



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Anabilim Dalı

TÜRKİYE İÇİN OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ

Bülent Gün

Doktora Tezi

Ankara, 2017

TÜRKİYE İÇİN OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ

Bülent Gün

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Ankara, 2017

KABUL VE ONAY

Bülent Gün tarafından hazırlanan “Türkiye İçin Optimal Akaryakıt Vergisi” başlıklı çalışma, 15.06.2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunar jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Günalp

Prof. Dr. Burak GÜNALP (Başkan)

Arslan

Prof. Dr. Lütfi ERDEN (Danışman)

Erden

Prof. Dr. Hatice KARAÇAY

Karaçay

Yrd. Doç. Dr. Taylan Taner DOĞAN

Doğan

Doç. Dr. A. Talha YALTA

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Sibel BOZBEYOĞLU

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun 1 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

15.06.2017



Bülent GÜN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı iziri alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

☒ Tezimin/Raporumun 12.06.2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokop alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)

☐ Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisini alınmasını onaylıyorum.

☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

12 / 06 / 2018


Bülent GÜN

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Lürfi ERDEN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Bülent GÜN

“All happy families are alike; each unhappy family is unhappy in its own way”¹

Mutluluk pınarı Meryem Naz’a ...

¹ Anna Karanina, Leo Tolstoy

TEŞEKKÜR

Doktora tez sürecinde bir danışman rolünden çok daha fazlasını benimseyen, kıymetli bilim insanı Prof. Dr. Lütfi ERDEN olmasaydı, bu tez çalışmasının nihayete ermesi mümkün olmayacaktı. Hocamın yalnızca akademik olarak değil, hayatımın genelini kapsayan manevi desteğini hep arayacağımı biliyorum. Kültürümüzün kodlarıyla bir ağabey olarak tanımladığım değerli hocama bu vesileyle teşekkürlerimi sunmaktan onur duyuyorum.

Tez jurimde yer alan hocalarım Prof. Dr. Hatice KARAÇAY, Prof. Dr. Burak GÜNALP, Doç. Dr. Talha YALTA ve Yrd. Doç Dr. Taylan DOĞAN'a değerli katkıları için teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca Kalkınma Bakanlığı uzmanlarından Muhammed Bilge Kağan ALBAYRAK'a bu tez çalışmasında bana vermiş olduğu desteklerden dolayı teşekkür ediyorum.

Bu çalışma 116K227 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında tamamlanmıştır. Bu vesile ile TÜBİTAK ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu çalışma sırasında vakitlerinden çaldığım başta eşim olmak üzere çalışmayı kendisine adadığım kızım ve kıymetli aileme bu vesile ile şükranlarımı sunuyorum. İyi ki varsınız...

ÖZET

GÜN, Bülent. *Türkiye İçin Optimal Akaryakıt Vergisi* , Doktora Tezi, Ankara, 2017.

Türkiye benzin, dizel ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG/otogaz) tüketiminde uyguladığı Özel Tüketim Vergileri (ÖTV) ile en yüksek akaryakıt vergi oranına sahip olan ülkelerden biridir. Bu nedenle yüksek akaryakıt fiyat ve vergileri kamuoyunun ve akademinin gündeminde bulunmaktadır. Bu tez, Türkiye için optimal benzin ve otogaz vergisini tespit etmeye çalışmaktadır. Bu amaçla, optimal vergi literatüründe yaygın olarak kullanılan genel denge modelinden faydalanmaktadır. Çalışmada statik, kapalı bir ekonomide, temsili hanehalkının fayda fonksiyonunu maksimize ettiği, devletin ise hanehalkının dolaylı fayda fonksiyonunu kullanarak akaryakıt vergilerini optimize ettiği varsayılmaktadır. Elde edilen ikinci en iyi optimal vergi, trafik sıkışıklığı, trafik güvenliği, gürültü, hava kirliliği ve iklim değişikliği gibi dışsallıkların maliyetlerini ve devlet bütçesinde tüketim ile işgücü vergilerinin dengesini yansıtan daha geniş mali sistem etkilerini gösteren bileşenlere ayrılabilir. Bu tezin bulguları, benzin ve otogaz üzerindeki mevcut vergilerin optimal seviyenin üstünde olduğuna yönelik iddiaları doğrulamaktadır. Temel varsayımlar altında, optimal vergiler benzin ve otogaz için 1,5TL/l ve 0,43 TL/l olarak hesaplanmakta ve mevcut seviyeden sırasıyla % 31 ve % 51 daha düşük bulunmaktadır. Ayrıca, mevcut vergilerin optimal seviyeye indirilmesi durumunda hanehalkının refah kazancı, senelik yaklaşık 1,5 milyar TL olarak hesaplanmaktadır. Dışsallık maliyetlerinde yapılan tahminlerin değişimini dikkate alan duyarlılık analizleri, optimal verginin mevcut vergi seviyesine ulaşmasının olası olmadığını gösterirken, optimal benzin vergisi seviyesinin marjinal gelir vergisi yükünün değişimine oldukça hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, optimal vergi seviyelerinin belirlenmesinde, vergi gelirlerinin nasıl kullanıldığının çok büyük öneme sahip olduğuna işaret etmektedir

Anahtar Sözcükler

Akaryakıt Vergisi, Dışsallıklar, Optimal Vergi, Özel Tüketim Vergisi

ABSTRACT

GÜN, Bülent. *Optimal Motor Fuel Taxes for Turkey* , Ph.D. Dissertation, Ankara, 2017.

Turkey imposes excise taxes (called special consumption taxes) on gasoline, diesel and liquefied petroleum gas (LPG/autogas) which seem to be quite high compared to other countries all over the world. In this sense, motorfuel prices and taxes have always been a hot topic in public and academic debates. This dissertation aims to determine optimal gasoline and autogas taxes for Turkey. To this end, it adopts a general equilibrium model that is commonly used in previous literature. The study considers a static, closed economy model where a representative household maximizes his utility function while government optimizes gasoline and autogas taxes by taking household's indirect utility function into account. Solution to the optimization problem enables us to derive the second-best optimal gasoline and autogas taxes that can be disaggregated into the components reflecting external costs of congestion, traffic safety, noise, air pollution, and climate change as well as broader fiscal effects reflecting the appropriate balance between excise and labor taxes in government's budget. The results seem to provide support for the arguments that current gasoline and autogas tax levels are rather high compared the optimal level. The findings from baseline parametrization show that optimal taxes are 1,5TL/l and 0,43 TL/l for gasoline and autogas that are substantially lower than the current tax levels respectively by 31% and 51% . Additionally, the results show that if the current tax levels are reduced to the optimal levels, the total welfare gains of households reach approximately 1,5 billion TL per year. Sensitivity analyses reveal that the likelihood of optimal taxes being lower than the current taxes is quite high. However, taking the changes in external cost estimates into account, optimal gasoline tax levels appear to be very sensitive to the marginal efficiency cost of labor taxation. This suggests that in order for government to set tax levels optimally, it is important how government dispenses motor fuel tax revenues in the budget.

Keywords

Motor Fuel Tax , Externalities, Optimal Tax, Special Consumption Tax

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	iii
ETİK BEYAN.....	iv
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1 : OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ	6
1.1. TÜRKİYE’DE AKARYAKIT VERGİ YÜKÜ VE VERGİ BİLEŞENLERİ ...	9
1.2. VERGİNİN DIŞSALLIKLARI İÇSELLEŞTİRME İŞLEVİ	12
1.3. OPTİMAL VERGİ ÜZERİNE TEORİK LİTERATÜR	16
1.4. OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ ÇALIŞMALARI	24
1.5. AKARYAKIT VERGİLERİNİN YANSIMASINA YÖNELİK TARTIŞMALAR	32
BÖLÜM 2 : MODEL	34
2.1. MODELİN GENEL ÇERÇEVESİ.....	34

2.2.	OPTİMİZASYON PROBLEMİ.....	39
2.3.	BENZİN VERGİSİ İÇİN MARJİNAL REFAH DENKLEMİ	41
2.4.	OTOGAZ VERGİSİ İÇİN MARJİNAL REFAH DENKLEMİ	45
2.5.	OPTİMAL BENZİN VERGİSİNİN ELDE EDİLMESİ.....	45
2.6.	OPTİMAL OTOGAZ VERGİSİNİN ELDE EDİLMESİ	50
2.7.	FONKSİYONEL İLİŞKİLERİN KURULMASI.....	52
2.8.	TÜKETİCİ REFAHININ ÖLÇÜLMESİ	56
2.9.	OPTİMAL OTOGAZ VE BENZİN VERGİSİNİN EŞANLI OLARAK BELİRLENMESİ.....	57
BÖLÜM 3 : PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE DERLENMESİ		59
3.1.	İKTİSADİ SEKTÖRLERE YÖNELİK PARAMETRELER.....	59
3.2.	DAVRANIŞSAL PARAMETRELER	74
3.2.1.	Benzin Talebinin (Kendi) Fiyat Esnekliği.....	74
3.2.2.	Türkiye için Benzin Tüketiminin ve Araç-km'nin Benzin Fiyatına Esnekliği	86
3.2.3.	Otogaz Talebinin (Kendi) Fiyat Esnekliği	88
3.2.4.	Türkiye için Otogaz Tüketiminin ve Araç-km'nin Otogaz Fiyatına Esnekliği	92
3.2.5.	Benzin Tüketiminin ve Diğer Otomobil Türlerinin Araç-km'leri Üzerinde Etkileri.....	92
3.2.6.	Otogaz Tüketiminin ve Diğer Otomobil Türlerinin Araç-km'leri Üzerinde Etkileri.....	95
3.2.7.	Diğer Esneklik Parametrelerinin Tahmin Edilmesi.....	96
3.2.8.	Çalışmada Kullanılan Davranışsal Parametrelerin Özetlenmesi	100
3.3.	DIŞSALLIKLARLA İLGİLİ MALİYET PARAMETRELERİ	101

3.3.1. Trafik Sıkışıklığı.....	102
3.3.2. Trafik Güvenliği	106
3.3.3. Gürültü.....	121
3.3.4. Hava Kirliliği.....	126
3.3.5. İklim Değişikliği (Sera Gazı Salınımı).....	129
3.3.6. Diğer Dışsallıklar	136
3.3.7. Çalışmada Kullanılan Dışsallık Parametre Değerlerinin Özetlenmesi.....	139
BÖLÜM 4 : ANALİZ	141
4.1. TEMEL VARSAYIMLAR ALTINDA OPTİMAL BENZİN VE OTOGAZ VERGİSİ.....	142
4.2. YAKIT TÜKETİM PARAMETRELERİNDE BELİRSİZLİKLERİN İNCELENMESİ.....	150
4.3. DUYARLILIK ANALİZLERİ.....	152
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	162
KAYNAKÇA	170
EK 1: Hanehalkının Fayda Optimizasyonu.....	189
EK 2: Benzin Vergisinde Değişimle Marjinal Refah Etkisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken).....	191
EK 3: Otogaz Vergisinde Değişimle Marjinal Refah Etkisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken).....	194
EK 4: Optimal Benzin Vergisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)	197
EK 5: Optimal Otogaz Vergisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)	205
EK 6: Refah Değişiminin Ölçülmesi.....	210

EK 7: Trafik Kazalarının Dışsalıklarının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler	212
EK 8: Gürültü Dışsalığının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler.....	216
EK 9: Hava Kirliliği Dışsalığının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler	222
EK 10: Orjinallik Raporu	228
EK 11: Etik Kurulu İzin Muafiyeti Formu	229



KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
BM	: Birleşmiş Milletler
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Otogaz)
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organization for Economic-Co-Operation and Development)
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
PETDER	: Petrol Sanayicileri Derneği
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
KDV	: Katma Değer Vergisi
KEEE	: Kore Enerji Ekonomisi Enstitüsü
SGP	: Satın Alma Gücü Paritesi
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1: Akaryakıt Türlerine Göre Binek Otomobillerin Yıllık Kilometre Değerleri ...	70
Tablo 2: Serbest Trafik Akışı Altında Ortalama Hız Hesabı	71
Tablo 3: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Ulaşım ve Tüketim Verileri	73
Tablo 4: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Fiyat ve Vergi Verileri	74
Tablo 5: Benzin Talep Esnekliği Literatür Taraması	76
Tablo 6: Türkiye İçin Benzin Talep Esnekliği Literatür Taraması	82
Tablo 7: Benzin Araç-Km Esneklikleri Literatür Taraması.....	85
Tablo 8: Otogaz Talep Esnekliği Tahminine Yönelik Yapılan Çalışmalar	91
Tablo 9: Benzin Fiyatlarının Çapraz Araç Km Esneklikleri.....	94
Tablo 10: Otogaz Fiyatlarının Çapraz Araç Km Esneklikleri.....	96
Tablo 11: Seçili Ülkelerde Ücretlilerden Toplanan Gelir Vergisi Başına Etkinlik Kaybı, 2014 (%).....	99
Tablo 12: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Esneklik Verileri	101
Tablo 13. AB Ortalama Trafik Sıkışıklığı Marjinal Maliyetleri	102
Tablo 14: AB Ortalamaları Kullanılarak Türkiye İçin Marjinal Trafik Sıkışıklığı Maliyet Tahmini.....	103
Tablo 15: TOMTOM İndeksinde Büyükşehirlerde Trafik Sıkışıklığı Parametreleri....	104
Tablo 16: Büyükşehirler İçin ξ_2 Parametresinin Hesaplanması.....	105
Tablo 17: Otomobillerin Karıştığı Trafik Kazalarının Risk Matrisi	114
Tablo 18: VYPLL Yöntemiyle Potansiyel Hayat Kaybı.....	116
Tablo 19: PPYL, YPLL ve VYPLL Yöntemleri İle Elde Edilen Kayıplar.....	117
Tablo 20: Toplam Kayıp Yıl Değerleri.....	117
Tablo 21: Ölüm Yaralanma Durumuna Göre Detaylandırılmış Kaza Risk Matrisi.....	118
Tablo 22: Yaralanma Sonucu Oluşan Hastane Maliyetleri.....	119
Tablo 23: Otomobilin Karıştığı Trafik Kazalarının Ekonomik Maliyeti	120
Tablo 24: Akaryakıt Türlerinde Sera Gazı Salınımı	131
Tablo 25: ABD İçin Önerilen SCC Değerleri	135
Tablo 26: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Dışsallık Verileri	139
Tablo 27: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Toplulaştırılmış Dışsallık Verileri .	140
Tablo 28: Optimal Benzin ve Otogaz Vergisi.....	143
Tablo 29: Optimal Vergi İçinde Dışsallık Maliyet Dağılımı	145

Tablo 30: Bütçe ve Diğer Önemli Parametrelerde Görülen Değişim	149
Tablo 31: Senaryo Analizi	151
Tablo 32: Optimal Benzin Vergisi Monte Carlo Simülasyonu Sonucu	160
Tablo 33: Optimal Otogaz Vergisi Monte Carlo Simülasyonu Sonucu.....	161



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Seçilmiş Ülkelerde Dizel Fiyatları ve Vergi Yüğü	6
Şekil 2: Seçilmiş Ülkelerde Benzin Fiyatları ve Üzerindeki Vergi Yüğü	7
Şekil 3: 2014 Yılı Akaryakıt Fiyatlarının Oluşumu	10
Şekil 4: ÖTV'nin Yıl Bazında Değişimi.	11
Şekil 5:Çevre Vergisinin Fayda ve Maliyetleri Üzerine Basit Bir Analiz.	19
Şekil 6: Vergi Sistemi Etkileşim Etkisi.....	20
Şekil 7:Sabit Nokta İterasyonu İle Optimal Değerlerin Belirlenmesi.....	57
Şekil 8: Akaryakıt Türü ve Motor Hacimlerine Göre Otomobil Dağılımı (2014).....	60
Şekil 9: Trafiğe Kayıt Yılına Göre Benzinli Otomobil Motor Hacim Dağılımı	63
Şekil 10: Trafiğe Tescil Yılına Göre Dizel Otomobil Motor Hacim Dağılımı	63
Şekil 11: Trafiğe Tescil Yılına Göre Otogazlı Otomobil Motor Hacim Dağılımı	64
Şekil 12: Belirli Bir Tescil Yılı ve Motor Hacmi için Otomobil Marka Dağılım Örneği	68
Şekil 13: Dünyada Otogaz Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı.....	88
Şekil 14: Duyarlılık Analizi (Yalnızca CO ₂ 'ye Bağlı Dışsallık Maliyeti Değişimleri).....	154
Şekil 15: Duyarlılık Analizi (Yalnızca Akaryakıt Tüketimine Bağlı Dışsallık Maliyeti Değişimleri).....	154
Şekil 16: Duyarlılık Analizi (Yalnızca Km'ye Bağlı Dışsallık Maliyetleri Değişimleri)	155
Şekil 17: Duyarlılık Analizi (Tüm Dışsallık Maliyetlerinin Değişimleri).....	155
Şekil 18: Duyarlılık Analizi-Histogram (Benzin/Otogaz Fiyatlarının Araç km Çapraz Fiyat Esnekliği Değişimi)	156
Şekil 19: Duyarlılık Analizi (Değişken Aşırı Yük)-Benzin.....	158
Şekil 20: Duyarlılık Analizi (Değişken Aşırı Yük)-Otogaz.....	159
Şekil 21: Optimal Benzin Vergisi Histogramı	160
Şekil 22: Optimal Otogaz Vergisi Histogramı	161

GİRİŞ

Kamu maliyesi alanının en önemli araştırma konularından birini vergiler oluşturmaktadır. Basitleştirilmiş bir yaklaşımla vergi, harcanabilir gelir, fiyatlar ve üretim maliyetleri yoluyla hanehalkının ve firmaların davranışlarını değiştirmektedir. Vergi gelirlerinin yöneltildiği kamu harcamalarının doğru kullanılmaması ve verginin optimal oranda belirlenmemesi durumunda, verginin ekonomik sistemdeki bozucu etkilerinin şiddetlenmesi beklenmektedir. Bu yüzden iktisat literatüründe, optimal vergilendirme, verginin gelir dağılımı üzerinde etkileri ve dışsallıkların içselleştirilmesi başta olmak üzere, verginin çeşitli boyutlarını ele alan oldukça geniş çapta araştırmaya rastlamak mümkündür.

Özellikle akaryakıt üzerindeki vergilerin, ulaşım maliyetleri üzerindeki etkisi ve günümüzde kaliteli, ucuz ve hızlı ulaşım duyulan ihtiyacın artması nedeniyle, yazılı ve görsel basında çok daha fazla yer edindiği görülmektedir. Türkiye’de her kesimin uzlaşa sağladığı yüksek akaryakıt fiyatlarında olağan gerekçe olarak vergi gösterilmekte ve vergi yükünün düşürülmesinin elzem bir sorun olduğu paylaşılmaktadır. Daha dikkatli bir bakış açısıyla kamu maliyesinin bir çalışma alanı olarak görülen akaryakıt üzerindeki vergilerin, dışsallıkların içselleştirilmesi rolüyle çevre ekonomisinin, ulaşım ve enerji taleplerini değiştirme yönüyle ulaştırma ve enerji ekonomisinin, dolaylı etkileri yönüyle çalışma ekonomisinin olmak üzere iktisadın birçok alanıyla yakından ilgili olduğu açıktır.

Akaryakıt vergileri karbon salınımı ve hava kirliliği etkileri nedeniyle “çevre vergisi” kapsamında değerlendirilmektedir. Motorlu araçlarda akaryakıt tüketiminin sera gazı salınım (Karbon dioksit) ve hava kirliliğini artıran salınım (Karbonmonoksit, Nitrojen-oksit, partikül ve uçucu madde) etkileri nedeniyle negatif çevresel dışsallıklara neden olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte akaryakıt tüketiminin araç km değerlerine bağlı olarak trafik sıkışıklığı, gürültü ve trafik kazaları gibi diğer dışsallıkları da mevcuttur. Bunun gibi çok çeşitli dışsallıkların olumsuz etkilerinin azaltılmasında ulaşım talebinin azaltılması veya diğer bir ifadeyle taşıtların araç-km ve yakıt tüketiminin kısılmasına yönelik iktisadi politika araçları önem kazanmaktadır. Bu çerçevede akaryakıt vergileri dışsallıkların azaltılmasında etkili bir araç olarak görülmektedir. Diğer taraftan, bu

vergilerin, toplam vergi gelirleri içinde önemli bir payı olduğundan, kamu maliyesi üzerine yansımaları söz konusudur. Yaygın olarak, akaryakıt vergileri akaryakıt ve araç km talebinin akaryakıt fiyatlarına göre esnek olmayışından hareketle vergi gelirinin artırılmasında ağırlıklı rol oynamaktadır. Öte yandan akaryakıt fiyatlarının hane halkının seyahat tercihlerini değiştirmesi bakımından toplumun genel refahı üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle sürekli tartışma konusu olan akaryakıt üzerindeki vergilerin yerindeliğinin, optimal vergi oranı belirlenerek incelenmesi önem arz etmektedir.

Literatürde optimal akaryakıt vergisine yönelik kuramsal çerçeve oldukça iyi ortaya konulmuş ve genel denge modelleri çerçevesinde özellikle gelişmiş ekonomilere ilişkin optimal benzin ve/ya motorin vergi oranlarının tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır (I. W. Parry, 2009; Tscharaktschiew, 2014). Ancak Türkiye'nin akaryakıt piyasasının benzin, dizel ve otogaz olmak üzere üçlü tüketim yapısına ve kendine özgü kurumsal koşullara (istihdam piyasası yapısı, mali sistemi) sahip olması dikkate alındığında, bugüne kadar gelişmiş ülkelerde yoğunlaşan ve ikili bir tüketim sepetine dayanan optimum akaryakıt vergisi çalışmalarının Türkiye için örnek teşkil etmekten uzak olduğu görülmektedir. Türkiye'de toplam vergi gelirlerinin yaklaşık %16'sı akaryakıt vergilerinden oluşmaktadır. Akaryakıt üzerindeki vergiler (benzin fiyatının %59,1'i, dizel fiyatının %51'i ve otogaz (LPG) fiyatının %45,5'i) nedeniyle akaryakıt fiyatları oldukça yüksektir ve diğer ülkelerden büyük ölçüde ayrılmaktadır. Gelişmiş ülkelerin akaryakıt talebinde görülen benzin ve dizel tüketimi şeklindeki ikili tüketim sepeti yapısından farklı olarak, Türkiye piyasasında otogaz tüketimi oldukça yaygındır. Kullandıkları yakıt türlerine göre taşıtların sınıflandırılmasına bakıldığında 2004 yılında %8 olan otogazlı taşıt kullanım payının 2014 yılında %40,6 (Benzin %27,6) yükseldiği görülmektedir (TÜİK, 2016).

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisi için optimal akaryakıt (benzin ve otogaz) vergisinin belirlenmesi ve mevcut durum ve optimum arasında ortaya çıkan refah kaybı/kazancının bulunması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, I. W. Parry (2009) tarafından geliştirilen ve Tscharaktschiew (2014) tarafından uyarlanan temsili hanehalkı optimizasyon modeli, benzin ve dizelin yanında otogaz da tüketim sepetine eklenilip genişletilmektedir. Bu tez, Türkiye için optimal akaryakıt (benzin ve otogaz) vergi oranlarının tespit edilmesine

yönelik olarak ilgili literatürde bir ilki oluşturmaktadır. Bu tezin optimal akaryakıt literatürüne katkısı, benzin, dizel ve otogaz tüketimi ağırlıklı üçlü bir tüketim tercihini ve Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin işgücü piyasası ve mali yapısı gibi temel farklılıklarını dikkate almasıdır. Türkiye’de yüksek benzin fiyatlarının tüketicileri otogaza yöneltmesi nedeniyle model, hem benzin hem de otogaz vergilerinin optimal seviyesinin eşanlı iki optimizasyon probleminin çözülmesini sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmektedir. Ayrıca, otogazın benzin ve özellikle motorine göre daha az karbon salınımı olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla verginin sadece çevresel boyutu dikkate alındığında, otogazlı araçların daha düşük vergilendirilmesi beklenmektedir. Bu vergi yaklaşımıyla otogaz kullanımının fiyat avantajı nedeniyle daha cazip hale gelmesinin yarattığı ikame etkisi, benzin tüketiminin azalmasına otogaz tüketiminin ise artmasına yol açabilir. Ancak otogazlı araçların taşıt verimliliğinin benzine göre düşük olması ve litre fiyat avantajı nedeniyle daha çok km etkisinin ortaya çıkması, otogazlı araçların beklenen çevresel faydalarının belirli bir ölçüde kaybetmesine neden olabilecektir. Bu tezde tasarlanan modelde, tüm bu etkilerin ayıklanması mümkün olmaktadır.

Tanımlanan optimizasyon modeli, zaman ve bütçe kısıtı altında seyahat eden temsili bireyin ulaşım, tüketim ve boş zaman tercihlerini içeren fayda fonksiyonlarını maksimize ettiğini kabul etmektedir. Bununla birlikte tasarlanan model, motorlu taşıt kullanımından kaynaklanan ve araç-km değerlerinden ortaya çıkan ulaşım dışsallıklarının vatandaşların (hanehalkı) yaşamı üzerinde olumsuz etkilerini dikkate almaktadır. Ayrıca model, motorlu taşıtların yakıt türlerine göre (dizel, benzin ve otogaz) ortaya çıkan ulaşım dışsallıklarının değişimini de hesaba katmaktadır. Modelde devletin kamu bütçe dengesi kısıtı altında, akaryakıt vergisi ayarlayarak hanehalkının dolaylı fayda fonksiyonunu maksimize ettiği kabulü yapılmaktadır. Tscharaktschiew (2014) dizel fiyatlarını veri kabul ederek sayısal yöntemler kullanarak çözdüğü optimum benzin vergisi problemi, bu çalışmada hem optimum benzin hem de otogaz için eşanlı denklemler ve sayısal yöntemler kullanılarak çözülmektedir.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde Türkiye’de akaryakıt fiyatları ve vergileri üzerinde genel bir değerlendirme yapıldıktan sonra akaryakıt vergilerine ve optimal vergi tanım ve tartışmalarına yer verilmektedir. Daha

genel bir çerçeveden hareketle optimal akaryakıt ve daha özelinde benzin üzerinde literatürde varolan çalışmalara odaklanılmaktadır.

İkinci bölümde ise optimal benzin ve otogaz hesaplamalarının dayandığı modelin genel çerçevesi, yapılan kabuller ve optimizasyon problemi ortaya konulmaktadır. Optimal vergi modelinde elde edilen denklemler hem otogaz hem de benzin için ayrı ayrı türetilmekte, denklemlerin çözümü için gerekli olan fonksiyonel ilişkiler sunulmaktadır. Bu çalışmada diğer akaryakıt türlerinin fiyatları sabit tutularak benzin ve dizel için elde edilen optimal vergi denklemleri, aynı zamanda hem otogazın hem de benzinin optimal noktaya eşanlı olarak belirlendiği durum için kullanılan yöntem ve yaklaşımlar bu bölümde sunulmaktadır. Ayrıca yalnızca optimal vergiler değil, aynı zamanda hanehalkının refah değişiminin belirlendiği denklemler bu bölümde sunulmaktadır.

Üçüncü bölümde, optimal vergi denklemlerinde kullanılan parametreler için seçilen değerler sunulmaktadır. Optimal vergi denklemlerinde kullanılan parametre değerleri izleme kolaylığı bakımından üç alt başlık altında toplulaştırılmaktadır. İlk olarak iktisadi sektörlere yönelik parametreler seçilmektedir. İktisadi sektörler başlığı altında esas itibariyle ulaştırma sektörüne genel bir bakış sunulmaktadır. Türkiye’de ulaşım talebi ve otomobil sektörünün genel bir değerlendirmesi eşliğinde yakıt türleri bakımından özel otomobil kullanımında yakıt verimlilikleri, ulaşım talebi, trafik parametreleri ile hanehalkı gelir ve tüketimini belirleyen fiyat ve vergi değerleri özetlenmektedir. İkinci alt başlık ise davranışsal parametre değerlerinin belirlenmesine ayrılmaktadır. Değişen fiyatlar karşısında tüketicilerin davranış tepkilerinin yansıtıldığı bu parametrelerde, benzin ve otogazın kendi fiyat ve araç-km esneklik değerlerine öncelik verilmektedir. Esneklik değerlerinin belirlenmesinde ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen ve önemli görülen çalışmalara yönelik yapılan taramalar ve değerlendirmeler özetlenmektedir. Diğer esneklik parametreleri (işgücü arz esnekliği vb.) ise benzer şekilde alt başlıklar altında incelenmekte, son olarak analiz için seçilen parametre değerleri verilmektedir. Üçüncü alt başlık ise dışsalılıklar ve dışsalılıklarla ilgili maliyetlerin belirlenmesine ayrılmaktadır. Optimal benzin ve dizel vergisinde düzeltici vergi bileşeninin dışsalılık kalemlerini trafik sıkışıklığı, trafik güvenliği, gürültü, hava kirliliği ve iklim değişikliği dışsalılıkları ve bunların birim maliyetleri oluşturmaktadır.

Türkiye özelinde dışsallıkların maliyetlerine yönelik yeterli sayıda çalışma bulunmadığından maliyet tahminlerinin mevcut veriler ve yurtdışında yapılan çalışmalardan faydalanılarak elde edilmesi yoluna gidilmiştir. Öte yandan varolan ancak çalışma kapsamında gerek büyüklük gerekse tahmin güclüğü nedeniyle ihmal edilen dışsallıklar ile ilgili değerlendirmeler yine bu alt başlık altında incelenmektedir. Son olarak elde edilen değerler tablolaştırılarak sunulmaktadır.

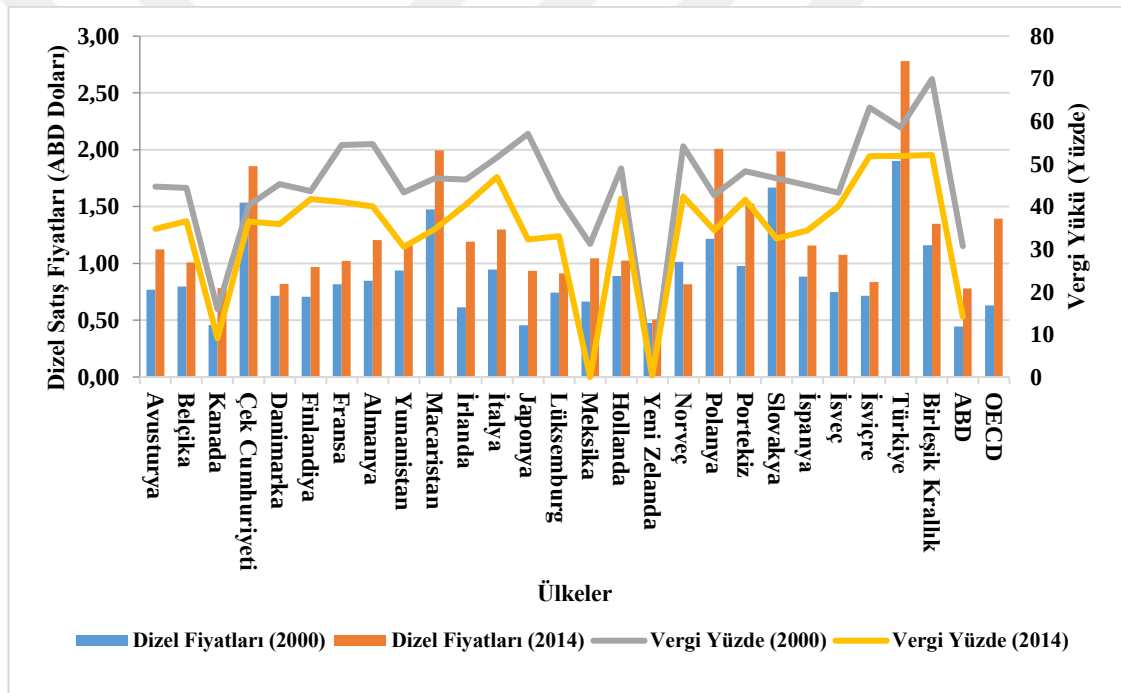
Çalışmanın dördüncü bölümünde parametrisasyon yapılarak optimal vergi denklemleri, MATLAB programı ile çözülmektedir. İlk olarak önceki bölümde verilen temel varsayımlar altında elde edilen parametre değerleri kullanılarak, optimal benzin ve otogaz vergileri elde edilmektedir. Temel parametre değerleri kullanılarak optimal vergi değerleri, i) diğer fiyatlar sabitken sadece benzin, ii) diğer fiyatlar sabitken sadece otogaz ve iii) yalnızca dizel fiyatı sabitken eşanlı şekilde hem otogaz hem de benzin için olmak üzere üç senaryo altında çözümlenmektedir. Optimal vergi denklemlerinin düzeltici vergi, gelir çevrim etkisi, vergi sisteminin geneliyle etkileşim etkisi ve trafik sıkışıklığı etkisi olmak üzere alt bileşenlere ayrılabilmesi sayesinde, analiz sonucu elde edilen sonuçların daha detaylı yorumlanması mümkün olmaktadır. Ayrıca bu bölümde hanehalkı refahındaki değişimin de ölçülmesi sağlanmaktadır. Öte yandan yapılan kabullerde sonuçları etkileme potansiyeli olan başta dışsallıkların maliyetleri olmak üzere, parametrelerdeki değişimin sonuçlara etkilerinin değerlendirilebilmesi için duyarlılık analizleri gerçekleştirilmektedir. Bölüm sonunda tüm bu parametre değerlerinin etkilerinin izlenebilmesi için Monte Carlo Simulasyonu yapılarak, sonuçları özetlenmektedir.

Elde edilen analiz sonuçlarının geniş değerlendirmesi son bölümde sunulmaktadır. Analiz sonuçlarının ışığı altında ortaya çıkan politika önerileri ve yaklaşımlar burada vurgulanmaktadır. Ayrıca ulaştırma, enerji ekonomisi ve kamu maliyesi ortak çalışma alanında yer alan ve daha kapsamlı araştırma yapılması ihtiyacı duyulan konular yeni araştırmacılara dikkatlerine sunulmaktadır.

BÖLÜM 1 : OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ

Türkiye kamuoyunda akaryakıt fiyatlarının oldukça yüksek olduğuna dair yaygın bir kanaatin olduğu söylenebilir. Ancak ‘akaryakıt fiyatları ne olmalı?’ sorusuna verilen cevaplarda, bir uzlaşmanın yakalanması oldukça zor görünmektedir. Esasen akaryakıt fiyatlarının yüksek olduğu eleştirilerinin altında çoğunlukla dolaylı vergilere duyulan tepki yatmaktadır. Şekil 1 ve 2’de OECD ülkelerinde sırasıyla dizel ve benzin fiyatları ve uygulanan vergi yükü verilmektedir. Görüldüğü üzere Türkiye akaryakıtı en pahalı kullanan ülkelerden biridir.

Şekil 1: Seçilmiş Ülkelerde Dizel Fiyatları ve Vergi Yükü

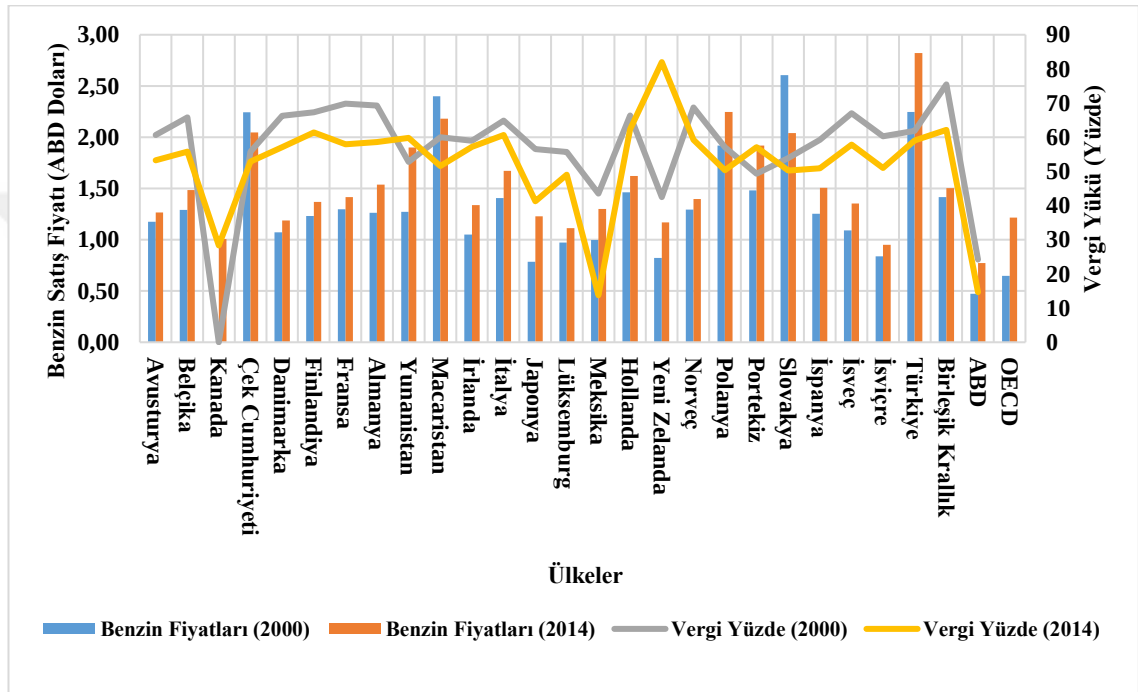


Kaynak: IEA (2015), "End-use prices: Energy prices in US dollars", IEA Energy Prices and Taxes Statistics (database). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/data-00442-en>. (Accessed on 08 April 2015). IEA (2015), "World energy balances", IEA World Energy Statistics and Balances (database).

Türkiye'nin çoğu ülkeden yalnızca genel akaryakıt satış fiyatının yüksekliği ile değil aynı zamanda akaryakıt türleri bazında fiyat farklılıkları ile de ayrıştığı görülmektedir. Bütün ülkeler için dizel satış fiyatlarının 2000 ile 2014 yılları arasında artış gösterdiği, buna paralel olarak aynı dönemde dizel üzerindeki vergi yükünün (satış fiyatı içinde vergi payı)

tüm ülkelerde zaman içinde düştüğü tespit edilmektedir. Benzer bir eğilimin sınırlı da olsa benzin için de olduğu söylenebilir. Buna ilaveten, Dünyada benzin ile dizel arasında vergi yük farkının Türkiye'ye göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye'de benzin vergi yükünün gelişmiş AB ülkelerine yakın, dizel vergi yükünün ise çok daha yüksek olduğu tespit edilmektedir.

Şekil 2: Seçilmiş Ülkelerde Benzin Fiyatları ve Üzerindeki Vergi Yükü



Kaynak: IEA (2015), "End-use prices: Energy prices in US dollars", IEA Energy Prices and Taxes Statistics (database). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/data-00442-en>. (Accessed on 08 April 2015). IEA (2015), "World energy balances", IEA World Energy Statistics and Balances (database).

Akaryakıt fiyatları değerlendirilirken öncelikle bahsedilmesi gereken husus ham madde (petrol) fiyatlarıdır. Petrol bağımlılığı daha geniş çerçevede enerji arz güvenliği, ulusal ve uluslararası seviyede büyük önem taşımaktadır. Özellikle 1970'lerde petrol kriziyle yaşanan tarihsel tecrübe, net enerji ithalatçısı ülkeler başta olmak üzere küresel piyasalar için petrol fiyatlarının çok önemli kırılganlık kaynağı olduğunu göstermektedir. Talep yönlü bir bakış açısıyla, akaryakıt türü olan benzin ve dizelin dünyada toplam petrol tüketiminin yaklaşık üçte ikisini (benzin ve dizelin payı sırasıyla yaklaşık %26'sı ve

%29'u)² oluşturduğu görülmektedir. Dolayısıyla petrol fiyatlarının öncelikli ve büyük oranda doğrudan etkisinin akaryakıt fiyatları üzerinde oluşması beklenmektedir. Ancak uluslararası piyasada oluşan petrol fiyat hareketlerinin her zaman perakende akaryakıt fiyatları üzerinde birebir yansıdığını söylemek zordur. Son yıllarda petrol fiyatları 140 ABD Doları seviyelerinden günümüzde 50 ABD Dolarına kadar inmişken, Türkiye dahil birçok ülkede akaryakıt fiyatlarında böyle bir düşüşün gerçekleşmemesi incelemeye değer görünmektedir.

Petrol fiyatlarından akaryakıt perakende satış fiyatlarına olan geçişkenlikte asimetrinin oluşup oluşmadığı ciddi bir tartışma konusudur. Akçelik ve Ögünç (2016), Türkiye akaryakıt piyasası üzerinde yaptıkları çalışmada, böyle bir asimetrinin dizel fiyatlarında var olduğunu ortaya koymaktadırlar. Çalışmada, Türkiye için özellikle akaryakıt talebindeki değişimden (tüketicilerin benzinli otomobilden dizel ve otogazlı otomobile geçiş eğilimi) istifade eden oligopol akaryakıt piyasa yapısının ve firmaların piyasa gücünün, asimetri oluşumunda etkili olan faktörlerin başında geldiği ileri sürülmektedir. İkinci olarak, asimetri oluşumunun maliyet kaynaklı nedenlerden oluşabildiğine dikkat çekilmektedir. Buna göre firmaların döviz kuru artışından kaynaklanan maliyet artışını büyük oranda fiyatlara yansıttığı, aşağı yönlü maliyet değişikliğinde ise (döviz kurunun düşmesi) petrol fiyatlarının akaryakıt fiyatlarına yansımalarının daha büyük olduğu vurgulanmaktadır. Asimetri oluşumunda etkili olan diğer nedenler ise maliyet şoklarının büyüklüğü, firmaların belirgin farklılıkları, genel ekonomik durum olarak sıralanmaktadır. Gurgur ve Kilinc (2016), ham petrol fiyatlarında yerel para birimi değer kaybı (kur artışı) kaynaklı değişimin, kur düşüşü kaynaklı değişime göre akaryakıt satış fiyatlarına daha hızlı ve büyük oranda yansıdığını ve dolayısıyla asimetrinin döviz kuru temelli olduğu ileri sürmektedir. Ancak yazarlar, petrol fiyatlarında ve döviz kurunda meydana gelen sınırlı değişimlerin perakende akaryakıt satış fiyatlarına çok daha az yansıdığını ortaya koymaktadır.

Akaryakıt sektörünün piyasa yapısından kaynaklanan sorunların tek başına Türkiye'deki akaryakıt fiyatlarının yüksekliğini açıklaması mümkün değildir. Türkiye'de akaryakıt fiyatlarının nedenleri üzerine yapılan tartışmalarda, akaryakıt piyasasındaki aksaklıklar

² BP Statistical Review of World Energy June 2016, <http://www.bp.com/statisticalreview>

gibi etkenlerden ziyade, vergi yükünün gündeme geldiği görülmektedir. Bu nedenle akaryakıt üzerindeki vergi yükünün incelenmesi bu aşamada önem kazanmaktadır.

Bu bölümde öncelikle akaryakıt üzerindeki vergi ve verginin bileşenleri incelenerek bir durum tespitinin yapılması planlanmaktadır. Mevcut durumun net bir şekilde ortaya konulması, geleneksel vergi literatüründe önemli bir yer tutan “Vergiler nasıl konulmalıdır ki refah kaybı minimum olsun?” sorusuna cevap arayan optimal vergi kavramının ortaya konulmasında zaruri olduğu düşünülmektedir. Bu çerçevede devam eden başlıklarda, verginin kamu mallarının sunumunda gelir kalemi olmasının dışında bir piyasa başarısızlığı olan dışsallıkları içselleştirme rolü ve sabit miktarlı vergi’nin (lump-sum tax) uygulanmasının mümkün olmadığı “ikinci en iyi” ortamda etkinlik arayışını ifade eden optimal vergi kavramı açıklanmaya çalışılacaktır. Son olarak bu bölümde, optimal akarkayıt vergisi tespitine yönelik mevcut literatür incelenecektir.

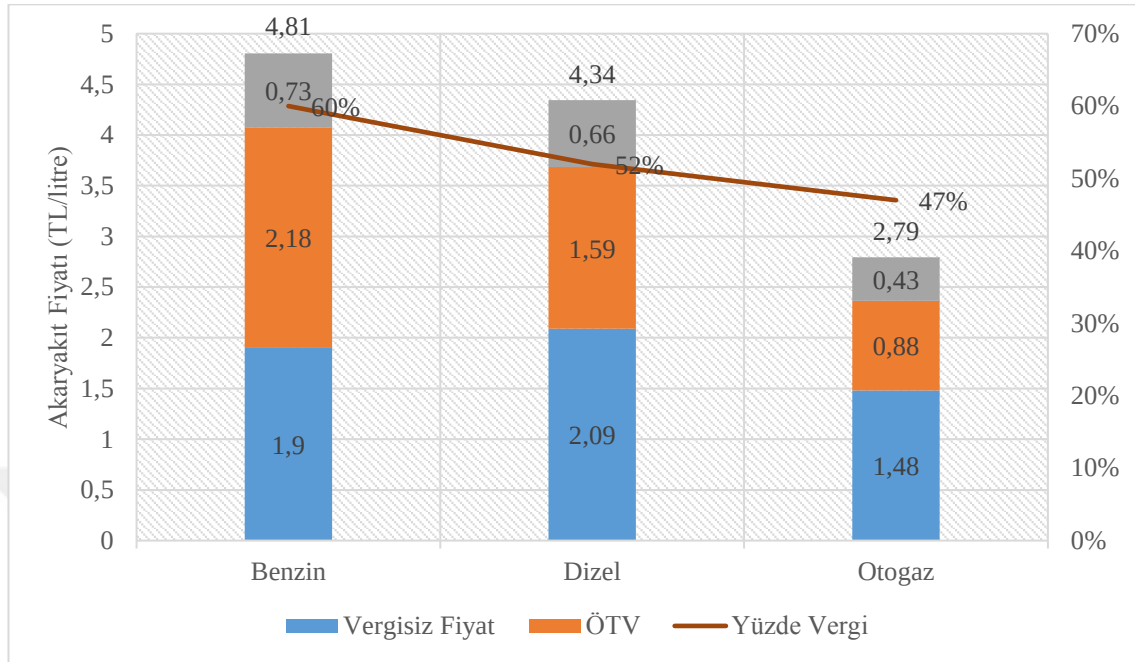
1.1. TÜRKİYE’DE AKARYAKIT VERGİ YÜKÜ VE VERGİ BİLEŞENLERİ

Akaryakıt fiyatları analiz edilirken en önemli kalemi vergi bileşeni oluşturmaktadır. Ürün fiyatı, toptancı marjı, gelir payı, dağıtıcı ve bayi marjı toplamı vergisiz akaryakıt fiyatını oluşturmaktadır. Şekil 3’de verilen akaryakıt üzerindeki vergi yüküne (ÖTV+KDV) bakıldığında, Türkiye’de benzin fiyatının %59,1, dizel fiyatının %51 ve otogaz fiyatının %45,5’ini vergi oluşturmaktadır. 2014 yılı için vergisiz dizel fiyatını sırasıyla benzin ve otogaz takip etmektedir. Kısaca vergi yükleri dikkate alındığında, benzin üzerindeki verginin dizel ve otogaz vergilerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Akaryakıttan alınan yüksek vergilerin, çok çeşitli amaçlara hizmet etmekle birlikte, mevcut mali koşullardan kaynaklandığı sıklıkla savunulmaktadır. Günümüzde akaryakıttan elde edilen vergi gelirlerinin toplam bütçe geliri içinde önemli bir paya sahip olması bu görüşü desteklemektedir. 2014 yılında akaryakıt sektöründen elde edilen dolaylı vergi toplamı 62,8 milyar TL olarak gerçekleşmiştir (PETDER, 2014). Bu rakam, merkezi yönetim bütçe gelirleri toplamının yaklaşık %15’ini oluşturmaktadır³.

³ 2014 Yılı Merkezi Yönetim Bütçe Geliri Gerçekleşmesi 425.382.787.000 TL olarak açıklanmaktadır.

Şekil 3: 2014 Yılı Akaryakıt Fiyatlarının Oluşumu

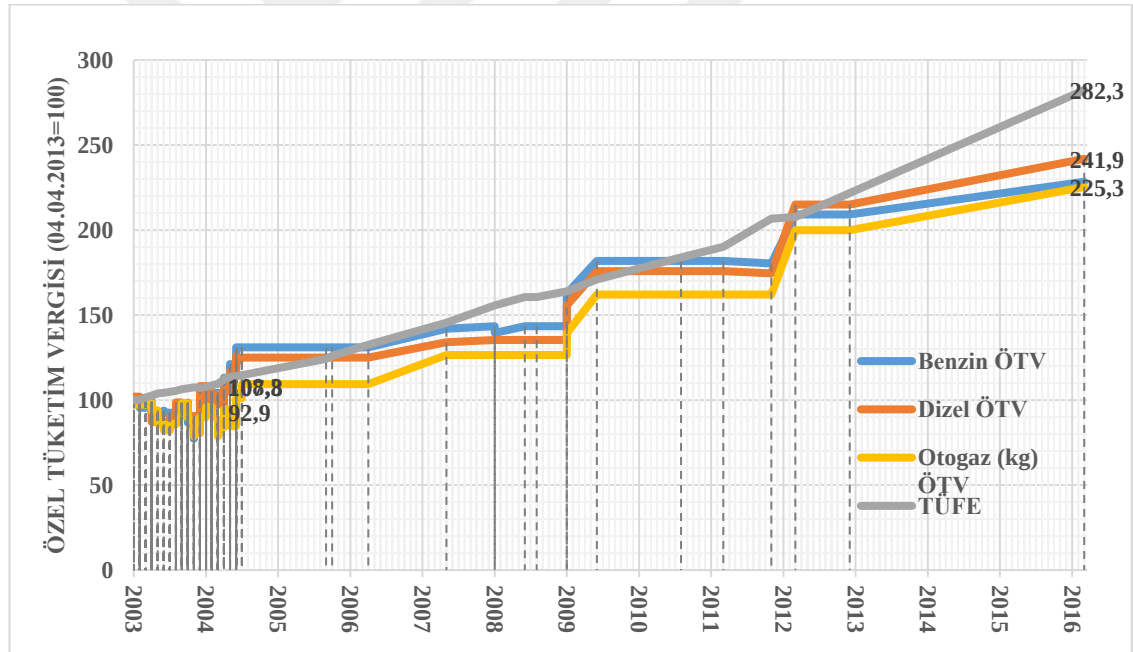


Türkiye’de akaryakıt üzerinde uygulanan vergi türleri bakımından ilk sırayı 1985 yılından itibaren uygulanan katma değer vergisinin (KDV) aldığı görülmektedir. 2002 yılında yürürlüğe giren alkollü içecekler, tütün mamulleri ve petrol ürünleri gibi ürünlerin üretimi ve ithalatında uygulanmak üzere ilave bir vergi olan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV)’nin tesis edilmesi ile başlangıçta oldukça yüksek olan KDV oranı azaltılarak, maksimum %18 olarak sabitlenmiştir. 1998-2004 yıllarındaki akaryakıt tavan fiyat uygulaması 2005 yılında kaldırılarak serbest fiyat uygulamasına geçilmiş, motorlu taşıt akaryakıt ürünlerinde %18 KDV ve buna ek olarak litre (kg) başına sabit bir ÖTV benimsenmiştir.

ÖTV oranları enflasyon gibi faktörler dikkate alınarak Bakanlar Kurulu tarafından belirlenerek açıklanmaktadır (Erdogdu, 2014). Şekil 4, akaryakıt türlerine uygulanan ÖTV’nin 2003-2016 yılları arası gelişimini vermektedir. ÖTV oranında 04.07.2003 tarihinden 08.09.2016 tarihindeki değişikliğe kadar geçen 13 yıllık uygulama süresi boyunca benzin, dizel ve otogaz akaryakıt türlerinden en az birinde olmak üzere 109 kez değişiklik yapıldığı görülmektedir. Ancak bu değişikliklerin %91’i (99 adet) yalnızca 2003 ile 2005 yılları arasında gerçekleşmiştir. Yine bu sık artış dönemi sonunda ÖTV oranının tüketici enflasyonu üzerinde etkili olduğu söylenebilir. 2005 yılı sonrası

dönemde ÖTV oranlarının genel olarak yıllık bazda belirlendiği ve reel olarak ÖTV'nin azaldığı görülmektedir. 1999-2001 yılları arasında devletin LPG kullanımını evlerde artırmak amacıyla LPG üzerindeki ÖTV'yi kaldırması, otogaz kullanımını cazip hale getirmiştir. Başlangıçta LPG'nin taşıtlarda kullanımının sınırlı kalacağı düşüncesiyle tasarlanan bu düşük vergi politikası, otomobil sanayinin LPG ile uyumlu sistemler geliştirmesi ile (sistem dönüşüm maliyetinin bir yıl içinde geri dönmesi) akaryakıt vergi gelirlerinin düşmesine neden olmuştur. Bunun üzerine 2001 yılından günümüze kadar aşamalı olarak bu politikadan vazgeçilmeye başlanmıştır (Erdogdu, 2014). Özellikle 2012 yılı sonrasında otogaz üzerinden alınan ÖTV artışının benzine göre daha yüksek bir ivme ile gerçekleşmesi, devletin otogaz tüketiminin cazibesini azaltmayı amaçladığını göstermektedir.

Şekil 4: ÖTV'nin Yıl Bazında Değişimi.



Merkezi hükümet bütçe gelirlerinde akaryakıt vergi gelirlerinin payı dikkate alındığında, bu büyüklükte bir kaynaktan vazgeçilmesinin kısa vadede mümkün olmadığı görülmektedir (Erdogdu, 2014). Öte yandan akaryakıt üzerinden alınan vergiler, bütçe için bir gelir kaynağı olmak dışında, piyasa başarısızlığı olarak görülen dışsallıkların içselleştirilmesi için etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir.

1.2. VERGİNİN DIŞSALLIKLARI İÇSELLEŞTİRME İŞLEVİ

Bütçe gelirlerine sağladığı katkının yanında, motorlu taşıt akaryakıtları üzerindeki verginin diğer bir işlevi, piyasa aksaklığını düzeltici etkiye sahip olmasıdır. Pigou (1932), akaryakıt tüketiminden kaynaklanan negatif dışsallıkların (taşıt kullanımı ile ilgili emisyon salınımı vb.) azaltılmasında, akaryakıt vergisini savunan ilk araştırmacıdır. Akaryakıt üzerinde vergiler sosyal olarak optimal seviyeye kadar tüketimin azaltılmasını sağladığı için bu tür düzeltici vergilere ‘Pigoucu vergileme’ de denilmektedir.

Akaryakıt kullanımının oluşturduğu negatif dışsallıkların başında sera gazı emisyonları gelmektedir. Çevresel açıdan bakıldığında; iklim değişikliği ile mücadele önlemlerinin alınmaması durumunda karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazı salınımlarının atmosferde yoğunluk artışı sanayileşme öncesi döneme göre dünya sıcaklığının 3 ile 4 derece artmasına neden olacağı öngörülmektedir (IPPC, 2013a). Bu büyüklükte bir sıcaklık artışı, insanoğlunun geleceği açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Azar (2005)’a göre, AB’nin CO₂ emisyonunu 2000 seviyelerinden 2020 yılına kadar yüzde 20-40 arasında azaltması gerekmektedir. Azar (2005), iklim değişikliği ile ilgili bağlayıcı hedefler koyulmasının GSMH üzerinde yarattığı baskılayıcı etkinin oldukça düşük olacağını öngörerek, bu tür hedeflere karşı bazı ülkelerde görülen muhalefeti anlamlandırmanın mümkün olmadığını savunmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliği mücadele politikalarının maliyetinin kimler tarafından taşınacağı önem arz etmektedir. İklim değişikliği ile mücadelenin kazananları ve kaybedenleri olduğundan, benzer mücadelenin (politikaların) tüm ülkelere benimsenmemesi durumunda enerji yoğun endüstriye sahip ülkelerin rekabet gücünü kaybedeceği ve endüstrinin yer değiştireceği görülmektedir (Azar, 2005). Bu nedenle Kyoto Protokolünde olması gerektiğinden düşük hedefler benimsenerek, her ülke masada tutulmaya çalışılmıştır (Stern, 2007).

Karbon vergisi, emisyon ticaret borsası ve koruyucu politikalar gibi çeşitli müdahale alternatiflerin yanında, akaryakıt vergileri üzerinde genel bir fikir birliği bulunmamaktadır. Stern (2007), akaryakıt vergilerinin çevresel etkileri üzerinde iki farklı görüşün olduğunu belirtmektedir. Bunlardan ilkinin piyasa mekanizmalarına inanan ama çevresel sorunların önemini kavrayamayan kesimin oluşturduğunu, diğerinin ise iklim değişikliğinin önemli bir sorun olduğunun bilincinde fakat kapitalizmin giderek

artan petrol iřtahi olmadan hayatta kalamayacađını savunan kesim olduđunu iddia etmektedir. Bununla birlikte, akaryakıt üzerinde dűzeltici vergileme politikasının 1990’lardan itibaren benimsenmiř olmasına ve dolayısıyla diđer tűm sektűrlerde emisyon azalımına rađmen, AB-27 űlkelerinde ulařtırma sektűrűnde emisyon deđerleri yaklaşık %21 artmıřtır (Sassi, 2012). Sterner (2007) ise akaryakıt űzerindeki vergilerin bařlangıçta çevresel nedenlerle oluřturulmadıđını, çevresel kaygıların verginin kűűk bir payının olduđunu ama zamanla sera gazı emisyonlarının azaltılmasında űnemli bir yer tuttuđunu savunmaktadır. alıřmasında, akaryakıt vergileri olmadıđında karbon emisyonunun çok daha yűksek olacađını (yaklařık iki katı) ortaya koymaktadır. Solaymani ve Kari (2013)’nin Malezya için çok sektűrlű genel denge modeli ile sűrekli olarak artan petrol fiyatlarının ulařtırma sektűrű ve emisyon salınımı űzerinde etkilerini inceledikleri çalıřmada, kısa vadede artan petrol fiyatlarının ekonomi ve ulařtırma sektűrű űzerinde olumsuz etkilerinin olduđu ancak uzun vadede kaynakların yer deđiřtirmesi ve yarattıđı sektűrel eřitsizliklerle yurtiçi űretimin artmasına, yatırımların canlanmasına hizmet ettiđi ortaya koyulmuřtur. Ekonominin tamamı ve sektűrlerin tűmű için yařanan petrol fiyat řokunun, kısa vadede havayı kirleten emisyonların artmasına ancak uzun vadede azalmasına neden olduđu ifade edilmiřtir.

