu olması, alternatif temiz enerji türlerinin geliştirilmesi, toplu taşımayı özendirici çalışmaların yapılması, kent planları insanların gürültüden minimum düzeyde etkilenmelerini sağlayacak şekilde oluşturulması önerilmektedir [2].

Ulaşım politikalarının çevreye etkisinin ele alındığı bir makalede; kentlerde kullanılmakta olan ulaşım sistemlerine göre, çevresel etkilerin nasıl şekillendiğinin analizi yapılarak, daha yaşanabilir bir çevre oluşturmak amacıyla ülkemizde kullanılacak stratejilerin dökümüne yer verilmiştir. Ulaşımında artan talep sorununun kapasiteyi arttırarak çözülemeyeceği, ulaşımında toplumun aleyhine bir yapısal bozukluğun var olduğu, çıkış yolunun bu yapıya müdahaleden geçtiği vurgulanmaktadır [25].

Kanada Toronto'daki Sheppard Metro hattının sera gazı etkisi üzerinde çalışılan bir makalede; metro inşaatından hizmete açıldığı zamana kadar geçen sürede sera gazı salımı belirlenmiştir. Metro hizmete açıldığında otobüs ve özel araç kullanımında azalış ve metro hattı etrafındaki boş araziler doldukça yoğunluk artışı meydana gelmiştir. Yoğunluk artışının enerji etkin kullanımı ve sera gazı salımını azaltmanın bir yolu olduğu için bu noktaya vurgu

yapılmıştır. Türel dağılımda metro payının artması sera gazı salımında azalma sağladığı için önemi belirtilmiştir. Bu bağlamda çözüm önerileri sunulmuştur [26].

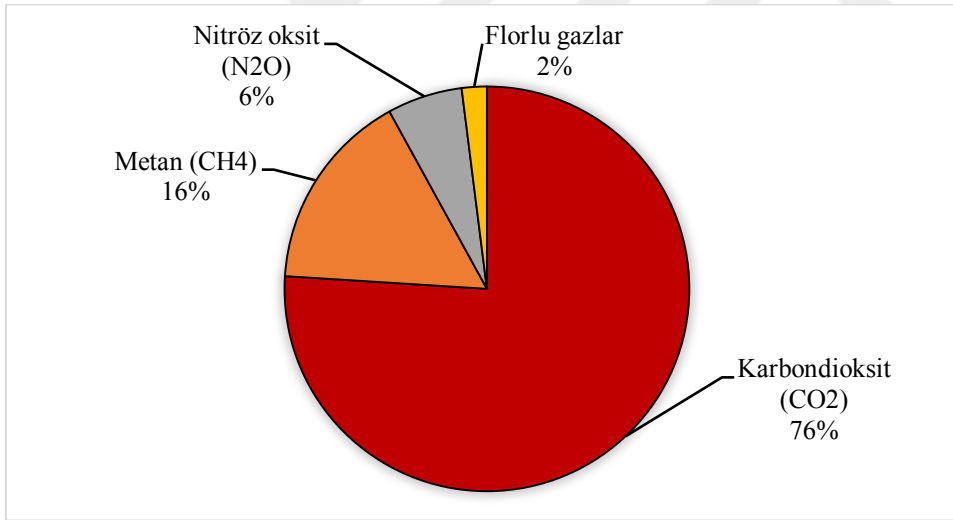




2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE SERA GAZI SALIMLARI, ENERJİ KULLANIMINA BAĞLI YAKIT TÜKETİMİ

Atmosferdeki gazlar yeryüzünden uzaya yayılan uzun dalga boylu ışığı önce soğurur (tutar), daha sonra tekrar yayar. Sera gazları dünyadan uzaya yayılan ısınn (kızılötesi ışığın) bir kısmını geri yansıtarak dünyanın ısınmasına neden olur. Bu olaya sera etkisi denir. Sera gazı etkisiyle de küresel ısınma ve iklim değişikliği meydana gelir. Sera gazları; karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), su (H₂O), metan (CH₄), azot monoksit (NO), nitroz oksit (N₂O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs), sülfürhekza florid (SF₆) ve ozon (O₃) gibi gazlardır [27].

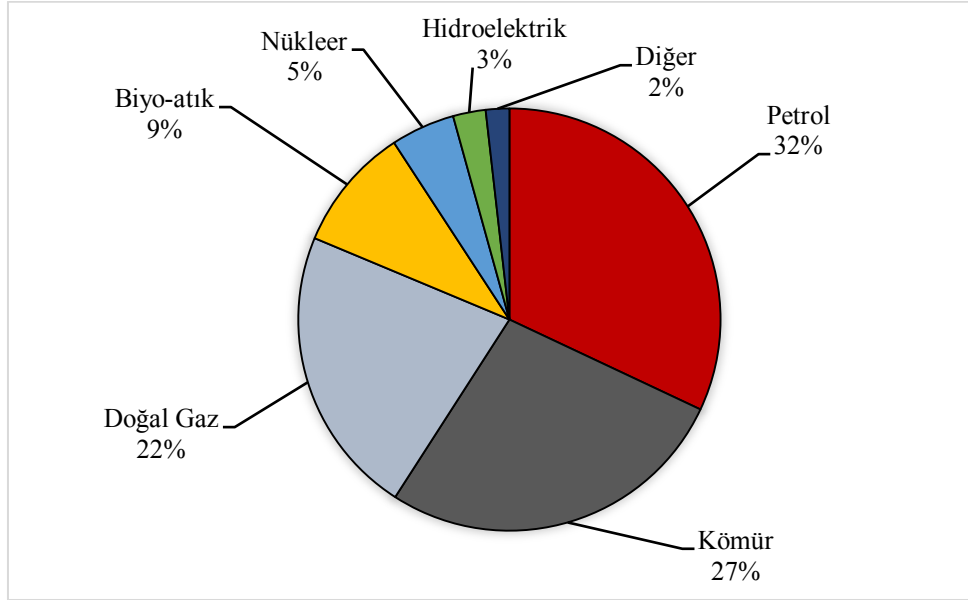
2010 yılında dünyada sera gazlarının %76'sı karbondioksit (CO₂), %16'sı metan (CH₄), %6'sı nitroz oksit (N₂O) ve %2'si florlu gazlardan oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Dünyada sera gazlarının dağılım oranları [28]

Sera gazlarındaki en yüksek oranı CO₂ oluşturmaktadır. CO₂ oranının bu kadar yüksek olmasının temel nedeni insan faaliyetlerinin sonucunda açığa çıkmasıdır. Sanayi Devrimi ile petrol, kömür ve benzeri fosil yakıtlar yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Artan tüketim ihtiyacı ile enerji kaynaklarının kullanımı geniş çapta artış göstermiş ve bu durum atmosferdeki CO₂ oranında artışa neden olmuştur [29].

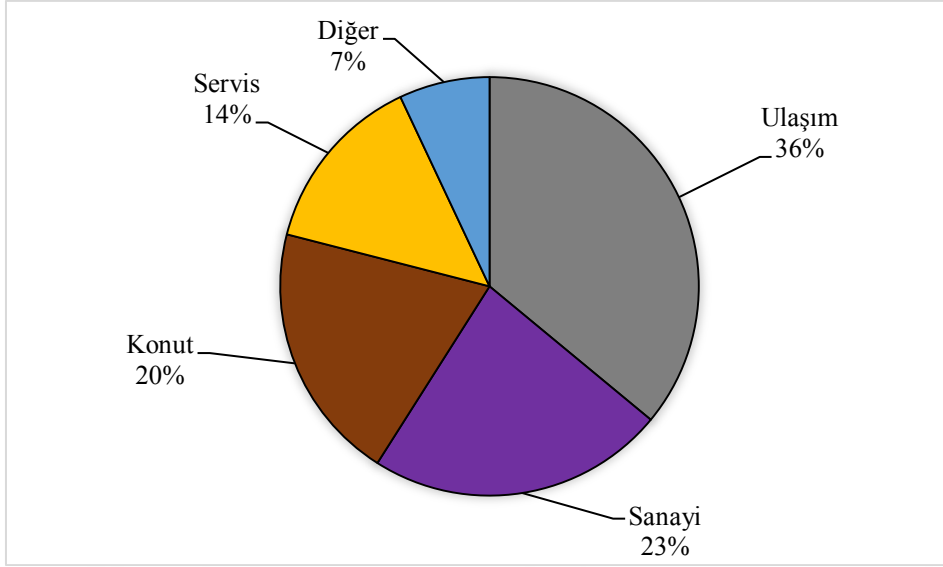
Tüm dünyada 2017 yılı enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranlarına bakıldığında petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıt kullanımının diğer kaynaklara göre oldukça fazla olduğu görülmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranı [30]

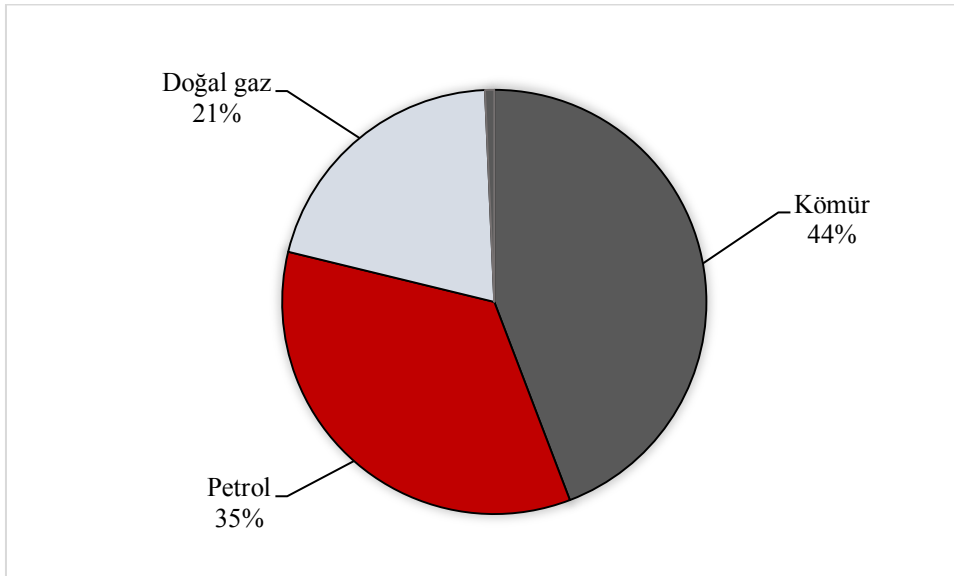
Dünyada enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtlar gün geçtikçe azalmaktadır. Dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile başta karbondioksit (CO_2) olmak üzere sera gazlarının artmasına neden olmakta; bu da ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi geri dönüşü mümkün olmayan çevresel sorunlarla dünyayı karşı karşıya bırakmaktadır [31].

Dünya genelinde 2017 yılı itibariyle enerji kullanımının en fazla olduğu sektör %36'lık oranla ulaşım sektörü olup bu pay her geçen yıl artış göstermektedir (Şekil 2.3).



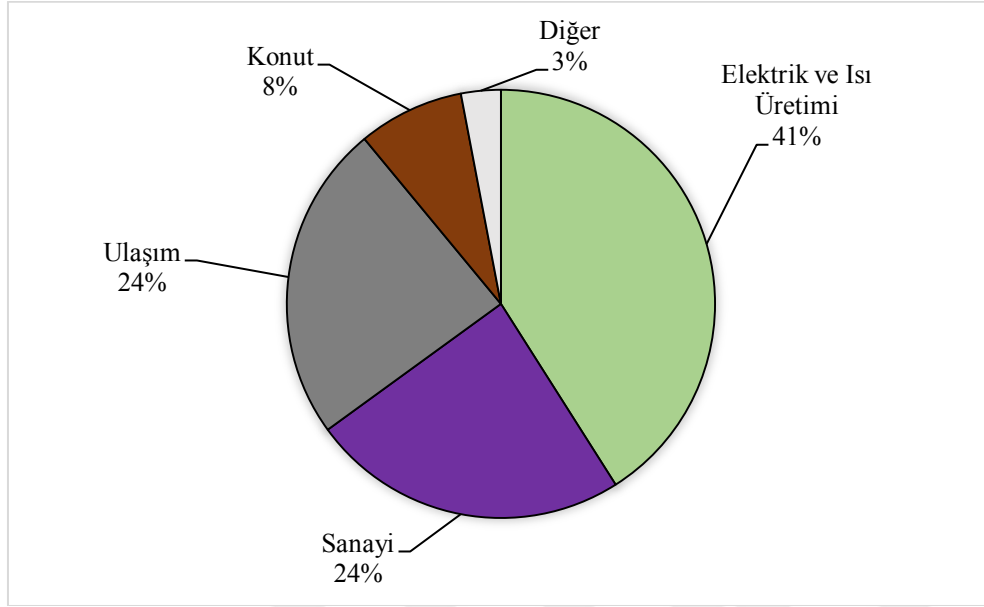
Şekil 2.3. Enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı [30]

Sera gazları içerisinde CO₂ emisyonunun, iklim değişikliğine ilişkin veri istatistiğinde önemli bir rolü bulunmaktadır. Özellikle fosil kaynaklı yakıt tüketiminde, insan faaliyetleri bakımından CO₂ salımının yüksek olması ve bu kaynakların yenilenebilir olmaması, CO₂ emisyon oranları üzerinden değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır [32]. 2017 yılında dünya genelinde yakıta bağlı CO₂ salım oranlarına bakıldığında fosil yakıtların neden olduğu CO₂ emisyonu %100 olduğu görülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Yakıta bağlı CO₂ emisyonu dağılımı [30]

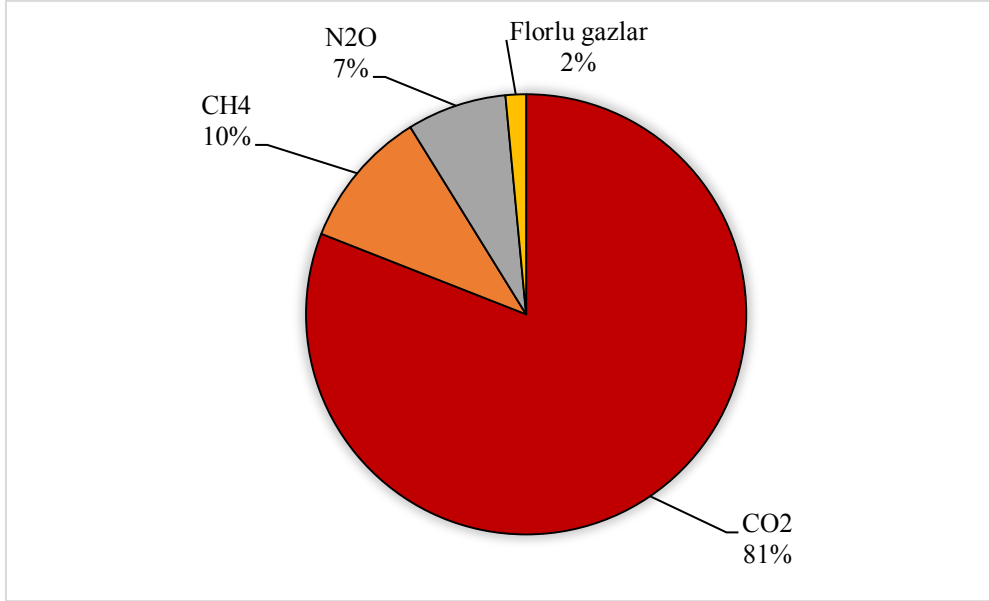
2017 yılına ait CO₂ emisyonunun sektörel dağılımı incelendiğinde; salımların %41'i elektrik ve ısı üretimi, %24'ü sanayi, %24'ü ulaşım ve %8'i konut sektörü kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. CO₂ emisyonunun sektörel dağılım oranı [33]

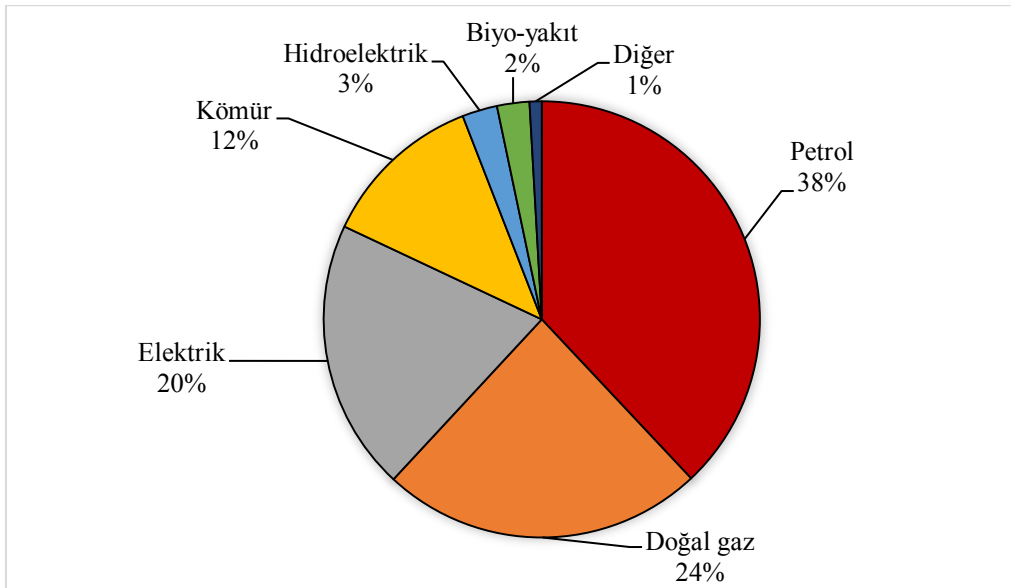
Ulaşım sektöründen kaynaklı oluşan CO₂ emisyonlarının yaklaşık %75'i karayolu ulaşımı kaynaklı olup, hava ve deniz taşımacılığından kaynaklı oluşan CO₂ emisyonları da her geçen yıl artış göstermektedir [34]. Diğer sektörlerde CO₂ salımının azaltılması mümkün görülse de ulaşım sektöründe artan talep nedeniyle düşüş yaşanması mümkün görülmemektedir. Çünkü ulaşım sektörü ciddi derecede petrole bağımlıdır ve küresel petrol talebinin yaklaşık %57'sinden sorumludur. Ulaşımda sürdürülebilirliği sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım payı arttırılmaya çalışılsa da; örneğin biyoyakıt kullanımı toplam yakıt kullanımının yalnızca %0,1'ini oluşturmaktadır. Bu durum sürdürülebilir bir çevre için ulaşım sektöründe daha çok önlem alınmasını zorunlu kılmaktadır [35].

Türkiye'de 2017 yılına ait sera gazlarının %81'i CO₂, %10'u CH₄, %7'si N₂O ve %2'si florlu gazlardan oluşmaktadır (Şekil 2.6).



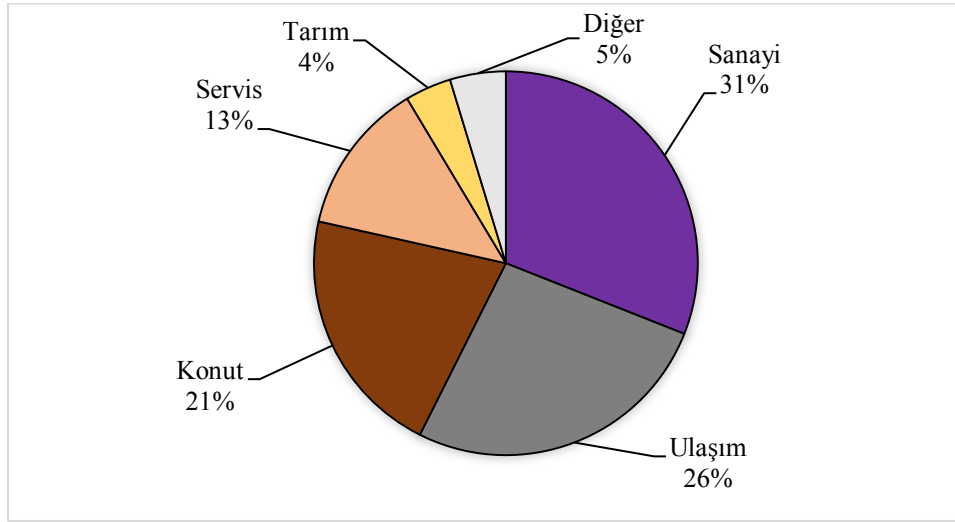
Şekil 2.6. Türkiye'de sera gazlarının dağılım oranları [36]

Türkiye’de 2017 yılı enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranlarında en yüksek payı %38 petrol ve %24 oranla doğalgaz oluşturmaktadır (Şekil 2.7). Dünyada pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de fosil yakıt kullanımının fazla olması CO₂ salımının diğer sera gazı emisyonlarına göre daha fazla olmasına neden olmaktadır. Türkiye dünyadaki karbon salımında 18. sırada yer almaktadır [37].



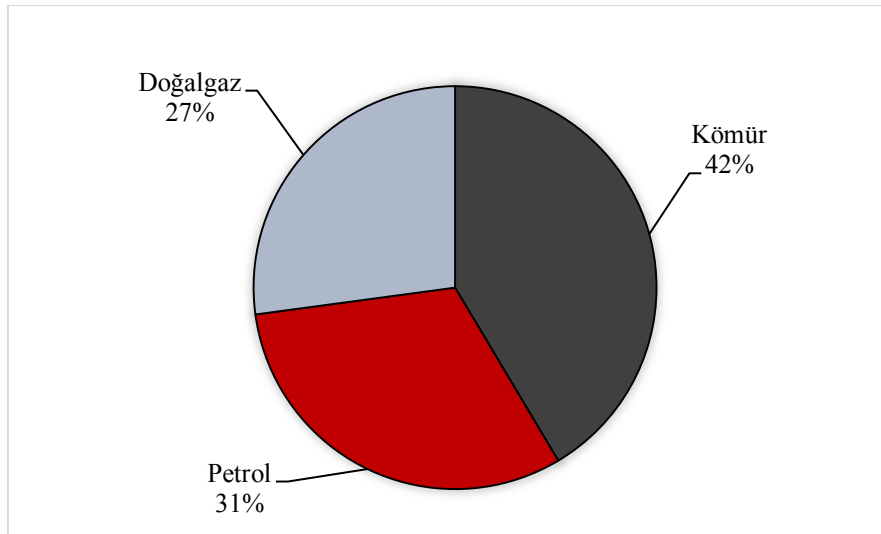
Şekil 2.7. Türkiye'de enerji kullanımına bağlı yakıt tüketim oranları [36]

Ulaşım sektörü ekonomik büyümenin önemli bileşenlerinden biridir ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki artan ulaşım talebini karşılamak için hızla büyümektedir. Bu durum giderek artan enerji tüketimi ve karbon ayak izi miktarı açısından birçok ülkede sorun teşkil etmektedir [38]. Bu ülkelerden biri olan Türkiye’de 2017 yılı enerji kullanımının sektörlere göre dağılımında en yüksek payı %31 ile sanayi ve %26 ile ulaşım sektörü oluşturmaktadır (Şekil 2.8).



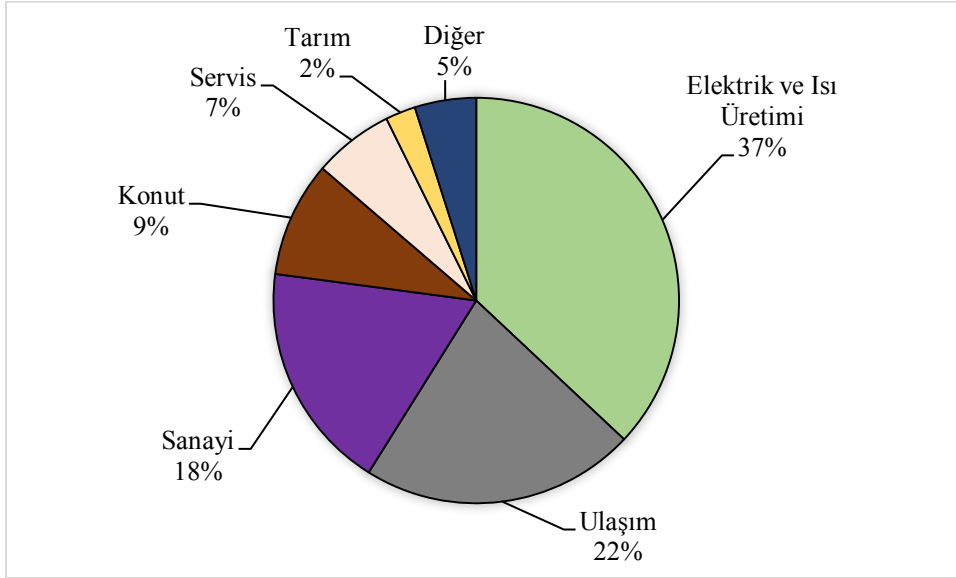
Şekil 2.8. Türkiye’de enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı [36]

Türkiye’de 2017 yılında yakıta bağlı CO₂ salımının tamamının fosil yakıt kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Türkiye’de yakıta bağlı CO₂ emisyonu dağılımı [36]

Türkiye’de 2017 yılına ait CO₂ emisyonunun sektörel dağılımı incelendiğinde; en fazla salımın %37 elektrik ve ısı üretimi, %22 ulaşım ve %18’lik oranla sanayi sektöründen kaynaklandığı görülmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Türkiye’de CO₂ emisyonunun sektörel dağılımı [36]

Hem dünyada genelinde hem de Türkiye’de ulaşım sektörünün sera gazı salımı ve enerji tüketiminde ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Ayrıca uzmanlar, 2010’lu yıllardan itibaren ulaşım sektörünün küresel ısınmayı tetikleyen birinci derece etken olduğunu tahmin etmektedir [25].

Kentsel ve/veya bölgesel ölçekte, bugünkü yapısına müdahale edilmezse, ulaşım, fiziksel çevreyi onarılamaz bir biçimde bozan en önemli etkenlerden biri konumundadır. Artan taşıt trafiği talebini karşılamak için bilinçsizce yapılan yeni yollar, yol genişletmeleri, katlı kavşaklar ve tüneller gibi ulaşım yapıları kentlerin ve bunları çevreleyen kırsal alanların giderek betonlaşmasına ve kentsel dokunun yitirilmesine neden olmaktadır [25].

Türkiye’de ve dünyanın pek çok kentinde ulaşımın bugünkü yapısı otomobil ağırlıklıdır. Örneğin Türkiye’de, yollar üzerindeki taşıtların %75’ini oluşturan otomobiller, toplam yolcuların ise ancak %30’unu taşımaktadır. Bu yapı aynı miktarda yolcuyla taşımak için daha çok taşıt ve daha çok altyapı, kamuya ve kullanıcıya daha yüksek maliyet, daha fazla enerji ihtiyacı, dolayısıyla dışa bağımlılık, artan hava kirliliği, yüksek kaza olasılığı ve yapılmak zorunda olan yol ve katlı kavşaklar nedeniyle çirkinleşen fiziksel çevre anlamına

gelmektedir. Bu sebeple de 1970'lerden itibaren çevre, enerji, sürdürülebilirlik, sosyal denge gibi konulara yönelik kentsel ulaşım planlamasında uygulamak üzere politikalar geliştirilmeye başlanmıştır [25].

Dünyada ve Türkiye'de artan otomobil sahipliğinin sürdürülebilir ulaştırmaya oldukça olumsuz etkileri vardır. Ekonomik açıdan petrole bağımlılık yaratmaktadır. Petrol kaynaklarına sahip olmayan ülkeler, sahip olan ülkelere bağımlı kalırlar. Bununla beraber petrol kaynaklarının sınırlı olması, bir süre sonra kaynakların tükenecek olması da ileride öngörülemeyecek sorunları beraberinde getirecektir [39].

Çevresel açıdan otomobil bağımlılığı, petrol kullanımı ile havayı kirleten ve iklim değişikliğine neden olan emisyonları arttırmaktadır. Havanın dışında toprak ve su da kirlenmekte, biyolojik çeşitlilik azalmaktadır. Kısacası tüm doğal yaşam ve beraberinde insan yaşamı tehdit altındadır. Alternatif enerji kaynakları devreye girdiği zaman emisyonlar azalsa bile diğer çevresel etkiler azalmış olmayacaktır. Geniş otoyollar büyük arazileri işgal edecek ve doğal alanları bölmeye devam edecektir. Kentsel büyümenin tetiklenmesi sürecektir, tarım ve orman alanları imara açılarak yok olacaktır [39].

Otomobil bağımlılığı nedeniyle sıkışıklık yaşanan bir karayolunda yapılan yatırımla kapasite artışı sağlandığında, ortaya çıkan rahatlama üzerine bu yol kesimindeki trafik hacimleri artmakta, koridorun eski trafiğine ilave olarak yeni trafik talepleri ortaya çıkmaktadır. Bu durum otomobil kullanımını arttırmaktadır [40].

Modern ve hızlı ulaşım sistemleri ile kentsel yapılar, ekonomi, sosyal sistem, toplum ve bireylerin değerleri değişmiştir. Sistemde insan ve araç ilişkisi tam olarak kurulamamıştır. Günümüzün ulaşım sistemi, yaşam ve evrimin prensipleriyle çelişmektedir. Bu sistemin planlama ölçeği otomobile dönüşmüştür, artık insan değildir. Yeni mekânsal yapı otomobile uygun şekilde gelişmiştir. Ne var ki, otomobil sürdürülebilir bir ulaşım türü değildir. Otomobil doğa ile çatışmakta ve uyumsuzluk göstermektedir. Otomobil kullanımı, trafik tıkanıklığı, kazalar gibi sistemin kendi içindeki sorunların yanı sıra, gürültü, çevre kirliliği, partiküller, komşulukların birbirinden ayrılması gibi ulaşım sisteminin içinde kalmayan etkilere de yol açmaktadır. Bütün bunlar da sürdürülemeyen bir sistemin belirleyicileridir [16].

3. ULAŞIMIN ÇEVRE KALİTESİNE ETKİSİ

Ulaştırma sistemlerinin çevreye ve insana verdikleri zararlar farklı boyutlarda ve farklı özelliklerdedir. Karayolu, demiryolu, hava yolu, su yolu gibi ulaştırma alt sistemleri; ekolojik sistemi, ekolojik dengeyi ve insan sağlığını farklı oranlarda etkilemektedir. Ulaştırma alt sistemlerinin yapımı sırasında doğal arazilerin tüketilmesi ve bölünmesi, işletimi sırasında meydana gelen kazalar, hava ve gürültü kirliliği oluşturmaları ve oluşan CO₂ nedeniyle iklim değişimine katkıda bulunması ekolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir. Bu etkilenmeden tüm canlılar gibi insanlar da zarar görmektedir [41].

Ulaşım-çevre kalitesi göz önüne alındığında 3 farklı düzeyden söz etmek mümkündür. Bunlar küresel, kentsel ve yerel olarak düzeylerdir [2].

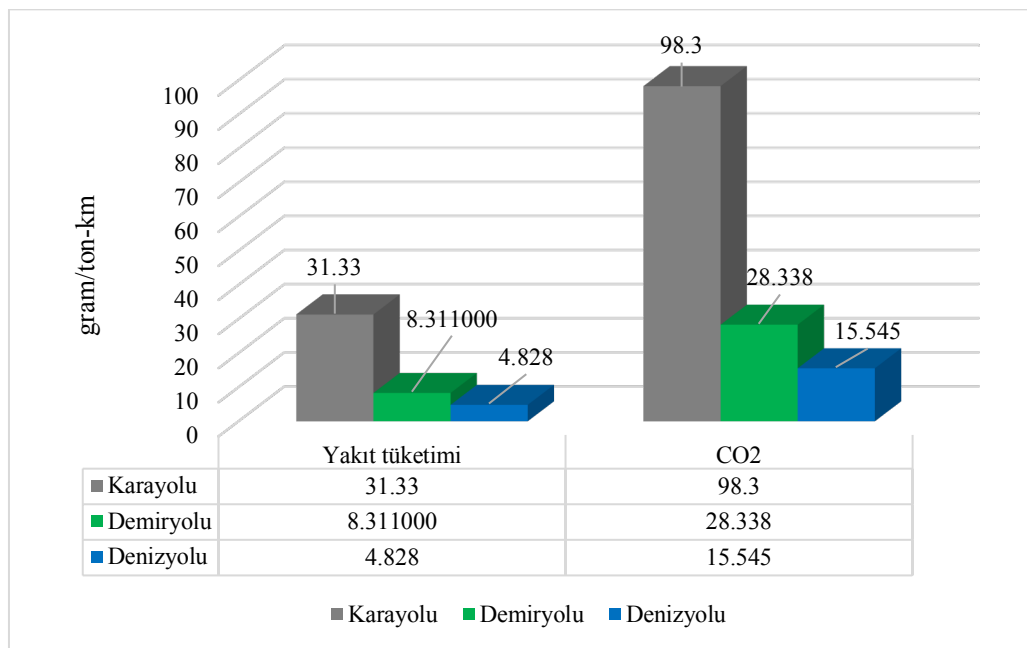
Küresel etkilerden bahsedilecek olursa, ulaşım yarattığı sera gazı ile küresel bir tehdit oluşturmaktadır. Ulaşım sektörü toplam dünya enerjisinin %36'sını, toplam petrol üretiminin yarısını kullanmaktadır. Bu da ulaşımın dünyadaki sera gazı üretiminin %24'ünün kaynağı olmasına neden olmaktadır. Bugünkü haliyle ulaşım, elektrik üretiminden sonra, dünyadaki en büyük sera gazı kaynağıdır [2,30].

Kentsel etkilerde ise, artan taşıt trafiği talebini karşılamak için bilinçsizce yapılan yeni yollar, yol genişletmeleri, katlı kavşaklar ve tüneller gibi ulaşım yapıları kentlerin ve bunları çevreleyen kırsal alanların giderek betonlaşmasına ve kültürel mirasımız sayılabilecek binaların ve kentsel dokunun yitirilmesine yol açmaktadır.

Yerel etkiler ele alındığında, yayalar yerine otomobillere öncelik veren uygulamalar sadece fiziksel çevreyi değil, toplumun sosyal ve kültürel iletişimini, trafik kazaları yoluyla can güvenliğini ve solunan kirli hava nedeniyle insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir [2].

Ulaştırma sistemlerinin çevresel olarak en olumsuz etkilerinden birisi hava kirliliğidir. Hava kirliliğinin en büyük sebebi, motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın yanmasıdır. Motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın yanması sonucunda, yakıtı oluşturan hidrokarbonlar havadaki oksijenle birleşmekte, insana ve ekosisteme zararlı olan birçok bileşikler oluşturmaktadır. Karbon monoksit, ulaşım nedeni ile buharlaşıp gaz haline gelebilen organik bileşikler

(VOC), nitrojen oksitler, kükürt ve azot oksit, hidrokarbon, partikül madde ve kurşun bileşiklerinden oluşan bu zararlı madde emisyonları hava kirliliği yaratmaktadır. Ayrıca yanma sonucu oluşan CO₂ miktarının ekosistemin kaldırabileceği düzeyin çok üzerine çıkması durumunda, bu gaz atmosferin üst katmanlarında birikerek sera etkisi yaratmakta, küresel ısınmaya yani iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Önemli bir bölümünü enerji ve ulaştırma sektörünün oluşturduğu CO₂ miktarının azaltılması, dünyanın geleceği için son derece önemlidir. Şekil 3.1’de, yük taşımacılığı için her bir ulaştırma alt sisteminin yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonları belirtilmektedir.



Şekil 3.1. Ulaştırma alt sistemlerinin ortalama yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonları [41]

Şekil 3.1’de belirtildiği gibi ulaştırma alt sistemleri içerisinde yakıt tüketimi en fazla olan ve doğaya en fazla karbondioksit gazı veren taşımacılık türü karayoludur.

Çizelge 3.1’de, yük taşımacılığı için, Çizelge 3.2’de ise yolcu taşımacılığı için hava kirleticisi gaz ve madde miktarları belirtilmektedir.

Çizelge 3.1. Yük taşımacılığı için hava kirletici ve CO2 emisyonları (gr / yolcu-km) [41]

	CO	CO ₂	HC	NO _x	SO ₂	Partikül/toz
Karayolu (bölgesel)	1,86	255	1,25	4,1	0,32	0,30
Demiryolu	0,15	48	0,07	0,4	0,18	0,07
İç su yolu	0,18	40	0,08	0,5	0,05	0,03

Çizelge 3.2. Yolcu taşımacılığı için hava kirletici ve CO2 emisyonları (gr / yolcu-km) [41]

	CO	CO ₂	HC	NO _x	SO ₂	Partikül/toz
Otomobil (benzinli)	14,40	180	2,50	2,40	0,03	0,01
Otomobil (dizel)	1,40	150	0,30	0,00	0,90	0,18
Otobüs (bölgesel)	0,60	65	0,5	0,90	0,09	0,20
Demiryolu (bölgesel)	0,02	105	0,01	0,30	0,70	0,04
Havayolu	2,20	465	0,40	1,80	0,15	0,07

İstatistiklere göre yolcu taşımacılığı için yılda en çok yol yapan araçlar otomobiller, en çok yolcu taşıyan araçlar ise otobüslerdir. Otomobillerin çok yol yapmalarına karşın taşıdıkları yolcu sayısı en fazla değildir. Bu nedenle otomobillerde yolcu-km 'ye düşen yakıt tüketimi ve meydana gelen hava kirliliği diğer karayolu araçlarından daha fazladır. Karayolu araçlarında düşük miktarda dizel, daha çok miktarda ise benzinli taşıt kullanılmaktadır. Egzoz emisyonu bileşimi dizel ve benzinli motorlarda farklıdır. Herhangi bir çevre koruma önlemi alınmamış dizel motorun çevreye saldırdığı CO, HC gibi zararlı gazlar emisyonu, aynı

koşullardaki benzinli araçlara göre daha azdır. Bir litre benzinin kullanımı ile havaya atılan zararlı maddelerin miktarı, dizel aracın yaklaşık sekiz katıdır. Ancak gerekli önlemler alındığı takdirde, benzinli motorlar dizel motorlara göre daha az çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle çevre kirliliğini önlemek için taşıtlar üzerinde yapılan çalışmalar, daha çok benzinli motorlar üzerinde yoğunlaşmaktadır [41].

Karayolunda taşıtların yakıt tüketimlerinin azaltılması için üzerinde çalışılan başlıca teknolojik alanlar; taşıt boyutunun ve kütlesinin azaltılması, motor performansının iyileştirilmesi, lastik performansının iyileştirilmesi, aerodinamik form, transmisyon-motor uyumudur. İnsan ve çevre sağlığı söz konusu olduğunda, meydana gelen kirleticilerin yanı sıra yakıtın yanabilmesi için tüketilen oksijen miktarları da göz önüne alınmalıdır. Bunun sebebi, bir litre yakıtın yanması sırasında 10 kişinin birer günlük oksijen tüketimine denk olacak miktarda oksijen tüketilmesidir [41].

