

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**KOCAELİ İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ
İÇİN ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

ABDULMUTALİP DEMİREL

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

KOCAELİ İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ
İÇİN ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

ABDULMUTALİP DEMİREL

Prof.Dr. Sami ARSOY
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Haluk KONAK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Safa Bozkurt ÇOŞKUN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Rafet BOZDOĞAN
Jüri Üyesi, Yalova Üniv.

Doç.Dr. Ali Payidar AKGÜNGÖR
Jüri Üyesi, Kırıkkale Üniv.

Doç.Dr. Hakan GÜLER
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.

Yrd.Doç.Dr. Salih Taner YILDIRIM
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.


.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 15.06.2015

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ulaşım projeleri çok maliyetli projeler olduğundan deneme yanılma yoluyla hangi projenin yapılacağını belirlemek hem zaman hem de kıt kaynakların kullanımı açısından mümkün değildir. Bu sebeple Kocaeli Büyükşehir belediyesinde Ulaşım planlama müdürü olarak çalıştığım dönemde başlamış olduğum doktora çalışmalarında hem akademik hem de şehrimiz açısından önemli olduğunu düşündüğüm konuda çalışma yapmak istedim. Fakat hem çalışma hayatının yorucu temposu hem de akademik çalışmaların gerektirdiği titizlik sebebi ile doktora çalışmalarımın süresi yedi yılı aşan bir zaman dilimine yayıldı. Bu süreçte öncelikle jürimde yer alarak bana desteklerini veren ve bilgi birikimlerinden faydalandığım tüm hocalarım olmak üzere, ilk danışmanım Prof. Dr. Ergün Öztürk ve onun sağlık sebebi ile ayrılmasından sonra danışmanlığımı yürüten ve bana yol gösterici olup önümü açan Prof. Dr. Sami Arsoy hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ulaşım ana planı kapsamında elde ettiğimiz verileri çalışmamda kullanmama izin veren ve çalışmamı tamamlamam için bana her türlü desteği veren Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Genel Sekreterimiz Doç.Dr.Tahir Büyükkakın' a çok müteşekkirim.

Çalışmalarında yoğun veri ihtiyacı sebebi ile sahada beraber çalıştığımız tüm Ulaşım Daire Başkanlığı çalışanlarına teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Özellikle Yüksek Şehir Plancısı Cüneyt Çetintaş'a verileri derleme ve format konusundaki destekleri için ayrıca şükranlarımı sunarım. Tez çalışmalarımı sürdürmemde bana destek olan bütün arkadaşlarıma ve onlara ayırmam gereken zamanın bir kısmını çalışmalarına vermemde bana ilgisiyle destek olan başta sevgili eşim Ayşe Kamer Demirel ve çocuklarım Kerem, Zülal ve Zehra olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran – 2015

Abdulmutalip DEMİREL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
GİRİŞ	1
1. KENT İÇİ ULAŞIM VE ULAŞIM POLİTİKALARI	4
1.1. Ulaşımın Tarihçesi	5
1.2. Türkiye’de Kentsel Ulaşım Politikaları.....	5
2. KOCAELİ’DE MEVCUT DURUMUN TESPİTİ.....	15
2.1. Kocaeli İle İlgili Genel Bilgiler.....	15
2.1.1. Kocaeli ili idari yapısı.....	15
2.1.2. Arazi kullanımı	16
2.1.3. Nazım imar planı	17
2.2. Kent Merkezi.....	18
2.2.1. Konut alanları	18
2.2.2. Sanayi kuruluşları	18
2.2.3. Ekonomik yapı.....	18
2.2.4. Merkezi nüfus gelişimi	19
2.2.5. Karayolu ulaşım altyapısı	19
2.2.6. Otoyollar	20
2.2.7. Devlet ve il yolları	20
2.2.8. Kent içi ulaşım ağı	20
2.2.9. Trafik altyapısı.....	21
2.3. Toplu Ulaşım Altyapısı	21
2.3.1. Karayolu toplu ulaşım.....	21
2.3.2. İşletme özellikleri	22
2.4. Kocaeli’nde Kent İçi Ulaşım Sistemlerinin Analizi.....	23
2.4.1. Belediye otobüsleri	23
2.4.2. Özel toplu taşıma işletmeleri	25
2.4.3. Mevcut toplu taşıma sistemlerinde ücret toplama sistemi	26
2.4.4. Deniz yolu toplu taşıma	27
2.4.5. Ara toplu ulaşım.....	27
2.4.5.1. Taksiler	27
2.4.5.2. Bisiklet ulaşımı.....	28
2.4.5.3. Yaya ulaşımı.....	28
2.5. Ulaşım Ağı Kademelenmesi.....	29
2.5.1. Kent yolları işlevleri	29
2.5.2. İşlevsel sınıflandırma.....	30
2.5.2.1. Birinci derece yollar	30

2.5.2.2. İkinci derece yollar	30
2.5.2.3. Toplayıcı yollar	31
2.5.2.4. Yerel yollar	31
2.5.2.5. Kocaeli için yol sınıflandırması	31
3. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	33
3.1. Toplu Taşıma Sistemleri	33
3.1.1. Düşük kapasiteli toplu taşıma	34
3.1.2. Yüksek kapasiteli toplu taşıma	34
3.1.3. Yüksek kapasiteli toplu taşıma	34
3.1.4. Lastik tekerlekli Sistemler	34
3.1.4.1. Özel otomobil	34
3.1.4.2. Taksi- dolmuş	35
3.1.4.3. Minibüs	35
3.1.4.4. Otobüs	35
3.1.4.5. Metrobüs	35
3.1.5. Raylı sistemler	36
3.1.5.1. Tramvay	36
3.1.5.2. Hafif raylı sistem	37
3.1.5.3. Monoray	37
3.1.5.4. Metro	38
3.1.5.5. Banliyö treni	39
3.1.6. Toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırılması	39
3.1.6.1. Güvenlik	39
3.1.6.2. Enerji	40
3.1.6.3. Arazi kullanımı	41
3.1.6.4. Hava kirliliği	41
3.1.6.5. Gürültü	42
3.1.6.6. Trafik sıkışıklığı	43
3.1.7. Sistemlerin genel karşılaştırması	44
3.1.7.1. Maliyet	44
3.1.7.2. Yapım süresi ve şekli	46
4. ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE VERİLER	47
4.1. Ulaşım Modeli ve Amaçları	48
4.2. Ulaşım Model Kurulumu	49
4.2.1. Yolculuk yaratım/ çekimi	49
4.2.2. Yolculuk dağıtımı	50
4.2.3. Türel dağılım	52
4.2.4. Yolculuk atamaları	53
4.3. Model İçin Veri Oluşturulması	53
4.3.1. Hanehalkı ulaşım anketleri	55
4.3.2. Nüfus	57
4.3.3. Çalışan nüfus ve istihdam	58
4.3.4. Araç sahipliliği	59
4.3.5. Yolculuk verileri	61
4.3.6. Yolculuk süreleri	65
4.3.7. Türel ayırım	69
4.3.8. Zaman değeri	71
4.4. Hedef Yılı Projeksiyonları	71
4.5. Yetersizlik Analizi ve Alternatiflerin Oluşturulması	73

4.6. Toplu Taşım Türlerinin Geliştirilmesi ve Modelde Test Edilmesi	74
5. ULAşIM MODELİNİN OLUşTURULMASI VE KALİBRASYONU	76
5.1. Yolculuk retim ve ekim Modellerinin Oluşturulması.....	76
5.2. Yolculuk retim Fonksiyonu	76
5.2.1. Ev-iş yolculuk üretimlerinin regresyonu	80
5.2.2. Ev-okul yolculuk üretimlerinin regresyonu	82
5.2.3. Ev-diğer yolculuk üretimlerinin regresyonu	84
5.2.4. Ev uçlu olmayan yolculuk üretimlerinin regresyonu.....	86
5.3. Yolculuk ekim Fonksiyonları	88
5.3.1. Ev-iş yolculuk çekimlerinin regresyonu	90
5.3.2. Ev-okul yolculuk çekimlerinin regresyonu.....	92
5.3.3. Ev-diğer yolculuk çekimlerinin regresyonu	94
5.3.4. Ev uçlu olmayan yolculuk çekimlerinin regresyonu	96
5.4. Üretim ve ekim Modellerinin Sonucu	97
5.5. Yolculuk Dağılım Modellerinin Oluşturulması	98
5.6. Türel Seçim Modelinin Oluşturulması	101
5.7. Yolculuk Atama Modeli	107
5.7.1. Karayolu Ataması	107
5.7.2. Toplu taşıma ataması	112
5.8. Ulaşım Planlama Verileri	113
5.8.1. Nüfus tahmini	114
5.8.2. İşgücü ve istihdam tahminleri ve dağılımı.....	114
5.8.3. Öğrenci sayıları tahmini.....	115
5.8.4. Gelir dağılımı	116
5.8.5. Otomobil sahipliliği	116
5.8.6. Gelecekteki ulaşım taleplerinin tahmini	117
6. SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	119
6.1. Yolcu Analizi	122
6.2. Mali Analiz.....	128
6.2.1. Proje, inşaat ve işletme giderleri.....	128
6.2.2. İşletme gelirleri	140
6.2.3. Toplu taşıma sistemlerinin karlılığı	141
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	144
KAYNAKLAR	149
EKLER.....	154
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	173
ÖZGEÇMİŞ	175

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Ulaşım sisteminde evrensel sınıflama	4
Şekil 1.2.	Ulaşım kapasite oluşturma da kısır döngü	8
Şekil 2.1.	Hatların işletme bölgelerine dağılımı ve numaralandırma	22
Şekil 2.2.	Kocaeli belediyesi otobüs hatları ve güzergâhları.....	25
Şekil 2.3.	Kent içi toplu ulaşım işleticilerinin taşıma payları.....	26
Şekil 2.4.	Kocaeli'ndeki ulaşım ağına ait genel bir görünüm	32
Şekil 3.1.	Ulaşım türlerinin kapasite ve işletme maliyeti ilişkisi	44
Şekil 3.2.	Ulaşım türlerinin kapasiteleri ile işletme maliyeti ve toplam maliyet ilişkisi	45
Şekil 4.1.	Ulaşım modeli akış şeması.....	48
Şekil 4.2.	Hanehalkı anketleri dağılımı	56
Şekil 4.3.	Kocaeli geneli yolculukların amaçlarına göre dağılımı	62
Şekil 4.4.	Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı	63
Şekil 4.5.	Araçlı yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı.....	63
Şekil 4.6.	Araç sahipliliğine göre yolculuk amaçları	64
Şekil 4.7.	Amaçlarına ve ulaşım türlerine göre ortalama yolculuk süresi.....	66
Şekil 4.8.	Ev-İş yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı	67
Şekil 4.9.	Ev-Okul yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı.....	68
Şekil 4.10.	Ev-Diğer yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı.....	68
Şekil 4.11.	Ev Uçlu olmayan yolculuklarının başlangıç, bitiş saatlerinin dağılımı.....	69
Şekil 4.12.	Tüm yolculukların başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı	69
Şekil 4.13.	Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı	70
Şekil 4.14.	Araçlı yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı.....	71
Şekil 5.1.	Yolculuk üretim değişkenleri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki.....	79
Şekil 5.2.	Ev-İş yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği	81
Şekil 5.3.	Ev-Okul yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği	83
Şekil 5.4.	Ev-diğer yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği	85
Şekil 5.5.	Ev uçlu olmayan yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği	87
Şekil 5.6.	Yolculuk çekimi değişkenleri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki.....	90
Şekil 5.7.	Ev-İş yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği	91
Şekil 5.8.	Ev-okul yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği.....	93
Şekil 5.9.	Ev-diğer yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği.....	95
Şekil 5.10.	Ev uçlu olmayan yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği.....	97
Şekil 5.11.	Karayolu ataması – perde sayımları karşılaştırması.....	110
Şekil 5.12.	Karayolu ataması – perde ve kordon sayımları karşılaştırması.....	110
Şekil 5.13.	Karayolu ataması – perde, kordon ve kavşak sayımlarının karşılaştırması.....	111
Şekil 5.14.	Karayolu ataması ile gözlemlenen hızların karşılaştırması.....	112
Şekil 5.15.	Toplu taşıma atama sonuçları-yolcu sayımlarının karşılaştırması	113
Şekil 6.1.	Sistem karşılaştırması için seçilen güzergâh.....	123

Şekil 6.2.	Arzu hatlarının gösterimi	124
Şekil 6.3.	Güzergâh boyunca arazi kullanımı (batı kısmı)	125
Şekil 6.4.	Güzergâh boyunca arazi kullanımı (kent merkezi)	125
Şekil 6.5.	Güzergâh boyunca arazi kullanımı (doğu kısmı)	126
Şekil 6.6.	Seçilen güzergâhın sabah zirve saat yolcu verisi (2025).....	127

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Yabancı sermaye yatırımları (1912).....	6
Tablo 1.2. 1914 yılında Osmanlı İmparatorluğunda motorlu araç sayısı	6
Tablo 1.3. Demiryolu ve karayolu uzunluğu (1923–1970)	7
Tablo 1.4. Otomobil ve otobüs sayıları (1950–1990).....	8
Tablo 2.1. Türkiye ve Kocaeli nüfus gelişimi	15
Tablo 2.2. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi arazi kullanım durumu.....	17
Tablo 2.3. Kocaeli'nin diğer illere göre Türkiye'deki gelişmişlik sıralamasındaki yeri.....	19
Tablo 2.4. Bölgeleri göre toplu taşıma hat sayıları – işletme türlerine göre	23
Tablo 3.1. Sistemlerin enerji verimliliği karşılaştırması	40
Tablo 3.2. Ulaşım sistemlerinin karşılaştırması	45
Tablo 3.3. Raylı sistem türlerinin karşılaştırma türleri.....	45
Tablo 4.1. İlçe bazlı nüfus ve hane halkı büyüklüğü.....	57
Tablo 4.2. İlçe bazlı nüfus yoğunluğu	58
Tablo 4.3. İlçe bazlı nüfus ve hane halkı büyüklüğü.....	59
Tablo 4.4. Sektör Bazında Türlerine Göre Toplam Araç Sayıları.....	60
Tablo 4.5. İlçelere Göre Otomobil Sahipliği	60
Tablo 4.6. Mevcut hareketlilik oranları (hane halkı anketlerine göre belirlenen	61
Tablo 4.7. Araçlı yolculuklarda hareketlilik oranı	61
Tablo 4.8. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı	62
Tablo 4.9. Ulaşım türlerinin yolculuk amaçlarına göre dağılımı	64
Tablo 4.10. Araç Sahipliğine göre toplam hane halkı yolculukları	65
Tablo 4.11. Amaçlarına ve ulaşım türlerine göre ortalama yolculuk süresi	65
Tablo 4.12. Araç türlerine göre ortalama yolculuk süreleri	66
Tablo 4.13. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı	70
Tablo 5.1. Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ve bağımsız değişkenlerden oluşan korelasyon matrisi.....	77
Tablo 5.2. Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ile değişkenler arasındaki ilişki.....	78
Tablo 5.3. Ev-İş yolculuk üretimleri model özet tablosu	80
Tablo 5.4. Ev-İş yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları.....	82
Tablo 5.5. Ev-Okul yolculuk üretimleri model özet tablosu	82
Tablo 5.6. Ev-okul yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları	83
Tablo 5.7. Ev-diğer yolculuk üretimleri model özet tablosu.....	84
Tablo 5.8. Ev-diğer yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları	85
Tablo 5.9. Ev uçlu olmayan yolculuk üretimleri model özet tablosu.....	86
Tablo 5.10. Ev uçlu olmayan yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları	87
Tablo 5.11. Yolculuk çekimleri ve bağımsız değişkenler korelasyon matrisi.....	88
Tablo 5.12. Amaçlarına göre yolculuk çekimleri ile değişkenler arasındaki ilişki.....	89
Tablo 5.13. Ev-iş yolculuk çekimleri model özet tablosu	91
Tablo 5.14. Ev-iş yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları.....	92
Tablo 5.15. Ev-okul yolculuk çekimleri model özet tablosu.....	92

Tablo 5.16. Ev-okul yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları	93
Tablo 5.17. Ev-diğer yolculuk çekimleri model özet tablosu.....	94
Tablo 5.18. Ev-diğer yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları	95
Tablo 5.19. Ev uçu olmayan yolculuk çekimleri model özet tablosu	96
Tablo 5.20. Ev uçu olmayan yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları.....	97
Tablo 5.21. Üretim Modelleri.....	98
Tablo 5.22. Çekim Modelleri	99
Tablo 5.23. Dağılım modeli parametreleri	100
Tablo 5.24. Amaçlarına göre yolculuk hareketlerinin sektörler arasında dağılımı ..	100
Tablo 5.25. Dağılım modeli ve gözlem matrisleri karşılaştırması	101
Tablo 5.26. Ev uçu iş yolculukları için türel seçim fayda fonksiyonları.....	102
Tablo 5.27. Ev uçu okul yolculukları için türel seçim fayda fonksiyonları	103
Tablo 5.28. Ev uçu diğer yolculuklar için türel seçim fayda fonksiyonlar	103
Tablo 5.29. Ev uçu olmayan yolculuklar için türel Seçim fayda fonksiyonları	104
Tablo 5.30. Türel seçim modellerine ilişkin anlamlılık testleri.....	105
Tablo 5.31. Model ve anket değerlerinin türlere göre karşılaştırılması.....	106
Tablo 5.32. Model ve gözlem değerlerinin sektörlere ve amaçlara göre dağılımı ...	107
Tablo 5.33. Link kapasite fonksiyonu katsayıları – yol ağı türlerine göre.....	109
Tablo 5.34. Trafik sayım sonuçları ile atama sonuçları karşılaştırması	109
Tablo 5.35. Karayolu ataması hızları ile gözlemlenen hızların karşılaştırması.....	111
Tablo 5.36. Mevcut hacim/kapasite değerleri	112
Tablo 5.37. İlçelere göre nüfus dağılımı.....	114
Tablo 5.38. 2025 yılı işgücü ve istihdam tahminleri	115
Tablo 5.39. Trafik analiz bölgelerine göre 2025 yılı öğrenci sayıları tahmini	115
Tablo 5.40. Trafik bölgelerine göre gelir tahminleri	116
Tablo 5.41. Otomobil sahipliği tahmini	117
Tablo 5.42. Yolculuk değerleri ve hareketlilik oranları	117
Tablo 6.1. Sistemlerin karşılaştırılması	121
Tablo 6.2. Seçilen güzergâhın zirve saat ve yıllık yolcu sayıları	127
Tablo 6.3. Proje maliyetleri	129
Tablo 6.4. İnşaat maliyetleri	129
Tablo 6.5. Hafif raylı sistem işletme özellikleri	129
Tablo 6.6. Hızlı otobüs sistemi işletme özellikleri	130
Tablo 6.7. Monoray sistemi işletme özellikleri	131
Tablo 6.8. Yıllara göre servis kilometreleri.....	133
Tablo 6.9. Yıllara göre enerji birim maliyetleri ve toplam enerji maliyetleri	134
Tablo 6.10. Şoför işletme giderleri.....	135
Tablo 6.11. Bakım, işletme ve diğer personel sayısı ve maliyetleri.....	136
Tablo 6.12. Yıllara göre alınacak araç sayısı.....	137
Tablo 6.13. Yıllara göre alınacak araç maliyetleri	138
Tablo 6.14. Yıllara göre araç bakım giderleri	139
Tablo 6.15. Yıllara göre işletme türlerinin gelirleri.....	140
Tablo 6.16. Sistemlerin güncellenmiş giderleri.....	141
Tablo 6.17. Sistemlerin güncellenmiş gelirleri.....	142
Tablo 6.18. Net bugünkü değer ile sistemlerin karşılaştırılması	143

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AASHTO	: The American Association of State Highway and Transportation Officials (Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaşım Görevlileri Birliği)
ADHKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
BPR	: Bureau Of Public Roads (Kamu Yolları İdaresi)
BRT	: Bus Rapid Transit (Hızlı Otobüs Taşımacılığı)
ÇDNİP	: Çevre Düzeni Nazım İmar Planı
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DG	: DummyGebze
EUOÇ	: Ev-Uçlu Olmayan Çekim
EUOÜ	: Ev-Uçlu Olmayan Üretim
GNS	: Genel Nüfus Sayımı
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasılası
İEN	: İstihdam Edilen Nüfus
K	: Katsayı
LRT	: Light Rail Transit (Hafif Raylı Taşımacılık)
NBD	: Net Bugünkü Değer
N	: Nüfus
OÖS	: Okuldaki Öğrenci Sayısı
OSB	: Organize Sanayi Bölgeleri
OS	: Otomobil Sayısı
ÖN	: Öğrenci Nüfusu
ÖHO	: Özel Halk Otobüsü
RMSE	: Root Mean Square Error (Hata Karesinin Ortalama Karekökü Yüzdesi)
TAB	: Trafik Analiz Bölgesi
TCK	: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
TEM	: Trans-European Motorway (Trans-Avrupa Otoyolları)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UIC	: Uluslararası Demiryolları Birliği
UKOME	: Ulaşım Koordinasyon Merkezi

KOCAELİ İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ İÇİN ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

ÖZET

Ulaşım politikaları kentlerin gelişimini derinden etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Nüfus artış hızı düşmesine rağmen, kent içi nüfus artmakta ve buna bağlı olarak şehir merkezlerindeki ulaşım problemleri ciddi artış göstermektedir. Bireysel motorlu araç kullanımının talepleri doğrultusunda kapasite artırılması yerine toplu taşımaya dayalı çözüm geliştiren politikalar, hem trafik sıkışıklığı problemini azaltmak hem de çevreye olan katkıları sebebiyle son yıllarda öne çıkmaktadır. Fakat şehirlerimize uygun toplu taşıma sistemlerinin seçimi bu aşamada kritik bir duruma gelmektedir. Tür seçimini etkileyen ilk maliyeti, yapım süresi ve şekli, mevcut sistemlerle uyumu ve işletme maliyeti gibi birçok faktör arasında toplu taşımayı kullanacak yolcu sayısı ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada öncelikle Kocaeli iline ait arazi kullanımı, ulaşım altyapısı ve toplu taşımanın yapısının göz önüne alınarak mevcut durum incelemiş ve kent içi ulaşımın analizi yapılarak kent içi ulaşım ve toplu taşıma ile ilgili problemlere ortaya konulmuştur. Toplu taşıma sistemlerinin birbirleri ile değişik faktörler göz önüne alınarak karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmanın temelini ise dört aşamalı talep tahmin modeli kullanılarak oluşturulan ulaşım modeli oluşturmuştur. Mevcut veriler kullanılarak Kocaeli iline ait ulaşım modeli kurulmuş ve kalibre edilen bu model yardımıyla ve Ulaşım ana planının hedef yıl olarak belirlediği 2025 yılına ait tahminler kullanılarak, Kocaeli şehri için düşünülen alternatifler monoray, LRT ve BRT karşılaştırılması yapılmış ve sistemlerin değerlendirilmesi ortaya konmuştur. Talep tahmini ve yapılan değerlendirmeler neticesinde Kocaeli kent merkezinden geçen ve beş ilçeyi birbirine bağlayan hafif raylı sistem alternatifi ön plana çıkan ana arter toplu taşıma sistemi olarak önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım Modeli, Ulaşım Politikaları, Toplu Taşıma, Tür Seçimi.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR THE SELECTION OF MAIN PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN THE CITY OF KOCAELI

ABSTRACT

Transport policy is one of the factors that affect profoundly the development of the city. Despite the decline in population growth rates, urban population increases and depending on that transportation problems in consequent urban centers shows a significant increase. Policy-based solutions that improve public transport instead of increasing capacity as demand of the individual motor vehicles users, because of their contribution to the environment as well as to reduce the traffic congestion problem comes to the fore in recent years. However, the selection of proper public transport systems in our cities comes to a critical situation at this stage. Among many factors affecting the selection of public transportation system, such as initial cost, construction time and method, operating cost and compliance with existing systems, travel demand or the number of passengers to use public transport becomes major actor. In this study, existing conditions has been analyzed by considering the land use policy, transportation sub-structure and existing public transportation system of the city of Kocaeli and urban transport and public transportation-related problems has been presented by examining of urban transportation. The public transport systems have been compared with each other, considering various factors. The center of the study is the transport model produced by using the four step travel demand modelling. The Kocaeli transport model has been produced by using the existing conditions and calibrated. By means of this model and forecasted data of Transportation Master Plan for the target year, the comparison of three public transportation system alternatives, monorail, BRT and LRT, has been made and overall evaluation of the system has been presented. The light rail system connecting the five districts of Kocaeli has been presented as the preferred alternative as a result of demand forecasting and evaluations of alternatives in the lights of different criteria.

Keywords: Transport Model, Transport Policies, Public Transportation, Mode Selection.

GİRİŞ

Ulaştırma ülkelerin ekonomisi ve şehirlerdeki insanların hayat kalitesi açısından çok önemli bir ihtiyaçtır. Her geçen gün şehirleşmenin arttığı ve giderek daha fazla insanın şehirlerde yaşamaya başladığı düşünüldüğünde, kentlilerin ulaşım ihtiyacının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bununla beraber ulaşım yatırımları genel olarak çok maliyetli ve büyük projeler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple de kent içi ulaşımının hangi türlerle yapılacağı konusu önem kazanmakta ve karar vericilerin önünde zorlu bir süreç bulunmaktadır. Bu sürecin teknik ve siyasi iki yönü olmakla birlikte, çoklukla son tahlilde siyasilerin vereceği kararlar ön plana çıkmaktadır.

Ulaşım türü seçiminin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için gereken şartların başında, farklı seçenekler arasında bir karşılaştırmanın yapılması gerekmektedir. Ulaşım türü seçiminin belki de en hassas olunması gereken aşaması bu karşılaştırma aşamasıdır. Toplu taşıma sistemlerinden her kesimin farklı beklentileri var olabilir. Bazıları için maliyet ön planda iken bazıları için konfor veya çevresel faktörler önemli olabilir. Toplu taşıma tür seçiminde bu kriterlere daha geniş bir perspektiften bakılarak karar verilmektedir.

Ulaşım ile ilgili sorunlar öncelikle trafik sıkışıklığının doğal bir sonucu olarak kabul edildiği için yeni yollar yaparak kapasite artırımının problemin çözümündeki en önemli yöntem olarak görülmüştür. Fakat gelinen noktada bunun kalıcı ve sürdürülebilir bir çözüm oluşturmayacağı ortaya çıktığından ülkemiz gibi yol ağının fazla gelişmediği, buna karşılık özel araç kullanımının yüksek olduğu ülkelerde, trafik sıkışıklığı, gürültü, hava kirliliği gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için kent içindeki yolcu talebinin önemli ölçüde toplu taşıma sistemleri ile karşılanması gereği ortaya çıkmıştır (Öncü, 1999). Buradan da kent içi ulaşım ile ilgili planlama yapma ve bu planlamanın ışığında tür seçimi yapılması gereği ortaya çıkmaktadır. Özalp (2007) kent içi ulaşım planlamasının tanımını ve kapsamını aşağıdaki şekilde ifade etmiştir;

“Arazi kullanım planlarıyla uyumlu bir şekilde planlı kentsel gelişmeyi destekleyici nitelikte, daha verimli ve etkin bir kent içi ulaşım hedefiyle, gelecekte oluşacak muhtemel ulaşım taleplerinin tahmini sonucunda bu talebin karşılanmasına yönelik kent içi ulaşım ile ilgili ilke, hedef, strateji, yaklaşım ve politikaları tanımlayarak bunlar doğrultusunda üretilecek tüm yatırım ve işletme projelerine temel oluşturacak, tüm bunları yaparken de kısıtlı kaynakların akılcı kullanımını gerçekleştirecek kısa, orta ve uzun vadeli eylem ve faaliyetleri kapsayan bilgi ve belgeler bütünüdür.” Özalp (2007)

Bu ilkeleri temel alan çalışma Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları içindeki alanda arazi kullanımına, artan nüfus ve motorlu araç trafiğine bağlı ulaşım taleplerinin yarattığı trafik sıkışıklığı ve darboğazların giderilebilmesi gerekli ana toplu taşıma sistemleri için alternatiflerin belirlenmesini hedeflemiştir. Aynı zamanda, bu alternatif toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırılmalı analizleri yapılarak bu şehrin gelişimi ve özelliklerine uygun toplu taşıma seçeneğini önermek planlanmıştır. Ayrıca, tez çalışmasında Kocaeli Büyükşehir belediyesi tarafından yaptırılan Ulaşım Ana Planı çalışmalarından faydalanılarak Kocaeli şehir merkezi odak olmak üzere toplu taşıma tür seçiminde izlenilmesi gereken yolun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın izleyen bölümünde öncelikle kentsel ulaşımın kısa bir tarihçesi verilerek ardından kentsel ulaşım politikalarına özet olarak değinilmiş ve benzer şehirlerimizde yapılan planlama çalışmalarına yer verilmiştir.

İkinci bölümde Kocaeli iline ve özellikle kent merkezine ait arazi kullanımı, ulaşım altyapısı ve toplu taşımanın yapısının irdelenmesiyle mevcut durum incelemiş ve kent içi ulaşımın analizi yapılarak kent içi ulaşım ve toplu taşıma ile ilgili problemlere değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde toplu taşıma sistemleri tanıtılarak sistemler hakkında genel bilgiler verilmiş ve bu sistemlerin birbirleri ile değişik yönlerden karşılaştırması yapılmıştır.

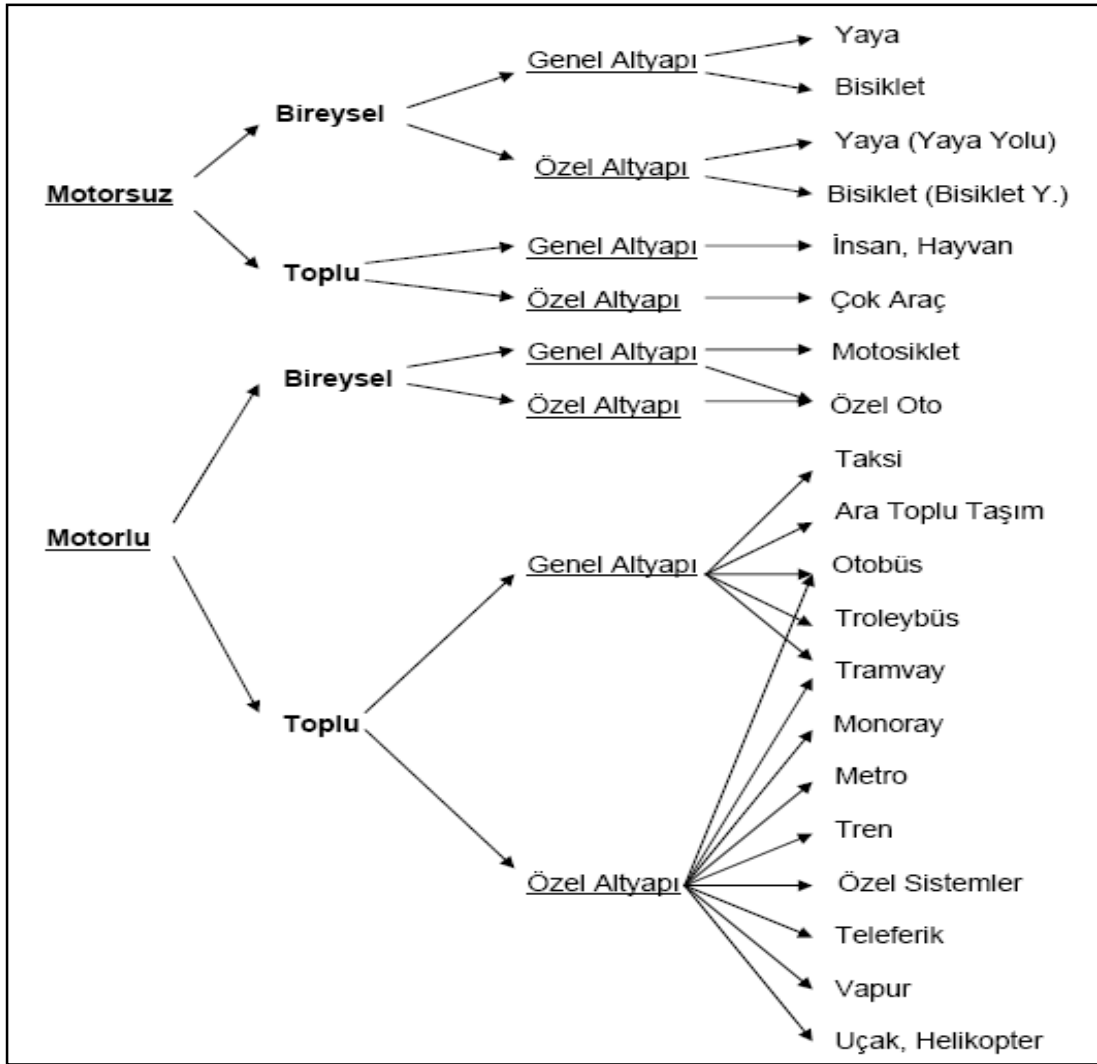
Dördüncü bölümde çalışmanın yöntemi sunulmuş, dört aşamalı talep tahmin modeli kullanılarak oluşturulacak olan ulaşım modeli ve metodolojisi detaylı olarak anlatılmıştır. Model kurulumunda kullanılacak olan ve ana plan sürecinde elde edilmiş olan verilerle ilgili bilgiler ve analizlere yer verilmiştir.

Beşinci bölümde mevcut veriler kullanılarak Kocaeli iline ait ulaşım modeli kurulmuş ve bu modelin kalibrasyonu yapılmıştır. Altıncı bölümde ise Ulaşım ana planının hedef

yıl olarak belirlediği 2025 yılına ait tahminler kullanılarak, ulaşım modeli yardımı ile Kocaeli şehri için düşünölen alternatifler monoray, hafif raylı sistem(Light Rail System-LRT) ve hızlı otobüs sistemi (Bus Rapid Transit-BRT) karşılaştırılması yapılmış ve sistemlerin değeriendirilmesi ortaya konmuştur. Ardından sonuç ve öneriler bölümünde çalışma özetlenerek model ve karşılaştırmalar neticesinde ortaya konan raylı sistemler önerisi sunulmuştur.

1. KENT İÇİ ULAŞIM VE ULAŞIM POLİTİKALARI

Ulaşım sistemlerinin zaman, mesafe, maliyet, konfor gibi açılardan değerlendirilerek değişik sınıflandırma sistemleri mevcuttur. Elker (1981) genel olarak kabul görmüş ulaşım sınıflandırmasını Şekil 1.1' de aşağıdaki gibi vermektedir.



Şekil 1.1. Ulaşım sisteminde evrensel sınıflama (Elker, 1981)

1.1. Ulaşımın Tarihçesi

15. yüzyıldan itibaren çeşitli taşımacılık yöntemleri kullanılmaya başlamasına rağmen normal hayata geçişi 18. yüzyılın son çeyreğine doğru olmuştur. Faytonlar veya at arabaları zenginler için uzak mesafeli yolculuklarda kullanılmıştır. Ulaşımında ilk toplu taşıma aracı 1820'li yıllarda işletilmeye konan omnibüslerdir. Omnibüsler 3 at tarafından çekilip 15 kişi taşıma kapasitesine sahiptiler. 18. yüzyılda Fransa'da yayalar için üstü kapalı geçiş yolları yapılmaya başlandı ve akabinde Avrupa'da benzer uygulamalar yaygınlaştı. 19. yüzyıl itibariyle de ulaşım sorun haline gelmeye başlamıştı. Otomobile olan talebin birden artışı ve toplu taşımanın ihmal edilmesi ABD ve Avrupa'da trafik sorunun yaşanmasına neden olmuştur. 1860 yılında ilk raylı sistem Londra'da hizmete girdi. Buharlı trenle çalışan raylı sistemler özellikle İngiltere'de yakın kentleri birbirine bağlayarak yaygınlaşmaya başladı. Metronun ilk örneği de yine Londra'da görüldü. Londra'da yayaların kullandığı Thames Tüneli'nin 1843 yılında içine demiryolu döşenmesi ve demiryolu teknolojisinin ilk kez yeraltında uygulanması ile birlikte metronun ilk adımı atılmış oldu. 1863'te Paddington ile Farrington Sokağı arasında açılan Metropolitan Hattı, Londra metrosunun ilk parçasıydı. Metronun keşfi kent hacminin büyümesi, ev ile iş arasındaki mesafelerin uzamasıyla ve yaya olarak erişilebilen uzunlukların artık araç kullanmadan erişilebilmesinin olanaksız hale gelmesiyle olmuştur. Türü farklı olmakla birlikte 1875'te İstanbul'da Karaköy ile Şişhanebaşı arasında hizmete giren, halatlı çekme sistemiyle çalışan tünel de ilk raylı sistemlerdendi (Evren, 2007).

1.2. Türkiye'de Kentsel Ulaşım Politikaları

Ülkemizde ulaşım politikaları Anadolu'nun şeklinden dolayı doğu-batı doğrultulu bir görüntü çizmektedir. Ancak teknik olanaklardaki ilerlemelere bağlı olarak kuzey-güney doğrultulu yollar da tarihi süreç içinde gelişmiştir. 19. yüzyılda Osmanlı İmparatorluğu döneminde üretim ilişkilerinde ki değişim toplumsal yapıda önemli değişikliklere neden olmuştur. Osmanlı İmparatorluğu Avrupa'nın sermayenin ihraç edilebileceği bir yer konumundaydı. 1850 yıllarında ülkeye giren yabancı sermaye kısa sürede imparatorluğu bir pazar haline getirmişti. Yapılan bu yatırımların dağılımı Tablo 1.1' de görülmektedir (Ertin, 1998).

Tablo 1.1. Yabancı sermaye yatırımları (1912) (Ertin, 1998)

SEKTÖR	FRANSA		İNGİLTERE		ALMANYA		DİĞER		TOPLAM	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Demiryolları	2,369	63%	573	41%	2,273	79%	110	22%	5,325	62%
Madencilik	385	10%	45	3%	21	1%	7	1%	458	5%
Bankacılık	320	8%	285	20%	125	4%	90	18%	820	10%
Sanayi	200	5%	250	18%	100	3%	100	20%	650	8%
Diğer	507	13%	250	18%	350	12%	200	39%	1,307	15%
Toplam	3,781	100%	1,403	100%	2,869	100%	507	100%	8,560	100%

Yatırımların demiryollarına % 63 gibi bir değerle ağırlık vermesindeki amaç, durgun ve dışa kapalı tarım ekonomisinin canlanması ve çıkan hammaddeyi Avrupa'ya tanıtmak bir yandan da batıdaki sanayi ürünlerinin ülke pazarına ulaşmasını sağlamaktır. Ayrıca bu yıllarda Osmanlı'da bu yolları yapacak sermaye ve teknoloji olmadığından yollar yabancı sermaye tarafından yapılacaktır. Kasım 1887'de bir bakanlar kurulu kararnamesiyle "kilometre garantisi" kabul edildi. Taşımacılıktan elde ettikleri gelir ne kadar azalırsa azalsın, Osmanlı İmparatorluğu kilometre başına teminat akçesi vermeyi taahhüt etmişti. O açıdan şirketlerin ucuz nakliye tarifelerine önem verip taşımacılığı artırma yolunu seçmelerine ihtiyaç yoktu. 1914 yılında motorlu araç sayıları Tablo 1.2' de görülmektedir.

Tablo 1.2. 1914 yılında Osmanlı İmparatorluğunda motorlu araç sayısı (Ertin, 1998)

Şehir	Adet
İstanbul	110
İzmir	22
Suriye	25
Diğer	80
Toplam	237

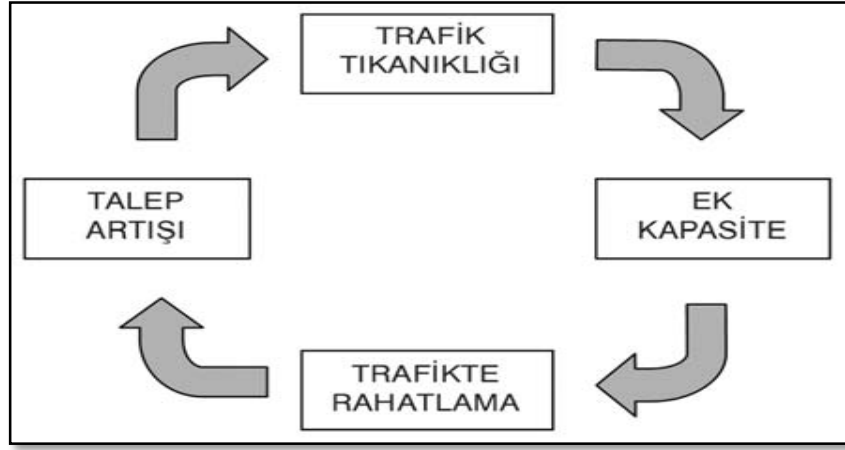
Cumhuriyet döneminde ise durum çok değişmemiş ancak bu dönemde yerli özel sermaye ve devlet eliyle önceleri demiryolu sonradan karayolu ağırlıklı yollar yapılmaya devam edilmiştir. Tablo 1.3'de görüldüğü gibi 1923 yılı baz alındığında yapılan demiryolu ve karayolu uzunlukları dönemin ulaşım politikasını çok iyi açıklamaktadır.

Tablo 1.3. Demiryolu ve karayolu uzunluğu (1923–1970) (Evren, 1995)

YIL	Demiryolu Uzunluğu		Karayolu Uzunluğu	
	Km	Endeks	Km	Endeks
1923	3.756	100	18.335	100
1930	5.639	150	29.636	161
1940	7.381	196	41.582	226
1950	7.671	204	47.080	256
1960	7.895	210	61.542	335
1970	8.165	213	68.993	376

1950'lere gelindiğinde ise Türkiye'de ekonomik ve politik bir dizi değişiklik olmuştur. Buna ek olarak özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında belirgin bir demografik bir dönüşüm yaşanmaya başlamış, hızlı bir kentleşme sürecine girilmiştir. Kentlerin yayılma eğilimi göstermesi ile birlikte kentlilerin hareketliliği de artmıştır. Kent içi ulaşım sorunların farklı gelir gruplarına göre farklı boyut kazanmıştır. Bu dönemde ortaya çıkan sorun yüksek gelirli kesim için otopark yetersizliği ve trafik sıkışıklığı, alt gelirli kesim için ise toplu taşıma yetersizliği olarak görülmektedir.

Bu dönemde ulaşım politikası açısından çok önemli bir değişim yaşanmıştır. Amerika'nın yakın desteği ile karayolu ağırlıklı bir ulaşım politikası izlenmiş ve özel oto sahipliği, firma düzeyinde firmanın karlılığı, sektör düzeyinde otomotiv sanayinin gelişmesi göz önüne alınarak özendirilmiştir. Bu doğrultuda 1960'lı yıllarda tramvaylar kaldırılmış, yerine daha hızlı, ancak daha düşük kapasiteli otobüsler konulmuştur. Ama gerek otobüslerin gerekse otomobillerin hız sebebi ile öne çıkması, yolların bu kadar aracı taşıyamaz hale gelmesi sebebiyle önemsiz hale gelmiştir. Bu sebeple çare yeni yollar açmakta yani ek kapasite oluşturmakta görülmüştür. Ulaşım problemlerini sadece ek kapasite oluşturularak çözme girişimleri maalesef kısır bir döngü meydana getirmiş, eklenen kapasite çok kısa zamanda kendi trafiğini oluşturmuştur. Şekil 1.2'de ulaşımında kapasite oluşturmak istendiğinde nasıl bir kısır döngünün oluştuğu görülmektedir.



Şekil 1.2. Ulaşım kapasite oluşturma da kısır döngü (Elker, 1981)

1970'lerde özellikle petrol bunalımının etkisiyle kent içi ulaşımda yeni arayışlara gidilmiştir. Belediyelerde toplu taşıma öncelik verilmeye başlanmış, raylı sistemler gündeme gelmiştir. Ancak otomobilin neden olduğu alışkanlıklar ve otomobile yönelik yapılan uygulamalar yüzünden yeni sistemlere altlık oluşturmak ve adapte olmakta zorluk çekilmiştir. 1980'lere gelindiğinde ise özellikle 1983'ten sonra karayolu altyapısına ağırlık veren ve özel otomobil sahipliğini özendiren politikalar tekrar uygulanmaya başlanmıştır. Motorlu kara taşıt türü olarak otomobil ve otobüs sayılarının 1950'den sonraki oranlarına bakmak durumu somutlaştıracaktır. Tablo 1.4' de 1950 ile 1990 yılları arasındaki otomobil ve otobüs sayıları görülmektedir.

Tablo 1.4. Otomobil ve otobüs sayıları (1950–1990) (Evren, 1995)

YIL	OTOMOBİL		OTOBÜS	
	Sayı	Endeks	Sayı	Endeks
1950	13505	100	3755	100
1960	45767	339	10981	292
1970	147014	1088	37581	1001
1980	742252	5496	32783	873
1990	1715000	12699	81640	2174

Konya özelinde bir tez çalışmasında, kentte yaşana birliğin artırılması için Konya Ulaşım Master Planı ile bütünleşen ve araçları değil yayayı ulaşım sisteminin merkezine yerleştiren bir yaklaşımı savunan ve geleneksel ulaşım planlama yaklaşımın eleştirildiği yaya, bisiklet, toplu taşıma ve özel aracın dengeli dağılımını sağlayan bütünleşik bir ulaşım planlama yaklaşımı çalışılmıştır (Üstündağ, 2002).

Avrupa ülkeleri ile ülkemiz arasında kıyaslanmanın yapıldığı ve ülkemizdeki tüm illere ait ulaştırma yapılarının birbirleri ile karşılaştırıldığı bir tez çalışmasında; ulaşım ile ilgili temel kriterleri baz alarak bir karşılaştırma yapılmış, seçilen bazı sosyoekonomik göstergeler ve ulaşım göstergeleri kullanılarak, kentlerin sosyoekonomik yapısı ile ulaştırma altyapısı arasındaki ilişki incelenerek benzer kent grupları oluşturulmuş ve kentlerin ulaşım yönünden statüleri ortaya konmuştur (Darçın, 2006).

İstanbul'un ulaşım sorunları temelinde hazırlanan bir çalışmada, sorunların çözümüne yönelik etkili çabalara rağmen istenen sonuçların alınamayışının nedenleri araştırılmıştır. İstanbul kent içi ulaşımının tarihi süreci ve günümüzdeki ulaşım yapısı incelenmiş, kentin ulaşım sorunları ve arazi kullanım kararları arasındaki ilişki ile problemlere yönelik geliştirilen çözüm yaklaşımları incelenmiştir. Sonuçta, problemin giderilmesi için yapılan çalışmalardaki başarısızlığın nedenleri tartışılmış ve bunlar ışığında yeni öneriler geliştirilmiştir (Yeni, 2001).

Ulaşım planlanmasının modelleme sürecini ele alan başka bir çalışma da ise çeşitli talep tahmin modelleri incelenmiştir. Çalışmada, genel hatlarıyla ulaşım planlaması özetlendikten sonra planlama süreci ve modelleme aşamaları hakkında bilgiler verilmiştir. Trafik atama teknikleri incelenerek deterministik ve stokastik atama teknikleri bir ağ üzerinde denenerek aralarındaki farklar ortaya konmuştur (Koçak, 1996).

Kentsel ulaşım politikalarının araba sahipliği ve araba kullanımı çerçevesinde ele alındığı bir çalışmada, genel bir yaklaşımla Türkiye'nin kentsel ulaşım politikaları ve göstergeleri, Avrupa ülkeleri ve Üçüncü Dünya ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiş, araba kullanımı eğilimleri ve kentsel ulaşım sorunlarının diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ne boyutta olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, ulusal düzeyde ve Ankara özelinde kentsel ulaşım politikaları incelenmiş, Ankara'da kentsel ulaşım planlaması ve uygulamalar analiz edilmiştir. Sonuçta, mevcut yaklaşım ve politikalarla, Ankara'da araba kullanımı artış eğiliminin önlenip önlenemeyeceği üzerine değerlendirmeler yapılmıştır (Babalık, 1996).

Başka bir çalışmada ise orta büyüklükteki kentlerin trafik planlaması yaklaşımı üzerinde durulmuştur. Çalışma; tüm dünya kentlerinde uygulanabilecek ortak bir ulaşım planlama metodunun geliştirilmesinin mümkün olmadığı bazı genel

prensiplerle birlikte her bölgenin kendi karakteristiklerine uygun planlama yaklaşımının geliştirilmesi fikri üzerine vurgu yapılmıştır. Ulaşım planlama süreci ve aşamaları detaylıca analiz edilerek orta büyüklükteki kentlerin trafik yönetimi için bir yaklaşım önerilip, örneklem üzerinde denenmiştir (Yüce, 1994).

Kentsel raylı sistemler üzerine hazırlanan bir tez çalışmasında, toplu taşımada raylı sistemlerin yeri Ankara Metrosu ve Ankaray örnekleri özelinde incelenmiştir. Toplu taşım tür seçimi karar verme sürecinde kentsel raylı sistemlerin ön plana çıkartılmasını gerektiren şartların ortaya konmasının ardından Ankara Metrosu ve Ankaray örnekleri değişik ülkelerin raylı sistemleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş, işletme performansları ve planlama aşamaları değerlendirilmiştir (Türkmen, 2001).

Kütahya için hazırlanan bir tez kapsamında, kentsel raylı sistemler temelinde kentin ulaşım yapısı analiz edilerek kentte bir tramvay projesinin uygulanabilirliği yolculuk talebi, fiziki koşullar ve maliyet açılarından irdelenmiştir (Özatag, 1995).

Bir diğer bildiri ise, 1985-1993 yılları arasında büyük kentlerimizde gerçekleştirilen ulaşım planlama çalışmaları; yöntemleri ve getirdiği yaklaşımlar açısından incelenmiş, aşamaları ve içerikleriyle genel anlamda değerlendirilmiş, bazı temel faktörler çerçevesinde birbirleriyle karşılaştırılarak, benzer ve farklı yönleri ile birbirlerine olan uyumları ve tezat durumlar ortaya konmuştur (Öncü, 1993)

AB ülkelerinde uygulanan süreçle Türkiye'deki kentsel ulaşım planlama sürecinin karşılaştırıldığı bir bildiri, özellikle planlama sürecinde sıklıkla yaşanan problemler ortaya konmuş, etütlerin kapsamı, sosyoekonomik projeksiyonlar, arazi kullanım gelişimi, modelleme çalışmaları ve çeşitli kentlerimiz için yapılan ulaşım etütlerinden örnekler verilerek hareketlilik değerleri bazında planlama evreleri tartışılmış, sonuçta kentsel ulaşım planlamasında izlenmesi gereken süreç ve yapılması gerekenler ortaya konmuştur (Kaman ve Özalp, 2003).

Farklı bir görüş olarak geleneksel ulaşım planlama teknikleri ve yaklaşımlarının gelişmekte olan ülkelere olan bazı uyumsuzluklarının ortaya konulduğu bir bildiri, ülkemize has ulaşım planlama tekniklerinin geliştirilmesi gereği üzerinde durulmuştur (Evren, 1995).

Ulaşım talebine cevap vermeye odaklanan geleneksel yaklaşımın yerine talebi yönlendiren sürdürülebilir ulaşım planlaması yaklaşımının öne çıkarılmasını savunan bir bildiri de talep-güdümlü geleneksel ulaşım planlamasının eleştirilerek, amaç güdümlü stratejik planlama yaklaşımı incelenmiş ve yeni yaklaşımın avantajları ve önemi vurgulanmıştır (Acar, 1998a).

İstanbul örneğinde, ulaşım ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin değerlendirildiği bir çalışmada, yürürlükteki nazım plan kararları ile İstanbul 2010 için öngörülen arazi kullanım senaryolarının ulaşım sistemi üzerindeki etkileri boğaz geçişleri özelinde irdelenmiştir. Sonuçta, uygun ve etkin bir arazi kullanım planlaması ile ulaşım taleplerinin yönetilebileceği, modelleme çalışmalarında elde edilen sayısal sonuçlarla ortaya konmuştur (Gerçek, 1996).

Trafik sorunlarının azaltılmasına yönelik yöntem ve yaklaşımların İstanbul örneğinde incelendiği bir kent içi ulaşım sempozyumu bildirisinde, ulaşım sorunlarının çözümü için yüksek maliyetli büyük ulaşım yatırımlarının trafik yönetim ve işletme önlemleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Acar, 1998b).

İstanbul ulaşımını konu eden bir diğer bildiri de ise, kentin ulaşım ve trafik yapısı incelenip sorunların tartışılmış, bu sorunların nedenlerini ortadan kaldırarak sorunları çözüme kavuşturma önerileri dünyadaki değişik uygulamalardan örnekler sunulmuştur (Yayla, 1996).

Ankara'nın plansızlığını vurgulayan bir bildiri de, Ankara ulaşımının tarihçesi, ulaşım planlama ve uygulama yaklaşımları, ulaşım yatırımlarının ulaşım ana planlarına uygunluğu, güncel ve gelecekteki muhtemel ulaşım sorunları gibi konular incelenmiş ve tartışılmıştır (Öncü, 2005).

Ankara'da Uygulanan Ulaşım Politikaları ve Kente Etkileri konulu sempozyumda sunulan bir bildiri de, ulaşım ve kent planları arasında iki yönlü ilişki konusunda dünyadaki gelişmeler ve yaklaşımlar üzerine genel olarak bilgi verilmiş, Ankara'nın kent ve ulaşım planları bu kapsamda irdelenmiştir (Sutcliffe, 2005).

Aynı sempozyumda sunulan bir başka bildiri de ise; şehir için yapılmış ulaşım planlama çalışmaları paralelinde ulaşım talebi ve sorunlarındaki eğilimler incelenmiş,

yakın gelecekte olası ulaşım sorunları ve kente etkileri üzerine değerlendirmeler yapılmıştır (Zorlu, 2005).

Ankara'nın bütün yönleriyle tartışıldığı bir panelde kentin ulaşım ve trafik sorunlarının incelendiği bir bildiri sunulmuş ve bu bildiri de, yerel yönetimin ulaşım politikaları ve uygulamaları tartışılmış, ulaşım ana planı değerlendirilmiş ve sonuçta çağdaş yaklaşımlar temelinde kısa ve orta vadede uygulanabilecek proje ve önlemlerden oluşan çeşitli öneriler ortaya konmuştur (Öncü ve diğ. 1999).

Bursa ulaşımını ve iyileştirme önlemlerini konu edinen bir bildiri de, etütlerde izlenen yöntemler ve kentlere ait bazı göstergeler ortaya konmuş, sonuç olarak etütlerden elde edilenler yardımıyla orta ölçekli kentlerin ulaşımı üzerine genel bir değerlendirme yapılarak hedef, strateji ve öneriler özetlenmiş ve değerlendirilmiştir (Yorulmaz ve Balaban, 1998).

Toplu taşımayı iyileştirme konusu üzerine hazırlanan bir bildiri de, Bursa otobüs sisteminin etkinliğinin artırılması amacıyla 1994 yılında yapılan ulaşım etüdünde izlenen süreç ve etüdün sonuçları sunulmuştur (Ayartepe ve Kırmızı, 1996).

Adapazarı özelinde ülkemizin kentsel ulaşım sorunlarının irdelendiği bir başka bildiri de, Adapazarı kentinin demografik yapısı, motorlu taşıt sayısının gelişimi ve yolcu taşımacılığındaki türel dağılım incelenmiş, ulaşım altyapısındaki yetersizlikler tartışılmış ve sonuçta trafik yönetimi önerileri geliştirilmiştir (Pamuk, 1998).

Denizli kent içi ulaşımının ele alındığı bir bildiri de, kentsel ulaşım sorunları incelenmiş ve çözüm odaklı politika, düzenleme ve uygulama önerileri geliştirilmiş, kent için nazım imar planlarıyla bütünlük içerisinde bir ulaşım ana planının yapılması ve uygulanması üzerinde durulmuştur (Baykan ve diğ. 1998).

Eskişehir kentinin ulaşımındaki geleceğini ele alan bir çalışmada, 2020 yılı kentsel gelişme senaryolarına göre 2003 yılında hazırlanan Eskişehir Ulaştırma Ana Planı planlama süreci, elde edilen veriler ve önerilen ulaştırma seçenekleri itibarıyla açıklanmıştır (Gerçek ve Demir, 2005).

Konya örneğinde, ulaşım planları ile önerilen raylı sistemlerin incelendiği bir bildiri de, 2001 yılında hazırlanan Konya Ulaşım Master Planı süreci incelendikten sonra, planda

öngörülen raylı sistem alternatifleri bazı performans göstergeleri ve ölçütleri çerçevesinde değerlendirilmiştir (Eryiğit ve Çiftçi, 2004).

Kocaeli'nin İzmit kent merkezinin örneklem olarak seçildiği bir bildiri de, kentsel raylı sistem seçim kriterleri üzerinde durulmuş, kent için hazırlanan ulaşım etüdü sonunda önerilen hafif raylı sistem projesi değerlendirilmiştir (Ural ve Abut, 1998).

Kent ve ulaşım ilişkisi konulu bir makalede, toplumun ve bireylerin sosyoekonomik yapısı ve alışkanlıkların yanında kent makro formu ve mekânsal yapısının ulaşım tür tercihlerini yönlendirici etkisi çerçevesinde; büyüklüklerine göre sınıflandırılmış Hollanda kentlerine ait yolculuk özellikleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir (Dieleman ve diğ., 2002).

Kent yapısı ve ulaşım tercihleri üzerine hazırlanan bir makalede; arazi kullanım yapısı ve yolculuk davranışları arasındaki sıkı ilişki temelinde Amerika ve İngiltere arasında bir karşılaştırma yapılmış, sonuçta günlük yolculukların ve mesafelerin belirleyicisi olarak arazi kullanım yapısı ve gelir durumu gösterilmiştir (Giuliano ve Narayan, 2003).

Ankara'da kentsel raylı sistemlerinin değerlendirildiği bir makalede, dünyada kent içi ulaşım planlaması tarihsel gelişimi açıklanmış, Ankara ulaşım yapısı ve kentin ulaşım planları raylı sistem önerileri temelinde incelenmiş, planlarda yer alan raylı sistem alternatiflerinin gerçekleşmeme nedenleri ve hâlihazırda işletilen raylı sistemlerin planlara uygunluğu tartışılmıştır (Çubuk, 2003).

Ankara kenti ulaşımının tartışıldığı bir diğer makalede, 1993 yılından bu yana aynı yönetim tarafından kentte uygulanan kentsel ulaşım politikaları, ulaşım planlarının uygulanmayışı ve plansız uygulamalar eleştirilmiş, bunların kente etkileri irdelenmiş ve kentin sürdürülebilir bir ulaşım sistemine kavuşması için öneriler yapılmıştır (Atak, 2005).

İzmir kenti ulaşımının ele alındığı bir makalede, ulaşım ve arazi kullanım arasındaki ilişki ve bütünlüğe vurgu yapılarak, kısmi mevzi plan çalışmaları yaklaşımı yerine kentin üst ölçekli nazım planının ve aynı düzeyde ulaşım planının eşgüdüm ve

bütünlük içinde hazırlanması, uygulanması ve denetlenmesi önerilmiştir (Arkon, 1990).

Kentsel ulaşımda bisiklet kullanımı konulu bir makalede, bisikletin ve ulaşımda kullanımının tarihçesi anlatılmış, bisiklet ve otomobil değişik kriterler bazında karşılaştırılmış, dünyadan örneklerle ülkemizde kent içi ulaşımda bisiklet kullanımı ve toplu taşımla bütünleştirilmesi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır (Öncü, 1990).

Kent içi ulaşımda bisiklet konu bir başka makalede, kent içi ulaşımda bisikletin diğer ulaşım türlerinden üstünlükleri, yararları ve dezavantajları incelenmiş, bisiklet ulaşım altyapısının özellikleri ve kriterleri ortaya konmuş ve Isparta örneğinde bir bisiklet şebekesi için vizyon, hedef ve stratejiler tanımlanmıştır (Uz ve Kardeşahin, 2004).

Kent içi ulaşım sorunları ve çözümü konulu bir makalede dünyada uygulanan ulaşım politikalarının ve trafik düzenlemelerinin tarihsel süreçteki gelişimi incelenmiş, kent içi ulaşım sorunlarının temelinde yatan sebep olarak görülen özel otomobiller konusunda gelişmiş ülkelerde benimsenen politikalardan örnekler verilerek, çeşitli göstergeler bazında toplu taşımla karşılaştırılmıştır (Özdemir ve diğerleri, 2005).

2. KOCAELİ'DE MEVCUT DURUMUN TESPİTİ

2.1. Kocaeli İle İlgili Genel Bilgiler

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer almakta, doğu ve güneydoğuda Sakarya, güneyde ise Bursa ili, batıda Yalova ili, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul ili, kuzeyde de Karadeniz'le çevrilidir. Kocaeli ilinin yüzölçümü 3612 km² 'dir ve Türkiye'nin yaklaşık binde 46'sını oluşturmaktadır.

2.1.1. Kocaeli ili idari yapısı

Kocaeli, Marmara Bölgesinin, İstanbul ve Bursa'dan sonra üçüncü büyük kentidir. Kocaeli ilinin nüfusu 2013 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre 1.649.901'dir. Buna göre km² ye 456 kişi düşmektedir. Kocaeli nüfusu ülke nüfusu içinde % 2,15'lik bir paya sahiptir. 1990 -2000 döneminde ise Kocaeli ilinde şehirde yaşayan nüfusun payı % 62'den % 60'a düşmüştür. Türkiye'de ortalama hane halkı büyüklüğü 4,5 Marmara Bölgesinde ortalama 3,8 iken Kocaeli'nde 4,16'dır. Bu çalışmada 2010 yılı adrese dayalı nüfus verisi kullanılmış olup, 2009 ve öncesinde edinilen tüm nüfus verilerin değerlendirilmesi yer almaktadır. Çalışmada köy statüsündeki alanlar kapsam dışında tutularak baz alınan nüfus 2010 yılı Ağustos ayı itibari ile 1.428.489'dır. 1950 yılından itibaren yapılan sayım sonuçlarına göre Türkiye ve Kocaeli'nin nüfus gelişimi görülmektedir.

Tablo 2.1. Türkiye ve Kocaeli nüfus gelişimi

Yıllar	Türkiye		Kocaeli		Türkiye'de Kentsel Nüfus Oranı %	Türkiye Kentsel Nüfusunda Kocaeli Kentsel Nüfusunun Payı %	Türkiye Nüfusu İçinde Kocaeli'nin Payı %
	Nüfus	Kentsel Nüfus	Nüfusu	Kentsel Nüfus			
1950	20.947.188	5.244.337	474.644	103.773	25,04	1,97	2,2
1955	24.064.763	6.927.343	253.174	84.492	28,79	1,21	1,05
1960	27.754.820	8.859.731	297.463	112.082	31,92	1,26	1,07

Tablo 2.1. (Devam) Türkiye ve Kocaeli nüfus gelişimi

Yıllar	Türkiye		Kocaeli		Türkiye Kentsel Nüfus Oranı %	Türkiye Kentsel Nüfusunda Kocaeli Kentsel Nüfusunun Payı %	Türkiye Nüfusu İçinde Kocaeli Payı %
	Nüfus	Kentsel Nüfus	Nüfusu	Kentsel Nüfus			
1965	31.391.421	10.805.817	335.518	136.531	34,42	1,26	1,06
1970	35.605.176	13.691.101	385.408	188.185	38,45	1,37	1,08
1975	40.347.719	16.869.068	477.736	255.557	41,81	1,51	1,18
1980	44.736.957	19.645.007	596.899	318.026	43,91	1,61	1,33
1985	50.664.458	26.865.757	742.245	411.917	53,03	1,53	1,46
1990	56.473.035	33.656.275	936.163	582.559	59,50	1,73	1,65
1997	62.865.574	40.882.357	1.177.379	629.333	65,03	1,53	1,00
2000	67.803.927	44.006.274	1.206.085	722.905	64,90	1,64	1,06
2007*	70.586.256	49.747.859	1.437.926	894.242	70,48	1,80	2,04
2008*	71.517.100	53.611.723	1.490.358	1.392.73	74,96	2,60	2,08
2009*	72.561.312	54.807.219	1.522.408	1.422.75	75,53	2,60	2,10

Kocaeli Türkiye'nin en yoğun göç alan Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Kocaeli gerek coğrafi konumu, ulaşılabilirlik ve gelişmiş diğer kent merkezlerinin odağında yer alması dolayısıyla kendi gelişme bölgesini oluşturmaktadır. Gerçekte Kocaeli her ne kadar İstanbul'un ticari etkisinde de olsa kendi etki bölgesini de oluşturmaktadır. (ÇDNİP,2006)

2.1.2. Arazi kullanımı

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları kapsamındaki alanların 2006 arazi kullanım durumu alansal ve oransal olarak Tablo 2.2 'de verilmiştir.