Tűrkiye gibi yűksek akaryakıt vergileri uygulayan űlkelerin aksine, bűyűk petrol ithalatçısı űlkeler bařta gelmek űzere birçok űlkede, akaryakıt sűbvansiyonunun yaygın bir řekilde uygulandıđı gűrűlmektedir. Akaryakıt ve diđer temel ihtiyaç maddelerinde uygulanan sűbvansiyonun ekonomik ve sosyal sonuçlar gűz ardı edilerek popűlist kaygılarla gerçekleřtirildiđi iddia edilmektedir (Cheon, Urpelainen, ve Lackner, 2013). űte yandan petrol űzerinde sűbvansiyon verilen veya gűrece dűřűk vergi uygulayan űlkelerde, sűbvansiyonun kaldırılmasının ve ilave vergi uygulamasına geçilmesinin politik olarak kolay olmadıđı gűrűlmektedir. Ancak son on yıl içinde petrolűn varil fiyatlarının 20 ABD Dolarından 140 ABD Dolarına geniř bir aralıkta salınım yapmasının ve son iki yılda ise petrol fiyatlarının dűřűk seviyede olmasının, sűbvansiyonların kaldırılması ve karbon vergisinin uygulanması için bir fırsat oluřturabileceđi dűřűnűlmektedir. Buna gűre petrol fiyatları dűřűkken (yűksekken) yűksek (dűřűk) oranda, asimetrik bir karbon vergisinin benimsenmesinin, tűketiciler fiyatlarının daha stabil kalmasına yardım edeceđi ve elde edilen vergi gelirinin petrol bađımlılıđının azaltılması,

araştırma ve geliştirme ve vergi sisteminin etkinleştirilmesi gibi amaçlar için kullanılabileceği savunulmaktadır (Derviş ve Foda, 2016).

Karbon emisyonunun olumsuz etkilerinin sınırlandırılmasına yönelik olarak anlamlı politikalar geliştirilse bile, ulaştırma sektörünün dışsallıkları sadece iklim değişikliği ile sınırlı değildir. Taşıt kullanımından kaynaklanan hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve trafik kazaları başlıca dışsallıklardır. Motorlu taşıt kullanımından kaynaklanan emisyonların (ince partiküller, uçucu organik bileşenler, nitrojen oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ve sülfatlar (SO₂)) sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle oluşturduğu toplumsal maliyetleri, hava kirliliği dışsallıklarını oluşturmaktadır. Emisyon nedeniyle ortaya çıkan dışsallıkların, GSYİH'nin yüzde 0,8 ve yüzde 2,7'si arasında bir maliyetinin olduğu tahmin edilmektedir (Muller ve Mendelsohn, 2007).

Bir diğer dışsallık türü ise trafik sıkışıklığıdır. Her bir özel taşıt sahibi trafiğe katılması ile trafik sıkışıklığına ilave katkı vermekte ve diğer sürücülerin de gecikmesine neden olmaktadır. Yaratılan bu dışsallık hız, trafik akışı ve insanların zaman değeri ile ilintili olmakla birlikte konum, zaman ve yer ile de değişiklik göstermektedir. Büyüklük olarak ABD için ortalama taşıt-km başına 6,5 cent trafik sıkışıklığı dışsallık maliyetinin olduğu tahmin edilmektedir (I. Parry, Hassett, Morris, ve Williams III, 2015).

Ulaştırma sektöründe en önemli dışsallıklardan birisi de trafik kazalarıdır. Trafik kazalarının bir dışsallık olarak ele alınması karmaşık bir konudur. Öncelikle araç kullanıcısı birtakım riskleri bilinçli olarak üstlenerek ne zaman, nerede ve ne tür bir araçla seyahat edeceği seçimini yapmasına rağmen, sürücü tarafından alınan riskler genellikle yalnızca kendisini ilgilendirmemektedir. Muhtemel bir kazada, kaza riskinin bir kısmı zarar gören karşı tarafa (yaya veya diğer araç sahiplerine) aktarılmaktadır. Bununla birlikte sigorta her zaman mümkün olmamakta, ortaya çıkan zarar tamamen telafi edilememektedir. Çalışmalar ortalama taşıt-km başına 4 cent trafik kazası kaynaklı dışsallık maliyetinin olduğunu ortaya koymaktadır (I. Parry vd., 2015). Burke ve Nishitaten (2015), 1991-2010 yılları arasında 144 ülkeden elde edilen verilerden faydalanarak yaptıkları çalışmada, benzin pompa fiyatında %10 oranında bir artışın

ölümcül kazaları ortalama %3 ile %6 oranında azaltacağını ve yıllık 35.000 trafik kazası kaynaklı ölümün önlenebileceğini göstermektedir.

Motorlu araç kullanımının diğer dışsallıkları ise karayolu altyapısında meydana gelen zarar nedeniyle ortaya çıkan ilave bakım-onarım masrafları ve enerji güvenliği ile ilgili hususlardır. Özellikle petrol ithal eden ve hammadde olarak dışarıya bağımlı ülkeler için enerji güvenliği de bir dışsallık olarak dikkate alınmaktadır (I. W. H. Parry, M. Walls, ve W. Harrington, 2007). Akaryakıt üzerinde uygulanan vergilerin yalnızca düzeltici boyutu dikkate alındığında karbon emisyonu, hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve trafik kazaları dışsallıklarının marjinal maliyetlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Öte yandan tüketicilerin benzin tüketim ve araç seçim davranışları (yakıt verimliliği) etkin vergi seviyesinin analiz edilmesinde önemli bir yer tutmaktadır.

Akaryakıt vergisinin dışsallıkların içselleştirilmesinde bir politika aracı olarak kullanılmasına yöneltilen en önemli eleştiri, akaryakıt vergisinin bu dışsallıkları etkin bir şekilde içselleştirmeye hizmet etmediği üzerinedir. Trafik kazalarına neden olan riskler kişilere göre değişiklik gösterdiğinden, tek bir vergi oranı yerine değişken vergi uygulaması (yerel hava kirliliğine, trafik sıkışıklığının zirve olduğu saatlere yönelik farklılaştırılmış ve araç-km değerlerine bağlı vergilendirme sistemlerinin) daha ideal araçlar olacağı savunulmaktadır (I. W. Parry ve Small, 2005). Ancak dışsallıklar için ortaya konulan ideal vergi önerilerinin genele uygulanabilir olmaması, vergi adaleti, idari ve politik olarak uygulanma zorlukları gibi faktörler dikkate alındığında ve akaryakıt vergilerinin hali hazırda çoğu ülkede yüksek oranda uygulanması nedeniyle akaryakıt vergisinin en uygun araç olduğu söylenebilir. Ancak akaryakıt vergilerinin değerlendirilmesinde dışsallıkların doğrudan fiyatlandırılmadığının vurgulanması gerekmektedir.

Ulaştırmadan kaynaklanan dışsallıkların, km başına ve/veya km başına maliyetin ortalama araç verimliliği (litre başına km) ile çarpılmasıyla litre başına maliyetlerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma mevcuttur (Anderson, Parry, Saltee, ve Fischer, 2011; Li, Linn, ve Muehlegger, 2012; I. W. Parry, 2009; Tscharkschiew, 2014). Ancak dikkat çekici husus araç verimliliğinin içsel bir değişken olmasıdır. Bireylerin

daha yüksek akaryakıt fiyatlarıyla karşılaştıkça daha az araç kullanmak yerine, daha verimli araç satın almak şeklinde tercihte bulunduğu ölçüde, mesafeye (km'yle) ilgili dışsallıkların optimum akaryakıt vergisindeki payı önemli ölçüde azalmaktadır (I. W. Parry ve Small, 2005). Ulaştırma ile ilgili dışsallıkların azaltılmasında, kamunun otomobil sektöründe standartlar veya daha genel ifadeyle piyasa regülasyonu yoluyla akaryakıt verimliliğini artırma politikası ile akaryakıt vergisi politikası karşılaştırıldığında, ekonomik etkinlik ve verimlilik açısından yüksek akaryakıt vergisinin daha iyi bir politik araç olduğu ortaya konmaktadır (Anderson vd., 2011). Akaryakıt üzerindeki verginin dışsallıkları içselleştirme gibi bir işlevi olsa da, verginin asıl amacının mali nitelikte olduğu dikkate alındığında, politika belirleyiciler için ekonomik etkinliği en yüksek seviyede sağlayan optimal vergi hasılasının elde edilmesi birinci öncelik olarak öne çıkmaktadır.

1.3. OPTİMAL VERGİ ÜZERİNE TEORİK LİTERATÜR

Optimal vergi analizinin amacı, bir yandan kamunun gelirleri artırılırken diğer yandan en yüksek refah seviyesini sağlayan vergi kümesini elde etmektir. Ancak vergi geliri, aynı zamanda piyasa aktörlerinin davranışları üzerinde etkili olduğundan, verimlilik kayıpları ortaya çıkmaktadır. Örneğin tüketim malı üzerindeki tüketim vergisi tüketici fiyatları ile üretici fiyatları arasında bir kama etkisi (ayırışma) oluşturmaktadır. Vergi nedeniyle tüketim malının fiyatı artmakta ve tüketici talebinin nasıl şekilleneceği, gelir ve ikame etkilerinin analiz edilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Üretici tarafında ise, üretim maliyetlerinin artması ve üreticinin buna uygun olarak davranışlar geliştirmesi (üretimin düşürülmesi, iş gücü talebinin azalması vb.) sonucunu doğurmaktadır. Bu nedenle kamunun piyasada bozucu etki oluşturmaktan uygulayabileceği tek vergi türünün sabit miktarlı vergi olduğu kabul görmektedir (Mankiw, Weinzierl, ve Yagan, 2009).

Sabit miktarlı vergi, üretim, faktör arzı veya tüketim alışkanlıkları ve tercihleri üzerinde değişim yaratmadığından, ikame etkisi oluşturmamakta ve verginin aşırı yükü (excess burden) meydana gelmemektedir. Öte yandan sabit miktarlı vergi her ne kadar ekonomik olarak etkinlik sorununu çözmüş olsa da en azından eşitlik ve uygulanabilirlik açısından sorunlu olduğu görülmektedir. Kısaca vergi sisteminin etkinlik ve eşitlik gibi amaçlara

hizmet edecek şekilde tasarlanması iktisatçıların en önemli gündeminden biri olarak varlığını korumaktadır.

Tarihsel perspektifte optimal vergi tartışmalarının ve teorik çerçevesinin, refah iktisadı yazınının önemli bir parçası olduğu aşikardır. Albayrak (2011), refah iktisadının gelişimine ilişkin olarak yaptığı analizde, Pigou ile temsil edilen klasik faydacı refah iktisadı ile Paretocu refah iktisadı olmak üzere iki akıma ve bu iki akım arasındaki iki temel farkın varlığına dikkat çekmektedir. Pigou'nun bireylerin faydaların ölçülebilirliği ve karşılaştırılabilirliğini savunması ve “azalan marjinal fayda”⁴ ilkesine dayanarak gelir transferi yoluyla toplumsal refahın arttırılabileceğini ileri sürmesi, Pareto optimumu dikkate alan Paretocu refah iktisatçıları tarafından kabul görmemiştir. Buna göre, Pigou'nun gelir transferinin hem etkinlik hem de eşitliğe hizmet edebileceği şeklindeki tezi, çevresel vergilerin (dışsallıklar) etkinliği sağlayacak şekilde kaynak dağılımını düzeltmekte kullanılabilirliğini gündeme getirmiş ve bu nedenle bu düzeltici vergiler Pigovian (Pigoucu) vergiler olarak adlandırılmıştır (Albayrak, 2011). Albayrak (2011)'a göre, Paretocu refah iktisadının bireylerarası fayda karşılaştırmalarını bilimsel görmemesi ve Pareto etkin dağılımların bulunmasına yoğunlaşması nedeniyle, optimal vergi sistemine yönelik ilginin 70'li yıllara kadar azaldığı, ancak son otuz yıldır giderek arttığı görülmektedir. Optimal vergi çalışmalarında bireylerin faydaları arasında karşılaştırma yapılması dolayısıyla, optimal vergi yaklaşımı Paretocu refah iktisadından bir sapma olarak değerlendirmektedir. Genel olarak optimal vergi çalışmalarında yapılan kabullerin ve yaklaşımların ortak özellikleri; tam rekabet piyasasının kabul edilmesi, üretimin arz tarafında ölçeğe göre sabit getirili bir üretim fonksiyonunun belirlenmiş olması, bütçe kısıtı altında bireylerin fayda fonksiyonlarını maksimize etmesi, dolayısıyla pareto etkinlik şeklinde sıralanmaktadır.

Verginin piyasayı bozucu etkilerini dikkate alarak, en uygun vergi türü ve oranının belirlenmesini hedefleyen optimal vergi yaklaşımına en önemli katkı, Frank Ramsey'in “Devlet farklı vergi türlerinin dara kaybını (deadweight loss) eşitleyecek vergi oranını

⁴ Albayrak (2011): “...aynı birim gelirden zengin bir bireyin elde edeceği fayda, fakir bir bireyin elde edeceği faydadan görece olarak daha düşük olacağı için, toplumsal olarak zenginden fakire yapılacak bir gelir aktarımı hem gelir dağılımı eşitsizliğini düşürücü hem de toplumsal refahı artırıcı yönde etki yapacaktır.”

seçmelidir” önerisidir. Ramsey’in ters esneklik kuralına göre, daha az esnek talebe sahip malın daha yüksek vergilendirilmesi, ancak emek arzı mutlak katı ise tüm malların aynı oranda vergilendirilmesi gerekmektedir (Ramsey, 1927). Dolayısıyla Ramsey (1927), lüks malların daha düşük ama zaruri tüketim mallarının (akaryakıt vb.) daha yüksek oranda vergilendirilmesini önermektedir. Ancak Ramsey kuralı, uygulanabilirlik ve adalet gibi temel vergi kıstasları bakımından sıklıkla eleştirilmektedir. Ramsey (1927) makalesinde özel ve sosyal marjinal ürün değerlerinin birbirine her zaman eşit olduğu ve devlet müdahalesinin bulunmadığı varsayımını yapmakta ve Pigou vergi yaklaşımının kapsam dışı tutulduğunu açıkça ifade etmektedir.

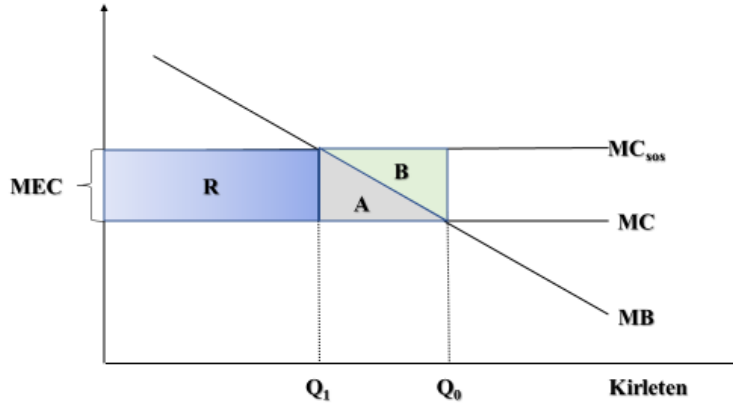
Optimal vergilendirme ile ilgili ilk çalışmalar, geniş tabanlı (Ramsey) vergilendirmenin etkinlik açısından dar tabanlı vergilere göre daha tercih edilebilir olduğu üzerine kurulmuştur. Verginin aşırı yükü, insanların veya firmaların vergilendirilen faaliyetlerden kaçınmasından kaynaklanmaktadır. Bu çerçevede birçok faaliyet alanını doğrudan etkileyen geniş tabanlı vergiye (tüketim, gelir vergisi vb.) nazaran, dar tabanlı bir vergi (çevre vergisi) ikamesinin kapsamı çok daha geniş olmaktadır. Ramsey’in optimal vergi yaklaşımına göre, örneğin işgücünden elde edilen vergi gelirinin daha dar kapsamlı bir vergi geliriyle değiştirilmesi, hem tüketiciler hem de firmalar için daha geniş bir ikame olanağı sağladığı için, vergi sisteminin aşırı yükünü artırmaktadır (Ian William Holmes Parry ve Oates, 1998).

Bu noktada, konu tekrar akaryakıt üzerinden alınan vergilere getirilecek olursa, akaryakıt üzerinden alınan vergilerin doğası gereği düzeltici (Pigoucu vergi) rolü olmakla birlikte, etkileri yalnızca dışsallıkların içselleştirilmesi ile sınırlı değildir. Düzeltici vergiler mal ve hizmetlerin fiyatlarını etkilemenin yanında, emek piyasasında ve tüketici tercihlerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu çerçevede, düzeltici vergilerin mevcut diğer dolaylı ve dolaysız vergilerle etkileşimi ve etkinliği önem arz etmektedir.

Düzeltici verginin mali sistem üzerinde etkileşimlerini incelemekten önce, çevresel dışsallık üreten herhangi bir malın fayda ve maliyet analizi örneğinin Şekil 5’de incelenmesi, daha ileri seviye tartışmalar için faydalı bir altyapı oluşturacaktır.

Örnekte yer alan kirletenin diğer negatif dışsallıklar gibi marjinal sosyal maliyeti (MC_{sos}) marjinal özel maliyetinin (MC) üzerinde olması beklenmektedir. Düzeltici bir vergi uygulanmaması durumunda piyasa miktar-fiyat dengesi, marjinal faydanın (MB) marjinal maliyet (MC) ile kesiştiği yerde oluşmaktadır. Görüldüğü üzere, piyasa dengesinin olduğu yerde tüketilen malın marjinal sosyal maliyeti, malın sağladığı marjinal faydanın üzerinde yer almaktadır. Devletin marjinal dışsal maliyet (MEC) kadar bir vergi uygulamasının bu sorunu çözebileceği tespit edilmektedir. Yeni verginin tam rekabet piyasasında, marjinal özel maliyetleri marjinal sosyal maliyetle örtüştürdüğü ve tüketim dengesinin daha yüksek fiyatlarla Q_0 'dan Q_1 'e gerilettiği açıkça görülmektedir.

Şekil 5: Çevre Vergisinin Fayda ve Maliyetleri Üzerine Basit Bir Analiz.



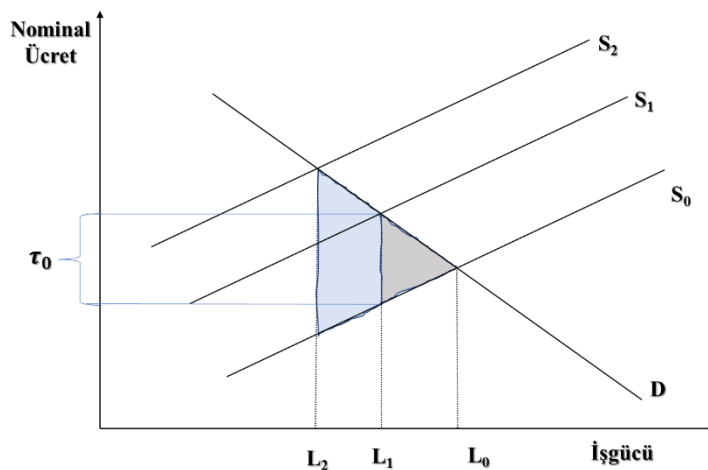
Kaynak: Goulder (2013)'den alınmıştır.

Yeni vergi politikasının dışsallık faydası (çevresel zararlardan kaçınma), Şekil 5'de $A+B$ olarak gösterilmektedir. Dışsallıktan elde edilen kazanımının aksine, toplumun artan fiyatlar nedeniyle tüketici artığında (surplus) $A+R$ kadar bir kayıp söz konusudur. Bu çerçevede devletin elde ettiği vergi geliri (R) ile ne yapacağı önem kazanmaktadır. Eğer devlet elde ettiği geliri topluma tekrar iade ederse, toplumun kaybı A ile sınırlı olmaktadır. Eğer devlet elde ettiği geliri yeni harcamaların finansmanında kullanırsa, yeni kamu harcamalarının fayda maliyet oranına bağlı olarak getiri değişim gösterecektir. Örneğin, yeni kamu yatırımlarının fayda maliyet oranı bire eşitse R sabit kalacaktır. Çevresel etkiler dışarıda bırakılırsa, Şekil 5'de sunulan basit şekil verginin sosyal maliyetinin (A) olduğunu göstermektedir. Ancak çevresel faydalar dikkate alınacak

olursa, çevresel faydanın (A+B) maliyetleri (A) üzerinde olduğundan, net sosyal faydanın (B) olduğu görülmektedir.

Öte yandan bu basitleştirilmiş yaklaşım, yeni verginin vergi sisteminin geneliyle olan etkileşimini ihmal etmektedir. Kamunun elde ettiği vergi geliri (R), mali sistem içinde mevcut olan diğer vergilerin (gelir ve tüketim vergisi) marjinal oranlarını düşürmek için gerekli olan finansman olarak değerlendirmesi durumunda, bir etkinlik kazancı sağlayacağı görülmektedir. Bu etki literatürde gelir çevrim etkisi olarak isimlendirilmektedir (Goulder, 2013). Gelir çevrim etkisinin gerçekleşmesi durumunda, çevresel vergilerin ekonomik maliyetinin sıfıra hatta negatife bile düşmesi muhtemel görülmektedir. Hatta bu etki gerçekten çok büyük olursa, çevresel faydalar dışarıda tutulsa dahi, yeni verginin getirisinin vergiden kaynaklı dara kaybını (A) dengeleyebilmesi söz konusu olacaktır. Bu durum mali sistem açısından ‘bir taşla iki kuşun vurulması’ anlamına gelecek olan “çifte kar” (double dividend) kavramının literatürde yer edinmesini sağlamıştır (Oates, 1993; Pearce, 1991; Repetto, Dower, Jenkins, ve Geoghegan, 1992).

Şekil 6: Vergi Sistemi Etkileşim Etkisi.



Kaynak: Goulder (2013)'den alınmıştır.

Goulder (2013)’e göre teorik olarak mümkün görülen “çifte kar”ın, aksi yönde çalışan ve bu analizde yansıtılmayan bir başka etkinin varlığı dikkate alındığında, gerçekleşmesi oldukça iyimser bir beklentidir. Goulder (2013) bu etkiyi, bir çevresel kirleten örneğinde,

şema ile oldukça basitleştirerek özetlemektedir (Şekil 6). Çevre vergisi, bütün diğer mal ve hizmetler üzerine konulan vergiler gibi, zımnen üretim faktörlerine konulmuş bir vergidir. Belirli bir nominal ücret seviyesinde çevresel vergi nedeniyle mal ve hizmetlerin fiyatının artması, reel ücretin ve sermayenin reel karının düşmesi anlamına gelmektedir. Eğer hali hazırda işgücü veya sermaye üzerinde bir vergi yoksa, yeni verginin etkileri daha dar kapsamlı; ancak çevre vergisi konulmadan önce bu tür vergiler (gelir, tüketim vs.) varsa, daha geniş kapsamlı olması beklenmektedir. Şekil 6’da gösterildiği üzere, mevcut vergiler nedeniyle istihdam piyasası üzerinde vergi kaması (τ_0) bulunmaktadır. Bu vergi kaması nedeniyle, istihdam seviyesi L1 etkin istihdam seviyesi olan L0’ın altında oluşmaktadır. Dolayısıyla mevcut vergilerden dolayı istihdam piyasasındaki dengeden kaynaklanan aşırı vergi yükü, taralı üçgen alan ile gösterilmektedir. Yeni düzeltici vergi nedeniyle işgücü arz eğrisi daha sağa kaymakta ve yeni denge L2 seviyesinde oluşmaktadır. Bu durumda aşırı vergi yükünde ilave bir artış (taralı yamuk alan) meydana gelmektedir. Bu ilave verimlilik kaybı ‘vergi sistemi etkileşim etkisi’ olarak tanımlanmaktadır (Goulder, 2013).

Özet olarak, kamu, gelirlerini artırmak amacıyla düzeltici vergiler dışında gelir ve tüketim vergisi gibi doğası gereği ekonomik olarak verimsizlik yaratan bozucu vergiler uygulamaktadır. Dolayısıyla doğru fiyatların oluşumu veya belirlenmesi, düzeltici vergiler dışında mevcut vergilerin oluşturduğu bozulmuş bir sistemde şekillenmektedir. Bu ortamda yapılacak bir optimizasyon “ikinci en iyi” olmak durumundadır. Bunun başlıca nedeni vergilerin karşılıklı etkileşmesidir. Öncelikle, yeni uygulamaya koyulması düşünülen çevre vergisinin (düzeltici vergi) maliyeti, daha önce var olan bozucu vergilerin marjinal oranlarına bağlı olmaktadır. Ayrıca diğer vergilerin mevcudiyeti, çevre vergisinin var olan diğer bir vergi ile değiştirilme imkânı sağlamaktadır. Buna en uygun örnek ise, uygulamaya konulması düşünülen çevre vergisinden elde edilen gelirin, gelir vergisinde yapılacak oran indiriminden ortaya çıkan finansman ihtiyacının karşılanmasında kullanılmasıdır. Düzeltici vergilerin uygulanması ile elde edilen gelirin diğer bozucu vergilerin oranlarının azaltılmasından kaynaklanan finansman ihtiyacının giderilmesi şeklindeki hasılat yansız (*revenue-neutral*) politikanın maliyeti, yalnızca düzeltici vergiden türeyen maliyetlere değil aynı zamanda diğer vergilerde (gelir vergisi

vb.) oranların azaltılmasıyla ilgili verimlilik faydalarına veya kaçınılan maliyetlere bağlıdır (Goulder, 1995).

Gelir çevrim kavramı, düzeltici amaç gütmeyen diğer vergi türlerinin neden olduğu veya genel olarak vergi sisteminin doğasından kaynaklanan bozuklukları azaltan önlemlerin maliyetlerinin, düzeltici vergilerden elde edilen gelirlerden karşılanması anlamına gelmektedir. Vergi sistemi etkileşim etkisi ise gelir çevrim etkisinin tersi yönünde çalışmaktadır. Vergi sistemi etkileşim etkisi, düzeltici vergi konulması ile ekonominin genelinde uygulanmakta olan mevcut vergi oranlarının düşürülmesinden (vergi yükünün azaltılmasından) elde edilen faydanın, düzeltici verginin bozucu maliyetlerini her zaman dengelemeye yetmeyeceğini işaret etmektedir. Tıpkı diğer vergi türleri gibi düzeltici vergi de, ekonomik faaliyetlerinin dokusunu değiştirmesi nedeniyle saptırıcı/bozucu bir vergidir. Bozucu yapısı nedeniyle üretim maliyetlerini artırmakta, üretim faktörlerinin (sermaye ve emek) vergi öncesi duruma göre dengesini değiştirmektedir (A. L. Bovenberg ve De Mooij, 1994). Vergi sistemi etkileşim etkisinin ikinci en iyi ortamında birinci en iyi ortamına göre çok daha büyük etkilerinin olduğu görülmektedir (Goulder, 1998).

Goulder (1995) “çifte kar” kavramını zayıf ve kuvvetli olmak üzere sınıflandırmaya tabi tutmaktadır. Zayıf çifte kar, düzeltici vergiden elde edilen geliri sabit miktarlı transfer şeklinde özel kesime aktarmak yerine, bozucu vergi oranlarının düşürülmesinin finansmanında kullanılması durumunda elde edilen görece maliyet tasarrufu olarak tanımlamaktadır. Zayıf çifte karın genellikle gerçekleşeceğine dair teorik yönden kuvvetli bir genel kanaat oluşmuştur (Goulder, 1995; Schöb, 2003). Öte yandan Babiker, Metcalf, ve Reilly (2003)’nin karbon vergisi üzerine gerçekleştirildikleri çalışmada, zayıf çifte karın birçok Avrupa ülkesinde gerçekleşmediği; karbon vergisi ile diğer vergiler arasında ilişkinin ülkeler arasında farklılıklar gösterdiği ileri sürülmüştür. Ayrıca düzeltici vergiden elde edilen gelirin hangi bozucu verginin yerine ikame edildiği önem kazanmakta, hatta sabit miktarlı transferden bile kötü sonuçlar elde etmek söz konusu olmaktadır (Metcalf, Babiker, ve Reilly, 2004). Kuvvetli çifte kar ise hasılat-yansız (revenue-neutral) vergi ikame politikasında, vergi değişikliğinin sıfır veya negatif maliyeti olması olarak tanımlanmaktadır (Goulder, 1995). Schöb (2003), “çifte-kar”ın

kuvvetli şeklinin, düzeltici vergilerin yalnızca çevreyi iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda çevreyle ilintisi olmayan refahı da artırdığını iddia etmektedir. Kuvvetli çifte karın gerçekleşmesi durumunda, yeşil vergiler (çevreci politikalar) “pişmanlık duyulmayan” politikalar olarak görülebilmektedir. Hatta düzeltici vergilerin çevreyle ilgili ilintileri şüpheli olsa dahi, düzeltici vergi reformları arzu edilir olmaktadır (A. L. Bovenberg, 1999).

“Çifte kar”ın varlığı üzerine gerçekleştirilen ve genellikle genel denge modeline dayanan çalışmalarda bir fikir birliği olmamakla birlikte, akaryakıt (genellikle benzin) vergisi üzerine yapılan bazı çalışmaların, çifte karın varlığını destekleyici nitelikte olduğu görülmektedir. Örneğin, Glomm, Kawaguchi, ve Sepulveda (2008), ABD’de artan benzin ve akaryakıt vergisinin gelir-çevrim etkisiyle sermaye gelir vergisinin düşürülmesi sonucunda, hem tüketimin hem de çevresel kalitenin artmasından kaynaklı refah kazancı olduğunu tespit etmişlerdir. Güney Afrika için yapılan bir diğer çalışmada, düzeltici vergi gelirlerinin KDV veya gıda fiyatlarının düşürülmesinde kullanıldığı durumlarda, benzin vergisinin pozitif çifte-kar etkisini bulunmuştur (Sassi, 2012). A. L. Bovenberg ve Goulder (1997), ABD’de hasılat-yansız politikası altında, gelir vergisinde indirim karşılığında BTU⁵ (kalisine göre belirlenen bir enerji vergisi) ile benzin vergisi alternatiflerini karşılaştırmışlardır. Buna göre, kuvvetli çifte karın (düzeltici verginin sıfır veya negatif maliyete sahip olması) gerçekleşmesi, düzeltici türün toplam vergi yükünün daha etkin üretim faktöründen (yüksek vergili/sermaye) daha az etkin olan üretim faktörüne (düşük vergili/emek) aktarılabilme başarısına ve üretim faktörlerinin (sermaye ve emek) mevcut etkinsizliğinin büyüklüğüne bağlıdır.

Birçok araştırmacı vergi tasarımının çok önemli olduğunu, düzeltici vergilerden elde edilen gelirin verimsiz bir şekilde (transfer şeklinde dağıtım gibi) kullanılması yerine, etkinsizlik unsuru olan vergi (gelir vergisi vb.) oranlarının düşürülmesi için kullanılmasının ekonomik etkinliği artırdığını ortaya koymaktadır (Antonio M. Bento, Goulder, Jacobsen, ve von Haefen, 2009; Goulder, 2013; I. Parry ve Williams III, 2010). Öte yandan etkinlik bakımından en iyi politika, en azalan oranda artan ya da en adaletsiz

⁵ İngiliz Isı Birimi (British Thermal Unit-BTU):enerji kaynakları ve yakıtın sıcaklık muhtevasını ölçmektedir.

dağılımı veren çözüm olmaktadır (I. W. Parry ve Williams, 2010). I. W. Parry ve Bento (2001), trafik sıkışıklığı vergilendirmesinden elde edilen vergi gelirini, hanehalkına gelir transferi, toplu taşımayı sübvansetme ve gelir vergisi oranlarında tenzilatla gitme gibi, alternatif politikalara yönlendirilmesi durumunda ortaya çıkan refah etkilerinin nasıl değiştiğini ve politika tasarımının ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada en etkin çözümün gelir vergisi indirimi olduğu bulunmuştur.

Goulder (2013) düzeltici verginin çifte kar etkisinin oluşabilmesi için başlangıçta çevresel boyutu dışında mevcut vergi sisteminin etkin olmaması ve hasılat-yansız vergi reformunun bu etkinsizliğin giderilmesinde gerekli olduğunu, kuvvetli çifte karın oluşabilmesinin ise teknik olarak mümkün olmadığını ortaya koymuştur. Ancak sermaye ve emeğin göreceli olarak etkinlik dışı vergilendirildiği, kaynak rantlarının (Ricardocu rant) etkinsiz şekilde düşük vergilendirildiği (Antonio M Bento ve Jacobsen, 2007), kayıt dışı işgücü piyasasının varlığı ve bununla ilintili kayıt dışı gelirin verimsiz şekilde düşük vergilendirildiği ve çevre kalitesi ile iş gücü verimliliği arasında anlamlı pozitif bir ilişkinin var olduğu ekonomilerde çifte karın oluşabileceği değerlendirilmektedir (Goulder, 2013).

1.4. OPTİMAL AKARYAKIT VERGİSİ ÇALIŞMALARI

Optimal vergi, yalnızca teorik ve betimsel bir araştırma alanı olmakla kalmamış, literatürde özellikle hesaplanabilir genel denge modelleri kullanılarak birçok uygulama gerçekleştirilmiştir. Başta benzin olmak üzere akaryakıt üzerindeki vergi, doğası gereği düzeltici bir vergi olması itibarıyla, optimal vergilendirme yazınında önemli bir yer almaktadır. Bu çerçevede optimal akaryakıt vergisi, hanehalkının gözlemlenebilir tercihleri (araç-km, araç sahipliği) ile ampirik olarak tahmin edilebilir (akaryakıt fiyat, km esneklikleri, çevresel dışsallıklar) veriler/parametreler kullanılarak, genel denge modeli yardımıyla hesaplanabilmektedir. Genel denge modeli, zaman içinde şartların değişmesi ile parametrelerde ortaya çıkan değişikliklerin yeniden modele katılmasına izin vermesi bakımından, yeni optimal seviyenin kolaylıkla tespit edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen optimal akaryakıt vergisi denkleminde dışsallıkların içselleştirildiği düzeltici vergi, gelir-çevrim ve vergi etkileşim etkisi gibi bölümlerinin izlenebilmesi, politika koyucular için yeni bilgilerin üretilmesine imkan tanımaktadır.

Optimal verginin bölümlere ayrılabilmesi sayesinde, araç (otomobil) kullanımı ile oluşan dışsallıkların, gelir-çevrim ve vergi çevrim etkilerinin hangi oranda katkı sağladığı görülebilir olmaktadır. Bu yaklaşımın bir diğer faydası da, çevresel politika değişiklikleri, teknoloji ve regülasyon gibi araçlar kullanılarak, piyasa müdahalesinin söz konusu olduğu ortamlarda değişen durumun etkilerinin hemen görünebilir olmasıdır.

Optimum akaryakıt vergisi hesaplamalarına yönelik literatür, genel denge modellemesini yöntem olarak benimsemektedir. Bu doğrultuda ilk olarak I. W. Parry ve Small (2005), özel taşıt kullanımında “ikinci en iyi optimum benzin vergisi”ni elde etmek için temsili birey genel denge modeli geliştirmiştir. I. W. Parry ve Small (2005) statik kapalı ekonomide temsili birey modeli kullanmaktadır. Temsili bireyin fayda fonksiyonu bir dizi değişkene bağlı tanımlanmaktadır. Bu değişkenlerin bir kısmı temsili bireyin kontrolünde, diğer kısmı ise bireyin kontrolü dışındadır. Temsili birey, tüketimi (C), seyahat miktarı olan araç kilometre değerini (VMT), otomobil kullanımında geçen süreyi (T), boş zamanı (leisure) (N), yakıt tüketimini (F) seçmekte ve otomobil fiyatı ve diğer etkenlerin bir fonksiyonu olan otomobil kullanım maliyetlerini belirleyebilmektedir. Öte yandan kamu harcamaları (G), kirlilik miktarı (P), ve trafik kazaları (A) temsili bireyin fayda fonksiyonunun dışsallıklarıdır.

$$U = u(\Psi(C, M, T, G), N) - \varphi(P) - \delta(A) \quad (1)$$

Denklem 1’de verilen temsili bireyin fayda fonksiyonunun incelenmesinde de görüleceği üzere trafik kazaları ve hava kirliliğinin artışının yararsızlık (disutility) ürettiği kabul edilmektedir. Seyahat miktarı Denklem 2’de verilen homojen fonksiyon ile üretilmektedir. Dolayısıyla seyahat miktarı yakıt tüketimi (F) ve diğer sürüş maliyet faktörlerine (H) bağlıdır.

$$M = M(F, H) \quad (2)$$

Bu fonksiyon, yakıt tüketimi ile VMT arasında doğrusal gerçekleşmeyen ilişkinin tesis edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu sayede, artan benzin vergisi nedeniyle insanların daha az araç kullanması (M’in azalması), fakat diğer taraftan mevcut yakıt verimliliğinin

artırmak için (daha verimli, daha küçük araç vb.) ilave maliyetlere katlanması (F'den H'a doğru ikame) şeklindeki davranış değişimlerinin modellenmesi mümkün olmaktadır. Kısaca, fonksiyon kalite sabit tutulurken araç maliyetleri ile yakıt verimliliği arasındaki ödünleşim mekanizmasını dikkate almaktadır. Sürüş zamanı veya araç kullanım süresi ise Denklem 3'de verilen denklemde tanımlanmaktadır.

$$T = \pi M = \pi(\bar{M})M \quad (3)$$

Seyahat süresi, VMT'nin, ortalama seyahat süresinin tersinin (π) ve sabit toplam kişi başı kat edilen kilometre⁶ değerinin ($\bar{M}$) bir fonksiyonudur. VMT'nin artması durumunda trafik sıkışıklığının da artması yani $\pi' > 0$ olması beklenmektedir. Bununla birlikte temsili bireyin trafik sıkışıklığına kendi katkısını dikkate almadığı hesaba katılarak yani $\bar{M}$ sabit kabul edilerek π 'de sabit kabul edilmektedir.

I. W. Parry ve Small (2005) modelde kirletenleri ikiye ayırmaktadır. Bunlardan ilki, akaryakıt kullanımıyla orantılı şekilde artan karbondioksit-küresel iklim değişikliği- (P_F), diğeri ise nitrojen oksit, hidrokarbon, karbon monoksit gibi yerel hava kirletenleridir (P_M). Denklem 4'de $P_F', P_M' > 0$ ve $\bar{F}$ sabit toplam kişi başı yakıt tüketimini ifade etmektedir. Temsili bireyin otomobil kullanımından kaynaklı her iki maliyetin külfetine diğer kişiler katlanmakta, temsili birey için bu maliyetler ihmal edilmektedir.

$$P = P_F(\bar{F}) + P_M(\bar{M}) \quad (4)$$

Kişi başı kaza sayısı, kişi başı toplam sürüş miktarına bağlı ve temsili birey için dışsal bir değişkendir.

$$A = A(\bar{M}) = a(\bar{M}) + \bar{M} \quad (5)$$

Denklem 5'de $a(\bar{M})$ kilometrede kaza oranını göstermektedir. Temsili bireyin araç kullanım kararını etkileyen kaza riski gibi içselleştirilen kaza maliyetlerinin, üstü kapalı

⁶ Mesafe birimi orijinal yayında mil olarak tanımlanmış olup, bu çalışmada kilometre olarak ifade edilmektedir.

şekilde ya fayda fonksiyonunda $\Psi(.)$ ya da parasal maliyetler H içinde hesaba katıldığı ifade edilmektedir. Yayalar, bisiklet kullanıcıları gibi karayolunu kullanan diğer bireyler için ortaya çıkan diğer dışsal maliyetler ise $\delta(.)$ fonksiyonunda dikkate alınmaktadır. Bu yüzden kaza kaynaklı faydasızlık temsili bireyin kendi sürüş miktarından bağımsız olarak ele alınmaktadır.

Üretim tarafında, firmaların tam rekabet içinde olduğu, piyasadaki tüm mallarının ölçeğe göre sabit getiri ile üretildiği kabul edilmektedir. Üretici fiyatlarının tümü ve brüt ücret oranları, benzin fiyatı (q_F) hariç sabit ve normalize edilmiştir.

Kamunun harcamaları benzin tüketiminden ve ücretler üzerinden adlı vergiler ile (sırasıyla t_F, t_L) ile finanse edilmektedir. Kamunun bütçe kısıtı Denklem 6'da gösterilmektedir. Denklemde L işgücü arzını ifade etmektedir. Benzinden elde edilen vergi gelirinin işgücü üzerindeki vergi yükünün azaltılmasında kullanılması amacıyla kamu harcamaları dışsal bir değişken olarak ele alınmaktadır. Devletin bahse konu üç dışsallığı, üstü kapalı şekilde $\delta(.), M(.), \pi(.), P_F(.), P_M(.), a(.)$ modelin fonksiyonlarına dahil edilmesi dışında, ayrıca bir vergilendirmeye veya regülasyona tabi tutmadığı kabul edilmektedir.

$$G = t_L L + t_F L \quad (6)$$

Temsili bireyin bütçe kısıtı ise;

$$C + (q_F + t_F)F + H = I = (1 - t_L)L \quad (7)$$

Denklemde I harcanabilir gelir, $(1 - t_L)$ net ücret, $(q_F + t_F)$ ise benzinin tüketim fiyatını göstermektedir. Temsili birey aynı zamanda çalışma, boş zaman ve trafik (araç kullanma) olmak üzere zaman kısıtına da sahiptir.

$$L + N + T = \bar{L} \quad (8)$$

Denklem 7’de $\bar{L}$ toplam zaman donanımını ifade etmektedir. Bu çerçevede, I. W. Parry ve Small (2005) modelinde, gelir üzerinde vergi, işgücü arzı, yakıt tüketimi, VMT ve dışsal maliyetlerden kaynaklı faydasızlık değişimleri dikkate alınarak temsili bireyin fayda fonksiyonu benzin vergisine göre maksimize edildiğinde optimal benzin vergisi elde edilmektedir⁷. I. W. Parry ve Small (2005) modelinde elde edilen optimal benzin vergisinin iki ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki düzeltilmiş Pigoucu vergidir. Modelde elde edilen düzeltilmiş Pigoucu vergi miktarı, benzin kullanımının marjinal dışsal maliyetinden (MEC) farklı bir miktarda ortaya çıkması oldukça önemlidir. Benzin kullanımının marjinal dışsal maliyeti, karbon emisyonları, hava kirliliği, trafik sıkışıklığı dışsallıklarının marjinal maliyetine eşittir. Düzeltilmiş Pigoucu vergi miktarı ise $MEC_F/(1+MEB_L)$ olarak oluşmaktadır. Burada MEB_L işgücü üzerinde marjinal aşırı vergi yükünü temsil etmektedir. Dolayısıyla bu düzeltme faktörü ($1/(1+MEB_L)$) benzin vergisinin işgücü üzerindeki ücret vergisine göre vergi tabanının daha düşük olması ve dolayısıyla daha az etkin olmasından kaynaklanmaktadır.

Kamu bütçesinin finansmanının dolaylı vergiler ve işgücü üzerinden alınan gelir vergisinden sağlandığı bu modelde, dolaylı vergiler ve gelir (ücret) vergisinin etkileşimini yansıtan “Ramsey Vergi Bileşeni” optimal benzin vergisinin diğer bir unsurunu oluşturmaktadır. I. W. Parry ve Small (2005), boş zamanın modelde gösterildiği şekilde ayrılabilir (weakly separable) kabulü altında, VMT’nin harcama esnekliği birden küçükse, seyahatin boş zamanın ikamesi olduğunu (weak substitute for leisure) vurgulamaktadır⁸. Bu çerçevede diğer tüketim mallarına göre benzinin daha yüksek vergilendirilmesinde (daha az esnekse daha yüksek) Ramsey bileşeninin itici güç olduğu söylenebilmektedir. Daha genel anlamda “Ramsey Vergi”, gelir-çevrim ve vergi-etkileşim etkilerinin toplamını veren ve endojen olarak belirlenen bir bileşendir. Vergi-etkileşim etkisinin gelir-çevrim etkisini geçmesi durumunda “Ramsey Vergi” bileşeni pozitif olmaktadır. Bu, vergilendirilen malın modeldeki ifadesiyle, benzinin boş zamana göre zayıf ikame olduğunu göstermektedir.

⁷ Detayları I. W. Parry ve Small (2005) çalışmasında görülebilmektedir.

⁸ Daha detaylı bilgi için Bkz. Deaton (1981)

I. W. Parry ve Small (2005) modelinde optimal benzin vergisinin diğer bileşeni ise, trafik sıkışıklığında meydana gelen azalma nedeniyle işgücü arzında meydana gelen pozitif geri besleme etkisidir. Trafik sıkışıklığında azalma trafikte geçen süreyi azaltacağından, boş zaman ve işgücü arzı sürelerinde bir artış imkanı sağlamaktadır. Bu değişim, işgücü vergilendirildiği için işgücü arzında meydana getirdiği artış miktarında refah sağlayıcı olacaktır. Bu çalışmada Birleşik Krallık ve ABD verileri kullanılarak elde edilen bulgular, Birleşik Krallık'ın optimum benzin vergisinin mevcut benzin vergisinin yarısından daha az, ABD'nin optimum benzin vergisinin mevcut benzin vergisinin iki katından daha fazla olduğunu göstermiştir.

Takip eden çalışmalar I. W. Parry ve Small (2005)'un modelini esas alarak geliştirmektedir. C.-Y. C. Lin ve Prince (2009) modele petrol bağımlılığı (dışsalılık) parametresini ilave ederek, optimum benzin vergisini Kaliforniya için hesaplamıştır. Yazarlara göre, Kaliforniya eyaleti çevre politikaları bakımından ABD'den farklılaşmamasına rağmen, dışsalılıklar açısından ulusal ortalamadan ayrılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada,, I. W. Parry ve Small (2005)'nin bulgusundan farklı olarak, optimum benzin vergisi mevcut verginin üç kat üstünde elde edilmiştir. C.-Y. C. Lin ve Zeng (2014)'de, aynı model parametrelerini Çin verileriyle yeniden düzenleyerek, optimum benzin vergisini mevcut seviyenin 2,65 katı olarak hesaplamıştır. Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014) ise Meksika gibi petrol üreticisi ve gelişmekte olan bir ülke örneğinde, optimum benzin vergisini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışma, endüstrileşmiş ülkelerle daha az gelişmiş ülkeler arasında yapısal farklılıkların etkilerine odaklanmıştır. Az gelişmiş ülkelerin kontrolsüz şehirleşme, eski araç stoku, yetersiz toplu taşıma sistemi ve benzin üzerinde sübvansiyon gibi yapısal farklılıkları optimum benzin vergisinin gelişmiş ülkelere göre ayrışmasında önemli etkenler olarak sıralanmıştır. Km mesafe ile ilintili hava kirliliğinin, trafik kazalarının ve sübvansiyonların ana farklılıkları oluşturduğu belirtilmiştir. Daha az gelişmiş ülkelere benzin üzerine vergi yerleşmesinin (tax incidence), gelişmiş ülkelere göre farklı olarak artan oranlı olabileceği tespit edilmiştir. Wood (2015), Kanada'nın Ontario ve Greater Toronto-Hamilton bölgesindeki optimum benzin vergisini mevcut vergi seviyesi ile kıyaslanmıştır. Optimizasyon işlemi girdi olarak yer alan seçilmiş bir takım verilerdeki belirsizliklerin ortadan kaldırılması için duyarlılık analizi kullanmıştır. Çalışma bulguları, bölgesel bazda farklılaştırılmış vergi

politikasını destekler niteliktedir. Ayrıca Wood (2015), benzin vergisinden elde edilen gelirin büyük bir toplu taşıma projesinin finansmanında veya gelir vergisinin indiriminde kullanılmasının etkinlik yönünden sonucu etkilemediğini ancak vergi yansıması bakımından fark yarattığını ortaya koymaktadır. Mekânsal olarak farklılaştırılmış benzin vergisi çalışmalarına katkı olarak, Hirte ve Tscharaktschiew (2015) tarafından heterojen özelliklere sahip metropollerde vergi farklılaştırmasının etkinliği araştırılmıştır. Mekânsal genel denge modelinin kullanıldığı çalışmada, prototip metropol için optimum benzin vergisi ulusal düzeyde gerçekleştirilen çalışmalara göre daha yüksek hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, mekânsal vergi farklılaştırılmasının refahı artırdığına işaret etmektedir.

I. W. Parry (2009) optimum benzin vergisi çalışmasında, daha önce geliştirdikleri modele araç verimliliği (teknolojik değişimi) gibi yeni parametreler ekleyerek ve petrol bağımlılığını yeni bir dışsallık olarak değerlendirerek, güncellemiştir. Aynı çalışmada yük taşıtları için optimum dizel vergisi de hesaplanmıştır. I. W. Parry (2009) akaryakıttan elde edilen vergilerin doğru kullanımı durumunda kuvvetli bir etkinliğe sahip olduğunu bulmuştur. Tscharaktschiew (2014) Almanya için optimum benzin vergisi çalışmasında (I. W. Parry ve Small, 2005)'in temsili birey modelini baz almakta ancak modeli bir takım revizyonlarla Almanya mali koşullarına uygun hale getirmektedir. Modelin en büyük katkısı, akaryakıt türleri (benzin ve dizel) ve verimlilikleri arasında ayrıştırılmış detaylı veri kullanması ve akaryakıt ikame etkilerini dikkate almasıdır. Araştırma sonucunda Almanya için optimum benzin vergisinin cari orandan %48 daha fazla olması gerektiği, optimum vergi oranının cari değerlerin altına düşmesi olasılığının hassasiyet analizi ile elde edilen değerlere göre mümkün olmadığı tespit edilmiştir. AB'nin çevre politikaları (araçların AB'nin CO₂ emisyonunu sınırlayan regülasyon) ve hedefleri dikkate alındığında cari vergilerin aşağı yönlü revize edilmesinin hiçbir rasyonelinin olmadığı savunulmaktadır.

Akaryakıt piyasasında dizel (motorin) ve benzin olmak üzere büyük oranda ikili tüketim sepeti hâkimdir. Birçok ülkede benzin dizele göre çok daha yüksek oranda vergilendirilmektedir. İki tür arasındaki vergi farklılaştırılmasının etkinliği tartışmasına önemli bir katkı bağlamında De Borger ve Mayeres (2007)'in çalışması dikkat çekicidir.

De Borger ve Mayeres (2007) tarafından araç sahipliği, araç ve toplu taşıma kullanımı üzerine gerçekleştirilen çalışmada, dizel tüketiminin daha yüksek marjinal dışsal maliyetinin olmasından dolayı km başına dizel araç kullanımının optimal vergisinin benzininkinden daha yüksek olması gerektiği tespit edilmektedir. Hatta trafiğin zirve yaptığı saatlerde dizel araç üzerindeki verginin mevcut seviyesinden iki kat daha fazla olması gerektiği savunulmaktadır. Ayrıca devletin akaryakıt vergilerinde farklılaşma yerine km'ye bağlı vergilerde farklılaştırmaya gitmesi durumunda dizelli araçların benzinlilere göre iki kat daha yüksek motorlu taşıt vergisi ödemesi gerektiği ifade edilmektedir. Ancak yine de dünyadaki mevcut uygulamaların, teorik hesaplamaların önerdiği politikanın tersi yönde geliştiğine şahit olunmaktadır. Yazarlar bunun başlıca nedenini, ticari ve özel taşıt kullanımı olmak üzere ulaştırmanın iki farklı talebe hitap etmesiyle ilişkilendirmektedirler. Dizel, iş makineleri, otobüs, kamyon, çekici gibi ağır yük taşıyan araçlar ve daha genel bir sınıflandırmayla ticari amaçlarla kullanılan taşıtlar için temel yakıtken, benzin çoğunlukla özel (hususî) taşıt kullanımında tercih edilmektedir. Bu nedenle dizel için optimum verginin belirlenmesi benzine göre çok daha karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir. Tscharaktschiew (2014), dizel vergisinin neden daha karmaşık bir analiz gerektirdiğini başlıca şu şekilde özetlemektedir:

- i. Kamyonların (yük taşımacılığı) dışsallıkları benzin ve dizel kullanan otomobillerin (yolcu taşımacılığı) ürettiklerinden farklıdır,
- ii. Dizelin vergilendirilmesi, ara girdilerin yani ticarin vergilendirilmesi demek olduğundan, üretim verimliliğini etkilemektedir,
- iii. Dizel fiyatlarında meydana gelen fiyat değişikliğine tepkilerin özel kullanım ve ticari kullanım için farklı olması beklenmektedir.

Dolayısıyla dizel için optimum vergi düzeyinin belirlenmesi, tüm etkilerin dikkate alındığı, daha ayrıştırılmış, detaylı verilerin kullanımını zorunlu kılan karmaşık bir analiz gerektirmektedir. Bu yüzden literatürün benzin vergisi üzerine odaklandığı görülmektedir.

1.5. AKARYAKIT VERGİLERİNİN YANSIMASINA YÖNELİK TARTIŞMALAR

Optimal vergi çalışmaları, etkinlik odaklı olmaları nedeniyle gelir dağılımı üzerindeki etkileri çoğunlukla ihmal etmektedir. Ancak, akaryakıt vergilerinin gelir dağılımı üzerindeki etkilerinin incelendiği çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu çalışmalar, “yüksek akaryakıt vergilerinden en çok fakirler mi yoksa zenginler mi zarar görmektedir?” sorusuyla özetlenebilecek olan, verginin azalan oranlı (regressive) mı yoksa artan oranlı (progressive) mı olduğu olgusuna odaklanmaktadır. Belirli bir vergi yansımaları bakımından değerlendirildiğinde, genellikle zenginler tarafından kullanılan mallar üzerinde vergilendirme artan oranlı (progressive), genellikle fakirlerin kullandığı mallar üzerindeki vergilendirme ise azalan oranlı (regressive) olarak tanımlanmaktadır.

Literatürde benzin vergisinin gelir dağılım etkileri üzerine yapılan çalışmaların sonuçlarının seçilen yöntemle ilgili olarak değişim gösterdiği tespit edilmektedir. Benzin vergisinin azalan oranlı olduğunu iddia eden ve yüksek akaryakıt vergisine muhalif görülen araştırmalar (Poterba, 1991) genellikle, yıllık tüketici gelir ve harcama anketlerini kullanarak orta ve yüksek gelirli hanehalkının geliri içindeki akaryakıt (benzin) harcamalarının payının, az gelirli hanehalkına göre daha düşük olduğunu savunmaktadır. Ancak Poterba (1991), tüketici harcama anketlerindeki çok harcama yapan ve az harcama yapan hanehalkı ayrımının dikkate alınması ve gelir yerine harcama dokusunun esas alınması durumunda, benzinin çok daha az azalan oranlı (regressive) olduğunu ileri sürmektedir.

Sterner (2012), akaryakıt vergilerinin gelir dağılımı etkilerinin ülkeden ülkeye değişim gösteren sosyal koşullarının altında farklılaşabileceğine dikkat çekmektedir. Toplu taşımanın yaygın olmadığı ve araba sahibi olmanın az gelirli hanehalkı için bile zorunluluk olarak addedildiği ABD ile otomobil sahipliğinin halen bir lüks mal olduğu gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde, akaryakıt vergisinin gelir dağılım etkilerinin farklı olması beklenmektedir. Bu çerçevede Sterner (2012), ülke ve yöntem seçiminin sonuçlar üzerinde etkili olduğunu, Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İsveç için akaryakıt vergisinin azalan oranda olduğunu bulmuştur. Ancak ömürboyu gelir ölçümü

dikkate alındığında, azalan oranda dağılım etkisinin zayıfladığı ve genel olarak benzin üzerindeki verginin nötr olduğu sonucuna varmaktadır.

Benzin üzerindeki verginin gelir dağılım etkisi üzerine gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmı ise, elde edilen vergi geliri kullanımının etkilerine dikkat çekmektedir. Antonio M. Bento vd. (2009), benzin üzerinde ilave vergi artışından elde edilen gelirin sabit miktarlı olarak hanehalkına transfer edilmesinin düşük (yüksek) gelir sahibi hanehalkının refah kazancına (kaybına) neden olduğunu savunmaktadır. Bu durumda düşük gelir grubu, benzin için harcadıkları gıderden daha fazlasını gelirden elde ettikleri paydan almaktadır. Dolayısıyla benzin vergisinin azalan orandaki etkisi, sabit miktarlı ödeme ile elde edilen refah artışı ile bastırılmakta ve artan oranlı (progressive) kılınmaktadır. Ancak elde edilen vergi gelirinin hanehalkına gelirleri oranında transfer edildiğinde, benzin vergisi azalan oran olarak bulunmaktadır. Benzer şekilde West ve Williams Iii (2004), gelir çevriminin olmadığı durumda benzin vergisinin azalan oranda olduğunu, ancak benzinden elde edilen ilave vergi gelirinin işgücü üzerinde verginin azaltılmasında kullanılması durumunda ise daha az azalan oranda olduğunu savunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan modelde optimal verginin gelir dağılımı üzerindeki etkileri ihmal edilmekle birlikte, muhtemel etkiler Sonuç ve Öneriler kısmında tartışılacaktır.

BÖLÜM 2 : MODEL

Bu çalışmada Tscharaktschiew (2014) tarafından geliştirilen model benimsenmektedir. Modelin temel unsurları I. W. Parry (2009)'ın tarafından ortaya konulmaktadır. I. W. Parry (2009) tarafından geliştirilen ikinci en iyi optimal vergi modeli, verginin bileşenlerini oluşturan dışsallık maliyetlerini (hava kirliliği, iklim değişikliği, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları vb.) ve devletin harcamalarını finanse etmek için kullandığı gelir ve tüketim vergilerinin dengesini (Ramsey vergisi) inceleme imkanı sunmaktadır. Ayrıca tüketicilerin artan fiyatlar karşısında daha verimli araçlar tercih etmesi şeklinde görülen yakıt ekonomisi değişkenini de içsel kabul ederek önemli ölçüde diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Modelin bu avantaj ve üstün yönleri veriyken, bu tezde bu modelleme yaklaşımının Türkiye ekonomisi koşullarına uygun olacak şekilde genişletilmesi ve yeniden tanımlanması planlanmaktadır. Çalışmada bir önceki bölümde ifade edilen nedenlerle yalnızca özel ulaşım talebine hitap eden binek otomobil yakıtları dikkate alınmaktadır.

2.1. MODELİN GENEL ÇERÇEVESİ

İlk adım olarak kapalı, statik bir ekonomide temsili bireyin (hanehalkı) fayda fonksiyonu tanımlanmak gerekmektedir. Temsili hanehalkının fayda fonksiyonu (9) numaralı denklemde karakterize edilmektedir.

$$U = u(m_g, v_g, m_d, v_d, m_{lpg}, v_{lpg}, X, l, T, E) \quad (9)$$

Tüm değişkenler kişi başına değerler olup, büyük harfle sembolize edilen gösterim ekonominin geneliyle ilgisi olan dışsal değişkenleri (exogenous) işaret etmektedir. Fayda fonksiyonu $u(.)$ içbükey ve m_i, v_i, X, l değişkenlerinin artan fonksiyonudur. Alt imge olarak ifade edilen i , yakıt türlerini gösteren değişkendir ve g (benzin), d (dizel), lpg (otogaz) olarak sınıflandırılmıştır⁹. Zaman sabit olduğundan trafikte geçen süre (ulaşım

⁹ Fayda fonksiyonunda yer alan temel değişkenler ve tanımları:

Değişken	Tanımı
m_i	i tür yakıt kullanan araç tarafından kat edilen km yol değişkeni

süresi) artışı, çalışma ve boş zaman için gerekli olan süreyi azaltmaktadır. Bu nedenle fayda, trafikte geçen süre (T) ve trafik sıkışıklığı dışında oluşan dışsallıkların (E) azalan fonksiyonudur. Tscharaktschiew (2014)'in yaklaşımı trafik sıkışıklığı dışsallığını içsel bir değişken olarak ele almakta ve E'nin dışında ayrıca modele dahil etmektedir¹⁰.

$$T = t(M).M \quad (10)$$

Benzin, dizel ve otogaz kullanan araçlar için toplam ulaşım süresi Denklem 10'da verilmektedir. Denklemde $t(M)$ toplam kat edilen araç-km'ye bağlı olarak km başına ulaşım süresini (ortalama) vermektedir ($t' > 0$ ise kat edilen km'de artış yüzünden oluşan gecikme zamanı ima edilmektedir). Burada, "M" temsili hanehalkının toplam seyahat mesafesi (araç-km) Denklem 11'deki gibidir.

$$M = M_G + M_D + M_{LPG} = m_g v_g + m_d v_d + m_{lpg} v_{lpg} \quad (11)$$

Dışsallık indeksi $E \equiv \{E_G(\bar{G}), E_D(\bar{D}), E_{LPG}(\bar{LPG}), E_M(\bar{M})\}$ ise yakıt tüketiminden kaynaklanan ($E_G(\bar{G}), E_D(\bar{D}), E_{LPG}(\bar{LPG}), E_M(\bar{M})$) ve araç-km'den kaynaklanan ($E_M(\bar{M})$) trafik dışsallıklarını içermektedir. Dolayısıyla E değişkeni G, D ve LPG'nin artan fonksiyonu olup E'nin kısmi türevleri akaryakıt ve araç türlerinin marjinal dışsal maliyetlerini vermektedir.