Büyük hacimli ve uzun mesafeli (>400 km) taşımalarda uygun bir sistem olan demiryolunda ise, karayoluna göre daha az oranda hava kirliliği oluşmaktadır. Demiryolu ile bir seferde, karayolu taşıtına göre çok daha fazla yük taşınabilmektedir. Karayolunda yakıt olarak yaygın olarak benzin kullanılırken, demiryolunda ise dizel yakıt ve elektrik kullanılmaktadır. Elektrikli taşıma sırasında hemen hemen hiç kirletici emisyon oluşmaz ancak santralde elektrik üretimi sırasında oluşan bir kirlilik söz konusudur. Elektrik üretiminin gerçekleştirildiği santral yerinin ve türünün çevreye daha az zarar verecek şekilde seçilebilmesi imkânı, kirlilik açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Demiryollarının hava kirliliğindeki payı ortalama %5 iken, karayollarının payı %85'tir. Demiryolu taşımacılığı, dar anlamda ticari karlılık kriteri yerine enerji, döviz, trafik kazaları, çevre sağlığı vb. konulardaki ekinliklerini de kapsayan ülkeye maliyet kriterlerine göre değerlendirilmelidir [41].

Hava taşımacılığında meydana gelen emisyon miktarları, aracın motor tipine ve aracın işleme tarzına bağlıdır. Uçağın kalkışlarda, inişlerde, pistte ilerlerken vb. atmosfere bıraktığı kirletici miktarları farklıdır. Ayrıca havalimanlarının işletimi sırasında tehlikeli maddelerin taşınması, su ve katı atıklardan oluşan kirlilik, ısınma, trafik vb. faaliyetlerden dolayı da çevre kirliliği oluşmaktadır [41]. Çizelge 3.3'te, İTÜ tarafından Atatürk Havaalanı'nda yapılan bir etütte, bir uçağın uçuşu sırasında ortaya çıkan emisyonlar belirtilmektedir.

Çizelge 3.3. Uçuş sırasındaki emisyonlar (gr emisyon/kg yakıt) [41]

Emisyon türü	Ses altı	Ses üstü	Ses ötesi
NO _x	7-18	10-18	17
CO	3	3	-
HC	0,5	0,5	-
H ₂ O	1 250	1 250	8 900
CO ₂	3 220	3 220	-
SO ₂	1	1	-

Günümüzde küresel ölçekte ulaşım için harcanan enerjinin %95'ten fazlası fosil yakıtlarla çalışan motorlardan elde edilmektedir. Bütün olarak ulaşım faaliyetleri için harcanılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlar küresel sera gazlarının %24'ünü oluşturmaktadır [30]. Ulaşım türleri arasında karayolu küresel düzeydeki emisyonların %70'ini, havayolu %12'sini, denizyolu hatları %11'ini ve demiryolu hatları %2'sini oluşturmaktadır [42]. Türkiye'de ise; ulaştırma sektöründen kaynaklanmakta olan sera gazı emisyonlarının %91'i karayolları kaynaklı iken en düşük pay %0,8 ile demiryolu ulaşımı kaynaklıdır [43].

Karayolu taşımacılığı, incelendiği üzere diğer taşımacılık türlerine göre daha fazla çevresel kirliliğe neden olmaktadır.

3.1. Motorlu Araç Kullanımının Getirdiği Sorunlar

Sanayi devriminin gerçekleşmesiyle beraber her alanda makine kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu süreçte otomotiv sektörü de gelişmeye başlamış, ilk önce buhar gücüyle çalışan makinelerle buharlı arabalar üretilmiş, daha sonra benzin motorunun geliştirilmesiyle motorlu taşıtlar üretilmeye başlanmıştır. Motorlu taşıtların kullanılmaya başlanması, ulaşım sürelerini kısaltmış, rahatlık getirmiş, sosyal ve ekonomik anlamda da pek çok değişime sebep olmuştur.

Sanayi devrimiyle otomotiv sektörü dışında pek çok başka sektörde de gelişmeler olmuş, sanayi ve ticaret aktivitelerinde büyük artışlar meydana gelmiştir. Kentlerde ticari ve sanayi hareketliliğin artması şehirleri büyük bir cazibe merkezi haline getirmiştir. Kırsal alandan

kentsel alana doğru yoğun bir göç hareketi yaşanmış ve özellikle büyük kentlerde hızlı bir nüfus artışı gerçekleşmiştir [44]. Dünya nüfusu 1950'den bu yana hızlı bir kentleşme sürecine girmiştir. 1950'de, dünya genelinde insanların %30'u kentlerde, %70'i kırsal yerleşimlerde yaşamıştır. 2007 yılında, tarihte ilk kez dünya genelinde kentsel nüfus, kırsal nüfusu aşmış ve o zamandan beri, kentsel nüfus, kırsal nüfustan daha hızlı büyümeye devam etmiştir. 2018 yılında dünya nüfusunun %55'i kentlerde, %45'i kırsal yerleşmelerde yaşamakta olup, 2030 yılında ise kentsel nüfusun %60'lara ulaşacağı tahmin edilmektedir [44,45].

Kentsel nüfustaki hızlı artış kentlerde hızlı ve plansız bir gelişmeye neden olmuş, kentsel alanlar arasındaki mesafeler de artmıştır [44]. Kentsel yayılmalardaki bu hızlanma; seyahatin insanların kendi iyilikleri için yapmak istedikleri bir faaliyet değil, türetilmiş bir talep haline gelmesine neden olmuştur. Artan mesafeler seyahat süresi ve harcamalarında da artışa neden olmuştur. Ancak seyahat hızının artmasının seyahat harcamalarını düşürmekten daha önemli görülmesi, daha hızlı ve daha uzun mesafeli seyahatlerdeki büyümeyi açıklamaktadır. Böylelikle şehirler yayıldıkça seyahat süresi sabit kalmış olsa da hem mesafeler hem de hızlar belirgin bir şekilde artmıştır. Yerel toplu taşıma, bisiklet ve yürüyüş daha az çekici hale gelmiş, bu da otomobil kullanımında artışa neden olmuştur [46].

Artan ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak için otomotiv sektörü ve bu sektörün ürünlerine hizmet edecek planlama ve altyapı çalışmaları hız kazanmıştır. Kentlerin planlamasında özel araç kullanımını teşvik edici planlama yaklaşımları kullanılmış, ulaşım sorunlarının çözümü için başlangıç noktası olarak araçlar seçilmiştir. İnsanlara, otomobil sahipliği teşvik edilerek otomobillerin egemen olduğu kentler yaratılmaya başlanmıştır. Yatırımların büyük bir kısmı yeni yollara, köprülere, viyadüklere, tünellere ayrılmıştır. Ana ulaşım akslarında otoyollar ve arterler inşa edilmiş, sonra artan talepler üzerine bu yollar daha da genişletilmiştir. Fakat izlenen bu politikaların sonuç vermediği, arttırılan yol kapasitelerinin kendi taleplerini yarattığı görülmüş ve kent merkezlerinde özel araç kullanımı daha da artmıştır [44].

Motorlu araç kullanımındaki hızlı artış ve bu artışa doğru ulaşım politikalarıyla müdahale edilmemesi kentlerde pek çok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur.

3.1.1. Hava kirliliği

Hava kirliliğinin önemli kaynaklarından biri içten yanmalı motorlarda yanma sonucu oluşan egzoz emisyonlarıdır. Bu nedenle günümüzde sayıları giderek artan içten yanmalı motorlu taşıtlar hava kalitesi açısından önemli sorunlar teşkil etmektedir. Özellikle şehirlerdeki hava kirliliğinin büyük bir bölümü içten yanmalı motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Motorlu taşıtlarda kullanılan fosil kökenli yakıtlar (HC), ideal koşullarda oksijen ile reaksiyona girmesi sonucunda oluşan emisyonlar; karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O) ve azot oksit (NO_x) bileşikleridir. Fakat gerçekte ideal koşulların sağlanması mümkün olmadığından tam yanma gerçekleşmemekte ve diğer kirlenici unsurlar da oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam kirlenicilerin %75'ini oluşturan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, aldehytler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x , kurşun bileşikleri ve partikül maddeler bulunmaktadır. İnsan sağlığını ve çevre kalitesini olumsuz yönde etkileyen bu emisyonların önemli olanları altı grupta incelenebilir. Bunlar; karbon oksitler, azot oksitler, kükürtlü bileşenler, hidrokarbonlar, aldehytler ve partiküllerdir [47].

Yanma sonucu oluşan bu emisyonların diğer kirlenici kaynaklardan çok daha önemli olmasının sebebi, kirlenici niteliklerinin yanında, ani ve doğrudan etkili toksin niteliklerinin de bulunmasıdır [47]. Bu toksinler insan sağlığı üzerinde solunum yolu hastalıkları, kalp-damar hastalıkları, kanser gibi pek çok olumsuz etkiye neden olmaktadır [44].

3.1.2. Küresel atmosfer etkileri

Sera gazları; yalnızca bölgesel değil küresel ölçekte atmosfere zarar verdiği için iklim değişikliğini tetiklemektedir. Günümüzde etkileri gözle görülür boyutlara ulaşan deniz suyu sıcaklıklarında ve küresel ısınmada artış yaşanmasının en önemli sebebi sera gazlarıdır. Bu emisyonlardaki artış, normal şartlar altında gezegenin yaşam formlarına elverişli hale getirmek için yeterli ısıyı muhafaza etmesini sağlayan “sera etkisi” nin de artmasına neden olmaktadır. Fosil yakıt kullanımında yaşanan artış; atmosferde önemli miktarda CO_2 ve diğer sera gazlarının birikimine ve bununla birlikte ortalama sıcaklığın yükselmesine neden olmaktadır. 2001 yılı itibarıyla, karbondioksit konsantrasyonları, 1750 yılındaki seviyelerine göre %31 artış göstermiştir. Günümüzde ise; son 420 000 yılda görülmemeyen seviyelere çıkmıştır. Taşımacılıkta petrol içerikli yakıt kullanımı, bu emisyonların yaklaşık üçte

birinden sorumlu olduğu için, motorlu araç kullanımı çevreye geri dönülemez zararlar vermektedir [44,48].

3.1.3. Kentsel alanın verimsiz kullanımı

Şehirler kentsel kullanımları ve doğal çevreyi bir denge halinde içinde barındırmak zorundadır. Bu yüzden doğal kaynakları da koruyarak kentsel donatıların yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak özel araç odaklı kullanım kararlarının alınması kentsel alanın büyük bir kısmının yollara ayrılmasına neden olmaktadır. Motorlu araçların hem hareketi hem de parklanması yollar üzerinde alan kaplamaktadır. Şehir içinde yollara ayrılan oran Amerika, Japonya ve Avrupa kentlerinde %15-%25 arasında değişirken, Çin'in büyük kentlerinde %5-%7 arasındadır. Kentlerdeki kısıtlı alanların iş, eğitim, sağlık veya sosyal kullanımlara ayrılacakken yollara ayrılması verimsiz kullanım oluşturmaktadır [44].

3.1.4. Trafik sıkışıklığı

Trafik sıkışıklığı, araçların hızını düşürerek hem düşük yakıt verimliliği hem de insan sağlığına zarar veren emisyonların artmasını sağlamaktadır [48]. Özel araç odaklı ulaşım politikaları ile kentlerde fiziksel gelişme kısır bir döngü halini almaktadır. Araç trafiği arttıkça yeni yolların yapılması veya yol kapasitesinin arttırılması yöntemi izlenmektedir. Yeni yapılan her yol kendi talebini yaratmakta, daha fazla araç çekmekte ve trafik yükü daha da artmaktadır. Bu da daha fazla sera gazı salımına, gürültü kirliliğine ve kaza oranlarında artışa neden olmaktadır [44].

3.1.5. Mobilite seviyesi

Kentleşme tarihi incelendiğinde, nüfus artışı kentlerin büyümesinin ana sebebi olmuştur. Tarihsel süreçte, üretim biçimindeki değişimlere bağlı olarak tüm dünyada kentlerin nüfusu artmış ve 1900'li yıllarda dünya nüfusunun %9'u kentsel alanda yaşarken, bu oranın 2030'da %60'lara çıkacağı öngörülmektedir [49]. Kentsel büyümede yaşanan bu hızlı artış; motorlu araç kullanımını artırması, çevresel kalitenin bozulması, gürültü, yaşam kalitesi düşüklüğü ve sosyal ayrışma gibi olumsuz sonuçlar doğurmuştur [50].

Günümüzde metropoliten kentlerin genişlemesi kentsel yayılma (urban growth) modeli ile açıklanmaktadır. Kentsel büyüme, fiziksel, çevresel ve sosyo-ekonomik nedenlere bağımlı

olduğu için dinamik, doğrusal olmayan ve kompleks bir yapıya sahiptir ve karmaşık sistem teknikleri ile modellenenilmektedir. Modelleme sonuçlarına göre kentsel yayılmanın ortaya çıkardığı etkileri dört farklı boyutta ele almaktadır;

- Nüfusun seyrek yapılaşmayla dağılması,
- Konutların, işyerlerinin ve ticaret merkezlerinin birbirinden uzakta ve keskin sınırlarla ayrılması,
- Yol ağının büyük bloklarla ve zayıf erişilebilirlikle belirginleşmesi,
- Güçlü bir kent merkezinin olmamasıdır.

Geriye kalan diğer farklı durumlar ise yayılma ile paralel gelişmektedir. Bunlar, ulaşım seçeneklerinin yetersizliği, konut alanlarında göreceli monotonluk veya yürüyerek ulaşım olanağının azalması gibi yukarıdaki durumların ortaya çıkardığı sonuçlardan oluşmaktadır [49].

Kentsel yayılma nedeniyle aktiviteler arasındaki büyüyen mesafeler motorlu ulaşım türlerine bağımlılığı artırmaktadır. Dünyanın pek çok kentinde sokaklar ve caddelerde otomobilin üstünlüğü açıkça görülmekte, yaya ve bisikletliler için mekân ihtiyacı gitgide kısıtlanmaktadır. Mevcut eğilim sürdürülebilir değildir ve kentlerin kültürel ve çevresel değerlerini tehdit eder niteliktedir [20].

3.1.6. Sınırlı petrol rezervleri

Karbon emisyonları, yedi yıl boyunca en hızlı büyüme oranına ulaşarak 2018 yılında bir önceki yıla göre %2 oranında artış göstermiştir. Bu oran; gezegendeki motorlu araç sayısının üçte bir oranında artması sonucunda açığa çıkacak karbon emisyonlarına eşdeğerdir. Karbon emisyonlarındaki bu artış, enerji talebindeki artışın doğrudan bir sonucudur [51]. Talepte yaşanan artış ek üretim ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Ancak günümüzdeki petrol kullanımı yeni rezerv keşiflerinin de hızla tükeneyeceği bir boyuttadır [48].

Motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılan petrole olan bu yoğun talep, aynı zamanda çok büyük miktarda kirliliğe yol açtığı için önemli çevresel etkilere de sahiptir. Motorlu araç kullanımına bağlı olarak karbon monoksit, yanmamış hidrokarbonlar, kurşun (kurşunlu benzinin kullanılmaya devam ettiği bölgelerde) ve karbondioksit; hava kirliliğine neden

olmaktadır. Çalışmalar, taşımacılığın karbon monoksit emisyonlarının neredeyse %90'ından ve daha fazla diğer kirletici yüzdesinden sorumlu olduğunu göstermiştir [52]. Sonuç olarak; mevcut ulaşım sistemleri sonlu, yenilenemez ve hızla tükenmekte olan yakıt kullanmakta oldukları için sürdürülemez niteliktedir [48].

3.2. Kent İçi Ulaşım Türlerinin Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması

Kent içi ulaşım türlerinin çevresel olarak etkilerini belirlemek için hava kirliliği, alan kullanımı, enerji tüketimi, tıkanıklık ve performans kriterleri üzerinden karşılaştırılarak kendi aralarında üstün ve zayıf yönleri araştırılmıştır.

3.2.1. Hava kirliliği

Hava kirliliği, havadaki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek hale gelmesidir. Hava kirliliğinin nedenleri ve boyutları incelendiğinde ulaştırmanın en önemli kaynaklar arasında olduğu görülmektedir [53]. Çünkü dünyada sera gazı salımlarının %24'ü, Türkiye'de sera gazı salımlarının %22'si ulaşım kaynaklıdır (Bkz. Şekil 2.5), (Bkz. Şekil 2.10). Araçların hareketlerini sağlamak için kullandıkları yakıtlardan çıkan gazlar havayı kirletmektedirler. Bu kirliliği egzoz gazı oluşturmaktadır. Motorlu taşıtların çıkardığı egzoz gazı ortama kurşun ve diğer zehirli maddeler bırakır. Kurşun ise insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere yol açmakta ve akciğer kanseri riskini hızlandırmaktadır [53].

Türkiye'de ulaştırma sektörünün kullandığı enerji toplam enerjinin %26'sı kadardır (Bkz. Şekil 2.8). Motorlu taşıtlar için gereken enerjinin tamamı petrol ürünlerinden sağlandığı için sera gazı salımı diğer kent içi ulaşım türlerine göre daha yüksektir. Elektrikle çalışan raylı sistemlerde işletme sırasındaki emisyon diğer ulaşım türlerine göre oldukça düşüktür. Bu sebeple raylı sistemlerin kirlilikteki payı %5 iken motorlu taşıtların payı %85 düzeyindedir. Raylı sistemlerin, arazi ve suların kirletilmesindeki payı da motorlu taşıtlara göre daha azdır. Çünkü genellikle motorlu taşıtlardan çıkan yağlar ve çeşitli maddeler çevredeki arazi ve sulara karışmaktadır. Bir elektrikli tren 42 km seyir sonucunda çevreye 1 kg karbondioksit yayarken, aynı miktarda karbondioksit otobüsle 12 km'de, otomobil 7 km'de yayılmaktadır [53].

Taşıtların oluşturduğu kirliliğin genellikle iki boyutu vardır. Birincisi oksijen tüketimi, ikincisi ise zararlı madde üretimidir. 1 litre yakıtın yanması sırasında 200 litre oksijen tüketilir. Bir insan ise ancak 24 saatte 200 litre oksijen tüketir. Buradan da görüldüğü gibi raylı sistemlerin kullanılması ile hava kirliliği önemli ölçüde azalacaktır. Elektrikli sistemlerin kullanılması ile bu oran daha da az olacaktır [54].

Motorlu kent içi ulaşım sistemlerinin küresel ısınmaya etkileri açısından yarattıkları sera gazları ile ilgili karşılaştırması incelendiğinde tipik benzinli bir otomobilin normal büyüklükteki bir dizel motorlu otobüse göre, bir yolcuyu bir km taşımak için 16 kat daha fazla kirlilik yarattığı anlaşılmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Motorlu taşıtların yarattıkları CO₂ salımları (gram/taşıt-km) [55]

	Otomobil (benzinli)	Otomobil (dizel)	Minibüs (dizel)	Otobüs (dizel)	Otobüs (doğalgaz)	Körüklü otobüs (dizel)
CO ₂ eşdeğeri kirlenme (gram/taşıt- km)	293	172	750	963	1 112	1 000
CO ₂ eşdeğeri kirlenme (gram/yolcu- km)	244	143	50	15	16	7

Motorlu taşıtların çevreye yönelik olumsuz etkileri sera gazları ile sınırlı değildir. Bu taşıtlar yakın çevrelerini de CO₂ dışı gazlarla kirleterek insan sağlığına zarar vermektedir. Bu kirleticilerin başında; CO (karbon monoksit), NO, NO₂, NO_x, gibi nitrojen oksitler, PM₁₀ (toz, kir duman gibi tanecikler), SO₂ (sülfür dioksit) ve benzen gelmektedir. Kokusuz, renksiz ve öldürücü bir gaz olan CO (karbon monoksit)'nin kentlerdeki üretiminin %85-95'i motorlu taşıtlar, bunun %90'ı da otomobiller tarafından yaratılmaktadır. Kentlerin üzerinde gözlenen kırmızı kahve duman genellikle NO₂ (nitrojen dioksit)'dir. Almanya'da yapılan bir araştırmada, motorlu taşıtlar içinde otomobillerin payının nitrojen oksitler üretiminde %65, PM₁₀ üretiminde %60 olduğu ortaya konulmuştur [56].

Raylı sistemler tarafından oluşan kirlilik, yalnızca elektrik enerjisinin üretilmesi sırasında kullanılan kömürden kaynaklanmaktadır. Üretim kentlerde yapılmadığı sürece kent içi ulaşımında raylı sistemlerden kaynaklı kirlilik söz konusu olmayacaktır [57].

Ulaşımdan kaynaklı emisyonun, karbondioksit salımlarının azaltılmasında genellikle raylı sistemlerin avantajlı olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisiyle çalıştığı için otomobil ve otobüs sistemleriyle kıyaslandığında bir üstünlük sağlamaktadır. Ancak bu durum, sadece sunduğu yolcu kapasitesiyle orantılı olarak yüksek düzeyde yolcu taşınıp, kapasitesini tamamen dolduruyorsa değil, ancak gerçekten beklenen yolcu düzeyine eriştiyse geçerlidir. Başka bir deyişle, çok düşük sayıda yolcu taşınıp, beklenen hedef yolcu sayılarına ulaşamadıysa, beklenildiği kadar yolcu taşınmıyorsa bu sistemin yeşil veya sürdürülebilir olduğu söylenemez. Çünkü raylı sistem boş da gitse dolu da gitse elektrik enerjisi tüketmektedir. Bu durumda yolcu sayısı çok az olan bir raylı sistem, karbondioksit salımıyla çevreyi kirleterek elde edilen enerjiyi israf etmektedir [58].

3.2.2. Alan kullanımı

Aynı kapasitede taşımacılık için demiryolları, karayoluna göre daha az arazi gerektirmektedir. Platform genişliği 13,7 m olan çift hatlı, elektrikli bir demiryolu hattı kapasite açısından 37,7 m genişliğinde 6 şeritli bir otoyola eşdeğer durumdadır [59,60]. Bu duruma göre karayolları, demiryollarına göre 2,7 kat daha fazla arazi kullanımı gerektirmektedir. Maliyet açısından platform genişliği 13,7 m olan çift hatlı ve sinyalizasyonlu bir demiryolunun ortalama maliyeti 2 milyon 850 bin dolar/km iken kapasite ve standartları açısından aynı baza getirilen 6 şeritli otoyolun maliyet ortalaması 8 milyon dolar/km olmaktadır. TCK'dan alınan bilgilere göre 1 km otoyol maliyeti düz arazide 6 milyon dolar, engebeli arazide 12 milyon dolar, ortalama olarak 8 milyon dolardır. Yapım maliyeti açısından da raylı sistemlerin daha avantajlı olduğu görülmektedir [61].

3.2.3. Enerji tüketimi

Ulaşımında enerji kullanımı, kişi ve yüklerin hareketi için taleple belirlenir. İnsanların içinde yaşadığı ve çalışma, alışveriş, sosyal etkileşim gibi aktivitelerini gerçekleştirdikleri mekânsal çevrenin enerji kullanımına etkisi büyüktür. Bireylerin herhangi bir ulaşım türü ile yaptığı her yolculuk bir enerji tüketimi gerektirir. Bu tüketimin düzeyi ve kullanılan enerji türü, yolculuk uzunluğuna ve kullanılan ulaşım türünün niteliğine bağlıdır. Kentlerin yapısı ve coğrafi kısıtlar yolculuk uzunluklarını, dolayısıyla yolcu ulaşımında enerji tüketimini etkilemektedir [62].

Raylı sistemler yolcu taşımacılığında diğer sistemlere kıyasla daha az enerji tüketmektedir. Bu anlamda Almanya’da yapılan bir çalışmada yolcu taşımacılığında raylı sistemlerde tüketilen enerji 1 kabul edilirse, motorlu taşıtlarda tüketilen enerji 3 olmaktadır.

Japonya’da yapılan bir çalışmaya göre de yolcu trafiği için yüksek etkinliği olan ulaşım biçimleri; raylı sistemler ve otobüsler, yük taşımacılığı içinse demiryolları ile denizyolu olmaktadır. Yolcu taşımacılığında raylı sistemlere göre otobüsler 1,4 kat, otomobiller 6,8 kat daha fazla enerji tüketmektedirler. Yük taşımacılığında ise demiryolları ve gemiler yaklaşık aynı miktarda enerji tüketirken, kamyonlar 7,5 kat daha fazla enerji tüketmektedir.

Uluslararası Demiryolları Birliği’nin bir raporuna göre bir yolcu 1 kWh enerji harcayarak raylı sistem ile 5 km, otomobille 1,7 km seyahat edebilmektedir.

Ankara Büyükşehir Belediyesi’nin şehir içinde çalıştırdığı toplu taşıma sistemlerinde yapılan bir araştırmada, enerji verimliliği yönünden taşınan yolcu sayısı ve tüketilen enerji miktarından yola çıkılarak bir yolcu başına Metro’nun otobüse göre 3,6 kat, Ankaray’ın ise otobüse göre 3,9 kat daha az enerji tükettiği görülmüştür [63].

Enerji tüketimi yerel koşullara göre farklılıklar göstermektedir. Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma Koordinasyon İdaresi (UKİ)’nin çalışmalarına göre Türkiye koşullarında kentsel ulaşımında yolcu-km başına Kcal olarak enerji tüketimi yaklaşık olarak raylı sistemlerde 85, otobüslerde 105, dolmuşlarda 275, otomobillerde 550’dir. Buna göre raylı sistemlerde tüketilen enerji 1 olduğunda otobüste 1,24, dolmuşta 3,24, otomobilde 6,47 olmaktadır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Kent içi ulaşım sistemlerinin enerji tüketimleri [64]

	Otomobil	Otobüs	Dolmuş	Raylı sistemler
Enerji tüketimi (kcal/yolcu km)	550	105	275	85

Dünyada 2017 yılı enerji tüketiminin sektörel dağılımında %36'lık pay ile ulaşım sektörü ilk sırada gelmektedir (Bkz. Şekil 2.3). Türkiye'de ise 2017 yılı enerji tüketiminin sektörel dağılımında %26'lık pay ile ulaşım sektörü ikinci sırada yer almaktadır (Bkz. Şekil 2.8). Ulaşımın enerji tüketimindeki payında her geçen yıl artış yaşanmasındaki en önemli etken ise motorlu taşıt kullanımındaki artış ve bu taşıtlarda kullanılan yakıtın %100'ünün fosil yakıt kaynaklı olmasıdır [64]. Bu durum enerjinin geleceği ile çevrenin geleceğinin birbiri ile doğrudan ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Enerji yoğunluğunun artması çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır [65]. Bu bağlamda raylı sistemlerin hem çevre kirliliği hem enerji tüketimi olarak en avantajlı kent içi ulaşım türü olduğu görülmektedir.

3.2.4. Tıkanıklık yönünden

Özellikle nüfusu fazla olan şehirler, farklı birçok etkinliğin birbirleriyle etkileşim içerisinde olduğu çok hareketli yerleşim yerleridir. Ev, iş yerleri, alışveriş merkezleri, eğitim ve eğlence yerleri arasındaki yolculuk talebi şehir trafiğini oluşturmaktadır. Bu, yolculuk üreten ve yolculuk çeken bölgeler arasındaki arz ve talep fazlalığı şehir trafiğinin artmasına yol açmaktadır. Otomobil sahipliğinin artışı, özel araç kullanımını artırmakta bunun sonucunda da şehir trafiği özellikle büyük kentlerde içinden çıkılmaz bir hal almaktadır.

Trafik artışının sonucu olarak, tıkanıklık etkisinden dolayı pik saatlerde yapılan yolculuklar özel araçlarını, servis araçlarını ve otobüsleri kullanan insanların araç içerisinde geçirdikleri yolculuk sürelerini artırmaktadır. Şehirlerin karayolu altyapısına yapılan büyük yatırımlara rağmen trafik yoğunluğu ve bunun sonucu olarak tıkanıklık daha da artar hale gelmektedir.

Kent içi otobüslerin sıkışık trafikte ilerlemeleri ve önceden planlanan zamanda istenilen durakta olmaları mümkün değildir. Bunu sağlamak için diğer araç trafiğinden ayrılmış özel otobüs şeritlerinin kullanılması düşünülebilir. Ancak, bu sefer de özel araç, ticari araç ve servis araçlarının kullandığı şerit genişliğini azaltacaktır. Buna ek olarak, raylı sistemlerle karşılaştırıldığında otobüs taşımacılığı daha yavaş ve daha az konforludur.

Raylı sistemlerde taşıta olan güvenilirlik çok yüksektir. Yolcu taşıma kapasiteleri otobüse göre yüksek olduğundan, yüksek yolculuk talebi ve yüksek trafik hacmi olan bölgeler arasında raylı sistemlerin ulaşım sistemine dahil edilmesi büyük şehirlerin trafik sorunu için bir çözüm olarak gözükmektedir. Raylı ulaşım sistemleri, altyapı yatırımları yüksek olan sistemlerdir. Bu nedenle çok kapsamlı ve düzgün bir planlama süreci sonunda yapımına karar verilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde, nüfusu az olan şehirler için otobüs taşımacılığı dışında başka bir toplu taşıma alternatifi yoktur. Büyük şehirlerde ise yolculuk talebinin az olduğu bölgeler arasında ve raylı sistemleri besleyici olarak hizmet vermektedir [22].

3.2.5. Kapasite

Toplu taşıma türlerinin karşılaştırılması farklı yönlerden yapılabilir. Öncelikle her toplu taşıma sisteminin hem zayıf hem de güçlü yanlarının olduğu unutulmamalıdır. Öte yandan mevcut literatürde yapılan karşılaştırmalarda, ele alınan herhangi bir ölçüt için toplu taşıma türlerinin çok farklı sınır değerleri olduğu, hatta birbiriyle çelişen durumlara rastlandığı gözlenmektedir. Örneğin saatlik yolcu kapasitesi bakımından kimi kaynaklar hafif raylı sistemleri hızlı otobüs işletmeciliğinden çok önde gösterirken bazı kaynaklarda bu durum tam tersine yer almaktadır. Özellikle hafif raylı sistemleri metro sistemlerinden ayırmak kolay olmamakta, bu ise değerlendirmelerde farklılaşmalara neden olmaktadır. Ayrıca, aynı özelliklere sahip toplu taşıma sistemlerinin, farklı kentlerdeki uygulamalarında, aynı performans değerlerini sağlayamadıkları görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırmaların belli bir hata payını içerdiği unutulmamalıdır [66].

Bununla birlikte genel yaklaşım, yolcu taşıma kapasitelerinin; otomobilin 2 000-5 000 yolcu/saat/yön, minibüs sistemlerinin 5 000-10 000 yolcu/saat/yön, otobüs, trolleybüs ve tramvayın 7 000-15 000 yolcu/saat/yön, hızlı otobüs sistemi ve hafif raylı sistemin 15 000-25 000 yolcu/saat/yön, metro ve banliyö treninin 40 000-60 000 yolcu/saat/yön olduğu yönündedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Kent içi ulaşım sistemlerine yolcu kapasiteleri [66,67]

Kent içi ulaşım türü	Yolcu taşıma kapasitesi (yolcu/saat/yön)
Otomobil	2 000 – 5 000
Minibüs	5 000 – 10 000
Otobüs / trolleybüs / tramvay	7 000 – 15 000
Hafif raylı sistem	15 000 – 25 000
Metro / banliyö	40 000 – 60 000

3.2.6. İşletme maliyeti

İşletme maliyeti konusunda genel yaklaşım, lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin işletme maliyetlerinin raylı sistemlere göre daha yüksek olduğudur. Ancak burada önemli bir nokta göz ardı edilmektedir. Hesaplanan işletme maliyetleri, kapasite değerleri kullanılarak yapılmaktadır. Eğer sistem kapasiteye yakın kullanılırsa raylı sistemlerin daha ekonomik olduğu doğrudur, aksi durumda raylı sistemlerin işletme maliyeti artmaktadır. Çizelge 3.7’de verilen işletme maliyetleri taşınan yolcu-km üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 3.7. Toplu taşıma sistemlerinde işletme maliyeti (ABD cent 1993) [68]

Toplu taşıma türü	Otobüs	Tramvay	Hafif raylı sistem	Metro
İşletme maliyeti (yolcu- km başına)	3-8	3-12	12-15	15-23

Kent içi ulaşım türlerinin; hava kirliliği, alan kullanımı, enerji tüketimi, tıkanıklık, kapasite ve işletme maliyeti gibi yönlerden karşılaştırmaları yapılmıştır. Raylı sistemlerin avantajları genellikle bütün karşılaştırmalarda ön plana çıkmaktadır. Raylı sistemler ile kazasız ve risksiz seyahat etme hakkı sağlanacak, sürücü hataları en az seviyeye indirilecek, yolcu taşımada birim başına harcanan enerji azalacak, elektrik enerjisi kullanılarak dışa bağımlılık azalacak, hızlı, konforlu, güvenli yolcu taşınması yapılabilecek, yolcu taşıma kapasitesi artırılacak ve çevrenin kirlenmesi büyük oranda önlenecektir.

Özellikle büyük şehirlerde ulaşım sorunları, gelecekte yaşanabilir çevre olabilmeleri bakımından büyük önem taşımaktadır. Kapasite, hız, düzenlilik gibi özelliklerinin yanında enerji verimliliği, ülkeye maliyetinin ucuzluğu, kentleşmeyi denetim altına almaya ve çevrenin korunmasına katkıları nedeniyle raylı istemler kentsel ulaşırmada köklü önlemlerin en etkin araçlarından birini oluşturmaktadır.

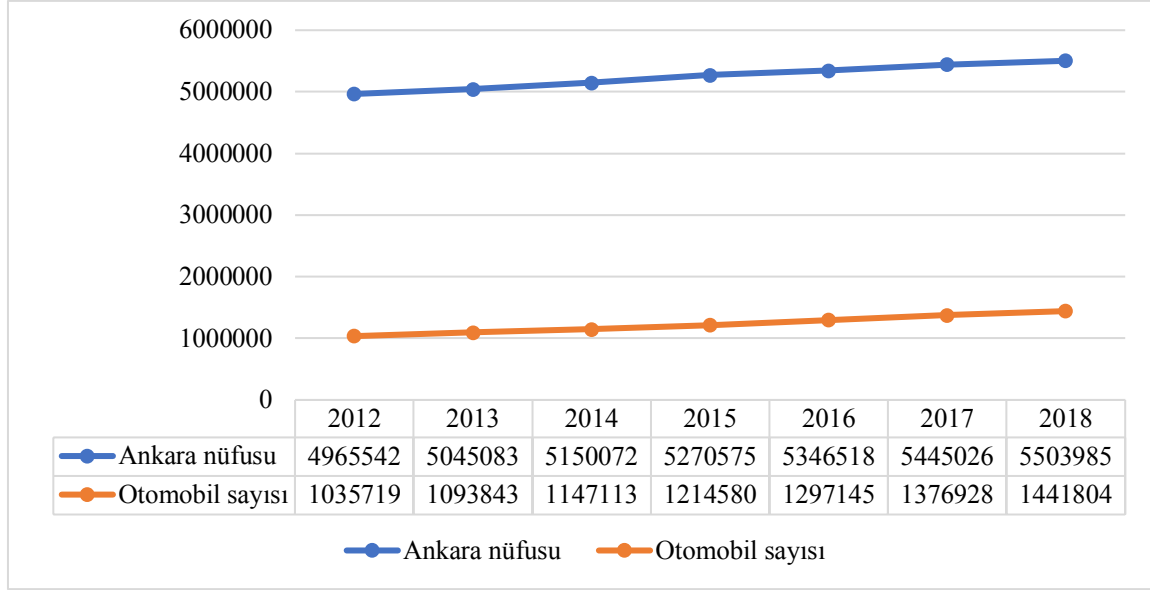
Raylı sistemler, küçük ölçekli şehirlerden metropollere kadar birçok değişik nüfus yoğunluklarına ve ulaşım taleplerine de kademeli büyüeyebilen yapısı ile toplu taşımaya modern, hızlı, konforlu, emniyetli ve çevreci çözümler getirmektedir. Birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi raylı taşıma sistemlerine geçiş kaçınılmazdır. Önemli olan bunu zamanında planlayıp uygulamaktır. Ulaşım planlamasında ulaşım sistemleri birlikte ve denge içinde kullanılmalı, birbirlerini tamamlamalıdır [61].