Kocaeli 1/50.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı araştırma raporu arazi kullanım verilerine göre Kocaeli ili 350.500 hektar alana sahiptir. Toplam alanın büyük bir bölümünü % 52'lik oranla Gebze ilçesinin kuzeyinde ve doğusunda, İzmit, Gölcük ve Karamürsel ilçelerinin güneyinde kalan orman alanları oluşturmaktadır. Bunu %29,4'lük bir oranla tarım alanları ve meralar izlemektedir, il genelinde tarım alanları dağılımında en büyük payı 29.449 ha. İle Kandıra ilçesi almaktadır.

Tablo 2.2. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi arazi kullanım durumu

ARAZİ KULLANIMI	Alan (ha)	Oran (%)	Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
Konut Alanları	15.504,60	4,42	Askeri Alan	2.386,50	0,68
Ticaret-Merkez	453,40	0,13	Mezarlıklar	160,70	0,05
OSB'ler	1.013,80	0,29	Turizm Alanları	8,70	0,00
Küçük Sanayi Bölgeleri	3.022,50	0,86	Taş Ocağı - Maden Sahası	862,80	0,25
Serbest Bölge	16,90	0,00	Su Yüzeyleri	328,90	0,09
KDKÇ Alanı	144,80	0,04	Tarım Alanları - Meralar	103.042,90	29,40
Orman	184.099,60	52,52	İskele Liman	100,70	0,03
İdari Tesis Alanları	158,90	0,05	Sahil- Kıyı	421,40	0,12
Eğitim Tesis Alanları	274,10	0,08	Fuar	53,30	0,02
Sağlık Tesis Alanları	50,00	0,01	Hafriyat Alanı	115,40	0,03
Dini Tesis Alanları	16,80	0,00	Teknopark	19,00	0,01
Sosyal Tesis Alanları	62,50	0,02	Yollar	3.960,80	1,13
Spor Alanı	61,80	0,02	Diğer Alanlar	33.918,70	9,68
Yeşil Alan	240,50	0,07	Toplam	350.500,00	100,00

2.1.3. Nazım imar planı

1/25.000 ölçekli Nâzım İmar Planlarının hedefi, planlama bölgelerindeki mekânsal ve sektörel gelişimin, üst ölçekli çevre düzeni ve nâzım imar planı ile alt ölçekli imar planlarındaki planlama kararlarının tutarlı hale getirilmesi ile sağlıklı bir mekânsal yapı ile ekonomik ve sosyal kalkınmayı desteklemektir. Kocaeli 1/25.000 ölçekli Nâzım İmar planları Gebze, Gölcük-Karamürsel, Kandıra ve Merkez Bölgeleri için ayrı ayrı hazırlanmıştır.

2.2. Kent Merkezi

2.2.1. Konut alanları

Kentin önceki yıllarda kent merkezinde olan konut yerleşimi özellikle 1999 depreminden sonra merkez dışı alanlara kaymıştır. Bu alanlara; kentin doğu ve kuzey-doğu yönünde Yahya Kaptan Mahallesi, Ali Kâhya Yuvam Akarca Evleri, kuzeyde Gündoğdu mahallesi sınırlarına yakın bölgede Bayındırlık Kalıcı Konutları, Dünya Bankası kalıcı konutları ve Bekirdere' de Anakent kalıcı konutları gibi konut alanları örnek verilebilir. Yeni konut alanlarının olduğu Cedit Mahallesi konut alanı da önemli bir yolculuk yaratım bölgesi konumundadır. Kentin kuzeyinde yer alan Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü hemen hemen üniversitenin bütün bölümlerinin toplandığı önemli bir yolculuk çekim alanı olmuştur.

2.2.2. Sanayi kuruluşları

Kentte sanayi tesisleri Gebze ağırlıklı olmak üzere Gölcük'e kadar kıyı bölgelerindeki tüm ilçelerde deniz kıyısı alanlarda yer seçmiştir. Kent merkezinde ayrıca Sakarya yönünde Yahya Kaptan Mahallesinin devamında yer alan sanayi kuruluşları yanı sıra, Sefa Sirmen Caddesi de küçük sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu bir bölgedir.

2.2.3. Ekonomik yapı

Kocaeli ili ekonomik etkinliklerinde sanayinin çok önemli bir payı vardır. Kocaeli ili, yaklaşık 400 adet 1. sınıf ve 7.000 adet 2. ve 3. sınıf Gayri Sıhhi Müessesesi ile bir sanayi kenti konumundadır. İl Gayri Safi Yurt İçi Hasılası (GSYİH)' nin sektörler itibariyle dağılımına bakıldığında; %70'lik pay ile sanayi sektörü ana sektör konumundadır. Kocaeli Türk İmalat Sanayi üretimine yapmış olduğu yaklaşık % 13' lük üretim katkısı ile İstanbul'dan sonra gelen ikinci büyük sanayi metropolü olup, bu özelliğini son 20 yıldır korumaktadır. Tablo 2.3'de Kocaeli'nin hem il geneli hem de il merkezleri itibarı ile diğer illere göre Türkiye deki gelişmişlik sıralamasındaki yeri görülmektedir.

Tablo 2.3. Kocaeli'nin diğer illere göre Türkiye'deki gelişmişlik sıralamasındaki yeri

İller(Genel)	Sırası	İl Merkezleri	Sırası
İstanbul	1	Bursa	1
Ankara	2	Adana	2
İzmir	3	Antalya	6
Kocaeli	4	Eskişehir	7
Bursa	5	Gaziantep	8
Eskişehir	6	Kocaeli (İzmit)	11

2.2.4. Merkezi nüfus gelişimi

İzmit ilçe merkezinin şehir nüfusu artış hızı binde 2,6'dır. Nüfus yoğunluğu olarak ifade edilen bir kilometrekareye düşen kişi sayısı, il genelinde 334 ve il merkezinde 361 iken, ilçelere göre 57 ile 722 kişi arasında değişmektedir. Bugün ileri düzeyde bir sanayi kenti olan Kocaeli ve çevresi demiryolu ve gelişmiş karayolu ağına sahiptir. Bunun yanı sıra Derince ve İzmit limanlarıyla da önemli bir deniz yolu bağlantısına sahiptir. Yüzölçümü açısından küçük bir il olan Kocaeli, sanayi sektöründeki üretim, katma değer ve bu sektörde çalışan işgücü açısından da ilginç bir örnektir. Kocaeli ilinde 12 ve daha yukarı yaştaki nüfus içinde işgücüne katılma oranı %58'dir. Kocaeli ilinde toplam istihdam edilen 331.236 erkek, 171.714 kadın işgücü olmak üzere toplam 502.950 işgücü vardır.

2.2.5. Karayolu ulaşım altyapısı

İzmit Körfezi ve çevresi, ülkenin kentleşme ve sanayileşme alanında önde gelen bölgelerinin arasında yer almaktadır. Kentleşme ve sanayileşme ile birlikte bölgedeki nüfus yoğunluğu da yüksek rakamlara ulaşmıştır. Karayolu ulaşımı ise Kocaeli'nin genelinde ve kent merkezinde ulaşımın en önemli parçasını oluşturmaktadır. Topografik yapı ve ülke karayolu ağının önemli parçası olan D-100 Karayolu'nun kent merkezinden geçmesi sebebiyle, karayolu, ulaşım türü olarak kentte baskın olmuştur. Kocaeli ilindeki otoyollar, devlet yolu ve il yolları, Karayolları 17. ve 1. Bölgelerine bağlıdır. Kocaeli Büyükşehir sınırları içerisinde toplam 140 km il yolu ve 231 km devlet yolu vardır. Yolların tamamı asfalt kaplamadır. Otoyolların ve devlet yollarının yerleşim içinde kalması nedeniyle transit yolculuklar ile kent içi yolculukların kesişmesine neden olmaktadır.

2.2.6. Otoyollar

İstanbul gibi büyük bir metropolün karayolu ağı üzerinden tüm Anadolu'dan geçtiği trafik akımlarının kesişim noktası olan Kocaeli sınırları içerisinde Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanında bulunan O-4/05 Kesim Şekerpınar mevki Km:33+009 ile O-4/14 Kesim Maşukiye mevki Km:108+298 arasındaki otoyol üzerinde 9 adet ücret toplama istasyonu ve bağlantı yolları, otoyol kavşakları ve bağlantı yolları kavşak kolları ile birlikte toplam uzunluğu 115 km olan O-4 Otoyolu bulunmaktadır.

2.2.7. Devlet ve il yolları

İzmit merkezinden geçen D-100 Devlet yolu yer yer 2x3 ve 2x2 olmak üzere, Kocaeli kent içi trafik ile transit geçen trafiğin büyük bir kısmını taşımaktadır. Ayrıca Kocaeli sınırları içinden geçen D-100 ve D-130 Karayolları İstanbul, Ankara, Sakarya, Bursa gibi hareketliliğin yüksek olduğu şehirleri birbirine bağlamasından dolayı, çevresinde ekonomik faaliyetler oluşturmuştur. Kocaeli'nde kentleşme bu iki devlet yolu üzerinde gerçekleşmiştir ve bundan dolayı da kent içindeki dolaşım da buna göre şekillenmiştir.

2.2.8. Kent içi ulaşım ağı

Doğrusal bir yerleşim dokusuna sahip olan Kocaeli kenti kuzey ve güney kesimde mevcut devlet yolları doğrultusunda gelişmiştir. Kent bu yollar üzerinde kurulan bir kent içi ulaşım ağına sahiptir. Bu yapı nedeniyle Karayolları Bölge Müdürlüğü yetkisi içerisinde kalan devlet yolları kent içi ulaşımında ana erişim aksları olarak kullanılmakta ve bu doğrultuda diğer yollara hizmet vermektedir. Son yıllarda yeni ihtiyaçların ortaya çıkması nedeniyle yeni arter oluşturma çalışmaları yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Kent içi ulaşım altyapısının ve ağının şekillenmesine neden olan en önemli unsur otomobil sahipliğidir. TÜİK, Kocaeli motorlu taşıt sayılarının yıllara dağılımı verilerine göre, 2004 ile 2009 yılları arasında yaklaşık %55'lik oranla araç sahipliğinde artış gözlenmektedir. Bu oranda ki artış, Kocaeli'nin ekonomik yapısının yıllar içerisinde geliştiğinin göstergesidir. Otomobil sahipliğinin yıllara göre dağılımında en önemli artışın Gebze İlçesi'nde 5 yıl içerisinde yaklaşık %35'lik bir oranla gerçekleştiği görülürken, en düşük artış ise yaklaşık %4'lük bir oranla Gölcük İlçesi'nde gerçekleşmektedir.

2.2.9. Trafik altyapısı

Kocaeli İstanbul'un İç Anadolu, doğu ve güney bölgelerle bağlantısının sağlandığı önemli bir karayolu kavşak noktasıdır. Kocaeli merkez ilçesi olan İzmit, Derince, Körfez ve Gebze ilçeleri ile birleşmiş bir yapıda İzmit Körfezinin kenarında doğrusal bir kent formunda İstanbul sınırlarına kadar uzanan bir kıyı kentidir. Kent merkezi kentin güneyinde deniz kıyısını izleyen İstanbul-Ankara D-100 Karayolu ile kuzeydeki yamaçlar arasında sıkışmış bir konumdadır. Bu yamaçların daha kuzeyinden E-6 (TEM) Otoyolu geçmektedir. D-100 Karayolunun güneyinden, karayoluna paralel olarak devam eden demiryolu ise, kentin denizle bağlantısını kısıtlayan bir konumdadır. D-100 Karayoluna paralel uzanan ve kent merkezinin omurgasını oluşturan ana caddelerden İstasyon, Hürriyet, Cumhuriyet ve İnönü Caddeleri doğu-batı doğrultusunda ana damarları oluşturmaktadır.

2.3. Toplu Ulaşım Altyapısı

2.3.1. Karayolu toplu ulaşım

Doğu Marmara ve Kocaeli, kara ulaşımı açısından çok önemli ulaşım sistemlerini içermektedir. Bu sistemlerin kullanımı esnasında, İstanbul gibi büyük bir şehrin, tüm Anadolu ulaşım sistemlerinin bulunduğu kavşak noktası olması sebebiyle büyük bir transit trafik hacmine ve bu transit ulaşım sistemi ile kent içi ulaşım sistemlerinin birleşimine sahiptir.

Türkiye'nin en önemli karayolları aksına sahip olan Kocaeli'nin toplu ulaşım sisteminin en büyük kısmını karayolu toplu ulaşımının oluşturması son derece beklenen bir durumdur. Ayrıca D-100 Karayolu'nun şehrin tam merkezinden geçmesi ve yer yer yan yolları ve bağlantı yolları ile tamamen yerel hizmet vermesi, kent genelinde toplu ulaşım sisteminin çok büyük bir bölümünün karayolu ile gerçekleşmesini sağlamıştır. Kocaeli genelinde Tablo 2.4' de görüldüğü gibi özel halk otobüslerinin yoğun olarak bulunduğu geniş bir karayolu ulaşım filosu bulunmaktadır. Bu filoya ayrıca Karamürsel İlçesi ile Yalova arasında karayolu toplu ulaşım hizmeti veren 33 adet minibüs ve 137 adet belediye otobüsü katılmaktadır.

2.3.2. İşletme özellikleri

Mevcut ulaşım altyapısı nedeniyle kent içi yolculuklar karayolu ile yapılmakta, bu doğrultuda toplu taşıma sisteminin büyük önem arz etmektedir. Kocaeli genelinde var olan toplu taşıma işletmeciliği temel olarak midibüs boyutundaki araçlar ile yapılan ve ismi “Özel Halk Otobüsü” olan çeşitli Kooperatifler ile yapılmaktadır. Genel sistem Kooperatiflerin hâkimiyeti altındadır. Bunun dışında kısıtlı bir oranda Belediyeye ait hatlar bulunmaktadır. Merkez dışındaki ilçelerde ise bu işletme türlerinin dışında sadece kent merkezinde çalışan Minibüs olarak tanımlana bilecek bireysel sistemler de bulunmaktadır. İzmit kent merkezinde ise “dolmuş” olarak tanımlanacak sistemler ile taşımacılık yapmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’nin oluşumu belirli süreçler geçirdiğinden dolayı gerçekte minibüs olarak tanımlayabileceğimiz işletme biçimleri özel halk otobüsü sınıfına aktarılmıştır. Minibüsler ile Kooperatif olarak bireysel taşımacılık yapılmaktadır. Bu kooperatifler çoğunlukla birden fazla hattan oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 53 adet kooperatif toplamda 217 hatta hizmet vermektedir.

Şekil 2.1’ de hatların işletme bölgelerine göre dağılımı ve numaralandırılması görülmektedir. Tablo 2.4’ de ise bölgelere göre toplu taşıma hat sayılarının işletme türleri verilmiştir.

	ÇAYIROVA						
	550-599	DİLOVASI	KÖRFEZ	DERİNCE			
GEBZE	400-499	300-399	150-199	100-149	10-99	200-299	KARTEPE
	500-549				600-659		
	DARICA			750-799	660-749	BAŞISKELE	
				KARAMÜRSEL	GÖLCÜK		

Şekil 2.1. Hatların işletme bölgelerine dağılımı ve numaralandırma

Toplamda ise köy hatları ile birlikte 343 adet hat bulunmaktadır. Bu hatların 41 adedi belediye tarafından işletilmekte olup geri kalan 85’i ise köy hatları gibi yerel veya il dışı komşu yerleşmeler arasında çalışan hatlardır. Özel halk otobüslerinin dışında M plakalı minibüs ve şehir içi dolmuşlar bulunmaktadır. Bu şekilde birden farklı

işletmecilerin bulunmasından dolayı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından bu hatların numaralandırılması ve işletme bölgelerine ayırmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Buna göre Kocaeli kenti 4 ana bölgeye ayrılmaktadır.

Tablo 2.4. Bölgeleri göre toplu taşıma hat sayıları – işletme türlerine göre

BÖLGE	İLÇE	BELEDİYE	ÖHO	DOLMUŞ	KÖY HATLARI	TOPLAM
İzmit	İzmit	15	30	4		49
	Derince	1	20			21
	Körfez		18			18
	Kartepe	7	29		6	42
Gebze	Çayırova	1	11			12
	Darica	1	7			8
	Dilovası	4	10			14
	Gebze	4	23		6	33
Kandıra	Kandıra	1	2		53	56
Karamürsel	Başıskele	4	38			42
	Gölcük	2	4	10	11	27
	Karamürsel	1	11		9	21
	TOPLAM	41	203	14	85	343

2.4. Kocaeli’nde Kent İçi Ulaşım Sistemlerinin Analizi

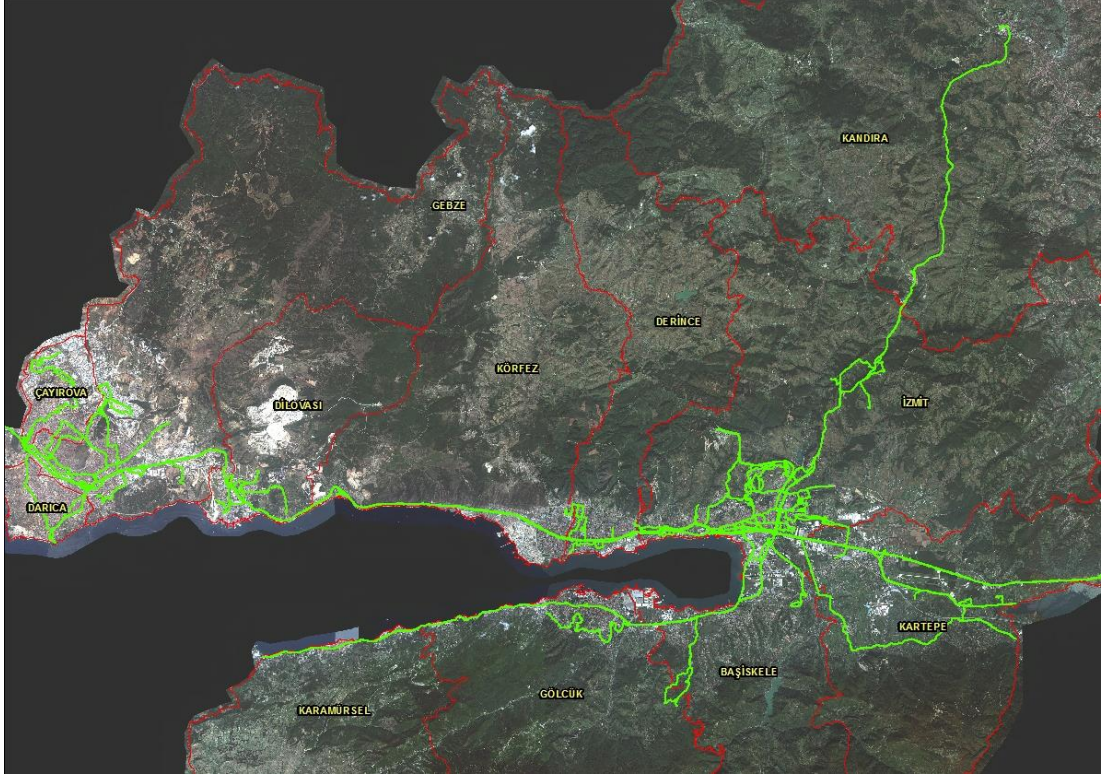
Kocaeli Büyükşehir sınırları içindeki resmi veriler dikkate alındığında, kent içi toplu taşıma hizmetleri belediye otobüsleri (137 araç), özel halk otobüsleri (1553 araç), M plakalı minibüsler (514 araç), taksi dolmuşlar (32 araç) ile okul ve işyeri servisleri (5950 araç) tarafından verildiği görülmektedir. Bu durum filonun en büyük kısmının “toplular taşıma” tanımına girmeyen servis araçlarına ait olduğunu; diğer bir deyişle, Kocaeli toplu taşıma sisteminin en büyük aktörünün standart dışı toplu taşıma hizmeti veren (kamunun kullanımına açık olmayan ve gün boyu işletmecilik yapmayan) işyeri ve okul servisleri olduğunu göstermektedir.

2.4.1. Belediye otobüsleri

Kocaeli Belediyesi ulaşımındaki olumsuzlukları en aza indirmek ve pozitif rekabet koşulları yaratmak üzere otobüs işletmeciliği yapmaktadır. 41 hatta hizmet veren belediye otobüs hatları bir mahalleden çıkan hatların merkez alan veya çevresindeki güzergâhlarda dolaşarak bir başka mahalleye bağlanması şeklindedir. Birbirine

bağlanan mahalleler arasında bir ulaşım ilişkisi bulunmayıp, yolculuk taleplerinin büyük kısmı kent merkezinde sonlanmaktadır. Bu ulaşım şekliyle belediye otobüsleri hizmet verdiği yerleşim yerlerinin kent merkezi ile aktarmasız ulaşımını sağlamıştır.

Belediye otobüs işletmeciliği; sabit bir güzergâh, zaman ve ücret tarifesinin olması, herkese açık ve tek elden yönetilmesi gibi toplu taşımanın temel ilkelerine uyan bir taşımacılık modeline sahiptir. Elektronik ücret toplama sisteminin uygulandığı belediye otobüsleri ve deniz işletmelerinde 90 dakika içindeki aktarmalar %50 indirimli hale getirilmiştir. Bunlarla birlikte, filonun yaşı, konfor donanımı ve engelli erişimine uygun olması, çevreci yakıt kullanması da çağdaş ulaşım modeline uymaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi toplam 137 araçlık bir filo ile 41 hat üzerinde toplu taşıma hizmeti vermektedir. Köylere kadar ulaşan çok yaygın bir şebeke üzerinde verilen bu hizmetlerde hat başına ortalama 3,34 araç düşerken, toplam 10 hatta sadece birer araçla hizmet verilmektedir. Hatlarda sefer sıklıkları 30–120 dakika arasında değişirken uzun hatların ağırlıklı olduğu şebekedeki ortalama sefer aralığı 73 dakika olarak ortaya çıkmaktadır. Bu düzeyde geniş aralıklarla hizmet verilen hatlarda özel işleticilerin sık hizmetleri yolcular için ciddi bir alternatif olmaktadır. Belediye otobüsleri günde 492 sefer yaparak toplam 24.000 (Mart 2015 722.000 Aylık Yolcu) düzeyinde yolcu taşımakta, bu performanslarıyla sefer başına 48 yolcu, günde araç başına 270 yolcu değerlerine ulaşmaktadırlar. Çoğunluğunu standart büyüklükteki otobüslerin oluşturduğu bir filo için bu değerler çok düşük düzeylerde kalmaktadır. Dünya Bankası tarafından yapılan değerlendirmelerde standart otobüslerle günde 800 yolcu taşınması beklenirken, belediye otobüs filosunun ortalaması bunun yarısına bile ulaşmamaktadır. Şekil 2.2’de Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait otobüs hatlarına ait güzergâhlar görülmektedir.



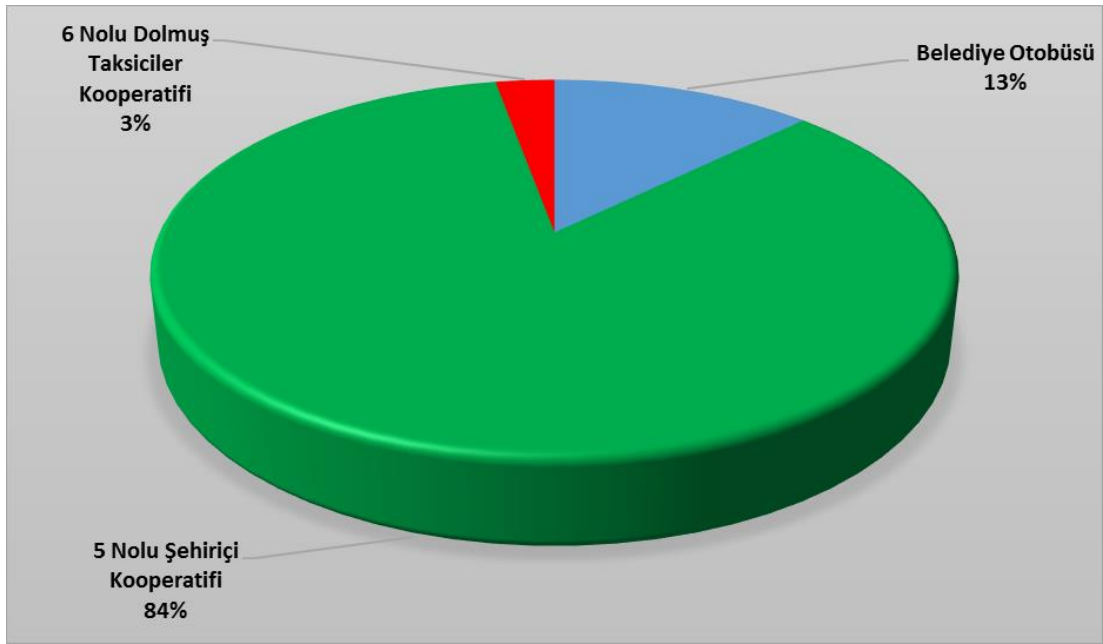
Şekil 2.2. Kocaeli belediyesi otobüs hatları ve güzergâhları

Belediye otobüs hatlarında ve işletme özelliklerinde son dönemlerde yapılan bazı değişikliklerle hizmetleri kullanan yolcu sayısında önemli artışlar görülmüştür. Sistemin genel özelliklerinde ciddi değişiklikler getirmemekle birlikte, alınan bu önlemlerle 2006 yaz aylarında 300 bin düzeyinde olan aylık yolcu sayıları 2008 başında %50 oranında artarak 500 bin düzeylerini aşmış, 2015 yılı itibarıyla ise 722 bin aylık yolcu taşımaktadır. İşletme iyileştirmeleri ve bazı hat düzenlemeleriyle ortaya çıkan bu artış özel araçtan çekilen yolcudan ziyade rakip işleticilerden yolcu kayması şeklinde gerçekleşmiştir.

2.4.2. Özel toplu taşıma işletmeleri

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde 53 adet toplu taşıma kooperatifine bağlı olarak çalışan 2000 toplu taşıma aracının, 300 hatta hizmet vermektedir. Kent merkezindeki toplu taşımacılık, belediye otobüslerinin yanı sıra iki özel halk otobüsü kooperatifi ve bir taksi dolmuş kooperatifi tarafından yapılmaktadır. 13 nolu Derince Kooperatifi 144 araçla, 5 nolu Kooperatif 341 araçla kent merkezinde ana taşımacı durumundadır. 5 nolu Kooperatif, 341 aracı ile günde 1974 sefer yaparak 100 bin üzerinde yolcu taşımakta ve pazarın %57' sini elinde tutmaktadır. Bu iki kooperatif 5

nolu kooperatif bünyesinde 2011 yılında birleşmişlerdir. Kooperatif hatlarında verilen hizmetlerde sefer aralıkları 5 dakika ile 60 dakika arasında değişirken ortalama olarak 12 dakika düzeyinde bulunmaktadır. En büyük kapasiteli araçlara sahip bulunan belediye otobüsleri kentin dışındaki köylere kadar giden yaygın bir şebekeye ve seyrek seferlere sahipken, en küçük araçlara sahip taksi dolmuşlar, minibüs ve midibüs büyüklüğündeki özel işleticiler 3-4 dakika aralıklı seferleriyle kent merkezindeki cadde ve sokaklarda hizmet vermektedir (Yüksel Proje,2008). Şekil 2.3’de kent içi toplu ulaşım işleticilerinin taşıma payları görülmektedir.



Şekil 2.3. Kent içi toplu ulaşım işleticilerinin taşıma payları

Kocaeli genelinde toplu taşıma işletmeciliği temel olarak midibüs boyutundaki araçlar ile yapılmaktadır. Özel taşımacıların toplu taşımadaki payı %93 tür. Belediye otobüslerinin toplu taşımadaki payı %7 dir. Yolculuk paylarından da anlaşılacağı üzere genel toplu taşımacılık sistemi kooperatiflerin hâkimiyeti altındadır.

2.4.3. Mevcut toplu taşıma sistemlerinde ücret toplama sistemi

Kocaeli ilinde 27 Ocak 2006 tarihinde temassız akıllı kartlarla elektronik ücret toplama ve araç takip sistemi hizmet vermeye başlamıştır. Akıllı kart uygulamasına tüm hatlar geçmemiş olmasına karşın belediye otobüslerinde ve deniz hatlarında akıllı kart kullanımı mevcuttur. Kocaeli Büyükşehir Belediyesinin kooperatifler ile yürüttüğü

çalışmalar sonucunda bugün itibariyle Kocaeli genelinde bulunan 2099 özel halk otobüsünün %92'si Elektronik Ücret Toplama ve Araç Takip Sistemine geçmiştir.

2.4.4. Deniz yolu toplu taşıma

Uygarlığın ilk yıllarından itibaren ulaşımın en kuvvetli halkalarından birini oluşturan deniz ulaşımı, günümüzde özellikle denize kıyısı olan yakın yerleşimler arasında, yarımada, ada, takımadalar ve körfezlerde ön plana çıkmaktadır. Kocaeli coğrafi yapısı itibari ile büyük bir bölümü körfez üzerine yayılmış yerleşimlerden oluşmaktadır ve körfez boyunca yerleşimler karşılıklı bir hat üzerinde uzanmaktadır. Böyle bir coğrafi yapı, denizyolu toplu taşımacılığı açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Körfezin karşılıklı kıyılarını denizyolu ile aşmak, çok daha az bir yolculuk süresi ve daha az bir maliyet gerektireceği için cazip bir model seçimi olarak görünmektedir. Kocaeli genelinde denizyolu toplu taşımaya hizmet veren 11 adet iskele bulunmaktadır. Ayrıca İzmit Merkez'de 10 gemi kapasiteli marina bulunmaktadır.

2.4.5. Ara toplu ulaşım

Toplu Taşıma sistemlerin sahip olduğu herkese açık olma, belirli bir güzergâha sahip olma, belirli bir ücret tarifesine sahip olma ve belirli bir zaman tarifesine sahip olma özelliklerinden bir veya birkaçına içermeyen taşıma sistemlerine genel olarak ara toplu ulaşım (para-transit) sistemler olarak tanımlanır. Bu sistemlere taksiler, öğrenci-personel servisleri gibi sistemler bu tanıma girmektedir.

2.4.5.1. Taksiler

Kocaeli genelinde yer alan taksiler ve taksi durakları ve bunların çalışma şekilleri Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Meclisi'nce çıkarılan "Ticari Taksi Durakları ve Ticari Taksi Taşımacılık Esasları Yönetmeliği'ne" göre düzenlenmektedir. Ayrıca Kocaeli Valiliği Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından çıkarılan Ölçü ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği 226. Maddesi'ndeki kriterler baz alınarak, 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanununun 7/f maddesi gereği UKOME tarafından söz konusu ticari taksilerin tarifeleri belirlenmektedir. Kocaeli genelinde taksi durakları genellikle kaldırıma paralel yol kenarında daha önce İl Trafik Komisyon Kararları ve gerekse UKOME kararları ile belirlenen kesimlerde konumlanmaktadır. Bazı taksi

duraklarının depolama alanları yoldan ayrı iç kısımlarda olmaktadır. UKOME tarafından belirlenen taksi metre ücretleri en son taksimetre açılışı 2.75 TL ve km başına 2.72 TL olarak tespit edilmiştir. Kocaeli genelinde 148 durak kapsamında 938 adet duraklı taksi yer almaktadır. Ayrıca 10 adet de duraksız taksi bulunmaktadır.

2.4.5.2. Bisiklet ulaşımı

Dünyada düz alan üzerine kurulan kentlerin tamamında bisiklet kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde ise çevresel koşulların ve iklimin uygun olmasına rağmen birçok şehrimizde bisiklet önemli bir ulaşım aracı olarak görülmemektedir. Kocaeli İli coğrafi konumu dikkate alındığında kıyı bölgelerinin bisiklet ulaşımına uygun olduğu hatta 1950-1970 yılları arasında ilin bisiklet ulaşımında önemli merkezlerden biri olduğu bilinmektedir. Bisiklet kullanımını arttırmak için yapılan kampanyalar ve bisiklet yolları vardır. İlin sahil kısmındaki alanlar bisiklet kullanımına oldukça uygundur, Sekapark ve Gölcük Kavaklı sahilinde bisikletliler için tasarlanmış özel yollar bulunmaktadır. En uzun ve standartlara uygun olarak tasarlanmış kent içi bisiklet yollarından biri ise yürüyüş yolunun bir kısmını oluşturmaktadır. Kent içinde kısmen bisikletliler için ayrılmış alanlar olmasına rağmen, bisiklete binmek yeterli rahatlık ve emniyette değildir. Şehir içi yollarda bisiklet için yeterli düzenlemelerin önerilmiş ama henüz planlanmamış olmasından dolayı kullanım sınırlı bir düzeyde kalmaktadır.

2.4.5.3. Yaya ulaşımı

Yaya ana güzergâhları üzerinde özel tasarlanmış, olası gereksinimler için gerekli altyapı hizmetleriyle donatılmış, araç trafiği ile mümkün olduğunca az kesişen, güvenilir, temiz bir ulaşım sistemi olmalıdır. İlde bunu başarmak için pek çok proje yapılmaktadır. Kocaeli yaya ulaşımı incelendiğinde göze çarpan ilk proje şehrin içinden de geçen Yahya Kaptan Mahallesi-Merkez Bankası arasında kesintisiz olarak yaya ulaşımını sağlayan 5km'lik yol olduğu görülmektedir. Gebze'de ise Hükümet Caddesi, 1214, 1215, 1216, 1218, 1219, 1220, 1221/1, 1222 sokaklar ve Orhangazi Caddesi'nin bir kısmı yayalaştırılmıştır.

2.5. Ulaşım Ağı Kademelenmesi

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ana arter sınıflandırılması yapılmamış olup, belirli bir genişlikten(14.5m) büyük bütün yolların bakım ve onarımını Büyükşehir Belediyesi yetkisindedir. Bu nedenle Kocaeli Ulaşım Ana Planı çalışmalarının başlangıcında ilk olarak ulaşım ağının kademelenmesi gerekliliği uygun görülmüştür. Ulaşım Ağı Kademelenmesi çalışmalarında öncelikle Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı arşivlerinden elde edilen envanter bilgilerin dijital paftalar üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen paftalar doğrultusunda gerekli ön çalışmanın ardından detaylı ulaşım ağı ön çalışması için saha verileri toplanmıştır. Elde edilen bilgiler ile yolların kademelenmesi yolların işlev ve fonksiyonlarına göre yapılmaktadır. Yol ağı dökümü için gerekli hazırlık ve çalışmalar yerine göre değişmektedir. Kocaeli ili için yapılan ulaşım ağı kademelenmesinde tüm yol ağını incelemek yerine bazı konut içi yollar inceleme dışına bırakılarak bir kademelenme mantığı ile ulaşım ağı kademelenmiştir. Kocaeli ulaşım ağı kademelenmesine yönelik olarak oluşturulan teorik altyapıya ilişkin kavramsal tanımlar aşağıda yer almaktadır.

2.5.1. Kent yolları işlevleri

Kentsel yol ağları tarafından sağlanması gereken, eşit derecede önemli ancak birbirinden tamamen farklı iki temel işlev bulunmaktadır. Yolların planlanması ve inşaa edilmesinin amacı, özel mülkiyete erişimin sağlanması ve insanlarla eşyaların taşınmasıdır. Bir yolun tasarımı, önemli ölçüde bu iki temel fonksiyonun göreceli ağırlığına bağlıdır. Örneğin, tasarım amacı kesinlikle özel mülkiyet erişimi olan bir yerel sokak, oldukça sık aralıklarla yer alan erişim noktalarıyla ve düşük hızlı trafik için tasarlanmalıdır. Öte yandan bir otoyol, nerdeyse sadece yüksek hızlı trafik seyri içindir ve sıkı bir erişim kontrolüyle tasarlanmalıdır. Her yol sınıfı özel bir işlevi sağlamak için tasarlanmıştır ve her biri, erişim ve hareket işlevlerine farklı derecelerde önem verir. Öte yandan ulaştırma mühendisi için bazı yol sınıflarında, örneğin toplayıcı yollarda ve arterlerde, erişim ve hareket işlevlerinin ağırlıklarını dengelemek zordur; çünkü bu tür yollar, her iki işlevi de yerine getirmektedir. Genelde işlevleri daha belirli olduğu için, yerel sokakların ve otoyolların tasarımı daha kolaydır. Kentsel yolların planlanmasında makul ve mantıklı bir yol ağı tasarımının sağlanması için, yol

sınıflandırması önem taşımaktadır. İki tür sınıflandırma sistemi mevcuttur; bunlar işlevsel sınıflandırma ve idari (devlet yolları, il yolları, köy yolları vs.) sınıflandırmadır. Bunlardan, ulaşım planlaması açısından önemli olanı işlevsel sınıflandırmadır.

2.5.2. İşlevsel sınıflandırma

Bu sınıflandırma türünde kentsel karayolu ağında mevcut ve planlanmış olan tüm yollar (Otoyollar dışında), aşağıda sıralanan dört kategoriden birinde yer almaktadır (AASHTO, 2001);

1. Birinci derece yollar,
2. İkinci derece yollar,
3. Toplayıcı yollar,
4. Yerel yollar.

2.5.2.1. Birinci derece yollar

Bu yollar kentsel alanlar içinde en önemli olan yollardır. Ayrıca bu yollar taşıdıkları yük ve hız sınırları açısından da en fazla olan yollardır. Bunların önemi kent dışına sağladıkları servisten de kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda kentsel alanlar içinde ana sirkülasyon hareketlerini sağlarlar. Bu yollar kentsel alanlardaki en önemli faaliyet merkezlerini birbirine bağlar, en yüksek hacimlerin taşındığı koridorları meydana getirir ve kenti transit geçen trafiğe de hizmet verir. Bunların önemli bir kısmını da otoyollar meydana getirir. Otoyollar tam erişim kontrollü yollar olduğundan ASSHTO (2001) bu sınıfı “otoyollar” ve “diğer ana arterler” olarak ikiye ayırmayı tavsiye etmektedir. Bu yolların birbirine mesafesi çok gelişmiş kent merkezlerinde 1,6 km’de kent dışına doğru olan bölgelerde 8 km.ye kadar değişebilir. Bu yolların ana hizmeti hızlı uzun seyahatlere hareket sağlamaktır ve erişim fonksiyonu kısıtlıdır.

2.5.2.2. İkinci derece yollar

İkinci derece yollar, birinci derece yollar ile birleşir ve bu sistemi tamamlar. Bu arterler daha orta uzunlukta seyahatlere hizmet sağlar ve erişime biraz daha ağırlık vererek daha düşük derecede bir mobilite sağlamaktadır. İkincil arter sistemi ana arter olarak sınıflandırılmayan bütün arterleri kapsar. Bu sistem mahalli otobüs güzergâhlarını

taşıyarak mahalleler arası seyahati sağlar ancak yerleşimlere çok fazla girmemektedir. Bu yolların birbirine mesafesi kent merkezinde 0,2-1,0 km arasında ve kent dışına doğru olan bölgelerde 3-5 km arasında değişmektedir.

2.5.2.3. Toplayıcı yollar

Toplayıcı yol sistemi oturma, ticaret ve endüstri alanlarında hem erişim ve hem de dolaşım sağlar. Arterlerden ana ayırım noktası bu yolların oturma alanlarına girerek arter sisteminden gelen seyahatleri bu seyahatlerin nihai noktalarına ulaştırmasıdır. Toplayıcı yollar aynı zamanda oturma alanlarındaki yerel yollardan trafiği toplayarak bu trafiği arter sistemine yönlendirir. Toplayıcı yollarda bazı hallerde otobüs hatlarını içerebilir.

2.5.2.4. Yerel yollar

Bu yollar üst seviyede olmayan bütün yolları kapsar. Bu yolların ana fonksiyonu bitişik bölgelere erişim sağlamaktır ve mobilite fonksiyonunun en düşük olduğu yollardır. Bu yollarda otobüs servisi genelde bulunmaz.

2.5.2.5. Kocaeli için yol sınıflandırması

Yukarıda verilen açıklamalar ışığında Kocaeli yol sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılmıştır;

1. Otoyollar,
2. Birinci derece yollar,
3. İkinci derece yollar,
4. Toplayıcı yollar,
5. Yerel yollar.

Yerel yollar daha çok mahalle merkezi bağlantılarında ve gereken alanlarda az sayıda belirlenmiştir. Ulaşım ağı kademelenmesi çalışmaları ilçe bazında yapılarak, ayrı ayrı aşağıda verilecektir. Kocaeli ulaşım ağı kademelenmesine göre tespit edilen ulaşım ağı uzunluğu ise 1.669.659.350 m olarak tespit edilmiştir. Şekil 2.4'de Kocaeli'ndeki ulaşım ağına ait genel bir görünüm verilmiştir.



Şekil 2.4. Kocaeli'ndeki ulaşım ağına ait genel bir görünüm

3. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Toplu taşıma türlerinin artı ve eksi yönleri mevcuttur ve farklı şekilde karşılaştırma yapılabilirler. Toplu taşıma türleriyle yapılan kıyaslamalarda farklı sonuçlara ulaşılabildiği görülmektedir. Özellikle hızlı otobüs taşımacılığı ve hafif raylı sistemler kapasite bakımından çoğu araştırmalarda değişik sonuçlarla ifade edilmektedir. Bu farklılık kimi zaman belli bir türün öne çıkartılması için taraflı ve objektif olmayarak yapılmaktadır. Kimi zaman ise bu farklılaşma, bu sistemlerin uygulamadaki performanslarından dolayı kaynaklanmaktadır. Hafif raylı sistemleri metro sistemlerinden ayırmak kolay olmamaktadır, bu da değerlendirmelerdeki farklılaşmaların en büyük sebebidir. Ayrıca, toplu taşıma sistemlerinin aynı özelliklere sahip oldukları halde, farklı şehirlerdeki uygulamalarında, aynı performans değerlerini sağlayamadıkları görülmektedir. İşte bu sebeplerden ötürü her karşılaştırmanın belli bir hata payını içerdiği unutulmamalıdır (Tanış ve Ögüt, 2007).

3.1. Toplu Taşıma Sistemleri

Toplu taşıma türleri, kapasitelerine göre 3 ana başlık altında toplanabilir;

I. Düşük Kapasiteli Türler (Ara Toplu Taşıma)

- A) Taksi
- B) Telefonla taşıt çağırma
- C) Minibüs, dolmuş

II. Orta Kapasiteli Türler (Yüzeysel Taşıma)

- A) Otobüs
- B) Trolleybüs
- C) Tramvay

III. Yüksek Kapasiteli Türler (Hızlı Taşıma)

- A) Hızlı otobüs sistemleri
- B) Hafif raylı sistemler
- C) Metro
- D) Banliyö trenleri

3.1.1. Düşük kapasiteli toplu taşıma

Düşük kapasiteli ancak yüksek ücretli türlerden taksi ve telefon ile taşıt çağırma sistemleri orta-üst gelir grubuna yönelik ulaştırma türleri iken; minibüs ve dolmuş işletmeciliği alt-orta gelir grubuna yönelik bir ulaştırma türüdür. Minibüs ve dolmuş işletmeciliği gelişmekte olan ülkelere has sistemlerdir, gelişmiş ülkelerde bu sistemler bulunmamaktadır. Bunda minibüs ve dolmuş işletmeciliğinin çoğunlukla özel sektör tarafından yapılmasının payı büyüktür (Tanış ve Ögüt, 2007).

3.1.2. Yüksek kapasiteli toplu taşıma

Otobüs, trolleybüs ve tramvay kapasite olarak aynı düzeyde sistemlerdir. Trolleybüs dünyada gittikçe azalan bir türdür. Tramvay sistemi ise yatırım maliyetinin yüksek olmasından dolayı tercih edilmemektedir. Trolleybüs ve tramvayın otobüs karşısındaki üstünlüklerinden biri olan elektrik enerjisi ile çalışması ve bu enerji türünün çevreyi kirletici etkisinin çok az olması, otobüslerdeki alternatif yakıt arayışları ve bu konudaki gelişmeler karşısından eski önemini yitirmiş durumdadır. Ayrıca hızlı otobüs işletmeciliğinin yaygınlaşması, tramvay işletmesinin üstünlükleri arasında sayılan “mevcut hattın daha sonra hafif raylı sistem hattına çevrilmesinin kolaylığı” durumunu da etkisiz kılmıştır.

3.1.3. Yüksek kapasiteli toplu taşıma

Otobüs işletmeciliği, son yıllarda meydana gelen gelişmeler sonucu hafif raylı sistemlerle baş edebilecek seviyeye ulaşmıştır. Toplu taşımacılıkta varılacak son nokta ise tartışmasız metro sistemidir. Ancak her durumda metronun en iyi sistem olduğunu söylemek, yatırım maliyetinin yüksekliği açısından doğru değildir.

3.1.4. Lastik tekerlekli Sistemler

Şehir içinde karayolu ile yapılan yolcu taşımacılığı aşağıdaki gruplara ayrılabilir.

3.1.4.1. Özel otomobil

Taşıt hareketlerinin büyük bir yüzdesini oluşturduğu halde, yolcu taşımacılığındaki rolü oldukça düşüktür. Taşıdıkları yolcu sayısına göre taşıt işgal sahaları çok büyüktür.

Bir çalışmada taşımanın sadece %20'lik bir kısmını yapmasına rağmen enerji ve alan kullanımında yaklaşık %80'lik bir paya sahip olduğu ortaya konmuştur.

3.1.4.2. Taksi- dolmuş

Kentlerde taksi taşımacılığı, yolcu taşımaya olan katkısı yanında, kente yeni gelenler ve yabancılar üzerinde kent hakkındaki ilk izlenimlerinin oluşmasında önemli etkisi vardır. Ayrıca, kentteki taksi taşımacılığının düzeni, yol alt yapısının verimli kullanılması ve trafik güvenliği bakımından da önem taşır (Yayla, 2009). Taksiler özel aracını kullanmak istemediği halde o konforu arayanlara ulaşım hizmeti vermektedirler. Dolmuşlar belirli bir güzergâh üzerinde, aracın alabileceği maksimum yolcu taşımaya (dolu olmak) şartı ile kişi başı ücret alan sistemdir. Taksiler için ise belirli bir güzergâh ve yolcu sayısı söz konusu değildir. Enerji tüketimi ve trafiği aksatma yönünde sakıncaları vardır.

3.1.4.3. Minibüs

Kapasitesi dolmuş ile otobüs arasında kalan bir taşıma aracıdır. Otobüs hizmetlerinin götürülemediği yerler için önem taşırlar. Dolmuşa nazaran daha yüksek kapasitede olduğu için daha ekonomik bir sistem olarak kabul edilebilirler.

3.1.4.4. Otobüs

Şehir içi yolcu taşımacılığının esasını oluşturan toplu taşımacılık sistemleri içinde oldukça önemli yer tutarlar. Ulaşım sorununu raylı taşıma sistemleri ile çözmüş olan şehirlerde dahi otobüsler, her zaman raylı taşıma sistemlerini besleyen sistem olarak bu önemlerini korumaktadırlar. Otobüs taşımacılığı, ulaşım maliyetleri nedeniyle de önemini her geçen gün arttırmaktadır. İlk yatırım maliyeti diğer toplu taşıma sistemlerine göre daha düşüktür. Ayrıca daha esnek bir yapıya sahip olduğu için değişen ihtiyaçlara daha kısa sürede yanıt verebilme olanağına sahiptir (Alp, 2008).

3.1.4.5. Metrobüs

Metrobüs sistemleri dünyada ve ülkemizde gün geçtikçe artan bir potansiyele sahiptir. Metrobüs, bir toplu taşıma sisteminin sahip olması gereken bileşenleri, esnek ve yüksek performanslı bir yapıda bünyesinde toplamaktadır. Metrobüs sistemlerinin temel bileşenleri arasında seyir yolları, istasyonlar, taşıtlar, ücret toplama, Akıllı Ulaştırma Sistemleri ile ilişkiler, hizmet ve işletim planları bulunmaktadır. Bu

özellikler Metrobüs sisteminin güvenlik, güvenilirlik, kapasite seyahat süresi performansına olumlu etkiler sağlamaktadır. Sistem kapasitesi, Metrobüs sisteminin bileşenlerine ve amaçlanan hizmet düzeyine göre farklılık göstermektedir. Sistem kapasitesini arttıracak alternatif işletim planları oluşturmak mümkündür. Metrobüs sistemleri toplu taşıma için gereken yolcu sayısı ve maliyet verimliliğini sağlamaktadır. Ayrıca, sosyal faydaları arasında toplu taşımanın desteklenmesi, çevreyle olumlu ilişkileri, arazi kullanımı üzerindeki olumlu etkileri, yatırım maliyeti verimliliği ve işletme verimliliği artışı bulunmaktadır (Güven ve Şahin, 2009).

3.1.5. Raylı sistemler

Raylı sistem türleri çok çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulmakla beraber aşağıdaki temel sınıflandırma esas alınabilir;

3.1.5.1. Tramvay

Tramvaylar, şehir içi toplu taşımacılık sistemleri arasında en eski sistem olma özelliğine sahiptir. Geçmişte toplu ulaşımın alternatifi olmayan tek sistemi olarak inşa edilen tramvay sistemleri, gelişen diğer alternatif ulaşım sistemlerine paralel olarak önemli gelişmeler göstermiştir ve zaman içerisinde diğer ulaşım sistemleri ile entegre edilerek, toplu taşımacılıktaki etkinliği artırılmıştır. Tramvay sistemleri, genellikle hemzemin güzergâhlar şeklinde inşa edilirler. Tramvay yolları inşa edilirken çok büyük çaplı kazı ve inşaat çalışmaları gerektirmediği için maliyet açısından diğer sistemlere oranla oldukça ucuz sistemlerdir. Dünyanın pek çok şehrinde kullanılan tramvay sistemlerinde durak olarak mevcut otobüs durakları veya onlara benzer basit tesislerden faydalanılmaktadır. Tramvaylar için inşa edilen durak boyları en fazla 60 metre civarındadır. Araç genişlikleri 2200 mm ile 2650 mm arasında değişebiliyor. Kullanılan ray tipleri yaygın olarak Ri59 veya Ri60 oluklu raylarıdır. Lokal olarak vinyol raylarda kullanılabilir. Enerji temini tramvaylarda katener diye bilinen havai besleme hatları ile sağlanmaktadır. Yaygın olarak 750 Volt DC akım kullanılır. Tüm bu özellikleri sebebiyle tramvay sistemleri, diğer raylı toplu ulaşım sistemlerine oranla oldukça ucuz maliyetlerle inşa edilebilmektedirler. Tramvay sistemleri, hemzemin yollardaki karma trafiğin etkisiyle düşük hızda seyreden bir trafik rejimine sahiptirler. Ortalama ticari hızları genellikle 18-20 km/saat, maksimum seyir hızı 40 km/saat şeklindedir. Ayrıca karma trafikte araç boylarının fazla uzun olması da

mümkün olamamaktadır. Sayılan sebeplerden dolayı tramvay sistemlerinin yolculuk kapasiteleri de diğer sistemlere oranla daha sınırlı kalmaktadır. Tramvay sistemlerinin saatteki maksimum yolcu taşıma kapasiteleri 15 000 yolcu/yön şeklinde açıklanabilir. Tramvay Sistemleri nüfusu fazla olmayan yerleşim birimlerinde ana ulaşım sistemi olarak düşünülebilir ancak nüfusu fazla olan ve yolculuk talepleri tramvay sistemlerinin kapasitelerini aşan yerleşim merkezlerinde daha çok ana ulaşım sistemlerini besleyen ve yolcu transferlerini sağlayan tali ulaşım sistemleri olarak tercih edilmektedirler (Jorsa, 2007).

3.1.5.2. Hafif raylı sistem

Hafif Metro Sistemi şehir içi raylı toplu taşımacılık sistemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Tramvay sistemlerine oranla daha yüksek yolculuk kapasitesine sahip sistemlerdir. Saatteki maksimum yolculuk kapasiteleri 35 000 yolcu/yön şeklindedir. Bu sistemler yolculuk taleplerinin yüksek olduğu ulaşım koridorlarında ana ulaşım sistemleri olarak tercih edilmekle birlikte, çok kalabalık metropol şehirlerde daha yüksek kapasiteli, sistemlerle entegre çalışan tali ulaşım sistemleri olarak inşa edilebilmektedirler. Hafif Metro Hatları tam tecritli (kendine has yollarda hareket eden) güvenli sistemlerdir. Hemzemin, havadan(viyadük) veya yer altından (tünel) olarak inşa edilebilirler. Sistem tecritli olduğu için yüksek ticari hızlarda seyir imkân sağlamaktadır. Hafif Metro Sistemlerinde ortalama ticari hız 42-45 km/saat, maksimum seyir hızı 80 km/saattir. İstasyon boyları ortalama 100 m civarında ve araç genişliği genellikle 2650mm'dir. Kullanılan ray tipi yaygın olarak S49 tipi Vinyol raylardır. Enerji temini katener (konvansiyonel sistem), rijit katener veya 3. ray diye tabir edilen alttan besleme sistemleri ile sağlanabilmektedir. Yaygın olarak 750DC veya 1500DC akım tercih edilmektedir (Gökdağ ve Yüksel, 1999).

3.1.5.3. Monoray

“Monoray”, kelime anlamı olarak; “yolcu ve yük araçları için tek rayla hizmet eden yol” demektir. Bu tanımdan da anlaşıldığı üzere, Monoray sisteminde araç, diğer raylı sistemlerden farklı olarak çift ray yerine tek ray üzerinde hareket etmektedir. Sistemin yükseltilmiş, hemzemin ve yer altı olmak üzere üç farklı kullanımı vardır. Uygulamada en yaygın olarak kullanılan model ise yükseltilmiş (elevated) monoraydır.

Monoray sisteminin esas amacı uzun mesafeleri mümkün olduğu kadar kısa rotalarla birbirine bağlamaktır. Bağlantıların Monoray ile sağlandığı noktalar genellikle, kolejler, üniversiteler, büyük okullar, önemli alışveriş merkezleri, önemli turistik merkezler, trafik ağının dışında kalan yoğun yerleşim bölgeleri, park problemleri olan iş ve ticari alanlardır. Diğer ulaşım türleriyle bağlantı sağlamak üzere transfer noktaları olarak da kullanılırlar (Gültekin ve diğ., 2003).

3.1.5.4. Metro

Günümüzde şehir içi toplu ulaşım sistemleri arasında en yüksek yolculuk kapasitelerine sahip ulaşım sistemleri olarak kabul edilen metro sistemleri, dünyadaki pek çok büyük metropolde ana toplu ulaşım sistemi olarak çalıştırılmaktadır. Yer altı ve yerine göre yükseltilmiş hızlı transit hatların kullanıldığı raylı sistem modelidir. Diğer sistemlerden en önemli farkı kullandığı hatlar sayesinde diğer ulaştırma şekillerinden bağımsız olarak çalışmasıdır. Metrolar yüksek yolculuk kapasitesine sahip sistemlerdir. Maksimum saatteki yolcu kapasiteleri 70 000 yolcu/yön dür. Büyük şehirlerde en yüksek yolculuk taleplerinin tespit edildiği hatlarda metro sistemleri tercih edilmektedir. Tam tecritli raylı ulaşım sistemleri olan metrolar, genellikle yüzeydeki trafik yüklerini hafifletmek amacıyla derin tünel yöntemleri ile yeraltında inşa edilirler. Arazinin yapısına bağlı olarak aç kapa tünel olarak ta inşa edilebilen metro hatları bazen yüzeyde hemzemin şeklinde veya viyadük üzerinde de inşa edilebilmektedirler. Metro sistemlerinde ticari hız diğer sistemlere göre daha yüksektir, ortalama ticari hız 42-48 km/saattir. Maksimum hız 90 km/saate kadar çıkabilmektedir. İstasyon boyları genellikle 200 m civarında olan metro sistemlerinde araç boyları da 180m ye kadar çıkabilmektedir. Metrolarda araç genişlikleri 2650 mm ile 3050 mm arasında değişebiliyor. Metrolar ağır raylı sistem olarak kabul edilmektedirler. Yolculuk hacimleri yüksek olduğu için tüm tesisler buna göre inşa edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan ray tipleri S49, UIC54 veya UIC60 tipi vinyol raylardır. Enerji temini, hafif raylı sistemlerde olduğu gibi katener veya rijit katener şeklinde havai besleme hatlarından yapılabileceği gibi, 3.ray şeklinde tesis edilen alttan besleme sistemlerinden de sağlanabilmektedir. Yaygın olarak 750 DC, 1500 DC veya 3000 DC akım da kullanılabilir (Jorsa, 2007) (Gökdağ ve Yüksel, 1999).

3.1.5.5. Banliyö treni

Banliyö trenleri genellikle şehir merkezi ile çevre yerleşimler arası ulaşım hizmeti veren demiryolu servisleridir. Özellikle uydu şehir tipi yerleşmelerle şehir merkezi arasındaki sabah zirve saatte merkez yönünde, akşam zirve saatte ise konut alanları yönünde oluşan tek yönlü yolculuk taleplerinin karşılanmasında kullanılırlar. Yaklaşık 1.000-4.500 metre arasında değişen büyük durak aralıklarına sahip olması banliyö trenlerinin şehir merkezlerinde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bir saatte bir yönde 70.000-75.000 kişilik yolcu kapasitesine sahip banliyö trenlerinin vagon sayısı ve vagon büyüklüğüne paralel olarak taşıma kapasitesinin yüksek olması sebebiyle sabah ve akşam zirve saatlerde oluşan konut-iş-konut amaçlı yolculuk taleplerinin karşılanmasında görev alırlar.

3.1.6. Toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırılması

3.1.6.1. Güvenlik

Demiryolu ulaşımının raya bağlı olması ve genellikle iklim şartlarından karayoluna göre daha az etkilenmesi güvenliğini, konforunu ve rahatlığını artırmaktadır. Ulaştırmanın güvenli olması onun tehlikesiz ve risksiz olması demektir. Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) istatistiklerine göre 1 milyar yolcu-km başına kazalarda ölen yolcu sayısı demiryolları ve hava yollarında 1 kişi, karayollarında ise 30 kişidir. Ulaştırma sistemlerinde ölüm riski 1 milyar yolcu-km. başına demiryollarında 17 iken karayollarında 140, yaralanma riski demiryollarında 41 iken karayollarında 8.500-10.000'dir (Uludağ, 2000).

Maddi hasarlı kazaların da %87,3'ü şehir içi yollarda, %12,7'si şehir dışı yollarda meydana gelmektedir. Ulaştırma sistemleri içinde en fazla kaza oranı karayoluna düşmekte, en az kazadan en çoğa doğru sıralama yapıldığında; Tren, Metro, Otobüs, Otomobil şeklinde bir sıralama ortaya çıkmaktadır.

Taşınan yıllık yolcu miktarı ile kazalarda meydana gelen ölüm olayları yönünden bir karşılaştırma yapıldığında genel rakamlar açısından demiryolları, karayollarına göre, havayolları ise en güvenli taşıma sektörü olarak görülmektedir. Karşılaştırma sonuçlarına göre demiryolu yolcu taşıma yönünden karayoluna göre 2,26 kat daha güvenlidir.

Karayollarındaki kazalar ölümlerin yanında, ülkemiz ekonomisine de ağır maliyetler yüklemektedir. Sadece bir yılda 200 milyon dolara yakın maddi hasara sebebiyet vermektedir. Trafik kazalarının sebep olduğu hasarların büyük bir kısmı şehir içi yollarında meydana geldiğine göre çözüme de buralardan başlamak gerekir. Bu aşamada yapılacak olan en anlamlı çözüm trafiğin toplu taşımacılık haline getirilmesidir. Bu durum da en iyi raylı sistemler ile sağlanabilir.

3.1.6.2. Enerji

Demiryolları gerek yük ve gerekse yolcu taşımacılığında diğer sistemlere kıyasla daha az enerji tüketmektedir. Bu anlamda Almanya’da yapılan bir çalışmada yolcu taşımacılığında demiryolunda tüketilen enerji 1 kabul edilirse, otoyolda tüketilen enerji 3 olmaktadır. Buna eşdeğer taşıma yapılan hava yolunda 5,2 olmaktadır. Yük taşımacılığında ise demiryolunda tüketilen enerjiyi 1 kabul edersek karayolunda 3, havayolunda 1,3 birim olmaktadır (Uludağ, 2000). Japonya’da yapılan bir çalışmaya göre de yolcu trafiği için yüksek etkinliği olan ulaşım biçimleri; demiryolları ve otobüsler; yük taşımacılığı içinse demiryolları ile denizyolu olmaktadır. Yolcu taşımacılığında demiryollarına göre otobüsler 1,4 kat, otomobiller 6,8 kat ve uçaklar 5,4 kat daha fazla enerji tüketmektedirler. Yük taşımacılığında ise demiryolları ve gemiler yaklaşık aynı miktarda enerji tüketirken, kamyonlar 7,5 kat daha fazla enerji tüketmektedir (Jorsa, 2007). Uluslararası Demiryolları Birliği’ne göre bir yolcu 1 kWh enerji harcayarak tren ile 5 km otomobille 1,7 km uçakla 1,1 km seyahat edebilmektedir. Tablo 3.1’ de sistemlerin enerji verimliliği açısından birbirlerine göre durumları sunulmuştur (Çakar, 1999).

Tablo 3.1. Sistemlerin enerji verimliliği karşılaştırması

Sistem	Km Başına Enerji Tüketimi (WATT-SAAT)
Bisiklet	22
Yüksek yoğunluklu metro sist.(Tokyo, Hong Kong)	79
Otobüs (Hartum, Sudan)	99
Otobüs (doluluk %45)	101
Düşük yoğunluklu metro sistemleri (Almanya)	184-447
Paratransit (Halep, Suriye, %67 doluluk)	317
Raylı sistem(22,5 yolcu/ünite, ABD)	577
Otobüs (doluluk %45)	875

3.1.6.3. Arazi kullanımı

Ülkelerde ulaşım, yerleşim bölgeleri, endüstri alanları, doğal alanlar ve ormanların yanında oldukça düşük oranda alan ayrılmaktadır. Alan kullanımından doğan çevre maliyetinin belirlenmesinde sistemlerin gerektirdiği alan, bu alanların değeri ve başka amaçlarla örneğin tarım alanı olarak kullanılması durumunda sağlayacağı fayda dikkate alınmalıdır. Aynı kapasitede taşımacılık için demiryolları, karayoluna göre daha az arazi gerektirmektedir. Platform genişliği 13,7 m. olan çift hatlı, elektrikli bir demiryolu hattı kapasite açısından 37,7 m. genişliğinde 6 şeritli bir otoyola eşdeğer durumdadır. Bu duruma göre karayolları, demiryollarına göre 2,7 kat daha fazla arazi kullanımı gerektirmektedir. Maliyet açısından platform genişliği 13,7 m. olan çift hatlı ve sinyalizasyonlu bir demiryolunun ortalama maliyeti 2 milyon 850 bin dolar/km. iken kapasite ve standartları açısından aynı baza getirilen 6 şeritli otoyolun maliyet ortalaması 8 milyon dolar/km. olmaktadır. TCK'dan alınan bilgilere göre 1 km. otoyol maliyeti düz arazide 6 milyon dolar, engebeli arazide 12 milyon dolar, ortalama olarak 8 milyon dolardır. Yapım maliyeti açısından da demiryolunun daha avantajlı olduğu görülmektedir.

