

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜKETİLEN ENERJİ BAKIMINDAN KARAYOLLARI VE RAYLI
SİSTEMLERİN KİYASLANMASI: ANKARA ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nesibe KIRIK

EYLÜL 2019
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜKETİLEN ENERJİ BAKIMINDAN KARAYOLLARI VE RAYLI
SİSTEMLERİN KİYASLANMASI: ANKARA ÖRNEĞİ**

Nesibe KIRIK

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02.09.2019
Tezin Savunma Tarihi : 30.09.2019**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Şeref ORUÇ

Trabzon 2019

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Nesibe KIRIK Tarafından Hazırlanan**

**TÜKETİLEN ENERJİ BAKIMINDAN KARAYOLLARI VE RAYLI SİSTEMLERİN
KIYASLANMASI: ANKARA ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10 / 09 / 2019 gün ve 1818 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fazıl ÇELİK

Üye : Prof. Dr. Şeref ORUÇ

Üye : Prof. Dr. Atakan AKSOY



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Ankara gibi ulaşım probleminin en yoğun yaşandığı büyük bir şehirde bu sorunu bizzat kendi hayatımda yaşamış olmam ve ulaşım sıkıntılarımın hayatımdaki olumsuz etkileri sebebiyle tezimde raylı sistemlerin ulaşımındaki sıkıntıları çözümlenmede ne kadar önemli bir alternatif olduğunu ve küreselleşen dünyada en önemli gündem maddelerinden biri olan enerji yönünden avantajlarını anlatarak değinmek istedim.

Çalışmalarımda bana yol gösteren ve kıymetli bilgilerini paylaşan tez danışmanım ve kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Şeref ORUÇ'a teşekkür ederim.

Tez konum olan Ankara örneği için yoğun mesailerine ve çalışma tempolarına rağmen gerekli dokümanı ve bilgileri bana sağlayan 2015 yılı Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Genel Koordinatörü Sayın Fuat VURAL'a, çalıştığım konu ile ilgili bilgilerinden yararlandığım ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Behnam MAHMOIDI'ye ve her zaman bana destek olan ailem ve arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Nesibe KIRIK
Trabzon, 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tüketilen Enerji Bakımından Karayolları ve Raylı Sistemlerin Kıyaslanması: Ankara Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Şeref ORUÇ’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 30/09/2019

Nesibe KIRIK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Kent İçi Toplu Taşıma.....	2
1.2.1. Dünyada Toplu Taşımacılık Gelişimi.....	2
1.2.2. Ülkemizde Toplu Taşımacılığın Gelişimi	5
1.3. Toplu Taşımda Raylı Taşıma Sistemlerin Yeri	6
1.3.1. Raylı Sistemlerin Tanımı.....	6
1.3.2. Raylı Taşıma Sistemlerinin Önemi	7
1.3.3. Türkiye’de Raylı Taşıma Sistemlerin Gelişimi ve Durumu.....	9
1.3.4. Dünyada Raylı Taşıma Sistemlerin Gelişimi ve Durumu	12
1.3.5. Şehir İçi Raylı Sistemler.....	16
1.3.5.1. Tramvay.....	16
1.3.5.2. Hafif Metro	17
1.3.5.3. Metro	17
1.4. Kent İçi Toplu Taşıma Türlerinin Karşılaştırılması	18
1.4.1. Teknolojik Özellikler Açısından Kıyaslama	19
1.4.1.1. Geçiş Üstünlüğü	19
1.4.1.2. Yolcu Kapasitesi.....	20
1.4.1.3. Esneklik	20
1.4.1.4. Fiziksel Özerklik	21
1.4.1.5. Hız	21
1.4.1.6. Düzenlilik	21
1.4.1.7. Güvenlik	22

1.4.1.9.	Konfor.....	24
1.4.1.10.	Alan Kullanımı	24
1.4.2.	Ekonomik Özellikler	25
1.4.3.	Çevresel Özellikler	26
1.4.3.1.	Hava Kirliliği.....	27
1.4.3.2.	Gürültü Kirliliği.....	28
1.5.	Ulaşımında Enerjinin Yeri ve Önemi	29
1.5.1.	Ulaşım Tiplerine Göre Enerji Tüketimleri	29
1.5.2.	Enerji Verimliliği.....	30
1.5.3.	Türkiye'nin Enerji Durumu	31
1.5.4.	Dünyada ve Türkiye'de Yenilenemez Enerji Durumu	33
1.5.5.	Ulaştırma Sektörünün Mevcut Durumu	39
1.5.6.	Ulaşımında Enerji Verimliliği	39
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	43
2.1.	Ankara İline Genel Bakış	43
2.2.	Ankara Ulaşım Sistemi ve Durumu.....	43
2.2.1.	Ankara Ulaşım Planlaması Çalışmaları.....	47
2.2.2.1.	İşletilen Raylı Sistem Hatları.....	50
2.2.2.2.	Yapımı Devam Eden Raylı Sistem Hatları.....	51
2.2.2.3.	Planlanan Raylı Sistem Hattı.....	52
2.3.	Çayyolu Bölgesinin Tanımlanması	52
2.3.1.	Bölgedeki Mevcut Alt Yapı ve Toplu Taşıma	52
2.3.2.	Kızılay-Çayyolu Metrosu 1.Aşama (Aşti-Ümitköy)	53
2.3.3.	Kızılay-Çayyolu Metrosu 2. Aşama (Necatibey-Söğütözü).....	54
2.3.4.	Kızılay-Çayyolu Metrosu 3. Aşama (Kızılay-Koru)	54
2.4.	(M2) Ankara Metrosu-2 (Kızılay-Çayyolu) Teknik Özellikler.....	54
2.4.1.	Araç Özellikleri	54
2.5.	Kızılay-Çayyolu Hattı Karayolu ve Raylı Sistem Taşıma Maliyetleri.....	57
2.5.1.	Karayolu ile Taşıma Maliyeti Hesaplanması	57
2.5.2.	Raylı Sistem ile Taşıma Maliyeti Hesaplanması	58
2.6.	Eviews Programı ile Raylı Sistemlerde Tüketilen Enerji Tahmin Modeli.....	59
2.6.1.	Eviews Programının Tanıtılması	59
2.6.2.	Eviews Programı ile Zaman Serileri Analizi.....	60
2.6.3.	Durağanlık tanımlanması.....	61

2.6.4.	Augmented Dickey Fuller (ADF) Testi İstatistiği	62
2.6.5.	Philips-Perron Test İstatistiği	64
2.6.6.	Otokorelasyon Katsayısı.....	64
2.6.7.	Optimum Gecikmenin Hesaplanması.....	66
2.6.8.	Johansen Testi	67
3.	BULGULAR VE İRDELEME	68
3.1.	Eviews Programı İşlem Aşamaları	68
3.2.	ADF Testi (Birim Kök Testi)	77
3.2.1.	Enerji Değişkeni İçin ADF Testi (Birinci Farkı).....	79
3.2.2.	Enerji Değişkeni İçin Philips-Perron Testi.....	80
3.2.3.	Katedilen Mesafe Değişkeni İçin ADF Testi	82
3.2.4.	Katedilen Mesafe Değişkeni İçin Philips-Perron	83
3.2.5.	Yolcu Sayısı Sayısı Değişkeni İçin ADF Testi	84
3.2.6.	Yolcu Sayısı Değişkeni İçin Philips-Perron Testi	85
3.2.7.	Durak Sayısı İçin ADF Testi	86
3.2.8.	Durak Sayısı İçin Philips-Perron Testi	87
3.3.	Optimum Gecikme Uzunluğunu Belirleme	87
3.4.	LM Otokrolasyon Testi	89
3.5.	Johansen Metodu (johansen test for cointegration).....	90
4.	SONUÇLAR.....	99
5.	KAYNAKLAR.....	101

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

TÜKETİLEN ENERJİ BAKIMINDAN KARAYOLLARI VE RAYLI SİSTEMLERİN
KIYASLANMASI: ANKARA ÖRNEĞİ

Nesibe KIRIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Şeref ORUÇ
2019, 104 Sayfa

Kentleşmenin artışıyla beraber pek çok yerleşim bölgesinde ulaştırma arzına cevap vermenin yetersiz kalması önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Bu sorun karşısında çözüm yolu olarak oldukça önemli bir yere sahip olan kent içi toplu taşıma konusuna ve bu konuda raylı sistemlerin yeri ve önemine yer verilmiştir. Raylı sistemlerin önemi somut örneklerle belirli bir bölge üzerinden anlatılmıştır. Nüfus yoğunluğu hesaplanan belli mesafelerde enerji tahmini üzerinde durulmuştur.

Çalışma kapsamında Ankara ili örnek olarak seçilmiş olup toplu taşımada faaliyet gösteren Kızılay- Çayyolu Metrosu (M2 hattı) üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu güzergâh üzerinde karayolu ile raylı sistem karşılaştırması yapılarak taşıma maliyeti ve diğer yönlerden ciddi farkların olduğu görülmüştür. Tez kapsamında M2 hattının şehir içi trafik akışına katkıları araştırılmıştır. Raylı sistemlerin hem trafik sorununa çözüm olması hem de enerji tüketimi bakımından sahip olduğu avantajları uygulama örneği üzerinden anlatılmıştır. Bu avantajlar arasında çevreye, ülke ekonomisine, bireylerin sosyal ve kültürel hayatına kattığı faydalar ele alınmıştır. Bu bağlamda tükettiği enerjinin bağımlı olduğu belli değişkenler tespit edilerek EvIEWS paket programı ile aralarındaki ilişki saptanmıştır. Böylelikle elde edilen denklemin nüfus yoğunluğu hesaplanan (tahmin edilen) belli mesafeler için tüketilecek enerji tahmininin yapılmasında yol gösterici olduğu ortaya konmuştur. Yeni yapılacak raylı sistem inşaatlarının fayda maliyet analizlerine dayandırılması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Raylı Sistemler, Toplu Taşıma Sistemleri, Karayolları ve Raylı Sistemlerin Karşılaştırılması.

Master Thesis

SUMMARY

COMPARISON BETWEEN HIGHWAYS AND RAIL SYSTEMS IN TERMS OF ENERGY
CONSUMPTION: EXAMPLE OF ANKARA

Nesibe KIRIK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Şeref ORUÇ
2019, 104 Pages

Insufficiency of public transportation services in many residential areas is among the most important problems due to the increase of urbanization. Because of the the significant role rail system plays in the solution of this problem, rail systems place and importance in urban transportation are main subjects of this study. The importance of rail systems has been explained with concrete examples in a specific area.

As an example, Kızılay-Çayyolu Subway (M2 line), which is operating under Ankara public transportation system, has chosen. Ankara has been deemed appropriate for our study because of the fact that the above-mentioned subway line has recently come into operation and the fact that Ankara is a overpopulated zone and it is a zone where a transportaton problem is experienced too much.

The contributions of M2 line to urban traffic flow have been examined in this thesis. The comparative advantages and disadvantages of land transportation and rail system transportation of Kızılay-Çayyolu route have been depicted. The rail systems not only offer a solution to the traffic problems, but they also have some advantages in terms of energy consumption. These advantages include the benefits to environment, the benefits to the country economy and the contributions to the people's social and cultural life. Therefore, specific variables depending on the consumption of energy have been identified and a correlation has been determined between the Eviews package program. Thus, a regression equation obtained from the energy consumption forecast about the specific distances in the estimated densely populated areas will guide us in this respect. It was emphasized that new rail system constructions should be based on benefit cost analysis

Key Words: Rail System, Compared Highway And Rail System, Energy Consumed.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Otomobile dayalı ulaşım sisteminin gelişimi 4
Şekil 2.	Amerika’da ilk atlı tramvay 13
Şekil 3.	TGV Dünyanın en hızlı treni..... 18
Şekil 4.	Dünya nüfus, gelir ve birincil enerji talebi ilişkisi 30
Şekil 5.	Kişi başına toplam elektrik tüketimi 31
Şekil 6.	Türkiye enerji üretim tüketim değerleri 33
Şekil 7.	Yıllar itibariyle Türkiye ham petrol üretimi..... 34
Şekil 8.	Yıllar itibariyle Türkiye doğalgaz üretimi 35
Şekil 9.	Yıllar itibariyle toplam enerji ithalat maliyeti..... 36
Şekil 10.	Yıllar itibariyle Türkiye ham petrol arzı 37
Şekil 11.	2018 yılı Ocak ayı sonu itibari ile elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (%)..... 37
Şekil 12.	Ülkemiz elektrik üretim değerleri (milyar kWh) 38
Şekil 13.	Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı 38
Şekil 14.	Birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı 39
Şekil 15.	Frenleme enerjisinin kullanımı ve diğer enerji tüketimleri 41
Şekil 16.	Bin kişi başına otomobil sayısı, 2018..... 44
Şekil 17.	Ankara’da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı (%) Aralık 2014 46
Şekil 18.	Ankara raylı sistemler ve teleferik haritası 50
Şekil 19.	İşletilmekte olan raylı sistem hatları 51
Şekil 20.	Yapımı devam eden raylı sistem hatları..... 51
Şekil 21.	Yapımı planlanan raylı sistem hatları..... 52
Şekil 22.	Ortalamada durağanlık 62
Şekil 23.	Beyaz gürültü hata terimi (durağan seri örneği)..... 62
Şekil 24.	Otokorelasyon fonksiyonu 65
Şekil 25.	Gecikme kriterleri 66
Şekil 26.	Eviews ile ADF Test analizi Unit root test (birim kök testi) 78
Şekil 27.	Durağanlık testi 79
Şekil 28.	Phillips-Perron test istatistiği 80
Şekil 29.	Phillips-Perron test istatistiği (enerji)..... 81
Şekil 30.	Dickey-Fuller test istatistiği (mesafe) 82

Şekil 31.	Phillips-Perron test istatistiği (mesafe)	83
Şekil 32.	Dickey-Fuller test istatistiği (yolcu sayısı).....	84
Şekil 33.	Phillips-Perron test istatistiği (yolcu sayısı).....	85
Şekil 34.	Dickey-Fuller test istatistiği (durak sayısı)	86
Şekil 35.	Phillips-Perron test istatistiği (durak sayısı).....	87
Şekil 36.	Eviews programında gecikme uzunluğunun saptanması	88
Şekil 37.	Eviews programında optimum gecikme sonucu	88
Şekil 38.	LM Otokorolasyon Testi ile anlamlılık tespiti.....	89
Şekil 39.	Johansen Metodu.....	90
Şekil 40.	Johansen Cointegration test.....	91
Şekil 41.	Değişkenler arası ilişki tespiti	92
Şekil 42.	Matlab kodları ile değişkenler arası değişimin birbirlerini etkilerinin tespiti	93
Şekil 43.	Değişkenlerin doğruluk yüzdesi ve ortalama gerçeklik yüzde.....	94
Şekil 44.	Değişkenler arası korelasyonel bağıntı grafiği.....	94

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Geleneksel ve çağdaş ulaşım yaklaşımlarının özellikleri.....	5
Tablo 2. Alternatif ulaşım türlerine göre taşımacılığın yüzde (%) dağılımı	6
Tablo 3. 1856-1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında açılan demiryolları	10
Tablo 4. 1950 öncesi Türkiye’de açılan demiryolları (http://www.tcdd.gov.tr/).	10
Tablo 5. 1950 sonrası Türkiye’de açılan demiryolları	11
Tablo 6. Türkiye’deki mevcut demiryolları istatistiği.....	12
Tablo 7. AB ve dünyada yük taşımacılığının modlara göre ayrımı.....	14
Tablo 8. Demiryollarında yük ve yolcu taşımacılığı	15
Tablo 9. Ülkeler bazında demiryolu (ana hat) uzunlukları (km).....	15
Tablo 10. Kent içi toplu taşıma araçlarının fiziksel özerklik ve esneklik durumları	21
Tablo 11. Taşıma türleri güvenlikleri	22
Tablo 12. Ulaştırma türlerine göre kaza sayısı ve sonuçları.....	23
Tablo 13. Yeni bir hatta yapım maliyetlerinin dağılımı	26
Tablo 14. Türkiye birincil enerji arzı.....	32
Tablo 15. Fosil kaynaklı yakıtların dünyadaki durumu (ETKB).....	33
Tablo 16. Yıllara göre kişi başına enerji ve elektrik tüketimi	36
Tablo 17. Ulaştırma türüne göre sera gazı emisyonu (kiloton CO ₂ eşdeğeri).....	41
Tablo 18. 81 il ulaştırma göstergeleri	44
Tablo 19. Yol uzunlukları 2009-2013	46
Tablo 20. Ankara’da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı Aralık 2014	48
Tablo 21. Aylara göre taşınan yolcu sayısı.....	48
Tablo 22. Kullanılan yakıt türüne göre motorlu kara taşıt sayısı, 2009-2013	49
Tablo 23. (M2) Kızılay-Çayyolu Metro işletmesi 2014 yılı yolcu sayıları	55
Tablo 24. (M2) Kızılay-Çayyolu Metrosu gerçekleşen sefer sayıları	56
Tablo 25. Ankara metrosu işletmesinin (M1) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).....	68
Tablo 26. Ankara metrosu işletmesinin (M1) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları	69
Tablo 27. Kızılay-Çayyolu metrosu işletmesinin (M2) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları.....	69

Tablo 28.	Kızılay-Çayyolu metrosu işletmesinin (M2) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları.....	70
Tablo 29.	Batıkent-Sincan-Törekent metrosu işletmesinin (M3) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları.....	70
Tablo 30.	Batıkent-Sincan-Törekent metrosu işletmesinin (M3) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları.....	71
Tablo 31.	Ankaray işletmesinin 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları	71
Tablo 32.	Ankaray işletmesinin 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları	72
Tablo 33.	Kızılay-Batıkent metro işletmesi (M1) 2015 yılı yolcu sayıları	72
Tablo 34.	Kızılay-Çayyolu metro işletmesi (M2) 2015 yılı yolcu sayıları	73
Tablo 35.	Batıkent-Sincan-Törekent metro işletmesi (M3) 2015 yılı yolcu sayıları	73
Tablo 36.	Ankaray işletmesi 2015 yılı yolcu sayıları.....	74
Tablo 37.	Kızılay-Batıkent metro işletmesi (M1) 2016 yılı yolcu sayıları	74
Tablo 38.	Kızılay-Çayyolu metro işletmesi (M2) 2016 yılı yolcu sayıları	75
Tablo 39.	Batıkent-Sincan-Törekent metro işletmesi (M3) 2016 yılı yolcu sayıları	75
Tablo 40.	Ankaray işletmesi 2016 yılı yolcu sayıları.....	76
Tablo 41.	2015 yılı aylara göre raylı sistemler ve teleferik enerji tüketimi	76
Tablo 42.	2016 yılı aylara göre raylı sistemler ve teleferik enerji tüketimi	77

SEMBOLLER DİZİNİ

- ABB** : Ankara Büyükşehir Belediyesi
BTEP : Bin Ton Petrol Eşdeğeri
CO₂ : Karbondioksit
ETKB : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GWH : Giga Watt Saat
KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü
KM : Kilometre
KWH : Kilowatt saat
MMO : Makine Mühendisleri Odası
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
TCDD : Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
UAB : Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
WEO : Dünya Ekonomik Görünümü (World Economic Outlook)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanların ve insanların ihtiyaç duyduğu kütlelerin yer ve zamana bağlı olarak taşınmasına ve yer değiştirmesine ulaşım adı verilmektedir. Kentsel ulaşırmada, insanların belirli bir oranda ve nitelikte ulaşım ihtiyaçlarına cevap verebilirken aynı zamanda gelişmelere uyum sağlayabilecek, hedeflere uygun bir ulaştırma sisteminin (türünün) planlanması ve gerçekleştirilmesi amaç olarak kabul edilir.(Sile, 1988).

Gelişen teknoloji, nüfusun kentlerde yoğunlaşmasına sebep olmuş ve bu nüfus artışı beraberinde de pek çok soruna ortam hazırlamıştır. Bu sorunların başlıcalarından biri de seyahat etmek zorunda kalan yoğun nüfuslu kitlelerin ulaşırmada artan talep ve ihtiyaçlarına cevap vermenin zorlaşmış olmasıdır. Ayrıca artan nüfus oranlarıyla beraber sağlıklı bir kentleşme için, şehirlerin belli bir merkez çevresinde sıkışan formdan çıkarılarak geniş bölgelere yayılması amaçlanmıştır. Sosyal donatılar, yeşil alanlar, otoparklar, spor alanları artırılıp şehir daha geniş bir alana yayılmıştır. Bu yayılma ile eğitim, iş ve eğlence gibi pek çok nedenle birlikte kişi başına yapılan günlük yolculuk oranı yükselmiş, daha çok yaya yolculuğu motorlu taşıt yolculuğuna dönüşmüştür. Özel araç kullanımına olan rağbet, kent büyüklüğü, kentleşmede nüfus yoğunluğu ve kısıtlı karayolu olanakları yolun kapasitesi altında hizmet vermesine sebep olmuştur. Aynı zamanda trafik sıkışıklığı, uzayan yol süresi gereksiz enerji tüketimi ve çevre kirliliği insan üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Bu sorunlar insanların farklı ulaşım türlerine (sistemlerine) talebini artırmış ve insanlar toplu taşıma araçlarına rağbet göstermişlerdir. Ulaşırmada büyük öneme sahip olan kent içi toplu taşıma şu haliyle bile talebe tam anlamıyla cevap verememektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarla bu konuda yenilikler ve iyileştirmeler yapılmaktadır. Şehrin büyüklüğüne, konumuna ve sahip olduğu nüfusa göre kara, hava ve demir yollarından en uygunu ile kent içi toplu taşımacılık yapılmaktadır.

Kentsel ulaşırmada pek çok soruna çözüm imkanı sunan raylı sistemler için ülkemizde spesifik çalışmalar yapılmasa da Avrupa ülkeleri bu konuda kendilerini oldukça geliştirerek toplu taşıma sorunlarını önemli ölçüde indirgemişlerdir. Özellikle nüfusu bir milyonu geçen kentlerimizde ulaşım talebine en uygun ekonomik ve konforlu ulaşım hizmetini vermenin yolu raylı sistemlerin geliştirilip yaygınlaşmasından geçmektedir. Hem

ulaşım hizmetlerini iyileştirmek hem çevreye olan zararı en aza indirmek hem de enerji tasarrufu yaparak ekonomik bir toplu taşıma sistemi ağı oluşturmak adına raylı sistemler ön plana çıkmaktadır.

Son dönemde gündemde olan raylı sistemlerin ülkemizdeki durumu ve gelişimini araştırmak, diğer ulaşım sistemleri (türleri) ile karşılaştırarak avantajlarını göz önüne sermek adına somut veriler yardımıyla karayolu ve raylı sistemler kıyaslanmıştır. Bu alışma bünyesinde teorik olarak yapılan fayda maliyet analizlerinden farklı olarak somut bir örnek olan Kızılay-Çayyolu gzerghi seçilmiştir. Bu rnek güzergâh ve sayısal verileri yardımıyla doğrudan sonuçları hakkında görüş elde edilerek sağladığı avantajları ortaya koymak ve pratik yansımaları görmek amaçlı bu çalışmaya girişilmiştir. Ayrıca seçilen örnekle enerji tasarrufu konusunda veriler elde edilmiş olup bütün şehirlerde raylı sistem çalışmalarına katkı sağlaması açısından örnek olarak bu çalışma yapılmıştır.

1.2. Kent İçi Toplu Taşıma

Kente yaşayan insanların ekonomik, kültürel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılamak adına belirli özelliklerde ve hacimde ulaşım teleplerine uygun koşullarda cevap verilebilmesi kentsel ulaştırmasının asıl amaçlarından dır. Bu nedenle ekonomik, konforlu, hızlı ve güvenli ulaşım sistemlerine ihtiyaç duyulacağından alternatif ulaşım sistemleri sunulması gerekmektedir. (Gökdağ, 1999).

Ülkemizde geçmiş yıllarda kent içi toplu taşımaya gerekli önem verilmemiştir. Otomobil sahipliliğinin artması trafik sıklıkının artmasına, ulaşım altyapısının verimsizleşmesine, ses ve evre kirliliğine sebep olmuştur. Bunun yanında hareket eden otomobillerin yarattığı sorunla beraber park yeri temininde zorlanılan araçlarda trafikte ciddi sorunlara sebep olmuştur. Yollar verimsizleşmiş yeni yollar için alan temini zorlaşmış ve ulaşımda karmaşa ortaya çıkmıştır. Bu noktada kentsel toplu taşıma ciddiyeti boy göstermiş ve gelişimi için çalışmalar yrtlmştir.

1.2.1. Dünyada Toplu Taşımacılık Gelişimi

İnsanlık tarihinde ulaşım ilk olarak yaya yapılmış ve tekerleğin icadından sonra çeşitli araçlar yapılarak ulaşımdaki gelişmelere hız kazandırılmıştır. Denizyolu

taşımacılığında 1819 yılında ilk buharlı gemi Atlas Okyanusunu geçmiştir. Raylı sistemlerde ise 1825 yılında İngiltere’de ilk buharlı tren ulaşımında hizmet vermeye başlamıştır. Dünyada ilk toplu taşımacılık sistemine ise 1827 yılında Londra’da omnibüs ile geçilmiştir. Omnibüs Londra’da hizmet vermeye başlayan atlar tarafından çekilen ve 18 kişilik kapasitesi olan bir ulaştırma aracıdır. Daha sonraları omnibüsün daha gelişmiş ve büyütülmüş halinin yol boyunca uzanan çelik halat üzerinden atlarla çekilen versiyonu 1832 yılında New York’ta işletilmeye başlandı. 20-25 kişi kapasiteli olan bu araç 2 at tarafından çekilmekteydi.

18. Yüzyılın sonlarında James Watt’ın icat ettiği buhar makinesinin ulaşımdaki en büyük yeniliği olan buharlı trenler Londra’da 1838 yılında banliyö tren hattında kullanılmıştır. Dünyada 1863 yılında hizmete açılan ilk metro, Londra Metrosunun dört mil uzunluğundaki Metropolitan Line olarak bilinen ilk bölümüdür. (Vuchic,2007:40). Londra’da 1863 yılında İlk yer altı treni işletmeye açıldıktan sonra 1867 yılında New York’ta yolcu taşımacılığına başlanmıştır.

Metro yapımında tüp-tünel yöntemi ilk kez 1870 yılında kullanılarak Thames nehrinin altında demiryolu tüneli açılmıştır. 1879’da elektrikli lokomotifin icadı metro teknolojisinde yeni arayışlara zemin hazırlamıştır. On bir yıl sonra Londra’da tüp-tünel yöntemiyle inşa edilen ilk elektrikli metro hattı (City-South London Railway) hizmete açılmıştır. Daha sonra bu örnekleri Chicago (1892), Budapeşte (1896), Glasgov (1897), Paris (1900) ve Berlin (1902) metroları takip etmiştir (Öncü, 1978).

1885’de içten patlamalı motor B. Daimler tarafından icat edilmiştir ve 1888’de ABD’de ilk otomobil satışa sunulmuştur. 1886 yılında Montgomery de 9,7 km/saat lik maksimum hızla raylı sistemler hizmete açılmıştır.

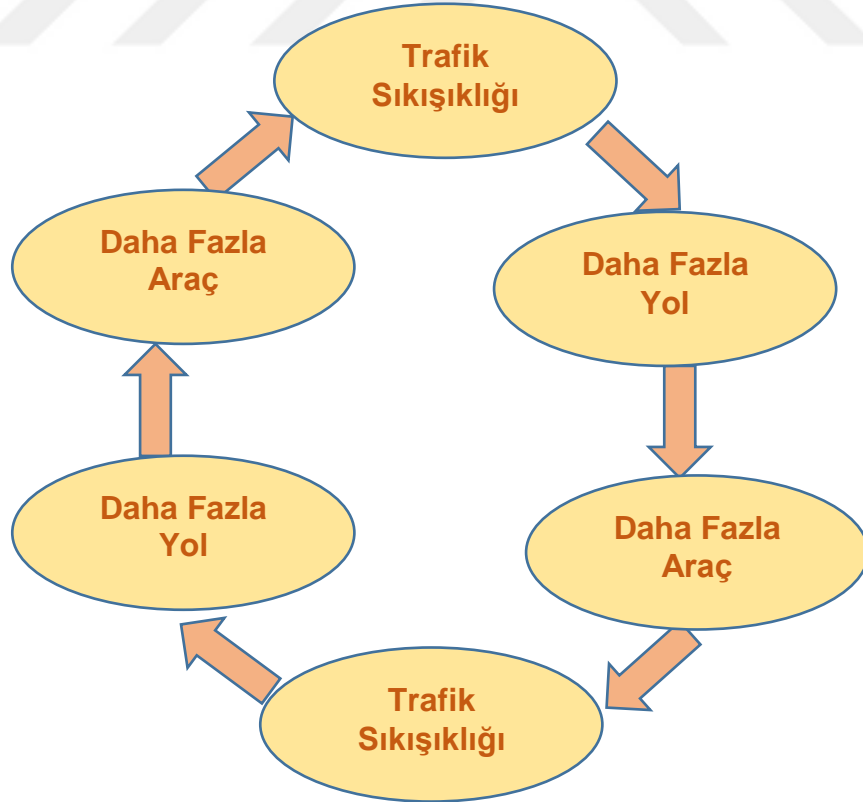
1896 yılında dizel motorlar yapılmış ve bu sayede kent içi toplu taşıması elektrikli tramvay ve metroların yanı sıra otobüslerle sürdürülerek büyük aşamalar göstermiştir. 1908 yılında ilk uçak uygulamaya konmuş, 1928 yılına gelindiğinde ise uçak ile toplu taşımacılığa başlanmıştır (Abbasgil, 1994:7,8).

1900’lerin başlarında monorayın çalıştırılmasıyla demiryolları ulaşımında kendine önemli bir yer edinmiştir. Ancak bu durum ikinci dünya savaşı sonrasında değişiklik göstermiş olup otomobile olan talep artarken karayolları önem kazanmaya başlamıştır. Karayolları ağının yetersizliği üzerine yenileştirme ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Ulaştırmanın tarihi gelişimi incelendiğinde 1950’li yıllar taşıt öncelikli yıllar olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde özel araca olan rağbet oldukça artmış ve toplu taşımaya

yüz çevrilmiş bunun sonucu olarak da yaya olarak yolculuklar oldukça azalmıştır. Özel araç sayısının artmasıyla da yeni yol gereksinimi doğmuştur. Geleneksel yaklaşımın ön plana çıktığı bu dönemde birçok tramvay rayları sökülmiş toplu taşımada ciddi bir duraklama dönemi yaşanmıştır. Yeni yol güzergâhları ve kent merkezlerine pek çok otopark yapılmıştır.

1960'lı yıllarda gelişen teknolojiden yararlanılarak ulaşım problemlerine çözüm bulunacağı düşünülmüştür. Bu düşüncede planlamaları olumsuz yönde etkilemiştir. Bu dönemde otomobilin çözüm olmadığını ulaşımın diğer farklı sistemlerle daha da kolaylaşacağı ve bu sistemlerin geliştirilmesi gerekliliği düşüncesi savunulsa da yeni yolların yapımına devam edilmiştir. Bu dönemde en büyük sorun olan trafik tıkanıklığına ilave yollar yapılarak çözüm bulunacağı savunulmuştur. Başta yapılan yollarla trafiği rahatlatmak mümkün olmuş ancak devamında otomobile olan arzda artırmıştır. Artan araç sayısı da yeni yollarda da trafik tıkanıklığı sorunu tekrar gündeme gelmiştir. Bu şekilde ulaşım bir kısır döngü içerisine sokulmuştur. Aşağıdaki şekilde bu kısır döngü özetlenmiş ve geleneksel yaklaşımın ulaşımındaki çözümsüzlüğü belirtilmiştir.



Şekil 1. Otomobile dayalı ulaşım sisteminin gelişimi (Buis, 2009).

1970’li yıllar insan öncelikli yıllar olarak adlandırılmış ve çağdaş yöntemlerin kullanıldığı bir dönem olmuştur. Geleneksel yaklaşımlarda ulaşım arzı planlamaya yönelik bir dönemken çağdaş yaklaşımlar ulaşım talebini yönetmeye dayalı olup çeşitli yöntemlerle bu talebi bastırarak mevcut arzın önüne geçilmesini hedefleyen bir dönem olmuştur. Bu dönemde yapılan yanlış uygulamalar fark edilmiş ve otomobil ile bir çözüme ulaşılamayacağı kanaatine varılmıştır. Ulaştırma çok daha büyük kitlelerin taleplerinin karşılanması gerektiği anlaşılacak toplu taşıma ön plana çıkarılmıştır. Ayrıca 1973-1974 yılındaki petrol krizi de toplu taşımanın ön plana çıkmasında önemli sebeplerden bir tanesi olmuştur.

1980’li yıllara gelindiğinde tek çözüm yolunun toplu taşıma sistemleri ile mümkün olduğu anlaşılmış ve başta raylı sistemler olmak üzere kent merkezlerinde büyük kapasiteli konforlu ve güvenli sistemlerin geliştirilmesine önem verilmiştir. Taşıt talebine yönelik caydırıcı çalışmalar bu dönemin stratejisi olmuştur.

Tablo 1. Geleneksel ve çağdaş ulaşım yaklaşımlarının özellikleri (Elker, 1999).

GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR	ÇAĞDAŞ YAKLAŞIMLAR
Ulaşım arzının planlanması	Talebin yönlendirilmesi
Taşıtlara öncelik	İnsanlara öncelik
Ek kapasite yaratma	Mevut altyapıyı verimli kullanma
Yolcuların türlere mevcut dağılımı veri olarak alınıyor	Yolculuklar daha yüksek kapasiteli ve daha dolu taşıtlara kaydırılıyor
Otomobil kullanıcılarının sorunlarına yönelik	Toplumun çeşitli kesimlerinin ihtiyaçlarını dengeleyici
Sermaye yoğun yatırımlar	Küçük/gerçekleşebilir yatırımlar
Geri dönülmez kararlar	Esnek kararlar
Fiziksel çözüm ağırlıklı	Yönetmelik/yasal/ekonomik çözümler
İnşaata yönelik	Çevreye duyarlı

1.2.2. Ülkemizde Toplu Taşımacılığın Gelişimi

Osmanlı Devleti’nde karayolu gelişmemiştir. Fransa’ya verilen bir imtiyazla 2 milyon franklık yol yapım sözleşmesi imzalanmış ancak 1. Dünya savaşının ortaya çıkmasıyla anlaşmadaki yolların sadece 400 km si yapılabildiği (Okçuoğlu, i., 1996).

Osmanlıdaki ekonomik sıkıntılar karayollarının gelişememe sebeplerindendi. Cumhuriyet ilan edildiği sene 13.900 km stabilize ve 4.450 km soğuk yol olmak üzere

toplam 18.350 km yol ve 94 köprü mevcuttu. 1950 li yıllına gelindiğinde ise 24.306 km devlet yolu, 22.774 km il yolu olmak üzere toplam 47. 080 km yol ağına sahip olundu. (KGM, 2019)

Cumhuriyetin ilk yıllarında demiryollarına önem verilirken yapılan Marshall yardımı ile karayolları önem kazanmıştır. Daha sonra 1970 li yıllarda dünyada kendini göstermeye başlayan toplu taşımacılık ve raylı sistemlerin gelişmesi ülkemizde takip edilse de raylı sistemlerin yolcu taşımacılığındaki payı 1950 yılında % 42,2 iken 2015 yılına kadar bu oran giderek azalmış ve % 1,1 seviyesine ulaşmıştır. (Tablo 2). 1980-1990 yılları arasında ülkemizde büyük kentlerde raylı sistemler ile ulaşım ve sistem alternatifleri planlanmıştır. Bu çalışmalarla Ankara, İstanbul, Adana, Konya gibi şehirlerde metro, tramvay hafif raylı sistemler yapımına başlanmış ancak yeterli olamamıştır. Raylı sistemlerle büyük kitlelerin talebine cevap arayan ülkemiz bu konuda çalışmalarını sürdürse de ekonomi, tecrübe ve bilgi birikimi açısından hala yeterli seviyeye ulaşamamıştır.

Tablo 2. Alternatif ulaşım türlerine göre taşımacılığın yüzde (%) dağılımı (Demiryolu Sektör Raporu, 2016).

Yıllar	Yük (Netton-km)				Yolcu (Yolcu-km)			
	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Havayolu	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Havayolu
1950	25	68,2	6,8	0	50,3	42,2	7,5	0
1960	45	52,9	2	0,1	72,9	24,3	2	0,8
1970	75,4	24,3	0,2	0,1	91,4	7,6	0,3	0,7
2000	90,1	5,4	6,4	0,1	96	2,2	0	1,8
2010	89,9	5,3	5	0	97,8	1,6	0,7	-
2015	89,8	6,3	6,3	0	89,2	1,1	0,6	9,1

1.3. Toplu Taşımda Raylı Taşıma Sistemlerinin Yeri

1.3.1. Raylı Sistemlerin Tanımı

Raylı sistemleri birkaç farklı şekilde tanımlamak mümkündür. Bu tanımlardan biri taşıt, raylar üzerinde hareket ediyor ve tekerlekleri elektrikli motoru ile tahrik ediliyorsa böyle bir ulaşım sistemine; *elektrikli raylı sistemi* denilir. (Ural, A., 1991)

Başka bir tanıma göre de raylı ulaşım sistemleri şöyle ifade edilmiştir. Raylı ulaşım sistemleri, sabit bir yola (ize, raya vb.) bağlı olarak hareket eden bir ya da birden fazla birbirine bağlı araçlar ve bunların ek tesisleri ile yük ve yolcu taşımacılığı yapılan sistem bütünü olarak tanımlanmıştır.(Toprak, R., 1999). Bu tanımla beraber tarih süreci boyunca gelişim gösteren raylı sistemlerden ahşap, demir ray ve beton yol üzerinde çalışan tek raylı (mono ray), çift raylı (düo ray) sistemler ve izli otomatik toplu taşıma sistemleri (AGT: Automated Guideway Transit) kastedilmektedir. Aynı zamanda atlı, elektrikli, buharlı, kablolu, dizelli, hava basınçlı, jet motor gibi farklı çekiş tiplerine sahip sistemlerle demirle demir, demirle lastik, betonla lastik, hava yastığı, manyetik yastık gibi sürtünme ve kaldırma biçimleri kullanılan raylı sistemler de bu tanım içerisinde. Bu tanım raylı sistemlerin zemin üzerinde, zemin altında ya da zeminde olması durumunu da kapsamı sebebiyle de geniş bir tanımdır.