Hanehalkının ulaşım ve genel tüketim harcamalarını net gelire eşitleyen parasal bütçe denklemi Denklem 12'de verilmektedir.

$$[P_G g m_g + c(g)]v_g + [P_D \tilde{d} m_d + c(\tilde{d})]v_d + [P_{LPG} \tilde{p} m_{lpg} + c(\tilde{p})]v_{lpg} + P_X X = (1 - \tau_L)wL \quad (12)$$

v_i	i tür yakıt kullanan araç stoku
X	Genel tüketim malları
l	Boş zaman
T	Araçta geçen toplam seyahat süresi
E	Trafik sıkışıklığından kaynaklanmayan dışsallıklar

¹⁰ Ayrıca modelde E'nin tüketim ve işgücü arzı üzerinde geri besleme etkisi de ihmal edilmektedir. Bu çerçevede vergi uygulaması ile azalan hava kirliliği nedeniyle oluşan sağlık etkilerinin işgücü arzı üzerinde etkileri belirsiz görülmektedir (Williams, 2002).

Denklemde $P_G = (1 + \tau_F)(p_G + \tau_G)$, $P_D = (1 + \tau_F)(p_D + \tau_D)$ ve $P_{LPG} = (1 + \tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})$ sırasıyla birim litre akaryakıt türleri için benzin (G), dizel (D) ve otogaz (LPG) tüketici fiyatlarını ve P_x genel tüketim malları fiyatlarını vermektedir. Tüketici fiyatlarını, üretici arz fiyatları p_i (vergisiz fiyat), cari akaryakıt vergisi τ_i ve tüketim üzerinde katma değer vergisi τ_z , akaryakıt üzerinde katma değer tüketim vergisi τ_F değişkenleri belirlemektedir. Kilometre başına litre (l/km) şeklinde ifade edilen akaryakıt yoğunluğu benzin, dizel ve otogaz kullanan araçlar için sırasıyla g , $\tilde{d}$ ve $\tilde{p}$ ile gösterilmektedir. Buna bağlı olarak akaryakıt yoğunluğunun tersi akaryakıt verimliliğini (litre başına kat edilen km-l/km) ifade etmektedir. Yakıt litresi başına hanehalkının daha uzun mesafe kat etmesi (yakıt ekonomisi), daha verimli taşıt kullanımı anlamına gelmektedir. Akaryakıt türlerine göre yakıt yoğunluklarının içsel değişkenler olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla, akaryakıt fiyat değişikliklerinden etkilenen sürücünün sürüş alışkanlıklarını değiştireceği (araç km) ya da az veya çok verimli araç tercih edeceği beklendiğinden, yakıt yoğunluğu içsel olarak modele dahil edilmektedir.

Tscharaktschiew (2014)'in vurguladığı gibi akaryakıt fiyat değişikliğinin tüketiciyi daha verimli araç tercihinine zorladığı kabulü, uzun dönemli dengenin gözetildiği modelde otomobil piyasa paylarının da değişeceği anlamına gelmektedir. Busse, Knittel, ve Zettelmeyer (2009) ABD'de yeni ve ikinci el araba piyasasında alıcıların benzin fiyatlarına nasıl tepki verdiklerini ortaya koyduğu çalışmada, yeni ve ikinci el otomobil arzının kısa dönemde farklı oluştuğunu vurgulamaktadır. Yeni araç piyasasında üreticiler, hangi araç modelinden ne kadar üreteceğine karar verme imkanına sahip olduklarından ve böylece talebin durumuna göre piyasa fiyat veya miktarı belirleyebildiklerinden piyasa gücüne sahip olmaktadır. İkinci el piyasasında ise otomobil stoku daha önce yapılan yeni araç satışlarının birer toplamı olduğundan, benzin fiyatlarındaki artış ikinci el arzını çok az etkilenmektedir. Busse vd. (2009) yeni ve ikinci el otomobil piyasasında benzin fiyatları karşısında piyasa denge noktasında bir değişim olup olmadığını da araştırmışlardır. Sonuç olarak benzin fiyat artışı karşısında ikinci el piyasasında oluşan denge fiyat tepkisinin (yakıt verimli ve verimsiz araç fiyatları arasındaki fark) yeni araçlarda göre çok daha büyük olduğu çalışmada gösterilmektedir. Çalışmada ortaya çıkan bir diğer bulgu ise benzin fiyatlarındaki artışın ikinci el piyasasında fiyatlar

üzerinde çok büyük etkilerinin olduğu birinci el piyasasında ise satışlar üzerinde etkili olduğudur. Kısaca, artan benzin fiyatlarının ikinci el ve yeni otomobil piyasa yapısında farklı etkiler oluşturmaları bakımından meydana getirdiği dara kaybı (deadweight loss), bu model içinde dikkate alınmamaktadır.

Akaryakıt türlerine göre diğer maliyetler ($c(g)$, $c(\tilde{d})$ ve $c(\tilde{p})$) akaryakıt yoğunluğuna ya da diğer ifadeyle akaryakıt verimliliğine göre değişim göstermektedir. Genel tüketim malları sepeti için oluşan tüketici fiyatı $P_X = (1 + \tau_z)p_X$ denklemi ile ifade edilmektedir. Denklemden p_X sabit üretici fiyatını temsil etmektedir. Hanehalkının parasal net (işgücü) geliri $(1 - \tau_L)wL$ olarak gösterilmekte, akaryakıt vergi gelirlerinin tesirinde değişim gösteren τ_L ücretler üzerinde vergi oranını, w saatlik brüt ücreti ve L ise işgücü arzını (yıllık saat) temsil etmektedir.

Tüketim vergisi ve işgücü üzerinden alınan vergilerin ayrı şekilde modele dahil edilmesi, ortaya çıkan sonuçların yorumlanmasına daha geniş imkanlar sağlamaktadır. Benzin veya otogaz üzerine konulan vergilerin her üç akaryakıt türün talebini birbirleri arasında ikameye zorlaması nedeniyle genel tüketim vergisine tabi mal piyasasında oluşan dara kaybının hafifletilmesi veya şiddetlendirilmesi durumları modelde gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, değişken oranlarda tüketim vergisi uygulandığından, akaryakıt dışında kalan mallar için farklı ve akaryakıt için belirli bir tüketim vergisi (KDV) olacak şekilde ayırıştırma yapılmaktadır. Hanehalkı, parasal bütçe kısıtı dışında bir de zaman kısıtı altında karar almaktadır:

$$L + l + t(M)M = \bar{L} \quad (13)$$

Denklem 13'te gösterilen toplam zaman $\bar{L}$, işgücü, boş zaman ve ulaşım arasında bölünmektedir.

Devletin bütçe kısıtı Denklem 14'de verilmektedir. Bütçe kısıtı, kamu harcamalarının (GOV) bütçe gelir kaynağı olan vergilerle dengelenmesinden oluşmaktadır. Kamu harcamaları modelde dışsal olarak ele alınmaktadır. Dolayısıyla akaryakıt vergi gelirinde artışın, ücretler üzerindeki vergi yükünün (vergi oranlarının) azaltılmasında kullanıldığı

kabul edilmektedir. Eğer daha yüksek vergiler nedeniyle artan akaryakıt vergi geliri karayolu yatırımları gibi ilave kamu harcamalarının finansmanında kullanılacak olursa, bu modelden elde edilen optimal vergi oranının da değişeceği açıkça görülmektedir. Burada, I. W. Parry ve Small (2005)'nin de ifade ettiği üzere, ilave kamu harcamalarının sosyal değerinin (getirisi) ilave vergi gelirinin ücretler üzerindeki verginin indirilmesinden elde edilecek sosyal değerden daha yüksek olması durumunda, optimal vergi değerinin modelden elde edilenden daha yüksek olması; aksi halde daha düşük olması beklenir.

Modelde altı çizilmesi gereken bir diğer husus ise, sermaye üzerinden alınan verginin ihmal edilmesidir. A. Bovenberg ve Goulder (1995), elde edilen çevre vergisi gelirleri (akaryakıt vergisi) sermaye üzerindeki vergi yükünü düşürmek için kullanıldığında oluşacak durumu şu şekilde senaryolaştırmaktadır: Arttırılan çevre vergisi sermaye üzerinde doğrudan bir yük oluşturmazken, bunun sonucunda düşürülen sermaye vergisi sermaye talebini canlandırmakla birlikte, işgücü talebini de etkileyecektir. Dolayısıyla çevre vergisi, etkin üretim faktörü (sermaye) üzerindeki yükü etkin olmayan (işgücü) faktöre doğru kaydıracaktır (Verginin Yansıması¹¹). Aşırı vergilendirilmiş faktörden az vergilendirilmiş faktöre doğru vergi yükünün dağıtılması çifte getiriye sağladığından, mevcut durumda var olmayan (sıfır vergi) çevre vergisinin uygulanmaya başlanması vergi sistemini teorik olarak daha etkin hale getirmesi beklenmektedir. Öte yandan A. Bovenberg ve Goulder (1995) çalışmasında benzin üzerindeki vergi yükünün, benzinin bir tüketim malı olması nedeniyle esas itibarıyla işgücüne yansıdığını, sermaye piyasasındaki etkileşimlerinin benzin vergisinin refah maliyetlerini önemli ölçüde değiştirmedığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada sermaye üzerindeki vergiler ihmal edilmektedir. Ayrıca modelde gelir vergi indirimleri ve muafiyetleri nedeniyle oluşan dara kaybı (deadweight loss) da ihmal edilmektedir.

Modelde işgücü üzerindeki vergi τ_L dengeleyici olarak işlev görmektedir. Ancak akaryakıt üzerine konulan verginin (benzin/otogaz) τ_L 'yi nasıl değiştireceğinin ilk bakışta öngörülmesi mümkün değildir. Öncelikle vergideki değişimin benzin/otogaz talebindeki

¹¹ Vergi yükünün etkin ve etkin olmayan faktörler arasında yer değişimine Vergi Yansıması (Tax Shifting) denilmektedir.

azalmayı telafi edip edemeyeceği, dizel talebindeki değişimin şiddeti ve diğer vergilerle etkileşimi belirli olmadığından, bu etki kanallarının büyüklük ve tesir yönlerinin bilinmesi gerekmektedir.

$$\tau_G G + \tau_D D + \tau_{LPG} LPG + \tau_F [(p_G + \tau_G)G + (p_D + \tau_D)D + (p_{LPG} + \tau_{LPG})LPG] + \tau_Z p_X X + \tau_L wL = GOV \quad (14)$$

Benzin, dizel ve otogaz tüketimleri aşağıdaki şekilde oluşmaktadır:

$$G = gM_G \quad (15)$$

$$D = \tilde{d}M_D \quad (16)$$

$$LPG = \tilde{p}M_{LPG} \quad (17)$$

Üretim tarafında, modelde ölçeğe göre sabit getirinin ve yalnızca emeğin girdi olduğu tam rekabet piyasası varsayımı altında, ekonomik karın olmadığı ve üretim fiyatlarının sabit kaldığı kabul edilmektedir. Ayrıca, firmalar tarafından ödenen brüt ücret w , emeğin marjinal verimlilik sabitine eşittir. Üretimde kullanılan benzin ve otogaz ise ihmal edilmektedir. Benzin ve otogaz tüketiminin büyük ölçüde binek araçlarda kullanıldığı ve ticari kullanımının sınırlı olduğu varsayılmaktadır.

2.2. OPTİMİZASYON PROBLEMİ

Hanehalkı (9) numaralı denklemde verilen fayda fonksiyonunu, seçim değişkenleri olan $m_g, v_g, m_d, v_d, m_{lpg}, v_{lpg}, X$ ve l 'yi kullanarak (13) ve (14) numaralı denklemlerde verilen bütçe ve zaman kısıtı altında optimize etmektedir. Hanehalkının optimizasyon probleminde ortalama seyahat süresi, dışsallıklar ve devletin politik araçları (vergiler) karar verici temsili hanehalkı için veri kabul edilmektedir. Hanehalkının optimizasyon probleminin çözümü EK 1'de gösterilmektedir.

Kamunun optimizasyon probleminde ise hanehalkının dolaylı fayda fonksiyonu (hane halkına eksojen olan bir parametre kümesi $\Omega \equiv \{\tau_G, \tau_D, \tau_{LPG}, \tau_F, \tau_Z, \tau_L\}$ tarafından tanımlanmış) maksimize edilmektedir.

$$\begin{aligned}
V(\Omega) = & \max_{m_g, v_g, m_d, v_d, m_{lp_g}, v_{lp_g}, X, l} u(m_g, v_g, m_d, v_d, m_{lp_g}, v_{lp_g}, X, l, T, E) - \\
& \lambda([P_G g m_g + c(g)]v_g + [P_D \tilde{d} m_d + c(\tilde{d})]v_d + [P_{LP_G} \tilde{p} m_{lp_g} + c(\tilde{p})]v_{lp_g} + \\
& P_X X - (1 - \tau_L)w(\mathcal{L} - l - tM))
\end{aligned} \tag{18}$$

Vergi değişimi ile birlikte vergi gelirinde, km başına seyahat süresinde ve diğer dışsal maliyetlerde oluşan değişim modelde dikkate alınmaktadır. Optimizasyon probleminde optimize edilmeye çalışılan vergi özel tüketim vergisidir. Bu nedenle çalışmada benzin, dizel ve otogaz vergisi olarak ifade edilen ve optimize edilen vergi akaryakıt üzerinden alınan özel tüketim vergisidir. Daha önce değinildiği üzere, Türkiye’de akaryakıt türleri arasında fiyat farklılıklarının en büyük nedeni, farklı uygulanan özel tüketim vergileridir. Dizel üzerinde uygulanan vergi, benzine göre oldukça düşüktür. Farklılaştırılmış vergi uygulaması oldukça tartışmalıdır. Literatüre bakıldığında¹² çevresel etkileri bakımından dizel akaryakıt, benzine göre daha yüksek dışsal maliyetlere sahip olduğundan, daha yüksek özel tüketim vergisine tabi olması beklenir. Ancak Türkiye başta olmak üzere çeşitli ülkelerde yaygın olarak tersinin gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, dizelin (motorin) ticari kullanımda tercih edilmesidir. Aynı zamanda dizel mal piyasasında ara ürün olarak da kullanılmaktadır. Dolayısıyla dizelin vergilendirilmesi, nihai ürünün maliyetleri üzerinde yaratacağı etki nedeniyle tercih edilmemektedir. Bununla birlikte, özel ve ticari ulaşım talebindeki dizel tüketim davranışları farklılaştığından daha kapsamlı bir analiz gerektirmektedir. Dizel tüketimde ticari ve özel kullanımının ayrıştırılması veri kısıtı nedeniyle bu aşamada mümkün olmadığından, bu çalışmada özel tüketimde önemli yer tutan otogaz ve benzin vergisinin optimal değerleri hesaplanmaya çalışılacaktır. Bu kısıt nedeniyle literatürdeki optimal akaryakıt vergileri üzerine yapılan çalışmalar da, dizel üzerindeki vergiyi sabit kabul ederek, genellikle

¹² Harding (2014)’e göre, dizel benzine göre litre başına daha fazla karbon dioksit ve zararlı hava kirleneni emisyonuna sahiptir. Bu durumda çevresel açıdan vergi seviyelerinin, bir litre dizelin bir litre benzinden daha yüksek çevre maliyetine sahip olmasına uyumlu olması beklenmelidir. Öte yandan bir takım sosyal maliyetler, kullanılan akaryakıt miktarından ziyade kat edilen mesafe ile doğrudan ilgilidir. Bununla birlikte, özellikle son dönemde dizel araçlar daha yakıt verimli, ya da diğer bir ifadeyle, bir litre yakıt ile daha fazla kilometre yapma imkanına sahip olduğundan, dizelin litre yakıt başına sosyal maliyeti benzine göre çok daha yüksek olması beklenmektedir. Dolayısıyla sosyal etkileri de dikkate alan vergi seviyesinin benzine nazaran dizel araçlar için daha yüksek olması beklentisi desteklenmektedir.

benzin vergisi üzerine yoğunlaşmıştır (C.-Y. C. Lin ve Prince, 2009; C.-Y. C. Lin ve Zeng, 2014; I. W. Parry ve Small, 2005; Tscharaktschiew, 2014).

Bu tez çalışmasının en önemli katkılarından birisi optimizasyon problemine otogaz kalemini ilave etmesi olmaktadır. Literatürde yer alan çalışmaların konu edinildiği ülke örneklerindeki ikili akaryakıt tüketim piyasa yapısının aksine, Türkiye akaryakıt piyasasında otogaz kullanımının üçüncü bir tür olarak önemli bir pay sahibi olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla otogaz üzerindeki özel tüketim vergisinin optimal benzin vergisi hesaplarında dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında hem dizel hem de otogaz üzerindeki vergiler sabitken kamunun yalnızca benzin vergisini optimize etmesi senaryosu ve sadece dizel üzerindeki vergiler sabitken kamunun benzin ve otogaz vergilerini eşanlı olarak optimize etmesi senaryosu altında çözümleme yapılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, eşanlı optimizasyon probleminin çözümünde öncelikle, diğer akaryakıt türlerinin (dizel ve otogaz) üzerindeki vergi oranları veri iken, benzin vergisinin optimal değeri hesaplanmaktadır. Elde edilen optimal benzin vergisi değeri, girdi olarak bu kez otogaz vergisinin optimal değerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Devam eden adımlarda elde edilen optimal otogaz vergisi ile tekrar yeni bir optimal benzin vergisi hesaplanmakta ve bu tekrarlayan (iterative) yaklaşım hem benzin hem dizel fiyatlarının optimal denge noktasına yakınsamasına kadar sürdürülmektedir. Kamunun akaryakıt üzerindeki vergileri eş zamanlı belirlediği bilinmekle birlikte, ilan edilen vergilerin optimal değerlerinin maliye tarafından böylesi bir yaklaşımla aynı anda açıklandığı varsayılmaktadır.

2.3. BENZİN VERGİSİ İÇİN MARJİNAL REFAH DENKLEMİ

Diğer akaryakıt türleri üzerindeki vergiler veri iken (dolayısıyla fiyatlar sabitken), kamunun politika aracının benzin vergisi olduğu durumda, artan veya azalan vergiler ile diğer akaryakıt fiyatlarında bir değişim olmayacak, ancak benzin fiyatları optimal noktaya doğru değişecektir. Dolayısıyla benzin fiyatları değişimi karşısında, benzinli araç sahibi hanehalkının daha verimli dizel veya otogazlı araç kullanmasının teşvik edilmesi söz konusu değildir. Kısaca, hanehalkının $\tilde{d}$ ve $\tilde{p}$ seçiminde benzin yoğunluğunu (g değişkenini) dikkate alması öngörülmemektedir.

Kamu harcamaları (GOV) sabit tutularak, dolaylı fayda fonksiyonunun benzin vergisi (τ_G)' ne göre alınan türevi, benzin vergisinde marjinal değişimin fayda üzerinde oluşturduğu etkiyi (değişimi) vermektedir:

$$\frac{dV}{d\tau_G} = \frac{\partial V}{\partial \tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_D} \frac{d\tau_D}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_{LPG}} \frac{d\tau_{LPG}}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_Z} \frac{d\tau_Z}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_G} \quad (19)$$

bu denklemde;

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_G} = & \frac{\partial V}{\partial E_G(\bar{G})} \frac{\partial E_G(\bar{G})}{\partial G} \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E_D(\bar{D})} \frac{\partial E_D(\bar{D})}{\partial D} \frac{dD}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})} \frac{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})}{\partial LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \\ & \frac{\partial V}{\partial E_M(\bar{M})} \frac{\partial E_M(\bar{M})}{\partial M} \frac{dM}{d\tau_G} \end{aligned} \quad (20)$$

Fayda üzerinde, toplam dışsallıkların değişim etkisinde, yakıt tüketiminde ($\frac{dG}{d\tau_G}$, $\frac{dD}{d\tau_G}$ ve $\frac{dLPG}{d\tau_G}$) ve araç-km'deki $\frac{dM}{d\tau_G}$ değişimler ve bu değişimlerin akaryakıt vergisinde oluşturduğu marjinal değişimler dikkate alınmaktadır.

(19) numaralı denklemde dışsallık terimlerinin ($V_{E_G} E_G'$, $V_{E_D} E_D'$, $V_{E_{LPG}} E_{LPG}'$ ve $V_{E_M} E_M'$) yeniden adlandırılması ve bir dizi düzenlenmeler sonrası, benzin vergisinin marjinal refah etkisi Denklem 21 elde edilmektedir (EK 2).

Denklemde benzin tüketiminden kaynaklanan marjinal dışsal maliyetler e_G , dizel tüketiminden kaynaklanan e_D , otopaz tüketiminden kaynaklanan e_{LPG} ve araç-km'den kaynaklanan dışsallık e_M ile sembolize edilmektedir. Araç-km değerine bağlı olarak oluşan dışsallıklar trafik sıkışıklığı ile ilintili (θ zaman değerini içeren) e_M^c ve trafik sıkışıklığı ile ilintili olmayan e_M^{nc} olarak ikiye ayrılmaktadır.

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} \\
&= \underbrace{e_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + e_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + e_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\}}_{\text{Akaryakıtla ilgili dışsallıklar}} + \underbrace{(e_M^{nc} + e_M) \left\{ -\frac{dM}{d\tau_G} \right\}}_{\text{Kilometre ile ilgili dışsallıklar}} \\
&\quad - \underbrace{\left[\tau_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + \tau_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} \right]}_{\text{Akaryakıt vergi geliri}} \\
&\quad - \underbrace{\tau_F \left[\begin{aligned} & (p_G + \tau_G) \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + (p_D + \tau_D) \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \\ & (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} \end{aligned} \right]}_{\text{Tüketim vergi geliri}} + \tau_Z p_X \left\{ -\frac{dX}{d\tau_G} \right\} \\
&\quad + \underbrace{\tau_L \frac{dW}{d\tau_G}}_{\text{Emek vergisi geliri}}
\end{aligned} \tag{21}$$

$$e_G = -\frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \tag{22}$$

$$e_D = \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \tag{23}$$

$$e_{LPG} = -\frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \tag{24}$$

$$e_M^{nc} = -\frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \tag{25}$$

$$e_M^c = \theta t' M \tag{26}$$

21 numaralı denklemde ifade edildiği üzere benzin üzerine konulan vergi hanehalkı refahına beş farklı kanal üzerinden tesir etmektedir: Benzin vergisinin refah üzerinde etkisi öncelikle akaryakıt tüketiminden kaynaklanan dışsal maliyetler yoluyla olmaktadır. Doğal olarak $\frac{dG}{d\tau_G} < 0$ olarak gerçekleşmesi beklendiğinden, benzin üzerine konulan daha yüksek verginin benzin tüketimiyle ilintili dışsal maliyetleri düşürdüğü ve bu ölçüde refahı artırdığı görülmektedir. Öte yandan, yüksek benzin fiyatlarının diğer yakıt türlerinin tüketimini teşvik ettiği ölçüde refah üzerinde tersine bir etkisinin de olacağı görülmektedir. Dizel ve otogaz tüketiminin benzin fiyatlarına göre çapraz fiyat

esnekliklerinin pozitif olduğu ($\frac{dD}{d\tau_G} > 0$ ve $\frac{dLPG}{d\tau_G} > 0$) dikkate alındığında, vergi artışının diğer akaryakıt türlerinde tüketimi teşvik etmesi nedeniyle alternatif akaryakıt tüketiminden kaynaklı marjinal dışsal maliyetlerinin, refahı olumsuz yönde etkileyeceği görülmektedir. Benzer şekilde refahın, artan benzin vergisinin kat edilen mesafeden (araç-km) kaynaklı dışsal maliyetleri değiştirmesi yoluyla da etkilendiği ortaya konulmaktadır. Benzin üzerinde verginin artırılması (daha yüksek τ_G) benzinle çalışan arabaların km'lerinden kaynaklanan dışsallıkları azaltırken (daha az benzinli araç kullanımı), alternatif yakıt (dizel, otogaz) tüketen araçlara geçişi özendirmesi dolayısıyla, alternatif yakıtlı araçların km ile ilgili dışsallıklarında artış meydana gelmektedir ($M = M_G + M_D + M_{LPG}$). Buna ilaveten, vergi oranında değişimin toplam akaryakıt vergi gelirlerinde oluşturduğu doğrudan etki de tüketici refahını etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, τ_G 'de yaşanan artış nedeniyle akaryakıt vergi gelirlerinde meydana gelen azalış/artış ölçüsünde, hanehalkı refah kaybı/kazancı yaşamaktadır. Ayrıca hanehalkının refahı akaryakıt vergisinin tüketim vergi tabanında oluşturduğu etki yönüyle de değişmektedir.

Son olarak benzin vergisinin marjinal refah üzerinde Denklem 21'de verilen ($\tau_L \frac{dW}{d\tau_G}$) gelir etkisi bileşeniyle tesir ettiği görülmektedir¹³. Bu etki, vergisiz istihdam gelirinde (brüt ücret: $W=w.L$) benzin vergisi nedeniyle oluşan değişimin, işgücü üzerinden alınan vergi (ücret/gelir vergisi) ile çarpımından elde edilmektedir. Gelir etkisi, öncelikle benzin ve boş zaman arasında gerçekleşen ikame ve tamamlayıcı olma durumlarına bağlı olarak boş zamana göre artan benzin fiyatının işgücü arzı etkisini içermektedir. Dolayısıyla marjinal refah üzerinde vergi sistemiyle meydana gelen etkileşim dikkate alınmaktadır. Marjinal refah üzerinde etkili olan gelir etkisinin ikinci bileşeni ise gelir çevrim etkisidir. Gelir çevrim etkisi benzinden elde edilen verginin işgücü üzerinde vergi yükünün azaltılması için kullanılması durumunda işgücü arzında artış meydana getirilmesi olarak ifade edilmektedir. Elde edilen gelirin işgücü vergi üzerindeki vergi yükünün azaltılması amacı doğrultusunda kullanılmaması durumunda bu etkinin oluşması mümkün

¹³ Gelir etkisinin üç kanal üzerinden gerçekleşeceği görülmektedir: $\frac{dW}{d\tau_G} = \frac{\partial W}{\partial \tau_G} + \frac{\partial W}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial W}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} = w \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right)$ Detaylar EK 4'de verilmektedir.

olamayacaktır. Üçüncü ve en son etki ise işe geliş ve gidişler için trafikte geçen sürenin akaryakıt üzerinden alınan vergiler yoluyla oluşturduğu değişimi göstermektedir.

2.4. OTOGAZ VERGİSİ İÇİN MARJİNAL REFAH DENKLEMİ

Optimal benzin vergisinde uygulanan yöntem ve varsayımlar (hükümet harcamalarının ve mevcut vergilerin sabit tutulması) izlenerek, hanehalkının dolaylı fayda fonksiyonu bütçe kısıtı altında otogaz üzerindeki özel tüketim vergisi kullanılarak maksimize edildiğinde, otogaz vergisinin marjinal refah etkisi bulunmaktadır. Detaylı işlem adımları EK 3’de verildiğinden, burada sadece sonuç Denklem 27’de verilmektedir.

Otogaz vergisinin marjinal refah üzerinde etkileri de benzin vergisinde olduğu üzere beş kanal üzerinden gerçekleşmektedir. Bu konu benzin vergisi kısmında özetlendiğinden burada tekrar edilmemektedir.

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} = & \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \right. \\ & \left. \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} - e_M^{nc} \frac{dM}{d\tau_{LPG}} - \\ & e_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} - e_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} - e_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} - e_M \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (27)$$

2.5. OPTİMAL BENZİN VERGİSİNİN ELDE EDİLMESİ

Marjinal refah değişiminin sıfıra eşitlenmesiyle optimal benzin vergisi türetilmektedir (EK 4):

$$\tau_G^* = \tau_G^C + \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} + \tau_G^{CF} \quad (28)$$

Optimal vergi, sırasıyla düzeltici (C), gelir dönüştürücü (RR), vergi sisteminin geneliyle etkileşen (TI) ve trafik sıkışıklığından geri beslenen (CF) şeklinde dört alt vergi bileşenine ayrılmaktadır:

$$\tau_G^C = e_G + (e_M^{nc} + e_M) \alpha / g + \beta (e_D + (e_M^{nc} + e_M^c) / \tilde{d}) + \sigma (e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c) / \tilde{p}) - (e_M^{nc} + e_M^c) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p} \quad (29)$$

$$\tau_G^{RR} = \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)}{-\epsilon_G} - \tau_G \right) \quad (30)$$

$$\tau_G^{TI} = -(1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\frac{\tau_L(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)[\epsilon_{GI}^c + \epsilon_{LI}]}{(1-\tau_L)(-\epsilon_G)} + \beta \tau_D + \sigma \tau_{LPG} + \Phi_Z \right) \quad (31)$$

$$\tau_G^{CF} = (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI}) \epsilon_{LL}^c) \epsilon_M^c \left[\alpha / g + \beta / \tilde{d} + \sigma / \tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p} \right] \quad (32)$$

Denklemden $\alpha \equiv \frac{g \times dM_G / d\tau_G}{dG / d\tau_G}$ ¹⁴, $\beta \equiv \frac{dD / d\tau_G}{dG / d\tau_G}$ ve $\sigma \equiv \frac{dLPG / d\tau_G}{dG / d\tau_G}$ değişkenlerinin kullanıldığı görülmektedir. “ α ” değişkeni benzin vergisi değişkeninin tesiriyle yalnızca araç-km değişimden kaynaklı benzin tüketiminde meydana gelen değişimi ifade etmektedir. “ α ” ne kadar büyük olursa kilometre ile ilintili dışsalılıkların düzeltici vergiye katılımı o kadar büyük olmaktadır. “ β ” ise benzin tüketiminde birim miktar değişimin dizel tüketiminde oluşturduğu değişimi ifade etmektedir. Paralel olarak σ ’da aynı değişim ilişkisi benzin tüketimi ile otogaz arasında kurulmaktadır. Yakıt türlerinin birbirlerini belirli ölçüde ikame ettikleri düşünüldüğünde $\beta, \sigma < 0$ olması beklenmektedir.

Bu noktada, otogaz ve benzin otogazlı araçlar esasen benzinli otomobillerin modifikasyonu ile gerçekleştirildiğinden otogaz veriminin dönüşüm yapılan benzinle çalışan motorlu taşıtların benzin tüketim verimi ile doğrudan ilişkili olduğunun vurgulanması gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle, yüksek akaryakıt tüketimine sahip benzinli otomobilde otogaz dönüşümü gerçekleştirildiğinde diğer etkenler sabitken (dönüştürücü sistemlerin teknoloji farklılığı, motor hacmi, üretim yılı vb.) daha yüksek otogaz tüketiminin olması beklenmektedir. Kısaca otogaz verimliliği benzin verimliliğinin bir fonksiyonudur. Fonksiyonel ilişkide $(\tilde{p} = f(g))$ ¹⁵ otogaz vergisi nedeniyle oluşan değişimin tesiri gösterilmek istendiğinde $\frac{dg/d\tau_G}{d\tilde{p}/d\tau_G} = c^{-1}$ (c : dönüşüm

¹⁴ $\frac{dG}{d\tau_G} = g \frac{dM_G}{d\tau_G} + \frac{dg}{d\tau_G} M_G$

¹⁵ Çalışmada benzin otogazdan yaklaşık 1,5 kat daha verimli olduğu ($c=1,5$ ve $\tilde{p} = 1,5 g$) kabul edilmiştir. Detaylı analiz için Bölüm 3.1’e bakılabilir.

teknolojisi sabiti) olduğu varsayılmaktadır. Özetle benzin vergisi artışı nedeniyle tüketicilerin daha verimli benzinli otomobillere yönelmesi dolaylı olarak daha verimli otogazlı otomobiller elde etmeleri anlamına gelmektedir. Piyasada artan verimli benzinli otomobiller verimli otogazlı araçların oluşmasına hizmet ettiği varsayılmaktadır. Benzinli otomobilde görülen verimlilik artışının otogazlı otomobile geçişi bu çalışmada sabit kabul edilen (c) katsayısıyla modellenmektedir.

Ayrıca, $\gamma \equiv \frac{dX/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ göstergesi ile benzin tüketiminde birim değişimin diğer tüketim mallarında üzerinde tesiri ölçülmektedir. Birim miktarda benzin tüketim azalmasının tüketim vergi gelirlerinde net değişimi;

$$\Phi_Z = \tau_F[(p_G + \tau_G) + \beta(p_D + \tau_D) + \sigma(p_{LPG} + \tau_{LPG})] + \tau_Z\gamma p_X \quad (33)$$

şeklinde oluşmaktadır. $\Phi_Z > 0$ net tüketim vergi geliri azalması durumunu ifade etmektedir. Yine denklemlerde;

$$\Omega_{\tau_L} = \frac{-\tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} - \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L}}{W + \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} + \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L}} \quad (34)$$

$$\Omega_{\tau_L} = \frac{\frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} \varepsilon_{LL} + \pi \varepsilon_{XI}}{1 - \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} \varepsilon_{LL} - \pi \varepsilon_{XI}} \quad (35)$$

Denklem 34’de payda kısmında vergi gelirinde marjinal değişim pay kısmında ise, gelir vergisinin artan verimlilik maliyeti yer almaktadır. Harcanabilir gelirde tüketim vergisi harcamasının payı ($\pi = \tau_Z p_X X / (1 - \tau_L) W$) tanımlanıp, Denklem 34 yeniden düzenlendiğinde, Denklem 35 elde edilmektedir. Burada, $\varepsilon_{LL} > 0$ ile işgücü arz esnekliği (telafi edilmemiş), ε_{XI} ile ise genel tüketimin gelir esnekliği tanımlanmaktadır. $\varepsilon_{LL} > 0$ ve $1 > \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} \varepsilon_{LL} - \pi \varepsilon_{XI}$ olması durumunda, $\Omega_{\tau_L} > 0$ (marjinal getirinin pozitif) olması Laffer eğrisinin halen solunda kaldığını (zirvenin gerisinde), dolayısıyla τ_L ’nin ise çok büyük olmadığını işaret etmektedir.

Optimal vergi formülünün ilk bileşenini düzeltici vergi kısmı oluşturmaktadır. Düzeltici vergi, taşıt kullanımından kaynaklanan dışsallıkların içselleştirilmesini içermektedir. Birinci en iyi politika aracı olan ve Pigouvian vergi olarak tanımlanan bu bileşende, benzinle çalışan araçların kullanımından kaynaklanan dışsallıklar (e_G) ne kadar büyükse, benzinli motor kullanımından kaynaklı zararların içselleştirmesi için uygulanan vergi de o kadar büyük olacaktır. Benzinli araç-km değerine bağlı dışsallıklar ($e_M^{nc} + e_M$) α/g denkleme dahil olarak, büyüklüğü ölçüsünde benzin vergisini yükseltmektedir. Pigouvian vergi denkleminde g , TL/km olarak ifade edilen marjinal dışsal maliyeti TL/litre'ye dönüştürmekte, α ise benzin vergisindeki değişimin etkisiyle hane halkının kilometreye yansıyan tepkileri doğrultusunda düzeltme yapan bir faktör işlevi görmektedir. Denklemden üçüncü ve dördüncü terim benzinli araç kullanımına bağlı dışsallıklarla kıyaslandığında telafi edici tesirleri teşkil etmektedir. Eğer $\beta < 0$ ise yani benzin vergisinde artıştan dolayı dizel talebi artıyorsa, dizel araç kullanımından kaynaklanan dışsallıkların etkisiyle düzeltici vergide aşağı yönlü bir uyarılma yapılması söz konusu olmaktadır. Benzer şekilde bu uyarılma ihtiyacı, otogaz kullanan araçlara yönelikte gerçekleşmektedir ($\sigma < 0$ durumu). Benzin fiyatının yükselmesinin otogazlı otomobiller üzerinde dizelli araçlardan farklı bir tesiri daha bulunmaktadır. Bu tesir otogazlı araçların yapısından kaynaklanmaktadır. Otogaz diğer akaryakıt türlerinin aksine otomobiller için tek bir yakıt türü değildir. Benzinli araçların fabrika çıkışında veya kullanım dönemleri sonucunda otogazlı sisteme dönüştürülmesi ile otogaz kullanımı söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla otogazlı araçlar hibrit araçlar olup, otogaz yakıt ekonomisi benzin yakıt ekonomisinin bir fonksiyonudur. Daha önce bahsedildiği üzere, fonksiyonel ilişkide ($\tilde{p} = f(g)$) otogaz vergisi nedeniyle oluşan değişimin tesiri gösterilmek istendiğinde, $\frac{dg/d\tau_G}{d\tilde{p}/d\tau_G} = c^{-1}$ olduğu varsayılmaktadır. Kısaca artan benzin fiyatları nedeniyle benzinli araç filosunun yakıt verimliliğinin artması, aynı zamanda otogaz araç filosunun da yakıt verimliliğinin iyileşmesi sonucunu doğurmaktadır. Düzeltici vergi hesaplamalarında kilometreye bağlı dışsallıklar açısından bu durum, otogaz açısından aşağı ve yukarı yönlü olmak üzere iki uyarılma etkisinin varlığına işaret etmektedir.

Optimal benzin vergisi formülünün ikinci bileşenini gelir dönüştürücü vergi oluşturmaktadır. Bu bileşen, benzin vergisinin her artışında elde edilen gelirin diğer vergi araçlarının (bu çalışmada yalnızca ücretler üzerindeki vergi) kullanımından kaynaklı

piyasa bozucu diğer vergi yüklerinin azaltılmasına yardımcı olması bakımından, vergi sisteminin geneli üzerinde oluşturduğu düzeltici etkiyi (verimlilik kazancını) vermektedir. Denklemden ortaya konulan etki, Ω_{τ_L} 'nin kamunun benzin vergisini (benzin tüketiminde litre azalma başına tanımlanmış)¹⁶ yükselterek elde ettiği marjinal net (benzin) vergi geliriyle çarpılmasıyla elde edilmektedir. Bu çerçevede, artan fiyatlara (benzin vergisine) tüketici tepkilerinin daha az hassas olduğu (benzin talebinin esnek olmadığı) durumlarda gelir dönüştürücü vergi bileşeni daha büyük elde edilecektir.

İlave benzin vergisi nedeniyle benzinin boş zamana göre fiyatının artması, hanehalkı reel ücretinin düşmesine ve işgücü arzını baskılamasına neden olmaktadır. Bu nedenle oluşan istihdam piyasasındaki verimlilik kaybı $(1 + \Omega_{\tau_L})\tau_L w \frac{\partial L}{\partial \tau_G}$, optimal benzin vergisi formülünün vergi sisteminin geneliyle etkileşen vergi kısmını oluşturmaktadır. Denklemin geri kalanının $(1 + \Omega_{\tau_L})$ terimi ile çarpılması, kamu bütçe dengesinin dengelenmesi için ücret vergisinde ayarlama yapılması ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Vergi sistemiyle etkileşen etki, bir yandan benzin ve boş zaman arasında tam ikame durumunu ($\epsilon_{GL}^C > 0$ durumunda işgücü arzını azaltan) dikkate alırken, diğer yandan yüksek benzin fiyatlarının işgücü arzı üzerinde gelir etkisini dikkate almaktadır. Boş zaman normal mal olduğundan ($\epsilon_{LI} < 0$), vergiyle etkileşen vergi denkleminde yer alan bu ilk teriminin pozitif mi yoksa negatif işaretli mi olacağı bilinmemektedir. Yine aynı denklemden yer alan ikinci ve üçüncü terimlerde, benzin vergisinin vergi yükü nedeniyle etkinlik kaybı yaşanan diğer (ikincil) piyasalarla (tüketim ve diğer akaryakıt mamulleri piyasası) etkileşimini vermektedir.

Son olarak trafik sıkışıklığını geri besleyen etki dikkate alınmaktadır. Artan benzin vergisinin, seyahat maliyetini artırması ve dolayısıyla trafik talebini (araç-km) düşürerek trafik sıkışıklığını azaltması beklenmektedir. Bu yaklaşım çerçevesinde işgücü arzında bir geri beslemenin olacağı, çalışanın zaman tercihlerinde daha kısa seyahat süresi ve daha çok işgücü/boş zaman şeklinde dönüşüm yapacağı beklenmektedir. Gelir vergilendirildiğinden, bu geri besleme etkisi refahı artırıcı yönde olmalıdır. Dolayısıyla

¹⁶ $\epsilon_G = \frac{\partial G}{\partial \tau_G} \frac{(p_G + \tau_G)}{G}$ olduğundan parantez içindeki terim: $-G \cdot (1 + \tau_F) \frac{d\tau_G}{dG} - \tau_G$ veya benzinde birim (litre) azaltma başına ilave geliri vermektedir.

diğer tüm değişkenler sabit tutulduğunda bu etkinin, optimal benzin vergisinin denkleminde pozitif yönlü olması beklenmektedir.

Optimal benzin vergisinin bu şekilde bileşenlere ayrılması (dört bileşen), optimal seviyenin belirlenmesinde zıt yönlerde etkileşim halinde olan farklı kuvvetlerin varlığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, eğer pozitif işaretli gelir dönüştürücü ve trafik sıkışıklığını geri besleyen etkileri vergi sistemiyle etkileşen negatif etkiyi baskılayabilirse, benzin vergisinin vergi sisteminin geneliyle etkileşimi pozitif olacağından, salt Pigouvian vergiye göre optimal benzin vergisinin daha yüksek gerçekleşmesi beklenmektedir.

2.6. OPTİMAL OTOGAZ VERGİSİNİN ELDE EDİLMESİ

Optimal verginin marjinal etkilerin sıfır olduğu noktada gerçekleştiği düşünülerek Denklem 27 yeniden düzenlenirse, optimal otogaz vergisi üç bileşen halinde elde edilmektedir (Ek 5). Optimal otogaz vergisi, benzinde olduğu gibi sırasıyla düzeltici (C), gelir dönüştürücü (RR), vergi sisteminin geneliyle etkileşen (TI) ve trafik sıkışıklığının geri besleyici (CF) şeklinde dört alt vergi bileşene ayrılmaktadır:

$$\tau_{LPG}^C = e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c) \alpha' / \tilde{p} + \beta' (e_D + (e_M^{nc} + e_M^c) / \tilde{d}) + \sigma' (e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c) / g) \quad (36)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} + \tau_{LPG}^{CF} \quad (37)$$

$$\tau_{LPG}^{RR} = \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1+\tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})}{-\epsilon_{LPG}} - \tau_{LPG} \right) \quad (38)$$

$$\tau_{LPG}^{TI} = -(1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\frac{\tau_L(1+\tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})[\epsilon_{LPG}^c + \epsilon_{LI}]}{(1-\tau_L)(-\epsilon_{LPG})} + \beta\tau_D + \sigma\tau_{LPG} + \Phi'_Z \right) \quad (39)$$

$$\tau_{LPG}^{CF} = (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI})\epsilon_{LL}^c) \epsilon_M^c [\alpha' / \tilde{p} + \beta' / \tilde{d} + \sigma' / g] \quad (40)$$

Denklemlerde $\alpha' \equiv \frac{\tilde{p} \times dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$, $\beta' \equiv \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ ve $\sigma' \equiv \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ değişkenlerinin kullanıldığı görülmektedir. “ α' ” değişkeni otogaz vergisindeki değişimin otogaz tüketiminde meydana getirdiği değişim içinde, kilometre olarak araç kullanımından kaynaklanan payı vermektedir. “ α' ” ne kadar büyük olursa, kilometre ile ilintili dışsallıkların düzeltici vergiye katılımı o kadar etkili olmaktadır. “ β' ” ile otogaz tüketiminde birim miktar değişimin dizel tüketiminde oluşturduğu değişim belirlenmekte, σ' ’da ise aynı değişim ilişkisi benzin ve otogaz arasında kurulmaktadır. Yakıt türlerinin birbirlerinin ikamesi olduğu farz edilirse, $\beta', \sigma' < 0$ olması beklenmektedir. Ayrıca, $\gamma' \equiv \frac{dX/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ ile otogaz tüketiminde birim değişimin diğer tüketim mallarında yol açtığı değişim etkisi verilmektedir. Birim miktarda otogaz tüketiminin azalmasının tüketim vergi gelirlerinde net değişimi

$$\Phi'_Z = \tau_F[(p_{LPG} + \tau_{LPG}) + \beta'(p_D + \tau_D) + \sigma'(p_G + \tau_G)] + \tau_Z \gamma' p_X \quad (41)$$

şeklinde oluşmaktadır. $\Phi'_Z > 0$ net tüketim vergi geliri azalması durumunu ifade etmektedir. Formülün benzin için üretilen optimal vergi denklemi ile birebir simetrik olduğu görülmektedir. Bu nedenle denklemin bileşenlerinin yorumlanması tekrarlanmamaktadır. Ancak belirgin tek farklılığın, optimal benzin vergisi denkleminin düzeltici ve trafik sıkışıklığının geri besleyen etki bileşenlerinde yer alan $-\frac{M_{LPG}}{M_G}(1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p}$ terimi olduğu görülmektedir. Anlaşılacağı üzere bu terim, otogaz verimliliğinin benzin verimliliğinin bir fonksiyonu olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, benzinli otomobillerde görülen yakıt verimliliğindeki iyileşme, dolaylı yoldan otogaz yakıt verimliliğini de etkilemektedir. Bu çerçevede artan benzin fiyatlarından kaynaklı verimli benzinli araçların tercih edilmesi aynı zamanda, verimli otogaz araç stoku demek olduğundan, düzeltici vergi uygulamasında bu düzeltmenin yapılması zorunlu olmaktadır. Ancak aynı durum, otogaz fiyatlarındaki artışı dikkate alan optimal otogaz vergisinin belirlenmesinde geçerli olmamaktadır çünkü verimli otogaz sistemi doğrudan veya dolaylı olarak verimli benzin sistemini çağırılmamaktadır.

2.7. FONKSİYONEL İLİŞKİLERİN KURULMASI

Optimal vergi denklemlerinin çözülebilmesi için tanımlanan $\alpha, \alpha', \beta, \beta', \sigma, \sigma'$ ve γ, γ' değişken değerlerinin ve bunlarla ilişkili olarak hanehalkının benzin vergisine göre değişen davranışlarının belirlendiği fonksiyonel ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir.

Optimal vergi denklemde tanımlanan α 'nın belirlenmesi için, benzin vergisinin (dolayısıyla akaryakıt fiyatlarının) artışı veya azalışı nedeniyle hanehalkının toplam benzin tüketimindeki (G) değişiminin, $\frac{dG}{d\tau_G}$, hesaplanması gerekmektedir. Bu değişim, Denklem 15'de türetildiği üzere, iki kanal yoluyla gerçekleşmektedir: verginin araç-km üzerindeki etkisi ve akaryakıt verimi üzerinde etkisi. Bu, Denklem 15 üzerinde gösterilirse $\frac{dG}{d\tau_G} = g \frac{dM_G}{d\tau_G} + \frac{dg}{d\tau_G} M_G$ veya esneklikler cinsinden $\varepsilon_G = \varepsilon_{M_G} + \varepsilon_g$ (taşıt km ile benzin yoğunluğunun benzinin kendi fiyatına esnekliği) olarak elde edilmektedir. Benzer çalışmalarda kullanılan sabit esneklik tanımı benimsenirse¹⁷ fonksiyonel ilişkiler aşağıdaki şekilde elde edilmektedir:

$$\frac{M_G}{M_G^0} = \left(\frac{P_G}{P_G^0} \right)^{\varepsilon_{M_G}} \quad (42)$$

$$\frac{g}{g^0} = \left(\frac{P_G}{P_G^0} \right)^{\varepsilon_g} \quad (43)$$

Denklemde $P_G^0 = (1 + \tau_F)(p_G + \tau_G^0)$ politika öncesi benzin fiyatını ve 0 üst imgesi başlangıç değerini ifade etmektedir. Benzin fiyatı karşısında tüketici tepkilerinin iki farklı kanalla gelişmesi üzerine ulaştırma ekonomisi, vergi reformu ve akaryakıt regülasyonu düzenlemelerini konu alan çalışmalarda geniş yer tutmaktadır¹⁸. Akaryakıt tüketimi akaryakıt fiyatı ve veriminin bir fonksiyonu olarak ifade edilirse, esneklikler

¹⁷ Sabit esnekliğe sahip talep eğrileri kabulüne dayalı benzer çalışmalar: I. W. Parry ve Small (2005); Tscharaktschiew (2014)

¹⁸ Çalışmaların yoğunlaştığı bir alana örnek olarak, akaryakıt fiyat ve yakıt ekonomisi esnekliklerine yönelik derlenen çalışmalar Bölüm 3'de sunulmaktadır.

cinsinden elde edilen $\varepsilon_G = \varepsilon_{M_G}^{P_M^g} x(1 - \varepsilon_{g^{-1}}) - \varepsilon_{g^{-1}}$ denklemin, geri tepme etkisini de dikkate aldığını net şekilde görülmektedir¹⁹.

Artan vergi yükü nedeniyle tüketicilerin daha yakıt verimli araç kullanımına teşvik edilmesi ve dolayısıyla yakıt verimli araçların artışı kaynaklanan geri tepme etkisi, yakıt tüketiminin düşmesi ve araç km maliyetlerinin azalması neticesinde gerçekleşmektedir. Bu, artan benzin fiyatlarına karşın daha verimli araçlarla yapılan araç-km değerinin yükselmesi sonucunu doğurmaktadır. Verimlilik, araç-km değerinin sabit tutulduğu durumda, daha düşük benzin tüketimi anlamına gelmektedir. Literatürde ortaya konulan ε_G ve ε_{M_G} ile ε_G ve ε_g arasında deneysel olarak gözlemlenen farklılıkların varlığı ve $\varepsilon_{g^{-1}} \neq 0$ (veya $\varepsilon_g \neq 0$) olması, geri tepme etkisine işaret etmektedir.

Öte yandan, bu çalışmada otogaz kullanımında ise geri tepme etkisinin dolaylı yoldan oluşacağı varsayılmaktadır. Otogaz kullanımı fabrika çıkışı veya benzinli araçların ikili yakıt (benzin ve otogaz) sistemine sonradan dönüştürülmesi şeklinde (hibrid) gerçekleşmektedir. Araç sahibinin otogaz dönüşüm sistemlerini kullanım kararında dönüşüm maliyetleriyle km'ye bağlı olarak beklediği akaryakıt tasarrufları etkili olmaktadır. Bununla birlikte otogaz sisteminin yakıt verimliliği dönüştürüldüğü benzinli motor sisteminin yakıt verimliliği ile doğrudan ilgilidir. Bu durumda $\frac{dLPG}{d\tau_G} = \tilde{p} \frac{dM_{LPG}}{d\tau_G} + c \frac{dg}{d\tau_G} M_{LPG}$ eşitliği elde edilmektedir. Benzin fiyat değişiminin otogaz tüketiminde

¹⁹ Yakıt verimliliği g^{-1} (akaryakıt yoğunluğunun (g) tersi) olarak tanımlanır benzin tüketimi $G = g \times M_G$, akaryakıt fiyatı ve veriminin bir fonksiyonu olarak ifade edilirse: $G(P_G, g) = M_G(P_M^g)/g^{-1}(P_G)$ denklemi elde edilebilir. Denklemden araç-km M_G ve yakıt verimi g^{-1} arasında km başına yakıt maliyeti $P_M^g = P_G/g^{-1}$ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu durumda $G(P_G, g)$ esneklikler şeklinde ifade edilir; $\varepsilon_G = \varepsilon_{M_G}^{P_M^g} x(1 - \varepsilon_{g^{-1}}) - \varepsilon_{g^{-1}}$ denklemi elde edilebilir. Denklemden, $\varepsilon_{g^{-1}}$ yakıt ekonomisinin yakıt fiyat esnekliği, $\varepsilon_{M_G}^{P_M^g}$ ise araç-km'nin km başına yakıt maliyeti esnekliği tanımlanmaktadır. Denklemin nasıl elde edildiği aşağıda adım adım gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} \frac{\partial G}{\partial P_G} &= \frac{\frac{\partial M_G}{\partial P_M^g} \frac{\partial P_M^g}{\partial P_G} g^{-1} - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} M_G}{(g^{-1})^2} = \frac{\frac{\partial M_G}{\partial P_M^g} (1 - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} \frac{P_G}{g^{-1}}) - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} M_G}{(g^{-1})^2}; \\ \frac{\partial G}{\partial P_G} \frac{P_G}{G} &= \frac{\frac{\partial M_G}{\partial P_M^g} \frac{P_G}{G} (1 - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} \frac{P_G}{g^{-1}}) - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} M_G \frac{P_G}{G}}{(g^{-1})^2} = \frac{\frac{\partial M_G}{\partial P_M^g} g^{-1} P_M^g (1 - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} \frac{P_G}{g^{-1}}) - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} M_G g \times M_G}{(g^{-1})^2} = \frac{\partial M_G}{\partial P_M^g} \frac{P_M^g}{M_G} (1 - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} \frac{P_G}{g^{-1}}) - \frac{\partial g^{-1}}{\partial P_G} \frac{P_G}{g^{-1}} \end{aligned}$$

oluşturduğu etkiyi ifade eden σ katsayısı için Denklem 17'den faydalanılabileceği görülmektedir (Detaylı analiz için Bkz. Ek 4).

Eşitlikte yer alan otopaz tüketiminin tepkisel değışimi ($\frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$) ifadesinin ise Denklem 44'de verilen fonksiyonel ilişki kullanılarak elde edilmesi mümkün görülmektedir.

$$\frac{M_{LPG}}{M_{LPG}^0} = \left(\frac{P_G}{P_G^0} \right)^{\epsilon_{M_{LPG}}^G} \quad (44)$$

Optimal benzin vergisinin hesaplanmasında kullanılan β ve γ değışkenleri için fonksiyonel ilişkiler ise aşağıda sunulmaktadır. Denklemlerde $\epsilon_{M_D}^G$ dizel araç-km'lerinin benzine göre çapraz fiyat esnekliğini, $\epsilon_{M_{LPG}}^G$ otopaz araç-km'lerin benzine göre çapraz fiyat esnekliğini, $\epsilon_{X^G}^C$ genel tüketiminin (diğer mallara olan talep) benzine göre çapraz fiyat esnekliğini göstermektedir.

$$\frac{M_D}{M_D^0} = \left(\frac{P_G}{P_G^0} \right)^{\epsilon_{M_D}^G} \quad (45)$$

$$\frac{X}{X^0} = \left(\frac{P_G}{P_G^0} \right)^{\epsilon_{X^G}^C} \quad (46)$$

Benzer fonksiyonel ilişkiler β' , σ' ve γ' değışkenleri için de düzenlenebilir:

$$\frac{M_D}{M_D^0} = \left(\frac{P_{LPG}}{P_{LPG}^0} \right)^{\epsilon_{M_D}^{LPG}} \quad (47)$$

$$\frac{M_G}{M_G^0} = \left(\frac{P_{LPG}}{P_{LPG}^0} \right)^{\epsilon_{M_G}^{LPG}} \quad (48)$$

$$\frac{X}{X^0} = \left(\frac{P_{LPG}}{P_{LPG}^0} \right)^{\epsilon_{X^{LPG}}^C} \quad (49)$$

Denklemden tanımlanan α' nın belirlenmesi için, otogaz vergisinin (dolayısıyla akaryakıt fiyatlarının) artışı veya azalışı nedeniyle hanehalkının toplam otogaz tüketimi (LPG) değişiminin $\frac{dLPG}{d\tau_{LPG}}$ hesaplanması gerekmektedir. Bu değişim benzin akaryakıt türünde ifade edildiği şekilde düzenlenirse $\frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} = \tilde{p} \frac{dM_{LPG}}{d\tau_{LPG}} + \frac{d\tilde{p}}{d\tau_{\tilde{p}}} M_{LPG}$ denklemi elde edilmektedir. Denklem esneklikler şeklinde ifade edilecek olursa $\varepsilon_{LPG} = \varepsilon_{M_{LPG}} + \varepsilon_{\tilde{p}}$ şeklinde gösterilebilmektedir. Otogazlı araç kullanıcılarının otogaz fiyatlarında artıştan kaynaklı olarak daha verimli otogaz sistemine geçmesi şeklinde bir davranıştan ziyade, daha az maliyetle dönüşümün geliştirmesini önlediği kabulüyle $\varepsilon_{\tilde{p}} = 0$ olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, $\varepsilon_{LPG} = \varepsilon_{M_{LPG}}$ olacağından $\alpha' \equiv \frac{\tilde{p} \times dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = 1$ sonucuna ulaşılmaktadır. Hanehalkının toplam otogaz tüketiminin benzin vergisinin (akaryakıt fiyatlarının) artışı veya azalışı nedeniyle değişimi gösteren fonksiyonel ilişki şu şekilde teşekkül etmektedir: Optimizasyonda α' değerinin bire eşit olması, artan otogaz fiyatlarının tesirinin tamamıyla kilometre üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir.

$$\frac{M_{LPG}}{M_{LPG}^0} = \left(\frac{P_{LPG}}{P_{LPG}^0} \right)^{\varepsilon_{LPG}} \quad (50)$$

Optimal vergi hesabında dışsal maliyetler içinde fonksiyonel ilişkiler kurulmaktadır. Vergi politikasının ulaşım talebini etkilemesinden dolayı modelde, trafik sıkışıklığından kaynaklı maliyetlerinin düşmesi veya artması hesaba katılmaktadır. Trafik sıkışıklığı ile ilintili marjinal dışsal maliyetlerin e_M^c hesaplanması için gerekli olan ulaşım gecikme t' 'nin hesaplanması için, Tscharaktschiew (2014)'in çalışması takip edilerek, ulaşım politika analizlerinde kullanılan trafik sıkışıklığı hesapları için geliştirilen formülünden faydalanmıştır:

$$t = \xi_1 \left[1 + \xi_2 \left(\frac{M}{M^0} \right)^{\xi_3} \right] \quad (51)$$

Denklemden $\xi_1, \xi_2, \xi_3 > 0$ sabit veri parametreler olup, ξ_1 trafik sıkışıklığı olmayan ortalama serbest trafik akışını [saat/km] ifade etmektedir. Denklem 51'in M' e göre türevi

alınarak ve marjinal dışsal maliyeti ile araç-km değerleri arasında fonksiyonel ilişki tesis edilebilmektedir.

$$t' = \xi_1 \xi_2 \xi_3 \left(\frac{M}{M^0} \right)^{\xi_3 - 1} \frac{1}{M^0} \quad (52)$$

$$e_M^c = \theta t' M = \theta \xi_1 \xi_2 \xi_3 \left(\frac{M}{M^0} \right)^{\xi_3} \quad (53)$$

2.8. TÜKETİCİ REFAHININ ÖLÇÜLMESİ

Marjinal refah denklemleri kullanılarak optimal vergi uygulanması durumunda, tüketicinin (hanehalkının) refahında meydana gelecek değişim hem benzin hem de otogaz olarak (55) ve (57) numaralı denklemde verilmektedir. Denklemlerin elde edilmesine yönelik olarak gerçekleştirilen matematiksel işlemler EK 6'da sunulmaktadır.