3.1.6.4. Hava kirliliği

Hava kirliliği, havadaki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek hale gelmesidir. Hava kirliliğinin nedenleri ve boyutları incelendiğinde ulaştırmanın en önemli kaynaklar arasında olduğu görülmektedir. Araçların hareketlerini sağlamak için kullandıkları yakıtlardan çıkan gazlar havayı kirletmektedirler. Bu kirliliği egzoz gazı oluşturmaktadır. Motorlu taşıtların çıkardığı egzoz gazı ortama kurşun ve diğer zehirli maddeler bırakır. Kurşun ise insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere yol açmakta ve akciğer kanser riskini hızlandırmaktadır. Türkiye'de ulaştırma sektörünün kullandığı enerji toplam enerjinin %19 kadardır. Demiryolu için kullanılan 100 birim enerjinin ancak %2,8'i elektrikten sağlanırken %96'sı petrolden sağlanmaktadır. Karayolu için gereken enerjinin tamamı petrol ürünlerinden sağlanmaktadır. Karayollarında yaygın olarak benzin kullanılırken, demiryollarında dizel yakıt veya elektrik kullanılmaktadır. Dizel yakıtın meydana getirdiği kirlilik benzine göre oldukça düşüktür. Elektrikli demiryollarında ise işletme sırasında emisyon oluşmamaktadır. Demiryollarında hem birim işe düşen enerjinin az

olması hem de kullanılan yakıt türünün oluşturduğu kirliliğin düşük seviyede olması önemli bir avantajdır. Elektrikli demiryollarının kirlilikteki payı %5 iken karayollarının payı %85 düzeyindedir. Demiryollarının, arazi ve suların kirletilmesindeki payı da azdır. Karayolu araçlarından çıkan yağlar ve değişik maddeler çevredeki arazi ve sulara verilirler. Bir elektrikli tren 42 km seyir sonucunda çevreye 1 kg karbondioksit yayarken, aynı miktarda karbondioksit otobüsle 12 km’de otomobil ve uçakla 7 km’de yayılmaktadır (Çakar, 1999).

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

3.1.6.5. Gürültü

Trafik artması yollarımızı devamlı çoğalan bir gürültü kaynağı haline getirmektedir. Gürültü insan sağlığı ile doğrudan ilgili olup, insanlar üzerinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. İnsanların sağlıkları üzerinde büyük bozukluklara yol açmaktadır. Gürültünün sürekli, yüksek seviyede olması ve uzun süre maruz kalınması halinde sağrılık, dinleme ve anlama zorluğu, dikkatin dağılması, sinirlilik, baş dönmesi gibi etkileri doğurmaktadır. Trafik karayolunda gün boyu devam eder, demiryollarında ise tren seyirleri arasında daha uzun bir aralık ve sessizlik vardır. Demiryollarında sükûnet zamanları daha fazladır.

Ulaştırma sistemlerinde konforlu bir seyahat için gürültü seviyesinin üst düzeyi 65 dB (A), rahatsızlık bölgesi 75-120 dB (A) olarak kabul edilmektedir. Karayolu motorlu araçlarında gürültü, motor hacmi ve susturuculara bağlı olarak değişmektedir. Araştırmalarda karayollarındaki gürültü şiddetinin 72-92 desibel arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ağır taşıtlar için bu değer 103 dB (A)’e kadar çıkmaktadır. Hava yollarında ise gürültü şiddeti 103-106 dB (A)dır. Buna karşılık saatte 150 km hızla giden bir trenin gürültüsü 65–75 dB (A) arasında değişmektedir. İnsan sağlığı açısından 8 saatlik bir çalışma için gürültü sınırının en fazla 90 dB (A) olduğu göz önüne alınırsa demiryollarının önemi daha da artmaktadır (Gökdağ ve Üçüncü, 1992).

Karayollarında düzensiz ve birbirinden bağımsız gürültü çıkışları çok kısa sürede meydana gelirken, demiryollarında daha yavaş bir artış gösterir. Bu yavaş artışın verdiği rahatsızlık diğerine göre daha az olur.

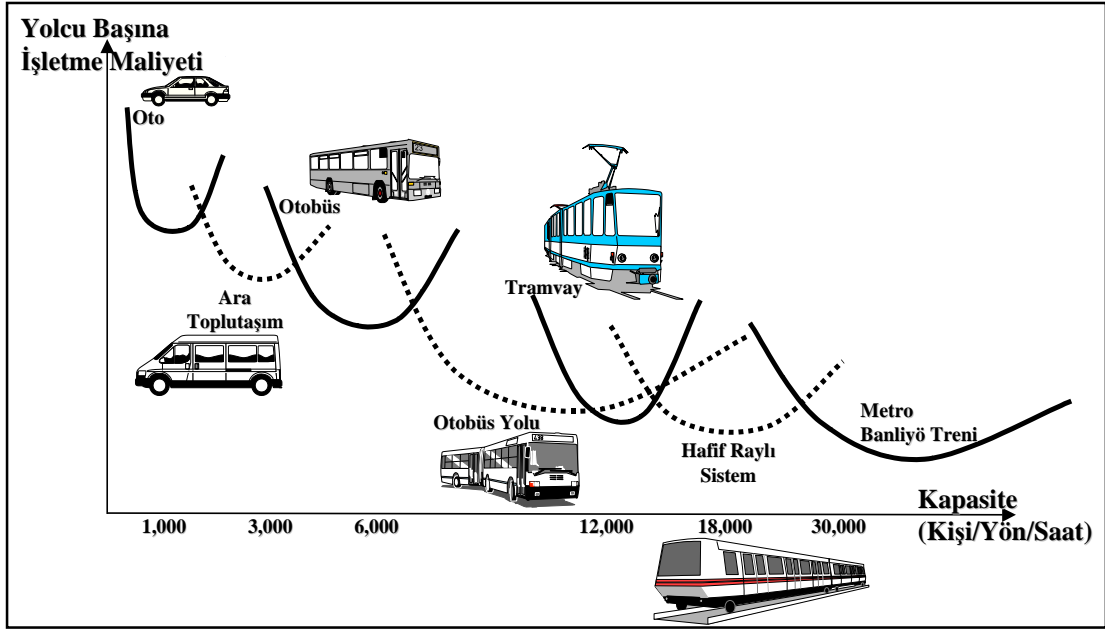
3.1.6.6. Trafik sıkışıklığı

Şehirler çok hareketli ve birçok faaliyetin yürütüldüğü yerlerdir. İnsanların ev, işyerleri, alışveriş yerleri, eğitim ve eğlence yerlerinin birbirinden ayrılması şehir trafiğinin artmasına sebep olmaktadır. Bu artışa, gittikçe çoğalan özel araçlar da katkıda bulunmaktadır. İşyle evi arasında her gün gidip gelen insanlar, şehrin ulaşım ağları üzerinde birikmektedirler. Artan nüfusla birlikte, bu durum daha da zor bir hal almıştır. Aşırı yoğun ulaşım hatlarında, özel araçlarla ulaşımın sağlanmasının uygun bir çözüm olmadığı bilinmektedir. Özellikle sabah ve akşam iş çıkış saatlerinde, ulaşım ana arterlerine yoğun bir talep olmakta ve insanlar, özel araçlarında, servis araçlarında ve belediye otobüslerinde oldukça fazla zaman kaybına uğramaktadır. Yollara yapılan büyük yatırımlara rağmen trafik karmaşası daha da artar hale gelmiştir. Otobüsler, trafikte ayrı otobüs şeritleri kullanılmadıkça trafik sıkışıklığında hareketsiz kalırlar. Ayrı otobüs şeritleri kullanılsa dahi raylı ulaşım sisteminden daha yavaş ve daha az konforludurlar. Kapasiteleri az ve yüksek trafik hacimleri için yetersizdirler. Aşırı doygunluğa sebep olurlar. Bununlar beraber otobüsler, küçük yerler için, büyük şehirlerde besleyici fonksiyon olarak ve nüfusun az yoğun olduğu bölgelerde servis için idealdir. Raylı sistemler, yukarıdaki durumlara göre tıkanıklığı önlemede önemli bir yoldur. Birçok büyük şehirlerdeki uygulamalar, demiryolu bazlı toplu taşıma sistemlerinin yüksek trafik hacimleri ile baş edebilmenin tek yolu olduğunu ortaya koymuştur. Raylı taşıma sistemi şehir içi ve şehirlerarası hızlı kitle taşıma sistemlerinin en ekonomik şeklidir. Hafif raylı sistem araçları ile taşınan yolcu sayısı fazla olduğu için şehir içinde lastik tekerlekli araçlara olan talebin düşmesine sebebiyet vererek trafik sıkışıklığını da önemli ölçüde azaltacaktır. Yine modern, hızlı, konforlu ve güvenli olmasından dolayı tercih edilerek şehir içi trafik probleminin çözümü yönünde olumlu katkıda bulunacaktır.

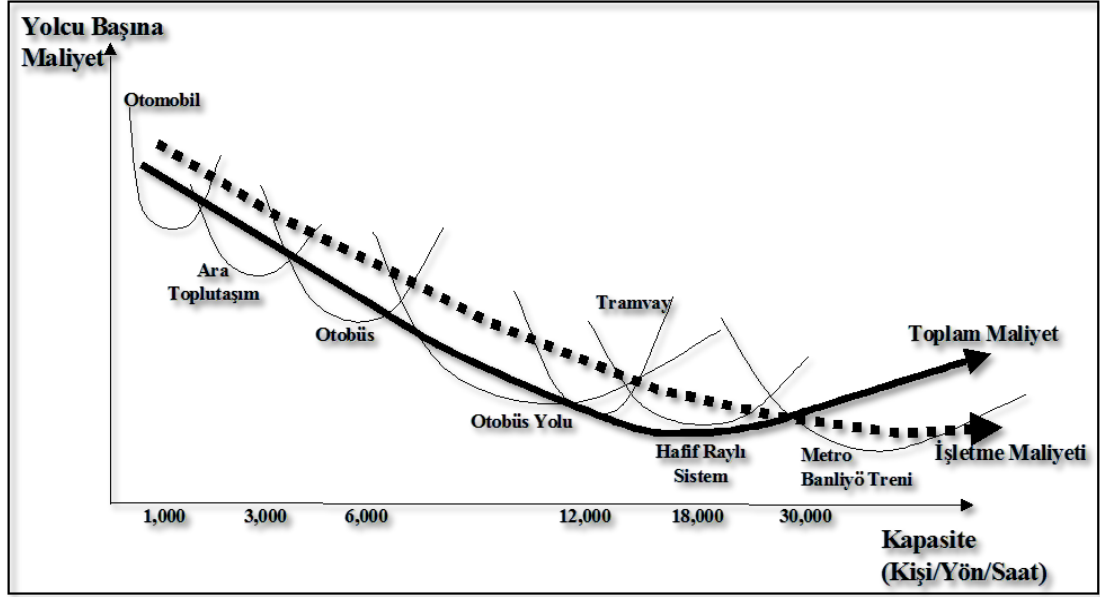
3.1.7. Sistemlerin genel karşılaştırması

3.1.7.1. Maliyet

Maliyetler açısından bir karşılaştırma yapmak için sistemlerin hem ilk yapım maliyetleri hem de ekonomik ömürleri boyunca oluşabilecek tüm maliyetleri (işletme maliyetleri) göz önüne almak gerekmektedir. Ayrıca maliyetlerin karşılaştırması yapılırken sistemlerin kapasitelerinin, verimlilik performans gibi diğer kriterlerinde dikkate alınıp değerlendirme yapılması gerekir. Şekil 3.1’de ulaşım sistemlerinin kapasite ve maliyet ilişkisi görülmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi kapasite arttıkça toplam maliyet artmakla birlikte taşınan yolcu başına birim maliyet düşmektedir. Şekil 3.2’de ise toplam maliyetle kapasite ilişkisini göstermektedir. Tablo 3.2’de ulaşım sistemlerinin karşılaştırması yapılırken Tablo 3.3’de ise raylı sistem türlerinin karşılaştırmaları yapılmıştır (Öncü,1999).



Şekil 3.1. Ulaşım türlerinin kapasite ve işletme maliyeti ilişkisi (Öncü,1999)



Şekil 3.2. Ulaşım türlerinin kapasiteleri ile işletme maliyeti ve toplam maliyet ilişkisi

Tablo 3.2. Ulaşım sistemlerinin karşılaştırması(Elker,1981)

ÖZELLİKLER	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Tramvay	Metro
Kapasite (yolcu/saat)	900	3500	12000	20000	40000
Enerji tüketimi/yolcu-km	100	26	19	22	19
Yatırım maliyeti/yolcu-km	100	9	6	5	25
İşletme maliyeti/yolcu-km	100	44	12	8	3
Hava kirliliği / yolcu-km	100	3	0,8		

(Kapasite dışındaki karşılaştırmalarda "otomobil = 100" değeri alınmıştır)

Tablo 3.3. Raylı sistem türlerinin karşılaştırma türleri (Öncü,1999)

ÖZELLİKLER	Tramvay	Hafif Metro	Metro	Banliyö Treni
Yol kontrolü	Görsel	Görsel Sinyal	Sinyal	Sinyal
Ücret toplama	Araçta	Araçta/Durakta	Durakta	Araçta/Durakta
Platform yüksekliği	Alçak	Alçak/Yüksek	Yüksek	Yüksek

Tablo 3.3. (Devam) Raylı sistem türlerinin karşılaştırma türleri (Öncü,1999)

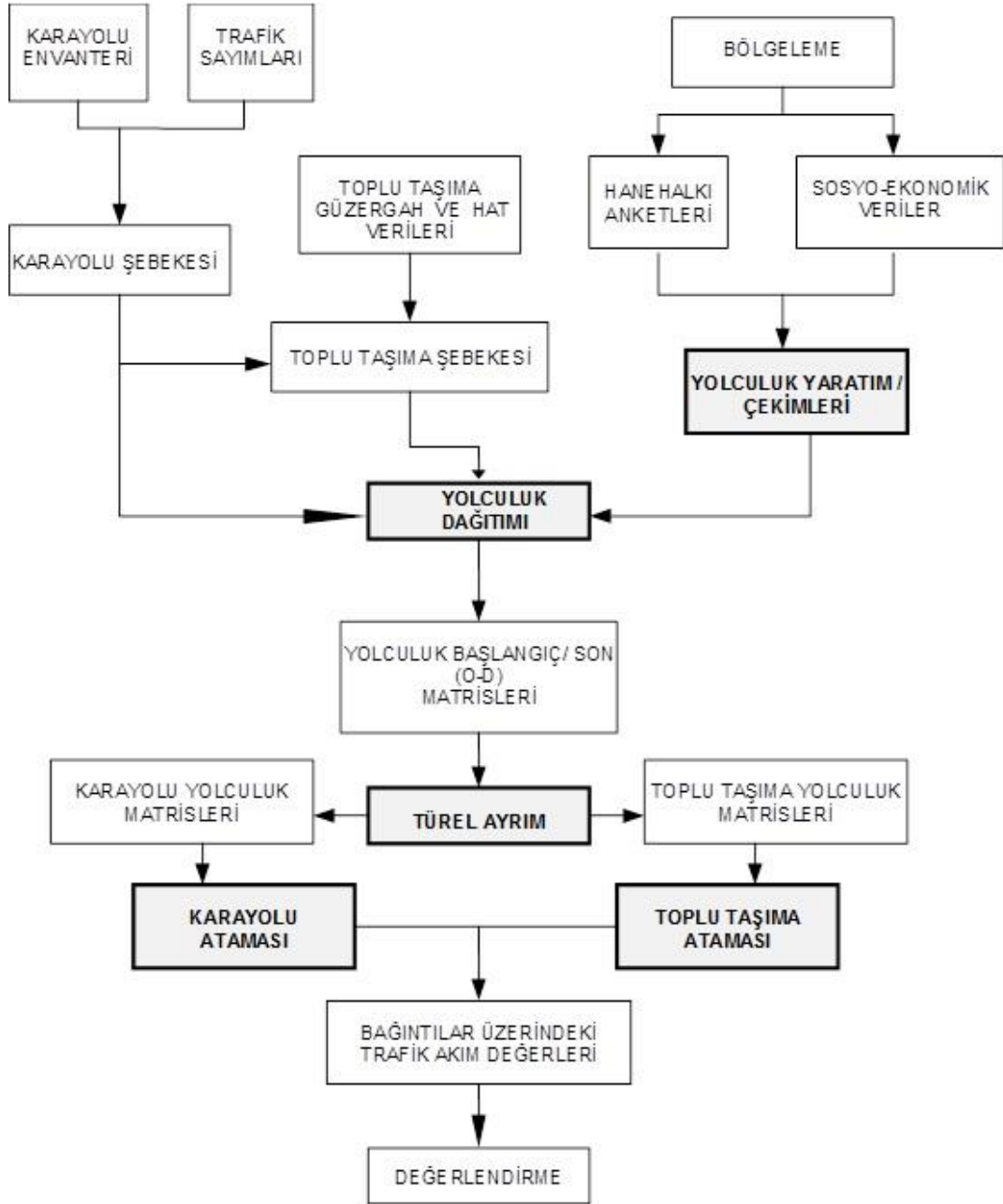
ÖZELLİKLER	Tramvay	Hafif Metro	Metro	Banliyö Treni
İşletilen en az araç sayısı	1	(4 dingil)	1 - 3	1 - 3
İşletilen en çok araç sayısı	3	2 - 6 (6 dingil)	6 -10	6 -10
Araç uzunluğu (m)	14 - 20	20-33	15 - 23	20-26
Araç kapasitesi	16 - 40	16 - 80	36 - 84	80 -125
Araç kapasitesi (toplam kişi)	80 -180	80-335	100 - 250	100 - 290
Maksimum hız (km/s)	60 - 70	60 - 125	90 - 130	90 -160
İşletme hızı (km/s)	10 - 25	20-45	25 - 60	30-70
Maks. araç sıklığı (kesim/saat)	140	40 - 120	20-40	16 - 30
Araç sıklığı (zirve dışı saat)	5 -12	5 -12	5 -12	1 - 4
Kapasite (kişi/saat)	10000	3000 - 18000	6000 - 30000	10000 - 40000
Durak aralıkları (m)	250 - 500	350 - 800	500 - 2000	1200 - 4500

3.1.7.2.Yapım süresi ve şekli

Yapım süreleri göz önüne alındığında otobüs sistemleri raylı sistemlere bariz bir üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca otobüs sistemi için gerekli otobüs öncelikli ya da otobüse ayrılmış yol için ya da toplu taşıma öncelik veren sinyal sistemleri çok büyük inşaat tekniklerine ihtiyaç duymazlar. Raylı sistemler içinse hem yapımları hem de yapım öncesi bürokratik prosedürler için uzun sürelere gereksinim gösterirler. Ayrıca yapım teknikleri konusunda da otobüs sistemleri için gerekli yolların yapımından çok daha detaylı bir uzmanlık gerektirmektedir.

4. ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE VERİLER

Ulaşım planlaması temelinde bugünkü yolculuk taleplerini etkileyen faktörlerin gelecekte de benzer etkisini devam ettireceği kabul edilerek yapılmaktadır. Bu amaçla; ulaşım ana planı hazırlanması aşamasında öncelikli olarak mevcut bilgilerin toplanması, değerlendirilmesi, eksik ve tutarsızlıkların belirlenmesi çalışması yapılmaktadır. Mevcut bilgilerden elde edilen veri tabanının güncellenmesi ve eksikliklerin giderilmesi amacıyla da yeni bilgilerin toplanması çalışmaları yapılarak gelecekteki ulaşım alışkanlıklarının tahmininde kullanılan ulaşım modeli oluşturulmaktadır. Bu çalışmada temel olarak aşağıda Şekil 4.1' de akış şeması verilen dört aşamalı ulaşım modeli kurularak ve hedef yılında ki kestirim verileri yardımı ile gelecekte oluşacak olan ulaşım talepleri tahmin edilecektir. Bu tahminlerin sonucunda ortaya çıkacak toplu taşıma alternatiflerin teknik ve mali değerlendirmesi yapılarak Kocaeli için toplu taşıma sistemi önerilecektir.



Şekil 4.1. Ulaşım modeli akış şeması (Gerçek,2005)

4.1. Ulaşım Modeli ve Amaçları

Ulaşım modeli 4 aşamalı klasik ulaşım tahmin modeli diye bilinen 4 adet alt modelden oluşmaktadır (Elker, 2002);

1. Yolculuk üretim/çekim modeli,
2. Yolculuk dağıtım modeli,
3. Türel dağılım modeli,
4. Yolculuk atama modeli.

Kullanılacak ulaşım modelinin amacı;

- i. Hedef yılındaki arazi kullanım yapısına bağlı olarak çalışma bölgesinde oluşması beklenen ulaşım taleplerinin belirlenebilmesi için stratejik düzeyde planlama çerçevesi ve bu talepleri karşılayacak araçları oluşturmak,
- ii. Hedef yılındaki ulaşım taleplerini karşılamak üzere yapılacak önerilerde stratejik düzeydeki ulaşım projelerinin kentin ulaşım sistemi üzerindeki etkilerini ortaya koymak ve bu projelere ilişkin olarak yapılabilecek fizibilite etütlerine esas olacak bilgiler üretmek olacaktır (Öncü,1999).

Bu amaç için ulaşım modelinin geliştirilmesi ve kullanılması üç aşamalı olmaktadır:

1. Mevcut durumun saptanması için gerekli verilerin toplanması,
2. Modelin bugünkü veriler ile kalibrasyonu ve geçerlilik sınaması,
3. Model kullanılarak gelecekteki ulaşım taleplerinin tahmini.

4.2. Ulaşım Model Kurulumu

Gelecekteki ulaşım sisteminin özelliklerinin tahmininde kullanılacak modelin kurulması ve baz yılı değerlerine göre kalibrasyonu sırasında aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Model kurulumunda kullanılmış olan VISUM programı ve işlem safhaları ile detaylı bilgi Ek. A da sunulmuştur.

4.2.1. Yolculuk yaratım/ çekimi

Yolculuklar amaçlarına göre;

- Ev-iş yolculukları,
- Ev-okul yolculukları,
- Ev-diğer yolculukları,
- Ev çıkışlı olamayan (diğer) yolculuklar

olmak üzere dört gruba ayrılarak her yolculuk amacı için bölgelerde oluşturulan ve çekilen günlük yolculuklar hesaplanmaktadır. Yolculuk yaratımı ve çekiminin değerlendirilmesinde gelir durumu da dikkate alınmalıdır (Elker, 2002).

Yolculuk üretim modellerinde ana amaç her trafik analiz bölgesinden üretilen (P_i) ve her trafik bölgesine çekilen (A_j) yolculuk sayılarının bulunmasıdır. Bu modeller ya çok basit olarak yolculuk oranlarına dayandırılır, ya da bölgelerin ürettiği veya çektiği

yolculuk sayıları pek çok sosyoekonomik değişkenin fonksiyonu olarak regresyon analizi kullanılarak bir denklem olarak hesaplanır. Regresyon analizinde her bir trafik analiz bölgesinde üretilen ve çekilen yolculuklar, bölgenin nüfus, istihdam, öğrenci sayıları ve nüfusun gelir düzeyi gibi parametrelerine bağlı olarak tahmin edilir.

Regresyon analizi ile üretim ve çekim modellerinin kalibrasyonu sonucunda aşağıdaki gibi bir ilişki oluşturulur:

$$Y_j = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_k \cdot x_k \quad (4.1)$$

Burada,

Y_j = “j” seyahat türü için bölgelerde yaratılan (veya bölgelere çekilen) seyahat sayısı
 X_i = Bağımsız değişkenler (bölgelerin sosyo-ekonomik karakteristikleri, örneğin ortalama gelir, nüfus, çalışan sayısı, vs gibi)
 a_k = Modelde kullanılan bağımsız değişkenler için regresyon analizinin bulunduğu katsayılarıdır. (Wallpole ve diğ., 2007).

Yolculuk yaratım/çekim tabloları için gerekli nüfus, iş gücü, öğrenci ve hastane yatak bilgileri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinin yanı sıra belediyeden ve diğer ilgili kurum ve kuruluşlardan sağlanacak bilgiler ve hane anketlerinden elde edilmiştir. Ulaşım modellerinin ilk aşaması olan yolculuk yaratım/çekim modellerinde her bir trafik analiz bölgesinden yaratılan/çekilen yolculuklar bu bölgelerin nüfus, istihdam, öğrenci sayıları, hastanelerdeki yatak sayıları, nüfusun gelir düzeyi, sosyo-ekonomik parametrelere bağlı olarak hesaplanmıştır.

4.2.2. Yolculuk dağıtımı

Ulaşım Modeli verilen bir trafik sistemini, mevcut ya da planlanan bir trafik ağına paylaştırmaya katkıda bulunmalıdır. Model yazılımı, özel araç ve toplu taşıma için iki ayrı formatta geliştirilmiş olmalıdır; (Elker, 2002).

Yolculuk dağıtım modelinde yolculuk yaratım/çekim modeli ile tahmin edilen yolculuklar bölgeler arasında bölüştürülerek her yolculuk amacı için başlangıç - bitiş (%) matrisleri oluşturulmaktadır.

Yolculuk dağılımı modeli, yolculuk üretim/ çekim modeli ile tahmin edilen yolculukları bölgeler arasında bölüştürerek, her yolculuk amacı için, başlangıç-son (O/D) matrislerini oluşturur. Bölgeler arasındaki yolculukların tahmini için, aşağıda verilen, çift kısıtlı bir çekim (gravity) modeli kullanılmıştır.

$$T_{ij}^P = a_i \cdot b_j \cdot G_i^P \cdot A_j^P \cdot f^P(t_{ij}) \quad (4.2)$$

Burada,

T_{ij}^P : i-j bölgeleri arasında yapılan p amaçlı yolculukların sayısı

G_i^P : i bölgesinden yaratılan p amaçlı yolculuk sayısı

A_j^P : j bölgesine çekilen p amaçlı yolculuk sayısı

$f^P()$: i-j bölgeleri arasındaki p amaçlı yolculuklar için direnimsel fonksiyonu

t_{ij} : i-j bölgeleri arasındaki yolculuk süresi

$a_i \cdot b_j$: Yaratım ve çekim kısıtlarının sağlanması için kullanılan dengeleme katsayılarıdır.

$$\sum_j T_{ij}^P = G_i^P \quad : \text{Üretim kısıtı} \quad (4.3)$$

$$\sum_j T_{ij}^P = A_i^P \quad : \text{Çekim kısıtı} \quad (4.4)$$

Bölgeler arasındaki $f(t_{ij})$ direnimsel fonksiyonu olarak;

$$f(t_{ij}) = a_i \cdot b_j \cdot e^{-\gamma \cdot t_{ij}} \quad (4.5)$$

şeklinde gamma fonksiyonu kullanılmıştır (Ortuzar ve Willumsen, 2001).

Bölgeler arası yolculuk süreleri tespit edilirken, olası en kısa yol üzerinde eğer ücret ödenecek bir geçiş var ise (otoyol, arabalı vapur vb) bu ödenen ücretin zaman değeri de dikkate alınmıştır.

Model, ulaşım zamanlarını, bekleme sürelerini, aktarma süre ve frekanslarını göz önüne alarak, en uygun güzergâhlara dağıtım yaparak güzergâh yükleri ve duraklardaki hacimleri oluşturabilmelidir.

Model motorlu özel araç ulaşımının çevre üzerindeki etkilerini hesaplamalı ve mevcut durumu baz alarak kendi tasarımını geliştirirken, bilgisayar programı da bu çözüm durumunun etkilerini belirlemeli, bütün güzergahlar üzerindeki yolculuk zamanlarını minimize etmeli, başlangıç ve bitiş arasındaki bütün yolculuk ilişkilerini olası güzergahlara dağıtmalıdır. Tek yön önerileri gibi kısa vadeli çözümlerde kullanıcının farklı alternatifler kurmasını sağlamalıdır.

4.2.3. Türel dağılım

Türel dağılım modelinde değerlendirme yılı için öngörülen ulaşım alt yapısı ve kentteki otomobil sahipliğini göz önüne alarak dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların, ne kadarının özel araçlarla, ne kadarının toplu taşıma araçları ile yapılacağını öngören bir yöntem kullanılmaktadır. Böylece gelecekte farklı türlere yapılacak yatırımların farklı türler arasında yolculuk kaymalarını göstermesi açısından, türlerin performans ölçülerine duyarlı bir türel dağılım modeli kullanılması, dolayısıyla bir taşıma sistemine yatırım yapılması halinde, diğer türlerden bu yeni türe kayacak yolculuk miktarlarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.

Türel seçimde en fazla uygulanan model logit modeldir (Ortuzar ve Willumsen, 2001). Aynı zamanda regresyon ve çapraz sınıflandırma metotları da kullanılabilir. Türel seçim modelleri toplulaştırılmış ya da bireysel modeller olarak kullanılabilir. Toplulaştırılmış modellerde veriler bireylerin buldukları trafik analiz bölgesine ilişkin ortalama değerlerken, bireysel verilerde kişilere ilişkin veriler kullanılır. Ulaşım planlamasında genellikle toplulaştırılmış türel seçim modelleri uygulanır. Gelecekte kişilere ait bireysel verilerin tahmin edilmesinin zor olması bu tip modellerin tercih edilmesinin temel nedenleri arasındadır. Bu sebeple bu çalışmada toplulaştırılmış logit model kullanılmıştır. Multinomial logit model, ikiden fazla seçenek arasında tercih

yapılması gerektiği durumlarda tercih edilen modelleridir ve bağımlı değişken ikiden fazla seçeneğe sahiptir. Bu çalışmada seyahat türleri olarak yaya, otomobil, servis ve toplu taşıma kullanılmıştır. Bağımlı değişkeni oluşturan seçeneklerin birbirinden bağımsız olması gerekmektedir. Ayrıca bu seçenekler arasında bir sıralama bulunmamalıdır.

4.2.4. Yolculuk atamaları

Türel dağılım modeli sonucunda özel araç, servis araçları ve toplu taşıma araçları ile bölgeler arasında yapılan yolculuk matrisleri ayrı ayrı tahmin edilmiş olmaktadır. Tüm bu matrisler karayolu ve toplu taşıma şebekelerine yolculuk atama modeliyle yüklenerek bağlantılar ve toplu taşıma sistemleri üzerindeki akımlar tahmin edilecektir. Doruk saatteki akım değerlerini belirlemek üzere yapılacak bu atamalarda, yol ya da hat seçimi kişilerin yolculuk maliyetlerini en azda tutacakları varsayımına dayanmaktadır.

Yolculuk maliyeti olarak, yolculuk ücreti ve yolculuk sırasında geçen zamanın parasal değerinin toplamından oluşan "genelleştirilmiş maliyet" kullanılmaktadır. Yolculuk ücreti olarak özel araçlarda yakıt, toplu taşıma araçlarında ise bilet ücretleri alınmaktadır. Yol kesimlerinin kapasitelerine ve üzerindeki trafik hacimlerine bağlı olarak yolun tıkanma durumunu göz önüne alacak karayolu atamasında tüm matrisler otomobil birimine (birim-oto dengine) dönüştürülecek, toplu taşıma atamalarında ise kişi bazında oluşturulacak yolculuk matrisleri kullanılmaktadır. Mevcut ve öneri toplu taşıma koridorlarında doruk saat itibariyle olası bir toplu taşıma şebekesindeki istasyonlar/duraklar itibariyle yüklemeler, dolayısıyla sistem tasarım kriterleri belirlenecektir. Yolculuk atamalarında kalibrasyon; kordon noktalarından geçen günlük/doruk saat yolcu/oto-birim sayısının atama modeli sonucu aynı noktalardan geçeceği hesap edilen yolcu/oto-birim sayısı ile karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Kalibrasyon en uygun sonuç elde edilene kadar tekrar edilecektir (Elker, 2002).

4.3. Model İçin Veri Oluşturulması

Ulaşım modellerinin oluşturulmasında ve kalibre edilerek kentlerin ulaşım davranışlarını temsil eder duruma getirilmesi için üç grupta veri gerekmektedir.

- Sosyo-ekonomik veriler (planlama verileri),

- Ulaşım sistemi verileri,
- Yolculuk verileri.

Ulaşım modellemesinde yolculukları etkileyen faktörlerin gelecekte de bugünküne benzer devam edeceği öngörülmektedir. Bu sebeple; Ulaşım Ana Planı çalışmalarının ilk aşamasında mevcut bilgilerin toplanması, değerlendirilip eksik ve tutarsızlıkların ortaya konması gerekmektedir. Oluşturulan veri tabanının güncelleştirilmesi ve eksik bilgilerin tamamlanması da yeni bilgilerin toplanması, ulaşım ana planı çalışması kapsamında yapılmaktadır. Ulaşım Ana Planında; yapılan yolculukların başlangıç ve bitiş yerlerine göre, mevcutta var olan ve gelecekte olması mümkün olan çeşitli ulaşım türleri ile yolculuk sayıları ve bu yolculukların hangi yolların seçilmesi ile yapılabileceğini doğruya en yakın olanını öngörebilmek için bugünkü değerlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle çalışılacak alanının saptanması ve bu alana ilişkin mevcut ve yeni verilerin toplanması gerekmektedir. Ulaşım etüdü kapsamında özellikle yolculuk talep tahmini için yapılan yeni bilgi toplama çalışmaları;

- Hanehalkı ulaşım anketleri,
- Trafik sayımları,
- Taşıt doluluk etüdü,
- Dış istasyon/yol kenarı sürücü anketleri,
- Yaya anketleri ve diğer etütler başlıkları altında toplanmıştır.

Planlama verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi amacıyla çalışma kapsamındaki alan öncelikle, Trafik Analiz Bölgesi (TAB) adı verilen trafik oluşturan ya da çeken coğrafi planlama birimlerine bölünmüştür. Trafik bölgeleri belirlenirken, kentsel planlama ölçeğinde istatistikî verilerin bulunabileceği en küçük idari birim olan mahalleler esas alınmaktadır.

Çalışmada köy statüsündeki alanlar kapsam dışında tutularak baz alınan nüfus 2010 yılı Ağustos ayı itibari ile 1.428.489'dır. Çalışma kapsamı, çalışma alanı olarak tanımlanan Büyükşehir Sınırları içerisinde yer alan 12 ilçe dâhilindeki 281 mahalledir. Ancak, bu mahalleler, ulaşım bağlantıları ve ilişkileri açısından değerlendirilerek trafik bölgelerine bölünmüş ve analizler bu doğrultuda yapılmıştır. Bölgeler; OSB, Sanayi vb. özel nitelikli çekim bölgeleri ile coğrafi olarak parçalanmış mahallelerin

ayrılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Mahalle boyutlarının küçük olması durumunda mahallelerin birleştirilmesi zaman zaman rastlanılan bir yöntemdir. Ancak çalışma alanında ki mahallelerde birleştirme ihtiyacı duyulmamıştır. Sonuç olarak, 12 ilçe ve dış trafik bölgeleri ile 358 trafik bölgesi oluşturulmuştur.

4.3.1. Hanehalkı ulaşım anketleri

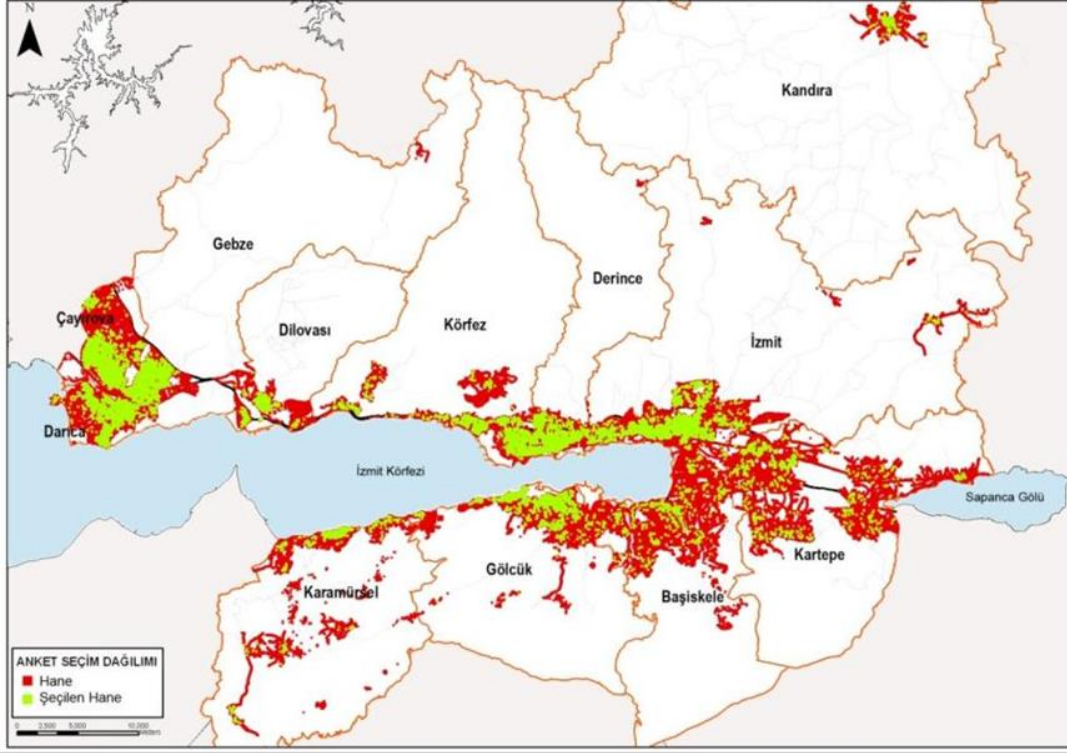
Hanehalkı ulaşım anketleri ulaşım planlamasına altlık oluşturacak önemli bir safhadır. Hanehalkı anketlerinin amacı; kentin belirli bölgeler arasında günlük yolculuk sayısı ve bu yolculukların özellikleri hakkında bilgi toplamak ve yolculuk seçiminde etkili olan sosyoekonomik faktörlerin hane ile ilişkilendirmektir. Anketler sonucunda elde edilen veriler, dört aşamalı talep tahmin modelleri vasıtasıyla, kentin mevcut sosyo ekonomik faktörleriyle değerlendirilip; kentin gelecekteki oluşacak yolculuk talebini belirlemek amacıyla kullanılacaktır.

Anket çalışması için çalışma alanı sınırları içerisindeki mahallelerde, hanede, 6 yaş ve üzeri tüm bireylerle yüz yüze görüşülerek; üç temel konu hakkında bilgi elde edilmesi hedeflenmiştir.

Bunlar;

- Hanehalkı özellikleri,
- Hanehalkı bireylerinin kişisel özellikleri (cinsiyet, yaş, eğitim durumu, meslek vb.)
- Bireylerin son 24 saat içinde gerçekleştirmiş oldukları yolculuklara ait detaylı bilgilerdir.

Bir örneği Ek. B de verilen bu anketlerde hareketlilik oranı, yolculukların trafik analiz bölgeleri itibariyle başlangıç ve bitiş alanları, yolculuk amaçları, kullanılan ulaşım türü, yolculuk zamanı ve süresi gibi temel soruların yanı sıra; gelir düzeyi otomobil sahipliliği gibi ekonomik veriler elde edilmiştir. Bütün trafik bölgelerinde 2010 yılı verileriyle adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre bilgisayar tarafından rastgele örnekleme yöntemi ile adresler belirlenerek hane halkı anketleri yapılmıştır. Şekil 4.2’de mevcut ve seçilmiş olan haneler görülmektedir.



Şekil 4.2. Hanehalkı anketleri dağılımı (KUAP, 2012)

Coğrafi olarak bakıldığında Kocaeli'nin İzmit Körfezi çevresinde lineer olarak her iki yakada kentsel yerleşimler şeklinde biçimlendiği görülmektedir. Bu yapı coğrafi sınırların getirdiği bir zorunluluğun sonucu olmuştur. Bununla beraber oluşan alt merkezler birbirinden farklı etki alanları içerisinde kalarak şekillenmiştir. Bunun en önemli göstergesi kentin Büyükşehir Belediyesi olmadan önceki idari yapılanmasıdır. Bu nedenle hanehalkı değerlendirmelerinin ilçe bazlı ve oluşturulacak üst bölgeler (sektörler) doğrultusunda incelenmiştir. Bu nedenle tüm değerlendirmeler ilçe bazlı olmasının yanı sıra üst bölgeler ile de değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında 3 sektör (üst bölge) oluşturulmuştur;

- Gebze Sektörü; Gebze, Çayırova, Dilovası, Darıca ilçelerinden,
- İzmit Sektörü; İzmit, Derince, Körfez, Kartepe, Kandıra ilçelerinden,
- Gölcük Sektörü; Gölcük, Karamürşel, Başiskele İlçelerinden oluşmuştur.

Bu sektörler incelendiğinde Gebze Sektörü'nün Kocaeli kentinin batı kesimini oluşturmakta olup, coğrafi eşikler ile kentin merkezi olan İzmit Sektörü'nden ayrıldığı, İzmit Sektörü'nün kentin merkezini oluşturduğu, Gölcük Sektörü'nün ise İzmit Körfezi'nin güneyinde kalan ve merkezden coğrafi olarak ayrıldığı görülmektedir.

4.3.2. Nüfus

TÜİK 2010 yılı ADNKS (Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi) Kocaeli merkezi zonlardaki nüfus toplamı 1.428.489'dur. Hanehalkı anket verilerinden elde edilen sonuçlara göre ilçeler bazında nüfus, toplam hane sayısı ve ortalama hanehalkı büyüklüğü Tablo 4.1 'de verilmiştir. Çalışma alanını kapsayan 12 ilçenin ortalama hanehalkı büyüklüğü 3,54 olarak tespit edilmiştir. Karamürsel ve Gölcük ilçeleri bu ortalamanın altında kalırken, Dilovası, Darıca, Çayırova ve Körfez ilçelerinin hane başına düşen insan sayısının en fazla olduğu ilçeler olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. İlçe bazlı nüfus ve hane halkı büyüklüğü (KUAP, 2012)

Sektör	İlçe	Nüfus	Hane sayısı	Hane halkı Büyüklüğü
1.Sektör (İzmit Sektörü)	Derince	119.965	33.510	3,58
	İzmit	289.137	87.089	3,32
	Kandıra	13.895	4.016	3,46
	Kartepe	83.657	22.671	3,69
	Körfez	127.908	34.384	3,72
	Toplam		634.562	181.823
2.Sektör (Gölcük Sektörü)	Başiskele	62.719	18.232	3,44
	Gölcük	131.120	39.613	3,31
	Karamürsel	45.750	15.049	3,04
	Toplam		239.589	72.823
3.Sektör (Gebze Sektörü)	Çayırova	83.926	22.500	3,73
	Darıca	143.359	38.641	3,71
	Dilovası	42.475	9.460	4,49
	Gebze	284.578	78.396	3,63
	Toplam		554.338	149.016
Kocaeli Genel		1.428.489	403.662	3,54

Hanehalkı büyüklüğünün en fazla olduğu sektör 3,72 kişi/hane ile Gebze Sektörü'dür. İzmit Sektörü ve Gölcük Sektörü Kocaeli ortalamasının altında kalmaktadır.

Tablo 4.2. İlçe bazlı nüfus yoğunluğu (KUAP, 2012)

Sektör	İlçe	Nüfus	Alan(Ha)	Yoğunluk (Kişi/Ha)
İzmit Sektörü	Derince	119.965	1.605	74,74
	İzmit	289.137	8.532	33,89
	Kandıra	13.895	2.651	5,24
	Kartepe	83.657	13.209	6,33
	Körfez	127.908	10.148	12,60
	Sektör	634.562	36.145	17,56
Gölcük Sektörü	Başiskele	62.719	7.586	8,27
	Gölcük	131.120	6.501	20,17
	Karamürsel	45.750	8.877	5,15
	Sektör	239.589	22.964	10,43
Gebze Sektörü	Çayırova	83.926	2.752	30,50
	Darıca	143.359	2.362	60,69
	Dilovası	42.475	2.384	17,81
	Gebze	284.578	5.622	50,62
	Sektör	554.338	13.121	42,25
Kocaeli Genel		1.428.489	72.230	19,78

Tablo 4.2.'de ilçeler bazında nüfus yoğunluğunun dağılımı görülmektedir. Derince İlçesi nüfusu birçok ilçeden az olmasına rağmen yoğunluğu en fazla olan ilçedir. Sektörler bazında yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında Gebze ve çevresindeki ilçeleri içeren Gebze Sektörü en yoğun sektördür. Yoğunluğun en az olduğu sektör ise Gölcük Sektörü'dür. Bunun sebebi sektör içerisinde Başiskele ve Karamürsel gibi yapılaşmanın daha yaygın ilçelerin olduğu bulunmasıdır. Gebze ve İzmit İlçeleri, toplam nüfus içinde en fazla paya sahiptir ve yoğunlukları genel ortalamanın üzerindedir.

4.3.3. Çalışan nüfus ve istihdam

Kocaeli Ulaşım Ana Planı Hane halkı Araştırması'ndan elde edilen diğer bir önemli veri de çalışan nüfusa ve istihdam durumuna ilişkin verilerdir. Çalışmada kullanılan çalışan nüfus kavramı alan içerisinde ikamet eden çalışan sayısını, istihdam ise alan içerisinde çalışmak için bulunan nüfusu ifade etmektedir.

Hane halkı anketlerinde çalışan nüfusun ve istihdam edilen nüfusun ilçelere göre dağılımı Tablo 4.3.'de verilmiştir. İzmit Sektörü, Derince ve Körfez ilçelerinde, Gölcük Sektörü, Karamürsel İlçesi'nde, Gebze Sektörü Darıca İlçesi'nde istihdam

edilen nüfus çalışan nüfustan azdır. Bu ilçelerde işgücündeki nüfusun çalışmaya diğer ilçelere gitmekte olduğu anlaşılmaktadır. İzmit İlçesi'nde merkezde bankaların ve hizmet sektöründeki kullanımların yoğun olması, Kartepe İlçesi'nde büyük sanayi kuruluşlarının bulunması, Başiskele İlçesi'nde serbest bölge, tersane, sanayi kuruluşlarının bulunması bu ilçelerdeki istihdamın işgücünden fazla olmasının başlıca sebepleri arasındadır.

Tablo 4.3. İlçe bazlı nüfus ve hane halkı büyüklüğü (KUAP, 2012)

Sektör	İlçe	Nüfus		İstihdam	
		N	%	N	%
İzmit Sektörü	Derince	35.070	8,5	17.988	5,03
	İzmit	83.395	20,2	87.298	24,42
	Kandıra	3.824	0,9	3.128	0,87
	Kartepe	22.640	5,5	25.148	7,03
	Körfez	33.582	8,2	24.009	6,72
	Sektör	178.511	43,3	157.569	44,1
Gölcük Sektörü	Başiskele	17.566	4,3	21.005	5,88
	Gölcük	36.122	8,8	32.463	9,08
	Karamürsel	13.601	3,3	7.301	2,04
	Sektör	67.287	16,3	60.770	17,0
Gebze Sektörü	Çayırova	25.544	6,2	20.674	5,78
	Darıca	41.311	10,0	17.233	4,82
	Dilovası	10.436	2,5	15.437	4,32
	Gebze	88.902	21,6	85.815	24,00
	Sektör	166.194	40,3	139.161	38,9
Kocaeli Genel		1.428.489	411.991	100	357.500

4.3.4. Araç sahipliliği

Hane halkı ulaşım anketi çalışmalarında %78,77'si otomobil olmak üzere 198.273 araç tespit edilmiştir. Hane halkı verilerinden elde edilen toplam araç sayılarının sektörler bazında türlere göre dağılımı Tablo 4.4 'deki gibidir. İzmit sektöründe 76.997, Gölcük Sektörü'nde 29.222, Gebze Sektörü'nde ise 49.968 otomobil bulunmaktadır

Kocaeli (TÜİK 2009) verilerine göre Kocaeli genelinde 117.974 otomobil, 6.246 minibüs, 7.082 otobüs, 41.630 kamyonet, 16.792 kamyon, 17.818 motosiklet, 12.788 traktör bulunmaktadır. Bu sayılar ile hane halkı anketlerinden elde edilen toplam araç sayıları arasındaki farkın en temel sebebi araçların kullanım yerleri ile kayıtlı olduğu illerin farklı olmasıdır. Bunun yanı sıra ağır taşıt olarak kayıta ismi geçen araç

türlerinin hane bazında yapılan anketlerden saptanamayacağı durumunu düşünerek açıklanabilir.

Tablo 4.4. Sektör Bazında Türlerine Göre Toplam Araç Sayıları (KUAP, 2012)

Sektör	Otomobil	Kamyonet	Otobüs	Taksi	Motor	Diğer	Toplam
İzmit Sektörü	76.997	7.231	2.007	1.131	3.079	5.901	96.346
Gölcük Sektörü	29.222	2.852	1.066	304	2.213	2.178	37.834
Gebze Sektörü	49.968	5.216	1.780	608	1.672	4.848	64.092
Toplam	156.187	15.300	4.852	2.043	6.963	12.927	198.273

Tablo 4.5. İlçelere Göre Otomobil Sahipliği (KUAP,2012)

Sektör	İlçe	Otomobil Sayısı	1000 Kişiyeye Düşen Oto
İzmit Sektörü	Derince	14.409	120
	İzmit	38.074	132
	Kandıra	1.491	107
	Kartepe	10.012	120
	Körfez	14.422	113
	Sektör	78.408	124
Gölcük Sektörü	Başiskele	8.404	134
	Gölcük	16.840	128
	Karamürsel	4.818	105
	Sektör	30.062	125
Gebze Sektörü	Çayırova	7.307	87
	Darica	13.807	96
	Dilovası	2.171	51
	Gebze	28.422	100
	Sektör	51.708	93
Kocaeli Genel		1.428.489	160.178

Tablo 4.5 de hane halkı araştırmalarından çıkan sonuçlara göre Kocaeli il genelinde, sektörler bazında ve ilçeler bazında otomobil ve 1000 kişiye düşen otomobil sayıları verilmiştir. Sektör bazında en yüksek otomobil sahipliği Gölcük Sektörü'nde, ilçe bazında en yüksek otomobil sahipliği ise 134 otomobil ile Başiskele İlçesi'ndedir. Kocaeli genelinde 1000 kişiye düşen otomobil sayısı 112'dir. 2010 yılı Mersin Belediyesi sınırları içinde bin kişiye düşen otomobil sayısı 90, 2006 İstanbul Ulaşım Ana Planı Hane halkı Araştırması sonuçlarında İstanbul ili için 1000 kişiye düşen otomobil sayısı ise 112 olarak saptanmıştır. İlçeler arasında yapılan yolculuklarda başlangıç ve bitiş mahallerine göre en yüksek yolculuk İzmit Sektörü'nde tespit edilmiştir. Kocaeli genelinde en fazla zon içi yolculuk oranı Gebze Sektörü'nde, zon dışı yolculuk oranı ise İzmit sektöründe tespit edilmiştir.

4.3.5. Yolculuk verileri

Hane halkı araştırmasında kaydedilen yolculuklar “araç ile yapılan her hareketlilik, yaya olarak 15 dakikadan fazla olan her hareketlilik ve yaya olarak 15 dakikanın altında olsa dahi iş ve okul uçuş hareketlilikler ” diye tanımlanmıştır.

Elde edilen hane halkı anket sonuçlarında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yolculuk hareketleri yolculuk amaçlarına farklı ölçütlerde sınıflandırılarak yapılan yolculukların göre brüt ve net hareketlilik oranlarının hesaplanmıştır.

Brüt hareketlilik oranları, amaçlarına göre yapılan yolculukların 6 yaş altı dâhil toplam nüfusa bölünmesiyle elde edilmektedir. Net hareketlilik oranı ise o amaçla yapılan toplam yolculuğun o yolculuğu yapan toplam insan sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir. Tablo 4.6’ da Kocaeli genelinde hane halkı ulaşım anketlerinden belirlenen hareketlilik oranları brüt ve net olarak verilmiştir. Tüm yolculuklarda brüt hareketlilik oranı 1,55 iken net yolculuk oranı 2,46 olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.6 ve 4.7’de mevcut hareketlilik oranları ve araçlı yolculuklar içerisindeki brüt ve net hareketlilik oranları verilmiştir.

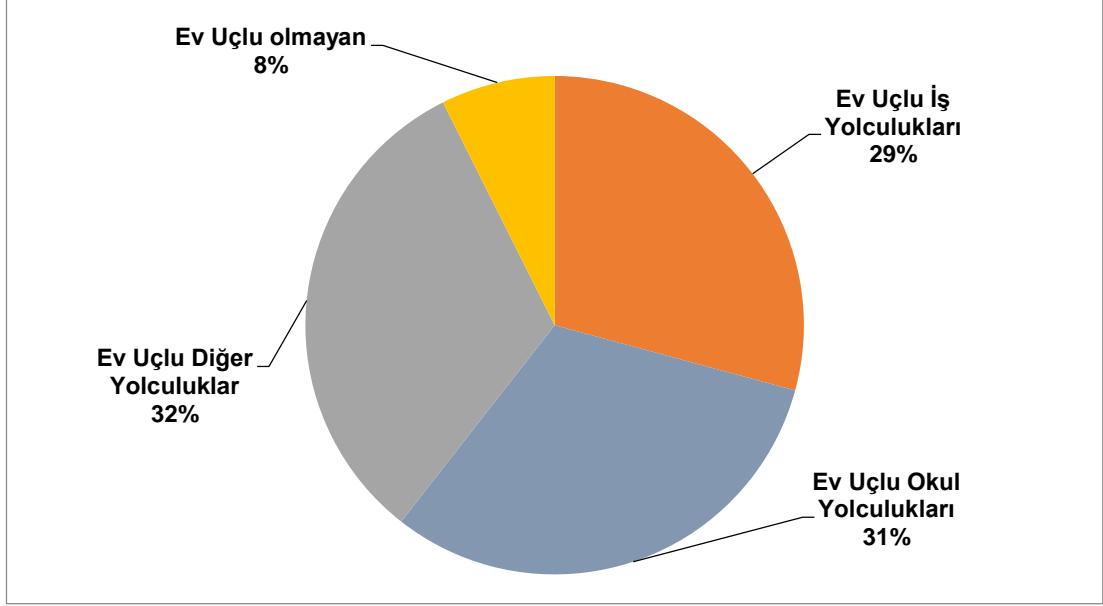
Tablo 4.6. Mevcut hareketlilik oranları (hane halkı anketlerine göre belirlenen)

Yolculuk Amacı	Brüt Hareketlilik Oranı	Net Hareketlilik Oranı
Ev Uçlu İş	0,45	1,92
Ev Uçlu Okul	0,49	2,30
Ev Uçlu Diğer	0,50	2,07
Ev Uçlu Olmayan	0,11	1,63
Toplam Yolculuklar	1,55	2,46

Tablo 4.7. Araçlı yolculuklarda hareketlilik oranı

Yolculuk Amacı	Brüt Hareketlilik Oranı	Net Hareketlilik Oranı
Ev Uçlu İş	0,36	1,88
Ev Uçlu Okul	0,13	1,88
Ev Uçlu Diğer	0,30	1,86
Ev Uçlu Olmayan	0,09	1,66
Toplam Yolculuklar	0,88	2,22

Kocaeli’nde yapılan yolculuklar amaçlarına göre incelendiğinde %32’lik oranla ev uçuşu diğer yolculukların, %31 oranla ev uçuşu okul yolculukları, %29 oranla ev uçuşu iş yolculukları, %8 oranla ise ev uçuşu olmayan yolculuklar yapıldığı gözlenmektedir (Şekil 4.3).

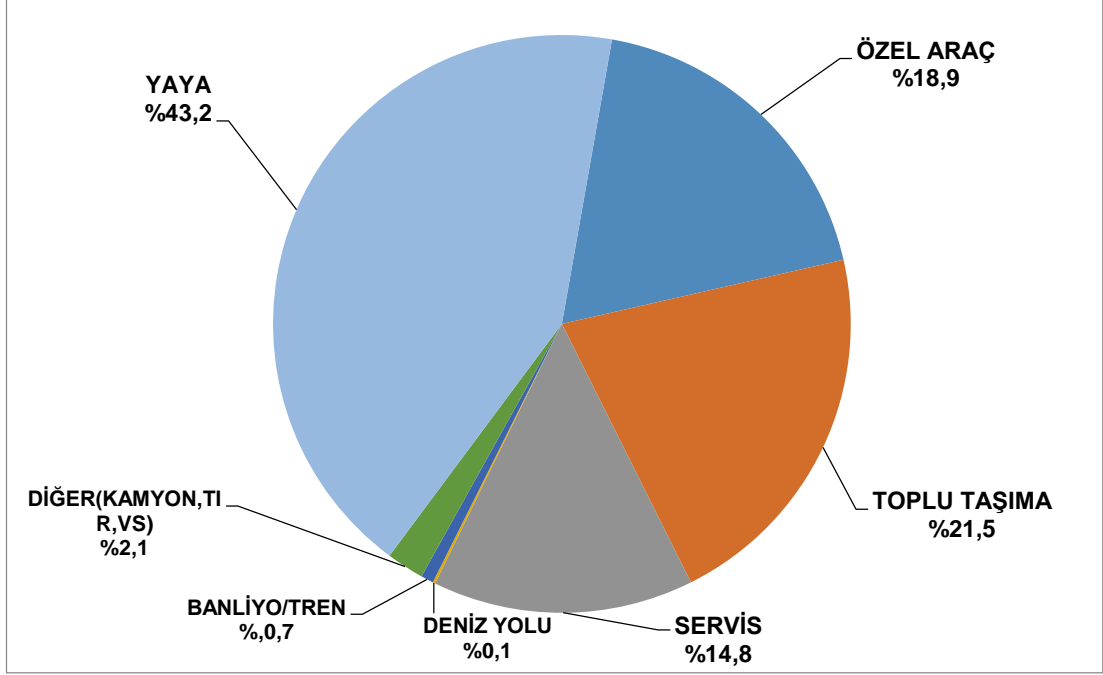


Şekil 4.3. Kocaeli geneli yolculukların amaçlarına göre dağılımı

Yolculuk hareketlerinin ulaşım türlerine göre dağılımı Tablo 4.8’de verilmiştir. Ulaşım türleri arasında en büyük pay %43,2’lik bir oranla yaya yolculuklarına aittir. Toplu taşıma kullanımını %21,5 ile ikinci, Özel araç kullanımını % 18,9 ile üçüncü sıradadır. Anketlerde özel ve halk otobüsü ayrımı yapıldığı takdirde doğru bilgiye ulaşılamayacağı düşünüldüğünden belediye otobüsü, halk otobüsü ve minibüs ile yapılan tüm yolculuklar ortak bir tür olarak yer almaktadır. Diğer dikkat çekici bir durum ise yolculuk hareketlerinde denizyolu ve demiryolunun kullanımı ise oldukça düşük paya (%1 den az) sahip olmasıdır (Şekil 4.4).

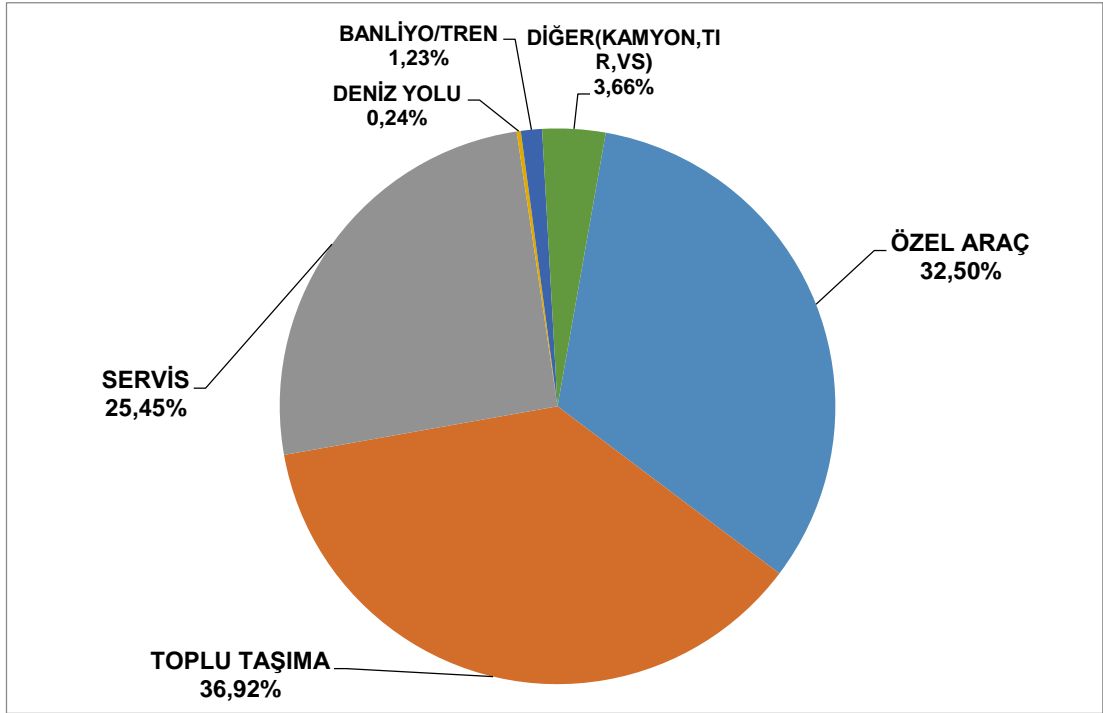
Tablo 4.8. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

Ulaşım Türü	N	%
Yaya	957.610	43,2
Özel araç	419.354	18,9
Servis	328.398	14,8
Toplu taşıma	476.415	21,5
Deniz yolu	3.116	0,1
Banliyö/tren	15.833	0,7
Diğer(kamyon, tır, vs)	47.287	2,1
Toplam	2.218.495	100



Şekil 4.4. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

Araçlı yolculuklarda ise en fazla payı %37'lik payla toplu taşıma almaktadır, bunu %33'lük payla özel araç kullanımı takip etmektedir. %25'lik oranla servis kullanımı da dikkat çekmektedir (Şekil 4.5).



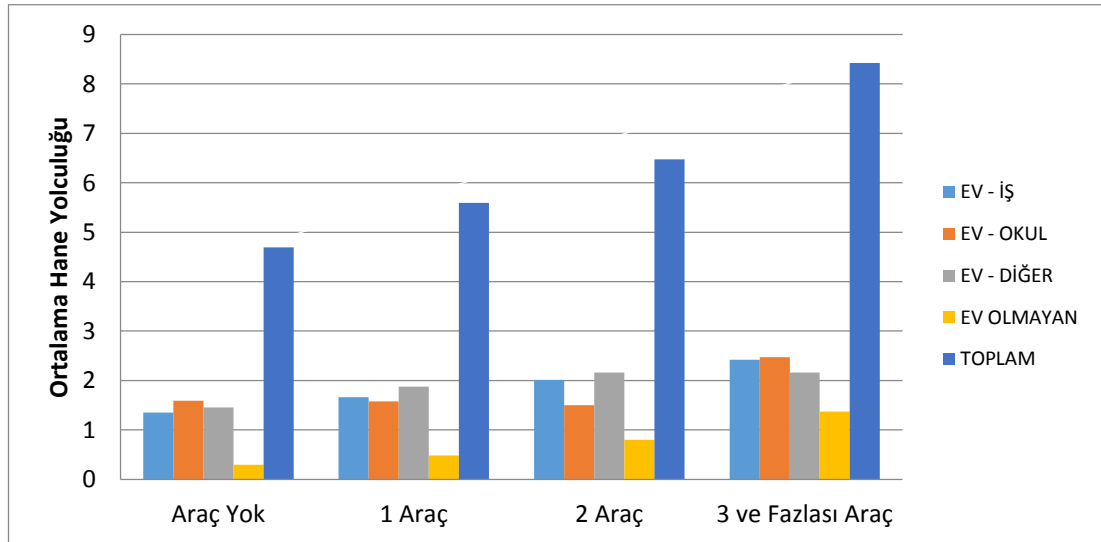
Şekil 4.5. Araçlı yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

Tüm ulaşım türlerinin yolculuk amaçlarına göre dağılımı Tablo 4.9’da verilmiştir. Yaya yolculukların %53’ünü ev uçlu okul yolculukları oluşturmaktadır. Özel araçla yapılan yolculukların %45,3’ünü ev uçlu diğer, %34,7’sini ev uçlu iş yolculukları oluşturmaktadır. Toplu taşıma ile yapılan yolculukların %69,6’sını ev uçlu iş, %23,9’unu ev uçlu okul yolculukları oluşturmaktadır.