1.3.2. Raylı Taşıma Sistemlerinin Önemi

Gelişmişlik düzeyi ile paralellik gösteren ulaştırma, toplum kalkınmasını etkileyen önemli faktörler arasında olup; insan yaşantısının hemen hemen her kısmında etkilerini göstermektedir. Kentsel gelişimin bir parçası olan ulaşım, artan nüfus ve büyüyen ekonominin sonucuyla günümüzün önemli sorunlarından biri haline gelmiştir.

Artan nüfus, gelişen teknoloji, özel araç kullanımına olan rağbet ve yetersiz kapasiteli yollar ulaştırmada büyük sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara çözüm olarak ilave karayolları düşünülse de kentleşmenin olduğu büyük şehirlerde alan temini zor olmuştur. Ayrıca yeni yol güzergâhları beraberinde getirdiği kısır döngü ile yeterli bir çözüm olamamıştır. Yeni yollarla rahatlayan trafikte özel araca rağbet artmıştır. Bunun sonucunda artan araç hacmi yolun kapasitesi altında hizmet vermesine ve yine bir trafik yoğunluğunun oluşmasına sebep olmuştur. Yapılan planlar ve iyileştirmeler yetersiz kalmış ve raylı sisteme yönelim kaçınılmaz olmuştur.

Petrol ürünlerinin geniş yer kapladığı ulaşım sektörü bu noktada ülkemiz ekonomisini dışa bağımlı kılmıştır. Raylı sistemlerde yurt içinde üretilen elektrik enerjisi kullanılarak hem ekonomiyi dışa bağımlılıktan kurtarmak hem de mali giderleri azaltmak amaçlanmıştır. Raylı sistemlerin geliştirilmesi hem ulaştırma imkânlarının iyileştirilmesine olanak sağlarken hem de enerji tasarrufu ve çevresel etkisi bakımından sağladığı faydalarla önem kazanmıştır.

Büyük kentlerdeki ulaşım sorunları sosyal- ekonomik hayat ve çevre üzerindeki etkisi oldukça büyüktür. Günümüzde özellikle nüfusu 1 milyonun üzerinde olan şehirlerde ulaşım talebine cevap vermek ve ulaştırmayı sağlamak için raylı sistemler zorunlu hale gelmiştir. Çünkü kendine ayrılmış belirli bir güzergâh üzerinde seyrine devam eden raylı sistemler sahip oldukları fiziksel özerklikle daha konforlu hızlı ve güvenli bir ulaşım imkânı sunmaktadır. Gelişen teknolojiye buna imkân sağlarken çalışmalar hızlanmış raylı sistem ağları da oldukça geniş alanlara yayılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 2017 Faaliyet Raporuna göre ülkemiz toplam 12.608 km demiryolu ağına sahip olup bunun 1.213 km'lik kısmı yüksek hızlı tren hattıdır. Demiryolu altyapısı ile 81 ilden, 45'ine ve 181 ilçe ile yaklaşık 15 bin köye demiryolu ile yolcu taşıma hizmeti verilmektedir. Ama genel anlamda şehir içi trafikte kullanılan raylı sistemler ön plana çıkmaktadır. Bir metropol şehri olan ve ulaşım sıkıntısının en çok yaşandığı İstanbul da yoğun ulaşım arzının ekonomik ve konforlu bir şekilde karşılanabilmesinin ancak raylı sistemlerle mümkün olacağı anlaşılmıştır. 2004 öncesinde 45 km olan raylı sistem ağı 2004-2013 yılları arasında 141 km'ye ulaşmıştır. Ayrıca 2014-2019 yılları arasında yapımı hedeflenen yeni ağlarla bu rakamın 420 km'ye, 2019 yılı sonrası içinse 776 km'ye ulaşması planlanıyor. Bu sadece İstanbul için geçerli bir durum olmayıp bütün dünyada raylı sistemler pek çok şehrin ulaştırma sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Gelişmiş ülkelerin birçok kentinde raylı sistem çalışmaları hızlandırılmıştır. Hatta nüfusu 1 milyonun üzerindeki hemen hemen her kentte raylı sistemler hayata geçirilmiştir. Günümüzde artan nüfus, işgücü ve araç sahipliği ile artan ulaşım probleminin ekonomik ve verimli bir şekilde çözümü raylı sistemler olmuştur.

Belirli bir yönde doruk saatlerde ulaşım talebi 6 000 yolcuyu aşmıyorsa, bu yönde otobüs talebe cevap verecektir. Ancak bu rakam artınca, mutlak olarak geçiş üstünlüğü olan türlere müracaat edilmelidir. Saatte 20 000 yolcuya kadar olan yönlerde ise tercihli veya bölünmüş yolda işletilen otobüs ya da trolleybüslere, tramvaylara, hafif raylı sistemlere yer verilmeli; ancak 20 binin üzerindeki yolculuk taleplerinin karşılanması için hafif metro ve metro seçeneklerine müracaat edilmelidir. (Türkmen, M., 2001)

Toplu taşımayı daha yaygın kullanılabilir hale getirmek ve özel araca olan rağbeti azaltarak otomobilin kent dışında kullanımını sağlamak için raylı sistemler tercih edilmelidir. Böylece trafikteki sıkışıklıkta azaltılarak bir rahatlama sağlanacaktır. Bunun yanında azalan özel oto kullanımı ile büyük bir enerji tasarrufu yapılmış olup ekonomiye de canlılık katmak mümkün olacaktır. Çevreye verilen zararlar da en aza indirgenecek

trafik kazalarının da büyük oranda önüne geçilecektir. Bu sayede merkezi yerleşim yerlerine uzak bölgelere seyahat etmek de kolaylaşacaktır. Raylı sistemlerin hızlı ulaşım sistemiyle kent merkezine sıkıştırılmış bir yerleşim sisteminin önüne geçilebilecek yeni yerleşkeler ve geniş alana yayılmış kentleşmeler ortaya çıkacaktır. İşte bütün bu öncüller raylı sistemleri tercih etmedeki önemli unsurlardır.

1.3.3. Türkiye’de Raylı Taşıma Sistemlerin Gelişimi ve Durumu

Uzun yıllardır raylı sistemlere gerekli önem verilmemiş ve bu alandaki yatırımlar oldukça geri plana atılmıştır. Bu nedenle raylı sistemler hakkında gerekli tecrübe ve birikime ulaşılması yeni sağlanan bir durum olmuştur. Gelişen teknolojiyi yakından takip edemememiz de bu konudaki yetersizliğimizin başka bir nedeni olmuştur.

Raylı sistemlerin geliştirilmesi ve planlanıp hayata geçirilmesi konusunda oldukça sıkıntılar çekilmektedir. Planlama, projelendirme, yapım ve işletme, finansman, teknik gibi konulardaki eksiklik ve yetersizlik raylı sistemlerin gelişmemesinin başlıca nedenleri olmuştur. Ancak son yıllarda ulaşımdaki ciddi problemler ve bu problemlerin çözüm yolunun raylı sistemlerde olduğunun anlaşılması üzerine bu sistem üzerinde çalışmalar artırılıp geliştirilmeye başlanmıştır.

Osmanlıda bilinen ilk demir yolu 1851 yılında 211 km uzunluğundaki Kahire-İskenderiye Demir yolu hattı olmuştur. Bugün ki sınırlarımız içinde bilinen ilk demiryolu hattı ise Aydın- İzmir arasındaki 130 km uzunluğundaki demiryolu hattıdır. Bu hattın yapımı 1866 yılında tamamlanmıştır. Önceleri raylı sistemler Nafia Nezareti (Bayındırlık Bakanlığı)’nın Turuk ve Meabir (Yol ve İnşaat) Dairesi idaresindeydi. 24 Eylül 1872 yılında Demiryolları İdaresi kurularak raylı sistemler yapım ve işletme sorumlulukları bu kuruma verildi.

Milli sınırlar içerisinde Osmanlı Devletinden devir alınan 4.136 km. demiryolu hattı bulunmaktaydı. Bu hatların 2.404 kilometresi yabancı şirketler, 1.377 kilometre de devlet tarafından işletilmekteydi. Cumhuriyetin ilanından sonra 1924 yılında demiryolu inşaat faaliyetlerine başlanmış ve eldeki kısıtlı imkânlarla yaklaşık 3.764 km yeni yol yapılarak işletmeye açılmıştır. (Pektaş, İ.).

Osmanlıda 1856-1922 yılları arasındaki demiryollarının durumu aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. 1856-1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında açılan demiryolları (<http://www.tcdd.gov.tr/>).

Hat Adı	Uzunluk (km)
Rumeli Demiryolları	2383
Anadolu-Bağdat Demiryolları	2424
İzmir-Kasaba ve uzantısı	695
İzmir-Aydın ve şubeleri	610
Sam-Hama ve uzantısı	498
Yafa-Kudüs	86
Bursa-Mudanya	42
Ankara-Yahşihan	80
Toplam	6818

Cumhuriyetten sonraki yıllarda yabancı devlet elinde olan ve tamamen onların ekonomisine katkı sağlayan siyasi çıkarlar doğrultusunda çalışan demiryolu ağları milli çıkarlar doğrultusunda yeniden yapılandırılmıştır. 1928-1948 yılları arasında yabancı devletler elindeki hatlar da alınarak devlet tarafından işletilmeye başlanmıştır. 1940 yılına kadar demiryolu hatları 8.637 km'ye ulaşmıştır. 1932 ve 1936 yıllarında 1. ve 2. Beş Yıllık Sanayileşme Planları hazırlanmıştır. Bu planlar kapsamında demir-çelik, kömür ve makine gibi temel sanayilere öncelik verilmiştir. Bu tür yüklerin en uygun ve ekonomik koşullarda taşınması amacıyla raylı sistemlere önem verilmiştir. Demiryolu hatları milli kaynaklara yönlendirilmiş ve bu sayede sanayinin yayılması ile sanayi bölgelerinin yurtta yer seçiminde önemli rol oynamıştır. Olumsuzluklara rağmen ulusal güçle demiryolu yapım ve işletmesinde önemli işler başarılmıştır. 1950 yılından sonra demiryolu önemini yitirmiş ve karayoluna yatırım yapılmaya başlanmıştır. Bu süreçte sadece 1.871 km yeni demiryolu hattı inşa edilmiştir. Cumhuriyet sonrası yıllarda bu yüzden demiryolu ağları iki ayrı kısım olarak incelenmektedir. Tablo 4'te 1950 yılı öncesi demiryolu ağları Tablo 5'te de 1950 sonrası dönemi yapılan hatlar gösterilmektedir.

Tablo 4. 1950 öncesi Türkiye'de açılan demiryolları (<http://www.tcdd.gov.tr/>).

Hat Adı	İşletmeye Açılış Tarihi	Uzunluk (m)
Ankara-Yerköy	1925	203.784
Samsun-Kavak	1926	47.492
Yerköy-Kayseri, Kavak-Amasya	1927	261.994
Amasya-Bağlar, Alanyurt-Güzelyurt	1928	124.327

Tablo 4'ün devamı

Hat Adı	İşletmeye Açılış Tarihi	Uzunluk (m)
Fevzipaşa-Gölbaşı	1929	137.800
Güzelyurt-Demirli, Kayseri-Yapı, Bağlar-Ulusulu	1930	321.761
Demirli-Balıkesir, Irmak-Km 92 Gölbaşı-Malatya	1931	378.811
Ulusulu-Kalın, Malatya-Fırat, Kardeşgediği-Niğde	1932	209.680
Yapı-Tecer, Niğde-Boğazköprü	1933	162.423
Fırat-Yolçatı-Elazığ	1934	86.244
Km 92-Balıkışık, Yolçatı-Diyarbakır	1935	385.863
Tecer-Çetinkaya, Balıkışık-Çatalağzı, Gümüşgün-Burdur, Bozanönü-Isparta, Afyon-Karakuyu, Malatya-Kesikköprü	1936	359.099
Çetinkaya-Divriği, Çatalağzı-Zonguldak, Kesikköprü-Çetinkaya	1937	158.323
Divriği-Erzincan	1938	155.570
Erzincan-Uzunahmet	1939	223.444
Diyarbakır-Bismil	1940	47.382
Bismil-Sinan	1942	28.424
Sinan-Batman	1943	14.726
Batman-Tunçbilek, Batman-Kurtalan, Malatya-Bez Fabrikası	1944	86.793
Elazığ-Pulu	1946	69.947
Pulu-Genç	1947	62.741
Köprüağzı-Maraş	1948	27.903
Uzunahmet-Yekabat	1949	32.716
Toplam		3.587.247

Tablo 5. 1950 sonrası Türkiye'de açılan demiryolları (<http://www.tcdd.gov.tr/>).

Hat adı	İşletmeye Açılış	Uzunluk (m)
Yekabat-Rus Sınırı	1951	229.003
Narlı-Gaziantep	1953	84.077
Kozlu-Ereğli-Armutçuk	1953	15.559
Genç-Çizmeburun	1955	119.866
Gaziantep-Karkamış	1960	90.857
Kütahya-Seyitömer	1962	26.512
Çizmeburun-Tatvan	1964	87.310
Pehlivanköy-Edirne-Bulgar Sınırı	1971	67.852
Van-İran Sınırı	1971	116.691
Samsun-Çarşamba	1980	36.000
Toplam		873.727

Katma bütçeli, devlet idaresi şeklinde yönetilen demiryolu ağı 22 Temmuz 1953 tarihinden sonra çıkarılan 6186 sayılı kanun gereğince Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı Türkiye Devlet Demir Yolları İşletmesi (TCDD) tarafından idare olunmaktadır. TCDD 8 Haziran 1984 tarihinde 233 sayılı KHK ile Kamu İktisadi Kuruluşu hüviyetini almış ve halen Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'na bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Türkiye'deki 2015-2017 yılları arasındaki mevcut demiryolları istatistiği Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Türkiye'deki mevcut demiryolları istatistiği (TCDD Taşımacılık İstatistik Yıllığı, 2017).

	2015	2016	2017
Toplam Demiryolu Uzunluğu (Km)	12.532	12.532	12.608
Toplam Yolcu Vagonu Sayısı (Adet)	1.124	1.089	1.080
Toplam Yük Vagonu Sayısı (Adet)	19.077	19.570	15.979
Toplam Yolcu Sayısı	95.317.000	89.038.000	85.338.000
Toplam Yıllık Yolcu Kapasitesi (Yolcu)	167.765	170.105	172.015
Toplam Yıllık Yük Kapasitesi (Ton)	848.997	891.326	810.402

1.3.4. Dünyada Raylı Taşıma Sistemlerin Gelişimi ve Durumu

Ulaştırma sektörünün yeniden şekillenmesinde rol alan önemli olaylardan biri de sanayi devrimi olmuştur. 19. yüzyılın başlarında ortaya çıkan sanayi devrimi ile demir kömürün enerji ve hammadde kaynağı olarak kullanılması makineleşme sürecini başlatmıştır. Kömür makinanın hammadde olarak kullanılması buhar gücünü ortaya çıkarmış bu da demir yolları dönemini başlatmıştır. Ulaştırmada başlayan bu dönemle dünyanın her köşesindeki insan hayatının etkilendiğini söylemek yanlış olmaz. Kısa mesafelerde köyden köye bile ulaşımın çok zor olduğu bir durumdan kıtalar arası seyahat edilebilecek bir duruma geçilmesinin sebebi sanayi devrimi ile başlayan demiryolu hatlarıdır. Demiryolu ağları başta ekonomik amaç için kurulsun da dünyada yaşanması en zor yerlere kadar ulaşmış, doğal engelleri dağı nehri çölü aşarak uzun mesafeleri kısaltarak fiziksel, sosyal, ekonomik sorunları çözerek ilerlemeye ve her kesime ulaşım olanak sağlamıştır. Bunun yanında o dönemlerde huzursuzluk isyan çıkan bölgelere de ulaşım kolay olduğundan ulus devleti kurma kolaylaşmıştır.

1880-1890 yılları arasında ABD mevcut raylı sistem hattını 115.000 km. daha artırmıştır. 1860-1913 yılları arasında diğer dünya ülkelerine bakıldığında ise mevcut demir yolu hattını Almanya'nın altı katına, Fransa'nın dört ve İngiltere'nin iki katına çıkardığı görülmüştür. Rusya'da ise doğuda Pasifik güneyde de Asya'nın içlerine kadar demiryolu ağı inşa edilmiştir. Bu gelişmelerle 1870 yılından sonra demiryolu ulaşımı oldukça önem kazanmış ve siyasal, güçlü merkez devletlerinin kurulmasında etkili bir rol almıştır. (Dursun, H., 2013)

İkinci dünya savaşı sonrasında demiryoluna verilen önem azalmış yatırımlar artık karayoluna yapılmaya başlanmıştır. Ama küreselleşen dünya kirlenen çevre ve gelişen teknoloji ile beraber 21. yüzyılın başlarında demiryolu sistemleri yeniden canlanmıştır. Kent içi ve kentler arası ulaşımında olmazsa olmazlar arasında yerini almıştır. Kent içi trafikte ilk raylı sistem örneği atlarla çekilen tramvaylar olmuştur. Bunun ilk örneğine de 1832 yılında New York kentinde rastlanmıştır. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde Fransa Paris gibi şehirlerde yaygınlaşmıştır.



Şekil 2. Amerika'da ilk atlı tramvay (<http://www.dictionaryofsdney.org/entry/tams>).

O dönemde ABD'de yaklaşık 18 bin atlı tramvay bulunmaktadır. 1890'lı yıllarda artık gelişen teknoloji ile atlı tramvaylar yerini kablolu ve elektrikli demiryolu sistemlerine bırakmıştır. Bilinen ilk elektrikli tramvay Berlin'de 1881 yılında kullanılmaya başlanmıştır.

Batı Avrupa ülkelerinde 1992 yılında raylı ulaşım sistemleri, yolcu ulaşımında yaklaşık %7,2 ile yük taşımacılığında ise %17' ile düşük bir paya sahip olmuştur. Bunun aksine, Doğu Avrupa ülkeleri raylı sistemlerini kamu alanında işleterek toplu taşımadaki payının yüksek oranlarda olmasını sağlamışlardır. Bu sebeple söz konusu ülkelerde demiryollarının yük taşımacılığında payı 1980'li yıllarda yaklaşık %60- 80 arasında olmuştur. Ancak ilerleyen yıllarda ekonominin liberalleşmesi raylı sistemlerin payının düşmesine sebep olurken, 1950-1955 yıllarında raylı sistemlerin yük taşımacılığındaki oranı %50 olmuştur. (Profilldis, V.A., 1995)

Tablo 7'de yük taşımacılığının modlara göre ayrımı belirtilmiştir. Bu tablodan yola çıkılarak yük taşımacılığında ABD, Çin ve Rusya'nın demiryolu taşımacılığını ön plana çıkardığı, AB-27 ülkelerinin uzun demiryolu ağına rağmen taşımalarda karayolu ve denizyolunu ağırlıklı olarak kullandığı görülmektedir. Türkiye' de ise taşıma işlemlerinde ağırlıklı olarak karayolu kullanılmaktadır. (Mevlana Kalkınma Ajansı, 2023 Ulaştırma Vizyon Raporu).

Tablo 7. AB ve dünyada yük taşımacılığının modlara göre ayrımı (Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaştırma Genel Direktörlüğü).

Tür	milyar ton-km					
	2008 AB-27	2007 ABD	2008 Japonya	2007 Çin	2008 Rusya	2009 Türkiye
Karayolu	1877,7	1922,9	346,4	1135,5	216,3	181,4
Demiryolu	442,7	2656,6	22,3	2379,7	2116,2	10,1
İç Ulaşım Su Yolu	145,3	472,3	*	1559,9	64	*
Boru Hattı	124,1	814,2	*	186,6	2464	*
Deniz Yolu	1498	333	187,5	4868,6	85	*

Tablo 8'de Avrupa ülkelerinin demiryollarına ait yük ve yolcu taşımacılığı ile ilgili değerleri verilmektedir.

Tablo 8. Demiryollarında yük ve yolcu taşımacılığı (TCDD Taşımacılık İstatistik Yıllığı, 2017).

Ülkeler	Ülke Kodu	Yolcu	Yük	Toplam	Hat Başına Düşen Trafik	Hat Başına Düşen Tren	Ortalama Yük Taşıma Mesafesi (km)
Belçika	BE	80.782	12.617	93.399	4.891	25.930	136
Fransa	FR	383.000	35.849	418.849	4.333	14.767	366
Almanya	DE	605.008	178.490	783.498	6.340	23.472	320
Hollanda	NL	131.908	11.898	143.806	8.014	47.026	156
İtalya	IT	246.300	26.634	272.934	4.433	16.258	244
İngiltere	UK	531.894	37.870	569.764	2.666	17.855	217
İrlanda	IE	16.983	532	17.515	864	7.235	174
İspanya	ES	460.918	17.348	478.266	2.369	30.560	398
İsveç	SE	121.971	38.400	160.371	3.532	16.560	317
Letonya	LV	6.002	7.704	13.706	8.848	7.369	332
Macaristan	HU	88.325	8.009	96.334	2.198	13.300	210
Polonya	PL	154.887	39.460	194.347	3.766	10.546	228
Portekiz	PT	30.912	6.135	36.922	2.765	14.502	270
Türkiye	TR	22.419	19.814	42.233	1.578	4.169	450
Avrupa Birliği	EU28	3.340.230	582.736	3.922.841	3.847	17.384	260

Tablo 9’da ülkeler bazında demiryolu (ana hat) uzunluklarına bakıldığında, 2013 yılında Türkiye hat uzunluğunun Almanya’nın yaklaşık dörtte bir, İngiltere’nin de yarısı kadar olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Ülkeler bazında demiryolu (ana hat) uzunlukları (km) (TCDD Strateji Yıllıkları, 2010-2016).

Ülke adı	2013	2014	2015
ABD	228.218	228.218	228.218
Rusya	86.000	85.266	85.262
Çin	66.239	66.989	67.212
Hindistan	64.600	65.808	66.030
Türkiye	9.718	10.087	10.131
Fransa	30.013	30.013	28.987
Almanya	41.328	41.328	38.836
Japonya	20.140	19.203	19.204
İngiltere	16.365	16.365	16.248
AB	224.406	220.735	218.646

Günümüzde gelişmiş ülkelerde raylı sistemler, gelişmişliklerinin bir göstergesi olarak ön plana çıkmakta ve bu noktada büyük yatırımlar yapılmaktadır. Raylı sistemler denince akla gelen ülkeler arasında olan Japonya bu konuda kendini oldukça geliştirmiştir. 1980’li yıllarda demiryollarında iyileşmeye giden bu devletin demiryolu inşaatı o dönemde İngiliz ile Alman mühendisler tarafından yapılmış ve bu sistemi onlardan öğrenmişlerdi.

Yine önemli bir kent içi trafiğine hizmet eden New York metrosu da günde yaklaşık 3,5 milyon yolcu taşımaktadır. 463 istasyonu ve 6273 aracı olan bu metro ağı 388 km uzunluğundadır. Londra metrosu da dünyanın eski ve önemli metro ağlarından biri olup 3950 araç ve 273 istasyonla 408 km uzunluğundaki hat üzerinde hizmet vermektedir.

1.3.5. Şehir İçi Raylı Sistemler

1.3.5.1. Tramvay

Mevcut kent yolları üzerine hemzemin güzergâh şeklinde inşa edilirler. Diğer sistemlerden farklı olarak kendine ait rezervli hattı olmayıp diğer karayolu taşıtlarıyla aynı trafiği kullanırlar. Elektrik enerjisiyle çalışıyor olup bu enerjiyi katanerle havai sistemden temin ederler. Araçlar genelde bir adım atılarak binilebilecek şekilde alçak tabanlı hemzemin yola uygun olarak tasarlanmışlardır. Karma trafiğe uyum sağlaması bakımından araç boyutu uzun değildir. Araç genişliği 2200 mm -2650 mm arasında değişmektedir. Aynı zamanda tekli ve ikili dizi halinde seyir ederler. Yatay kurp çapları 25 metre kadar düşürüldüğü içinde hareketinde esneklik kazanarak ara sokak ve caddelerde dönüş rahatlığı sağlar. Duraklar arası mesafe az olup en fazla 60 metreye kadar çıkmaktadır. Karma trafik içinde seyir hızları düşük olup genelde ortalama 28-30 km/saattir. Saatteki maksimum yolcu taşıma kapasitesi 15.000 yolcu/yön olarak belirlenmiştir. Tramvay yolları inşa edilirken çok büyük bir kazı ve inşaat çalışması gerektirmediğinden maliyet açısından oldukça ekonomiktir. Aynı zamanda elektrikle çalışması sebebiyle çevreye olumsuz etkisi diğer sistemlere oranla oldukça az ve tasarruf açısından da avantajlıdır.

1.3.5.2. Hafif Metro

Tramvaylara göre daha çok yolcu taşıma kapasitesine ve ticari hıza sahip sistemlerdir. Ray açıklığı 1435 mm olan enerji teminini kataner veya 3. ray diye tabir edilen alttan beslemeli sistemler ile sağlayan genel olarak 750 VDC veya 1500 VDC akım ile çalışan sistemlerdir. Araç genişliği 2650 mm civarındadır. Saate ortalama ticari hızları 42-45 km iken maksimum 80 km hıza ulaşabilmektedirler. İstasyon boyları ortalama 100 metre olup istasyon arası mesafeler de 600- 700 metre arasındadır. Bu mesafeler metrolara göre daha kısadır. Hafif metrolar otomatik kontrol sistemi ve tam sinyalizasyon ile çalışabileceği gibi bir makinist tarafından da sürüşü gerçekleştirilebilir. Saatlik yolcu kapasiteleri 10.000-20.000 arasında olup maksimum 35.000 yolcu/yön şeklindedir. Metro olanaklarını tam sağlamasa da diğer sistemlere oranla yolcu taşıma kapasitesi oldukça fazladır. Ayrıca kalabalık nüfuslu kentlerde diğer sistemlerle entegre olarak ulaşım hizmeti vermektedirler. Kendine ait trafikten ayrı tecritli yol üzerinde seyir etmesi sebebiyle tam güvenli bir sistem olup bazen hemzemin viyadük veya tünel olarak da inşa edilebilirler. Gelişmiş kentlerde ulaşım kolaylığı ve sahip olduğu yüksek seyir hızı sebebiyle tercih edilen önemli sistemler arasındadır.

1.3.5.3. Metro

Günümüzde en yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olması ve diğer türlerin ulaşamadığı hızlara ulaşması sebebiyle dünyada yaygın olarak kullanılan toplu taşıma sistemleridir. 1435 mm ray açıklığına sahip 750 VDC, 1500 VDC veya 3000 VDC ile kataner havai besleme ya da 3. raydan beslenen 4'lü, 6'lı ve 8'li araçlardan oluşan diziler halinde seyir eden sistemlerdir. Metro ticari hızları ortalama 42-48 km /saattir. Maksimum 90 km/saate ulaşabilmektedirler. Saatteki yolcu taşıma kapasitesi 60.000-70.000 yolcu /yön dür. Tünel yöntemiyle yer altında inşa edilen metro güzergahları tam tecritli kendine ayrılmış yolda tam güvenli oluşu sebebiyle en çok tercih edilen ulaşım sistemi olmuştur. Yer altında inşa edilmesi sebebiyle yapım maliyeti yüksek olsa da çok nüfuslu kentlerde taşınan yolcu kapasitesiyle en düşük işletim giderine sahip en ekonomik sistemlerdir. Bazı durumlarda arazi yapısına uygun olarak aç kapa tünel veya hemzemin şeklinde inşa edilebilirler.



Şekil 3. TGV Dünyanın en hızlı treni (<http://www.rff.fr/reseau/actuel/etendu/vitesse>).

Şekil 3'te verilen TGV 1990 yılında 515,3 km/s olan dünya rekorunu kırarak 3 Nisan 2007'de 574,8 km/s ile dünyanın en hızlı tekerlekli treni ünvanına sahip oldu. Ortalama hızı 200 km/s, maksimum hızı ise saatte 320 km'dir.

1.4. Kent İçi Toplu Taşıma Türlerinin Karşılaştırılması

Kent içi toplu taşıma sistemlerini karşılaştırırken karşılaştırmada esas kabul edilecek etmenler ve bu sistemlerin etkilerinin görüldüğü unsurlar tespit edilmelidir. Şöyle ki kent içi toplu taşıma birincil olarak yolcuları ikinci olarak trafiği ve üçüncü olarak da ülke ve kentte yaşayan diğer insanları etkilemektedir. Yolcuların toplu taşımadan esasen beklentisi kısa sürede konforlu, ucuz ve güvenli bir yolculuktur. Bu beklentiler doğrultusunda toplu taşıma sistemlerinde bir kıyaslama yapmak mümkündür. Aynı şekilde trafik sıkışıklığı, kent yapısına uygunluk, güvenlik trafik üzerinde etkisini gösterirken çevre kirliliği, alan kullanımı, enerji tüketimi vb. kıyaslama için birer unsur oluştururlar. Bu gibi etmenler dört

ana başlık altında toplanmış olup bunlar teknolojik özellikler, çevresel özellikler, hizmet sunum özellikleri ve ekonomik özelliklerdir.

1.4.1. Teknolojik Özellikler Açısından Kıyaslama

Teknolojik özelliklerin ulaştırma üzerindeki etkileri yolcuların toplu taşıma araçları arasında seçim yapmasında önemli bir kriterdir. Bu özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Geçiş Üstünlüğü
- Sıklık
- Esneklik
- Güvenlik
- Hız
- Enerji Tüketimi
- Düzenlilik
- Fiziksel Özerklik
- Kapasite
- Yolculuk Süresi
- Konfor

1.4.1.1. Geçiş Üstünlüğü

Toplu taşıma sistemlerinde geçiş üstünlüğü; araçların hızı, kapasitesi, düzenliliği, güvenliği, fiziksel özerkliği ve esnekliği gibi değişkenler üzerinde oldukça önemli bir etkidir. Bu sebeple toplu taşıma sistemlerinin seçiminde de etkiyeciye olmaktadır. Geçiş üstünlüğü açısından toplu taşıma sistemleri 3 grupta ele alınabilir.

- Genel trafik içinde hareket eden sistemler - Kontrolsüz
- Kısmen özel yola sahip olan sistemler- Yarı kontrollü
- Özel yola sahip sistemler – Tam kontrollü (Evren, G., 1978).

Genel trafik içinde hareket eden kontrolsüz sistemlerde hız düşük seyahat süresi uzun olmaktadır buna bağlı olarak da yolcu kapasitesi az olan bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Otobüs dolmuş ve minibüs kontrolsüz sisteme örnek olarak gösterilebilir. Yarı kontrollü sistemler kısmen özel yola sahip oldukları için kontrolsüz sistemlere göre

daha güvenilir daha hızlı ve yolcu kapasitesi daha yüksektir. Bu sistem içinde tramvay ve hafif raylı sistemleri örnek olarak vermek mümkündür. Tam kontrollü sistemler ise sahip oldukları özel yollarla trafikten ayrı hareket olanakları sayesinde daha hızlı güvenli konforlu ve yüksek yolcu kapasitesine sahip sistemlerdir.

1.4.1.2. Yolcu Kapasitesi

Toplu taşıma türlerini birbirlerinden ayıran en önemli özelliklerden birisi, sistemlerin saatlik yolcu taşıma kapasiteleri arasındaki farktır. Bir sistemin yolcu kapasitesi, sistemde yer alan her bir taşıtın yolcu kapasitesinin, pik saatlerdeki doluluk oranının, iki taşıt arası süre ve iz başına taşıt kapasitesinin bütün olarak değerlendirilmesidir. Ancak karayolunu ortak kullanan sistemlerde (dolmuş, otobüs, minibüs, vb.), karşılıklı etkileşme nedeniyle taşıtlar arası süre gerçek değerlere ulaşmayabilir. Dolayısıyla bu türlerin yolcu kapasitelerine kesin değerler gözüyle bakılmamalıdır. Doruk saatler dışında toplu taşıma türlerindeki doluluk oranları büyük oranda değişebilmektedir. Özellikle yüksek kapasiteli araçların doruk saatler dışında kalan saatlerde yolcu kapasitesi büyük oranda azalırken, kapasitesi düşük olan araçlarda bu oran daha az olmaktadır. Ortalama doluluk oranındaki değişimlere bağlı olarak, yolcu başına taşıma maliyetleri de değişiklik göstermektedir (Elker, C., 1978).

Bunun yanı sıra raylı sistemlerin ek araçlarla katarlaştırılabilme özelliğine sahip olması bu sistemlerin taşıma kapasitelerini artırmaktadır. Böylece doruk saatlerde yapılan katarlaştırma yolculuk taleplerine daha yüksek oranda cevap verilebilmesini sağlamaktadır (Alpöge, A., 1978).

1.4.1.3. Esneklik

Esneklik, uzun ya da kısa zamanda ortaya çıkabilecek olumsuzluklara uyum sağlama olarak tanımlanabilir. Bu tanım doğrultusunda lastik tekerlekli sistemlerin oluşan olumsuzluklara uyumu daha kolay olacağından esnekliğinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Buda yolcuların ulaşım sistemlerini tercih etmelerinde yine önemli bir etkidir. Fakat esneklik fiziksel özerklikle ters orantılıdır.

1.4.1.4. Fiziksel Özerklik

Bir ulaşım sisteminin diğer sistemlerden bağımsız olarak işletilebilmesi ve hizmet vermesidir. Fiziksel özerlikle sistemin işletimi açısından denetimi kolaylaşmış; kullanıcı yönünden düzenliliği, dolayısıyla sistemin güvenilirliği artmıştır. Trafiki ortak kullanan karayolu araçlarında fiziksel özerklik yoktur. Otobüs tramvay gibi bölünmüş yollarla trafikte ilerleyen araçlar yarı özerkliğe sahipken ağır raylı sistemler tam fiziksel özerkliğe sahiptir. Trafik sıkışıklığına maruz kalmayan bu sistemlerin güvenliği de tamdır.

Tablo 10. Kent içi toplu taşıma araçlarının fiziksel özerklik ve esneklik durumları

	Otomobil	Dolmuş	Minibüs	Otobüs	Otobüs (Öncelikli)	Tramvay	Metro	Tren	Vapur
Özerklik	Yok	Yok	Yok	Yok	Yarım	Yarım	Tam	Tam	Tam
Esneklik	Tam	Yarım	Yarım	Yarım	Yarım	Yok	Yok	Yok	Yarım

1.4.1.5. Hız

Serbest hız taşıtların ulaşabileceği en yüksek hız değerini ifade eder ve sistemlerin kıyaslanmasında bir önem arz etmez. Türlerin serbest hızları hemen hemen birbirine yakındır. Asıl ayırt edici olan ticari hızdır. Ticari hız ise taşıtın fiziksel özerkliğine, yolcu kapasitesine, durak aralıklarına, taşıt ivmesine ve serbest hıza bağlı olarak değişir. Bu nedenle kenti içi toplu taşıma sistemlerinde kontrolsüz ve yarı kontrollü olan sistemlerde serbest hızın artması ile ticari hızında artması mümkün değildir. Ancak raylı sistemler tam kontrollü olmaları nedeniyle taşıtın serbest hızını artırmak ticari hızını da artırmaya sebep olacaktır.

1.4.1.6. Düzenlilik

Kişinin yer ve zaman olarak günlük işlerini kolaylıkla uygulamasına olanak veren bir özelliktir ve insanların toplu taşıma araçlarını seçmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Tam kontrollü hızlı ve yolcu kapasitesi fazla olan raylı sistemlerin düzenliliği de fazladır.

İstasyona gelme sıklığı 10 dakikanın altında olan sistemlerde insanlar zaman tarifesine dikkat etmeden istasyona gelmektedirler.

1.4.1.7. Güvenlik

Aynı karayolunu kullanan lastik tekerlekli ulaşım araçları için kaza riski ve tehlike oranı oldukça fazladır. Tam kontrollü sistemler olan raylı sistemlerde kendilerine ayrılmış bir yol bulunması ve iklimden etkilenme oranı az olması sebebiyle daha güvenlidirler. Güvenlik sadece seyahat anını kapsayan bir durum olmamakla birlikte istasyonda bekleme anı araca iniş biniş anını da kapsamaktadır.

Fiziksel özerklik ve geçiş üstünlüğüne sahip türlerin güvenlik açısından diğer türlerden ileride olmasının temel nedeni bu türlerle aynı yolu paylaşmamalarıdır. Almanya'da 8 büyük kentte toplanan verilere göre; otomobillerde 22 kaza/milyon yolcu-km, otobüs ve tramvaylarda 3,35 kaza/milyon yolcu-km ve metrolarda ise 0,82 kaza/milyon yolcu-km olduğu tespit edilmiştir (Coşkun, E., 1978).