4. ANKARA’DA KENT İÇİ ULAŞIM TÜRLERİ

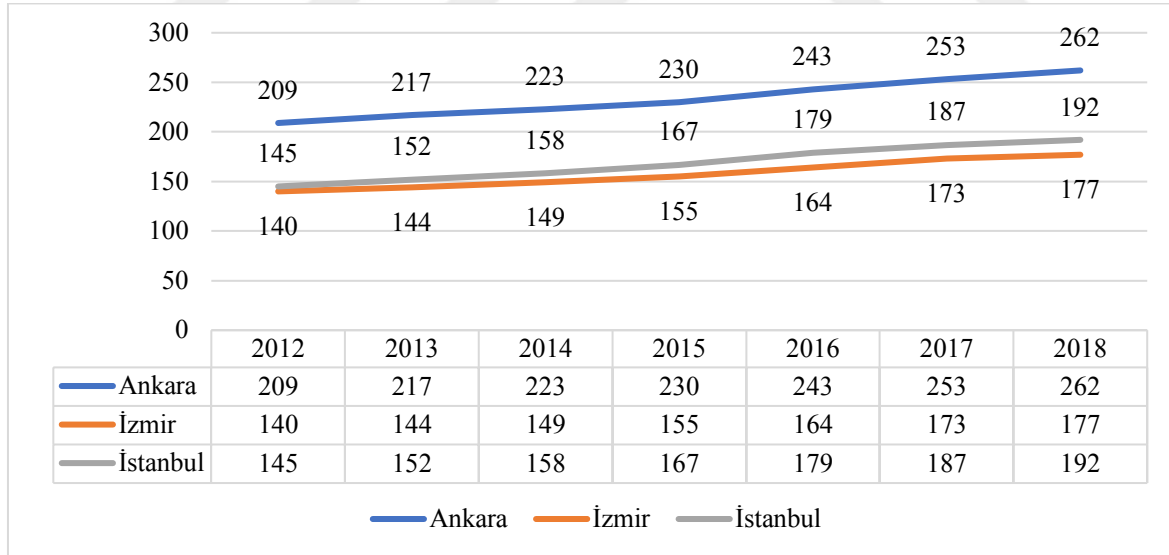
Ankara kentinin 2018 yılına ait nüfusu 5 503 985 kişidir [3]. Ankara nüfus itibariyle yoğun olan bir şehir olmakla birlikte, kentin coğrafik konumu ve ülkenin başkenti olmasının getirdiği ayrı bir trafik yoğunluğu da mevcuttur. Trafik yoğunluğunun getirdiği sorunların başında ulaşım altyapı yetersizliği gelmektedir. Ulaşımında yaşanan problemlerin temelini Ankara’nın konumu ve makroformu oluşturmaktadır. Her geçen gün trafiğe katılan özel araçların yanı sıra şehirlerarası yolculuk yapan araçların uğrak noktası ve transit geçişlerin odağında bulunması şehrin ulaşım altyapısında yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Ankara; makroformuna biçim kazandıracak bazı temel taşıyıcı aksların; Eskişehir, Konya ve İstanbul yolu, bulunmasına rağmen “yağ lekesi” biçiminde büyümektedir. Bu da bir anlamda büyümenin kontrol edilemediği ve plansız geliştiği sonucuna götürmektedir. Ankara’nın kentsel büyüme sorunu içerisinde ele alınması gereken önemli hususlardan birisi de Ankara’nın yüksek oranda göç alan bir il olması ve bu sebeple göçle gelen bu nüfusun kentsel servislerin ve yeni altyapıların sunumunun yetersiz kalmasına neden olmasıdır. Bu durum sürdürülebilir kentsel büyüme ilkeleriyle çelişmektedir. Bu çerçevede, hızlı kentsel yayılma ve saçaklanma kent içi servis sunumunu zorlaştırmakta, altyapı maliyetlerini ve araç bağımlılığını artırmakta ve sonuç olarak Ankara’yı sürdürülebilir bir büyüme yapısından giderek uzaklaştırmaktadır [69,70].

Ankara’da 2012 yılından 2018 yılına kadar nüfus artışı %10,6 olup, otomobil sayısındaki artış %39,2’dir. Bu durum; otomobil sahipliğinde, nüfus oranında yaşanan artışın yaklaşık 4 katı kadar hızlı bir artış yaşandığını göstermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Ankara'da 2012-2018 yıllarına ait nüfus ve otomobil değerleri [3,71] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.)

Türkiye'nin 3 büyük metropolünde otomobil sahipliğinin en fazla olduğu il Ankara olup, son 6 yıl içinde %25'lik bir artış yaşandığı görülmektedir (Şekil 4.2).

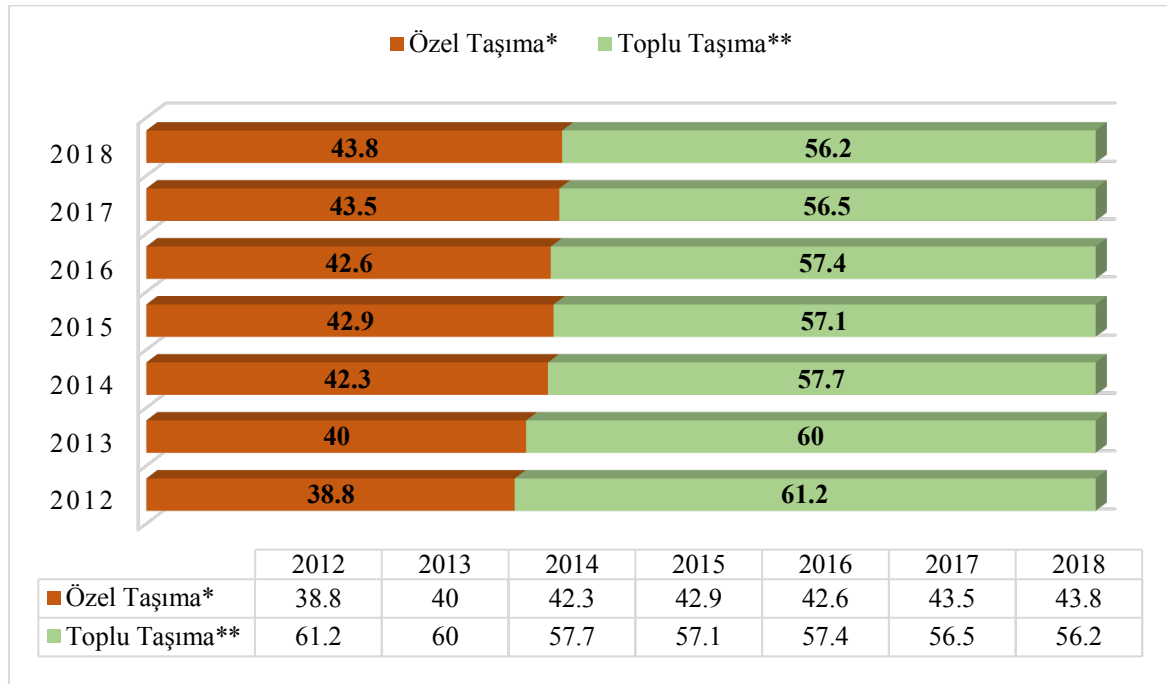


Şekil 4.2. Ankara, İstanbul ve İzmir kentlerinde 1000 kişiye düşen otomobil sahipliğinin yıllara göre dağılımı [71] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Özel araç bağımlılığında yaşanan bu hızlı artışın en önemli sebebi Ankara'nın kent içi ulaşım yapısında etkinlik, verimlilik, erişilebilirlik, ulaşım türlerinin dengesi ve türlerin

entegrasyonu açısından sorunların olmasıdır. Bu sorunlar özellikle raylı sistemlerin Ankara’da payının düşüklüğünden kaynaklanmaktadır [70].

Ankara’da bir iş gününde yapılan yolculukların türel dağılımında 2012 yılından 2018 yılına kadar özel taşımanın payı genel olarak artış gösterirken toplu taşıma payında düşüş yaşandığı görülmektedir (Şekil 4.3).



*Özel taşıma: otomobil ve taksi

**Toplu taşıma: Ego otobüsleri, Ankaray, metro, banliyö treni, teleferik, dolmuş, servis araçları, özel halk otobüsü, özel toplu taşıma aracı, ilçe özel toplu taşıma aracı

Şekil 4.3. Ankara’da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı [70,72-74] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Kent merkezinde ve kentin birçok yerinde motorlu taşıt hızını arttıran ve yaya hareketlerini kısıtlayan yol genişletmeleri ve katlı kavşak projelerinin uygulanması, toplu taşıma kullanmayı özendirmekten çok özel araç kullanımını cazip hale getirmiştir. Birbirine zıt olan toplu taşıma odaklı ve karayolu yatırımı odaklı projeler bir arada uygulanmıştır. Bir yandan yüksek kapasiteli, yüksek hizmet kaliteli raylı sistemler geliştirilirken, diğer yandan özel otomobil kullanmayı caydıran, toplu taşıma özendiren önlemler uygulanmamış bu da yüksek kapasiteli raylı sistem projeleri ve diğer toplu taşıma iyileştirmelerinden beklenen faydalara ulaşılamamasına neden olmuştur [75,76].

4.1. Ankara Kent İçi Ulaşımında Kullanılan Araç Türleri

Ankara’da kent içi ulaşım lastik tekerlekli araçlar ve raylı sistemler ile yürütülmektedir. Kent içi ulaşım sistemlerinin en önemlisi EGO tarafından işletilen otobüsler ve raylı sistemlerdir. Bunların yanı sıra özel işletmelerin de kent içi ulaşımında payları yadsınamayacak derecededir [69].

4.1.1. Lastik tekerlekli toplu ulaşım türleri

Lastik tekerlekli toplu ulaşım türleri arasında EGO otobüsleri, özel halk otobüsleri, dolmuşlar, servisler, ticari taksiler ve kişisel kullanıma ait olan araçlar sayılabilir. EGO otobüsleri Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmektedir. Özel halk otobüsleri, özel girişimciler tarafından işletilirken belediyenin denetimi altında olan bir lastik tekerlekli ulaşım çeşididir. Dolmuşlar, servisler ve ticari taksiler gelir elde etmek adına özel girişimcilerin sahip olduğu ve kent içinde ulaşım hizmetlerinin büyük bir bölümünü yüklenen ulaşım araçları çeşitleridir. Hususi araçlar ise kişilerin herhangi bir gelir elde etmek amacının dışında kişisel kullanımları içindir [69].

EGO otobüsleri

Kent içi ulaşımında kullanılan EGO otobüsleri, körüklü ve solo olmak üzere iki farklı şekilde olabilmektedir. Araçların kapasitesi solo araçlar genellikle 80 kişilik bir kullanım alanına sahipken, körüklü araçlar 156 kişilik bir kullanım alanına sahiptir. EGO otobüsleri 5 bölgede toplam 311 hatta 1 598 araç ile hizmet vermektedir [77]. Doğalgaz ile çalışan otobüs sayısı 1 287’dir [78].

Çizelge 4.1. Ankara kent içi EGO otobüsü yolcu sayılarının yıllara göre dağılımı [78-82]

Yıllar	Taşınan Yolcu Sayısı	Yapılan Sefer Sayısı	Kat Edilen Yol (km)
2013	227 594 240	3 165 759	111 895 233
2014	229 818 961	2 904 668	111 108 835
2015	208 651 659	2 509 748	89 365 015
2016	199 947 038	2 428 405	86 148 968
2017	201 693 186	2 499 056	91 969 822

Özel halk otobüsleri

Kent içi ulaşımda sunulan bir diğer lastik tekerlekli ulaşım aracı özel halk otobüsleridir. Özel halk otobüslerinin sayısı 200 adettir. Bunlara ek 441 tane de özel toplu taşıma ve ilçe özel toplu taşıma araçları da mevcuttur. EGO Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre; özel halk otobüsleri ve özel toplu taşıma araçları ile günde yaklaşık olarak 404 500 yolcu taşınmaktadır [83].

Dolmuşlar

Ankara kent içinde 32 hat üzerinde çalışan 2 231 adet dolmuş mevcuttur. EGO Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre dolmuş ve minibüslerle günde toplam 1 115 000 yolcu taşınmaktadır [71]. Bu da kent içi ulaşımda özel araçlardan sonra en büyük paya sahip olan kent içi ulaşımın dolmuşlar olduğunu ortaya koymaktadır. Geçmişte yetersiz toplu taşıma sonucu ortaya çıkan kamu ulaşım sisteminin açığını kapatma işlevini yerine getiren ve küçük girişimciler tarafından gerçekleştirilen bir ara toplu taşıma türü olan dolmuşlar zaman içinde kent merkezi ve yoğun konut alanlarında otobüs sistemi ile yarışır hale gelmişlerdir [83].

Servis araçları

Toplu taşıma sunumundaki yetersizlik ve kamu kuruluşlarının kent merkezinden uzakta yer seçmeleri bir başka kent içi ulaşım türünün doğmasına yol açmıştır. Resmi kuruluşlar kendi personelini taşımak için servis aracı işletmeye başlamışlar ve bu araçların sayısı hızla artmıştır [83]. Bununla birlikte servis araçlarının başka bir kullanım şekli öğrencileri okullara götürmek olmuştur [69]. EGO Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre servis araçlarının sayısı 7 200 olup, bu araçlar günde toplam 810 000 yolcu taşımaktadır [71].

Ticari taksiler

Ticari taksiler ise; kent içi ulaşımda bireylerin daha hızlı bir şekilde yer değiştirmesini sağlamaktadır [69]. EGO Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre Ankara'da toplam taksi sayısı 7 701 olup, bu araçlar günde 400 000 yolcu taşımaktadır [69].

Özel araçlar

EGO Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre Ankara’da toplam trafiğe çıkan otomobil sayısı 1 299 500 olup, bu araçlarla günde 2 440 000 yolcu taşınmaktadır. Ankara’da yolculuk türel dağılımında en büyük pay otomobile aittir [71].

4.1.2. Raylı sistem toplu ulaşım türleri

Ankara’da kent içi ulaşımında kullanılmak üzere hizmet veren raylı sistemler; Ankaray, Ankara Metrosu (M1, M2, M3 ve M4), teleferik hattı ve banliyö olmak üzere kentin belirli noktalarına ulaşım hizmeti sağlamaktadır [84].

(M1) Ankara Metrosu- (Kızılay-Batıkent)

Ankara Kentsel Ulaşım Ana Planı’nda (2015) yer alan raylı sistemler ağının birinci aşaması seçilen Kızılay-Batıkent Metro Hattı’nın yapımına 29.03.1993 tarihinde başlanmıştır. Kızılay’dan başlayarak Ulus-Yenimahalle-Demetevler-Ostim-Batıkent güzergahında hizmet vermekte olan hattın toplam uzunluğu 14 661 metredir. Ankara Metrosu (M1) 12 duraktan oluşmaktadır. Duraklar; Kızılay, Sıhhiye, Ulus, Atatürk Kültür Merkezi, Akköprü, İvedik, Yenimahalle, Demetevler, Hastane, Macunköy, Ostim ve Batıkent’tir (Harita 4.1). 108 araçlı (18 adet 6“lı dizi) sistem 28 Aralık 1997’de işletmeye açılmıştır.



Harita 4.1. Ankara Metrosu (M1) durakları [84]

(M2) Ankara Metrosu (Kızılay-Çayyolu)

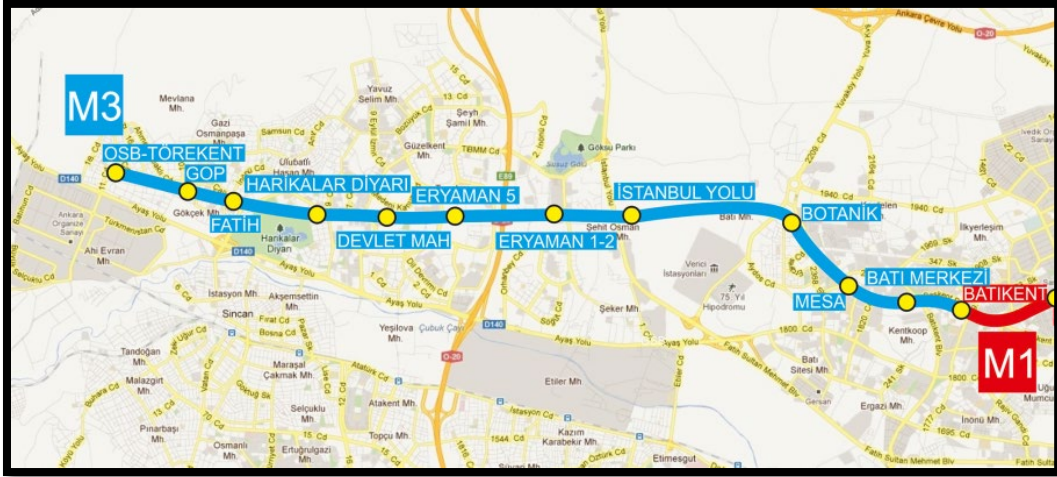
Ankara Metrosu'nun ikinci aşaması olan Kızılay-Çayyolu hattının yapım çalışmalarına 27.09.2002 tarihinde başlanmış ve 13 Mart 2014 tarihinde kent içi toplu ulaşımında kullanılmaya başlanmıştır. Ankara Metrosu (M2) hattı 16 590 metre hat uzunluğunda 12 duraktan oluşan bir metro sistemidir. Duraklar; Kızılay, Necatibey, Milli Kütüphane, Söğütözü, MTA, ODTÜ, Bilkent, Tarım Bakanlığı, Beytepe, Ümitköy, Çayyolu ve Koru'dur (Harita 4.2).



Harita 4.2. Ankara Metrosu (M2) durakları [84]

(M3) Ankara Metrosu- (Batıkent-Sincan-Törekent)

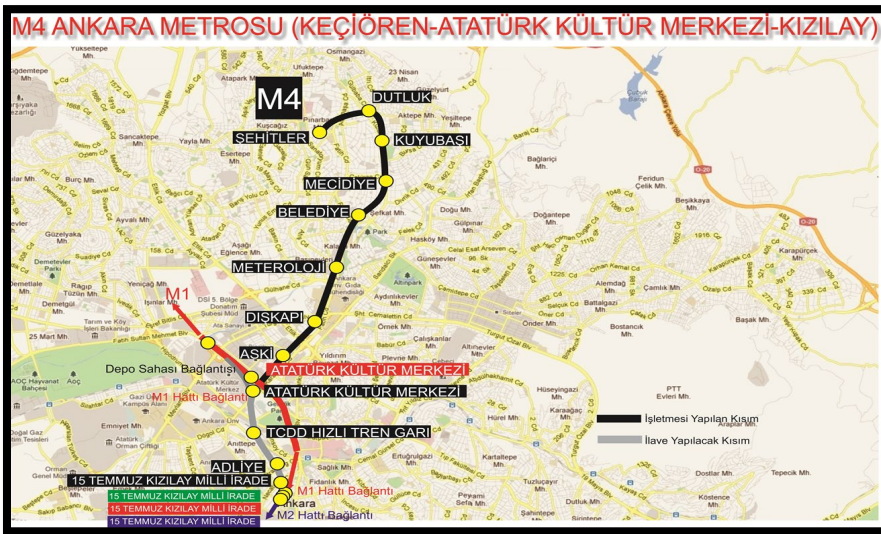
Kızılay'dan Batıkent'e giden metronun devamı ve Ankara Metrosu'nun üçüncü aşaması olan 15 360 metre hat uzunluğunda 11 adet istasyon ve 12 duraktan oluşan Batıkent-Sincan-Törekent Metro Hattı 12 Şubat 2014 tarihinde hizmete açılmıştır. Duraklar; Batıkent, Batı Merkez, Mesa, Botanik, İstanbul Yolu, Eryaman 1-2, Eryaman 5, Devlet Mahallesi, Harikalar Diyarı, Fatih, GOP ve OSB-Törekent'tir (Harita 4.3).



Harita 4.3. Ankara Metrosu (M3) durakları [84]

(M4) Ankara Metrosu (Keçiören- Atatürk Kültür Merkezi – Kızılay)

Ankara Metrosu'nun dördüncü aşaması olan 9 220 metre hat uzunluğunda 9 adet istasyondan oluşan AKM – Keçiören Metro Hattı 15.07.2003 tarihinde yapım çalışmalarına başlanmış 5 Ocak 2017 tarihinde hizmete açılmıştır. Duraklar; Atatürk Kültür Merkezi, ASKİ, Dışkapı, Meteoroloji, Belediye, Mecidiye, Kuyubaşı, Dutluk ve Şehitler'dir (Harita 4.4). Ayrıca Ulaştırma Bakanlığı tarafından AKM istasyonundan itibaren TCDD Hızlı Tren Gar'ı üzerinden Kızılay'a bağlanması planlanan metro hattı ile ilgili ihale (3,3 km hat, 3 istasyon) çalışmaları devam etmektedir.



Harita 4.4. Ankara Metrosu (M4) durakları [84]

(A1) Ankaray (Dikimevi-AŞTİ) hafif raylı sistem

Ankara'nın artan ulaşım talebini karşılamak amacıyla yapımına 1992 yılında başlanan Ankara'nın ilk hafif raylı sistemi Ankaray, 1996 yılında 33 araçlı (11 adet 3'lü dizi) olarak AŞTİ-Dikimevi güzergâhında hizmete açılmıştır. Bu hat üzerindeki duraklar Dikimevi, Kurtuluş, Kızılay, Maltepe, Tandoğan, Beşevler, Bahçelievler, Emek ve AŞTİ'dir (Harita 4.5).



Harita 4.5. Ankaray (A1) durakları [84]

Toplam hat uzunluğu en fazla olan metro hattı 16 590 metre uzunlukla Ankara Metrosu (M2) olup, Ankara Metrosu (M3) 15 629 metre, Ankara Metrosu (M1) 14 661 metre, Ankara Metrosu (M4) 9 220 metre ve Ankaray 8 527 metre hat uzunluğuna sahiptir (Çizelge 4.2)

Çizelge 4.2. Ankara Metroları (M1,M2,M3,M4) ve Ankaray'ın güzergah özellikleri [84]

	Güzergah	Toplam hat uzunluğu (metre)
M1	Batıkent – Ostim – Demetevler –Yenimahalle – Ulus – Sıhhiye – Kızılay	14 661
M2	Kızılay – Çayyolu	16 590
M3	OsB-Törekent- Gop- Fatih - Harikalar Diyarı - Devlet Mah. - Eryaman 5 - Eryaman 1-2 - İstanbul Yolu - Botanik - Mesa - Batı Merkezi - Batıkent	15 629
M4	Tandoğan – Keçiören	9 220
Ankaray	Aşti – Beşevler – Tandoğan – Kızılay- Dikimevi	8 527

Ankara raylı sisteminde yer alan M1, M2, M3, M4 metroları ve Ankaray hafif raylı sistemin araç özellikleri Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Ankara raylı sistem verileri [84]

	Ankara Metrosu (M1)	Ankara Metrosu (M2)	Ankara Metrosu (M3)	Ankara Metrosu (M4)	Ankaray
Araç Menşei	Bombardier	CSR ZELC	CSR ZELC	CSR ZELC	Ansaldo Breda
Araç Kapasitesi (6 kişi/m ²)	275 yolcu (64 oturan)	275 yolcu (64 oturan)	294 yolcu	275 yolcu (64 oturan)	308 yolcu (60 oturan)
Dizideki araç sayısı	6 adet	6 adet	6 adet	6 adet	3 adet
Araç filosu	108 araç (18 adet 6'lı dizi)	144 araç (24 adet 6'lı dizi)	120 araç (20 adet 6'lı dizi)	60 araç (10 adet 6'lı dizi)	33 araç (11 adet 3'lü dizi)
İstasyon sayısı	12	11	11	9	11
Enerji	750 VDC 3.Ray	750 VDC 3.Ray	750 VDC 3.Ray	750 VDC 3.Ray	750 VDC 3.Ray
Ticari hız	38 km/saat	40 km/saat	40 km/saat	40 km/saat	38 km/saat
Maksimum hız	80 km/saat	80 km/saat	80 km/saat	80 km/saat	80 km/saat
Uygulanabilir kapasite	70 000 yolcu/saat yön	70 000 yolcu/saat yön	70 000 yolcu/saat yön	33 000 yolcu/saat yön	27 000 yolcu/saat yön

2017 yılına ait taşınan yolcu sayılarına göre; Ankara'da, Ankara Metrosu (M1) hattı 46 087 321 kişi ile en fazla yolcu taşımacılığının yapıldığı metrodur. Hafif raylı sistem olup taşıma kapasitesi metroya göre daha düşük olmasına rağmen Ankaray hattında; diğer metro hatlarına göre daha fazla yolcu taşındığı görülmektedir (Çizelge 4.4). Ankara Metrosu (M2) hattı Ankaray'a göre yılda daha az yolcu taşınmasına rağmen hat uzunluğunun yaklaşık iki kat fazla olması nedeniyle harcanan enerji daha fazladır.

Çizelge 4.4. Ankara raylı sistem hatlarına ilişkin 2017 yılı sayısal verileri [71,84]

	Ankara Metro su (M1)	Ankara Metro su (M2)	Ankara Metro su (M3)	Ankara Metro su (M4)	Ankaray
Yolcu sayısı (kişi)	46 087 321	27 409 693	12 885 661	7 728 561	37 169 329
Harcanan enerji (kwh)	40 887 984	24 294 568	16 233 878	13 227 962	18 562 018
Yapılan sefer (tur)	57 060	42 432	44 635	47 901	62 272
Yapılan kilometre(yıllık)	1 673 113	1 407 893	1 371 187	883 294	1 061 986

Ankara Metro
su (M1) hattında taşınan yolcu sayısında son 3 yılda azalma görülmekte olup, diğer raylı sistem hatlarında taşınan yolcu sayıları yıllara göre artış göstermektedir. Ankara Metro
su (M2) hattı 13 Mart 2014 tarihinde, Ankara Metro
su (M3) hattı 12 Şubat 2014 tarihinde, Ankara Metro
su (M4) hattı ise 5 Ocak 2017 tarihinde hizmete açıldığı için; Çizelge 4.5'te taşımacılık faaliyeti gösterdikleri yılların istatistikleri gösterilmiştir [84].

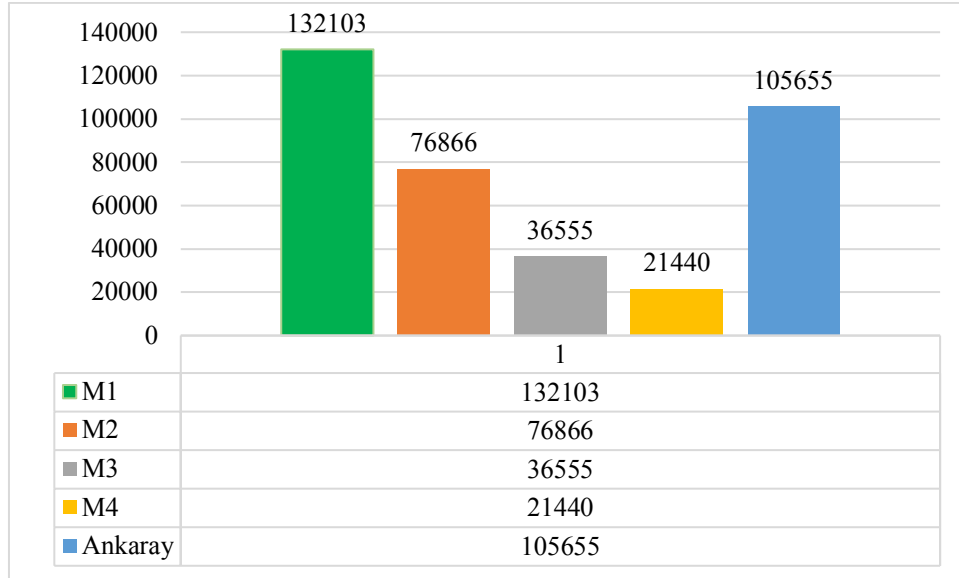
Çizelge 4.5. Ankara raylı sistem hatlarında yıllara göre taşınan yolcu sayıları [71,84]

Yıllar	Ankara Metro su (M1)	Ankara Metro su (M2)	Ankara Metro su (M3)	Ankara Metro su (M4)	Ankaray
2013	54 316 166	-	-	-	35 107 331
2014	53 282 612	*8 781 618	**4 302 862	-	37 078 547
2015	54 823 638	19 602 841	8 423 001	-	38 537 129
2016	50 881 134	20 111 158	9 041 387	-	36 617 066
2017	46 087 321	27 409 693	12 885 661	7 728 561	37 169 329

*M2 Mart-Aralık 2014 yolcu istatistiği verilmiştir.

**M3 Nisan-Aralık 2014 yolcu istatistiği verilmiştir.

Günlük ortalama yolcu sayısının en fazla olduğu hat Ankara Metro
su (M1), en az olduğu hat Ankara Metro
su (M4)'dur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ankara raylı sistemlerinde 2017 yılı günlük ortalama yolcu sayısı [71]

Banliyö (Başkentray)

Ankara’da banliyö treni kentin ortasından geçen, 37,5 km hat uzunluğuna sahiptir [84]. TCDD tarafından işletilen Banliyö trenleri kent içi ulaşımında vatandaşlara hizmet vermektedir. Günlük Sincan – Kayaş hattı üzerinde çalışan 129 trenden 64 Başkentray dizisi ile hafta içinde 45 500 yolcu taşınmaktadır [85].

Çizelge 4.6. Ankara banliyösünde yıllara göre taşınan yolcu sayıları [86]

Yıllar	Yolcu sayısı (kişi)
2013(5 ay)	4 343 092
2014	11 742 238
2015	11 082 189
2016 (3 ay)	2 818 093

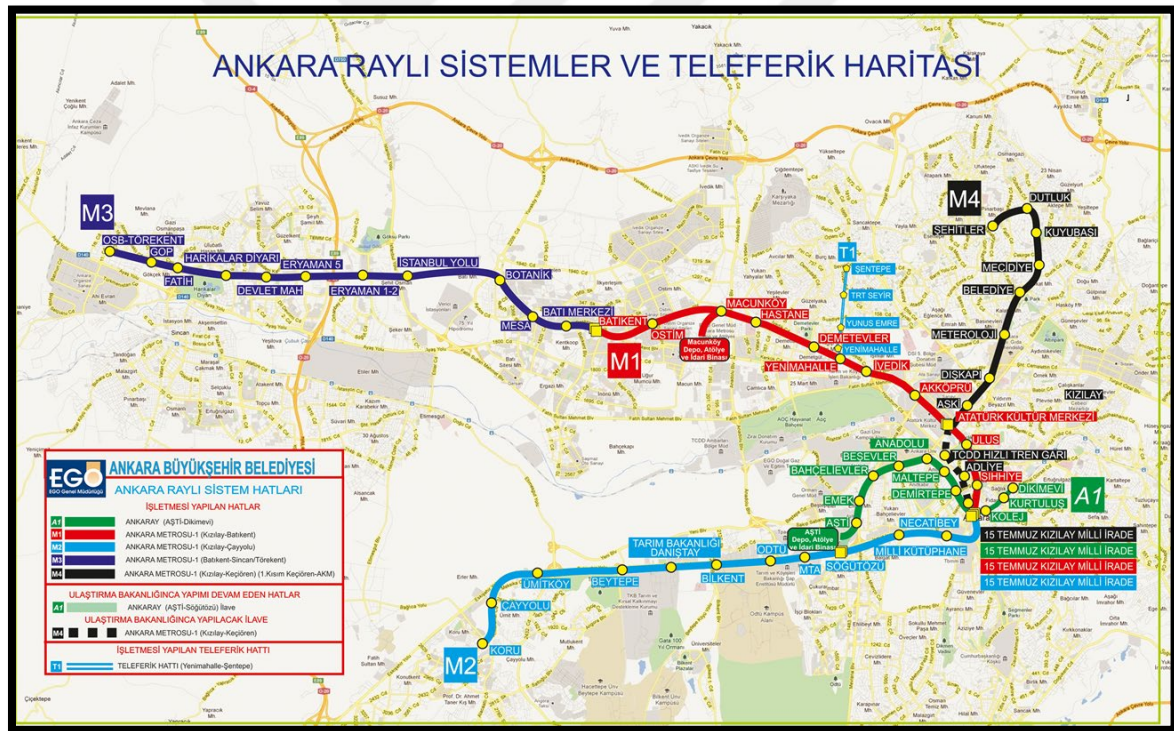
Teleferik (Yenimahalle – Şentepe Teleferik Hattı)

Yapım çalışmalarına 2013 yılında başlanan ve Yenimahalle Metro İstasyonu’nu Şentepe’ye bağlayan teleferik sistemi, metroyu kullanan yolcuların kısa sürede Şentepe’ye ulaşmalarını sağlamaktadır. 4 duraklı 106 kabinin aynı anda hareket ettiği teleferik sistemi saatte tek

yönde 2 400 kişi taşımaktadır. Teleferik sistemi 3 257 metre olup, her kabin 15 saniyede bir istasyona girmektedir. Sistemde çalışan kabin sayısı 99'dur. Yenimahalle – Şentepe Teleferik Hattı'nın ilk üç istasyonu 17 Haziran 2014'te, dördüncü istasyonun bitmesiyle tümü 20 Mayıs 2015'te hizmete açılmıştır [84].

Çizelge 4.7. Teleferik hattına ilişkin sayısal veriler [78,79,84]

Yıllar	Yolcu sayısı (kişi)	Harcanan enerji (kW)	Yapılan sefer (tur)
2016	4 076 634	2 375 026	7 627
2017	2 257 701	2 109 852	9 000
2018	2 990 405	2 636 315	9 941



Harita 4.6. Ankara raylı sistemler ve teleferik haritası [84]

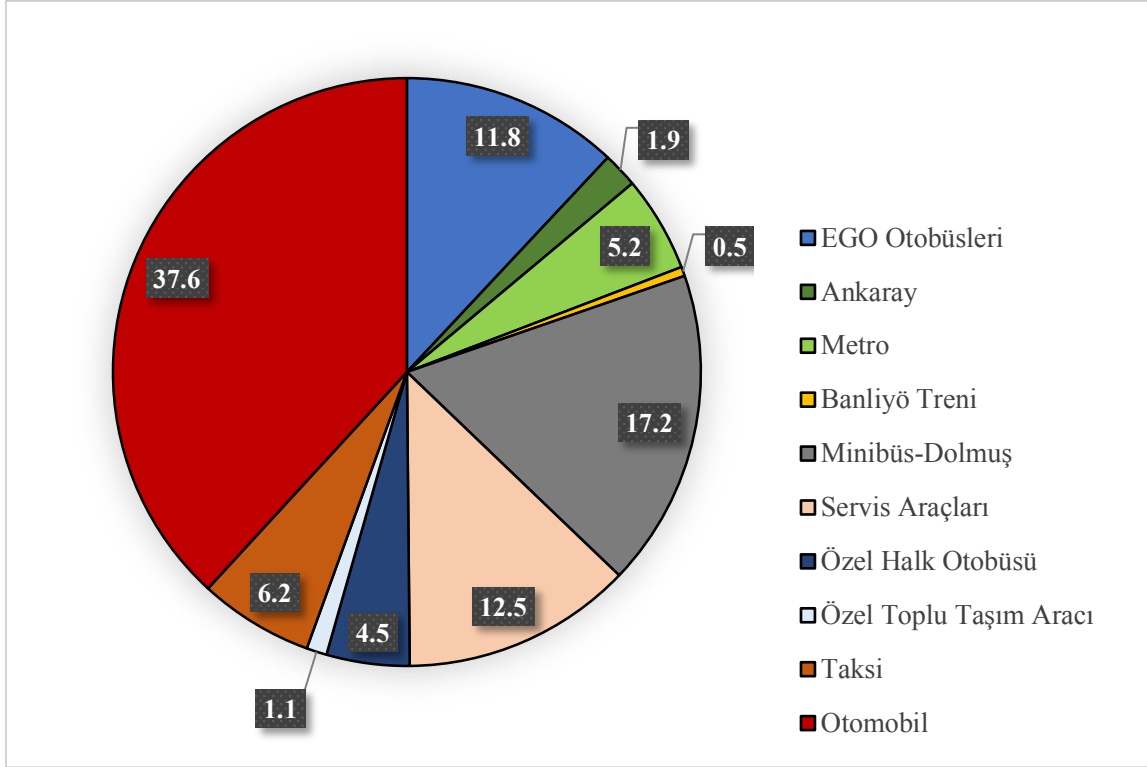
4.2. Ankara'da Kent içi Ulaşımın Mevcut Durumu

2018 yılı verilerine göre Ankara kentinde bir iş gününde yapılan yolculukların %56,2'si toplu taşıma araçları %43,8'i özel taşıma araçları ile gerçekleştirilmektedir. Toplu taşıma araçları içerisinde ise en yüksek paya %30,6 ile minibüs-dolmuş sahip olup, EGO

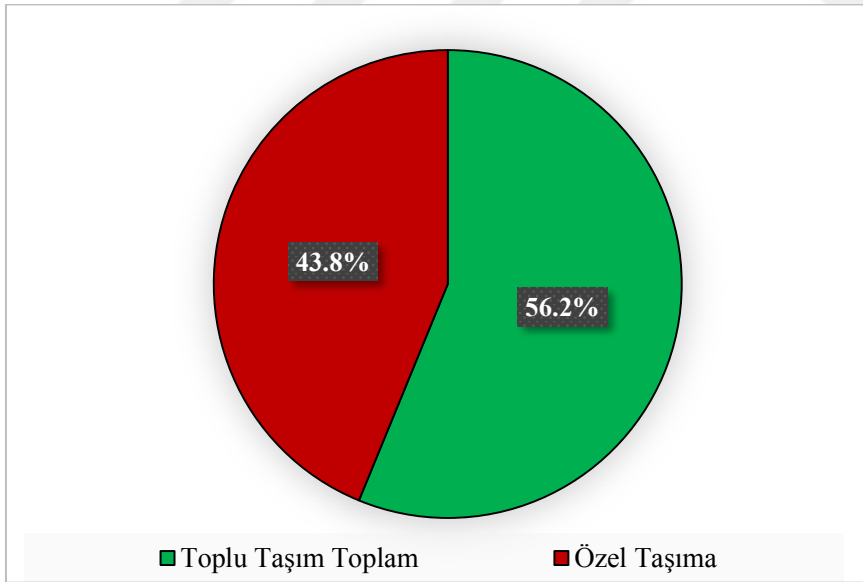
otobüslerinin payı %21, Ankaray ve metroların payı %12,7'dir. Taşınan genel yolculuklarda en yüksek paya %37,6 ile otomobilin sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Ankara 2018 yılı kent içi ulaşım türel dağılımı [71,84]

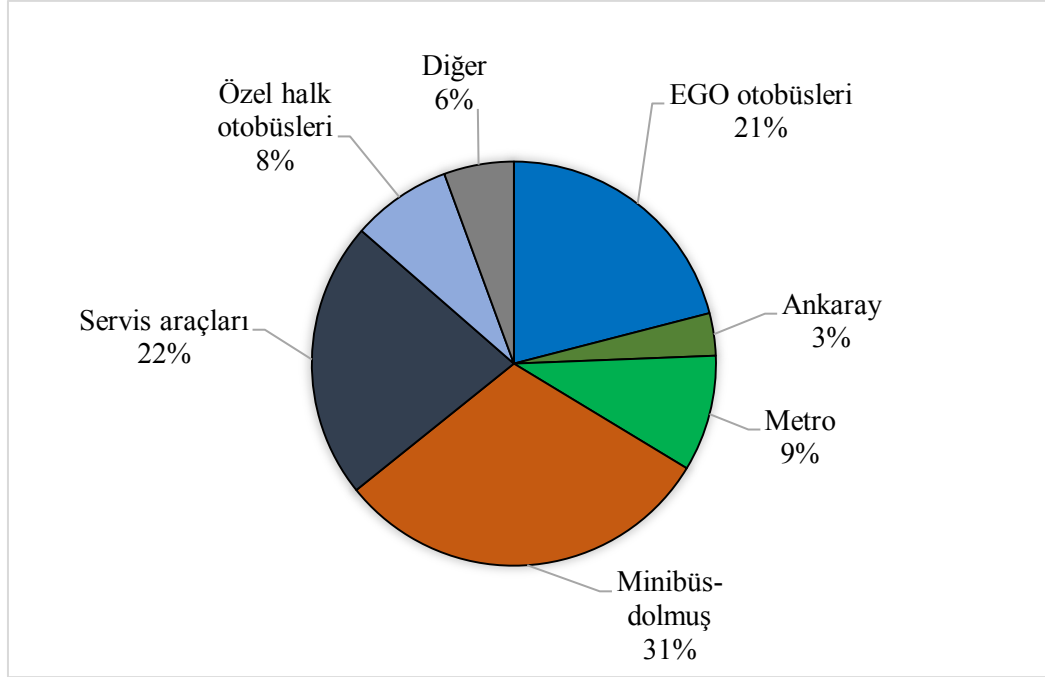
Türler	Araç sayısı	Taşınan yolcu (kişi)	Yolcu genel (%)	Yolcu toplu taşıma (%)
EGO otobüsleri	1 598	763 500	11,8	21,0
Ankaray	33 (11 adet 3'lü dizi)	124 000	1,9	3,4
Metro	108 (18 adet 6'lı dizi)	337 000	5,2	9,3
	324 (54 adet 6'lı dizi)			
Teleferik	106 kabin	9 500	0,1	0,3
Banliyö treni	96	34 200	0,5	0,9
Minibüs-dolmuş	2 231	1 115 000	17,2	30,6
Servis araçları	7 200	810 000	12,5	22,2
Özel halk otobüsü	200	290 000	4,5	8,0
Özel toplu taşıma aracı	170	68 500	1,1	1,9
İlçe özel toplu taşıma aracı	271	46 000	0,7	1,3
Özel şirket servis Aracı	849	45 000	0,7	1,2
Toplu taşıma toplam	12 519	3 642 700	56,2	100,0
Taksi	7 701	400 000	6,2	
Otomobil	1 299 500	2 440 000	37,6	
Özel taşıma	1 307 201	2 840 000	43,8	
Genel toplam		6 482 700	100,0	



Şekil 4.5. Ankara’da 2018 yılı işgünü yolculuk türel dağılımı [71,84]



Şekil 4.6. Ankara’da 2018 yılı işgünü yolculuk türel dağılımı [71,84]



Şekil 4.7. Ankara’da 2018 yılı işgünü toplu taşıma yolculuk türü dağılımı [71,84]

5. KIZILAY – ÇAYYOLU HATTINDA KENT İÇİ ULAŞIM TÜRRLERİ

Bu bölümde çalışma alanı olarak belirlenen Çayyolu Bölgesi'nin demografik yapısı ve mevcut ulaşım sistemi incelenecektir.