Tablo 4.9. Ulaşım türlerinin yolculuk amaçlarına göre dağılımı

ULAŞIM TÜRLERİ	Yolculuk Amacı					Toplam	
	Ev- İş	Ev - Okul	Ev- Diğer	Ev Uçlu Olmayan	N	%	
	N	N	N	N	N	%	
Yaya	129.600	507.172	278.664	42.175	957.610	43,2	
Özel Araç	145.410	16.208	189.771	67.965	419.354	18,9	
Toplu Taşıma	228.698	78.346	11.021	10.334	328.398	14,8	
Servis	138.239	92.563	218.832	26.782	476.415	21,5	
Deniz Yolu	1.425	467	1.172	51	3.116	0,1	
Banliyo/Tren	8.978	1.973	4.625	257	15.833	0,7	
Diğer	16.305	1.216	12.269	17.497	47.287	2,1	
Toplam	648.151	695.295	710.953	164.096	2.218.495	100	

Şekil 4.6’ da araç sahipliğine göre yolculuk amaçları grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.6. Araç sahipliğine göre yolculuk amaçları

Tablo 4.10’da hanedeki araç sahipliği ile yolculuk ilişkisi verilmiştir. Tablo 4.10’dan de görüleceği üzere araç sahipliği ile yolculuklar doğrudan ilişkilidir. Araç sahipliği ve gelir de beklendiği üzere doğrusal ilişkiye sahip olmakta ve araç sahipliği arttıkça yolculuk artmaktadır. Ayrıca, yine tablodan görüldüğü üzere en yüksek ilişki ev-iş yolculuklarındadır. En düşük ilişki ise ev-okul yolculuklarındadır.

Tablo 4.10. Araç Sahipliğine göre toplam hane halkı yolculukları

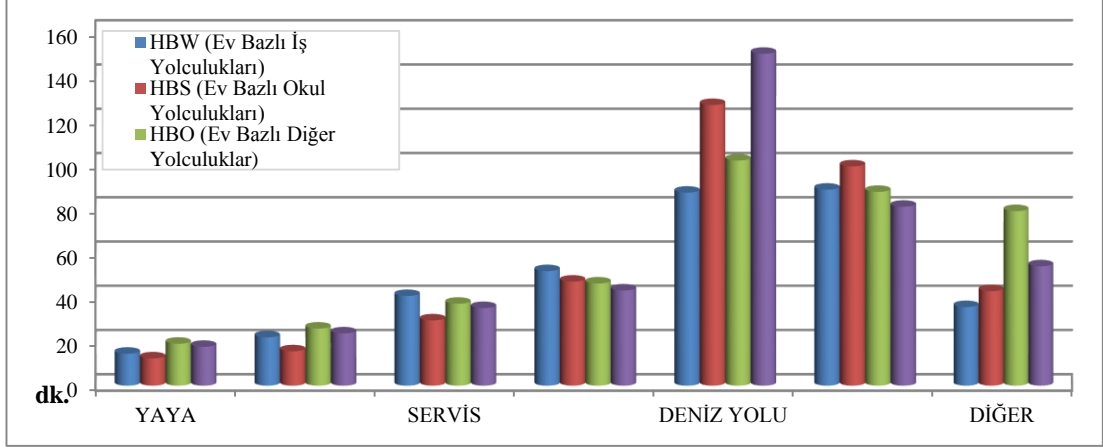
	Ev - İş	Ev- Okul	Ev - Diğer	Ev-Uçlu Olmayan	Toplam
Araç Yok	1,35	1,59	1,46	0,29	4,69
1 Araç	1,66	1,58	1,87	0,48	5,60
2 Araç	2,01	1,50	2,16	0,80	6,47
3 ve Fazlası Araç	2,42	2,47	2,16	1,37	8,42
Toplam	1,48	1,59	1,62	0,37	5,05

4.3.6. Yolculuk süreleri

Kocaeli’nde tüm yolculuklar için ortalama yolculuk süresi hane halkı anketleri kullanılarak 27,49 dakika olarak hesaplanmıştır. Bu süre tüm yolculuk süresi yani başlangıç noktası ile hedef noktası arasında geçen yolculuk süresi olarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki Tablo 4.6’ da yolculuk sürelerinin ulaşım türlerine ve yolculuk amaçlarına göre dağılımı gösterilmektedir. Bu süre; araç içinde geçen süre, toplu taşıma sistemleri için durağa yürüme, durakta bekleme, aktarmalarda geçen süreler, inilen duraktan hedefe yürüme süreleri, özel araç için ise park edilen noktaya yürüme ve park ettikten sonra varış hedefine yürüme sürelerinden oluşturulmuştur. 20 dakikadan uzun süren yaya yolculuğu ve 16 dakikadan kısa süren araçlı yolculuk bulunmamaktadır. Ev uçlu iş yolculukları ortalama 14,5 dakikada, ev uçlu okul yolculukları ortalama 12,3 dakikada, ev uçlu diğer yolculuklar ortalama 19 dakikada ve ev uçlu olmayan yolculuklar ortalama 17,6 dakikada tamamlanmaktadır (Şekil 4.7).

Tablo 4.11. Amaçlarına ve ulaşım türlerine göre ortalama yolculuk süresi

ULAŞIM TÜRÜ	Ev -İş	Ev -Okul	Ev- Diğer	Ev Uçlu Olmayan	Toplam
Yaya	14,44	12,34	18,95	17,56	14,78
Özel Araç	21,88	15,53	25,81	23,64	23,70
Servis	40,54	29,51	37,04	35,09	37,62
Toplu Taşıma	51,79	47,04	46,20	43,04	47,81
Deniz Yolu	87,25	126,86	101,76	150,00	99,69
Banliyo/Tren	88,60	99,12	87,59	80,89	89,49
Ağır Vasıta	35,54	42,73	78,92	53,97	53,80
Toplam	33,00	19,00	30,41	29,06	27,49



Şekil 4.7. Amaçlarına ve ulaşım türlerine göre ortalama yolculuk süresi

Yolculuklar arasında ortalama yolculuk süresi en fazla olan ulaşım türleri denizyolu ve demiryolu ile yapılan yolculuklardır. Diğer başlığı altında sınıflandırdığımız traktör, kamyonet gibi taşıtlarla yapılan yolculuklar ise 53,8 dakika ile üçüncü en uzun süreli ulaşım türüdür. Araç türlerine göre ortalama yolculuk süreleri Tablo 4.12’de verilmiştir.

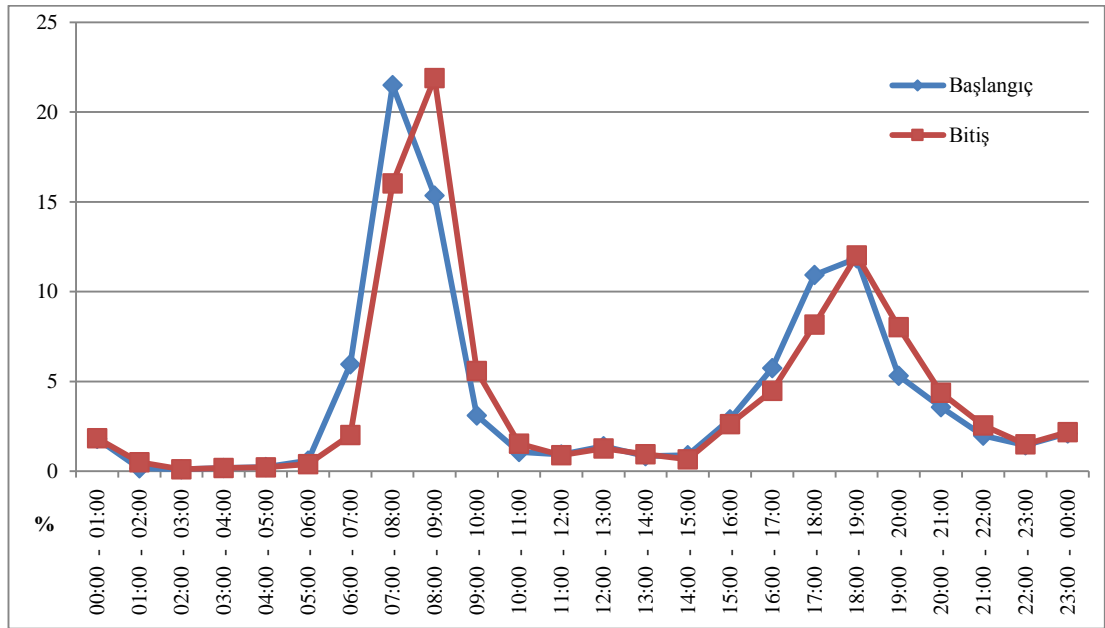
Tablo 4.12. Araç türlerine göre ortalama yolculuk süreleri

ARAÇ TÜRÜ	ORTALAMA SÜRE (DK.)	STD. SAPMA
Yaya	14,77	0,01
Bisiklet	17,05	0,29
Otomobil	23,64	0,06
Servis	37,62	0,05
Belediye otobüsü	49,38	0,12
Ö.H.O/Minibüs/Dolmuş	47,93	0,05
Taksi	32,88	0,67
Motosiklet	16,35	0,17
Deniz Yolu	99,69	0,78
Banliyö/Tren	89,49	0,33
Diğer	53,80	0,43
Araçlı Yolculuklar	37,15	0,03
Toplam Ortalama	27,49	31,72

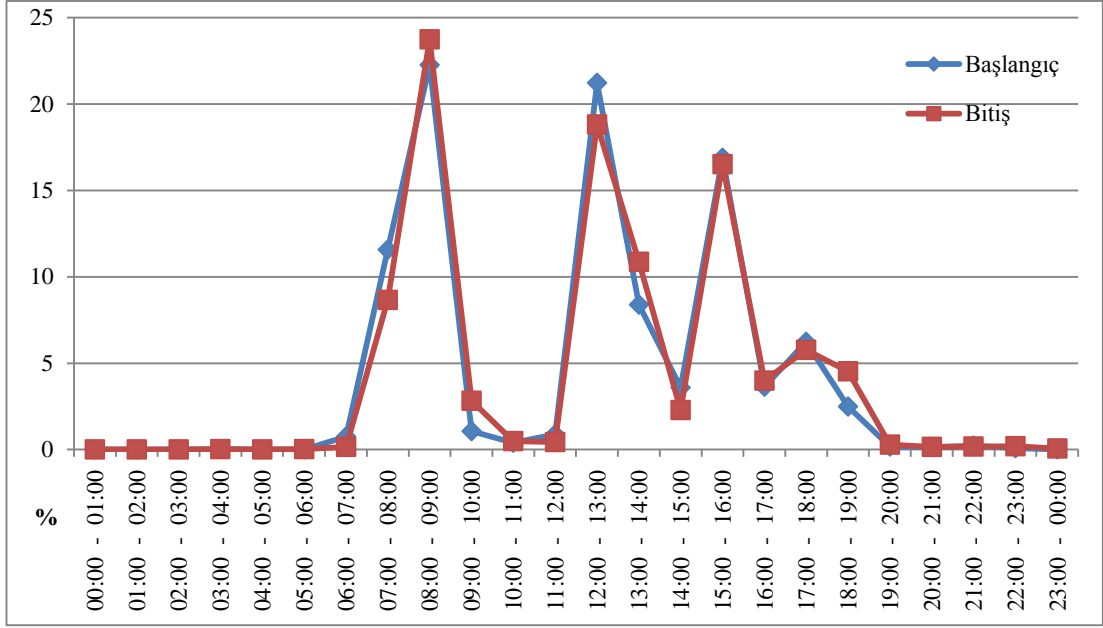
Yolculukların başlangıçlarının gün içine dağılımına bakıldığında; dört ayrı zaman dilimi içinde zirve değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Bunlardan birincisi sabah 08:00-09:00 arası, ikincisi 12:00-13:00 saatleri arası, üçüncüsü 15:00-16:00 saatleri arasında ve dördüncüsü ise 17:00-18:00 saatleri arasında yaşanmaktadır. Yolculukların amaçlarına göre dağılımına bakıldığında ev-iş yolculuklarının en yoğun olduğu saatler sabah 07:00-08:00, akşam 17:00-18:00 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Ev

uçlu okul yolculuklarında ise yolculuklar üç ayrı zaman diliminde yoğunlaşmaktadır bunun nedeni ikili eğitim sistemi olduğu tahmin edilmektedir. Okul yolculuklarında en yoğun saatler sabah 07:00-08:00, öğlen 12:00-13:00 ve akşam 17:00-18:00 aralıklarıdır. Ev uçlu diğer yolculuklar gün içine yayılmaktadır. Ev uçlu olmayan yolculuklarda gün içinde önemli bir yoğunlaşma görülmemekle birlikte %11,2'lik bir oranla en fazla 12-13 saatleri arasında ve %12,2'lik oranla 15-16 saatleri arasında iki zirve saat olduğu görülmektedir.

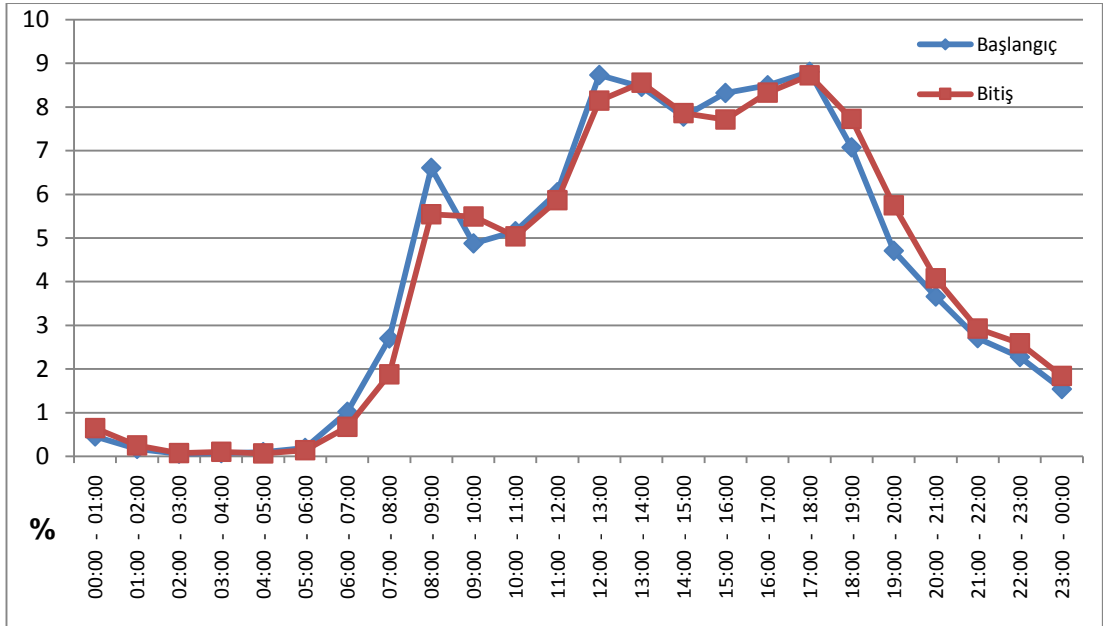
Bitiş saatine göre dağılımda gözlenen değişikliklere bakıldığında ise; sabah saatlerinde 07:00-08:00 arasında başlayan yolculukların aynı oranda 08:00-09:00 saatleri arasında tamamlandığını görmekteyiz. Başlangıç saatlerine göre yoğunluğun yaşandığı öğle ve akşam saatlerinde yolculuk bitiş saatleri bakımından zaman aralığında bir kayma yaşanmamaktadır. Araçlı yolculuklara baktığımızda ise tüm yolculuklarda olduğu gibi zirve saatler aynı zaman dilimlerinde gerçekleşmektedir (Şekil 4.8-Şekil 4.12).



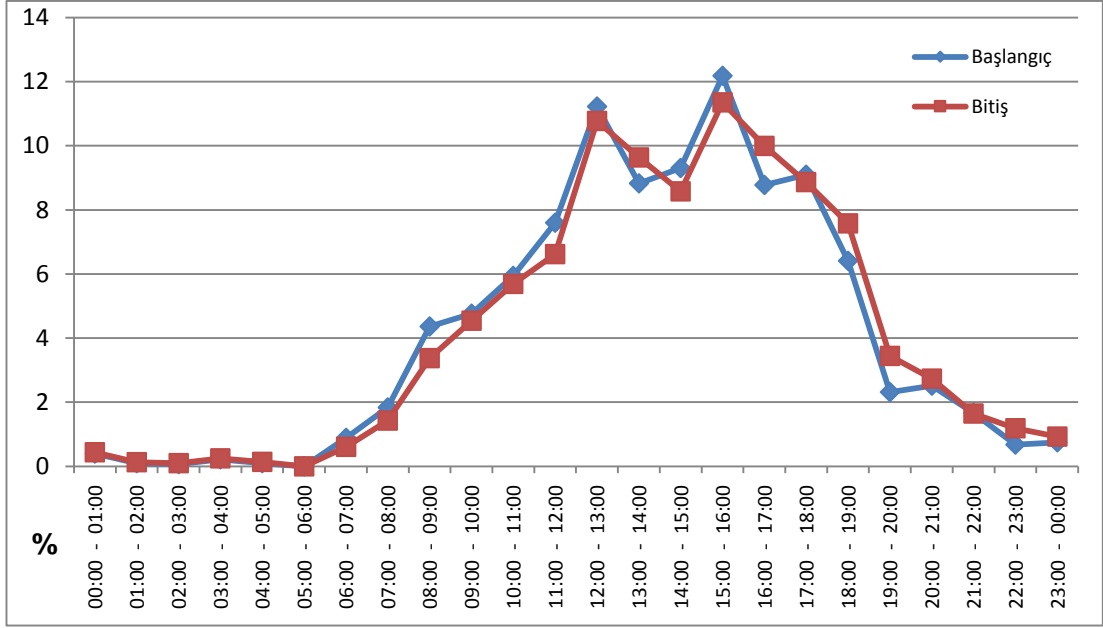
Şekil 4.8. Ev - İş yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı (%)



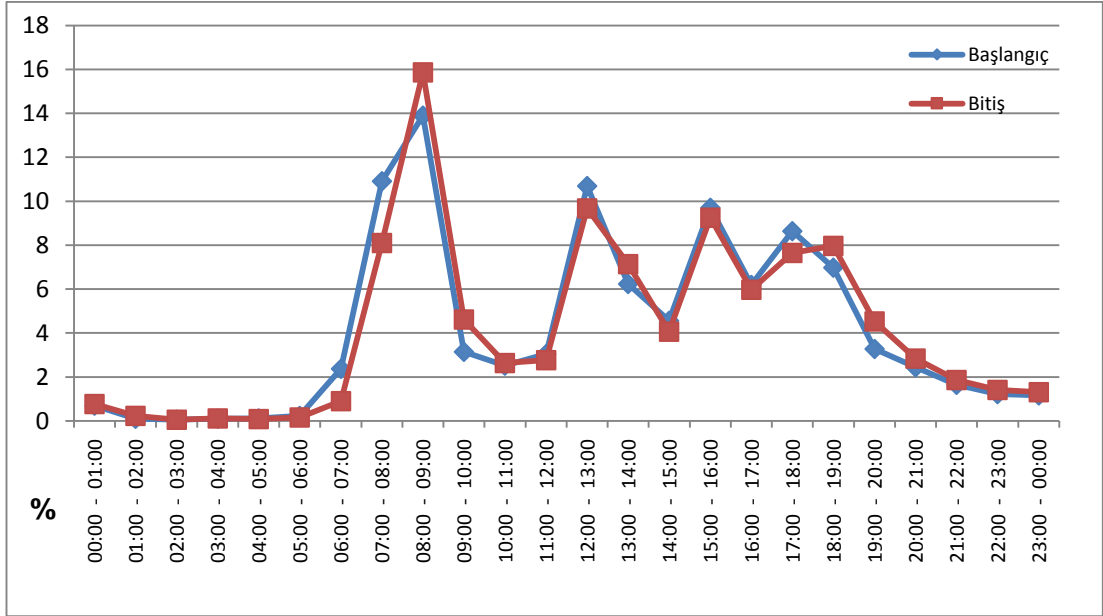
Şekil 4.9. Ev - Okul yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı (%)



Şekil 4.10. Ev - Diğer yolculuklarının başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı (%)



Şekil 4.11. Ev Uçlu olmayan yolculuklarının başlangıç, bitiş saatlerinin dağılımı (%)



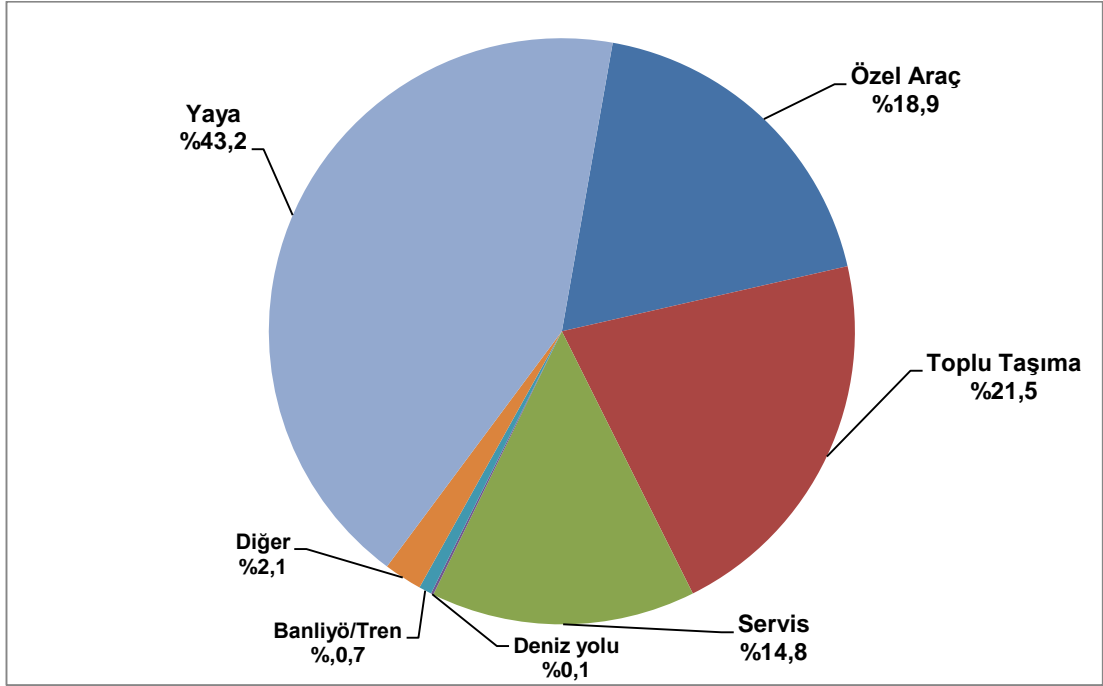
Şekil 4.12. Tüm yolculukların başlangıç ve bitiş saatlerinin dağılımı (%)

4.3.7. Türel ayırım

Yolculuk sayılarının ulaşım türlerine göre dağılımında en büyük payı %43,2'lik bir oranla yaya ve bisiklet ile yapılan yolculuklar almaktadır. İkinci sırada toplu taşıma kullanımı %21,5'lik oranla gelmekte ve özel araç kullanımı ise %18,9'luk oranla takip etmektedir (Şekil 4.13). Yolculuk hareketlerinde denizyolu ve demiryolunun kullanımı ise %1 in altında bir orana sahiptir (Tablo 4.13).

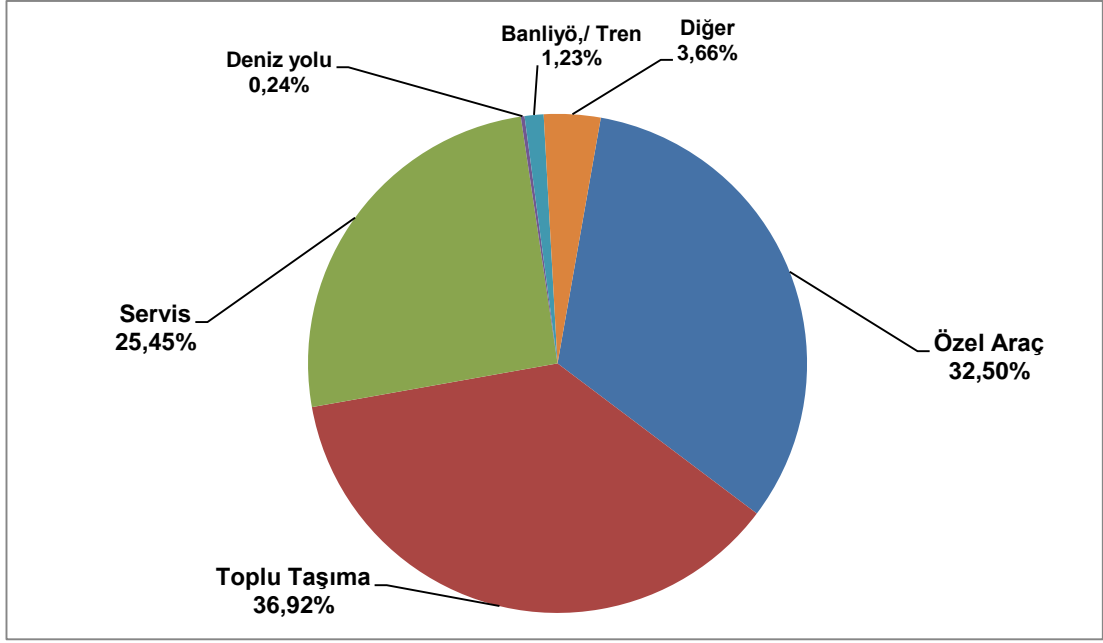
Tablo 4.13. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

ULAŞIM TÜRÜ	N	%
Yaya ve Bisiklet	957.610	43,2
Özel Araç	419.354	18,9
Servis	328.398	14,8
Toplu taşıma	476.415	21,5
Deniz yolu	3.116	0,1
Banliyö/tren	15.833	0,7
Diğer (kamyon, tır, vs)	47.287	2,1
TOPLAM	2.218.495	100



Şekil 4.13. Tüm yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

Araçlı yolculuklarda ise en fazla payı %37'lik payla toplu taşıma almaktadır, toplu taşımayı %33'lük payla özel araç ve %25'lik oranla servis kullanımı takip etmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Araçlı yolculukların ulaşım türlerine göre dağılımı

4.3.8. Zaman değeri

Kocaeli Ulaşım Ana Planı kapsamında yapılan Hane halkı Anket Çalışmaları verilerine göre ortalama Hane halkı geliri 1.350TL, hane başına çalışan oranı ise 1,02'dir. Anket verilerine baz alınarak 2010 yılı kişi başına gelir 15.882TL olarak hesaplanmıştır.

Yıllık çalışma saati 2.130 saat ve çalışan nüfusun toplam nüfusa oranı 0,288 alınarak; çalışan başına ortalama zaman değeri 25,89TL/saat olarak hesaplanmıştır. Çalışma dışındaki saatler için zaman değeri çalışma zamanındaki değerin %25' i olarak kabul edilmiştir (6,47 TL). Kocaeli' de günlük toplam yolculukların %29' unun iş amaçlı yolculuklar olması sebebiyle kişi başına ortalama zaman değeri;
 $0,29 \times 25,89 + 0,71 \times 6,47 = 12,10\text{TL/saat}$, olarak hesaplanmıştır.

4.4. Hedef Yılı Projeksiyonları

Kent genelinde ileriki yıllarda beklenen gelişme ve değişiklikler, ulaşım ana planında değerlendirilerek, sağlıklı ve gerçekçi bir öngörüye sahip olunmalıdır. Kent için elde edilen tüm veriler, oluşturulan ulaşım modelinde değerlendirilecek, değişik çözümleri içeren davranış bazlı senaryolar hazırlanacaktır. Bu senaryolarda; eğilim alternatifi, konut dışı yüksek aktivite, optimize edilmiş toplu taşıma şebekesi, raylı sistem

alternatifleri, vs. gibi farklı kriterler temel alınacaktır. Nüfus ve arazi kullanım kararlarına ilişkin olarak değerlendirme ve hedef yılı tahminleri Belediyeden temin edilmiştir. Yürürlükteki nazım ve uygulama imar planları, arazi kullanımına ilişkin diğer proje ve yatırım kararları temel alınmaktadır. Kentin gelişmesine yönelik olarak derlenen ve yorumlanan bilgilerin ışığında tüm demografik, sosyal, ekonomik ve ulaşım ile ilgili hedef yılı tahminleri, çalışmanın hedef yılı olarak belirlenen 15 yıl sonrası için yapılmaktadır.

Hedef yılı itibariyle kentin makro formunda, arazi kullanımında, sosyoekonomik gelişiminde ve dolayısıyla yolculuk taleplerinde oluşması beklenen gelişmelerin ulaşım modeline yansıtılması amacıyla, hedef yılı arazi kullanım kararlarına bağlı olarak belirlenen nüfus, işgücü değerleri ve yolculuk üretim katsayısı kabulü ile belirlenen hedef yılı yolculuk matrisleri modele yüklenecektir.

Bu senaryo, hedef yılına kadar gerçekleştirilmesi planlanmış, onaylı ve finansmanı sağlanmış bulunan ulaşım ve ulaşımı ilgilendiren diğer (toplu konut, turistik tesisler, organize sanayi bölgesi, vb.) projelerin uygulanacağı varsayımını da içerecek, dolayısıyla eğilim alternatifi özelliklerini taşımaktadır. Hedef yılı yolculuk üretim katsayısının tahmininde benzer kentlerdeki çalışmaların bulguları ve çalışma bölgesinde bu güne kadar gerçekleştirilen çalışmalarda ortaya çıkan değerlerin gelişimi de göz önünde bulundurulmuştur.

Projeksiyonlar, kent eğilim parametreleri çerçevesinde gerçekleştirilecektir. Bu parametreler aşağıda ifade edilmektedir;

- Belediyenin öngörülleri,
- Nüfus gelişimi ve dağılımı,
- İş yeri oluşumu ve iş yeri dağılımı,
- Eğitim kurumları dağılımı,
- Araç sahipliliği ve motorlu taşıt artışı,
- Kent genelinde yaş dağılımı,
- Arazi kullanım kararları,
- Kentin gelişim yönü ve hızı,
- Nazım İmar Planında yer alan proje ve yatırımlar, uydulaştırma potansiyeli,
- Onaylı ve finansmanı sağlanmış, ulaşım taleplerine etki edecek projelerdir.

Kent içi ulaşım ile beraber yakın çevredeki gelişmeler de dikkate alınmaktadır. Kent ve bölge genelinde, yapısal değişikliklerin yanı sıra, halkın ulaşım alışkanlıklarındaki değişiklikler gibi davranış biçimlerinde de değişiklikler olması beklenmektedir.

Projeksiyonların geliştirilmesinde, taşıt sayısı / trafik yoğunluğu ve dağılımı ile trafik altyapısı bilgilerine ait hedef yıl tahminleri önemli yer tutmaktadır. Bu doğrultuda, özel ve yük taşıtları için iç trafik, kaynak-hedef, transit trafik matris-tabloları hazırlanmaktadır. Tahmin değerleri bu matrislerden elde edilecektir. Hedef yılı yolculuklarının dağıtımını, türel dağılımın belirlenmesi ve ulaşım şebekesine yüklenmesi ile gelecekte ulaşım şebekesi ve ana koridorlar üzerinde oluşması beklenen yolculuk taleplerinin tahmini gerçekleştirilmiş, bir diğer ifadeyle eğilim alternatifi altında ortaya çıkması beklenen yolculuk talepleri tahmin edilmiş olmaktadır.

4.5. Yetersizlik Analizi ve Alternatiflerin Oluşturulması

Çözüm alternatiflerinin oluşturulabilmesi için mevcut ulaşım yapısının korunması ve sadece temel yılı itibariyle yapılması öngörülen projelerin dışında herhangi bir yatırımın yapılmaması hali olarak belirlenen eğilim alternatif sonucunda oluşacak yapıda ortaya çıkacak yetersizlikler sorunlar ve darboğazların belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla önce hâlihazır ulaşım yapısındaki sorunlar ve darboğazlar eldeki bilgiler, yetkililerle, kent halkını temsil eden sivil toplum örgütleri ve üniversiteler ile yapılan görüşmeler ve müzakereler çerçevesinde belirlenecektir. Daha sonra nüfusa ve nüfusun sosyo-ekonomik özelliklerine ait eğilimler sonucu hedef yılına kadar gerçekleştirilmesi planlanmış ve finansmanı sağlanmış bulunan ulaşımı ilgilendiren (toplu konut, turistik tesis, organize sanayi bölgesi, vb.) projelerin uygulanacağı varsayımı altında ortaya çıkacak kent ve ulaşım yapısının devamı halinde oluşacak sorunlar ve yetersizlikler araştırılmaktadır. Yetersizlik ve sorunların belirlenmesi için önce ulaşım ile ilgili niteliksel ve niceliksel servis ve çevre standardının belirlenmesi gerekmektedir. Yolculuk süreleri, ortalama yürüme mesafeleri, trafik sıklığı, bekleme süreleri, yolcu konfor standartları, hava kirliliği, görüntü kirliliği, gürültü standartlarının da belirlenmesini takiben bu standartlarla hedef yılındaki alternatif üzerinde ortaya çıkan bulgular da değerlendirilecektir. Kıyaslamalar sonucunda belirginleşen darboğazların çözülmesi, sorunların

giderilmesi ve verimsizliklerin ortadan kaldırılması için öncelikle mevcut durum analizi yapılacak ve daha sonra kent içi ulaşım ile ilgili aşağıda belirtildiği gibi çeşitli alternatif çözümler araştırılmaktadır.

4.6. Toplu Taşıma Türlerinin Geliştirilmesi ve Modelde Test Edilmesi

Kent trafiğinin düzenlenmesi konut, işyeri ve eğlenme-dinlenme alanlarının birbirine yakınlaştırılması ile sağlanabilir. Akıcı bir trafik sistemi, işyeri, ev ve günlük yaşamın diğer aktiviteleri arasındaki mesafeleri azaltmakla oluşturulabilir. Kentsel fonksiyonların, çok merkezli bir gelişme içinde, sağlıklı bir şekilde birleştirilmesi gerekir. Fonksiyonlar birleştirilmiş ya da birbirinden bağımsız olsa da, fiziksel olarak bir araya getirilmelidir. Böylece kent içi ve çevre nüfus için uygun alternatif toplu taşıma güzergâhları ve imkânları planlanıp oluşturulmaktadır. Uygun toplu taşıma türlerinin seçiminde aşağıdaki kriterler dikkate alınmaktadır;

- Farklı ulaşım türlerinde taşınan yolcu sayıları,
- Türler arası yolcu kaymaları,
- İşletme özellikleri (hız, dakiklik, sıklık, emniyet, vb.),
- Konfor ve sistem standartları,
- Ortalama yolculuk süreleri,
- Aktarma şekilleri ve sayıları,
- Hacim/kapasite oranları,

Uzun vadede alternatif çözüm toplu taşıma sistemleri üç ana kategoride incelenecektir;

- Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemleri kapsamında; otobüs toplu taşıma sistemi,
- Raylı sistemler kapsamında; hafif raylı toplu taşıma sistemi,
- Özel ulaşım sistemleri kapsamında; monoray sistemi incelenecektir.

Alternatif toplu taşıma sistemleri oluşturulurken en az maliyetli çözümlerden başlanarak, yüksek maliyetlere ulaşan ve önemli yatırımları kapsayan çözümlere kadar bir dizi alternatif çözüm üretilecektir. Bu çözümler kent içinde farklı alanlardaki ve çeşitli düzeylerdeki yolculuk taleplerine cevap verebilecek, farklı türlerden oluşan ve çok tür içeren (multi-modal) alternatif yol ağı ve ulaşım sistemlerini içerecektir.

İlk aşamada alternatifler ana hatları ile belirlenerek geniş bir öneri listesi oluşturulmaktadır. Bu liste üzerinden kapasite ve teknik yapılabilirlik bazında ön

değerlendirme yapılarak, tüm alternatiflerin arasından ayrıntılı teste ve değerlendirmeye tutulacak ana alternatifler seçilecektir.

Ön değerlendirme sonucunda seçilen az sayıdaki toplu taşıma yol ağının tür planlarının ana alternatifleri (eğilim alternatifi, mevcut ulaşım yapısının korunması hali ve diğer alternatifler) kıyaslanacak, alternatiflerin avantaj ve dezavantajları tespit edilecektir. Önerilerin geçerliliğini test etmek için ulaşım modeli kullanılmaktadır. Tercih edilen ulaşım aracını "Türel Dağılım" üzerinde uygulayıp, gerçeğe uygun trafik şartları yaratılacak ve trafiği rahatlatıcı/yoğunlaştırıcı sonuçlar gösterilecektir. "Türel Dağılım" üzerindeki değişiklikler tayin edilebilir olduğundan, aynı zamanda toplu taşıma sistemindeki değişiklikler de görülecektir.

5. ULAŞIM MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE KALİBRASYONU

Ulaşım modelinin temel hedefi; yapılan yolculukların başlangıç ve bitiş yerlerine göre, mümkün olan çeşitli ulaşım türleri ile yolculuk sayılarını ortaya çıkarmak ve buralara gidilirken hangi yolların seçilebileceğinin, doğruya en yakın olarak bulunmasıdır (Gülgeç, 1998). Kalibrasyon ise kişilerin yolculuk davranışlarını temsil etmek amacıyla kullanılan ulaşım modellerindeki model parametrelerinin bulunmasıdır. Kocaeli için oluşturulan ulaşım modelleri, hane halkı anketlerinden ve trafik sayımlarından elde edilen mevcut bilgiler kullanılarak elde edilmiştir.

5.1. Yolculuk Üretim ve Çekim Modellerinin Oluşturulması

Yolculuk üretim ve çekim modellerinin oluşturulması için hane halkı anketlerinden elde edilen sosyo-ekonomik veriler bağımsız değişkenler, bölgelerde üretilen ve çekilen yolculuklar ise bağımlı değişkenler olarak kullanılmıştır. Hane halkı anketi çalışmasında toplanan 2010 yılı verileri ve diğer kurumlardan elde edilen veriler kullanılarak yolculuk üretim ve çekim modelleri kalibrasyonu yapılmıştır.

Kalibre edilen bu modeller geleceğe ait sosyo-ekonomik verilerin tahminlerini kullanılarak, gelecek seyahat üretim ve çekimlerinin tahminlerinin yapılmasında kullanılmıştır.

Amaçlarına göre sınıflandırma yapılan üretim ve çekim sınıfları;

- Ev-iş yolculukları üretimleri ve çekimleri
- Ev-okul yolculukları üretimleri ve çekimleri,
- Ev-diğer yolculukları üretimleri ve çekimleri,
- Ev uçlu olmayan yolculukların üretimleri ve çekimleri olarak sınıflandırılmıştır.

5.2. Yolculuk Üretim Fonksiyonu

Yolculuk üretimleri için “Regresyon Analizine” başlamadan önce bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin incelemesinin sağlanması için korelasyon matrisleri elde edilmiştir.

Yolculuk üretiminde bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenlerin oluşturduğu korelasyon matrisi Tablo 5.1'deki gibidir. Trafik bölgelerindeki ev-iş yolculuklarının üretim değerleri ile çalışan nüfus arasında güçlü bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin istatistiksel açıdan da önemli olduğu görülmektedir. Nüfus ve nüfusa paralel bir şekilde artış gösteren bölgelerdeki öğrenci, araç ve otomobil sayıları da ev-iş yolculuk üretimi ile güçlü bir ilişkiye sahiptir. Ancak bu parametrelerin birbirleri ile ilişkilerine baktığımızda kendi aralarında da güçlü bir ilişki olduğundan model kurulduğunda tüm parametreler arasında mantıksal bir değerlendirme ile ev-iş yolculuklarını üreten en önemli değişkenlere karar verilmelidir. Örneğin, otomobil sayısı ile araç sayısı arasında çok yüksek (0,985) bir korelasyon görülmektedir. Dolayısıyla bu iki bağımsız değişken aynı model içinde kullanılmamalıdır. Diğer yolculuk üretim türlerine baktığımızda, aralarındaki bağımlı derecesi bakımından en önemli ilişkiler şu şekildedir; ev-okul yolculuk üretimleri ile bölgede yaşayan öğrenci nüfusu; ev-diğer yolculuk üretimleri ile araç ve otomobil sayıları ve ev uçlu olmayan yolculuk üretimi ile istihdam değerleri arasında güçlü bağlantıların olduğu görülmektedir. Bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ve bağımsız değişkenlerden oluşan korelasyon matrisi

		Nüfus (1)	Çalışan Nüfusu (2)	İstihdam Edilen Nüfus (3)	Öğrenci Nüfusu (4)	Okuldaki Öğrenci Sayısı (5)	Otomobil Sayısı (6)	Bin Kişiye Düşen Oto. (7)	Araç Sayısı (8)	Ortalama Gelir (9)	Ev-iş Yolculuk Üretimi (10)	Ev-Okul Yolculuk Üretimi(11)	Ev-Diğer Yolculuk Üretimi(12)	Ev Uçlu Olm. Yolculuk Üretimi (13)
1	PK	1,00	0,99	0,18	0,98	0,71	0,90	0,17	0,92	0,30	0,97	0,96	0,91	0,41
	$\sigma 2$		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	PK	0,99	1,00	0,19	0,97	0,71	0,92	0,20	0,93	0,31	0,99	0,94	0,89	0,41
	$\sigma 2$	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	PK	0,18	0,19	1,00	0,18	0,25	0,19	-0,10	0,19	-0,12	0,21	0,16	0,16	0,70
	$\sigma 2$	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
4	PK	0,98	0,97	0,18	1,00	0,71	0,88	0,16	0,90	0,29	0,96	0,98	0,87	0,40
	$\sigma 2$	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	PK	0,71	0,71	0,25	0,71	1,00	0,67	0,16	0,67	0,24	0,69	0,70	0,67	0,48
	$\sigma 2$	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablo 5.1. (Devam) Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ve bağımsız değişkenlerden oluşan korelasyon matrisi

		Nüfus (1)	Çalışan Nüfusu (2)	İstihdam Edilen Nüfus (3)	Öğrenci Nüfusu (4)	Okuldaki Öğrenci Sayısı (5)	Otomobil Sayısı (6)	Bin Kişiyeye Düşen Oto. (7)	Araç Sayısı (8)	Ortalama Gelir (9)	Ev-İş Yolculuk Üretimi (10)	Ev-Okul Yolculuk Üretimi(11)	Ev-Diğer Yolculuk Üretimi(12)	Ev Uçlu Olm. Yolculuk Üretimi (13)
6	PK	0,90	0,92	0,19	0,88	0,67	1,00	0,38	0,99	0,39	0,90	0,83	0,88	0,46
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	PK	0,17	0,20	-0,10	0,16	0,16	0,38	1,00	0,36	0,75	0,20	0,13	0,22	0,17
	σ^2	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
8	PK	0,92	0,93	0,19	0,90	0,67	0,99	0,36	1,00	0,38	0,91	0,85	0,89	0,47
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	PK	0,30	0,31	-0,12	0,29	0,24	0,39	0,75	0,38	1,00	0,30	0,27	0,32	0,17
	σ^2	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
10	PK	0,97	0,99	0,21	0,96	0,69	0,90	0,20	0,91	0,30	1,00	0,93	0,84	0,41
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
11	PK	0,96	0,94	0,16	0,98	0,70	0,83	0,13	0,85	0,27	0,93	1,00	0,83	0,36
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
12	PK	0,91	0,89	0,16	0,87	0,67	0,88	0,22	0,89	0,32	0,84	0,83	1,00	0,45
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
13	PK	0,41	0,41	0,70	0,40	0,48	0,46	0,17	0,47	0,17	0,41	0,36	0,45	1,00
	σ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

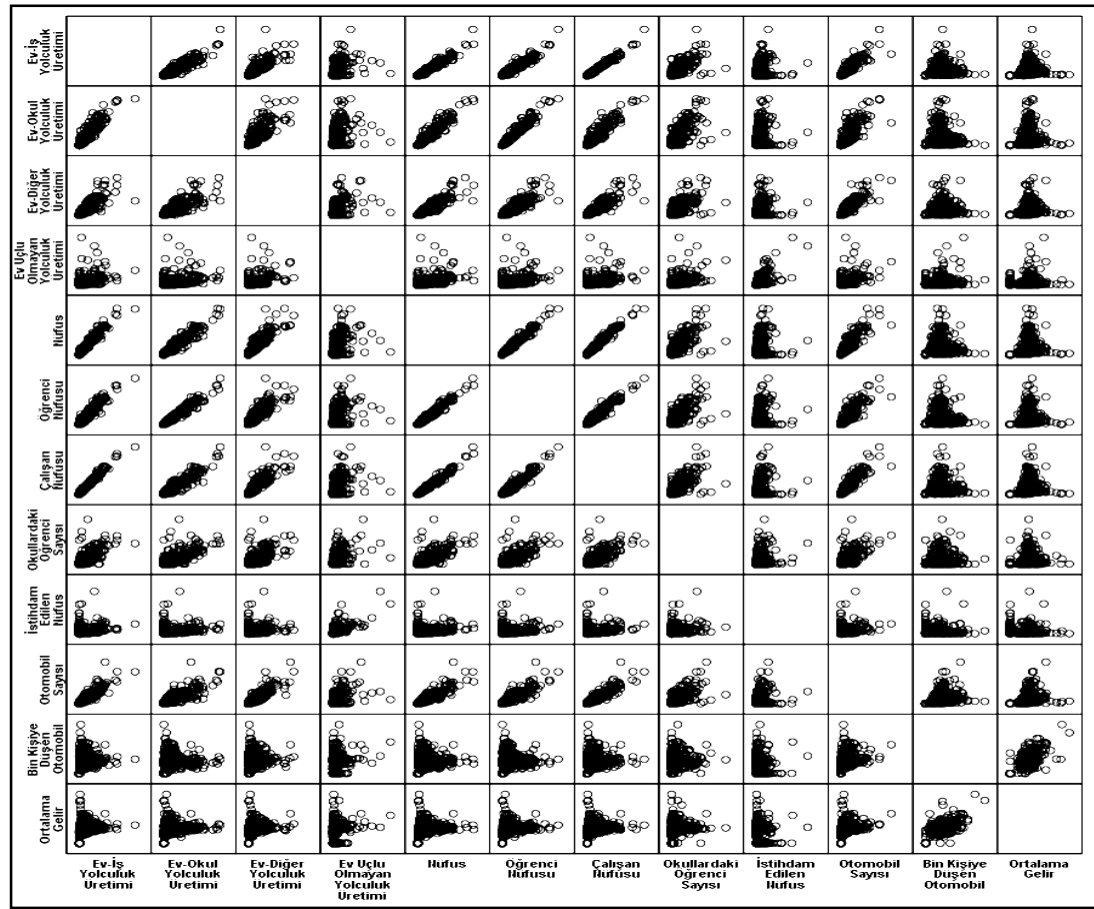
Tablo 5.2. Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ile değişkenler arasındaki ilişki

BAĞIMLI DEĞİŞKENLER		BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER				
		Nüfus	Çalışan Nüfusu	İstihdam Edilen Nüfus	Öğrenci Nüfusu	Okullardaki Öğrenci Sayısı
Ev-İş	Pearson K.	0,969	0,988	0,208	0,956	0,692
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev-Okul	Pearson K.	0,959	0,940	0,159	0,976	0,703
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Ev-Diğer	Pearson K.	0,909	0,892	0,156	0,873	0,666
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
Ev Uçlu Olm.	Pearson K.	0,405	0,413	0,696	0,397	0,483
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 5.2. (Devam) Amaçlarına göre yolculuk üretimleri ile değişkenler arasındaki ilişki

BAĞIMLI DEĞİŞKENLER		BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER			
		Otomobil Sayısı	Bin Kişiyeye Düşen Otomobil	Araç Sayısı	Ortalama Gelir
Ev-İş	Pearson K.	0,901	0,195	0,910	0,303
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev-Okul	Pearson K.	0,833	0,132	0,849	0,270
	Sig.(2-tail)	0,000	0,014	0,000	0,000
Ev-Diğer	Pearson K.	0,880	0,220	0,893	0,320
	Sig.(2-tail)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev Uçlu Olm.	Pearson K.	0,462	0,169	0,467	0,172
	Sig.(2-tail)	0,000	0,002	0,000	0,001

Değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olup olmadığını görmek için yolculuk üretimleri için dağılım grafikleri (scatter-plot) oluşturulmuştur. Bu şekilde ilişkinin önemli olduğu hallerde ilişkilerin doğrusal olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Yolculuk üretim değişkenleri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki

5.2.1. Ev-iş yolculuk üretimlerinin regresyonu

Ev-iş yolculuk üretimlerinin regresyon analizleri yapılmadan önce oluşturulan korelasyon matrisleriyle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Şekil 5.2 de görüldüğü gibi ev-iş yolculuk üretimlerinin çalışan nüfusu ve otomobil sayısı ile kuvvetli bir ilişkiye sahip oluşu tespit edilmiştir. Bu değişkenlere ilaveten Gebze, Gölcük ve İzmit üst bölgeleri arasında farklılıkların dikkate alınabilmesi amacı ile bu bölgeler için ayrıca belirlenen kukla değişkenler aşağıda verildiği gibi yaratılmıştır.

Dummy gebze = 1, eğer bölge Gebze Üst Bölgesi içindeyse; 0, değilse

Dummy gölcük = 1, eğer bölge Gölcük Üst Bölgesi içindeyse; 0, değilse

Regresyon analizlerinde ayrıca bir sabit kullanıldığından İzmit bölgesi için bir kukla değişken üretilmemiştir. Bağımsız değişkenler ve sektörler için oluşturulan kukla değişkenleri (dummy gebze, dummy gölcük) regresyon modeline, aşamalı (stepwise) yöntem kullanılarak dâhil edilmiştir. Çalışan nüfus ile otomobil sayısı kendi aralarında modele sokulmadan da sıkı bir ilişki sağladığı için aşamalı model dışında kalmış ve çalışan nüfus ve dummy gebze değişkenleri ile model oluşturulmuştur (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Ev-İş yolculuk üretimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	R ² _D	Tahminin Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,988	0,977	0,977	381,776	0,977	14739,391	1	345	0,000
b	0,989	0,978	0,978	377,383	0,001	9,079	1	344	0,003
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), Çalışan Nüfusu									
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), Çalışan Nüfusu, dummy gebze									
*Bağımlı Değişken: Ev-İş Yolculuk Üretimi									

Tabloda verilen “R”, “R²” ve “R²_D” gibi değerler modelin etkisini tanımlamaktadır. “R Değeri” bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu simgelemektedir. Bu değer yüksek olması bağımsız değişkenle bağımlı değişken arasında sıkı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Burada R=0,989 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmakta olduğu görülmektedir.

“R² Değeri” belirlilik katsayısı olup, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını ifade etmektedir. R² değeri 0,978 olarak tespit edilmiş olup bu da, ev-iş yolculuk üretimlerindeki %97,8’lik değişimin modele dâhil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

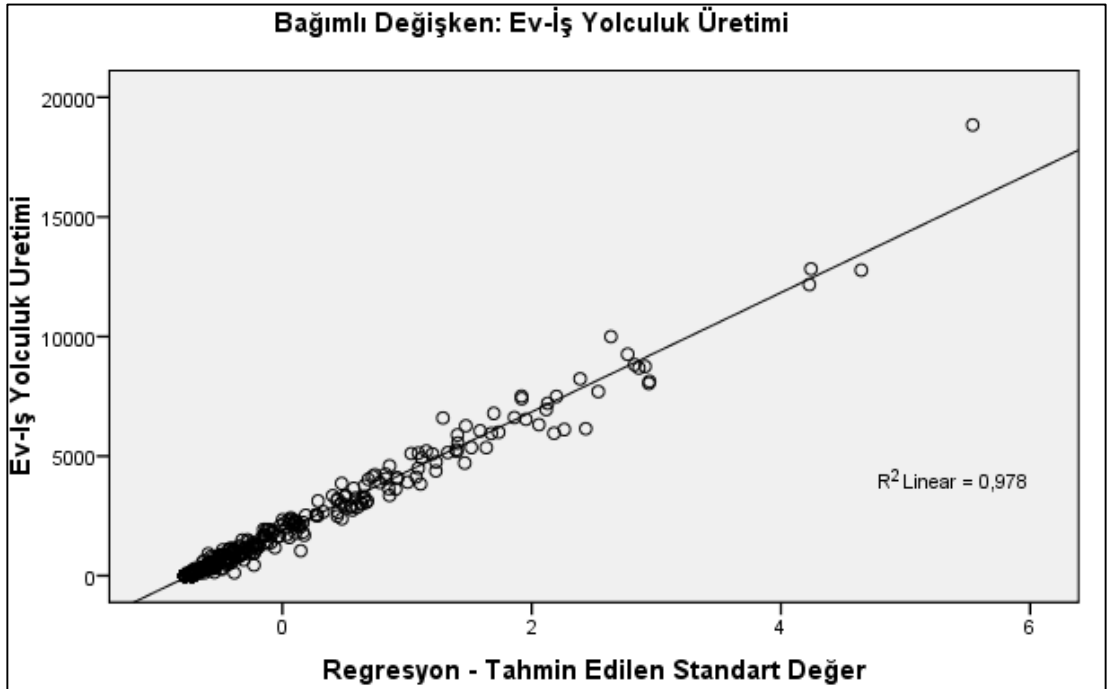
“F İstatistiği” bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eder. Yani:

H₀ = kat sayıların tümü sıfıra eşit.

Alternatif hipotez ise;

H₁ = kat sayılardan en az biri sıfıra eşit değil.

Şekil 5.2 de görüldüğü üzere boş hipotez %99,7 güvenirlikle (significance = 0,003) reddedilebilmektedir. Ayrıca Şekil 5.2’te regresyon modelinin çok iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.2. Ev-İş Yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği

Ev-İş yolculuk üretim modelinin parametreleri (B değerleri) ve bu parametrelerle ilgili istatistikler Tablo 5.4’de verilmiştir. B değeri, bağımsız değişkenin 1 birimlik değişimi ile bağımlı değişkende gözlenecek değişimi ifade etmektedir. T testi sonucunda elde

edilen “Sig.” ile anlamlılık düzeyi verilmiştir. Kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olması için bu değer 0,05’in altında olması istenmektedir. Sig=0,003 değeri ile görülmektedir ki kurulan model istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 5.4. Ev-İş yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları

Model	Katsayılar		t	Sig.	Bağıntı İstatistikleri		
	B	Std. Hata			Tolerans	VIF	
a	(Sabit)	-60,648	25,930	-2,339	0,020		
	Çalışan Nüfusu	1,624	0,013	121,406	0,000	1,000	1,000
b	(Sabit)	-83,926	26,771	-3,135	0,002		
	Çalışan Nüfusu	1,613	0,014	117,331	0,000	0,925	1,081
	dummygebze	146,397	48,587	3,013	0,003	0,925	1,081

* Bağımlı Değişken: Ev-İş Yolculuk Üretimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik;

$$\text{Ev-İş Üretim} = -83,926 + 1,613 \times \text{ÇN} + 146,397 \times \text{DG} \quad (5.1)$$

5.2.2. Ev-okul yolculuk üretiminin regresyonu

Ev-okul yolculukları için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda, yolculuk sayısı ile ilişkili bağımsız değişkenlerin, öğrenci nüfusu ve otomobil sayısı olduğu belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ve sektörler için oluşturulan kukla değişkenleri regresyon modeline, aşamalı model kullanılarak dâhil edilmiştir. Gebze ve Gölcük kukla değişkenleri için bir farklılık olmadığı için değişkenler aşamalı model dışında kalmış, öğrenci nüfusu ve otomobil sayısı değişkenleri ile model oluşturulmuştur (Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Ev-Okul yolculuk üretimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	R ² _D	Tahminin Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,976	0,952	0,952	561,438	0,952	6792,349	1	345	0,000

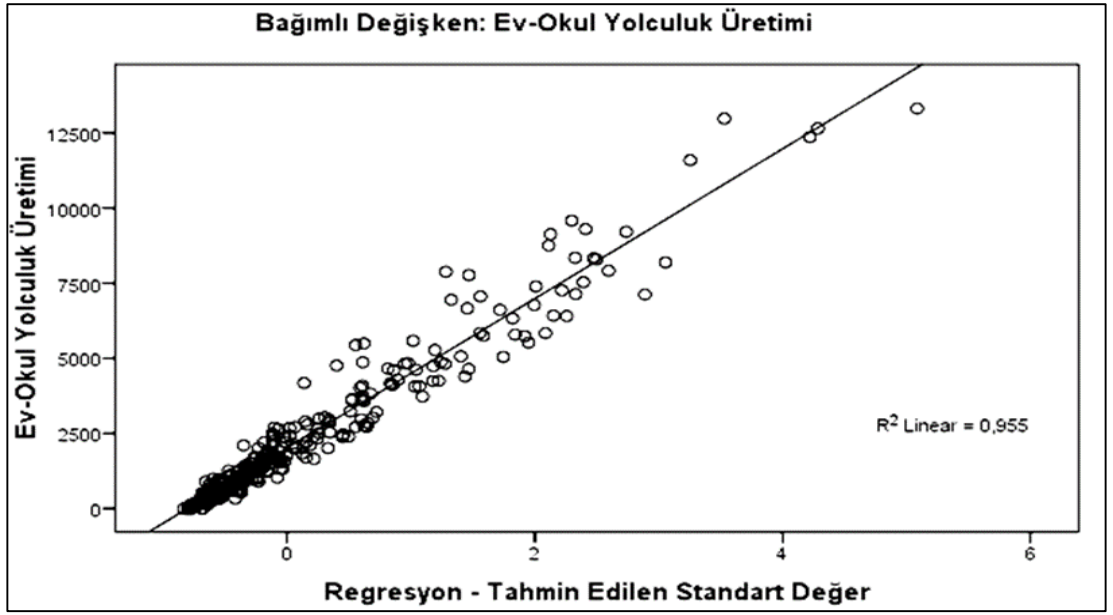
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), Öğrenci Nüfusu

* Bağımlı Değişken: Ev-Okul Yolculuk Üretimi

R=0,976 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmakta olduğu gözlenmekte, bu değer yüksek olması bağımsız değişkenle bağımlı değişken arasında sıkı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

$R^2=0,952$ olarak tespit edilmiş, ev-okul yolculuk üretimlerindeki %95,5'lik değişimin modele dâhil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,999...güvenirlikle (Sig.F=0,000) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.3'de regresyon modelinin çok iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.3. Ev-Okul yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği

Modelinin parametreleri (B değerleri) ve bu parametrelerle ilgili istatistikler Tablo 5.6'da verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin modelde almış olduğu katsayılar tabloda verilmektedir. Sig.değeri=0,000 ile kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.6. Ev-okul yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları

Model	Katsayılar		t	Sig.	Bağımlı İstatistikleri	
	B	Std. Hata			Tolerans	VIF
1	(Sabit)	19,484	38,575	0,505	0,614	
	Öğrenci Nüfusu	1,951	0,024	82,416	0,000	1,000

*Bağımlı Değişken: Ev-Okul Yolculuk Üretimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik;

$$\text{Ev-Okul Üretimi} = 19,484 + 1,951 \times \text{ÖN} \quad (5.2)$$

5.2.3. Ev-diğer yolculuk üretiminin regresyonu

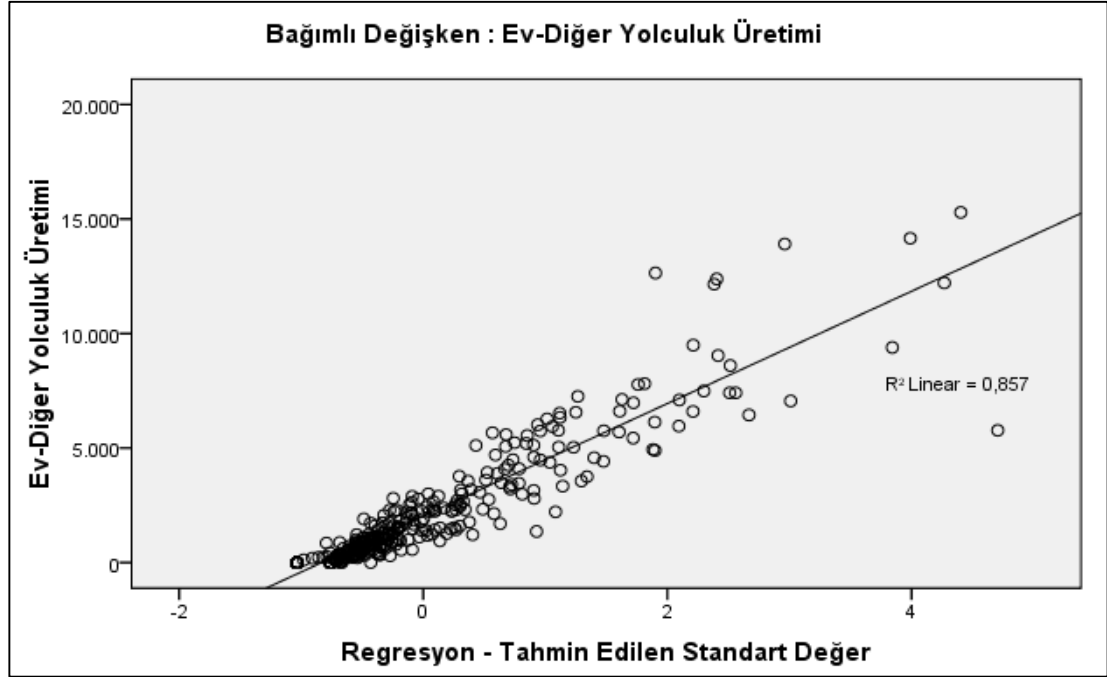
Ev-diğer yolculukları için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda; yolculuk ile ilişkili bağımsız değişkenlerin nüfus ve otomobil sayısı olduğu Tablo 5.7’de görülmektedir. Bağımsız değişkenler ve sektörler için oluşturulan kukla değişkenler, regresyon modeline, aşamalı yöntem kullanılarak dahil edilmiştir. Gölcük kukla değişkeni bölge için bir farklılık olmadığından model dışında kalmış; nüfus, otomobil sayısı ve Gebze kukla değişkenleri ile model oluşturulmuştur.

Tablo 5.7. Ev-diğer yolculuk üretimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	R ² _D	Tahminin Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,909	0,826	0,825	1106,399	0,826	1641,979	1	346	0,000
b	0,920	0,846	0,845	1041,533	0,020	45,439	1	345	0,000
c	0,926	0,857	0,856	1006,205	0,011	25,651	1	344	0,000
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), Nüfus									
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), Nüfus, Otomobil Sayısı									
c. Bağımsız Değişken: (Sabit), Nüfus, Otomobil Sayısı, dummygebze									
* Bağımlı Değişken: Ev-Diğer Yolculuk Üretimi									

R=0,926 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında sıkı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. R² değeri 0,857 olarak tespit edilmiş, ev-diğer yolculuk üretimlerindeki %85,7’lik değişimin modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,999... güvenirlikle (Sig. F = 0,000) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.4’de regresyon modelinin çok iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.4. Ev-diğer yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği

Ev-Diğer yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları ve model istatistikleri Tablo 5.8’de verilmiştir. Sig.değeri=0,013 ile kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.8. Ev-diğer yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları

Model	Katsayılar	t	Sig.	Bağıntı İstatistikleri			
				B	Std. Hata	Tolerans	VIF
1	(Sabit)	100,621	76,258	1,319	0,188		
	Nüfus	0,473	0,012	40,521	0,000	1,000	1,000
2	(Sabit)	68,340	71,946	0,950	0,343		
	Nüfus	0,319	0,025	12,614	0,000	0,188	5,306
	Otomobil Sayısı	1,478	0,219	6,741	0,000	0,188	5,306
3	(Sabit)	182,649	73,079	2,499	0,013		
	Nüfus	0,364	0,026	14,001	0,000	0,167	5,998
	Otomobil Sayısı	1,191	0,219	5,429	0,000	0,176	5,687
	dummygebze	-675,958	133,465	-5,065	0,000	0,871	1,148

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen model aşağıda verilmiştir:

$$\text{Ev-Diğer Üretimi} = 182,649 + 0,364 \times N + 1,191 \times OS - 675,958 \times DG \quad (5.3)$$

5.2.4. Ev uçu olmayan yolculuk üretimlerinin regresyonu

Ev uçu olmayan yolculuklar için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda; yolculuk ile ilişkili bağımsız değişkenlerin istihdam edilen nüfus, okullardaki öğrenci nüfusu ve otomobil sayısı olduğu görülmektedir.