Ülkemizde de raylı ulaşım sistemlerinde toplam yıllık ölüm sayısı 200'ün altında iken, bu rakam karayollarında 5 000 ile 6 000 arasında değişmektedir. (Toprak, R., 2000)

Uluslararası Demiryolları istatistiklerine göre 1 milyar yolcu-km. başına kazalarda ölen yolcu sayısı demiryollarında 1 kişi, hava yollarında 1 kişi, karayollarında ise 30 kişi olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlarla beraber 1 milyar yolcu-km. başına sırasıyla ölüm ve yaralanma riskleri demiryollarında 17 ve 41 iken karayollarındaki karşılığı 140 ve 8 500 - 10 000'dir (1. DİE, 1997, Türkiye İstatistik Yıllığı, TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü).

Tablo 11'de verilen sonuçlara bakıldığında taşıma sistemleri arasında en güvenli taşımacılığın demiryolu sektörü ile yapıldığı görülmektedir. 1990-1995 yılları arasındaki verilere göre, karayolu ile kıyaslandığında demiryolu ile ortalama 16 kat daha güvenli taşımacılık yapılabilir (II. Ulaşım ve Trafik Kongresi).

Tablo 11. Taşıma türleri güvenlikleri (Gökdağ, M., 1999).

Taşıma Güvenlikleri (Milyar yolcu-km.)			
Yıllar	Demiryolu	Karayolu	Havayolu
1990	4.0	64	8.0
1991	4.0	66	3.6

Tablo 11'in devamı

Taşıma Güvenlikleri (Milyar yolcu-km.)			
Yıllar	Demiryolu	Karayolu	Havayolu
1992	4.0	64	7.9
1993	5.0	63	5.1
1994	2.0	61	2.5
1995	5.0	56	2.6

Tablo 12'de 2013-2017 yılları arası kaza sayıları ve sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre en çok kaza her yıl karayolunda meydana gelirken yaralı ve ölü sayısı yine en çok karayolu ulaşım sistemlerinde görülmektedir. Demiryolu ulaşım sistemleri ise havayolu taşımacılığından sonra en az kaza, ölü ve yaralı sayısı olan sistem olarak görülmektedir.

Ülkemizde 2012 yılı Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma verilerine göre en çok kaza oranına sahip karayollarında meydana gelen 153.549 kazadan %72,66'lık oranla 111.562'si yerleşim yerlerinde, %27,34'lik oranla 41.987'si yerleşim yeri dışında meydana gelmiştir. (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2013 Ulaştırma Kaza İstatistikleri)

Tablo 12. Ulaştırma türlerine göre kaza sayısı ve sonuçları (TÜİK, Ulaştırma İstatistikleri, 2017).

		2013	2014	2015	2016	2017
Karayolu	Kaza Sayısı	1.207.354	1.199.010	1.313.359	1.182.491	1.202.716
Denizyolu		118	96	68	237	117
Demiryolu		89	93	101	120	53
Havayolu		5	10	14	15	14
Karayolu	Yaralı Sayısı	274.829	285.059	304.421	303.812	300.383
Denizyolu		47	42	37	1.796	28
Demiryolu		52	51	33	72	25
Havayolu		24	5	9	6	21
Karayolu	Ölü Sayısı	3.685	3.524	7.530	7.300	7.427
Denizyolu		27	75	13	205	15
Demiryolu		45	65	50	81	40
Havayolu		5	3	-	4	9

1.4.1.8. Sıklık

Birbirini takip eden seferler yapan ve ayrı ayrı ulaşım hizmeti veren iki toplu taşıt arasında geçen zaman sıklık olarak adlandırılır. İki araç arasındaki zaman aralığı ne kadar düşük olursa bekleme süresi azalır ve daha hızlı hizmet imkânı ortaya çıkar. Böylelikle sıklık insanların seçeceği ulaştırma sistemi üzerinde de büyük etkiye sahip olur. Karayolu taşıtlarının ortak trafik hacmi içinde yaşanan yoğunluğa göre, iklim ve çevresel şartlara göre seyahat süresi değişmektedir. Bu da araçların sıklığını etkilerken raylı sistemlerde bunun aksine daha düzenli ve yerleşmiş bir sistemle dizi aralıkları olarak tabir edilen araç sıklıkları belirlenmiştir. Ayrılmış yolda kontrollü olarak ulaşım hizmeti veren raylı sistemler yine iklim ve çevresel faktörlerden etkilenmedikleri için belirlenen zaman aralığına uymak da kolay olmaktadır.

1.4.1.9. Konfor

Yolcuların seyahat esnasındaki, araca biniş-iniş anındaki ve istasyonda bekleme anındaki rahatlık hislerine bağlı bir olgudur. Yolculuk esnasında ayakta ya da otururken rahat etme, havalandırma, ısıtma, sessizlik, frenleme ve hızlanma anındaki yumuşaklık kolayca araca binme inme gibi kriterler göz önüne alındığında raylı sistemlerin bu konuda açık ara ön planda olduğu ve tercih edildiği görülmektedir. Özellikle platformla taşıtın aynı hızda olması biniş ve inişlerde kolaylık sağlar.

1.4.1.10. Alan Kullanımı

Ulaşım için ayrılan alan yerleşim yeri yeşil alanlar sanayi alanları için ayrılan alanlara oranla oldukça azdır. Alan maliyeti için kullanım amaçları, gerektirdiği alan ve başka amaçla kullanılsaydı ne kadar fayda sağlayacağı göz önüne alınarak bir kıyaslama yapmak mümkündür.

Bugün ulaşım olanakları çok iyi olan ülkelerde bile ulaşım için ayrılan alan % 5 dolaylarındadır. Bu alan içerisinde de en az alan raylı sistemlere aittir. (Toprak, R., 2000)

250 yolcunun taşınması için gerekli taşıt sayısı tramvayda 1, otobüste 3, minibüste 18 ve otomobilde ise 125'dir. Taşıt sayısının artması beraberinde daha fazla alan ihtiyacını

da getirmektedir. Aynı kapasitede taşımacılık için demiryolları, karayoluna göre daha az arazi gerektirmektedir (Elker, C., 1999).

Yapılan araştırmalara göre 13,7 m genişliğinde çift hatlı elektrikli demiryolu hattının kapasite olarak 6 şeritli 37,5 m genişliğinde bir otoyola denk olduğu tespit edilmiştir (Yener, C., 1997).

Bu bilgiye göre 13,7 m genişlikli bir demiryolu hattı için kullanılacak arazi 6 şeritli otoyol yapılacak araziye göre 2,7 kat daha azdır. Aynı koşullarda maliyet kıyaslaması yapıldığında ise demiryolu hattının 1 km.'si 2 milyon 850 bin dolar iken otoyolun 1 km maliyeti 8 milyon dolar olmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğünden alınan bilgilere göre düz arazide otoyol yapım maliyeti 6 milyon dolar engebeli arazide yaklaşık 12 milyon dolardır. Bunların ortalaması alınarak 1 km otoyol maliyeti yaklaşık 8 milyon dolar olarak hesaplanmaktadır (Gökdağ, M., 1998).

1.4.2. Ekonomik Özellikler

Ulaştırma ekonomik özellikler altyapı maliyetleri ve işletme maliyetleri olarak iki kısma ayrılır. Kıyaslama yaparken sistemin işleticiye, yolcuya ve kamuya maliyeti göz önünde bulundurulur.

Altyapı maliyetleri pek çok değişkene bağlıdır. Sistemin kapasitesi, güzergâhın altyapı tipi ve zemin cinsi, güzergâh uzunluğu, yapım yöntemi ekonomik ömrü finansman koşulları alt yapı maliyetini etkileyen temel faktörlerdendir.

İşletme maliyeti alt yapı maliyetine göre daha kapsamlı olup pek çok unsurdan etkilenmektedir. Taşıt sayısı, faiz oranları, bakım-onarım, yakıt, personel giderleri, işletme türü, ekipman maliyeti ve yatırım maliyeti işletme giderlerini etkileyen faktörlerdendir.

Dünya Bankası verilerine göre, hemzemin olarak inşa edilecek metro sistemlerinin inşaat maliyeti 6-10 milyon \$ / km, işletme maliyeti kişi başına 100 -150 bin \$ / km, viyadüklü sistemlerde inşaat maliyeti 25 milyon \$ / km, kişi başına işletme maliyeti 200-250 bin \$ / km, yer altı sistemlerinde inşa maliyeti 40 milyon \$ / km, kişi başına işletme maliyeti ise 250 - 300 bin \$ / km dir (Aslan, C., 2005).

Tablo 13. Yeni bir hatta yapım maliyetlerinin dağılımı (Keskin, İ., 2013).

Altyapı	% 45-30
Sanat yapıları	% 10-25
Hat	% 20
Sinyal ve Telekomünikasyon	% 10
Elektrik Çekim	% 10
Proje	% 5

Ekipman maliyeti de ulaştırma sisteminin işletilebilmesi için öncesinde ve sonrasında gerekli olan taşıtlar, sinyalizasyon sistemleri, araç yolu, etüt ve mühendislik hizmetleri, gerekli depo ve atölyeleri kapsar.

Tüm bu değişken maliyetlerin fonksiyonu olan ve *ulaşım maliyeti* adı verilen genelleştirilmiş bir maliyet karşımıza çıkmaktadır. Genelleştirilmiş ulaşım maliyeti, bir kullanıcının ulaşım gereksinimini karşılamak üzere katlandığı parasal (ödenen fiyat) ve parasal olmayan yüklerin (seyahat süresi, seyahat sırasında yaşanan tüm zorluklar) toplamı olarak tanımlanabilmektedir. Bilinçli bir kullanıcı sistem seçimini bu ölçüte göre yapmalıdır (Evren,1978). Genel anlamda tüm bu etkenlere bakıldığında raylı sistemler hem ticari hızlarının yüksek olması hem fiziksel özerkliği bulunması sebebiyle fazla yolcu taşınması durumunda ulaşım maliyetleri çok daha düşük olmaktadır. Ayrıca ulaşımda elektrik enerjisi kullanması da ekonomik olmasında ayrı bir etken oluşturmaktadır. Ekonomik ulaşımda yolcuların sistem seçiminde dikkat ettiği önemli unsurlar arasında bulunup raylı sistemlere olan rağbeti de artırmaktadır.

1.4.3. Çevresel Özellikler

Gelişen teknoloji insan hayatını oldukça kolaylaştırıp hızlandırırsa da çevresel etkisiyle insanoğluna oldukça zarar vermektedir. Hatta verdiği zararlarla birlikte kattığı faydaların önüne geçilmekte kirlenen çevre yeni ve daha gelişmiş çözümler bulma sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bulduğumuz zamanın ve geleceğin en büyük sorunlarından bir olarak görülen çevre kirliliğine her alanda yeni çözümler aranmakta ve çevreye etki en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Son derece önemli olan bu konuya ulaştırma sisteminde de gerekli önem verilmektedir. Daha bilinçli hale gelen yolcular ve işletmeciler ulaşım sistemi seçimlerinde çevre faktörünün etkisini hissettirmektedirler. Ulaşımda hava ve gürültü kirliliği, kaza riski çevresel özellikler içerisinde incelenmektedir.

1.4.3.1. Hava Kirliliği

Hava kirliliği ulaşım sektöründeki önemli ve ciddi sorunlardan biridir. Petrol ürünlerinin kullanıldığı ulaşım sistemleri havaya saldıkları zehirli gazlarla sadece çevreye değil ekolojik dengeye de zarar verirler. Özellikle taşıtların egzozlarından çıkan karbonmonoksit gazı ve kurşun canlı hayatı için bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Karbonmonoksit gazı kanda oksijen taşınmasını engelleyen zehirli bir gazdır ve ölümcül sonuçlar doğurur. Kurşun ise insan sağlığı için zararlı etkiler oluşturarak akciğer kanseri riskini artırmaktadır.

Taşıtların hava kirliliğine etkileri iki aıdan değerlendirilebilir. Birincisi havadaki oksijeni tüketmeleri, ikincisi ise zararlı madde üretmeleridir. Bir insanın 24 saatte tükettiği 200 litre oksijen sadece 1 litre yakıtın yanması süresinde tüketilmektedir (Gökdağ, M., 1999).

Ülkemizde ulaşım sektöründe kullanılan enerji toplam enerjinin %19,4 üdür. Ulaşım sektöründe kullanılan 100 birim enerjinin de sadece %2,8 i elektrikten %96'sı petrolde sağlanmaktadır. Karayollarında benzin raylı sistemlerde ise genellikle dizel ya da elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi kullanılan sistemlerde bir emisyon oluşmazken, dizel kullanılan sistemler benzine göre daha az havayı kirletmektedirler. Bu sebeple de raylı sistemlerin kirlilikteki payı %5 karayollarının ise %85 civarındadır. Karayolu taşıtlarından çıkan yağlar ve diğer maddeler arazi ve sulara karıştığından suların kirlenmesindeki payı da demiryolu sistemlerine göre daha fazladır Bir elektrikli trenin 42 km'de salınım yaptığı CO₂ miktarını; bir otobüs 12 km'de, bir otomobil ve bir uçakta 7 km'de yaymaktadır (Pietzsch, W., 1979).

Ulaştırma Bakanlığı bir uygulama ile 2003-2004 yıllarında 20 yaş ve üzeri toplam 320.000 aracın trafikten çekilmesi ile CO₂ emisyonunda yaklaşık % 4,87'lik bir azalma sağlamıştır. Önümüzdeki yıllar için en büyük yaştan başlamak üzere kamyon, tanker, çekici, otobüs vb. için aynı uygulamanın yapılması planlanmaktadır. 2008-2011 yılları arasında toplam 27.477 araç Bakanlık tarafından hurdaya ayrılmıştır (UAB, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2011).

TÜİK verilerine göre Türkiye 2016 yılı toplam sera gazı emisyonunun CO₂ eşdeğeri 496,1 milyon tondur. Bunun içerisinde ulaştırma sektörünün payı %16,5 ile 81.841 kiloton CO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. 2012 yılında ulaştırma sektörünün sera gazı emisyonundaki payı %12,8 iken 2016 yılında %16,5'e yükselmiştir.

Sera gazı emisyonunda ulaştırma sistemlerinin kendi içindeki dağılımlına bakıldığında %92,4'ünün karayolundan, %5,2'sinin havayolundan, %1,2'sinin denizyolundan, %0,5'inin demiryolundan ve %0,8'inin ise diğer ulaştırma turlerinden kaynaklı olduğu gürölmektedir.

AB-28 ölkelerinde 2016 yılı verilerine bakıldığında toplam seragazı emisyonlarının %20'sinin ulaşımdan (uluslararası havacılık ve deniz emisyonları hariç) kaynaklandığı gürölmektedir (URL-5). Bu oranda ulaşımın hava kirliliği konusunda ne kadar ciddi bir tehdit oluşturduğunu göstermektedir.

1.4.3.2. Güröltü Kirliliği

Gün içerisinde insanlar iş okul ya da evlerine gitmek için seyahat etmek zorunda ve bu amaç için yola çıkan yolcular genelde aynı zamanda trafiği kullanmaktadırlar. Bu durum genelde sabah ve akşam saatleri olup trafikte yoğun saatler olarak belirlenmektedir. Bu yoğun trafikte aralıksız bir araç ve insan karmaşası bu karmaşasında beraberinde getirdiği güröltü kirliliği yine önemli sorunlar arasındadır. Seyahat süresi boyunca maruz kalınan güröltü insanın fiziksel ve ruhsal yapısını bozmaktadır. Sağırlık zor dinleme baş dönmesi fiziksel etkileridir. Ruhsal açından ise insanda sinirlilik dikkat dağınıklığı zor anlama gibi etkiler gösterir. Bu gibi etkilerde gün içerisinde insan performansını olumsuz yönde etkiler. Önemsiz ve küçük gibi görünen bu sorun pek çok insanda gerek işyerlerinde gerekse okullarda verim düşüşüne sebep olarak genel bir kayıp ortaya çıkarır.

Ulaştırma sistemlerinde güröltü açasından konforlu bir seyahat için 65dB güröltü seviyesinin üst düzeyi olarak kabul edilmektedir. 65-75 dB arası tahammöl bölgesi, 75-120 dB arasında rahatsızlık bölgesidir. Karayollarındaki güröltü şiddetinin 72-92 dB arasında değiştiği bilinirken ağır taşıtlar için bu değer 103 dB(A) kadar çıkmaktadır. Hava yollarında güröltü şiddeti 103-106 dB, demiryollarında ise saatte 150 km. hızla giden bir trenin güröltüsü 65-75 dB arasındadır. 8 saatlik bir çalışma için insan sağlığı açasından güröltü üst sınırı 90 dB olduğu düşünölürse demiryollarının önemi daha da artmaktadır (TÜİK, DİE, 1997).

1.5. Ulaşımında Enerjinin Yeri ve Önemi

1.5.1. Ulaşım Tiplerine Göre Enerji Tüketimleri

Dünya artan nüfus karşısında insan hayatının hemen hemen her noktasını kapsayan bilgi eşya insan ulaştırma sorununa çözüm olarak 1970 yıllardan bu yana raylı sistemlere yönelmiş ve bu noktada kendilerini bir hayli geliştirmişlerdir. Ülkemizde bu konuda önemli bir çalışma yürütüldüğünü söylemek oldukça güçtür. Oysa raylı sistemlerinin geliştirilmesi ve yatırım çalışmalarının hızlandırılıp planlanması gerekmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden biri ulaşım sağlayacağı kolaylıkla beraber elde edeceğimiz enerji tasarrufudur. Ulaştırma büyük payın petrole ait olduğu ülkemizde kendi kaynakları sınırlı olduğundan bu noktada dışa bağımlı olmakta ve bu sektör için diğer devletlere çok büyük meblalar ödenmektedir. Türkiye elektrik enerjisini kendi sınırları içerisinde üretilen bu sektörde tüketerek parasını ülke sınırları içerisinde tutabilir. Çünkü enerji ülkelerin kalkınmasında vazgeçilmez unsurlar arasındadır. Çevre kirliliği son yıllarda ciddi problemler oluşturduken bunu sadece ekonomik anlamda düşünmekte yanlış olur. Petrol ürünlerinden uzak elektrikle çalışan raylı sistemler demek daha temiz bir çevreye bir adım daha yaklaşmak demektir. Yıllık yaklaşık enerji üretiminin %20'si ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Genelde araçlarda kullanılan enerjinin petrol ürünlerine dayanması dünyada üretilen petrol ürünlerinin yarısının yakıt olarak ulaştırma sektöründe kullanılmasına sebep olmaktadır.

Enerji tüketimi hususunda raylı sistemlerin diğer sistemlere üstünlüğü söz konusudur. Almanya'da yapılan bir çalışmada yolcu taşımacılığında demiryolunda tüketilen enerjinin 1 kabul edilmesi halinde, otoyolda tüketilen enerji 3, hava yolunda ise 5,2 olduğu belirlenmiştir (Gökdağ, M., 1999).

Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma Koordinasyonu İdaresi'nin yaptığı araştırmalara göre ise Türkiye koşullarında kent içi ulaşımında yolcu/km başına (K.cal) olarak enerji tüketimi, raylı sistemlerde 85, otobüslerde 105, dolmuşlarda 275, otomobillerde 550'dir. Buna göre raylı sistemlerde tüketilen enerji 1 kabul edildiğinde, otobüste 1.24, dolmuşta 3,24 ve otomobilde 6,47 olmaktadır (Evren, G., 1978).

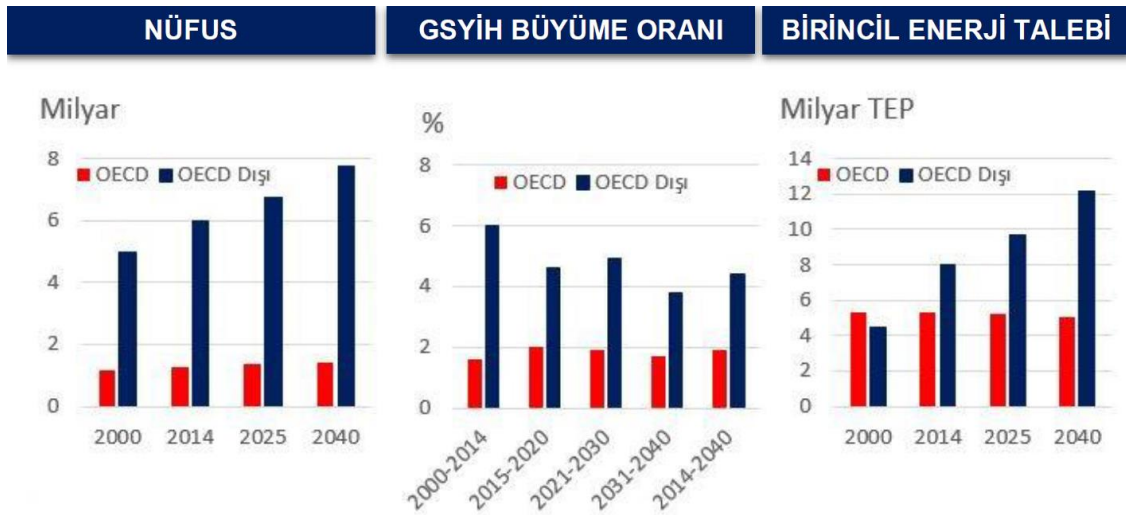
Raylı sistemle ilgili Türkiye'de henüz ciddi çalışmalar yapılmamış da gelişmiş dünya ülkeleri bu konuda teknolojik yarış içerisinde oldukları. Avrupada RAILENERGY projesinin çıktısı olarak TecRec olarak bilinen ve demiryolu taşıtları için enerji tüketimi ve

kontrolünü açıklayan teknik bir tavsiye yayınlanmıştır. 11 Mart 2010 tarihinde UNIFE (The European Rail Industry) ve UIC (International Union Of Railways) tarafından imzalanmıştır. Bu teknik tavsiyenin yayınlanmasındaki asıl amaç tren ve lokomotifler için karşılaştırılabilir enerji performans değerleri elde ederek enerji etkinliklerini karşılaştırmak ve karşılaştırma sonuçlarının değerlendirilerek geliştirilmesini sağlamaktır (<http://www.tecrec-rail.org>).

1.5.2. Enerji Verimliliği

Dünyada gelişen teknoloji ve sanayi, nüfus artışı, kentsel gelişim enerji tüketiminin artmasının başlıca sebeplerindendir. Yapılan tahminlere göre dünya nüfusunun 2030 yılında 8,3 milyar olması beklenmektedir. Bu durumda beraberinde artan 1,3 milyarlık nüfus için enerji arzı sağlanması gerekmektedir.

Birincil (Primer) enerji herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramayan enerjiye denilmektedir. İkincil (Sekonder) enerji ise birincil enerjinin dönüştürülmesiyle elde edilen enerji olarak tanımlanmaktadır. Petrol, kömür, doğalgaz, güneş, rüzgâr vb. gibi dönüştürülmemiş enerjiler birincil enerji kaynaklarıdır. Elektrik, mazot, motorin, benzin, hava gazı, petrol gazı da ikincil enerji enerji kaynaklarıdır. Şenel, M., 2012)

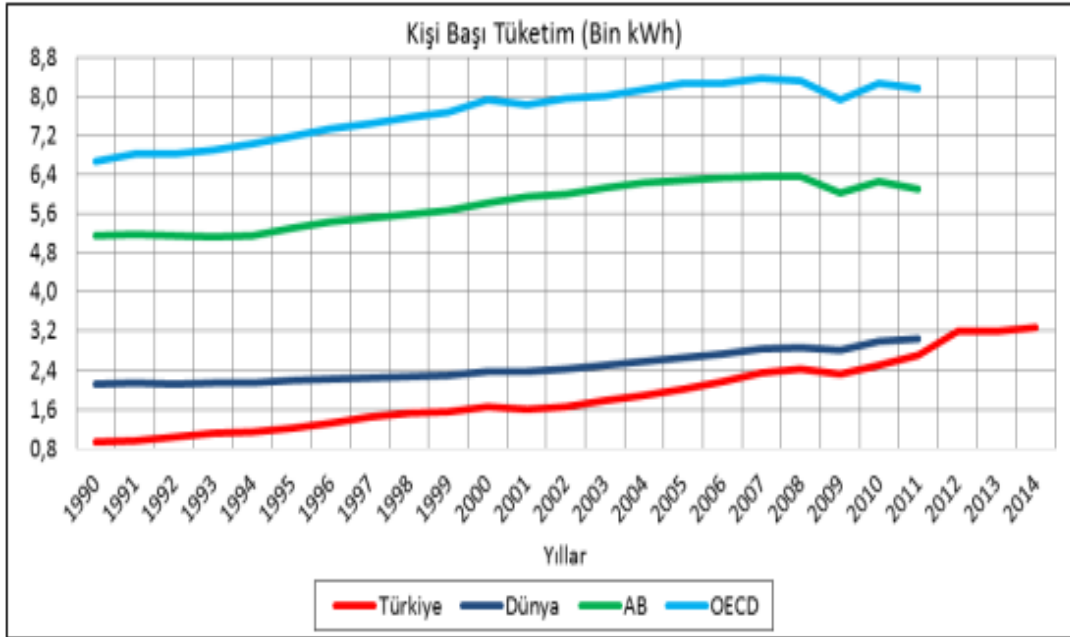


Şekil 4. Dünya nüfus, gelir ve birincil enerji talebi ilişkisi (ETKB, 2017).

Ülke ekonomisi için son derece önemli olan enerji, kalkınmada vazgeçilmez girdiler arasındadır. Kişi başı tüketilen enerji miktarı kalkınmışlığın ve gelişmişliğin de bir göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu nedenle enerji verimliliği günümüzde ciddi bir konu olup az enerjiyle daha çok iş ve verim almak adına çalışmalar yürütülmektedir.

Dünya genelinde enerji ihtiyacının çoğu birincil enerji kaynaklarıyla karşılanmaktadır. Dünya genelinde birincil enerji kullanımı 2015 yılı verilerine göre 13.790 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) iken bu kullanımında en büyük paya sahip olan kaynakların sırasıyla; petrol 4.416,26 Mtep, kömür 3.871,53 Mtep ve doğal gaz 2.975,71 Mtep olduğu görülebilmektedir. Bunların dışında enerji ihtiyacına cevap veren rüzgâr, güneş, biyoyakıt ve jeotermal enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. (International Energy Agency, 2017, IEA statistics)

1.5.3. Türkiye'nin Enerji Durumu



Şekil 5. Kişi başına toplam elektrik tüketimi (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2015).

Şekil 5'te görüldüğü gibi ülkemiz 1990'lı yıllarda kişi başı enerji tüketiminde dünya ortalamasının oldukça gerisinde kalırken son dönemlerde aradaki farkı kapatarak dünya ortalamasını yakalayabilmiştir. 2014 yılında kişi başı tüketilen elektrik miktarı son 25 yılda tüketimin 4 katı kadar da arttığını göstermektedir.

Türkiye 2016 yılı yerli birincil enerji üretimi 35.374 Btep (bin ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. İthal edilen birincil enerji ise 113.117 btep olarak belirlenmiştir. Aynı yıl yerli birincil enerji üretiminin kaynaklar bazındaki dağılımı sırasıyla; linyit (%39), hidrolik (%27), rüzgâr (%8) şeklindedir. (ETKB, Denge Tabloları,2016)

Türkiye toplam enerji tüketiminin kaynaklar bazındaki dağılımı ise Tablo 14'te özetlenmiştir. Türkiye'nin 2015 yılı toplam birincil enerji tüketimi 131,9 Mtep iken 2016 yılında bu rakam 137,9 Mtep olarak tespit edilmiş olup bir yılda 6 Mteb yükselmiştir. Ülkemiz dünyada enerji tüketiminde geri sıralarda seyrederken 2012 yılı verileri itibariyle dünya ortalamasını yakalamayı başarmıştır (Şekil 5).

Enerji tüketimimizin büyük bir kısmını dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır.

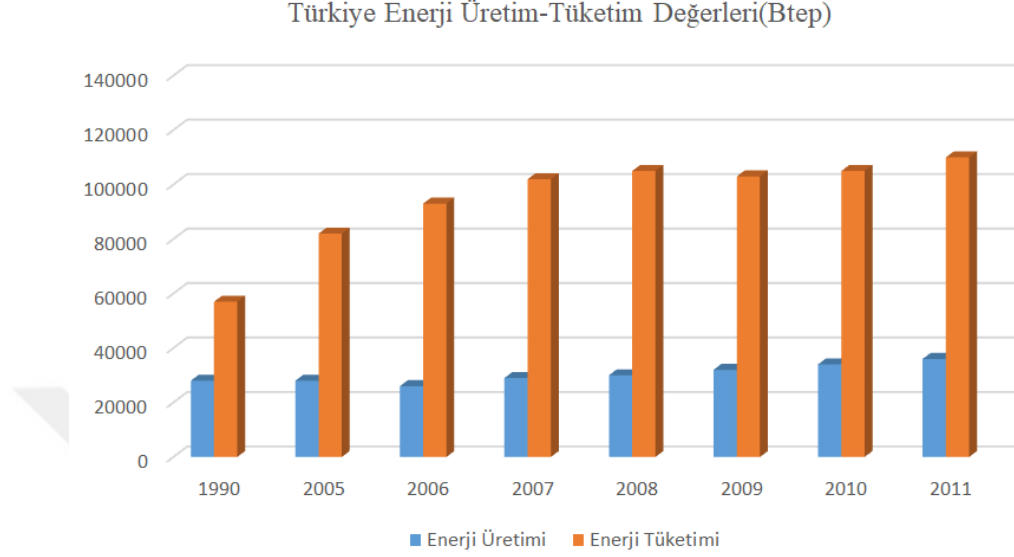
Tablo 14. Türkiye birincil enerji arzı (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Genel Enerji Dengesi Tablosu).

	2014 (bin tep)	2014(%)	2015 (bin tep)	2015(%)	2016 (bin tep)	2016(%)
Kömür*	36.426	30,34	34.593	26,86	38.357	28,24
Doğalgaz	40.201	33,49	39.651	30,78	38.338	28,23
Petrol	31.625	26,34	39.209	30,44	42.204	31,08
Hidrolik	3.495	2,91	5.775	4,48	5.782	4,26
Odun	2.162	1,80	-	-	-	0,00
Jeo. Isı, Diğer Isı	3.524	2,94	4.805	3,73	6.034	4,44
Hayv. ve Bit. Artık	1.007	0,84	2.938	2,28	2.843	2,09
Jeotermal	-	0,67	-	0,64	-	0,68
Güneş	803	0,61	828	0,78	917	0,98
Rüzgâr	733	0,06	1.002	-	1.334	-
Biyoyakıt	77	-	--	-	-	-
Toplam	120.053		128.801		135.809	

* Kömür; taş kömürü, linyit, asfaltit, p. Kok ve kok toplamını ifade etmektedir.

Türkiye'de yerli kaynaklardan enerji üretim miktarı ve toplam enerji tüketim miktarının 1990-2011 yılları arasındaki durumu Şekil 6'da verilmiştir. Ülkemizde yerli kaynaklardan enerji üretimindeki artış, enerji tüketiminde artış karşısında yetersiz kalmıştır. Bu nedenle üretimin tüketimi karşılama oranı yıllar içerisinde hızla azalmıştır.

Bu oran 1990 yılında %48,1 iken 2011 yılında %28,2 olarak gerçekleşmiştir (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011 Genel Enerji Dengesi Tablosu).



Şekil 6. Türkiye enerji üretim tüketim değerleri (Btep)

1.5.4. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenemez Enerji Durumu

En önemli yenilenemez enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer enerjidir. Bu kaynaklar dünya enerji üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. 2015 yılı dünya doğal gaz rezervi 186,9 trilyon m³, petrol rezervi 239 milyar ton, kömür rezervi ise 892 milyar ton olarak tespit edilmiştir. Petrol, doğal gaz ve kömürün kullanılabilme süreleri sırasıyla; 51 yıl, 53 yıl ve 114 yıl olarak öngörülmektedir (Tablo 15). Dünyada 2015 yılı fosil yakıtlardan toplam enerji tüketim miktarı 13.147,3 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Bu tüketimin içinde ülkemiz 126,9 Mtep le %1 lik oranla 19. sırada yer almaktadır (ETKB, Sayı 15,2017).

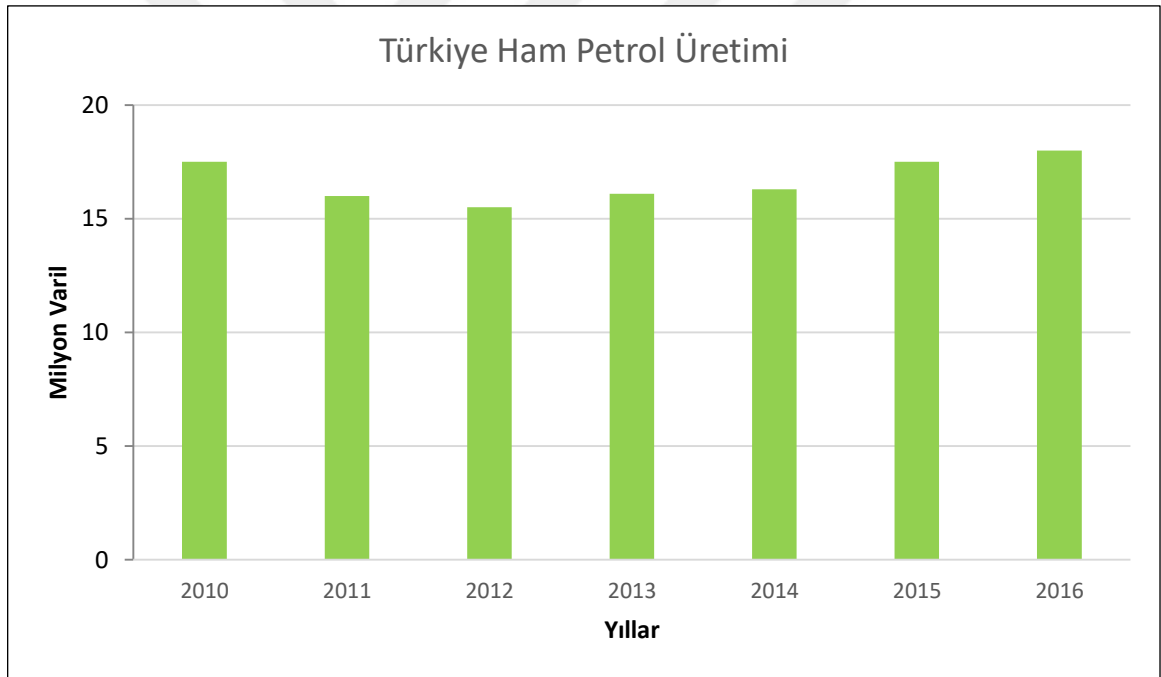
Tablo 15. Fosil kaynaklı yakıtların dünyadaki durumu (ETKB)

Kaynaklar	Dünya Rezervi (2015)	Dünya Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (yıl)	Üretim
Petrol (Milyar ton)	239	51	4,3
Doğalgaz (trilyon m ³)	186,9	53	3,5
Kömür (milyar ton)	892	114	7,8
TOPLAM			

2016 yılı verilerine göre dünyada elektrik üretiminin, %40,6'sı kömürden, %4,3'ü petrolden, 521,6'sı doğal gazdan, %10,6'sı nükleerden, %22,9'u yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %0,1'i diğer enerji kaynaklarından elde edilmiştir. (TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017, Enerji ve Tabii kaynaklar Görünümü).