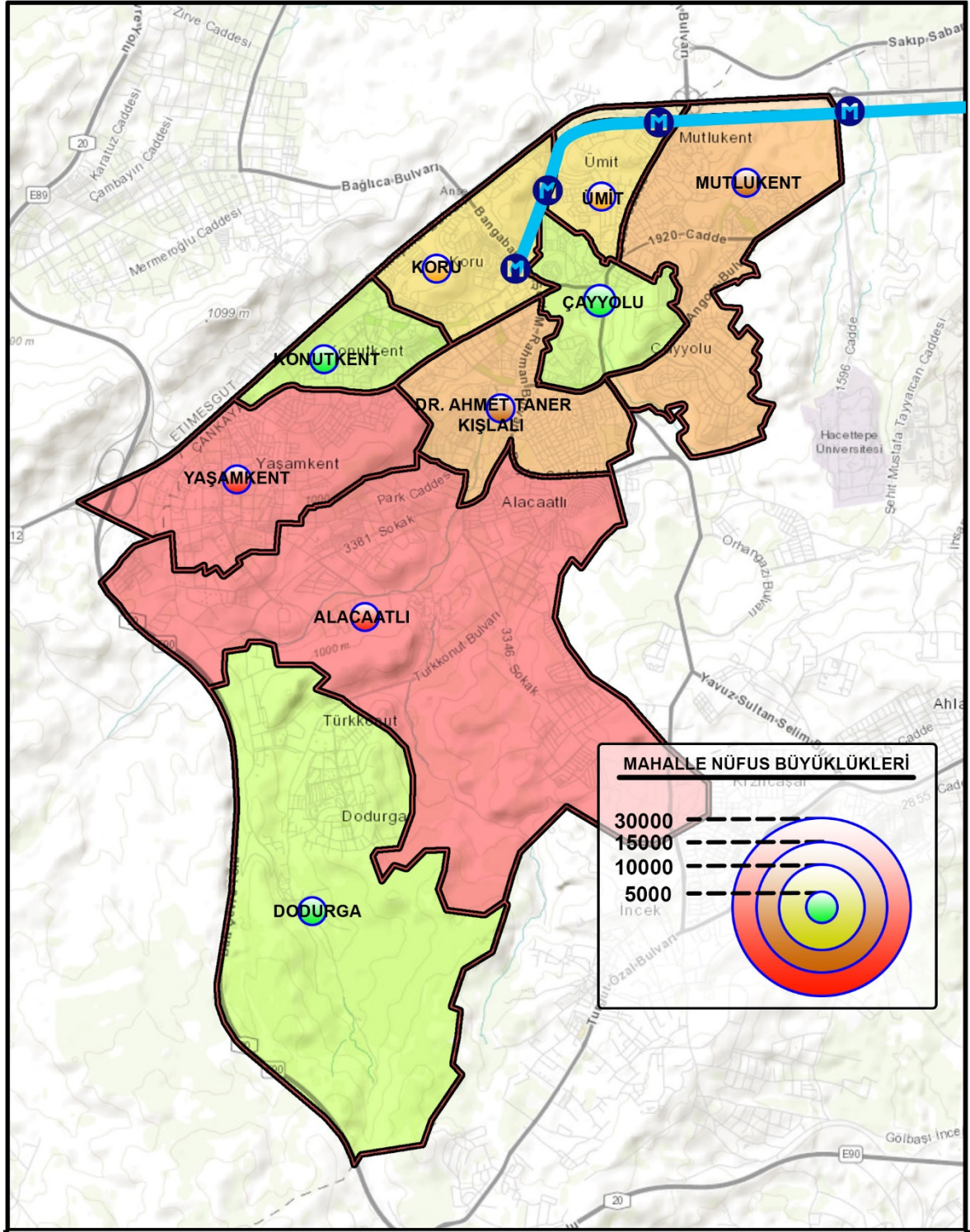
5.1. Çayyolu Bölgesi

Çalışma alanı olarak belirlenen Çayyolu Bölgesi; Mutlukent, Konutkent, Kuru, Prof. Dr. Ahmet Taner Kışlalı, Ümit, Yaşamkent, Alacaatlı, Çayyolu ve Dodurga mahallelerini içine alan, Çankaya ilçesine bağlı yaklaşık 7 850 hektarlık bir alandır [87].

Çayyolu Bölgesi'nin 2014 yılı nüfusu 119 582 kişi, 2018 yılı nüfusu ise %17,5'luk artışla 140 499 kişiye çıkmıştır. 2018 yılı itibariyle bölgede en düşük nüfusa sahip mahalle Çayyolu, en yüksek nüfusa sahip mahalle Alacaatlı'dır (Çizelge 5.1).

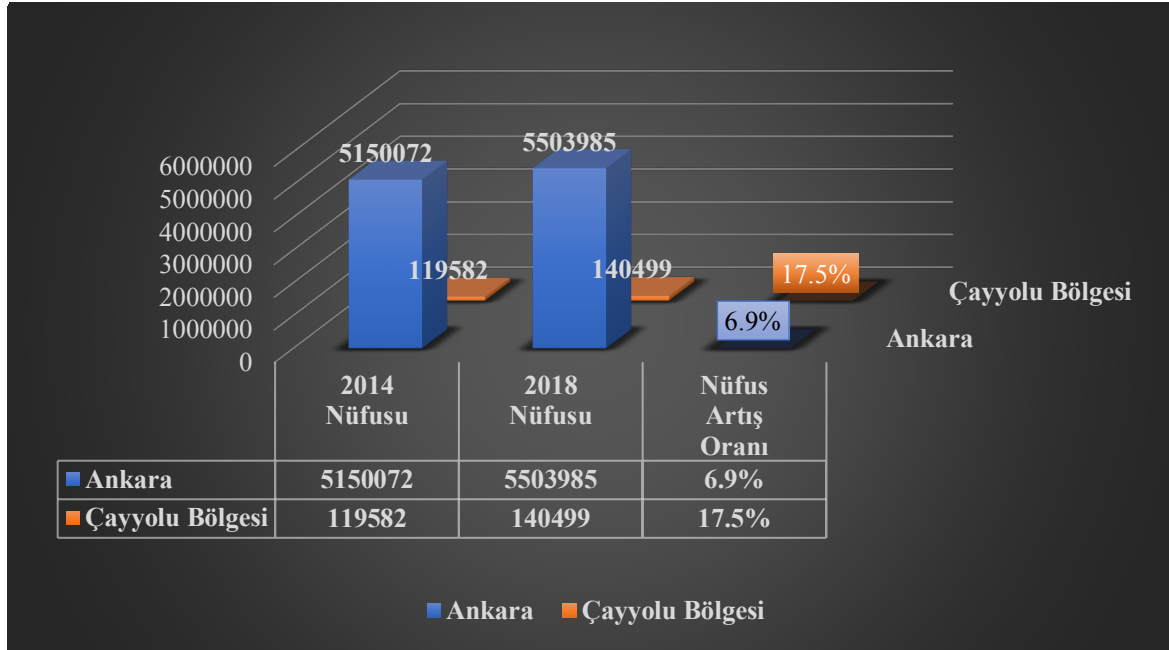
Çizelge 5.1. Çayyolu Bölgesi'nde bulunan mahallelerin nüfus büyüklükleri [3]

Mahalleler	2014	2015	2016	2017	2018
Alacaatlı	14 794	17 557	20 787	25 603	30 313
Çayyolu	5 422	5 524	5 431	5 392	5 544
Dodurga	8 347	8 691	8 963	9 163	9 521
Konutkent	7 422	7 506	7 826	8 191	8 101
Kuru	14 670	14 893	14 879	14 805	14 578
Mutlukent	17 267	17 671	18 020	18 420	18 392
Prof. Dr. Ahmet Taner Kışlalı	19 518	19 875	19 529	19 421	19 125
Ümit	13 599	13 808	13 691	13 751	13 998
Yaşamkent	18 543	19 491	23 571	20 796	20 927
Toplam	119 582	125 016	132 697	135 542	140 499



Harita 5.1. Çayyolu Bölgesi mahalleleri tematik nüfus haritası (yazar tarafından üretilmiştir)

Ankara ili 2014 yılı nüfusu 5 150 072, 2018 yılı nüfusu 5 503 985; Çayyolu Bölgesi 2014 yılı nüfusu 119 582, 2018 yılı nüfusu 140 499'dur. 4 yıl içinde Ankara nüfusunda %6,9'luk, Çayyolu Bölgesi nüfusunda ise %17,5'lik bir artış yaşandığı görülmektedir (Şekil 5.1). Çayyolu Bölgesi'nin nüfusundaki bu hızlı artış ulaşım sorunlarını da beraberinde getirmiştir.



Şekil 5.1. Ankara ve Çayyolu Bölgesi'nin 2014-2018 yıllarına ait nüfus büyüklükleri [3]

Çankaya, Bahçelievler semtleri gibi Ankara'nın prestijli eski konut bölgelerinde artan nüfus ile birlikte yaşanan yoğunluk ve beraberinde gelen trafik, çevre gibi sorunlar nedeniyle, bu alanların eski sakinlerinin desantralize olarak, otopark çözümlerinin olduğu, nispeten daha geniş yollara sahip, görece yeşil alanların fazla olduğu Çayyolu Bölgesi'ni tercih etmeleri; hem son 4 yılda nüfusun hızla artmasına hem de bölgenin sosyo-ekonomik yapısının orta-üst ve üst gelir gruplarından oluşmasına neden olmuştur [87].

Bir toplumda gerek üretim gerekse tüketim bakımından kısırtıcı etkenlerle araba sahipliği arttıkça, bu araba sahipliğinin imkanlarından yararlanmaya imkân verecek bir yerleşme yapısı ortaya çıkar. Konut alanları şehirler etrafında düşük yoğunluklarla yayılır, kırsal alanda bu tip araba sahipliğinin imkân verdiği dinlenme ve eğlence tesisleri yer alır. Şehir dışında alışveriş merkezleri, büyük sanayi parkları, araştırma parkları kurulur. Kent mekânı özel araba sahipliğinin imkanlarına göre organize olur. Kentlerin yerleşme yapısı böyle bir dönüşüme uğradığında, artık araba fonksiyoneldir, onsuz yaşama imkânı kalmaz. Ancak özel araba sahibi olmak bir gelir dağılımı sorunudur. Nüfusun ancak belli bir kesimi özel araba sahibi olabilir. Özel araba sahipliği kentteki tüm grupların ulaşım sorununu çözmeyecektir. Düşük gelirli gruplar için bu sorun ayrıca toplu taşıma sistemleriyle çözülecektir. Bu ise birçok halde aynı sorunun iki kere çözülmesi demek olmaktadır. Toplumda üst gelir gruplarının toplu ulaşım sistemlerini kullanmaz duruma gelmesi ise iki yönlü etki yaratmaktadır. Birincisi, talep düştüğü için yeterli sıklıkta ve kalitede toplu ulaşım

sistemlerinin kurulmasının ekonomik olmaması, ikincisi ise toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilmesi için toplumun güçlü katmanlarının baskısının ortadan kalkmasıdır [88].

Bu duruma en iyi örnek; Türkiye’de en çok otomobil sahipliğinin olduğu Ankara kent yapısıdır. Artan özel araç kullanımı ve toplu taşıma sistemindeki eksiklik ve problemler; merkezde yüksek yoğunluklu yağ lekeli şeklinde büyüyen bir kent formunun gelişmesine neden olmuştur. Özellikle son yıllarda hızla gelişen kentin güneybatı aksında nüfus artışından daha hızlı artan bir araçlı yolculuk talebiyle karşı karşıya kalınmıştır. Eskişehir Yolu aksında üst gelir gruplarının yoğunlukta olduğu Çayyolu Bölgesi’nde hem toplu taşıma hizmetlerinde yaşanan entegrasyon, verimlilik problemleri ve yolculuk süresindeki fazlalık hem de gelir durumunun yüksekliğine bağlı olarak; özel araç kullanımı Ankara ortalamasından daha yüksektir. Eskişehir Yolu aksında bulunan kamu kurumları, üniversiteler, konut alanları nedeniyle yaşanan trafik yoğunluğunun yanı sıra özel araç bağımlılığının her geçen yıl artması emisyon salımı ve enerji tüketiminde de artışa sebep olmaktadır [88].

5.2. Çayyolu Bölgesine Hizmet Veren Toplu Taşıma Sistemleri

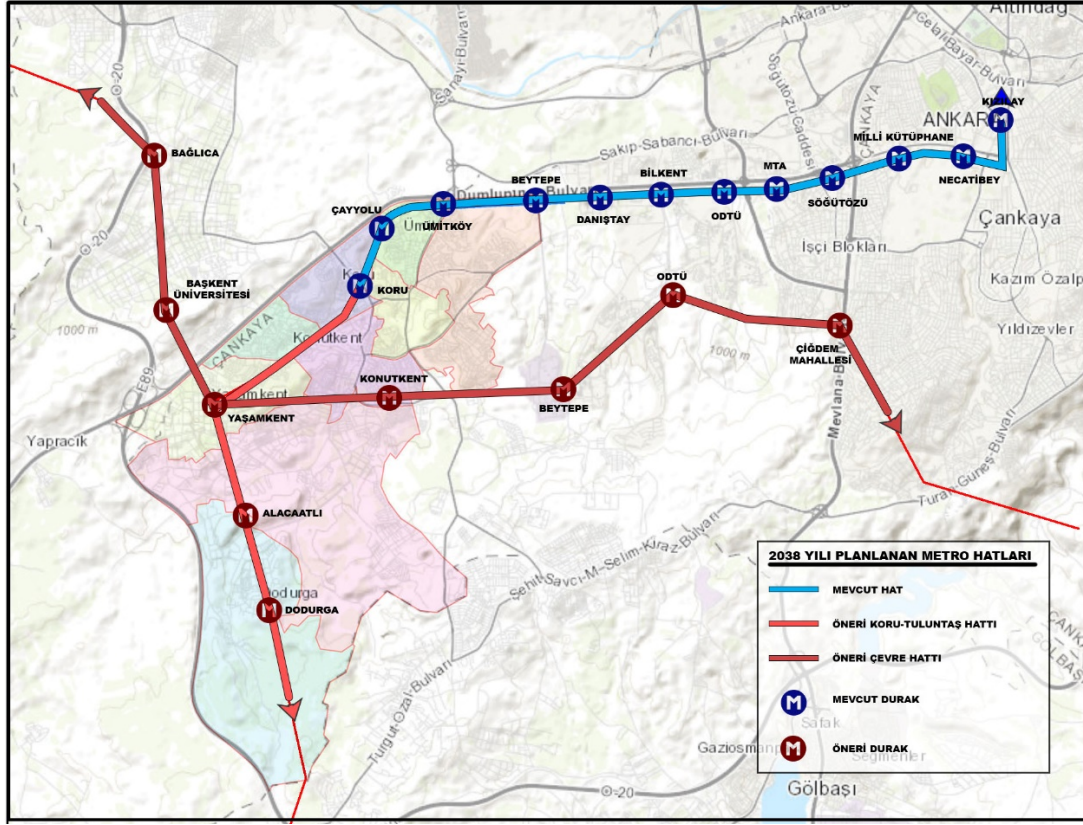
Bu bölümde Kızılay-Çayyolu hattı üzerindeki toplu taşıma sistemlerinden Ankara Metrosu (M2) ve EGO otobüsleri ele alınacaktır. Bu türlerin yolcu sayıları, güzergahları, entegrasyondan önceki ve sonraki verileriyle birlikte değerlendirilecektir.

Ankara Metrosu (M2) ile EGO otobüsleri arasında Ağustos 2014 tarihinde yapılan entegrasyon ile Ankara Metrosu (M2), Kızılay-Çayyolu güzergahında ana hat, EGO otobüsleri ise besleme hat olarak düzenlenmiştir [84].

5.2.1. Ankara Metrosu (M2)

Ankara Metrosu’nun 2. aşaması olan Kızılay-Çayyolu Metro Hattı 13 Mart 2014 tarihinde hizmete açılmış olup; Kızılay ile Kuru İstasyonu arasında toplam 16 590 metre hat ve 11 istasyondan oluşmaktadır (Harita 5.2). Ayrıca Ankara 2038 Çevre Düzeni Planı’nda öneri hat olarak belirlenen Kuru-Tuluntaş Hattı ve Çevre Hattı ile M2’nin hizmet verdiği alan büyüyecektir. Kuru-Tuluntaş Metro Hattı güzergâh üzerinde 7 durak planlanmaktadır. Bu

istasyonlar; Koru, Yaşamkent, Alacaatlı, Dodurga, Güneykent, Tuluntaş ve Havaalanı'dır [89].



Harita 5.2. Ankara Metrosu (M2) Kızılay-Çayyolu hattı durakları ve 2038 yılı öneri metro hatları [89] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Kızılay-Çayyolu Metro Hattı güzergahı boyunca kamu kurumları, üniversiteler, alışveriş merkezleri, hastaneler gibi yolcu arz ve talebinin yüksek olduğu kentsel alanlar bulunmaktadır. Bu nedenle pik saatler dışında da yolcu potansiyelinin yüksek olduğu bir hattır. Yolcu sayısının en fazla olduğu istasyonun Koru, en az olduğu istasyonun Necatibey olduğu görülmektedir (Çizelge 5.2). Kasım 2014 tarihindeki yolcu sayılarının Mart 2014 tarihindeki yolcu sayılarına göre belirgin artış olmasındaki en önemli sebep Ağustos 2014 tarihinde Ankara Metrosu (M2) ile Çayyolu-Kızılay hattında servis yapan ve Eskişehir Yolu üzerinde aynı güzergahı takip eden EGO otobüsleri ile arasında entegrasyon yapılmış olmasıdır [87].

Çizelge 5.2. Ankara Metrosu (M2) istasyon bazında binen günlük yolcu sayısı [71,84]

İstasyon	Entegrasyon öncesi	Entegrasyon sonrası		
	26.03.2014	20.11.2014	23.02.2015	14.11.2018
Necatibey	832	1 710	1 736	2 456
Milli Kütüphane	3 102	7 711	7 444	9 417
Söğütözü	1 952	7 471	8 635	10 442
MTA	1 706	4 276	3 891	4 725
ODTÜ	2 879	6 321	5 909	7 191
Bilkent	1 313	4 738	5 196	7 542
Danıştay	137	1 797	1 975	4 156
Beytepe	1 341	11 254	10 659	12 051
Ümitköy	940	12 307	11 938	10 292
Çayyolu	1 541	3 003	3 175	4 693
Koru	1 794	12 769	12 683	18 911
Toplam	17 537	73 357	73 241	91 876

Ankara Metrosu (M2) 16 590 metre uzunluğunda ve 11 istasyondan oluşmakta olup Kızılay-Çayyolu hattı arasındaki yolculuk süresini 25 dakikaya indirmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Ankara Metrosu (M2) sistem ve teknik özellikleri [84]

Hat uzunluğu	16 590 metre
İstasyon sayısı	11
Ticari hız	38 km/saat
Maksimum hız	80 km/saat
Günlük çalışma süresi	18 saat
Minimum dizi aralığı	90 saniye
Araç kapasitesi (6 kişi/m ²)	275 yolcu (64 oturan)
Dizideki araç sayısı	6 adet
Araç filosu	144 araç (24 adet 6'lı dizi)
Doruk süresi	(Sabah: 7-9 akşam: 17-19) 2+2 saat
Enerji	750 VDC 3. ray
Uygulanabilir kapasite	70.000 yolcu/saat yön
İşletmeye alınış tarihi	13.03.2014
Kızılay-Çayyolu ulaşım süresi	25 dakika

Ankara Metrosu (M2) hattı; Mart 2014 yılında hizmete açıldığı için ve Ağustos 2014 tarihinde EGO otobüsleriyle entegrasyonu sağlandığı için 2014 yılı taşınan yolcu sayısı diğer yıllara göre daha azdır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Ankara Metrosu (M2) ilişkin sayısal veriler [84]

Yıllar	Yolcu sayısı (kişi)	Harcanan enerji (kwh)	Yapılan sefer (tur)	Yapılan kilometre (yıllık)
2014	8 781 618	*	25 381	842 141
2015	19 602 841	17 150 242	45 357	1 504 945
2016	20 111 158	18 875 419	47 882	1 588 724
2017	27 409 693	24 294 568	42 432	1 407 893
2018	29 431 773	23 231 958	44 884	1 454 242

*Enerji tüketimi M1 verilerine dahil edilmiştir.

Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi içinde bulunan istasyonları; Ümitköy, Çayyolu ve Kuru İstasyonlarıdır. Ümitköy ve Kuru İstasyonları aktarma alanları olduğu için besleme hatlarla hem Çayyolu Bölgesi'ne hem Etimesgut, Sincan gibi bazı bölgelere yolcu taşımaktadır. Çayyolu İstasyonu'nda ise diğer 2 istasyon gibi bölge dışına hizmet veren ring sistemi bulunmamaktadır. Bu yüzden Çayyolu İstasyonu'nda inen yolcuların geliş amacının Çayyolu Bölgesi ile alakalı olduğu söylenebilir. 2014 yılı entegrasyon sonrası taşınan yolcu sayısının, entegrasyon öncesine göre yaklaşık 6 kat arttığı görülmektedir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi'nde bulunan istasyonlar bazında binen günlük yolcu sayısı [71,84,87]

İstasyon	Entegrasyon öncesi	Entegrasyon sonrası		
	26.03.2014	20.11.2014	23.02.2015	14.11.2018
Ümitköy	940	12 307	11 938	10 292
Çayyolu	1 541	3 003	3 175	4 693
Koru	1 794	12 769	12 683	18 911
Toplam	4 275	28 079	27 796	33 896

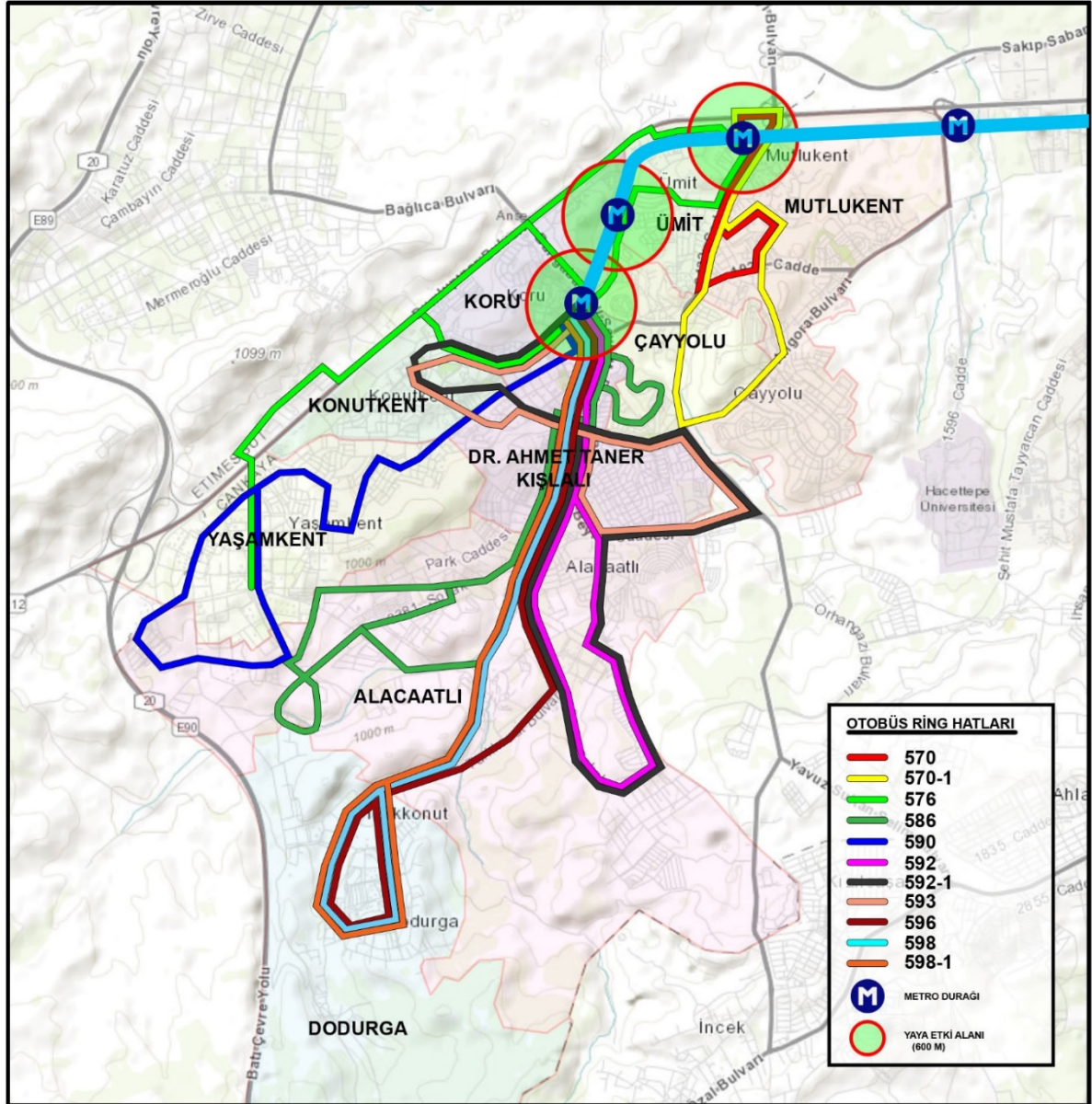
Çizelge 5.6. Kızılay-Çayyolu hattı EGO otobüsleri günlük yolcu sayıları karşılaştırması [87]

Hat Numarası	Yolcu Sayısı	
	26.02.2014*	23.03.2014**
119	3 041	2 097
122	2 765	1 845
123	3 991	3 408
126	2 364	2 085
127	366	388
165	3 864	3 603
174	3 218	3 113
Toplam	19 609	16 539

*Ankara metrosu (M2)'nin hizmette olmadığı tarih.

**Ankara metrosu (M2)'nin hizmette olduğu tarih.

Ağustos 2014 tarihinde Ankara Metrosu (M2) ile Çayyolu-Kızılay hattında servis yapan ve Eskişehir Yolu üzerinde aynı güzergahı takip eden EGO otobüsleri ile arasında, EGO Genel Müdürlüğü tarafından entegrasyon yapılmıştır. Bu entegrasyon ile EGO otobüslerinin Kızılay seferleri iptal edilmiş ve EGO otobüs hatları Çayyolu Bölgesi sınırları içerisinde, Ankara Metrosu (M2)'nin besleme hattı olarak, Ankara Metrosu (M2) ise ana hat olarak düzenlenmiştir. Toplam 12 adet olan otobüs besleme hatları; 570, 570-1, 576, 586, 590, 592, 592-1, 593, 596, 598, 598-1 ve 602-6 numaralı hatlar olup bunlardan 602-6 Kızılay-Çayyolu hattında doğrudan sefer yapan tek otobüs olup yalnızca 00.00-04.00 saatlerinde gece seferi olarak hizmet vermektedir [71,84].



*602-6 numaralı hat Ulus-Sıhhiye-Kızılay-Beştepe-Çayyolu-Yaşamkent güzergahında hizmet vermekte olup, sadece gece hizmet verdiği için haritaya işlenmemiştir.

Harita 5.4. Ankara Metrosu (M2) ve entegre otobüs hatlarının güzergahları [84] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Çayyolu Bölgesi'ne hizmet veren otobüs ring hatlarında 14.11.2018 tarihinde taşınan yolcu sayıları Çizelge 5.7'de belirtilmiştir. 1 günde 12 EGO otobüsü hattında 14 912 yolcu taşındığı görülmektedir.

Çizelge 5.7. Çayyolu Bölgesi'ne hizmet veren otobüs hatlarına ilişkin 2018 yılına ait veriler [71,84]

Hat numarası	Hat adı	Hat türü	Hat uzunluğu	İş günü sefer sayısı	Günlük yolcu (14.11.2018)
570	Ümitköy Metro İstasyonu-Ümitköy	EGO	7 797	42	2 059
570-1	Ümitköy Metro İstasyonu-Ümit Mahallesi-S.Saltoğlu Bulvarı	EGO	11 402	8	475
576	Koru Metro İstasyonu-Venüskent-Yaşamkent-Ümit Mahallesi	EGO	23 364	14	366
586	Koru Metro İstasyonu-Oyak 4-Park Caddesi-Alacaatlı Mahallesi	EGO	27 807	18	1 005
590	Koru Metro İstasyonu-Yaşamkent	EGO	22 286	55	4 150
592	Koru Metro İstasyonu-Yıldız 88	EGO	19 611	31	2 124
592-1	Koru Metro İstasyonu-Konutkent-Y.Bariş.Sitesi-Beyler Caddesi-Kanuni Sultan Süleyman Bulvarı	EGO	31 592	11	212
593	Koru Metro İstasyonu-Konutkent-Beyler Caddesi-Kanuni Sultan Süleyman Bulvarı	EGO	18 581	29	1 785
596	Koru Metro İstasyonu-Koza Evleri-Türkkonut	EGO	19 481	15	972
598	Koru Metro İstasyonu-Türkkonut	EGO	19 359	27	1 458
598-1	Koru Metro İstasyonu-Türkkonut-Dodurga Mah.	EGO	23 068	4	293
602-6	Sıhhiye-Kızılay-Beytepe-Çayyolu-Yaşamkent	EGO	56 100	5	13
Toplam			280 448	259	14 912

*602-6 numaralı hat yalnızca gece saatlerinde hizmet vermektedir.

5.2.3. Aktarma merkezleri

Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi'ne hizmet veren 3 istasyonundan Ümitköy İstasyonu ile Koru İstasyonu aktarma merkezleri olarak belirlenmiştir. Bu istasyonların çevrelerinde otobüs depolama ve indirme-bindirme alanları oluşturulmuş ve EGO

otobüslerinin ring seferleri ile taşınan yolcuların, bu istasyonlardan metroya aktarılarak Kızılay istikametine gidebilmeleri sağlanmaya çalışılmıştır [84].

Ümitköy Metro İstasyonu

Ümitköy Metro İstasyonu Eskişehir Yolu üzerinde ve Ümitköy köprülÜ kavşak sistemi içerisinde yer almakta olup; Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi'nde uğradığı ilk istasyondur [87].



Şekil 5.2. Ümitköy Metro İstasyonu konumu [90] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Ümitköy Metro İstasyonu'nun konumu itibariyle, Etimesgut, Eryaman, Sincan ve Yenikent'e sefer yapan ring otobüsleri Çayyolu Bölgesi içine girmeden Ümitköy köprülÜ kavşağını kullanarak kendi güzergahlarına devam etmektedir. Bu aktarma noktasından sadece 2 hattın Çayyolu Bölgesi'ne sefer yapması sebebiyle bu aktarma noktasının daha çok Çayyolu Bölgesi dışına hizmet verdiği söylenebilir [87].

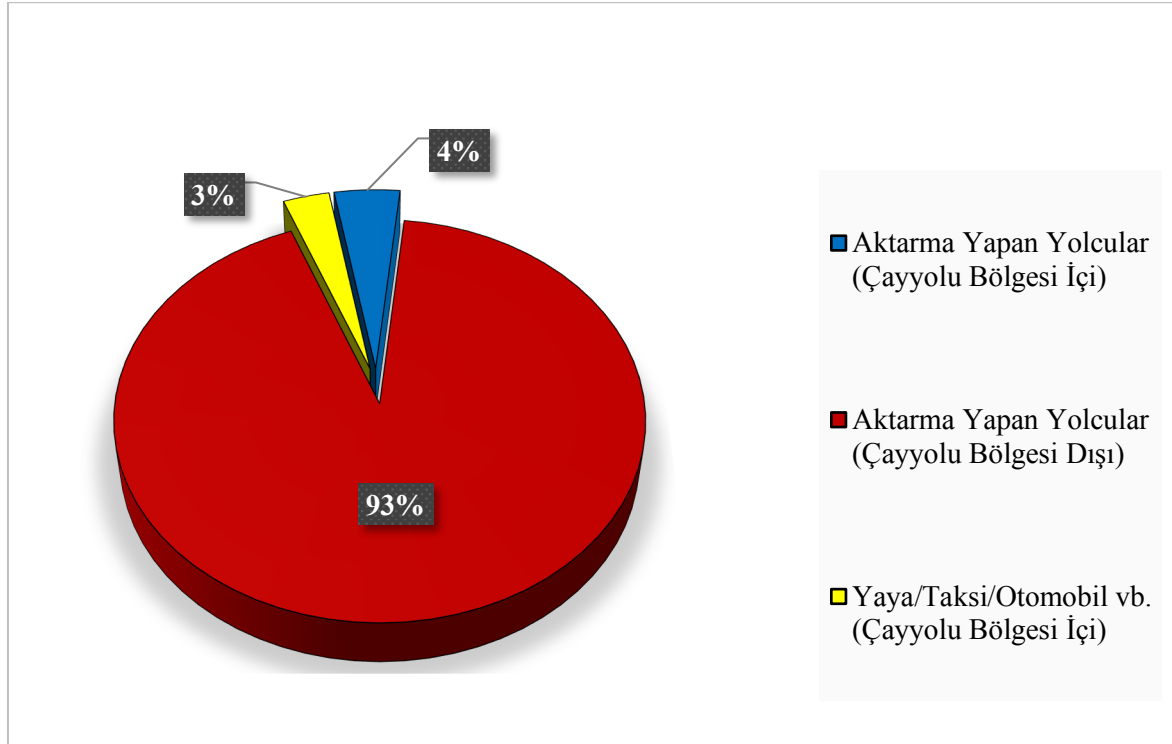
Bu istasyon, Ostim, Sincan, Polatlı, Etimesgut, Eryaman ve Yenikent ring otobüslerinin aktarma noktası olarak belirlenmiş olup; bu istasyondan Çayyolu Bölgesi'ne 2 hat olmak üzere toplam 20 otobüs hattına aktarma yapılmaktadır. Ümitköy Metro İstasyonu'nu kullanan yolcu sayısı 10 292 olup, bu yolcuların 9 973'ü aktarma yapmaktadır. Aktarma yapan yolcuların 453'ü Çayyolu Bölgesi içine, 6 125'i Çayyolu Bölgesi dışına otobüs

besleme hatlarıyla, 3 389 yolcu ise besleme hatlar dışındaki araçlarla aktarma yapmaktadır. Bu verilere göre; Ümitköy Metro İstasyonu daha çok Çayyolu Bölgesi dışına gidecek yolcular tarafından kullanılmaktadır (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. Ümitköy İstasyonu'nda aktarma yapan yolcu sayısı [71,84]

Hat numarası	Varacağı nokta	Aktarma yapan yolcu sayısı
Çayyolu Bölgesi içi		
570	Ümitköy	348
570-1	Ümit Mahallesi	105
Ara toplam		453
Çayyolu Bölgesi dışı		
236	Ostim	170
507	Sincan	912
507-1	Sincan	152
507-2	Sincan	19
509	Sincan	1
511	Sincan	662
517	Sincan	435
521	Sincan	493
524	Polatlı	688
528	Polatlı	51
530	Etimesgut	255
530-2	Etimesgut	240
532	Etimesgut	464
538	Etimesgut	293
541	Eryaman	669
541-2	Eryaman	165
545	Eryaman	163
573	Yenikent	293
Ara toplam		6 125
Besleme hatlar dışındaki aktarmalar		3 395
Toplam aktarma yapan yolcu sayısı		9 973
Ümitköy Metro İstasyonu yolcu sayısı		10 292

Ümitköy İstasyonu yolculuk dağılımına bakıldığında; yolcuların %97'sinin aktarma yaptığı görülmekte, %3'nün ise istasyona yakın çevrede ikamet eden ve yaya olarak metroya ulaşımını sağlayan veya diğer ulaşım araçları (otomobil, taksi, vb.) ile bölge içinde hareket eden yolcu olduğu çıkarımı yapılabilir. Yolcuların %93'ü Çayyolu Bölgesi dışına aktarma yaparken, %4'ü bölge içine gitmek için aktarma yapmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Ümitköy Metro İstasyonu yolculuk dağılımı [71,84] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.)

Koru Metro İstasyonu

Koru Metro İstasyonu, Koru Mahallesi'nde, Bangabandhu Şeyh Mucibur Rahman Bulvarı üzerinde, Ahmet Taner Kışlalı Parkı içerisinde geniş bir alanda konumlanmıştır [87].