Bağımsız değişkenler ve sektörler için oluşturulan kukla değişkenler, regresyon modeline, aşamalı yöntem kullanılarak dâhil edilmiştir. Gölcük kukla değişkeni için bir farklılık gözlenmediği için aşamalı model dışında kalmış; istihdam edilen nüfus, okullardaki öğrenci nüfusu, otomobil sayısı ve Gebze kukla değişkenleri ile model oluşturulmuştur (Tablo 5.9).

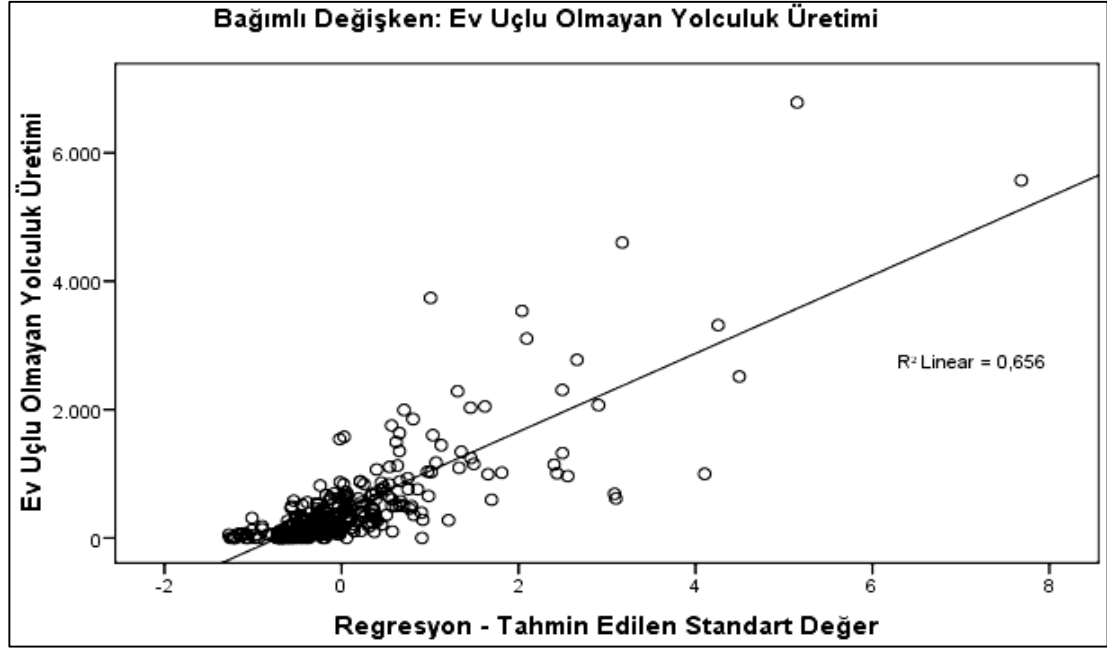
Tablo 5.9. Ev uçu olmayan yolculuk üretimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası	İstatistikler				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,699	0,489	0,487	538,960	0,489	330,733	1	346	0,000
b	0,772	0,596	0,593	480,042	0,107	91,146	1	345	0,000
c	0,794	0,630	0,627	459,935	0,034	31,824	1	344	0,000
d	0,810	0,656	0,652	444,161	0,026	25,868	1	343	0,000
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus									
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Otomobil Sayısı									
c. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Otomobil Sayısı, dummygebze									
d. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Otomobil Sayısı, dummygebze, Okullardaki Öğrenci Sayısı									
*Bağımlı Değişken: Ev Uçu Olmayan Yolculuk Üretimi									

R=0,810 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişkinin olduğu gözlenmektedir.

R² değeri 0,656 olarak tespit edilmiş, ev uçu olmayan yolculuk üretimlerindeki %65,6'lık değişimin model tarafından açıklandığını göstermektedir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,999... güvenirlikle (Sig. F = 0,000) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.5'de regresyon modelinin iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.5. Ev uçlu olmayan yolculuk üretimlerinin dağılım grafiği

Ev-Diğer yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları ve model istatistikleri Tablo 5.10 'de verilmiştir. Sig. değeri=0,000 ile kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.10. Ev uçlu olmayan yolculuk üretim ilişkilerinin katsayıları

Model	Katsayılar	t	Sig.	Bağımlı İstatistikleri			
				B	Std. Hata	Tolerans	VIF
1	(Sabit)	111,252	34,013	3,271	0,001		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,233	0,013	18,186	0,000	1,000	1,000
2	(Sabit)	-51,313	34,752	-1,477	0,141		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,213	0,012	18,297	0,000	0,966	1,036
	Otomobil Sayısı	0,426	0,045	9,547	0,000	0,966	1,036
3	(Sabit)	2,121	34,618	,061	0,951		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,228	0,011	19,884	0,000	0,914	1,094
	Otomobil Sayısı	0,446	0,043	10,391	0,000	0,959	1,042
	dummygebze	-332,679	58,973	-5,641	0,000	0,932	1,073
4	(Sabit)	-8,752	33,499	-0,261	0,794		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,218	0,011	19,476	0,000	0,890	1,124
	Otomobil Sayısı	0,363	0,045	8,148	0,000	0,830	1,204
	dummygebze	-340,918	56,973	-5,984	0,000	0,931	1,074
	Okullardaki Öğrenci	0,066	0,013	5,086	0,000	0,817	1,224

*Bağımlı Değişken: Ev Uçlu Olmayan Yolculuk Üretimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik (Ev Uçlu Olmayan Üretim=EUOÜ);

$$EUOÜ = - 8,752 + 0,218 \times İEN + 0,363 \times OS + 0,066 \times OÖS - 340,918 \times DG \quad (5.4)$$

5.3. Yolculuk Çekim Fonksiyonları

Yolculuk çekimleri için regresyon analizine başlamadan önce bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin ilk incelemesinin sağlanması için korelasyon matrisleri elde edilmiştir. Yolculuk çekimlerine bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenlerin oluşturduğu korelasyon matrisi Tablo 5.11'deki gibidir.

Tablo 5.11. Yolculuk çekimleri ve bağımsız değişkenler korelasyon matrisi

		Nüfus (1)	Çalışan Nüfusu (2)	İstihdam Edilen Nüfus (3)	Öğrenci Nüfusu (4)	Okuldaki Öğrenci Sayısı(5)	Otomobil Sayısı (6)	Bin Kişiye Düşen Oto.(7)	Araç Sayısı (8)	Ortalama Gelir (9)	Ev-İş Yolculuk Çekimi(10)	Ev-Okul Yolculuk Çekimi(11)	Ev-Diğer Yolculuk Çekimi (12)	Ev Uçlu Olm. Yolcu Çekimi (13)
1	PK	1,00	0,99	0,18	0,98	0,71	0,90	0,17	0,92	0,30	0,25	0,83	0,45	0,34
	σ 2		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	PK	0,99	1,00	0,19	0,97	0,71	0,92	0,20	0,93	0,31	0,27	0,83	0,46	0,35
	σ 2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	PK	0,18	0,19	1,00	0,18	0,25	0,19	-0,10	0,19	-0,12	0,91	0,24	0,62	0,66
	σ 2	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
4	PK	0,98	0,97	0,18	1,00	0,71	0,88	0,16	0,90	0,29	0,25	0,83	0,44	0,33
	σ 2	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	PK	0,71	0,71	0,25	0,71	1,00	0,67	0,16	0,67	0,24	0,30	0,89	0,46	0,38
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	PK	0,90	0,92	0,19	0,88	0,67	1,00	0,38	0,99	0,39	0,27	0,76	0,47	0,39
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	PK	0,17	0,20	-0,10	0,16	0,16	0,38	1,00	0,36	0,75	-0,06	0,14	0,21	0,19
	σ 2	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,27	0,01	0,00	0,00
8	PK	0,92	0,93	0,19	0,90	0,67	0,99	0,36	1,00	0,38	0,28	0,77	0,48	0,40
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	PK	0,30	0,31	-0,12	0,29	0,24	0,39	0,75	0,38	1,00	-0,08	0,27	0,22	0,19
	σ 2	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,12	0,00	0,00	0,00
10	PK	0,25	0,27	0,91	0,25	0,30	0,27	-0,06	0,28	-0,08	1,00	0,30	0,60	0,65
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,12		0,00	0,00	0,00
11	PK	0,83	0,83	0,24	0,83	0,89	0,76	0,14	0,77	0,27	0,30	1,00	0,47	0,37
	σ 2	1,00	0,99	0,18	0,98	0,71	0,90	0,17	0,92	0,30	0,25	0,83	0,45	0,34
12	PK	0,45	0,46	0,62	0,44	0,46	0,47	0,21	0,48	0,22	0,60	0,47	1,00	0,95
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
13	PK	0,34	0,35	0,66	0,33	0,38	0,39	0,19	0,40	0,19	0,65	0,37	0,95	1,00
	σ 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Trafik bölgelerinde ev-iş yolculuklarının çekim değerleri ile istihdam edilen nüfus arasında güçlü bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin istatistiksel açıdan da önemli olduğunu görülmektedir.

Diğer yolculuk çekim türlerine baktığımızda aralarındaki bağıın derecesi bakımından en önemli ilişkiler şu şekildedir; ev-okul yolculuk çekimleri ile bölgede okuyan öğrenci nüfusu; ev-diğer yolculuk çekimleri ile okullardaki öğrenci ve ev uçlu olmayan yolculuk çekimleri ile istihdam edilen nüfus ve okullardaki öğrenci değerleri arasında güçlü bağlantıların olduğu görülmektedir. Bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki Tablo 5.12’de verilmiştir.

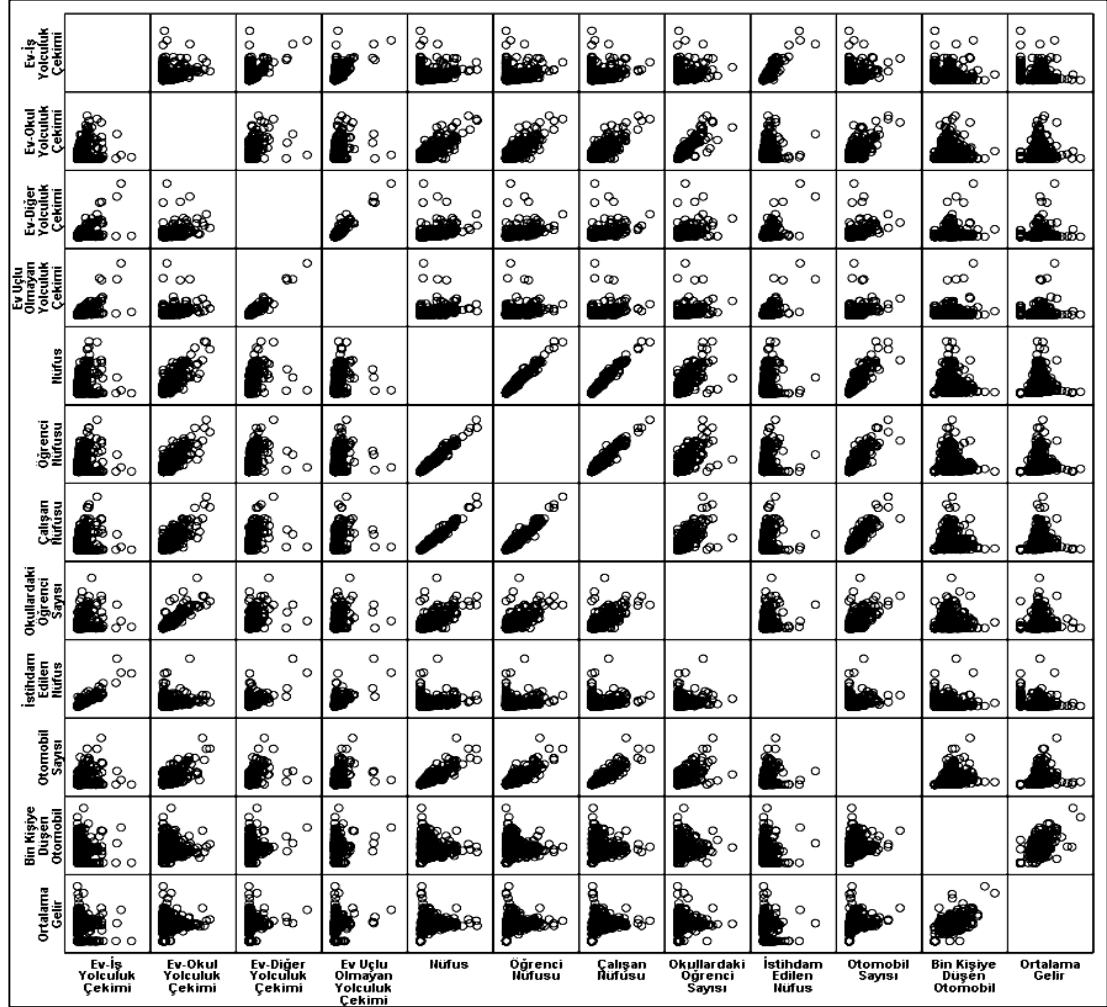
Tablo 5.12. Amaçlarına göre yolculuk çekimleri ile değişkenler arasındaki ilişki

Bağımlı Değişkenler		Bağımsız Değişkenler				
		Nüfus	Çalışan Nüfusu	İstihdam Edilen Nüfus	Öğrenci Nüfusu	Okullardaki Öğrenci Sayısı
Ev-İş	Pearson K.	0,247	0,266	0,912	0,252	0,296
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev-Okul	Pearson K.	0,831	0,828	0,240	0,834	0,886
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev-Diğer	Pearson K.	0,451	0,456	0,615	0,442	0,459
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev Uçlu Olm.	Pearson K.	0,338	0,348	0,656	0,332	0,381
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 5.12. (Devam) Amaçlarına göre yolculuk çekimleri ile değişkenler arasındaki ilişki

Bağımlı Değişkenler		Bağımsız Değişkenler			
		Otomobil Sayısı	Bin Kişiye Düşen Otomobil	Araç Sayısı	Ortalama Gelir
Ev-İş	Pearson K.	0,274	-0,060	0,276	-0,083
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,266	0,000	0,123
Ev-Okul	Pearson K.	0,763	0,142	0,769	0,266
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,008	0,000	0,000
Ev-Diğer	Pearson K.	0,473	0,210	0,478	0,220
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ev Uçlu Olm.	Pearson K.	0,392	0,191	0,396	0,190
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000

Değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olup olmadığını görmek için yolculuk çekimleri için dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Bu şekilde ilişkinin önemli olduğu hallerde ilişkilerin doğrusal olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Yolculuk çekimi değişkenleri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki

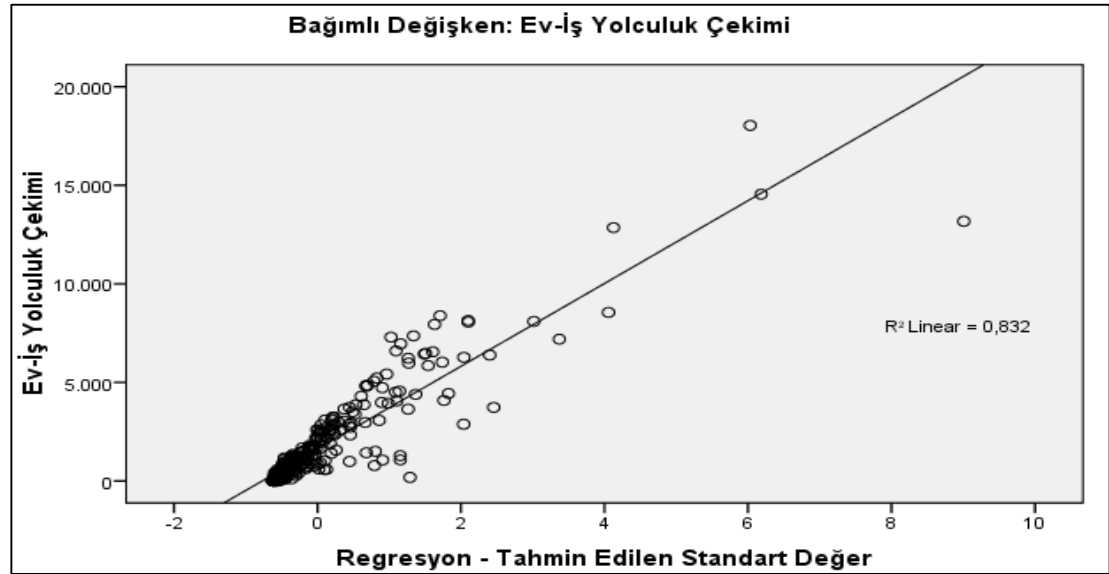
5.3.1. Ev-iş yolculuk çekimlerinin regresyonu

Ev-iş yolculuk çekimlerinin regresyon analizleri yapılmadan önce oluşturulan korelasyon matrisleriyle bağımsız değişkenler ile ilişkiler belirlenmiştir. Tablo 5.13’de görüldüğü gibi ev-iş yolculuk çekimleri istihdam edilen nüfus değişkeni ile kuvvetli bir ilişkiye sahiptir.

Tablo 5.13. Ev-iş yolculuk çekimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	R ² _D	Tahminin Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,912	0,832	0,831	945,759	0,832	1710,851	1	346	0,000
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus									
*Bağımlı Değişken: Ev-İş Yolculuk Çekimi									

R değeri bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu simgelemektedir. Bu değer yüksek olması bağımsız değişkenle bağımlı değişken arasında sıkı bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Burada R=0,912 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmakta olduğu söylenebilir. “R² Değeri” belirlilik katsayısı olup, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını ifade etmektedir. R² değeri 0,832 olarak tespit edilmiş olup bu da, ev-iş yolculuk çekimlerindeki %83,2’lik değişimin modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Tablo 5.13’de görüldüğü üzere boş hipotez %99,999 güvenirlikle (significance = 0,000) reddedilebilmektedir. Ayrıca Şekil 5.7’de regresyon modelinin çok iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.7. Ev-İş yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği

Ev-İş yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları Tablo 5.14’de verilmiştir. Modeli oluşturan katsayıların tahmin değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 5.14. Ev-iş yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Sig.	Bağıntı İstatistikleri	
		B	Std. Hata			Tolerans	VIF
1	(Sabit)	319,035	59,686	5,345	0,00		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,931	0,023	41,362	0,00	1,000	1,000
*Bağımlı Değişken: Ev-İş Yolculuk Çekimi							

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik;

$$\text{Ev-İş Çekimi} = 319,035 + 0,931 \times \text{İEN} \quad (5.5)$$

5.3.2. Ev-okul yolculuk çekimlerinin regresyonu

Ev-okul yolculuk çekimleri için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda; yolculuk ile ilişkili bağımsız değişkenin okullardaki öğrenci sayısı olduğu görülmektedir.

Okullardaki öğrenci sayısı değişkeni ve sektörler için oluşturulan kukla değişkenleri regresyon modeline, aşamalı yöntem kullanılarak dahil edilmiştir. Gölcük kukla değişkeni için bir farklılık olmadığı için değişken model dışında kalmış; okullardaki öğrenci sayısı ve Gebze kuklası değişkenleri ile model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin özeti Tablo 5.15’de verilmiştir.

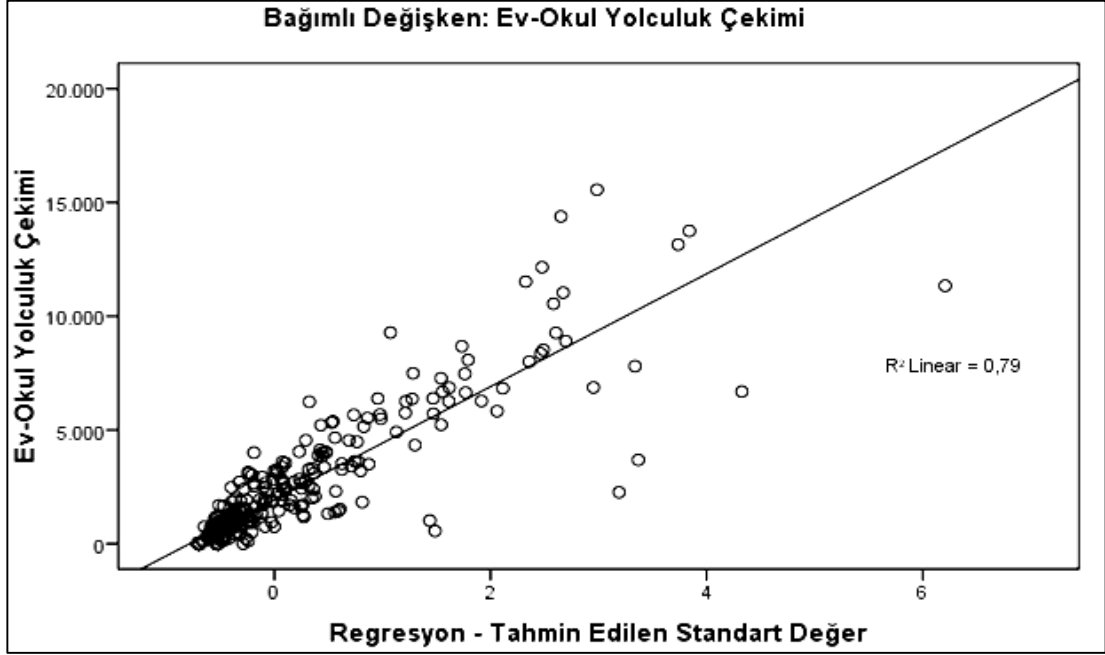
Tablo 5.15. Ev-okul yolculuk çekimleri model özet tablosu

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası	İstatistikler				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,886	0,785	0,785	1294,238	0,785	1263,067	1	345	0,000
b	0,889	0,790	0,789	1282,590	0,004	7,295	1	344	0,007
a. Bağımsız Değişken: (Sabit), Okullardaki Öğrenci Sayısı									
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), Okullardaki Öğrenci Sayısı, dummygebze									
* Bağımlı Değişken: Ev-Okul Yolculuk Çekimi									

R=0,889 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmakta olduğu gözlenmektedir.

R² değeri 0,790 olarak tespit edilmiş, ev-okul yolculuk çekimlerindeki %79’luk değişimin modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,3 güvenlikle (Sig. F = 0,007) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.8’de regresyon modelinin çok iyi bir şekilde bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.8. Ev-okul yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği

Ev-Okul yolculuk çekim ilişkilerinde bağımsız değişkenlerin modelde almış olduğu katsayılar ve model istatistikleri Tablo 5.16’da verilmektedir. Sig.değeri=0,000 ile kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.16. Ev-okul yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Sig.	Bağıntı İstatistikleri	
		B	Std. Hata			Tolerans	VIF
1	(Sabit)	284,205	83,744	3,394	0,001		
	Okullardaki Öğrenci Sayısı	1,906	0,054	35,540	0,000	1,000	1,000
2	(Sabit)	201,074	88,514	2,272	0,024		
	Okullardaki Öğrenci Sayısı	1,875	0,054	34,494	0,000	0,956	1,046
	dummygebze	438,850	162,485	2,701	0,007	0,956	1,046

a. Bağımlı Değişken: Ev-Okul Yolculuk Çekimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik;

$$\text{Ev-Okul Çekimi} = 201,074 + 1,875 \times \text{OÖS} + 438,850 \times \text{DG} \quad (5.6)$$

5.3.3. Ev-diğer yolculuk çekimlerinin regresyonu

Ev-diğer yolculuk çekimleri için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda; yolculuk ile ilişkili bağımsız değişkenlerin istihdam edilen nüfus ve okullardaki öğrenci sayısı olduğu görülmektedir. Bu değişkenler ve kukla değişkenler, regresyon modeline, aşamalı yöntem kullanılarak dâhil edilmiştir. İstihdam edilen nüfus, okullardaki öğrenci nüfusu ve Gebze kukla değişkenleri ile model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin özet tablosu Tablo 5.17’de verilmiştir.

Tablo 5.17. Ev-diğer yolculuk çekimleri model özet tablosu

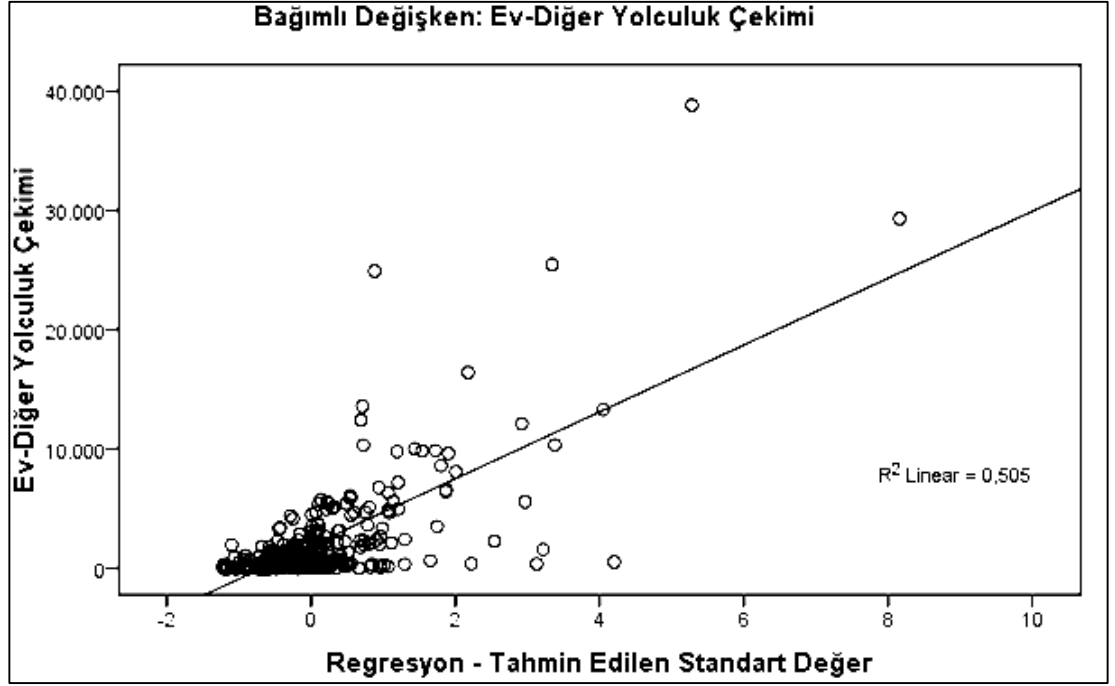
Model	R	R ²	R ² _D	Tahmini Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,615	0,378	0,376	3116,346	0,378	209,747	1	345	0,000
b	0,692	0,479	0,476	2855,330	0,101	66,959	1	344	0,000
c	0,711	0,505	0,500	2788,858	0,025	17,594	1	343	0,000

a. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Okullardaki Öğrenci Sayısı
c. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Okullardaki Öğrenci Sayısı, dummygebze
* Bağımlı Değişken: Ev-Diğer Yolculuk Çekimi

R=0,711 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir.

R² değeri 0,505 olarak tespit edilmiştir; bu değer ev-diğer yolculuk çekimlerindeki %50,5’lik değişimin modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,999... güvenirlikle (Sig.F=0,000) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.9’da regresyon modelinin bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.



Şekil 5.9. Ev-diğer yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği

Ev-Diğer yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları Tablo 5.18’de verilmiştir. Sig.değeri=0,000 ile değişkenler arasında kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.18. Ev-diğer yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Sig.	Bağımlı İstatistikleri	
		B	Std. Hata			Tolerans	VIF
1	(Sabit)	406,517	196,673	2,067	0,039		
	İstihdam Edilen Nüfus	1,079	0,075	14,483	0,000	1,000	1,000
2	(Sabit)	-268,376	198,178	-1,354	0,177		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,939	0,070	13,325	0,000	0,940	1,064
	Okullardaki Öğrenci Sayısı	0,998	0,122	8,183	0,000	0,940	1,064
3	(Sabit)	-44,871	200,765	-,224	0,823		
	İstihdam Edilen Nüfus	1,001	0,070	14,222	0,000	0,898	1,114
	Okullardaki Öğrenci Sayısı	1,078	0,121	8,936	0,000	0,917	1,091
	dummygebeze	-1516,452	361,534	-4,194	0,000	0,913	1,095

* Bağımlı Değişken : Ev-Diğer Yolculuk Çekimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik ise;

$$\text{Ev-Diğer Çekim} = -44,871 + 1,001 \times \text{İEN} + 1,078 \times \text{OÖS} - 1516,452 \times \text{DG} \quad (5.7)$$

5.3.4. Ev uçu olmayan yolculuk çekimlerinin regresyonu

Ev uçu olmayan yolculuk çekimleri için oluşturulan korelasyon matrisleri sonucunda; yolculuk ile ilişkili bağımsız değişkenlerin istihdam edilen nüfus ve otomobil sayısı olduğu görülmektedir. İstihdam edilen nüfus, okullardaki öğrenci nüfusu, otomobil sayısı değişkenleri ve kukla değişkenleri regresyon modeline, aşamalı olarak dahil edilmiş; istihdam edilen nüfus, otomobil sayısı ve Gebze kukla değişkenleri ile model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin özet tablosu Tablo 5.19’da verilmiştir.

Tablo 5.19. Ev uçu olmayan yolculuk çekimleri model özet tablosu

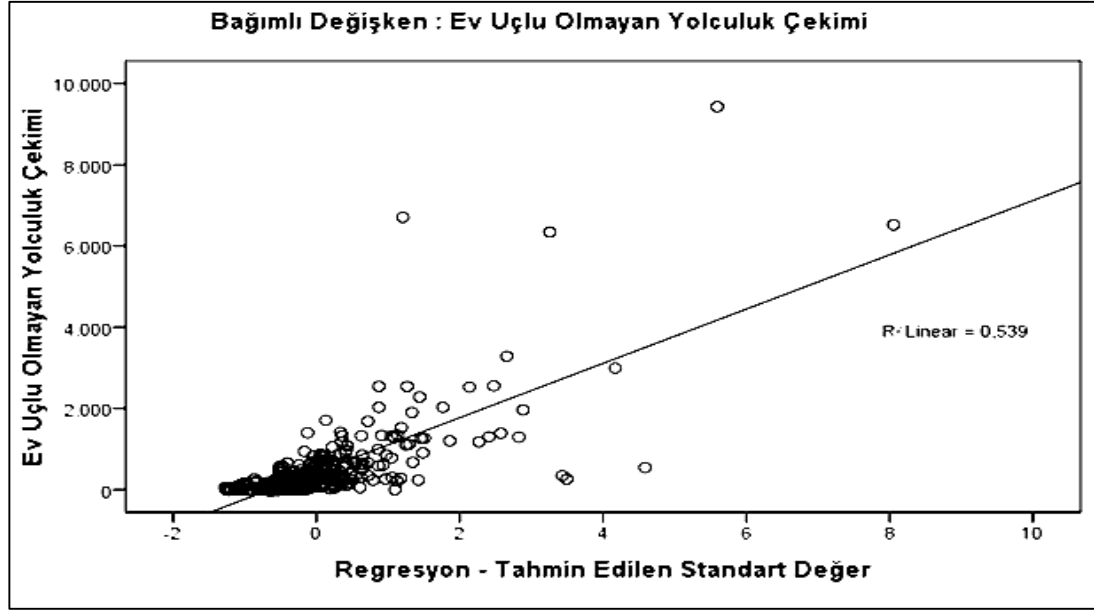
Model	R	R ²	R ² _D	Tahminin Standart Hatası	İSTATİSTİKLER				
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
a	0,657	0,431	0,430	687,756	0,431	262,423	1	346	0,000
b	0,711	0,506	0,503	642,183	0,074	51,851	1	345	0,000
c	0,734	0,539	0,535	621,091	0,033	24,830	1	344	0,000

a. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus
b. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Otomobil Sayısı
c. Bağımsız Değişken: (Sabit), İstihdam Edilen Nüfus, Otomobil Sayısı, dummygebze
*Bağımlı Değişken: Ev Uçu Olmayan Yolculuk Çekimi

R=0,734 değeri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. R² değeri 0,539 olarak tespit edilmiştir.

Bütün model katsayıları vektörünün sıfıra eşit olduğu boş hipotezini test eden F istatistiği değerinden ise; boş hipotezin %99,99 güvenirlikle (Sig. F = 0,000) reddedilebildiği gözlenmektedir. Ayrıca Şekil 5.10’da regresyon modelinin bağımsız değişkeni açıkladığını göstermektedir.

Ev uçu olmayan yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları ve istatistikleri Tablo 5.20’de verilmiştir. Sig.değeri=0,000 ile değişkenler arasında kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.10. Ev uçlu olmayan yolculuk çekimlerinin dağılım grafiği

Tablo 5.20. Ev uçlu olmayan yolculuk çekim ilişkilerinin katsayıları

Model		Katsayılar		t	Sig.	Bağıntı İstatistikleri	
		B	Std. Hata			Tolerans	VIF
1	(Sabit)	66,853	43,404	1,540	0,124		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,265	0,016	16,199	0,000	1,000	1,000
2	(Sabit)	-97,174	46,490	-2,090	0,037		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,244	0,016	15,716	0,000	0,966	1,036
	Otomobil Sayısı	0,430	0,060	7,201	0,000	0,966	1,036
3	(Sabit)	-33,439	46,747	-0,715	0,475		
	İstihdam Edilen Nüfus	0,262	0,015	16,961	0,000	0,914	1,094
	Otomobil Sayısı	0,454	0,058	7,827	0,000	0,959	1,042
	dummygebze	-396,821	79,636	-4,983	0,000	0,932	1,073

a. Bağımlı Değişken: Ev Uçlu Olmayan Yolculuk Çekimi

Katsayılar çizelgesine göre elde edilen eşitlik (Ev Uçlu Olmayan Çekim=EUOÇ);

$$EUOÇ = -33,439 + 0,262 \times İEN + 0,454 \times OS - 396,821 \times DG \quad (5.8)$$

5.4. Üretim ve Çekim Modellerinin Sonucu

Tablo 5.21 ve Tablo 5.22’de tüm üretim ve çekim yolculukları için elde edilen son regresyon modelleri verilmiştir. Tablo oluşturulmadan önce her bir bağımlı değişken için çok sayıda model denenmiştir. Sonuç tablosu, bu modeller arasında katsayılar ve işaretleri açısından en mantıklısı, kullanılan bağımsız değişkenler arasında çoklu bağımlılık gibi herhangi bir problemin yaşanmadığı ve en yüksek R² değerlerine

ulaşılan modellerden oluşmuştur. Tabloda da görüleceği gibi yolculuk üretimleri ve çekimlerinde R^2 değerleri oldukça yüksek ve istatistiksel olarak önemlidir. Kullanılan bütün bağımsız değişkenlerin katsayıları istatistiksel olarak sıfırdan farklı olduğu bulunmuştur. Burada t-istatistiği ve bu istatistiğin istatistiksel önemi, $H_0: a_k = 0$ boş hipotezinin test edilmesinde kullanılmaktadır. Yolculuk üretim ve çekimleri için elde edilen bu modeller daha sonra, yolculuk üretim ve çekim tahminlerinin yapılmasında kullanılmaktadır.

Tablo 5.21. Üretim Modelleri

SEYAHAT TÜRÜ			BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER KATSAYISI					MODEL İSTATİSTİKLERİ		
			Sabit Sayı	Nüfus	Öğrenci Nüfusu	Çalışan Nüfusu	dummy gebze	R^2	f	Sig.
YOLCULUK ÜRETİMLERİ	Ev-İş Yolculuk Üretimi	K	-83,926	-	-	1,613	146,397	0,978	9,1	0,003
		t	-3,135	-	-	117,33	3,013			
		σ	0,002	-	-	0,000	0,003			
	Ev-Okul Yolculuk Üretimi	K	19,484	-	1,951	-	-	0,952	6792,3	0,000
		t	0,505	-	0,024	-	-			
		σ	0,614	-	0,000	-	-			

Tablo 5.21. (Devam) Üretim Modelleri

SEYAHAT TÜRÜ			BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER KATSAYISI						MODEL İSTATİSTİKLERİ		
			Sabit Sayı	Nüfus	Okuldaki Öğrenci	İstihdam Edilen Nüfus	Otomobil Sahipliliği	dummy gebze	R^2	f	Sig.
YOLCULUK ÜRETİMLERİ	Ev-Diğer Yolculuk Üretimi	K	182,649	0,364	-	-	1,191	-675,96	0,857	25,6	0,000
		t	2,499	14,001	-	-	5,429	-5,065			
		σ	0,013	0,000	-	-	0,000	0,000			
	Ev Uçlu Olmayan Üretim	K	-8,752	-	0,066	0,218	0,363	-340,92	0,656	25,9	0,000
		t	-0,261	-	5,086	19,88	8,148	-5,984			
		K	0,794	-	0,000	0,000	0,000	0,000			
		t	-0,715	-	-	19,96	7,827	-4,983			
		K	0,475	-	-	0,000	0,000	0,000			

Tablo 5.22. Çekim Modelleri

SEYAHAT TÜRÜ			BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER KATSAYISI					MODEL İSTATİSTİKLERİ		
			Sabit Sayı	Okuldaki Öğrenci	İstihdam Edilen Nüfus	Otomobil Sahipliliği	dummy gebze	R ²	f	Sig.
YOLCULUK ÇEKİMLERİ	Ev-İş Yolculuk Çekimi	K	319,035	-	0,931	-	-	0,832	1710,1	0,000
		t	5,345	-	41,36	-	-			
		σ	0,000	-	0,000	-	-			
	Ev-Okul Yolculuk Çekimi	K	201,074	1,875	-	-	438,85	0,790	7,3	0,007
		t	2,272	34,49	-	-	2,701			
		σ	0,024	0,000	-	-	0,007			
	Ev-Diğer Yolculuk Çekimi	K	-44,871	1,078	1,001	-	-1516,45	0,505	17,6	0,000
		t	-0,224	8,936	14,22	-	-4,194			
		σ	0,823	0,000	0,000	-	0,000			
	Ev Uçlu Olmayan Çekim	K	-33,439	-	0,262	0,454	-396,82	0,539	24,8	0,000
		t	-0,715	-	19,96	7,827	-4,983			
		σ	0,475	-	0,000	0,000	0,000			

5.5. Yolculuk Dağılım Modellerinin Oluşturulması

Ulaşım modelinin bu aşaması ve bundan sonraki türel seçim ve yolculuk atama modelleri VISUM programı yardımıyla yapılmıştır. Ek A'da program ve işleyişi hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Kalibrasyon sırasında modelden elde edilen yolculuk matrisi, anketlerle belirlenmiş olan gözlem matrisine yeterli derecede yakın olana kadar ardışık işlem yapılarak model ve gözlem matrislerinin uygunluğu hem matrislerin başlangıç-bitiş (%) değerlerinin yakınlığı, hem de iki matristen elde edilen yolculuk uzunluğu dağılımlarının uyumu ile kontrol edilecektir. Bu aşamada trafik analiz bölgeleri perde ve kordonlar ile uyumlu olacak şekilde kalibrasyon sektörleri olarak toplulaştırılmaktadır. Bölgeler arası yolculuk süreleri tespit edilirken, olası en kısa yol üzerinde eğer ücret ödenecek bir geçiş var ise (otoyol, arabalı vapur vb.) bu ödenen ücretin zaman değeri de dikkate alınmıştır. Bu kapsamda en kısa yol araştırması için kullanılan süre hesabı aşağıdaki Denklem 5.9'a göre yapılmıştır. Denklemde t_{cur} olarak geçen değişken güzergâh üzerindeki seyahat süresini temsil etmekte olup bu süre yapılan karayolu atamaları kalibrasyonu sonrasında elde edilmiştir ve böyle sıkışıklık süreleri de dikkate alınmıştır. Denklemde yer alan "Toll" değişkeni ise güzergâh

üzerinde varsa ödenen ücreti temsil etmekte olup başındaki katsayı ile bu değişken zaman cinsine (dakika) çevrilmiştir.

Direnim Fonksiyonu:
$$t_{ij} = t_{cur} + 303 \times Toll \quad (5.9)$$

Model kalibrasyonu, her yolculuk amacı için, direnimsel fonksiyonunun a, b ve c katsayılarının belirlenmesi ile sağlanmıştır (Tablo 5.23).

Tablo 5.23. Dağılım modeli parametreleri

Model/Katsayılar	a	b	c
Ev Uçlu İş Yolculukları	7,90852699	-2,352760072	-0,00007771
Ev Uçlu Okul Yolculukları	273,12990853	-5,94150179	0,09263609
Ev Uçlu Diğer Yolculukları	23,25869626	-2,90459680	-0,004811963
Ev Uçlu Olmayan Diğer Yolculuklar	9,94303826	-2,08845546	-0,00110760

Dağılım modeli ile elde edilen yolculuk matrisleri toplam ve amaçlarına göre Tablo 5.24’de bulunmaktadır.

Tablo 5.24. Amaçlarına göre yolculuk hareketlerinin sektörler arasında dağılımı

Ev Uçlu İş	İzmit Sektörü	Gebze Sektörü	Gölcük Sektörü	Toplam
İzmit Sektörü	249536	17626	43933	311095
Gebze Sektörü	32038	266528	10034	308600
Gölcük Sektörü	29360	2151	83223	114733
Toplam	310934	286304	137190	734429
Ev Uçlu Okul	İzmit Sektörü	Gebze Sektörü	Gölcük Sektörü	Toplam
İzmit Sektörü	321788	9703	12945	344436
Gebze Sektörü	26939	281235	5232	313405
Gölcük Sektörü	18553	5153	103861	127567
Toplam	367280	296091	122038	785408
Ev Uçlu Diğer	İzmit Sektörü	Gebze Sektörü	Gölcük Sektörü	Toplam
İzmit Sektörü	366019	9178	26174	401370
Gebze Sektörü	12288	299966	1374	313628
Gölcük Sektörü	34151	1351	121155	156657
Toplam	412458	310495	148703	871656
Ev Uçlu Olm.	İzmit Sektörü	Gebze Sektörü	Gölcük Sektörü	Toplam
İzmit Sektörü	74021	5871	10971	90864
Gebze Sektörü	5015	44513	1098	50626
Gölcük Sektörü	10647	1203	23589	35440
Toplam	89684	51587	35658	176930
Genel Toplam	İzmit Sektörü	Gebze Sektörü	Gölcük Sektörü	Toplam
İzmit Sektörü	1011364	42378	94023	1147765
Gebze Sektörü	76280	892241	17738	986260
Gölcük Sektörü	92711	9858	331828	434397
Toplam	1180355	944478	443589	2568422

Model sonuçları ile gözlem sonuçlarını karşılaştırmak için diğer bir yöntem olarak ortalama yolculuk süreleri karşılaştırılmıştır. Dağılım modeli sonuçları ile gözlem matrisi sonuçları Tablo 5.25’de görülmektedir. Bir diğer karşılaştırma değişkeni de RMSE (Root Mean Square Error) yüzde olarak tanımlanan “Hata karesinin ortalama karekökü yüzdesi” değişkenidir. Bu değer aşağıdaki formülle bulunur (Wallpole ve diğ., 2007):

$$RMSE= 100 \times \sqrt{\frac{\sum_j (\text{Model}_j - \text{Gözlem}_j)^2}{(\text{GözlemSayısı} - 1)}} \quad (5.10)$$

RMSE % sonuçları da’ Tablo 5.25’de yer almaktadır Bu iki performans ölçütü açısından da modellerin gayet iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 5.25. Dağılım modeli ve gözlem matrisleri karşılaştırması

MODEL/SÜRELER	RMSE (%)	MODEL Ortalama Süre(dk)	GÖZLEM Ortalama Süre (dk)
Ev-İş Yolculukları	18,3	20,0	18,6
Ev-Okul Yolculukları	16,3	9,8	12,1
Ev-Diğer Yolculukları	15,8	16,0	18,1
Ev Uçlu Olmayan Yolculuklar	7,1	20,7	20,2

5.6. Türel Seçim Modelinin Oluşturulması

Türel seçim modelleri bireylerin veya birey gruplarının farklı seyahat amaçları için ulaşım türleri arasında yaptıkları seçimlerin analiz edilmesinde kullanılmakta, klasik 4 aşamalı talep tahmin modelinin 3. aşamasını oluşturmaktadır.

Türel seçim modelinde veri olarak farklı tipte bilgiler kullanılır. Bunlardan biri tercih yapan birey ya da birey gruplarının sosyo-ekonomik yapısını yansıtan otomobil sahipliliği, gelir grubu gibi verilerdir. Diğer girdiler ise kullanılan ulaşım türüne ilişkin veriler ve gidilecek yere veya seyahatin başladığı yere ait verilerdir. Bu tip bilgiler arasında da kullanılan ulaşım türüne ilişkin, ulaşım maliyeti, bekleme süresi, araçtaki yolculuk süresi, transfer sayısı, gidilen yerdeki otopark olanakları ve ücretlendirilmesi gibi veriler sayılabilir.

Bu tip veriler kullanılarak gelecekte bilet ücretleri, sıkışıklık ücretlendirilmesi, otoyollarda gişe ücretlerinin arttırılması durumunda birey ya da birey gruplarının

tercihlerini nasıl değiştirebileceğini ölçebiliriz. Türel dağılım modeli oluşturulurken servis aracı kullanılması olası (ev-iş ve ev-okul) yolculukları ile servis kullanma olanağı bulunmayan yolculuklar için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Servis araçları ile yapılan yolculuklar ayrıldıktan sonra kalan matris otomobil sahibi olan ve olmayan kişiler tarafından yapılan yolculukları belirlemek üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunun nedeni otomobil sahibi olmayan kişilerin genellikle toplu taşıma araçlarını kullanmak zorunda olmalarına karşın, otomobilden yararlanma imkânı bulunan kişilerin özel otomobil ve toplu taşıma arasında tercih yapma ihtimalinin bulunmasıdır. Özel otomobilden yararlanma olanağı olan kişilerin özel ve toplu taşıma arasındaki tercihlerini belirlemek için farklı modeller de kullanılabilir.

Kalibre edilen nihai modeller, modelde kullanılan değişkenler ve bu değişkenlere ve bütün modele ilişkin parametreler Tablo 5.26 - Tablo 5.29'da gösterilmiştir.

Tablo 5.26. Ev uçlu iş yolculukları için türel seçim fayda fonksiyonları

DEĞİŞKENLER		TÜRLER			
		YAYA	ÖZEL OTO	SERVİS	TOPLU TAŞIMA
SABİT	Katsayı	--	-1.37872	-0.42402	-0.11937
	t değeri	--	-15,62	-5,48	1,10
SÜRE	Katsayı	-0,027224	-0,027224	-0,027224	-0,027224
	t değeri	-25,25	-25,25	-25,25	-25,25
MALİYET	Katsayı	--	-0,167937	-0,167937	-0,167937
	t değeri	--	-16,18	-16,18	-16,18
KİŞİ BAŞI OTO	Katsayı	--	6,418284	--	--
	t değeri	--	13,61	--	--
ARAÇ DIŞINDA GEÇEN SÜRE	Katsayı	--	--	--	-0,029037
	t değeri	--	--	--	-9,53
BÖLGE İÇİ KUKLA DEĞİŞ.	Katsayı	1,798619	--	--	--
	t değeri	24,371447	--	--	--
MODEL İSTATİSTİKLERİ					
L (0)		-14456,27760			
L (β)		-12326,15695			
-2[L (0) - L (β)]		4260,241296			
Asimptotik olarak ρ2		0,147349			
Uyarlanmış ρ2		0,146796			

Tablo 5.27. Ev uçlu okul yolculukları için türel seçim fayda fonksiyonları

DEĞİŞKENLER		TÜRLER			
		YAYA	ÖZEL OTO	SERVİS	TOPLU TAŞIMA
SABİT	Katsayı	--	-1.37872	-0.42402	-0.11937
	t değeri	--	-15,62	-5,48	1,10
SÜRE	Katsayı	-0,027224	-0,027224	-0,027224	-0,027224
	t değeri	-25,25	-25,25	-25,25	-25,25
MALİYET	Katsayı	--	-0,167937	-0,167937	-0,167937
	t değeri	--	-16,18	-16,18	-16,18
KİŞİ BAŞI OTO	Katsayı	--	6,418284	--	--
	t değeri	--	13,61	--	--
ARAÇ DIŞINDA GEÇEN SÜRE	Katsayı	--	--	--	-0,029037
	t değeri	--	--	--	-9,53
BÖLGE İÇİ KUKLA DEĞİŞKEN	Katsayı	1,798619	--	--	--
	t değeri	24,371447	--	--	--
MODEL İSTATİSTİKLERİ					
L (0)		-14456,27760			
L (β)		-12326,15695			
-2[L (0) - L (β)]		4260,241296			
Asimptotik olarak ρ2		0,147349			
Uyarlanmış ρ2		0,146796			

Tablo 5.28. Ev uçlu diğer yolculuklar için türel seçim fayda fonksiyonlar

DEĞİŞKENLER		TÜRLER			
		YAYA	ÖZEL OTO	SERVİS	TOPLU TAŞIMA
SABİT	Katsayı	--	-1.53147	-3.97002	-0.46874
	t değeri	--	-25,82	-46,41	-15,46
SÜRE	Katsayı	-0,035179	-0,035179	-0,035179	-0,035179
	t değeri	-33,35	-33,35	-33,35	-33,35
MALİYET	Katsayı	--	-0,174512	-0,174512	-0,174512
	t değeri	--	-16,41	-16,41	-16,41
KİŞİ BAŞI OTO	Katsayı	--	5,284298	--	--
	t değeri	--	12,18	--	--
ARAÇ DIŞINDA GEÇEN SÜRE	Katsayı	--	--	--	--
	t değeri	--	--	--	--
BÖLGE İÇİ KUKLA DEĞİŞKEN	Katsayı	1,672419	--	--	--
	t değeri	26,54	--	--	--
MODEL İSTATİSTİKLERİ					
L (0)		-17012,60440			
L (β)		-11030,14655			
-2[L (0) - L (β)]		11964,91570			
Asimptotik olarak ρ2		0,351649			
Uyarlanmış ρ2		0,351237			

Tablo 5.29. Ev uçlu olmayan yolculuklar için türel seçim fayda fonksiyonları

DEĞİŞKENLER		TÜRLER			
		YAYA	ÖZEL OTO	SERVİS	TOPLU TAŞIMA
SABİT	Katsayı	--	-1.53147	-3.97002	-0.46874
	t değeri	--	-25,82	-46,41	-15,46
SÜRE	Katsayı	-0,035179	-0,035179	-0,035179	-0,035179
	t değeri	-33,35	-33,35	-33,35	-33,35
MALİYET	Katsayı	--	-0,174512	-0,174512	-0,174512
	t değeri	--	-16,41	-16,41	-16,41
KİŞİ BAŞI OTO	Katsayı	--	5,284298	--	--
	t değeri	--	12,18	--	--
ARAÇ DIŞINDA GEÇEN SÜRE	Katsayı	--	--	--	--
	t değeri	--	--	--	--
BÖLGE İÇİ KUKLA DEĞİŞKEN	Katsayı	1,672419	--	--	--
	t değeri	26,54	--	--	--
MODEL İSTATİSTİKLERİ					
L (0)		-17012,60440			
L (β)		-11030,14655			
-2[L (0) - L (β)]		11964,91570			
Asimptotik olarak ρ2		0,351649			
Uyarlanmış ρ2		0,351237			

Türel seçim modellerinde yolculuk üzerinde olumsuz etkisi olacak, mesafe, ücret ve yolculuk süresi gibi parametrelerin işaretlerinin negatif buna karşı otomobil sahipliği, gelir gibi değişkenlerin işaretlerinin ise pozitif olduğu görülmektedir. Bunun anlamı kişi gelirinin ve araç sahipliğinin artması ile otomobil kullanımının artacağıdır. Ancak herhangi bir ulaşım türünün yolculuk sürelerinin ve maliyetlerinin artması durumunda bu ulaşım türünün seçilme ihtimali azalmaktır (Ortuzar ve Willumsen, 2001).

Parametrelerin anlamlılığı bakımından t-testi sonuçlarına baktığımızda elde edilen parametrelerin hemen hemen hepsinin 2'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu da parametrelerin model yapısı içinde istatistiksel olarak (%95 güvenirlikte) anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Kurulan modellerin anlamlılığının test edildiği diğer parametreler de Tablo 5.30'da görülmektedir. L (0) değeri türel seçim modelindeki bütün parametrelerin "0" alınması durumundaki Log Olasılık değerini göstermektedir. L (β) ise kalibre edilen model parametre değerlerinin kullanılması halindeki Log olasılık değerini verir.

$-2[L(0) - L(\beta)]$ istatistiği asimptotik olarak χ^2 (ki-kare) dağılımı ile dağılmıştır ve $H_0:\beta = 0$ hipotezinin test edilmesinde kullanılır. Bu durumda $-2[L(0) - L(\beta)]$ değerinin yüksek olması kullanılan parametrelerin “0”dan farklı olmasının anlamlılığı o kadar arttırmaktadır. Bulunan ki-kare değerleri modellerle ilgili boş hipotezin en az %95 güvenirlikle reddedilebileceğini göstermektedir.

Tablo 5.30. Türel seçim modellerine ilişkin anlamlılık testleri

Anlamlılık Testleri	Ev Uçlu İş	Ev Uçlu Okul	Ev Uçlu Diğer	Ev Uçlu Olm.
L (0)	-14456,27760	-17524,147020	-17012,60440	-3654,271936
L (β)	-12326,15695	-7569,158354	-11030,14655	-2653,644824
$-2[L(0) - L(\beta)]$	4260,241296	19909,977330	11964,91570	2001,254224
Asimptotik olarak ρ^2	0,147349	0,568073	0,351649	0,273824
Uyarlanmış ρ^2	0,146796	0,567673	0,351237	0,272182

Regresyon analizinde kullanılan ve modelle açıklanan toplam varyansın yüzdesini gösteren R^2 'ye benzer bir test istatistiği ρ^2 'dir. Bu istatistik modelinin açıkladığı anlamlılık fonksiyonunun logaritmasının oranını gösterir. Bu istatistik aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)} \quad (5.11)$$

Bu istatistiğin en faydalı kullanım alanı aynı bilgi kullanılarak yapılan değişik modellerin karşılaştırılmasıdır. Ve göreceli olarak ve önemli bir iyileştirme yapıldığı konusunda bir bilgi verir. Uyarlanmış ρ^2 , bu istatistiğin kullanılan parametre sayısına göre düzeltilmesinden elde edilir. (Ortuzar ve Willumsen, 2001).

Hesaplanan parametreler kullanılarak elde edilen türel seçim modelinin sonuçları Tablo 5.31'de görülmektedir. Buradan, toplulaştırılmış ölçekte beklendiği gibi, neredeyse tam bir uyum sağlandığı görülmektedir.

Tablo 5.31. Model ve anket değerlerinin türlere göre karşılaştırılması

EV UÇLU İŞ YOLCULUKLARI				
	Model	Anket	Model (%)	Anket (%)
Yaya	146.374	129.379	19,90	20,05
Servis	247.144	215.117	33,60	33,34
Özel Oto	180.837	156.502	24,59	24,26
Toplu Taşıma	161.153	144.179	21,91	22,35
Toplam	735.508	645.177	100,00	100,00
EV UÇLU OKUL YOLCULUKLARI				
	Model	Anket	Model (%)	Anket (%)
Yaya	563.843	507.170	71,73	72,96
Servis	94.651	77.840	12,04	11,20
Özel Oto	20.294	16.601	2,58	2,39
Toplu Taşıma	107.315	93.515	13,65	13,45
Toplam	786.102	695.126	100,00	100,00
EV UÇLU DİĞER YOLCULUKLAR				
	Model	Anket	Model (%)	Anket (%)
Yaya	342.694	278.411	39,29	39,27
Servis	12.711	10.220	1,46	1,44
Özel Oto	248.527	198.515	28,49	28,00
Toplu Taşıma	268.343	221.839	30,76	31,29
Toplam	872.275	708.985	100,00	100,00
EV UÇLU OLMAYAN YOLCULUKLAR				
	Model	Anket	Model (%)	Anket (%)
Yaya	44.282	42.174	25,03	25,81
Servis	11.098	10.050	6,27	6,15
Özel Oto	93.216	84.531	52,69	51,73
Toplu Taşıma	28.333	26.664	16,01	16,32
Toplam	176.930	163.419	100,00	100,00

Tablo 5.32’de model ve gerçek türel dağılım karşılaştırmaları her seyahat amacı ve her sektör için ayrı ayrı verilmiştir. Bu tablodan görüldüğü gibi, genelde bütün ilçelerde iyi bir uyum sağlanmıştır. Ev uçu olmayan seyahatlerde ki bunlar seyahat amacı açısından en heterojen olan sınıftır, modelle gerçek türel dağılım arasında, diğer seyahat amaçlarına göre biraz daha fazla fark vardır. Ancak bu seyahat sınıfının, karakteri çok değişik seyahatleri (örneğin işle ilgili seyahatler, iş alışveriş seyahatleri, özel iş seyahatleri gibi) kapsamı açısından normal olarak beklenen bir sonuçtur. Ayrıca bu seyahatler tüm seyahatlerin sadece %8’ini meydana getirdiğinden bu sınıfta yapılan bu ölçekteki hataların tüm yolculukları çok fazla etkilemeyeceği açıktır.

Tablo 5.32. Model ve gözlem değerlerinin sektörlerle ve amaçlara göre dağılımı

SEKTÖR	TÜR	Ev Uçlu İş		Ev Uçlu Okul		Ev Uçlu Diğer		Ev Uçlu Olmayan	
		Model %	Gözlem %	Model %	Gözlem %	Model %	Gözlem %	Model %	Gözlem %
İzmit	Özel Oto	26,6	27,7	3,3	3,0	29,9	27,3	54,6	47,6
	Yaya	17,1	20,9	67,5	68,2	35,8	36,3	21,8	27,5
	Servis	32,4	23,8	13,4	10,0	1,4	1,2	6,4	5,6
	Toplu Taşıma	23,9	27,6	15,9	18,8	33,0	35,2	17,2	19,3
Gölcük	Özel Oto	26,1	28,5	3,1	2,70	31,6	32,8	52,8	48,7
	Yaya	21,7	21,9	69,6	70,0	36,3	40,3	25,6	28,6
	Servis	31,8	30,4	14,2	13,7	1,6	1,3	6,4	8,1
	Toplu Taşıma	20,4	19,2	13,1	13,6	30,6	25,6	15,2	14,6
Gebze	Özel Oto	22,0	19,2	1,6	1,4	25,1	23,1	49,1	58,0
	Yaya	22,1	20,9	77,3	80,2	45,4	47,1	30,4	25,0
	Servis	35,5	42,5	9,7	11,1	1,4	1,6	6,0	5,6
	Toplu Taşıma	20,4	17,3	11,4	7,3	28,1	28,2	14,5	11,4
Kocaeli Geneli	Özel Oto	24,6	24,3	2,6	2,4	28,5	28,0	52,7	51,7
	Yaya	19,9	20,1	71,7	73,0	39,3	39,3	25,0	25,8
	Servis	33,6	33,3	12,0	11,2	1,5	1,4	6,3	6,1
	Toplu Taşıma	21,9	22,3	13,7	13,5	30,8	31,3	16,0	16,3

5.7. Yolculuk Atama Modeli

Yolculuk atama modelinin amacı, daha önceki aşamalarda hesaplanan yolculuk matrislerinin ilgili ulaştırma şebekesine atanarak, mevcut şebekede veya değişik alternatifleri içeren gelecek şebekelerinde olası ulaşım sorunlarının tespit edilmesidir. Bu aşamada yolculukların başlangıç ve son noktaları arasında hangi güzergâhların kullanılacağı belirlenmektedir.

5.7.1. Karayolu Ataması

Tüm yolculukların başlangıç ve bitişleri ve kullandıkları ulaşım türlerinin tahminleri sağlandıktan sonra söz konusu yolculukların kullandıkları güzergâhların belirlenmesi ve çalışmanın temel hedefine erişmek amacı ile atamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda en önemli konu başlığı Karayolu Ataması olup söz konusu atama “otomobil birim” cinsinden yapılmaktadır. Bu nedenle bu aşamaya kadar yolcu cinsinden gelen tüm matrisler doluluk oranları kullanılarak özel araçlar ve

servis matrisine oradan da otomobil birim cinsinden otomobil matrisine dönüştürülmüştür. Karayolu şebekesi üzerine yapılan atamalar genellikle zirve saat için yapılır. Böylece en yoğun trafik saati için yaşanan ve ileride yaşanacak sorunlar ortaya konarak çözüm yöntemleri aranır. Yapılan hane halkı anketlerinde zirve saat sabah 07:30-08:30 olarak bulunmuştur. Günlük yolculuklar sabah zirve saat için küçültülerek karayolu şebekesine yüklenmiştir. Atama sonuçlarından elde edilen birçok değişken (en kısa yol mesafesi, süre vb.) üretim modelleri dışında tüm model çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu nedenle teorik olarak atama sonuçlarındaki herhangi bir değişiklik dağılım ve türel seçim modellerinin sonuçlarını da etkileyebilmektedir. Bunlar da atama sonuçlarını değiştirebilmektedir. Dolayısıyla yolculuk üretim/çekim, dağıtım, türel seçim ve atama model süreci dengenin sağlanabilmesi için bir veya birkaç sefer tekrar edilir.

Bu çalışma kapsamında da tekrarlanan bir model süreci oluşturulmuş olup, her bir atama sonucu ortaya çıkan değişkenler (süre vb.) tekrar dağılım ve türel seçim modellerinde kullanılmış ve yeni bir atama ile sonuçlandırılmıştır. Ve döngü bu şekilde belirli bir denge sağlayıncaya kadar sürdürülmüştür.

Atamada kullanılan yöntem “Equilibrium (Denge)” atama yöntemidir. Bu yöntem temel olarak ulaşım ağ üzerinde olası tüm güzergâhlarda bir maliyet dengesi oluşturmaktır. Bu tür çalışmalarda en önemli güzergâh maliyeti zamandır. Daha önceki dağılım modeli kısmında belirtilen direnimsizlik fonksiyonu zaman maliyetini göstermektedir. Ancak burada yer ağın hızından gelen zaman değişkeninin bir yol ağı üzerindeki hacim artması ile kapasite doğrultusunda değişmesi gerekmektedir.

Bu değişimin hesaplanabilmesi için BPR fonksiyonu olarak da geçen ve Bureau of Public Roads tarafından geliştirilen link kapasite fonksiyonudur. Aşağıda yer alan fonksiyondaki değişkenler için 2007 yılında İstanbul için hazırlanan “Link Kapasite Fonksiyonlarının Geliştirilmesi” (Ergün ve diğ., 2007) çalışmasından faydalanılmış ve buradaki katsayılar kullanılmıştır. BPR fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$(BPR) \quad t_{cur} = t_0 \cdot (1 + \alpha \cdot sat^b) \quad (5.12)$$

$$sat = q/q_{max} \quad (5.13)$$

- t_{cur} : Sıkışıklık seyahat süresi,
 t_0 : Serbest-akım seyahat süresi,
 q : Atanan seyahat hacmi,
 q_{max} : Linkin kapasitesi (oto-birim/yön),
 α, β : Hacim/gecikme katsayıları.

Bu denklem kapsamında Serbest akım hızları ve Kapasite değerleri daha önceden hazırlanan yol ağı türlerine göre ayrı ayrı tanımlanmıştır. α, β katsayıları için adı geçen çalışmada yer alan değerler kullanılmıştır (Tablo 5.33).