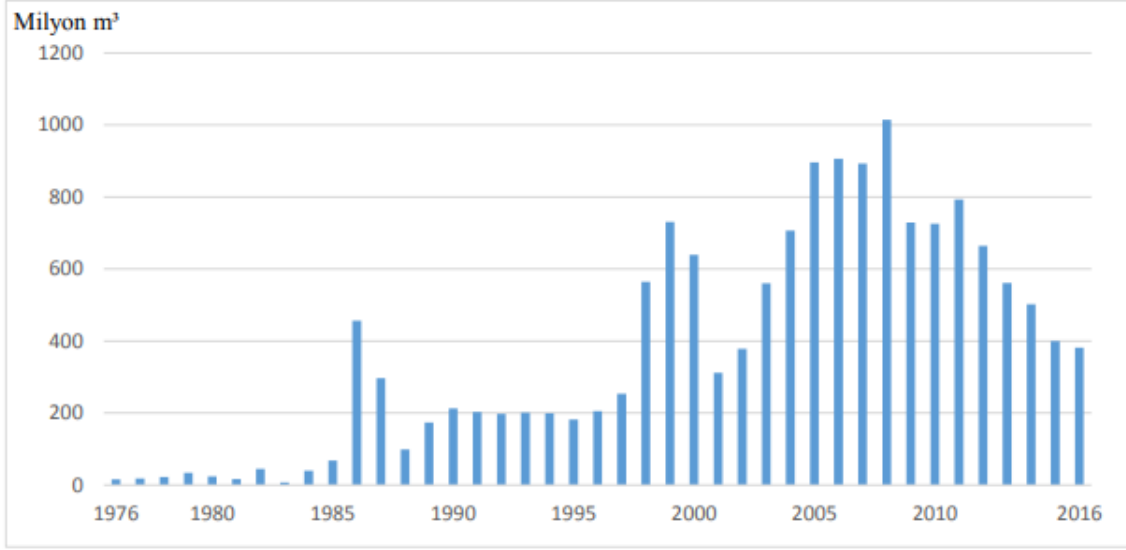
Ülkemizde ise 2017 verilerine göre elektrik enerjisi üretiminin %32'si doğal gazdan, %23'ü HES'ten, % 34'ü kömürden, %8'i yenilenebilir enerji kaynaklarından, %'i fuel oilden ve %2'lik kısımda diğer enerji kaynaklarından sağlanmaktadır.(TEİAŞ, EIGM Raporları, 2018)

Türkiye'de petrol durumuna bakıldığında ise 2016 yılı verilerine göre 2,5 milyon ton üretim gerçekleşirken bu üretimde ham petrol rezervinin 7,167 milyar varil olduğu ve ithal edilen petrolünde 25,1 milyon ton olduğu bilinmektedir.(Türkiye Petrolleri, Mayıs 2017)



Şekil 7. Yıllar itibariyle Türkiye ham petrol üretimi (mapeg.gov.tr)

Dünyadaki petrol rezervi Tablo 15'te görüldüğü gibi 2015 yılı için 239 milyar tonken 2016 yılı için 1,655 trilyon varil, 2017 yılı içinde 1,696 trilyon varile yükselmiştir. Bu rezervlerde en büyük pay ise 302,81 milyar ile Venezuela'ya aittir.(ETKB,2016 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, ilgili ve ilişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri)

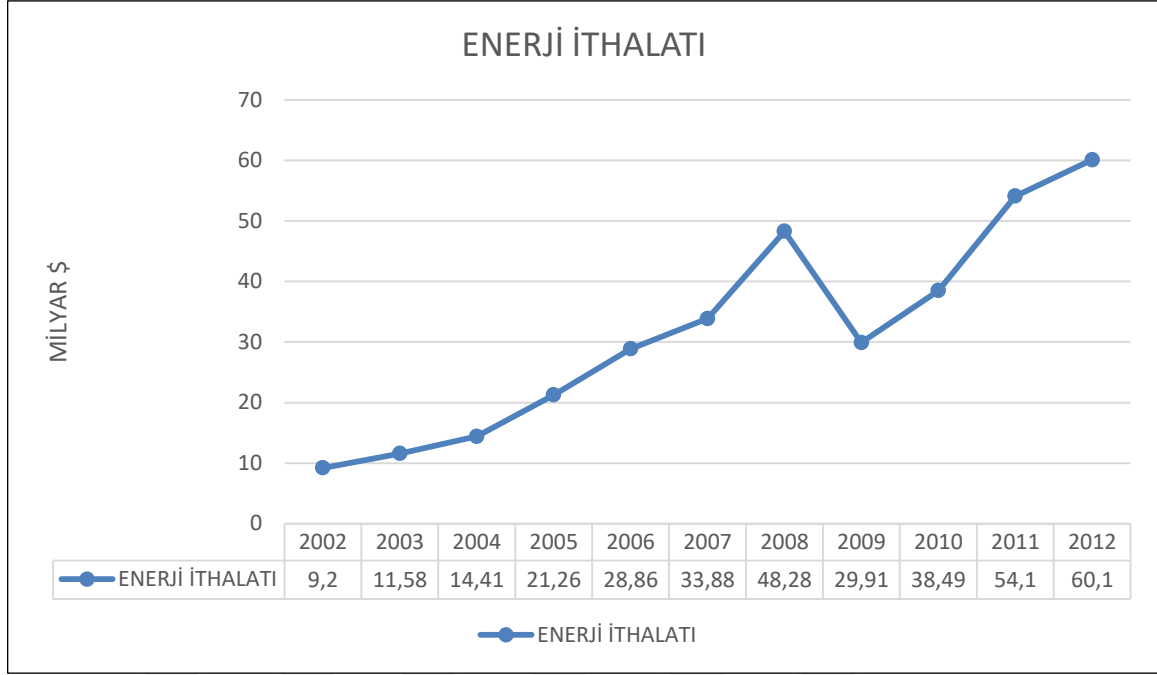


Şekil 8. Yıllar itibariyle Türkiye doğalgaz üretimi

Dünya petrol rezerv miktarında 2011 yılında 44,8 yıl iken %7,7'lik bir artış gerçekleştirerek 2012 yılında 48,8 yıla yükselmiştir. Aynı oranda artmayan petrol üretiminin de rezerv ömrünün artmasında etkisi olmuştur. (IEA Oil Market Report, 2013).

Oil and Gas Journal verilerine göre 2011 yılında 191 trilyon m³ olan doğalgaz rezerv miktarı, 2012 yılında düşük bir azalışla 190,2 trilyon m³ olarak tahmin edilmektedir. 2016 yılı verilerine göre de doğal gaz rezervi 156,9 trilyon iken 2017 yılında artış göstererek 193,5 trilyon m³ olduğu bilinmektedir. Türkiye'de doğal gaz üretimine bakıldığında 2014 yılında 502 milyon m³ iken 2015'te 399 milyon m³ olarak azalış gösterdiği görülmektedir. Aynı yıl ithal edilen doğal gaz miktarı da 48.400 milyon m³ olarak kayıtlara geçmiştir (EÜAŞ, 2017 Elektrik Üretim Sektör Raporu).

Türkiye enerji ihtiyacının çoğunu ithal enerji türlerinden karşılamaktadır. Bu enerji tüketiminin de yaklaşık %90'ı petrol, kömür ve doğal gazdan karşılanmaktadır. TÜİK verilerine göre ithal enerji maliyetleri 2009 yılında krizin etkisiyle 29,9 milyar dolar, 2010 yılında 38,5 milyar dolar, 2012 yılında ise 60,1 milyar dolar olmuştur. Bu bilgiler ışığında 2012 yılı enerji ithalat maliyetinin bir önceki yıla göre %11 oranında artış göstermiş olduğu tespit edilmiştir.

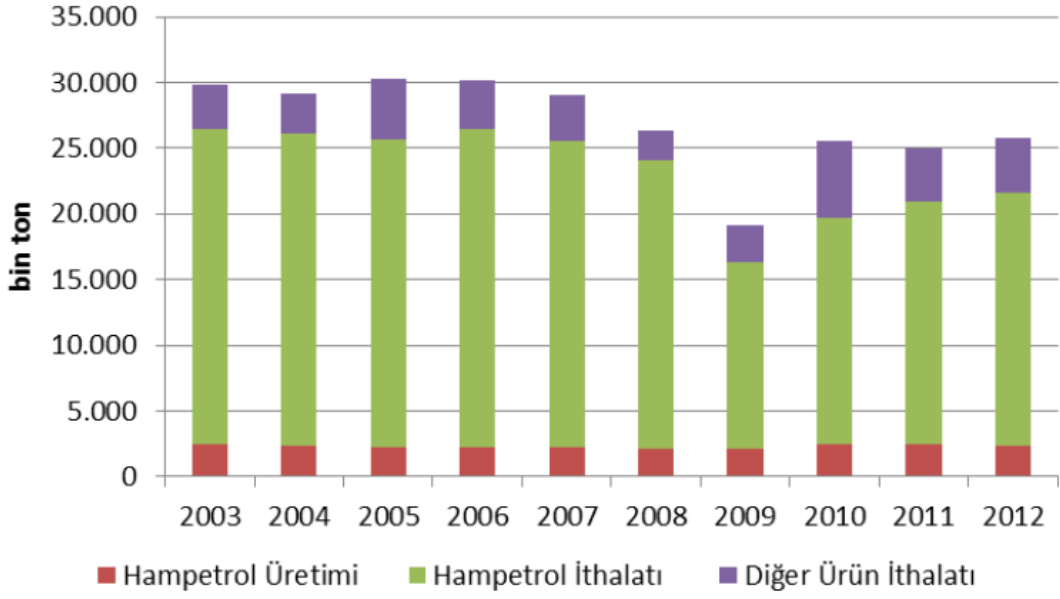


Şekil 9. Yıllar itibariyle toplam enerji ithalat maliyeti (ETKB ve TÜİK verileri).

Uluslararası Enerji Ajansının hazırlamış olduğu ve mevcut politikaların devamını öngören tahminlere göre (WEO 2012) elektrik üretiminin, 2010'da 21,408 TWh'den ortalama %2,6'lık artışlarla 2020'de 29,194 TWh'ye, 2030'da 36,492 TWh'ye ve 2035'de de 40,364 TWh'ye yükselmesi beklenmektedir. Bu rakamlar 2010-2035 döneminde %88,5'lik bir artışa işaret etmektedir. (IEA, World Energy Outlook, 2012)

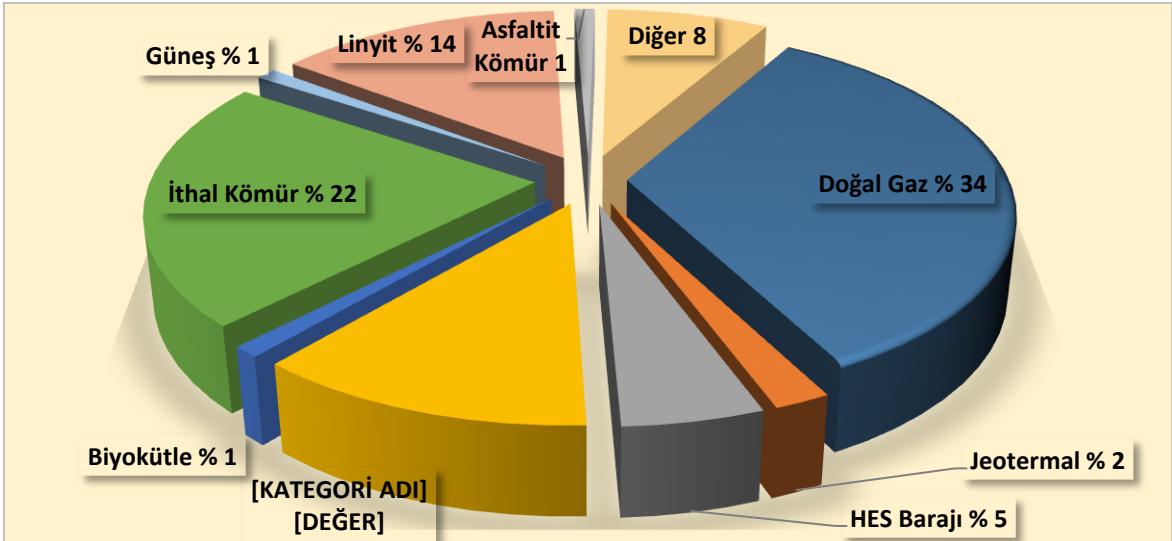
Tablo 16. Yıllara göre kişi başına enerji ve elektrik tüketimi

Ülke	Nüfus milyon	Elektrik Tüketimi (Twh)	CO2 Emisyonu milyon ton	Kişi Başı Enerji Tüketimi TEP	Kişi Başı Elektrik Tüketimi kwh
Çin	1379,2	5593	908,1	2,21	4057
Hindistan	1311,1	1126,5	2066	0,62	859,00
ABD	321,7	4128,5	4997,5	6,92	12833,25
Rusya	144,096	983,42	1543,12	5,11	6562,00
Japonya	127,141	998,7	1141,6	3,57	7865,00
Kanada	35,9	544,5	549,2	7,20	15188,00
Türkiye	79,51	209,22	317,2	1,54	2761,00
Dünya	7334	22386	32294	1,90	3052,00

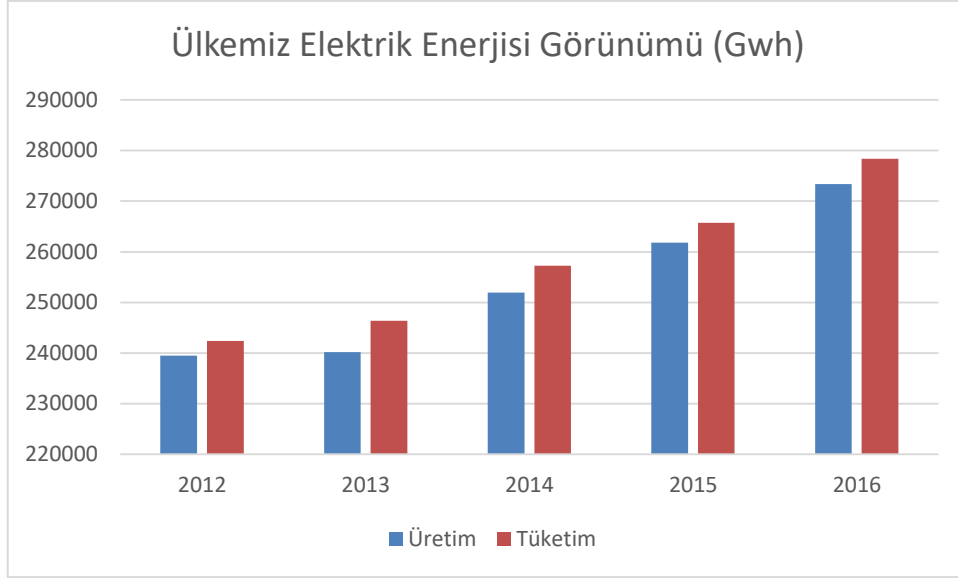


Şekil 10. Yıllar itibariyle Türkiye ham petrol arzı (TPAO 2012 Yılı Faaliyet Raporu).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) tahminlerine göre 2035 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların (petrol, doğal gaz, kömür) payları nispeten azalmakla birlikte, bu yakıtlar hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir.

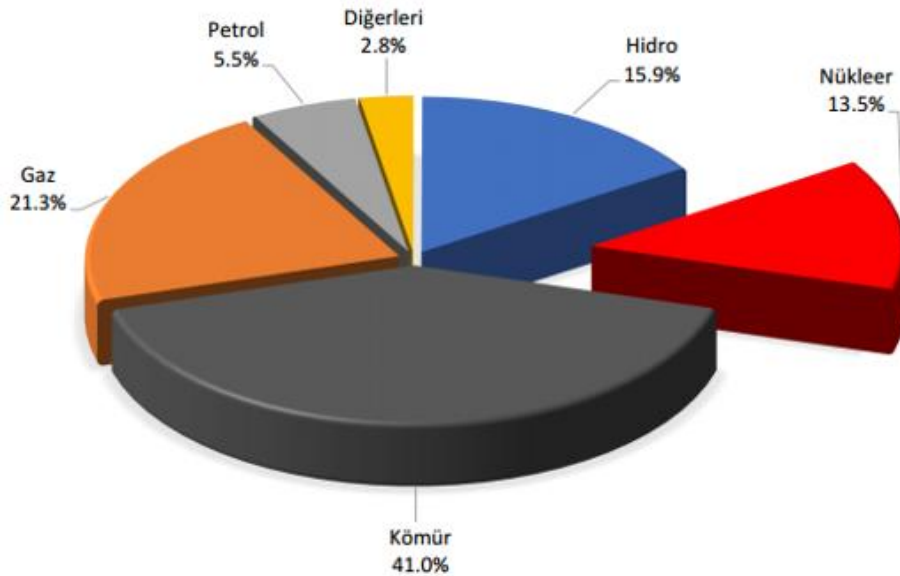


Şekil 11. 2018 yılı Ocak ayı sonu itibari ile elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (%) (Türkiye Elektrik İletim A.Ş, Elektrik İstatistikleri, 2018)



Şekil 12. Ülkemiz elektrik üretim değerleri (milyar kWh), (ETKB Sayı 15, 2017).

Ülkemizde, yüksek büyüme oranlarının sonucu olarak yıllık elektrik enerjisi tüketim artışı 2012 yılında %5,2 iken 2016 yılındaki artış oranı %4,7 olarak tespit edilmiştir. Şekil 12 de görüldüğü üzere elektrik üretim değerlerini de giderek artırarak 2012 yılında 239,5 kWh olan üretim değerinin 273,54 kWh ye yükseldiği görülmektedir.

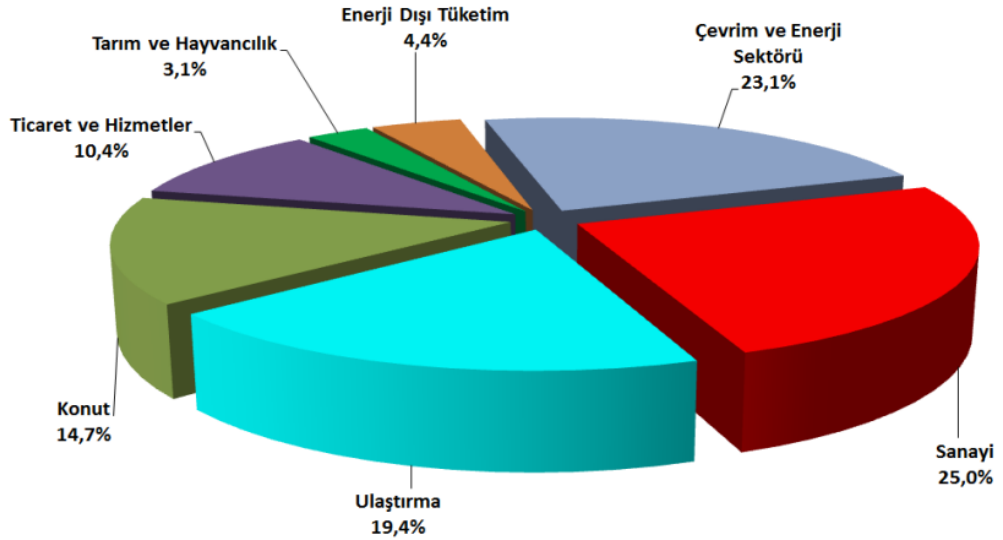


Şekil 13. Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

1.5.5. Ulaştırma Sektörünün Mevcut Durumu

2008 verilerine göre ülkemizde petrol tüketiminin %47'si ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır. Bu oranın 2030 yılında %55'e ulaşması beklenmektedir. Toplam petrol talebindeki artışın yaklaşık 2/3'ünün OECD dışı ülkelerden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminde ise ulaşım sektörünün payı %21 iken bina sektörü %34, sanayi %45 olarak verilmektedir. (EİE Genel Müdürlüğü, Enerji Çevre-Hukuki Zorluklar-Emisyon Hesaplamaları, EİE Genel Müdürlüğü Editörlüğü, EİEİ Bina Enerji Yöneticileri Eğitimi Cilt 1, 13-16, 2008).

2015 verilerine göre toplamda birincil enerji kaynaklarının tüketiminden ulaşım düşen pay %19,4'tür. Sanayi sektörü %25'lik payla ilk sırada yer alırken ulaşım sektörü kendine düşen payla üçüncü sırada yer almaktadır.



Şekil 14. Birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (Türkiye Enerji Görünümü, MMO 2015).

1.5.6. Ulaşımında Enerji Verimliliği

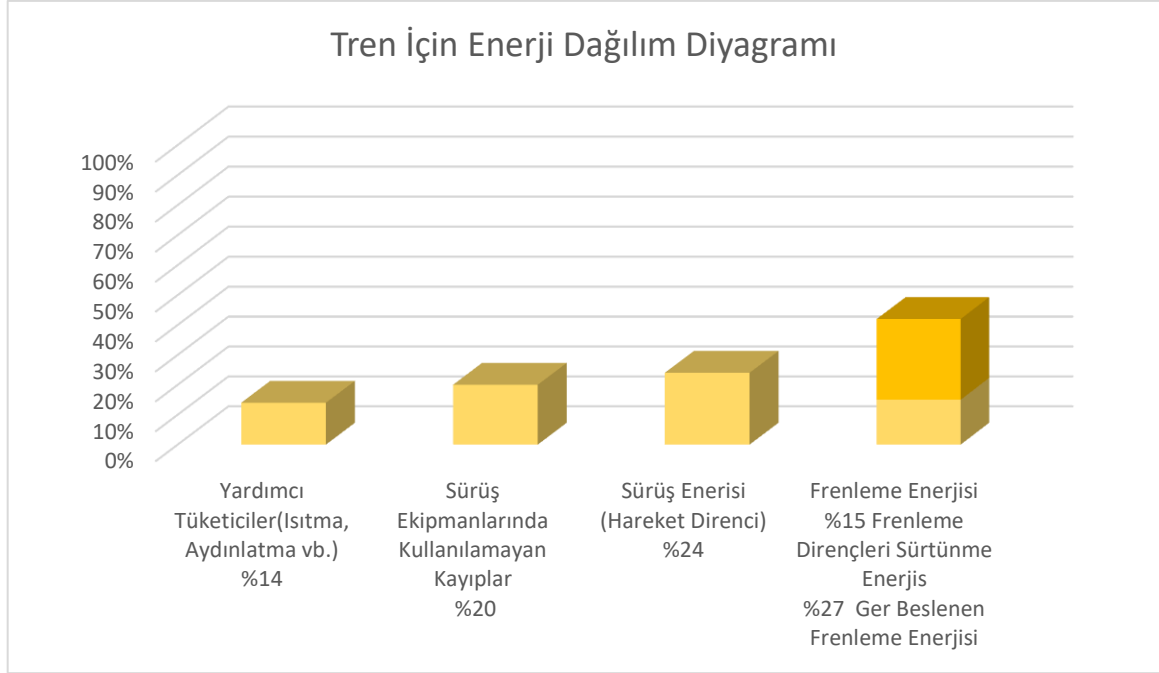
Ulaşımında verimliliğin artırılması için gerekli noktaları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- ✓ Ulaşımında temiz yakıtların kullanılmasına yönelme
- ✓ Etkin ulaşım biçimlerini kullanma

- ✓ Yakıt tüketimi az olan araçların kullanımını yaygınlaştırma
- ✓ Araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesi
- ✓ Emisyonu düşük araçların kullanımını yaygınlaştırılarak enerjinin etkin kullanılması

Bu maddeleri genel anlamda kapsayan elektrik enerjisi ile çalışan raylı sistemler enerji verimliliği noktasında da kendini ön plana çıkarmaktadır. Raylı sistemlerde enerji verimliliği günümüz dünyasında diğer taşımacılık sektörlerine kıyasla oldukça yüksektir ve bu sebeple bu alanda yapılabilecek şeyler kısıtlıdır. Fakat bununla beraber muazzam bir şekilde enerji verimliliğini artırma şekilleri de mevcuttur (Gunselmann, W., 2005). Mesela Almanya raylı taşımacılık sektöründe, yolcu taşımacılığındaki enerji tüketimini 1990-2000 yılları arasında %15 düşürmeyi başarmıştır. (Deutsche Bahn AG., Umweltbericht, 2000)

Yapılan çalışmalara göre raylı sistemlerde açığa çıkan frenleme enerjisinin hatta bulunan diğer trenler tarafından kullanıldığı veya frenleme dirençlerinde yakılarak harcadığı tespit edilmiştir. Teorik olarak hatta kullanılan toplam enerjinin tren işletme sıklığına bağlı olarak yaklaşık %40'ı frenleme enerjisinin geri kazanımından sağlanabilir. Trenlerin 3 dakika ve altında işletildiği hatlarda frenleme esnasında üretilen enerjinin neredeyse tamamının (%85 - %95) diğer trenler tarafından kullanılmakta olduğu bildirilmektedir. Sık tren işletilmeyen hatlarda enerjinin büyük kısmı dirençlerde yakılmaktadır. Bu bağlamda enerji depolama teknolojileri aracılığı ile işletme maliyetlerine ilişkin önemli ölçüde enerji kazancı gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir (UITP, "The Cost Of Energy And How To Reduce It", Lisbon, 2005).



Şekil 15. Frenleme enerjisinin kullanımı ve diğer enerji tüketimleri (H. Albert, C. Levin, E. Vietrose, G. Witte, 1995).

Ulaştırma sektörünün birincil enerji kaynaklarının tüketimindeki payı sera gazı emisyonundaki rolünü de oldukça ciddi kılmaktadır. Ulaştırma türlerine göre sera gazı emisyonu Tablo 17.'de gösterilmekte olup yıllar itibari ile değişmeyen şekilde karayolu ulaştırımcılığının ilk sırada yer aldığı bilinmektedir.

Tablo 17. Ulaştırma türüne göre sera gazı emisyonu (kiloton CO₂ eşdeğeri), (TÜİK).

Yıllar	Toplam	Havayolu	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Diğer
1990	26.969	923	24.777	721	509	39
1991	25.673	1.053	23.288	740	543	49
1992	26.366	1.118	23.871	685	638	54
1993	32.143	1.489	29.178	751	664	60
1994	30.640	1.764	27.419	768	623	65
1995	34.113	2.775	29.760	768	726	83
1996	36.271	3.048	31.628	799	699	97
1997	34.690	3.215	29.858	799	698	120
1998	32.782	3.311	27.881	740	726	124
1999	34.617	2.868	30.219	722	658	150
2000	36.465	3.099	31.850	713	623	180
2001	36.455	3.358	31.512	587	800	198
2002	36.234	2.503	32.084	612	822	213
2003	37.825	2.713	33.347	629	891	245

Tablo 17'nin devamı

Yıllar	Toplam	Havayolu	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu	Diğer
2004	42.048	4.859	35.090	629	1.228	242
2005	42.041	4.089	35.532	757	1.299	364
2006	45.424	4.512	38.370	761	1.464	317
2007	52.099	6.019	43.674	470	1.598	338
2008	48.166	5.218	40.559	499	1.543	348
2009	47.907	5.149	40.204	484	1.632	437
2010	45.392	2.862	39.941	517	1.682	390
2011	47.386	3.344	40.899	532	2.242	370
2012	62.525	3.727	56.310	492	1.614	381
2013	68.865	3.754	62.889	505	1.154	563
2014	73.559	4.090	66.967	562	1.348	593
2015	75.789	4.205	69.309	480	1.147	647
2016	81.841	4.281	75.595	374	970	621

2. MATERYAL VE YÖNTEM

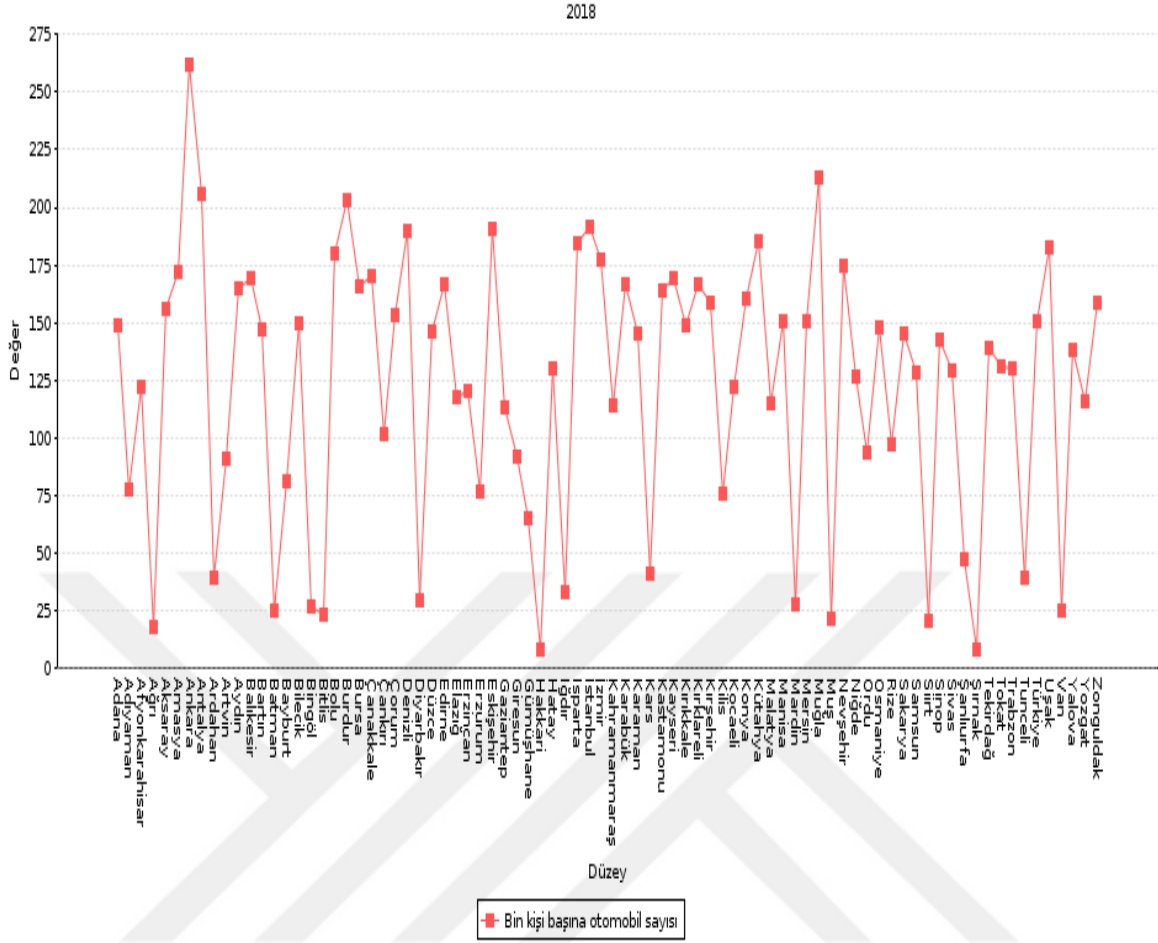
2.1. Ankara İline Genel Bakış

1923 yılında başkent ilan edilen Ankara 20.000-25.000 nüfuslu bir kasaba iken bugün 5.503.985 nüfusuyla (TÜİK, 2018) Türkiye'nin en kalabalık ikinci şehri olmuştur.

Coğrafi olarak büyük bir kısmı İç Anadolu Bölgesinde yer alırken kuzey kesimleri Batı Karadeniz Bölgesi'ndedir. Yüzölçümü olarak ülkenin üçüncü büyük ilidir. Bolu, Çankırı, Eskişehir, Kırşehir, Aksaray, Konya ve Kırıkkale illerine komşudur.

2.2. Ankara Ulaşım Sistemi ve Durumu

İl içinde karayolu, havayolu ve demiryolu ile taşımacılık yapılmaktadır. Ankara'da gelişmiş bir toplu taşıma sistemi olmasına rağmen refah seviyesinin yüksek olduğunun da bir göstergesi olarak TÜİK verilerine göre motorlu taşıt sayısında 100 kişiye 26 otomobil ile Türkiye'nin birinci ilidir.



Şekil 16. Bin kişi başına otomobil sayısı, 2018 (TÜİK).

2018 yılı bin kişi başına 262 otomobil düşen Ankara, 151 olan Türkiye değerinin üstündedir. Bu değer bakımından Ankara, Muğla ve Antalya ilk üç sırada yer alırken Hakkâri, Ağrı ve Şırnak illeri en düşük değerle son sırada yer almaktadırlar.

Tablo 18. 81 il ulaştırma göstergeleri (TÜİK, 2013).

		Toplam Motorlu Kara Taşıtı Sayısı			Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı		Onbin Araç Başına Kaza Sayısı	
			%	Sıra		Sıra		Sıra
TR	Türkiye	17.939.447	100	-	121	-	90	-
TR100	İstanbul	3.230.908	18,01	1	152	7	47	81
TR211	Tekirdağ	202.487	1,13	22	117	34	85	68
TR212	Edirne	128.568	0,72	32	128	24	59	80
TR213	Kırklareli	101.016	0,56	41	127	25	76	78
TR221	Balıkesir	377.012	2,1	13	134	18	92	61

Tablo 18'in devamı

		Toplam Motorlu Kara Taşıtı Sayısı			Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı		Onbin Araç Başına Kaza Sayısı	
			%	Sıra		Sıra		Sıra
TR222	Çanakkale	174.991	0,98	25	129	23	82	73
TR310	İzmir	1.103.176	6,15	3	144	12	88	66
TR321	Aydın	343.552	1,92	14	133	19	82	72
TR322	Denizli	318.461	1,78	15	152	6	92	60
TR323	Muğla	384.148	2,14	12	177	2	99	55
TR331	Manisa	479.962	2,68	9	122	29	83	71
TR332	Afyonkarahisar	178.251	0,99	23	95	48	100	53
TR333	Kütahya	174.431	0,97	26	149	9	74	79
TR334	Uşak	108.680	0,61	38	146	11	99	54
TR411	Bursa	642.836	3,58	5	124	27	86	67
TR412	Eskişehir	221.240	1,23	20	157	5	88	65
TR413	Bilecik	52.669	0,29	59	113	39	104	47
TR421	Kocaeli	294.640	1,64	16	99	44	111	38
TR422	Sakarya	211.628	1,18	21	112	40	118	32
TR423	Düzce	82.962	0,46	49	114	38	126	27
TR424	Bolu	91.298	0,51	46	148	10	96	57
TR425	Yalova	44.793	0,25	63	109	41	135	22
TR510	Ankara	1.509.632	8,42	2	217	1	79	76
TR521	Konya	581.064	3,24	6	130	21	111	39
TR522	Karaman	76.294	0,43	52	121	30	104	49
TR611	Antalya	833.281	4,64	4	170	3	85	69
TR612	Isparta	143.157	0,8	28	151	8	103	50
TR613	Burdur	111.026	0,62	37	170	4	82	74
TR621	Adana	535.149	2,98	7	117	35	91	62
TR622	Mersin	484.893	2,7	8	116	36	111	37
TR631	Hatay	393.217	2,19	11	102	42	84	70

Ankara modern bir karayolu ağına sahiptir. O-20 çevre yolu ile şehirlerarası trafik akışı sağlanırken bu karayolunun başkenti çevrelemesiyle şehir içi trafiği aksatmasının önüne geçilmiştir. O-20 diğer otoyolları ile bağlantısıyla Ankara'yı diğer il ve ülkelere bağlar. Ülkenin doğusu ile batısının ayrıldığı nokta olarak bilinen TCDD Ankara Garı tren giriş çıkışlarında önemli bir noktadır. Ülkenin pek çok yerine buradan seferler düzenlenir.

Ankara şehir içi toplu taşımada büyük rol oynayan raylı sistemler 2019 yılı verilerine göre mevcutta 64,361 km hat uzunluğu ile hizmet vermekte olup 4,088 km lik kısımda yapım aşamasındadır. (EGO, 2019)

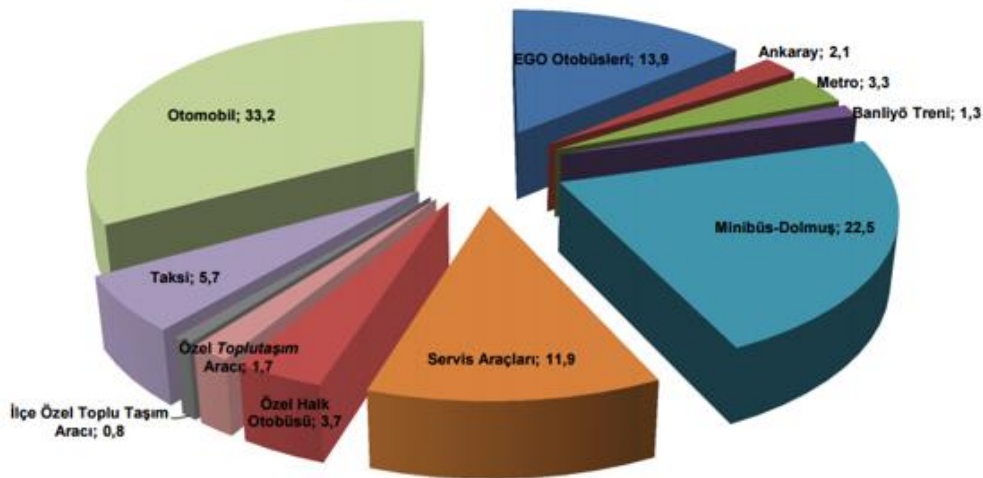
Tablo 19. Yol uzunlukları 2009-2013 (TÜİK).

		İl ve Devlet Yolu	Otoyol	Köy Yolu	(Km)
					Demir Yolu
TR Türkiye	2009	62.219	2.036	298.405	9.080
	2010	62.785	2.080	302.398	9.594
	2011	62.930	2.119	305.227	9.642
	2012	63.255	2.127	320.366	9.642
	2013	63.496	2.127	323.043	9.718
TR510 Ankara	2009	1.663	198	5.399	479
	2010	1.659	198	5.414	653
	2011	1.658	198	5.414	653
	2012	1.658	198	7.800	653
	2013	1.657	198	8.004	653

Ankara’da il ve devlet yol uzunluğu 2009 yılından itibaren artarak 1657 km’ye, demiryolu uzunluğu ise 2010 yılında ciddi bir artışla 653 km’ye yükselmiştir.

Kent içi ulaşımda ise taşımacılık yoğun olarak metro ile yapılmaktadır. Bunun yanında kullanılan toplu taşıma türleri minibus, otobüs, kamu kuruluşları ve okullar tarafından kullanılan servis araçlarıdır. Şehirde metro ve Ankaray olarak iki ayrı raylı sistem mevcuttur. Ankaray metroya göre hafif raylı bir sistemdir. Ayrıca Kayaş-Sincan arasında uzanan banliyö treni ile de yolcu taşımacılığı yapılmaktadır.

Ankara gelişim sürecinde kent içi ulaşım konusunda sıkıntılar yaşamıştır. Bu sıkıntılara çözüm bulmak amaçlı zaman zaman planlama çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 17. Ankara’da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı (%) Aralık 2014 (www.ego.gov.tr/).

2.2.1. Ankara Ulaşım Planlaması Çalışmaları

Ankara raylı toplu taşıma sistemi ve ulaşım etüdü konusunda bugüne kadar yapılan dört çalışma bulunmaktadır.