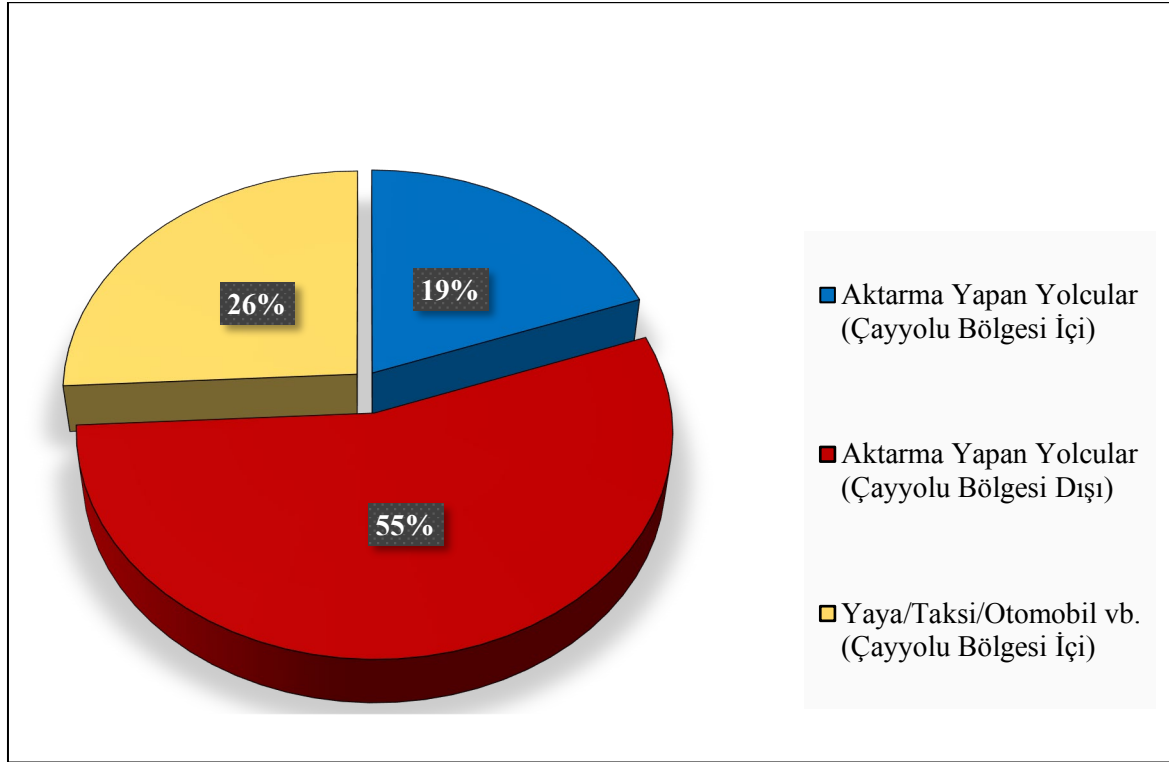
Şekil 5.4. Koru Metro İstasyonu konumu [90] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.)

Koru İstasyonu; Ankara Metrosu (M2)'nin uğradığı son istasyon ve aynı zamanda ilk hareket noktasıdır. Bu istasyon Çayyolu Bölgesi'ne ve çevre yolunun dışında kalan mahallelere servis yapan otobüs hatlarının aktarma noktası olarak belirlenmiştir. Bu istasyondan Çayyolu Bölgesi'ne 10 hat olmak üzere toplam 24 otobüs hattına aktarma yapılmaktadır. Koru Metro İstasyonu'nu kullanan yolcu sayısı 18 911 olup, bu yolcuların 14 025'i aktarma yapmaktadır. Aktarma yapan yolcuların 3 670'i Çayyolu Bölgesi içine, 10 355'i Çayyolu Bölgesi dışına otobüs besleme hatlarıyla, 4 576 yolcu ise besleme hatlar dışındaki araçlarla aktarma yapmaktadır. Bu verilere göre; Koru Metro İstasyonu, Ümitköy Metro İstasyonu gibi daha çok Çayyolu Bölgesi dışına gidecek yolcular tarafından kullanılmaktadır (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9. Kuru İstasyonu'na aktarma yapan yolcu sayısı [71,84]

Hat numarası	Varacağı nokta	Aktarma yapan yolcu sayısı
Çayyolu Bölgesi içi		
576	Ümit Mahallesi	87
586	Alacaatlı Mahallesi	234
590	Yaşamkent	841
592	Alacaatlı Mahallesi	500
592-1	Alacaatlı Mahallesi	14
593	Alacaatlı Mahallesi	473
596	Türkkonut	203
597	Bağlıca Mahallesi	893
598	Türkkonut	352
598-1	Dodurga Mahallesi	73
Ara toplam		3 670
Çayyolu Bölgesi dışı		
512	Sincan	803
534	Etimesgut	80
537	Etimesgut	766
566	Sincan	584
567	Etimesgut	171
581	Temelli	24
582	Etimesgut	11
583	Ballıkuyumcu	7
584	İncek	552
588	Yapracık	22
589	Turkuaz	791
591	Temelli	112
594	Yapracık	918
595	Yapracık	938
Ara toplam		5 779
Besleme hatlar dışındaki aktarmalar		4 576
Toplam aktarma yapan yolcu sayısı		14 025
Kuru İstasyonu yolcu sayısı		18 911

Koru İstasyonu yolculuk dağılımına bakıldığında; yolcuların %74'ünün aktarma yaptığı görülmekte, %26'sının ise istasyona yakın çevrede ikamet eden ve yaya olarak metroya ulaşımını sağlayan veya diğer ulaşım araçları (otomobil, taksi, vb.) ile bölge içinde hareket eden yolcu olduğu çıkarımı yapılabilir. Yolcuların %55'i Çayyolu Bölgesi dışına aktarma yaparken, %19'u bölge içine gitmek için aktarma yapmaktadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Koru İstasyonu yolculuk dağılımı [71,84] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.)



6. METODOLOJİ

Bu tez çalışmasında, yolculuk türel dağılımındaki değişime bağlı olarak CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi hesaplanarak ulaşım türleri içinde kent içi raylı sistemin yeri ve çevresel etkilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Literatür Taraması

Bölüm 2,3,4 ve 5'te Dünya ve Türkiye'de sera gazı salımları ve enerji kullanımına bağlı yakıt tüketimi, ulaşımın çevre kalitesine etkisi, Ankara'da kent içi ulaşım sistemi, Çayyolu Bölgesi ve bölgeye hizmet veren toplu taşıma türleri konularında literatür taraması yapılmıştır.

Hipotez

Literatür taraması sonucu tezin amacına yönelik aşağıdaki hipotez geliştirilmiştir:

Türel dağılımda raylı toplu taşıma türlerinin payının arttırılması, kentsel alanlarda çevre kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Örnek alan çalışması olarak, Ankara'da yeni hizmete giren bir raylı sistem hattı olan Ankara Metrosu (M2) seçilmiştir.

Seçilme gerekçeleri

Ankara'nın otomobil ile tanışması ile yayılması arasında birebir ilişki mevcuttur. Kentin yayılmasında otomobil sahibi olanların önemli ölçüde etkisi vardır. Batıya doğru açılan iki devlet karayolu (İstanbul ve Eskişehir Yolları) bu yayılmayı kendi ölçülerinde olanaklı hale getirmiştir. Eskişehir Yolu'nun Çankaya'ya, İstanbul Yolu'nun ise Altındağ'a doğrudan bağlantı sağlaması ve bu koridorların Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) ile ayrılıyor olması ile kentin batı yönündeki gelişmesinde gelir gruplarının da kendince ayrışmasını olanaklı hale getirmiştir. Tarihsel olarak lastik tekerlekli toplu taşımaya dayalı ulaşım sistemi, kentin ikili

yapıda kentsel yayılmaya dayalı gelişmesini desteklemiştir. Ancak son zamanlarda giderek önem kazanan otomobilleşme ile bu süreç daha yoğun ve hızlı bir yapıya bürünmüştür.

1990 Nazım İmar Planı ilkeleri uyarınca yeni kamu alanları, Hacettepe Üniversitesi'nin Beykent Kampüsü, Bilkent Üniversitesi Kampüsü ve ODTÜ'nün Eskişehir Yolu'na eklenmesi Çayyolu Bölgesi'nin prestijinin artmasına neden olmuş, özellikle üst gelir gruplarına yönelik konut alanları bu güzergâh üzerinde gelişmiştir. 1980 sonrası hız kazanan otomobil sahipliğindeki artışa paralel olarak konut alanlarının yerleşime açılmasıyla birlikte alışveriş ve eğlence merkezleri ardı ardına inşa edilmiştir. Yapılan bu yatırımlar doğrultusunda Çayyolu Bölgesi Ankara'nın en popüler yerleşim yerlerinden biri haline gelmiştir.

Kentsel alanın eskiden bu yana yapılaşmış alanlarının ulaşım ve trafik problemi artarken, Çayyolu Bölgesi gibi hızlı gelişen alanlarda otomobil yoğunluğu bu alanları büyük ölçüde gerek parklanma sorunları ile gerekse de otomobil trafiğinin yoğunluğu ile giderek yaşanmaz alanlar haline getirmiştir. Eskişehir Yolu; güzergahında bulunan iş yerleri, eğitim alanları, kamu kurumları sebebiyle trafik yoğunluğunun hızla arttığı bir akstır. Bu yoğunluğa Çayyolu Bölgesi otomobil yolcusunun da eklenmesi hem trafik sıkışıklığı arttırmakta hem yolculuk sürelerini uzatmaktadır. Bu iki durum hem enerji tüketimini hem de ulaşımdan kaynaklı oluşan sera gazı salımını arttırmaktadır. Otomobil ve lastik tekerlekli toplu taşıma hatları sebebiyle yaşanan tüm bu olumsuzlukların önüne geçmek adına Ankara Metrosu (M2) hizmete açılmıştır [89].

Bu tez çalışmasının dinamikleri olan raylı sistem, otomobil bağımlılığı, ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve enerji tüketimi etkilerini ortaya koymak amacıyla en uygun raylı sistem hattı Ankara Metrosu (M2) olup, bu sebeple çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde değerlendirilecek ulaşım türleri; otomobil, lastik tekerlekli toplu taşıma (EGO otobüsü) ve raylı sistem (Ankara Metrosu M2) dir.

Yapılan hesaplarla Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmasının türel dağılım, CO₂ salımı ve enerji tüketimine etkisi belirlenmiştir. Oluşturulan senaryolarla türel dağılımdaki değişime bağlı olarak CO₂ salımı ve enerji tüketimindeki değişim araştırılmıştır.

Kabuller

Çayyolu Bölgesi özelinde kent içi ulaşım türlerinin türel dağılım, CO₂ emisyonu ve enerji tüketiminin belirlenmesi ve karşılaştırılabilir olması için bazı kabuller yapılmıştır:

1. Çayyolu Bölgesi'nin yolculuk türel dağılımını belirlemek için otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) ulaşım türleri dışındaki 602-6 nolu gece hattı, dolmuş, taksi ve yayalar ihmal edilmiştir.
2. Çayyolu Bölgesi için 1000 kişiye düşen otomobil sayısı yıllık artışını belirlemek için Ankara'da 2004-2018 yılları arasında 1000 kişiye düşen otomobil sayısının yıllık artış oranı baz alınmıştır.
3. Çayyolu Bölgesi'nden hareket eden otomobillerin Kızılay-Çayyolu hattında 1 iş gününde 1 gidiş-geliş yaptığı kabul edilmiştir.
4. Otomobilin CO₂ salımı hesabında yakıt türü dizel olan ve en çok kullanılan 14 otomobil markasının ortalama CO₂ değeri kabul edilmiştir.
5. Çayyolu Bölgesinde 2014 ve 2018 yılları için otomobil doluluk oranı 1,2 kabul edilmiştir.
6. 5. Bölgeye hizmet veren otobüslerin çoğunluğunun yakıt türü doğalgaz olduğu için, diğer otobüslerin CO₂ değerleri ihmal edilmiştir.
7. Otomobillerin ortalama 37,2 km mesafe yaptığı kabul edilmiştir.
8. 2014 yılı için Ego otobüslerinin ortalama 52,3 km, 2018 yılı için EGO otobüslerinin ortalama 19,7 km mesafe yaptığı kabul edilmiştir.

Veri Temini

2014 ve 2018 yılına ait Çayyolu Bölgesindeki otomobil sahipliği, bir iş gününde trafiğe çıkan otomobil sayısı ve doluluk oranını belirlemek için bir anket çalışmasının sonuçlarından

yararlanılmıştır¹ [91]. Ankara kent bütününde 2004 yılından 2018 yılına kadar otomobil sahipliğindeki değişim oranı kullanılarak, Çayyolu Bölgesi özelinde otomobil kullanım verileri elde edilmiştir.

Analizler

Örnek alan olarak seçilen Kızılay-Çayyolu hattında Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadan önce ve sonrasındaki değişimi karşılaştırmalı olarak ortaya koyabilmek için literatür taraması sonucu belirlenen üç temel gösterge seçilmiş ve analizler bunlar üzerinden yapılmıştır: Türel dağılım, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi.

1. Türel Dağılım

(9 mahalleden oluşan Çayyolu Bölgesi'nin Ankara Metrosu (M2) hizmete açılmadan önce (2014) ve sonra (2018 yolculuk türel dağılımının (otomobil, EGO otobüsü ve metro) belirlenmesi)

2004 yılında Kuru Sitesi'nde yapılan anket çalışmasına göre (Çizelge 6.1);

- 628 kişinin 251 otomobili olduğu belirlenmiştir,
- 251 otomobilin 208'i her iş günü trafiğe çıkmaktadır,
- 208 otomobilin 46'sında 2 kişi, kalan 162'sinde 1 kişi yolculuk yapmaktadır.

Çizelge 6.1. 2004 yılına ait Kuru Sitesi otomobil verileri [91]

Anket uygulanan nüfus	628
Özel otomobil sahipliği	251
1000 kişiye düşen özel araç	399
Otomobil sahibi olan kişi sayısı	251
Otomobil sahibi olan ve her gün yolculuk yapan kişi sayısı	208
Otomobil yolcusu (1. kişi)	162
Otomobil yolcusu (2. kişi)	46
Özel araçla yolculuk yapan kişi sayısı toplamı	254

¹ 2004 yılında Kuru Sitesi'nde otomobil sahipliği üzerine 628 kişiye anket yapılmıştır. Yapılan çalışmada Ankara'da 1000 kişiye düşen otomobil 165 iken, Çayyolu Bölgesi'nde 1000 kişiye düşen otomobil sayısı 399 olduğu belirlenmiş ve sosyo-ekonomik gelir durumu yüksekliği ve otomobil kullanımı arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Veriler kullanılırken anlaşılabilir olabilmesi için her bir veriye karşılık gelecek şekilde bir kod değeri atanmış ve hesaplama yönteminde bu kod değerleri kullanılmıştır (Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3).

Çizelge 6.2. Çayyolu Bölgesi otomobil kullanımını belirlemek için hesaplamada yer alacak veri seti [3,91] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Otomobil kullanımına ilişkin veriler	Kod
Çayyolu Bölgesi 2004 yılı 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	A
Ankara’da 1000 kişiye düşen otomobil yıllık artış oranı	B
Hesaplanan bir sonraki yıl için 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	C
Anket uygulanan nüfus	D
Anket uygulanan nüfusun 2014 ve 2018 yılı otomobil sahipliği	E
Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yılı nüfusu	F
Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yılı otomobil sayısı	G
Anket uygulanan nüfusun her iş günü trafiğe çıkan otomobil sayısı	H
Anket uygulanan nüfusun otomobil sayısı	I
Anket uygulanan nüfusun 2014 ve 2018 yılı trafiğe çıkan otomobil sayısı	J
Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarında her iş günü trafiğe çıkan otomobil sayısı	K
Anket uygulanan nüfusta 1 kişiyle trafiğe çıkan otomobil sayısı	L
Anket uygulanan nüfusta 2 kişiyle trafiğe çıkan otomobil sayısı	M
Çayyolu Bölgesi otomobil doluluk oranı	N
2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde trafiğe çıkan otomobil yolcu sayısı	O
2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde gidiş-geliş otomobil yolcu sayısı	P

Çizelge 6.3. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarına ilişkin otomobil kullanımı verileri için hesaplama yöntemi [3,91] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Veriler	Formül
Hesaplanan bir sonraki yıl için 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	$[A + (A*B)] = C$
2014 ve 2018 yılı anket uygulanan nüfusun otomobil sahipliği	$[C * (D/1000)] = E$
2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi nüfusunun otomobil sahipliği	$[(F*E) / D] = G$
Anket uygulanan nüfusun 2014 ve 2018 yılı trafiğe çıkan otomobil sayısı	$[E*(H/I)] = J$
Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarında her iş günü trafiğe çıkan otomobil sayısı	$[G*(J/E)] = K$
Çayyolu Bölgesi otomobil doluluk oranı	$[(L*1) + (M*2)] / H = N$
2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde trafiğe çıkan otomobil yolcu sayısı	$(K*N) = O$
2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde gidiş-geliş otomobil yolcu sayısı	$(O*2) = P$

Ankara Metrosu (M2)'nin Çayyolu Bölgesi özelinde kullanım oranını belirlemek için; yalnızca bu bölge içinde kalan 3 metro istasyonundaki (Ümitköy, Çayyolu ve Koru) günlük yolculuk sayıları yeterli değildir. Özellikle Ümitköy ve Koru Metro İstasyonlarının aktarma merkezleri olması nedeniyle hem bölge içine hem de bölge dışına besleme otobüs hatlarıyla taşınan yolcuların belirlenip, yolculardan aktarma yapmayan ve bölge içinde aktarma yapan yolcuların toplamı sonucunda Çayyolu Bölgesi'nde metro yolculuk üretimi bulunabilir. Bu sebeple; Ümitköy ve Koru Metro İstasyonlarından aktarma yapan yolcuların kullandıkları; otobüs hatları ile bölge içi ve dışı aktarma yapan yolcuların istatistiklerinden yararlanılarak metronun türel dağılımdaki oranı belirlenmeye çalışılmıştır (Bkz. Şekil 5.3 ve Çizelge 5.5). Özellikle Ümitköy Metro İstasyonu'nda yolcuların %93'ünün Sincan, Etimesgut gibi semtlere ulaşmak için bölge dışına aktarma yapması nedeniyle, bu istasyonun Çayyolu Bölgesi dışına hizmet verdiği; Koru Metro İstasyonu'nda ise yolcuların %55'inin Sincan, Temelli, Yaprıcak gibi semtlere ulaşmak için aktarma yapan yolculardan oluşması nedeniyle, istasyonun yine ağırlıklı olarak bölge dışına hizmet verdiği söylenebilir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4. Ümitköy-Çayyolu-Koru Metro İstasyonlarına ilişkin yolculuk durumu [71,84]

İstasyon	Çayyolu Bölgesi içinde kalan yolcu oranı (%)	Günlük yolcu sayısı (14.11.2018)
Ümitköy	7	10 292
Çayyolu*	-	4 693
Koru	45	18 911
Toplam		33 896

*Çayyolu Metro İstasyonundan aktarma yapılmamaktadır.

Ankara Metrosu (M2)'yla doğrudan Çayyolu Bölgesi'ne taşınan yolcu sayısına ulaşabilmek için; her bir veriye kod değeri atanmış ve hesaplama yönteminde bu kod değerleri kullanılmıştır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5. Çayyolu Bölgesi metro kullanıcılarının belirlenmesinde kullanılacak veri seti (yazar tarafından üretilmiştir.)

Veriler	Kod
Çayyolu Bölgesi'nde metroyu kullanan yolcu sayısı	X
Ümitköy Metro İstasyonu'nu kullanan günlük yolcu sayısı	R
Ümitköy Metro İstasyonu'nu kullanan ve Çayyolu Bölgesi içinde kalan yolcu yüzdesi	S
Koru Metro İstasyonu'nu kullanan günlük yolcu sayısı	T
Koru Metro İstasyonu'nu kullanan Çayyolu Bölgesi içinde kalan yolcu yüzdesi	U
Çayyolu Metro İstasyonu'nu kullanan günlük yolcu sayısı	V

$$X = \left(R * \frac{S}{100}\right) + \left(T * \frac{U}{100}\right) + V$$

Eş. 6.1'de belirtilen formülle yapılan hesaplama ile; (6.1)

$$10292 \times \frac{7}{100} + 18911 \times \frac{45}{100} + 4693 = 14021$$

yolcunun Çayyolu Bölgesi'ne ulaşmak için Ankara Metrosu (M2)'nu kullandığı sonucuna varılmıştır.

Çayyolu Bölgesi'nde aktarma yapmadan metro kullanan yolcu sayısı 9 898, bölge içinde aktarma yapan yolcu sayısı 4 123, bölge dışı aktarma yapan yolcu sayısı 19 875 kişidir. 3

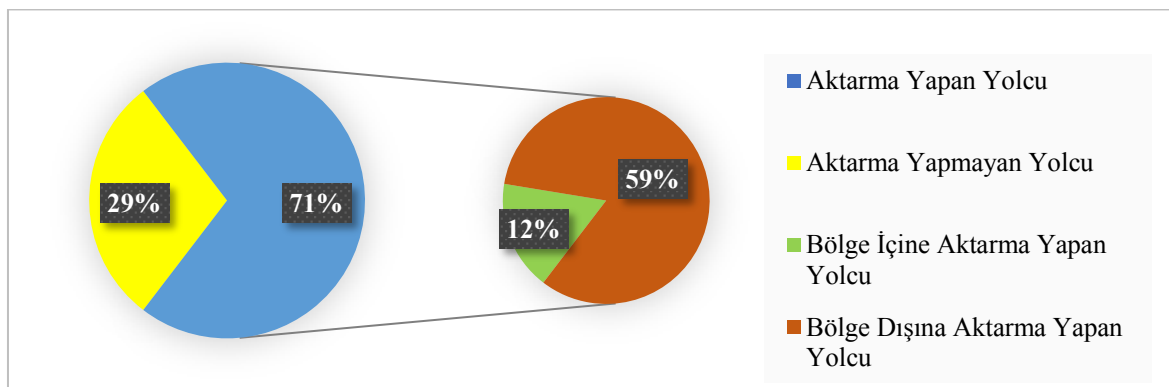
istasyonda toplam yolcu sayısı 33 896 kişi olup bu yolcuların 14 021'i doğrudan Çayyolu Bölgesi metro kullanıcılarıdır (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6. 2018 yılı Ümitköy, Çayyolu ve Koru Metro İstasyonlarının günlük yolcu sayıları [71,84]

	Çayyolu Bölgesi içinde yaya, taksi, vb. yolcu sayısı	Aktarma yapan yolcu sayısı		Günlük yolcu sayısı (14.11.2018)
İstasyon	Çayyolu Bölgesi içi	Çayyolu Bölgesi içi aktarma	Çayyolu Bölgesi dışı aktarma	
Ümitköy	319	453	9 520	10 292
Çayyolu*	4 693	-		4 693
Koru	4 886	3 670	10 355	18 911
Toplam	9 898	4 123	19 875	33 896
	14 021			

*Çayyolu Metro İstasyonundan aktarma yapılmamaktadır.

Ümitköy, Çayyolu ve Koru Metro İstasyonlarındaki toplam yolcularının %29'u bölge içinde kalan ve aktarma yapmayan kişilerdir. Toplam yolcuların %71'i aktarma yapan yolculardır. Bu aktarmaların %12'si besleme otobüs hatlarıyla Çayyolu Bölgesi içine, %59'u bölge dışına aktarma yapan yolculardan oluşmaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Ümitköy-Çayyolu-Koru Metro İstasyonlarının yolculuk durumu [71,84] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Bu hesaplama yöntemleri kullanılarak Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadan öncesi ve sonrasında Çayyolu Bölgesi türel dağılımı ortaya konulmuştur. Türel dağılımın CO₂

salımı ve enerji tüketimine etkisi belirlenmiştir. Oluşturulan senaryolarla türel dağılımdaki değişime bağlı olarak bu değişim araştırılmıştır.

2. CO₂ Emisyonu

(Ulaşım türlerinin 1 km’de açığa çıkardığı salım, 1 iş gününde araçların ürettikleri ve yolcu başına düşen CO₂ salımlarının belirlenmesi)

Türkiye’de son 15 yılda en çok satın alınan otomobillerin 2014 ve 2018 yıllarında aktif olarak kullanılan tüm modellerinin km başına CO₂ salımları hem benzinli hem dizel araç olarak Çizelge 6.7. ve Çizelge 6.8’de belirtilmiştir. Türkiye’de son 15 yılda en çok satın alınan 14 otomobil markasının 2014 yılında aktif kullanılan yakıt türü benzin olan modellerinin ortalama km başına düşen CO₂ salımı 160 gram, 2018 yılında ise 160,7 gramdır (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7. Yakıt türü benzin olan farklı otomobil markalarının km başına CO₂ değerleri [92,93]

	2014			2018		
Otomobil markaları (Benzinli)	Alt değer (gram/km)	Üst değer (gram/km)	Ortalama değer (gram/km)	Alt değer (gram/km)	Üst değer (gram/km)	Ortalama değer (gram/km)
Renault	99	190	144,5	94	174	134
Volkswagen	109	348	228,5	96	187	141.5
Fiat	90	171	130,5	88	171	129.5
Hyundai	98	261	179,5	93	247	170
Ford	99	194	146,5	97	306	201.5
Toyota	95	192	143,5	95	192	143.5
Dacia	116	185	150,5	109	155	132
Peugeot	88	169	128,5	95	148	121.5
Honda	116	201	158,5	106	179	142.5
Mercedes-Benz	123	322	222,5	121	322	221.5
Nissan	99	275	187	99	275	187
BMW	132	325	228,5	129	294	211.5
Audi	109	212	160,5	97	287	192
Citroen	88	178	133	95	148	121.5
Ortalama değer (gram/km)	104,35	230,21	160	101	220.3	160.7

Türkiye’de son 15 yılda en çok satın alınan 14 otomobil markasının 2014 yılında aktif kullanılan yakıt türü dizel olan modellerinin ortalama km başına düşen CO₂ salımı 151 gram, 2018 yılında ise 135 gramdır (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8. Yakıt türü dizel olan farklı otomobil markalarının km başına CO₂ değerleri [92,93]

Otomobil markaları (Dizel)	2014			2018		
	Alt değer (gram/km)	Üst değer (gram/km)	Ortalama değer (gram/km)	Alt değer (gram/km)	Üst değer (gram/km)	Ortalama değer (gram/km)
Renault	83	145	114	82	156	119
Volkswagen	109	239	174	95	180	137,5
Fiat	90	183	136,5	89	152	120,5
Hyundai	96	231	163,5	99	225	162
Ford	85	189	137	82	183	132,5
Toyota	99	250	174,5	89	194	174,5
Dacia	99	137	118	90	123	106,5
Peugeot	82	199	140,5	79	163	121
Honda	94	180	137	94	139	116,5
Mercedes-Benz	92	295	193,5	89	261	175
Nissan	90	238	164	85	162	123,5
BMW	99	204	151,5	89	174	131,5
Audi	99	242	170,5	97	199	148
Citroen	82	199	140,5	86	155	120,5
Ortalama değer (gram/km)	92,8	209,35	151	88,9	176,1	135

3. Enerji Tüketimi

(Ulaşım türlerinin yakıt cinsi, taşınan yolcu sayısı ve yaptıkları kilometreye göre enerji tüketimlerinin belirlenmesi)

Çayyolu Bölgesi’ndeki belirlenen ulaşım türlerinin enerji tüketimi hesabı için; otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)’nun yolculuk mesafesine bağlı olarak enerji

tüketimi, koltuk-km başına enerji tüketimi (MJ/koltuk-km), verimsizlik (MJ/yolcu-km), bir iş gününde araçların enerji tüketimleri ve yolcu başına tüketilen enerji hesaplanmıştır.

Otomobil, EGO otobüsü ve metro için km başına enerji tüketim değerleri Çizelge 7.7’de belirtilmiştir. Enerji tüketimleri farklı tanımlarla ifade edilmiş olup bu tanımlar Çizelge 6.9’da ayrıntılı açıklanmıştır.

Çizelge 6.9. Enerji tüketimi belirleyicileri [20,94]

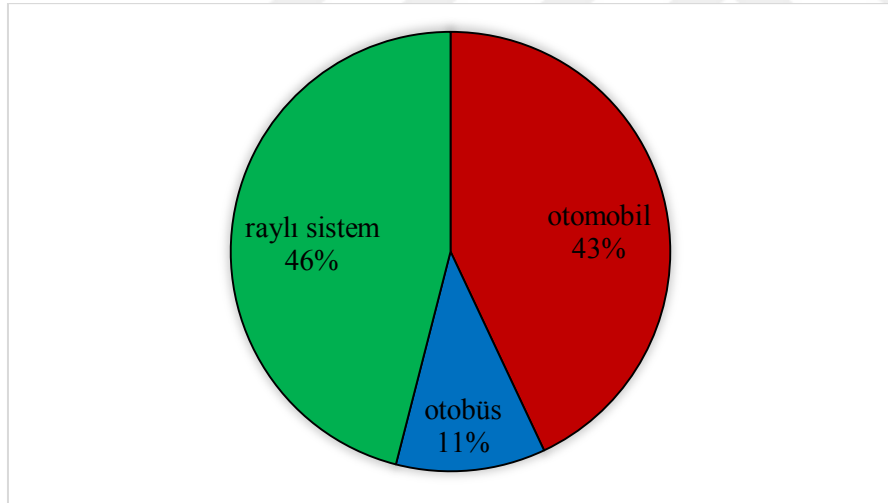
Enerji tüketimi belirleyicileri	Enerji tüketimi belirleyicilerinin tanımları
Koltuk sayısı	Her bir ulaşım türü için normal bir iş gününde kullanımda olan koltuk sayısıdır. Tek bir aracın koltuk sayısının hizmetteki araç sayısı ile çarpımıyla bulunur.
Yolculuk mesafesine bağlı olarak enerji tüketimi	Araç başına birim mesafede enerji tüketimi değeridir. (1km)(MJ/araç-km).
Koltuk-km başına enerji tüketimi (MJ/koltuk-km)	Birim mesafe (1 km) için araç başına tüketilen enerjinin (MJ/araç-km) tek bir araçtaki koltuk sayısına bölünmesiyle elde edilir.
Verimsizlik (MJ/Yolcu-km)	Birim mesafe (1 km) için araç başına tüketilen enerjinin (MJ/araç-km) tek bir araçtaki yolcu sayısına bölünmesiyle elde edilir.
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	Ortalama mesafe, hizmetteki araç sayısı ve birim mesafe için araç başına tüketilen enerjinin çarpılmasıyla elde edilir.
1 iş gününde yolcu başına toplam enerji tüketimi (MJ)	Kullanılan aracın 1 iş gününde toplam enerji tüketiminin araçta gün içinde taşınan toplam yolcu sayısına bölünmesi ile elde edilir.

Senaryolar

Çalışma alanında 3 farklı senaryo uygulanacaktır. Mevcut (doğal) gelişim senaryosu olan Senaryo 1’de; Çayyolu Bölgesi’ne hizmet veren kent içi ulaşım sistemlerine müdahale edilmemesi durumunda 2030 yılı için belirlenen yolculuk türel dağılımına bağlı olarak CO₂ salımı ve enerji tüketimindeki değişim belirlenecektir.

Otomobil kullanımının sınırlandırılacağı Senaryo 2’de; toplu taşıma sistemi gelişmiş ve raylı sistem kullanım oranının yüksek olduğu Viyana kentinin türel dağılımı çalışma alanındaki ulaşım türlerine uyarlanacaktır. 2030 yılında lastik tekerlekli ulaşım payındaki azalışın ve raylı sistem payındaki artışın CO₂ salımı ve enerji tüketimine etkisi belirlenecektir.

2018 yılı Viyana kenti otomobil, otobüs ve raylı sistem özelinde ulaşım türel dağılımı; %43 otomobil, %11 otobüs ve %46 raylı sistem şeklindedir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. 2018 yılı Viyana ulaşım türel dağılımı (%) [95]

Raylı sistem hattının hizmete açılmadığı varsayılacak olan Senaryo 3’te; 2014 yılından itibaren raylı sistem olmadan mevcut ulaşım hizmetinin devam ettiği varsayılarak 2030 yılı için türel dağılım belirlenecektir. Buna göre; CO₂ salımı ve enerji tüketimi hesabı yapılacaktır. Böylelikle raylı sistem kullanılmayan ve otomobil bağımlılığının hızla artış gösterdiği durumun ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve enerji tüketimine etkisi değerlendirilecektir.

Sonuç ve Öneriler

Çalışma alanı olarak belirlenen Çayyolu Bölgesi'nde Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmasının ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve enerji tüketimine etkisi değerlendirilecektir. Raylı sistem hattının kullanıma açılmasının türel dağılımda otomobil payındaki artışın önüne geçmesinin çevre boyutunda kazançları vurgulanarak, oluşturulan senaryolarla türel dağılımda raylı sistem öncelikli olarak toplu taşıma payındaki artışın faydaları ve yalnızca lastik tekerlekli ulaşım sistemlerinin kullanımına devam edilmesi durumunda olası zararları tartışılacaktır. Kentin makroformunu otomobil bağımlılığının şekillendirmesinin etkileri ve raylı sistemin otomobilin türel dağılımdaki payının azalmasını sağlaması sebebiyle uzun vadede ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin önüne geçilmesindeki etkisi değerlendirilerek, toplu taşıma kullanımının arttırılması ve etkin kullanımının sağlanması için çözüm önerileri sunulacaktır.



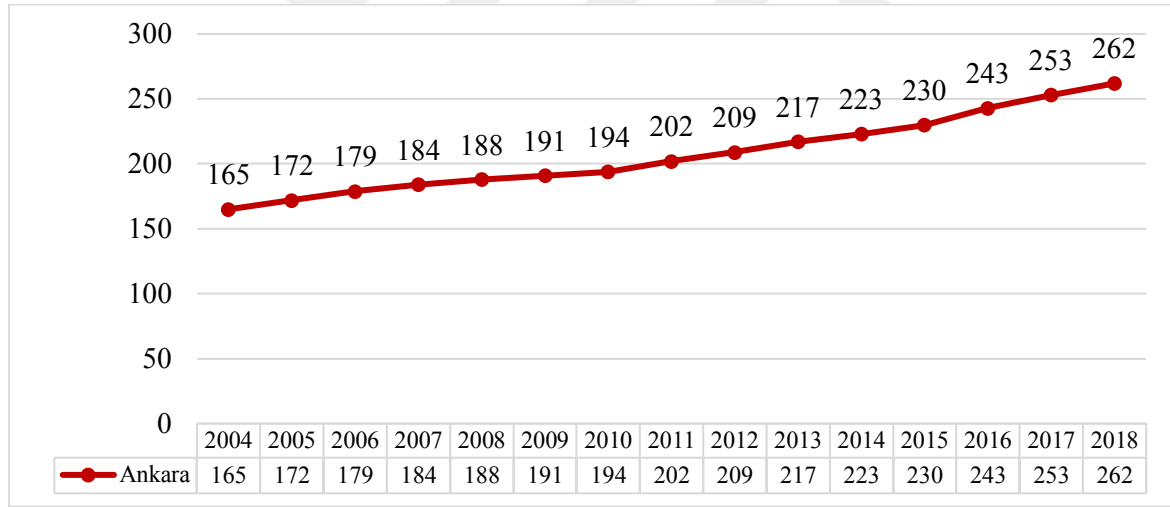
7. ÖRNEK ALAN ÇALIŞMASI: KIZILAY- ÇAYYOLU HATTINDAKİ ULAŞIM TÜRLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

7.1.Çevresel Etkilerin Analizi

7.1.1. Türel dağılım

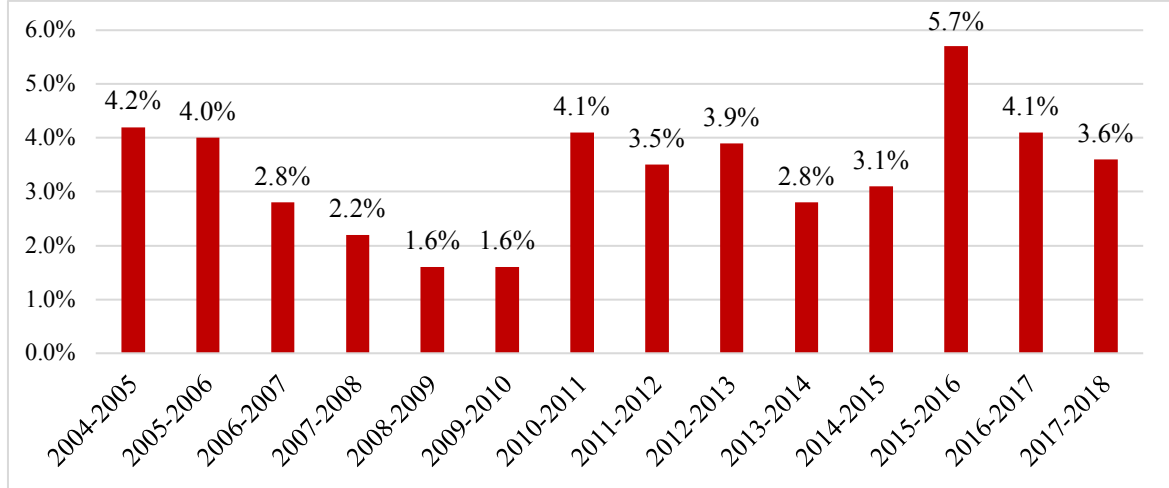
Çalışmanın bu aşamasında Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarına ait otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) özelinde türel dağılım belirlenmiştir.