Optimal benzin vergisi marjinal refah;

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = [\tau_G^* - \tau_G] \{-dG/d\tau_G\} \quad (54)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = (\tau_G - \tau_G^*) \frac{G.\varepsilon_G}{p_G + \tau_G} \quad (55)$$

Paralel şekilde diğer akaryakıt türleri veri iken otogaz vergisi refah değişimi denkleminde faydalanılarak aşağıda verilen sonuçlara erişilmektedir.

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} = [\tau_{LPG}^* - \tau_{LPG}] \{-dLPG/d\tau_G\} \quad (56)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = (\tau_{LPG} - \tau_{LPG}^*) \frac{LPG.\varepsilon_{LPG}}{p_{LPG} + \tau_{LPG}} \quad (57)$$

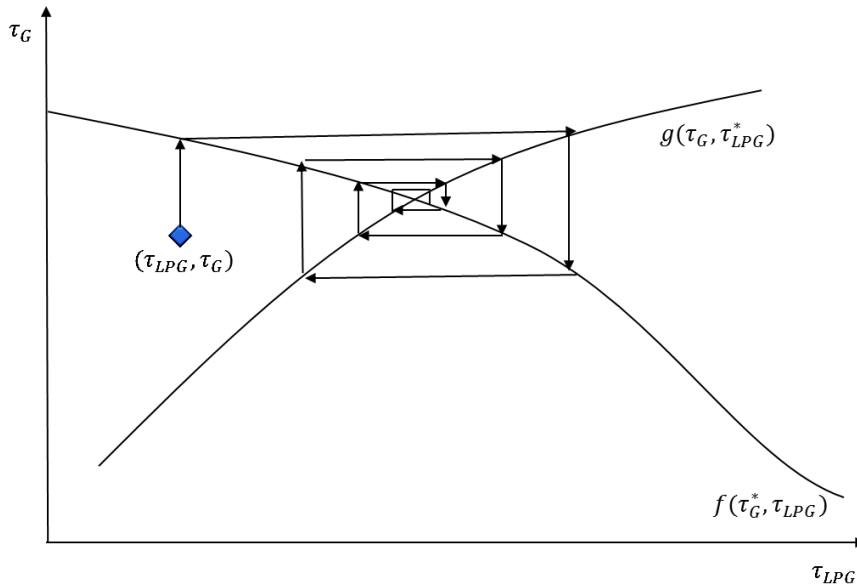
Marjinal refah denklemleri üzerinde numerik integral alma yöntemleri sayesinde toplam refah değişimlerinin hesaplanabileceği görülmektedir.

2.9. OPTİMAL OTOGAZ VE BENZİN VERGİSİNİN EŞANLI OLARAK BELİRLENMESİ

Optimal vergi denklemlerinin karmaşık yapısı nedeniyle, sayısal yöntemler kullanılarak çözülmesi planlanmaktadır. Bir sayısal çözüm yöntemi olan Sabit Nokta Teoremi²⁰ kullanılarak öncelikle otogazın daha sonra benzinin fiyatlarının sabit olduğu varsayımı altında, sırasıyla benzin ve otogaz için optimal vergi elde edilebilmektedir. Elde edilen optimal değerler, doğal olarak karar alıcının mevcut benzin veya otogaz üzerindeki vergilerden birini değiştirmedeği ve diğerinin bu şartlar altında optimal değerini elde ettiği senaryosunu oluşturmaktadır.

Öte yandan bu çalışmada esas itibarıyla karar alıcının hem otogazın hem de benzinin vergi oranlarını değiştirerek optimal denge noktasını eşanlı hesaplamaya çalıştığı incelenmektedir. Dolayısıyla elde edilen iki optimal vergi denkleminin (hem otogaz hem de benzin için) oluşturduğu denklem sistemi, sabit nokta iterasyonu ile Şekil 7’de gösterildiği şekilde çözümlenmektedir.

Şekil 7:Sabit Nokta İterasyonu İle Optimal Değerlerin Belirlenmesi.



²⁰ Kullanılan yöntem ile ilgili detaylı bilgiye Al-Mezel, Al-Solamy, ve Ansari (2014)'den erişilebilir.

Başlangıç koşullarında veri fiyatlar altında öncelikle benzin için optimal değer elde edilmekte, elde edilen bu değerler kullanılarak otogaz için optimal değerler hesaplanmaktadır. Bu şekilde, birbirini tekrarlayan süreç sonunda, genel denge noktası elde edilmektedir. Her bir çevrim sonunda elde edilen değişimler kaydedilerek, en son denge noktasında toplam değişim raporlanmaktadır.



BÖLÜM 3 : PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE DERLENMESİ

Bu bölümde analizde kullanılacak ilgili parametre değerlerine yönelik mevcut durum analizleri ve parametre değerlerinin tahminine yönelik, varsa, Türkiye’de ve dünyada yapılmış çalışma değerlendirmelerine yer verilmektedir. Bu çerçevede parametreler, birbirleriyle ilişkileri ve konu bütünlüğü bakımından üç alt ana başlık halinde değerlendirilmektedir. İlk olarak, ulaştırma sektörü ve ekonomisi ile ilgili verilerinin toplulaştırıldığı, iktisadi sektörlerle yönelik parametreler sunulmaktadır. İkinci olarak, esneklik değerlerinin tartışıldığı davranışsal parametreler özetlenmektedir. Son olarak, dışsalılıkların değerlendirildiği ve dışsalılık maliyetlerinin ortaya konulduğu parametreler derlenmektedir.

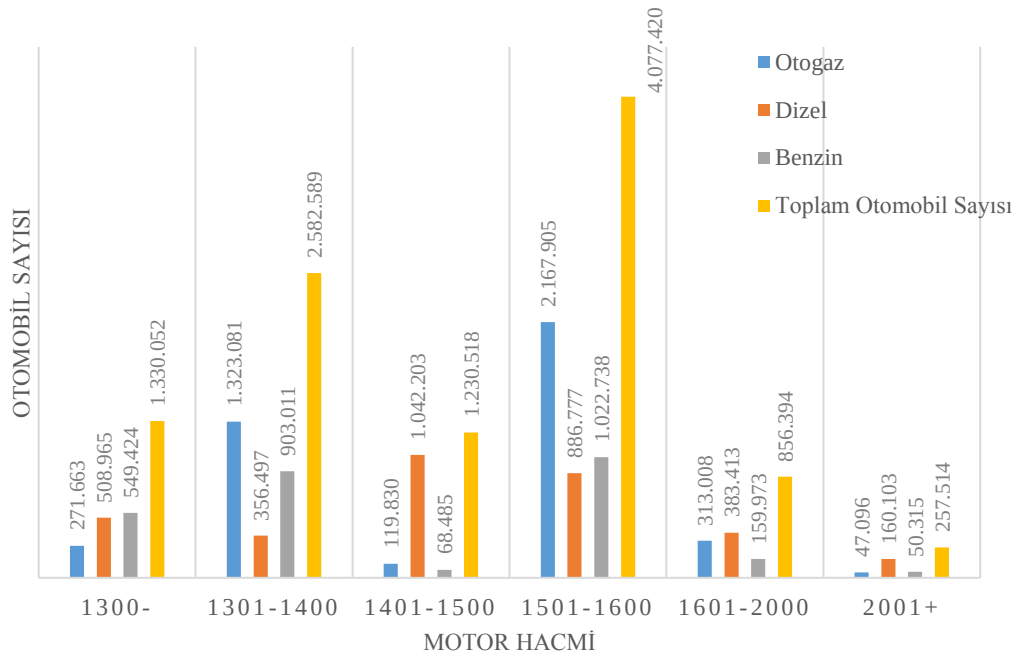
3.1. İKTİSADİ SEKTÖRLERE YÖNELİK PARAMETRELER

Türkiye binek otomobil sahipliği sıralamasında, gelişmiş ülkelere nazaran, oldukça gerilerde yer almaktadır. 2013 yılı sonu itibariyle 1.000 kişiye düşen binek otomobil sahipliği Türkiye’de 123 iken, bu oran Fransa’da 492 ve Almanya’da 535’dir. Son beş yıl içinde otomobil sahipliğinin milli gelir artışının üzerinde (yılda ortalama yüzde 7 oranında) artması, talebin canlılığına işaret etmektedir (Eurostat, 2015). Bununla birlikte düşük sahiplik oranında, düşük kişi başı milli gelir ve göreceli yüksek maliyetler en önemli rolü oynamaktadır. Otomobil maliyet kalemleri içinde yüksek motorlu taşıt vergileri oldukça dikkat çekmektedir. Binek otomobil üzerinden alınan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV), Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) ve Katma Değer Vergisi (KDV) olmak üzere üç çeşit verginin toplam maliyeti, vergisiz otomobil tutarının en az %71,1’i en çok %189,1’i olarak gerçekleşmektedir (ACEA, 2016).

Motorlu taşıtlar üzerindeki verginin tüketim davranışları üzerindeki etkileri dikkate alındığında, 1,6 litre motor silindir hacminin önemli bir vergi sınırı olduğu tespit edilmektedir. Türkiye’de 1,6 litre ve altında motor silindir hacmine sahip otomobiller üzerindeki vergi yükü %71,1 iken (% 45 ÖTV), bu oran 1,6-2,0 litre motor silindir hacmi arasında % 124,2’ye (% 90 ÖTV) ve 2,0 litre motor silindir hacmi üzerindeki araçlar için ise %189,1’e (% 145 ÖTV) varmaktadır (ACEA, 2016). Dolayısıyla bu vergilendirme

yaklaşımı, tüketicileri tüm yeni otomobil alımlarında %95 oranında 1,6 litre veya daha düşük motor silindir hacimli otomobilleri tercih etmeye yönlendirmektedir (Şekil 8). Avrupa’da 1,6 litre veya daha düşük motor silindir hacimli otomobil oranının % 30 düzeyinde kalması, bu tespiti doğrulamaktadır (Mock, 2016).

Şekil 8: Akaryakıt Türü ve Motor Hacimlerine Göre Otomobil Dağılımı (2014)



Motorlu taşıtlar üzerindeki vergi düzenlemesinin tüketici davranışları üzerinde yansımaya çarpıcı diğer bir örnek ise, hafif ticari taşıtların binek otomobillere oranla daha düşük oranda vergilendirmesinden türemektedir. Mock (2016)’a göre, hafif ticari taşıtların piyasa payının Almanya’da %7 iken Türkiye’de %15 olmasının en önemli nedeni, binek otomobil ve hafif ticari araç için farklılaştırılmış vergi düzenlemesidir. Öte yandan Türkiye’de motorlu taşıt vergi düzenlemesinde, çevresel dışsallıklar (karbondioksit emisyonu vb.) ve yakıt tüketimi ile doğrudan ilişki kurulmadığı görülmektedir. Bir diğer dolaylı ilişki de, akaryakıt üzerinden alınan vergilerin otomobil talebi üzerinde etkileri yönüyle gerçekleşmektedir.

Akaryakıt tüketim türlerine (benzin, dizel ve otogaz) göre otomobil profili yıllar itibariyle Şekil 9, 10 ve 11’ de verilmektedir. Burada, 2002 yılından önce trafiğe kayıtlı dizel

araçların oranı %10'un altında olduğu gözlemlenirken, bu oranın hızla arttığı ve yeni araçlarda ortalama %60 oranında dizel otomobil kullanımının tercih edildiği görülmektedir. Kıyaslamak bakımından, Türkiye'de dizel otomobil piyasası AB-28 ülkelerinin ortalamasının (%50) oldukça üzerindedir. Öte yandan AB dışı ülkelerde, otomobil piyasasında akaryakıt türleri bakımından dağılıma bakıldığında, bir yeknesaklık yakalamak mümkün değildir. ABD piyasasında %93 oranında benzin hâkim olup, dizel talebi (%2) oldukça düşüktür. Çin'de benzin kullanımı ABD'den de yüksek olup, neredeyse tüm otomobiller (%99) benzin tüketmektedir. Hindistan ve G. Kore'de dizel kullanımı, sırasıyla %40 ve %42 oranında, yüksek olmakla birlikte, bu oranlar Türkiye'deki dizel otomobil talebinin oldukça altındadır (Mock, 2016). Petrol ürünleri piyasasında bu durumun dış ticaret etkilerini görmek mümkündür. 2014 yılı verilerine göre, otomobillerin benzin tüketimi Türkiye'de yerleşik rafinerilerin ürettiği benzin ürün miktarının yalnızca %49'u iken, kalan %51'i ihraç edilmektedir. Öte yandan, dizel üretimi Türkiye'nin ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak olup, %68 oranında ithal edilmektedir. Bu iki ürün bazında toplam talebin %50'si ithalat kanalıyla karşılanmaktadır (EPDK, 2015a).

Akaryakıt türleri bakımından otomobil piyasasında farklılaşmanın en önemli nedeni, benzin ve dizel pompa fiyatlarının dünya fiyatlarından farklı oluşmasıdır. Fiyat kalemleri incelendiğinde, vergi düzenlemesinin en önemli etken olduğu görülmektedir. 2014 yılı verileri kullanılarak motorinin uluslararası piyasadaki vergisiz bayi satış fiyatı ortalaması 2,09 TL/litre iken, kurşunsuz benzin 95 oktan için 1,98 TL/litre olduğu görülmektedir. Öte yandan KDV ve ÖTV dahil toplam vergi motorin için 2,26 TL/litre, kurşunsuz benzin 95 oktan için ise 2,93 TL/litre olarak uygulanmıştır (EPDK, 2015a). Sonuç olarak uluslararası piyasada yaklaşık aynı fiyat seviyesinde (motorin %1 daha pahalı) olan bu iki ürünün vergilendirme yoluyla fiyatları (benzin litre de yaklaşık %13 oranında daha pahalı) farklılaştırılmaktadır. Bu vergi düzenlemesi yoluyla dizel otomobil kullanımının teşvik edilmesi, ekonomik ve sosyal maliyetlerinin (yüksek emisyon seviyeleri ve çevresel maliyetler) yeterince hesaba katılmadığına dair tartışmaları da beraberinde getirmektedir.

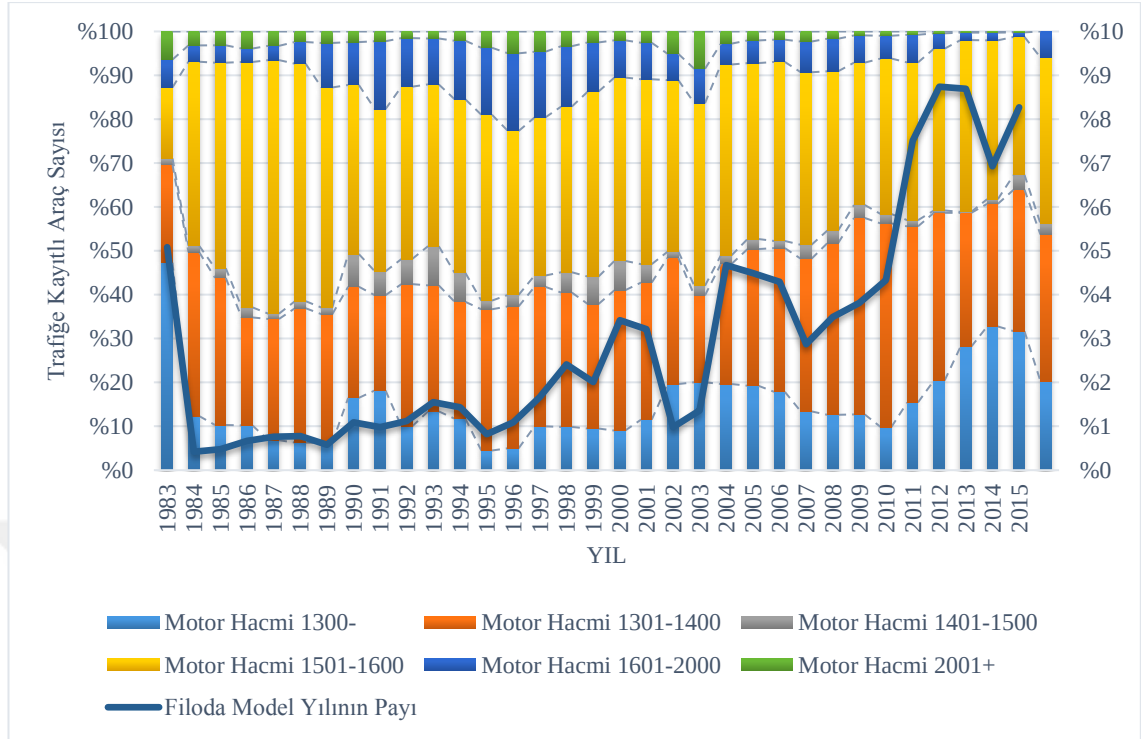
Akaryakıt piyasasında Türkiye’yi dünyanın genelinden ayırıştıran bir diğer önemli husus ise, otogaz kullanımının yaygınlığıdır. Otogaz kullanımının yaygınlığının temel nedeni, tüketiciler için görece düşük maliyetidir. Türkiye’de 1999-2001 yılları arasında, LPG kullanımını yaygınlaştırmak için uygulanan ÖTV ve KDV istisnası, otogaz fiyatlarının diğer akaryakıt türlerine göre cazip hale gelmesini sağlamıştır. Devletin otomobillerde LPG kullanımının sınırlı kalacağı varsayımı ile uyguladığı bu teşvik politikasına beklentilerin aksine sanayi, kısa sürede tepki vermeyi başarmıştır. Sanayinin ortaya çıkan talebe uygun çözümler geliştirmesi, benzinli otomobillerin otogaz dönüşüm sistemlerinin yatırım maliyetinin geri dönüş süresinin kısılmasına (ekonomik getirinin artması) ve otogaz kullanımının cazip hale gelmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, akaryakıt dağıtım sektöründe de otogazın kolay erişebilir olması, (yaygın dolum tesisleri) bugün binek otomobil pazarında otogaz payının (%41) birinci sırada olmasını sağlamıştır. Uğradığı gelir kaybı nedeniyle devlet 2001 yılından itibaren kademeli olarak otogazda vergi artırımına yönelmiş olsa da, otogaz kullanımı yaygınlığını korumayı başarmıştır (Erdogdu, 2014).

Binek otomobil piyasasında 2015 yılı sonu itibariyle, trafiğe kayıtlı otogaz kullanan otomobil sayısı 4.242.583 olup, toplam 10.334.487 adet binek otomobil içindeki payı %41,05’dir. Bu değerler, dizel ve benzin için sırasıyla 3.337.958 (%32,3) ve 2.753.946 (%26,65) olarak tespit edilmektedir. Yeni otomobil tercihlerinde dizel otomobilin baskın bir üstünlüğünün (ortalama %60) olduğu görülmektedir. Otogazlı otomobillerin yeni otomobil içindeki payının oldukça düşük (%2) olması, fabrika çıkışı yerine benzinli otomobillerin sonradan (ekonomik ömürlerinin bir yerinde) ikili yakıt sistemine dönüşümünün tercih edildiğini göstermektedir²¹.

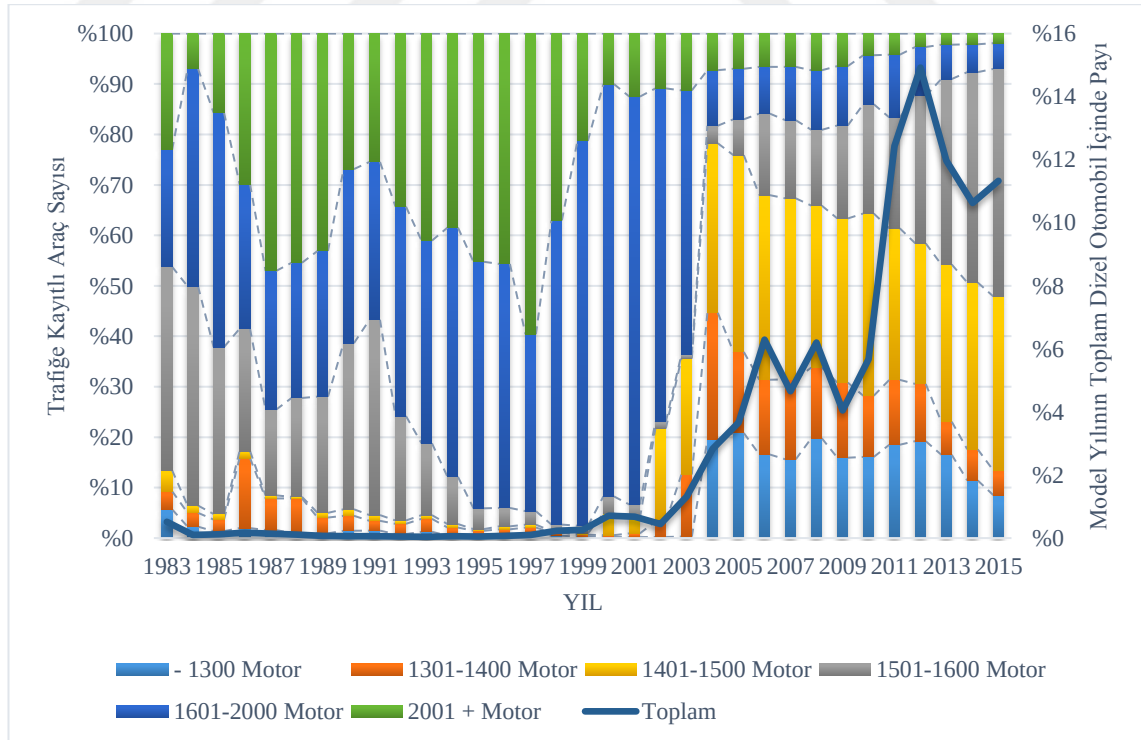
Şekil (9) ve (11)’de verilen benzinli ve otogaz kullanım tercihleri incelendiğinde, ilk on yaşı içinde otogazlı otomobile oranla benzinli otomobilin daha yüksek paya sahip olduğu tespit edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, on yaşından büyük benzinli araçların otogaz dönüşümünün tüketici tarafından daha cazip görüldüğü anlaşılmaktadır.

²¹ Benzinli otomobil yalnızca benzinle çalışan otomobilleri, otogazlı otomobil ise hem otogaz hem de benzinle çalışabilen ikili yakıt sistemine sahip otomobilleri ifade etmektedir.

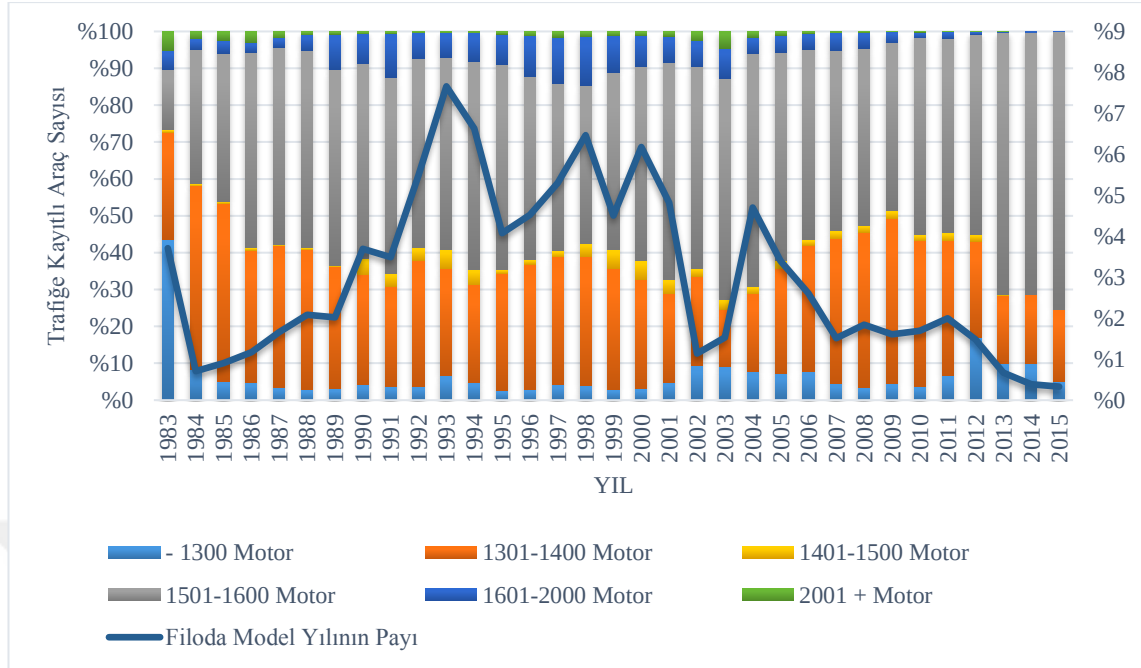
Şekil 9: Trafîğe Kayıt Yılına Göre Benzinli Otomobil Motor Hacim Dağılımı



Şekil 10: Trafîğe Tescil Yılına Göre Dizel Otomobil Motor Hacim Dağılımı



Şekil 11: Trafiğe Tescil Yılına Göre Otogazlı Otomobil Motor Hacim Dağılımı



Otogaz dönüşümünün, 90 model benzinli araçlarda toplam otomobil stokunun %80 seviyesine varacak kadar yükseldiği görülmektedir. Otogaz dönüşümünün ekonomik getirisinin, benzinli aracın yakıt verimliliği ve yıllık ortalama km yolculuk mesafesi ile doğrudan ilintili olduğu bilinmektedir. Bu çerçevede, eski model benzinli otomobillerin yakıt verimlilik değerlerinin düşük olmasının, otogaz dönüşümünü cazip kıldığı anlaşılmaktadır. Çok eski model araçlarda otogazlı otomobil payı %50'nin üzerinde olmakla birlikte, önemli oranda (1983 model araçlarda %44 benzinli) dönüştürülmemiş benzinli otomobil olduğu görülmektedir. Bu durumun çeşitli nedenlerinin olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan ilki otogazlı araçlar dönüştürüldükleri benzinli araçların mevcut yakıt verimliliklerinden daha düşük yakıt verimliliğine sahip olmaktadır. Bu nedenle benzinli otomobillerin yakıt verimlilikleri çok düşükse (çok eski modellerde görülen), yakıt dönüşümü istenilen ekonomik faydayı sağlamamaktadır. İkinci neden ise, hurdaya ayrılmamakla birlikte, trafiğe kayıtlı yirmi yılın üzerindeki çok eski otomobillerin daha az kullanılmalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin, kırsal kesimde kullanılan araçlar veya orijinalliğin korunmasının değerli görüldüğü hobi amaçlı elde tutulan araçlar bu sınıfa girmektedir.

Yeni otomobil piyasasında ise, gelişen teknoloji ile birlikte benzinli otomobillerin yakıt verimlilik değerlerinde oldukça ilerleme kaydedildiği bilinmektedir. Bununla birlikte, yeni otomobil modellerinde görece düşük otogaz dönüşümü görülmesinin birkaç nedeni bulunmaktadır. Öncelikle yeni model benzinli otomobillerin otogaza dönüştürülmesi durumunda performans kaybı yaşanması, performansı önceleyen tüketiciler için en önemli sorun olmaktadır. Ayrıca otogazlı otomobillerin güvenlik sebebiyle kapalı otoparkları kullanamaması nedeniyle oluşan büyükşehirlerde otopark sorunu ve sürücünün prestij gibi çeşitli sosyal kaygıları da bu çerçevede sıralanabilmektedir.

Otomobil filusunda dikkate değer bir diğer husus ise, Şekil 10'da sunulan dizel otomobil sahipliğindeki değişimdir. Dizel binek otomobilin filodaki payı 2000 yılından önce %5'in altındayken, bu oran 2000'li yıllardan sonra hızla yükselerek %60'ların üzerine çıkmıştır. Bunun temel nedenlerinin, daha önce de bahsedildiği üzere, motorin fiyatlarının benzine göre daha ucuz olması ve dizel otomobillerde yakıt verimliliğinin iyileşmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, gelişen teknoloji ile dizel motorlarındaki yenilikler (bakım masraflarının azalması), dizel otomobil sahipliğini cazip hale getirmektedir. Linn (2015), Avrupa ülkelerinde dizel otomobil talebinde görülen ülkeler arası talep farklılaşmasının nedenlerine yönelik geliştirilen dört hipotezi incelemiştir. Bunlar sırasıyla vergiler ve akaryakıt fiyatları, yakıt ekonomisi, performans ve motor ömrü ve ülkelere özgü diğer piyasa faktörleridir. Elde edilen sonuçlara göre, motorlu taşıt vergisinin baskın etken olduğu Hollanda dışında, genel olarak dizel otomobil payının ülkeler arası farklılaşmasını en iyi açıklayan değişkenin, benzinli motorlara nazaran son yıllarda daha iyi performans gösteren dizel motor yakıt ekonomisi olduğu ortaya konulmuştur.

Türkiye'de binek otomobil filosuna ait üç akaryakıt türünde yakıt ekonomisi değerlerinin tutulduğu resmi istatistiki veri bulunmamaktadır. Bununla birlikte Küresel Yakıt Ekonomisi İnisiyatifi tarafından yayımlanan raporda, Türkiye otomobil piyasasının yakıt ekonomisi değerleri 2013 yılında 5,3 lge²²/100 km olarak verilmektedir. Bu değer, AB ülkeleri (İtalya 5,3 lge/100 km, Almanya 5,7 lge/100 km, Fransa 5 lge/100 km) ortalamasında olup, OECD ortalamasının (6,9 lge/100 km) ise altındadır (Körner,

²² Lge: Benzin eşdeğeri litrenin kısaltmasıdır. Lge/100 km ise her 100 km'de benzin eşdeğeri tüketilen litre yakıt anlamına gelmektedir.

Cazzola, ve Cuenot, 2014). AB otomobil piyasasının özellikle Gümrük Birliği sonrası Türkiye otomobil sanayi için en önemli ihracat pazarı olması nedeniyle, yurtiçi talebin AB ile uyumlu şekillenmesi neticesinde Türkiye ve AB ortalama yakıt ekonomi değerlerinin yakınsaması tutarlı görülmektedir. Öte yandan, Körner vd. (2014)'de sunulan yakıt ekonomisi değerlerinin esas itibariyle trafiğe yeni çıkan (o yıl satılan) otomobillerden elde edilmiş olması nedeniyle, otomobil filosunun geneli ya da stok için ortalama yakıt ekonomisi değerleri elde edilememektedir.

Türkiye otomobil filosunun üç akaryakıt türünde ortalama yakıt ekonomisi değerleri bu çalışmada girdi olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından trafik tescil işlemleri sırasında tutulan ve TÜİK tarafından derlenen 2015 yılı sonu itibariyle mevcut otomobil envanterinden faydalanılmaktadır. Elde edilen otomobil envanteri verisi, otomobiller için marka, yılı, yakıt türü, silindir hacmi ve adet olarak sınıflandırılabilir. Öte yandan, aynı marka aracın aynı model yıl, yakıt türü ve silindir hacminde genelde birden fazla alt modeli (farklı marka türü, donanım, vites türü vb.) olmasına rağmen, envantere alt model bazında bir ayırtırmaya gidilmeyerek, verilerin toplulaştırıldığı görülmektedir. Bu toplulaştırılmış sınıflandırmada, 2015 yılı sonu itibariyle 5,104 adet otogazlı otomobil türü, 6.076 adet benzinli otomobil türü ve 4.241 adet dizel otomobil türü bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, Türkiye otomobil filosunun akaryakıt türlerinde (dizel, otogaz ve benzin) ortalama yakıt ekonomisi değerlerinin hesaplanabilmesi için toplam 15.421 adet otomobil türünün her biri için yakıt ekonomisi değerlerinin derlenmesi gerekmektedir. Öte yandan eldeki otomobil tür envanterinde gerekli detay bilgilerin (otomatik/manuel şanzuman vb.) olmaması her bir model otomobil için yakıt ekonomisi değerinin elde edilmesini güçleştirmektedir.

Bilindiği üzere yakıt ekonomisi, otomobillerin marka ve model gibi standart özellikleri dışında birçok faktörden etkilenmektedir. Yakıt ekonomisinde farklılık oluşturan en önemli faktörler, sürücü davranış ve alışkanlıklarıdır. Durma, kalkma sıklıkları, hız gibi değişkenler otomobil yakıt verimliliğini etkilemektedir. Yakıt verimlilik hesabına etki eden sürücü alışkanlıkları dışındaki diğer faktörler, çevresel etkiler adı altında toplanabilmektedir. Kentiçi kullanım ve şehirler arası kullanımda yakıt tüketim değerlerinin farklılaşması, çevresel etkilere bir örnek teşkil etmektedir. Yolun veya

coğrafyanın yapısı, arazi ve iklim koşulları da yakıt verimliliğine etkileyen diğer etkenlerdir. Sonuç olarak, otomobillerin ortalama yakıt ekonomisi değerlerinin fabrika değerlerinden farklı olduğu ve bu fabrika değerlerinden sapmanın hesaplanmasının oldukça kapsamlı bir araştırma gerektirdiği bilinmektedir. Öte yandan bu çalışmadaki optimizasyon probleminde girdi teşkil eden yakıt verimliliği değerleri tüketicinin değiştirebileceği bir içsel değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu çerçevede, çevresel koşullar gibi yakıt verimliliğini etkileyen ancak değiştirilmesi imkânsız veya oldukça zor olan yakıt ekonomisini etkileyen dışsal faktörler ihmal edilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan yakıt verimliliği değerleri binek otomobil filosunun yalnız standart özelliklerini kapsayan, sürücü alışkanlıkları ve dışsal etkenlerden ayrı olan ve bu nedenle mutlak olmaktan öte, görece olarak anlam ifade eden bir gösterge niteliğinde varsayılmaktadır. Bu nedenlerle yakıt verimliliğine yönelik bu çalışmada yapılan tahmin, gerçeği tam ifade etmemekle birlikte, üç akaryakıt türü için mutlak büyüklüklerinden ziyade göreceli büyüklükleri yansıtmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle, otomobil envanteri her bir akaryakıt türünde motor hacimlerine göre 1,3 litre ve altı, 1,3 - 1,4 litre arası, 1,5 - 1,6 litre arası, 1,6 – 2 litre arası ve 2 litre üstü olmak üzere altı kategoriye ayrılmaktadır. Daha sonra her bir akaryakıt türü için 1983-2015 yılları arasında her yıla ilgili motor hacmi kategorisinde toplam otomobil sayısı değerlerinin atandığı 33×6 (yıl $\times$ motor hacmi) boyutlarında bir matris elde edilmektedir. Benzer şekilde, her bir yıl ve motor hacmi kategorisi için otomobil profili incelenerek, o profile uygun seçilen ortalama yakıt verimliliği değerlerinin atandığı 33×6 (yıl $\times$ motor hacmi) boyutlarında bir değer matrisi oluşturulmaktadır. Son olarak değer ve miktar matrisleri kullanılarak ağırlıklı ortalama hesaplanmakta ve ilgili akaryakıt türünde ortalama yakıt ekonomisi değerleri elde edilmektedir.

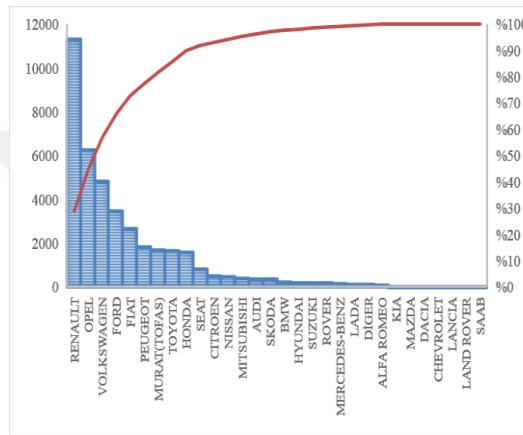
Değer matrisinin her bir satır ve sütununun karşılık geldiği ilgili yıl ve motor hacim grubunu temsil ettiği düşünülen yakıt ekonomisi değerlerinin belirlenmesinde, envantere dönülerek envanter profilinden faydalanılmaktadır. Belirli yıl ve motor hacminde onlarca marka bulunmasına rağmen, miktar olarak tüketici tercihlerinin belirli markalar üzerinde yoğunlaştığı ve ilgili markaların piyasa payının baskın olduğu görülmektedir. Tablo 1’de trafiğe 2000 yılında tescil ettirilen 1501-1600 silindir motor hacmindeki benzinli ve dizel

otomobil marka dağılımı şekilleri verilmektedir. Şekil 12’de sunulan dağılım grafiğinden anlaşılacağı üzere, aynı yıl ve motor hacmindeki benzinli otomobil piyasasında beş model piyasanın %80’ine hakimdir. Dizelde neredeyse bir marka model otomobil piyasanın tamamına hakim görünmektedir.

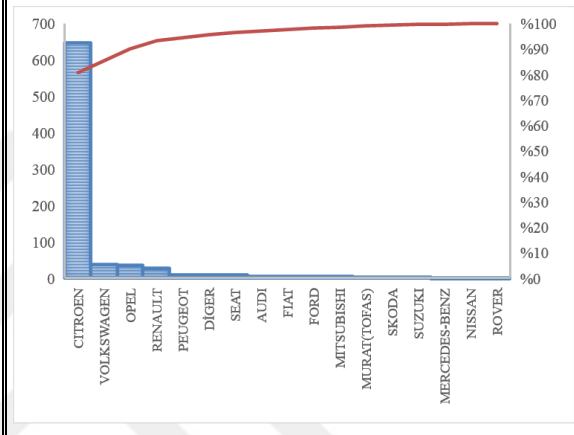
Şekil 12: Belirli Bir Tescil Yılı ve Motor Hacmi için Otomobil Marka Dağılım Örneği

2000 Model 1501-1600 Silindir Motor Marka Dağılımı

Benzin



Dizel



Dolayısıyla belirlenen kategoride yakıt verimliliğinin elde edilmesi için tüm marka model araçlar yerine, o kategoriyi en iyi temsil eden bir veya birkaç marka model için verilerin derlenmesinin yeterli olacağı kanaatine varılmıştır. Bu çerçevede, mevcut envanterdeki model yılı, otomobil markası, silindir hacim değerleri kullanılarak ilgili markanın resmi internet sayfasında ilan edilen fabrika çıkış verisinden ve ikinci el otomobil satış internet sitelerinde²³ bildirilen değerlerden faydalanılmış ve yakıt verimliliği değerleri ilgili değer matrisine işlenmiştir.

Bu yöntem ile yapılan hesaplamalar sonucunda Türkiye için akaryakıt yoğunluğu (yakıt ekonomisi/verimliliğinin tersi) değerleri benzin için $g = 7,5$ litre/ 100 km, dizel için ise $\tilde{d} = 4,8$ litre /100 km olarak elde edilmektedir. Bu değerler Almanya'nın $g = 7,9$ litre/ 100 km, dizel için ise $\tilde{d} = 6,7$ litre /100 km değerleri ile kıyaslandığında²⁴, dizelin aksine benzin yoğunluğunda değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Türkiye dizel

²³ www.sahibinden.com veya www.arabam.com

²⁴ Tscharaktschiew (2014)

değerlerinin düşük olmasının, 2000'li yılların başından itibaren gelişen talep doğrultusunda Almanya'ya göre Türkiye'nin oldukça yeni model dizel otomobil filosuna sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Otogaz benzine göre daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olduğundan, aynı kilometre için benzine göre daha çok otogaz tüketilmektedir. Kore'de aynı model (Sonata 2.0) aracın benzin ve otogaz tüketim değerleri karşılaştırıldığında, otogazın benzine göre akaryakıt tüketim oranı 1,4 olarak tespit edilmektedir (K.-M. Lim, Kim, Kim, ve Yoo, 2012). Benzer şekilde, Avustralya'da 2006 yılında Ford BF Falcon XT model otomatik vites aracın benzinli motorunun otogaz kullanımına uygun alternatifi karşılaştırıldığında, otogazın benzine göre akaryakıt tüketim oranı 1,46 olarak tespit edilmektedir. Isakower ve Wang (2014)'e göre, otogaz kullanımına uygun üretilmemiş ama sonradan otogaz dönüşüm gerçekleştirilen araçlarda bu oran, 1,46'dan da büyük beklenmelidir. Bu çalışmada on yaşından büyük benzinli araçların otogaz dönüşümünün tüketici tarafından daha cazip görüldüğü de dikkate alınarak otogaz yoğunluğu, benzin akaryakıt yoğunluğunun 1,5 katı kabul edilmekte ve 11,3 litre /100 km varsayılmaktadır. Otogaza dönüşüm sistemlerinin montaj maliyetleri, marka türlerine bağlı olarak 2016 yılı için 1.100 TL ile 6.500 TL arasında değişim göstermektedir. Bu yatırımın geri dönüş süresi, yapılan mesafe (kilometre) ve benzin-otogaz satış fiyatları arasındaki farktan elde edilen tasarruf ile doğrudan ilgilidir. Dolayısıyla otogaz dönüşümünün fizibil (feasible) bir yatırım olabilmesi, benzin/otogaz satış fiyat oranının büyüklüğüne ve yıllık ortalama kilometre değerinin yüksekliğine bağlıdır. Bu çerçevede otogazlı otomobillerin benzin ve dizel alternatifine göre yıllık kilometre değerinin daha yüksek olması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında bu üç akaryakıt türünde yıllık ortalama kilometre değerlerinin de elde edilmesi gerekmektedir. Hanehalkının üç akaryakıt türünde ortalama kilometre yolculuk değerlerini açıklayan resmi bir veriye ulaşılamamakla birlikte, TÜVTÜRK verilerinden hareketle elde edilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. İlgili mevzuat gereği otomobillerin ilk üç yaş ve sonrası iki yılda bir muayene edilmesi yasal bir zorunluluk olarak getirilmiş olup, muayene sorumluluğu özel bir şirket olan

TÜVTÜRK'e tahsis edilmiştir. TÜVTÜRK tarafından yapılan muayenelerde tutulan otomobillerin kilometre bilgileri, toplulaştırılmış olarak Tablo 1'de sunulmuştur:²⁵

Tablo 1: Akaryakıt Türlerine Göre Binek Otomobillerin Yıllık Kilometre Değerleri

Akaryakıt Türü	2014 Yılında İlk Kez Muayene Olan Araçlar			2015 Yılında İlk Kez Muayene Olan Araçlar			Ortalama Tahmin
	Araç Sayısı	Toplam (milyon km)	Yıllık Ortalama (km/araç)	Araç Sayısı	Toplam (milyon km)	Yıllık Ortalama (km/araç)	Yıllık (km/araç)
Benzin	339.217	11.233	11.038	319.287	10.338	10.793	10.916
Dizel	773.401	33.610	14.486	588.581	22.261	12.607	13.547
Otogaz	97.337	6.713	22.990	76.329	4.785	20.897	21.944

Kaynak: TÜVTÜRK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

Tablo 1'den hareketle, 2014 yılında 21.372.124 hanehalkının toplam otomobil kullanımı 168,381 milyar km olarak hesaplanmaktadır²⁶. Bu durumda hanehalkı başına yıllık araç km değerinin $M = 7.879$ km olduğu bulunmaktadır. Hesaplamalar detaylandırıldığında, toplam araç km değerinin %55'i otogazlı, %27'si dizel ve %18'i benzinli otomobillerle gerçekleştirilmekte olduğu görülmektedir. Daha açık bir şekilde ifade edilirse, hanehalkının 2014 yılında 4.356 km otogazlı (M_{LPG}), 2.116 km dizel (M_D) ve 1.407 km benzinli otomobil (M_G) kullandığı görülmektedir.

Çalışma kapsamında Türkiye için karayolunda ortalama trafik serbest akış hızına ait veriye de gereksinim vardır, ancak bu doğrultuda resmi bir veriye ulaşılamamaktadır. Bu nedenle, bir dizi ara verilere dayanarak bu değişkenin elde edilmesi yoluna gidilmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2014 yılı için derlediği istatistiklerde, şehirlerarası yollarda (otoyol, devlet ve il yolları) toplam taşıt km değeri 72,862 milyar km olarak verilmektedir (KGM, 2015)²⁷. Bu durumda, toplam otomobil km değerinin %42'ü

²⁵ Ancak bu veride plaka bilgilerine ulaşılamadığından birebir eşleştirme mümkün olamamıştır. Ancak ilk üç yılında ilk kez muayene olan araçların kilometre bilgilerinden hareketle Tablo 2'de gösterildiği şekilde ortalama kilometre değerleri hesaplanabilmektedir.

²⁶ Toplam otomobil kullanımı her bir yakıt türü için Tablo 2'den elde edilen ortalama yıllık kilometre değerlerinin karşılık gelen trafiğe tescil edilmiş otomobil sayıları ile çarpımından elde edilmektedir.

²⁷ KGM (2015)'e göre 2014 yılında Otoyol 'da 12.573 otomobil km, Devlet Yolu'nda 49.576 otomobil km ve İl Yolu'nda 10.713 taşıt km olmak üzere toplam 72.862 otomobil km olarak gerçekleşmiştir.

şehirlerarası trafikte %58'i ise kırsal ve kentiçi trafikte meydana gelmektedir²⁸. Otomobil için yasal hız sınırları yerleşim yeri içinde 50 km/saat, şehirler arası çift yönlü karayollarında 90 km/saat, bölünmüş yollarda 110 km/saat ve otoyollarda ise 120 km/saat olarak belirlenmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından açıklanan ölçüm verilerine göre devlet ve il yollarında ortalama hız 89 km/saat olarak gerçekleşmektedir (KGM, 2015). Eldeki verilerle kentiçi ve kırsal trafik değerlerinin ayrıştırılması mümkün olmamakla birlikte, bu doğrultuda büyükşehirlerde kayıtlı araç filosu büyüklüğünün yol gösterici olabileceği değerlendirilmektedir. TÜİK Yıllara Göre İl Nüfusları veritabanına göre, 1 milyon ve üzeri araç sahibi olan ve nüfus yoğunluğu yüksek 25 tane büyükşehir olduğu tespit edilmektedir. Buna göre, büyükşehirlerde otomobil filosunun toplam içindeki payı %80 olarak hesaplanmaktadır. Bu oranın Türkiye'deki kentleşme oranıyla paralellik arz ettiği ve kentleşmenin bir yansıması olduğu açıkça görülmektedir. Kısaca, kentiçi ve kırsal trafik oranlarının da bu orana uyumlu dağılması beklenmektedir. Bu varsayımlar altında Türkiye için ortalama trafik serbest akış hızı hesaplaması Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2: Serbest Trafik Akışı Altında Ortalama Hız Hesabı

	Parametreler	Karayolu Sınıfı (**)			
		Kentiçi	Kırsal	Devlet ve İl Yolu	Otoyol
A	Ortalama Hız (km/saat) (*)	50	40	89	120
B	Trafik Ağırlığı (%)	46	12	35	7
C	= A X B	23	4,8	31	8,4
D	Serbest Trafik Akış Hızı (km/saat)	$\sum C = 67$			
(*) Yasal limitler 50 km/saat olmasına rağmen karayolu standartları nedeniyle kırsal da bu oran %20 azaltılmıştır. Kentiçi ve kırsal ayrımında trafik %80 ve %20 olarak ayrılmıştır.					
(**) BY: Bölünmüş Yol, ÇY: Çift Şeritli Yol					

Tablodan görüldüğü üzere, trafik sıklığından bağımsız ülke geneli serbest akım trafik hızı, $1/\xi_1 = 67$ km/saat olarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla kilometre başına serbest akan trafikte geçen süre, $\xi_1 = 0,015$ saat/km olarak belirlenmektedir.

²⁸ Şehirlerarası trafik kendi içinde bölümlere ayrılırsa, toplam otomobil km değerinin %7'si otoyol, %29'u devlet yolu ve %6'sı il yollarında gerçekleşmektedir.

Çalışmada gereken bir diğer veri, Türkiye için hanehalkının trafikte geçen zaman değeridir. Literatürdeki çalışmalar, trafikte geçen (seyahat) zaman değerini ortalama brüt ücretin yarısı olarak belirlemektedir (I. W. Parry ve Timilsina, 2010; Small, 2012; Small ve Verhoef, 2007; Tscharaktschiew, 2014; Wolff, 2014). TÜİK İşgücü İstatistikleri ve Kazanç İstatistiklerine göre, yıllık ortalama brüt ücret 2014 yılında 26.032 TL olarak verilmekte olup, saatlik ortalama brüt ücret 9,64 TL/saat olarak hesaplanmaktadır (TÜİK, 2015). Bu durumda hanehalkının zaman değeri Türkiye için $\theta = 4,82$ TL /saat olarak hesaplanmaktadır.

Çalışmada kullanılan akaryakıt tüketim fiyatları, EPDK tarafından açıklanan 2014 yılı yıllık ortalama fiyat raporundan elde edilmektedir. Buna göre benzin pompa fiyatı (Kurşunsuz 95 Oktan) $P_G = 4,91$ TL/litre, dizel (motorin) fiyatı $P_D = 4,35$ TL/litredir. ÖTV oranları ise benzin ve dizelde sırasıyla $\tau_G = 2,18$ TL/litre, $\tau_D = 1,59$ TL/litre²⁹ olarak verilmektedir (EPDK, 2015a). Otogaz fiyatı da $P_{LPG} = 2,79$ TL/litre ve ilintili ÖTV oranı ise $\tau_{LPG} = 0,88$ TL/litre³⁰ olarak bildirilmektedir (EPDK, 2015b). Akaryakıt ürünlerinde KDV oranı $\tau_F = 0,18$ olduğundan, benzin, dizel ve otogazın üretici fiyatları p_G , p_D ve p_{LPG} sırasıyla 1,98 TL/litre, 2,1 TL/litre, 1,48 TL/litre olarak hesaplanmaktadır.

TÜİK 2014 Yılı Hanehalkı Bütçe Anketi verileri kullanılarak, akaryakıt dışı yıllık ortalama hane halkı harcaması $P_X X = 31.176$ TL olarak hesaplanmaktadır. Tüketim sepeti üretici fiyatı baz yılı gösterge niteliğinde $p_X = 100$ TL/birim olarak varsayılmaktadır. Tüketim KDV oranı Türkiye için %0, %1, %8 ve %18 olmak üzere ürün gruplarına göre değişken oranlarda belirlendiğinden, 2014 Yılı Hanehalkı Bütçe Anketinde tüketim ağırlıklarına göre yapılan hesaplama sonucunda, ortalama KDV oranı $\tau_z = \%10$ olarak bulunmaktadır. Buna göre, $P_X = 110$ TL/birim ve dolayısıyla başlangıç tüketim değeri $X = 283$ birim olarak belirlenmektedir. Bütçe anketine göre, hanehalkı yıllık kullanılabilir geliri 37.513 TL olarak elde edilmekte ve tüketim vergisi harcamalarının harcanabilir gelir içindeki payını gösteren parametre (π) 0,08 olarak hesaplanmaktadır (TÜİK, 2014). Son olarak, marjinal gelir vergisine ilişkin parametreye gereksinim vardır. Bunun için ampirik literatürden yararlanılmaktadır. Örneğin, Güler (2016) 2014 yılı için OECD

²⁹ Benzin için 2,1765 TL/litre ve dizel için 1,5945 TL/litre olan ÖTV değerleri yuvarlanmıştır.

³⁰ Otogaz ÖTV değeri 1,5780 TL/kg olup 0,54 kg/litre yoğunluk ile düzeltilerek litre fiyatı elde edilmiştir.

ülkelerinde gelir vergisinin ücretliler üzerinde oluşturduğu etkinlik kaybını belirlediği çalışmada marjinal gelir vergisini $\tau_L=0,328$ olarak ifade etmektedir. Güler (2016)'ın çalışmasının konu ve kapsam olarak bu çalışma ile örtüşmesi nedeniyle, elde edilen bu marjinal gelir vergisi oranının kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan temel parametreler öncelikle tüketicilerin mevcut ulaşım ve tüketim alışkanlıkları ile ilintilidir. Tespit edilen bu parametre değerleri Tablo 3'de verilmektedir.

Türkiye için dizel yoğunluk değerinin gelişmiş ülke örnekleri ile kıyaslandığında oldukça düşük kabul edildiği (Almanya için $\tilde{d} = 0,067$)³¹ görülmektedir. Özellikle dışsallık maliyetlerinin belirlenmesinde önemli bir girdi olan dizel yoğunluğunun duyarlılık analizlerinde dikkate alınmasının kritik olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Ulaşım ve Tüketim Verileri

TANIM	SEMBOL	DEĞER	BİRİM
Başlangıç benzin yoğunluğu	g_0	0,075	l/km
Başlangıç otogaz yoğunluğu	$\tilde{p}_0$	0,113	l/km
Dizel yoğunluğu	$\tilde{d}$	0,048	l/km
Başlangıç benzinli araç km	M_G^0	1.407	Km
Başlangıç dizelli araç km	M_D^0	2.116	Km
Başlangıç otogazlı araç km	M_{LPG}^0	4.356	Km
Başlangıç genel tüketim seviyesi	X^0	283	Birim
Harcanabilir gelirden tüketim vergisi payı	π	0,08	%
Serbest akım trafik süresi	ζ_1	0,015	saat/km
Trafik sıkışıklığı fonksiyon parametresi	ζ_2	0,383	-
Trafik sıkışıklığı fonksiyon parametresi	ζ_3	4	-
Seyahat zaman değeri	θ	4,82	TL/saat

Fiyatlar ve vergilerle ilgili veriler ise Tablo 4'de verilmektedir. Bu veriler net bir şekilde elde edilebildiğinden, duyarlılık analizlerinde sabit kabul edilecektir.

³¹ Tscharaktschiew (2014)

Tablo 4: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Fiyat ve Vergi Verileri

TANIM	SEMBOL	DEĞER	BİRİM
Benzin üretici fiyatı	p_G	1,98	TL/l
Dizel üretici fiyatı	p_D	2,10	TL/l
Otogaz üretici fiyatı	p_{LPG}	1,48	TL/l
Genel tüketim malları sepeti fiyatı	p_X	100	TL/birim
Başlangıç benzin vergisi	τ_G^0	2,18	TL/l
Başlangıç otogaz vergisi	τ_{LPG}^0	0,88	TL/l
Dizel vergisi	τ_D^0	1,59	TL/l
Tüketim KDV oranı	τ_z	0,10	%
Akaryakıt KDV oranı	τ_F	0,18	%
Ücret (emek) vergi oranı	τ_L	0,328	%

3.2. DAVRANIŞSAL PARAMETRELER

Bu kısımda benzin ve otogaz tüketiminin kendi ve çapraz fiyat esnekliklerine ve araç-km kullanımının fiyat esnekliklerine ilişkin parametre değerleri elde edilmektedir. Bu amaçla mevcut ampirik literatürden yararlanılmaktadır. Bu çerçevede esneklik değerlerinin tartışılması ve uzun dönemli etkilere odaklanması planlanmaktadır.

3.2.1. Benzin Talebinin (Kendi) Fiyat Esnekliği

Değişen vergi (ÖTV) oranları karşısında hanehalkının yolculuk davranışındaki değişim, benzin akaryakıt türü için esneklikler cinsinden ε_G , ε_g , ε_{M_G} , $\varepsilon_{M_{LPG}}^G$ ve $\varepsilon_{M_D}^G$ parametreleri ile izlenmektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, benzin talebinin kendi fiyat esnekliği $\varepsilon_G = \varepsilon_{M_G} + \varepsilon_g$ olarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla benzin esnekliği, yakıt yoğunluğu ve araç km'nin bir fonksiyonudur.

Benzin talebinin kısa dönem ve uzun dönem fiyat esneklikleri üzerine oldukça geniş bir literatür bulunmaktadır. Genel olarak, daha yüksek benzin fiyatları karşısında tüketim alışkanlıklarının değişmesi zaman alacağından, kısa dönem fiyat esnekliklerinin uzun döneme göre oldukça küçük olması, diğer bir ifadeyle fiyat hassasiyetinin kısa döneme göre uzun dönemde daha büyük olması beklenmektedir (Brons, Nijkamp, Pels, ve

Rietveld, 2008; Espey, 1998; Graham ve Glaister, 2002). Bu literatürün önemli bir bölümünde, ulusal düzeyde toplulaştırılmış çapraz kesit veya zaman serisi veri kümeleri kullanılmaktadır. Konuya yönelik çok sayıda çalışma içinde en önemli kılavuz, geçmiş araştırmalardan elde edilen tahminlerin bir araya getirilerek derlendiği ve değerlendirildiği meta analiz çalışmalarıdır. Bu çalışmaların içinde öne çıkanlar burada özetlenmeye çalışılmaktadır (Tablo 5).

Benzin esnekliğine yönelik gerçekleştirilen meta analiz çalışmalarına ilk örnek olarak Espey (1998) çalışması ele alınmaktadır. Espey (1998) tarafından gerçekleştirilen meta analizle, benzin esnekliği üzerine yapılan 1966 ve 1997 yılları arasındaki çalışmalarda sistematik olarak fiyat ve gelir esnekliği tahminlerini etkileyen faktörler tespit edilmeye çalışılmaktadır. Dört ekonometrik model, daha önceki çalışmaların uzun dönem, kısa dönem ve gelir esnekliklerini bağımlı değişkenler olarak, zaman aralığı, gecikme (lag) yapısı, ülke, tahmin tekniği ve modellerin diğer yapısal özelliklerini de açıklayıcı değişkenler olarak tanımlamaktadır. Yapılan çalışmada, esneklik tahminlerinin araç sahipliği göstergelerinin dikkate alınıp alınmaması durumuna hassas olduğu ve statik modellerin kısa dönem esneklikleri büyük, uzun dönem esneklikleri küçük tahmin ettiği gözlemlenmektedir. Özellikle kısa dönemde ülkeler arasında talep esnekliklerinin değişim gösterdiği, benzin talebinin fiyata zamanla daha fazla esnek ve gelire daha az esnek görüldüğü bulunmaktadır. Espey (1998), 277 uzun dönem fiyat esnekliği, 245 uzun dönem gelir esnekliği, 363 kısa ve orta dönem fiyat esnekliği ve 345 kısa ve uzun dönem gelir esnekliği tahmin çalışmasını inceledikten sonra, uzun dönem fiyat esnekliğini ortalama -0,58, gelir esnekliği ise 0,88 olarak elde etmektedir.