1930 yılında Prof. Herman Jansen Ankara için bir imar planı hazırlamıştır. Üniversite, hastane ve park alanları bu dönemde oluşturulmuştur. Ancak nüfus beklenenin üzerinde artış göstermiş ve gecekondulaşma sorunu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle Jansen'in planı uygulamaya konulamamıştır. 1957 yılında Raşit Uybadin –Nihat Yücel Ankara için yeni bir plan hazırlamıştır. Bu plana göre 2000 yılında şehir nüfusunun 750.000 olması öngörülmüştür. Ancak yine tahminlerin aksine hızla artan nüfusla bu rakama 1965'ten önce ulaşılmıştır (Kancabaş, E.S., 1998).

Nüfusun hızla artması, Ankara'nın tek merkezli bir şehir olması, gecekondulaşma, eski yerleşim alanlarının çokluğu yeni planlar yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Hem yeni planlar hazırlamak hem de belediye ve Ankara İmar Müdürlüğü arasındaki bağlantıyı güçlendirmek maksatlı 1969 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı bünyesinde Ankara Metropolitan Alan Nazım Plan Bürosu (AMANPB) kurulmuştur. AMANPB 20 yıllık bir plan hazırlamış ve bu plan 1982 yılında kabul edilmiştir. Bu planlama, nüfus tahmininin tutarlı olması ve sorunları doğru saptamasıyla öne çıkmıştır.

1970'li yıllar ulaşım sorunlarının ciddi anlamda boy gösterdiği yıllar olup bu dönemde planlama çalışmalarına önem verilmiştir.

Nüfusu hızla artan Ankara 1970 yılında kent içi ulaşımında sorunlar yaşamaya başlamıştır. 1969 yılında EGO tarafından 140 otobüs alınmış ve geçici olarak ulaşım arzına cevap verilemesi sağlanmıştır. Ancak ilerleyen yıllarda toplu taşıma araçlarının alımının sürdürülememesi ve özel sektörün ulaştırma sistemlerine yatırımı yetersiz kalması sonucu ulaşım talebine cevap vermek zorlaşmıştır. Kamu kuruluşları hizmet binalarını kent merkezinden uzakta seçerek yeni bir ulaşım sisteminin ortaya çıkmasına sebep olmuşlardır. Servis hizmetiyle personeline ulaşım hizmeti verilmesi ulaştırma sistemindeki taşıt sayısının artmasında rol oynamıştır. Bununla beraber yerli otomobil fabrikalarının üretime geçmesi de taşıt sayısının artmasını etkilemiştir. 1975 yılında özel araçlarla toplu taşıma araçlarının yolculuk oranı hemen hemen aynı seviyeye gelmiştir.(ABB, EGO Yolcu Taşımacılığı).

Ankara'da kişi başına günlük yolculuk üretimi 1,96'dır. Ankara'da bir iş günü içerisinde ortalama 4 milyonu aşan şehir içi yolculuk yapılmaktadır. Bu yolculukların

yaklaşık olarak 750 bini EGO'ya ait otobüslerle, 200 bini özel halk otobüsleriyle, 900 bini minibüslerle, geriye kalan yolculuklar ise servis araçları, taksiler, özel araçlar, banliyö, Metro ve Ankaray ile yapılmaktadır.

Tablo 20. Ankara'da iş gününde yapılan yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı Aralık 2014 (www.ego.gov.tr/).

Türler	Araç Sayısı	Taşınan Yolcu Sayısı	Yolcu Genel %	Yolcu Toplulaşım %
EGO Otobüsleri	1973	727.586	15,5	26,8
Ankaray	11 dizi 3'lü	109.942	2,3	4,0
Metro	18 dizi 6'lı	129.246	2,7	4,8
Banliyö Treni		34.000	0,7	1,3
Minibüs-Dolmuş	2231	981.200	20,9	36,1
Servis Araçları	6,283	414.351	8,8	15,3
Özel Halk Otobüsü	199	190.000	4,0	7,0
Özel Toplulaşım Aracı	222	88.800	1,9	3,3
İlçe Özel Toplu Taşım Aracı	269	40.320	0,9	1,5
Toplulaşım Toplam		2.715.445	57,7	100,0
Taksi	7.701	290.000	6,2	
Otomobil	850.000	1.700.000	36,1	
Özel Taşıma Toplamı	857.700	1.990.000	42,3	
GENEL TOPLAM		4.705.445	100,0	

Tablo 21. Aylara göre taşınan yolcu sayısı (EGO Genel Müdürlüğü).

AYLAR	ORTALAMALAR	TAŞINAN YOLCU
OCAK	Günlük Ortalama	704.271
	Aylık Toplam	21.832.389
ŞUBAT	Günlük Ortalama	701.982
	Aylık Toplam	19.655.486
MART	Günlük Ortalama	664.866
	Aylık Toplam	20.610.835
NİSAN	Günlük Ortalama	716.245
	Aylık Toplam	21.487.350
MAYIS	Günlük Ortalama	667.250
	Aylık Toplam	20.684.747
HAZİRAN	Günlük Ortalama	578.759
	Aylık Toplam	17.362.777
TEMMUZ	Günlük Ortalama	555.441
	Aylık Toplam	17.218.666

Tablo 21'nin devamı

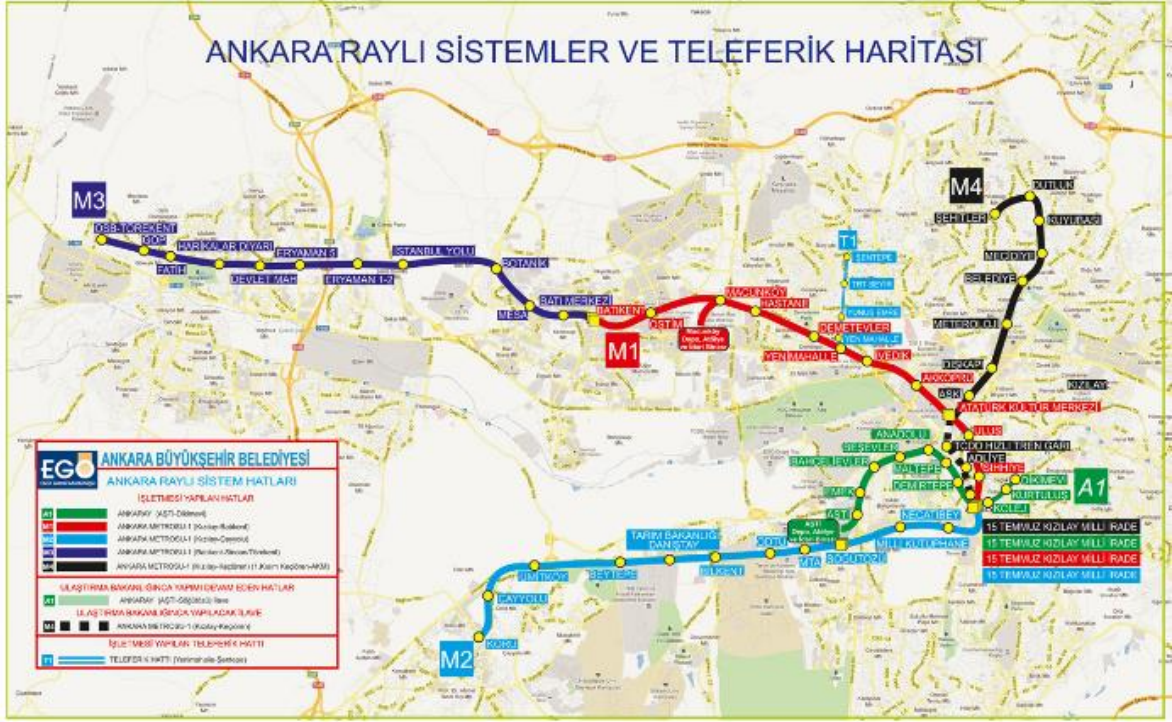
AYLAR	ORTALAMALAR	TAŞINAN YOLCU
AĞUSTOS	Günlük Ortalama	490.378
	Aylık Toplam	15.201.709
EYLÜL	Günlük Ortalama	595.285
	Aylık Toplam	17.858.557
EKİM	Günlük Ortalama	569.661
	Aylık Toplam	17.659.498
KASIM	Günlük Ortalama	652.011
	Aylık Toplam	19.560.340
ARALIK	Günlük Ortalama	667.310
	Aylık Toplam	20.686.608
GENEL TOPLAM		229.818.962

Tablo 22. Kullanılan yakıt türüne göre motorlu kara taşıt sayısı, 2009-2013 (TÜİK).

		Genel Toplam	Benzin	Dizel	LPG	Bilinmiyor
TR Türkiye	2009	14.316.700	5.887.559	5.654.350	2.592.695	182.096
	2010	15.095.603	5.762.156	6.195.898	2.973.832	163.717
	2011	16.089.528	5.709.606	6.899.420	3.335.566	144.936
	2012	17.033.413	5.722.940	7.549.806	3.649.739	110.928
	2013	17.939.447	5.733.725	8.169.410	3.934.753	101.559
TR510 Ankara	2009	1.234.695	432.897	417.033	368.590	16.175
	2010	1.285.661	401.435	458.738	412.782	12.706
	2011	1.367.427	380.367	520.533	456.457	10.070
	2012	1.436.349	369.263	575.637	488.109	3.340
	2013	1.509.632	361.846	627.986	516.913	2.887

2.2.2. Ankara Raylı Sistem Hat Harita ve Şemaları

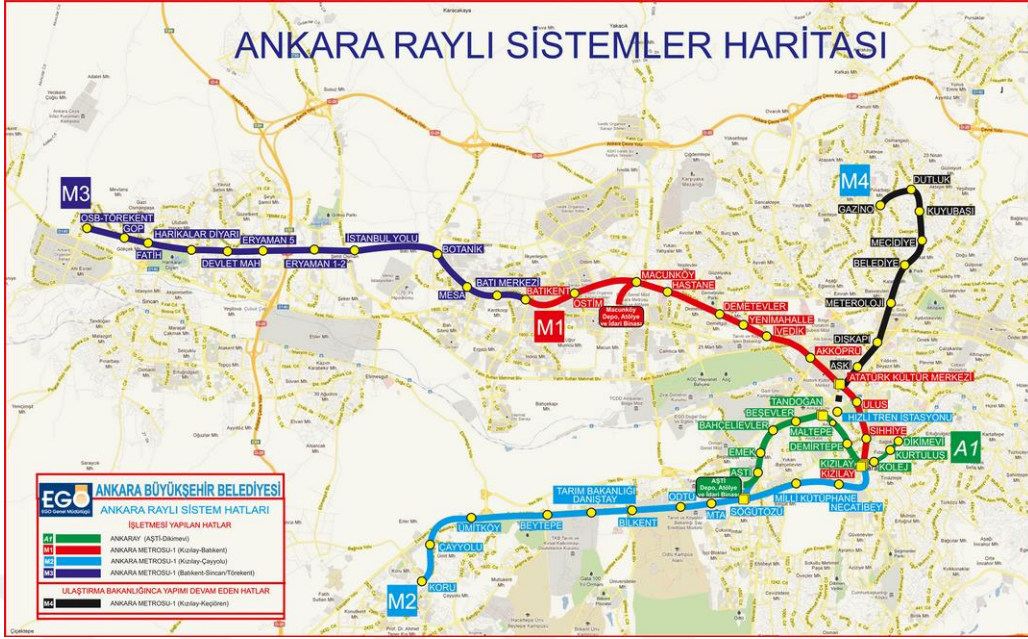
Metro kent içi ulaşımında en yoğun taşımacılık yapılan sistemdir. Ankara metrosu EGO Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. İstatistiklere göre günde ortalama 150.000 yolcu taşıdığı tespit edilmiştir. Ankara'da raylı sistemler bünyesinde mevcutta metro ve Ankaray adı ile iki taşıma sistemi hizmet vermektedir. Ankaray, Metroya göre daha hafif bir raylı sistemdir. Şu an işletilen dört adet metro ağı bir adet Ankaray vardır. Bir adet metro ağı ile Ankaray ağı inşaatı devam ederken yeni bir metro ağının da planlaması yapılmıştır.



Şekil 18. Ankara raylı sistemler ve teleferik haritası (ABB, EGO Genel Müdürlüğü, 2019).

2.2.2.1. İşletilen Raylı Sistem Hatları

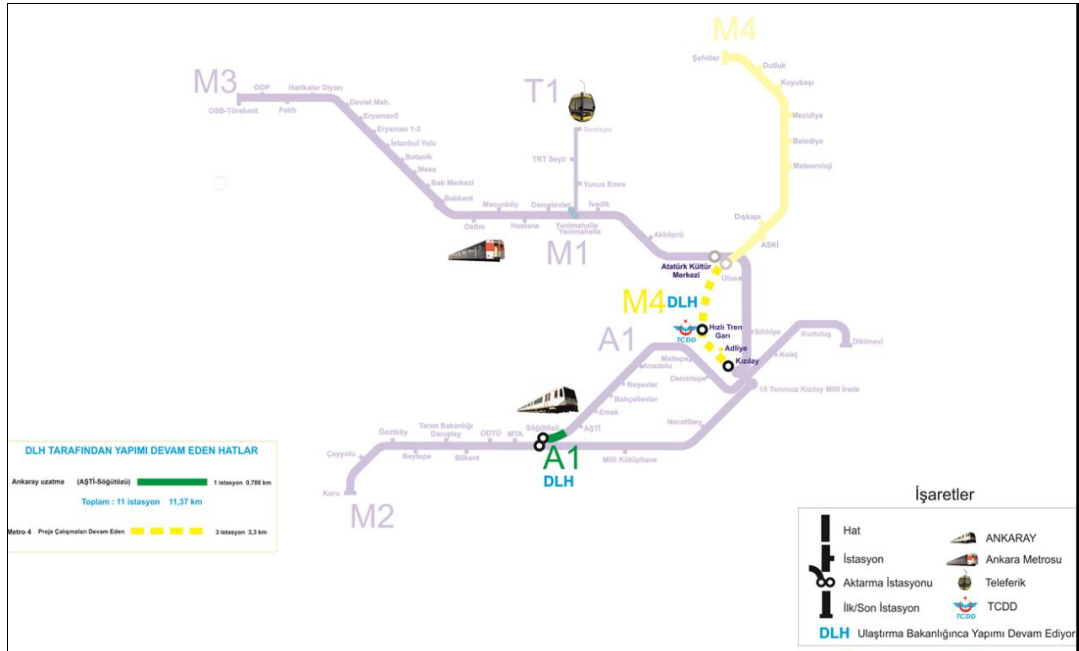
- (A1) Ankaray Raylı Sistem (Dikimevi - Aşti) 8,527 km Hat, 11 İstasyon
- (M1) Ankara Metrosu-1 (Kızılay - Batıkent) 14,661 km Hat, 12 İstasyon
- (M2) Ankara Metrosu-2 (Kızılay - Çayyolu) 16,590 km Hat, 11 İstasyon
- (M3) Ankara Metrosu-3 (Batıkent-Sincan / Törekent) 15,360 km Hat, 11 İstasyon
- (M4) Ankara Metrosu-4 (Keçiören-AKM-Kızılay) 9,223 km Hat, 9 İstasyon



Şekil 19. İşletilmekte olan raylı sistem hatları

2.2.2.2. Yapımı Devam Eden Raylı Sistem Hatları

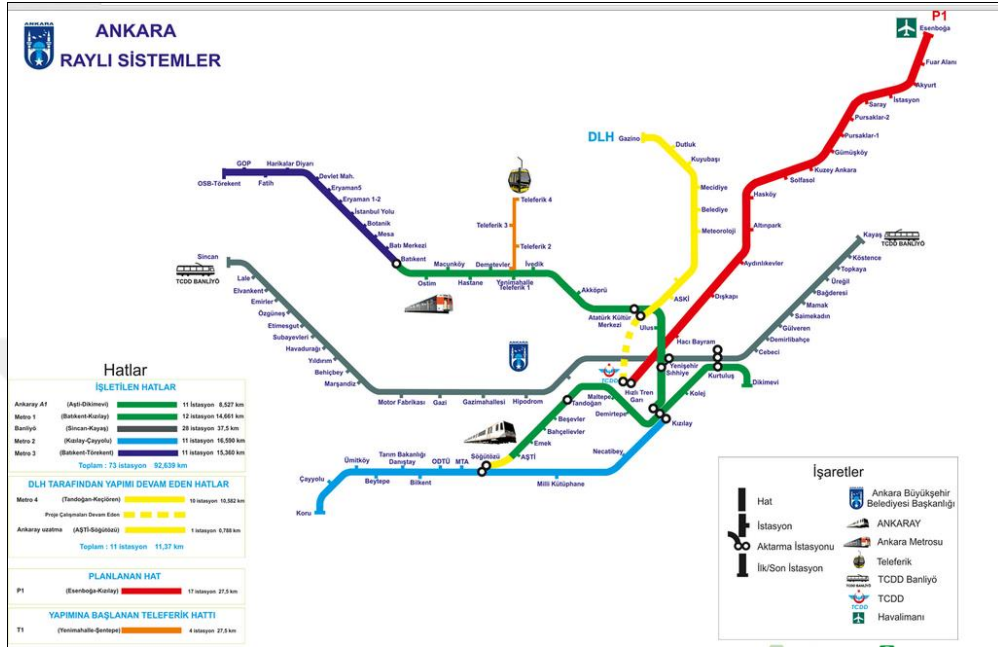
Ankara Metrosu-4 (M4) AKM – Kızılay hattı ek 3,3 km. ve 3 istasyon yapım çalışmaları ile A1 hattı ek 0,788 km ve 1 istasyon yapım çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 20. Yapımı devam eden raylı sistem hatları

2.2.2.3. Planlanan Raylı Sistem Hattı

Ankara Metrosu-5 Esenboğa-Kızılay hattı



Şekil 21. Yapımı planlanan raylı sistem hatları

2.3. Çayyolu Bölgesinin Tanımlanması

Çayyolu, Ankara'nın güneybatı koridorunda, merkeze 20 km, Yenimahalle ilçesine 21 km uzaklıkta 9 mahalleden oluşan, Yenimahalle'ye bağlı bir yerleşimdir. Ankara'da batıya doğru kentleşmesinin artmasıyla Ümitköy-Çayyolu güzergâhı nüfus artışı bakımından diğer yerlere göre daha yüksek bir orana sahip olmuştur. Genellikle yüksek gelir grubu insanların tercih ettiği Çayyolu, yeni yapılan lüks konutlar ve villa tipi evleriyle öne çıkmaktadır.

2.3.1. Bölgedeki Mevcut Alt Yapı ve Toplu Taşıma

Nüfusunun hızla artmakta olduğu Çayyolu bölgesinin nitelikli bir toplu taşıma ihtiyacı olduğu çok açıktır. Bununla birlikte, mevcut hat ve güzergâhlarda yaşanan bazı sıkıntılar, yeni bir düzenleme yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Çayyolu bölgesine, EGO Genel Müdürlüğü tarafından 44'ü Çayyolu Hareket Memurluğu'na, 14'ü de Türkkonut Hareket Memurluğu'na tahsis edilen toplam 58 tane belediye otobüsü hizmet vermekteydi.

Gerek yöre halkının şikâyetleri, gerekse elimizdeki sayısal veriler Çayyolu'nun toplu taşıma probleminin olduğunu açıkça göstermektedir. Otobüs saatlerindeki aksaklıklar, sefer sıklığının yetersiz olması ve EGO otobüsleriyle sorun yaşayan yolcuların, ÖHO ve dolmuş gibi diğer toplu taşıma türlerine yönelmesi yaşanan en büyük sorunları teşkil etmekteydi. Buna ek olarak daha spesifik olacaksa da Yaşamkent hattının çok fazla yere uğrayıp, sadece bu bölge içinde çok fazla zaman harcaması insanların EGO otobüslerinden uzaklaşmasına neden olan önemli unsurlara bir örnektir.

Gerek nüfus yoğunluğu sebebiyle gerekse konumu itibari ile insanlara gerekli konforlu bir ulaştırma hizmeti sunulamaması üzerine Çayyolu –Kızılay metro hattı projesi başlatılmıştır.

Kızılay-Çayyolu Metro Hattı yapım çalışmalarına 27.09.2002 tarihinde başlanılmıştır. 16.590 metre hat ve 11 istasyondan oluşan bir güzergâh üç aşamalı olarak inşaat çalışmaları tamamlanmış ve işletmeye açılmıştır. Yapım çalışmalarının ilk kısmı Söğütözü (AŞTİ)-Ümitköy, ikinci kısmı Söğütözü-Necatibey ve son kısmı da Kızılay-Çayyolu 2 arası olarak projelendirilerek tamamlanmıştır.

2011 yılının Nisan ayına kadar bina ve inşaat işleri devam etmiştir. 25.04.2011 tarihinden sonra kalan işler Ulaştırma Bakanlığına devredilmiştir. Yeni ismiyle Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde yeni bir ihale yapılarak çalışmalara başlanmıştır. Yapılan çalışmaların 13 Mart 2014 tarihinde tamamlanması ile hat hizmete açılmıştır.

Kızılay-Çayyolu hattının Ulaştırma Bakanlığına 25.04.2011 tarihinde yapılan protokol ile devir edilmeden önceki gerçekleşen aşamaları aşağıdadır.

2.3.2. Kızılay-Çayyolu Metrosu 1.Aşama (Aşti-Ümitköy)

Kızılay-Çayyolu hattının ilk kısmı olan Söğütözü (AŞTİ)-Ümitköy istasyonları arasında 2002 yılında inşaat ve bina işlerine başlanmıştır. Söz konusu kısım 8.600 metre Metro Hattı ve 6 istasyonu bünyesinde barındırmaktadır.

2.3.3. Kızılay-Çayyolu Metro su 2. Aşama (Necatibey-Söğütözü)

Kızılay-Çayyolu hattının ikinci kısmı olan Söğütözü-Necatibey istasyonları arasında 2003 yılında çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışmalarla 3.106 metre hat ve 1 istasyondan oluşan bina ve inşaat işleri tamamlanamamış 2011 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına devredilmiştir.

2.3.4. Kızılay-Çayyolu Metro su 3. Aşama (Kızılay-Koru)

Hattın son kısmı 4.884 metre hat ve 4 istasyondan oluşan bina ve inşaat işleri çalışmalarına 2005 yılında başlanmıştır. İkinci kısım ile beraber yarım kalan işler 2011 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına devredilmiştir.

2.4. (M2) Ankara Metro su-2 (Kızılay-Çayyolu) Teknik Özellikler

Toplam hat uzunluğu 16.590 m olup 12 adet istasyondan oluşmaktadır. Bu istasyon noktaları Kızılay, Necatibey, Milli Kütüphane, Söğütözü, MTA, ODTÜ, Bilkent, Tarım Bakanlığı Danıştay, Beytepe, Ümitköy Çayyolu ve son durak Koru metro istasyonu olarak belirlenmiştir. Kızılay ve Koru metro durağı arası ulaşım süresi 25 Dakikadır. Bu durak noktaları haricinde çevre yerleşim yerlerine metro istasyonlarından kalkan ring otobüsleri ile ulaşım hizmeti de verilmektedir.

Bu güzergâh boyunca uzanan 12 istasyondan 10 tanesi aç-kapa istasyon olup, sadece Necatibey istasyonu tüneldedir. İstasyonlar arası minimum uzunluk Söğütözü-MTA arasında 803 metredir. Maksimum istasyon aralığı Beytepe-Ümitköy arasında ve 1.990 m uzunluğundadır. İstasyonlarda peron boyu 140 m, orta peron eni 11,71 m ve kenar peron eni 2×7,22 m dir.

2.4.1. Araç Özellikleri

Aracın boyu 22,784 m, eni 3,150 m ve yüksekliği 3,645 m dir. Motorlu vagonunun boş ağırlığı 32,459 kg, motorsuz vagonunun boş ağırlığı 29,148 kg. dır. Elektrik enerjisi ile hareketi sağlanan metro 3. Raydan 750 VDC ile beslenir.

Minimum dizi aralığı 90 sn ve bu dizi aralığında maksimu yolcu sayısı 66.000 yolcu/saat/yön olarak hesaplanmıştır. 2015 yılı için hatta 144 araç (24 adet 6'lı dizi) bulunmaktadır. Dizideki araç sayısı 6 adettir. Dizi kapasitesi 1650 yolcu olup bunlardan 364'ü oturan yolcudur. Metrekareye 5 kişinin düştüğü varsayılarak yapılan hesaplamalarda araç kapasitesi 275 yolcu/araç olarak bulunmuştur. Aracın ticari hızı 40 km/sa olup maksimum hızı 80 km/sa dir. Günlük 18 saat hizmet veren metro hattının doruk saatleri sabah 7-9 arası, akşam ise 17-19 arasındır.

Sistemde 2015 yılı yolcu sayısı dizi aralığı 5 dk iken 356.400 yolcu/gün dür. 2015 yılı doruk saatlerde yolcu sayısı dizi aralığı 120 sn iken 891.000 yolcu/gün olarak hesaplanmıştır. Maksimum yolcu sayısı dizi aralığı 90 sn iken 1.888.000 yolcu/gün dür. Tek yöndeki maksimum yolcu sayısı da 66.000 yolcu/saat/yön dür.

Tablo 23. (M2) Kızılay-Çayyolu Metro işletmesi 2014 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 2				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK					
ŞUBAT					
MART					
NİSAN	48.493	41.184			89.677
MAYIS	110.319	113.185			223.504
HAZİRAN	156.370	124.780			281.150
TEMMUZ	213.680	105.206	11.664	30.321	360.871
AĞUSTOS	384.645	154.460	22.527	57.484	619.116
EYLÜL	905.947	488.539	48.342	152.407	1.595.235
EKİM	856.586	676.854	39.244	160.771	1.733.455
KASIM	896.764	750.351	37.343	181.928	1.866.386
ARALIK	962.930	810.149	40.971	198.174	2.012.224
TOPLAM	4.535.734	3.264.708	200.091	781.085	8.781.618
AYLIK ORTALAMA	503.970	362.745	33.349	130.181	975.735
GÜNLÜK ORTALAMA	16.494	11.872	1.087	4.245	31.933
SAATLİK ORTALAMA	916	660	60	236	1.774

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 24. (M2) Kızılay-Çayyolu Metrosu gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %’si
OCAK					
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN	3.484	3.483	1,00	115.565,94	%99,97
TEMMUZ	3.589	3.587	2,00	119.016,66	%99,94
AĞUSTOS	3.788	2.867	921,0	95.127,06	%75,69
EYLÜL	4.073	3.685	388,0	122.268,30	%90,47
EKİM	4.338	3.744	594,00	124.225,92	%86,31
KASIM	4.145	3.893	252,00	129.169,74	%93,92
ARALIK	4.478	4.122	356,00	136.767,96	%92,05
TOPLAM	27.895	25.381	2.514	842.141,58	%90,99
AYLIK ORTALAMA	3.985	3.626	359	120.305,94	%90,99
GÜNLÜK ORTALAMA	130	119	12	3.935	%90,99

Aynı zamandan 2014 yılında faaliyete giren Kızılay-Çayyolu metrosunun bölgeye kattığı faydaları göstermek adına aynı güzergâhın (başlangıç bitiş noktaları aynı seçilmiştir) karayolu ve raylı sistem taşımacılığının ayrı ayrı kullanılması durumundaki değişkenler tespit edilmiştir. Karayolu ile taşınan yolcunun ulaşım maliyeti ve raylı sistem ile taşınan yolcunun ulaşım maliyetleri hesaplanarak kıyaslama yapılmıştır. Karayolunda CNG (Compressed Natural Gas) ve dizel yakıt tüketen otobüsler ile elektrik enerji ile çalışan metronun günlük ulaşım bedelleri hesaplanmıştır. İlk olarak günlük belirlenen iki nokta arası karayolu ve raylı sistem taşımacılığında kilometre cinsinden mesafe ve taşıtların kilometrede tükettikleri yakıt miktarı belirlendi. Daha sonra belediyeden alınan verilere göre ortalama karayolu ve raylı sistemlerde taşınan yolcu sayıları tespit edildi. Yakıt olarak kullanılan elektrik, dizel ve CNG birim fiyatları da saptanarak tüketilen enerji maliyeti hesaplandı. Toplamda tüketilen enerjiyi toplamda taşınan yolcu sayısına bölerek ortalama bir kişi için harcanan ulaşım bedeli raylı sistemler ve karayolu taşımacılığı için ayrı ayrı hesaplandı.

2.5. Kızılay-Çayyolu Hattı Karayolu ve Raylı Sistem Taşıma Maliyetleri

Bu bölümde Kızılay- Çayyolu metro güzergâhı üzerinde seyreden karayolu toplu taşıma aracı ile raylı sistemlerin günlük kişi başı taşıma bedelleri hesaplanarak kıyaslama yapılmıştır.

2.5.1. Karayolu ile Taşıma Maliyeti Hesaplanması

Hat boyunca 163-3 Konutkent-Ümitköy- Kızılay özel halk otobüsü hizmet vermektedir.

Kalkış yeri: Konutkent

Variş yeri: Kızılay

Mesafe: 50660 m

Süre 95dk

Buradaki otobüslerin %80 doğalgazlı (CNG) olup, tüketimi km başına 0,6 m³; % 20'lik kısımdaki otobüs yakıtları ise dizeldir ve tüketimi km başına 0,33 lt. olarak belirlenmiştir.

Bu güzergâh boyunca toplamda 30,396 m³ cng ya da 16,718 lt dizel tüketilmektedir

- Cng'nin m³ fiyatı (2015) 2.242 tl (1.90+ kdv) olup tek yönlü sefer boyunca ulaşım bedeli;

$$30,396 * 2,242 = 68,148 \text{ tl}$$

- Dizelin lt fiyatı 3.84 tl (EPDK 2015 7. Ay) olup tek yönlü sefer boyunca ulaşım bedeli;

$$16,718 * 3,84 = 64,197 \text{ tl}$$

olarak hesaplanır.

Bu güzergâh boyunca günde ortalama 66 sefer yapılmakta ve tek seferde yaklaşık 120 yolcu taşınmaktadır. Günde ortalama (66*120) 7.920 kişiye ulaşım hizmeti verilmektedir.

Cng li araçlar için günlük 7920 kişi için ulaşım bedeli;

$$68,148 * 66 = 4497,768 \text{ tl}$$

Kişi başı ulaşım bedeli günlük ortalama 0,568 tl oluyor.

Dizel araçlar için günlük 7920 kişi için ulaşım bedeli;

$$64,197 * 66 = 4.237,002 \text{ tl}$$

Kişi başı günlük ortalama ulaşım bedeli 0,535 tl olarak günlük kişi başı taşıma bedelleri hesaplanır.

2.5.2. Raylı Sistem ile Taşıma Maliyeti Hesaplanması

Aynı güzergâha raylı sistem ve ring servisi ile (raylı sistem +karayolu) ulaşım bedeli ise şu şekilde hesaplanmıştır.

RAYLI SİSTEM	KARA YOLU
Metro hattı Kızılay-Çayyolu	119 nolu Kuru Metrosu Korukent Hattı
Kalkış yeri: Kızılay	Kalkış yeri: Kuru metrosu
Variş yeri: Kuru	Variş yeri: Konutkent
Mesafe:16.590 m	Mesafe:6718 m
Süre:25 dk.	Süre:20 dk.

Bu güzergâh boyunca metro elektrikle çalışıyor ve km de sarf ettiği enerji 21,4 kWh olup toplamda 355,026 kWh elektrik enerjisi tüketiyor. Elektrığın birim fiyatı (sanayi) 23,4 kuruş olup tek yönlü sefer boyunca ulaşım bedeli $0,234 \times 355,026 = 83,07$ tl olarak hesaplanıyor.

Aynı işlemler karayolu hattı boyunca yapılacak olursa, otobüsler bu güzergâh boyunca toplamda 2,22 lt dizel yakıt tüketmektedir. Dizelin lt fiyatı 3,84 tl olup tek yönlü sefer boyunca ulaşım bedeli $3,84 \times 2,22 = 8,52$ tl olmaktadır.

Toplam maliyet $83,07 + 8,52 = 91,59$ tl olur.

Bu güzergâh boyunca günde ortalama 112 sefer yapılmakta ve tek seferde yaklaşık 73.475 yolcu taşınmaktadır. Günde ortalama 73.475 kişiye ulaşım hizmeti verilmektedir.

Günlük 73475 kişi için ulaşım bedeli;

$112 \times 91,59 = 10.258,08$ tl olur.

Kişi başı ulaşım bedeli günlük ortalama= 0,139 tl oluyor.

Yaptığımız işlemler sonucunda raylı sistemlerde taşıma bedeli 0,139 tl gün/kişi olurken aynı taşıma hizmeti karayollarında 0,535 tl ya da 0,568 tl gün/kişi olarak hesaplanmıştır. Bir kişinin taşıma bedeli arasında yaklaşık 4 katı kadar maliyet farkının da olması raylı sistemlerin sadece konfor, hız ve güvenlik değil aynı zamanda ekonomik olarak da avantajlarını büyük oranda göz önüne sermektedir. Buda ülkemizde raylı sistemlere yapılması gereken yatırımların önemini bir kez daha anlatmaktadır.

2.6. Eviews Programı ile Raylı Sistemlerde Tüketilen Enerji Tahmin Modeli

Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden metronun hizmet verdiği 1998 yılından 2014 yılına kadar yıllık yolcu sayıları, sefer sayıları ve tüketilen enerji miktarları değerleri temin edilmiştir. Sefer sayıları bize araçların kat ettiği kilometre hakkında bilgi vermektedir. Örneğin hat uzunluğu 16 km olan bir metro sisteminin sefer sayısı 2 olarak belirtildiği takdirde aracın toplamda aldığı yol $2 \times 2 \times 16 = 64$ km olarak hesaplanabilmektedir. Tüketilen enerjiyi etkileyen en büyük faktörün kat edilen yol olması sebebiyle birinci bağımsız değişken olarak yol uzunluğu (sefer sayısı) alınmıştır. Tüketilen toplam enerjiden kişi başına düşen enerji miktarını belirleyerek kişi başı ulaşım hizmet maliyeti hakkında bilgi edinebilmek amaçlı da yolcu sayısı ikinci bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir. Ekonomik anlamda sorularımıza yanıt oluşturacak enerji tüketimi de bunlara bağlı değişken olarak kabul edilmiştir. Aracın bir sefer sırasında uğradığı istasyon sayısına bağlı durma kalkma esnasında tüketilen enerji miktarı da modellememizde değişken olarak tanımlanmamıştır. 2015-2016 yılları faaliyet gösteren raylı sistemlere ait yıllık yolcu sayısı, sefer sayısı, durak sayısı ve tüketilen enerji değerleri kullanılarak bunlar arasında matematiksel bir bağıntı oluşturulmaya çalışılmış ve önümüzde yıllar için değişen yolcu ve sefer sayılarına göre tüketilecek enerji tahmini yapılması hedeflenmiştir.

2.6.1. Eviews Programının Tanıtılması

Eviews, ekonometrik analizler için Windows işletim sisteminde bir istatistik paket programı olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. İlk sürümü 1994 yılında piyasaya sürülmüştür. 2019 yılında yapılan en son güncelleştirmesi ile kullanıma sunulmuştur.

Bir kısmı istatistik testlerden oluşmuş olan evIEWS ekonometride kullanılmaktadır. Eviews, çalışma tablosu ve ilişkisel veri tabanı ile istatistiksel yazılımların özelliklerini birleştiren bir programdır. Diğer yazılımlarla da kolaylıkla uyum sağlayabilmektedir. Genel istatistiksel analizler için kullanılmasının yanında regresyon analizleri, ekonometrik analizler içinde kullanılır. Bunun yanında zaman serisi ve yatay kesit analizi yapılabilmektedir.

Eviews ile yapılan analizler aşağıda sıralanmıştır.

- Klasik en küçük kareler yöntemi ile regresyon çözümlenmeleri ve katsayılarla ilişkin istatistikler
- Tartılı regresyon, lojistik regresyon, eşanlı denklem sistemleri
- Vektör otoregresyon, Zaman serisi analizleri, Eşbütünleşim (Koentegrasyon), Granger Nedensellik testleri vb.
- Simülasyonlar yapılabilmektedir

2.6.2. Eviews Programı ile Zaman Serileri Analizi

Verilerimizin az olması sebebiyle regresyon yöntemini kullandığımızda ortaya çıkan sonucun doğruluk oranı bize gerçeği yansıtmayacağı için geçersiz bir analiz olmuştur. Ayrıca verilerimizin zaman serisi şeklinde olması sebebiyle en doğru sonuca yaklaşmak adına eviews zaman serisi analizi ile modellememizin yapılmasına karar verildi.

Zaman serilerinde değişken olarak tanımlanan ve gözlenen verilerin zamana göre dağılım göstermesi incelenir. Yani değişen zamanlarda verinin reaksiyonu, değerleri gözlemlenir. Örnek olarak bir firmanın yıllara göre üretim ve tüketim değerleri enerji ithalat harcamaları gösterilebilir. Zaman serilerinde yıllara göre veriler toplanabilirken bu bir koşul oluşturmamaktadır. Aynı şekilde aylık ya da altı aylık veriler derlenerek çalışmalar yapılabilir. Örneğin bir firmanın aylık fatura harcama verileri de zaman serisi için veri niteliği taşır. Burada zaman aralığı değil verinin zamana göre derlenmesi önem arz etmektedir. Çalışma yapılan zaman serisi analizlerinde hedef geçmişteki verilerden yararlanılarak gelecekte olması beklenen verilerin tahmin edilmesidir. (İdil,1979). Bu sayede gerçekten de bir şirkette son aylara ait tüketim rakamlarına bakarak gelecekte gerçekleşecek tüketim miktarını tahmin edebilir.