Ankara’da 2004 yılından 2018 yılına kadar 1000 kişiye düşen otomobil sahipliği Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



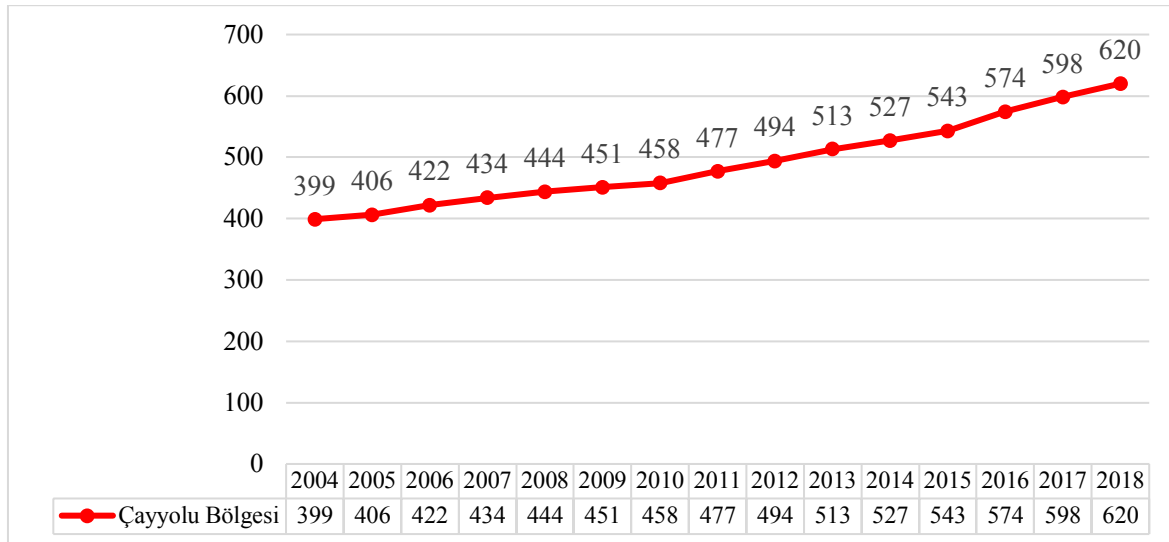
Şekil 7.1. Ankara’da yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı [3]

Ankara’da 2004 yılından 2018 yılına kadar 1000 kişiye düşen otomobil sahipliğinin yıllık artış oranı Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



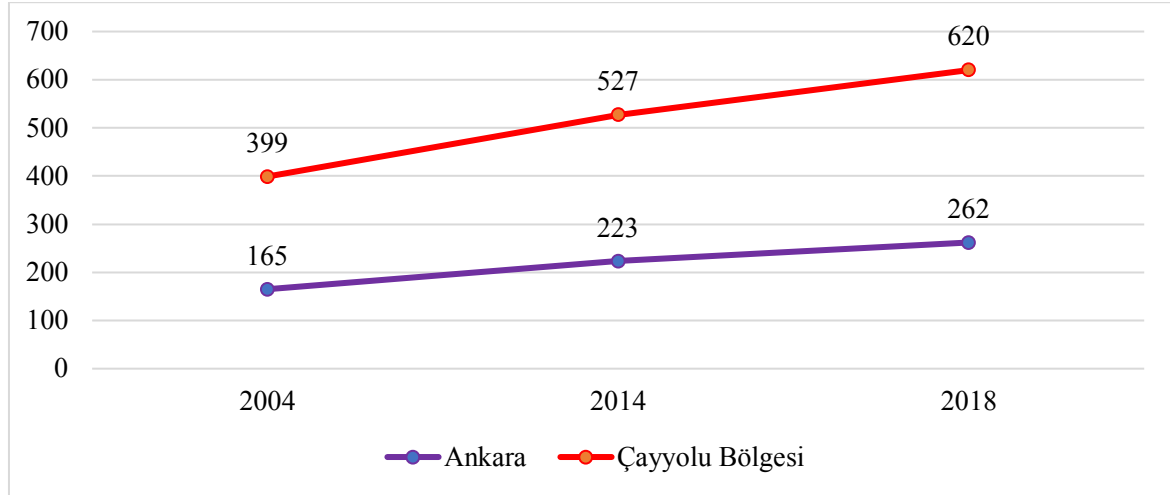
Şekil 7.2. 2004-2018 yılları arasında Ankara’da 1000 kişiye düşen otomobil sayısının değişim oranı (%) [3] (ilgili referanstan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Çayyolu Bölgesi’nde 2014 ve 2018 yıllarına ait otomobil verilerini hesaplamak için, bu yıllarda 1000 kişiye düşen otomobil sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için; Ankara’da 1000 kişiye düşen otomobil sayılarının (2004-2018) yıllık artışı, 2004 yılı Çayyolu Bölgesi 1000 kişiye düşen otomobil sayısına uygulanarak her bir yıl için Çayyolu Bölgesi’nde 1000 kişiye düşen otomobil sayısı hesaplanmıştır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Çayyolu Bölgesi’nde yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı [3,91] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir)

Yapılan hesaba göre; 2014 yılında 1000 kişiye düşen araç sayısı Ankara’da 223, Çayyolu Bölgesi’nde 527, 2018 yılında ise Ankara’da 262, Çayyolu Bölgesi’nde 620 olarak belirlenmiştir (Şekil 7.4). Çayyolu Bölgesi’nin Ankara kentinin batı yönündeki gelişme koridoru üzerinde ve çoğunlukla orta üst gelir grubu nüfusun yaşadığı bölge olması sebebiyle otomobil sahipliliği Ankara ortalamasının oldukça üzerindedir [3,91].



Şekil 7.4. Ankara ve Çayyolu Bölgesi belirli yıllara göre 1000 kişiye düşen otomobil sayısı [3,91]

Çayyolu-Kızılay hattında otomobiliyle bir günde bir gidiş-geliş yapan yolcunun ortalama yolculuk mesafesi 37,2 kilometredir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Çayyolu-Kızılay arası otomobille yolculuk mesafeleri (yazar tarafından hesaplanmıştır)

Kalkış noktası (mahalle)	Mesafe (gidiş-geliş) (km)
Ümit	29,4
Mutlukent	29,8
Çayyolu	32,4
Koru	33,6
Prof. Dr.Ahmet Taner Kışlalı	35,8
Konutkent	38,4
Alacaatlı	42,8
Yaşamkent	44,2
Dodurga	48,4
Ortalama	37,2

Çayyolu-Kızılay hattında EGO otobüsüyle Ankara Metrosu (M2) ile entegrasyon öncesi (2014) ve sonrasında (2018) 1 iş gününde bir gidiş-geliş yapan yolcunun ortalama yolculuk mesafesi Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2. Çayyolu-Kızılay hattı EGO otobüsleriyle yolculuk mesafeleri (yazar tarafından hesaplanmıştır)

Hat	2014	Hat	2018
	Mesafe (gidiş-geliş) (km)		Mesafe (gidiş-geliş) (km)
119	50,8	570	7,8
122	47,4	576	23,3
123	64,8	586	27,8
126	55	590	22,3
127	43,5	592	19,6
165	59,6	593	18,6
174	44,6	596	19,5
		598	19,4
Ortalama	52,3	Ortalama	19,7

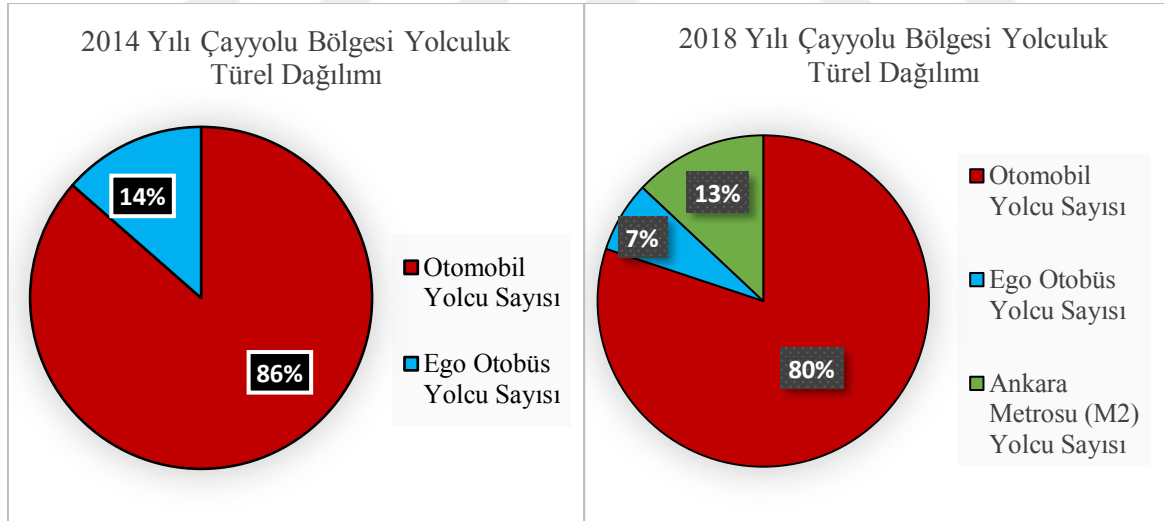
Ankara Metrosu (M2) hizmete açılmadan önce ve hizmete açıldıktan sonraki yaklaşık 5 aylık sürede; EGO otobüsleri Kızılay-Çayyolu hattında hizmet vermekteydi. Metro sonrası entegrasyon sağlanarak EGO otobüslerinin Çayyolu Bölgesi’ne besleme hatlar olarak hizmet vermesiyle birlikte bir günde gidiş-geliş ortalama yolculuk mesafesi 52,3 km’den 19,7 km’ye düşmüştür.

Çayyolu Bölgesi otomobil, EGO Otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) yolculuk durumu Çizelge 7.3’te verilmiştir. Türel dağılımı belirlemek için bir günde gidiş-geliş toplam yolculuk sayıları kullanılmıştır.

Çizelge 7.3. Çayyolu Bölgesi'nde 2014 ve 2018 yıllarına ait türel dağılım belirleyicilerinin karşılaştırılması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	2014	2018
Otomobil		
Çayyolu Bölgesi nüfusu (kişi)	119 528	140 499
Çayyolu Bölgesi 1000 kişiye düşen otomobil sayısı	527	620
Anket uygulanan nüfusun otomobil sahipliği	(527) * (628/1000) = 331	(620) * (628/1000) = 389
Çayyolu Bölgesi nüfusunun otomobil sahipliği	[(119 528) * (331/628)] = 63 000	[(140 499) * (389/628)] = 87 029
Anket uygulanan nüfusun trafiğe çıkan otomobil sayısı	[(331) * (208/251)] = 274	[(389) * (208/251)] = 322
Çayyolu Bölgesi 1 iş günü trafiğe çıkan otomobil sayısı	[(63 000) * (274/331)] = 52 151	[(87 029) * (322/389)] = 72 039
Çayyolu Bölgesi otomobil doluluk oranı	[(162 * 1) + (46 * 2)] / 208 = 1,2	
Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde trafiğe çıkan otomobil yolcu sayısı	(52 151 * 1,2) = 62 581	(72 039 * 1,2) = 86 447
Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde gidiş-geliş otomobil yolcu sayısı	(62 581 * 2) = 125 162	(86 447 * 2) = 172 894
Otomobil ile katedilen ortalama mesafe	37,2 km	
EGO otobüsü		
EGO otobüs hatlarıyla 1 iş gününde taşınan yolcu sayısı	19 609	14 899
1 iş gününde bir otobüs hattının ortalama sefer sayısı	23	
Tüm otobüs hatlarının 1 iş gününde toplam sefer sayısı	254	
Bir otobüs için ortalama doluluk oranı	77	59
Otobüs ile katedilen ortalama mesafe	52,3 km	19,7 km
Ankara Metrosu (M2)		
1 iş gününde gidiş-geliş toplam metro yolcu sayısı	-	91 876
1 iş gününde Çayyolu Bölgesi metro yolcu sayısı	-	28 042
1 iş gününde ortalama metro sefer sayısı	-	149
Metro ile katedilen ortalama mesafe	-	33,2 km
Ulaşım Türü		
1 iş gününde gidiş-geliş toplam otomobil yolcu sayısı	125 162 (%86)	172 894 (%80)
1 iş gününde gidiş-geliş toplam EGO otobüsü yolcu sayısı	19 609 (%14)	14 899 (%7)
1 iş gününde gidiş-geliş toplam Ankara Metrosu (M2) yolcu sayısı	-	28 042 (%13)
Bir iş gününde 3 ulaşım türünde seyahat eden toplam yolcu sayısı	144 771	215 835

2014 yılından 2018 yılına gelindiğinde artan nüfusla birlikte yolculuk talebinde de artış meydana gelmiştir. Artan yolculuk talebine karşılık verebilmek ve Eskişehir Yolu aksındaki trafik probleminin önüne geçebilmek için Ankara Metrosu (M2) hizmete açılıp EGO otobüsleriyle entegrasyon sağlanmasına rağmen özel araç kullanımında artış hızla devam ettiği görülmektedir. Bölgenin yolculuk üretiminde 4 yıl içinde %49'luk artış yaşanırken, otomobil kullanan yolcu sayısında %38'lik artış yaşanmıştır. Metronun hizmete açılmasıyla birlikte trafik sıkışıklığını azaltmak ve metro kullanımını da arttırmak için Kızılay-Çayyolu hattı EGO otobüslerinin kaldırılarak metro besleme hattı oluşturulmasına rağmen toplu taşıma kullanımında beklenen artışın sağlanamadığı görülmektedir. Ancak yaşanan otomobil kullanımındaki artışa rağmen yolculuk türel dağılımına bakıldığında 2014 yılında otomobil yolcu oranı %86 iken, 2018 yılına gelindiğinde %80'e düştüğü, toplu taşıma kullanan yolcu oranının %14'ten %20'ye çıktığı görülmektedir (Şekil 7.5). Otomobil yolcu oranı Ankara ortalamasının hala oldukça üstünde olmasına rağmen metronun hizmete açılması türel dağılımda 4 yıl içinde otomobil yolcu payında beklenen artışın hem önüne geçmiş hem de azalmasına neden olmuştur.



Şekil 7.5. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımı (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Yolculuk türel dağılımına bakıldığında trafik sıkışıklığı, olumsuz hava koşulları gibi durumlardan etkilenmeyen yer altı raylı sistemi olması sebebiyle Ankara Metrosu (M2)'nin; bölgenin toplu taşıma yolcu oranını arttırdığı yorumu yapılabilir. Sonuç olarak metronun varlığının; bulunduğu kentin çok üstünde otomobil kullanımının olduğu Çayyolu Bölgesi

için toplu taşıma kullanımını artırma yönünden çok önemli bir potansiyel olduğu görülmektedir (Şekil 7.5).

7.1.2. CO₂ emisyonu

(Belirlenen ulaşım türlerinin yakıt cinsi, taşınan yolcu sayısı ve yaptıkları kilometreye göre CO₂ salımlarının karşılaştırılması)

Çayyolu Bölgesi'ne hizmet eden EGO otobüsünün CO₂ salımı hesabı için gerekli olan; doğalgazlı ve dizel otobüs için 1 km'de harcanan yakıt miktarı ve CO₂ salımı Çizelge 7.4'te belirtilmiştir.

Çizelge 7.4. Yakıt türü doğalgaz ve dizel olan otobüsün km başına yakıt tüketimi ve CO₂ değeri [12,96,97]

	Yakıt tüketimi	CO ₂ emisyonu
Otobüs (Doğalgazlı)	61 m ³ /km	1 112 gram/km
Otobüs (Dizel)	0,4 litre/km	1 052 gram/km

Ankara Metrosu (M2)'nin CO₂ salımı hesabı için gerekli olan 1 km'de harcanan yakıt miktarı ve CO₂ salımı Çizelge 7.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 7.5. Metronun km başına yakıt tüketimi ve CO₂ değeri [97]

Metro	Yakıt tüketimi (kWh/km)	CO ₂ emisyonu (gram/km)
	3,5	1 400

2014 yılı Çayyolu Bölgesi özelinde otomobil ve otobüs kullanımı, ortalama mesafe, taşınan yolcu, araç CO₂ salımı Çizelge 7.6'da belirtilerek bu verilerle bir iş gününde toplam CO₂ salımı ve taşınan yolcu başına CO₂ salımı hesaplanmıştır. Doğalgazlı otobüsün dizel otomobile göre km başına CO₂ salımı yaklaşık 7 kat fazla olmasına rağmen bir otobüsle 1 seferde ortalama 77, otomobille 1,2 yolcu taşınması nedeniyle; bir iş gününde otomobil kullanımında açığa çıkan toplam CO₂ salımı otobüsün yaklaşık 20 katı, otomobil yolcu başına düşen CO₂ salımı otobüsün 3 katıdır. 2018 yılı 1 iş gününde otomobil CO₂ salımı yaklaşık 361 780 kg, EGO otobüsü CO₂ salımı yaklaşık 5 565 kg, Ankara Metrosu (M2) CO₂ salımı yaklaşık 6 925 kg'dır. 1 iş gününde yolcu başına toplam CO₂ salımı; otomobil

yolcusu için 2 092,5 gram, EGO otobüsü yolcusu için 373,5 gram, Ankara Metrosu (M2) yolcusu için 75,4 gramdır. Otomobil taşıma kapasitesinin metro ve otobüse göre çok düşük olması trafiğe daha fazla araçla çıkılmasına, bu da otomobil kaynaklı CO₂ salımının yüksek olmasına neden olmaktadır. Çayyolu Bölgesi özelinde değerlendirildiğinde; metro bir seferde ortalama 617 yolcu taşırken, EGO otobüsü ortalama 59, otomobil ise ortalama 1,2 yolcu taşımaktadır. Taşıma kapasitesinin yüksek olması sebebiyle 1 iş gününde yolcu başına toplam CO₂ salımının en düşük olduğu kent içi ulaşım türünün metro olduğu görülmektedir. Diğer taraftan metro yakıt türü doğalgaz olan otobüse göre daha fazla CO₂ salımı yapan bir ulaşım türü olup yolcu taşıma kapasitesinin yüksek olması ve elektrikle çalışması sebebiyle doğa dostu bir ulaşım türüdür (Çizelge 7.6).

Çizelge 7.6. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yıllarına ait otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)'na ilişkin CO₂ emisyonu verileri [12,84,92,96,97] (ilgili referanslardan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Araç türü	Ortalama mesafe (km)	Bir iş gününde trafiğe çıkan araç sayısı	Bir iş gününde taşınan yolcu sayısı	CO ₂ emisyonu (gram/km)	Bir iş gününde toplam CO ₂ emisyonu (gram)	Bir iş gününde yolcu başına toplam CO ₂ emisyonu (gram)
2014	Otomobil (dizel)	37,2	52 151	125 162	151	292 942 597	2 340,5
	EGO otobüsü (doğalgazlı)	52,3	254	19 609	1 112	14 772 000	753,3
2018	Otomobil (dizel)	37,2	72 039	172 894	135	361 779 858	2 092,5
	EGO otobüsü (doğalgazlı)	19,7	254	14 899	1 112	5 564 226	373,5
	Ankara Metrosu (M2)	33,2	149	28 042	1 400	6 925 520	75,4*

* Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

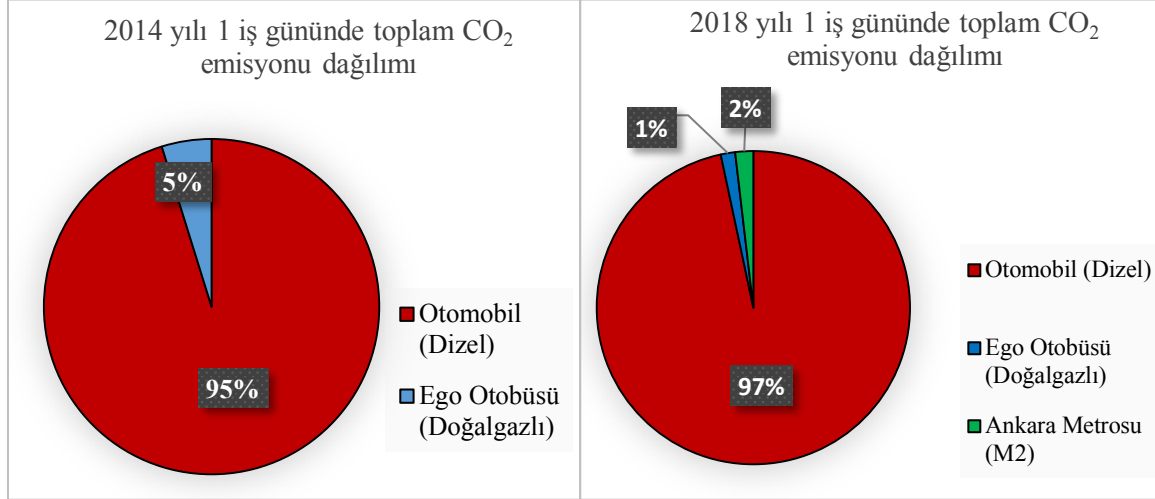
Çayyolu Bölgesi'nde 2014 yılı Ankara Metrosu (M2) hizmete girmeden önce otomobil ve EGO otobüsü kullanımlarına göre bir iş gününde otomobilin; iki ulaşım türü toplam CO₂ salımının %95'lik kısmını oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 7.6). Taşıma kapasitesinin

otobüse göre oldukça düşük olması sebebiyle trafiğe çıkan araç sayısının çok yüksek olması, CO₂ salımında otomobilin payının yüksek olmasının en önemli sebebidir. Bu hesaplar; otomobil kullanımındaki oranın yüksekliği geri dönülemez çevre kirliliği ve trafik problemlerine neden olduğu için, toplu taşıma kullanımının önemini ve gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

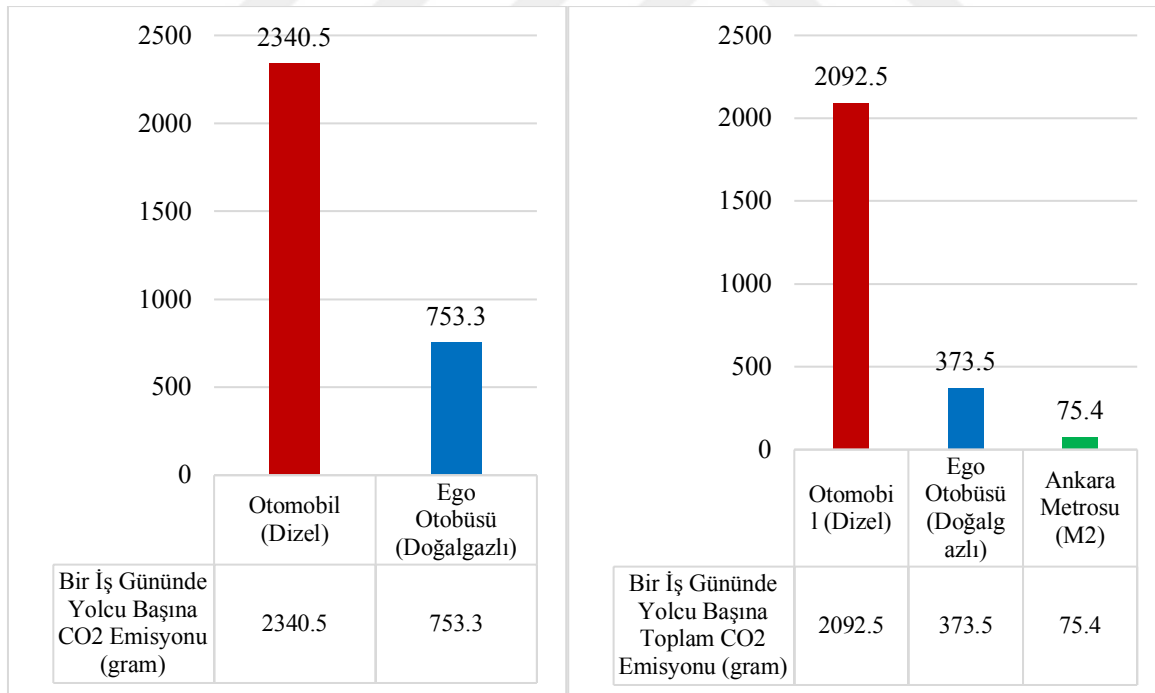
Ankara Metrosu (M2) ile 1 iş gününde taşınan toplam yolcu sayısı 91 876 kişi olduğu için, toplam CO₂ emisyonu ve yolcu başına CO₂ emisyonu toplam yolcu sayısı esas alınarak hesaplanmıştır. Fakat Çizelge 7.6'da Çayyolu Bölgesi'ndeki yolculuk üzerinden değerlendirilme yapıldığı için yolcu sayısı 28 042 olarak belirtilmiştir. Aslında 1 iş gününde metronun yalnızca Çayyolu Bölgesi için yolcu hizmeti verdiği varsayıldığında bile yolcu başına en az CO₂ salımının olduğu ulaşım türü yine metro olmaktadır. Metro yolcu sayısı; EGO otobüsü ile taşınan yolcu sayısının neredeyse 8 katı olmasına rağmen metro yolcusu başına CO₂ salımı, otobüs yolcusunun yaklaşık %25'i kadardır. Çayyolu Bölgesi'ndeki metro kullanıcılarının EGO otobüsü veya otomobil kullanması durumunda trafikteki araç sayısı artarak trafik probleminde artış yaşanacağı ve daha fazla çevre kirliliğinin oluşacağı çıkarımı yapılabilir. Ancak bu noktadaki en önemli husus; eğer metro kapasitesinin altında yolcu taşıyan, âtıl kalan hale gelirse çevreci ve doğa dostu olmaktan uzak CO₂ salımıyla çevreyi kirleterek elde edilen enerjiyi israf eden bir ulaşım türü haline gelecektir. Bu sebeple metro tam kapasite çalışıp, yolculuk talebinin yüksek olduğu koridorlarda hizmet verdiğinde doğa dostu bir ulaşım türü olmaktadır [58]. Çünkü metronun; sadece Çayyolu Bölgesi yolcuları tarafından kullanıldığı yani ortalama kapasitesinin 3'te 1'i kadar yolcu taşıdığı takdirde doğalgazlı otobüsten daha fazla CO₂ salımı yapacağı ve avantajlı bir ulaşım türü olamayacağı çıkarımı yapılabilir.

2014 yılı 1 iş gününde Çayyolu Bölgesi ulaşım kaynaklı oluşan CO₂ emisyon dağılımı incelendiğinde; salımın %95'inin otomobil, %5'inin EGO otobüsü kaynaklı olduğu görülmektedir. 2018 yılı 1 iş gününde Çayyolu Bölgesi ulaşım kaynaklı oluşan CO₂ emisyon dağılımı incelendiğinde; salımın %97'sinin otomobil, %1'inin EGO otobüsü ve %2'sinin Ankara Metrosu (M2) kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 7.6). Metronun hizmete girmesi ve EGO otobüslerinin metro besleme hatları olarak yalnızca bölge içinde hizmet vermeleri ve katedilen mesafenin azalması, otobüs kaynaklı oluşan CO₂ emisyonu payının azalmasına neden olmuştur. Metronun hizmete girmesiyle toplu taşıma kullanım oranında hem %6'lık

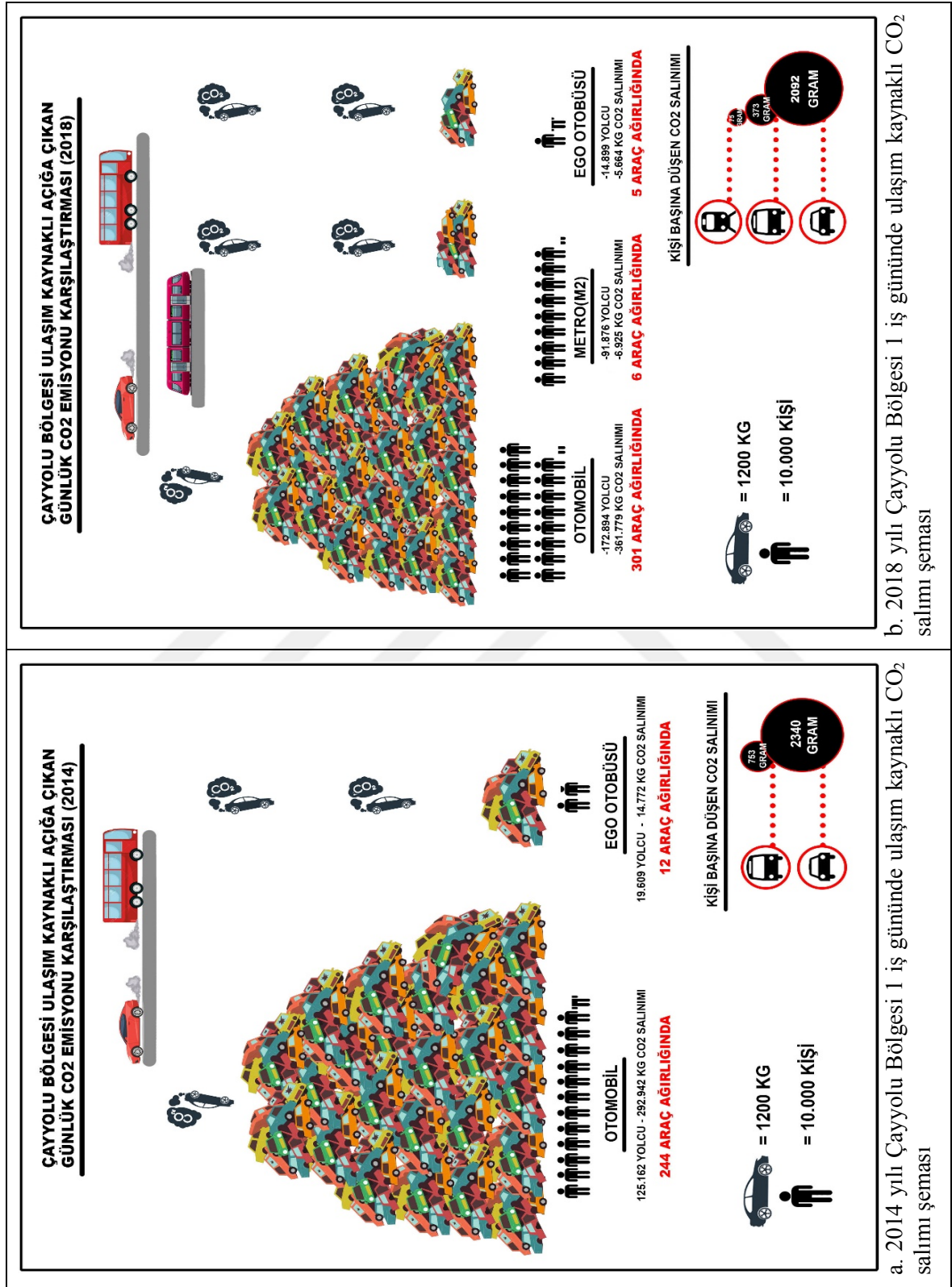
artış yaşanmış hem de toplu taşıma kaynaklı CO₂ emisyonu payında %2'lik azalma sağlanmıştır.



Şekil 7.6. Çayyolu Bölgesi'nde 2014 ve 2018 yılı 1 iş gününde ulaşım türlerinin CO₂ salımı dağılımı (yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 7.7. Çayyolu Bölgesi 2014 ve 2018 yılı 1 iş gününde ulaşım türlerinin yolcu başına toplam CO₂ salımları (yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 7. 8. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 günde ulaşım kaynaklı CO₂ salımı şeması (yazar tarafından üretilmiştir)

7.1.3. Enerji tüketimi

Otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) kullanımı ve araçların enerji tüketim değerleri belirtilerek bu verilerle Çayyolu Bölgesi'nde 2014 ve 2018 yılı 1 iş gününde araçların toplam enerji tüketimi ve yolcu başına enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Otomobilin 1 iş gününde toplam tükettiği enerji 6 984 061,92 MJ, EGO otobüsünün ise 285 610,30 MJ'dir. 1 iş gününde yolcu başına enerji tüketim değerlerine bakıldığında otomobil yolcusu toplam 55,80 MJ, EGO otobüsü yolcusu toplam 14,56 MJ enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Araç özelinde bakıldığında otobüsün otomobilden yaklaşık 6 kat daha fazla enerji tüketimine neden olmasına rağmen 1 iş gününde otomobil kaynaklı enerji tüketimi, EGO otobüsünün yaklaşık 25 katıdır. 2018 yılında ise; otomobilin 1 iş gününde toplam tükettiği enerji 9 647 462,88 MJ, EGO otobüsünün 107 581,70 MJ ve Ankara Metrosu (M2)'nin 277 990,37 MJ'dir. 1 iş gününde yolcu başına enerji tüketim değerlerine bakıldığında otomobil yolcusu toplam 55,80 MJ, EGO otobüsü yolcusu toplam 7,22 MJ ve Ankara Metrosu (M2) yolcusu toplam 3,02 MJ enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Günümüzde sürdürülebilir bir kaynak olmayan ve çevre kirliliğine neden olan petrolün otomobillerde yakıt olarak kullanılması; günlük kentsel hareketlilikte daha fazla dışsal enerjiye bağlı bir ulaşım yapısının olduğunu göstermektedir (Çizelge 7.7).

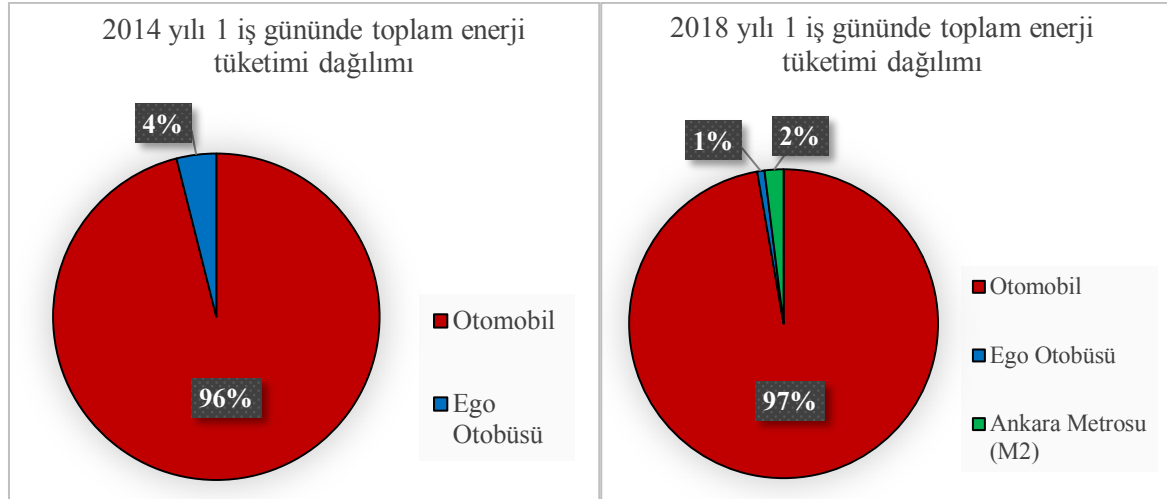
Çizelge 7.7. Otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) enerji tüketim değerleri (yazar tarafından hesaplanmıştır)

Enerji tüketimi belirleyicisi	2014		2018		
	Otomobil	EGO otobüsü	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)
Gidiş-geliş ortalama mesafe	37,2	52,3	37,2	19,7	33,2
Hizmetteki araç sayısı	52 151	254	72 039	254	149
Koltuk sayısı	260 755	25 908	360 195	25 908	262 836
Tek bir araç dizisindeki koltuk sayısı	5	102	5	102	1764
Tek bir araçtaki doluluk oranı	1,2	77	1,2	59	617
Enerji tüketimi (MJ/araç-km)	3,6	21,5	3,6	21,5	56,196
MJ/koltuk-km	0,72	0,211	0,72	0,211	0,032
Verimsizlik MJ/yolcu-km	3	0,28	3	0,36	0,091
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	6 984 061,92	285 610,30	9 647 462,88	107 581,70	277 990,37
1 iş gününde yolcu başına enerji tüketimi (MJ)	55,8	14,56	55,8	7,22	3,02

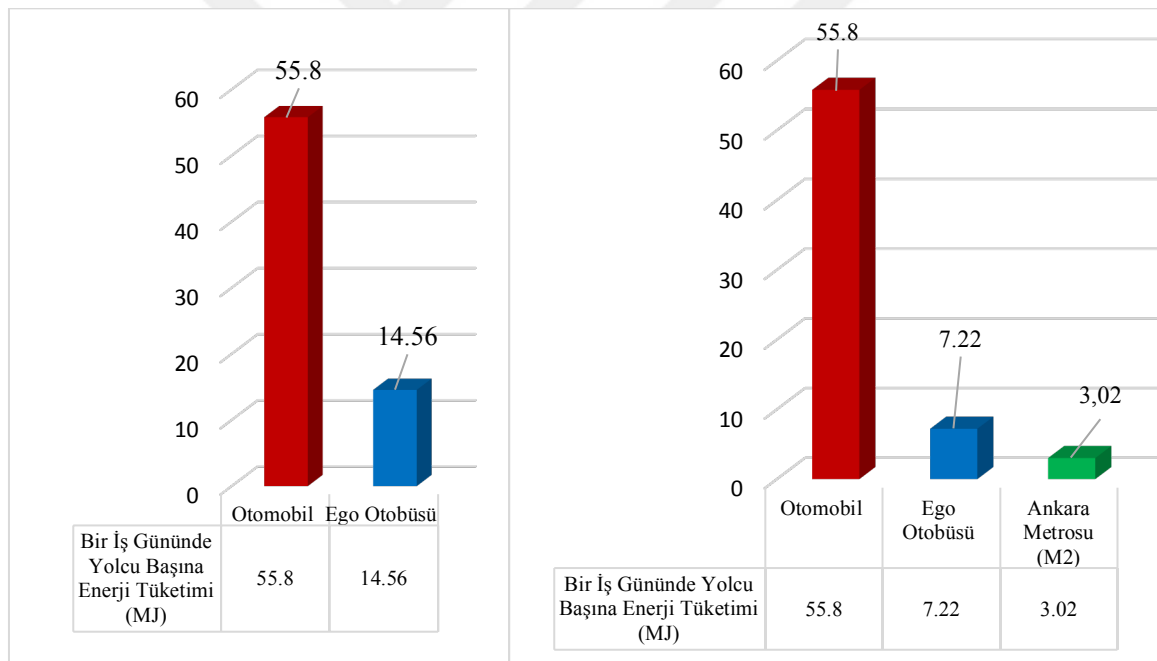
Atmosfere verilen kirleticilerin ve sera gazlarının büyük bir bölümü enerji sektöründe yani enerji üretimi ve tüketimi, ya da çeviriminden kaynaklanmaktadır. Özellikle fosil yakıtların kullanımından kaynaklı oluşan kirlilik doğrudan iklim değişikliğine neden olduğu için otomobil ve otobüste yakıt olarak kullanılan dizel ve doğalgaz yerine ulaşımda çevreye daha az zarar veren ve sürdürülebilir olan elektrik enerjisiyle çalışan metroların kullanımı arttırılmalıdır [94].