Agras ve Chapman (1999)'in meta analiz çalışmasında, akaryakıt tüketiminin yakıt verimliliği (km/litre) ve araç km'nin (km) bir fonksiyonu ($Q = \text{Araç km} / \text{Yakıt Verimi}$) olmasından hareketle, araç km ve yakıt verimliliği olmak üzere iki bağımlı değişken için benzin fiyatı ve gelir başta olmak üzere çeşitli değişkenler kullanılarak yapılan geçmiş dönem ekonometrik analiz tahminlerini incelemektedir. Burada $\ln Q = \ln \text{Araç km} - \ln \text{Yakıt Verimi}$ şeklinde tanımlanan denklem kullanılarak, benzin için fiyat ve gelir

Tablo 5: Benzin Talep Esnekliği Literatür Taraması

Makale	Veri Tipi	Zaman Aralığı	Yöntem	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Hausman ve Newey (1995)	Tekrarlanan çapraz kesit	1979-1981	YP	-	-0.81
Haughton ve Sarkar (1996)	Panel /ABD	1970-1991	SEKK, GBD	-0.12 ; -0.17	-0.23 ; -0.35
Schimek (1996)	Zaman serisi/ ABD	1950-1994	SEKK, GBD	-0.12	-0.7
Schmalensee ve Stoker (1999)	Çapraz kesit	1988-1991	SEKK, YP	-	-0.29 ; -1.1
Small ve Van Dender (2007)	Tekrarlanan çapraz kesit	1997-2001	3SLS, GBD	-0.08 , -0.16	-0.38, -0.56
C.-Y. C. Lin ve Prince (2009)	Zaman serisi	1970-2007	SEKK, GBD, IV	-	-0.22
C. Y. C. Lin ve Prince (2013)	Zaman serisi	1990-2012	SEKK / Dinamik	-0.03; -0.118	-0.244, -0.285, -0.293
Wadud, Graham, ve Noland (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1997-2002	SEKK, RE	-	-0.5
Wadud, Noland, ve Graham (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1997-2002	YP	-	-0.21 ; -0.63
Hymel, Small, ve Dender (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1966-2004	3SLS, MI	-0.075	-0.36
Hymel vd. (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1984-2004	3SLS	-0.054	-0.18
Manzan ve Zerom (2007)	Tekrarlanan çapraz kesit	1991-1994	YP	-	-0.2 ; -0.5
Espey (1998)	Meta-analiz	1966-1997		-0.26	-0.81
Agras ve Chapman (1999)	Meta analiz	1982-1995		-0.25	-1.19
Graham ve Glaister (2002)	Meta analiz	-	-	-0.2 ; -0.3	-0.6 ; -0.8
Goodwin, Dargay, ve Hanly (2004)	Meta analiz	-	-	-0.25	-0.64
Brons vd. (2008)	Meta analiz		SUR	-0.34	-0.84
Dahl (2012)-Türkiye Tahmini	Meta analiz	-	-	-0,19	-0,29
Havranek, Irsova, ve Janda (2012)	Meta analiz	-	-	-0.09	-0.31
Baranzini ve Weber (2013)	Zaman serisi /İsviçre	1970-2008	SEKK, GBD	-0.09	-0.34
Sene (2012)	Zaman serisi/Senegal	1970-2008	SEKK, GBD	-0.12	-0.30
YP: Yarı Parametrik, SEKKK:Sıradan En Küçük Kareler, GBD: Gecikmeli Bağımlı Değişken, 3SLS: 3 Aşamalı En Küçük Kareler, IV:Araç Değişkenler, RE:Rassal Etkiler, MI:Çoklu Veri Atama					

esneklikleri tahmin edilmektedir. Agras ve Chapman (1999) uzun dönem yakıt verimliliğinin benzin fiyat esnekliğini 0,51 ve araç km fiyat esnekliğini -0,68 olarak tahmin etmektedir. Bu durumda benzin tüketiminin kendi fiyat esnekliği -1,19 olarak elde edilmektedir.

Graham ve Glaister (2002), hem kısa hem de uzun dönem esneklik tahminlerinin büyüklük bakımından konu edildiği coğrafyaya göre değiştiğini ileri sürmektedir. Uzun dönem fiyat esnekliğinin, ABD geneli -0,23 değerinden OECD geneli -1,35'e, ABD içinde eyaletlerde -0,23'den -0,8'e, OECD ülkeleri içinde -0,75'den -1,35'e değişim gösterdiği vurgulanmaktadır. Ayrıca Graham ve Glaister (2002), kullanılan veri türü (çapraz kesit, zaman serisi ve panel gibi) ve ekonometrik yöntemlerin de büyüklükler üzerinde etkili olduğunu savunmaktadır. Bu çerçevede Graham ve Glaister (2002) üç önemli sonuca dikkat çekmektedir. İlk olarak, benzinin kısa ve uzun dönem esneklikleri arasında önemli farklılıklar vardır. Diğer bir ifadeyle uzun dönemde tüketiciler birebir olmasa da fiyatlara tepki göstermektedir. İkincisi hem kısa hem de uzun dönemde benzin fiyatlarının trafik seviyesi üzerindeki etkisi benzin tüketimine nazaran daha düşük gerçekleşmektedir. Bu nedenle benzin fiyatlarının yükseltilmesi trafik hacminin düşürülmesinden ziyade, yakıt tüketiminin azaltılmasında daha etkin bir politika aracı olmaktadır. Son olarak, otomobil talebi büyük oranda gelire bağlı olduğundan, mevcut seviyede akaryakıt tüketiminin tutulabilmesi için, fiyatların gelir artışından daha hızlı artması gerekmektedir. Uzun dönemli benzin gelir esnekliği 1,1 ile 1,3 arasında değişmektedir.

Goodwin vd. (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışma, esas itibarıyla 1990'dan sonra yapılan tahmin çalışmalarının tahmin havuzuna eklendiği revize bir meta araştırmadır. Çalışmada araç km ve yakıt verimliği parametreleri ve bunların fiyat esneklikleri de dikkate alınarak tahmin yürütülmüştür. Brons vd. (2008)'in çalışması ise kullanılan metodoloji bakımından diğer meta analiz çalışmalarından ayrılmaktadırlar. Çalışmada Görünürde İlişkisiz Regresyon (SUR) yöntemi ile çeşitli esneklik gözlemleri birleştirilerek örneklem boyutu artırılmaktadır. Brons vd. (2008) kısa ve uzun dönem fiyat esnekliklerini -0,34 ve -0,84 olarak tahmin etmektedir. Çalışmada hem kısa hem uzun dönemde benzin fiyat değişiminin etkisinin araç sahipliğinden ziyade, yakıt verimliliği

ve araç km parametreleri kaynaklı olduğunu savunulmaktadır. Bununla birlikte, coğrafi alan, yıl, kullanılan verinin türü, zaman aralığı, talep denkleminin fonksiyonel yapısı gibi farklılıkların, benzin talebinin fiyat esnekliği tahmin değerinde önemli etkilerinin olduğunu ileri sürülmektedir.

Dahl (2012), farklı gelir ve fiyat seviyesinde benzinin kendi fiyat ve gelir esnekliğinin, ülkeler için sabit olup olmadığını araştırmaktadır. Dahl (2012) yüksek ve düşük gelir, yüksek ve düşük fiyat seviyelerinde, dizel ve benzinin gelir ve fiyat esneklikleri aynı olarak tespit edemese de, veri yapısında faydalanarak yüzün üzerinde ülke için benzin gelir ve fiyat esnekliği değerleri bulmaktadır. Dahl (2012), hem benzin hem de dizel için yüksek fiyat seviyelerinde daha büyük esneklikler elde etmektedir. Bununla birlikte, daha büyük kişi başı gelir seviyesinde daha yüksek benzin fiyat esnekliği fakat daha düşük dizel fiyat esnekliği tespit etmektedir. Benzin için fiyat esnekliğinin -0,11 ile -0,33, dizel için ise -0,13 ile 0,38 arasında değiştiği görülmektedir. Gelir esnekliği bakımından, daha düşük kişi başı gelirden daha büyük gelire geçiş boyunca benzinin gelir esnekliğinin düştüğü tespit edilmektedir. Dizel verisinin yetersizliği nedeniyle, istatistiksel olarak dizel için bu yönde bir çıkarım yapılamadığı görülmektedir. Dahl (2012), Türkiye için uzun dönem benzin fiyat esnekliğini -0,29, gelir esnekliğini ise 0,57 olarak hesaplamaktadır.

Havranek vd. (2012)'nin meta analiz çalışması, önceki çalışmalarda gerçekçi olmayan büyük negatif tahmin değerlerine sıklıkla karşılaşılmamasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı olmayan veya pozitif esneklik tahminlerinin daha az bildirilmesi nedeniyle, seçim açısından istatistiksel bir yanlılık oluştuğunu savunmaktadırlar. Bu yanlılığın, hem kısa hem de uzun dönem esnekliklerini iki kat büyük gösterdiğini ileri sürmektedirler. Havranek vd. (2012) benzin esnekliklerini genel beklentilerden daha küçük tahmin etmektedirler.

Yapılan çalışmalar analiz edildiğinde, ilk olarak kısa ve uzun dönem farklılıklar dikkat çekmektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, uzun dönem ile kısa dönem arasındaki temel fark, uzun dönemin tüketicinin yeni oluşan fiyatlara uyum sağlamasına ve davranış değişimi ile tepki göstermesi için yeter süreyi içermesinden kaynaklanmaktadır. Öte

yandan esnekliklerin zaman boyutu, kullanıldıkları veri bağlamında değerlendirilmektedir. Örneğin kullanılan veri aylık ise, esneklik tahmini aylık olarak anlaşılmaktadır. Ancak sabit etkiler bulunmuyorsa, verinin zaman periyodu uzun dönem ve kısa dönem ayırıştırmasında önem kazanmaktadır. Eğer kesit verisi kullanılıyorsa, esneklikler uzun dönem olarak tanımlanmaktadır. Bu yorum, uzun döneme dayalı esnekliklerin belirlenmesinde fiyat farklılıkları veya bölgeler arası durağan durum (steady state) farklılıklarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Kısa ve uzun dönem esnekliklerin belirlenmesinde dinamik model yaklaşımı da kullanılmaktadır. Değişimin tanımlandığı zaman aralığında tek bir esneklik tahmininin elde edilmesi beklenirken, birçok analizde denklemin içine gecikmeli bağımlı değişken ilave edilerek hem uzun hem de kısa dönem esnekliklerin tahmin edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Akaryakıt tüketiminde gözlemlenen atalet (inertia) etkilerini içerdiğinden, bu yaklaşım “kısmi uyarılma süreci” (partial adjustment process) olarak adlandırılmaktadır. Çoğu çalışmada³² kullanılan bu dinamik model, şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\log(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 \log(P_t) + \beta_2 \log(Y_{t-1}) + \beta_3 \log(X_t) + \varepsilon_t \quad (58)$$

Denklem 58’de Y_t zaman serisinde bağımlı değişken (akaryakıt tüketimi), P_t fiyatı ve X_t diğer ortak değişkenleri göstermektedir. Denklemden β_1 kısa dönem fiyat esnekliğini ifade etmektedir. Uzun dönemi elde etmek için, uzun dönemde sistemin durağan duruma erişeceği kabul edilmektedir. Dolayısıyla durağan durumda $\log(Y_t) = \log(Y_{t-1}) \equiv \log(Y)$ olacaktır. Durağan duruma göre düzenleme yapılırsa, Denklem 59 elde edilmektedir.

$$\log(Y) = \beta_0 + \frac{\beta_1}{1-\beta_2} \log(P_t) + \frac{\beta_3}{1-\beta_2} \log(X_t) + \varepsilon_t \quad (59)$$

Burada uzun dönem esnekliği $\frac{\beta_1}{1-\beta_2}$ olarak hesaplanmaktadır. Ancak, Gillingham (2011) bu yöntemi öncelikle akaryakıt tüketiminde teorik olarak böylesi bir durağan durumun

³² Örnek olarak Haughton ve Sarkar (1996); Schimek (1996); Sene (2012) çalışmalarına bakılabilir.

var olup olmadığı noktasında eleştirmektedir. Tüketim geçmişi incelendiğinde, akaryakıt türlerinin tüketiminde dinamik dengenin kurulduğu böyle bir durağan durum söz konusu değildir. Bu eleştiri kullanılan yaklaşımı tamamen reddetmese de, uzun dönem kavramının tartışmalı olduğunu göstermektedir. İkinci önemli nokta ise, sınırlı sayıda verinin bulunduğu durumlarda SEKK yöntemi kullanılarak elde edilen β_2 katsayısının yanlışlığı taşımasıdır. Denklem sistemi basitleştirilerek konu daha iyi anlaşılmaktadır. Buna göre;

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (60)$$

ε_t i.i.d stokastik hata terimi

Yansızlık için $E(\hat{\rho}|Y_{t-1}) = \rho$ olması $E(\varepsilon_t|Y_{t-1}) = 0$ 'ı gerektirmektedir. Öte yandan zaman serisi içinde hareket edildiğinde, $E(\varepsilon_1|Y_0) = E(\varepsilon_1|\varepsilon_0) = \varepsilon_1 \neq 0$ olmaktadır. Dolayısıyla, SEKK yönteminde yansızlık için gerekli olan moment koşulu sağlanmamaktadır. Bununla birlikte SEKK yöntemi hala tutarlı olabilmektedir. Ancak daha kuvvetli bir moment koşulu, $E(\varepsilon_t|Y_{t-1}, \dots, Y_0) = 0$ sağlanması durumunda geçerli olmaktadır. Tabi bu durumda hata terimlerinde otokorelasyon söz konusu olmamalıdır. Otokorelasyonuna dair bir kanıt bulunması durumunda, β_2 tahmininin (kısa dönem esnekliği) güvenilirliği şüpheli görülmektedir. Özellikle hem kısa hem uzun dönem tahmini yapılan çalışmalarda, hata terimlerinde otokorelasyon görülmesi SEKK yöntemini tutarsız kılmaktadır. Ancak otokorelasyon bulunmuyor ve örneklem yeterince büyükse, bu çalışmalar güvenilir görülmektedir.

Bir diğer husus ise, akaryakıt piyasasında fiyat ve miktar eşanlı olarak belirlendiğinden, endojenlik sorunudur. Fiyat ve miktar, hem arz hem de talep yönünden belirlendiğinden, eşanlı denklem sistemi kullanılmadan yapılan tahminler yanlış ve tutarsız olmaktadır. Birçok çalışmada bu sorunun var olduğu görülmektedir. Bu soruna gidermek amacıyla, Davis ve Kilian (2011) benzin üzerindeki aylık vergi değişimlerini araç değişken olarak kullanmaktadır. Öte yandan seçilen araç değişkenin gerçekten dışsal olması önemli bir gerekliliktir. Davis ve Kilian (2011)'in çalışmasına getirilen en önemli eleştiri, benzin fiyatları için benzin vergisinin araç değişken olarak seçilmesine yöneliktir. Yapılan araştırmalar, tüketicilerin vergi artışlarından önce benzin alımında artış, vergi indirimden

önce ise benzin alımında erteleme davranışı gösterdiklerini işaret ettiğinden, beklentilerin fiyat üzerinde etkileri dikkate alındığında, verginin iyi bir araç değişken olmadığı görülmektedir. Ancak Coglianesi, Davis, Kilian, ve Stock (2016), vergi araç değişkeninde beklentileri dikkate alan gecikme ve ilerleme (lead-lag) tanımlamaları yapılmasının, daha güçlü (robust) tahminler üretebileceğini savunmaktadırlar.

Daha yakın tarihli çalışmalardan elde edilen fiyat esneklik tahmin değerlerinde, geçmiş döneme oranla bir azalma dikkat çekmektedir. Small ve Van Dender (2007) 1966-2001 yılları arasında ABD verilerinden hareketle, otomobil filosunun zamanla iyileşen yakıt verimliliğine karşı araç km değerinde görülen artış olarak tanımlanan geri tepme etkisinin, artan gelir ve düşen akaryakıt fiyatları ile zaman içinde azaldığını ortaya koymaktadır. Artan refahla birlikte tüketiciler için zaman daha değerli olmakta (zaman değeri yükselmekte) ve akaryakıt maliyetlerinden ziyade, trafikte geçen zaman önem kazanmaktadır. Benzer şekilde Small ve Van Dender (2007), trafik sıkışıklığı arttıkça tüketicilerin trafikte daha fazla zaman geçirdiklerini ve sürüş maliyetlerinden daha çok, trafik zaman maliyetlerini önemsediklerini savunmaktadır. Literatürde, tüketici davranışlarının benzin fiyatlarına gösterdiği tepkinin azalmasının, akaryakıt fiyatlarındaki değişimin azalmasından kaynaklandığına dair argümanların da öne çıktığı görülmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, mevsimselliği de dikkate alarak, akaryakıt fiyatlarında çok büyük değişimler gerçekleşmediğinde, tüketim tepkiselliğinin pek gelişmediğini bulmaktadır (Hughes, Knittel, ve Sperling, 2006; Small ve Van Dender, 2007).

Ayrıca konuya ilişkin literatürde yarı parametrik yaklaşım örneklerine de rastlanılmaktadır. Model tanımlamalarında bir kısım değişkenlerin parametrik olmasından dolayı, bu model yaklaşımlarını tamamen parametrik dışı olarak sınıflandırmak mümkün değildir. Wadud, Noland, vd. (2010), Schmalensee ve Stoker (1999) ve Manzan ve Zerom (2007) yarı parametrik yaklaşımların birkaç örneğini oluşturmaktadır. Wadud, Noland, vd. (2010) yarı parametrik kullanımının diğer yöntemlere göre büyük bir kazanımının olmadığını gösterdiğinden, yarı parametrik yöntemin ana model yaklaşımı olarak benimsenmesi yerine ana modeli kontrol/sağlama

amaçlı bir yaklaşım olarak kullanılmasının doğru olacağı görülmektedir (Gillingham, Sweeney, Goulder, Harding, ve Weyant, 2011).

Türkiye’de benzin esnekliği üzerine literatürde sınırlı sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir (Tablo 6). Birol ve Guerer (1993) kısmı uyarlama modeli ile kişi başı gelir ve reel akaryakıt fiyatları değişkenlerini kullanarak gerçekleştirdiği analizde, kısa dönem benzin fiyat ve gelir esnekliklerini sırasıyla -0,18 ve 0,39 ve uzun dönem fiyat ve gelir esneklikleri sırasıyla -0,75 ve 1,63 olarak bulmaktadır. Ancak kısa dönem tahminleri istatistiksel olarak anlamlı iken uzun dönem tahminler anlamlı değildir. Deniz (2006), eşanlı belirlenme sorunu nedeniyle vergi, gecikmeli fiyat, dünya petrol fiyatlarını muhtemel araç değişkenler olarak kullanmaktadır. Ancak tanımlanan araç değişkenlerinden tutarlı tahminler üretilemediğinden, Kendiyle Bağlılaşım Dağıtılmış Gecikmeli Model tercih edilmektedir. Buna göre, kısa dönem fiyat esnekliği istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte -0,15, gelir esnekliği ise istatistiksel olarak anlamlı ve 0,58 elde edilmektedir. Uzun dönem fiyat esnekliği istatistiksel olarak anlamlı ve -0,38, gelir esnekliği ise anlamsız ve -0,223 olarak bulunmaktadır.

Tablo 6: Türkiye İçin Benzin Talep Esnekliği Literatür Taraması

Makale	Veri Tipi	Zaman Aralığı	Yöntem	Fiyat Esnekliği		Gelir Esnekliği	
				Kısa Dönem	Uzun Dönem	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Birol ve Guerer (1993)	Zaman serisi	1970-1990 (Y.)	SEKK, KUM	-0,18(*)	-0,75	0,39(*)	1,63
Deniz (2006)	Zaman serisi	1992-2004 (Ç.)	SEKK, IV, DGM, KBDGM	-0,15	-0,38(*)	0,58(*)	-0,223
Erdogdu (2014)	Zaman serisi	2006-2010 (Ç.)	SEKK, KUM	-0,213	-0,481	0,132	0,298
Hasanov (2015)	Zaman serisi	2003-2014 (Ç.)	SEKK, DGM, KUM, KBDGM, HDM	-0,427(*)	-0,537	0,062	0,274
Yalta ve Yalta (2016)	Zaman serisi	2003-2012 (A.)	Bootstraping	-0,25 (*)	-0,20(*)	0,12	0,11
(*) İstatistiksel olarak anlamlı (Y.) Yıllık, (Ç.) Çeyrek Dönem, (A.) Aylık SEKK: Sıradan En Küçük Kareler, KUM: Kısmi Uyum Modeli, DGM: Dağıtılmış Gecikme Modeli, KBDGM: Kendiyle Bağlılaşım Dağıtılmış Gecikme Modeli, HDM: Hata Düzeltme Modeli							

Türkiye için yakın tarih içinde konuya yönelik olarak üç ampirik çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ilki, 2006:2-2010:4 dönemleri arası çeyrek yıllık veri kullanarak, benzin, dizel

ve otogaz akaryakıt talep denklemlerinin tahmin edildiği Erdogdu (2014)'ün çalışmasıdır. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak, bu üç akaryakıt türünün çapraz fiyat esneklikleri de tahmin edilmektedir. Bulgular hem kendi fiyat hem de gelir esnekliklerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Çapraz fiyat esnekliklerine bakıldığında, benzin talebinin otogaz fiyatlarına göre çapraz fiyat esnekliği negatif olarak verilmektedir. Bu durum otogazın benzinin kuvvetli bir ikamesi olduğu düşünüldüğünde, ekonomik olarak rasyonel bir sonuç değildir. Hasanov (2015), ortaya çıkan çapraz fiyat esnekliklerinin beklenmeyen işaretlerini ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmayan tüm akaryakıt türlerinin kendi fiyat ve gelir esnekliklerini, Erdogdu (2014)'nin küçük örneklem kümesine ve değişkenlerin durağan-dışı olmasını dikkate almamasına bağlamaktadır. Hasanov (2015) benzin ve dizel talep fonksiyonlarını elde etmek için daha geniş bir örneklem üzerinde (2003:1-2014:3 dönemi çeyrek yıllık veri) çalışmaktadır. Çalışmada Kısmi Uyarılma Modeli (KUM), Dağıtılmış Gecikme Modeli (DGM), Kendiyle Bağlılaşım Dağıtılmış Gecikme Modeli (KBDGM) ve Hata Düzeltme Modeli (HDM) olmak üzere, toplam dört model kullanılmaktadır. Hasanov (2015), ilk üç modeli (KUM, DGM, KBDGM) geleneksel modeller olarak sıralamakta ve buradan benzin tüketiminin gelir esnekliklerinin hem kısa hem uzun dönemde beklenen işaretlere (pozitif) sahip olsa da istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmaktadır. Ancak yalnızca KUM modelinde, benzin talebinin kısa ve uzun dönem kendi fiyat esneklikleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Hasanov (2015) uyguladığı eş bütünleşme testi sonucunda, benzin tüketiminin fiyat ve gelire uzun dönemli bir ilişkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Kısa dönemde ise, benzin talebinin yalnızca fiyatına tepki gösterdiği ama gelir esnekliğinin anlamsız olduğu bulgulanmaktadır. Hasanov (2015), ayrıca tüketicilerin artan akaryakıt fiyatları karşısında nasıl davrandıklarını bulmak için, dizel ve benzini toplulaştırarak tek bir akaryakıt türüymüş gibi analiz gerçekleştirmekte ve uzun dönemde akaryakıt tüketiminin gelir esnekliğini 0,914, fiyat esnekliği ise -0,261 olarak bulmaktadır. Aynı analiz ayrıştırılmış dizel ve benzin fiyatlarına göre uyarlandığında, uzun dönemde akaryakıt tüketiminin benzin fiyatına esnekliği -0,598, akaryakıt tüketiminin dizel fiyatına esnekliği ise -0,756 olarak gerçekleşmektedir. Yalta ve Yalta (2016) ise, klasik araştırmalardan farklı olarak bootstrapping yöntemini kullanmaktadır. 2003-2012 arasında aylık verinin kullanıldığı araştırmada, uzun dönem benzin kendi fiyat esnekliği -0,20 ve dizel kendi fiyat esnekliği ise -0,16 olarak

bulunmaktadır. Araştırmada dikkat çeken en önemli husus, esnekliklerin uzun döneme göre kısa dönemde daha büyük (-0.25) tespit edilmesidir. Araştırmada tüketicinin değişen benzin fiyatlarına kısa dönemde daha dinamik, uzun dönemde ise azalan, daha stabil tepki gösterdiği vurgulanmaktadır.

Benzin talebindeki değişim araç km ve yakıt yoğunluğu (verimliliği) olmak üzere iki kanal üzerinden gerçekleşmektedir. Bu çerçevede öncelikle araç km'nin benzin fiyatına esnekliğinin değerlendirilmesinin, devam eden başlık altında ise analizde kullanılmak üzere Türkiye için seçilen bu üç parametre (benzin talebinin kendi fiyat esnekliği, araç-km'nin ve yakıt yoğunluğunun benzin fiyat esnekliği) değerlerinin yapılan değerlendirmeler çerçevesinde özetlenmesi planlanmaktadır.

Artan benzin fiyatları karşısında daha verimli yakıt tüketen araçların tercih edilmesi ve sürüş tekniklerinin geliştirilmesi gibi uzun dönemdeki dışsal gelişmeler nedeniyle, tüketicilerin daha fazla (uzun mesafe) otomobil kullanması şeklinde görülen davranış değişiminin, toplam benzin tüketiminde görülen değişime oranla daha sınırlı olması beklenmektedir. Bu etkiler genellikle araç-km değerinin bağımlı değişken olarak tanımlandığı modellerle tahmin edilmektedir.

Geri tepme etkisi, daha yüksek yakıt verimliliğine sahip araçların tercih edilmesiyle düşen km maliyetleri karşısında, sürüş/seyahat mesafesi miktarındaki (araç-km) değişimi göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, geri tepme etkisi, araç km değerinin birim km sürüş maliyetine esnekliği şeklinde tanımlanmaktadır. Literatürde bu etki, bir esneklik katsayısı olarak iki farklı şekilde hesaplanmaktadır. Birim km sürüş maliyeti, sonuç olarak hem benzin fiyatlarından hem de otomobillerin yakıt ekonomisi değerlerinden etkilenmektedir. Bu iki değişkenin km sürüş maliyetini değiştirmesi yönüyle, tüketici davranışları üzerindeki etkilerinin benzer olması beklenmektedir. Öte yandan, çoğu araştırmada³³ geri tepme etkisi araç-km değerinin km başına sürüş maliyetine esnekliği yerine, araç-km değerinin değişen akaryakıt fiyatlarına tepkisi olarak hesaplanmaktadır. Benzinin kendi fiyat esnekliğinin tahmin edildiği araştırmalarda kullanılan ekonometrik yöntemler, benzer şekilde araç-km'nin benzin fiyatına esnekliğinin tahmininde de

³³ Detaylı bilgi için Bkz. Gillingham (2011)

kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, uzun dönem için yapılan tahminlerin -0,1 ile -0,8 arasında değiştiği görülmektedir. Benzin tüketimi esnekliğinin son zamanlarda azalması şeklinde görülen tarihsel eğilime paralel şekilde, araç-km ile ifade edilen sürüş davranış etkilerinin de azaldığı tespit edilmektedir (Greene, 2012); Hymel vd. (2010); Small ve Van Dender (2007) Ayrıca düşük tepkiselliğin, artan gelir, trafik sıkışıklığı ve son zamanlarda benzin fiyatlarındaki artışın sınırlı olması gibi nedenlerden kaynaklandığı savunulmaktadır (Gillingham vd., 2011).

Tablo 7: Benzin Araç-Km Esneklikleri Literatür Taraması

Makale	Veri Tipi	Zaman Aralığı	Yöntem	Araç-Km Esnekliği	Benzin Esnekliği	PAY (%)
Small ve Van Dender (2007)	Tekrarlanan çapraz kesit	1997-2001	3SLS, GBD	-0,18	-0,38	47
Brons vd. (2008)	Meta analiz	-	SUR	-0,53	-0,84	63
C.-Y. C. Lin ve Prince (2009)	Zaman serisi (KA)	1970-2007	SEKK, GBD, IV	-0,07	-0,22	30
Hymel vd. (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1966-2004	3SLS, MI	-0.241	-0.36	67
Hymel vd. (2010)	Tekrarlanan çapraz kesit	1984-2004	3SLS	-0.159	-0.18	88
Greene (2012)	Zaman serisi	1967-2007	SEKK, GBD	-0,3	-	-
Kısaltmalar Benzin Esneklikleriyle ilgili çalışma tablosunda verilmiştir.						

Anas ve Hiramatsu (2012), bir Mekânsal Hesaplanabilir Denge Modeli olan RELU-TRAN2'yi kullanarak Şikago metropolü için gerçekleştirdikleri analizde, uzun dönemli esnekliğin %79'unun araç-km değişimden, %21'inin km başına benzin tasarrufundan kaynaklandığını bulmaktadırlar. Uzun dönemli esnekliğin %43'ü toplu taşıma yönelimden, %15'i seyahat sayısı, otomobil tipi/modeli ve mekânsal tercihlerden, %38'i fiyat, ücret ve rant dengesinden, %4'ü ise gayrimenkul ve varlık değişiminden kaynaklandığı ortaya konmaktadır. Kentsel ekonominin bu unsurlarının model içinde tanımlanabilmesi, çok kısa ve uzun dönemde esneklik değerlerinde farklılaşmanın nedenlerinin izlenebilir olmasına olanak sağlamaktadır. Bu çerçevede Anas ve Hiramatsu (2012), uzun dönemin kısa döneme göre daha esnek olmasını, uzun dönemde tüketicilerin mekânsal yer değiştirme olanakları gibi yukarıda sayılan değişim imkanlarının (tercih sayısının) artmasından kaynaklandığını ileri sürmektedir. Örneğin tüketici, işe geliş gidiş ve alışveriş merkezlerine ulaşım sürelerini kısaltmak için, uzun dönemde konutunu, hatta

işyerini bile değiştirebilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin kentleşme ile karakteristik özellikleri (konut sahipliği, toplu taşıt imkânı), uzun dönemli esneklikler üzerinde etkili olmaktadır.

3.2.2. Türkiye için Benzin Tüketiminin ve Araç-km'nin Benzin Fiyatına Esnekliği

Daha önce bahsedildiği üzere benzin talebinin toplam esnekliği, araç-km'de değişim ve yakıt yoğunluğunda değişim olmak üzere iki kanal üzerinden gerçekleşmektedir. Tablo 7'de verilen araç-km değerlerinin benzin fiyatına esnekliğinin tahmin edildiği çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, benzin talep esnekliğinin %30 ile %90'ı benzin fiyatının araç-km üzerinde oluşturduğu değişimden kaynaklandığı görülmektedir. Kalan %10 ile %60'lık değişim ise otomobil üretim teknolojisi ile ilintili uzun dönemli otomobil filosunun artan yakıt verimliliği nedeniyle oluşmaktadır. Ortalama değerler dikkate alındığında, artan benzin fiyatları karşısında tüm benzin tüketiminde meydana gelen azalmanın %60'ının km yolculuk (araç-km) değerlerinde azalmadan kaynaklandığı, kalan %40'lık azalmanın ise artan yakıt verimliliği teknolojisinden ileri geldiği söylenebilir. Tscharaktschiew (2014), Almanya için optimal benzin vergisi analizinde, benzin talep esnekliğinde araç km değişim payını belirlerken tarafından ABD ve Birleşik Krallık için gerçekleştirilen benzer çalışmalardaki ((I. W. Parry, 2009; I. W. Parry ve Small, 2005)) kabullerden faydalanmaktadır. I. W. Parry (2009); I. W. Parry ve Small (2005) α parametresini ($\alpha = \frac{\varepsilon_{MG}}{\varepsilon_G}$) sırasıyla %40, %50 olarak kabul etmektedir. Tscharaktschiew (2014) Almanya'daki konut sahiplik oranının ABD'ye göre daha düşük olması ve toplu ulaşım kullanımı yaygınlığının mekânsal yer değişimini kolaylaştırması nedeniyle, Almanya'da hanehalkının araç km değişim payının çoğu ülkeden ve ABD'den büyük olması gerektiğini savunmaktadır. Bu çerçevede Tscharaktschiew (2014), Almanya için artan benzin fiyatları karşısında tüm benzin tüketiminde meydana gelen azalmanın %60'ının km yolculuk (araç-km) değerlerindeki azalmadan kaynaklandığını kabul etmektedir. Diğer bir ifadeyle, Almanya için $\alpha = \frac{\varepsilon_{MG}}{\varepsilon_G} = 0,6$ olarak belirlenmektedir.

Türkiye ev sahipliği oranının (%61,1)³⁴, ABD'den (%63,7)³⁵ düşük iken, Almanya (%52,5)³⁶'dan yüksek olduğu tespit edilmektedir. Ayrıca otomobil sahiplik oranları dikkate alındığında, ABD'ye göre Türkiye'de toplu ulaşımın daha yaygın olarak kullanıldığı ancak kentleşme ve ulaşım altyapısı dikkate alındığında Almanya'ya oranla Türkiye'de toplu ulaşım imkanlarının sınırlı olduğu da bilinmektedir. Bu çerçevede ABD ile kıyaslandığında, Türkiye' de araç sahiplik oranının düşük olmasının, toplu taşıt kullanım oranının yüksek olmasının, mekânsal yer değiştirmeyi kolaylaştıran düşük ev sahipliğinin, hanehalkının ulaşım mesafelerini daha kolay değiştirebilmesine imkân sağladığı düşünülmektedir. Dolayısıyla ABD'ye göre Türkiye için araç km değişim payının daha büyük seçilmesi anlamlı olmaktadır. Öte yandan tersi bir ilişkinin kısmen Türkiye ve Almanya arasında kurulmasının mümkün olduğu düşünülmektedir. Kısaca Almanya'nın Türkiye'ye göre daha düşük ev sahipliği oranına ve daha kolay toplu taşıma erişim imkanına sahip olması nedeniyle, Türkiye'nin benzin talep esnekliğinde araç km değişim payının Almanya'ya daha düşük gerçekleştiği varsayılmaktadır. Bu varsayımlar altında iki ülke değerleri ortalaması dikkate alınarak, Türkiye için $\alpha = \frac{\varepsilon_{MG}}{\varepsilon_G} = 0,55$ olarak tahmin edilmektedir.

Dünyada benzin esneklikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda (Tablo 5) benzin talebinin kendi fiyat esnekliğinin -0,1 ile -0,8 arasında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Türkiye için benzin talebinin kendi fiyat esnekliğine yönelik çalışmalar (Tablo 6) ise bu değer 0 ile -0,38 aralığında tahmin edildiğini göstermektedir. Bu çerçevede orta bir değer olarak analizde $\varepsilon_G = -0,20$ kabul edildiğinde, araç-km esnekliği $\varepsilon_{MG} = -0,11$ ve yakıt yoğunluk esnekliği $\varepsilon_g = -0,09$ olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada kabul edilen bu değerlerin son zamanlarda yapılan çalışmalardan elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir (Gillingham vd., 2011; Small ve Van Dender, 2007)

³⁴ TÜİK Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması: Eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert medyan gelir grupları ve seçilmiş yaşam koşulları göstergelerine göre kurumsal olmayan nüfusun dağılımı, 2014-2015 tablosundan elde edilmiştir.

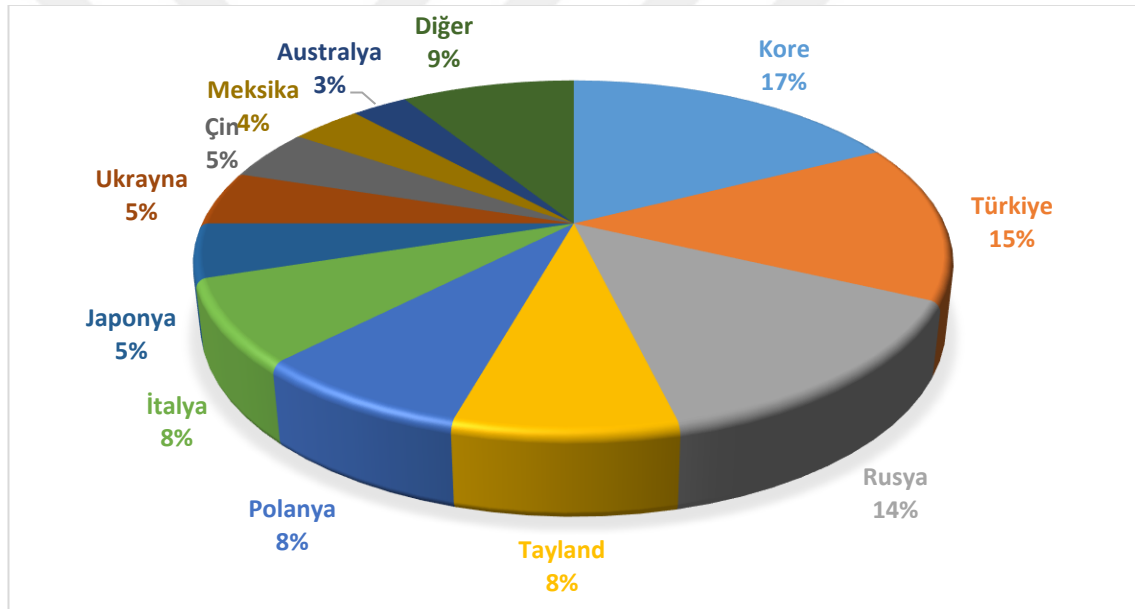
³⁵ <https://www.census.gov/housing/hvs/files/currenthvspress.pdf>

³⁶ Eurostat, Distribution of population by tenure status, type of household and income group - EU-SILC survey

3.2.3. Otogaz Talebinin (Kendi) Fiyat Esnekliği

Otogazın az sayıda ülkede ve sınırlı yaygınlıkta kullanılması nedeniyle, otogaz talebinin kısa dönem ve uzun dönem fiyat esneklik tahminine yönelik literatürde oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Otogaz tüketimi sıralamasında ilk üç sırayı Kore, Türkiye ve Rusya almakla birlikte, trafiğe kayıtlı otogazlı otomobil sayısı bakımından sıralama Türkiye, Rusya ve Kore şeklinde oluşmaktadır (Şekil 13). Otogaz kullanım payının Kore hariç (%14) diğer ülkelerde %10'unun altında olduğu dikkate alındığında, Türkiye'nin (%41) kullanım yaygınlığı bakımından yurtdışı akaryakıt tüketim yapısı, büyük ölçüde dünyadan ayrılmaktadır (WLPGA, 2016).

Şekil 13: Dünyada Otogaz Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı



Türkiye için esneklik tahminine yönelik otogaz talebinin dikkate alındığı tek çalışma olan Erdogdu (2014)'nin araştırmasında, 2006:2-2010:4 arası çeyrek yıllık veri seti kullanılmaktadır. Burada benzin, dizel ve otogaz akaryakıt türünün kendi fiyat, gelir ve çapraz fiyat esneklikleri tahmin edilmektedir. Ancak hem kendi fiyat hem de gelir esnekliklerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmaktadır. Hasanov (2015), Erdogdu (2014)'nin sonuçlarının küçük örneklemden ve/ya değişkenlerin durağan-dışılığının dikkate alınmamasından kaynaklanabileceğine dikkate çekmektedir. Literatürde otogaz talebinin esnekliğine yönelik olarak İran ve G.Kore için yapılan iki

çalışma bulunmaktadır (Mehrara ve Ahmadi (2011) ve Kore Enerji Ekonomisi Enstitüsü (KEEE), 2010³⁷). Her iki araştırmada, hanehalkı bütçe anketlerinden elde edilen ayrıştırılmış veri kümesine dayalı koşullu talep sistemleri kullanılmaktadır. Tüketici teorisinden kaynaklı (homojenlik, simetri vb.) kısıtların test edilmesine imkân vermesi nedeniyle koşullu talep sistemlerinin kullanımı toplulaştırmış veri kullanımından kaynaklı sorunları bir ölçüde çözümlenmektedir.

Mehrara ve Ahmadi (2011), İran’da kullanılan akaryakıt türlerine olan talebi Yaklaşık İdeal Talep Sistemi (AIDS) kullanarak analiz etmektedir. Çalışmada İran otomotiv sektöründe kullanılan benzin, gazyağı ve otogaz (LPG) olmak üzere üç çeşit akaryakıt ürününe olan taleplerin fiyat ve gelir esneklikleri tahmin edilmektedir. Çalışmada gazyağı, benzin ve otogazın kendi fiyat esneklikleri sırasıyla -0,22, -1,01 ve -3,58 olarak bulunmaktadır. Benzin talebinin esnek olduğu bulgusu dışında dikkat çeken diğer bir husus, Mehrara ve Ahmadi (2011)’nin otogazın “düşük mal” olduğunu ileri sürmesidir. Öte yandan bu çalışmanın, çeşitli açılardan zayıflıklarının olduğu görülmektedir. Bunlardan en önemlisi LA/AIDS modelinde sıfır tüketim sorununun dikkate alınmamasıdır. Bir veya daha fazla malda sıfır tüketime sahip gözlemlerin göz ardı edilmesi, tahminlerde önemli ölçüde “örneklem seçim yanlılığı” sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorun Amemiya (1985)’nin sansür (censoring) sınıflandırmasına göre her bir tüketim malı için çok değişkenli Tobit Tip 2 model denklemleri olarak tanımlanmaktadır. Her bir mal için $l = \{1, 2, \dots, L\}$ gizli (latent) değişken modeli iki denklem sistemi ile ifade edilmektedir:

$$d_l^* = z_l' \eta_l + v_l \quad (61)$$

$$w_l^* = x_l' \theta_l + \varepsilon_l \quad (62)$$

Denklem sisteminde d_l^* ve w_l^* sırasıyla gösterim sırasıyla seçim ve sonuç bağımlı değişkenlerine, η_l ve θ_l ise z_l' ve x_l' eksojen değişkenlerin parametrelerine işaret etmektedir. Bunlara karşılık gelen d_l ve w_l gözlemlenen değişken modeli ise aşağıda iki denklem sistemi ile gösterilmektedir:

³⁷ 김형건, 구현모, 원두환, ve 양현석 (2010)

$$d_l = \begin{cases} 1 & \text{eğer: } d_l^* > 0 \\ 0 & \text{eğer: } d_l^* \leq 0 \end{cases} \quad (63)$$

$$w_l = d_l w_l^* \quad (64)$$

Herhangi bir mal harcama ile ilintili seçim denklemi veya sonuç denklemi ile karakterize edilmektedir. Her iki denklemde hata terimlerinin (v_l ve ε_l) ortak dağılımın normal olduğu kabulü altında, Heckman (1977) iki aşamalı bir çözüm önermektedir. İlk olarak seçim denklemi üzerinde Probit tahmini gerçekleştirilmekte, sonra tahminden elde edilen ters Mills oranları sonuç denkleminde ilave bir açıklayıcı değişken olarak yerleştirilmektedir. Bu ilave değişkenle birlikte sonuç denklemi, klasik SEKK yöntemi ile tahmin edilmektedir.

Bu değerlendirmeler ışığında, akaryakıt ürünleri talep sisteminin analizinde bir veya birkaç malın sıfır tüketim gözleminin dışarıda tutulmasının yanlı tahmin üreteceği aşıkardır. Öncelikle hanehalkının herhangi bir malın tüketiminden kaçınma şeklinde oluşan tercihi göz ardı edilmektedir. Benzin, dizel ve otogaz mallarının malların ikame ve tamamlayıcılık özellikleri dikkate alındığında sıfır tüketim oranının bir veya birkaç mal türünde ortaya çıkması doğal olarak beklenmelidir. Örneğin tek bir taşıt sahibi hanehalkı bir akaryakıt türü tüketirken, birden fazla taşıt sahibi hanehalkının birden fazla türde yakıt tüketebilmesi mümkündür. Ayrıca otogaz dönüşümlü araç sahibi hanehalkının belirli oranda benzin de tüketmek zorunda olduğu bilinmektedir. Ancak dizel otomobil sahipleri için aynı durumdan bahsetmek mümkün değildir. Neticede sansürlenmiş mal tüketim tercihlerinin yalnızca bu malın tüketim payının seviyesinde değil aynı zamanda diğer malların tüketimi üzerinde karşılıklı etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu yönde diğer bir çalışma, Kore Enerji Ekonomisi Enstitüsü (KEEE, 2010) tarafından Güney Kore akaryakıt piyasası için yapılmıştır. Güney Kore'nin gerek yurtiçi piyasa tüketim kalıpları (otogaz, benzin, dizel) gerekse genel piyasa yapısı (serbest piyasa) bakımından Türkiye'ye benzerliği nedeniyle, bu çalışmanın daha yön gösterici olduğu düşünülmektedir. KEEE (2010), AIDS modeli kullanarak benzin, dizel ve otogazın gelir esnekliklerini sırasıyla 0,652, 0,538 ve 0,674 olarak elde etmektedir. Gelir esnekliklerinin birden küçük olması, araç kullanımının gelire hassasiyetinin düşük olduğunu

göstermektedir. Özellikle dizelin en düşük esnekliğe sahip olmasını, dizel araçların SUV modelleri gibi daha çok boş zaman aktivitesi için kullanılmasına ve dizel araçların ekonomik verimlilikleri nedeniyle daha uzun yol ve işle ilgili nedenlerle kullanılmalarına işaret ettiği de vurgulanmaktadır. Çalışma, fiyat esneklikleri bakımından benzin, dizel ve otogaz için sırasıyla; -1,640, -0,501 ve -2,059 değerlerini elde etmektedir. Otogaz esnekliğinin diğer akaryakıt türlerine göre oldukça yüksek çıkmasının, otogazlı araç kullananlarının gelir seviyelerinin görece düşük olmasından ve otogaz fiyatının benzinin neredeyse yarı seviyesinde olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Özetle Mehrara ve Ahmadi (2011) ve KEEE (2010)'ın benzin ve otogaz için esneklik tahminleri Tablo 8'de sunulmaktadır.

Tablo 8: Otogaz Talep Esnekliği Tahminine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Yayın	Fiyat Esnekliği		Harcama Esnekliği		Çapraz Fiyat Esnekliği	
	Benzin (ε_G)	Otogaz (ε_{LPG})	Benzin	Otogaz	Benzin /Otogaz (ε_G^{LPG})	Otogaz /Benzin (ε_{LPG}^G)
Erdogdu (2014)	-0,481	0,949	0,298	0,517	-2,743	-1,391
KEEE (2010)	-1,64	-2,059	0,652	0,674		
Mehrara ve Ahmadi (2011)	-1,01	-3,58	1,14	-6,21	0,002	7,88

Bu çalışmalarda, benzin için de elde edilen esneklik değerlerinin literatürdeki yaygın bulgunun aksine yüksek olduğu görülmektedir. Her iki tahmin yönteminin hanehalkı bütçe anketinden elde edilmesi nedeniyle fiyat hareketlerinden ziyade göreceli fiyatlara dayandığı unutulmamalıdır.

Otogaz talebinin kendi fiyat esnekliğine yönelik tahminlerin 0 ile -3,58 aralığında değiştiği dikkate alınarak Türkiye için orta bir değer olan $\varepsilon_{LPG} = -2$ olarak belirlenmesinin uygun olacağı varsayılmaktadır. Bu değer için verilen esneklik değerine ($\varepsilon_{LPG} = -2,059$) oldukça yakın olduğu görülmektedir.

3.2.4. Türkiye için Otogaz Tüketiminin ve Araç-km'nin Otogaz Fiyatına Esnekliği

Daha önce benzin örneğinde bahsedildiği üzere akaryakıt talebinin toplam esnekliği, araç-km'de değişim ve yakıt yoğunluğunda değişim olmak üzere iki kanal üzerinden gerçekleşmektedir. Yapılan diğer çalışmalar dikkate alınarak benzin araç km değişim payının Türkiye için $\alpha = \frac{\varepsilon_{MG}}{\varepsilon_G} = 0,55$ olarak tahmin edildiği gösterilmiştir.

Otogazlı araç kullanıcılarının otogaz fiyatlarında artıştan kaynaklı olarak daha verimli otogaz sistemine geçmesi şeklinde bir davranıştan ($\varepsilon_{\tilde{p}} > 0$) ziyade, daha az maliyetle dönüşümün geliştirmesini öncelediği kabulüyle $\varepsilon_{\tilde{p}} = 0$ olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, $\varepsilon_{LPG} = \varepsilon_{M_{LPG}}$ olacağından $\alpha' \equiv \frac{\tilde{p} \times dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = 1$ sonucuna ulaşılmaktadır. Optimizasyonda α' değerinin bire eşit kabul edilmesi, otogaz fiyatlarındaki değişimin tüketicinin yalnızca araç kullanım (araç kilometre) davranışları üzerinde etkisi olduğunun varsayıldığını ifade etmektedir.

3.2.5. Benzin Tüketiminin ve Diğer Otomobil Türlerinin Araç-km'leri Üzerinde Etkileri

Bu çalışmanın konusu olan optimizasyon problemi, birer girdi olarak geri besleme etkilerini gösteren parametrelerin de belirlenmesini gerektirmektedir. Geri besleme etkisi, benzin fiyatlarında meydana gelen değişimin, diğer akaryakıt türlerini kullanan otomobillerin araç-km değerlerinde doğrusal olarak meydana getirdiği değişim olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, benzin fiyatlarındaki değişim karşısında hanehalkı, diğer akaryakıt türlerini tüketen otomobillerle daha fazla veya daha az yolculuk yapmayı tercih edecektir. Bu nedenle artan benzin fiyatları benzinli otomobil kullanımını baskımlarken, dizel veya otogazlı araç kullanımını teşvik etmektedir. Dolayısıyla yüksek benzin fiyatları karşısında diğer akaryakıt türlerinde otomobil kullanımının cazip olması diğer akaryakıt türlerinde çapraz fiyat esnekliklerinin pozitif olması, $\varepsilon_{M_{LPG}}^G, \varepsilon_{M_D}^G > 0$ anlamına gelmektedir.

Tscharaktschiew (2014) çalışmasında, benzin fiyatlarındaki artış nedeniyle dizel araç-km'de oluşan değişim etkisini veren esneklik değerini $\varepsilon_{MD}^G = 0,1$ olarak kabul etmektedir. Tscharaktschiew (2014)'in artan benzin fiyatlarına karşı hanehalkının dizel otomobile yönelme tercihi üzerine geliştirdiği yaklaşım, Anas ve Hiramatsu (2012)'un çalışmasında elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Buna göre uzun dönemde tüketicilerin seyahat tercihi kümesi, dört farklı davranışsal değişim alternatifinden oluşmaktadır. Birinci alternatif, artan benzin fiyatları karşısında hanehalkının seyahat miktarını azaltması veya iptal etmesi tercihidir. İkinci olarak, hanehalkının mekânsal konum değişikliğine yönelmesidir. Diğer bir ifadeyle, uzun dönemde hanehalkı işyerinin veya evinin konumunu değiştirerek, yolculuk mesafesini kısaltma imkanına sahiptir. Üçüncü olarak, hanehalkının diğer ulaştırma türlerine yönelmesi önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha az otomobil ve daha fazla toplu taşıma kullanımı bu duruma örnek teşkil etmektedir. Son olarak ise, daha ekonomik olan otomobilin daha fazla kullanılması tercihinin oluşmasıdır ki bu durum, geri tepme etkisi olarak adlandırılmaktadır.

Esneklik değerinin belirlenmesi baz senaryo değerlerinin kalibrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Baz senaryodaki mevcut (başlangıç) benzinli araç km değeri M_G^0 ve araç km esnekliği ε_{MG} kullanılarak, %1 oranında benzin fiyatlarında artış yaklaşık 2 km/yıl azalışa denk gelmektedir.³⁸³⁹ Yukarıda yapılan kabuller çerçevesinde, ortaya çıkan değişimin ancak dörtte birlik bölümünün ($\approx 0,5$ km/yıl) diğer akaryakıt türlerini tüketen araçların kullanım artışı ile telafi edilmesi beklenmektedir.

Telafi edilen km kullanım miktarının dizel ve otogazlı araç kullanımı arasında pay edilmesinde, ilk aşamada Mehrara ve Ahmadi (2011)'in çapraz fiyat esneklik tahminlerinden faydalanılabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada otogaz tüketiminin benzin fiyatları karşısında dizele göre oldukça büyük tepkiler verdiği görülmektedir. Otogaz tüketiminin benzin fiyatlarına esnekliğini Mehrara ve Ahmadi (2011) 7,88 olarak tahmin etmektedir. Bu oranlar otogazın benzinin kuvvetli ikamesi olduğunu

³⁸ $M_G^0 = 1.407 \text{ km/yıl}$ ve $\varepsilon_{MG} = -0,11$ olduğuna göre fiyatlarda %1 artış 1,55 km/yıl yuvarlama ile 2 km/yıl olarak hesaplanmaktadır.

³⁹ $M_D^0 = 2.116 \text{ km/yıl}$ ve $M_{LPG}^0 = 4.356 \text{ km/yıl}$ olarak tespit edilmiştir.

göstermektedir. Öte yandan, dizel talebinin benzin fiyatlarına esnekliğini negatif ve sıfıra oldukça yakın (-0,05) olarak tahmin etmektedir. Dizel benzinin tamamlayıcısı olmadığından, bu bulgu beklentilerle örtüşmemektedir. Ancak, elde edilen değerlerin sıfıra yakın olduğu göz önüne alındığında, kısa dönemde dizelin benzin fiyatlarındaki değişime tepkisinin önemsenmeyecek seviyede olduğu söylenebilir. Öte yandan dizel, otogaz gibi benzinin mükemmel ikamesi olmasa dahi, eksik ikamesi olabileceği değerlendirilmektedir (Polemis, 2006). Literatürde ikame etkilerini dikkate alan ve istatistiksel olarak tutarlı yeterli sayıda çalışma bulunmadığından, benzin fiyatlarının dizel tüketimi üzerinde çapraz fiyat esnekliği konusunda somut bir tahmin elde etmek mümkün görünmemektedir (Dahl, 2012). Öte yandan münferitte olsa bazı çalışmalara rastlanmaktadır. Örneğin Schipperhein (2008), Hollanda için dizel tüketimi üzerinde benzinin çapraz fiyat esnekliğini kısa dönemde 0,168 ve uzun dönemde 0,490 olarak hesaplamaktadır. Aynı çalışmada benzinin kendi fiyat esnekliği, kısa dönemde -0,401, uzun dönemde -0,954 olarak verilmektedir. Mevcut literatür rakamsal olarak net bir büyüklük tespit edilmesine imkan vermese de, sonuç olarak artan benzin fiyatları karşısında otogaz tüketiminin dizel tüketimine oranla oldukça büyük bir tepki göstermesi beklenmektedir.

Bu çerçevede çalışmada, benzin fiyatlarında meydana gelen artış nedeniyle azalan km değerinin ($\approx 0,5$ km/yıl) diğer akaryakıt türleri tüketen otomobillerin km artışı ile telafi edilmesi Tablo 9’da verilen iki sınır durum arasında gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu alternatif durumlar karşısında elde edilen esneklik değerleri aşağıda Tablo 9’da özetlenmektedir:

Tablo 9: Benzin Fiyatlarının Çapraz Araç Km Esneklikleri

Benzin Fiyat Artışı Nedeniyle Benzinli Otomobil Kullanımında Ortaya Çıkan Km Yolculuk Azalmasını:

	$\varepsilon_{M_{LPG}}^G$	$\varepsilon_{M_D}^G$
<i>Yalnızca otogazlı otomobil kullanım artışı ile telafi edilmesi</i>	0,011	0
<i>Yalnızca dizel otomobil kullanım artışı ile telafi edilmesi</i>	0	0,024

Tablo 9’da özetlenen iki uç durumun senaryo (duyarlılık) analizinde kullanılması planlanmaktadır. Ancak yukarıda özetlenen otogaz tüketiminin dizel tüketimine oranla oldukça büyük oranda tepki göstermesi varsayımı çerçevesinde baz senaryoda telafi

miktarının %80'lik bölümünün otogazlı, %20'lik bölümünün ise dizel otomobil km ile telafi edildiği varsayılmaktadır. Bu durumda baz senaryoda, $\varepsilon_{M_{LPG}}^G = 0,009$ ve $\varepsilon_{M_D}^G = 0,005$ kabul edilmektedir.

3.2.6. Otogaz Tüketiminin ve Diğer Otomobil Türlerinin Araç-km'leri Üzerinde Etkileri

Diğer akaryakıt türlerinde yolculuk talebinin otogaz fiyat esnekliklerinin pozitif olması, $\varepsilon_{M_G}^{LPG}, \varepsilon_{M_D}^{LPG} > 0$, beklenmektedir. Benzin örneğinde yapılan kabullere paralel olarak, otogaz fiyat artışından dolayı hanehalkının diğer yakıt türlerinde sahip olduğu otomobilleri daha fazla kullanarak ulaşım ihtiyacını telafi etmesi olasılığı %25 olarak belirlenmektedir. Bu durumda otogaz fiyatlarında %1 puan artışın meydana getireceği km yolculuk etkisinin hesaplanması gerekmektedir. Ancak benzin örneğinin aksine, otogazlı otomobillerde geri tepme etkisi beklenmemektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, otogazlı yakıt sistemi, üzerine monte edildiği benzinli araçların yakıt sisteminden verimlilik anlamında büyük oranda etkilenmektedir. Dolayısıyla, daha verimli bir otogaz sisteminden elde edilecek tasarruflar sınırlı olmaktadır. Bu durumda mevcut otogaz sisteminin yeni bir dönüşüm sistemi ile değiştirilmesinin getirdiği ilave maliyetler dikkate alınarak, otogaz yakıt verimliliğinin fiyat esnekliği sıfır kabul edilmektedir. Sonuç olarak $\varepsilon_{LPG} = \varepsilon_{M_{LPG}} = -2$ olarak tahmin edilmektedir⁴⁰.

Esneklik değerinin belirlenmesi, baz senaryo değerlerinin kalibrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Baz senaryodaki mevcut (başlangıç) benzinli araç km değeri M_{LPG}^0 ve araç km esnekliği $\varepsilon_{M_{LPG}}$ kullanılarak, otogaz fiyatlarındaki %1 oranında artış, yaklaşık 87 km/yıl azalışa denk gelmektedir. Benzin için yapılan kabullerin burada da geçerliliğini koruduğu varsayılarak ortaya çıkan değişimin, ancak dörtte birlik bölümünün ($\approx 21,8$ km/yıl) diğer akaryakıt türlerini tüketen araçların kullanım artışı ile telafi edilmesi beklenmektedir.

⁴⁰ $LPG = \tilde{p} \cdot M_{LPG}; \frac{dLPG}{dP_{LPG}} = \frac{\partial \tilde{p}}{\partial P_{LPG}} \cdot M_{LPG} + \tilde{p} \cdot \frac{\partial M_{LPG}}{\partial P_{LPG}}; \frac{dLPG}{dP_{LPG}} = \tilde{p} \cdot \frac{\partial M_{LPG}}{\partial P_{LPG}}; \varepsilon_{LPG} = \varepsilon_{M_{LPG}}$

Buradan hareketle benzin için gerçekleştirilen senaryo analizi otogaz için de gerçekleştirilirse, elde edilen çapraz esneklik değerleri aşağıda Tablo 10'da özetlenmektedir:

Tablo 10: Otogaz Fiyatlarının Çapraz Araç Km Esneklikleri

Otogaz Fiyat Artışı Nedeniyle Otogazlı Otomobil Kullanımında Ortaya Çıkan Km Yolculuk Azalmasının:

	ε_{MG}^{LPG}	ε_{MD}^{LPG}
<i>Yalnızca benzin otomobil kullanım artışı ile telafi edilmesi</i>	0,016	0
<i>Yalnızca dizel otomobil kullanım artışı ile telafi edilmesi</i>	0	0,01

Tablo 10'da özetlenen iki uç durum arasında bir gerçekleşmenin çalışmanın baz senaryosunda kabul edilmesi planlanmaktadır. Daha önce tartışılan çapraz fiyat esneklikleri çalışmalarında da görüldüğü üzere, artan otogaz fiyatları karşısında dönüşümlü araç kullanan hanehalkının uzun dönemde tek yakıt olarak benzin tüketen otomobil yerine, dizel otomobili daha fazla kullanmayı tercih etmesi rasyonel bir karar olarak görülmektedir (Mehrara ve Ahmadi, 2011). Öncelikle fabrika çıkışından ziyade ikinci el otomobil piyasasında otogazlı otomobillerin yaygın olması, fiyat faktörü dışarıda tutulduğunda benzinli otomobilin otogazlıya göre daha fazla tercih edildiğini göstermektedir. Bu nedenle otogazlı otomobili benzinli otomobile göre cazip kılan tek unsurun, ekonomik tasarruf güdüsü olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Dolayısıyla, otogaz fiyatlarındaki artıştan dolayı hanehalkının otogazlı otomobil kullanımından sakınması neticesinde ortaya çıkan ilave ulaşım talebinin, büyük çoğunlukla ilave dizelli otomobil kullanımıyla karşılanması beklenmektedir. Ancak baz senaryoda bir uç değer tercih edilmesinden ziyade, telafi miktarının %80'lik bölümünün dizelli, %20'lik bölümünün ise benzinli otomobil km ile karşılandığı varsayılmaktadır. Bu durumda baz senaryoda $\varepsilon_{MG}^{LPG} = 0,003$ ve $\varepsilon_{MD}^{LPG} = 0,008$ kabul edilmektedir.