Başka bir tanımlamada bir zaman serisi, gözlemlenmek istenen verilerin belirli zaman aralıklarındaki değerlerinin bir kümesi olarak ifade edilir. Zaman serisinde amaç sabit aralıklarla gözlemlenen değerlerden yola çıkılarak gelecekte belirlenen aynı yada farklı zaman aralığında (aylık, altı aylık, yıllık) değerlerini tahmin edebilmektir. (Mc-Millan, UK, 1964)

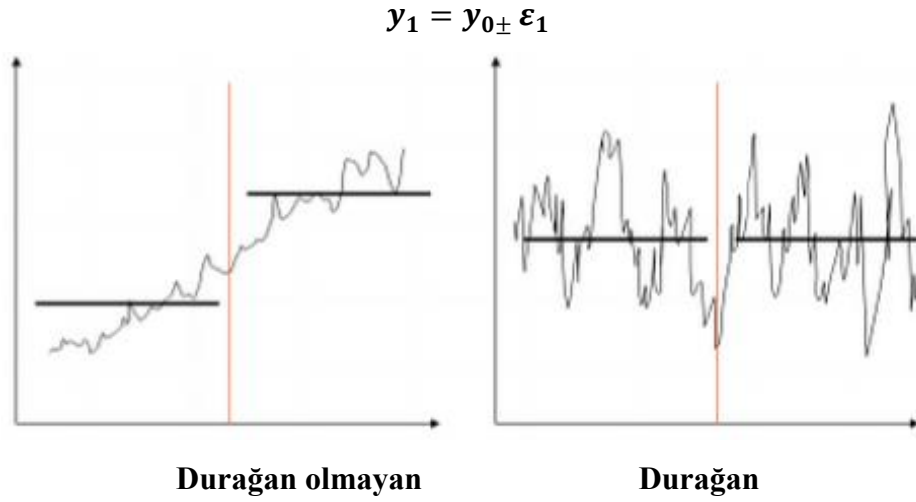
İlk olarak 2015-2016 yılları arasındaki raylı sistemlere ait sefer sayıları, yolcu sayıları, durak sayısı ve tüketilen enerji (kWh) miktarı programda tanımlandı.

Verilerimiz tanımlandıktan sonra modelleme için kullanılacak yöntemi belirleme çalışmaları yapıldı. En doğru yöntemi bulabilmek amacıyla program içinde verilere birkaç test uygulandı ve bu testler sonucunda adım adım doğru yöneme ulaşıldı. Bu testlerden ilki durağanlık saptaması yapan ADF (Augmented Dickey Fuller ve Phillips-Perron testleridir. Değişkenlerin aynı seviyede durağan oldukları tespit edildikten sonra Var Modeli kurularak en uygun gecikme uzunluğu tespit edildi. Yapılan testler sonucunda Johansen Cointegration Test ile eşbütünleşik oldukları yani değişkenlerin uzun dönem ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

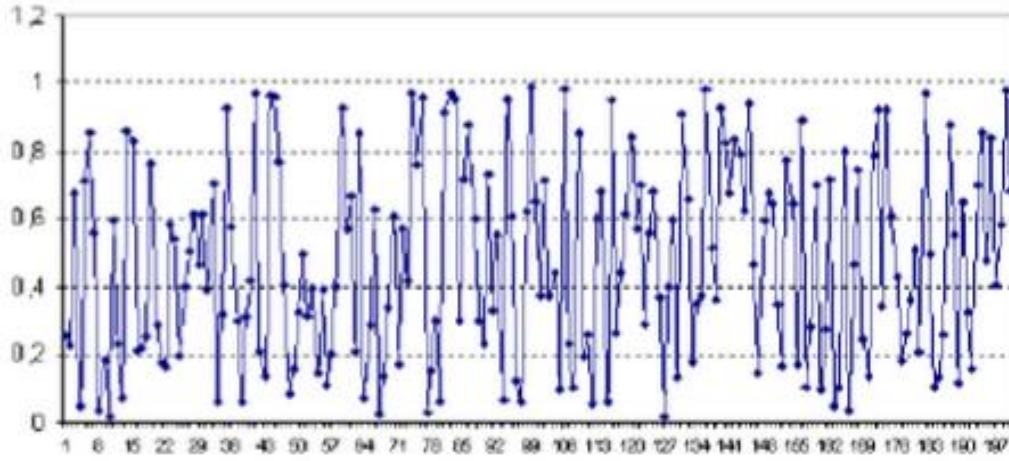
2.6.3. Durağanlık tanımlanması

Zaman serileri uygulamalarında kullanılan varsayımlardan biri verilerin durağan olduğu varsayımdır. Zaman serilerinde durağanlığın anlamı, zaman içinde ortalamanın ve varyansın sabit olması demektir. Yani gecikmeli iki zaman periyodundaki değişkenlerin kovaryansının zamana değil değişkenler arasındaki gecikmeye bağlı olmasıdır. (GUJARATI, Damodar, USA, 1995)

Trend, kısa aralıklarla ölçülebilecek geçici davranış şekillerinden oluşmaya, anlamlı sayılan uzun zaman diliminde görülebilecek genel yön karakteristiği olarak tanımlanmaktadır. Trend taşımayan, varyansı (değerlerin beklenen değer ya da ortalamaya uzaklıklarının karesi) ve ortalaması sabit olan (zamanla değişmeyen) kovaryansı (iki değişkenin beraber ne kadar değiştiklerinin ölçüsü) hesaplandığı döneme değil, dönem arası farka bağlı olan değerler durağan değerler olarak tanımlanır. Örneğin hisse senetleri durağan değildir. Çünkü son değeri ilk değer üzerine eklenen trend ile hesaplanır. Aşağıda durağan olmayan veri denklem sistemi ifade edilmiştir.



Şekil 22. Ortalamada durağanlık



Şekil 23. Beyaz gürültü hata terimi (durağan seri örneği)

Yukarıda grafik durağan sürece en iyi örnek olarak verilebilir. Ortalaması sıfır, varyansı sabit, ardışık bağımlı olmayan olasılıklı süreci ifade etmektedir.

2.6.4. Augmented Dickey Fuller (ADF) Testi İstatistiği

Dickey-Fuller testi gözlenen serilerde birim kökün varlığını (serinin durağanlığını) araştıran bir yöntemdir. Bu yöntem ilk olarak Dickey D.A ve W.A Fuller'ın 1979 da yayınladığı makale ile oluşmuştur. Testin ilk ortaya çıktığı zamandan günümüze kadar çeşitli alanlarda yetersizliğinin ve eksikliklerinin tespiti yardımcı yöntemlerin bulunmasını

sağlamıştır. Bunlardan biri de Philips-Perron testidir. İlerleyen bölümlerde modelimize uygulanan Philips-Perron yöntemine ayrıntılı olarak yer verilecektir. Ancak serinin durağan olup olmadığını saptamak için kesin olarak DF Testi uygulanması gerekmektedir.

Testin kullanımını aşağıdaki şekilde gösterebiliriz.

$$y_t = a + by_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Bu denklemde y_t t anında y değişkeninin değerini ifade ederken, y_{t-1} de değişkenin bir önceki döneme ait değerini ifade etmektedir. $|b| \geq 1$ için denklemde birim kök vardır denilir. Denklemde a değeri ihmal edilerek by_{t-1} değeri sol tarafa atılarak denklemi yeniden düzenlersek aşağıda gösterilen hali alır.

$$y_t - by_{t-1} = \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklemde b değerinin 1'e eşit olması halinde y değişkeninin iki dönem arasındaki değeri sağ taraftaki değere eşit olacaktır. Buda birim kökün varlığı y değişkeninin bir zaman aralığının etkisinde olduğunu gösterir. Bu da uzun dönemde ortalaması, varyansı ve kovaryansının sabit olmayacağı anlamını taşır. Sonuç olarak bir serinin birim kök içermesi durağan olmadığını gösterir.

Birim kökün varlığı iki hipoteze göre test edilir.

H0: (b=1) (seride birim kök vardır.) (seri durağan değildir.)

H1: (b<1) (seride birim kök yoktur.) (seri durağandır.)

Hipotezlerinin oluşturulduktan sonra mevcut model içinde test edilir. Dickey-Fuller testinin uygulanmasında “ $y_t - by_{t-1} = \varepsilon_t$ ” regresyonunda yer alan ‘t’ değerinin, Dickey-Fuller için özel olarak hazırlanan “ T ” istatistik tablo değeri ile karşılaştırılarak, önceden hazırlanan Ho ve H1 hipotezlerine göre birim kökün varlığı tespit edilmektedir.

DF testinde otokorolasyon sorununu çözmek için denklemin sağına bağımlı olarak tanımlanan verilerin gecikmelerinin eklenerek oluşturulan yeni modele uygulanan teste ADF testi (Augmented Dickey Fuller) denilmektedir.

2.6.5. Philips-Perron Test İstatistiği

Yanlış hipotezi reddetme olasılığı bir testin gücünün göstergesidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde Dickey – Fuller testlerinin gücünün düşük olduğu söylenebilir. Çünkü bu testler birim kök ve yakın birim kökü ayırt etmede zayıf kalmaktadırlar. (Enders Walter, Applied Econometric Time Series, Iowa State University, John Wiley&Sons Inc.pp.251-252)

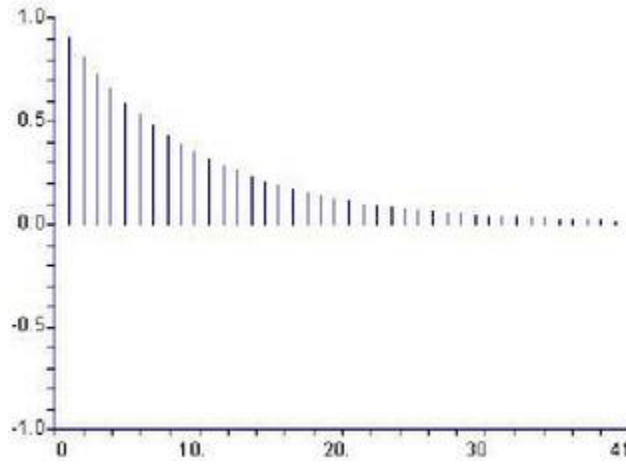
$b=1$ olması birim kök varlığını gösterir ancak $b=0.95$ olması birim kök olmadığını göstermez. Bunun anlamı yakın birim kök olmasıdır. Eğer, model $y_t = 0.95y_{t-1} + \varepsilon_t$ şeklinde olursa DickeyFuller testine göre seri durağandır denir. (Chris Brooks, Introduction Econometrics for Finance, 2002)

Katsayı 1 den küçüktür fakat 0,95 olması seride aslında birim kök olduğunu göstermektedir. Bu da testin güçsüz olması demektir ve yakın birim kök olması durumunda problem oluşturmaktadır. Veri aralığının artırılması testin gücünü artırmada faydalı olabilmektedir.

ADF testindeki eksikler Phillips ve Perron tarafından eleştirilmiştir ve yazarlar “Phillips-Perron Testi” olarak bilinen birim kök testini geliştirmişlerdir. Spektral tahmin yöntemlerine dayanan Philips-Perron testi ADF testinin değiştirilmiş halidir ve testlerin gücünü artırmak amaçlıdır.

2.6.6. Otokorelasyon Katsayısı

Durağanlığın saptanmasında kullanılır. Otokorelasyon katsayısı (ρ_k), gecikme k iken hesaplanan kovaryansın varyansa bölümü şeklinde hesaplanır. Bu katsayı -1 ile +1 arasında değerler alır. Otokorelasyon katsayısının gecikmeye (k) göre grafiği otokorelasyon fonksiyonunu verir. Bu fonksiyonda bize durağanlık hakkında bilgi vermektedir. İlk değerden sonra serinin ilerleyişi durağanlık hakkında fikir verir.



Şekil 24. Otokorelasyon fonksiyonu

Yukardaki şekilde de görüldüğü üzere serinin değerleri çok yavaş küçülmektedir. Bu tür örüntülerde bize serinin durağan olmadığını göstermektedir.

Korelasyon katsayısı istatistikte değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini belirten katsayıdır. (Gürsakal, 2002: 305)

Otokorelasyonun varlığından söz etmek için ise hata terimleri arasında ilişki olmadığı ortaya çıkarılır. Regresyonda hata terimleri arasında ilişkinin olmadığını kabulü temel bir varsayımdır. (Ünver-Gamgam, 1996: 345).

Hata terimi oluşturulan modelin stokastik olduğunu göstermektedir. Hata terimi modele dâhil edilmeyen değişkenleri temsil eder.

Otokorelasyonun varlığında parametrelerin en küçük kareler tahmincileri etkin değil ama tutarlı ve sapmasızdır. Hata teriminin varyansının tahmincisi sapmalı olduğundan parametrelerin varyansları da sapmalıdır. Eğer otokorelasyon pozitif ise sapma negatiftir. Yani varyanslar olduğundan küçüktür ve sonuç olarak t test istatistiği büyük bir değer çıkar. Böylelikle anlamsız bir katsayının anlamlı olma ihtimalinin artacağından söz edilebilir. R² de yükseldiğinden F değeri de olduğundan büyük bir sonuç olarak karşımıza çıkar. Sonuç olarak t ve F testlerinin yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkarılır ve bu nedenle testler güvenilirliklerini kaybederler (<http://bilgiteknoloji.net/ekonometri/ekotest>).

Varsayımlara göre hata teriminin ortalaması sıfır, bağımsız ve varyansı sabit olan normal dağılış gösterdiği kabul edilmektedir. Bu varsayımlar kurulan model için tutmadığında, o model ile ilgili her türlü yorum şüphe uyandırır ve tartışmalara açık hale gelir. Bu sebeple model kullanılmadan gerekli testlere tabi tutularak varsayımlar teyit edilmelidir (Şahinler, 2000: 61).

2.6.7. Optimum Gecikmenin Hesaplanması

Bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenerek otokorelasyon sorununun çözümlenmesi amaçlanır. Bu eklenecek gecikmeli değerler için bazı hesaplamalar mevcuttur. Bu hesaplamalar şekil 25.'te görülmektedir.

Kriter	Formül
Akaike(AIC)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{2k}{T}$
Schwarz(SIC)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{k \log(T)}{T}$
Hannan-Quinn (HQ)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{2k \log(\log(T))}{T}$
Modified AIC (MAIC)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{2(k + \tau)}{T}$
Modified SIC (MSIC)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{(k + \tau) \log(T)}{T}$
Modified HQ (MHQ)	$-2\left(\frac{l}{T}\right) + \frac{2(k + \tau) \log(\log(T))}{T}$

Şekil 25. Gecikme kriterleri

T: gözlem sayısı

k : parametre sayısı

l : logaritmik olabilirlik fonksiyonu

$$\tau = \alpha^2 \sum_t \frac{y_{t-1}^2}{\sigma^2} \quad (3)$$

Eviews paket programı Schwert (1989) makalesinden alınan formül ile hesaplanıp otomatik olarak belirlenmektedir. Bu formül ρ kullanılan gecikme sayısını göstermek üzere,

$$\rho_{max} = \left[12 \left(\frac{T}{100} \right)^{1/4} \right], \text{dir.} \quad (4)$$

Kullanılan veriler ve seriyi üreten süre göz önünde bulundurulmalıdır. Optimum gecikme uzunluğu en uygun ölçüt seçilerek sonuçlardan minimum değeri veren gecikme olarak tespit edilmelidir.

2.6.8. Johansen Testi

Serilerin eşbütünleşme teorisine göre durağanlık test sonuçlarının birinci farkında durağan olması aralarındaki eşbütünleşme ilişkisinin göstergesi olabilir. Durağanlık tespiti ile eşbütünleşmeye uygunluk tespit edilince sonraki adımda artık Johansen-Juselius (1990) eşbütünleşme analizini uygulamak mümkündür.

Johansen ve Juselius (1990), eşbütünleşme vektörlerinin anlamlı olup olmadıkları ile sayısını tespit edebilmek amacıyla iki temel test istatistiği geliştirmişlerdir. Bunlar iz ve maksimum özdeğer testleridir. r ile ifade edilen eşbütünleşme ilişki sayısıdır. Testlerden herbirinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

$$J_{iz} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(l - \lambda_i) \quad (5)$$

$$J_{max} = -T \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (6)$$

İz istatistiğinde eşbütünleşik vektör sayısının r 'ye eşit veya küçük olduğu ($\leq r$) şeklindeki boş hipotez, alternatif hipoteze karşı test edilir. Vektörlerin anlamlılık ve sayısının test edildiği diğer Maksimum özdeğer istatistiğinde ise, $r+1$ tane eşbütünleşik vektör olduğu bilinen alternatif hipoteze karşın, eş-bütünleşik vektör sayısının r olduğu bilinen boş hipotezi test etmektedir. Her iki test sonucunda istatistik değerler elde edilir. Bu değerler Johansen ve Juselius tarafından geliştirilen asimptotik kritik değerler ile karşılaştırılır. Johansen testi veriler arasında uzun dönem ilişkisinin olduğunu yani koentegre (eşbütünleşik) veriler olduğunu belirleyerek bunu bir model üzerinde açıklamak için uygulanır (Enders, 2003).

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Eviews Programı İşlem Aşamaları

Seçtiğimiz raylı sistem hattı boyunca aracın enerji tüketimini etkileyen mesafe, durkalk sayısı (durak sayısı) ve yolcu sayısı değişkenleri belirlenmiştir. Bu değişkenlerin 2015 yılı ve 2016 Ocak ayı belediye verilerinden temin edilerek aralarında uzun dönem ilişkisi olduğu tespit edilmiş ve Eviews paket programında Johansen metodu ile aralarında bir regresyon denklemi oluşturulmuştur.

Uygulamada ilk olarak temin edilen veriler excel dosyasına aktarılarak Eviews paket programında tanımlayarak işleme başladık.

Tablo 25. Ankara metrosu işletmesinin (M1) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	5.018	4.684	334	137.344,25	%93,34
ŞUBAT	4.520	4.393	127	128.811,55	%97,19
MART	4.983	4.673	310	137.021,71	%93,78
NİSAN	4.849	4.675	174	137.080,35	%96,41
MAYIS	4.956	4.855	101	142.358,31	%97,96
HAZİRAN	4.798	4.599	199	134.851,88	%95,85
TEMMUZ	4.837	4.058	779	118.988,68	%83,89
AĞUSTOS	4.833	4.453	380	130.570,87	%92,14
EYLÜL	4.545	4.332	213	127.022,90	%95,31
EKİM	4.984	4.802	182	140.804,24	%96,35
KASIM	4.798	4.462	336	130.834,76	%93,00
ARALIK	5.106	4.826	280	141.507,97	%94,52
TOPLAM	58.227	54.812	3.415	1.607.197,47	%94,14
AYLIK ORTALAMA	4.852	4.568	285	133.933,12	%94,14
GÜNLÜK ORTALAMA	159,53	150,17	9,36	4.403,28	%94,14

Tablo 26. Ankara metrosu işletmesinin (M1) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	5.013	4.750	263	139.279,50	%94,75
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	5.013	4.750	263	139.279,50	%94,75
AYLIK ORTALAMA	5.013	4.750	263	139.279,50	%94,75
GÜNLÜK ORTALAMA	161,71	153,23	8,48	4.492,89	%94,75

Tablo 27. Kızılay-Çayyolu metrosu işletmesinin (M2) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	4.461	4.077	384	135.274,86	%91,39
ŞUBAT	4.028	3.726	302	123.628,68	%92,50
MART	4.452	4.054	398	134.511,72	%91,06
NİSAN	4.311	4.013	298	133.151,34	%93,09
MAYIS	4.401	4.055	346	134.544,90	%92,14
HAZİRAN	3.936	3.666	270	121.637,88	%93,14
TEMMUZ	3.636	3.347	289,00	111.053,46	%92,05
AĞUSTOS	3.662	3.347	315,0	111.053,46	%91,40
EYLÜL	3.557	3.251	306,0	107.868,18	%91,40
EKİM	4.667	3.950	717,00	131.061,00	%84,64
KASIM	4.554	3.780	774,00	125.420,40	%83,00
ARALIK	4.478	4.091	387,00	135.739,38	%91,36
TOPLAM	50.143	45.357	4.786	1.504.945,26	%90,46
AYLIK ORTALAMA	4.179	3.780	399	125.412,11	%90,46
GÜNLÜK ORTALAMA	137,38	124,27	13,11	4.123,14	%90,46

Tablo 28. Kızılay-Çayyolu metrosu işletmesinin (M2) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞİM %'si
OCAK	4.259	3.863	396	128.174,34	%90,70
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	4.259	3.863	396	128.174,34	%90,70
AYLIK ORTALAMA	4.259	3.863	396	128.174,34	%90,70
GÜNLÜK ORTALAMA	137,39	124,61	12,77	4.134,66	%90,70

Tablo 29. Batıkent-Sincan-Törekent metrosu işletmesinin (M3) 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	3.696	3.404	292	104.570,88	%92,10
ŞUBAT	3.336	3.081	255	94.648,32	%92,36
MART	3.690	3.350	340	102.912,00	%90,79
NİSAN	3.576	3.400	176	104.448,00	%95,08
MAYIS	3.690	3.389	301	104.110,08	%91,84
HAZİRAN	3.322	3.048	274,0	93.634,56	%91,75
TEMMUZ	3.142	3.045	97,0	93.542,40	%96,91
AĞUSTOS	3.174	3.091	83,0	94.955,52	%97,39
EYLÜL	3.100	2.955	145,0	90.777,60	%95,32
EKİM	3.669	3.583	86,0	110.069,76	%97,66
KASIM	3.545	3.461	84,0	106.321,92	%97,63
ARALIK	3.669	3.725	-56	114.432,00	%101,53
TOPLAM	41.609	39.532	2.077	1.214.423,04	%95,01
AYLIK ORTALAMA	3.467	3.294	173	101.201,92	%95,01
GÜNLÜK ORTALAMA	114,00	108,31	5,69	3.327,19	%95,01

Tablo 30. Batıkent-Sincan-Törekent metrosu işletmesinin (M3) 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	3.577	3.475	102	106.752,00	%97,15
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	3.577	3.475	102	106.752,00	%97,15
AYLIK ORTALAMA	3.577	3.475	102	106.752,00	%97,15
GÜNLÜK ORTALAMA	115,39	112,10	3,29	3.443,61	%97,15

Tablo 31. Ankaray işletmesinin 2015 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	5.207	5.194	13,5	88.569,95	%99,74
ŞUBAT	4.769	4.759	10,5	81.151,46	%99,78
MART	5.481	5.368	113,5	91.537,35	%97,93
NİSAN	5.324	5.320	3,5	90.727,28	%99,92
MAYIS	5.387	5.370	16,5	91.579,98	%99,68
HAZİRAN	4.908	4.905	3,0	83.649,87	%99,94
TEMMUZ	4.854	4.848	6,0	82.677,79	%99,88
AĞUSTOS	4.839	4.838	1,0	82.507,25	%99,98
EYLÜL	4.739	4.717	22,0	80.443,72	%99,54
EKİM	5.382	5.378	3,5	91.716,41	%99,93
KASIM	5.234	5.232	2,0	89.226,53	%99,96
ARALIK	5.514	5.497	16,5	93.754,37	%99,69
TOPLAM	61.638	61.425	211,50	1.047.541,96	%99,65
AYLIK ORTALAMA	5.137	5.119	17,63	87.295,16	%99,65
GÜNLÜK ORTALAMA	168,87	168,29	0,58	2.869,98	%99,65

Tablo 32. Ankaray işletmesinin 2016 yılı aylık bazda planlanan gerçekleşen sefer sayıları (www.ego.gov.tr/).

DÖNEMİ	PLANLANAN SEFER SAYISI	GERÇEKLEŞEN SEFER SAYISI	EKSİK TUR SAYISI	KİLOMETRİ MİKTARI	GERÇEKLEŞME %'si
OCAK	5.287	5.274	13,0	89.942,80	%99,75
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	5.287	5.274	13,00	89.942,80	%99,75
AYLIK ORTALAMA	5.287	5.274	13,00	89.942,80	%99,75
GÜNLÜK ORTALAMA	170,55	170,13	0,42	2.901,38	%99,75

Tablo 33. Kızılay-Batıkent metro işletmesi (M1) 2015 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 1				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	2.436.081	1.139.789	96.170	691.911	4.363.931
ŞUBAT	2.288.801	1.221.122	189.450	669.276	4.368.649
MART	2.441.681	1.569.670	194.000	756.684	4.962.035
NİSAN	2.376.334	1.831.080	194.829	744.709	4.946.732
MAYIS	2.361.842	1.577.310	196.951	725.714	4.861.817
HAZİRAN	2.244.895	1.223.874	181.158	664.065	4.313.992
TEMMUZ	2.118.275	986.319	194.720	593.688	3.873.002
AĞUSTOS	2.177.576	992.002	195.960	608.164	3.973.702
EYLÜL	2.251.311	992.886	184.736	579.471	4.008.404
EKİM	2.424.875	1.582.685	182.880	700.069	4.890.489
KASIM	2.789.157	1.286.581	174.834	727.716	4.978.288
ARALIK	2.864.046	1.499.749	180.045	738.757	5.282.597
TOPLAM	28.774.874	15.683.027	2.165.513	8.200.224	54.823.638
AYLIK ORTALAMA	2.397.906	1.306.919	180.459	683.352	4.568.637
GÜNLÜK ORTALAMA	86.152	46.955	6.484	24.552	164.143
SAATLİK ORTALAMA	4.786	2.609	360	1.364	9.119

*işletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 34. Kızılay-Çayyolu metro işletmesi (M2) 2015 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 2				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	917.143	424.101	8.690	178.348	1.528.280
ŞUBAT	865.834	492.040	28.286	175.263	1.561.423
MART	933.202	700.551	31.102	199.494	1.864.349
NİSAN	890.521	682.099	30.346	196.830	1.799.796
MAYIS	864.163	646.495	31.112	186.685	1.728.455
HAZİRAN	835.465	425.963	29.203	173.246	1.463.877
TEMMUZ	754.162	334.012	27.432	140.034	1.255.640
AĞUSTOS	764.592	325.857	27.067	139.380	1.256.896
EYLÜL	817.119	403.969	33.276	135.697	1.390.061
EKİM	908.260	738.207	32.915	172.029	1.851.411
KASIM	1.036.786	634.603	31.706	192.017	1.895.112
ARALIK	1.063.022	716.511	32.818	195.190	2.007.541
TOPLAM	10.650.269	6.524.408	343.953	2.084.211	19.602.841
AYLIK ORTALAMA	887.522	543.701	28.663	173.684	1.633.570
GÜNLÜK ORTALAMA	31.887	19.534	1.030	6.240	58.691
SAATLİK ORTALAMA	1.772	1.085	57	347	3.261

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 35. Batıkent-Sincan-Törekent metro işletmesi (M3) 2015 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 3				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	380.930	163.650	7.900	76.048	628.528
ŞUBAT	358.832	177.248	18.788	74.814	629.680
MART	388.635	230.670	19.218	85.065	723.588
NİSAN	389.691	247.051	20.233	85.941	742.916
MAYIS	398.141	241.606	21.721	86.050	747.518
HAZİRAN	375.773	181.983	20.365	78.083	656.204
TEMMUZ	350.412	135.338	20.632	69.052	575.434
AĞUSTOS	378.171	149.514	23.423	71.475	622.583
EYLÜL	397.181	153.720	22.811	69.625	643.337
EKİM	427.453	268.307	22.362	84.170	802.292
KASIM	473.002	224.444	20.435	88.513	806.394
ARALIK	474.825	259.710	19.843	90.149	844.527
TOPLAM	4.793.046	2.433.241	237.729	958.985	8.423.001
AYLIK ORTALAMA	399.421	202.770	19.811	79.915	701.917
GÜNLÜK ORTALAMA	14.350	7.285	712	2.871	25.219
SAATLİK ORTALAMA	797	405	40	160	1.401

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 36. Ankaray işletmesi 2015 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARAY				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	1.406.854	1.058.628	109.265	300.612	2.875.357
ŞUBAT	1.311.666	1.098.922	280.564	286.213	2.977.365
MART	1.411.516	1.619.906	289.442	320.882	3.641.745
NİSAN	1.374.058	1.629.262	288.441	321.952	3.613.713
MAYIS	1.351.175	1.548.033	287.818	317.119	3.504.145
HAZİRAN	1.270.061	1.186.361	272.224	285.612	2.994.258
TEMMUZ	1.216.458	734.203	291.400	243.785	2.485.846
AĞUSTOS	1.253.831	720.716	282.747	246.262	2.503.556
EYLÜL	1.388.285	909.740	283.205	242.924	2.824.154
EKİM	1.442.433	1.581.192	272.579	296.802	3.593.006
KASIM	1.711.619	1.354.771	316.893	242.263	3.625.546
ARALIK	1.737.504	1.578.832	248.666	333.436	3.898.438
TOPLAM	16.875.460	15.000.563	3.223.244	3.437.862	38.537.129
AYLIK ORTALAMA	1.406.288	1.250.047	268.604	286.489	3.211.427
GÜNLÜK ORTALAMA	46.234	41.097	8.831	9.419	105.581
SAATLİK ORTALAMA	2.569	2.283	491	523	5.866

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 37. Kızılay-Batıkent metro işletmesi (M1) 2016 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 1				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	2.625.717	1.164.104	160.107	657.048	4.606.976
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	2.625.717	1.164.104	160.107	657.048	4.606.976
AYLIK ORTALAMA	2.625.717	1.164.104	160.107	657.048	4.606.976
GÜNLÜK ORTALAMA	84.701	37.552	5.165	21.195	148.612
SAATLİK ORTALAMA	4.706	2.086	287	1.178	8.256

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 38. Kızılay-Çayyolu metro işletmesi (M2) 2016 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 2				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	967.742	449.643	28.279	167.289	1.612.953
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	967.742	449.643	28.279	167.289	1.612.953
AYLIK ORTALAMA	967.742	449.643	28.279	167.289	1.612.953
GÜNLÜK ORTALAMA	31.217	14.505	912	5.396	52.031
SAATLİK ORTALAMA	1.734	806	51	300	2.891

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 39. Batıkent-Sincan-Törekent metro işletmesi (M3) 2016 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARA METROSU 3				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	451.444	200.552	19.422	82.187	753.605
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	451.444	200.552	19.422	82.187	753.605
AYLIK ORTALAMA	451.444	200.552	19.422	82.187	753.605
GÜNLÜK ORTALAMA	14.563	6.469	627	2.651	24.310
SAATLİK ORTALAMA	809	359	35	147	1.351

*İşletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 40. Ankaray işletmesi 2016 yılı yolcu sayıları (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARAY				
	TAM	ÖĞRENCİ	MANYETİK	SERBEST	TOPLAM
OCAK	1.585.646	1.113.839	224.834	293.082	3.217.401
ŞUBAT					
MART					
NİSAN					
MAYIS					
HAZİRAN					
TEMMUZ					
AĞUSTOS					
EYLÜL					
EKİM					
KASIM					
ARALIK					
TOPLAM	1.585.646	1.113.839	224.834	293.082	3.217.401
AYLIK ORTALAMA	1.585.646	1.113.839	224.834	293.082	3.217.401
GÜNLÜK ORTALAMA	51.150	35.930	7.253	9.454	103.787
SAATLİK ORTALAMA	2.842	1.996	403	525	5.766

*işletme 18 saat hizmet vermektedir.

Tablo 41. 2015 yılı aylara göre raylı sistemler ve teleferik enerji tüketimi (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARAY	ANKARA METROSU (M1)	ANKARA METROSU (M2)	ANKARA METROSU (M3)	TELEFERİK	RAYLI SİSTEMLER VE TELEFERİK TOPLAM
	TÜKETİM KWh	TÜKETİM KWh	TÜKETİM KWh	TÜKETİM KWh		TÜKETİM KWh
OCAK	1.690.228,10	4.219.829,55	1.924.465,20	1.015.268,00	105.525,08	8.955.313,93
ŞUBAT	1.517.289,30	3.713.715,04	565.278,00	2.126.138,40	178.275,70	8.100.696,44
MART	1.605.209,10	3.702.438,90	1.685.408,00	1.506.408,00	193.829,88	8.693.291,88
NİSAN	1.587.407,10	3.558.645,00	1.581.424,80	1.336.916,40	45.170,00	8.109.563,30
MAYIS	1.415.428,71	3.146.186,85	1.402.080,00	1.130.468,40	243.947,85	7.338.111,81
HAZİRAN	1.357.987,77	2.995.153,00	1.449.938,40	1.106.318,40	191.977,32	7.101.374,89
TEMMUZ	1.382.470,20	3.058.062,50	1.361.314,80	1.126.935,60	262.974,25	7.191.757,35
AĞUSTOS	1.427.943,63	3.217.584,70	1.420.930,80	882.399,60	21.230,34	6.970.089,07
EYLÜL	2.164.854,30	3.052.189,61	2.030.145,60	1.151.527,20	269.391,88	8.668.108,59
EKİM	731.220,60	3.393.910,05	994.566,00	1.255.634,40	250.420,03	6.625.751,08
KASIM	1.652.338,80	3.188.154,93	1.984.495,20	2.538.454,80	204.925,49	9.568.369,22
ARALIK	816.251,88	4.395.893,80	750.195,60	488.768,40	210.561,62	6.661.671,30
TOPLAM	17.348.629,49	41.641.761,93	17.150.242,40	15.665.235,60	2.178.229,44	93.984.098,86
AYLIK ORTALAMA	1.445.719,12	3.470.146,83	1.429.186,87	1.305.436,30	181.519,12	7.832.008,24
GÜNLÜK ORTALAMA	47.530,49	114.087,02	46.986,97	42.918,45	5.967,75	257.490,68

Tablo 42. 2016 yılı aylara göre raylı sistemler ve teleferik enerji tüketimi (www.ego.gov.tr/).

AYLAR	ANKARAY TÜKETİM KWh	ANKARA METROSU (M1) TÜKETİM KWh	ANKARA METROSU (M2) TÜKETİM KWh	ANKARA METROSU (M3) TÜKETİM KWh	TELEFERİK	RAYLI SİSTEMLER VE TELEFERİK TOPLAM TÜKETİMİ KWh
OCAK	1.659.298,89	4.554.701,24	1.625.226,00	1.600.137,60	118.480,39	9.557.844,12
ŞUBAT						
MART						
NİSAN						
MAYIS						
HAZİRAN						
TEMMUZ						
AĞUSTOS						
EYLÜL						
EKİM						
KASIM						
ARALIK						
TOPLAM	1.659.298,89	4.554.701,24	1.625.226,00	1.600.137,60	118.480,39	9.557.844,12
AYLIK ORTALAMA	1.659.298,89	4.554.701,24	1.625.226,00	1.600.137,60	118.480,39	9.557.844,12
GÜNLÜK ORTALAMA	53.525,77	146.925,85	52.426,65	51.617,34	3.821,95	308.317,55

3.2. ADF Testi (Birim Kök Testi)

Zaman serileri test yönteminde ikinci olarak durağanlığın araştırıldığı ADF Testi ile verilerde durağanlık tespiti yaptık ve verilerimiz %10 güven aralığında 1. Farkında durağandır sonucuna ulaştık. Johansen metodu için bütün değişkenlerimizin durağanlıklarının aynı olması koşulunu araştırdık ve ADF testi ile bütün verilerin 1. Farkında durağan olduğunu gözlemledik.