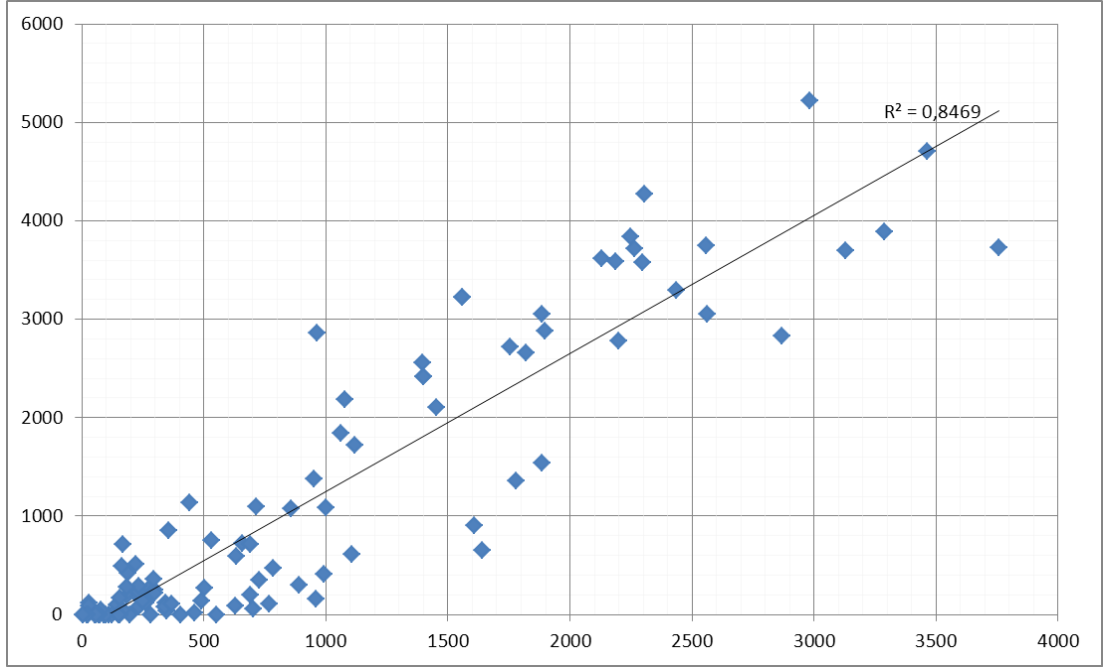
Tablo 5.33. Link kapasite fonksiyonu katsayıları – yol ağı türlerine göre

	α	β
Otoyollar	1,00	3,84
Kent içi Hız Yolları	0,16	3,84
Diğer arterler	0,92	3,46

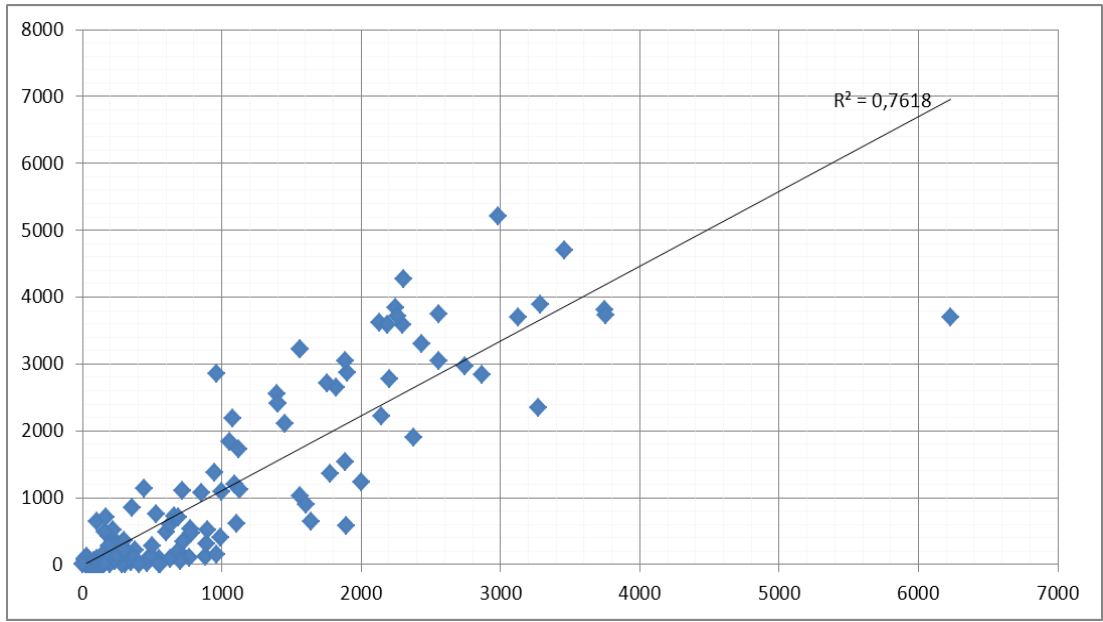
Atama prosedürü kapsamında ortaya çıkan atamalar sonuçlar daha önce sahadan elde edilen trafik sayım sonuçları ve hız etütleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar doğrultusunda ağ yapısı üzerinde gerek duyulan fiziki düzeltmeler yapılarak gerçek değerlere erişim için atamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayım çalışmaları ile atama sonuçları karşılaştırması 3 grup halinde yapılmıştır. Öncelikle perde sayımları sonuçları karşılaştırılmış ve korelasyon katsayı $R^2=0,85$ olarak bulunmuştur. Perde ile birlikte kordon sayımları da dikkate alınmış ve sonuç olarak $R^2=0,76$ olarak bulunmuştur. Bu sayımlara yakalanması görece daha zor olan kavşak sayımları da eklenmiş ve sonuç olarak $R^2 = 0,71$ olarak bulunmuştur (Tablo 5.34). Genel olarak bu sonuçlar yeterli görülerek kalibrasyon sonlandırılmıştır.

Tablo 5.34. Trafik sayım sonuçları ile atama sonuçları karşılaştırması

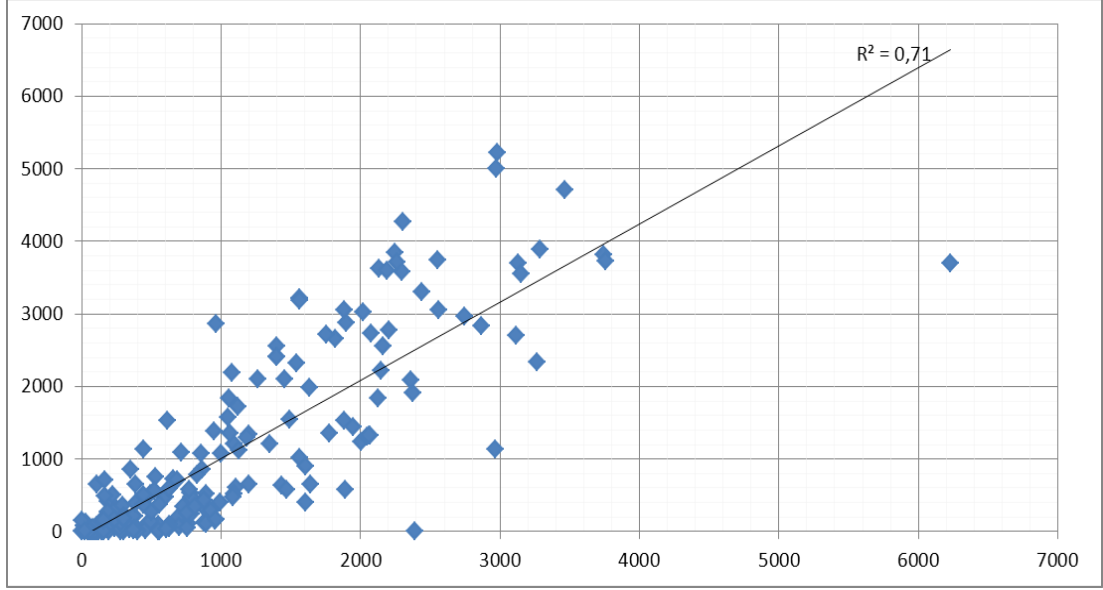
	R^2
Perde Sayımları	0,8469
Perde ve Kordon Sayımları	0,7618
Perde, Kordon ve Kavşak Sayımları	0,710



Şekil 5.11. Karayolu ataması – perde sayımları karşılaştırması



Şekil 5.12. Karayolu ataması – perde ve kordon sayımları karşılaştırması



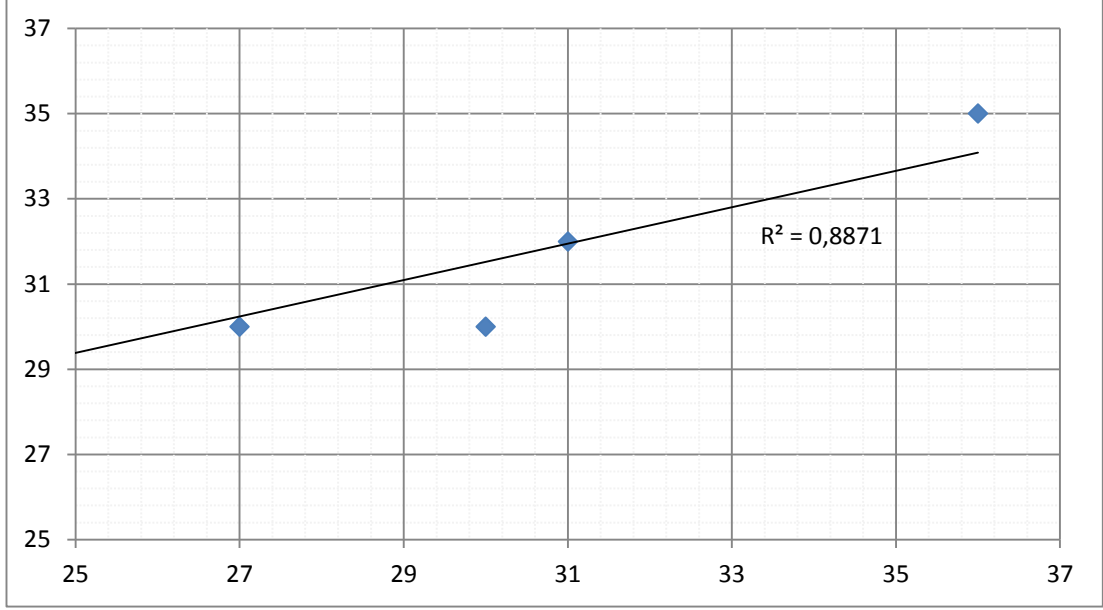
Şekil 5.13. Karayolu ataması – perde, kordon ve kavşak sayımlarının karşılaştırması

Trafik sayımları ile atama sonuçlarının karşılaştırmasının yanı sıra atama sonucu ortaya çıkan hızlar ile gerçek durumdaki gözlenen hızlarının karşılaştırması bir başka kalibrasyon kriteridir. Bu kapsamda detayları daha önce aktarılan hız etütleri sonuçları ile model ağ üzerinde aynı güzergâhlardaki ataması sonrası hızlar karşılaştırılmış ve bu doğrultuda kavşak gecikmeleri yeniden düzenlenmiştir. Üst bölgelerde ve iki istikamette yapılan hızların karşılaştırması Tablo 5.35 ve Şekil 5.14’de verilmiştir.

Bölgelerde bulunan hızlarda korelasyon katsayısı $R^2=0,887$ gibi oldukça iyi bir sonuç olarak bulunmuştur.

Tablo 5.35. Karayolu ataması hızları ile gözlemlenen hızların karşılaştırması

ETÜT YÖNÜ	GÖZLEMLENEN HIZ (KM/H)	ATAMA HIZI (KM/H)
Gölcük Batı	30	30
Gölcük Doğu	31	32
İzmit Batı	27	30
İzmit Doğu	36	35
Gebze Batı	23	29
Gebze Doğu	21	28
Ortalama	28	31



Şekil 5.14. Karayolu Ataması ile Gözlemlenen Hızların Karşılaştırması

Mevcut karayolu ağında yer alan bölünmüş ya da bölünmemiş olması göz önüne alınarak, her karayolu ağı için kapasite değerleri belirlenmiştir. Bu değerlere göre karayolu ağının hacim/kapasite değerleri Tablo 5.36'da verilmiştir.

Tablo 5.36. Mevcut hacim/kapasite değerleri

		HACİM /KAPASİTE ORANLARI					TOPLAM
		0,00-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,50	>1,50	
YOL AĞI TÜRÜ (km)	Otoyollar	47,08	80,89	78,80	6,84	0,74	214,35
	Kentiçi Hız Yolları	166,79	54,06	45,58	23,33	3,73	293,49
	1. Derece Anaarterler	753,95	26,99	18,48	6,23	0,00	805,65
	2. Derece Anaarterler	1874,22	26,81	6,44	1,94	0,02	1909,43
	Kentiçi Yollar	3013,08	5,77	6,25	1,75	0,00	3026,84
	TOPLAM	5855,11	194,51	155,56	40,08	4,49	6249,76

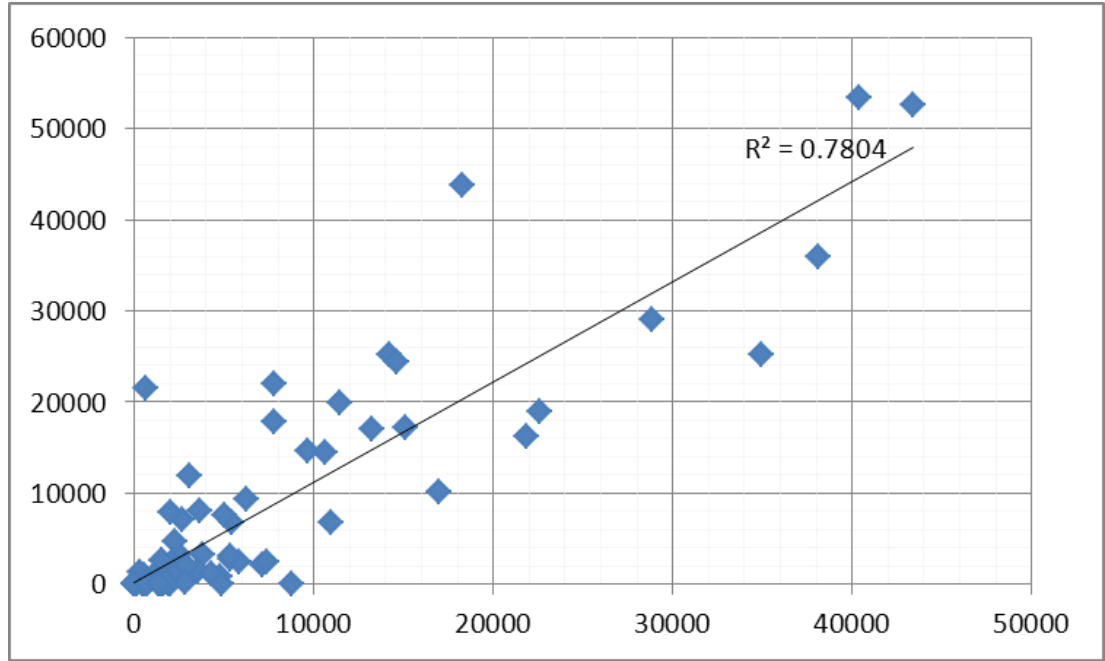
5.7.2. Toplu taşıma ataması

Toplu taşıma araçlarında herhangi bir algoritma kullanmaksızın şebeke üzerine atama öncesi yüklenir ve yol ağında kullandıkları alan kadar kapasite değerleri düşürülür. Böylece karayolu linklerindeki hacim değerleri, hat uçlu bindi verileri ve duraklardaki indi-bindi sayıları hesaplanmaktadır. Toplu taşıma hatlarında ise karayolu atamasından farklı olarak daha çok günlük atamalar kullanılır. Günlük atama

yapmakta amaç hatların günlük taşıdıkları yolcu sayısı değerlendirilerek verimli çalışmayan güzergâhların yeniden değerlendirilmesini yapabilmektir.

Toplu taşıma ataması çalışmalarında mevcut hatların ticari hızları ayrı ayrı tanımlanmış ve bu doğrultuda mevcut durumun gerçeğe en yakın ölçekte tanımlanması amaçlanmıştır. Tüm toplu taşıma hatlarının zaman çizelgeleri ayrıntılı olarak sisteme girilmiş ve güzergâh seçimleri için zaman çizelgesine dayalı bir atama yapılması sağlanmıştır.

Atama sonuçları yolcu sayımları ile de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları doğrultusunda gerek duyulan noktalarda fiziki düzeltmeler yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Şekil 5.15’de gözükmekte olup $R^2 = 0,78$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.15. Toplu Taşıma Atama Sonuçları-Yolcu Sayımlarının Karşılaştırması

5.8. Ulaşım Planlama Verileri

Bu çalışmada, Kocaeli Ulaşım Ana Planı tarafından hedef yılı 2025 e ait veriler, Nazım İmar Planları ve Çevre Düzeni Planı projeksiyonları doğrultusunda tahmin edilmiş ve trafik analiz bölgeleri bazında mekânsal dağılımı yapılan veriler kullanılmıştır. Yapılan bu projeksiyon verilerine dayanılarak gelecekte oluşması muhtemel problemler için çözüm önerileri geliştirilmiş ve özellikle de ana toplu taşıma sistemi seçiminde kullanılmıştır.

5.8.1. Nüfus tahmini

Ulaşım ana planı çalışmasında nüfusunun tahmini ve trafik bölgelerine dağılımı 1/5.000 Nazım İmar Planları arazi kullanım kararlarına dayanılarak yapılmıştır. Nazım İmar Planlarında mevcut ve gelişme konut alanlarının kapasitesi 3.900.000 kişi olarak hesaplanmaktadır. Nüfusun ilçe bazlı dağılımı yapılırken yine nazım planında kabul edilen konut alanları ve yoğunlukları dikkate alınmıştır (Tablo 5.37).

Tablo 5.37. İlçelere göre nüfus dağılımı

İLÇE	NÜFUS (2010)	NÜFUS (2025)
Derince	119.965	171.783
İzmit	289.137	564.350
Kandıra	13.895	70.000
Kartepe	83.657	293.839
Körfez	127.908	326.535
Başiskele	62.719	343.493
Gölcük	131.120	293.489
Karamürsel	45.750	86.511
Çayırova	83.926	377.079
Darıca	143.359	383.733
Dilovası	42.475	177.668
Gebze	284.578	811.520

5.8.2. İşgücü ve istihdam tahminleri ve dağılımı

Ana plan çalışan nüfusu ve iş olanaklarını, Türkiye'deki istihdamın artış hızını göz önüne alarak hesaplamıştır. 2025 işgücü değerleri için Türkiye geneli için hesaplanan istihdam oranı dikkate alınmıştır. Fakat burada il bazında ayrı bir ölçüm olmadığından bazı kabuller yapılarak ve nazım imar planındaki nüfus yoğunlukları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İstihdamda da aynı şekilde işgücüne göre dağıtım yapılmıştır (Tablo 5.38).

Tablo 5.38. 2025 yılı işgücü ve istihdam tahminleri

İLÇE	ÇALIŞAN 2025	İSTİHDAM 2025
Derince	68.713	39.861
İzmit	225.740	265.668
Kandıra	28.000	14.851
Kartepe	117.536	176.725
Körfez	130.614	92.871
Başiskele	137.397	149.005
Gölcük	117.396	65.405
Karamürsel	34.604	20.706
Çayırova	150.832	115.736
Darica	153.493	81.900
Dilovası	71.067	172.946
Gebze	324.607	440.445
TOPLAM	1.559.999	1.636.119

5.8.3. Öğrenci sayıları tahmini

Çalışmanın hedef yılı olarak seçilen 2025 yılına ilişkin öğrenci sayıları ulaşım ana planında, nüfus gelişimi ve Nazım İmar Planı arazi kullanım kararlarına göre belirlenmiştir Hane halkı anketleri sonuçlarına göre 2010 yılında Kocaeli’nde 352.969 öğrenci yaşamaktadır (Tablo 5.39).

Tablo 5.39. Trafik analiz bölgelerine göre 2025 yılı öğrenci sayıları tahmini

İLÇE	HANEDEKİ ÖĞRENCİ	HANEDEKİ ÖĞRENCİ	OKULDAKİ ÖĞRENCİ	OKULDAKİ ÖĞRENCİ 2025
Derince	27.991	42.456	18.648	49.284
İzmit	68.396	139.474	90.653	210.216
Kandıra	3.912	17.301	6.343	12.737
Kartepe	19.804	72.625	18.156	96.177
Körfez	34.486	80.702	30.393	60.113
Başiskele	15.425	84.891	15.963	63.851
Gölcük	31.008	72.532	25.671	61.724
Karamürsel	10.582	21.380	9.836	37.474
Çayırova	20.494	93.196	17.240	45.170
Darica	35.708	94.836	29.094	48.551
Dilovası	11.814	43.908	10.186	29.806
Gebze	73.349	200.562	60.295	192.680
TOPLAM	352.969	963.863	332.478	907.783

Tablo 5.39’ da görüldüğü gibi 2025 yılında hanedeki öğrenci sayısı 936.863 kişi olarak hesaplanmıştır. 2010-2025 yılları arasındaki nüfus artış hızı kullanılarak bu rakamlara ulaşılmıştır. Trafik bölgelerine dağıtımında yine nüfuslar dikkate alınmıştır.

5.8.4. Gelir dağılımı

2025 yılına ait gelir ve bu gelirin dağılımı tahminleri yapılırken, ulaşım ana planı tarafından anket çalışmasından elde edilen Kocaeli ortalama hane halkı geliri ve 2009 yılında yapılan Gelir ve Yaşam Araştırması’nda Türkiye geneli için tespit edilen ortalama hane halkı gelir değerleri arasında bir oran kurulmuştur. Hane halkı anketi sonucuna göre Kocaeli için 2010 yılı ortalama hane halkı geliri 1.354 TL iken yapılan hesaplamalara göre 2025 yılında bu değer 2.774 TL civarına yükselecektir. Trafik bölgelerine ait 2025 yılı ortalama Hane halkı gelir tahminleri Tablo 5.40’da verilmektedir.

Tablo 5.40. Trafik bölgelerine göre gelir tahminleri

İLÇE	ORTALAMA GELİR-2010 (TL)	ORTALAMA GELİR-2025 (TL)
Derince	1.501	3.121
İzmit	1.491	3.201
Kandıra	0.127	2.346
Kartepe	1.359	2.668
Körfez	1.284	2.466
Başiskele	1.378	2.849
Gölcük	1.474	2.897
Karamürsel	1.399	2.634
Çayırova	1.171	2.270
Darıca	1.290	2.713
Dilovası	1.132	2.191
Gebze	1.258	2.537
TOPLAM	1.234	2.470

5.8.5. Otomobil sahipliliği

Araç sahipliliği tahminleri yapılırken, bölge bazında mevcut gelir ve araç sahipliliği arasında regresyon kurularak hesaplanmıştır. Tablo 5.41’de Otomobil sahipliliği için; Kocaeli Ulaşım Ana Planı Hane Halkı Ulaşım Anketleri Çalışmasından elde edilen 2010 verileri ve regresyon denklemi ile hesaplanan 2025 verileri yer almaktadır. 2025’de otomobil sayısı 160.178’den 996.776’ya yükselirken, bin kişiye düşen otomobil sayısı 112’den 218’e çıkmıştır.

Tablo 5.21. Otomobil sahipliliği tahmini

İLÇE	OTOMOBİL SAYISI 2025	BİN KİŞİYE DÜŞEN OTO
Derince	42.547	248
İzmit	139.131	247
Kandıra	13.858	198
Kartepe	66.141	225
Körfez	77.945	239
Başiskele	81.796	238
Gölcük	67.615	230
Karamürsel	21.054	243
Çayırova	64.618	171
Darıca	78.620	205
Dilovası	35.035	197
Gebze	161.215	199
KOCAELİ	849.575	218

5.8.6. Gelecekteki ulaşım taleplerinin tahmini

2025 yılı için Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan Nazım Plan'da öngörülen arazi kullanım yapısına bağlı olarak bölgesel bazda belirlenen nüfus, istihdam ve öğrenci sayılarına, gelecekteki hareketlilik, özel araç sahipliliği gibi yolculuk ve planlama parametrelerine bağlı olarak stratejik düzeyde geliştirilen öneri ulaşım sistemi alternatifleri üzerinde ortaya çıkması beklenen ulaşım talepleri 2010 yılında kalibre edilen model kullanılarak tahmin edilmiştir. 2025 yılında mevcut ulaşım sistemi üzerinde ortaya çıkması beklenen ulaşım talepleri belirlenmiştir. 2025 yılı için mevcut durumun kalibrasyonu sırasında hesaplanan üretim çekim modelleri kullanılarak geleceğe ilişkin üretim çekim değerleri yolculuk amaçlarına göre hesaplanmıştır. Tablo 5.42'de hesaplanan yolculuk değerleri ve hareketlilik oranları görölmektedir.

Tablo 5.42. Yolculuk değerleri ve hareketlilik oranları

Yolculuk Tipi	Yolculuk Değerleri		Brüt Hareketlilik Oranları	
	2010	2025	2010	2025
Ev Uçlu İş	648.151	2.810.822	0,45	0,72
Ev Uçlu Okul	695.294	2.131.908	0,49	0,55
Ev Uçlu Diğer	710.953	2.752.549	0,50	0,71
Ev Uçlu Olmayan	155.200	765.078	0,11	0,20
Toplam	2.209.599	8.460.358	1,55	2,17

Tabloya göre toplam yolculuk sayısının, üç katın üzerinde artış gösterdiği görülmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden biri 2025 yılı hedeflerinde nüfus değerinde yaşanması beklenen önemli artıştır.

Gelecekteki yolculuk matrislerinin belirlenmesi için en temel verilerden biri, kişi başına günlük ortalama yolculuk sayısı, yani hareketlilik değeridir. Bu değer 2010 yılı için 1,55 olarak belirlenmiştir. Yolculuk hareket değeri; gelir, otomobil sahiplilik oranının artması ve ulaştırma altyapısındaki gelişmeler nedeniyle, yıllar içerisinde artış göstermektedir. Kocaeli için 2025 yılında hareketlilik oranının 2,17'ye yükseleceği hesaplanmıştır.

6. SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Toplu taşıma sistemlerinden hangisinin şehir için en uygunu olduğu konusu her zaman çok zor ve konunun teknik uzmanları tarafından bile cevabı çok net olarak verilememektedir. Toplu taşıma türleri hattın işletileceği güzergâh özellikleri, teknolojik ve işletme özelliklerine göre kategorize edilmektedir (ITE, 2009). Toplu taşıma sistemlerinin kapasitesine göre üç grup altında toplu taşıma seçenekleri incelenebilir. Birinci grupta yüksek kapasiteli ağır metro ve banliyö trenleri gibi çok sayıda yolcu taşıyabilecek sistemler vardır. İkinci grupta orta ölçekli kapasiteler sunan hızlı otobüs taşımacılığı (BRT), hafif raylı istem(LRT), monoray, tramvay, otomatik yolcu taşıyıcılar vb. sistemler vardır. Değişik ölçekteki otobüslerle de istenen ölçüde düşük kapasiteli taşımacılık yapılabilir. Kocaeli ölçeğindeki birçok şehirde otobüsler toplu taşımanın ana unsurudur. Raylı sistemler şehirlerimiz için geliştirilse bile otobüs birçok tali hatlarda ya da raylı sistemlere besleyici hat olarak devam etmesi kaçınılmazdır. İstanbul ve daha çok Latin Amerika ülkelerindeki şehirler olmak üzere birçok şehirde işletilmeye başlanmış BRT sistemleri genel olarak otomobillerin kullanımındaki alandan pay alarak toplu taşımanın daha aktif ve tercih edilir hale gelmesini sağlamıştır. Bazı şehirlerde, özellikle yer konusunda problemlerin olduğu şehir merkezlerinde ya da odak toplu taşıma merkezleri arasında monoray sistemleri de bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Son zamanlarda, çok sayıda büyük ölçekli monoraylı toplu taşıma sistemleri inşa edilmiş, bazıları da inşa edilmekte veya planlama safhasındadır. Raylı sistemler ise trafik sıkışıklığını azaltmak ve daha yüksek kapasite sunabilmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk yapım maliyetlerinin yüksekliği ve özel ve korunaklı bir hat ihtiyacı önemli dezavantajlar olarak göze çarpmaktadır.

Toplu taşıma sistemlerinin temel olarak seçiminde koridordaki talep düzeyi, güzergâh üzerindeki kamulaştırma imkânı ve seçilecek türün kapasitesi etkili olmaktadır. Ayrıca arazi durumu ve gelecekteki taleplere hem kapasite hem de konfor olarak cevap verebilecek şekilde geliştirilebilme imkânı da önemli kriterler arasındadır.

Hız, maliyet, çevreye etkisi, mevcut sistemlere uyumu ve güvenlik gibi faktörlerde ayrıca değerlendirmeye katılmalıdır. Yapılan talep tahmini sonucunda hedef yılındaki yolculuk değerleri 30.000 yolcu/saat/yön ü geçiyorsa kesinlikle ağır metro çözümleri araştırılmalıdır. (Fox, 2011)

Sistemlerin karşılaştırmasındaki en önemli kalemlerden bir tanesi de maliyet unsurudur. Bu bitmeyen bir tartışma olmakla birlikte ilk maliyetler açısından bakıldığında LRT sistemlerinin, raylar, katener sistemleri ve trafo gibi altyapıları göz önüne alındığında, otobüs sistemlerine göre daha yüksek olduğu aşikârdır. Ayrıca, LRT sistemlerinin kendine özel depo sahası ve binası ihtiyacı varken otobüs sistemlerindeki araçların bakım ve temizliği gibi işlemler mevcut tesisler kullanılarak yapılabilir. Fakat ilk maliyetlerdeki fark İstanbul benzeri tamamen kendine ait yolu dışarıya kapalı olan ve özel istasyonlar tasarlanmış sistemler göz önünde alındığında azalmaya başlar. Bu bakımdan sistem seçiminde yolculuk taleplerinin çok iyi etüt edilmesi gerekmektedir. Amerika’da yapılan araştırma Amerikan şehirlerinde bir saatlik hafif raylı sistem işletmesi için 233 dolar gerekirken bir saatlik otobüs işletmesi ise 122 dolara mal olmaktadır. Bu yüksek maliyetin ardındaki temel sebep rayların, katener sisteminin, trafolar ve sinyalizasyon sisteminin getirmiş olduğu ek maliyetler yatmaktadır. Ayrıca LRT istasyonlarının biletçi, güvenlik ve temizlikçi gibi yüksek kaliteli standartlarını muhafaza etmek içinde maliyet hanesi yükselmektedir. Elektrikle işletilen raylı sistemler açısından elektrik fiyatlarındaki dalgalanmalarda belirleyici olmaktadır.(Litman, 2015) Bu bilgiler ışığında, yolculuk talepleri hafif raylı sistemi gerektirmeden yapılacak bir LRT sistemi kaynak israfı olacaktır.

İşletme maliyetleri bakımından ise LRT’nin BRT ye göre daha düşük rakamlar sağladığı açıktır. Aynı sayıda yolcuyu taşımak için gerekli maliyet araç ve sistem özellikleri sebebi ile hafif raylı sistemde daha azdır. Düşük yolculuk taleplerinde bu fark az iken yolculuk talebi aynı koridor için arttığında hafif raylı sistem avantajlı hale gelmektedir (Bruun, 2005).

Özetle ifade etmek gerekirse toplu taşıma sistemlerinin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı özellikleri vardır. Örneğin ikili bir karşılaştırmada, LRT sistemleri sınırlı sayıda istasyon üzerinden hizmet verebilmekte fakta hizmet verdikleri bu istasyonların civarında önemli gelişmelere katkı sağlamakta, yüksek yolculuk rakamlarına izin

vermekte, yaya yolculuklarını artırmakta ve araç bağımlılığını azaltmaya önemli faydalar sağlamaktadır. BRT ise düşük istasyon maliyetleri ile daha fazla noktaya hizmet verebilmekte, fakat daha az yolculuk üretmekte ve LRT ye kıyasla arazi kullanımları üzerinde az etkisi olmaktadır. Sistemlerde kullanılan araçlar yönünden ise ilk etapta BRT araçları ucuza mal olurken işletme maliyetlerinde ise LRT uzun vadede çok daha etkili olmaktadır.

Tablo 6.1. Sistemlerin karşılaştırılması (Litman, 2015)

HIZLI OTOBÜS TAŞIMACILIĞI (BUS RAPID TRANSIT)	HAFİF RAYLI SİSTEM (LIGHT RAIL TRANSIT)
AVANTAJLARI	AVANTAJLARI
Esneklik	Yüksek talep
Özel altyapı gereksinimi yok	Yüksek konfor
Değişik hatların birleştirilmesi ile transfer ihtiyacının az olabilmesi	Daha yüksek kapasite
Düşük yatırım maliyeti	Yüksek kamuoyu desteği
Düşük işletme maliyeti(düşük taleplerde)	Düşük işletme maliyeti(yüksek taleplerde)
Toplu taşıma kullananlar tarafından yüksek kullanım	Daha iyi arazi kullanımı etkisi
Daha geniş alana hizmet imkânı	İstasyon etrafında yüksek emlak değerlenmesi
Kademeli servise alma imkânı	Daha az hava ve gürültü kirliliği
	Yüksek yolculuklar
	BRT ye göre daha yüksek yolcu memnuniyeti yüksek istasyonlar
	Şehir merkezlerini korumada ve canlandırma etkisi
	Yüksek hız ve güvenilirlik
	Daha yüksek hizmet kalitesi
	Yüksek prestij algısı
DEZAVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Düşük vatandaş ilgisi	Yüksek ilk maliyet
Düşük servis kalitesi	Federal destek azalması
Esneklik ve merkezden uzaklaşmanın negatif etkileri	Yüksek yapım maliyeti

LRT ve monoray sistemleri arasında karşılaştırma yapılırken temel kriter yine sağlanabilecek kapasite ve güzergah üzerinde yüzeydeki elverişlilik durumudur.

Hızlı otobüs sistemi- hafif raylı sistem karşılaştırması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi işletme maliyetleridir ki aynı kapasitede yolcu ele alındığında hafif raylı sistem daha düşük maliyet sağlar. Ama yolcu açısından bakıldığında sefer aralığı faktöründe ise hızlı otobüs sistemi daha sık sefer sağlayarak yolcu açısından avantaj sağlamaktadır. Türkiye de ki birçok hafif raylı sistemde sefer aralıkları 10-15 dakika civarında iken İstanbul metrobüs hattında ise bu değer zirve saatlerde 1dk hatta altına inmektedir. Fakat düşük kapasitelerde uzun sefer aralığı ile çalışan hafif raylı sistemlerde talep arttıkça rahatlıkla ilave setler ekleyerek hem sefer sıklığını artırmakta hem de hızlı otobüs sistemine göre bu artıştan ekonomik olarak daha az etkilenmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında üç farklı toplu Taşıma alternatifinin (BRT, Monoray ve LRT) performansları Kocaeli özelinde detaylı olarak incelenmiştir. Daha önce bu sistemleri kurmuş ve işletmekte olan şehirlerin tecrübeleri göz önüne alınmakla birlikte Kocaeli de yapılmış olan gelecek projeksiyonları ve bu sistemlerin muhtemel güzergâhları üzerinden çalışma yürütülmüştür.

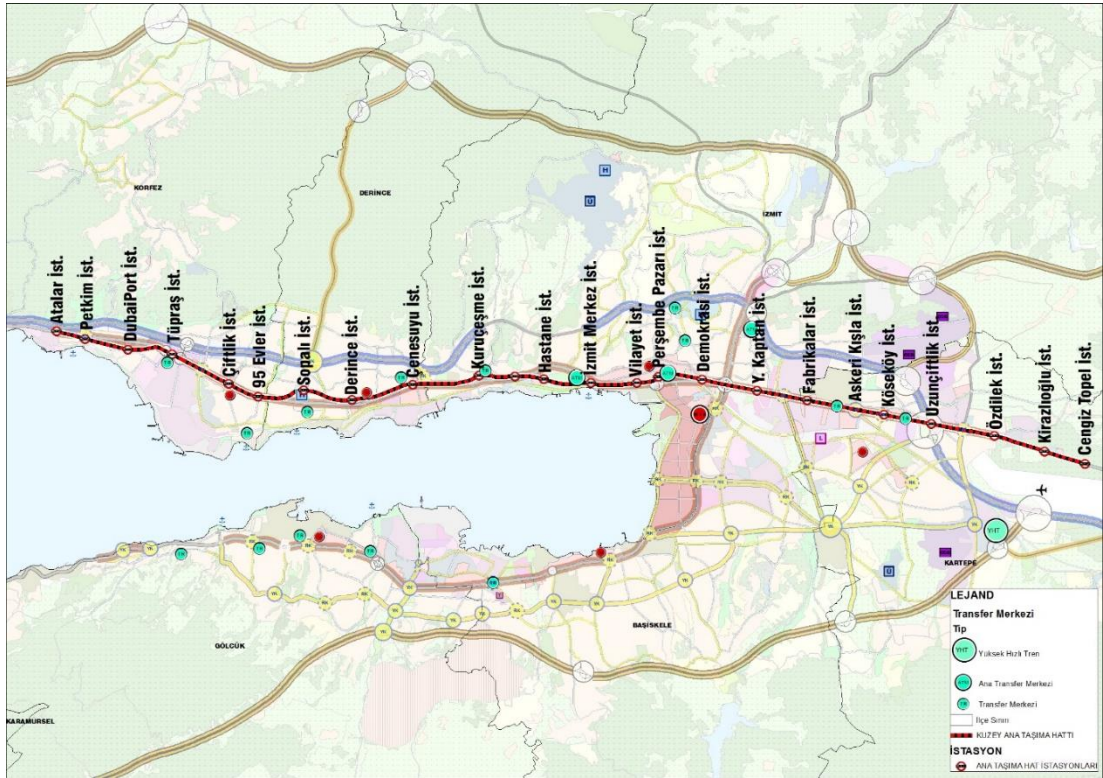
Temel olarak önceki bölümlerde geliştirilmiş olan modeller ve ulaşım ana planı kapsamında yapılan hedef yılı projeksiyonları kapsamında yapılmış olan ulaşım etüdünde, işletmenin başlaması öngörülen 2016 yılı ile 2045 yılı arasındaki dönemde proje konusu hattın kesimleri üzerinde ortaya çıkması beklenen yolculuk talepleri tahmin edilmiştir.

6.1. Yolcu Analizi

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırları için hazırlanan çalışmanın bu kısmında, oluşturulan ulaşım modeli ile belirlenen toplu taşıma ana koridorundaki yolcu talebine istinaden seçilecek sistemlerin birbirleri ile karşılaştırılması ve en iyi sistem alternatifinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu bölümde öncelikle belirlenen ana taşıma koridorundaki yolculuk taleplerinin öngörülmesi ile ilgili ulaşım etüdü aktarılacak olup sonrasında seçilecek sistemlere ilişkin performans karşılaştırmalarına yer verilecektir.

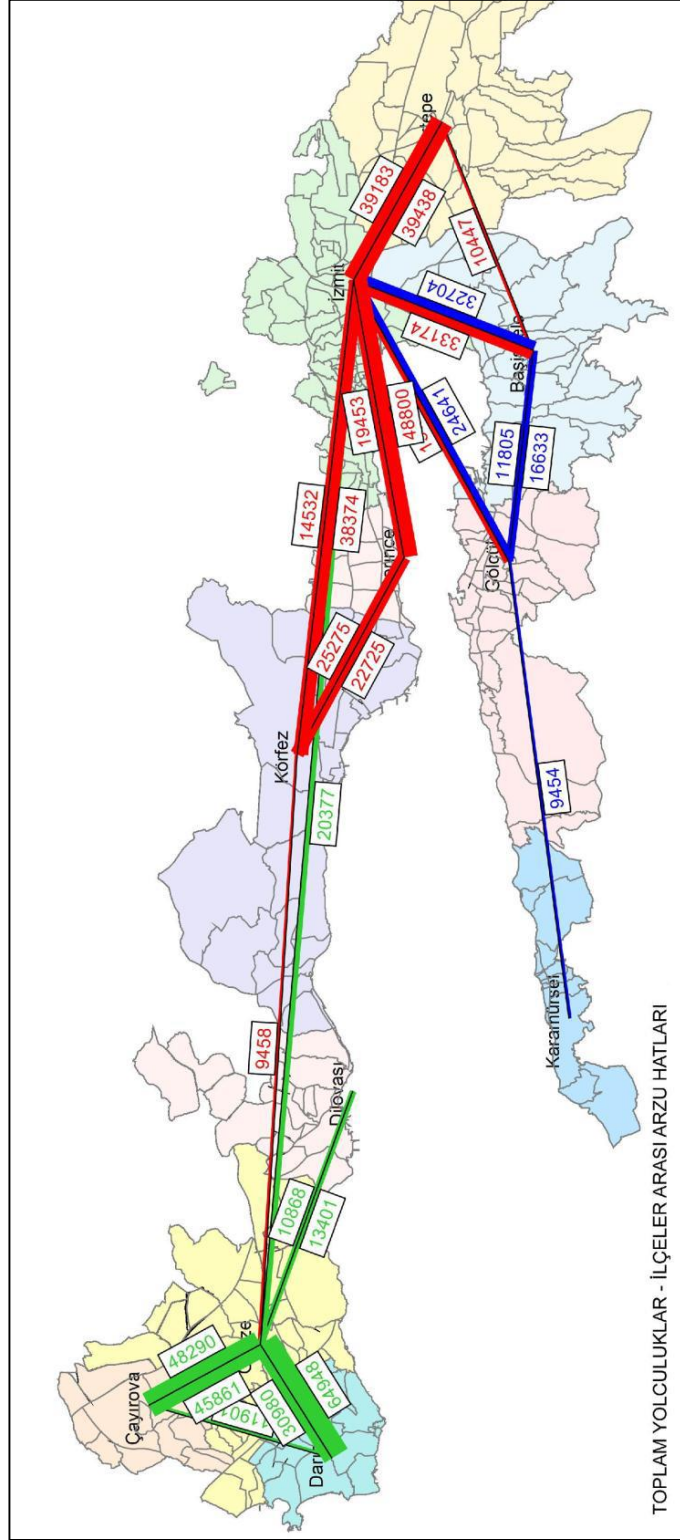
Çalışma kapsamında belirlenen ana toplu taşıma koridoru toplam 33,4 kilometre uzunluğunda ve 23 istasyondan oluşmaktadır. Şekil 6.1’de verilen güzergahın batı sınırında Körfez ilçesi doğu sınırında ise Kartepe ilçesi olmak üzere toplamda İzmit, Derince, Kartepe, Körfez ve Başiskele ilçelerine hizmet verecektir.

Ulaşım etüdünde, işletmenin başlaması öngörülen 2016 yılı ile 2045 yılları arasındaki dönem dikkate alınmış hesaplamalar bu kapsamda yapılmıştır.

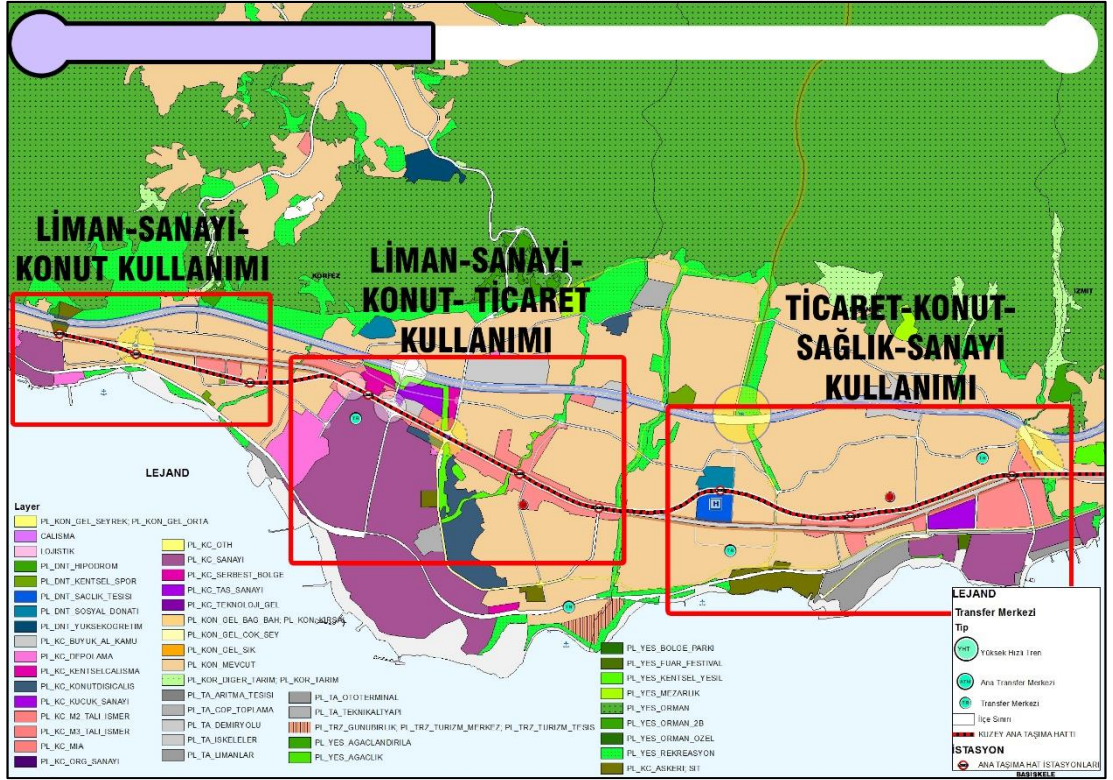


Şekil 6.1. Sistem karşılaştırması için seçilen güzergâh

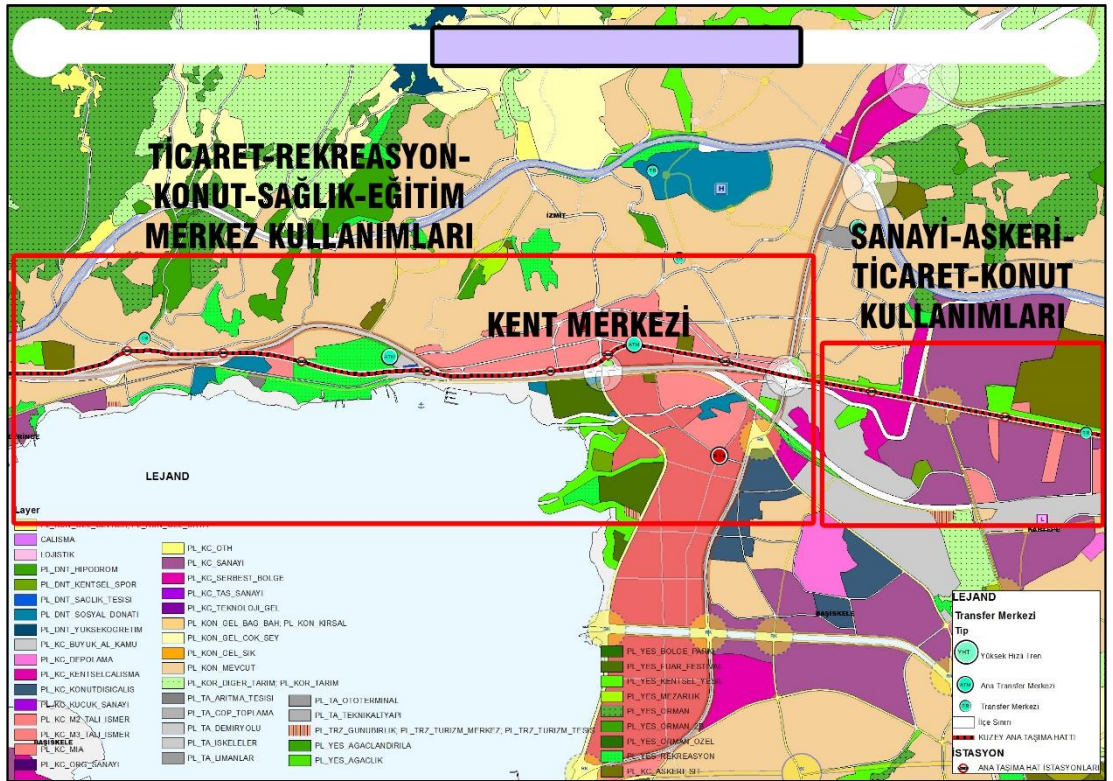
2025 yılı tahminlerine göre toplam yolculukların trafik sektörleri bazında arzu hatları verilmiştir.



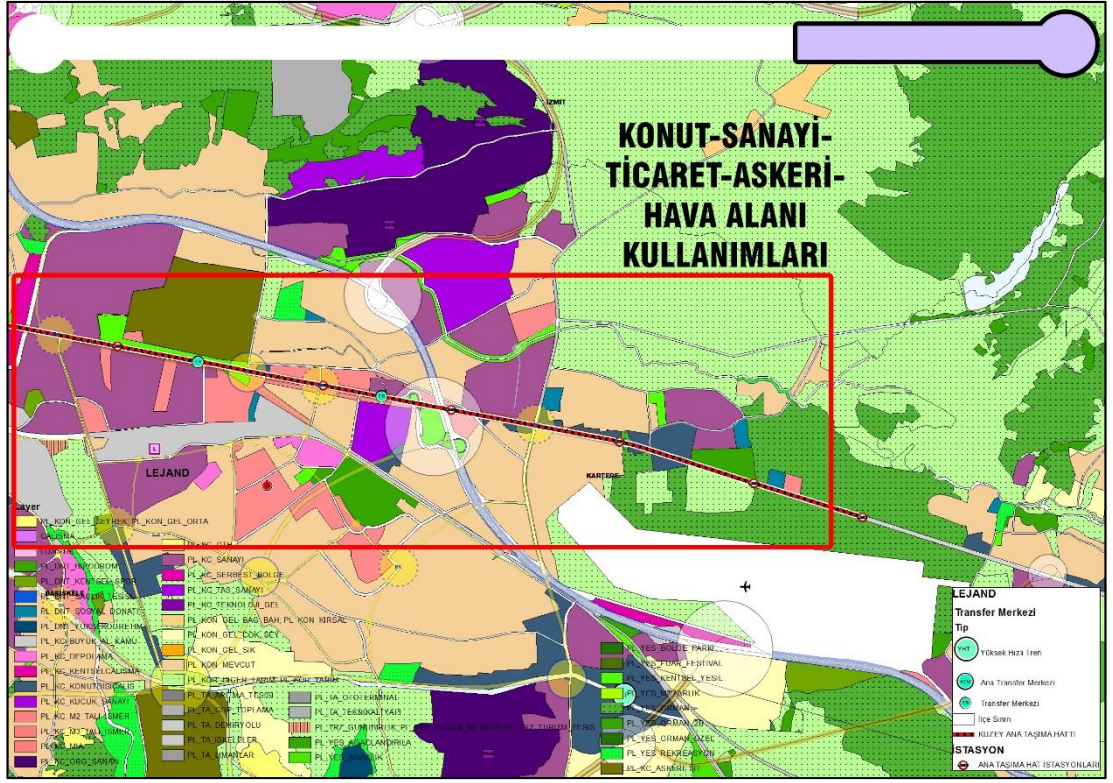
Şekil 6.2. Arzu hatlarının gösterimi



Şekil 6.3. Güzergâh boyunca arazi kullanımı (batı kısmı)



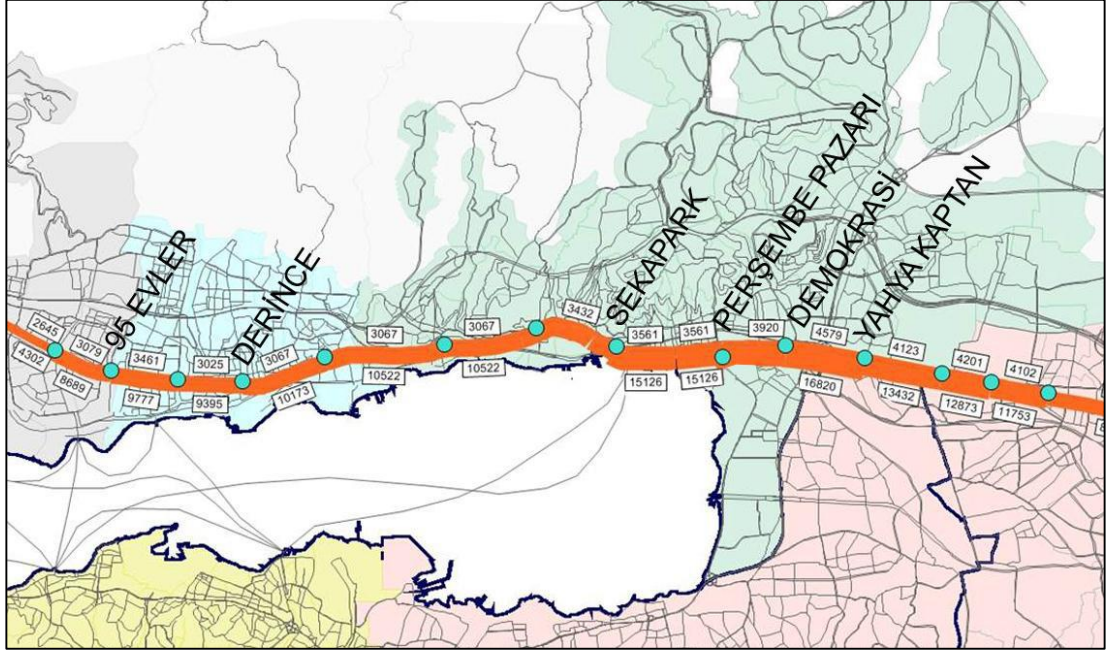
Şekil 6.4. Güzergâh boyunca arazi kullanımı (kent merkezi)



Şekil 6.5. Güzergâh boyunca arazi kullanımı (doğu kısmı)

Güzergâhın batı bölgesinde yoğun sanayi ve ticaret kullanımları ile birlikte yapılaşmış alanların da yer aldığı dikkat çekmektedir. Orta kısmında kent merkezi ve merkezi iş alanının da bulunduğu bölgenin verdiği etki ile yoğun bir yolculuk hareketi bulunmaktadır. Hattın doğu kısmında ise sanayi, konut ve ticaret fonksiyonları yer almakla birlikte doğu ucunda Cengiz Topel Havaalanı bulunmaktadır.

2025 yılı model atama sonuçları Ana Toplu Taşıma Koridoru özelinde değerlendirildiğinde söz konusu güzergâh üzerinde zirve saatteki en yüksek kesit değeri tek yönde 19.056 yolcu/saate ulaşmaktadır. Güzergâh kapsamında İzmit Merkez ve Yahya Kaptan arasındaki kesimde tüm kesitlerde yüksek değerler oluşmaktadır. Bu durum, kentin en önemli toplu taşıma omurgasının D-100 Karayolu ve yan yolları üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.6. Seçilen güzergâhın sabah zirve saat yolcu verisi (2025)

Sosyoekonomik verilerinin 2010-2025 yılları arasındaki gelişme eğilimi doğrultusunda 2030-2045 yılları için zonlar bazında projeksiyonlar yapılmış, modelle ara yıllar için yolculuk değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Seçilen güzergâhın zirve saat ve yıllık yolcu sayıları

	Gidiş	Dönüş	Toplam	Gidiş Kesit Maksimum	Dönüş Kesit Maksimum
2016	14.675	6.384	21.059	8.818	2.753
2017	16.567	7.208	23.775	9.956	3.108
2018	18.454	8.029	26.483	11.090	3.461
2019	20.336	8.847	29.183	12.221	3.814
2020	22.213	9.664	31.877	13.349	4.167
2021	24.086	10.479	34.565	14.474	4.518
2022	25.956	11.292	37.248	15.598	4.869
2023	27.822	12.104	39.926	16.719	5.219
2024	29.684	12.914	42.599	17.838	5.568
2025	31.711	13.796	45.508	19.056	5.948
2026	31.890	13.874	45.764	19.164	5.982
2027	32.011	13.926	45.937	19.236	6.004
2028	32.185	14.002	46.188	19.341	6.037
2029	32.364	14.080	46.444	19.449	6.071
2030	32.484	14.133	46.617	19.521	6.093
2031	32.659	14.209	46.868	19.626	6.126

Tablo 6.2. (Devam) Seçilen güzergâhın zirve saat ve yıllık yolcu sayıları

	Gidiş	Dönüş	Toplam	Gidiş Kesit Maksimum	Dönüş Kesit Maksimum
2032	32.838	14.286	47.124	19.733	6.159
2033	32.958	14.339	47.297	19.806	6.182
2034	33.133	14.415	47.548	19.911	6.215
2035	33.312	14.493	47.804	20.018	6.248
2036	33.432	14.545	47.977	20.091	6.271
2037	33.607	14.621	48.228	20.195	6.304
2038	33.786	14.699	48.484	20.303	6.337
2039	33.906	14.751	48.657	20.375	6.360
2040	34.081	14.827	48.908	20.480	6.393
2041	34.260	14.905	49.165	20.588	6.426
2042	34.380	14.957	49.337	20.660	6.449
2043	34.479	15.000	49.479	20.719	6.467
2044	34.561	15.036	49.598	20.769	6.483
2045	34.615	15.059	49.674	20.801	6.493

6.2. Mali Analiz

Bu bölümde, Ana Toplu Taşıma Güzergâh yatırım ve işletme giderleri ve projeden beklenen gelirler hesaplanarak mali fizibilite ortaya konacaktır.

Mali analiz yapılırken kabul edilen varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Sistemin 2016 yılı içerisinde hizmete alınacağı düşünülmektedir.
- Mali analiz 2016-2045 dönemini içine alan 30 yılı kapsamaktadır.
- Gelir ve Giderler TL cinsinden hesaplanmıştır.
- Değerlendirme dönemi boyunca her yıl için hesaplanan gelir ve giderler, yıllık %10 oranında (DPT teşkilatının önerdiği orandır) iskonto edilmiştir.

6.2.1. Proje, inşaat ve işletme giderleri

Güzergah üzerinde oluşturulabilecek toplu taşıma sistemleri arasında hafif raylı metro, metrobüs ve monoray sistemleri karşılaştırılmıştır.

Proje, inşaat ve işletme giderleri gibi kalemlerde Türkiye ve dünya genelinde işletilen toplu taşıma sistemlerinin parametreleri kullanılmıştır.

Türkiye ve dünya üzerindeki uygulamalardan ön proje, ön fizibilite, kesin proje ve kesin fizibilite maliyetleri üzerinden toplamda 33,4 kilometrelik güzergahın üç farklı sistem dahilinde proje maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.3).

Tablo 6.3. Proje maliyetleri

Girdi	Kilometre	Hafif Raylı Sistem	Hızlı Otobüs Sistemi	Monoray
Proje Maliyeti (₺)	33,4 km	14.500.000	5.437.500	10.875.000

Türkiye ve dünya üzerindeki uygulamalardan altyapı, üst yapı, sanat yapıları ve yapı maliyetleri üzerinden toplamda 33,4 kilometrelik güzergahın üç farklı sistem dahilinde inşaat maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.4.).

Tablo 6.4. İnşaat maliyetleri

	Kilometre	Hafif Raylı Sistem	Hızlı Otobüs Sistemi	Monoray
İnşaat Maliyeti (₺)	33,4 km	1.782.958.800	668.609.550	1.337.219.100

Elde edilen zirve saat yolcu ve yıllık yolcu sayıları baz alınarak yapılan hesaplamalarda hafif raylı sistem altyapısı ve araçları için elde edilen işletme özellikleri Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5. Hafif raylı sistem işletme özellikleri

	2016	2020	2025
Hız (km/sa)	40	39	38
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	61,6	62,9	64,2
Rotasyon Süresi	128,2	130,8	133,5
Sefer Sayısı	10	15	21
Araç Kapasitesi	280	280	280
Dizideki Araç Sayısı	4	4	4
Dizi Kapasitesi	1120	1120	1120
Dizi Sayısı	11	18	20
Yolcu Hacmi (zirve saat)	21059	31877	45508
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	8,818	13,349	19,056
Yıllık Yolcu Sayısı	56.290.016	85.207.93	121.640.902
Sefer Sıklığı (dk)	6,00	4,00	2,86
Toplam Kapasite	11200	16800	23.520
Kapasite İki Yönlü	22.400	33.600	47.040
Hacim/ Kapasite Oranı	1.06	1.05	1.03
Gerekli Araç Sayısı	44	72	80
Gerekli Toplam Araç Sayısı (Yedek Dâhil)	48	76	84
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	48	8+8+8+4	0+4+0+4+0
Araç Kilometre (zirve saat)	1336	2004	2805,6
Araç Kilometre (yıllık)	1.792.410	2,688.616	3.764.062

Tablo 6.5. (Devam) Hafif raylı sistem işletme özellikleri

	2030	2035	2040	2045
Hız (km/sa)	36	35	34	33
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	67.2	68.8	70.4	72.2
Rotasyon Süresi	139.3	142.5	145.9	149.5
Sefer Sayısı	21	22	23	23
Araç Kapasitesi	280	280	280	280
Dizideki Araç Sayısı	4	4	4	4
Dizi Kapasitesi	1.120	1.120	1.120	1.120
Dizi Sayısı	20	21	22	23
Yolcu Hacmi (zirve saat)	46.617	47.804	48.908	49.674
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	19.521	20.018	20.480	20.801
Yıllık Yolcu Sayısı	124.438.732	127.237.159	130.034.279	132.778.436
Sefer Sıklığı (dk)	2,86	2,73	2,1	2,61
Toplam Kapasite	23.520	24.640	25.760	25.760
Kapasite İki Yönlü	47.040	49.280	51.520	51.520
Hacim/ Kapasite Oranı	1.01	1.03	1.05	1.04
Gerekli Araç Sayısı	80	84	88	92
Gerekli Toplam Araç Say. (Yedek Dahil)	84	88	92	96
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	0+0+0+0+0	0+4+0+0+0	0+0+0+4+0	0+0+0+4+0
Araç Kilometre (zirve saat)	2805,6	2939,2	3072,8	3072,8
Araç Kilometre (yıllık)	3.764.062	3.943.303	4.122.545	4.122.545

Elde edilen zirve saat yolcu ve yıllık yolcu sayıları baz alınarak yapılan hesaplamalarda hızlı otobüs sistemi altyapısı ve araçları için elde edilen işletme özellikleri Tablo 6.6 da ki gibidir.