3.2.7. Diğer Esneklik Parametrelerinin Tahmin Edilmesi

Optimizasyon probleminde diğer davranışsal parametreler, genel tüketim mallarının gelir esnekliği (ε_{XI}) ve genel tüketim mallarının benzin fiyatlarına olan telafi edilmiş çapraz fiyat esnekliğidir (ε_{XG}^C). Tscharaktschiew (2014) çalışmasında, West ve Williams Iii (2007)'in çalışmasındaki bulguları kabul etmektedir. Bu çalışmalarda, artan benzin

vergisi nedeniyle diğer tüketim mallarının telafi edilmiş talebinin artmakta olduğu ancak oldukça düşük esnekliğe sahip olduğu varsayılmaktadır. Bu çalışmada da literatürdeki kabullere paralel olarak, genel tüketim mallarının gelir esnekliğini $\varepsilon_{XI}=0,6$, genel tüketim mallarının benzin ve otogaz fiyatlarına telafi edilmiş çapraz fiyat esnekliğini $\varepsilon_{XG}^c, \varepsilon_{XLPG}^c = 0,01$ olarak alınmaktadır.

Optimizasyon probleminde diğer davranışsal parametreler ise işgücü piyasası ile telafi edilmiş ve telafi edilmemiş işgücü arz esnekliklerinden oluşmaktadır. Gelişmiş ülke örneklerinde benzin için optimal verginin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda $\varepsilon_{LL} = 0,2$ ve $\varepsilon_{LL}^c=0,35$ olarak alınmaktadır (C.-Y. C. Lin ve Prince (2009); I. W. Parry ve Bento (2001); I. W. Parry ve Small (2005); Tschakrtschiew (2014)). Dolayısıyla işgücünün gelir esnekliği $\varepsilon_{LI} = -0,15$ olarak hesaplanmaktadır. Bir gelişmekte olan ülke (Meksika) için optimal benzin vergisinin belirlenmesi örneğinde Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014), telafi edilmiş işgücü esnekliği tahminine yönelik herhangi bir çalışma olmadığını vurgulayarak, bu değer telafi edilmemiş esneklik ve gelir esnekliği değerlerinin bilinmesi halinde elde edilebileceğini göstermektedir. Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014) Meksika için telafi edilmemiş işgücü esnekliğinin gelişmiş ülkeler için yapılan tahminlerle (Örneğin, Blundell ve MaCurdy (1999)) benzer olduğunu ileri sürmektedir. Bu çerçevede Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014) diğer çalışmalarda da kabul edilen işgücü gelir esnekliği değeri olan $\varepsilon_{LI} = -0,15$ 'i kabul etmektedir.

Öte yandan işgücü piyasasının bütününe yönelik esneklik tahmin çalışmalarının yetersiz olduğu tespit edilmektedir. Eğitimle birlikte kadınların işgücüne katılımının arttığını gösteren Tunalı ve Başlevant (2006)'ın çalışması işgücü arz esneklikleri konusunda anlamlı bir sonuç elde edememiştir. Üngör (2014) OECD ülkeleri arasında Türkiye'nin en düşük çalışma saatlerine sahip olduğunu, 1998-2009 arasında toplam çalışılan sürende azalmanın yarısının 2009-2011 arasında gerçekleşmek üzere 2009 yılından itibaren çalışma süresinin arttığını, tüketim ve işgücü üzerindeki vergilerde zaman içinde görülen değişimin çalışma süreleri üzerinde etkili olduğunu göstermekle birlikte Türkiye için bir işgücü arz esnekliği değeri önermemektedir. Yüncüler ve Yüncüler (2016) asgari ücret artışının işgücü piyasasında etkilerini inceledikleri araştırmalarında asgari ücrette yüzde

birlik bir artışın saatlik ücret seviyesini yüzde 0,22 ile 0,35 arasında artırdığını, ücret tepkisinin kayıtdışı, düşük eğitilmiş ve genç çalışanlar için sınırlı olduğu ileri sürmekle birlikte veri kısıtları nedeniyle minimum ücret üzerindeki artışın istihdam üzerindeki etkilerinin güvenilirliğinin düşük olduğunu vurgulamaktadır.

Yakın zamanda Aykac (2016)'nın çalışması ekonominin geneli için işgücü arz esnekliği değeri önermesi ile bir istisna oluşturmaktadır. Aykac (2016), 2003-2011 yılları arasında Hanehalkı Bütçe Anketi verileri üzerinde Lucas ve Rapping (1969)'ın dinamik makro işgücü arzı modelini kullanarak Arellano ve Bover / Blundell ve Bond sistem GMM ile tahmin yürütmekte ve işgücü arz esnekliğinin oldukça küçük bir değer aldığını ($\varepsilon_{LL}=0,06$) ileri sürmektedir. Ancak Güler (2016) TÜİK hanehalkı işgücü anketlerinden yola çıkılarak, Aykac (2016)'ın toplulaştırılmış yüzde 5'lik grup sınıflandırmasına paralel olarak gerçekleştirdiği 2008 - 2014 yılları için regresyon analizinde çalışma süresinin bağımlı değişken ve reel ücretlerin bağımsız değişken olarak seçildiği bir durumda - pozitif çıkması beklenen- işgücü arz esnekliği (-) 0.13 gibi anlamsız bir sonuç verdiğini göstermektedir. Bu nedenle çalışmanın 2008-2014 ve Aykac'ın 2004-2011 için ulaştığı sonuçlar etkinlik kaybı hesaplamaları için anlamlı olmadığından hesaplamalarda dikkate alınmadığını vurgulamaktadır. Türkiye'de gelir vergisinin ücretliler üzerinde oluşturduğu etkinlik kaybının hesaplanmasında Türkiye'de işgücü arz esnekliklerinin William Johnson'ın 1976 yılı için kullandığı 0.2, 0.3 ve 0.4 aralıklı esneklik katsayılarının kullanılmasının hem hesaplamaları mümkün kılması hem de farklı esneklik durumları için tahminler sunması nedeniyle tercih edildiğini ifade etmektedir.

Güler (2016)'nın işgücü arz esnekliği konusundaki yaklaşımı bu çalışmada da benimsenerek baz senaryo için $\varepsilon_{LL}=0,2$ alınması ve 0.3 ve 0.4 aralıklı esneklik katsayıları kontrol amaçlı kullanılarak etkilerinin incelenmesinin anlamlı olacağı düşünülmektedir. Öte yandan Türkiye'nin bir gelişmekte olan ülke olarak ve istihdam piyasası yapısıyla (yüksek kayıt dışı istihdam) Meksika örneğine benzeyebileceği düşünülmektedir. Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014)'ın yaklaşımı kullanılarak işgücünün gelir esnekliği $\varepsilon_{LI} = -0,15$ kabul edildiğinde Türkiye için telafi edilmiş işgücü arz esnekliği $\varepsilon_{LL}^c=0,35$ olarak hesaplanmaktadır⁴¹. Bu tahminler kullanılarak, işgücünün vergilendirilmesi

⁴¹ $\varepsilon_{LL} = \varepsilon_{LL}^c + \varepsilon_{LI}$

sayesinde devletin bir TL ilave vergi geliri elde etmesinin etkinlik maliyeti şeklinde ifade edilen marjinal aşırı gelir vergisi yükü (excess burden) $\Omega_{\tau_L} = 0,17$ olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen marjinal aşırı gelir vergisi yükünün gelişmiş ülkeler için yapılan çalışmalarla kıyaslandığında düşük olduğu görülmektedir. Güler (2016), 2014 yılı için işgücü arz esnekliklerinde 0,2, 0,3 ve 0,4 değerleri için gelir vergisinin ücretliler üzerinde oluşturduğu etkinlik kaybı değerlendirmesinde, en yüksek etkinlik kaybının evli +2 çocuklu hanehalkında Kanada ve Yeni Zelanda'da gözlemlendiğini vurgulamaktadır. Bunun nedeni olarak, güçlü sosyal transferlerin ikame etkisi oluşturmasını göstermektedir. Kanada ve Yeni Zelanda'yı Avusturya, Belçika, Finlandiya ve Danimarka gibi sosyal transferlerin güçlü olduğu ülkelerin izlediği, ABD, İsviçre, Japonya, İngiltere ve Fransa kaybın düşük olduğu ülkeler içinde olduğu anlaşılmaktadır. OECD verilerini kullanarak Türkiye için ulaşılan sonuçlar incelendiğinde Türkiye için gelir vergisi kaybının Almanya için elde edilen değer yaklaşık %40'ı mertebesinde olduğu görülmektedir (Tablo 11).

Tablo 11: Seçili Ülkelerde Ücretlilerden Toplanan Gelir Vergisi Başına Etkinlik Kaybı, 2014 (%)

Ülkeler/Esneklik	Bekar			Evli			Evli 2 Çocuklu		
	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
ABD	8,2	12,3	16,3	3,8	5,7	7,6	4,1	6,2	8,3
Almanya	12,1	18,1	24,2	9,9	14,8	19,7	12,9	19,3	25,7
Türkiye	5,0	7,4	9,9	5,4	8,1	10,8	5,3	7,9	10,6

Kaynak: Güler (2016)'dan alınmıştır.

TÜİK (2015)'e göre hanehalkının %14'ü tek kişilik, %37'si iki ve üç kişilik çekirdek hanehalkından oluşmaktadır. Bu hanehalkı profili kullanılarak Türkiye için hanehalkının ortalama gelir vergisi başına etkinlik kaybı hesaplanacak olursa işgücü arzı esnekliği 0,2, 0,3 ve 0,4 değerlerine karşılık gelmek üzere sırasıyla yaklaşık %5,4, %8,1 ve %10,8 değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın baz senaryosunda 0,2 işgücü arz esnekliği kullanılarak elde edilen marjinal gelir vergisi yükü ($\Omega_{\tau_L} = 0,17$) değerinin, Güler (2016)'ın hesaplamalarında elde edilen değerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Ancak çeşitli çalışmalarda (Ian W. H. Parry, 2002; Tscharaktschiew, 2014) tahminlerin

oldukça geniş bir aralıkta değişim gösterdiği de dikkate alındığında Ω_{TL} için duyarlılık analizi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Araç km'nin gelir esnekliği ε_{MI} değerini, I. W. Parry ve Small (2005) ABD ve Birleşik Krallık için 0,6 ve 0,8, Tscharaktschiew (2014) Almanya için 0,71, Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014) Meksika için baz senaryoda 0,6 olarak kabul etmektedir. Dolayısıyla Türkiye için baz senaryoda $\varepsilon_{MI} = 0,7$ değerinin alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Tscharaktschiew (2014) telafi edilmiş benzin talebinin gelir esnekliğini $\varepsilon_{GI}^C = 0,25$ olarak belirlerken, boş zaman fiyatında telafi edilmiş artış nedeniyle seyahat talebindeki artışın işgücü talebine göre daha düşük gerçekleşeceği kabulünden faydalanmaktadır ($\varepsilon_{GI}^C = 0,25 < \varepsilon_{LL}^C = 0,35$). Bu tespit, esas itibariyle benzinin boş zamanın zayıf ikamesi olduğunu gösteren amprik çalışmalarla da desteklenmektedir (West ve Williams Iii, 2007). Bu çerçevede Türkiye için yapılan telafi edilmiş işgücü arz esnekliği $\varepsilon_{LL}^C = 0,35$ dikkate alınarak, benzin ve otogaz için $\varepsilon_{GI}^C, \varepsilon_{LPGI}^C = 0,25$ varsayılmaktadır.

3.2.8. Çalışmada Kullanılan Davranışsal Parametrelerin Özetlenmesi

Esneklik katsayılarına ilişkin tespit edilen parametre değerleri Tablo 12'de sunulmaktadır. Esnekliklere yönelik kabuller, duyarlılık analizlerinde dikkate alınması gereken önemli değerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde benzin talebinin esnek olmadığına yönelik genel bir uzlaşa olduğu söylenebilir. Öte yandan aynı durumun, otogaz için geçerli olmadığı açıklıkla görülmektedir. Otogaz talebinin benzine nazaran esnek olduğu kabul edilebilir görülmekle birlikte, otogaz talep esnekliği tahmin çalışmalarının oldukça sınırlı sayıda olduğu göze çarpmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, otogazın kendi fiyat ve çapraz fiyat esnekliklerine yönelik olarak yapılan yapılan kabullerin etkilerinin alternatif senaryolar altında duyarlılık analiziyle tekrar ele alınmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Akaryakıt esneklikleri dışında, Türkiye için işgücü arzı kendi fiyat ve gelir esnekliklerine yönelik yeterli sayıda araştırma bulunmaması dolayısıyla, duyarlılık analizlerine konu edinilmesi ve farklı senaryolar altında etkilerinin irdelenmesinin gerekli olduğu görülmektedir.

Tablo 12: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Esneklik Verileri

TANIM	SEMBOL	DEĞER
Benzin yoğunluğunun kendi fiyat esnekliği	ϵ_g	-0,09
Otogaz yoğunluğunun kendi fiyat esnekliği	$\epsilon_{\tilde{p}}$	0,00
Benzinli araç km'nin kendi fiyat esnekliği	ϵ_{M_G}	-0,11
Otogazlı araç km'nin kendi fiyat esnekliği	$\epsilon_{M_{LPG}}$	-2,00
Dizel araç km'nin benzin fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{M_D}^G$	0,005
Dizel araç km'nin otogaz fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{M_D}^{LPG}$	0,008
Otogaz araç km'nin benzin fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{M_{LPG}}^G$	0,009
Benzin araç km'nin otogaz fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{M_G}^{LPG}$	0,003
Genel tüketimin benzin fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{X^G}^C$	0,01
Genel tüketimin otogaz fiyatına çapraz esnekliği	$\epsilon_{X^{LPG}}^C$	0,01
Genel tüketimin gelir esnekliği	ϵ_{XI}	0,60
Araç km'nin gelir esnekliği	ϵ_{MI}	0,70
Benzin talebinin gelir esnekliği (telafi edilmiş)	ϵ_{GI}^C	0,25
Otogaz talebinin gelir esnekliği (telafi edilmiş)	ϵ_{LPGI}^C	0,25
İşgücü arzının gelir esnekliği	ϵ_{LI}	-0,15
İşgücü arzı esnekliği (telafi edilmiş)	ϵ_{LL}^C	0,35
İşgücü arzı esnekliği (telafi edilmemiş)	ϵ_{LL}	0,20

3.3. DIŞSALLIKLARLA İLGİLİ MALİYET PARAMETRELERİ

Otomobil kullanımından kaynaklanan trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, gürültü ve akaryakıt türlerine bağlı olarak hava kirliliği ve iklim değişikliği (karbon salınımı) etkileri, üçüncü şahıslar üzerinde oluşturdukları maliyetler nedeniyle, ulaştırmanın dışsallıkları olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan analiz, bu dışsallıklardan kaynaklı marjinal sosyal maliyetlerin dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Öte yandan Türkiye için yukarıda anılan dışsallık kalemlerinin maliyetlerinin tahmin edilmesine yönelik yeterli sayıda çalışma bulunmaması nedeniyle, literatürde de benimsendiği şekilde, çoğunlukla gelişmiş ülkeler için hesaplanmış tahmin değerlerinin Satınalma Gücü Paritesi (SGP) kullanılarak Türkiye'ye uyarlanması

planlanmaktadır. Bu çerçevede dışsallıkla ilgili parametrelerin belirlenmesi sırasıyla aşağıda başlıklar halinde tartışılmaktadır.

3.3.1. Trafik Sıkışıklığı

Bu çalışmada kilometre ile ilgili marjinal dışsallık maliyetlerinin hesaplanmasında, Avrupa Birliği Komisyonunun Ulaştırmanın Dışsal Maliyetleri El Kitabı (Korzhenevych vd., 2014) çalışmasından faydalanılmaktadır. Korzhenevych vd. (2014), 2010 yılı fiyatlarıyla trafik sıkışıklığının etkin marjinal maliyetleri için AB ortalaması tahminlerini, yerleşim yeri, karayolunun sınıfı ve karayolunun kullanım durumuna (serbest akım, karayolu kapasitesine yakın trafik ve karayolu kapasitesinin üstünde trafik) göre sunmaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. AB Ortalama Trafik Sıkışıklığı Marjinal Maliyetleri

Yerleşim Yeri	Karayolu Sınıfı	Serbest Akım (€t/akm)	Kapasiteye Yakın (€t/akm)	Kapasite Üstü (€t/akm)
Büyükşehir	Otoyol	0,0	26,8	61,5
	Anayol	0,9	141,3	181,3
	Diğer	2,5	159,5	242,6
Kent	Otoyol	0,6	48,7	75,8
	Anayol	2,5	139,4	230,5
Kırsal	Otoyol	0,0	13,4	30,8
	Anayol	0,4	18,3	60,7
	Diğer	0,2	42,0	139,2

Korzhenevych vd. (2014), bu değerlerin diğer ülkeler veya başka bir yıl için dönüştürülmesinde kişi başı GSMH rakamları kullanılmasının mümkün olduğunu ifade etmektedir. Bu çerçevede Tablo 13'deki verilerin 2010 yılı nominal AB ortalaması kişi başı 24,400 € olduğu dönemi yansıttığını belirtilerek, dönüşüm yapılacak yıl ve ülkenin kişi başı GSMH değerleri ile oranlanarak tahmin değerleri üretilebilmektedir. Buradan hareketle, Türkiye için⁴² 2014 yılı trafik sıkışıklığı marjinal dışsallık maliyetleri hesaplanmış ve Tablo 14'de sunulmuştur.

⁴² Türkiye için 2014 yılı kişi başı GSYH değeri 22.550 TL olarak alınmıştır. Kaynak: World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.

Marjinal trafik sıkışıklığı maliyetinin günün zamanı, karayolunun sınıfı ve yerleşim yerine göre değişim gösterdiği bilindiğinden, marjinal maliyetin tek bir ortalama değere indirgenmesinin oldukça zor olduğu görülmektedir.

Tablo 14: AB Ortalamaları Kullanılarak Türkiye İçin Marjinal Trafik Sıkışıklığı Maliyet Tahmini

Yerleşim Yeri	Karayolu Sınıfı	Serbest Akım (TL kuruş/akm)	Kapasiteye Yakın (TL kuruş/akm)	Kapasite Üstü (TL kuruş/akm)
Büyükşehir	Otoyol	0	0,413	0,947
	Anayol	0,014	2,176	2,792
	Diğer	0,039	2,457	3,736
Kent	Otoyol	0,009	0,75	1,167
	Anayol	0,039	2,147	3,55
Kırsal	Otoyol	0	0,206	0,474
	Anayol	0,006	0,282	0,935
	Diğer	0,003	0,647	2,144

Ancak daha önce Tablo 2’de yapılan kabuller ve hesaplamalar çerçevesinde Türkiye’de trafiğin yalnızca %46’sının kentlerde, kalan %54’lük trafiğin ise %35’inin şehirlerarası, %12’sinin kırsal, ve %7’inin otoyolda oluştuğu bilinmektedir. Türkiye’de son on yıldaki altyapı yatırımları ve görece düşük otomobil sahipliği dikkate alındığında, şehirlerarası, kırsal ve otoyol karayolu ağının kapasitenin altında hizmet verdiği ve trafik sıkışıklığının yalnızca kentiçi ulaşım için önemli bir sorun teşkil ettiği bilinmektedir⁴³. Bu nedenle Türkiye için 2014 yılı trafik sıkışıklığı marjinal dışsallık maliyetleri, şehirlerarası, kırsal ve otoyol karayolu ağı serbest akım değerleri dikkate alındığında sırasıyla, Tablo 14’deki 0,039 TL/akm, 0,006 TL/akm ve 0,009 TL/akm olmaktadır. Trafik ağırlıkları oranında elde edilen marjinal dışsallık maliyet toplamı $e_M^C = 0,023$ TL/akm olarak elde edilmektedir.

Öte yandan bu çalışmada marjinal trafik sıkışıklığı maliyetinin belirlenmesinde alternatif bir yaklaşım olarak Tscharaktschiew (2014)’in trafik sıkışıklığı için kullandığı BPR tipi

⁴³ WorldBank (2012) tarafından Türkiye’de son on yıldaki karayolu altyapı yatırım hamlesinin atıl kapasite sorununa neden olacağı vurgulanmaktadır.

fonksiyonu⁴⁴ kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan BPR tipi trafik sıkışıklığı fonksiyonunda toplam marjinal gecikmeyi $\xi_1 \xi_2 \xi_3 \left(\frac{M}{M^0}\right)^{\xi_3}$ ifade ederken, $\xi_1 \xi_2 \left(\frac{M}{M^0}\right)^{\xi_3}$ trafik sıkışıklığından dolayı toplam ortalama km başına gecikmeyi göstermektedir (Small ve Verhoef, 2007).

Tablo 15: TOMTOM İndeksinde Büyükşehirlerde Trafik Sıkışıklığı Parametreleri

Dünya Sıralaması	Türkiye Sıralaması	Şehir	Trafik Sıkışıklığı Seviyesi (Ekstra Seyahat Süresi)	Sabah Zirve	Akşam Zirve
3	1	İstanbul	50%	62%	94%
42	2	Ankara	32%	42%	52%
53	3	İzmir	29%	37%	51%
65	4	Bursa	28%	32%	50%
83	5	Mersin	26%	27%	34%
90	6	Adana	25%	27%	34%
100	7	Gaziantep	23%	25%	30%
114	8	Kayseri	21%	22%	24%
127	9	Konya	18%	20%	24%

BPR tipi fonksiyonunun parametre değerlerinin belirlenmesinde Tomtom İndeksinden de faydalanılabileceği düşünülmektedir. Tomtom İndeksi, bir navigasyon firması olan Tomtom'un dünya çapında 295 şehirde karayolu ağında trafik sıkışıklığını ölçmektedir. Trafik indeksi, sürücülere bulundukları şehirde ulaşım süreleri ve trafik sıkışıklığı durumunu göstermek için detaylı bilgi sunmayı amaçlamaktadır. Tomtom İndeksine göre, dünyada trafik sıkışıklığının en yoğun olduğu üçüncü şehir İstanbul'dur. Türkiye içinde İstanbul'u sırasıyla, Ankara, İzmir, Bursa, Mersin, Adana ve Gaziantep, Kayseri ve Konya takip etmektedir (Tablo 15).

⁴⁴ Özellikle ABD ulaştırma planlamasında trafik sıkışıklığı modellemesi için yaygın bir şekilde kullanılan Devlet Yolları Bürosu (Bureau of Public Roads-BPR) fonksiyonu kullanılmaktadır (Small ve Verhoef, 2007).

Tablo 16: Büyükşehirler İçin ξ_2 Parametresinin Hesaplanması

Büyükşehir	Trafiğe Kayıtlı Otomobil Sayısı (A)	ξ_2	A X B	Ağırlıklı Ortalamada Pay (AXB/TOPLAM)
İstanbul	2.463.995	0,50	1.231.998	0,2066
Ankara	1.222.519	0,32	391.206	0,0656
İzmir	651.076	0,29	188.812	0,0317
Bursa	398.668	0,28	111.627	0,0187
Mersin	229.666	0,26	59.713	0,01
Adana	286.626	0,25	71.657	0,012
Gaziantep	198.237	0,23	45.595	0,0076
Kayseri	203.661	0,21	42.769	0,0072
Konya	309.383	0,18	55.689	0,0093
TOPLAM	5.963.831			0,3687

Tablo 15 trafik sıkışıklığı seviyesine oranla gecikme süresini vermektedir. Tomtom'un trafik sıkışıklığı seviyesi indeksi, trafik sıkışıklığının olmadığı (serbest trafik akımı) durumdaki ulaşım süresine trafik sıkışıklığı nedeniyle ilave gelen süreyi ifade etmektedir.

BPR tip trafik sıkışıklığı fonksiyonu $t = \xi_1 \left[1 + \xi_2 \left(\frac{M}{M^0} \right)^{\xi_3} \right]$ dikkate alınarak, fonksiyonda yer alan ξ_1 değeri km başına serbest akım trafikte geçen süre [saat/km], t

değeri km başına gecikme dahil toplam ulaşım süresi olduğuna göre, $\frac{t}{\xi_1} - 1 = \xi_2 \left(\frac{M}{M^0} \right)^{\xi_3}$

Tomtom indeksi değerine karşılık gelmektedir. Model başlangıç koşullarında kalibre edilirse ($M = M^0$), Tomtom indeksi ξ_2 'e eşit olmaktadır. Burada, büyükşehirler için tek bir ξ_2 elde etmek üzere trafik sayımı yerine, büyükşehirlerde trafiğe kayıtlı araç sayısı kullanılarak ağırlıklı ortalama hesaplanmaktadır. Hesaplanan değerler Tablo 16'da sunulmaktadır.

Elde edilen $\xi_2 = 0,369$ tahmini, yalnızca büyükşehirlerin trafik akımını dikkate alacak şekilde hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, trafik sıkışıklığının olduğu bölgelerde akaryakıt fiyatlarının etkisi, trafik sıkışıklığının olmadığı bölgelere göre oldukça sınırlı olmaktadır. Örneğin, büyükşehirlerde işe geliş ve gidiş nedeniyle trafik yoğunluğu fazla olmasına ve otomobil kullanıcılarının artan akaryakıt maliyetlerine rağmen, otomobil kullanımından vazgeçmesinin oldukça zor olduğu bilinmektedir. Ancak trafik

sıkışıklığının düşük olduğu bölgelerde, akaryakıt fiyatlarının yansımalarının daha kolay görülmesi beklenmektedir. Bu nedenle Tscharaktschiew (2014) trafik sıkışıklığının yoğun olduğu bu kesimlerde, maliyet faktörünün %20 azaltılmasını uygun görmektedir.

Toplam marjinal gecikme $\xi_1 \xi_2 \xi_3 \left(\frac{M}{M^0}\right)^{\xi_3}$, ortalama marjinal gecikmenin ξ_3 katı olarak hesaplanmaktadır. Çoğu çalışmada $\xi_3 = 4$ olarak kabul edilmektedir (Tscharaktschiew, 2014). Model başlangıç koşullarında kalibre edilirse ($M = M^0$) ve $\xi_2 = 0,369$ tahmini marjinal maliyet denkleminde yerine konulduktan sonra elde edilen büyükşehir trafiğinin ortalama marjinal maliyeti %20 oranında azaltılırsa, marjinal dışsallık maliyet toplamı olarak $e_M^c = 0,018$ TL/akm sonucuna ulaşılmaktadır. Özetle, bu çalışmada alternatif yaklaşımlar kullanılarak elde edilen Türkiye için trafik sıkışıklığı marjinal maliyeti değerlerinden görece büyük olan $e_M^c = 0,023$ TL/akm değeri, marjinal dışsallık maliyeti olarak varsayılmaktadır.

3.3.2. Trafik Güvenliği

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2015 yılı Raporuna göre, dünyada yılda 1,2 milyon insanın trafik kazaları sonucunda hayatını kaybettiği ve bu ölümlerinin çoğunun hızlı ekonomik gelişmeye eşlik eden otomobil sahiplik oranı artışının yaşandığı düşük ve orta gelir grubundaki ülkelerde gerçekleştiği bilinmektedir. Karayolu trafik kazaları kaynaklı yaralanmaların dünyada 15-29 yaş arasında bir numaralı ölüm sebebi olduğu ve karayolu trafik kazalarının ekonomik maliyetinin GSYH'nın yaklaşık %3'ünü bulduğu tespit edilmektedir. Ekonomik maliyetin düşük ve orta gelirli ülkelerde ise, ortalama GSYH'nın %5'ine ulaştığı tahmin edilmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerde görülen trafik kazası nedenli ölümler, yüksek gelirli ülkelerin yaklaşık iki katı olarak gerçekleşmektedir. WHO'nun tahminlerine göre, 2013 yılında Türkiye'de her 100.000 kişide ölüm oranı 8,9 olarak gerçekleşmiştir. Kuzey ve orta Avrupa ülkeleri içinde ölüm oranı, İsveç, Norveç, Hollanda, Birleşik Krallık ve Almanya'da sırasıyla 2,8, 3,8, 3,4, 2,9 ve 4,3 olarak ölçülmektedir. Ayrıca Akdeniz bölgesinde doğuya doğru ilerledikçe ölüm oranı artış eğiliminin, İspanya'da 3,7, İtalya'da 6,1, Yunanistan'da ise 9,2 oranlarında görülen kaza serisiyle desteklendiği görülmektedir (WHO, 2015). Türkiye'deki ölüm oranının (8,9) Yunanistan'a göre düşük görülmesinde, TÜİK tarafından yayımlanan veri setinin 2015

yılından önce trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edilenlerden 30 gün kuralı çerçevesinde kazanın sebep ve tesiriyle hayatını kaybedenleri kapsamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Trafik kazalarında bölgesel farklılıkların görülmesi yalnızca altyapı yatırımlarının değil, bunlara eşlik eden kurumsallaşma (kültür vb.) gibi etkenlerin varlığını belirgin şekilde ortaya koymakta ve trafik kazaları ile mücadelenin çok boyutlu bir şekilde ele alınmasının gerekliliğini işaret etmektedir.

Türkiye’de trafik kazalarının toplam maliyetinin 2012 yılında yaklaşık 4,3 Milyar ABD Doları olduğu⁴⁵ tahmin edilmekte olup, sigorta şirketlerinin trafikle ilgili sigorta işlemlerinden 2012 yılında yaklaşık 233 Milyon ABD Doları tutarında zarar ettikleri ileri sürülmektedir (Kaya, Özen, ve Genç, 2014). Kaya vd. (2014)’in Uşak ilinde uygulanan anket çalışmasında, trafik kazası sonucu ortaya çıkan maliyetlerin %40’lık bölümünün sigorta dışında kazaya karışan bireyler tarafından karşılandığını göstermektedir. Ayrıca, Türkiye’de kazaların oluş şekillerinin dağılımına bakıldığında, toplam trafik kazalarının yaklaşık %50’si birden fazla aracın bir şekilde çarpışmasından meydana geldiği görülmektedir.

Trafik kazalarının sosyal maliyetleri maddi hasarlar, idari, tıbbi maliyetler, üretim ve verim kayıpları ile manevi maliyetlerden (ömür kısalması, acı, yas vb.) oluşmaktadır. Maddi hasarlar genellikle piyasa fiyatları kullanılarak hesaplanabilir ve sigortalı olabilir maliyet kalemleriyken, manevi maliyetlerin belirli bir piyasa fiyatı olmadığından değerlendirilmesi ödeme istekliliği yöntemi (willingness to pay) gibi daha dolaylı yöntemlerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Sonuç olarak, maddi ve manevi maliyetlerin toplamı trafik kazalarının sosyal maliyetini vermektedir (Essen vd., 2011) .

Bu araştırmada ortaya çıkan sosyal maliyetlerin ne kadarlık bir bölümünün dışsallık olarak sınıflandırılabilmesi hususu, trafik kazalarının sosyal maliyetlerinin hesaplanması kadar önem arz etmektedir. Trafik kazalarının dışsallık etkisi, Edlin ve Karaca-Mandic (2006)’ın ortaya koyduğu şekilde, marjinal maliyetlerin ortalama maliyetleri aşması halinde gerçekleşmektedir.

⁴⁵ 2014 Yılı Fiyatlarıyla 9,2 Milyar TL (GSYH’nin %0,5’ine denk gelmektedir)

Trafik kazalarında dışsallık kavramının teorik temelleri, ilk olarak Vickrey (1968) tarafından artan trafiğin yarattığı dışsallık şeklinde ortaya konulmuştur. Edlin ve Karaca-Mandic (2006) iki aracın herhangi bir kavşakta çarpışması örneğinde, kazanın oluşma sebebinin esas itibarıyla her iki sürücünün de trafiğe katılma kararından kaynaklandığını vurgulamaktadır⁴⁶. Kazada ortaya çıkan hasar maliyeti 2D olarak varsayılırsa, ortalama kaza maliyeti iki arabada oluşan hasarın (2D) sürücü sayısına bölünmesi sonucunda araç başına D olarak elde edilmektedir. Kazaya karışan herhangi bir araç sürücüsü perspektifinden konu tekrar ele alındığında, bu sürücünün neden olduğu hasar her iki arabadaki hasar (2D) olmaktadır. Dolayısıyla marjinal maliyet, ortalama maliyetin tam iki katıdır. Üstelik elde edilen sonuç, sürücünün kusurlu veya kusursuz olmasına göre de değişim göstermemektedir. Mevcut yasal sistem, sürücülerin kusurları oranında hasarı paylaştırmaktadır. Ancak yine de sürücüler, kazanın marjinal maliyetini değil ortalama maliyetini üstlenmektedirler. Dolayısıyla, trafik kazaları doğal olarak dışsallık üretmektedir. Mevcut hasar tazmin sistemi dikkatli araç kullanımını teşvik etse bile, trafiğe katılım kararı ve sürüş süresi konusunda herhangi bir besleme (güdüleme) sunmamaktadır.

Kaza dışsallığı, trafiğe katılan her aracın diğer araçların kaza yapma olasılığını artırmasından kaynaklanmaktadır. Bir denklemle ifade edilecek olursa, Dışsallık = Sosyal Marjinal Maliyet – Ortalama Maliyet (Özel/Kişisel Maliyet)'dir. Yukarıdaki örnekte, toplam trafikte %1 artışın kaza maliyetlerini %1'den fazla artırması beklenmektedir. Ancak insanları daha düşük hızla seyir etmeye zorlayan trafik sıkışıklığı söz konusu olduğunda, kaza riski ve şiddeti azalacağından, maliyetlerdeki artışın %1'den daha az gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu nedenle, trafik hacmi dışsallıklarının hesabında önemli bir parametre olarak yer almaktadır (Edlin ve Karaca-Mandic, 2006). Türkiye örneğinde toplam trafik kazalarının %49'u birden çok aracın çarpışması ile gerçekleştiğinden, marjinal maliyetin ortalama maliyeti %49'dan fazla aşması beklenmektedir. Diğer bir ifadeyle, trafikte her %1 oranında artış kaza maliyetleri %1,49 oranında artırmaktadır

⁴⁶ Kusurun kimde olduğuna bakılmaksızın sürücülerden birinin veya her ikisinin otomobil kullanmak yerine, toplu taşımayı tercih etmesi durumunda kazanın gerçekleşmeyeceği gerçeğinden hareket edilmektedir.

(trafik kazalarının araç kullanımına esnekliği 1,49'dur.)⁴⁷ Edlin ve Karaca-Mandic (2006) yüksek trafik yoğun eyaletlerde dışsallıkların büyük, düşük trafik yoğunluklu eyaletlerde ise düşük olduğunu bulmaktadır. Ayrıca bu çalışma, Kaliforniya eyaletinde trafik yoğunluğuna yeni bir sürücünün dahil olmasının, diğer sürücülerin sigorta maliyetlerine yılda 1.727-3.239 ABD Doları ilave ettiğini ileri sürmektedir.

Lindberg (2001)'in trafik kazalarının oluşturduğu dışsallığın hesaplanmasında kullandığı yaklaşım, literatürde oldukça kabul görmektedir. Lindberg (2001)'in çizdiği teorik çerçevede, öncelikle trafikteki araçlar belirli bir kategori (otomobil, ağır taşıt, iş makinası vs.) de tanımlanmaktadır. Örneğin j kategorisinde bir aracın dahil olduğu ve birden çok aracın karıştığı (çoklu) kaza sayısı (X), kategori j'nin trafik hacminin (Q) bir fonksiyonudur. Bu çerçevede X farklı derecelerdeki kaza şiddetini (n: ölümcül yaralanma, ağır yaralanma, hafif yaralanma, maddi) ve aynı anda maliyet (a+b+c) bileşenlerine karşılık gelen bir değer vektörü olarak tanımlanmaktadır. Kategori j'nin çoklu kazaya karışma riski (r), kategori j'nin çarpışma başına toplam kaza maliyetindeki sorumluluk payı θ olarak gösterilmektedir. Ayrıca riskin (r) kategori j'nin trafik hacminin artmasından da etkilenebileceği dikkate alınarak risk esnekliği (E) dikkate alınmaktadır. Bu çerçevede;

Q = trafik hacmi,

X = kategori j ile diğer kategori arasındaki çoklu kaza sayısı,

$a+b+c$ = kaza başına toplam kaza maliyeti,

a = riske maruz kalan fail/kurban için oluşan kaza maliyetlerinin (ölüm ve yaralanma) beklenen değerini veya n tipindeki kazadan sakınmak için failin/kurbanın kendisinin ödeme istekliliğini,

⁴⁷ Edlin ve Karaca-Mandic (2006); "Bir sürücünün kazaya karışma olasılığı p olduğu kabul edilirse ve D maliyetinde hasara yol açan tek aracın yer aldığı kaza olasılığı 0,3p, yine her bir araçta D maliyetinde hasara neden olan iki araçlı kaza olasılığı 0,7p olsa, bu sürücünün neden olduğu hasarın beklenen değeri (sürücü başına marjinal maliyet) $0,3pD+2(0,7pD) = 1,7pD$ olurken ortalama maliyet yalnızca pD olarak gerçekleşecektir. Sürüşe göre kaza maliyetinin esnekliği (1,7) marjinal maliyetin ortalama maliyete oranıdır."

b = riske maruz kalan fail/kurbanın akraba ve yakınları için oluşan kaza maliyetlerinin (ölüm ve yaralanma) beklenen değeri veya n tipindeki kazadan sakınmak için failin/kurbanın akraba ve yakınlarının ödeme istekliliğini,

c = toplum için kazanın maliyeti (çıktı/üretim kaybı, maddi maliyetler, polis ve tıbbi giderler) veya ekonomik maliyeti (net veya brüt çıktı/üretim kaybı, emniyet (polis) ve tıbbi giderler) ifade etmektedir.

θ = kategori j 'nin çarpışma başına toplam kaza maliyetindeki sorumluluk payı veya farklı bir ifadeyle toplam kaza maliyetinin ne kadarlık bir bölümünün içselleştirildiği,

AC_j = kategori j 'nin ortalama kaza maliyeti,

TC_k = diğer kategorinin (k) toplam maliyeti,

PMC_j = kategori j 'nin özel/kişisel marjinal maliyeti, olarak tanımlanmaktadır.

$$r = \frac{x}{q} \quad (65)$$

$$E = \frac{\partial r}{\partial Q} \frac{Q}{r} \quad (66)$$

$$AC_j = \frac{x(a+b+c)\theta}{q} = r(a+b+c)\theta \quad (67)$$

Ancak maliyet $(a+b+c)$ içinde yer alan c terimi ulaştırma sisteminde ortaya çıkan dolaylı yada sosyal maliyet terimi olduğundan özel/kişisel ortalama maliyet şu şekilde ifade edilebilmektedir:

$$AC_j^p = \frac{x(a+b)\theta}{q} = r(a+b)\theta \quad (68)$$

$$TC_k = X(a+b+c)(1-\theta) \quad (69)$$

Bu durumda toplam maliyet TC ;

$$TC = QAC_j + TC_k \quad (70)$$

Ortaya çıkan marjinal maliyet ise;

$$MC = Q \cdot \frac{\partial AC_j}{\partial Q} + AC_j + \frac{\partial TC_k}{\partial Q} \quad (71)$$

Dışsallıkların marjinal maliyetinin sosyal marjinal maliyet ile ortalama maliyet/ kişisel maliyet farkı olarak daha önce tanımlandığı hatırlanacak olursa;

$$MC_j^e = MC_j - AC_j^p \quad (72)$$

Bu durumda dışsallık marjinal maliyeti denklemi şu şekilde elde edilmektedir:

$$MC_j^e = Q \cdot \frac{\partial AC_j}{\partial Q} + \frac{\partial TC_k}{\partial Q} + AC_j - AC_j^p \quad (73)$$

$$MC_j^e = Q \cdot \frac{\partial AC_j}{\partial Q} + \frac{\partial TC_k}{\partial Q} + \theta rc \quad (74)$$

Gerekli sadeleştirilmeler yapılırsa;

$$MC_j^e = r(a + b + c)[(1 - \theta) + E] + \theta rc \quad (75)$$

Çoklu kazalar için elde edilen marjinal maliyet denklemi tekli kazalar için geliştirilirse;

$$MC_j^e = \theta r(a + b + c)E + \theta rc \quad (76)$$

Denklemlerde marjinal maliyetin pozitif veya negatif olması θ ve E 'nin büyüklüklerine bağlı olduğu görülmektedir. Eğer $\theta - E > 1$ trafiğe giren her araçla birlikte ortalama maliyet azalmakta, $\theta - E < 1$ olması durumunda ise tam tersi gerçekleşmektedir. θ ve E 'nin üyüklükleri konusunda kesin bir değer belirlemek mümkün görülmemektedir (Korzhenevych vd., 2014).

Bu tez çalışmasında Sen, Tiwari, ve Upadhyay (2010) Delhi için kullandığı yaklaşım esas alınmaktadır. Sen vd. (2010) çalışmasında Lindberg modelinin θ değerini 1, E değerini sıfır kabul etmektedir. Dolayısıyla marjinal maliyet denklemi otomobil için:

$$MC_{\text{otomobil}}^e = rc \quad (77)$$

şeklinde elde edilmektedir. Denklem doğrusal formda yeniden düzenlenirse:

$$MC_{\text{otomobil}}^e = \sum_{n=1}^{n=4} c^n r^n \quad (78)$$

Dolayısıyla otomobiller için marjinal maliyet, ortaya çıkan doğrudan ekonomik maliyetlerle kaza riskinin çarpımından elde edilmektedir. Sen vd. (2010)'in yaklaşımı, diğer maliyetlerin $(a+b)$ tamamının trafiğe katılan şahıslar tarafından içselleştirildiğini (sigorta primleri) varsaymaktadır. Bu nedenle, maliyet kalemleri arasında yalnızca c dışsal maliyet olarak sınıflandırılmaktadır. Doğrudan ekonomik maliyet (c), kaza nedeniyle cari ve gelecekte ortaya çıkan çıktı kaybının, polis (emniyet) ve sağlık giderleriyle toplamından oluşmaktadır.

Türkiye'de 2011 yılının Şubat ayında yürürlüğe giren yasa⁴⁸ ile trafik kazalarında, kazazedelerin tüm tedavi giderleri Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından üstlenilmiş ve sigorta şirketlerinin bu konudaki sorumluluğu ortadan kalkmıştır. Böylece trafik kazası geçirip de yaralananların kazada kusur oranına, kişilerin genel sağlık sigortalısı olup olmadığına bakılmaksızın, tıbbi malzeme ve ilaç harcamaları da dahil tüm tedavi giderleri SGK tarafından karşılanmaktadır. Dolayısıyla, kaza sonucu ortaya çıkan tüm sağlık harcamalarının dışsallık olarak değerlendirilmesi oldukça rasyonel görülmektedir. Öte yandan bu çalışmada da benimsenen Sen vd. (2010)'in yaklaşımının duyarlılık analizi ile sonuçlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi planlanmaktadır.

⁴⁸ 2918 Sayılı Karayolu Trafik Kanunun 98. Maddesinde 25/2/2011 tarih ve 6111 sayılı Kanunun 59. Maddesi ile yapılan değişiklik.

Otomobil türü için marjinal maliyetin hesaplanabilmesi amacıyla, öncelikle kaza şiddetlerine (n) karşılık gelen risk matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Öte yandan TÜİK tarafından derlenen kaza verilerinde, 2015 yılından itibaren 30 gün kuralı çerçevesinde kazanın sebep ve tesiriyle hayatını kaybedenler de ölümlü kaza sayısına dahil edildiği görülmektedir. Bu nedenle 2014 yılı verilerinin yeni veri setine uygun bir şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Ancak TÜİK veri setinin toplamaları verdiği halde, kazaların araç kategorilerinde çalışma için gerekli detayda olmadığı görülmektedir. Bu nedenlerle aşağıda temel unsurları verilen yaklaşımlarla yeniden detaylandırılmıştır (Ek 7).

Öncelikle 2014 yılında kaza sonrası ölüm oranının tahmin edilmesinde 2014 ve 2015 yılları arasında ölümlü yaralanmalı kaza sayısında artış oranı hesaplanmış, elde edilen oran nispetinde 2015 kaza sonrası ölüm sayısı azaltılarak 2014 yılı kaza sonrası ölüm sayısı elde edilmiştir. 2014 yılında kaza yerinde ölmeyen ancak 30 gün içinde ölenler yaralı olarak kaydedildiklerinden yapılan yeni düzeltme sonucu yaralı sayısı da aratan ölüm sayısına azaltılmıştır. Benzer şekilde, 2014 yılı için düzeltilmiş ve düzeltilmemiş veriler arasında doğrusal orantı kullanılarak, TÜİK tarafından açıklanan “Ölümlü Yaralanmalı Trafik Kazasından Etkilenen Kazazedeler” ve “Ölümlü Yaralanmalı Trafik Kazasına Karışan Taşıt Dağılımı” tabloları yeniden düzenlenerek dağıtılmıştır. Detayları EK 7’de verilen “Taşıt Cinslerine Göre Kayıtlı Taşıt, Ölümlü Yaralanmalı Kazaya Karışan Taşıt, Ölen Ve Yaralanan Sürücü Sayısı” tablosunda eksik veriler ise kaza sıklığı, maksimum yolcu sayısı ve yolcu ölüm ve yaralanma riski olmak üzere üç parametre kullanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. Kaza riski parametresi taşıt cinslerinin ölen sürücü sayılarının (her araçta bir sürücü olduğundan aynı zamanda taşıt sayısını verdiği için seçilmiştir.) toplam ölen sürücü sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Maksimum yolcu sayısı, taşıt cinslerine göre izin verilen taşıma kapasitesini ifade etmektedir. Yolcu ölüm ve yaralanma riski ise kaza sıklığı ile maksimum yolcu sayısının çarpımından elde edilmiştir. Son olarak toplamaları bilinen ölen, yaralanan yolcu ve yaya sayılarının araç cinslerine göre dağıtımını tahmin parametreleri kullanılarak sağlanmıştır. Bu yaklaşım dahilinde yapılan hesaplamaların adımları EK 7’de sunulmaktadır. Bu çerçevede 2014 yılında toplam otomobil kullanımının yaklaşık 168,381 milyar km olduğu dikkate alınarak hesaplanan otomobillerin karıştığı trafik kazası risk matrisi Tablo 17’de

sunulmaktadır. Tablo 17’de risk, toplam kilometre yolculuk içinde ölümlü yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza oranı olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 17: Otomobillerin Karıştığı Trafik Kazalarının Risk Matrisi

Otomobil İçin Kaza Riski (Adet/Bir Milyar Araç Km)	Ölüm	Yaralanma	Maddi
Toplam Sayı (Ölü ve Yaralı Sayısı)	3.323	136.420	521.370
Kaza Sayısı	2.987	82.270	521.370
Risk	17,74	488,594	3.096,37

Türkiye Sigorta Birliği tarafından açıklanan 2014 Yılı trafik sigorta verilerine göre, otomobil için 568.006 hasar dosyasının toplam maliyeti 1.114.876.935 TL olup, ortalama otomobil hasar tutarı 1.963 TL olarak hesaplanmaktadır. Ancak genelde gerçek ekonomik maliyetlerin, sigorta şirketlerince kaydedilen maliyetlerin altında gerçekleştiği bilinmektedir. Dolayısıyla bu maliyet tutarında belirli bir azaltma yapılmasının mümkün olduğu veya burada elde edilen değerin bir üst sınır olabileceği düşünülmektedir.

Trafik kazalarının oluşturduğu verimlilik, çıktı veya üretim kaybının ölçülmesine yönelik olarak Naci ve Baker (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Türkiye için trafik kazalarında ölümlerin yalnızca verimlilik maliyeti, 2000 yılında 2,6 milyar ABD Doları olarak hesaplanmaktadır. Naci ve Baker (2008), Potansiyel Yaşam Yılı Kaybı (YPLL) ve Potansiyel Olarak Verimli Yaşam Yılı Kaybı (PPYL) olmak üzere literatürde sıklıkla kabul gören iki yöntemi kullanarak, trafik kazaları kaynaklı ölümlerin verimlilik maliyetini hesaplamaktadır. Ancak daha detaylı verilerin elde edilememesi nedeniyle çalışmada, Türkiye Ulusal Hastalık Yüğü çalışmasının sonuçlarından elde edilen veriler kullanılmak zorunda kalınmıştır (Health, 2006).

Bu çalışmada, otomobillerin karıştığı trafik kazalarının dolaylı maliyetinin hesaplanmasında literatürde sıklıkla kabul gören üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, Potansiyel Yaşam Yılı Kaybı (YPLL), Potansiyel Olarak Verimli Yaşam Yılı Kaybı (PPYL) ve Değerlendirilmiş Potansiyel Yaşam Yılı Kaybı (VPYLL) olarak anılmaktadır (Lam, 2004; Miskulin ve Ambros, 2014; Šemerl ve Šešok, 2002; Zhou, Baker, Rao, ve Li, 2003).

TÜİK verilerine göre 78 yıl beklenen yaşam süresi olarak belirlenmektedir. YPLL'nin hesaplanabilmesi için, 65 yaşı erken ölüm sınırı kabul edilerek, belirli bir yaş grubundaki ölüm sayısı ile yaş grubunun orta yaşın kalan potansiyel yaşam süresi çarpılmaktadır. Daha sonra, her bir yaş grubu için elde edilen potansiyel yaşam yılları kaybı toplanarak YPLL elde edilmektedir. YPLL'nin formülü aşağıda verilmektedir.

$$YPLL = \sum_{i=0}^N d_i(N - i_a) \quad (79)$$

Denklemde i = yaş grubu, i_a = yaş grubundaki orta yaş, d_i = yaş grubundaki ölüm sayısı, N = üst yaş sınırı (65 olarak belirlenmiştir.)

PPYL yöntemi, karayolu kazası kaynaklı ölümlerin sebep olduğu verimlilik kayıplarının hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. PPYL yönteminde 65 yaş üst sınır kabul edilerek, 18 ile 65 yıl arası verimlilik yılları olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla verimlilik süresi 18 yaşı için 47 yıl olarak elde edilmektedir. Şu anda var olan gelecekte elde edilecekten daha değerli olduğundan, ekonomik değerlendirme için indirgeme yapılması zorunlu olmaktadır. İndirgeme oranı olarak genel kabul gören %3 değeri benimsenmektedir (Mundial, 1993). 18 yaşından küçük kayıplar için potansiyel yılların kaybı hesaplanırken yaş grubundaki orta yaşa kadar indirgenmektedir.

VPYLL yöntemi, bireylerin hayatlarını ekonomik verimliliklerine göre kısımlar halinde ele alan bir model yaklaşımıdır. Bu modelde bireylerin yaşamı üç döneme ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla yatırım yılları, üretim yılları ve tüketim yıllarıdır. Yatırım ve tüketim yıllarında birey toplumdan alırken, üretim yıllarında topluma vermektedir. Kaybedilen ekonomik verimlilik tam anlamıyla kaybedilen potansiyel yaşam hesaplanmasında değerlendirilmektedir. VPYLL formülü şu şekilde ifade edilmektedir.

$$VPYLL = \sum_{i=0}^N d_i \left[\sum_{j=i}^{i+L_i} I(j) \right] \quad (80)$$

Denklemden i = yaş grubu, L_i = yaş grubundaki yaşam beklentisi, $I(j)$ = yaş j 'deki değer, d_i = yaş grubundaki ölüm sayısını vermektedir. $I(j)$ değeri yatırım-üretim-tüketim modeli çerçevesinde belirlenmektedir. Bu modele göre insan hayatını yatırım yılları (0-19 yaş), üretim yılları (20-64 yaş) ve tüketim yılları (65 +) olmak üzere üç aşamada sürdürür. Bu aşamalarındaki her yılın değeri eşit kabul edilmektedir. Yatırım ve tüketim yıllarında birey toplumun kaynaklarını kullanırken veya toplumdan alırken, üretici olduğu üretim yıllarında topluma edindiklerini üretim yoluyla geri vermektedir. Tablo 18'de yer alan toplumun bireye yaptığı net yatırım değeri, 0-19 yılları arasında 65 yaş üstünde toplumdan aldığı miktardan ve 20-64 yılları arasında ürettiği miktardan çıkarılarak elde edilmektedir. Bu çerçevede toplam potansiyel kayıp, ölüm yaşında net yatırım ile bireyin üretilmediği yılların toplamından tüketemediği ve alamadığının farkı olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 18: VYPLL Yöntemiyle Potansiyel Hayat Kaybı

Demografik Veri			İktisadi Verimliliğe Göre Yaşam Devirleri							
Yaş Grubu (yıl)	Orta Yaş (Yıl)	Yaşam Süresi Beklentisi (Yıl)	(0-17)		(18-65)		(65≤)		Net Yatırım	Potansiyel Kayıp
			Aldı	Almadı	Üretti	Üretmedi	Tüketti	Tüketmedi		
0-9	4,5	73,5	4,5	13,5	0	47	0	13	4,5	25
10-14	12	66	12	6	0	47	0	13	12	40
15-17	16	62	16	2	0	47	0	13	16	48
18-20	19	59	18	0	1	46	0	13	17	50
21-24	22,5	55,5	18	0	4,5	42,5	0	13	13,5	43
25-64	44,5	33,5	18	0	26,5	20,5	0	13	-8,5	-1
TÜİK: Türkiye'de beklenen yaşam süresi 78 yıl olarak açıklanmıştır.										
Erken ölüm yaş sınırı 65 olarak belirlenmiştir.										
Net Yatırım: (aldı)+(tüketti)-(üretti)										
Potansiyel Kayıp: (Net Yatırım) + (üretmedi) - (almadı) - (tüketmedi)										

TÜİK tarafından açıklanan yaş gruplarına göre 2014 yılı ölüm ve yaralanma sayıları düzeltilerek elde edilen ölüm ve yaralanma istatistiklerinden faydalanılarak potansiyel hayat kaybı değerleri hesaplanmakta ve Tablo 19'da sunulmaktadır.

Tablo 19: PPYL, YPLL ve VYPLL Yöntemleri İle Elde Edilen Kayıplar

Yaş Grupları (yıl)	PPYL	İndirgenmiş PPYL	YPLL	VYPLL
0- 9	47	18	10431	35055
10- 14	47	22	4346	14760
15- 17	47	24	6272	17920
18- 20	46	26	8832	17664
21- 24	43	25	9890	9660
25- 64	21	16	38976	-1856

Tablo 20’de yaş grupları bazında elde edilen kayıp yıl değerleri Toplam Yıl Kaybının PPYL, YPLL ve VYPLL olarak özetlenerek Tablo 18’de verilmektedir.

Tablo 20: Toplam Kayıp Yıl Değerleri

PPYL	İndirgenmiş PPYL	YPLL	VYPLL
75.605	48.392	78.747	93.203

Elde edilen indirgenmiş PPYL değeri benzeri çalışmalarda (Miskulin ve Ambros, 2014; Naci ve Baker, 2008) yer alan yaklaşımlar çerçevesinde yıllık kamu kesimi işgücü maliyeti ile çarpılmakta ve % 9,9 işsizlik oranı dikkate alınarak yapılan düzeltme sonucunda, ölümlü otomobil kazalarının dolaylı maliyeti 2.973.390.265 TL olduğu tespit edilmektedir⁴⁹. Ölüm başına ekonomik yük ise 1.118.236 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu maliyet kaleminin içinde cenaze, hastane ve polis gibi idari giderlerin olmadığı dikkate alınmalıdır.

Senih , Yılmaz, Bolu, Uslu, ve Yeşildal (2014) tarafından 2012 yılı boyunca trafik kazası nedeniyle üniversite araştırma hastanesi acil servisine kabul edilen 802 kazazede üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, kazazedelerin 166 (%20,7)’sının yataklı hasta olduğu %0,87 sinin ise öldüğü tespit edilmektedir. Hastane kayıtlarına göre ise 1.857 kazazedenin 1.594’ü ayakta tedavi, 263’ü ise yataklı hasta olarak tanımlanmaktadır. Ayakta tedavi hastalarının kontrol muayene ziyaret sayısı ortalama $1,9 \pm 0,09$, yataklı hastalarda $1,5 \pm 0,05$ olarak hesaplanmaktadır. Ayakta tedavi görenlerin ortalama hastane maliyeti

⁴⁹ Kalkınma Bakanlığı Ekonomik ve Sosyal Gelişmeler Raporu’nda kamu kesimi brüt işçi ücreti 2014 yılı aylık ortalama 5.682,930 TL olarak verilmektedir.

40,4 ±1,5 €, yatarak tedavi görenlerin (%20,7) ortalama maliyeti de 970,5±89,4 € olarak tespit edilmektedir. Ancak Uygur, Ünal, Esenkaya, Kemah, ve Başaran (2014) motosiklet yaralanmalarının ortopedi ve travmatoloji yönünden tıbbi ve mali yansımalarını araştırdıkları çalışmalarında, hastaların ortalama hastanede kalış süresinin 8,4 gün olduğunu ve 2014 yılı hastane maliyetinin 2.896 TL (1.304 ABD Doları) olduğunu tespit etmektedirler. Çoklu yaralanmaya maruz kalan hastalarda ise hastanede kalış süresi ortalama 15,7 gün ve hastane maliyeti de 7.135 TL (3.212 ABD Doları) olarak hesaplamaktadırlar. Senih vd. (2014) çalışmasının kazazedelerin hastanede kalış süreleri ile ilgili herhangi bir veri sunmadığı görülmektedir.

TÜİK tarafından yayımlanan trafik kazaları istatistiklerinde hafif, orta ve ağır şiddetli yaralanma ayrımı yapılmadığından, Senih vd. (2014) çalışmasından faydalanılarak trafik kazazedelerinin %20,7'si (28.239 kişi) orta ve ağır yaralı, %79,3'ünün (108.181 kişi) hafif şiddetli yaralı olduğu varsayılmaktadır. Trafik kazalarında yaralananların yaklaşık %5'inin kaza sonucu engelli olduğu tahmin edilmektedir⁵⁰. Dolayısıyla engelliliğe yol açan ağır şiddetli yaralanmaların da bir grup halinde ele alınması düşünülmektedir. Bu tahminler çerçevesinde, yaralanmalar üç grup halinde ayrıştırılması durumunda elde edilen yeni risk matrisi Tablo 21'de sunulmaktadır.