Series: ENERJI Workfile: VERILER2::Veriler2\

View Proc Object Properties Print Name Freeze Default Sort Edit+/- Smpl+

ENERJI

Last updated: 03/05/16 - 20:16

Imported from 'C:\Users\Nesbe\Desktop\veriler 2\veriler2.xlsx'

1	4219829.55
2	3713715.04
3	3702436.90
4	3558645.00
5	3146186.85
6	2995153.00
7	3058062.50
8	3217584.70
9	3052189.61
10	3393910.05
11	3188154.93
12	4395893.80
13	4554701.24
14	1924465.20
15	1685408.00
16	1581424.80
17	1402080.00
18	1449938.40
19	1361314.80
20	

Unit Root Test

Test type
Augmented Dickey-Fuller

Test for unit root in
 Level
 1st difference
 2nd difference

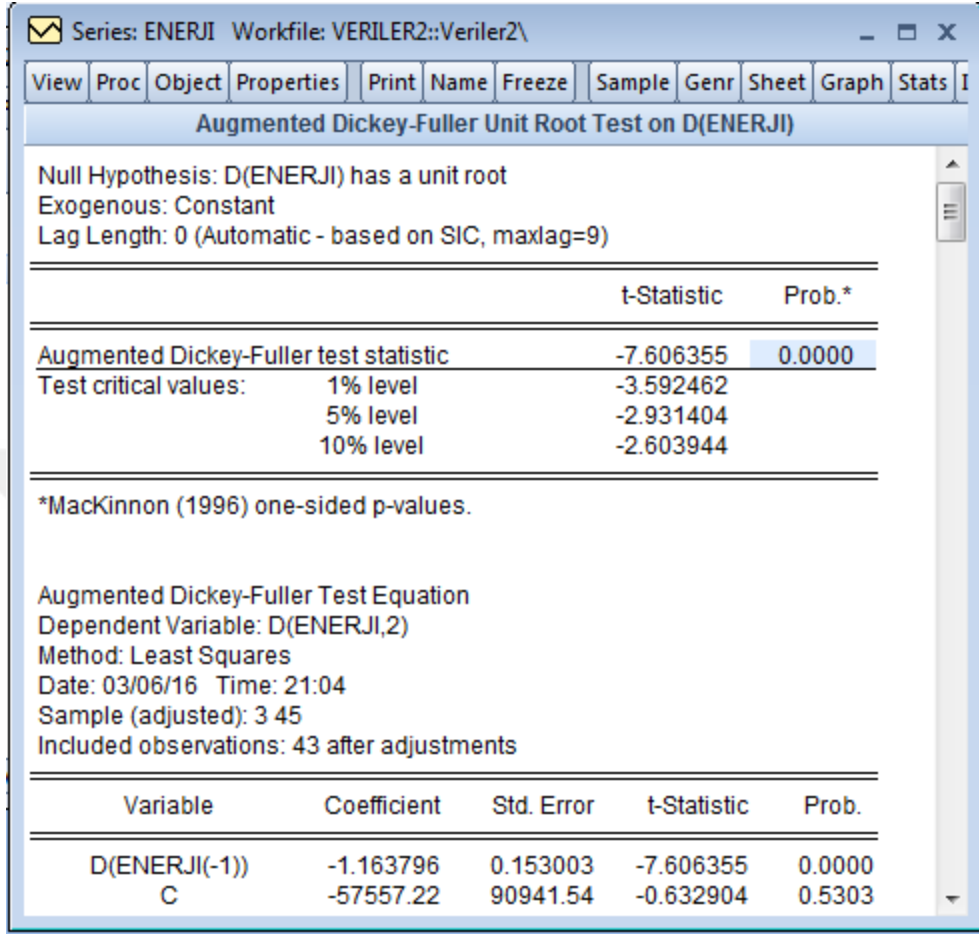
Include in test equation
 Intercept
 Trend and intercept
 None

Lag length
 Automatic selection:
 Schwarz Info Criterion
 Maximum lags: 9
 User specified: 1

OK Cancel

Şekil 26. Eviews ile ADF Test analizi Unit root test (birim kök testi)

3.2.1. Enerji Değişkeni İçin ADF Testi (Birinci Farkı)

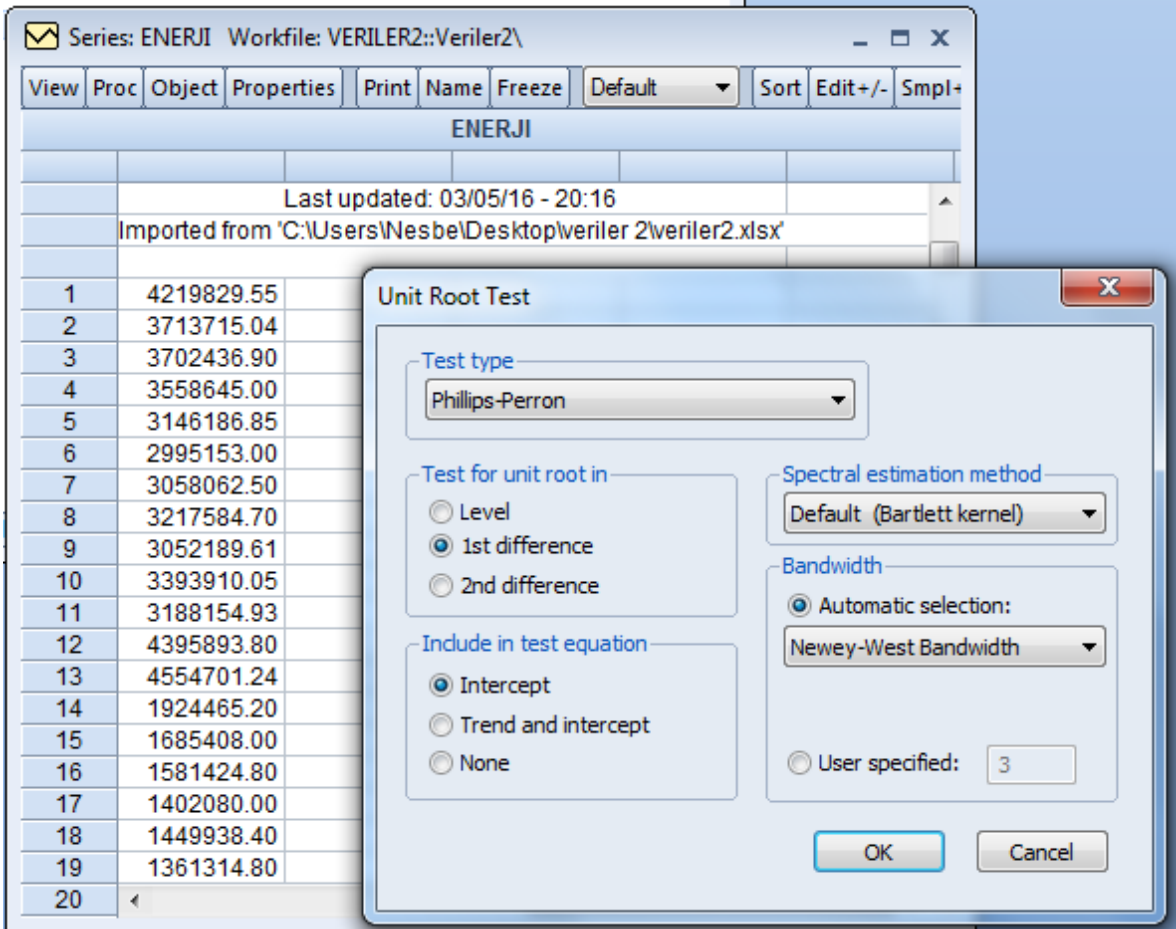


Şekil 27. Durağanlık testi

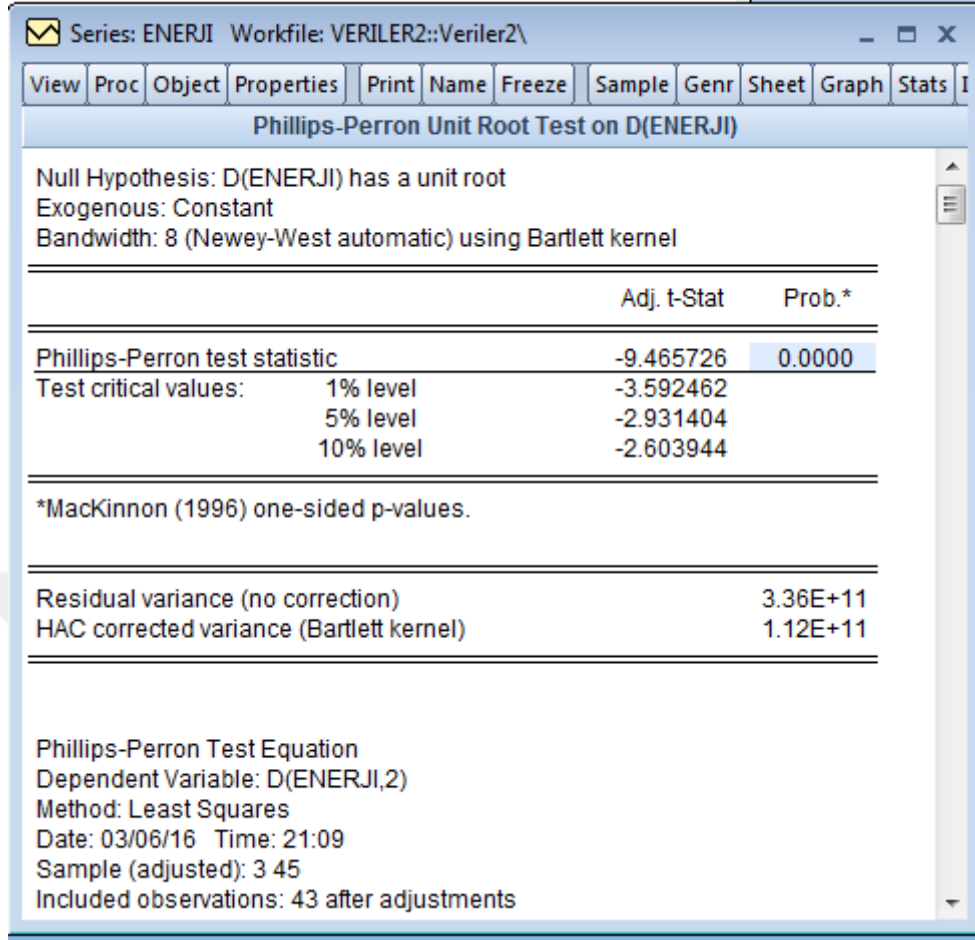
Yukarıda %1, %5 ve %10 güven aralıkları ile test istatistikleri verilmiştir. Burada bahsedilen güven aralıkları hata paylarını göstermektedir. Örneğin %1 hata payı ile verilen sonuçlarda % 99 oranında güvenli sonuçlar verirken % 10 hata payı ile alınan sonuçlar %90 oranında güvenli sonuçlar vermektedir. Programın verdiği olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması durumunda durağanlıktan söz edebiliriz. Bizim bağımsız değişkenlerimiz yolcu sayısı, mesafe (km) ve durak sayısı iken bağımsız değişkenimiz elektrik tüketim miktarıdır (kWh). Bu değişkenler için ayrı ayrı ADF ve Philips-Perron olasılık değerleri bu kıyaslamaya tabi tutulmuş ve üç değişkeninde durağan olduğu görülmüştür. Aşağıdaki şekil de eviews paket programından alınan verilerde de değerlerin durağanlığı görülmektedir.

Tüm değişkenlerin durağanlık testleri yapılmış ve sonucunda birinci farkta durağan olduğu gözlemlenmiştir. Bu sayede %1 anlam düzeyinde durağan olan değişkenler arasında uzun dönem koentegrasyon ilişkisinin varolduğu incelenmiştir.

3.2.2. Enerji Değişkeni İçin Philips-Perron Testi



şekil 28. Phillips-Perron test istatistiği

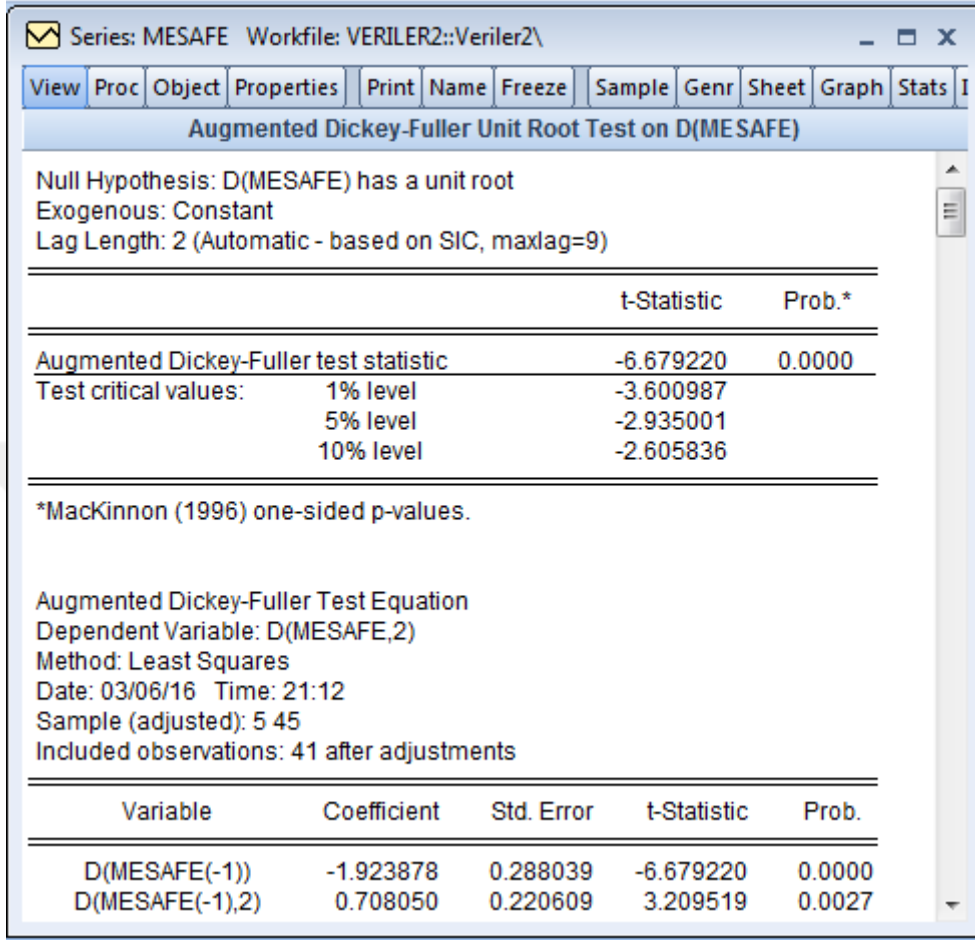


Şekil 29. Phillips-Perron test istatistiği (enerji)

Sonuç: Enerji 10 güvenlik arasında, birinci farkında durağandır.

Programın verdiği olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması durumunda ya da test istatistik mutlak değerinin %1, %5 ve %10 hata paylarına karşılık gelen değerlerin mutlak değerlerinden büyük olması durumunda durağanlıktan söz edebiliriz. Ham verilere karşılık gelen Şekil.28 de gösterildiği üzere level kısmında durağanlığı yakalayamadığımızdan ve olasılık değerinin 0.05'ten küçük olduğu first difference diye tanımlanan bölümde olasılık 0.00 olduğundan değerlerimiz 1. farkında durağan olarak tanımlanmaktadır. Benzer işlem diğer değişkenlere de uygulanarak sonuçları gösterir şekillere aşağıda yer verilmiştir.

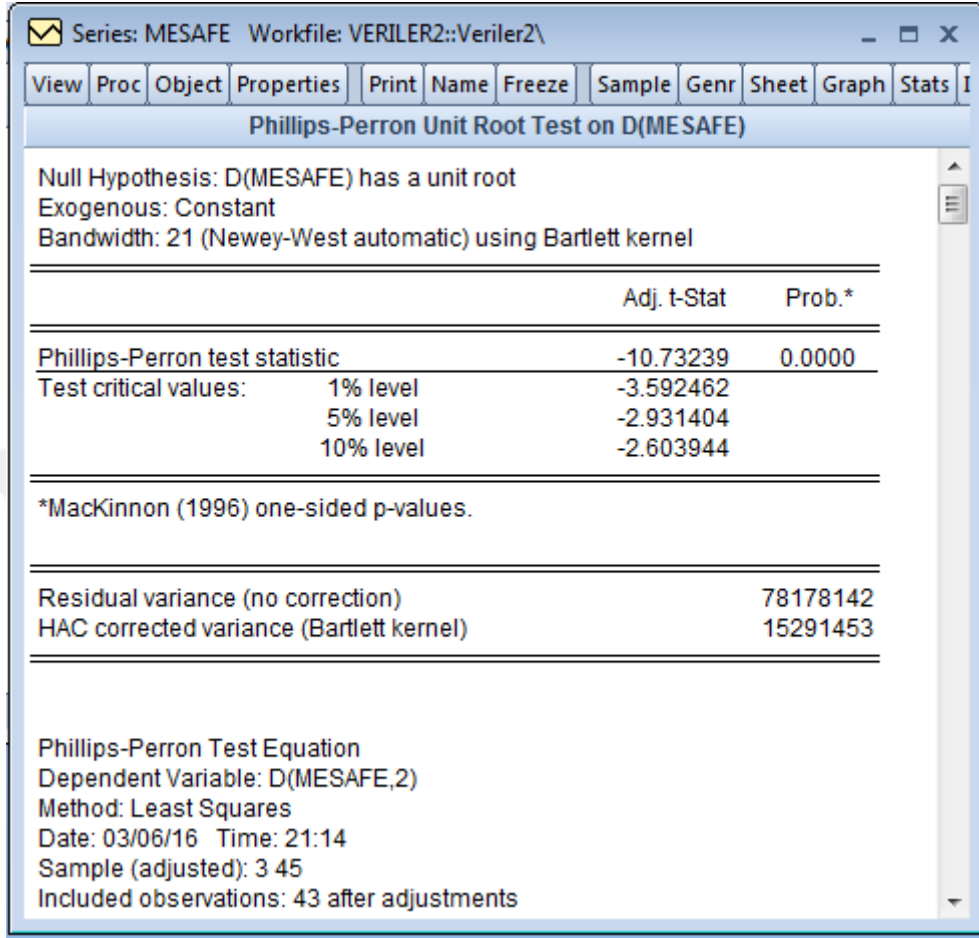
3.2.3. Katedilen Mesafe Değişkeni İçin ADF Testi



Şekil 30. Dickey-Fuller test istatistiği (mesafe)

Yapılan test ile level kısmında durağanlığı yakalayamadığımızdan ve olasılık değerinin 0.05'ten küçük olduğu first difference diye tanımlanan bölümde olasılık 0.00 olduğundan mesafe değişkeni de 1. farkında durağan olarak tanımlanmaktadır. Yani değişkenin durağan olması ile zaman içinde varyansın ve ortalamasının sabit olması ve gecikmeli iki zaman periyodundaki değişkenlerin kovaryansının değişkenler arasındaki gecikmeye bağlı olup zamana bağlı olmaması sonucuna ulaşılır.

3.2.4. Katedilen Mesafe Değişkeni İçin Philips-Perron

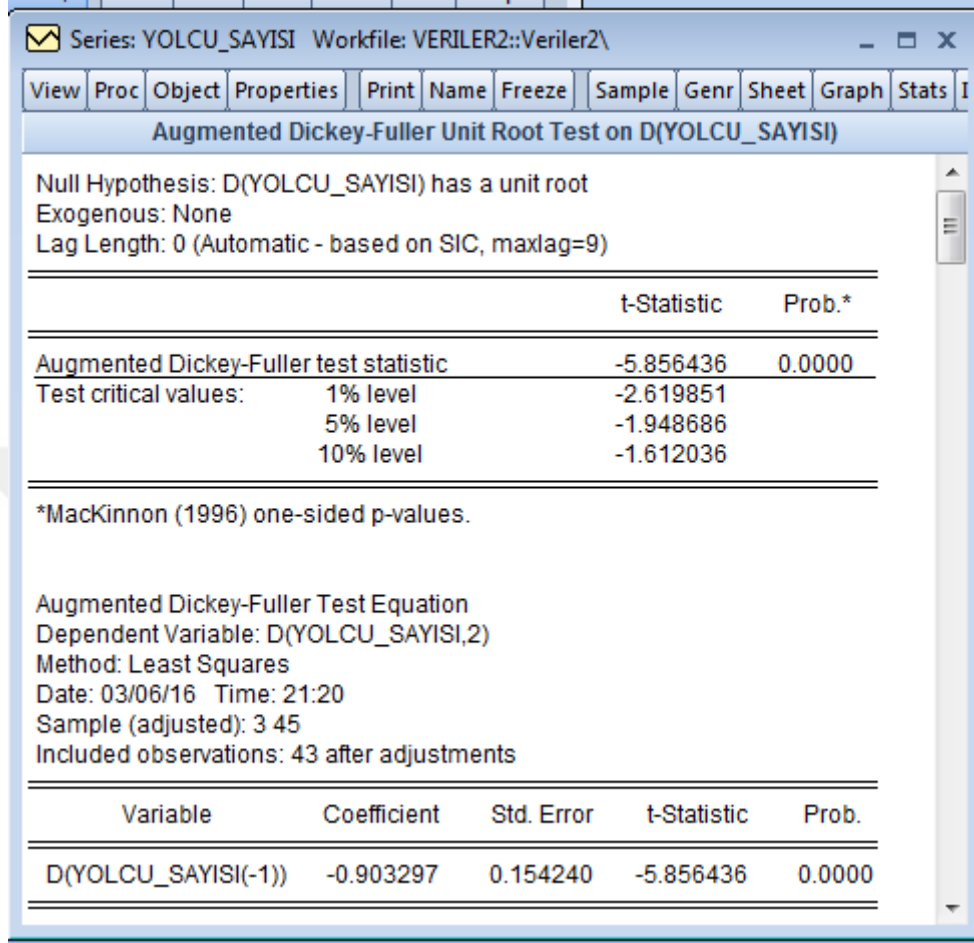


Şekil 31. Phillips-Perron test istatistiği (mesafe)

Sonuc: sefer sayısı 99% güvenlik arasında birinci farkında durmaktadır.

ADF (DF) testi birim kök ve yakın birim kökü ayırtmada yetersiz kaldığı düşünüldüğünden olası bir hatayı önlemek adına Philips Perron testi ile durağanlık tespiti yapılır.(Enders Walter, Applied Econometric Time Series, Iowa State University, John Wiley&Sons Inc.pp.251-252)

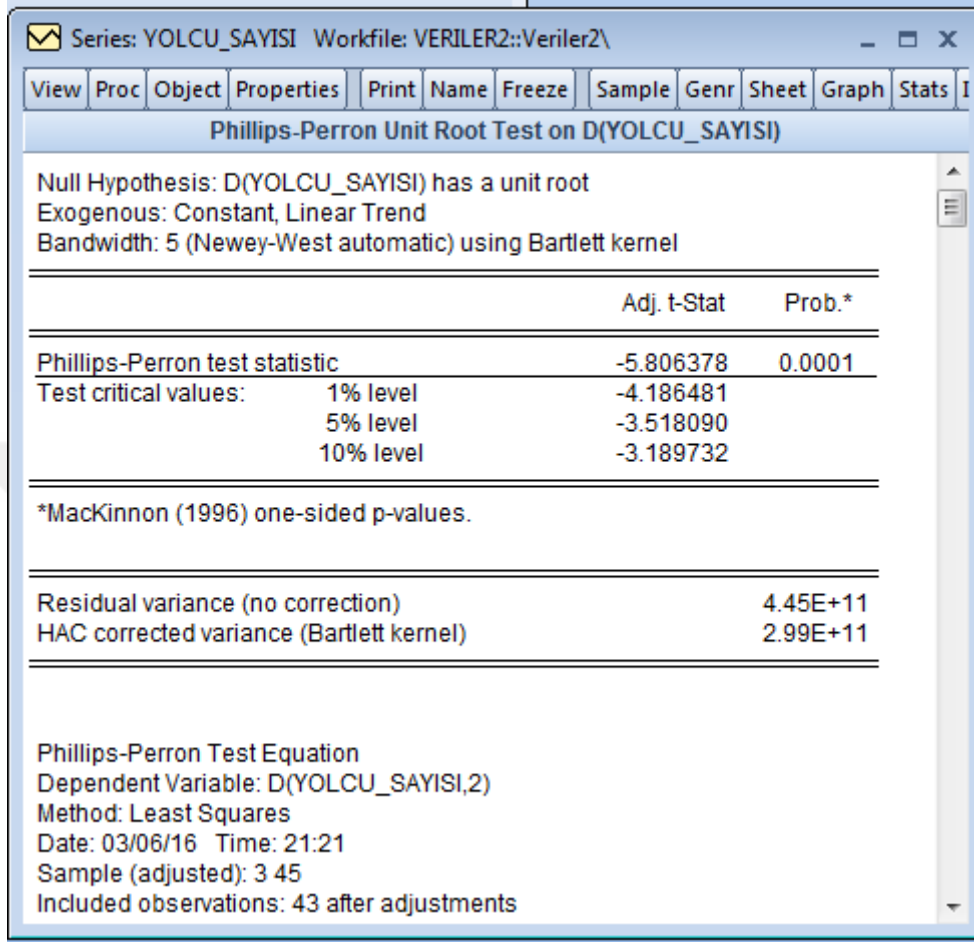
3.2.5. Yolcu Sayısı Sayısı Değişkeni İçin ADF Testi



Şekil 32. Dickey-Fuller test istatistiği (yolcu sayısı)

Yapılan test ile level kısmında durağanlığı yakalayamadığımızdan ve olasılık değerinin 0.05'ten küçük olduğu first difference diye tanımlanan bölümde olasılık 0.00 olduğundan yolcu sayısı değişkeni de 1. farkında durağan olarak tanımlanmaktadır.

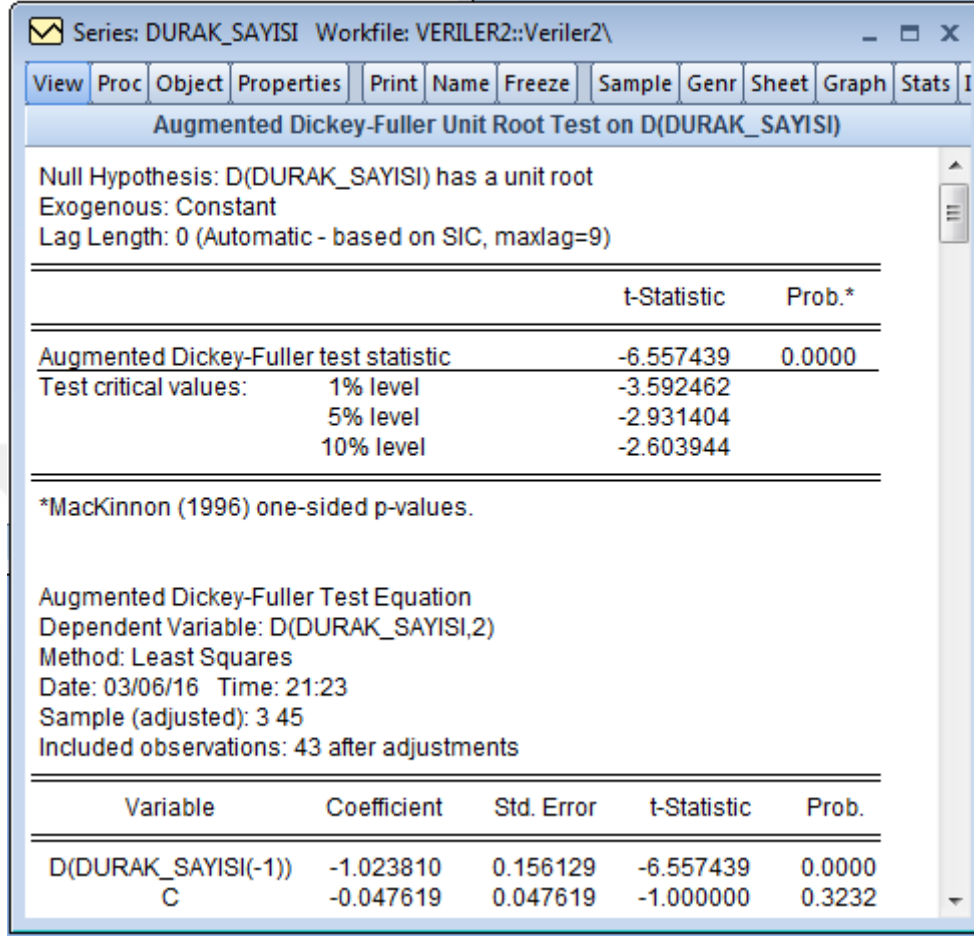
3.2.6. Yolcu Sayısı Değişkeni İçin Philips-Perron Testi



Şekil 33. Phillips-Perron test istatistiği (yolcu sayısı)

Yolcu sayısı için ADF (DF) ile 1. farkında durağan olarak bulunan sonucun Phillips-Perron Testi ile teyidi yapıldı.

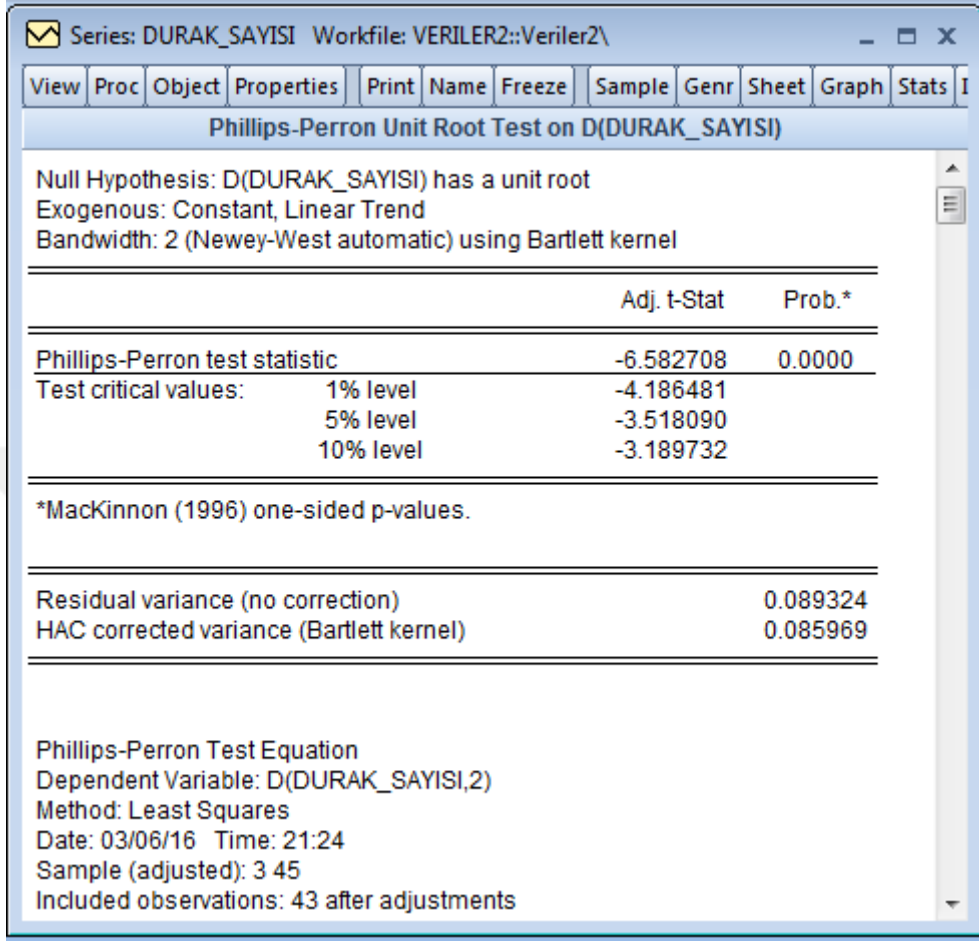
3.2.7. Durak Sayısı İçin ADF Testi



Şekil 34. Dickey-Fuller test istatistiği (durak sayısı)

Yapılan test ile level kısmında durağanlığı yakalayamadığımızdan ve olasılık değerinin 0.05'ten küçük olduğu first difference diye tanımlanan bölümde olasılık 0.00 olduğundan durak sayısı değişkeni de 1. farkında durağan olarak tanımlanmaktadır.

3.2.8. Durak Sayısı İçin Philips-Perron Testi



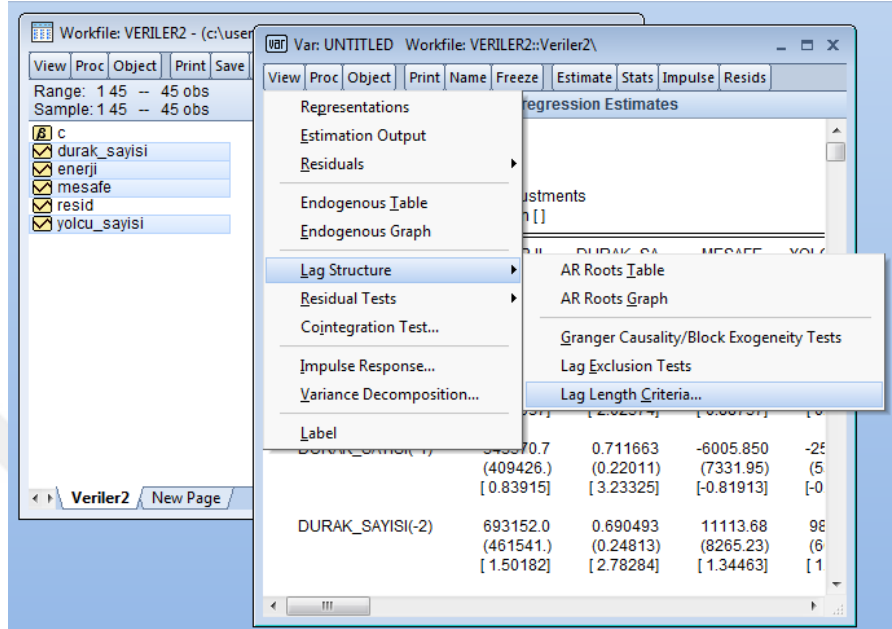
Şekil 35. Phillips-Perron test istatistiği (durak sayısı)

Birim kök test sonucu: Üç değişken birinci farkında durağandır. Durağanlık testinden değişkenler için aynı sonucu elde ederek Johansen Kontegrasyon Testini yapabilmemiz uygun koşulların oluştuğunu tespit ettik.

3.3. Optimum Gecikme Uzunluğunu Belirleme

Eviews Programı tarafından otomatik olarak gecikme uzunluğu 3 olarak saptanmıştır. Bu uzunluklar arasında optimum gecikme uzunluğunu belirledik. Var testi ile aşağıdaki test istatistiklerine göre her gecikme için değerler elde ederek en küçük değerleri işaretledik. Program tarafından yıldızlarla belirlenen en küçük değerlerin en çok bulunduğu

satırın ait olduğu gecikmeyi optimum gecikme olarak seçtik. Aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere bizim serimizde 1. Gecikme en optimum gecikme olarak belirlenmiştir.



Şekil 36. Eviews programında gecikme uzunluğunun saptanması

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1623.541	NA	2.08e+31	83.46362	83.63424	83.52484
1	-1526.847	168.5944*	3.34e+29*	79.32548	80.17859*	79.63156*
2	-1510.526	25.10837	3.38e+29	79.30904	80.84464	79.86000
3	-1502.239	11.05006	5.39e+29	79.70455	81.92264	80.50038
4	-1487.890	16.18877	6.77e+29	79.78921	82.68978	80.82991
5	-1465.419	20.74205	6.29e+29	79.45739	83.04045	80.74296
6	-1442.975	16.11354	7.04e+29	79.12694*	83.39248	80.65738

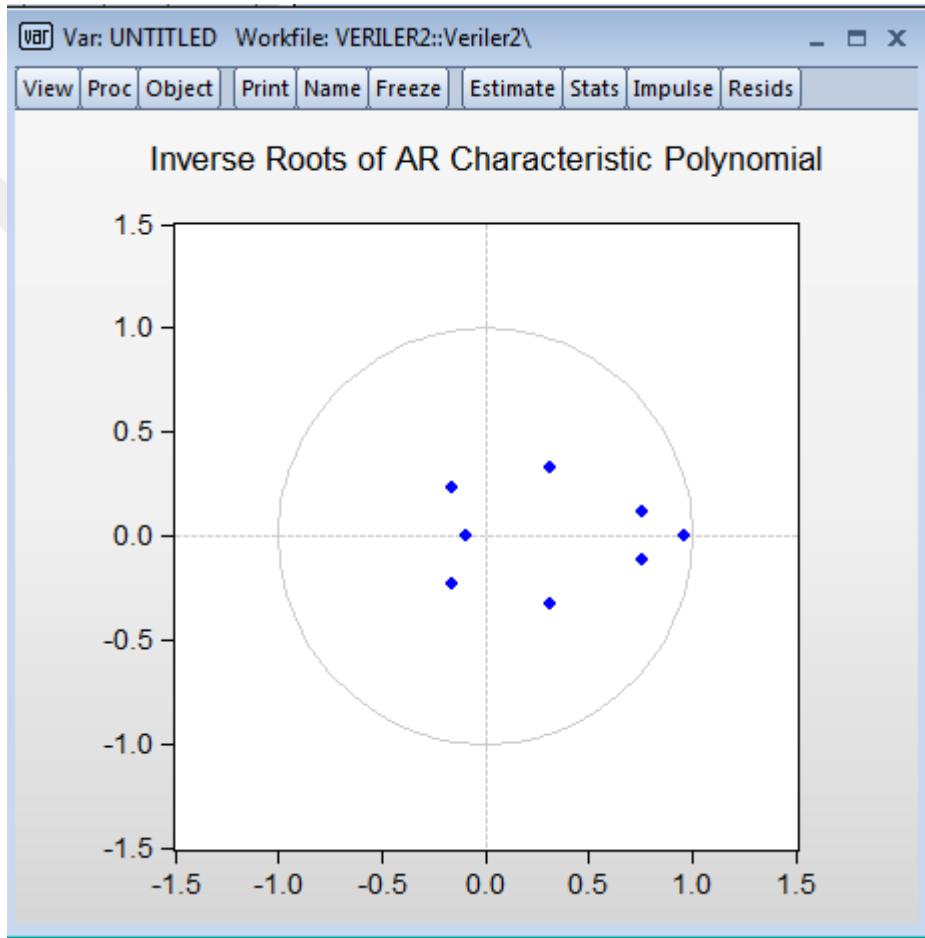
* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

Şekil 37. Eviews programında optimum gecikme sonucu

Sonuç: Birinci gecikme en optimum gecikme

Herhangi bir değişkenin saptanan gecikmeli değeri denklem içinde katsayının soluna parantez içinde yazılır. Yapılan işlemler sonunda bulunan denklemde gecikme değeri (-1) olarak değişken katsayıları önüne yazılacaktır. Ayrıca Johansen testi oluşturulurken gecikme uzunluğu da Var modelinde tanımlanarak denklem oluşturulacaktır.