Tablo 6.6. Hızlı otobüs sistemi işletme özellikleri

	2016	2020	2025
Hız (km/sa)	28	26	24
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	94,6	100,1	106,5
Rotasyon Süresi	194,1	205,2	218,0
Sefer Sayısı	25	38	57
Araç Kapasitesi	155	155	155
Dizideki Araç Sayısı	3	3	3
Dizi Kapasitesi	465	465	465
Dizi Sayısı	26	40	55
Yolcu Hacmi (zirve saat)	21.059	31.877	45.508
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	8.818	13.349	19.056
Yıllık Yolcu Sayısı	56.290.016	85.207.893	121.640.902
Sefer Sıklığı (dk)	2,40	1,58	1,05
Toplam Kapasite	11.625	17.670	26.505
Kapasite İki Yönlü	23.250	35.340	53.010
Hacim/ Kapasite Oranı	1,10	1,11	1,16
Gerekli Araç Sayısı	78	120	165
Gerekli Toplam Araç Sayısı (Yedek Dâhil)	82	124	169
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	82	9+9+18+6	3+12+15+9+6
Araç Kilometre (zirve saat)	3340	5076,8	7615,2
Araç Kilometre (yıllık)	5.059.224	7.690.021	11.535.031

Tablo 6.6. (Devam) Hızlı otobüs sistemi işletme özellikleri

	2030	2035	2040	2045
Hız (km/sa)	23	21	20	19
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	110,1	118,4	123,2	128,5
Rotasyon Süresi	225,3	233,2	251,4	261,9
Sefer Sayısı	58	59	61	63
Araç Kapasitesi	155	155	155	155
Dizideki Araç Sayısı	3	3	3	3
Dizi Kapasitesi	465	465	465	465
Dizi Sayısı	57	58	60	62
Yolcu Hacmi (zirve saat)	46.617	47.804	48.908	49.674
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	19.521	20.018	20.480	20.801
Yıllık Yolcu Sayısı	124.438.732	127.237.159	130.034.279	132.778.436
Sefer Sıklığı (dk)	1,03	1,02	0,98	0,95
Toplam Kapasite	26.970	27.435	28.365	29.295
Kapasite İki Yönlü	53.940	54.870	56.730	58.590
Hacim/ Kapasite Oranı	1,16	1,15	1,16	1,18
Gerekli Araç Sayısı	171	174	180	186
Toplam Araç Sayısı (Yedek Dahil)	175	178	184	190
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	3+82+9+12+18	6+3+12+18+9	6+6+82+9+15	18+9+3+12+21
Araç Kilometre (zirve saat)	7748,8	7882,4	8149,6	8416,8
Araç Kilometre (yıllık)	11.737.400	11.939.769	12.344.507	12.749.245

Elde edilen zirve saat yolcu ve yıllık yolcu sayıları baz alınarak yapılan hesaplamalarda monoray sistemi altyapısı ve araçları için elde edilen işletme özellikleri Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Monoray sistemi işletme özellikleri

	2016	2020	2025
Hız (km/sa)	36	34	32
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	71,8	75,0	78,7
Rotasyon Süresi	148,5	155,1	162,5
Sefer Sayısı	13	20	30
Araç Kapasitesi	220	220	220
Dizideki Araç Sayısı	4	4	4
Dizi Kapasitesi	880	880	880
Dizi Sayısı	14	21	31
Yolcu Hacmi (zirve saat)	21.059	31.877	45.508
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	8.818	13.349	19.056
Yıllık Yolcu Sayısı	56.290.016	85.207.893	121.640.902
Sefer Sıklığı (dk)	4,62	3,00	2,00
Toplam Kapasite	11.440	17.600	26.400
Kapasite İki Yönlü	22.880	35.200	52.800
Hacim/ Kapasite Oranı	1,09	1,10	1,16
Gerekli Araç Sayısı	56	84	124
Gerekli Toplam Araç Sayısı (Yedek Dâhil)	60	88	128
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	60	8+8+4+8	8+12+0+4+16
Araç Kilometre (zirve saat)	1736	2672	4008
Araç Kilometre (yıllık)	2.030.098,06	3.123.227,79	4.684.841,69

Tablo 6.7. (Devam) Monoray sistemi işletme özellikleri

	2030	2035	2040	2045
Hız (km/sa)	31	29	26	23
Mesafe (km)	33,4	33,4	33,4	33,4
Süre (dk)	80,7	85,2	93,2	103,2
Rotasyon Süresi	166,5	175,4	191,4	211,5
Sefer Sayısı	32	33	34	35
Araç Kapasitesi	220	220	220	220
Dizideki Araç Sayısı	4	4	4	4
Dizi Kapasitesi	880	880	880	880
Dizi Sayısı	31	33	34	35
Yolcu Hacmi (zirve saat)	46.617	47.804	48.908	49.674
Zirve Saat En Yüksek Kesit Değeri	19.521	20.018	20.480	20.801
Yıllık Yolcu Sayısı	124.438.732	127.237.159	130.034.279	132.778.436
Sefer Sıklığı (dk)	1,88	1,82	1,76	1,71
Toplam Kapasite	28.160	29.040	29.920	30.800
Kapasite İki Yönlü	56.320	58.080	59.840	61.600
Hacim/ Kapasite Oranı	1,21	1,21	1,22	1,24
Gerekli Araç Sayısı	124	132	136	140
Toplam Araç Sayısı (Yedek Dahil)	128	136	140	144
Periyotta Alınacak Araç Sayısı	0+0+0+0+0	0+4+0+0+4	0+0+0+4+0	0+0+0+4+0
Araç Kilometre (zirve saat)	4275,2	4408,8	4542,4	4676
Araç Kilometre (yıllık)	4.997.164,47	5.153.325,86	5.309.487,25	5.465.648,64

Seçilen güzergah için üç sistem dahilinde toplam filo ihtiyaçları, zirve saat sefer sayıları, zirve dışı sefer sayıları ve toplam servis kilometre değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6.8).

Tablo 6.8. Yıllara göre servis kilometreleri

YIL	ARAÇ KM		
	LRT	BRT	MONORAY
2016	1.792.410,89	5.059.224,29	2.030.098,06
2017	1.971.651,98	5.666.331,20	2.342.420,84
2018	2.150.893,07	6.071.069,14	2.654.743,62
2019	2.509.375,25	7.082.914,00	2.810.905,01
2020	2.688.616,33	7.690.020,91	3.123.227,79
2021	2.867.857,42	8.094.758,86	3.435.550,57
2022	3.047.098,51	8.904.234,74	3.747.873,35
2023	3.226.339,60	9.713.710,63	3.904.034,74
2024	3.584.821,78	10.523.186,51	4.372.518,91
2025	3.764.062,87	11.535.031,37	4.684.841,69
2026	3.764.062,87	11.535.031,37	4.684.841,69
2027	3.764.062,87	11.535.031,37	4.684.841,69
2028	3.764.062,87	11.535.031,37	4.841.003,08
2029	3.764.062,87	11.737.400,34	4.841.003,08
2030	3.764.062,87	11.737.400,34	4.997.164,47
2031	3.764.062,87	11.737.400,34	4.997.164,47
2032	3.943.303,96	11.737.400,34	4.997.164,47
2033	3.943.303,96	11.939.769,31	4.997.164,47
2034	3.943.303,96	11.939.769,31	5.153.325,86
2035	3.943.303,96	11.939.769,31	5.153.325,86
2036	3.943.303,96	12.142.138,28	5.153.325,86
2037	3.943.303,96	12.142.138,28	5.153.325,86
2038	3.943.303,96	12.142.138,28	5.309.487,25
2039	4.122.545,05	12.344.507,26	5.309.487,25
2040	4.122.545,05	12.344.507,26	5.309.487,25
2041	4.122.545,05	12.546.876,23	5.309.487,25
2042	4.122.545,05	12.546.876,23	5.309.487,25
2043	4.122.545,05	12.546.876,23	5.309.487,25
2044	4.122.545,05	12.749.245,20	5.309.487,25
2045	4.122.545,05	12.749.245,20	5.465.648,64
TOPLAM	106.648.447,93	321.969.033,51	135.391.924,78

Yıllara göre servis kilometreleri incelendiğinde seçilen güzergâhtaki yolcu talebini karşılamak için otobüs sisteminin diğer sistemlere oranla yaklaşık 3 kat fazla servis yapması gerektiği belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak servis kilometreleri ile bağlantılı işletme maliyetleri artış göstermektedir.

Sistemin işletme giderleri Enerji Giderleri, Yol ve Sabit Tesislerin Bakım ve Onarım Giderleri, Araçların Bakım ve Onarım Giderleri, Personel Giderleri olmak üzere hesaplanmıştır (Tablo 6.9 - Tablo 6.11).

Tablo 6.9. Yıllara göre enerji birim maliyetleri ve toplam enerji maliyetleri

YIL	ENERJİ BİRİM MALİYETİ (TL/KM)			ENERJİ (YAKIT) GİDERLERİ (TL)		
	LRT	BRT	MONORAY	LRT	BRT	MONORAY
2016	0,30	0,45	0,38	537.723,3	2.276.650,9	776.512,5
2017	0,31	0,47	0,39	603.325,5	2.677.341,5	922.855,3
2018	0,31	0,50	0,41	671.336,7	3.012.009,2	1.077.279,7
2019	0,32	0,52	0,42	798.890,7	3.689.711,2	1.174.868,6
2020	0,32	0,55	0,43	873.073,4	4.206.270,8	1.344.571,8
2021	0,33	0,57	0,44	949.903,9	4.649.036,2	1.523.399,9
2022	0,34	0,60	0,46	1.029.458,3	5.369.636,8	1.711.747,5
2023	0,34	0,63	0,47	1.111.815,0	6.150.674,8	1.836.562,4
2024	0,35	0,66	0,48	1.260.057,0	6.996.392,6	2.118.658,4
2025	0,36	0,70	0,50	1.349.521,1	8.052.578,8	2.338.090,8
2026	0,37	0,73	0,51	1.376.511,5	8.455.207,8	2.408.233,6
2027	0,37	0,77	0,53	1.404.041,7	8.877.968,2	2.480.480,6
2028	0,38	0,81	0,55	1.432.122,6	9.321.866,6	2.640.058,2
2029	0,39	0,85	0,56	1.460.765,0	9.959.678,5	2.719.259,9
2030	0,40	0,89	0,58	1.489.980,3	10.457.662,4	2.891.187,3
2031	0,40	0,94	0,60	1.519.779,9	10.980.545,5	2.977.922,9
2032	0,41	0,98	0,61	1.623.993,4	11.529.572,8	3.067.260,6
2033	0,42	1,03	0,63	1.656.473,3	12.314.776,5	3.159.278,4
2034	0,43	1,08	0,65	1.689.602,7	12.930.515,3	3.355.746,1
2035	0,44	1,14	0,67	1.723.394,8	13.577.041,1	3.456.418,4
2036	0,45	1,17	0,69	1.757.862,7	14.221.375,2	3.560.111,0
2037	0,45	1,21	0,71	1.793.019,9	14.648.016,5	3.666.914,3
2038	0,46	1,24	0,73	1.828.880,3	15.087.457,0	3.891.373,9
2039	0,47	1,28	0,75	1.950.251,5	15.799.082,0	4.008.115,1
2040	0,48	1,32	0,78	1.989.256,5	16.273.054,5	4.128.358,6
2041	0,49	1,36	0,80	2.029.041,6	17.036.020,7	4.252.209,4
2042	0,50	1,40	0,82	2.069.622,5	17.547.101,3	4.379.775,6
2043	0,51	1,44	0,85	2.111.014,9	18.073.514,3	4.511.168,9
2044	0,52	1,48	0,88	2.153.235,2	18.915.973,3	4.646.504,0
2045	0,53	1,53	0,90	2.196.299,9	19.483.452,5	4.926.660,8

Yıllara göre enerji maliyetleri incelendiğinde yapılan toplam kilometreler ve enerji birim maliyetleri ile birlikte hızlı otobüs sisteminin en çok enerji giderine sahip olacağı belirlenmiştir. Enerji birim maliyetleri hesaplanırken yıllara göre %3 ile %5 arasında artışlar öngörülmüştür.

Tablo 6.10. Şoför işletme giderleri

	ŞOFÖR SAYISI			ŞOFÖR GİDERLERİ		
	LRT	BRT	MONORAY	LRT	BRT	MONORAY
2016	30	68	38	14.040.000,00	138.720.000,00	28.158.000,00
2017	33	75	43	17.498.052,00	170.437.500,00	37.137.165,00
2018	35	80	48	20.273.799,00	195.859.200,00	47.664.115,20
2019	40	93	50	27.274.465,92	267.332.200,47	53.270.441,25
2020	43	100	55	32.464.626,32	312.181.203,00	66.390.950,93
2021	45	105	60	36.621.468,01	347.621.574,07	81.381.040,02
2022	48	115	65	42.917.105,26	421.158.119,75	98.374.983,58
2023	50	125	68	47.965.080,75	502.563.446,30	110.895.266,70
2024	55	135	75	59.778.880,14	592.051.903,80	138.948.843,30
2025	58	148	80	68.472.409,05	718.682.466,39	162.835.693,34
2026	58	148	80	70.526.581,32	725.869.291,05	167.720.764,14
2027	58	148	80	72.642.378,76	733.127.983,96	172.752.387,07
2028	58	148	83	74.821.650,12	740.459.263,80	191.530.301,61
2029	58	150	83	77.066.299,63	768.212.964,29	197.276.210,66
2030	58	150	85	79.378.288,62	775.895.093,94	213.104.984,86
2031	58	150	85	81.759.637,28	783.654.044,87	219.498.134,41
2032	60	150	85	90.120.313,62	791.490.585,32	226.083.078,44
2033	60	153	85	92.823.923,03	831.701.473,02	232.865.570,79
2034	60	153	88	95.608.640,72	840.018.487,75	257.081.011,71
2035	60	153	88	98.476.899,94	848.418.672,63	264.793.442,06
2036	60	155	88	101.431.206,94	879.451.971,29	272.737.245,32
2037	60	155	88	104.474.143,15	888.246.491,01	280.919.362,68
2038	60	155	90	107.608.367,44	897.128.955,92	302.648.533,43
2039	63	158	90	122.197.371,86	941.514.527,70	311.727.989,43
2040	63	158	90	125.863.293,01	950.929.672,98	321.079.829,12
2041	63	160	90	129.639.191,80	984.907.772,17	330.712.223,99
2042	63	160	90	133.528.367,56	994.756.849,89	340.633.590,71
2043	63	160	90	137.534.218,58	1.004.704.418,39	350.852.598,43
2044	63	163	90	141.660.245,14	1.053.161.390,99	361.378.176,38
2045	63	163	93	145.910.052,50	1.063.693.004,90	397.447.733,70

Araç şoför sayısı sefer sayılarına oranla belirlenmiş olup birim maliyetler ise karşılaştırılan sistemlerin kurulduğu kentlerdeki örneklerden alınmıştır.

Tablo 6.11. Bakım, işletme ve diğer personel sayısı ve maliyetleri

YIL	BAKIM-İŞLETME ve DİĞER PERSONEL SAYISI			BAKIM- İŞLETME ve DİĞER PERSONEL MALİYETİ		
	LRT	BRT	MONORAY	LRT	BRT	MONORAY
2016	162	179	168	2.916.000,00	3.222.000,00	3.024.000,00
2017	166	184	172	3.077.640,00	3.411.360,00	3.188.880,00
2018	170	188	176	3.246.354,00	3.590.085,60	3.360.931,20
2019	174	197	178	3.422.420,96	3.874.809,94	3.501.097,31
2020	176	200	182	3.565.611,91	4.051.831,72	3.687.166,86
2021	176	202	186	3.672.580,27	4.215.120,53	3.881.249,60
2022	178	208	192	3.825.743,56	4.470.531,80	4.126.644,74
2023	178	215	192	3.940.515,86	4.759.611,86	4.250.444,08
2024	180	220	194	4.104.335,06	5.016.409,52	4.423.561,12
2025	180	223	202	4.227.465,12	5.237.359,56	4.744.155,30
2026	180	224	202	4.354.289,07	5.418.670,84	4.886.479,96
2027	180	224	202	4.484.917,74	5.581.230,97	5.033.074,35
2028	180	224	202	4.619.465,27	5.748.667,90	5.184.066,58
2029	180	226	202	4.758.049,23	5.973.995,15	5.339.588,58
2030	180	226	202	4.900.790,71	6.153.215,00	5.499.776,24
2031	180	226	202	5.047.814,43	6.337.811,45	5.664.769,53
2032	182	226	204	5.257.018,29	6.527.945,79	5.892.482,04
2033	182	226	204	5.414.728,84	6.723.784,17	6.069.256,51
2034	182	227	204	5.577.170,71	6.956.141,49	6.251.334,20
2035	182	227	206	5.744.485,83	7.164.825,73	6.502.000,44
2036	182	227	206	5.916.820,40	7.379.770,50	6.697.060,46
2037	182	229	206	6.094.325,02	7.668.134,22	6.897.972,27
2038	182	229	206	6.277.154,77	7.898.178,25	7.104.911,44
2039	184	229	208	6.536.518,52	8.135.123,60	7.389.107,90
2040	184	230	208	6.732.614,08	8.415.767,60	7.610.781,13
2041	184	230	208	6.934.592,50	8.668.240,63	7.839.104,57
2042	184	232	208	7.142.630,28	9.005.925,13	8.074.277,71
2043	184	232	208	7.356.909,19	9.276.102,89	8.316.506,04
2044	186	232	210	7.659.981,86	9.554.385,97	8.648.366,61
2045	186	233	210	7.889.781,31	9.883.435,73	8.907.817,61

Bakım, işletme ve diğer personel sayıları sefer sayılarına oranla belirlenmiş olup birim maliyetler ise karşılaştırılan sistemlerin kurulduğu kentlerdeki örneklerden alınmıştır.

Araç sayıları sefer sayılarına bağlı olarak hesaplanmış olup; hafif raylı sistem araçları için öngörülen ömür süresi 30 yıl, hızlı otobüs sistem araçları için öngörülen ömür süresi 10 yıl, monoray araçları için öngörülen ömür süresi ise 30 yıl olarak hesaba dâhil edilmiştir (Tablo 6.12).

Tablo 6.12. Yıllara göre alınacak araç sayısı

YIL	ALINACAK ARAÇ SAYISI		
	LRT	BRT	MONORAY
2016	48	82	60
2017	8	9	8
2018	8	9	8
2019	8	18	4
2020	4	6	8
2021	0	3	8
2022	4	12	12
2023	0	15	0
2024	4	9	4
2025	0	6	16
2026	0	3	0
2027	0	82	0
2028	0	9	0
2029	0	12	0
2030	0	18	0
2031	0	6	0
2032	4	3	4
2033	0	12	0
2034	0	18	0
2035	0	9	4
2036	0	6	0
2037	0	6	0
2038	0	82	0
2039	4	9	4
2040	0	15	0
2041	0	18	0
2042	0	9	0
2043	0	3	0
2044	4	12	4
2045	0	21	0

Yıllara göre alınması gereken araç sayıları her bir sistem aracının ortalama değerleri ile hesaplanmış olup toplamda monoray araç maliyetinin en yüksek bedele sahip olacağı belirlenmiştir (Tablo 6.13 – Tablo 6.14). Araç bakım giderleri birim maliyetleri ile çarpılarak yıllara sari olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.13. Yıllara göre alınacak araç maliyetleri

YIL	ARAÇ MALİYETİ (TL)		
	LRT	BRT	MONORAY
2016	217.440.000,00	102.500.000,00	520.474.500,00
2017	36.240.000,00	11.250.000,00	69.396.600,00
2018	36.240.000,00	11.250.000,00	69.396.600,00
2019	36.240.000,00	22.500.000,00	34.698.300,00
2020	18.120.000,00	7.500.000,00	69.396.600,00
2021	0,00	3.750.000,00	69.396.600,00
2022	18.120.000,00	15.000.000,00	104.094.900,00
2023	0,00	18.750.000,00	0,00
2024	18.120.000,00	11.250.000,00	34.698.300,00
2025	0,00	7.500.000,00	138.793.200,00
2026	0,00	3.750.000,00	0,00
2027	0,00	102.500.000,00	0,00
2028	0,00	11.250.000,00	0,00
2029	0,00	15.000.000,00	0,00
2030	0,00	22.500.000,00	0,00
2031	0,00	7.500.000,00	0,00
2032	18.120.000,00	3.750.000,00	34.698.300,00
2033	0,00	15.000.000,00	0,00
2034	0,00	22.500.000,00	0,00
2035	0,00	11.250.000,00	34.698.300,00
2036	0,00	7.500.000,00	0,00
2037	0,00	7.500.000,00	0,00
2038	0,00	102.500.000,00	0,00
2039	18.120.000,00	11.250.000,00	34.698.300,00
2040	0,00	18.750.000,00	0,00
2041	0,00	22.500.000,00	0,00
2042	0,00	11.250.000,00	0,00
2043	0,00	3.750.000,00	0,00
2044	18.120.000,00	15.000.000,00	34.698.300,00
2045	0,00	26.250.000,00	0,00
TOPLAM	434.880.000,00	652.500.000,00	1.249.138.800,00

Tablo 6.14. Yıllara göre araç bakım giderleri

YIL	BİRİM ARAÇ BAKIM GİDERİ (TL/KM)			ARAÇ BAKIM GİDERLERİ (TL)		
	LRT	BRT	MONORAY	LRT	BRT	MONORAY
2016	0,84	0,55	0,66	1.505.625,15	2.762.336,46	1.342.909,87
2017	0,84	0,55	0,66	1.656.187,66	3.093.816,83	1.549.511,39
2018	0,84	0,55	0,66	1.806.750,18	3.314.803,75	1.756.112,91
2019	0,84	0,55	0,66	2.107.875,21	3.867.271,04	1.859.413,67
2020	0,84	0,55	0,66	2.258.437,72	4.198.751,42	2.066.015,18
2021	0,86	0,56	0,67	2.457.180,24	4.508.133,10	2.318.069,04
2022	0,86	0,56	0,67	2.610.754,01	4.958.946,41	2.528.802,59
2023	0,86	0,56	0,67	2.764.327,77	5.409.759,72	2.634.169,36
2024	0,86	0,56	0,67	3.071.475,30	5.860.573,03	2.950.269,68
2025	0,86	0,56	0,67	3.225.049,07	6.424.089,67	3.161.003,23
2026	0,87	0,57	0,69	3.289.550,05	6.552.571,46	3.224.223,30
2027	0,87	0,57	0,69	3.289.550,05	6.552.571,46	3.224.223,30
2028	0,87	0,57	0,69	3.289.550,05	6.552.571,46	3.331.697,41
2029	0,87	0,57	0,69	3.289.550,05	6.667.528,86	3.331.697,41
2030	0,87	0,57	0,69	3.289.550,05	6.667.528,86	3.439.171,52
2031	0,89	0,58	0,70	3.355.341,05	6.800.879,44	3.507.954,95
2032	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	6.800.879,44	3.507.954,95
2033	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	6.918.135,98	3.507.954,95
2034	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	6.918.135,98	3.617.578,54
2035	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	6.918.135,98	3.617.578,54
2036	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	7.035.392,52	3.617.578,54
2037	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	7.035.392,52	3.617.578,54
2038	0,89	0,58	0,70	3.515.119,19	7.035.392,52	3.727.202,13
2039	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.152.649,06	3.727.202,13
2040	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.152.649,06	3.727.202,13
2041	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.269.905,60	3.727.202,13
2042	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.269.905,60	3.727.202,13
2043	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.269.905,60	3.727.202,13
2044	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.387.162,15	3.727.202,13
2045	0,89	0,58	0,70	3.674.897,34	7.387.162,15	3.836.825,72

6.2.2. İşletme gelirleri

Bilet birim fiyatları tüm türler için ortak hesaplanmış olup her yıl %3 oranında arttırılmıştır. Diğer faydalar sistemlerin hızlarına bağlı olarak tercih edilebilirliğini ve sistemde toplam zamanda kazandırdığı geliri göstermektedir. Tablo 6.15’de bilet gelirleri ve diğer faydalar gösterilmektedir.

Tablo 6.15. Yıllara göre işletme türlerinin gelirleri

YIL	YILLIK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ (TL)	ZAMAN - REKLAM - KAZA MALİYETİ - EMİSYON KAZANIMI (TL)		
			LRT	BRT	MONORAY
2016	56.290.016	84.435.024,34	14.870.528,33	-160.237.529,81	-39.123.651,93
2017	63.550.068	98.184.854,42	30.865.263,58	-166.827.501,08	-30.092.860,71
2018	70.788.272	112.648.916,96	50.060.856,06	-187.852.769,04	-28.462.725,67
2019	78.006.902	127.860.372,41	62.990.298,67	-189.729.955,24	-14.086.121,20
2020	85.207.893	143.853.351,38	87.679.233,81	-211.319.910,94	-10.050.689,21
2021	92.392.906	160.663.051,22	115.538.331,25	-208.673.416,80	9.567.495,76
2022	99.563.379	178.325.822,69	146.559.089,58	-231.775.735,42	15.585.968,50
2023	106.720.564	196.879.249,52	167.118.434,53	-224.797.728,75	40.345.748,80
2024	113.865.558	216.362.223,31	203.529.134,15	-250.507.940,47	47.881.493,16
2025	121.640.902	238.070.679,85	244.371.515,57	-240.669.616,35	78.095.428,91
2026	122.200.920	246.341.726,45	256.396.117,82	-214.930.912,47	105.632.294,58
2027	122.759.898	254.892.612,97	284.562.227,99	-188.543.394,87	133.229.484,66
2028	123.319.813	263.736.849,07	313.461.837,46	-162.225.148,12	137.772.164,14
2029	123.879.785	272.882.460,81	342.703.021,26	-178.150.855,82	166.036.870,07
2030	124.438.732	282.337.121,72	353.890.842,58	-151.212.057,02	194.255.472,89
2031	124.998.603	292.115.626,16	383.543.200,58	-124.275.441,95	223.049.533,25
2032	125.558.530	302.226.872,45	413.545.608,41	-144.122.522,65	226.563.823,68
2033	126.117.448	312.679.386,81	443.064.985,43	-116.646.816,72	255.397.973,69
2034	126.677.275	323.489.372,42	454.493.476,72	-89.112.695,16	284.903.674,91
2035	127.237.159	334.666.691,71	485.251.542,74	-113.584.140,67	286.975.897,60
2036	127.796.047	346.220.814,57	515.411.046,39	-85.587.955,12	286.557.817,17
2037	128.355.833	358.169.489,17	546.658.567,01	-57.480.169,14	284.368.953,70
2038	128.915.674	370.523.643,43	557.683.836,90	-87.421.583,12	314.589.516,14
2039	129.474.534	383.293.791,31	588.479.392,52	-58.923.809,57	309.489.184,43
2040	130.034.279	396.499.375,46	620.468.313,61	-30.269.777,58	340.040.977,32
2041	130.594.079	410.152.501,07	652.834.606,99	-1.319.106,19	332.708.452,69
2042	131.152.912	424.264.837,04	662.116.061,52	-37.729.735,84	363.088.928,28
2043	131.711.388	438.853.588,01	693.313.621,31	-8.542.399,60	351.750.258,63
2044	132.269.600	453.934.917,57	724.341.578,47	20.803.060,87	381.959.416,47
2045	132.778.436	469.351.624,05	754.873.761,46	50.246.627,95	366.481.531,05

6.2.3. Toplu taşıma sistemlerinin karlılığı

Üç sisteme ait ve yıllara göre oluşacak giderler Tablo 6.16’da gösterilmektedir. Sistemlerin gelirlerinin baz yılı farkları ile güncellenmesi ile elde edilen veriler Tablo 6.17’de verilmiştir.

Tablo 6.16. Sistemlerin güncellenmiş giderleri

YIL	TOPLAM GİDER (TL)		
	LRT	BRT	MONORAY
2016	2.042.812.942,41	926.871.085,14	1.908.556.117,88
2017	68.887.393,52	194.563.234,83	119.909.737,22
2018	72.949.220,71	220.924.105,42	131.998.394,66
2019	82.348.092,32	305.737.409,42	103.761.791,48
2020	70.688.685,36	336.908.052,54	153.171.605,55
2021	58.012.288,74	369.666.523,94	169.815.289,35
2022	83.720.271,12	456.255.816,88	223.180.639,29
2023	71.906.950,81	543.277.457,04	132.474.318,49
2024	104.266.622,00	627.131.131,70	197.540.453,56
2025	96.119.365,12	752.238.834,31	327.301.593,87
2026	98.409.063,56	756.188.635,14	193.669.152,12
2027	100.701.016,94	862.569.166,77	198.919.616,45
2028	103.061.728,93	779.033.440,48	218.629.889,96
2029	105.493.262,27	811.366.904,73	224.610.522,75
2030	107.997.741,62	826.960.950,59	241.393.201,15
2031	110.643.146,34	820.277.525,82	248.106.863,04
2032	138.523.351,48	824.801.068,19	289.707.157,27
2033	123.321.622,05	877.113.564,60	262.060.141,91
2034	126.327.44,03	893.429.354,02	287.278.066,78
2035	129.423.433,97	891.062.633,02	330.040.135,76
2036	132.612.307,01	919.258.972,48	303.584.391,59
2037	135.896.846,24	928.637.911,62	312.074.224,09
2038	139.279.921,65	1.033.055.357,94	334.858.732,24
2039	173.473.673,71	987.172.665,72	379.037.425,92
2040	159.288.916,21	1.004.697.354,87	354.032.882,29
2041	163.342.215,99	1.043.458.344,46	364.017.451,36
2042	167.517.114,77	1.042.749.756,72	374.301.557,49
2043	171.817.260,50	1.045.832.792,50	384.894.186,81
2044	194.448.776,01	1.106.653.627,36	430.585.260,41
2045	180.893.271,58	1.129.158.077,26	433.120.064,22

Tablo 6.17. Sistemlerin güncellenmiş gelirleri

YIL	TOPLAM GELİR (TL)		
	LRT	BRT	MONORAY
2016	99.305.552,67	-75.802.505,47	45.311.372,41
2017	129.050.118,00	-68.642.646,66	68.091.993,71
2018	162.709.773,02	-75.203.852,08	84.186.191,29
2019	190.850.671,08	-61.869.582,83	113.774.251,21
2020	231.532.585,19	-67.466.559,56	133.802.662,17
2021	276.201.382,47	-48.010.365,58	170.230.546,98
2022	324.884.912,27	-53.449.912,73	193.911.791,19
2023	363.997.684,04	-27.918.479,23	237.224.998,31
2024	419.891.357,46	-34.145.717,16	264.243.716,47
2025	482.442.195,41	-2.598.936,51	316.166.108,75
2026	502.737.844,27	31.410.813,98	351.974.021,03
2027	539.454.840,96	66.349.218,10	388.122.097,63
2028	577.198.686,53	101.511.700,94	401.509.013,21
2029	615.585.482,06	94.731.604,99	438.919.330,88
2030	636.227.964,31	131.125.064,70	476.592.594,61
2031	675.658.826,74	167.840.184,20	515.165.159,41
2032	715.772.480,85	158.104.349,79	528.790.696,13
2033	755.744.372,24	196.032.570,09	568.077.360,50
2034	777.982.849,13	234.376.677,26	608.393.047,32
2035	819.918.234,45	221.082.551,04	621.642.589,31
2036	861.631.860,96	260.632.859,45	632.778.631,74
2037	904.828.056,18	300.689.320,03	642.538.442,87
2038	928.207.480,34	283.102.060,31	685.113.159,57
2039	971.773.183,83	324.369.981,74	692.782.975,74
2040	1.016.967.689,08	366.229.597,88	736.540.352,78
2041	1.062.987.108,06	408.833.394,88	742.860.953,76
2042	1.086.380.898,56	386.535.101,20	787.353.765,32
2043	1.132.167.209,32	430.311.188,42	790.603.846,64
2044	1.178.276.496,04	474.737.978,44	835.894.334,05
2045	1.224.225.385,51	519.598.252,00	835.833.155,10
TOPLAM	19.664.593.181,03	4.642.495.911,63	13.908.429.160,09

Sistemlerin giderlerinin baz yılı farkları ile güncellenmesi ile elde edilen verilere göre; hafif raylı sistemin 2.484.697.079,47 TL, hızlı otobüs sisteminin 1.970.007.763,37 TL, monorayda ise 2.700.106.601,38 TL olarak hesaplanmıştır.

Üç sisteme ait bütün ilk yatırım ve işletme harcamaları ile yapılmaları durumunda elde edilecek bütün gelirlerin aynı zaman noktasına getirilmesi ile sistemlerin net bugünkü değerleri bulunmuş ve Tablo 6.18’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 6.18. Net bugünkü değer ile sistemlerin karşılaştırılması

NBD	LRT	BRT	MONORAY
$NBD = -I + \sum(F-M)$	1.327.181.676,12	-6.007.659.280,62	-935.563.809,41

Yapılan değerlendirmelerde seçilen güzergâh üzerinde karşılaştırılan 3 farklı toplu taşıma türü arasında karlılık oranı en yüksek olacak alternatif hafif raylı sistem olarak belirlenmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplu taşıma sistemlerinin kentlilerin ulaşım ihtiyacının en iyi şekilde karşılanması için gerekli olduğu bütün kesimler tarafından kabul edilmiştir. Bu noktada hem mevcut sistemlerin nasıl daha iyi hale getirilebileceği ve hem de yeni sistemlerin ise hangi metotlarla seçileceği konusunda titiz çalışmalar yapılması gereği de açıktır. Şehirlerimiz ekonomik olarak geliştikçe ulaşım ile ilgili problemlerde büyümektedir. Bunun neticesinde yapılacak olan yeni yatırımlarda ya da mevcut sistemlerin iyileştirmesinde ulaştırma mühendisliğinin gerektirdiği bilimsel çalışmalar yapılarak sonuca gidilmesi gerekmektedir. Şehirlerimiz için öne çıkacak prestij projeleri üretmek yerine ortaya çıkmış yada gelecekte oluşacak ulaşım talebinin toplu taşıma ile karşılanmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Başta büyükşehirlerimiz olmak üzere tüm şehirlerimiz kısa vadede ulaşım ana planlarını arazi kullanım kararları ve planlarıyla beraber tamamlamalıdır. Bu sayede hem mevcut durum en iyi şekilde analiz edilmiş hem de geleceğe yönelik doğru tahminlerle akılcı çözümler üretilme imkânı ortaya çıkar.

Bu çalışmada öncelikle Kocaeli iline ait mevcut durumu ortaya koymak için Ulaşım ana planı kapsamında veri toplanması ve değerlendirmesi yapılmıştır. Öne çıkan problemler arasında nüfusun hızlı artışı ve aynı paralelde hızlı bir kentleşme dikkati çekmektedir. Kocaeli'nin 2010 yılı çalışma bölgesine ait nüfusu 1.428.489 kişi ve hane halkı büyüklüğü ise 3,54 olarak belirlenmiştir. Nüfus yoğunluğu ise ilçe bazlı 74,74 kişi/ha (Derince) gibi rakamlara ulaşırken tüm il ortalaması 19,78 kişi/ha olmuştur. 1000 kişiye düşen otomobil sayısı da 112 gibi yüksek bir rakam olduğu ve gelecekteki özel araca olan talebin artması sebebi ile bu rakamın artacağı öngörülmüştür. Ulaşım türlerine göre yolculuk dağılımında yaya yolculukları %43,2 gibi yüksek bir rakama olmasına rağmen gelecekteki eğilimin özel araca yönelmesi sebebi ile bu rakamın düşeceği tahmin edilmiştir.

Hedef olarak belirlenen şehre ait ulaşım modeli oluşturmak için dört aşamalı talep tahmin modeli kullanılmıştır. Dört aşamalı modelin ilk alt modeli olan yolculuk üretim

ve çekimlerini belirlemek için regresyon analizi kullanılmış ve yolculuk amaçlarına göre trafik analiz bölgelerindeki üretim ve çekimleri etkileyen faktörler bulunmuştur. Öncelikle oluşturulan korelasyon matrisi sayesinde üretim ve çekimleri etkileyebilecek bağımsız değişkenler tahmin edilmiş ve bunlar aşamalı bir şekilde üretim ve çekim modellerinde denenerek ev-iş, ev-okul, ev-diğer ve ev uçlu olmayan yolculukların regresyon modelleri hazırlanmıştır. Bölgesel farklılıkları ortaya koymak için Gebze sektörü ve Gölcük sektörü için kukla değişkenler kullanılmıştır. Örneğin, ev-iş yolculuk üretiminde çalışan nüfus en önemli faktör iken dummygebze de modele katkı sağlayan bir faktör olarak dikkat çekmektedir. Ev-okul yolculuk üretiminde öğrenci nüfusu, ev-diğer yolculuk üretiminde ise nüfus ile beraber otomobil sahipliği belirleyici faktörler olmuştur. Ev-uçlu olmayan yolculuk üretimini ise en fazla o bölgedeki okulda öğrenci sayısı, istihdam ve otomobil sahipliği etkilemiştir. Benzer şekilde ev-iş yolculuk çekimlerinde istihdam edilen nüfus belirleyici faktör olurken, ev-okul yolculuk çekimlerinde okuldaki öğrenci sayısı, ev-diğer yolculuk çekimlerinde ise okuldaki öğrenci sayısı ile beraber istihdam ve dummygebze faktörü etkili olmuştur. Bu alt modellerden elde edilen yolculuk üretim ve çekimleri yolculuk dağılım modeli yardımıyla her yolculuk amacı için başlangıç-son(O-D) matrisleri oluşturulmuştur. Oluşturan model matrisleri ve gözlem matrisleri karşılaştırılarak modelin kalibrasyonu sağlanmıştır. Örneğin, ev-iş yolculukları ortalama süresini model 20 dk olarak tahmin ederken gözlem matrisinde bu süre 18,6 dk olarak bulunmuştur. Buradan da modelin iyi bir performansa sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü alt model türel seçim modelinde ise bireylerin ya da birey gruplarının farklı seyahat amaçları için ulaşım türleri arasında yapmış oldukları seçimler analiz edilmiştir. Türel seçimde en fazla uygulanan logit model kullanılarak yolculuk amaçlarına göre türel seçim fayda fonksiyonları oluşturulmuştur. Regresyon analizine benzer şekilde fayda fonksiyonlarında etkili olan bağımsız değişkenler belirlenmiş ve kurulan modellerin geçerliliği ve anlamlılığı test edilmiştir. Örneğin, ev-iş yolculukları türel seçimde yaya için süre en etkili faktör olurken özel oto seçiminde ise süre ile beraber maliyet ve kişi başına oto faktörleri etkili olmuştur. Türel seçim modellerinde yolculuk üzerinde olumsuz etkisi olacak, mesafe, ücret ve yolculuk süresi gibi parametrelerin işaretlerinin negatif buna karşı otomobil sahipliği, gelir gibi değişkenlerin işaretlerinin ise pozitif olduğu görülmektedir. Model ve gözlem türel dağılımları karşılaştırması yapılarak modelin bütün sektörlerde ve farklı yolculuk

amaçlarında iyi bir uyum sağladığı ortaya konmuştur. Ulaşım modelinin dördüncü aşamasında ise diğer alt modellerden elde edilen tüm yolculukların başlangıç-son matrisleri ve kullanılan ulaşım türlerinin tahmininden sonra bu yolculukların güzergâhlara ataması gerçekleştirilmiştir. Karayolu şebekesi üzerine zirve saat için yapılan bu atamalarda elde edilen sonuçlarla tekrar yolculuk dağılım ve türel seçim modellerine geri dönülerek ağ üzerinde bir denge sağlanıncaya kadar devam ettirilmiştir. Aynı şekilde toplu taşıma atamasında hatların zaman çizelgeleri sisteme girilip, güzergâh seçimleri için zaman çizelgesine dayalı atama gerçekleştirilmiştir. Atama sonuçları ile yolcu sayımları karşılaştırılarak doğrulama sağlanmıştır. Çalışmanın sonraki aşamasında ise, 2025 yılı için Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan Nazım Plan'da öngörülen arazi kullanım yapısına bağlı olarak bölgesel bazda belirlenen nüfus, istihdam ve öğrenci sayılarına, gelecekteki hareketlilik, özel araç sahipliliği gibi yolculuk ve planlama parametrelerine bağlı ortaya çıkması beklenen ulaşım talepleri 2010 yılında kalibre edilen model kullanılarak tahmin edilmiştir. 2025 yılı için mevcut durumun kalibrasyonu sırasında hesaplanan üretim çekim modelleri kullanılarak geleceğe ilişkin üretim çekim değerleri yolculuk amaçlarına göre hesaplanmıştır.

Kocaeli için ana toplu taşıma sistemi için ortaya çıkan talep tahmini doğrultusunda hızlı otobüs taşımacılığı, hafif raylı sistem ve monoray sistemleri karşılaştırılmıştır. Öncelikle bütün alternatiflere ait proje, inşaat ve işletme giderleri Türkiye ve dünya genelinde benzer toplu taşıma sistemlerindeki fiyatlar dikkate alınarak tespit edilmiştir. Sistemlerin tümüne ait hız, araç sayısı, kapasite vb. özellikler belirlenerek işletme maliyetleri bu doğrultuda ortaya konmuştur. Sistemlerin işletme maliyetleri içerisinde enerji, yol ve sabit tesislerin bakım ve onarımları, araçların bakım ve onarımları ve personel giderleri ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca talebe cevap verebilmek için yapılması gereken servis kilometreleri detaylıca incelenmiştir. Proje ve inşaat maliyetleri açısından hızlı otobüs sistemi diğerlerine göre daha düşük maliyetler sunmaktadır. Fakat incelen koridordaki yüksek talep, hafif raylı sisteminin sunmuş olduğu yüksek hız ve kapasite hızlı otobüs sisteminin bu olumlu özelliklerini geride bırakarak öne çıkmasını sağlamıştır. Araç kapasitelerindeki farklılıklar sebebi ile hızlı otobüs sistemi ile yapılması gereken servis kilometreleri ile hafif raylı sistem servis kilometreleri arasında üç kata varan bir fark vardır. Bunun sonucu olarak da

işletme maliyetleri çok yükselmektedir. Ayrıca seçilen koridor üzerindeki yüksek ticari yoğunluklu alanlar ve yoğun yerleşim alanları da raylı sistemlerin daha fazla yolcu çekmesi gerçeği göz önüne alındığında hafif raylı sistemi ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca karşılaştırma sonuçları yüksek talep olan koridorlarda hızlı otobüs sistemlerinin işletme maliyetinin daha çok araç ve daha çok personel çalıştırması gerektiğinden ve yakıt türünden kaynaklanan bir şekilde hafif raylı sisteme oranla çok daha hızlı arttığını göstermektedir. Monoray sistemleri ise hem ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği hem de yüksek talepli koridorlarda talebe yeterli cevabı verememesi açısından değerlendirme de geri planda kalmaktadır. Mali analiz son aşamasında ise sistemlerden elde edilen gelirler ve sistemlerin gerek kurulum aşamasında ve gerekse de işletme esnasında ortaya çıkacak tüm maliyetler net bugünkü değer yöntemi ile günümüze taşınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmada yapılan analizler ve karşılaştırma neticesinde Kocaeli şehrinde hafif raylı sistem işletmesi yapılmasının uzun vadeli planlamalar açısından gerekli olduğu görülmüştür.

Koridor bazında toplu taşıma sistemi belirleme çalışması yapılırken, bu çalışmada ortaya konan yöntemle öncelikle şehirlerimize ait ulaşım modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Sahadan ve hane halkı anketlerinden gelecek verilerin analizi sonucunda nüfus, istihdam ve öğrenci sayısı gibi ulaşım talebini doğrudan etkileyen faktörlerin etkileri ortaya konulmalı ve bu ve benzeri faktörlerin gelecekte hangi şekillerde etki edeceği tahmin edilmelidir. Bu modelleri kurulumu sırasında birbirini etkileyen faktörlerin modeller üzerindeki etkisi hassasiyetle incelenmelidir. Yolculukların yoğunlaştığı alanlar ve bu alanların gelecekteki muhtemel değişimleri de göz önüne alınarak bir ağ bütünlüğü içerisinde koridor bazlı çalışmalarla tür seçimi için en önemli kriter olan yolculuk talebi tahmin edilmelidir. Bir koridorda ortaya çıkan yolculuk talebini karşılayacak toplu taşıma türünün belirlenmesi için bu koridorda ortaya çıkan talep miktarı ile tercih edilecek işletme türüne ait kapasitenin uyumlu olması ve sistem yatırım ve işletme giderleri dikkate alındığında en ekonomik alternatifin belirlenmesi gerekir. Bu talebe cevap verebilecek sistemler yapılabirlik, yapım maliyeti ve işletme maliyeti gibi faktörlerle değerlendirilerek, muhtemel diğer sistemlerle karşılaştırılmalıdır. Varsa şehre ait topoğrafya, tarihi alanlar vb. özel koşullar dikkate alınmalıdır. Bununla beraber seçilecek olan sistemin finansal açıdan

değerlendirilmesi için fizibilite etütlerinin yapılması ve nihai kararların bunun ardından verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışma benzer ölçekteki şehirler için yol gösterici olmakla birlikte her şehir ve hatta her proje kendine has şartları sebebi ile tek başlarına ayrı değerlendirmeye tabi tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

AASHTO., The American Association of State Highway and Transportation Officials, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, USA, 2001.

Acar İ. H., Fiziki Sınırları Gözetken Yönlendirici Ulaşım Planlaması (Stratejik Planlama), *4. Ulaştırma Kongresi*, Denizli, Türkiye, 3-5 Haziran 1998.

Acar İ. H., Kent içi Trafik Sorunlarının Hafifletilmesinde Güncel Yöntemler ve İstanbul'un Durumu, *2. Kent içi Ulaşım Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 17-18 Aralık 1998.

Akad M., Gedizlioğlu E., Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı, *İTÜ Dergisi Mühendislik*, 2007, **6**(1), 88-98.

Alp S., Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması, *İst. Ticaret Ün. Fen Bilimleri Dergisi*, 2008, **13**, 73-91.

Arkon C., İzmir Kent içi Ulaşımında Planlamanın Önemi, *Planlama*, 1990, **90**(1-2), 12-15.

Atak E., Bir Başkanın Araba Sevdası ve Ankara Ulaşımında Kayıp Yıllar, *Planlama*, 2005, **4**, 102-111.

Ayartepe E. ve Kırmızı Z., Bursa Kent İçi Toplu Taşıma Etüdü: Bir Model Uygulaması, *Birinci Ulusal Ulaşım Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 6-7 Mayıs 1996.

Babalık E., Urban Transportation Policies In Ankara With Special Emphasis On The Issue of Car Ownership And Car Use, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996, 53430.

Baykan N., Haldenbilen S. ve Murat Y. S., Denizli İlinin Kent içi Ulaşım Sorunları ve Çözüm Önerileri, *4. Ulaştırma Kongresi*, Denizli, Türkiye, 3-5 Haziran 1998.

Bruun E., Comparison of BRT and LRT Operating Costs Using a Parametric Cost Model, *Transportation Research Record*, Washington D.C., USA, 2005.

Çakar T., Ulaşımında Enerji Verimliliği, *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, Ankara, Türkiye, 3-5 Şubat 1999.

Çakar A. E., Ankara Kent içi Ulaşımın Dünü Bugünü Yarını, *Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı Trafik Dergisi*, 1997, **Özel Sayı**, 17.

Çubuk M. K., Ankara'da Raylı Ulaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2003, **18**(1), 125-144.

Darçın M., Türkiye’de Ulaşım Göstergelerinin iller Bazında Çok Değişkenli Analiz Teknikleri Yardımı ile Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 180097.

Dieleman F. M., Dijst M. and Burghouwt G., Urban Form and Travel Behaviour: Micro-level Household Attributes and Residential Context, *Urban Studies*, 2002, **39** (3), 507-527.

DİE, Devlet İstatistik Enstitüsü, *Türkiye İstatistik Yıllığı*, 1997.

Elker C., Kentsel Ulaşım Sistemi İçin Yeni Bir Yöntem, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1981.

Elker C., *Ulaşımında Politika ve Pratik*, Ankara, 2002,

Ergün G., Gün F., Çalışkan B., Link Kapasite Formüllerinin Geliştirilmesi, İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi için Hazırlanan Rapor, İstanbul, 2007.

Eryiğit S., Çiftçi Ç., Ulaşım Planlama Sürecinde Konya Hafif Raylı Sistem Hatlarının İrdelenmesi, *2nd Traffic and Road Safety International Congress Exhibition*, Ankara, Türkiye, 5-7 Mayıs 2004.

Evren G., Ulaştırma Planlamasında Gelişmekte Olan Ülkelere Özgü Sorunlar, *3.Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 5-7 Haziran 1995.

Evren G., Türkiye Ulaştırma Politikalarına Eleştirel Bir Bakış, *II. Ulaşım Ve Trafik Kongresi- Sergisi*, Türkiye, 23-25 Mayıs 2007.

Fox H. World Bank Urban Transport Strategy Review – Mass Transit in Developing Countries, Final Report, *Department for International Development*, London, 2000.

Gerçek H., Demir O., Eskişehir Ulaştırma Ana Planı, *6. Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 23-25 Mayıs 2005.

Giuliano G., Narayan D., Another Look at Travel Patterns and Urban Form: The US and Great Britain, *Urban Studies*, 2003, **40**(11), 2295-2312.

Gökdağ M., Yüksel F., Enerji Verimliliği Açısından Demiryollarının Önemi ve Geliştirilmesi, *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, Ankara, Türkiye, 3-5 Şubat 1999.

Gökdağ M., Üçüncü O., Trafik ve Gürültü Tabiat ve İnsan, *Planlama*, 1997, **26**(1), 41-44.

Gülgeç İ., *Ulaşım Planlaması*, Ankara, 1998.

Gültekin Z., Ergan Z.H., Çınal S., Öztürk M. M., Kent İçi Ulaşımında Monoray Sistemi, *IV. Ulaşım ve Trafik Kongre ve Sergisi*, Ankara, Türkiye, 26-27 Eylül 2003.

Güven G., Şahin İ., Metrobüs (BRT) Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri, *8. Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 30 Eylül-2 Ekim 2009.

Kaman I. N., Özalp M., AB Üyesi Ülkeler ve Türkiye’de Kentsel Ulaşım Planlaması, *Ulaştırma Politikaları Kongresi*, Ankara, Türkiye, 16-17 Ekim 2003.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi-İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, 1/50,000 Ölçekli Çevre Düzeni Nazım İmar Planı, Plan Açıklama Raporu, *Kocaeli Büyükşehir Belediyesi*, 2006.

Koçak N. A., Ulaşım Planlama Çalışması ve Kent içi Yol Şebekesindeki Trafik Akışının Tahmininde Kullanılan Atama Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996, 55270.

Ortuzar J. de D., Willumsen L. G., *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, Ltd, New Delhi, India, 2001.

Öncü E., Kentlerimizde Raylı Sisteme Geçilme Koşulları, *Makine Mühendisleri Odası Aylık Dergisi*, 1999, **471**, 19-30.

Öncü E., Toplu taşımın Tamamlayıcısı Olarak Bisiklet, *Planlama*, 1990, **90**(2), 48-51.

Öncü E., Ülkemiz Kentlerinin Ulaşım Yapısı ve Kentlilerin Yolculuk Özellikleri, 5. *Toplu Taşım Kongresi*, Ankara, Türkiye, 22-23 Şubat 1993.

Öncü E., Plansız Ankara'nın Plansız Ulaşımının Projeleri - Yaklaşımlar ve Sonuçlar, *Ankara'da Uygulanan Ulaşım Politikaları ve Kente Etkileri Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 19 Aralık 2005.

Özalp M., Türkiye’de Kentsel Ulaşım Planlaması Çalışmalarında Benimsenen Yaklaşımlar; Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007, 201110.

Öztag A. S., Kütahya ili Kent içi Ulaşım Planı içinde Tramvay Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 1995, 45021.

Özdemir T., Turabi A., Üçer A., Arık A., Kentsel Ulaşım Sorunları ve Çözümleri Üzerine Bir Araştırma (Balıkesir Örneği), 6. *Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 23-25 Mayıs 2005.

Pamuk İ., Orta Büyüklükteki Kentlerimizde Ulaşım ve Trafik Sorunlarının Değerlendirilmesi: Adapazarı Örneği, 2. *Uluslararası Ulaşım Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 1-4 Ekim 1998.

Sutcliffe E. B., Kentsel Sorunların Çözümünde Ulaşım Politikaları; Ulaşım Sorunlarının Çözümünde Kent Planlama Politikaları, *Ankara'da Uygulanan Ulaşım Politikaları ve Kente Etkileri Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 19 Aralık 2005.

Tanış M., Ögüt K. S., Orta Ölçekli Kentler için Toplu Taşıma Seçeneklerinin Teknik ve Mali Karşılaştırması, 5. *Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, Hatay, Türkiye, 1-2 Kasım 2007.

Litman T., Evaluating Public Transit Benefits and Costs, *Best Practices Guidebook* Victoria Transport Policy Institute, USA, 2015.

Toprak R., Aktürk N., Raylı Ulaşım Sistemlerinin Çevresel Etkileri ve Gürültü, *4. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi*, Ankara, Türkiye, 26-27 Eylül 2003.

Türkmen M., Kent içi Toplu Taşımada Raylı Sistemlerin Yeri ve Ankara Metrosu ile Ankaray Örneklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001, 114768.

Uludağ M., Kentsel Ulaşımında Karayolu Ve Raylı Taşıma Sistemlerinin Bazı Önemli Faktörlere Göre Karşılaştırılması, *MMO*, **10**(1), 48-55, 2000.

Ural A., Abut N., Türkiye’de Kentsel Toplu Taşımada Raylı Sistem Seçimi ve İzmit Ulaşım Master Planı, *2. Kent içi Ulaşım Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 16-18 Aralık 1998.

JORSA, Urban Transportation Systems in Japan, *Japan Overseas Rollington Stock Association*, Japonya, 2007.

Uz V. E., Karaşahin, M., Kent içi Ulaşımında Bisiklet, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 2004, **429**, 41-46.

Üstündağ K., İnsan Merkezli Bütünleşik Kentsel Ulaşım Planlama Modeli, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002, 128405.

VISUM, User Manual, *PTV System Software and Consulting GmbH*, Karlsruhe, Germany, 2012.

Vuchic V., *Urban Transit: Operations, Planning and Economics*, John Wiley & Sons, USA, 2005.

Walpole R. E., Myers S. L., Myers K. Y., *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*, 9th ed, Prentice Hall, Delhi, 2002.

Yayla N., İstanbul’da Ulaşım ve Trafik Sorunu-Öneriler, *1. Ulusal Ulaşım Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 19-20 Aralık 1996.

Yener C., Hafif Raylı Taşıma sistemlerinin Kalitatif İncelenmesi, *2. Ulusal Demiryolu Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 15-17 Aralık 1997.

Yeni M., İstanbul’un Ulaşım Sorunlarına Çözüm Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001, 106404.

Yorulmaz E., Balaban T., Bursa Kent İçi Ulaşımı İyileştirme Çalışması, *4. Ulaştırma Kongresi*, Denizli, Türkiye, 3-5 Haziran 1998.

Yüce K. B., An Approach To Traffic Planning For Medium Sized Cities, Yüksek Lisans Tezi, Orta Dogu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1994, 35758.

Yüksel Proje, İzmit Kent içi Trafik ve Ulaşım Düzenleme Projeleri Toplu Taşıım Sisteminin Yeniden Yapılanması, *Kocaeli Büyükşehir Belediyesi*, Kocaeli, 2008.

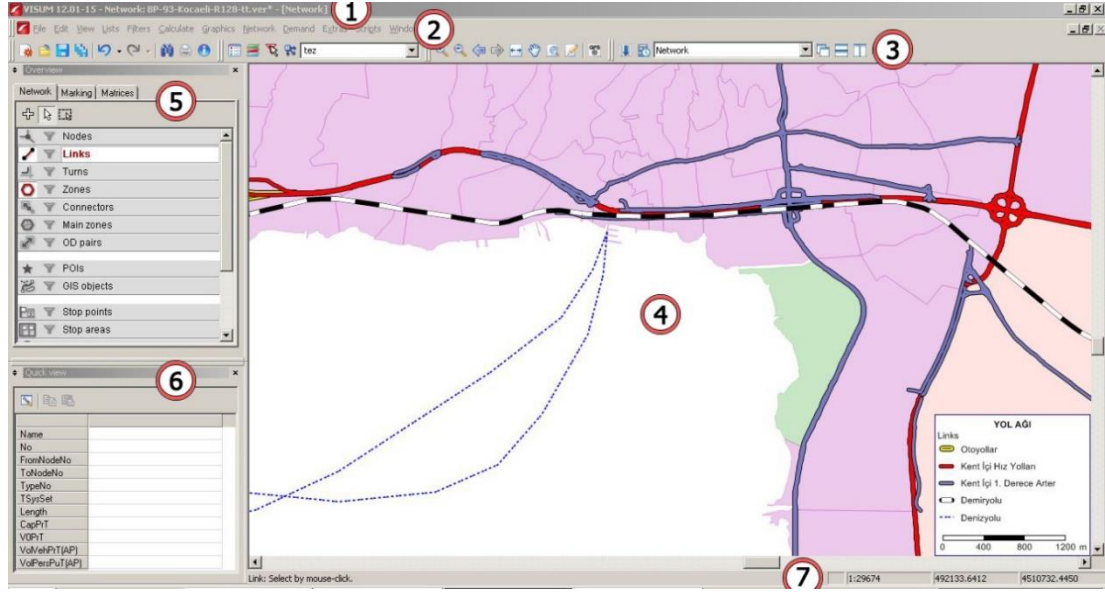
Zorlu F., Ankara'da Yakın Dönemde Beklenen Ulaşım Sorunları ve Kente Etkileri, *Ankara'da Uygulanan Ulaşım Politikaları ve Kente Etkileri Sempozyumu*, Ankara, 19 Aralık 2005.

EKLER

Ek – A

Makro Ulaşım Modelleme Programı: Visum

Kocaeli Ulaşım Ana Planı sürecinde model oluşturulması ve trafik atamalarının yapılması için Visum 12.0 programı kullanılmıştır. Bu bölümde ulaşım modelinin kurulum aşamaları maddeler halinde açıklanmıştır.

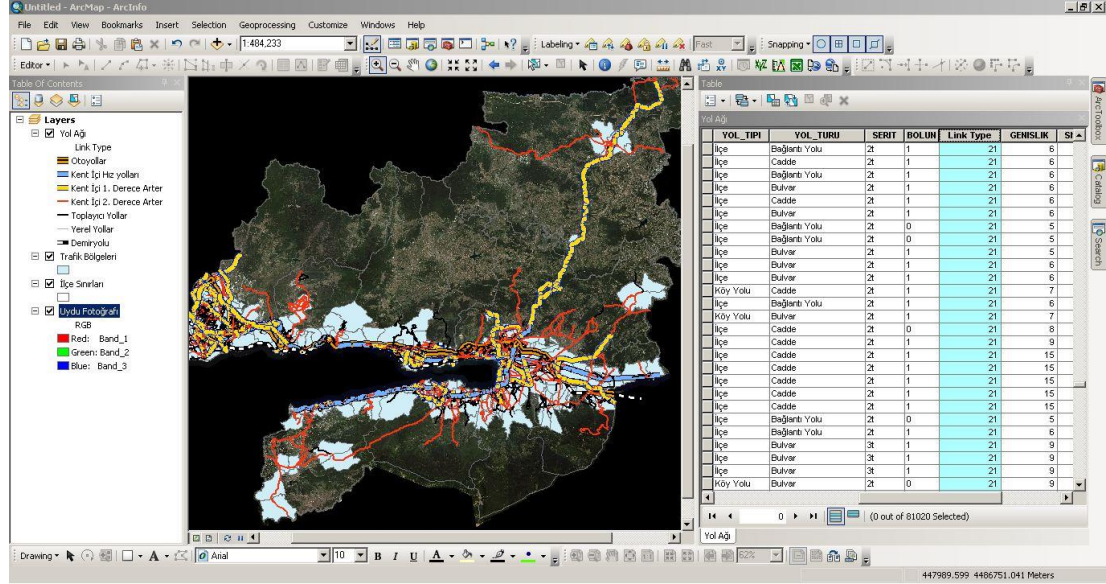


Şekil A.1: Visum programı genel görünümü

- 1- Proje başlığı: Bu kısımda Visum proje dosyasının ismi yazar.
- 2- Menü: Menü kısmından programın bütün fonksiyonlarına erişilebilir.
- 3- Araç çubuğu: Bu kısımda kaydetme, ekran gezdirme, ekran büyütme ve ekran küçültme gibi çeşitli fonksiyonların yapılabileceği düğmeler mevcuttur.
- 4- Ana proje ekranı: Bu kısımda üzerinde çalışılan proje görüntülenir.
- 5- Düzenleme çubuğu: Bu kısımda projede kullanılacak tabakaların düzenlenebileceği, seçilebileceği ve oluşturulabileceği düğmeler mevcuttur.
- 6- Hızlı erişim çubuğu: Bu kısımda seçilen objelerin özelliklerini hızlı bir şekilde kontrol edebileceğimiz alan mevcuttur.
- 7- Durum çubuğu: Bu kısımda proje ekranının ölçeği, koordinatları ve talimatları görüntülenebilir.

Kocaeli Ulaşım Ana Planı süresince ulaşım modellerinin oluşturulmasında farklı birtakım yazılımlar kullanılmıştır. Çalışmanın en başında ulaşım modelinin altlığını

oluşturan coğrafi bilgi sistemi (GIS) verilerini düzenlemek ve depolamak için ESRI firmasının ürettiği ArcGis programı kullanılmıştır. İlk olarak çalışma alanı trafik zonlarına ayrıldı ve yol ağları kolaylık sağlaması açısından kademelere bölündü.

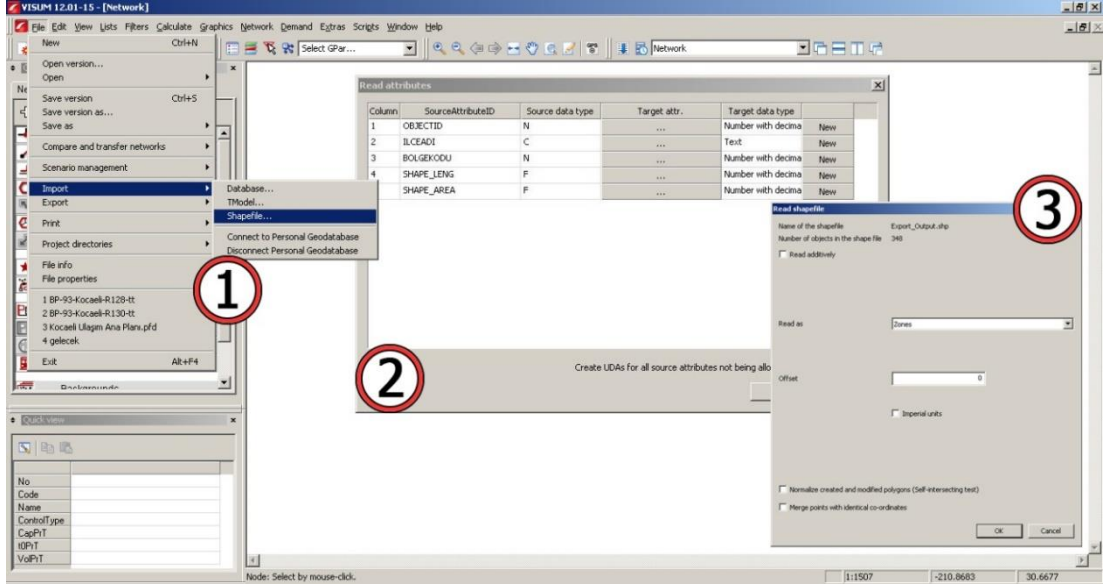


Şekil A.2: ArcGis programı üzerinde bölge ve yol ağı kodlaması

Toplam 348 iç 13 dış trafik zonu kodlanmıştır. Yol ağı kapasitelerine göre 6 ana başlıkta toplanmıştır. Bunlar;

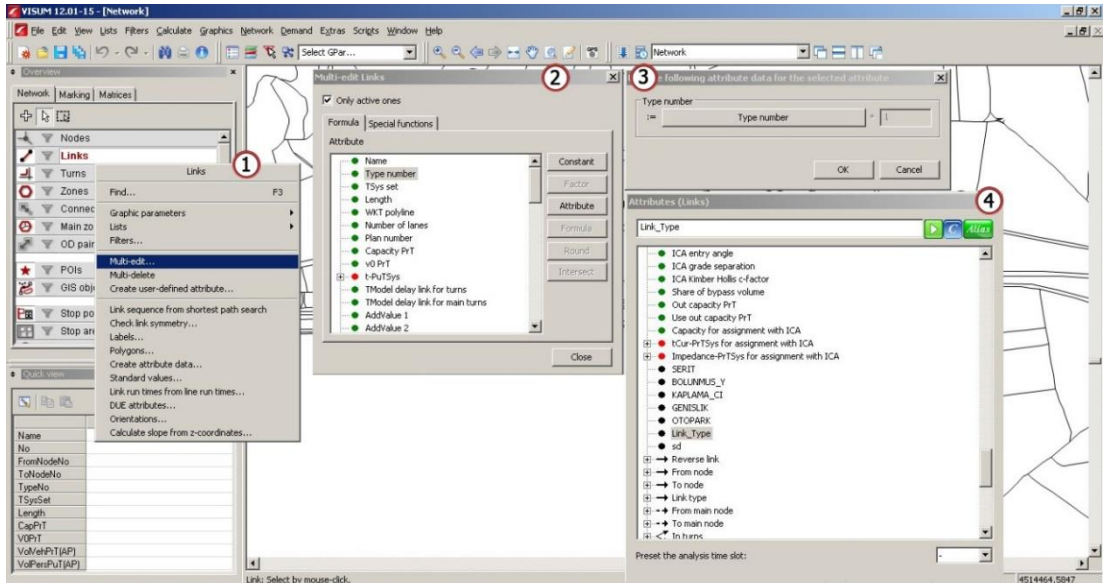
- Otoyollar
- Kent içi hız yolları
- Kent içi 1. Derece arterler
- Kent içi 2. Derece arterler
- Toplayıcı yollar
- Yerel yollar

ArcGis programında kodlanan veriler shapefile (shp) dosyası olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen shapefile dosyaları Visum programı içerisine aktarılmıştır.