Tablo 21: Ölüm Yaralanma Durumuna Göre Detaylandırılmış Kaza Risk Matrisi

Otomobil İçin Kaza Riski (Adet/Bir Milyar Araç Km)	Ölüm	Hafif Yaralanma	Orta Yaralanma	Ağır Yaralanma	Maddi Yaralanma
Toplam Sayı (Ölü ve Yaralı Sayısı)	3.323	108.181	27.557	682	521.370
Kaza Sayısı	2.987	65.240	16.619	411	521.370
Risk	17,74	387,45	98,7	2,44	3.096,37

Senih vd. (2014) ve Uygur vd. (2014)'nin çalışmalarında ortaya konulan hastane maliyetleri dikkate alınarak ağır, orta ve hafif şiddetli yaralanmalarının sağlık sistemi üzerinde yarattığı ekonomik yükün tahminine yönelik hesaplanan değerler Tablo 22'de verilmektedir.

⁵⁰ Karayolu Trafik ve Yol Güvenliği Derneği <http://www.trafik.org.tr/istatistikler/genel-kaza-istatistikleri>

Tablo 22: Yaralanma Sonucu Oluşan Hastane Maliyetleri

Değişken	Hafif Yaralanma	Orta Yaralanma	Ağır Yaralanma
Toplam Sayı (Yaralı Sayısı)	108.181	27.557	682
Birim Maliyet	111	2.673	7.135
Hastane Maliyeti	12.008.091	73.659.861	4.866.070

Belirli bir istatistiksel veri olmamakla birlikte, bu çalışmada ağır yaralanmalar sonucu engelli duruma düşen bireyin üretim kaybının ortalama %50 olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca ağır yaralanma sonucu sürekli bakım giderleri, hastane masrafları da dikkate alınmak zorundadır. Ancak bu yönde herhangi bir veriye ulaşılamadığından belirli kabullerin yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede ağır yaralıların ölü olması durumunda elde edilen indirgenmiş PPYL değeri 121.657 elde edilmektedir⁵¹. Ancak hayatta ve muhtemelen engelli olarak hayatını sürdürecekleri düşünüldüğünde potansiyel üretim güçlerini ortalama %50 oranında kaybedecekleri varsayılarak, ağır yaralanmalı otomobil kazalarının dolaylı maliyeti 345.684.108 TL olarak hesaplanmaktadır.

Bir başka husus ise, trafik kazası geçiren ve yaralı duruma gelen bireylerin tedavi süresince çalışma hayatından uzak kalması sonucu meydana gelen ekonomik kaybın tahmin edilmesidir. Bu yönde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Uygur vd. (2014) çalışmasından hareketle, hafif yaralanmalar için 3 gün, orta yaralanmalar için 20 gün ve ağır yaralanmalar için 30 gün işgücü kaybı olduğu varsayılarak, toplam ekonomik kayıp hafif, orta ve ağır yaralı başına ortalama sırasıyla 682 TL, 4.546 TL ve 6.820 TL olarak tahmin edilmektedir.

Son olarak trafik kazaları nedeniyle sunulmak zorunda olan kamu hizmetlerinin birer ekonomik maliyet olarak belirlenmesi gerekmektedir. Garcia-Altes ve Pérez (2007), Barselona şehrinde trafik kazalarının toplam maliyetinin hesaplanmasına yönelik olarak gerçekleştirdiği çalışmada, polis, acil servis ve ulaştırma gibi kamu hizmetlerinin toplam

⁵¹ TÜİK Yıllara Göre Ölü ve Yaralı Sayılarının Yaş Gruplarına Göre Dağılımı istatistiklerinde her bir yaş grubunda yaralıların %5 oranında engelli olduğu kabul edilmiştir. Daha yaş gruplarında engelli sayısı karşılık gelen indirgenmiş PPYL değerleri ile çarpılarak kümülatif toplamı olan indirgenmiş PPYL değeri 121.657 elde edilmiştir. İndirgenmiş PPYL değeri ve kamu kesimi brüt işçi ücreti 2014 yılı aylık ortalama 5.682,930 TL değerinin çarpımı sonucunda elde edilen değer potansiyel üretim güçlerini ortalama %50 oranında kaybedecekleri varsayılarak yarısı hesaplanmıştır.

doğrudan maliyetler içinde en az paya sahip harcamalar (her birinin payı %1'den küçük) olduklarını ortaya koymaktadır. Garcia-Altes ve Pérez (2007)'in çalışmasında kamu hizmetlerinin hastane giderlerine oranı %44 olarak verilmektedir. Bu orandan hareketle, Türkiye için tahmin edilen toplam hastane giderinin (90.534.022 TL) %44'ü olan 39.834.970 TL, kamu hizmetlerinin ekonomik maliyeti olarak hesaplanmaktadır. Bu maliyet toplam kaza sayısına (606.627 adet) bölüldüğünde, kamu hizmet maliyeti kaza başına 149 TL olarak varsayılmaktadır.

Elde edilen maliyetler kullanılarak, otomobiller için trafik kazalarının dışsalılık maliyetinin bileşenleri Tablo 23'de verilmektedir. Tablo 23'de takip edilebileceği üzere otomobille gerçekleştirilen trafik kazalarının hafif, orta, ağır, ölüm ve maddi hasar maliyetlerinin genel toplamı 2014 yılında ekonomik maliyeti 4.818.487.557 TL olarak tahmin edilmektedir⁵².

Tablo 23: Otomobilin Karıştığı Trafik Kazalarının Ekonomik Maliyeti

	Hafif Yaralanma	Orta Yaralanma	Ağır Yaralanma	Ölüm	Maddi Hasar
Maddi Hasar	-	-	-	-	1.114.876.935
Verimlilik Kaybı	-	-	345.684.108	2.973.390.265	
İşgücü Kaybı	73.779.442	125.274.122	4.561.240	-	
Hastane Maliyetleri	12.008.091	73.659.861	4.866.070	-	-
İdari Maliyetler	9.720.760	2.476.231	61.239	445.063	77.684.130
Toplam	95.508.293	201.410.214	355.172.657	2.973.835.328	1.192.561.065
Kaza Başına Maliyet	1.464	12.119	864.167	995.593	2.287

Otomobil için farklı derecede kaza şiddeti ve sonuçlarına göre elde edilen trafik kaza maliyetlerinin risk değerleri ile çarpılmasıyla, trafik kazası marjinal maliyeti $e_M^{nc} = 0,029$ TL/akm elde edilmektedir. Türkiye'de düşük araç sahiplik oranına rağmen gerçekleşen trafik kazası kaynaklı ölüm sayısının fazlalığı dikkate alındığında, çalışma kapsamında

⁵² Elde edilen ekonomik maliyet GSYH'nin %0,28'ine denk gelmektedir.

elde edilen trafik kazası marjinal maliyetinin ($e_M^{nc} = 0,029$ TL/akm) oldukça makul bir değer olduğu düşünülmektedir.

3.3.3. Gürültü

Trafik sıklığı ve trafik kazası kadar maliyeti yüksek beklenmemekle birlikte gürültü emisyonu, ulaştırmanın bir diğer önemli dışsallığı olarak kabul edilmektedir. Gürültü insanları rahatsız eden bir unsur olmak dışında, sağlık sorunlarına ve verimlilik kaybına neden olan bir çevre sorunudur. Şehirleşme ve artan trafik nedeniyle gürültü kaynaklı sorunlar her geçen gün artmaktadır. Trafik hacminin artması, daha fazla gürültünün oluşmasına ve şehirleşmenin artmasına paralel olarak gürültüye maruz kalan insan sayısının artmasına neden olmaktadır.

Friedrich ve Bickel (2001) dışsallıkların maliyetinin belirlenmesinde ortaya konulan yöntemleri iki farklı metodolojik yaklaşım altında tasnif etmektedir. Bunlardan ilki, nispeten geçmişte yaygın şekilde görülen ama yakın zamandaki araştırmalarda kullanımı devam eden, ortalama maliyetlerin elde edilmesini hedefleyen yukarıdan aşağıya (tümünden gelim) yaklaşımıdır. Belirli bir coğrafi alan için (örneğin ülke) herhangi bir dışsallığın (hava kirliliği, gürültü vb.) toplam maliyeti hesaplanmakta ve bu maliyet, dışsallığa sebep olan ekonomik faaliyetlere pay edilmektedir. Friedrich ve Bickel (2001) bu yaklaşımın, ‘demiryolu ulaşımı karayolu ulaşımına göre daha çevre dostu mudur?’ gibi genel kapsamda sorulara cevap oluşturabileceğini ancak daha kendine özgü ve nitelik gerektiren sorulara vereceği cevabın sınırlı olacağını ortaya koymaktadır. Friedrich ve Bickel (2001)’in temel savı, marjinal dışsal maliyetlerin büyük oranda mekânsal özelliklere ve daha genel çerçevede dışsallıkların üretildikleri çevresel şartlara bağlı olmasıdır. Özetle, dışsallık nedeniyle ortaya çıkan zarar, sürüş alışkanlıklarına, meteorolojik şartlara, arazi kullanımına, emisyonların salındığı bölgedeki nüfus yoğunluğuna ve kirleticilerin mevcut konsantrasyonuna bağlı olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, araçların dur-kalk yapmaya mecbur kaldığı büyük şehir trafiğinde seyreden bir araç ile kırsalda veya otoyolda seyreden aynı özelliklere sahip başka bir aracın oluşturdukları zarar oldukça farklı olmaktadır.

Eğer marjinal maliyetlerin mümkün olduğunca keskin bir doğrulukta elde edilmesi amaçlanıyorsa, ikinci bir yöntem olan aşağıdan yukarı (tümevarım) yaklaşım bu imkanı sağlamaktadır. Bu yaklaşımın başlangıç noktası, belirli bir rota üzerinde ilave ulaşım faaliyetini esas almak gibi mikro seviye analizleri içermektedir. Belirlenen rota üzerinde ilave bir aracın tek bir seyahat için marjinal dışsal maliyeti, '*emisyonlardan etki ve maliyetlere gelişim yolu*' şeklinde modellenerek maliyetler elde edilmektedir (Friedrich ve Bickel, 2001). Ancak bu ikinci yaklaşımın öncelikle çok geniş bir veri havuzuna ihtiyaç duyması nedeniyle, bağımsız araştırmacılar tarafından tercih edilmesi veya benimsenmesi mümkün görülmemektedir (Mizutani, Suzuki, ve Sakai, 2011). Nitekim modellemeye dayalı *etki gelişim yolu* (IPA) olarak adlandırılan aşağıdan yukarıya yaklaşımı, Avrupa Komisyonu Araştırma Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen birkaç seri uluslararası araştırma sonucunda geliştirilmiştir (Friedrich ve Bickel, 2001).

Birinci yaklaşımı benimsemek durumunda kalan bağımsız araştırmacıların çalışmalarında, öncelikle belirli bir ulaşım aracının sebep olduğu gürültü seviyesi hesaplanmakta ve elde edilen değer parasal büyüklüğe dönüştürülmektedir. Gürültünün dışsal maliyetinin parasal miktarının belirlenmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla hedonik fiyat belirleme yaklaşımı ve koşullu değerlendirme yöntemidir (Mizutani vd., 2011). Gürültünün birim sosyal maliyeti tahmin edilirken, hedonik fiyatlama yaklaşımı ses seviyesi ile arazi ve ev fiyatları arasında ilişkiyi analiz etmekteyken, koşullu değerlendirme yaklaşımı gürültüden kaçınmak için ödeme istekliliğini analiz etmektedir.

Türkiye için AB reformları çerçevesinde gürültü dışsallıklarına yönelik altyapı çalışmaları (gürültü haritalarının oluşturulması vb.) ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesi süreci henüz tamamlanmadığından, diğer dışsallık unsurlarının maliyetlerinin belirlenmesinde yeterli sayıda araştırma olduğunu söylemek mümkün değildir. Dolayısıyla sınırlı veri kümesi içinde birtakım varsayımlar yapmak ve genel yaklaşımların benimsenmesi zorunlu olmaktadır.

Gürültünün marjinal dışsal maliyetinin hesaplanabilmesi için, trafikte ilave araç km'nin gürültü seviyesi etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. De Borger ve Proost (2001) Brüksel şehri için gürültünün marjinal dışsal maliyetinin belirlenmesinde, Denklem 81'de

verilen fonksiyonu kullanmaktadır. Her iki yanında ev bulunan sıradan bir cadde için gürültü seviyesini gösteren bu fonksiyon, De Borger ve Proost (2001)Brüksel şehri için uyarlanmıştır.

$$L_{eq}(A) = 53,9 + 10 \log(V_{hafif} + E V_{ağır}) - 10 \log l + K \quad (81)$$

Denklemden $L_{eq}(A)$ cephenin iki metre uzağındaki gürültü seviyesi, V_{hafif} hafif araç (<3,5 ton) trafik akımını, $V_{ağır}$ ağır araç (>3,5 ton) trafik akımını (araç/saat), E eşdeğerlik faktörünü vermektedir. Ağır taşıt, on adet hafif taşıt eşdeğeri olarak kabul edilmektedir (De Borger ve Proost, 2001; Sen vd., 2010). Fonksiyonda yer alan l , cepheler arasındaki genişliği ifade etmektedir. K ise hız düzeltme terimi olup, 60 km/saat hızın üzerinde her 10 km/saat artışta ses seviyesi bir desibel artmaktadır. Sonuç olarak yukarıda sunulan denklem, kentiçi trafik gürültü seviyesi için bir ortalama gürültü fonksiyonudur.

Daha önce de ifade edildiği üzere kullanılan gürültü fonksiyonu esas itibariyle belirli bir cadde için geliştirilmiş olup, bu haliyle şehrin genel trafik yapısı için kullanıma uygun değildir. Bu yüzden De Borger ve Proost (2001), şehir geneli trafiği belirli bir cadde trafiğine indirgemek üzere bir dizi varsayımda bulunmaktadır. Öncelikle fonksiyon yalnızca ağır trafiği dikkate almaktadır. Bununla birlikte, şehirde fonksiyonel olarak birçok farklı yol türü (mesken mahallindeki cadde, sokak, ara sokak vb.) ağır taşıt trafiği taşımamaktadır veya ağır taşıt trafiğine hizmet etmemektedir. Bu yüzden De Borger ve Proost (2001) Brüksel'in toplam yol ağının yalnız dörtte birinde ağır trafiğin oluştuğunu ve tüm trafiğin %75'inin bu belirlenen ağda yoğunlaştığını varsaymaktadır. Sen vd. (2010)'nin Delhi şehri için marjinal gürültü maliyeti hesaplamasında ise, şehrin karayolu ağının yalnızca üçte birinin ağır trafik taşıdığı ve tüm trafiğin %80'inin bu ağda yoğunlaştığı varsayılmaktadır.

Türkiye geneli için bu metodoloji uyumlaştırıldığında, toplam kentiçi yol ağının (436.462 km)⁵³ yalnız üçte birinde ağır trafik oluştuğu ve tüm trafiğin %75'inin 145.487 km'de

⁵³ Türkiye'de kent içi yol uzunlukları çeşitli nedenlerle (yerel yönetimlerin sorumluluk alanında olmaları vb.) tutulmadığından veya merkezi yönetim tarafından derlenmediğinden, bu çalışmada bir navigasyon firması olan Tomtom'un belirli büyükşehirler için derlediği yol ağı bilgilerinden faydalanmak zorunda kalınmıştır. Diğer şehirler için elde edilen şehirler için yol ağı uzunluğu verisinin nüfus oranıyla orantısal

yoğunlaştığı varsayılmaktadır. Bu durumda Türkiye için gürültü fonksiyonu, Denklem 82’de verilmektedir.

$$L_{eq}(A) = 53,9 + 10 \log \left\{ \frac{0,75 [V_{otomobil} + 10(V_{otobüs} + V_{kamyon} + V_{diğer ağır})]}{145.487} \right\} - 10 \log l + K \quad (82)$$

İkinci aşamada maliyetlerin belirlenmesi gerekmektedir. Parasal değer tespitinde hedonik konut piyasası yöntemi tercih edilmektedir. Hedonik konut piyasası yöntemi, konut fiyatlarının yalnızca inşaat maliyetlerine ve özelliklerine göre değil, aynı zamanda çevresel faktörlere de bağlı olduğu fikrine dayanmaktadır. Kısaca, gürültünün yoğun olduğu bir yerleşim yerindeki herhangi bir konut, daha sessiz başka bir konumdaki benzerine göre (diğer bütün değişkenler sabitken) daha ucuz olmaktadır. Gürültü seviyesinde marjinal artış değerinin tespiti için, bir evin beklenen ömrü, birim dB(A)⁵⁴, da evin amortisman oranı ve indirgeme oranının bilinmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalar, birim dB(A)’da evin amortisman oranı yüzde 0,2 ile 0,6 arasında değiştiğini ve ortalamanın yüzde 0,4 olduğunu ortaya koymaktadır (Alexandre ve Barde, 1987).

2015 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’de toplam hane sayısı 21.662.260 adet olup, km başına 149 hane düşmektedir. TÜİK’in 2014 Yılı Yapı Kullanma İzin Belgesi istatistiklerinde yapılan hesaplamalar sonucunda, ortalama konut fiyatı 103.512 TL olarak elde edilmektedir. Ortalama bir evin ömrünün 50 yıl olduğu ve amortisman oranının %0,5 olduğu (De Borger ve Proost, 2001; Sen vd., 2010) kabul edilirse, 1 Db gürültü artışının 50 sene boyunca evin değerinde meydana getireceği azalma tutarı 518 TL olmaktadır. Bu durumda indirgeme oranı yaklaşık %5 olmakta ve dolayısıyla bir saatlik gürültünün maliyeti 0,005 TL/dB olarak elde edilmektedir. Gürültüye maruz kalan hane sayısı dikkate alındığında, bir km boyunca gürültünün maliyeti 0,75 TL/dB olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

olarak değişim gösterdiği düşünülerek diğer şehirler için kentiçi karayolu uzunlukları tahmin edilmiştir (EK 8).

54 “Ses farklı frekanslarda (salınım/saniye) hareket eder ve insan kulağının duyarlılığı onlara çeşitlilik kazandırır. Bu olay dikkate alınarak, gürültü ölçmek için kullanılan alet (ses seviye ölçer) tasarlanmıştır. Bu ölçüm sonucu, filtrelenir ve insan kulağının deneyimlediği ses basıncına benzetmek için, A ağırlıklı seviyede verilir. Elde edilen ses seviyesi dB(A) olarak ifade edilir.” Kaynak: <http://www.silvent.com/tr/working-environments/sound-noise-levels/>

Dolayısıyla toplam gürültü maliyeti (TGM), gürültü maliyeti ile 50dB gürültü eşiğinin üzerindeki gürültü seviyesi, gürültü dışsallığı kaynağı olan karayolu uzunluğunun (145.487 km) çarpılmasından elde edilmektedir.

$$TGM = 0,75 \times L_{eq}(A) \times 145.487 \quad (83)$$

Otomobil kullanımından kaynaklı marjinal (birim araç km artışının meydana getirdiği) gürültü dışsallığı için, toplam gürültü dışsallığı maliyetinin otomobil km değerine göre türevi alınmaktadır. Bu durumda Marjinal Gürültü Maliyeti (MGM) otomobil için;

$$MGM_{otomobil} = 0,75 \left[\frac{10}{\ln 10} \frac{1}{V_{otomobil} + 10(V_{otobüs} + V_{kamyon} + V_{diğer ağır})} \right] 145.487 \quad (84)$$

Trafik akımı değeri birim saatte taşıt sayısı taşıt km değerlerinin ortalama hız değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Toplam trafik hacmi saatte 14.517,5 milyon otomobil birimi (orta yüklü ticari, otobüs, kamyon ve römork 10 otomobil eşdeğeri kabul edilerek) tahmin edilmektedir. Yalnızca kentiçi trafiğin yarattığı gürültü dışsallık olarak ele alındığında $V_{otomobil} + 10(V_{otobüs} + V_{kamyon} + V_{diğer ağır})$ değeri 7890,22 milyon araç/saat olarak elde edilmektedir (EK 8). Elde edilen değerler yerine konulduğunda, otomobil kullanımının ürettiği gürültünün marjinal dışsal maliyeti 0,00006 TL/akm olarak elde edilmektedir. Ancak daha önce değinildiği gibi bu tahmin, çok sayıda varsayıma dayanmaktadır. Öncelikle modelin yalnızca kentiçi trafikten kaynaklı gürültü maliyetinin belirlenmesi için tasarlanmış olması nedeniyle yapılan tahmininin bütün karayolu ağı (devlet, il yolları, otoyollar ve köy yolları) için gerçek maliyetleri temsil etmeyeceği görülmektedir. Dolayısıyla elde edilen bu değer, Türkiye geneli gürültü dışsallığının marjinal maliyeti olarak değerlendirilmesinin doğru olmayacağı düşünülmektedir. Öte yandan Türkiye için bu yönde herhangi bir tahmin çalışmaması olmaması nedeniyle, özellikle AB ülkeleri için yapılan tahminlerden faydalanılması daha makul görünmektedir.

Tscharaktschiew (2014) tarafından Almanya için yapılan optimal vergi çalışmasında, kamu kurumlarının çalışmalarında 2012 yılı için marjinal gürültü maliyetlerinin kentinde 0,0079-0,0194 € /akm ve kırsalda 0,0004-0,0013 € /akm olarak belirlendiği bildirilerek, ortalama değerler olarak kentçi ve kırsal için sırasıyla 0,0137 € /akm, 0,0009 € /akm kabul edilmektedir. Yolcu trafiğin kentçi ve kırsal dağılımı (kentçi:0,38; kırsal:0,62) dikkate alınarak, ağırlıklı ortalama değer 0,0057 € /akm olarak hesaplanmaktadır. Tscharaktschiew (2014), gece gürültü maliyetinin gündüzün yaklaşık iki katı olduğu ve gündüz/gece trafiğinin %80-%20 oranında dağıldığını varsayarak, marjinal dışsal gürültü maliyetini 0,0066 € /akm olarak elde etmektedir. Bu değerler baz alınıp satın alma gücü paritesi ile Türkiye için hesaplandığında, gürültünün marjinal ortalama maliyetleri kentçi ve kırsal için 2014 fiyatlarıyla sırasıyla 0,003 TL /akm, 0,0002 TL /akm olarak elde edilmektedir. Kentçi ve kırsal trafik dağılımı (kentçi:0,46; kırsal:0,54) dikkate alındığında 0,0015 TL /akm hesaplanmaktadır. Gündüz/gece trafiğinin dağılımı da değerlendirildiğinde Türkiye için marjinal dışsal gürültü maliyeti 0,0018 TL /akm olarak elde edilmektedir. Bu değer, De Borger ve Proost (2001)'un yöntemi kullanılarak elde edilen değer (0,00006 TL/akm) oldukça üzerinde olduğu (30 katı) olduğu görülmektedir. Bu nedenle Tscharaktschiew (2014) tarafından Almanya için kullandığı birim değer, Türkiye için uyumlaştırılmasıyla elde edilmesinin daha rasyonel olacağı düşünülmektedir.

3.3.4. Hava Kirliliği

Ulaştırmadan kaynaklı hava kirlenmesi bir diğer dışsallık maliyetini oluşturmaktadır. Hava kirliliği nedeniyle kalp damar ve solunum hastalıklarından kaynaklanan sağlık giderleri, en önemli hava kirliliği dışsallık maliyetidir. Hava kirliliğinin diğer dışsallık kalemleri içinde, hava kirliliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem üzerinde yol açtığı zararlar ve tarımsal ürün kayıpları gelmektedir.

Ulaşım faaliyetlerinin bir neticesi olarak ortaya çıkan en önemli hava kirleticileri partikül madde (PM₁₀, PM_{2.5}) nitrojen oksit (NO_x), sülfür dioksit (SO₂), uçucu organik bileşenler (VOC) ve ozon (O₃) olarak sıralanmaktadır. Sera gazları, doğrudan toksik etkileri olmadığından, hava kirliliği maliyet hesaplamalarına dahil edilmemektedir. Sera gazları, bir diğer dışsallık unsuru olan iklim değişikliği maliyetleri kısmında ele alınmaktadır.

Hava kirliliğinin ve onun parasal değerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir bilimsel çalışma geçmişi bulunmaktadır⁵⁵. Hava kirliliğinin dışsal maliyetlerinin belirlenmesinde temel olarak iki yaklaşım kabul görmektedir. Bunlar, daha öncede ifade edildiği üzere, diğer dışsallıkların maliyetlerinin belirlenmesinde de benimsenen aşağı-yukarı (bottom-up) ve yukarı-aşağı (top-down) yaklaşımlarıdır.

Aşağı-yukarı yaklaşımında hasar (zarar) maliyetleri, emisyonlar – iletim-konsantrasyon(doz)- etki/zarar (insan, ekosistem, binalar) – parasallaştırma – maliyet şeklindeki metodolojik adımların takip edilmesini gerekli kılan Etki Gelişim Yolu (IPA) yaklaşımına dayanarak belirlenmektedir. Avrupa bazlı çalışmalar çoğunlukla bu yaklaşımı benimsemektedir (Delft ve Infrac, 2008).

Yukarı-aşağı yaklaşımında hava kirletenlerine maruz olmaktan kaynaklı sağlık etkilerinin tahmin edilmesi ve ilave ölüm ve hastalanma durumlarında ortaya çıkan maliyetlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Çeşitli sağlık etkilerine karşılık gelen maliyet faktörleri, sağlık etkilerini değerlemektedir. Ancak bahse konu hava kirleticilere maruziyet verisinin ülkeye özgü şekilde detaylandırılmasının, bu yaklaşımın uygulanabilmesi için en önemli ön koşulu olduğu görülmektedir. Maliyetin farklı ulaştırma türlerine ve araç kategorilerine, her bir ulaştırma türünün ve araç kategorisinin toplam hava kirliliğine ilgili hava kirleteni bağlamında katkısı oranında paylaştırılması da ilave bilgi gerektirmektedir. Bu yaklaşım daha önce Avusturya, İsviçre ve Fransa için uygulanmış olup, bu üç Avrupa ülkesinden elde edilen sonuçlar ekstrapolasyon ile diğer Avrupa ülkeleri tahminlerinde kullanılmıştır (Delft ve Infrac, 2008).

Bu çalışmada da otomobil kullanımından kaynaklı hava kirleticileri emisyon faktörleri ve trafik hacmi kullanılarak toplam hava kirleticilerinin emisyonunun hesaplanması ve ton başına hava kirleticilerinin sosyal maliyetleri yardımıyla toplam hava kirliliği dışsal maliyetinin ve ortalama dışsal maliyetinin hesaplanması planlanmaktadır. Daha önce de ifade edildiği üzere hava kirliliği çok sayıda dışsal maliyet kalemi içermektedir. Öncelikle ilk maliyet kalemi, hava kirliliği nedeniyle solunum ve kalp damar hastalıkları riskinin

⁵⁵ Hava kirliliğinin maliyetine yönelik kapsamlı değerlendirmeler için OECD (2014)'e bakılabilir.

artması şeklinde görülen sağlık etkilerini içermektedir. Bu hastalıkların ana kaynağı partikül maddelerdir (PM_{10} , $PM_{2.5}$). İkinci kalem maddi hasarlardır. Hava kirletenleri, yapı yüzeylerinin partikül ve tozla kaplanması ve asidik kirletenlerin neden olduğu korozyon yoluyla cephe ve malzeme yüzeylerinde meydana gelen aşınma şeklinde, yapı ve malzemelere zarar vermektedir (NO_x , SO_2). Diğer kalem ise ürün kayıpları şeklinde toplulaştırılmaktadır. VOC ve NO_x emisyonlarından türeyen ikincil bir hava kirleteni olan Ozon ile diğer asidik bileşenler (NO_x , SO_2) tarımsal ürün kaybına neden olmaktadır. Son dışsallık maliyet grubu olarak, ekosistem ve biyolojik çeşitlilik etkileri gelmektedir. Hava kirliliği, asitleşme (NO_x , SO_2) ve ötrofikasyona (suda azot ve fosfatın artması; NO_x , NH_3) yol açması yönüyle ekosisteme zarar vermektedir. Ekosistem ve biyolojik çeşitlilik etkilerinin çoğu çalışmada ihmal edildiği görülmektedir (Delft ve Infrac, 2008).

Literatürde Türkiye için maliyet faktörlerinin (gölge fiyatlarının) hesaplanmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, özellikle AB ülkeleri için yapılan tahmin çalışmalarının sonuçlarından elde edilen maliyetlerin satın alma gücü paritesi kullanılarak tahmin edilmesi planlanmaktadır. Bu çerçevede hava kirleticilerinin marjinal artışı sonucunda ortaya çıkan sosyal maliyetlerin hesaplanması için, öncelikle emisyon faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar, farklı akaryakıt türlerinin, sürüş koşullarının (hız vb.), motor gücü ve silindir hacimlerinin egzoz gazı ve partikül madde emisyon faktörleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Chan vd., 2007; M. C. Lim vd., 2006; Ning ve Chan, 2007; Ristovski, Jayaratne, Morawska, Ayoko, ve Lim, 2005).

Otogazlı araçlar klasik akaryakıt türlerine göre önemli ölçüde daha az emisyon salmaktadır. Otogazın göreceli düşük karbon içeriği CO, CO_2 , HC ve NO_x emisyonlarının daha düşük kalmasına yol açmaktadır. Ayrıca dizel motorların benzinli motorlara göre 10 kat, otogazlı motorlara göre 100 kat daha fazla partikül emisyon salınımı yaptığı ileri sürülmektedir (Karamangil, 2007). İklim değişikliği etkileri bakımından dizel ve benzine göre, otogaz daha az CO_2 üretmektedir. Yoong ve Watkins (2004) benzinli araçlarla kıyaslandığında otogaz kullanımının %20'den daha fazla CO emisyonunu azaltabileceğini, HC ve NO_x emisyonlarını da sırasıyla yaklaşık %40, %30 düşürebileceğini iddia etmektedir. Bununla birlikte dizel araç yerine otogaz kullanımının,

HC ve NO_x emisyonlarını %80, %60 azaltacağını ileri sürmektedir. Benzer şekilde Price, Guo, ve Hirschmann (2004), çoğu çalışmanın benzin eşdeğerine göre otogazın yüksek hidrojen/oksijen oranı nedeniyle daha az salınım yaptığını (%40 daha az HC, %60 daha az CO) ve NO_x emisyonlarının daha düşük olduğunu ifade etmektedir.

Hız olmak üzere sürüş koşullarının emisyon salınımları üzerinde etkisini dikkate alan Ristovski vd. (2005)'nin çalışmasında, bir otogazlı ve beş benzinli aynı model otomobiller üzerinde 0, 40, 60, 80 ve 100 km/saat hızlarında partikül ve CO₂ emisyonları karşılaştırılmıştır. Deneyden elde edilen bulgular, partiküler maddelerin emisyon faktörlerinin (µg/km) benzinliye nazaran otogazlı araçların ortalama %70 daha düşük, CO₂ emisyonlarının (g/km) ise ortalama %15 daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Ristovski vd. (2005)'nin çalışması, hız etkisi dikkate alındığında otogazın benzine göre daha çevreci olduğunu kabul etmektedir.

Hava kirleticilerinin maliyet tahminlerinde, AB tarafından finanse edilen HEATCO, IMPACT ve CAFE CBA (Bickel vd. (2005); Delft ve Infrac (2008); Holland, Pye, Watkiss, Droste-FrankeBert, ve Bickel (2005)) araştırma projelerinden elde edilen değerlerin, 2014 yılı için yaklaşık Türkiye karşılıklarının kişi başı milli gelir yardımıyla tahmin edilebileceği düşünülmektedir. Bu sayede elde edilen hava kirlenlerinin sosyal maliyetlerinin emisyon faktörleri ile çarpılmasıyla hava kirliliğinin akaryakıt türlerinde birim sosyal maliyetleri elde edilebilmektedir (EK 9). Sonuç olarak benzinli, dizel ve otogazlı otomobiller için hava kirliliğinin birim dışsal maliyetleri sırasıyla 0,164 TL/litre, 0,740 TL/litre ve 0,099 TL/litre olarak bulunmaktadır.

3.3.5. İklim Değişikliği (Sera Gazı Salınımı)

Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli (IIPC)'nin yayımladığı Beşinci Değerlendirme Raporunda vurgulandığı üzere, iklim sisteminde insan etkisi kesin olarak bilinmektedir (IIPC, 2013b). Sera gazı salınımları (CO₂, N₂O ve CH₄), küresel ısınma ve iklim değişikliğinin temel sorumlusu olarak bilinmektedir. Bu gazların salınımının, deniz seviyesinin yükselmesi, tarımsal ürün kaybı, su arzı sorunu, sağlık problemlerinin oluşması, verimlilik kaybı, sosyal düzenin bozulması, çatışmaların artması (Hsiang,

Burke, ve Miguel, 2013) gibi makro ve mikro düzeyde birçok olumsuz etkiye neden olduğu bilinmektedir.

Dünyada toplam enerjiye bağlı CO₂ emisyonlarının %23'ünün ulaştırma sektöründen kaynaklandığı bilinmektedir. Sürdürülebilir ve kararlı politik tedbirlerin alınmaması durumunda, ulaştırma kaynaklı emisyonların diğer enerji kullanan sektörlerle göre daha hızlı artacağı ve 2010 yılında 7 Gt CO₂e ulaştırma kaynaklı doğrudan Sera Gazı Salınımı (SGS) değerinin 2050 yılında 12 Gt CO₂e'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir (Sims vd., 2014). CO₂ emisyonlarına neden olmaları nedeniyle akaryakıt üzerine uygulanan vergilerin veya akaryakıt vergisi içine giydirilmiş karbon vergisinin, sera gazı salınımindan kaynaklı dışsallıkların içselleştirilmesinde kusursuz bir politik araç olduğu düşünülmektedir ((David M Newbery, 1992; I. Parry vd., 2015; I. W. Parry ve Small, 2005; Sterner, 2007).

Sera gazı salınımı ve küresel ısınmaya neden olan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) emisyonu akaryakıt tüketimi ile meydana gelmektedir. Bu farklı emisyon bileşenlerinin küresel ısınma üzerinde etkilerinin tahmin edilebilmesi için, genellikle bu bileşenlerin küresel ısınma potansiyeline göre belirlenen CO₂ eşdeğerlerinin hesaplanması (CO₂e) yöntemi kullanılmaktadır. Bu gazların küresel ısınma potansiyeli, havaya salındıklarında bir battaniye gibi atmosferi sararak ısıyı hapsedebilme kapasiteleri olarak tanımlanmaktadır. CO₂e ile tüketilen yakıt arasında ilişki Denklem 85 ile ifade edilmektedir (Santos, 2017).

$$Q^c = \sum_{i=CO_2, CH_4, N_2O} \gamma_i \rho_i F_i \quad (85)$$

Diğer bir ifadeyle CO₂e emisyonunun toplam miktarı (Q^c), her bir yakıt türü için belirli yakıt türlerinde yakıt emisyon faktörünün (γ_i), küresel ısınma potansiyeli (ρ_i) ve tüketilen miktarı (F_i) ile çarpılmasından elde edilen CO₂e emisyonlarının toplanması ile hesaplanmaktadır. Küresel ısınma potansiyelleri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konvansiyonu Çerçevesi⁵⁶ tarafından 100 yıllık bir periyotda, CO₂, CH₄, N₂O için sırasıyla 1, 24 ve 310 olarak hesaplanmaktadır.

⁵⁶ http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Emisyon faktörleri kullanılan akaryakıt türü ve kullanıldığı ülkeye göre değişim göstermektedir. Santos (2017), Avrupa Çevre Ajansı (EEA)’dan elde ettiği 2008 yılına ait AB ülkelerine özgü benzin ve dizel emisyon faktörlerini (kg/TJ’dan kgCO₂e/L birimine dönüştürerek) AB-27 için benzinde ortalama 2, 528 (22 ülke değerlerinde minimum: 2,293 – maksimum: 2,618) kgCO₂e/L, dizelde 2,767 (22 ülke değerlerinde minimum: 2,65 – maksimum: 2,783) kgCO₂e/L olarak vermektedir. Bir litre dizelin benzine göre daha fazla CO₂e salınımına neden olduğu ve en düşük salınımın otogaz tarafından yapıldığı görülmektedir. Öte yandan sera gazı salınımı emisyon faktörlerinin belirlenmesinde, yalnızca motorda akaryakıt yakımının değil, aynı zamanda ham maddeden nihai mamulün tüketilmesine kadar olan geniş bir sürecin dikkate alındığı metodolojik yaklaşımlar da bulunmaktadır (Edwards, Mahieu, Griesemann, Larivé, ve Rickeard, 2004). İlk metodoloji, nihai akaryakıt mamulünün araçların deposuna kadar olan dağıtım sürecinin her bir adımında saf edilen enerji ve onunla ilintili sera gazı salınımını dikkate alan Kuyudan Depoya (The Well to Tank -WTT) yöntemidir. Bu yöntem daha çok “kaynak tarafı” (upstream) emisyonları olarak da adlandırılmaktadır. Diğer bir yaklaşım ise Depodan Tekere (The Tank to Wheels-TTW) araç akaryakıt tüketim ilişkisinden kaynaklı doğrudan sera gazı salınımı emisyon değerlendirmesi yöntemidir.

Tablo 24: Akaryakıt Türlerinde Sera Gazı Salınımı

Akaryakıt Türü	Sera Gazı Emisyon Faktörleri (g CO ₂ e/MJ _{yakıt})			Enerji Yoğunluğu (MJ _{yakıt} /litre)	Sera Gazı Emisyon Faktörleri (kg CO ₂ e/litre)	
	WTT	TTW	Toplam		TTW'ye göre	Toplama Göre
Dizel	15,4	73,2	88,6	35,8	2,621	3,172
Benzin	13,8	73,4	87,2	34,2	2,510	2,982
Otogaz	8	65,7	73,7	26	1,708	1,916

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaştırma ve Enerji Enstitüsünün Araştırma Merkezi tarafından yayımlanan değerler bakımından WTT ve TTW yaklaşımlarıyla elde edilen

benzin, dizel ve otogaz için CO₂e emisyon faktörleri, enerji yoğunlukları kullanılarak Tablo 24’de yeniden düzenlenmektedir (JEC, 2014)⁵⁷. Elde edilen değerlerin, Santos (2017)’un bildirdiği AB ülkeleri emisyon faktörlerinin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Ancak emisyon faktörlerinin hesaplanmasında, WTT’nin dikkate alınmadığı ve yalnızca doğrudan etkinin hesaba katıldığı (TTW) durumda elde edilen emisyon değerleriyle, Santos (2017) tarafından bildirilen değerlerin uyumlu olduğu görülmektedir.

Sera gazı salınımı nedeniyle ortaya çıkan çevre dışsallığı, hava kirliliğinden kaynaklı dışsallıklardan bir noktada önemli ölçüde ayrılmaktadır. Hava kirliliği yerel bir çevre sorunu iken, sera gazı salınımından kaynaklı iklim değişikliği küresel bir olgudur. Hava kirliliğinin doğası gereği etkileri yerelde görüldüğünden, sosyal maliyetleri de üretildiği şehir, ülke gibi coğrafi konuma göre değişim göstermektedir. Öte yandan küresel ısınmanın küresel bir olgu olması dolayısıyla, küresel ısınmaya neden olan sera gazı salınım maliyetleri coğrafi konumdan bağımsız olarak oluşmaktadır. Bu nedenle emisyon faktörlerinin belirlenmesinde, bir malın piyasaya sunulması ve tüketilmesine kadar geçen süreç içinde ortaya çıkan sera gazı salınımı miktarlarının dikkate alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılmak üzere, Tablo 24’de toplama göre belirlenen sera gazı emisyon faktörlerinin seçilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

Karşılaştırmalı bir bakış açısıyla, hava kirliliği yaratan tüketimin politik araçlarla azaltılması durumunda elde edilen sosyal fayda yurtiçinde kalmaktadır. Ancak sera gazı salınımına neden olan ve yurtiçinde tüketilen bir malın politik araçlarla talebinin düşürülmesi ve/veya tüketiminin azaltılması sonucu tasarruf sağlanan kısmının ihraç edilmesi gibi durumlarda, tasarrufunun yurtiçinde sosyal fayda sağlayıp sağlamadığı tartışma konusudur. Özellikle uluslararası ölçekte konu ele alındığında, yerelde gerçekleştirilen mücadeleden (iklim değişikliği) sağlanan faydalardan, büyük ölçüde

57 JEC, 2000 yılından itibaren devam eden üç büyük organizasyonun araştırma iş birliğinin adıdır. Bu işbirliği şu kuruluşlar arasında kurulmuştur: Avrupa Komisyonu Birleşik Araştırma Merkezi (Joint Research Center of the European Commission), Avrupa Otomotiv ARGE Konseyi (EUCAR, the European Council for Automotive R&D), Petrol Şirketlerinin Avrupa Çevre, Sağlık ve Güvenlik Organizasyonu (CONCAWE, the Oil Companies’ European Organisation for Environment, Health and Safety).

küresel ölçekte, uzak coğrafyada yararlanılıyor olması veya politikanın nimetlerinden daha çok diğer ülkelerin faydalanması nedeniyle, ülkelerin uyguladıkları mücadele stratejilerinin faydalarını içselleştirememelerini, genel ismiyle “bedavacılık sorunu” (free rider) ve “ortak malların trajedisini”⁵⁸ (tragedy of commons) ortaya çıkarmaktadır (Gollier ve Tirole, 2015). Bu sorunun çözümünde regülasyon ve denetime dayalı “emir kontrol” (command and control) yaklaşımının aksine, piyasa ekonomisine dayanan ve uzun süredir iktisatçılarca savunula gelen “kirleten öder” prensibine dayalı, CO₂ emisyon birimi başına karbon fiyatlandırmasının benimsendiği görülmektedir.

İktisadi faaliyetin yeri ve türünden bağımsız olarak salınan sera gazı emisyonunun marjinal zararı her yerde aynı olduğundan, ton başına CO₂ emisyonun dünyanın her yerinde aynı seviyede fiyatlandırılması beklenmelidir. Ancak aynı seviyede fiyatlandırmanın uluslararası arenada ulusal ve uluslararası ölçekte var olan gelir ve servet eşitsizliği nedeniyle kabul görmediği de bilinmektedir.

Literatürde CO₂ emisyonunun etkilerinin parasallaştırılmasında, iki iktisadi tahmin yaklaşımı tespit edilmektedir (Isacs vd., 2016). Her iki yaklaşım temellerini iktisadi teori ve uygulamadan almakla birlikte, birisi iklim değişiminden kaynaklanan etkilerin toplum üzerinde yol açtığı hasarın maliyetini tahmine, diğeri CO₂ emisyonunun veya diğer sera gazı emisyonlarının azaltılmasının maliyetini tahmine yönelmektedir. Marjinal değer ile ifade edilecek olursa, ilki karbonun sosyal maliyetine (SCC), diğeri ise marjinal azaltma maliyetine (MAC) referans vermektedir. Normal şartlar altında, iklim değişikliği kaynaklı zararlardan kaçınmanın topluma maliyeti aynı zamanda bu zararlardan kaçınmanın faydası anlamına geldiğinden, SCC ve MAC tahminlerinin birbirine eşit olması beklenmektedir. Eğer emisyon hedefleri optimal olarak belirlenmişse, ideal şartlar altında hedef seviyede MAC ve SCC’nin örtüşmesi gerekmektedir. Ancak ortaya çıkan zararın gerçek maliyetlerinin bilinmemesi ve hedeflerin net bir şekilde ortaya konulamaması dolayısıyla ideal koşullar genellikle oluşmadığından SCC ve MAC değerleri birbirinden farklı gerçekleştiği bilinmektedir (Isacs vd., 2016).

⁵⁸ Hardin (1968)

Bu şekilde CO₂ emisyonu ve zararı ile zararlarla bağıntılı maliyetler arasındaki ilişkinin belirsizliği, CO₂ emisyonu kaynaklı iklim değişikliği etkilerinin maliyetlerinin net olarak ortaya konulmasını güçleştirmektedir. Ayrıca Avrupa Emisyon Ticaret Merkezi (EU ETS) gibi karbon piyasalarında oluşan piyasa fiyatlarının gerçek maliyetleri yansıtmaktan uzak olduğundan, alternatif yaklaşımların geliştirilmesi zorunlu olmaktadır (Acar, Kitson, ve Bridle, 2015). SCC, 100 yıl, 200 yıl veya daha uzun bir zaman aralığında sera gazı salınımindan kaynaklı zararlar Bütünleşik Değerlendirme Modelleri (Integrated Assessment Models-IAM) olarak adlandırılan araçlar ile tahmin edilmektedir. Gelecekte iklim kaynaklı zararların bugünkü SCC değeri, sosyal indirgeme oranı kullanılarak hesaplanmaktadır. Ancak SCC'nin büyüklüğü üzerinde oldukça etkili olan indirgeme oranının seçimi, büyük tartışmalara neden olmaktadır. Bu tartışmalar özellikle gelecekte iktisadi büyüme beklentileri ve farklı kuşaklar arasında sosyal tercih ve bireysel değerlerin nasıl belirlenmesi gerektiği gibi etik tartışmalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte model içinde hesaba katılan parasal ve/veya parasal olmayan iklim değişikliği etki değişkenlerine ve iklim değişikliği senaryolarında kullanılan belirsiz ve sınır uç parametrelere yönelik kabuller de SCC'yi değişken kılmaktadır. Ayrıca fayda teorisi üzerine kurulu sosyal refah fonksiyonlarını kullanan modellerin insanların riskten kaçınma (risk averse) davranışları üzerine yaptığı varsayımlar da, literatürde SCC değerinde görülen farklılaşmalara neden olmaktadır (Van den Bergh ve Botzen, 2015).

Karbondioksit emisyonlarının gerçek maliyetinin belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Ancak yukarıda bahsedildiği üzere sosyal indirgeme oranı, bireysel, sosyal tercihler ve belirsizliklere yönelik modellerde yapılan kabuller, tek bir SCC değerinin elde edilmesini mümkün kılmamaktadır. Tol (2013), SCC tahminine yönelik gerçekleştirilen 75 çalışma ve 588 tahmin üzerinde yaptığı meta analizde, ortalama tahmin ton karbon başına 196 ABD Doları, modal tahmin ise yalnızca 49 ABD Doları/tC olarak belirlemektedir. Tol (2013)'a göre, ortalama ve modal değerlerin arasındaki fark, özellikle bazı araştırmaların çok büyük tahminlerinin genel dağılımın ortalama değerini orta değerden saptırmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu çalışmalarda kullanılan indirgeme oranı (zaman tercihi) da ayrışmayı sağlayan diğer bir unsurdur. Daha büyük indirgeme oranının benimsenmesi, gelecekte oluşacak iklim değişikliği maliyetlerinin şimdiki değerinin daha düşük olmasını sağlamaktadır. Örneğin

%3 indirgeme oranı kullanılarak karbonun ortalama sosyal maliyeti 25 ABD Doları/tC olarak elde edilirken, indirgeme oranı sıfıra indirildiğinde karbonun ortalama sosyal maliyeti 296 ABD Doları/tC olarak elde edilmektedir. Öte yandan aynı indirgeme oranı kullanılarak bazı araştırmalardan elde edilen yüksek maliyet tahminlerinin genel ortalamayı yukarı yönlü çektiği tespit edilmektedir.

AB ülkelerine yönelik olarak Essen vd. (2011) tek bir değer tahmininde bulunmak yerine, daha düşük ve daha yüksek iklim değişikliği için iki tür tahmin değeri vermektedir. Essen vd. (2011), AB 2020 sera gazı salınımı hedefini yakalamak için kaçınma maliyetine dayanan en düşük değer tahmini olarak 25 €/tCO₂ vermektedir. Küresel sıcaklık artışının 2 °C'nin altında tutmak için atmosferde CO₂ e değerini 450 ppm'in altındaki seviyede kalması şeklindeki hedefi sağlamaya yönelik daha yüksek iklim değişikliği maliyeti ise 2008 yılı için 146 €/tCO₂ olarak kabul edilmektedir. Korzhenevych vd. (2014) enflasyon verilerinden faydalanarak 2005 yılı fiyatlarını 2010 yılı karşılıklarına dönüştürerek, AB ülkeleri için ortalama 90 €/tCO₂ değerini bulmaktadır.

Tablo 25: ABD İçin Önerilen SCC Değerleri

Yıl	İndirgeme Oranları (%)			
	5	3	2,5	Yüksek Etki (%95 persentil, %3 indirgeme)
2010	10	31	50	86
2015	11	36	56	105
2020	12	42	62	123
2025	14	46	68	138
2030	16	50	73	152
2035	18	55	78	168
2040	21	60	84	183
2045	23	64	89	197
2050	26	69	95	212

Kaynak: Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases (2016)

Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases (2016) tarafından ABD için her yıla karşılık gelen dört SCC değeri önerilmektedir. Bu değerlerden üçü, bütünsel değerlendirme modellerinden (IAM) %2,5, 3 ve 5 indirgeme oranlarına göre elde edilmektedir. Dördüncü değer ise, daha düşük olasılıkla gerçekleşen ancak iklim

değişikliği etkilerinin daha büyük etkileri olan marjinal zararları temsil etmektedir. Bu dördüncü değer, %3 indirgeme oranı kullanarak elde edilen SCC frekans dağılımında %95 persentile denk gelmektedir (Tablo 25). Tavsiye edilen 2015 yılı değerleri %3 indirgeme oranında 36 ABD Doları/tCO₂ ile 105 ABD Doları/tCO₂ olarak verilmektedir.

Optimal benzin vergisi üzerine yapılan çalışmada Tschakraborty (2014), Almanya için SCC değerini 45 €/tCO₂ varsaymaktadır. Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014) Meksika için SCC değerini 20 ABD Doları/tCO₂ olarak almaktadır. Ley ve Boccardo (2010) 35 ülkeyi kapsayan çalışmasında 25 ABD Doları/tC ve 100 ABD Doları/tC olmak üzere düşük ve yüksek vergilendirme durumlarına karşılık gelen iki farklı analiz gerçekleştirmektedir. I. W. Parry ve Small (2005) ise çoğu araştırmaların üst limit olarak 50 ABD Doları/tC gösterdiğini ve sıfır indirgeme oranı durumunda bu seviyenin daha üste çıkabildiğini vurgulamakla birlikte ortalama bir değer olarak çalışmalarında 25 ABD Doları/tC' yü almayı uygun gördüklerini vurgulamaktadırlar⁵⁹. Elde edilen bu değerler SCC büyüklüğü konusunda ciddi bir belirsizlik olduğunu göstermektedir. Ancak yapılan gözlemler çerçevesinde karbondioksitin fiyatının maksimum 60 ABD Doları/tCO₂ olabileceği dikkate alınarak bu çalışmada ortalama bir değer olarak 30 ABD Doları/tCO₂' nin seçilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu çerçevede iklim değişikliğine bağlı dışsallıklar, her bir akaryakıt türünde benzin, dizel ve otogaz için sırasıyla 0,196 TL/l, 0,208 TL/l ve 0,126 TL/l olarak elde edilmektedir⁶⁰.

3.3.6. Diğer Dışsallıklar

Optimal vergilendirme üzerine gerçekleştirilen araştırmaların genellikle yalnızca trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, gürültü, hava kirliliği ve iklim değişikliği dışsallıkları dikkate aldığı görülmektedir (Ley ve Boccardo, 2010; C.-Y. C. Lin ve Zeng, 2014; I. W. Parry ve Small, 2005; Santos, 2017; Wood, 2015). Bu beş büyük dışsallık unsurunun

⁵⁹ Karbonun moleküler ağırlığı 12, Karbondioksitin ise 44 olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla 1 ton karbon = 3,67 (44/12) ton Karbondioksit karşılık gelmektedir. Ancak bir kısım karbon okside olamamaktadır (Akaryakıt içindeki karbonun %99'u karbondioksit dönüşümü varsayılmaktadır); 1 ton karbon = 3,63 (3,67x0,99) ton karbondioksit dönüşmektedir. Bu durumda 25 \$/tC, 50 \$/tC ve 100 \$/tC sırasıyla 6,89 \$/tCO₂, 13,77 \$/tCO₂ ve 27,5 \$/tCO₂ değerlerine eşit olmaktadır.

⁶⁰ Benzin: 0,002982 tCO₂e/l x 30 \$/ tCO₂ x 2,189 TL/\$ = 0,196 TL/l; Dizel: 0,003172 tCO₂e/l x 30 \$/ tCO₂ x 2,189 TL/\$ = 0,208 TL/l; Otogaz: 0,001916 tCO₂e/l x 30 \$/ tCO₂ x 2,189 TL/\$ = 0,126 TL/l

içselleştirilmesi zorunlu görülmekle birlikte, otomobil kullanımının yarattığı dışsallıkların yalnızca bu kalemlerle sınırlı kalmadığının da altının çizilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin kronik enerji ithalatına bağımlılığı ve buna eşlik eden dış ticaret açığı sorunu nedeniyle dünya petrol piyasasında oluşan fiyat şokları karşısında makroekonomik kırılganlığının arttığı bilinmektedir (Erdogdu, 2014). Makroekonomik etkileri bakımından yukarıda sayılan dışsallıklar dışında kalan en önemli dışsallık unsuru, petrol bağımlılığı veya daha genel anlamda enerji güvenliğidir. Arz yönünde potansiyel bir kriz durumunda ortaya çıkan finansal ve stratejik riskler, enerji güvenliğinin artırılması için kaynakların çeşitlendirilmesini veya tasarrufa yöneltilerek (verimliliğin artması vb.) talebin azaltılmasını gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla petrol ithalatının azaltılmasının, enerji güvenliği açısından oldukça doğru bir yaklaşım olacağı görülmektedir.

Konu sıklıkla gündeme getirildiği cari açık perspektifinden değerlendirildiğinde, akaryakıt vergilerinin artırılmasının doğru bir politika olup olmadığı oldukça tartışmalıdır. Makroekonomik açıdan toplam yatırım ve tasarruf seviyelerinde bir değişiklik olmaksızın, ithalat ve ihracat üzerinde vergi değişiklikleri (akaryakıt vergisi bir nevi gümrük vergisi olarak ele alınırsa) cari açığı büyük oranda etkilememektedir. Ayrıca bütün denetim mekanizmalarına rağmen, akaryakıt üzerindeki yüksek vergilerin Türkiye'de akaryakıt kaçakçılığını ve karaborsa oluşmasını önemli ölçüde tetiklediği bilinmektedir. (Erdogdu, 2014). Yalta ve Yalta (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 2007- 2012 yılları arasındaki altı yıllık dönem içinde dizelde 4 ile 20 milyon litre, benzinde 0,5 ile 2,7 milyon litre olmak üzere yasadışı akaryakıt kullanımı olduğu ve toplam vergi kaybının 1,3 milyar ABD Dolarına ulaştığı ortaya konulmaktadır.

Öte yandan petrol bağımlılığının makroekonomik etkileri dışında, jeopolitik riskleri dikkate almak gerekmektedir. Özellikle insan hakları, demokratik özgürlükler gibi evrensel değerler konusunda kötü sicile sahip petrol ihracatçısı ülkeler karşısında, ithalatçı ülkelerin petrol bağımlılıkları nedeniyle bağımsız dış politika yürütemediği savunulmaktadır. Ancak Türkiye'nin dünya akaryakıt piyasasındaki toplam talep içindeki payının oldukça düşük olduğu dikkate alındığında, bu jeopolitik etkilerin dışsallık maliyetlerinin ihmal edilebileceği düşünülmektedir.

Gerek makroekonomik gerekse jeopolitik riskler bakımından, petrol bağımlılığı sorunuyla mücadelede, vergi yoluyla dışsallıkların içselleştirilmesine göre diğer yaklaşımların (alternatif yakıt kullanımının özendirilmesi, ithalat yapılan ülkelerin sayılarının artırılması gibi kaynakların çeşitlendirilmesi⁶¹) daha tercihe değer olduğu tespit edilmektedir (Ediger ve Berk, 2011). Gerek petrol bağımlılığı dışsallığının fiyatlandırılmasının zorluğu gerekse otomobil kullanımından kaynaklı akaryakıt tüketiminin toplam içindeki payının oldukça düşük olması nedeniyle, bu dışsallığın çalışmada ihmal edilmesi uygun görülmektedir.

Otomobil kullanımı ile ortaya çıkan bir diğer dışsallık kalemi ise altyapı maliyetleridir. Karayolu üzerinde hareket eden her taşıt, belirli oranda karayolu üstyapısında hasar oluşturmaktadır. Karayolu üstyapısında oluşan hasar, diğer araçlar üzerinde araç işletim maliyetlerinin artması şeklinde bir dışsallık oluşturmaktadır (David M. Newbery, 1988). Bu nedenle optimal akaryakıt vergisinin hesaplanmasında altyapı dışsallığının dikkate alınması gerekmektedir. Ancak daha önceki benzer çalışmalarda (Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo, 2014; Ley ve Boccardo, 2010; C.-Y. C. Lin ve Prince, 2009; C.-Y. C. Lin ve Zeng, 2014; I. W. Parry ve Small, 2005; Tscharktschiew, 2014; Wood, 2015), altyapı dışsallığının ihmal edildiği görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, karayolu üst yapısında meydana gelen hasarın taşıtların verdiği zarar ölçüsünde belirlenmesinin gerekliliği ve esas itibarıyla hasarın büyük miktarda ağır taşıt trafiğinden (kamyon, tır vb.) kaynaklanıyor olmasıdır (David M. Newbery, 1988). Dolayısıyla otomobil kullanımından kaynaklı altyapı dışsallığının etkilerinin, bu çalışmada da ihmal edilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir. Ayrıca otomobil kullanımının kentsel gelişim, arazi kullanımı gibi şehir ve bölge ekonomisi üzerinde birtakım ilave dışsallıklara neden olduğu da ileri sürülmektedir (Anas ve Hiramatsu, 2012; Martínez ve Araya, 2000; I. W. Parry, M. Walls, ve W. Harrington, 2007). Ancak bu dışsallıkların belirlenmesi ve fiyatlandırılması oldukça güç olup, yeterli miktarda araştırma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın kapsamı sadece önemli dışsallık kalemleri ile sınırlı tutulmaktadır.

⁶¹ Ediger ve Berk (2011)

3.3.7. Çalışmada Kullanılan Dışsalılık Parametre Değerlerinin Özetlenmesi

Son olarak dışsalılıkları oluşturan kaynaklara göre tasnif edildiğinde dışsalılık parametrelerinin, araç km'ye bağlı ve yakıt tüketime bağlı dışsalılıklar olarak iki kalem altında incelenmesi mümkündür. Bu çerçevede, dışsalılık maliyetlerine yönelik yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Tablo 26'da verilmektedir.