2014 yılı Çayyolu Bölgesi bir iş gününde ulaşım kaynaklı toplam enerji tüketiminin; %97'sinin otomobil, %3'ünün EGO otobüsü kaynaklı olduğu görülmektedir. 2018 yılında ise Çayyolu Bölgesi bir iş gününde ulaşım kaynaklı toplam enerji tüketiminin; %97'sinin otomobil, %1'inin EGO otobüsü ve %2'sinin Ankara Metrosu (M2) kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 7.9). Ulaşım kaynaklı CO₂ salımının fazla olmasındaki en önemli sebep ise fosil yakıtlardır. Otomobillerde enerji kaynağı olarak kullanılan dizel yakıt, yine fosil yakıt olan ama dizel ve benzin türevlerine göre daha az zararlı olan, EGO otobüslerinde enerji kaynağı olarak kullanılan doğalgaz kaynaklı enerji tüketimindeki dağılım oranı ve açığa çıkan CO₂ emisyonu dağılımı bu sebeple yakınlık göstermektedir. Gün içinde daha az araçla daha fazla yolcu taşınması sebebiyle; metro kaynaklı enerji tüketiminin, diğer kent içi ulaşım türlerine göre daha az olduğu görülmektedir.

2014 ve 2018 yıllarına ait Çayyolu Bölgesi ulaşım kaynaklı enerji tüketim dağılımlarına bakıldığında otomobil kullanımı son 4 yıl içinde artmasına rağmen otomobil oranında değişiklik olmadığı görülmektedir. EGO otobüsü kaynaklı enerji tüketimi oranında yaşanan düşüş metro besleme hattı olarak hizmet vermeye başlaması ve buna bağlı olarak katedilen ortalama mesafenin azalması olarak yorumlanabilir. 2014 yılında yalnızca EGO otobüsü kaynaklı enerji tüketimi oranı 2018 yılına gelindiğinde toplu taşıma kaynaklı enerji tüketimi oranı olarak mevcut oranını koruduğu görülmektedir. Otomobil kullanımında ciddi artış yaşanmasına rağmen enerji tüketim oranlarında değişim görülmemesinin en önemli sebebi metronun kullanıma açılmış olmasıdır.

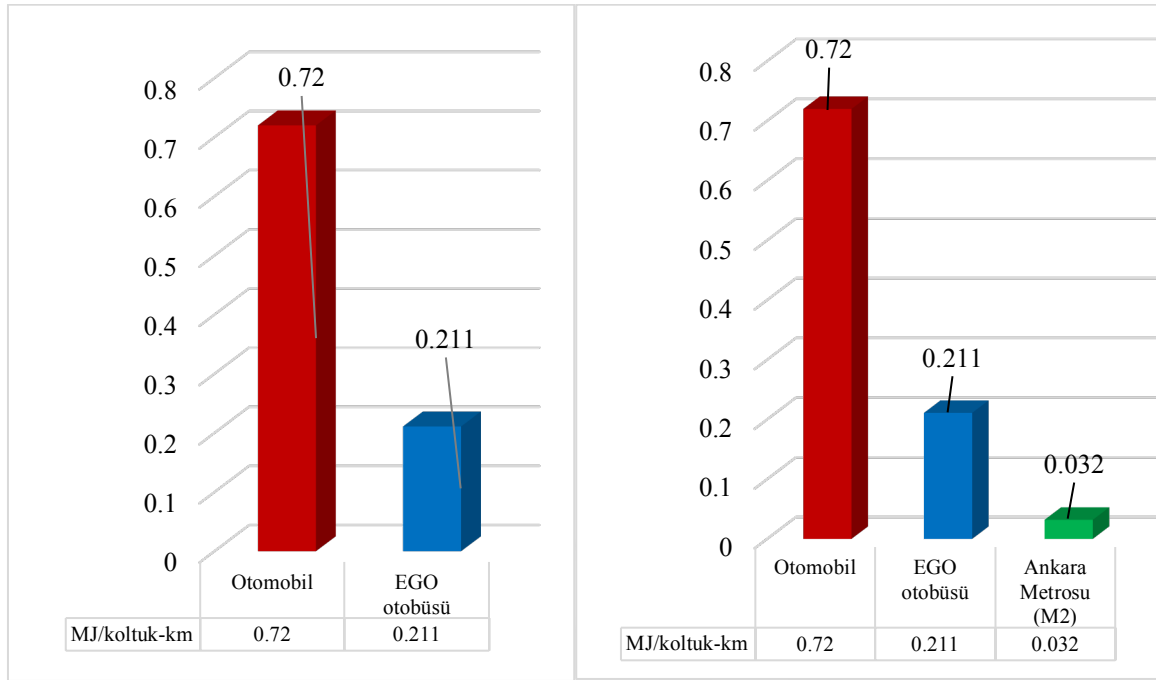


Şekil 7.9. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi ulaşım kaynaklı 1 iş gününde enerji tüketimi dağılımları (yazar tarafından oluşturulmuştur)



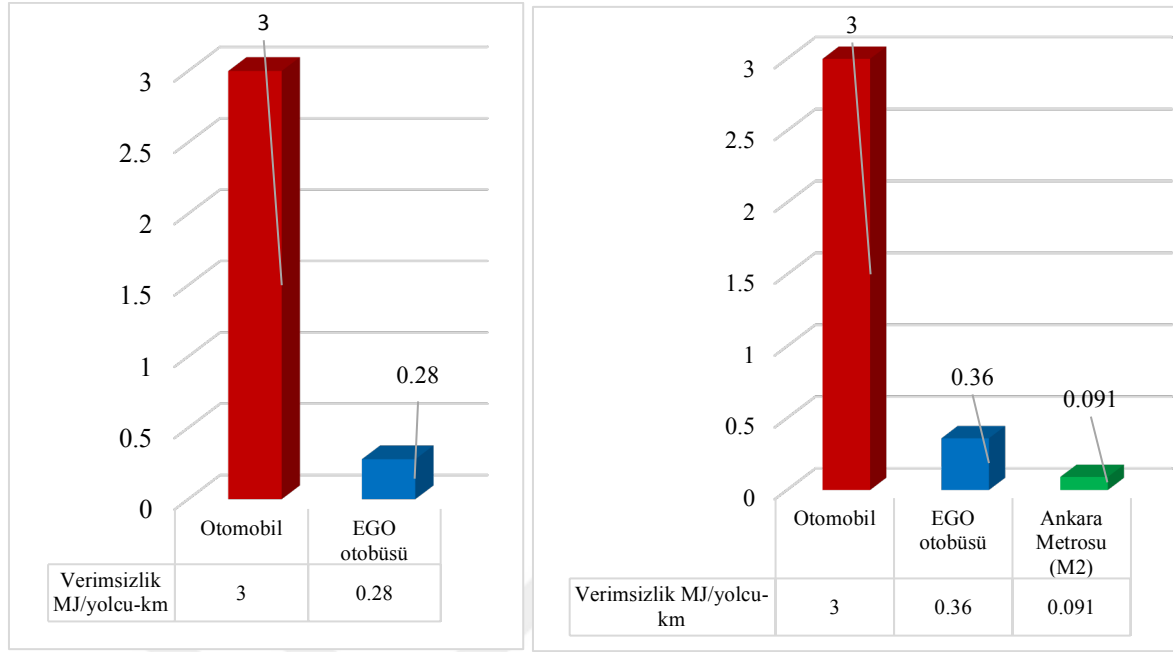
Şekil 7.10. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi 1 iş gününde yolcu başına toplam enerji tüketimi (MJ) (yazar tarafından oluşturulmuştur)

2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi ulaşım türlerinin 1 km'de koltuk başına enerji tüketimlerine bakıldığında; otomobilin 0,72 MJ, EGO otobüsünün 0,211 MJ ve Ankara Metrosu (M2)'nin 0,032 MJ olduğu görülmektedir. Otomobil kullanımında koltuk-km başına enerji tüketimi; EGO otobüsünün yaklaşık 3 katı, metronun ise yaklaşık 23 katıdır. Koltuk kapasitesinin yüksek olması metroda koltuk-km başına enerji tüketiminin diğer ulaşım türlerine göre oldukça az olmasına sebep olmaktadır (Şekil 7.11)



Şekil 7.11. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi’ndeki ulaşım türlerinin koltuk-km başına enerji tüketimi (MJ/koltuk-km) (yazar tarafından oluşturulmuştur)

2014 yılı Çayyolu Bölgesi ulaşım türlerinin 1 km’de yolcu başına enerji tüketimlerine bakıldığında; otomobilin 3 MJ, EGO otobüsü 0,28 MJ, 2018 yılında ise; otomobilin 3 MJ, EGO otobüsünün 0,36 MJ ve Ankara Metrosu (M2)’nin 0,091 MJ olduğu görülmektedir. EGO otobüsünde verimsizlik MJ/yolcu-km değerinin 4 yıl içinde artmasının sebebi; otobüsün ortalama doluluk oranının azalması olarak yorumlanabilir. 2018 yılı otomobil kullanımında yolcu-km başına enerji tüketimi; EGO otobüsünün yaklaşık 8 katı, metronun ise yaklaşık 33 katıdır. Yolcu taşıma kapasitesinin yüksek olması metroda koltuk-km başına enerji tüketiminde olduğu gibi yolcu-km başına enerji tüketiminin de diğer ulaşım türlerine göre oldukça az olmasına sebep olmaktadır. EGO otobüsünde taşınan yolcu sayısındaki değişim, yolcu başına enerji tüketiminde yaklaşık %30 artış yaşanmasına sebep olmuştur. Bu durum aslında ulaşım türlerinin kapasitesinin altında çalışmasının; enerji tüketiminde ciddi artışa neden olacağının en önemli göstergesidir (Şekil 7.12)



Şekil 7.12. 2014 ve 2018 yılı Çayyolu Bölgesi’ndeki ulaşım türlerinin yolcu-km başına enerji tüketimi (MJ) (yazar tarafından oluşturulmuştur)

8. ÇALIŞMA ALANINDA RAYLI SİSTEM KULLANIMININ ÇEVRESEL ETKİLERİ İÇİN OLASI SENARYOLAR

Çalışmada 3 ayrı senaryo üretilmiştir:

İlk senaryo eğilim senaryosudur. 2030 yılına kadar Çayyolu Bölgesi ulaşımına müdahale edilmediği durumda yolculuk türel dağılımı belirlenmiş bu çerçevede otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)'nin CO₂ salımı ve enerji tüketimi hesaplanmıştır.

İkinci senaryoda, raylı sistemin yolculuk türel dağılımındaki payının iyi uygulama olarak kabul edilen Viyana örneğindeki gibi; %13'ten %46'ya çıkarılması öngörülmüştür.

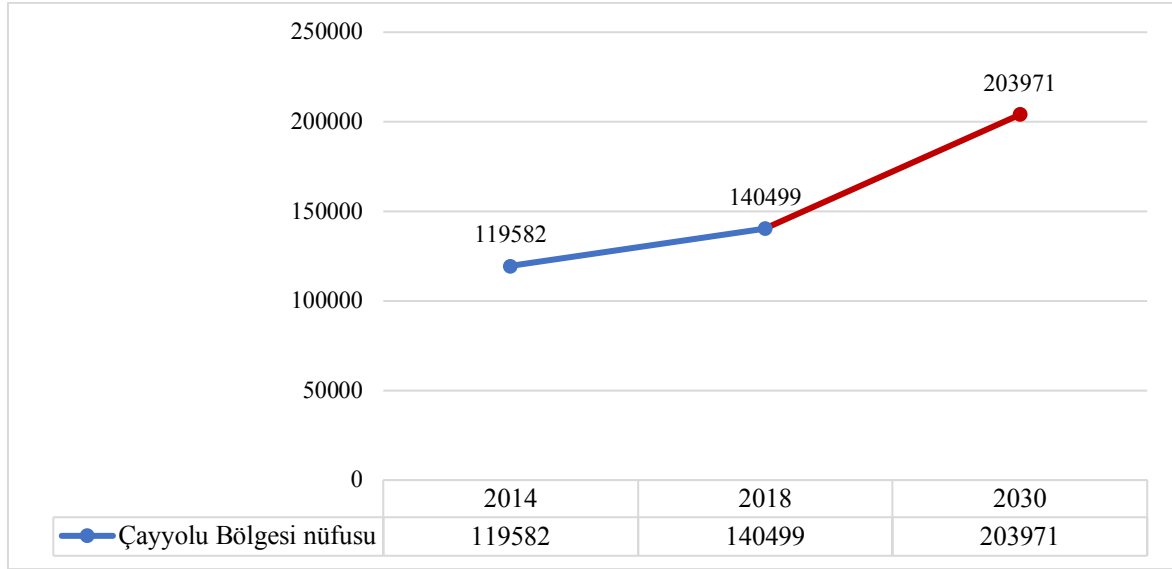
Üçüncü senaryoda ise; raylı sistemin tamamen kullanım dışı kaldığında olası çevresel etkiler hesaplanmıştır.

8. 1. Senaryo 1

Çalışmanın bu bölümünde; Çayyolu Bölgesi'ne 2030 yılı mevcut (doğal) gelişim senaryosu uygulanmıştır. Çayyolu Bölgesi'ne hizmet veren kent içi ulaşım sistemlerine müdahale edilmemesi durumunda 2030 yılı için belirlenen yolculuk türel dağılımına bağlı olarak CO₂ salımı ve enerji tüketimindeki değişim hesaplanmıştır.

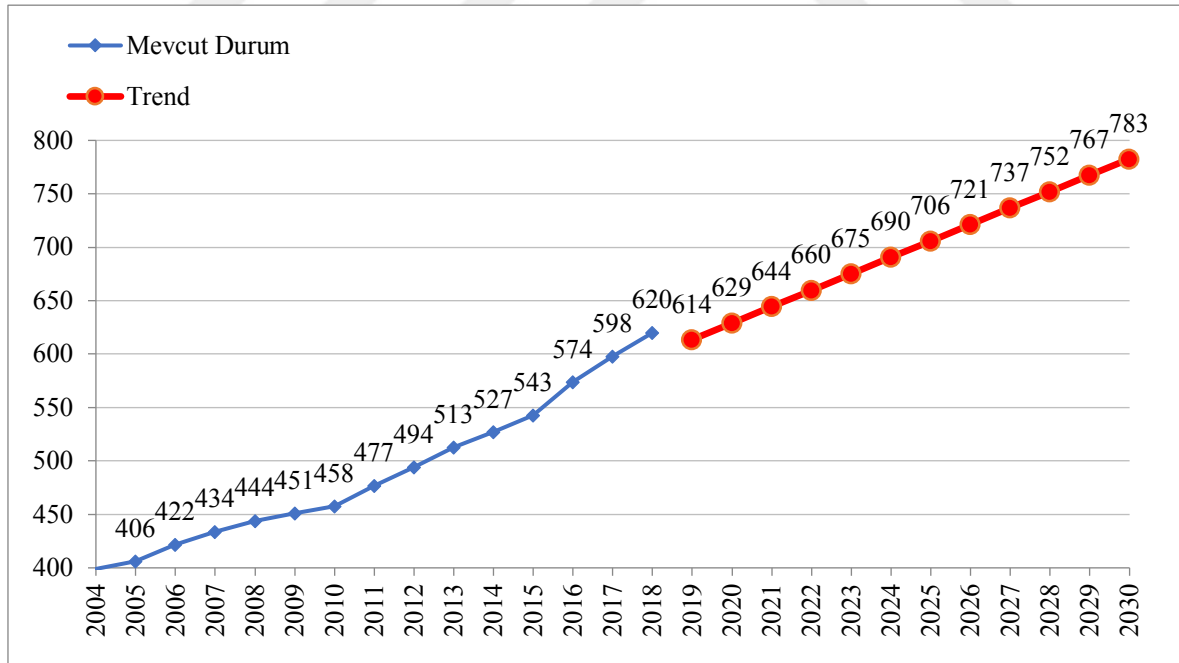
2030 yılı yolculuk türel dağılımını hesaplamak için Çayyolu Bölgesi'nin 2030 yılı nüfusu, 1000 kişiye düşen otomobil sayısı ve toplam yolculuk üretimi; 2018 ve önceki yıllara ait veriler kullanılarak en küçük kareler yöntemiyle bulunmuştur.

En küçük kareler yöntemine göre; 2030 yılı Çayyolu Bölgesi nüfusu 203 971 kişidir (Şekil 8.1).



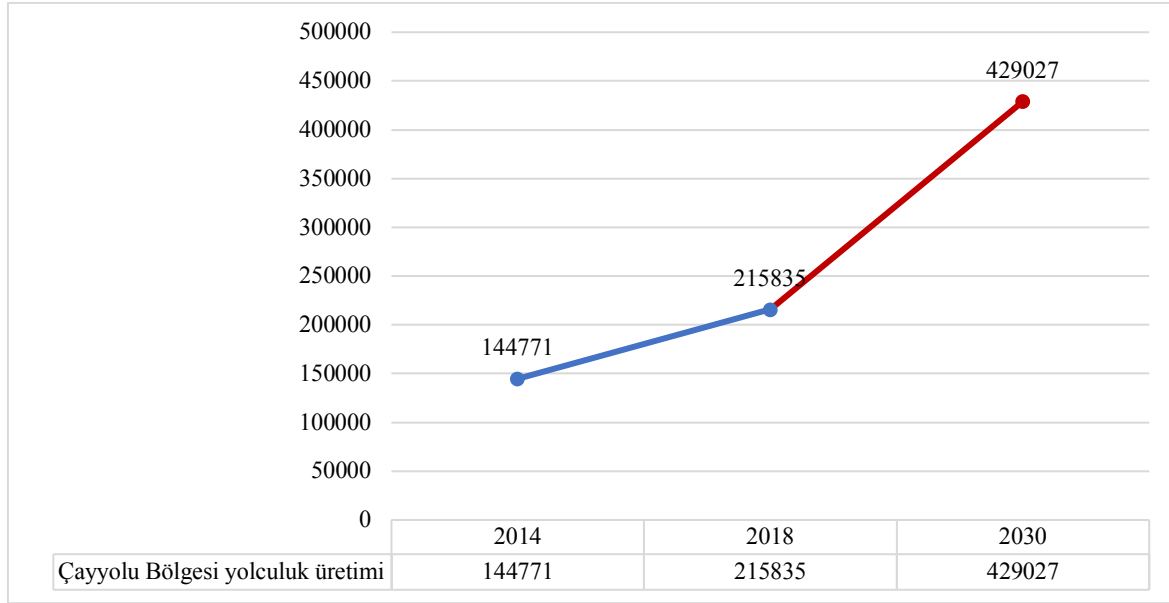
Şekil 8.1. Çayyolu Bölgesi 2030 yılı nüfusu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

En küçük kareler yöntemine göre; Çayyolu Bölgesi'nde 2030 yılında 1000 kişiye düşen araç sayısı 783'tür (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Çayyolu Bölgesi 2004-2030 yılları arasında 1000 kişiye düşen otomobil sayısı (yazar tarafından oluşturulmuştur)

En küçük kareler yöntemine göre; Çayyolu Bölgesi 2030 yılında yolculuk üretimi 429 027 kişi olarak tahmin edilmektedir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3. Çayyolu Bölgesi 2014, 2018 ve 2030 yıllarına ait yolculuk üretimi (yazar tarafından oluşturulmuştur)

2014 yılı Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımı; %86 otomobil, %14 otobüs, 2018 yılı ise; %80 otomobil, %7 otobüs ve %13 raylı sistem olarak hesaplanmıştır (Bkz. Çizelge 7.3). Ulaşım sistemine müdahale edilmemesi, özellikle toplu taşıma kullanımını arttırıcı çalışmaların yapılmaması sebebiyle; 2030 yılına kadar özel araç bağımlılığının 2004-2018 yılları arasındaki gibi hızlı artış göstermesi kaçınılmazdır (Şekil 8.2). Bu durumda; 2030 yılına gelindiğinde yolculuk türel dağılımında otomobil payında artış, toplu taşıma payında azalış yaşanacaktır.

2030 yılına kadar mevcut ulaşım sistemine müdahale edilmeyen doğal gelişim senaryosu olan Senaryo 1'e göre yolculuk türel dağılımının; %85 otomobil, %5 otobüs ve %10 raylı sistem olduğu varsayılmıştır. Buna göre; Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde yapılan yolculuk durumu Çizelge 8.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.1. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 1'e göre yolculuk durumu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Ulaşım türü	2014 yılı mevcut durum		2018 yılı mevcut durum		Senaryo 1	
	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)
Otomobil	125 162	86	172 894	80	364 672	85
Otobüs	19 609	14	14 899	7	21 451	5
Metro		-	28 042	13	42 904	10
Toplam	144 771	100	215 835	100	429 027	100

Senaryo 1 yolculuk türel dağılımında; otomobil oranının %80'den %85'e çıkarılmasının, otobüs oranının %7'den %5'e, metro oranının %13'ten %10'a düşürülmesinin ulaşım türlerine göre CO₂ salımına etkisi Çizelge 8.2'de gösterilmiştir.

EGO otobüsü koltuk sayısı 102, Ankara Metrosu (M2) koltuk sayısı 1 764 olup (Bkz. Çizelge 7.7), 2018 mevcut durumda Çayyolu Bölgesi'ne hizmet eden EGO otobüsünün ortalama doluluk oranı 59, Ankara Metrosu (M2)'nin ise 617'dir (Bkz. Çizelge 7.3). Senaryo 1'e göre; otobüs ortalama doluluk oranı 85, metro ortalama doluluk oranı 950 olmaktadır. 2030 yılında toplu taşıma yolculuk türel dağılımında azalış yaşanmasına rağmen; Çayyolu Bölgesi'nde yolculuk üretimi artacağı için toplu taşıma yolcusunda artış yaşanacaktır. Yolcu sayısındaki artışa rağmen sefer sayısında artışa gidilmemesinin sebebi; araçların kapasitesinin altında yolcu taşıyacak olmasından kaynaklıdır.

Ankara Metrosu (M2)'nda 2018 yılı 1 iş gününde toplam taşınan yolcu sayısı, Çayyolu Bölgesi metro yolcularının 3,3 katıdır. Bu sebeple; Senaryo 1'de; Ankara Metrosu (M2) toplam yolcu sayısının, Çayyolu Bölgesi 2030 yılı türel dağılımında belirlenen metro yolcu sayısının 3,3 katı olacağı varsayılmıştır. Senaryo 1'e göre; 1 iş gününde Ankara Metrosu (M2) yolcu sayısı 141 583 olarak belirlenmiş, metro yolcusu başına düşen CO₂ salımı bu değer üzerinden hesaplanmıştır (Çizelge 8.2).

Senaryo 1'de trafiğe çıkan otomobil sayısı 2018 yılına göre yaklaşık 80 000 artmıştır. Trafiğe çıkan otomobil sayısındaki bu artıştan dolayı otomobil kaynaklı 1 iş gününde açığa çıkan CO₂ salımı da mevcut durumdaki değer 2 katına çıkmıştır. EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2) kaynaklı açığa çıkan CO₂ salım değerinde değişiklik olmamasının sebebi ise; yolcu sayısında artış yaşanmasına rağmen 1 seferde araç kapasitelerinin altında yolcu taşınmasından kaynaklıdır. Otobüs ve metro yolcu sayılarında artış yaşanması ve sefer sayılarının sabit kalması sebebiyle yolcu başına düşen CO₂ salım değerleri azalma göstermiştir (Çizelge 8.2).

Çizelge 8.2. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 1'in CO₂ emisyonu karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Araç türü	Ortalama mesafe (km)	Bir iş gününde trafiğe çıkan araç sayısı	Bir iş gününde taşınan yolcu sayısı	CO ₂ emisyonu (gram/km)	Bir iş gününde toplam CO ₂ emisyonu (gram)	Bir iş gününde yolcu başına toplam CO ₂ emisyonu (gram)
2018 yılı mevcut durum	Otomobil	37,2	72 039	172 894	135	361 779 858	2 092,5
	Otobüs	19,7	254	14 899	1 112	5 564 226	373,5
	Metro	33,2	149	28 042	1 400	6 925 520	75,4*
Senaryo 1	Otomobil	37,2	151 947	364 672	135	763 077 834	2 092,5
	Otobüs	19,7	254	21 451	1 112	5 564 226	259,3
	Metro	33,2	149	42 904	1 400	6 925 520	48,8**

* Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

** Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 141 583 esas alınmıştır.

Çayyolu Bölgesi'nde; otomobil bağımlılığının ulaşım kaynaklı çevre kirliliğindeki en önemli sorun olduğu ve önlem alınmadığı takdirde 2030 yılında ulaşım kaynaklı CO₂ salımının 2 katına çıkacağı görülmektedir. Otomobil kullanımındaki bu artış; trafik sıkışıklığı ve yolculuk sürelerinde de artış yaşanmasına neden olacak, bu sorunları gidermek için aslında otomobil bağımlılığını daha da arttıran yeni yollar, kavşaklar yapılacaktır. Bu durumda; çevre kirliliğinde ulaşımın payı her geçen yıl daha çok artacaktır (Çizelge 8.2).

Çayyolu Bölgesi'nde ulaşım kaynaklı enerji tüketimi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 1 değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Buna göre; otomobil yolcu oranının %5 artması sebebiyle; Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde otomobil kaynaklı enerji tüketim değerinin 2 katına çıktığı görülmektedir. EGO otobüsü ve metro sefer sayılarında değişiklik olmadığı için 1 iş gününde toplam enerji tüketim değerleri sabit kalmıştır. Metro ve otobüsün doluluk oranının artmasıyla yolcu-km başına tüketilen enerjinin de azaldığı görülmektedir (Çizelge 8.3).

Çizelge 8.3. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 1'in enerji tüketimi göstergelerinin karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	2018 yılı mevcut durum			Senaryo 1		
Enerji tüketimi belirleyicisi	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)
Gidiş-geliş ortalama mesafe	37,2	19,7	33,2	37,2	19,7	33,2
Hizmetteki araç sayısı	72 039	254	149	151 947	254	149
Koltuk sayısı	360 195	25 908	262 836	759 735	25 908	262 836
Tek bir araç dizisindeki koltuk sayısı	5	102	1 764	5	102	1 764
Tek bir araçtaki doluluk oranı	1,2	59	617	1,2	85	950
Enerji tüketimi (MJ/araç-km)	3,6	21,5	56,196	3,6	21,5	56,196
MJ/koltuk-km	0,72	0,211	0,032	0,72	0,211	0,032
Verimsizlik MJ/yolcu-km	3	0,36	0,091	3	0,25	0,059
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	9 647 462,88	107 581,70	277 990,37	20 348 742,2	107 581,70	277 990,37
1 iş gününde yolcu başına enerji tüketimi (MJ)	55,8	7,22	3,02*	55,8	5,01	1,96**

* Yolcu başına enerji tüketimi hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

**Yolcu başına enerji tüketimi hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 141 583 esas alınmıştır.

8. 2. Senaryo 2

Çalışmanın bu bölümünde 2030 yılında Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımında raylı sistem oranının arttırılması sonucunda ulaşım kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketimi değişimleri hesaplanmıştır.

Senaryo 2'ye göre; yolculuk türel dağılımının %43 otomobil, %11 otobüs ve %46 raylı sistem olduğu varsayılmıştır. Buna göre; Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde yapılan yolculuk durumu Çizelge 8.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 8.4. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 2'ye göre yolculuk durumu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Ulaşım türü	2014 yılı mevcut durum		2018 yılı mevcut durum		Senaryo 2	
	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)
Otomobil	125 162	86	172 894	80	184 482	43
Otobüs	19 609	14	14 899	7	47 193	11
Metro		-	28 042	13	197 352	46
Toplam	144 771	100	215 835	100	429 027	100

Yolculuk türel dağılımında; otomobil oranının %80'den %43'e düşürülüp, otobüs oranının %7'den %11'e, metro oranının %13'ten %46'ya çıkarılması durumunda ulaşım türlerine göre CO₂ salımındaki değişim Çizelge 8.5'te gösterilmiştir.

EGO otobüsü koltuk sayısı 102, Ankara Metrosu (M2) koltuk sayısı 1 764 olup (Bkz. Çizelge 7.7), 2018 mevcut durumda Çayyolu Bölgesi'ne hizmet eden EGO otobüsünün ortalama doluluk oranı 59, Ankara Metrosu (M2)'nin ise 617'dir (Bkz. Çizelge 7.3). Senaryo 2'ye göre; otobüs yolcu sayısının mevcut durumun 3 katına çıkması sebebiyle sefer sayısında artışa gidilmesi gerekmektedir. Tam kapasite çalıştığı varsayıldığında 2030 yılı 1 iş gününde trafiğe çıkan EGO otobüsü sayısı 254'ten en az 463'e çıkarılmalıdır. Bu durumda EGO otobüsü ortalama doluluk oranı 102 olup, tam kapasite hizmet sağlayan bir toplu taşıma türü haline gelecektir. Metro ortalama doluluk oranı Senaryo 2'ye göre 1 325 olmaktadır. Ankara Metrosu (M2) yolcu sayısında yaşanan artışa rağmen sefer sayısında artışa gidilmesine gerek yoktur.

Ankara Metrosu (M2)'nde 2018 yılı 1 iş gününde toplam taşınan yolcu sayısı, Çayyolu Bölgesi metro yolcularının 3,3 katıdır. Bu sebeple; Senaryo 2'de; Ankara Metrosu (M2) toplam yolcu sayısının, Çayyolu Bölgesi 2030 yılı türel dağılımında belirlenen metro yolcu sayısının 3,3 katı olacağı varsayılmıştır. Senaryo 2'ye göre; 1 iş gününde Ankara Metrosu (M2) yolcu sayısı 651 262 olarak belirlenmiş, metro yolcusu başına düşen CO₂ salımı bu değer üzerinden hesaplanmıştır (Çizelge 8.5).

Trafiğe çıkan otomobil sayısı 12 yıl içinde yalnızca %7'lik bir artış göstermiştir. Yolculuk türel dağılımında otomobil payının azaltılması 2030 yılında otomobil kullanımının olası artışının önüne geçmiştir. Trafiğe çıkan araç sayısında yaşanan artış veya azalış toplam CO₂ emisyonunu aynı oranda değiştirdiği için; otomobil kaynaklı CO₂ salımında da yaklaşık %7'lik bir artış yaşandığı görülmektedir. Otobüs yolcu sayısının mevcut durumun 3 katına çıkması, sefer sayısında artışa neden olsa da taşıma kapasitesinin büyüklüğü sebebiyle sefer sayısı mevcut durumun 1,8 katına çıkmıştır. Dolayısıyla CO₂ salım değeri de mevcut durumun 1,8 katına çıkmıştır. Otobüs taşıma kapasitesinin oldukça altında hizmet veren ve verimsiz çalışan bir toplu taşıma türüken Senaryo 2'de tam kapasite çalışan enerji verimliliği yüksek bir tür haline gelmiştir. Metro yolcu sayısı mevcut durumun 7 katına çıkmasına rağmen taşıma kapasitesinin yüksek olması sebebiyle hem ilave sefer gerekmemekte hem de optimal düzeyde çalışarak daha verimli hale gelmektedir. Çünkü 1 iş gününde metro yolcu sayısı artmasına rağmen araç CO₂ salım değerleri sefer sayılarında değişiklik olmadığı için sabit kalmış aynı zamanda yolcu başına düşen CO₂ salım değeri azalma göstermiştir (Çizelge 8.5).

Çizelge 8.5. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 2'nin CO₂ emisyonu karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Araç türü	Ortalama mesafe (km)	Bir iş gününde trafiğe çıkan araç sayısı	Bir iş gününde taşınan yolcu sayısı	CO ₂ emisyonu (gram/km)	Bir iş gününde toplam CO ₂ emisyonu (gram)	Bir iş gününde yolcu başına toplam CO ₂ emisyonu (gram)
2018 yılı mevcut durum	Otomobil	37,2	72 039	172 894	135	361 779 858	2 092,5
	Otobüs	19,7	254	14 899	1 112	5 564 226	373,5
	Metro	33,2	149	28 042	1 400	6 925 520	75,4*
Senaryo 2	Otomobil	37,2	76 867	184 482	135	386 026 024	2 092,5
	Otobüs	19,7	463	47 193	1 112	10 142 663	214,9
	Metro	33,2	149	197 352	1 400	6 925 520	10,6**

* Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

** Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 651 262 esas alınmıştır.

Çayyolu Bölgesi'nde; otomobil bağımlılığının ulaşım kaynaklı çevre kirliliğindeki en önemli sorun olduğu, bölgeye hizmet veren toplu taşıma sistemlerinin kapasitesinin çok

altında çalışması sebebiyle etkin ve verimli kullanılamadığı, mevcut durumun Senaryo 2'yle karşılaştırılması sonucunda daha net ortaya çıkmıştır. Senaryo 2'ye göre Çayyolu Bölgesi'nde metro kullanan yolcu sayısında artış yaşanması motorlu araç kullanımına bağlı çevre kirliliği ve enerji tüketiminin azalmasını sağlamaktadır. Türel dağılımda metro payında yaşanan artış, otomobil bağımlılığındaki hızlı artışı sınırlandırma açısından oldukça önemlidir. Sonuç olarak; trafiğe çıkan araç sayısında azalma olacağı için, trafik sıkışıklığı ve uzun yolculuk sürelerinin önüne geçilebilecek, fosil yakıt kullanılan otomobil yerine elektrikli raylı sistemin tercih edilmesi ile ulaşım kaynaklı çevre kirliliği büyük oranda azaltılabilecektir (Çizelge 8.5).

Çayyolu Bölgesi'nde ulaşım kaynaklı enerji tüketimi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 2 değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Buna göre; otomobil yolcu oranının %37 azalması, Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde otomobil kaynaklı enerji tüketiminin %46 azalmasını sağlamıştır. Metro yolcularının artmasına rağmen sefere çıkan araç sayısında değişiklik yaşanmaması sebebiyle 1 iş gününde metro kaynaklı enerji tüketiminin sabit kaldığı görülmektedir. Senaryo 2'ye göre; metro ve otobüs ortalama doluluk oranının yolcu taşıma kapasitesine yakın duruma gelmesi toplu taşıma araçlarının enerji israfı yapmadan verimli ve etkin çalışmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda metro ve otobüsün doluluk oranının artmasıyla yolcu-km başına tüketilen enerjinin de azaldığı görülmektedir (Çizelge 8.6).

Çizelge 8.6. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 2'nin enerji tüketimi karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	2018 yılı mevcut durum			Senaryo 2		
Enerji tüketimi belirleyicisi	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)
Gidiş-geliş ortalama mesafe	37,2	19,7	33,2	37,2	19,7	33,2
Hizmetteki araç sayısı	72 039	254	149	76 867	463	149
Koltuk sayısı	360 195	25 908	262 836	384 335	47 226	262 836
Tek bir araç dizisindeki koltuk sayısı	5	102	1 764	5	102	1 764
Tek bir araçtaki doluluk oranı	1,2	59	617	1,2	102	1 324
Enerji tüketimi (MJ/araç-km)	3,6	21,5	56,196	3,6	21,5	56,196
MJ/koltuk-km	0,72	0,211	0,032	0,72	0,211	0,032
Verimsizlik MJ/yolcu-km	3	0,36	0,091	3	0,210	0,042
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	9 647 462,88	107 581,70	277 990,37	10 294 028,6	196 103,65	277 990,37
1 iş gününde yolcu başına enerji tüketimi (MJ)	55,8	7,22	3,02*	55,8	4,15	0,42**

* Yolcu başına enerji tüketimi hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

**Yolcu başına enerji tüketimi hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 651 262 esas alınmıştır.

8. 3. Senaryo 3

Çalışmanın bu bölümünde; Çayyolu Bölgesi'nde Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadığı varsayılarak yolculuk türel dağılımı; otomobil ve EGO otobüsü özelinde oluşturulmuştur. Senaryo 3'te; EGO otobüslerinin, 2014 yılı ve öncesinde olduğu gibi Kızılay-Çayyolu hattında Eskişehir Yolu güzergahında hizmet vermeye devam ettiği varsayılmıştır. EGO otobüslerinin bir seferde ortalama mesafesi, metro-otobüs entegrasyonu öncesindeki değer olan 52,3 km olarak kabul edilmiştir. Buna göre; otomobil payında artış

yaşandığı varsayılarak oluşturulan türel dağılıma göre CO₂ salımı ve enerji tüketimindeki değişim hesaplanmıştır.

Senaryo 3'e göre yolculuk türel dağılımının; %89 otomobil ve %11 otobüs olduğu varsayılmıştır. Buna göre; Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde yapılan yolculuk durumu Çizelge 8.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.7. Çayyolu Bölgesi'nde mevcut durum ve Senaryo 3'e göre yolculuk durumu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Ulaşım türü	2014 yılı mevcut durum		2018 yılı mevcut durum		Senaryo 3	
	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)	1 iş gününde toplam yolcu sayısı	Türel dağılım (%)
Otomobil	125 162	86	172 894	80	381 834	89
Otobüs	19 609	14	14 899	7	47 193	11
Metro		-	28 042	13	-	-
Toplam	144 771	100	215 835	100	429 027	100

Yolculuk türel dağılımında; otomobil oranının %80'den %89'a, otobüs oranının %7'den %11'e çıkarılması durumunda ulaşım türlerine göre CO₂ salımındaki değişim Çizelge 8.8'de gösterilmiştir.

Senaryo 3'te; 2018 yılı mevcut duruma göre, trafiğe çıkan otomobil sayısının yaklaşık 2 katına çıkması 1 iş gününde otomobil kaynaklı CO₂ salım değerinin de 2 katına çıkmasına neden olmuştur. Senaryo 3'e göre; EGO otobüsü kaynaklı 1 iş gününde açığa çıkan CO₂ salımının, 2018 yılı mevcut durumdaki değer yaklaşık 5 katı olduğu görülmektedir. Yaşanan bu artışın sebeplerinden ilki; 2018 yılı mevcut durumda EGO otobüslerinin raylı sistem besleme hattı olarak hizmet vermesinden dolayı otobüsle 1 seferde ortalama mesafenin 19,7 km olmasıdır. Senaryo 3'te Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadığı varsayıldığı için 2030 yılında EGO otobüs hatlarının Eskişehir Yolu güzergahını kullanmaya devam ettiği düşünülerek 1 seferde ortalama mesafe olarak 52,3 km esas alınmıştır. Ortalama mesafede yaşanan bu artış CO₂ salımının Senaryo 3'te artış göstermesine neden olmuştur.

Artışın diğer sebebi ise; EGO otobüsü yolcu sayısında yaşanan artışa bağlı olarak sefer sayısında artışa gidilmiş olması ve 1 iş gününde trafiğe çıkan otobüs sayısının yaklaşık 2 katına çıkmış olmasıdır. Mevcut durumda EGO otobüsünde 59 olan ortalama doluluk oranı, Senaryo 3'te arttırılan sefer sayısı ile 102'ye çıkarılmış, böylelikle otobüs hatlarının tam kapasite çalışması amaçlanmıştır (Çizelge 8.8).