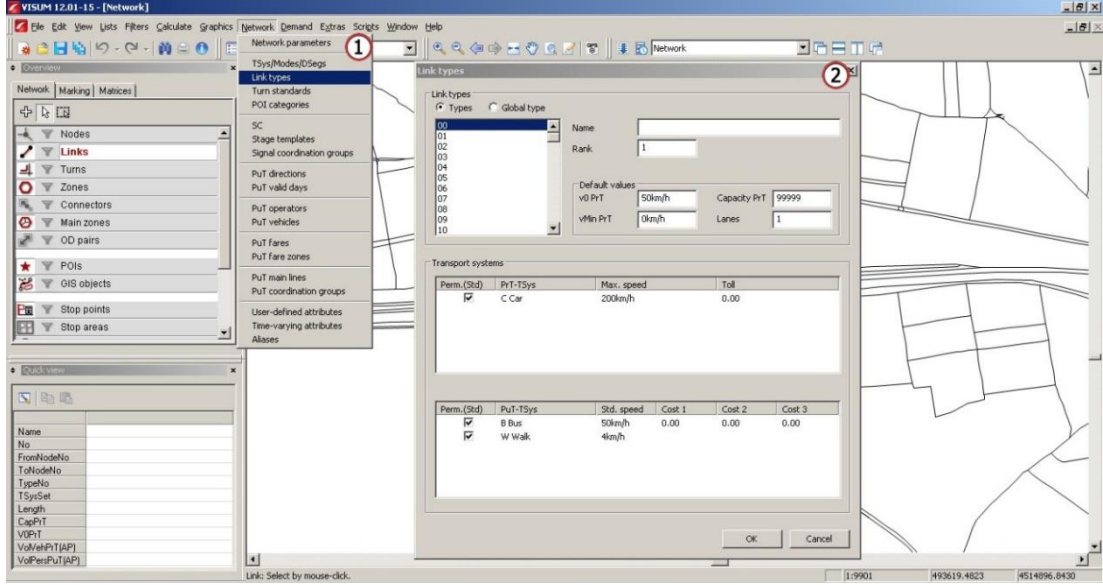
Şekil A.3: Coğrafi bilgi sistemi verilerinin Visum'a aktarılması

Trafik bölgeleri ve yol ağı Visum'un içerisine aktarıldıktan sonra coğrafi bilgi sisteminde kademelendirilen yol verileri Visum programına uygun hale getirilir.



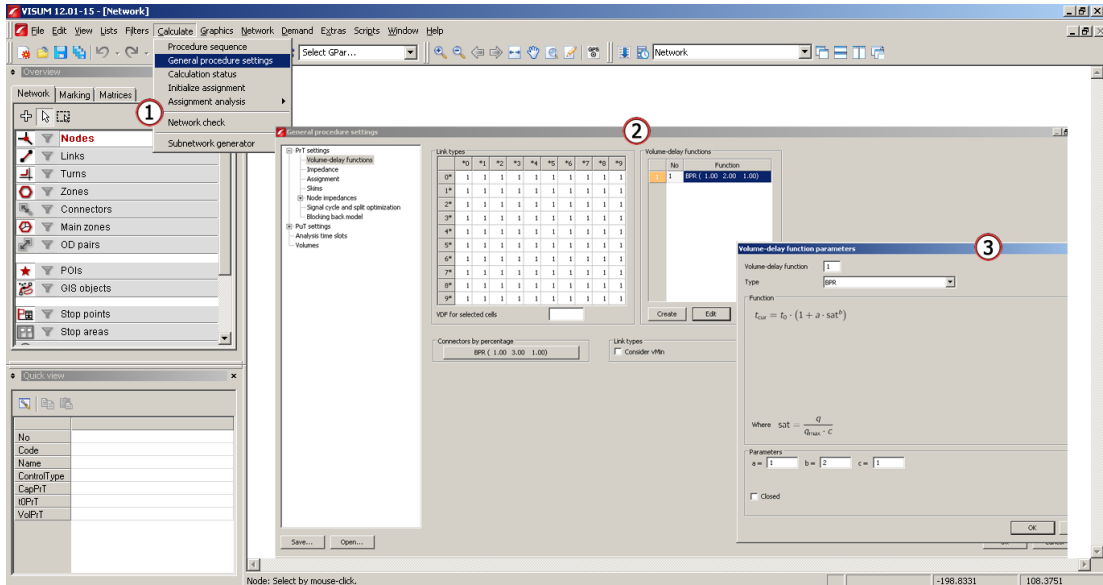
Şekil A.4: Yol ağı kademelenmesinin işlenmesi

Kademelendirilen yol ağı üzerinde uygun ulaşım modları, hızları ve daha sonra trafik atamasında kullanılacak yol dirençleri tanımlanır.



Şekil A.5: Yol ağı üzerinde ulaşım sistemlerinin tanımlanması

Belirlenen her yol ağı için ulaşım modelinde kullanılmak üzere direnç katsayısı belirlenir (impedance).

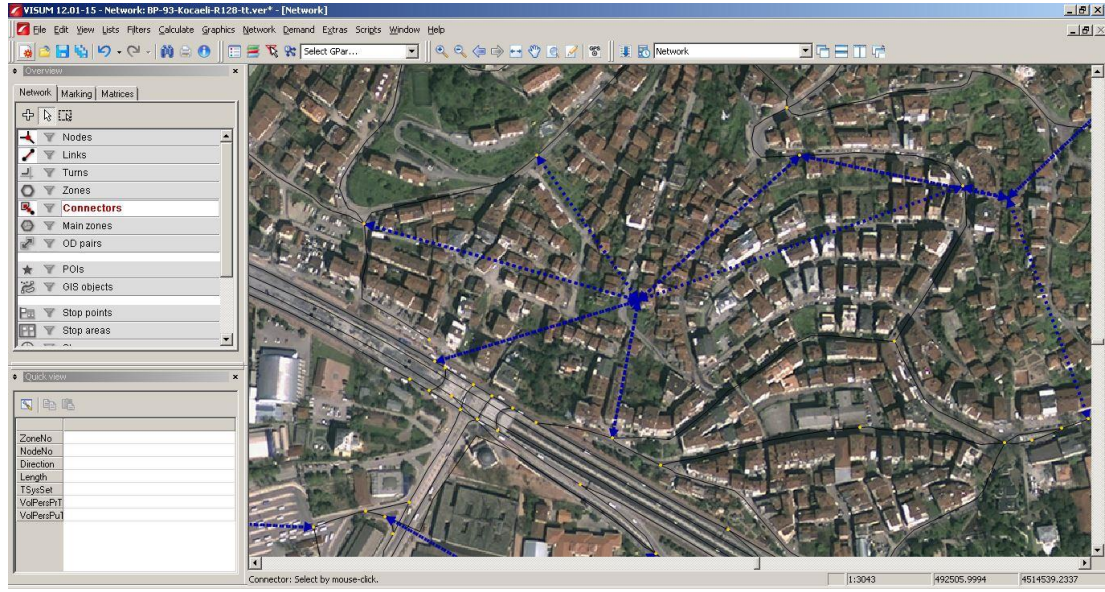


Şekil A.6: Yol ağlarına direnç tanımlanması

Tanımlanan dirençler yol ağları üzerindeki gecikmelerin fiyatlandırılmasında kullanılacaktır. Bu işlem için BPR fonksiyonu kullanılmıştır.

Aynı menü içerisinde kavşak noktaları için de direnç katsayıları programı işlenebilmektedir. Kavşak türlerine göre direnç katsayıları belirlenir ve programa işlenir.

Ulaşım modellerinde sahadaki her yol parçasının sisteme dahil edilmesi sahadan bilgi toplama ve programın hesaplaması sırasında maliyet açısından oldukça yüksek değerlere tekabül edeceğinden bütün yol ağı dikkate alınmaz. Her bir trafik bölgesi için başlangıç-variş matrisleri kullanılır ve bu matrislerden yol şebekesine sanal yollar tanımlanır. Visum programında bu sanal yollara “connector” adı verilir.

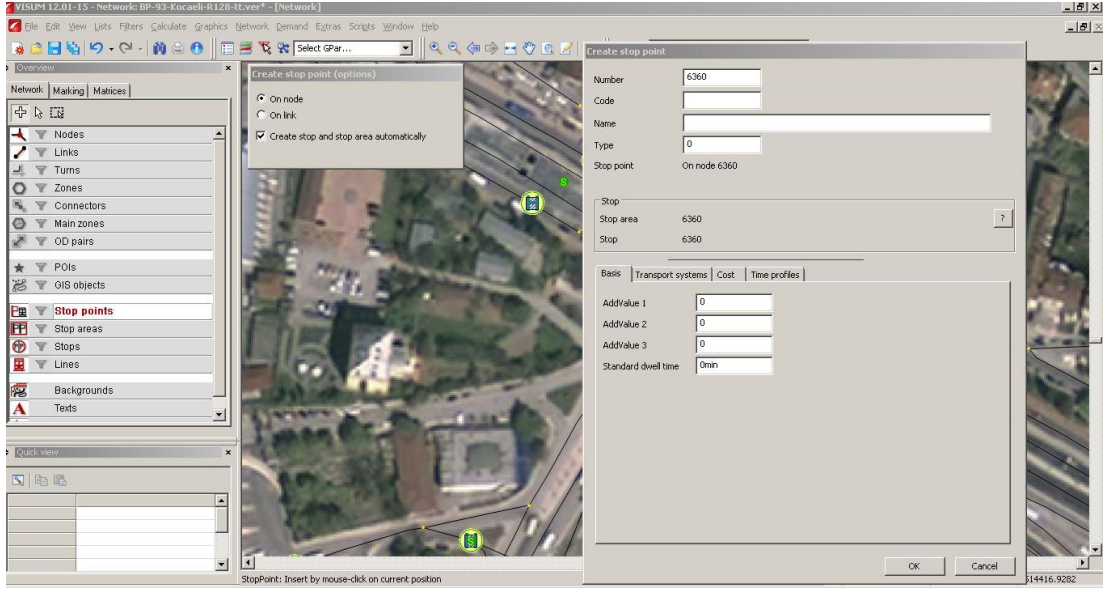


Şekil A.7: Connector tanımlanması

Ulaşım modellemesi, trafik ataması ve toplu taşıma ataması yapılabilmesi için toplu taşıma ağının da programa işlenmesi gerekmektedir. Toplu taşıma yapısının sisteme işlenebilmesi için önce coğrafi bilgi sistemlerinden çekilen ve sahadan kontrol edilen durak noktaları kodlanır ve programa girilir.

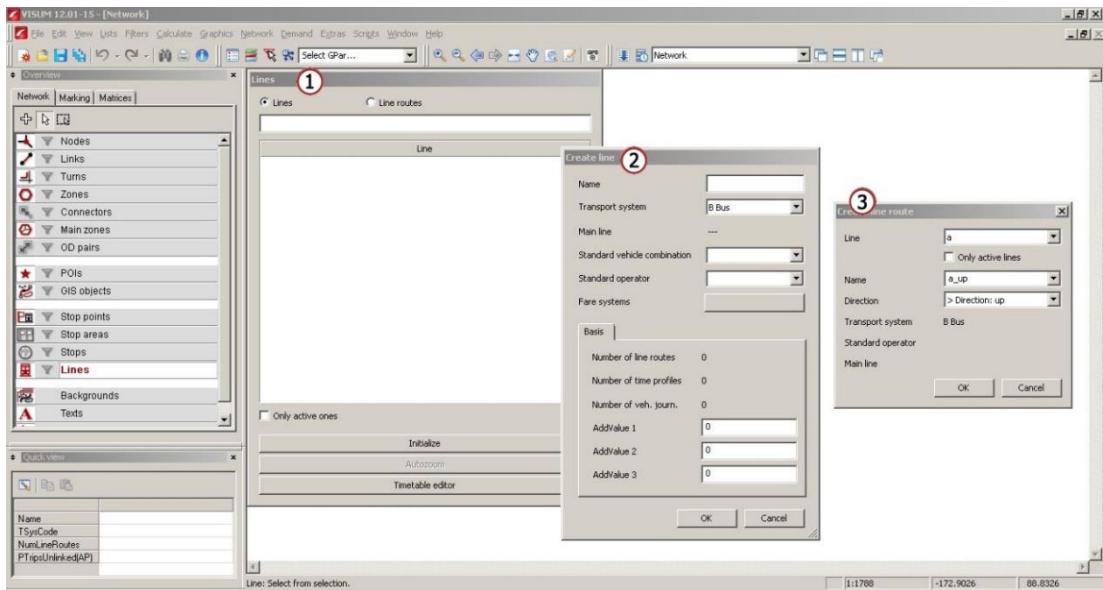
Visum programında durak yapısının içerisinde üç farklı sistem bulunmaktadır. “Stop point” araçların durduğu noktayı, “stop area” yolcuların beklediği alanı, “stop” ise bütün bunların tamamını temsil eder. Her “stop point” mutlaka bir “stop” ile tanımlanır. Bir “stop” içerisinde birkaç tane “stop point” ve “stop area” tanımlanabilir.

Bir “stop point” oluştururken otomatik olarak “stop area” ve “stop” oluşturma seçeneği de programda sunulmuştur.



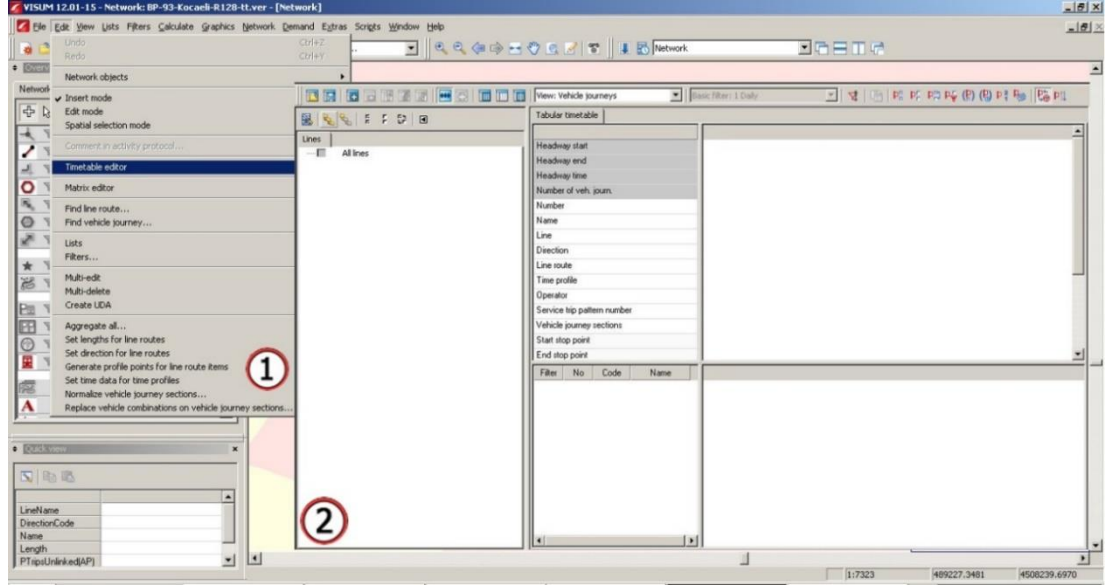
Şekil A.8: Durakların oluşturulması

Durakların oluşturulmasından sonra toplu taşıma hatlarının oluşturulması gerekmektedir. Her bir toplu taşıma hattı mutlaka bir durak noktasından başlayıp bir durak noktasında bitmelidir. Hatların oluşturulmasında iki menü vardır. Birinci menüde hattın ana ismi oluşturulur. İkinci menüde ise bu ana hat ismi altında hattın güzergâhları tanımlanır ve hat çizilmeye başlanır. Hatların oluşturulması sırasında hatta kullanılacak araç türü, operatör türü, ve ücret tipi belirlenir. Oluşturulan bu veriler toplu taşıma hattı oluşturulurken hatta tanımlanır.



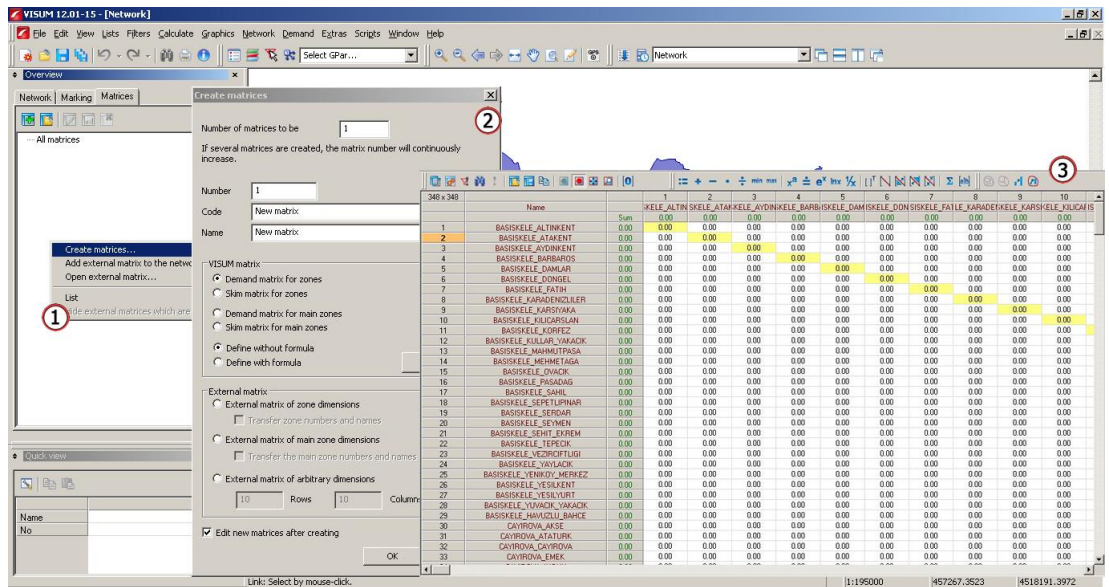
Şekil A.9: Toplu taşıma hatlarının oluşturulması

Toplu taşıma hatlarının sisteme işlenmesi sonrasında her hattın gün içerisindeki hareket saatleri programa işlenir.



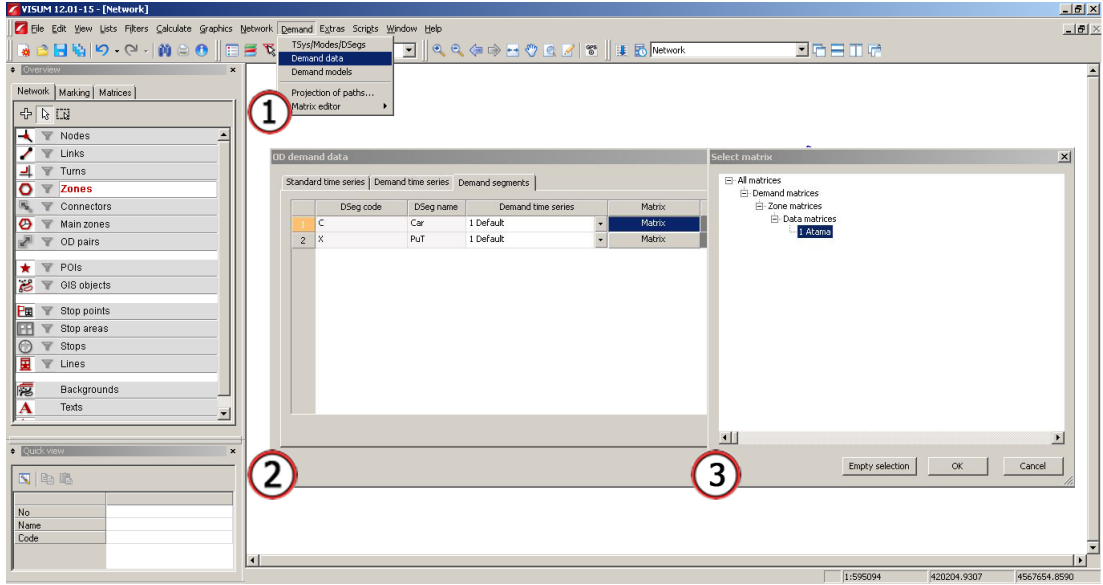
Şekil A.10: Hareket saatlerinin işlenmesi

Toplu taşıma hatlarının ve hareket saatlerinin işlenmesinden sonra atama işlemlerine başlanır. İlk olarak hane halkı anketlerinde alınan cevaplar ve sahada yapılan trafik sayımları ile programda yapılan atamaların kalibrasyonu yapılır. Burada ulaşım türlerinin süreleri arasında kıyaslama yapılır (Ev Başlangıçlı İş Yolculukları, v.b.). Hane halkı anketlerinden gelen başlangıç varış matrisi programa işlenir.



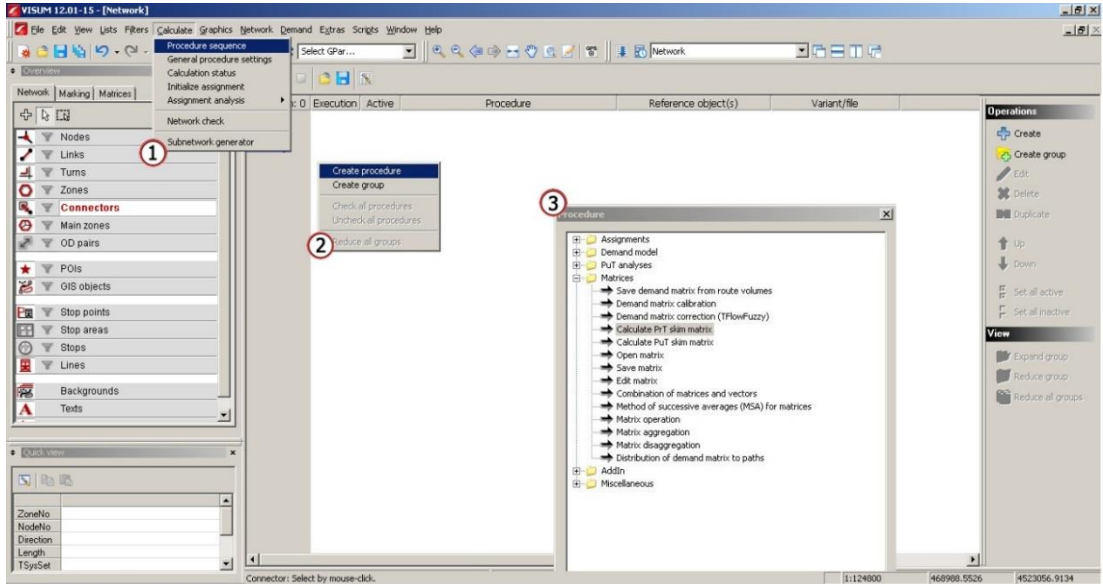
Şekil A.11: Matrislerin oluşturulması

Hazırlanan başlangıç varış matrisi programda atama yapılabilmesi için özel otomobil matrisi olarak Şekil A.12'deki gibi tanımlanır.



Şekil A.12: Özel otomobil matrisinin tanımlanması

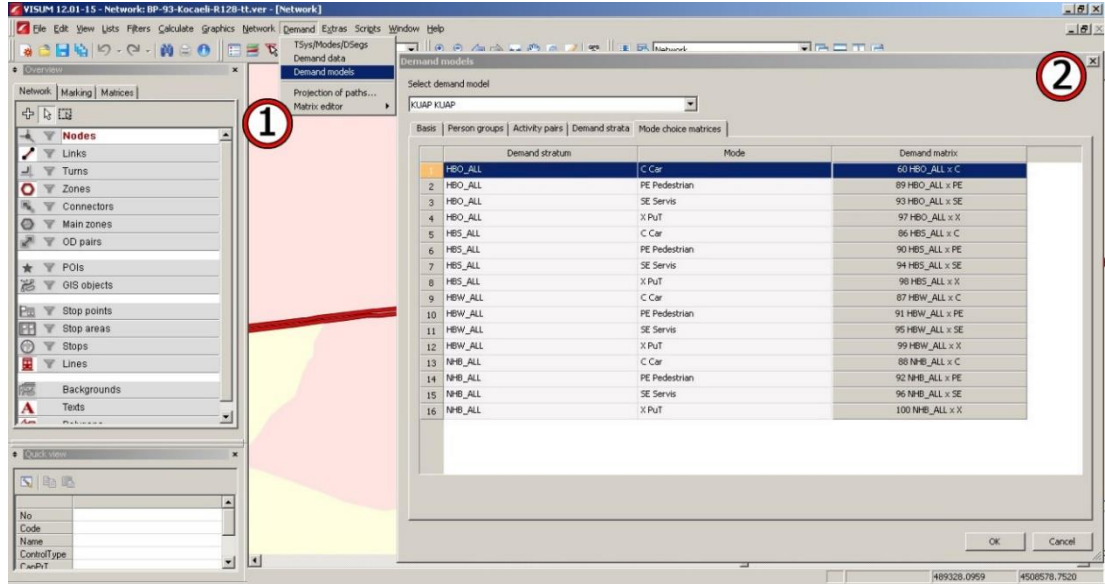
Seçilen matris ile birlikte model kalibrasyonunun yapılabilmesi için atama prosedürlerine geçilir.



Şekil A.13: Zonlar arasındaki sürelerin hesaplanması

İlk olarak atamada kullanılması için zonlar arasındaki süreler hesaplatılır. Hesaplanan süreler modelin kalibrasyonunda kullanılacaktır. Hesaplatılan süreler matris bölmesinde otomatik olarak oluşacaktır.

Atama prosedürlerinde kullanılacak matrislerin elde edilmesi için “Demand Models” kısmında her ulaşım türü ve seçeneği için otomatik matrislerin oluşturulmasına imkân verecek bilgiler kodlanır.



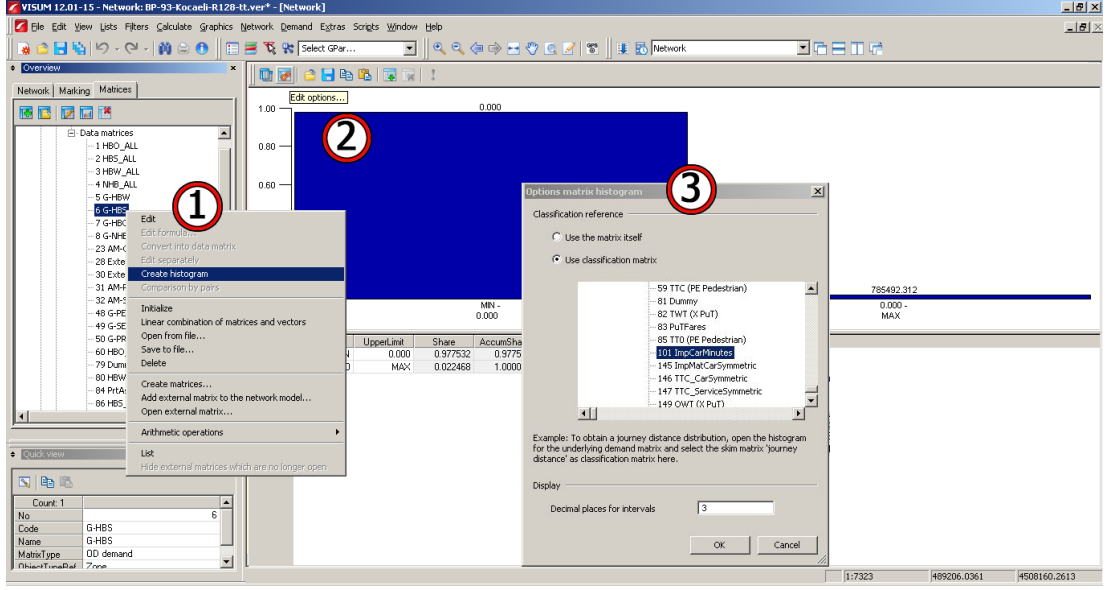
Şekil A.14: Talep model türlerinin matrislerinin oluşturulması

Sahada yapılan trafik sayımları modelin kalibrasyonu için Visum modelinde işlenir. Sayım noktaları Visum’da “Count Locations” olarak tanımlanmıştır.

Sayım verileri sayım noktalarına işlendikten sonra atama prosedürleri ve modelin kalibrasyonu aşamasına geçilir.

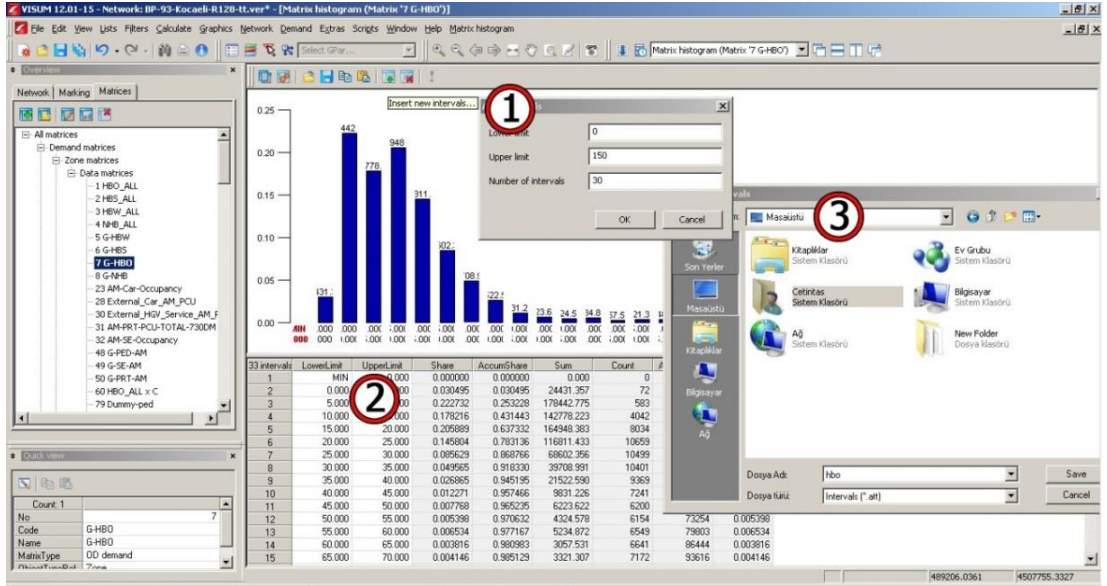
Model kalibrasyonunda hane halkı anketlerinden gelen başlangıç varış matrisi Visum’a tanımlanır ve sahadaki sayım verileri ile eşleşene kadar işlemler devam ettirilir.

Bunun için hane halkı anketleri sonucunda elde edilen süreler ile modeldeki sürelerin birbirine yaklaştırılması esas alınmaktadır. Bu sebeple her bir yolculuk türü için histogramlar oluşturulacaktır.



Şekil A.15: Model kalibrasyonu için histogram oluşturulması

Her bir ulaşım türü için süreler ile bağlantılı şekilde histogram oluşturulur. Oluşturulan bu histogramlar sonucunda elde edilecek değerler Excel programında karşılaştırılacaktır.

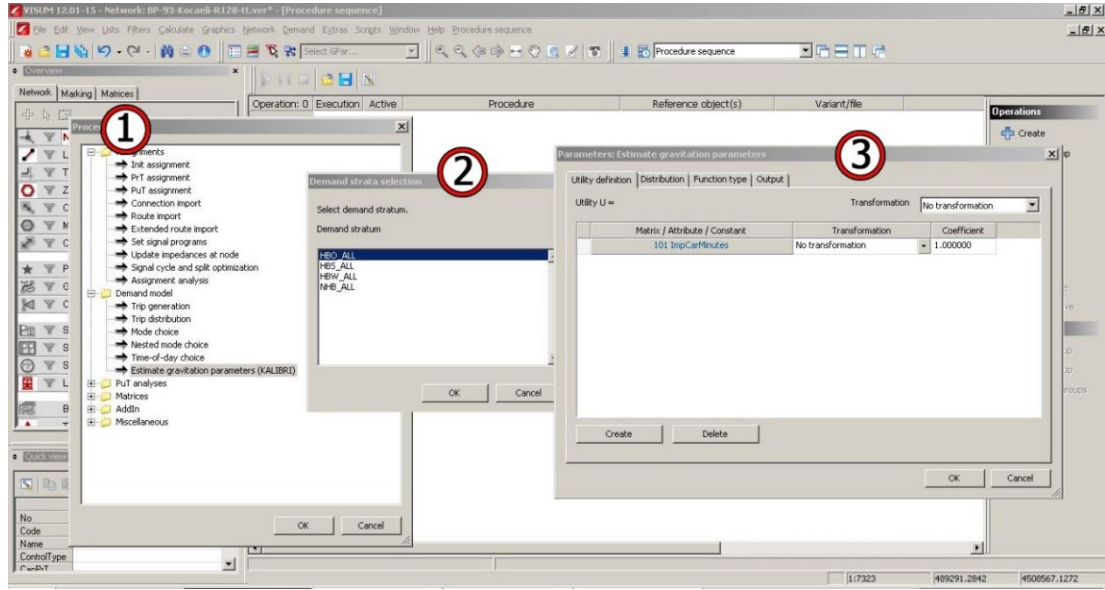


Şekil A.16: Dağılım verilerinin kaydedilmesi

Bu kısımda dikkat edilmesi gereken nokta değer aralıklarında “min-0” ve “150-max” kısmındaki “count” değerinin 0 olması gerektiğidir.

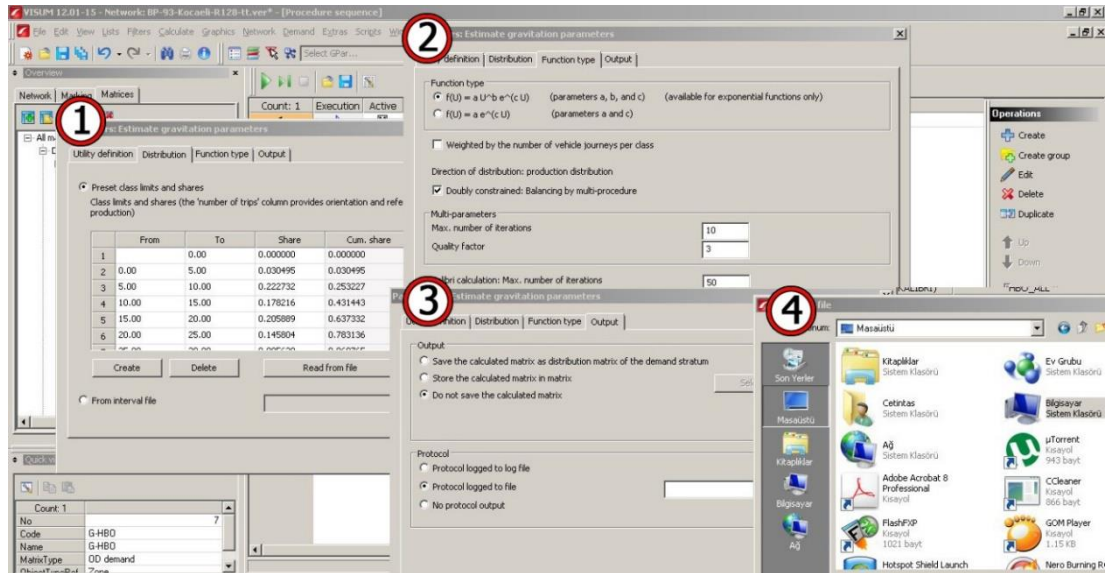
Belirtilen veriler kontrol edildikten sonra dağılım aralığı bilgisayara kaydedilir.

Kaydedilen dosya modelin kalibrasyonunda kullanılacaktır.



Şekil A.17: Modelin kalibrasyonu

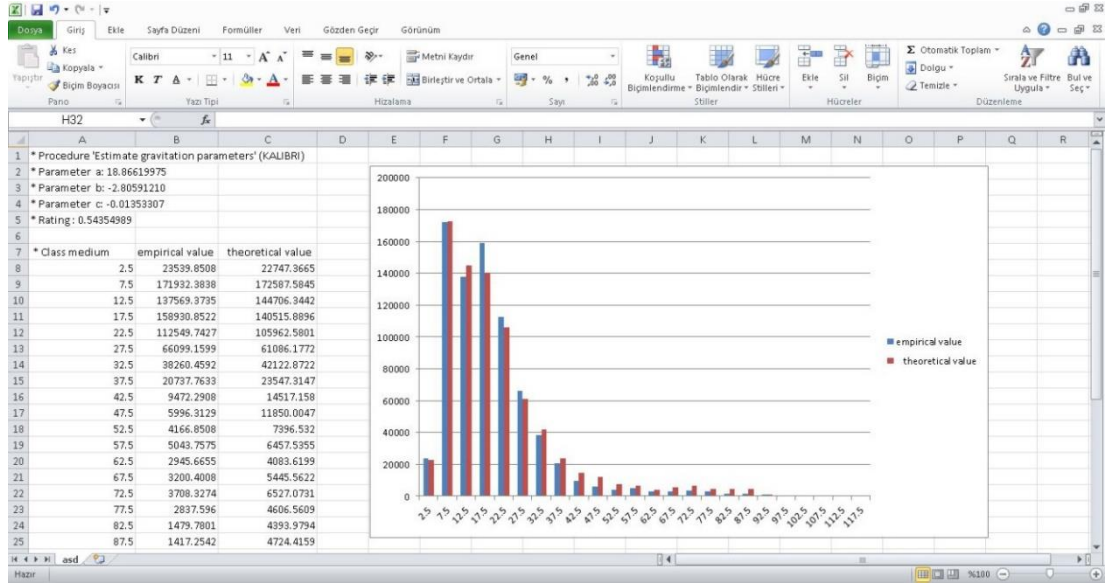
Model kalibrasyonu için atama prosedürlerinde sırası ile “Demand Model” kısmından “Estimate gravitation parameters Kalibri” seçeneği seçilir. Referans objesi olarak her ulaşım türü tek tek kullanılacaktır. Seçilen ulaşım türünden sonra fayda tanımlaması kısmında özel araç için direnç matrisi seçilir.



Şekil A.18: Kalibrasyonda oluşan katsayıların kaydedilmesi

Elde edilen dağılımdan sonra kalibrasyonda kullanılacak denklem türü seçilir. Bu çalışmada “Çift Kısıtlı Çekim Modeli” kullanılmıştır.

Çıkan katsayılar Excel programında karşılaştırılır.

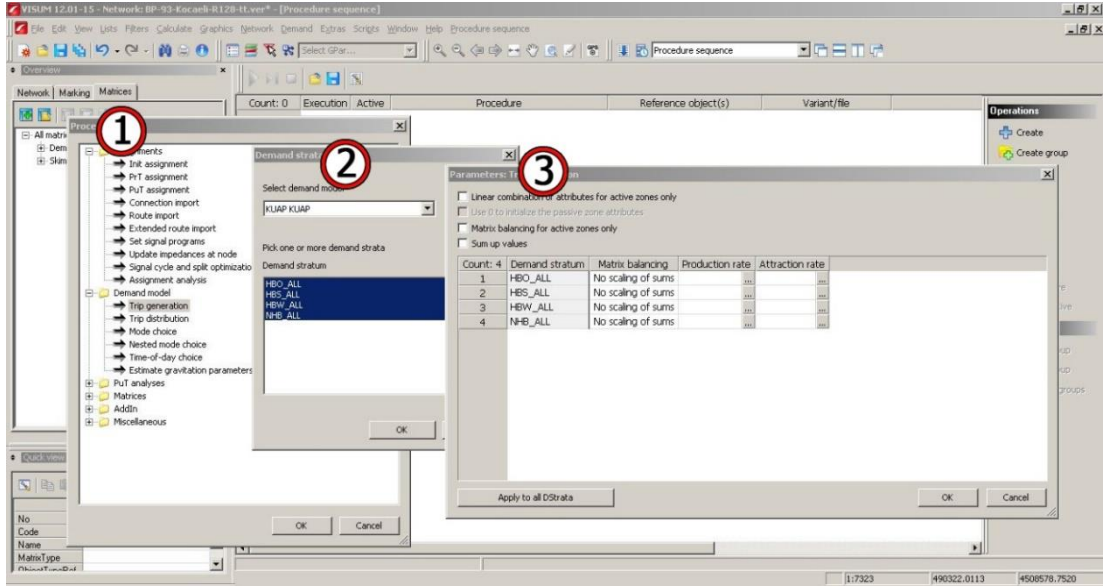


Şekil A.19: Gözlem ve model verilerinin karşılaştırması

Bütün bu işlemler model ve gözlem değerleri mümkün olduğu kadar yakınlaşana kadar devam ettirilir. Bu kısımda “a, b ve c” olarak elde edilen değerler daha sonra seyahat dağılımı modelinde kullanılacaktır.

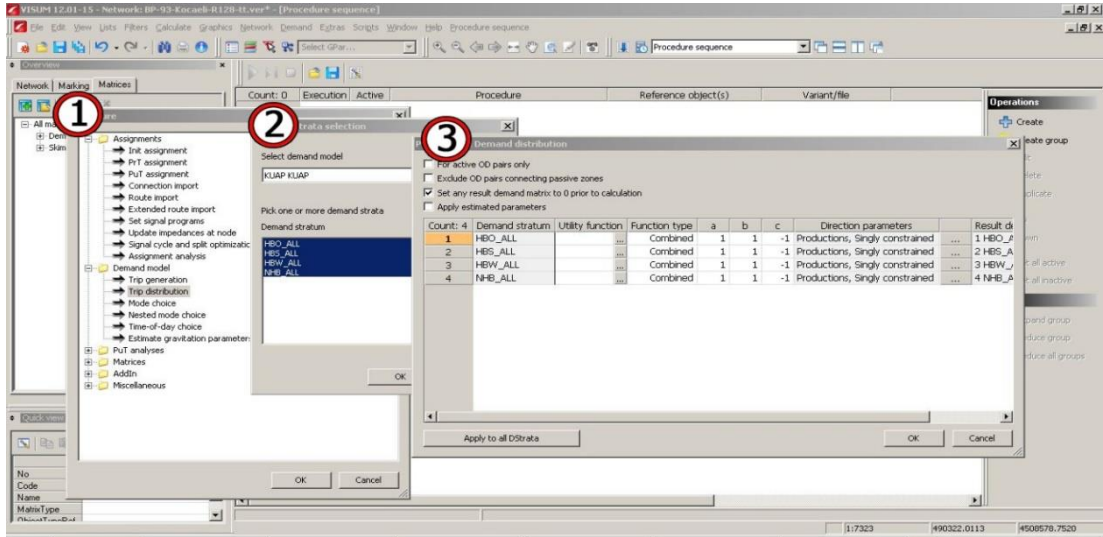
Model kalibrasyonunda sürelerin yanında ayrıca sayım noktalarındaki değerler de birbirleri ile karşılaştırılır ve dengeye gelene kadar bu işlemler devam ettirilir.

Modelin kalibre edilmesi ile birlikte 4 aşamalı seyahat modelinin Visum programında kurulumuna geçilir. İlk olarak seyahat üretimi (trip generation) aşaması programda çalıştırılır. Bu kısımda Tablo 5.23’ deki seyahat denklemleri üretim ve çekim kısımlarına kodlanır. Her bir trafik zonunun ürettiği ve çektiği günlük seyahatler zon bazında hesaplandırılır.



Şekil A.20: Seyahat üretimi ve çekimlerinin zon bazında hesaplatılması

Seyahat üretimi ve çekimleri hesaplatıldıktan sonra seyahat dağılımı aşamasına geçilir (trip distribution). Bunun için atama prosedürlerinden “Demand Model” kısmından “trip distribution” seçilir. Daha önce model kalibrasyonunda hesaplatılan a, b ve c katsayıları bu kısımda kullanılır. Bu verilerin üretilmesi ile zonların birbirleri ile olan seyahat ilişkileri belirlenir.

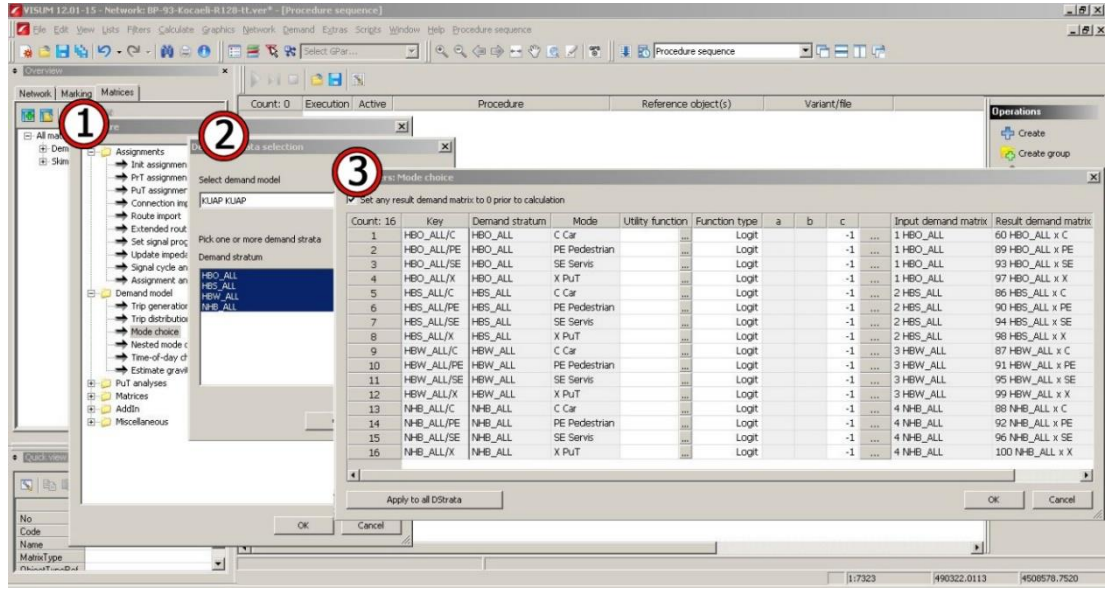


Şekil A.21: Seyahat dağılım modelinin oluşturulması

Seyahat dağılımı oluşturulduktan sonra bu seyahatlerin hangi modlarla yapıldığını belirlemek için türel ayırım modeli oluşturulur (modal split).

Visum kendi içerisinde türel ayırım katsayılarını hesaplayamamaktadır. Bunun için değişik programlardan destek alınmalıdır. Visum programında sadece hesaplatılan katsayılar ile birlikte türel ayırım modeli çalıştırılır.

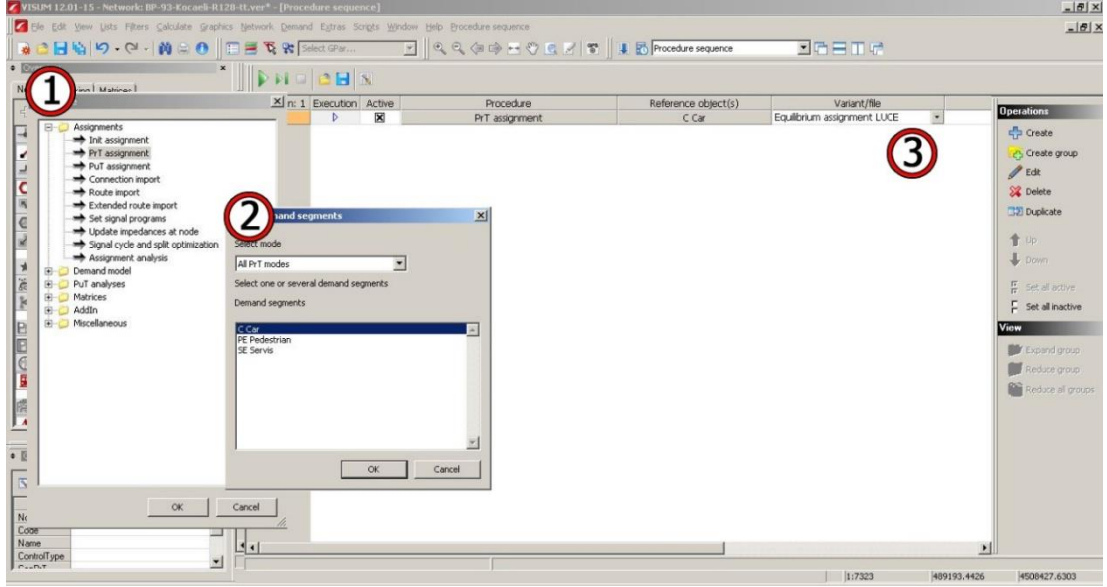
Atama prosedürlerinde “Demand Model” kısmından “mode choice” seçilir. Her bir ulaşım türü ve ulaşım modu için başka bir programda hesaplatılan fayda fonksiyonları ve katsayıları tanımlanır.



Şekil A.22: Türel ayırım modelinin oluşturulması

Her bir ulaşım türü ve modu için oluşturulan türel ayırım modeli çalıştırılır ve bu kısımda tanımlanan matrislere değerler otomatik olarak oluşturulur. Bu matris verileri günlük birey yolculuklarını ifade etmektedir. Ulaşım Ana Planlarında zirve saat birim otomobil matrisleri dikkate alınmaktadır. Bunun için “seyahat ataması” aşamasına geçmeden önce sahadan toplanan araç doluluk oranları ve zirve saat faktörleri ile günlük birey yolculukları birim otomobil matrisine dönüştürülür. Daha sonra seyahat ataması aşamasına geçilir.

Seyahat ataması (PrT Assignment) aşamasında ilk olarak Şekil A.12’deki gibi özel otomobil başlangıç varış matrisi tanımlanır. Daha sonra atama prosedürleri kısmından “PrT Assignment” seçeneği seçilir. Referans objesi olarak “Car” modu seçilir.



Şekil A.23: Özel otomobil ataması

Kocaeli Ulaşım Ana Planında atama modu olarak “Equilibrium assignment LUCE” seçilmiştir. Bu atama seçeneği denge ataması olarak bilinir. Esas amacı bütün güzergâhların defalarca değerlendirilmesi neticesinde modelin dengeye ulaştırılmasıdır.

Bu işlemin tamamlanması ile birlikte ulaşım modeli olarak tabir ettiğimiz bütün veri ve aşamalar Visum programında modellenmiş olmaktadır.

Ek - B

Hanehalkı Ulaşım Anketi Soru Kâğıdı

KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ULAŞIM ANA PLANI HANE HALKI SORU KÂĞIDI

İYİ GÜNLER EFENDİM. ADIM BİLDİĞİNİZ GİBİ ULAŞIM, KOCAELİ'NİN EN ÖNEMLİ SORUNLARINDAN BİRİDİR. KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ULAŞIM PROBLEMİNİN ÇÖZÜLMESİ İÇİN BİR ULAŞIM ANA PLANI YAPARAK BU SORUNU ÇÖZECEK UYGUN PROJELER ÜRETMEK İSTEMEKTEDİR. BU ÇALIŞMADA KULLANILMAK ÜZERE SİZİNLE TÜM HANEHALKI VE YOLCULUK BİLGİLERİNİ İÇEREN BİR GÖRÜŞME YAPMAK İSTİYORUZ. BU GÖRÜŞME SONUCU DERLENECEK BİLGİLER SADECE İSTATİSTİK AMAÇLI ÇALIŞMALAR İÇİN KULLANILACAKTIR VE TAMAMEN GİZLİ TUTULACAKTIR. İSTEMEDİĞİNİZ DURUMDA İSİM ALINMAYACAKTIR. ANKETİMİZ YAKLAŞIK 20 DAKİKA SÜRECEKTİR. ULAŞIM SORUNLARININ GİDERİLMESİ İÇİN YAPILAN BU ÇALIŞMADA BİZLERE YARDIMCI OLURSANIZ SEVİNİRİZ. BİZİ KONTROL ETMEK İÇİN KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÇÖZÜM MASASINI (444 11 41) YA DA GÜVENLİK AMAÇLI 155 VE 156 NUMARALARI ARAYABİLİRSİNİZ. ŞİMDİDEN TEŞEKKÜRLER.

TANITIM BİLGİLERİ

ÖRNEK HANE NO: [][][][][][]	KONUT TÜRÜ
İLÇE: [][]	APARTMAN DAİRESİ [] 1
MAHALLE : [][][]	MÜSTAKİL KONUT [] 2
CADDE / SOKAK: _____	VİLLA [] 3
BİNA DIŞ KAPI NO: _____ İÇ KAPI: _____	GECEKONDU [] 4
	DİĞER <input type="checkbox"/> _____ 5

ZİYARET / GÖRÜŞME BİLGİLERİ

	1	2	3	SON ZİYARET
TARİH (GÜN/AY)	___ / ___	___ / ___	___ / ___	[][] [][]
GÖRÜŞMECİ ADI SOYADI	_____	_____	_____	[][][][]
SONUÇ*	_____	_____	_____	[][]
BİR SONRAKİ GÖRÜŞME	GÜN-AY _____ : _____	_____ : _____	_____ : _____	TOPLAM ZİYARET SAYISI []

ZİYARET SONUÇ KODLARI

- 01 SORUKAĞIDI DOLDURULDU
02 ZİYARET SİRASINDA EVDE HANEHALKI YOK VEYA GÖRÜŞÜLEBİLECEK NİTELİKTE KİMSE YOK
03 HANEHALKININ TÜMÜ ARAŞTIRMA TARİHLERİNDE EVDE YOK
04 SONRAYA BIRAKILDI
05 REDDETTİ

- 06 KONUTTA, ADRESTE YAŞAYAN YOK/ADRES KONUT DEĞİL
07 KONUT YIKILMIŞ
08 KONUT BULUNAMADI
09 GÖRÜŞME YARIDA KALDI
96 DİĞER

(BELİRTİN)

KİŞİ SAYILARI

HANEHALKI LİSTESİNDEKİ TOPLAM KİŞİ SAYISI: [][]

6 YAŞ VE ÜZERİ YAŞAYAN KİŞİ SAYISI: [][]

YOLCULUK BİLGİSİ ALINAN KİŞİ SAYISI: [][]

EKİP BAŞKANI	DENETÇİ	VERİ GİRİŞÇİ
[][]	[][]	[][]
GÜN/AY [][] [][]	GÜN/AY [][] [][]	GÜN/AY [][] [][]

SAAT DAKİKA

BÖLÜM 1. HANEHALKI LİSTESİ

Şimdi bu evde yaşayanların yaş ve eğitim gibi özellikleri hakkında bazı bilgiler almak istiyoruz.

HANEHALKI LİSTESİ A.B.C-D SEÇENEKLERİNİ SORARAK İLERLEYİN	HANE REİSİNE YAKINLIK DEREJESİ	DOĞUM YILI	YAŞ	CİNSİYET	EĞİTİM DURUMU (6 YAŞ VE ÜZERİNE SORULACAK)		
	A. Lütfen bana hane reisinden başlayarak bu evde yaşayanların adlarını söyleyebilir misiniz? B. Genellikle bu evde yaşayan ancak şu an burada gezmeye çıkan başka bir yerde kimler var? C. Liseye yazmadığımız küçük çocuk, emekli bebek gibi kişiler var mı? D. Sizce alınacak olmayan, ancak burada yaşayan hizmetçi, kırsacı, arkadaş gibi kişiler var mı? (İSİM VERMİYORSA HANE REİSİNE YAKINLIĞINI YAZIN) hane reisinin nesi olur? BİLMİYORSA YASINI SORUN YAZIN KOD LİSTESİNİ KULLANIN doğum yılına söyleyebilir misiniz? BİLMİYORSA DOĞUM TARİHİNİ BELİRTİRSE SÖREN KOD LİSTESİNİ KULLANIN erkek mi? kadın mı? ERKEK : 1 KADIN : 2 en son hangi okulu tamamladık? KOD LİSTESİNİ KULLANIN öğrenci mi? EVET : 1 HAYIR : 2	
(01)	(02)	(03)	(04A)	(04B)	(05)	(06)	(07)
01	(HANE REİSİ (A17B))	0 1			1 2		1 2
02					1 2		1 2
03					1 2		1 2
04					1 2		1 2
05					1 2		1 2
06					1 2		1 2
07					1 2		1 2
08					1 2		1 2
09					1 2		1 2
10					1 2		1 2

EĞİTİM DURUMU GÖRÜLMÜYENLERİN İSİM VE BULUNUŞ YERİNİ SORULAGİDİNDE TAMAMLAYIN

(03) HANE REİSİNE YAKINLIK KODLARI	(06) OKUL KODLARI
01 HANE REİSİ 02 EŞİ 03 OĞLU 04 KIZI 05 BARDAŞI 06 ANNESİ 07 KARDEŞİ	00 OKUMA-YAZMA BİLMİYOR 01 BİR OKUL BİTİRMEDİ 02 İLKOKUL 03 İLKÖĞRETİM / ORTAOKUL 04 İLİSE 05 YÜKSEKOKUL 06 ÜNİVERSİTE 07 YÜKSEK LİSANS 08 DOKTORA 09 DİĞER 99 BİLMİYOR

ÇALIŞMA DURUMU (12 YAŞ VE ÜZERİNE SORULACAK)

burada çalışıyor mu çalışmıyor mu? GÖRÜLMÜYENLERİN İSİM VE BULUNUŞ YERİNİ SORULAGİDİNDE TAMAMLAYIN	mesleği nedir? (Bilgisayar mühendisi, öğretmen, öğrenci, bakkal, terzi vb.) NE SÖTLENDİTSE YAZINIZ	Yaptığı bu iş hangi sektöre girer? KOD LİSTESİNİ KULLANIN	hangi mahallede çalışıyor? KOD LİSTESİNİ KULLANIN	hangi mahallede çalışıyor? KOD LİSTESİNİ KULLANIN	halen çalışmıyor mu çalışmıyor mu? KOD LİSTESİNİ KULLANIN	otomobil belgesi var mı? VAR : 1 YOK : 2	TOLCULUK BELGESİ ALINAN İKİNCİ KATTEKSTİ İÇİNDEKİ KUTUYA	EHLİYET 18 YAŞ VE ÜZERİ	VOLCULUK FORMU
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									
1 2									

(10) ÇALIŞTIĞI SEKTÖR KODU

TİCARET	1
HİZMET	2
TARIM	3
SANAYİ	4

(13) ÇALIŞMAMA SEBEBİ

ÖĞRENCİ	1
EY KADINI	2
EMEKLİ	3
ÇALIŞMAK İSTİYOR ANCAK İŞ BULAMIYOR	4
ÖZÜRLÜ BASTA, YAŞLI	5
İHTİYAÇI YOK	6
YENİ İŞ BAŞLAYACAK	7
DİĞER/BELİRTİNİZ	8

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Investigating Urban Traffic Based Noise Pollution in the City of Kırıkkale, *Transport*, 2008, **23**(3), 273-278.

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Evaluation of Ankara-Istanbul High Speed Train Project, *Transport*, 2007, **22**(1), 1a-1c.

Akgüngör A. P., Yıldız O., **Demirel A.**, A Sensitivity Analysis of the HCM 2000 Delay Model with the Factorial Design Method, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 2006, **30**(4), 259-267

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Transportation and Traffic Engineering Education in Turkey and the World, *TRODSA Traffic and Road Safety 2nd International Congress*, Türkiye, 5-7 Mayıs 2004.

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Doğan E., Gürbüz T., Sağa Dönen Taşıtlı Trafik Anayol Üzerinde Sebep Olduğu Gecikme ve Yakıt Tüketimi İçin Yeni Bir Model Önerisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2006, **10**(3), 398-403.

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Türkiye'deki Ulaştırma Sistemlerinin Analizi ve Ulaştırma Politikaları, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2004, **10**(3), 423-430.

Akgüngör A. P., Doğan E., Akay M.E., **Demirel A.**, Kırıkkale Özelinde Kent İçi Ulaşım ve Ulaşım Kaynaklı Çevre Sorunları, *Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu*, Türkiye, 28-30 Haziran 2006.

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Kırıkkale İlinde Trafik Kaynaklı Gürültü Haritaları, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, IV. Ulaşım ve Trafik Kongresi – Sergisi*, Türkiye, 26-27 Eylül 2003.

Akgüngör A. P., **Demirel A.**, Trafik Güvenliğinde Toplumsal Bilinç ve Eğitimin Rolü, Türkiye, *TRODSA - 2. Trafik ve Yol Güvenliği Ulusal Kongresi- Sergisi*, Türkiye, 7-9 Mayıs 2003.

Demirel A., Akgüngör A. P., Comparison of United States of America and Turkey in Terms of Safety Considerations in Work Zones, *TRODSA - Traffic and Road Safety 3rd International Congress*, Ankara, Turkey 17-19 Mayıs 2006.

Demirel A., Akgüngör A. P., “Analysis Methods of Accident Black Spots and Applications in Kırıkkale” *TRODSA - Traffic and Road Safety 2nd International Congress*, 694-701, Ankara, Türkiye, 5-7 Mayıs 2004.

Demirel A., Akgüngör A. P., The Importance of Accident Reports in Accident Analysis, Problems at Application and Suggestions for Solutions, *TRODSA - Traffic and Road Safety 1st International Congress*, Ankara, Türkiye, 8-12 Mayıs 2002.

Demirel A., Akgüngör A. P., Karayollarında Trafik Güvenliği ve Trafik Kazalarının Ekonomik Açından Bir Değerlendirmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2001, 5(1), 29-35.

Demirel A., Akgüngör A. P., Trafik Güvenliğinde, Çevre ve Ekonomi İçin, Üstyapıda Yeni Tercih; Beton Yollar Olmalıdır, *TRODSA - 2. Trafik ve Yol Güvenliği Ulusal Kongresi- Sergisi*, Ankara, Türkiye, 7-9 Mayıs 2003.

Demirel A., Akgüngör, A. P., Türkiye’de ve Kırıkkale İlinde Son On Yılda Meydana Gelen Trafik Kazalarının Bir Değerlendirmesi ve Çözüm Önerileri, *21. Yüzyılın Başında Kırıkkale Sempozyumu*, Kırıkkale, 10-11 Haziran 2003.

Doğan E., **Demirel A.**, Akgüngör A.P., Kırıkkale Kent İçi Trafik Sorunları Ve Çözüm Önerileri, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi, 4. Kentsel Altyapı Sempozyumu*, Ankara, 15-16 Aralık 2005.

Demirel A., Kocaeli Toplu Ulaşım Sistemi (KOTUS): Toplu Ulaşım Sisteminin Yeniden Yapılanması, *TRANSİST2010 3.Ulaşım Sempozyumu Ve Sergisi*, İstanbul, 2010.

Kocaman B., Çelebi A., **Demirel A.**, Kocaeli Toplu Ulaşım Sisteminin İyileştirilmesi Süreci Ve Yüksek Kapasiteli Toplu Ulaşım Planlaması, *TRANSİST2011 IV. Ulaşım Sempozyumu Ve Sergisi*, İstanbul, 2011.

ÖZGEÇMİŞ

1971’de Giresun’ da doğdu. 1993 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümün’ den İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 1995-1997 yılları arasında, ABD ‘nde The Pennsylvania State Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ulaştırma Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Japonya Uluslararası Kalkınma Ajansı(JICA) bursiyeri olarak 2008 yılında Tokyo’da “Kent İçi ulaşım planlaması ve projelendirmesi” eğitimine katıldı. Aynı şekilde Avrupa Birliği bakanlığının Jean Monnet bursunu kazanarak 2012 yılında İngiltere’nin Newcastle şehrinde “Avrupa Birliği ve Türkiye şehirleri ulaşım politikaları” konusunda araştırmalarda bulundu. 1993-1994 yılları arasında özel sektörde bir süre çalıştıktan sonra 1998-2006 yılları arasında Kırıkkale Üniversitesinde Araştırma Görevlisi ve Öğretim Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2006-2008 yılları arasında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğünde Şube Müdürü, 2008-2015 yılları arasında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanı olarak görev yapmıştır. Halen Kocaeli Büyükşehir Belediyesi bünyesinde Projelerden Sorumlu Genel Sekreter Danışmanı olarak görev yapmaktadır. Evli ve üç çocuk babasıdır.