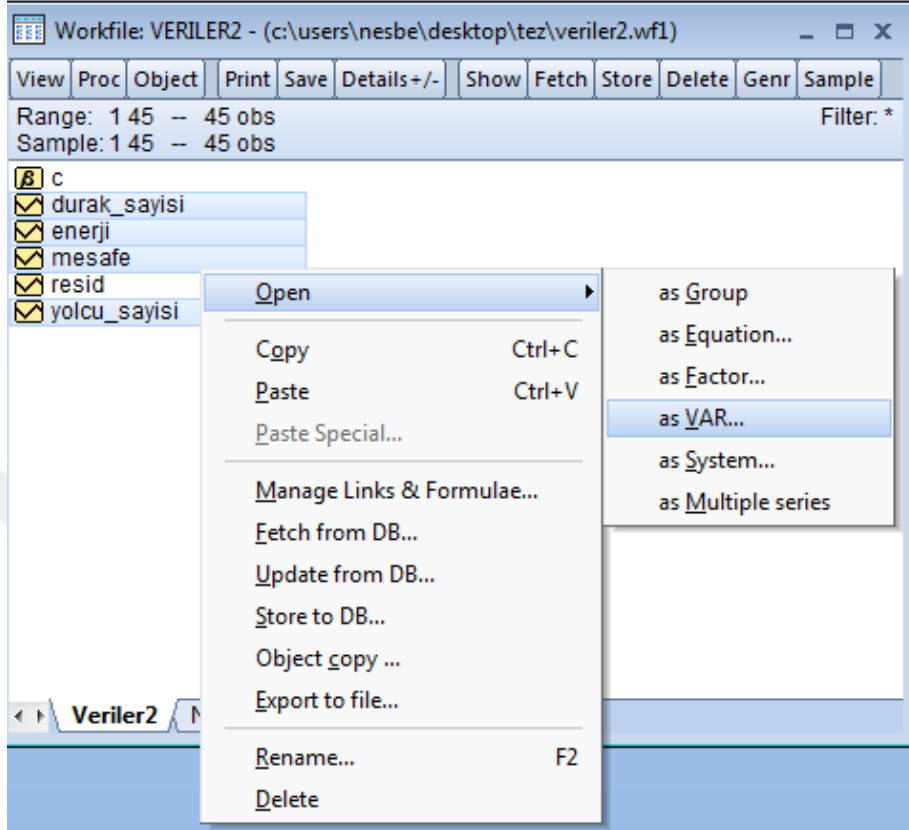
3.4. LM Otokrolasyon Testi



Şekil 38. LM Otokorolosyon Testi ile anlamlılık tespiti

Grafikte bütün noktaların çember içinde olması çember dışında hiçbir noktanın bulunmaması seçilmiş modelde otokrolasyon probleminin olmadığını göstermektedir. Yani koentegrasyon aşamaya geçebiliriz.

3.5. Johansen Metodu (johansen test for cointegration)



Şekil 39. Johansen Metodu

Sonuç: Veriler kontegre yani uzun dönem ilişkileri vardır ve bu ilişkinin aşağıdaki modelde açıklanmaktadır.

Johansen Cointegration Test

Date: 03/06/16 Time: 22:56				
Sample (adjusted): 3 45				
Included observations: 43 after adjustments				
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)				
Series: ENERJI DURAK_SAYISI MESAFE YOLCU_SAYISI				
Lags interval (in first differences): 1 to 1				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.577315	56.25398	54.07904	0.0316
At most 1	0.248875	19.22544	35.19275	0.7738
At most 2	0.103577	6.919553	20.26184	0.9023
At most 3	0.050270	2.217825	9.164546	0.7341
Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.577315	37.02854	28.58808	0.0033
At most 1	0.248875	12.30589	22.29962	0.6248
At most 2	0.103577	4.701728	15.89210	0.9126
At most 3	0.050270	2.217825	9.164546	0.7341
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=I):				
ENERJI	DURAK_SAYISI	MESAFE	YOLCU_SAYISI	C
3.41E-06	-1.765929	-3.56E-05	-5.34E-07	38.21537
-3.57E-07	2.471604	-6.72E-05	-8.06E-07	-45.64576
-4.71E-07	0.590098	-1.94E-05	6.74E-07	-11.93097
8.43E-07	-1.586966	-4.20E-06	3.33E-07	32.81102
Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):				
D(ENERJI)	-331344.9	155260.2	7786.073	-39858.99
D(DURAK_SAY)	-0.170988	0.062966	-0.035141	0.021858
D(MESAFE)	1065.329	2923.434	1591.237	740.6822
D(YOLCU_SAY)	-78420.11	270948.3	-102954.5	7662.198

Şekil 40. Johansen Cointegration test

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):				
D(ENERJI)	-331344.9	155280.2	7786.073	-39858.99
D(DURAK_SAY)	-0.170988	0.062966	-0.035141	0.021858
D(MESAFE)	1065.329	2923.434	1591.237	740.6822
D(YOLCU_SAY)	-78420.11	270948.3	-102954.5	7662.198
1 Cointegrating Equation(s):		Log likelihood	-1675.240	
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
ENERJI	DURAK_SAYISI	MESAFE	YOLCU_SAYISI	C
1.000000	-517714.1	-10.45050	-0.156493	11203528
	(110462.)	(3.21561)	(0.05105)	(2162351)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(ENERJI)	-1.130221			
	(0.25323)			
D(DURAK_SAY)	-5.83E-07			
	(1.3E-07)			
D(MESAFE)	0.003634			
	(0.00465)			
D(YOLCU_SAY)	-0.267492			
	(0.35127)			

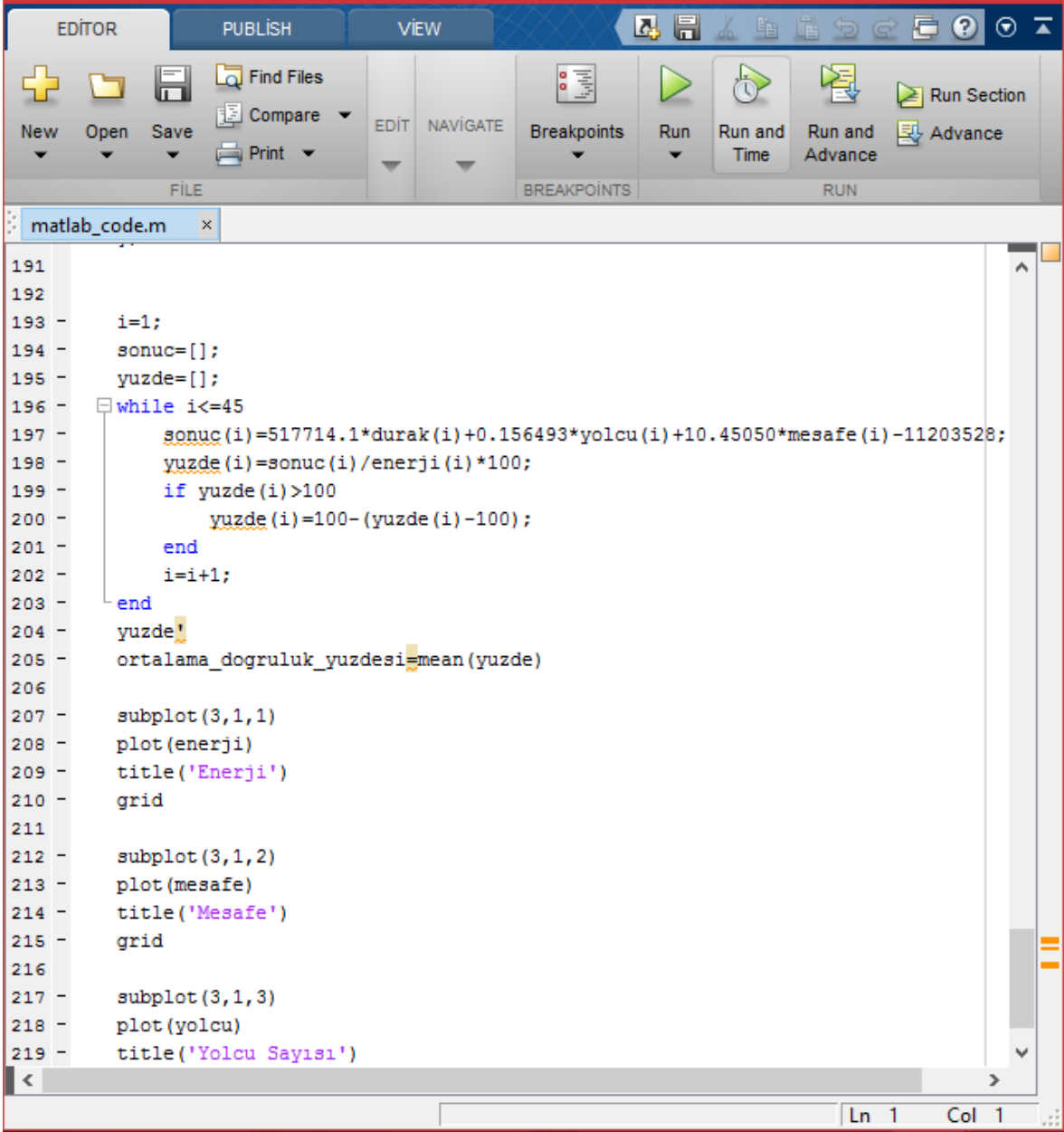
Şekil 41. Değişkenler arası ilişki tespiti

Yaptığımız eviews paket programı sonucunda harcanan enerji, katedilen mesafe, durak sayısı ve yolcu sayısı değişkenlerinin anlamlılıkları test edilip aralarında bir eşbütünlük (uzun dönem ilişkisi) olduğu tespit edilmiştir ve aralarında bir bağıntı oluşturularak aşağıdaki denklem elde edilmiştir. Elde edilen denklemde enerji kwh mesafe km olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Enerji} = 517714,1 * (\text{durak sayısı}) + 0,156493 * (\text{yolcu sayısı}) + 10,45050 * \text{mesafe} - 11203528$$

Yukarıda elde edilen denklemin güvenilirliğini test etmek amacıyla bütün veriler için Matlab programı yardımıyla denklemde test edilmiş ve çıkan sonuçların gerçek sonuca göre doğrulukları yüzde olarak hesaplanmıştır. Ayrıca tüm sonuçların ortalaması alınarak denklem sisteminin veriler üzerinden ortalama doğruluk oranı da yüzde olarak hesaplanmıştır. Yine Matlab programı yardımıyla veriler arasındaki değişimler ve bu

değişimlerden birbirlerine etkilerini gösteren grafik oluşturulmuştur. Bu grafik ve sonuçları elde ettiğimiz Matlab kodlarında aşağıda belirtilmiştir.

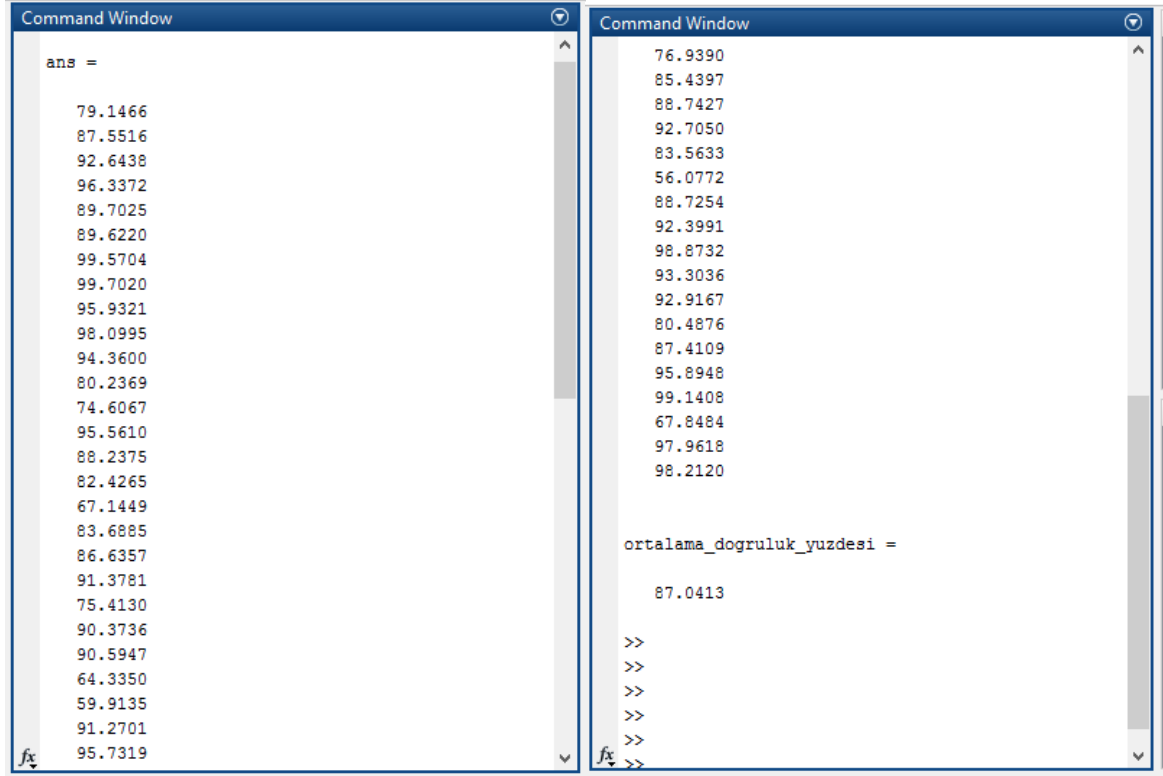


```

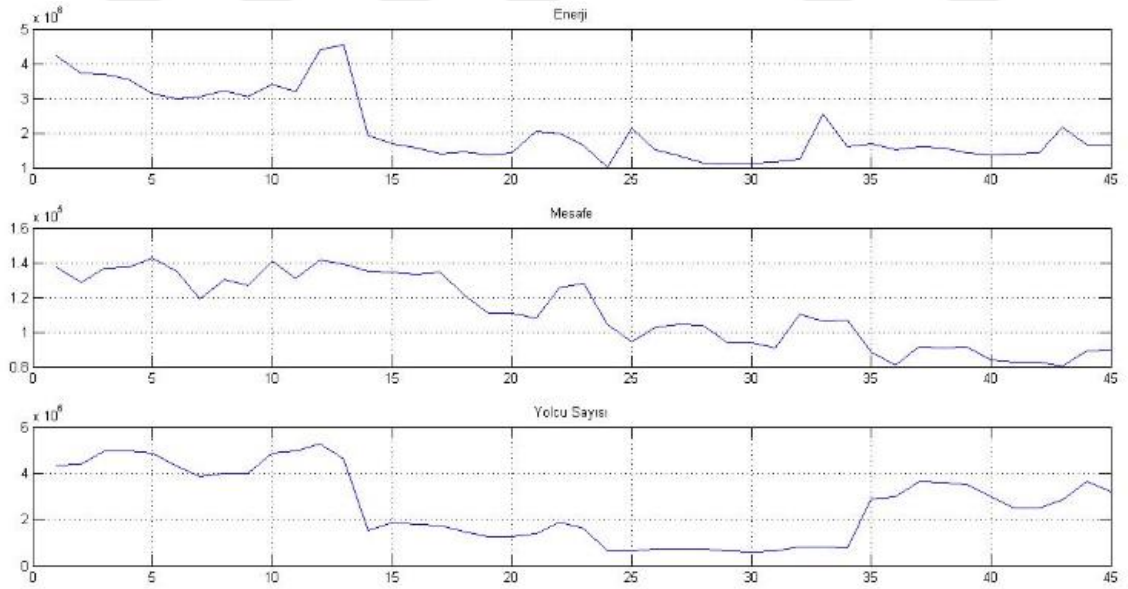
191
192
193 -   i=1;
194 -   sonuc=[];
195 -   yuzde=[];
196 -   while i<=45
197 -       sonuc(i)=517714.1*durak(i)+0.156493*yolcu(i)+10.45050*mesafe(i)-11203528;
198 -       yuzde(i)=sonuc(i)/enerji(i)*100;
199 -       if yuzde(i)>100
200 -           yuzde(i)=100-(yuzde(i)-100);
201 -       end
202 -       i=i+1;
203 -   end
204 -   yuzde
205 -   ortalama_dogruluk_yuzdesi=mean(yuzde)
206
207 -   subplot(3,1,1)
208 -   plot(enerji)
209 -   title('Enerji')
210 -   grid
211
212 -   subplot(3,1,2)
213 -   plot(mesafe)
214 -   title('Mesafe')
215 -   grid
216
217 -   subplot(3,1,3)
218 -   plot(yolcu)
219 -   title('Yolcu Sayısı')

```

Şekil 42. Matlab kodları ile değişkenler arası değişimin birbirlerini etkilerinin tespiti



Şekil 43. Değişkenlerin doğruluk yüzdesi ve ortalama gerçeklik yüzde



Şekil 44. Değişkenler arası korelasyonel bağıntı grafiği

Tahmin edilen yolcu ve sefer sayılarına göre tüketilecek enerji miktarını da elde ettiğimiz denklem yardımı ile yaklaşık olarak tahmin edebiliriz. Ankara Büyükşehir

Belediyesinin Kızılay –Çayyolu hattı için 2023 yılı için yapılacak günlük ortalama yolcu sayıları tahminleri belediye verilerinden temin edilmiştir. 2023 yılı için yaklaşık günlük 213 037 kişi olarak tahmin edilmektedir. Bu hatta günde yapılan ortalama sefer sayılarında yine belediye verilerinde mevcuttur. Buradan temin edilen verilere göre aylık ortalama (160 x30) 4.800 sefer gerçekleşmesi planlanmaktadır. Bu hat boyunca mesafe durak sayısı sabit olup günlük ortalama sefer sayılarında bellidir. Bu veriler doğrultusunda 2023 yılı için tüketilebilecek enerji tahminini yapmakta mümkündür.

2023 yılı için tüketilecek enerji aşağıda hesaplanmıştır.

Günlük ortalama 213.037 yolculuk değerinin bir yıl için değerini hesaplırsak

(213 037 × 365 = 77.585.005) 77.585.005 kişi olarak buluruz. Yıllık ortalama sefer sayısında verilen aylık ortalama sefer sayısından yola çıkılarak (160 × 30 × 12 = 57600) olarak hesaplanır. Bu sefer sayısına karşılık gelen mesafede 57600x2x16,590=1911168 km olarak hesaplanır.Bu değerlerden yola çıkarak;

$$\text{Enerji} = 517714,1 \cdot (22) + 0,156493 \cdot (77585005) + 10,45050 \cdot 1911168 - 11203528 = 32.300.360,17 \text{ kWh}$$

Çalışma sonuçları aşağıda maddeler halinde incelenmiştir.

Ülkemizde ve dünyada ulaştırma sektöründe yaşanan ciddi sorunlar, artan nüfus yoğunluğu ve buna paralel kendini gösteren ulaşım ihtiyacı ile ülkeler arası enerji krizi karşısında çözüm yollarından biri olarak görülen raylı sistemler ulaştırma piyasasında kendine önemli bir yer edinmeyi başarmıştır. Raylı sistem teknolojisinde birbirleriyle yarış içinde olan gelişmiş dünya ülkeleri bu konuda sahip oldukları teknolojiyi gelişmişlik seviyelerine bir kanıt olarak görmektedir. Bu nedenle ülkemizde enerji tüketiminde yüksek paya sahip ulaştırma sistemi için enerji kaynağının büyük bir kısmı ithal ürünü olan petrol ve petrol ürünlerinden sağlamakta ve birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımına bakıldığında ulaştırmanın %19,4'lük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun ülke ekonomisi üzerindeki olumsuz etkileri ülkemizin raylı sistemler üzerindeki çalışmalarına hız vermesine neden olmuştur. Bu tez kapsamında raylı ulaşım sistemlerinin alternatif enerji kaynaklarından biri olan elektrik enerjisiyle çalışmasından dolayı hem doğa, hem insan hem de ekonomi üzerindeki olumlu yönleri belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığından geçmiş yıllara ait kent içi raylı ulaşım sistemlerine ait veriler alınarak tüketilen enerji üzerinde yolcu sayısı, durak sayısı ve mesafe gibi değişkenlerin büyük etkilere sahip olduğu görülmüştür. Değişkenlerin bu etkilerini araştırmak adına Ewiev paket programı ile bir modelleme yapılarak bu değişkenler arasında bir bağıntı tespit edilmiştir.

$$\text{Enerji} = 517714,1 * (\text{durak sayısı}) + 0,156493 * (\text{yolcu sayısı}) + 10,45050 * \text{mesafe} - 11203528$$

Elde edilen bu bağıntı ile değişkenlerin tüketilen enerji üzerindeki etkileri gözlemlenebilirken gelecekte de tüketilecek enerji hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Raylı sistemler için planlanan yeni hatlar önümüzdeki yıllar için tahmin edilen nüfusa göre belirlenmektedir. Gelecekteki nüfus tahmini ve mesafenin belli olduğu bu durumda harcanacak enerjinin ve maliyetin hesaplanması ekonomi alanında oldukça yarar sağlayacak ve raylı sistemlerin günlük, aylık, yıllık olarak kişi başı ulaşım bedeli hesaplanabilecektir.

Mesafesi ve durak sayısı belli olan Kızılay-Çayyolu güzergâhı için 2023 yılı yolcu sayısı tahminleri Ankara Büyükşehir Belediyesinden alınarak tezimizde oluşturulan matematik modelleme ile tüketilecek enerji tahmini yapılmıştır. Güzergâh üzerinde 1 sefer sırasında 22 adet durak noktası bulunurken 2023 yılında 57.600 sefer yapılması bekleniyor. Bu seferler için bir yılda katedilecek toplam mesafe 1.911.168 km olarak hesaplanmaktadır. Bu verilerle bir yılda yolculuk yapması planlanan 77.585.005 kişi için 32.300.360,17 kWh enerji harcanması beklenmektedir. Bu hesaplamalar sayesinde de sağlanan kazanç ile bir raylı sistem hattının ne kadar sürede yapım maliyetlerinin karşılanabileceği tayin edilebilecektir. Aynı zamanda bu doğrultuda ulaştırma sistemlerini, enerji kaynaklarını ve tüketimini modelleme ile yapılacak yatırımları ve yeni projeleri yönlendirmek mümkün hale gelecektir.

Yapılan istatistiksel çalışmalara göre dünya petrol rezervlerinin çok fazla ömrünün kalmadığı ve petrolün her geçen gün değer kazandığı bilinmektedir. 2015 yılı dünya petrol rezervi 239 milyar ton, doğal gaz rezervi 186,9 trilyon m³, kömür rezervi ise 892 milyar ton olarak tespit edilmiştir. Petrol, doğal gaz ve kömürün kullanılabilme süreleri sırasıyla; 51 yıl, 53 yıl ve 114 yıl olarak belirlenmiştir. Bu nedenle ülkemiz ulaşımda petrol yerine alternatif enerji kaynakları bulmalıdır ve bu alternatiflerden biri de elektrik enerjisi ile çalışan raylı sistemlerdir. Bu sistemlerin tüketeceği enerji miktarları tahmin edilerek ülke

sınırları içinde ulaştırma sektöründe harcanmak üzere üretilecek elektrik enerjisi miktarında tahmin edilebilir. Bu da yapılan petrol ithalatını azaltarak ülke ekonomimizi dışa bağımlı olmaktan kurtarma yolunda atılacak önemli bir adım olacaktır.

Ayrıca, bu çalışmada raylı sistemlerle yapılan taşıma maliyetinin ekonomik olmasının yanında petrol ürünleriyle yapılan taşımacılığa göre çevreye daha az zarar vermesi kent içinde raylı sistemlerle taşımacılığın önemini artırmaktadır. TÜİK verilerine göre 2016 yılı sera gazı emisyonu karayolu ulaşım sistemlerinde 75.595 kiloton (CO₂ eşdeğeri) iken raylı sistemlerde sadece 374 kiloton olarak tespit edilmiştir. Ülkemizde, ulaşımında enerjinin % 99 oranında petrol ürünlerinden karşılandığı bu dönemde enerjinin sera gazı emisyonundaki oranını da azaltmak adına elektririk enerjisi ile çalışan kent içi raylı sistemler daha cazip bir yol sunmaktadır. Yapılan araştırmalarda 320.000 adet aracın trafikten çekilmesi ile CO₂ emisyonunda yaklaşık % 4,87'lik bir azalma sağlandığı görülmektedir.

Raylı sistemler konfor ve zaman anlamında da insan hayatını kolaylaştırma adına ön plana çıkmaktadır. Tez kapsamında Ankara'da örnek olarak Kızılay-Çayyolu güzergâhı seçilmiştir. Bu güzergâh üzerinde üç adet üniversite kampüsü ve çeşitli kamu kurumlarının bulunması nedeniyle yoğun bir trafik yüküne sahiptir. Bu gibi yoğun nüfusa sahip yerleşim yerlerinde trafik yoğunluğu, ulaştırmada en büyük sorulardan biri haline gelerek insanları hem zaman hem de psikolojik açıdan etkilemektedir. Tezimizde bu güzergâh üzerinde yapılan kıyaslamada karayolu trafiğinden ayrı seyreden raylı sistemlerin ulaşım zamanı yönünden de avantajlı olduğu görülmüştür. Aynı güzergah üzerinde karayolu toplu taşımacılığı ile yapılan seyahat süresi 95 dakika iken aynı varış noktası için raylı sistem ve kısa mesafede karayolu ring servisi ile yapılan seyahat süresi sırasıyla 20 ve 25 dakika olup toplamda 45 dakika ile ciddi bir zaman kazancı sağlanmıştır. Ulaşım zamanından kazanılan tasarrufla insan psikoloji üzerinde olumlu bir etki bırakılacak olup iş, okul ve diğer sosyal çevrede insan veriminin artmasına da katkı sağlayacağını görmek mümkün olacaktır. Bu taşıma esnasında 2015 verilerine göre karayollarında günlük kişi başı taşıma maliyeti 0.535 tl ve raylı sistemlerde ise 0,139 tl olarak hesaplanmış ve ulaşım maliyeti olarak iki tür arasındaki ciddi fark ortaya çıkarılmıştır.

Tezimizde raylı sistemlerin ve karayolu taşımacılığının kıyaslandığı önemli bir diğer nokta da güven ve trafik kazalarıdır. TÜİK verilerine göre 2015-2017 yıllarında karayolunda meydana gelen 3.698.566 kazada ölü sayısı 22.257 kişi iken aynı yıllarda demiryolu taşımacılığında meydana gelen 274 kazada ölü sayısının 171 kişi olduğu tespit

edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda raylı ulaşım sistemlerinde meydana gelen trafik kazalarındaki ölü sayısı karayolunda meydana gelen trafik kazalarına göre yaklaşık % 99,23 oranında daha azdır.



4. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında raylı ulaşım sistemlerinin alternatif enerji kaynaklarından biri olan elektrik enerjisiyle çalışmasından dolayı hem doğa, hem insan hem de ekonomi üzerindeki olumlu yönleri belirtilmiştir. Seçilen örnek güzergâh ile enerji tasarrufunun somut sonuçlarına ulaşılarak uygulanmasına örnek teşkil edeceği düşünülmüştür.

Karayolları ve raylı sistem taşımacılığının karşılaştırılması yapılmış ve analizler Eviews paket programı ile değerlendirilmiştir. Elde edilen bağıntı ile değişkenlerin tüketilen enerji üzerindeki etkileri gözlemlenmiş olup nüfus yoğunluğu hesaplanan belli mesafelerde enerji tahmini yapılmasına olanak sağlanmıştır. Yeni yapılacak raylı sistem inşaatlarının fayda maliyet analizlerine dayandırılması gerekliliği üzerinde durulmuştur. Teorik olarak fayda-maliyet analizi yapılarak uygun görülen diğer kentlerde raylı sistemlerin hayata geçirilerek bahsedilen faydaların sağlanması için de bu çalışma önemli bir yaklaşım olarak öngörülmüştür.

Eviewste elde edilen denklem ile 2023 yılı Kızılay-Çayyolu hattında öngörülen 77.585.005 kişi için 32.300.360,17 kWh enerji harcanması tahmini yapılmıştır.

Elde edilen denklem sonuçları ile mevcut gerçek sonuçlar Matlab programında kıyaslanarak bağıntının %87 oranında güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma, raylı sistemlerde tüketilecek enerji tahmini yapılması ile günlük, aylık, yıllık olarak kişi başı ulaşım bedeli hesaplanabilmesi konusunda yol gösterici olmuştur.

Aynı güzergâhta yapılan kıyaslamada karayollarında günlük kişi başı taşıma maliyeti 0,535 TL ve raylı sistemlerde ise 0,139 TL olarak hesaplanarak aradaki ciddi fark ortaya konmuştur. Ayrıca raylı sistemlerdeki seyahat süresinin karayollarındaki sürenin yaklaşık olarak yarısı kadar olduğu görülmüştür.

Alternatif enerji kaynaklarına yönlendiren bu çalışma, uluslararası düzeyde enerji politikalarının belirlendiği ve enerji stratejileri adına ciddi çalışmalar yapıldığı dönemde, ülkemizin milli enerjisini üretip raylı sistemleri kullanma adına iradesini ortaya koyması açısından yön verici olmuştur.

Raylı sistemlerin tüketeceği enerji miktarları tahmin edilerek ülke sınırları içinde ulaştırma sektöründe harcanmak üzere üretilecek elektrik enerjisi miktarı da tahmin edilebilir. Bu da yapılan petrol ithalatını azaltarak ülke ekonomimizi dışa bağımlı olmaktan

kurtarma yolunda atılacak önemli bir adım olacaktır. Aynı zamanda bu doğrultuda ulaştırma sistemlerini, enerji kaynaklarını ve tüketimini modelleme ile yapılacak yatırımları ve yeni projeleri yönlendirmek mümkün hale gelecektir.

Şehir içi toplu taşıma sistemleri arasında raylı sistemlerin ekonomi, çevre kirliliği, konfor, güvenlik ve zaman anlamında da alternatiflerine göre ciddi kazanımlar sağladığı verilerle ortaya konmuştur.



5. KAYNAKLAR

- Abbasgil, E., 1994. İstanbul'daki Toplu Taşımacılık Kapsamında Raylı Sistemlerin Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akçay, O., 1998. Trafik Hukuku ve Yönetimi, 3. Basım, Ankara.
- Alpöge, A., 1978. Kentsel Raylı Taşıma: metro, tramvay, hafif metro, I. Toplu Taşım Kongresi, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Allen, R.G.D, 1964. Statics for Economists, Mc-Millan, UK, ss.133-152).
- Aslan, C., 2005. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, 1995. Ankara Ulaşım Ana Planı: Araştırma Raporu, Ankara
- Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, 1999. EGO Yolcu Taşımacılığı, Yayın No: UPRSD-31.
- Bacaksız T.S., 2004. Dünya'daki ve Türkiye'deki Kent İçi Raylı Sistemler Karşılaştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlama ve Uygulama.
- BP, 2012. Statistical Review of World Energy.
- BP, 2012. Statistical Review of World Energy, British Petroleum (BP), London, UK.
- Chris Brooks, 2002. İntroduction Econometrics for Finance.
- Deutsche Bahn AG., 2000. Umweltbericht.
- DİE, 1997. Türkiye İstatistik Yıllığı, TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- EİE, 2008. Genel Müdürlüğü, Enerji Çevre-Hukuki Zorluklar-Emisyon Hesaplamaları, EİE Genel Müdürlüğü Editörlüğü, EİEİ Bina Enerji Yöneticileri Eğitimi.
- Elker, C., 1978. Kentsel Ulaşım Sistemlerinin Özellikleri Karşılaştırma, I. Toplu Taşım Kongresi, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ankara
- Elker, C., 1999. Çağdaş Ulaşım Politikaları, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.

- Enders W., 1995. Applied Econometric Time Series, Iowa State University, John Wiley&Sons Inc.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014. 2014 Bütçe Sunumu.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012. 2011 Yılı Enerji Dengesi.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011. Mavi Kitap.
- Evren, G., 1978. Kentsel Ulaşımında Raylı Sistemler, I. Toplu Taşıma Kongresi, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ankara
- Gökdağ, M., 1988. Kentsel Ulaşımında Karayolu ve Raylı Taşıma Sistemlerinin Bazı Önemli Faktörlere Göre Karşılaştırılması, 2. Ulaşım ve Trafik Kongresi, Ankara.
- Gökdağ, M., 1999. Kentsel ulaşımında karayolu ve raylı taşıma sistemlerinin bazı önemli faktörlere göre karşılaştırılması, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Gökdağ, M. ve Yüksel, F., 1999. “Enerji Verimliliği Açısından Demiryollarının Önemi ve Geliştirilmesi” Ulusal Enerji Verimliliği, Ankara.
- Gujarati D.N., 1995. Basic Econometrics, third edit, MC-Graw-Hill, Inc., USA.
- Gunselmann W., 2019. Technologies for Increased Energy Efficiency in Railway Systems, Power Electronics and Applications, European Co.
- Gür, A. 2011. Karayolu Ulaşımında Enerji Verimliliği ve Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi.
- Albert, H., Levin, C., Vietrose, E. ve Witte, G., 1995. “Reducing Energy Consumption in Underground Systems”, September.
- IEA Oil Market Report, 2013 Oil and Gas Journal.
- İdil. O., 1979. Yönetimde İstatistik, İşletme İktisadi Enstitüsü, İstanbul.
- International Energy Agency, 2017. IEA statistics.
- Kepenek, Y., 1987. Türkiye Ekonomisi, 1. Basım, Teori Yayınları, Ankara.
- Keskin, İ., 2013. Raylı Sistemlerde Yol Tasarımının Enerji Tüketimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Mevlana Kalkınma Ajansı, 2013. Ulaştırma Sektörü 2023 Vizyon Raporu.

- MMO, 2012. Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
- Okçuoğlu, İ., 1996. Türkiye'de Kapitalizmin Gelişmesi, Varyans Yayınları, İstanbul.
- Öncü, E., 1978. Kentsel ulaşımda raylı sistemler, I. Toplu Taşıım Kongresi, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Pietzsch, W., 1979. Strassenplanung 3.Neubearbeitete und Erweiterte Auflage. Werner-Verlang.
- Profilldis, V.A., 1995. Railway Engineering, Ashgate Publishing Company, Brookfield. UK.
- Raylı Sistemler Sektör Raporu, 2016. Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı.
- Sertöz, M., 2012. Raylı Sistemlerde Enerji Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Açıkbas, S. ve Söylemez, M.T., 2004. "Energy loss comparison between 750 VDC and 1500 VDC power supply systems using rail power simulation", *COMPRAIL*.
- Açıkbas, S. ve Söylemez, M.T., 2005. "Catenary System Paralleling and Its Effect on Power Consumption and Regenerated Energy Recuperation", *ELECO*, Bursa.
- Şenel, M.C., 2012. "Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2016. Demiryolu Sektör Raporu.
- TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2014 Yılı Bütçe Sunumu, 2011. Mavi Kitap.
- TEİAŞ, 2018. EIGM Raporları.
- Toprak, R., 1999. Şehir İçi Raylı Ulaşım Sistemleri, Trafik: Gazi Üniversitesi Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı Bülteni, Sayı 13, Ankara.
- Toprak, R., 2000. raylı Ulaşım Sistemlerinin Çevresel Etkileri, Trafik: Gazi Üniversitesi Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı Bülteni, Sayı 15, Ankara.
- TPAO, 2012. Faaliyet Raporu.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2013. Seçilmiş Göstergelerle Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2011. Ulaştırma İstatistikleri Özeti.

Türkmen, M., 2001. Kent İçi Toplu Taşımada Raylı Sistemlerin Yeri ve Ankara Metrosu ile Ankaray Örneklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2011. Strateji Geliştirme Başkanlığı.

UITP, 2005. “The Cost Of Energy And How To Reduce It”, Lisbon.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2012. World Energy Outlook.

URL-1, <http://www.dictionaryofsydney.org/entry/trams>, 12.05.2015.

URL-2, <http://www.tecrec-rail.org>, 12.05.2015.

URL-3, <http://www.rff.fr/reseau/actuel/etendu/vitesse>, 18.05.2015.

URL-4, <http://www.tcdd.gov.tr>, 18.05.2015.

URL-5, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-11>, 12.05.2015.

URL-6, <https://bilgiteknoloji.net/ekonometri/ekotest>, 17.08.2015.

URL-7, <http://www.enerji.gov.tr>, 2012, 17.08.2015.

URL-8, <http://data.worldbank.org>, 22.09.2015.

Ulusoy A., 2010. Ulaşımında Raylı Sistemler ve Kayseray, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Ural, A., 1991. Modern Elektrikli Ulaşım Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi, Kocaeli.

Yener, C, 1997. “Hafif Raylı Taşıma Sistemlerinin Kalitatif İncelenmesi” 2. Ulusal Demiryolu Kongresi.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Çorum'da doğdu. İlkokul ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü bitirdi. Aynı yıl aynı üniversitede Ulaştırma Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Eğitimi sırasında Trabzonda iki yıl Kontrol Mühendisi olarak Cam Yapı Denetim Firmasında görev yaptı. 2015-2017 yılları arasında Ankara Bilkent Entegre Sağlık Kampüsü şantiyesinde saha mühendisi ve teknik ofis mühendisi olarak görev aldı. İyi derecede İngilizce bilmekte ve Autocad, Matlab, Ewievs ve Office programlarını iyi derecede kullanabilmektedir. 2016 yılında C sınıfı İş güvenliği uzmanlığını almaya hak kazanmıştır. 2017 yılında Karayolları 7 (Samsun) Bölge Müdürlüğüne İnşaat Mühendisi olarak atandı ve halen aynı kurumda görev yapmaktadır.