Senaryo 3'e göre; yolculuk türel dağılımında otomobil payındaki artış, trafiğe çıkan araç sayısında da artışa neden olduğu için otomobil kaynaklı CO₂ salımında artış yaşanmıştır. Bunun yanı sıra otobüs kaynaklı CO₂ salımında yaşanan artış; raylı sistemin kent içi ulaşımındaki önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Çevreye en az zarar veren toplu taşıma modu olmasının yanı sıra metro; otobüs hatlarıyla entegrasyonu sağlandığında otobüs kaynaklı oluşan kirliliğin de azalmasına katkı sağlamaktadır (Çizelge 8.8).

Çizelge 8.8. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 3'ün CO₂ emisyonu karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Araç türü	Ortalama mesafe (km)	Bir iş gününde trafiğe çıkan araç sayısı	Bir iş gününde taşınan yolcu sayısı	CO ₂ emisyonu (gram/km)	Bir iş gününde toplam CO ₂ emisyonu (gram)	Bir iş gününde yolcu başına toplam CO ₂ emisyonu (gram)
2018 yılı mevcut durum	Otomobil	37,2	72 039	172 894	135	361 779 858	2 092,5
	Otobüs	19,7	254	14 899	1 112	5 564 226	373,5
	Metro	33,2	149	28 042	1 400	6 925 520	75,4*
Senaryo 3	Otomobil	37,2	159 097	381 834	135	798 985 134	2 092,5
	Otobüs	52,3	463	47 193	1 112	26 926 969	570,8

* Yolcu başına CO₂ salımı hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

Çayyolu Bölgesi'nde ulaşım kaynaklı enerji tüketimi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 3 değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Buna göre; otomobil yolcu oranının yaklaşık 2 katına çıkması, Çayyolu Bölgesi'nde 1 iş gününde otomobil kaynaklı enerji tüketiminin de 2 katına

çıkmasına neden olmuştur. Senaryo 3'te; otobüs sefer sayısı ve 1 seferde ortalama mesafenin 2018 yılına göre artış göstermesi sebebiyle otobüs kaynaklı enerji tüketim değeri artmıştır. Metro hem enerji tüketiminin diğer ulaşım türlerine göre düşük olması hem de otobüsle entegrasyonu sağlandığında otobüs kaynaklı enerji tüketiminin de azalmasına katkı sağlaması sebebiyle çevre kalitesi açısından en avantajlı ulaşım türüdür (Çizelge 8.9).

Çizelge 8.9. Çayyolu Bölgesi 2018 yılı mevcut durum ve Senaryo 3'ün enerji tüketimi göstergelerinin karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

	2018 yılı mevcut durum			Senaryo 3	
Enerji tüketimi belirleyicisi	Otomobil	EGO otobüsü	Ankara Metrosu (M2)	Otomobil	EGO otobüsü
Gidiş-geliş ortalama mesafe	37,2	19,7	33,2	37,2	52,3
Hizmetteki araç sayısı	72 039	254	149	159 097	463
Koltuk sayısı	360 195	25 908	262 836	795 485	47 226
Tek bir araç dizisindeki koltuk sayısı	5	102	1 764	5	102
Tek bir araçtaki doluluk oranı	1,2	59	617	1,2	102
Enerji tüketimi (MJ/araç-km)	3,6	21,5	56,196	3,6	21,5
MJ/koltuk-km	0,72	0,211	0,032	0,72	0,211
Verimsizlik MJ/yolcu-km	3	0,36	0,091	3	0,210
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	9 647 462,88	107 581,70	277 990,37	21 306 270,2	520 620,35
1 iş gününde yolcu başına enerji tüketimi (MJ)	55,8	7,22	3,02*	55,8	11,03

* Yolcu başına enerji tüketimi hesabı yapılırken metroda 1 günde taşınan toplam yolcu sayısı olan 91 876 esas alınmıştır.

8. 4. Ara Değerlendirme

2018'den 2030'a gelindiğinde; Çayyolu Bölgesi'nde ulaşım müdahale edilmediği takdirde ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve enerji tüketiminin %100 artacağı görülmektedir (Çizelge 8.10).

Raylı sistemin türel dağılımdaki payında artış olduğu durumda; 12 yıl içinde ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve enerji tüketimi değerinde ciddi bir değişiklik olmamıştır. Çayyolu Bölgesi'nin 2030 yılına kadar yolculuk üretiminde artış yaşanacak olmasına rağmen raylı sistem payının arttırılmasıyla; otomobil bağımlılığının, lastik tekerlekli ulaşım sistemlerinin sebep olduğu trafik sıkışıklığı ve artan yolculuk sürelerinin önüne geçilebileceği görülmektedir (Çizelge 8.10).

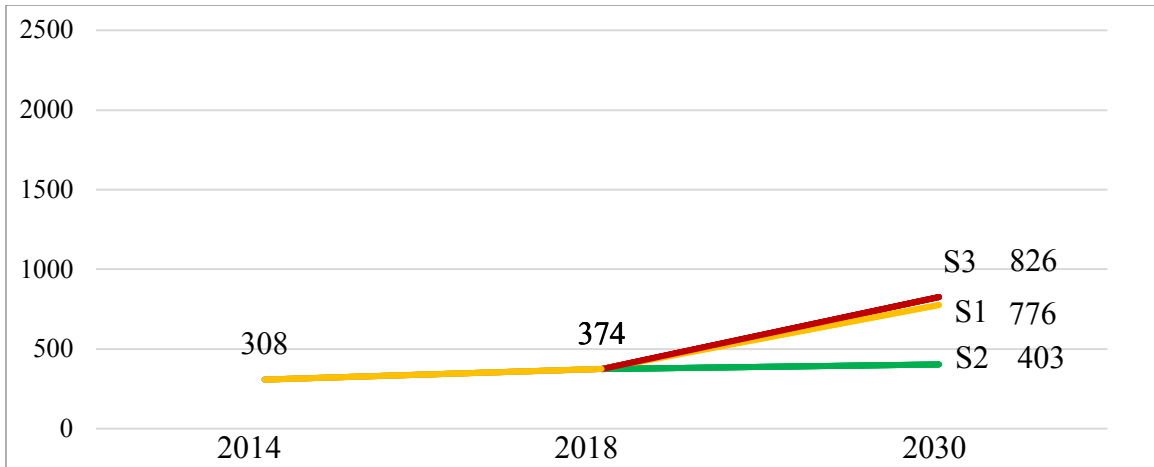
Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadığı varsayılarak oluşturulan Senaryo 3; CO₂ salımı ve enerji tüketimi değerlerinin en yüksek olduğu durumdur. Türel dağılımda en yüksek paya otomobilin sahip olduğu durumda 12 yıl içinde trafiğe çıkan otomobil sayısında %100'den fazla artış yaşanması CO₂ salımı ve enerji tüketimi değerlerinin de aynı şekilde artmasına neden olmuştur. EGO otobüslerinin metro ile entegrasyonunun aslında kirlilik ve enerji tüketimini azaltmasındaki rolü oldukça büyüktür. Senaryo 2 ve Senaryo 3'te otobüs sefer sayısı ve otobüsle taşınan yolcu sayısı aynı olmasına rağmen ortalama yolculuk mesafesindeki değişim sebebiyle; Senaryo 3'te otobüs kaynaklı çevresel zararın daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 8.10).

Metronun otomobil kullanımını sınırlamasıyla, trafiğe çıkan araç sayısında azalma yaşanacak bu durumda trafik sıkışıklığı ve yolculuk sürelerinin azalması sağlanacaktır. Raylı sistem kullanımının %46'lık paya sahip olduğu Senaryo 2; ulaşım kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketim değerlerinin daha düşük olması sebebiyle 2030 yılında Çayyolu Bölgesi için en uygun yolculuk türel dağılımıdır (Çizelge 8.10)

Çizelge 8.10. Çayyolu Bölgesi ulaşımında mevcut durum ve senaryoların karşılaştırması (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Belirleyiciler	2014 yılı mevcut durum	2018 yılı mevcut durum	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
1 iş gününde trafiğe çıkan otomobil sayısı	52 151	72 039	151 947	76 867	159 097
1 iş gününde trafiğe çıkan otobüs sayısı	254	254	254	463	463
1 iş gününde metro sefer sayısı	-	149	149	1 325	-
1 iş gününde toplam CO ₂ emisyonu (gram)	307 714 597	374 269 604	775 567 580	403 094 207	825 912 103
1 iş gününde yolcu başına ortalama CO ₂ emisyonu (gram)	2 125,5	1 734	1 807,7	939,5	1 925
1 iş gününde toplam enerji tüketimi (MJ)	7 269 672,22	10 033 035	20 734 314,3	10 768 122,6	21 826 890,6
1 iş gününde yolcu başına ortalama enerji tüketimi (MJ)	50,2	46,5	48,3	25,1	50,8

Çayyolu Bölgesi'nde ulaşım kaynaklı 1 iş gününde açığa çıkan toplam CO₂ emisyonu oluşturulan senaryolar özelinde Şekil 8.4'te karşılaştırılmıştır. 2018 yılından 2030 yılına gelindiğinde; metro yolculuk türel dağılımında artış gerçekleşen Senaryo 2'de ulaşım kaynaklı 1 iş gününde toplam CO₂ emisyonunda %7,8'lik artış yaşanırken, metronun hizmete açılmadığı ve otobüs yolculuk mesafelerinin entegrasyon olmaması sebebiyle uzadığı, otomobil yolculuk türel dağılımında artış gerçekleşen Senaryo 3'te ulaşım kaynaklı 1 iş gününde toplam CO₂ emisyonunda %120,8'lik artış yaşandığı görülmektedir (Şekil 8.4).



Şekil 8.4. Çayyolu Bölgesi ulaşımında mevcut durum ve senaryoların CO₂ salımı karşılaştırması (ton)



9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hem dünya genelinde hem de Türkiye’de ulaşım sektörünün sera gazı salımı ve enerji tüketiminde ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Dünyada CO₂ salımında ulaşım sektörünün payı %24, Türkiye’de ise %22’dir. Ulaşımın enerji tüketimindeki payı dünya genelinde %36, Türkiye’de ise %26’dır. Bu durumun en önemli sebebi dünyadaki CO₂ salımının %99’nun fosil yakıt kaynaklı olmasıdır. Ulaşım sistemlerinin fosil yakıt kaynaklarına özellikle de petrole bağımlı hale gelmesi ulaşım kaynaklı CO₂ salımının ve enerji tüketimin hızla artmasına sebep olmaktadır. Bu da ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi geri dönüşü mümkün olmayan çevresel sorunlarla dünyayı karşı karşıya bırakmaktadır.

Türkiye’de ve dünyanın pek çok kentinde ulaşımın bugünkü yapısı otomobil ağırlıklıdır. Kent makroformlarının ulaşım sistemini şekillendirmesi gerekirken artan otomobil sahipliği kentlerin makroformlarını etkilemiştir. Merkezde yüksek yoğunluklu yağ lekeleri şeklinde büyüyen, ana yollar çevresinde var olan lekeye eklenerek gelişmenin çevreye yayıldığı yıldızsal kent formları ortaya çıkmıştır. Taşıma kapasitesinin düşük olduğu otomobil öncelikli kent içi ulaşım ve artan mesafeler; trafik sıkışıklığı, yolculuk sürelerinin uzaması, çevre kirliliği ve enerji tüketiminin artması gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara yönelik çözümler ise; yol genişletmeleri, katlı kavşak uygulamaları gibi sınırlı ve otomobil kullanımını uzun vadede daha çok artırıcı şekildedir.

Son yıllarda otomobil sahipliğindeki hızlı artış; Ankara’nın, Eskişehir Yolu ve İstanbul Yolu aksında gelişmesini etkilemiş, batı aksında artan yatırımlarla bu bölge üst gelir gruplarının öncelikli tercih ettiği mekanlardan biri haline gelmiştir. Bu mekanlardan biri olan Çayyolu Bölgesi’nde 2018 yılı 1000 kişiye düşen otomobil sayısı 620, Ankara’da ise bu rakam 262’dir. Ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinde en önemli etken olan özel araç bağımlılığının Çayyolu Bölgesi’nde bu derece yüksek olması, bölgenin bu çalışmada seçilmesindeki en önemli etkidir.

Çalışmada; Ankara Metrosu (M2)’nin hizmete açılmasının CO₂ salımı ve enerji tüketimine etkisinin ortaya konulabilmesi için metro hizmete açılmadan önce (2014) otomobil ve EGO otobüsü, hizmete açıldıktan sonra (2018) otomobil, EGO otobüsü ve Ankara Metrosu (M2)

özelinde yolculuk türel dağılımı belirlenmiştir. 2014 yılında %86'lık paya sahip olan otomobilin 2018 yılında %80'e düşmesindeki en önemli etken Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılması ve bölgeye hizmet veren EGO otobüsleriyle entegrasyonun sağlanmasıdır. EGO otobüslerinin Eskişehir Yolu güzergahından kaldırılmasıyla hem trafik sıkışıklığı hem de kat edilen mesafe azalmıştır. Ayrıca entegrasyon sonrasında otobüs doluluk oranında artış meydana gelmiştir. Böylelikle otobüs kaynaklı oluşan hem araç hem de yolcu başına CO₂ salımı ve enerji tüketimi azalmıştır. Aslında metro; elektrik enerjisiyle çalışan doğa dostu ve taşıma kapasitesi yüksek bir ulaşım türü olmasının yanı sıra dolaylı etkileri sebebiyle de oldukça önemlidir. Ankara Metrosu (M2)'nin; Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımında 4 yıl içinde otomobil payını azalttığı, otobüsün kısa mesafede daha verimli ve etkin kullanımını sağlayarak oluşan kirliliğin ve enerji tüketiminin azalmasına katkı sağladığı bulgulara saptanmıştır.

Çalışma kapsamında ulaşım kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketimindeki artışın önüne geçilebilecek Çayyolu Bölgesi özelinde en uygun yolculuk türel dağılımının belirlenebilmesi amacıyla 3 ayrı senaryo oluşturulmuştur. Ulaşım hiçbir müdahalenin yapılmadığı doğal gelişim senaryosu olan Senaryo 1'de özel araç bağımlılığındaki hızlı artıştan dolayı 2030 yılına kadar otomobil payında %5'lik bir artış yaşandığı kabul edilmiştir. Bu kabule göre; 1 iş gününde trafiğe çıkan otomobil sayısının 2 katına çıktığı belirlenmiş, bu sebeple de toplam CO₂ salımı ve enerji tüketimi 12 yıl içinde %100'lük bir artış göstermiştir. Türel dağılımda azalma olmasına rağmen doğal gelişim senaryosunda otobüs ve metro yolcu sayılarında yolculuk üretimi artışından dolayı artış yaşanmıştır. Ancak 2018 yılında ortalama doluluk oranları taşıma kapasitelerinin altında olan otobüs ve metro; Senaryo 1'de taşıma kapasitesine yakın doluluk oranlarına ulaştıkları için sefer sayılarında artışa gidilmesine gerek olmamıştır. Bu sebeple de hem araç kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketiminde değişim olmamış hem de yolcu başına CO₂ salımı ve enerji tüketiminde azalış meydana gelmiştir.

Ankara kenti 2018 yılı yolculuk türel dağılımı özel taşıma oranı %43,8'dir. Çayyolu Bölgesi yolculuk türel dağılımı otomobil oranı ise %80 olarak hesaplanmıştır. Otomobil yoğunluğunun en yüksek olduğu koridorlardan biri olan Eskişehir Yolu aksında otomobil kullanımı kısıtlamasına yönelik alınacak önlemlerle %80'lik otomobil oranı, Ankara genelindeki orana yaklaştırılabilir. Bu sebeple; otomobil yolcusunun raylı sisteme kaydırılmasının kirlilik ve enerji tüketimine etkisinin belirleneceği Senaryo 2'de, %43

otomobil oranına sahip olan Viyana kenti seçilmiştir. Metro %13'ten %46'ya, otobüs %7'den %11' çıkarılmış, otomobil %80'den %43'e düşürülmüştür. Metro yolcu sayısı 12 yılda 7 katına çıktığında taşıma kapasitesine yakın doluluk oranına ulaşmıştır. Sefer sayısında değişikliğe gidilmesine gerek olmadığı için de yolcu başına CO₂ salımı ve enerji tüketiminde ciddi düşüş görülmüştür. Trafiğe çıkan otomobil sayısında %7'lik bir artış yaşandığı için otomobil kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketiminde de aynı oranda artış yaşanmış olsa da otomobil yolcularının metroya kaydırılması sebebiyle 12 yıl içinde kirlilik ve enerji tüketimindeki olası artışın önüne geçileceği görülmektedir. Otobüs yolcu sayısındaki artış nedeniyle trafiğe çıkan araç sayısı 2 katına çıkarılmış ve taşıma kapasitesinde doluluk oranıyla hizmet veren hale geldiğinde yolcu başına CO₂ salımı ve enerji tüketimi azalmıştır. Sadece otobüs yolcularının metroya kaydırılması ile değil otomobil yolcularının metroya kaydırılarak raylı sistem payının arttırılmasıyla; ulaşım kaynaklı kirliliğin önemli ölçüde azalmasının sağlanabileceği Senaryo 2 ile ortaya konulmuştur. Raylı sistem payındaki artış ile hem otomobil kaynaklı oluşan çevresel zararların önüne geçilecek hem de tam kapasite çalışan toplu taşıma türleriyle etkin ve verimli kullanım sağlanacaktır. Ancak raylı sistem hatları elektrik enerjisi kullanarak motorlu araçlara göre daha az CO₂ salımına ve enerji tüketimine sahip olsalar da elektrik enerjisi üretiminin de CO₂ salımına neden olduğu unutulmamalıdır. Bu sebeple; raylı sistem sadece sunduğu yolcu kapasitesiyle orantılı olarak yüksek düzeyde yolcu taşıyorsa verimli ve enerji etkin bir ulaşım türüdür.

Ankara Metrosu (M2)'nin hizmete açılmadığı varsayılan Senaryo 3'te ise; otomobil kullanımındaki hızlı artış sebebiyle otomobil kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketim değerlerinde %100'den fazla artış görülmüştür. EGO otobüslerinin ortalama mesafeleri entegrasyon öncesindeki gibi olacağı için otobüs kaynaklı CO₂ salımı ve enerji tüketim değeri 12 yıl içinde 5 katına çıktığı belirlenmiştir.

Bu bulgular sonucunda Ankara Metrosu (M2)'nin yolculuk türel dağılımındaki payı arttırıldığında otomobil kullanımını sınırlaması ve EGO otobüsleriyle entegrasyonu sebebiyle Eskişehir Yolu aksında trafik sıkışıklığı, yolculuk sürelerinin uzunluğu, hava kirliliği ve artan enerji tüketiminin önüne geçilebileceği ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın; “türel dağılımda raylı toplu taşıma türlerinin payının arttırılması, kentsel alanlarda çevre kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.” hipotezinin aksi ispatlanamamıştır.

Çayyolu Bölgesi için en uygun yolculuk türel dağılımının Senaryo 2 olduğu belirlenmiştir. Önlem alınmadığı takdirde yalnızca Çayyolu Bölgesi özelinde ulaşım kaynaklı kirlilik 12 yıl içinde %100'lük bir artış gösterecektir. Metro kullanımını arttırmak için yapılması gerekenler kısaca şu şekildedir;

Öncelikle raylı sistem kullanımının arttırılabilmesi için otomobil kullanımını sınırlayıcı çalışmalar yapılması gereklidir. Şehir merkezine özel araçla girişin yasal düzenlemelerle ücretli hale getirilmesi sağlanmalıdır. Böyle bir yasal düzenleme yapılamıyorsa şehir merkezlerinde park yeri sayısı sınırlandırılmalıdır. Yol ve kaldırım kenarlarında yapılan parklara caydırıcı cezalar verilmelidir. Park yerlerinin sınırlandırılması ve ücretlendirilmesi aslında trafik sıkışıklığının da ücretlendirilmesi olarak kullanılabilecek park yeri arzı talebi karşılamak için değil talebin kontrolüne dönük bir sistem olacak böylelikle otomobil kullanımında azalma sağlanabilecektir.

Metro kullanımını arttırmak için uygun fiyatlı ve toplumun tüm kesimine cazip gelecek günlük bilet, limitsiz aktarma bilet gibi avantajlı, ilgi çekici çalışmalar yapılmalıdır.

Yalnızca metro-otobüs entegrasyonu değil bisiklet yolları ve bisiklet park alanları yapılarak bisikletle entegrasyon sağlanmalıdır.

Yol genişletmeleri, katlı kavşak uygulamaları gibi otomobil kullanımını teşvik edici çalışmalar sonlandırılmalı, kentsel alanların verimsiz kullanımının önüne geçilmelidir.

Dünyada ulaşım kaynaklı kirliliğin boyutu ve iklim değişikliğine etkisinde otomobil kullanımının rolüne yönelik halkı bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Masoumi, M., Öcalır-Akünel, E. V. (2018). Türkiye’deki kent içi raylı ulaşım sistemlerinin performanslarının Veri Zarflama Analizi ile karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 21(4), 971-975.
2. Akı, B. (2015, 28-30 Mayıs). *Sürdürülebilir Ulaşım Planlamaları ve Çevre Üzerindeki Olumsuz Etkileri*. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu’nda sunulmuş bildiri, Gazi Üniversitesi, Ankara, 577-581.
3. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu. Web: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> adresinden 15 Aralık 2017’de alınmıştır.
4. İnternet: Organisation For Economic Co-operation and Development. Web: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_GHG# adresinden 25 Temmuz 2019’da alınmıştır.
5. Yıldıztekin, H. (2016). *Kentiçi Sürdürülebilir Ulaşım Modelleri İçerisinde Raylı Sistemler ve Ankara Banliyösü Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara.
6. Özen, M. (2006). *Karayolu Ulaşımının Hava Kirliliğine Etkileri ve Çözüm Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara.
7. Yılmaz, B. (2011). *Political and Legal Documents For Ensuring Sustainable Urban Transportation: A Comparative Analysis of Usa, Uk and Turkey*, Master’s Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Social Sciences, Urban Policy Planning And Local Governments, Ankara.
8. Güngör, B. (2012). *Sürdürülebilir Ulaşım Politikaları Kapsamında İnsan Odaklı Entegre Ulaşım Yöntemi Sakarya Kenti Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.
9. Ahmeti, S. (2018). *Sürdürülebilir Ulaşım Politikaları Bağlamında Ekohareketlilik Yaklaşımının İncelenmesi ve Uygulanması-Bozcaada Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.
10. Topçu, L. (2008). *Toplu Tasımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
11. Öztürk, H. (2012). *Trafik Talep Yönetimi ve Gürsu İlçesinde Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yöntemi, İstanbul.

12. Metin, N. (2019). *Ulaştırmanın İklim Değişimine Etkisi ve Raylı Sistem Açısından İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
13. Kızıldaş, M. Ç. (2016, 1-3 Aralık). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Toplu Taşıma Talebi ve Kentiçi Raylı Sistemler*. Transist İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı Sempozyum Bildirileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 70-76.
14. Keskin, S., Tanyeli, N., Yardım, H. E. (2016, 1-3 Aralık). *Sürdürülebilir Toplu Ulaşım Modeli İETT Örneği*. Transist İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı Sempozyum Bildirileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 94-105.
15. Yalçın, Y., Kadiroğlu, R., Akcan, Ş., Efiloğlu, F. (2016, 1-3 Aralık). *Özel Araç Kullanımının Yol Açtığı Trafik Sıkışıklığının Çevresel ve Ekonomik Boyutu*. Transist İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı Sempozyum Bildirileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 392-400.
16. Knoflacher, H., Öcalır, E.V. (2011). *Sürdürülebilir Ulaşım Kavramı Üzerine Tartışmalar*. İnşaat Mühendisleri Odası 9.Ulaştırma Kongresinde sunulmuş bildiri, İstanbul.
17. Arıkan-Öztürk, E. (2017, 2-4 Kasım). *Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Endeksi*. Transist 2017 Bildiri Kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 18-24.
18. Öngel, A., Ergin, E., Camkesen, N., Sağlam, İ., Yalçın, Y. (2017, 2-4 Kasım). *Elektrikli Araçların Çevre ve Sağlık Avantajları*. Transist 2017 Bildiri Kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 541-550.
19. Ortego, A., Valero, A., Abadias, A. (2017). Environmental impacts of promoting new public transport systems in urban mobility: a case study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 5(3), 377-395.
20. Öcalır, E., Knoflacher, H. (2008). Ankara’da ulaşım türlerinin enerji kullanımı ve mekansal yapıya etkileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(3), 611-617.
21. Uyumaz, A., Boz, F., Yılmaz, E., Solmaz, E., Polat, S. (2017). Taşıt egzoz emisyonlarını azaltma yöntemlerindeki gelişmeler [Özel Sayı]. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 15-24.
22. Ağaoğlu, M. N., Başdemir, H. (2019). Kentiçi ulaşım sorunları ve çözüm önerileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(1), 27-36.
23. Gündüz, A. Y., Kaya, M., Aydemir, C. (2011). Kentiçi ulaşımında karayolu ulaşımına alternatif sistem: raylı ulaşım sistemi. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2(1), 134-151.

24. Çakır, F. H., Akbayır, Ö. (2017). Metrobüs sisteminin enerji kullanımı ve çevreye etkilerinin incelenmesi, elektrikli araçlar ve trolleybüslerin kullanım potansiyellerinin araştırılması [Özel Sayı]. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 97-102.
25. İnternet: Elker, C. Ulaşım Politikalarının Çevreye Etkisi. Atılım Üniversitesi. Web: <https://docplayer.biz.tr/2540494-Ulasim-politikalarinin-cevreye-etkisi-the-impact-of-transportation-policies-on-the-environment.html> adresinden 26 Temmuz 2019'da alınmıştır.
26. Saxe, S., Miller, E. and Guthrie, P. (2017). The net greenhouse gas impact of the Sheppard Subway Line. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, (51), 261-275.
27. İnternet: Enerji Portalı. Web: <https://www.enerjiportali.com/sera-gazi-nedir/> adresinden 25 Temmuz 2019'da alınmıştır.
28. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., Von Stechow, C., Zwickel and Minx, J.C. (Eds.). (2015). *Climate change 2014: mitigation of climate change; IPCC Report*, Cambridge University Press, Cambridge, 599-670.
29. İnternet: Doğal Hayatı Koruma Vakfı. Web: <http://www.wwf.org.tr/?1860> adresinden 27 Temmuz 2019'da alınmıştır.
30. İnternet: International Energy Agency. (2019). Web: <https://www.iea.org/events/key-world-energy-statistics-2019> 3 Eylül 2019'da alınmıştır.
31. Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D., Avcı, E. D. (2005, 19-21 Ekim). *Türkiye'de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması*. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumunda sunulmuş bildiri, Mersin Üniversitesi, Mersin.
32. Sancar, A. (2018). *Sürdürülebilir Kent Planlama ve Ulaşım İlişkisinde, Yeşil Sertifika Sistemi; Maslak 42 Kule ve Yatay Ofisler Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.
33. İnternet: International Energy Agency. (2019). Web: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview> adresinden 10 Aralık 2019'da alınmıştır.
34. İnternet: International Energy Agency. (2019). Web: <https://www.iea.org/tcep/transport/> adresinden 10 Aralık 2019'da alınmıştır.
35. İnternet: International Energy Agency. (2016). Web: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> adresinden 16 Temmuz 2018'de alınmıştır.

36. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu “Çevre İstatistikleri“. Web: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019 adresinden 11 Aralık 2019’da alınmıştır.
37. İnternet: Congar, K. (2018, Eylül 3). Dünya’yı En Çok Hangi Ülkeler Kirletiyor? Türkiye Listede Kaçınıcı Sırada?. *Euronews*. Web: <https://tr.euronews.com/2018/09/03/dunyayi-en-cok-hangi-ulkeler-kirletiyor-turkiye-kacinci-sirada-> adresinden 15 Mart 2019’da alınmıştır.
38. Civelekoğlu, G., Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.
39. Kaya, S. (2013). *Sürdürülebilir Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Yeri ve Sancaktepe Bisiklet Yol Ağı Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, İstanbul.
40. Öncü, E. (2005, 23-25 Mayıs). "Bastırılmış Talebi" Mühendisler mi "Kışkırtılmış Talebe" Dönüştürüyor?, İnşaat Mühendisleri Odası 6.Ulaştırma Kongresi Sempozyum Bildiriler Kitabı, Ankara, 30-41.
41. İnternet: Ay, S. (2008). *Ulaştırma Sistemlerinin Çevresel Etkileri*. Web: <https://docplayer.biz.tr/3569856-Ulastirma-sdstemlerdndn-cevresel-etkdlrd.html> adresinden 10 Mart 2019’da alınmıştır.
42. Çalışkan-Doğan, Z., Kurt, Ü., Timur, M.C. (2017, 25-26 Mart). *İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektörü İlişkisinin Ekonometrik Analizi: Türkiye Örneği*. International Congress of Energy, Economy and Policy, İstanbul.
43. Şekercioğlu, S., İncekara, B. (2017, 24-26 Mayıs). *Ulaştırma Politikalarının Dönüşümü: Sera Gazı Azaltımının Planlaması*. İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye 2. Ulaştırma Kongresinde sunulmuş bildiri, Nişantaşı Üniversitesi, İstanbul.
44. Elbeyli, Ş. (2012). *Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşımı Planlaması: Sakarya Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
45. İnternet: Desa, U. N. (2019). World population prospects 2019: Highlights. New York (US): *United Nations Department for Economic and Social Affairs*. Web: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf adresinden 25 Aralık 2019’da alınmıştır.
46. Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80.
47. Kelen, F. (2014). Motorlu taşıt emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 80-87.
48. Black, W.R. (2010). *Sustainable Transportation: Problems and Solutions*. New York: The Guilford Press, 3-81.

49. McIntyre, N. E., Knowles-Yanez, K., Hope, D. (2008). Urban ecology as an interdisciplinary field: differences in the use of “urban” between the social and natural sciences. *In Urban Ecology*, Springer, Boston, MA, 49-65.
50. Tosun, K. E. (2013). Sürdürülebilir kentsel gelişim sürecinde kompakt kent modelinin analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 103-120.
51. İnternet: Web: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/CO2-emissions.html> adresinden 20 Aralık 2019’da alınmıştır.
52. Alkan, L. (2010). *A Traffic Assignment Model Proposal For Sustainable Urban Transportation*, Master’s Thesis, Galatasaray University Institute of Science and Engineering Industrial Engineering, İstanbul.
53. Çakar, A. E. (1997). Ankara kent içi ulaşımın dünü bugünü yarını [Özel Sayı]. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı Trafik Dergisi Özel Sayı*, 17.
54. Gökdağ, M., Üçüncü, O. (1992). Trafik ve gürültü, tabiat ve insan. *Yıl 26 Dergisi*, (1), 41-44.
55. Hook, W., Wright, L. (2002). *Reducing GHG Emission by Shifting Passenger Trips to Less Polluting Modes*. Background Paper for the Brainstorming Session on Non-Technology Options for Stimulating Modal Shifts in City Transport Systems held in Nairobi Kenya.
56. Kühlwein, J., Friedrich, R. (2005). Traffic measurements and high-performance modelling of motorway emission rates. *Atmospheric Environment*, 39(31), 5722-5736.
57. Toplu Taşıma Sistemi Komisyonu Raporu (Taslak). (2002, 13-14-15 Mart). İstanbul 1. Kent içi Ulaşım Raporu.
58. Babalık-Sutcliffe, E. (2012, 23-24 Haziran). *Raylı Sistemlerin Kentiçi Ulaşımındaki Rolü*. 3. Yeşil Ekonomi Konferansı’nda sunulmuş bildiri, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği, İstanbul, 23-31.
59. Gökdağ, M., Yüksel, F. (1999, 3-5 Şubat). *Enerji Verimliliği Açısından Demiryollarının Önemi ve Geliştirilmesi*. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, Ankara, 174-182.
60. Yener, C. (1997, 15-17 Aralık). *Hafif Raylı Taşıma Sistemlerinin Kalitatif İncelenmesi*. 2. Ulusal Demiryolu Kongresi, İstanbul, 171-184.
61. Gökdağ M. (1999, 29 Eylül- 2 Ekim). *Kentsel Ulaşımında Karayolu ve Raylı Taşıma Sistemlerinin Bazı Önemli Faktörlere Göre Karşılaştırılması*. II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi, Ankara.
62. Yıldız, E. V. (2004). *Interaction of Spatial Structures and Energy for Mobility*. World Congress on Transport Research-2004, İstanbul.

63. Çakar, T. (1999, 3-5 Şubat). *Ulaşımında Enerji Verimliliği*. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, Ankara, 183-193.
64. Evren, G. (1996). Kentsel ulaşımında raylı sistemler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, (384), 63-72.
65. İnternet: Gür, A. Karayolu Ulaşımında Enerji Verimliliği ve Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi. Web: <https://docplayer.biz.tr/8010665-Karayolu-ulasiminda-enerjiverimliliği-ve-enerji-kaynaklarının-cesitlendirilmesi.html> adresinden 14 Ağustos 2018’de alınmıştır.
66. Tanış, M., Ögüt, K. (2007). *Orta Ölçekli Kentler İçin Toplu Taşıma Seçeneklerinin Teknik ve Mali Karşılaştırması*. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hatay, 132-146.
67. Acar, İ. H. (1996). *Politik Tercih Olarak Kentiçi Ulaşımında Katlı Kavşaklar ve Raylı Sistemler*. 1. Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İstanbul.
68. Gardner, G. (1994, 12-16 September). *Which Transit?*. In Transport Issues In Eastern Europe Proceedings Of Seminar Q Held At The PTRC European Transport Forum, University of Warwick, England.
69. Aslan, C. (2019). *Kent İçi Ulaşım Hizmetleri Memnuniyet Araştırması “Ankara İli Örneği”*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacıbayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Amme İdaresi Anabilim Dalı, Ankara.
70. Ankara Kalkınma Ajansı. (2014). *Ankara Bölge Planı 2014-2023*. Ankara; Ankara Kalkınma Ajansı, 57-140
71. Vural, F. (2019, 4 Kasım). *Ankara Toplu Taşıma Türleri üzerine görüşme*. Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
72. Ankara Kalkınma Ajansı. (2016). *İstatistiklerle Ankara 2016*. Ankara; Ankara Kalkınma Ajansı, 118.
73. Ankara Kalkınma Ajansı. (2018). *İstatistiklerle Ankara 2018*. Ankara; Ankara Kalkınma Ajansı, 155.
74. Ankara Kalkınma Ajansı. (2015). *İstatistiklerle Ankara 2015*. Ankara; Ankara Kalkınma Ajansı, 109.
75. 20. Öncü-Yıldız, A. M. (2017). 20. yüzyılda Ankara’nın kentsel yapısı ve ulaşım sistemindeki gelişmeler. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 108-122.
76. Babalık-Sutcliffe, E. (2009). *Sürdürülebilir ulaşım yaklaşımlarında dünya, Türkiye ve Ankara uygulamaları*. Mimarlar Odası Bülteni 67 Dosya 11.
77. Vural, F. (2017). *Ankara’da toplu taşımanın tarihsel gelişimi ve bugünkü durumu*. Ankara Büyükşehir Belediyesi Dairesi Başkanlığı Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğü.

78. Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2016). 2016 Faaliyet Raporu; EGO Genel Müdürlüğü. *Ankara*, 30.
79. Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2017). 2017 Faaliyet Raporu; EGO Genel Müdürlüğü. *Ankara*, 30.
80. Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2015). 2015 Faaliyet Raporu; EGO Genel Müdürlüğü. *Ankara*, 30.
81. Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2014). 2014 Faaliyet Raporu; EGO Genel Müdürlüğü. *Ankara*, 30.
82. Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2013). 2013 Faaliyet Raporu; EGO Genel Müdürlüğü. *Ankara*, 176.
83. Özsoy, M. (2005). *Ankara’da Minibüs (Dolmuş) Taşımacılığı İçin Yeni Bir İşletme Modeli: Çayyolu Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması, Ankara.
84. İnternet: EGO Genel Müdürlüğü. Raylı Sistem Hatları. Web: <https://www.ego.gov.tr/tr/sayfa/1075/rayli-sistem> adresinden 17 Aralık 2018’de alınmıştır.
85. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Taşımacılık Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü. Web: <http://www.tcddtasimacilik.gov.tr/tren/baskentray-banliyo-treni/> adresinden 11 Ocak 2019’da alınmıştır.
86. Yıldıztekin, H. (2016). *Kentiçi Sürdürülebilir Ulaşım Modelleri İçerisinde Raylı Sistemler ve Ankara Banliyösü Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara.
87. Aydemir, S. (2015). *Toplu Taşıma Türleri Arasında Entegrasyonun Önemi ve Bu Kapsamda Ankara-Çayyolu Örneğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, İstanbul.
88. Tekeli, İ. (2010). *İstanbul ve Ankara için kent içi ulaşım tarihi yazıları*. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 114-115.
89. Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı. (2017). 2038 Ankara Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu. *Ankara*, 500-519.
90. İnternet: Web: <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/> adresinden 10 Aralık 2019’da alınmıştır.
91. Zorlu, F. (2008). Planlamada belirsizlik sorunu: ulaşım planlamasında yolculuk talebi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*, 3(1), 16-32.
92. İnternet: Web: <https://tr.euronews.com/2019/08/02/turkiye-de-son-15-yilda-en-cok-hangi-marka-otomobil-satildi> adresinden 27 Aralık 2019’da alınmıştır.

93. İnternet: Vehicle Certification Agency. Web: <https://carfueldata.vehicle-certification-agency.gov.uk/> adresinden 10 Aralık 2019'da alınmıştır.
94. Yıldız, E. V. (2004). Interaction of spatial structures and energy for mobility. *In World Congress on Transport Research-2004*, İstanbul.
95. İnternet: Web: <https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/viennainfigures-2018.pdf> adresinden 27 Aralık 2019'da alınmıştır.
96. Tektanıl, M. (2008). *Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
97. Cirit, F. (2014). *Sürdürülebilir Kent içi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması*. Uzmanlık Tezi, Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TULAN, Hilal
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 03.09.1994, Kayseri
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (505) 283 24 38
 e-mail : tulanhilal@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Şehir ve Bölge Planlama	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Şehir ve Bölge Planlama	2016
Lise	Betül Can Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-		

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Tulan, H., Öcalır, E. V. (2020, 25-26 Nisan). *Kentiçi Raylı Sistemlerin Çevresel Etkileri: Ankara Çayyolu Metrosu Örneği*. Karadeniz 3. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresinde sunulmuş bildiri, UBAK Uluslararası Bilimler Akademisi, Ordu, 13-37.

Hobiler

Mikro tarih incelemeleri.



GAZİ GELECEKTİR..