Tablo 26: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Dışsalılık Verileri

Dışsalılık Maliyetleri	Bileşen (Sembol)	Değer	Birim
Araç-km'ye Bağlı Dışsalılıklar			
Trafik Sıkışıklığı	e_M^C	0,023	TL/akm
Trafik Kazaları	e_M^{NC}	0,029	TL/akm
Gürültü	e_M^{NC}	0,0018	TL/akm
Akaryakıt Tüketimine Bağlı Dışsalılıklar			
Hava Kirliliği (Benzin)	e_G	0,164	TL/l
Hava Kirliliği (Dizel)	e_D	0,740	TL/l
Hava Kirliliği (Otogaz)	e_{LPG}	0,099	TL/l
İklim Değişikliği (CO ₂) (Benzin)	e_G	0,196	TL/l
İklim Değişikliği (CO ₂) (Dizel)	e_D	0,208	TL/l
İklim Değişikliği (CO ₂) (Otogaz)	e_{LPG}	0,126	TL/l

Burada, dizelin hava kirliliği değerinin diğer akaryakıt türlerine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Dizel yakıtın hava kirliliği maliyeti benzine kıyasla Tscharaktschiew (2014)'e göre 1,75, De Borger ve Mayeres (2007)'e göre 2,8, Essen vd. (2011)'e göre ise yaklaşık 2 kat fazla şekilde gerçekleşmektedir. Bu çalışmada ise dizelin benzine göre maliyet oranı 2,89 olarak hesaplanmıştır⁶². Elde edilen değer, ilgili literatürde ifade edilen büyüklüklerle uyumlu olduğu görülmektedir. Öte yandan, elde edilen hava kirliliği maliyetlerinin (TL/km) yakıt verimlilikleri ($1/g^0$ ve $1/d^0$) ile çarpılması ile elde edilen litre başına hava kirliliği maliyetleri bazında farkın, diğer ülke örneklerine göre daha da yüksek olmasına neden olmaktadır. Bunun başlıca nedeni, Türkiye için baz senaryoda seçilen dizel yakıt yoğunluğu değerinin (0,048 l/km) diğer

⁶² Bkz. EK-7: Hava Kirliliği maliyetleri benzinli otomobiller için 0,0123, dizel otomobiller için 0,0355 TL/km olarak hesaplanmaktadır.

ülke örneklerine göre (Almanya için 0,067 l/km⁶³) oldukça düşük belirlenmesidir. Bu durumun duyarlılık analizlerinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tablo 26’da sunulan değerler, modelde kullanılan parametreler cinsinden tekrar toplulaştırılarak özetlendiğinde Tablo 27’deki değerler elde edilmektedir.

Tablo 27: Optimizasyon Probleminde Kullanılan Toplulaştırılmış Dışsalılık Verileri

Dışsalılık Maliyetleri	Bileşen (Sembol)	Değer	Birim
Km'ye bağlı trafik sıkışıklığı dışsalılık maliyeti	e_M^C	0,023	TL/akm
Km'ye bağlı trafik sıkışıklığı dışındaki dışsal maliyetler	e_M^{NC}	0,0308	TL/akm
Benzine bağlı dışsal maliyetler	e_G	0,360	TL/l
Dizele bağlı dışsal maliyetler	e_D	0,948	TL/l
Otogaza bağlı dışsal maliyetler	e_{LPG}	0,225	TL/l

⁶³ Tscharaktschiew (2014)

BÖLÜM 4 : ANALİZ

Optimal akaryakıt vergisi üzerine gerçekleştirilen çalışmaların⁶⁴ genel olarak iki akaryakıt türünün (benzin ve dizel) kullanıldığı piyasa yapısını dikkate aldığı ve özellikle optimal benzin vergisi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, özel ulaşım talebi bakımından Türkiye dünyanın genelinden oldukça farklı bir piyasa yapısına sahiptir. Bu fark, temel olarak otogaz talebinin varlığından ve bu talebin büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla özel ulaşım talebine yönelik olarak gerçekleştirilecek çalışmalarda, benzin fiyatları kadar otogaz fiyatlarının da dikkate alınması zorunluluk arz etmektedir.

Diğer ülke örneklerinde de değinildiği üzere, dizelin ticari kullanım payının (taşımacılık sektöründe) yüksek olması, ticari olmayan kullanımının ayrıştırılmasının zor olması ve dolaylı ekonomik etkilerinin değerlendirilebilmesi için yeterli verinin elde edilememesi gibi nedenlerle, yapılan çalışmalarda optimal dizel vergisine yeterince odaklanılamadığı görülmektedir. Bununla birlikte optimal benzin vergisi çalışmasında dizel tüketimi ve fiyatı önemli bir girdi teşkil etmekte, elde edilen optimal benzin vergisinin ise göreceli olarak (veri dizel fiyat seviyesine göre) büyük anlam ifade ettiği düşünülmektedir. Bu çerçevede, diğer çalışmalarda da görüldüğü üzere dizel tüketim ve fiyatı, optimal benzin/otogaz vergisinin hesaplanmasında sabit bir değer olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla benzin ve otogaz için optimal vergi miktarlarının eşanlı bir şekilde hesaplanması, bu çalışmanın literatüre ilave bir katkısı olarak değerlendirilmektedir.

Otogazın genel olarak benzinli otomobillerin modifikasyonu sonucu geliştirilmiş, ikili yakıt (benzin ve otogaz) kullanan otomobillerin kullanımına uygun olması nedeniyle, optimal benzin vergisinin belirlenmesinde dizelin aksine otogaz tüketiminin ağırlıklı olarak özel otomobil kullanımından kaynaklandığı söylenebilir. Bu çerçevede, en az optimal benzin vergisi kadar, optimal otogaz vergisinin belirlenmesinin de önem arz ettiği düşünülmektedir.

⁶⁴ Antón-Sarabia ve Hernández-Trillo (2014); C.-Y. C. Lin ve Zeng (2014); I. W. Parry (2009); I. W. Parry ve Small (2005); Tscharaktschiew (2014); West ve Williams Iii (2007); Wood (2015)

Dolayısıyla bu bölümde kendi dışında diğer akaryakıt fiyatlarının (vergilerin değişmediği kabulü altında) sabit varsayıldığı bir ortamda hem otogaz hem de benzin için optimal vergiler hesaplanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca özel otomobil kullanımında otogazın ciddi bir payının olması otogaz ve benzin üzerindeki verginin eşanlı olarak optimal dengesinin belirlenmesine de imkan sağlamaktadır. Bu sayede kamu hem otogaz hem de benzin için yalnızca biri ya da her ikisi için optimal vergi miktarını belirlemeye amaçladığında ortaya çıkan durumun analiz edilmesi mümkün olmaktadır.

4.1. TEMEL VARSAYIMLAR ALTINDA OPTİMAL BENZİN VE OTOGAZ VERGİSİ

Temel parametre değerleri kullanılarak optimal vergi değerleri, i) diğer fiyatlar sabitken sadece benzin (B1 senaryosu), ii) diğer fiyatlar sabitken sadece otogaz (O1 senaryosu) ve iii) yalnızca dizel fiyatı sabitken eşanlı şekilde hem otogaz hem de benzin (G1 senaryosu) için olmak üzere üç senaryo altında çözümlenmektedir. Optimal vergiler, benzin için Denklem 28-32 ve otogaz için Denklem 36-40 kullanılarak hesaplanmaktadır. Benzin ve otogazın optimal vergilerinin eşanlı şekilde ve diğer akaryakıt fiyatları veri iken yalnızca optimal benzin vergisinin hesaplandığı analizlerin sonuçları sırasıyla Tablo 28'in G1 ve B1 sütunlarında yansıtılmaktadır. Tablo 28'de görüleceği üzere, otogaz ve dizel fiyatları veri iken devletin optimal benzin vergisi uygulaması durumunda optimal benzin vergisi 0,96 TL/l olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda optimal verginin mevcut vergi düzeyinin (2,18 TL/l) oldukça altında olduğu açıkça görülmektedir. Optimal vergi seviyesinde marjinal refah değişimi sıfırdır (Bkz. Bölüm 2.8). Bu optimal vergi seviyesinin altında marjinal refah seviyesi pozitif olup, optimal seviyeye kadar vergi artışı refahı artırıcı yöndedir. Bu seviyenin üzerinde ise marjinal refah değişimi negatif olup verginin optimal seviyeye kadar düşürülmesine refah artışı eşlik etmektedir. Mevcut verginin optimal seviyeye düşürülmesi halinde (B1 senaryosunun gerçekleşmesi), hanehalkı başına elde edilecek refah kazancı yaklaşık 5,1 TL/yıl olarak hesaplanmaktadır⁶⁵.

Kamunun yalnızca benzinin değil aynı zamanda otogazın da optimal vergi değerini belirlediği bir durumu yansıtan G1 senaryosunun gerçekleşmesi halinde, optimal benzin

⁶⁵ Türkiye ekonomisinin geneli dikkate alındığında 21.372.124 hanehalkı için senelik refah kazancı yaklaşık 109 milyon TL olarak hesaplanmaktadır.

vergisi 1,50 TL/l olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen optimal bezin vergisinin, otogaz vergisinin optimize edilmediği B1 senaryosunda hesaplanan optimal benzin vergisi (0,96 TL/l) değerinden oldukça yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Öte yandan, B1'e göre G1 senaryosunda görülen optimal benzin vergisi büyüklüğüne, refah kazancının da eşlik ettiği görülmektedir. Tablo 28'de görüldüğü üzere hanehalkı başına elde edilecek refah kazancı yaklaşık 5,1 TL/yıl değerinden 6,14 TL/yıl'a⁶⁶ çıkmaktadır.

Tablo 28: Optimal Benzin ve Otogaz Vergisi

TANIM	G1	B1	O1	BİRİM
Optimal Vergi (Benzin/Otogaz) τ_G^*/τ_{LPG}^*	1,50/0,43	0,96	0,48	TL/litre
Mevcut-Optimal Vergi Farkı	0,68/0,45	1,22	0,40	TL/litre
Mevcut/Optimal Vergi Oranı	1,45/2,05	2,27	1,83	-
Refah Değişimi $\tau_G^* \text{ vs. } \tau_G / \tau_{LPG}^* \text{ vs. } \tau_{LPG}$	6,14/64,02	5,1	48,3	TL
Optimal Benzin Vergisi Formülünün Bileşenleri				
[1.1]: Düzeltici Vergi (CC) (Benzin)	1,29	1,1	-	TL/litre
[1.1.a]: $+e_G$	0,36	0,36	-	TL/litre
[1.1.b]: $+(e_M^{nc} + e_M) \alpha / g$	0,39	0,39	-	TL/litre
[1.1.c]: $+\beta(e_D + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{d})$	-0,03	-0,04	-	TL/litre
[1.1.d]: $+\sigma(e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{p})$	2,14	1,3	-	TL/litre
[1.1.e]: $-(e_M^{nc} + e_M^c) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p}$	-1,57	-0,91	-	TL/litre
[1.2]: Düzeltici Vergi (CC) (Otogaz)	0,58	-	0,54	TL/litre
[1.2.a]: $+e_{LPG}$	0,23	-	0,23	TL/litre
[1.2.b]: $+(e_M^{nc} + e_M^c) \alpha' / \tilde{p}$	0,47	-	0,48	TL/litre
[1.2.c]: $+\beta(e_D + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{d})$	-0,1	-	-0,13	TL/litre
[1.2.d]: $\sigma'(e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c)/g)$	-0,02	-	-0,03	TL/litre
[2]: Gelir Çevrim Etkisi (RR) (Benzin/Otogaz)	3,28/0,12	2,79	0,12	
[3]: Vergi Sistemi İle Etkileşen Etki (TI) (Benzin/Otogaz)	-3,08/-0,27	-2,94	-0,19	TL/litre
[3a]: τ_L ilintili TI	-1,19/-0,07	-0,99	-0,07	TL/litre
[3b]: τ_D ilintili TI	0,03/0,09	0,03	0,12	TL/litre
[3c]: τ_{LPG} veya τ_G ilintili TI	-1,56/0,04	-1,95	0,07	TL/litre
[3d]: τ_Z ilintili TI	-0,35/-0,33	-0,03	-0,31	TL/litre
[4]: Trafik Sıkışıklığı Geri Besleme Etkisi (CF) (Benzin/Otogaz)	0,006/0,009	0,008	0,01	TL/litre

Hatırlanacağı üzere, optimal verginin dört temel bileşeni bulunmaktadır. Bunlar, Tablo 28'in [1], [2], [3] ve [4] nolu satırlarında verilen, sırasıyla “Düzeltici (Pigoucu) Vergi (CC)”, “Gelir Çevrim Etkisi (RR)”, “Vergi Sistemi İle Etkileşen Etki (TI)” ve “Trafik Sıkışıklığı Geri Besleme Etkisi (CF)” den oluşmaktadır. Optimal vergi hesaplamalarında en büyük katkının, Tablo 28'in [1.1] satırında görüleceği üzere, düzeltici vergi bileşeni

⁶⁶ G1 senaryosunda optimal benzin vergisi uygulamasından elde edilen toplam senelik refah kazancı yaklaşık 131 milyon TL olarak elde edilmektedir.

(CC) tarafından sağlandığı görülmektedir. Optimal benzin vergisi özelinde, B1 ve G1 durumları için belirgin bir farklılık tespit edilmektedir. B1 durumunda elde edilen düzeltici vergi bileşeninin (1,1 TL/l) optimal vergi değerinin (0,96 TL/l) üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, benzin vergisinin mali sistem içinde varolan ve doğaları gereği bozucu etkileri olan diğer vergilerle etkileşiminden doğan net etkinin [2] + [3] + [4] negatif olmasından kaynaklanmaktadır. Oluşan bu negatif etki optimal vergi değerini aşağı yönlü çekerek, optimal verginin düzeltici vergi düzeyinin de altında oluşmasına neden olmaktadır. Öte yandan G1 durumunda benzin vergisinin mali sistemin geneliyle oluşturduğu net etkinin pozitif olması, optimal vergi değerinin (1,5 TL/l) düzeltici vergi bileşeninin (1,29 TL/l) üstünde oluşmasını sağlamaktadır.

Optimal otogaz vergisi için durum değerlendirildiğinde, O1 ve G1 durumları için belirgin bir farklılığın oluşmadığı görülmektedir. O1 durumunda elde edilen düzeltici vergi bileşeninin (0,54 TL/l) optimal vergi değerinin (0,48 TL/l) çok az üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, hem O1 hem de G1 durumları için otogaz vergisinin mali sistem içinde varolan diğer vergilerle etkileşiminden doğan net etkinin [2] + [3] + [4] negatif olmasından kaynaklanmaktadır. Her iki durumda bu negatif etki optimal vergi değerini aşağı yönlü çekerek, optimal verginin düzeltici vergi düzeyinin de altında oluşmasına neden olmaktadır. Öte yandan G1 durumunda otogaz üzerindeki verginin optimizasyonundan elde edilen rafah kazancının O1 durumuna göre daha yüksek gerçekleştiği de (48,3 TL'den 64,02'ye) dikkati çekmektedir.

Optimal benzin vergisinin düzeltici vergi bileşenleri yakından incelendiğinde, en büyük katkının benzinle çalışan otomobillerin araç km değerlerinden kaynaklı dışsalılık kaleminden (bileşen [1.1.b]) ve otogazlı araçlardan kaynaklı dışsalılık kalemlerinden (bileşen [1.1.d] ve [1.1.e])'den geldiği görülmektedir. Benzin için düzeltici vergi bileşeninde dizelle çalışan otomobillerden kaynaklı dışsalılıkların ise negatif tesirinin (bileşen [1.1.c]) olduğu görülmektedir. Negatif tesirin temel nedeni, benzin tüketiminden kaynaklanan dışsalılıkların yüksek vergi ile içselleştirilmesi durumunda, tüketicinin dizel yakıt tüketimine ve dizel araç-km'ye yönelmesi sonucunda dizel tüketimi ile ilintili dışsalılıkların daha yüksek oluşması şeklinde görülen geri besleme etkisidir. Öte yandan

benzin-dizel arasında gerçekleşen bu geri besleme etkisinin, benzin-otogaz arasında farklı şekilde geliştiği görülmektedir.

Öncelikle otogaz, yalnızca benzinle çalışan otomobillerde kullanımı mümkün olan ve daha önceden kabul edildiği üzere benzinli motorların yakıt verimliliği ile doğrudan ilişkili olan bir yakıt türüdür. Bu çerçevede benzin üzerinde vergi yükünün değişimi, benzinli araç filosunda ve dolayısıyla otogazlı araç filosunda yakıt verimliliğinin de değişmesini beraberinde getirmektedir. Geri besleme etkisi, dizel için yalnızca tüketicilerin daha fazla/az dizelli araç kullanımı (araç-km değişimi) şeklinde meydana gelirken, otogaz için hem araç-km hem de yakıt verimliliği olmak üzere iki kanal üzerinden gerçekleşmektedir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda otogazdan kaynaklı geri besleme etkisinin optimal benzin vergisi üzerinde katkısı [1.1.d] + [1.1.e], dizelin aksine pozitif olarak gerçekleşmektedir. Bu etkinin, B1 senaryosunda benzinle çalışan otomobillerin araç km değerlerinden kaynaklı dışsalık kadar katkı sağladığı, G1 senaryosunda ise düzeltici vergiye en büyük katkıyı sağlayan bileşen olduğu görülmektedir.

Tablo 29: Optimal Vergi İçinde Dışsalık Maliyet Dağılımı

TANIM	G1	B1	O1	BİRİM
Dışsalıklar (Benzin /Dizel/Otogaz)				
Trafik Sıkışıklığı	(16,6/-0,8/-5,2) / (-0,63/-2,21/20,03)	16,6/-0,89/-1,58	-0,82/-3/20,35	kuruş/litre
Trafik Kazaları	(20,93/-1,01/-6,56) / (-0,79/-2,79/25,25)	20,3/-1,12/-2	-1,03/-3,91/25,66	kuruş/litre
Gürültü	(1,30/-0,06/-0,41) / (-0,05/-0,17/1,57)	1,3/-0,07/-0,12	-0,06/-0,24/1,59	kuruş/litre
Hava Kirliliği	(16,4/-1,23/30,52) / (-0,34/-3,41/9,9)	16,4/-1,37/18,77	-0,44/-4,79/9,90	kuruş/litre
İklim Değişikliği	(19,6/-0,35/38,85) / (-0,41/-0,9598/12,6)	19,6/-0,39/23,9	-0,52/-1,35/12,6	kuruş/litre

Akaryakıt ve kilometre ile ilgili dışsalıklar alt maliyet kategorilerine ayrılarak Tablo 29’da sunulmaktadır. B1 senaryosunda benzin için iklim değişikliği dışsalığının, optimal benzin vergi seviyesine en büyük katkıyı (benzinli araçlardan 19,6 kuruş/l, otogazlı araçlardan geri besleme etkisi 23,9 kuruş/litre) verdiği görülmektedir. Hava kirliliği ve iklim değişikliği dışsalıklarında otogazlı araçlardan kaynaklı geri besleme etkisinin pozitif olması ($\sigma > 0$), optimal verginin yukarı yönlü ayarlanmasına neden olmaktadır. Buna ilaveten B1 senaryosunda, benzinli araçların 20,3 kuruş/litre olarak hesaplanan

trafik kazaları dışsallığı, optimal benzin vergisine yukarı doğru en büyük desteği vermektedir. Optimal benzin vergisi için G1 durumunda da, bu yorumlar geçerliliğini korumaktadır.

Tablo 29’da verilen O1 senaryosunda, B1 senaryosunda olduğu gibi diğer akaryakıt türlerini kullanan araçlar için pozitif bir geri besleme etkisi gerçekleşmediğinden ($\beta', \sigma' < 0$), dizel ve benzin ile ilgili dışsallıkların katkılarının negatif olduğu görülmektedir. Ancak en büyük katkının, trafik kazaları dışsallığından (25,66 TL/kuruş otogazlı araçlardan, -1,03 ve -3,91 benzinli ve dizel araçların geri besleme etkisinden) geldiği tespit edilmektedir. G1 senaryosu için de benzer yorumlar yapılabilir.

Benzin vergisi ile sağlanan ilave gelirin, ekonominin geneli için bozucu etkileri olan diğer vergilerin yükünün (bu çalışmada ücretler üzerindeki vergi) düşürülmesinde kullanılması durumunda elde edilen verimlilik kazancını göstermektedir. Bir akaryakıt türü üzerine konulan ilave vergiye veya akaryakıtın fiyatının değişimine sürücü davranışlarının daha sınırlı şekilde değişim gösterdiği durumlarda, gelir çevrim kazancının çok daha büyük olacağı bir gerçektir. Dolayısıyla esnek olmayan benzin talebi için belirlenen gelir çevrim etkisi bileşeni, esnek otogaz için hesaplanan gelir çevrim etkisinin oldukça üzerindedir. Tablo 28’in [2] nolu satırında görüldüğü üzere, optimal benzin vergisi içinde gelir çevrim etkisinin payı B1 ve G1 senaryolarında 2,79 ve 3,28 olarak hesaplanırken, optima otogaz vergisi içinde gelir çevrim etkisinin payı O1 ve G1 senaryolarında 0,12 olarak gerçekleşmektedir.

Optimal vergi içinde negatif tesiri olan diğer bileşen ise, vergi sistemi ile etkileşen etkidir. Daha yüksek benzin vergisinin benzin fiyatlarını boş zamana göre daha yukarı çekmesi sonucunda meydana gelen göreceli fiyat artışı, hanehalkının reel ücretlerinde ve işgücü arzında azalmayı beraberinde getirecektir. Öte yandan vergi sistemi ile etkileşen etki, işgücü arzını benzin ve boş zaman arasında ikame etkilerini ve gelir etkilerini de içermektedir. Bu nedenle akaryakıt vergilerinin vergi sistemiyle daha geniş çerçevede etkileşimi sonucunda optimal vergi düzeyinde meydana gelen değişimin incelenmesi gerekmektedir. Akaryakıt vergilerinin istihdam piyasasında oluşturduğu bu etki, Tablo 28’de [3.a] satırında verilmektedir. Görüldüğü üzere benzin vergisinin istihdam

piyasasında oluşturduğu etki negatif olup, B1 ve G1 senaryosunda en kuvvetli ikinci büyük tesir olduğu tespit edilmektedir. Vergi sistemi ile etkileşen etki bileşeninin diğer alt bileşenleri ise istihdam dışında kalan diğer tüketim malları (ikincil piyasa) üzerinde oluşan etkinin katkısını vermektedir. Her üç senaryo (B1, G1 ve O1) durumu için ikincil piyasalarda oluşan toplam etki $[3.b] + [3.c] + [3.d]$ negatif olup, artan benzin fiyatları karşısında otogaz ikamesinin çok büyük olması $[3.c]$ optimal benzin vergisinde ikincil piyasada oluşan negatif etkinin tesirini güçlendirmektedir.

Optimal benzin vergisi için yukarıda yapılan değerlendirmelerin ışığı altında, analiz sonucu ortaya çıkan birkaç hususun altının çizilmesi gerekmektedir. Hem otogaz hem de benzinin optimal vergi değerinin belirlendiği G1 senaryosunda, optimal otogaz vergisi 0,43 TL/l olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen bu optimal otogaz vergisinin, yalnızca otogaz vergisinin optimize edildiği O1 senaryosunda hesaplanan optimal değere (0,48 TL/l) oldukça yakın olduğu görülmektedir. Öte yandan, O1'e göre G1 senaryosunda görülen hanehalkı başına elde edilecek refah kazancı yaklaşık 48,3 TL/yıl (B1) değerinden 64,02 TL/yıl'a (G1)⁶⁷ çıkmaktadır.

Tek bir akaryakıt türü için optimal vergi yerine, her iki akaryakıt türünün birlikte optimal dengesinin belirlenmesi durumunda (G1) elde edilen refah kazancının her iki akaryakıt türü özelinde de arttığı görülmektedir. G1 senaryosunda, optimal benzin ve otogaz vergi seviyesinde mevcut vergi miktarlarına göre toplam hanehalkı başına refah kazancının 70,16 TL/yıl (64.02+6.14) olacağı yansıtılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, her iki yakıtın birlikte optimizasyonu sonucunda elde edilen bulgular, Türkiye ekonomisi için yıllık ortalama refah kazancının 1,5 milyar TL olduğunu göstermektedir.

Belirli bir akaryakıt türü için cari ve optimal vergi seviyeleri arasında ortaya çıkan refah farkının tekli ve çoklu optimizasyon sonucunda farklılaşmasının, vergi tabanının dar veya geniş tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çifte kar tartışmasında Goulder (2013)'ün belirttiği üzere, daha geniş tabanlı bir verginin (ücret vergisi) daha dar tabanlı bir vergi (benzin vergisi) ile değiştirilmesi, verimlilik kayıplarına neden olmaktadır.

⁶⁷ G1 senaryosu için optimal otogaz vergisinin toplam senelik refah kazancı ise yaklaşık 1,4 milyar TL olarak elde edilmektedir.

Vergi tabanı dar olduğunda tüketicinin o vergiden kaçınması ve ona uygun davranış değişikliklerine gitmesi kolaylaştığından, dar tabanlı verginin geniş tabanlıya göre verimlilik kaybı daha yüksek olacaktır. Bu çerçevede, yalnızca benzin veya otogaz için diğeri sabit tutularak hesaplanan optimal verginin meydana getirdiği refah kazancının, her ikisinin birlikte değişim gösterdiği (görece daha geniş vergi tabanı) duruma göre düşük gerçekleşmesi, özellikle tüketici davranış değişiminin sınırlanması yönüyle birbirinin ikamesi ürünlerin birlikte optimal dengesinin kurulmasını daha etkin kıldığını göstermektedir.

Bununla birlikte bulgular, Ramsey'in ters esneklik kuralının (daha az esnek talebe sahip malın daha yüksek vergilendirilmesinin) doğrulandığını göstermektedir. Ayrıca refah kazançları bakımından, esnek tüketim talebine sahip otogaz, esnek olmayan benzin için mevcut vergilerin optimal seviyeye getirilmeleri durumunda esnek talepli ürün için ortaya çıkan refah kazancının çok daha büyük gerçekleştiği de tespit edilmektedir.

Benzin üzerindeki verginin optimal seviyeye indirilmesi, tüketicilerin akaryakıt giderlerinin azalması sonucunu doğurmaktadır. Akaryakıt maliyetlerinin azalması tüketicileri daha fazla araç kullanmaya yönlendirmekle birlikte, düşen akaryakıt maliyetleri nedeniyle tüketicilerin yakıt ekonomisine yönelik kaygılarının da azalacağı öngörülmektedir. Diğer bir ifadeyle, tüketicilerin otomobil tercihlerinde yakıt ekonomisi, bir kriter olarak önemini diğer faktörlere nazaran kaybedecektir. Bu durumda otomobil stokunda ortalama yakıt ekonomisi değerlerinde bir kötüleşme beklenmektedir.

Bu değerlendirmeler ışığında Tablo 30'da sunulan analiz sonuçları incelendiğinde, G1 ve B1 durumları için optimal benzin vergisi seviyesinde benzinli otomobillerin yakıt ekonomisi değerlerinin düştüğü görülmektedir. Otogazlı araçlarda, dönüştürüldükleri benzin otomobil stokundan etkilendiğinden, ortalama yakıt ekonomisi değerinin de beklenildiği şekilde azaldığı tespit edilmektedir. Yalnızca O1 senaryosunda, benzin fiyatlarında bir değişim meydana gelmediğinden yakıt ekonomisi değerlerinde bir uyum gerçekleşmemektedir.

Tablo 30: Bütçe ve Diğer Önemli Parametrelerde Görülen Değişim

TANIM	G1	B1	O1	BİRİM
Ulaşım Parametrelerinde Değişim (Mevcut Durum /Optimal Seviye)				
Benzinli Araç Yakıt Ekonomisi	13,33/13,12	13,33/12,92	13,33/13,33	km/litre
Otogazlı Araç Yakıt Ekonomisi	8,85/8,71	8,85/8,58	8,85/8,85	km/litre
Benzinli Araç Kilometre	1407/1344	1407/1462	1407/1327	km/yıl
Dizel Araç Kilometre	2116/1778	2116/2113	2116/1812	km/yıl
Otogaz Araç Kilometre	4356/6628	4356/4345	4356/6348	km/yıl
Benzin Talebi	106/103	106/113	106/100	litre/yıl
Dizel Talebi	102/85	102/101	102/87	litre/yıl
Otogaz Talebi	492/761	492/506	492/717	litre/yıl
Genel Tüketim	283/282	283/282	283/282	birim/yıl
Bütçe Dengesi				
Benzin Vergi Geliri Değişimi	-91	-141	-18	TL/yıl
Dizel Vergi Geliri Değişimi	-37	-1	-33	TL/yıl
Otogaz Vergi Geliri Değişimi	-52	18	-49	TL/yıl
Tüketim Vergisi Geliri Değişimi	-11	-10	-5	TL/yıl
Ücret Vergisi Geliri Değişimi	190	133	105	TL/yıl
Ücret Vergi Oranı	0,3316	0,3305	0,3299	%

B1 durumunda, düşen benzin fiyatları nedeniyle benzin talebinde (106 litre/yıl'dan 113 litre/yıl'a %6,7) ve benzin araç-km değerinde (1407 km/yıl'dan 1462 km/yıl'a %3,9) artış meydana gelmektedir. Artan toplam araç-km değeri, kilometreye bağlı marjinal trafik dışsallığı maliyetlerinde %0,5 artış meydana getirmektedir. Ayrıca görece olarak benzin fiyatlarının otogaza göre düşmesi, bir yandan otogazlı araç-km değerinin düşmesini sağlarken diğer yandan daha az yakıt verimli otogazlı araçların daha fazla akaryakıt tüketmesine neden olduğu tespit edilmektedir.

G1 durumunda ise toplam araç-km değerindeki artışın çok daha büyük oranda gerçekleştiği (%23,74) görülmektedir. Bir yandan benzin fiyatları düşerken diğer yandan otogaz fiyatlarının düşmesi, hem dizel hem de sınırlı bir miktar benzinden otogaza doğru bir kaymanın gerçekleşmesine neden olmaktadır. Ancak benzinli araç-km değerinin otogaza yönelmesi, G1 durumunda daha düşük benzin fiyatının oluşması nedeniyle O1'e göre, sınırlı gerçekleşmektedir.

Her üç durum kamunun bütçe dengesi içinde değerlendirilecek olursa, vergi, ulaşım ve tüketim talebinde görülen değişim sonucu ortaya çıkan bütçe açığının, ücretler üzerinden alınan vergi ile dengelenmesi ihtiyacının doğduğu görülmektedir. Bütçe açığı en yüksek

B1 durumunda (-190) olduğundan, bütçe dengesi için ücretler üzerindeki vergi artışı en yüksek B1 durumunda (%1,1 oranında), en düşük O1 durumunda (%0,58 oranında) gerçekleşmektedir⁶⁸.

4.2. YAKIT TÜKETİM PARAMETRELERİNDE BELİRSİZLİKLERİN İNCELENMESİ

Analizde kullanılan özellikle yakıt tüketimine ilişkin parametrelere yönelik kabullerin sonuçlar üzerinde etkilerinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Öncelikle 3. Bölüm’de bahsedildiği üzere, Türkiye için çalışmada seçilen dizel yoğunluk değerinin gelişmiş ülke örnekleri ile kıyaslandığında oldukça düşük kabul edildiği (Almanya için $\tilde{d} = 0,067$)⁶⁹ görülmektedir. Türkiye için resmi veya belirli bir araştırma sonucunda ortaya konulmuş yakıt yoğunluğu değerlerine ulaşamamakla birlikte, Solmaz ve Çelikten (2012)’in çalışmalarında benzinli araçlar için $\tilde{g} = 0,08$ km/l, dizel araçlar için $\tilde{d} = 0,06$ km/l, otogazlı araçlar için ise $\tilde{p} = 0,11$ km/l değerlerini kabul ettikleri görülmektedir. Solmaz ve Çelikten (2012)’in çalışması ile bu çalışmada kullanılan akaryakıt yoğunluklarının dizel hariç diğer iki akaryakıt türünde birbirlerine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Solmaz ve Çelikten (2012) tarafından kullanılan ve Almanya için bildirilen değere de yakın olduğu görülen $\tilde{d} = 0,06$ km/l yakıt yoğunluğu değerinin yeni bir analiz içinde değerlendirilmektedir. Özellikle dışsallık maliyetlerini de etkileyen dizel yoğunluğunun bu aşamada dikkatle incelenmesi gerekmektedir⁷⁰.

Tablo 31’de G2 sütununda sunulan analiz sonuçları, temel varsayımlara göre elde edilen G1 senaryosu sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, dizel yakıt verimlilik değerlerindeki değişim sonucunda elde edilen optimal benzin ve otogaz değerlerinin çok fazla değişmediği görülmektedir.

⁶⁸ Mevcut durumda ücretler üzerindeki vergi oranı %32,8 olarak verilmektedir. G1, B1 ve O1 senaryolarının gerçekleşmesi durumunda yeni vergi oranları Tablo 30’da son satırda verilmektedir.

⁶⁹ Tscharaktschiew (2014)

⁷⁰ Dizel için çalışmada kullanılan litre başına hava kirliliği maliyeti, EK 9’da yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen hava kirliliğinin km başına maliyetlerinin dizel tüketimi 4,8 litre/100km kabul edilerek hesaplanması ile elde edilmiştir. Dizel tüketimi 6 litre/100km kabul edilirse, dizel için hava kirliliği birim maliyeti 0,592 TL/l olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda dizel tüketimine bağlı dışsal maliyet $e_D = 0,8$ olarak oluşmaktadır. Kısaca dizelin yakıt tüketimine bağlı dışsal maliyeti yaklaşık %16 azalmaktadır.

Bölüm 3’de benzin talebinin toplam esnekliği, araç-km’de değişim ve yakıt yoğunluğunda değişim olmak üzere iki kanal üzerinden gerçekleştiği ve Türkiye için $\alpha = \frac{\varepsilon_{MG}}{\varepsilon_G} = 0,55$ olarak seçildiği vurgulanmıştır. Analizde kullanılan bu değer, benzinin kendi fiyat esnekliği ($\varepsilon_G = -0,20$) bilgisi kullanılarak, yakıt yoğunluk esnekliğinin $\varepsilon_g = -0,09$ olduğunu göstermektedir. Tscharaktschiew (2014) çalışmasında, AB iklim değişikliği politikaları çerçevesinde karbon emisyonlarını azaltmayı amaçlayan ve otomobil üreticilerini bağlayıcı olan regülasyonların etkisiyle, akaryakıt fiyatlarının akaryakıt tüketimi üzerindeki etkisinin yakıt yoğunluğunda değişim yerine, büyük oranda araç-km üzerinde değişim şeklinde oluşmasının beklendiğini vurgulanmaktadır.

Tablo 31: Senaryo Analizi

TANIM	G1	G2	G3	G4
Optimal Vergi (Benzin/Otogaz) τ_G^*/τ_{LPG}^*	1,50/0,43	1,46/0,45	2,32/0,46	3,19/0,48
Mevcut-Optimal Vergi Farkı	0,68/0,45	0,72/0,43	-0,14/0,42	-1,01/0,40
Mevcut/Optimal Vergi Oranı	1,45/2,05	1,49/1,96	0,94/1,91	0,68/1,83
Refah Değişimi τ_G^* vs. τ_G τ_{LPG}^* vs. τ_{LPG}	6,14/64,02	5,75/54,70	0,66/51,26	1,60/42,24
[1.1]: Düzeltici Vergi (CC) (Benzin)	1,29	1,27	1,16	1,01
[1.1.a]: $+e_G$	0,36	0,36	0,36	0,36
[1.1.b]: $+(e_M^{nc} + e_M) \alpha/g$	0,39	0,39	0,47	0,54
[1.1.c]: $+\beta(e_D + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{d})$	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05
[1.1.d]: $+\sigma(e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{p})$	2,14	2,08	1,61	1,04
[1.1.e]: $-(e_M^{nc} + e_M^c) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p}$	-1,57	-1,52	-1,23	-0,89
[1.2]: Düzeltici Vergi (CC) (Otogaz)	0,58	0,57	0,58	0,58
[1.2.a]: $+e_{LPG}$	0,23	0,23	0,23	0,23
[1.2.b]: $+(e_M^{nc} + e_M^c) \alpha'/\tilde{p}$	0,47	0,47	0,48	0,48
[1.2.c]: $+\beta(e_D + (e_M^{nc} + e_M^c)/\tilde{d})$	-0,1	-0,1	-0,1	-0,11
[1.2.d]: $\sigma'(e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M^c)/g)$	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
[2]: Gelir Çevrim Etkisi (RR) (Benzin/Otogaz)	3,28/0,12	3,25/0,12	3,95/0,12	4,66/0,12
[3]: Vergi Sistemi İle Etkileşen Etki (TI) (Benzin/Otogaz)	-3,08/-0,27	-3,07/-0,24	-2,81/-0,25	-2,48/-0,22
[3a]: τ_L ilintili TI	-1,19/-0,07	-1,18/-0,07	-1,46/-0,07	-1,74/-0,07
[3b]: τ_D ilintili TI	0,03/0,09	0,04/0,11	0,03/0,09	0,04/0,09
[3c]: τ_{LPG} veya τ_G ilintili TI	-1,56/0,04	-1,60/0,04	-1,23/0,06	-0,83/0,08
[3d]: τ_Z ilintili TI	-0,35/-0,33	-0,33/-0,32	-0,15/-0,32	0,05/-0,33
[4]: Trafik Sıkışıklığı Geri Besleme Etkisi (CF) (Benzin/Otogaz)	0,006/0,009	0,006/0,009	0,007/0,01	0,008/0,009

Bu çerçevede uzun dönemli etkiler dikkate alınarak seçilen $\alpha = 0,65$ ve $\alpha = 0,75$ değerlerine karşılık gelen iki farklı analiz daha gerçekleştirilmekte⁷¹ ve bulgular Tablo 31'in G3 ve G4 sütunlarında verilmektedir.

Benzin fiyatlarının etkisinin araç km üzerinde değişim şeklinde tezahür etmesinin, optimal benzin vergisi üzerinde büyük oranda etkili olduğu görülmektedir. İncelenen senaryolarda, artan vergi nedeniyle benzin tüketiminin azalmasında, tüketicinin yakıt verimli araçlara yönelmek yerine araç kullanımını azaltması ele alınmaktadır (daha büyük α katsayısına eşlik eden şekilde). Bu nedenle, kilometre ile ilgili dışsallıkların düzeltici vergiye katkısının büyük olduğu görülmektedir. Öte yandan otogaz üzerinde oluşan geri besleme etkisinin dengeleyici etkisi, temel analizle (G1) mukayese edildiğinde, düzeltici vergi miktarlarının çok fazla değişmediğini göstermektedir. Bununla birlikte α katsayısı arttıkça gelir çevrim etkisinin artışı ve vergi sistemiyle etkileşen etkinin azalması optimal benzin vergisinin yukarı doğru yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Gerçekleştirilen senaryo analizlerinde oldukça esnek tüketim yapısına sahip olan otogazda optimal vergi oranındaki değişimin sınırlı olduğu tespit edilmektedir.

4.3. DUYARLILIK ANALİZLERİ

Parametreler üzerinde yapılan temel varsayımların makul bir aralıkta değişim göstermesi mümkün olduğundan, bu bölümde gerçekleştirilen duyarlılık analizleri ile elde edilen optimal benzin ve otogaz vergileri incelenmektedir. Bu çerçevede, yalnızca dışsallık maliyetlerine yönelik parametreler üzerinde yapılan kabullere dayalı duyarlılık analizleri Şekil 14-17'de sunulmaktadır. Bölüm 3'de verilen temel dışsallık parametre değeri orta değer kabul edilerek, bu değerlerin %50 alt ve %50 üst aralığında olmasının optimal otogaz ve benzin vergi üzerinde etkileri Şekil 14-17'de görülebilmektedir.

Duyarlılık analizlerinin ilki CO₂ emisyonları ile ilgili olan iklim değişikliği dışsallığı maliyeti kabulünde meydana gelecek değişimlerin (%50-%150) etkilerini göstermektedir. Diğer duyarlılık analizleri ise sırasıyla, yalnızca akaryakıt tüketimi ile

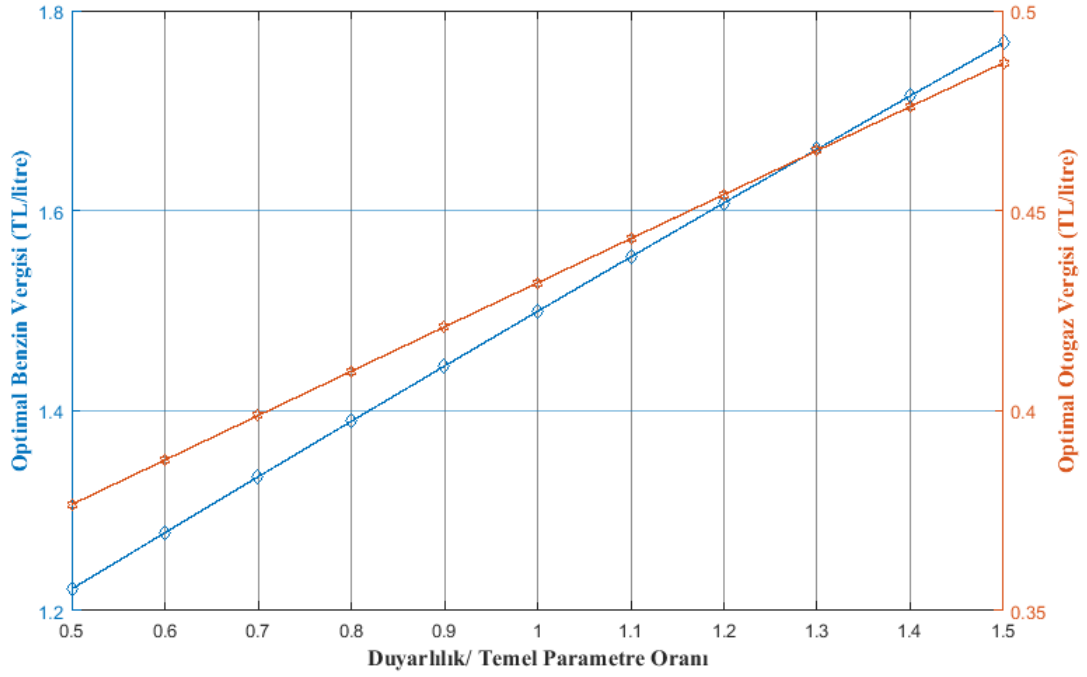
⁷¹ İki senaryo için $\alpha = 0,65$ değeri için $\varepsilon_{MG} = -0,13$, $\varepsilon_g = -0,07$ ve $\alpha = 0,75$ değeri için $\varepsilon_{MG} = -0,15$, $\varepsilon_g = -0,05$ olarak hesaplanmaktadır.

ilgili dışsallıkların, yalnızca kilometre ile ilgili dışsallıkların ve son olarak bütün dışsallık maliyetlerinin aynı anda değişiminin optimal vergi değerleri üzerinde etkilerine odaklanmaktadır. Şekillerde yatay eksen temel senaryoda (G1) kabul edilen parametre değerinden sapma oranını göstermektedir. Bu çerçevede yatay eksendeki 1.0, mevcut analizde kabul edilen temel parametre kullanılarak elde edilen Bölüm 4.1’de hesaplanan optimal vergi değerlerini (G1 senaryosu) vermektedir.

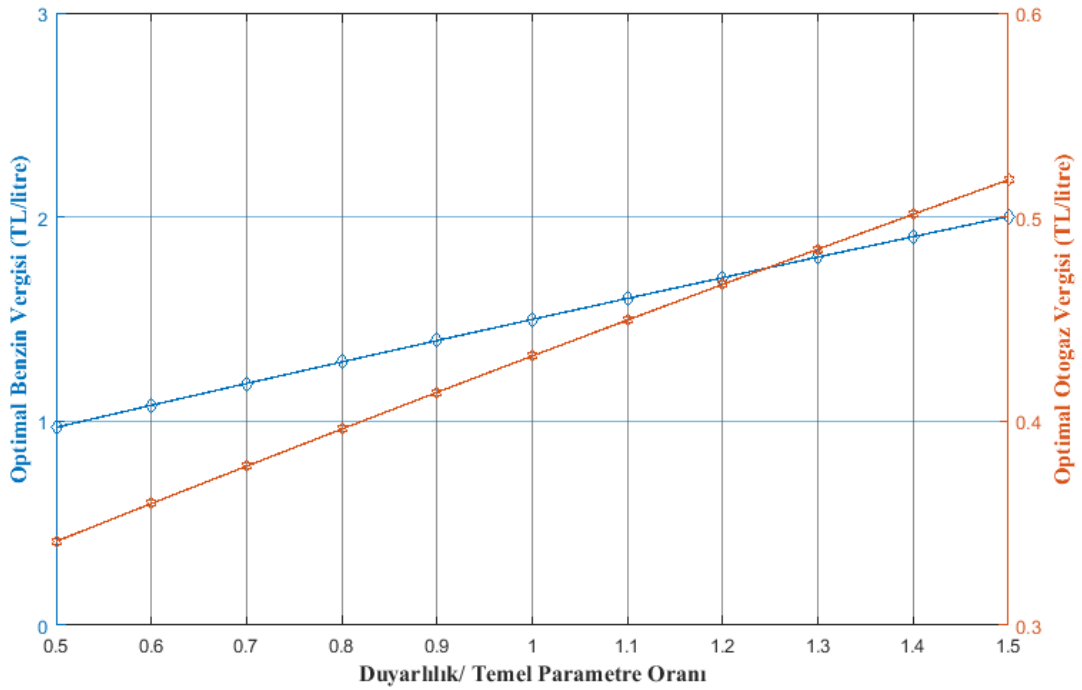
Dışsallıklar üzerinde gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonucu elde edilen optimal benzin vergisi değerlerinin tamamının, benzin üzerindeki mevcut verginin (2,18TL/l) altında gerçekleştiği görülmektedir. Benzinde tespit edilen aşırı yüksek vergi tespitinin otogaz için de geçerliliğini koruduğu anlaşılmaktadır. Tüm dışsallıkların belirlenen aralıkta değişimi karşısında optimal benzin ve dizel değişimleri Şekil 17’de yansıtılmaktadır. Duyarlılık analizlerinde elde edilen maksimum ve minimum optimal benzin vergisi arasındaki farkının en çok yalnızca akaryakıt tüketimine bağlı dışsallık değişiminde (1,33 TL/l) meydana geldiği görülmektedir. Maksimum ve minimum optimal otogaz vergileri arasındaki farkın en çok görüldüğü duyarlılık analizi ise tüm dışsallık maliyetlerinde değişimlerin konu edildiği durumda elde edilmektedir.

Duyarlılık analizlerinde artan maliyetlere eşlik edecek şekilde optimal vergi miktarlarının doğrusal şekilde arttığı görülmektedir. Ancak, kilometreye bağlı dışsallık maliyetleri ile optimal benzin vergisi arasında doğrusal olmayan bir fonksiyonel ilişki olduğu tespit edilmektedir. Yalnızca kilometreye bağlı dışsallık maliyetlerinin değişiminin izlendiği duyarlılık analizinde (Şekil 16), dışsallık maliyetlerinde artış ile optimal benzin vergisinin azalan oranda düştüğü görülmektedir. Tüm dışsallıklar dikkate alındığında, yalnızca kilometreye bağlı dışsallık maliyetlerindeki değişiminin optimal benzin vergisi üzerindeki etkisi diğer dışsallık etkileri altında baskılandığından, parametre değerlerindeki değişim ile optimal benzin vergisi arasında ilişki pozitif şekilde kurulmaktadır.

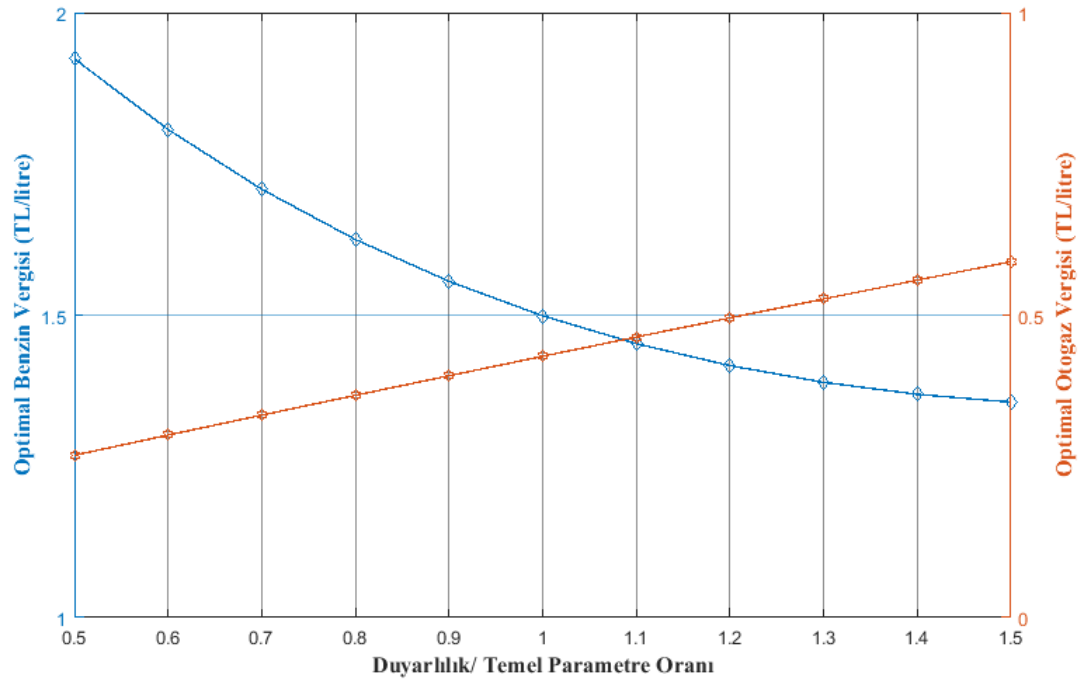
Şekil 14: Duyarlılık Analizi (Yalnızca CO₂'ye Bağlı Dışsallık Maliyeti Değişimleri)



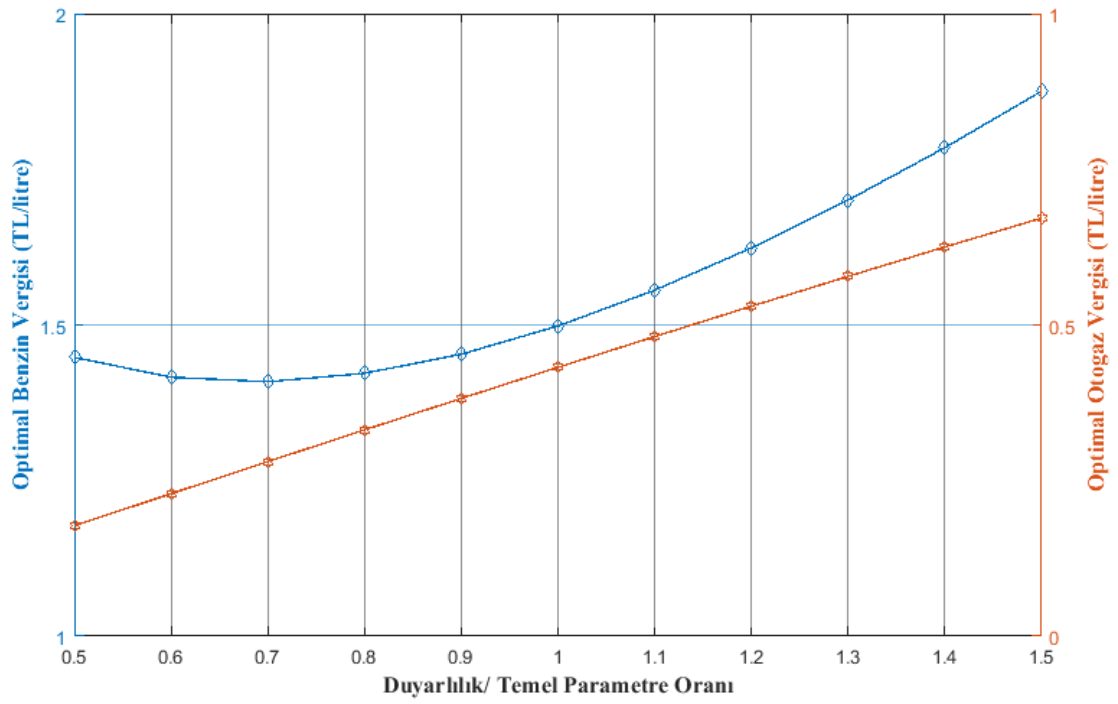
Şekil 15: Duyarlılık Analizi (Yalnızca Akaryakıt Tüketimine Bağlı Dışsallık Maliyeti Değişimleri)



Şekil 16: Duyarlılık Analizi (Yalnızca Km'ye Bağlı Dışsallık Maliyetleri Değişimleri)



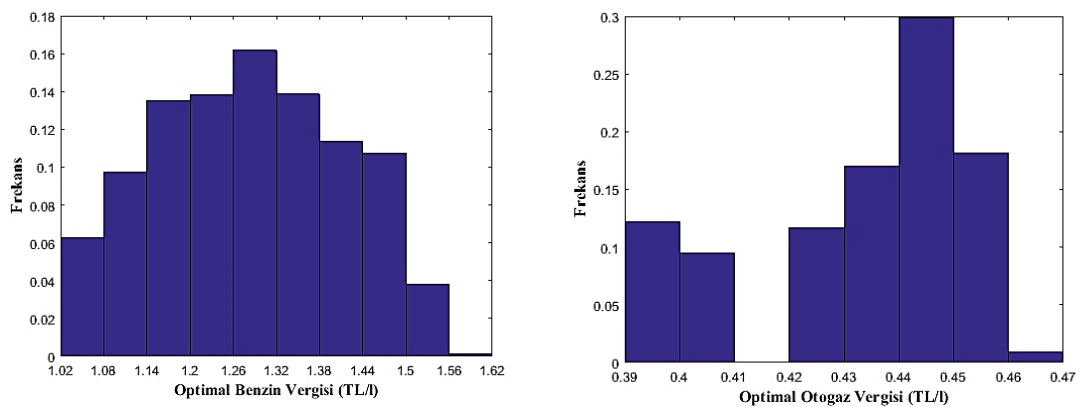
Şekil 17: Duyarlılık Analizi (Tüm Dışsallık Maliyetlerinin Değişimleri)



Dışsallıklar dışında duyarlılık analizi, bir diğer önemli konu olan geri besleme etkisine odaklanmaktadır. Yüksek benzin fiyatları karşısında diğer akaryakıt türlerinde otomobil kullanımının cazip olması, araç-km'nin çapraz fiyat esnekliklerinin pozitif olması $\varepsilon_{M_{LPG}}^G, \varepsilon_{M_D}^G, \varepsilon_{M_G}^{LPG}, \varepsilon_{M_D}^{LPG} > 0$ anlamına geldiği bilinmektedir. Araç km değerlerinin çapraz kilometre esneklikleri, Bölüm 3'de belirli bir aralıkta değişim göstereceği kabul edilmektedir. Örneğin, benzin fiyatlarının çapraz dizel araç-km değerinin $\varepsilon_{M_D}^G=0$ olması ($\beta = 0$ sonucunu doğurmaktadır), değişen benzin fiyatları karşısında dizel araçlara yönelimin olmadığı kabulünün yapılması demektir. Bu çalışmada ilgili esneklik terimlerinin $\varepsilon_{M_{LPG}}^G \in [0; 0,009]$, $\varepsilon_{M_D}^G \in [0; 0,018]$, $\varepsilon_{M_G}^{LPG} \in [0; 1,548]$ ve $\varepsilon_{M_D}^{LPG} \in [0; 1,029]$ aralık kümelerinin bir elamanı olabileceği kabul edilmektedir. Çalışmada kullanılan değer seçimi detayları Bölüm 3.2.6 ve 3.2.7'de verilmekle birlikte, belirlenen aralıkta değişimin etkilerinin duyarlılık analizi ile incelenmesi zorunlu görülmektedir.

Bu çerçevede, yukarıda alt ve üst sınır değerleri verilen esneklik terimlerinin değişiminin incelenmesinde, belirli alt ve üst limitler içinde tekdüze (uniform) olasılık dağılımından seçilen rastsal parametre değerleri kullanılarak, optimal benzin/otogaz vergisi dağılımı elde edilmektedir⁷².

Şekil 18: Duyarlılık Analizi-Histogram (Benzin/Otogaz Fiyatlarının Araç km Çapraz Fiyat Esnekliği Değişimi)



⁷² Her bir esneklik değişkeni için 100.000 rastsal değer seçilmiştir.

Şekil 18’de verilen benzin ve otogaz için optimal vergi histogramlarından görüldüğü üzere elde edilen maksimum optimal benzin vergisi 1,62 TL/l, minimum 1,02 TL/l olarak elde edilmektedir. Çalışmada temel varsayımlar altında elde edilen optimal benzin vergisinin bu sınırlar içinde kaldığı ve uygulanmakta olan cari benzin vergisinin oldukça yüksek olduğu doğrulanmaktadır. Ayrıca optimal otogaz vergisinin ise 0,39 TL/l ile 0,47 arasında değişim gösterdiği, cari otogaz vergisinin oldukça altında kaldığı tespit edilmektedir.

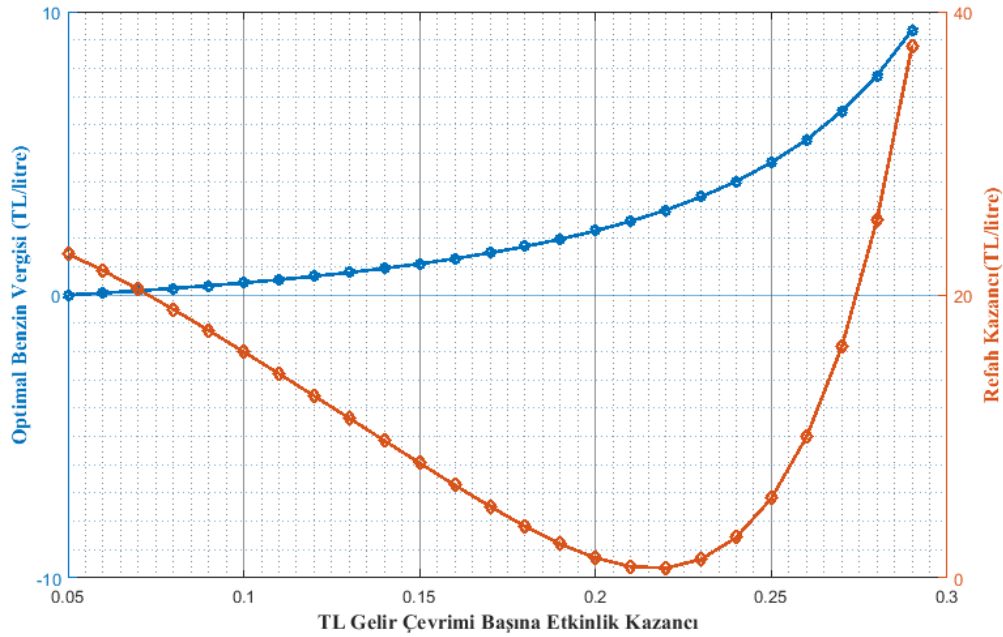
Daha önce vurgulandığı üzere, benzin ve dizel üzerinden alınan ilave bir TL vergi gelirinin mali sistem üzerinde bozucu etkisi olan diğer vergiler üzerindeki vergi yükünün azaltılmasında kullanılması halinde elde edilen etkinlik kazancı, ücretler üzerinde ilave bir TL vergi geliri elde etmenin etkinlik maliyetine eşit olmaktadır. Marjinal aşırı vergi yükü olarak da anılan bu değer temel varsayımlar altında gerçekleştirilen analizde, $\Omega_{\tau_L} = 0,17$ olarak hesaplanmakta ve optimal vergi denklemine önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır. Ancak Bölüm 3.3.7’de ifade edildiği üzere analizde kullanılan marjinal aşırı vergi yükü parametresinin değeri konusunda literatürde bir fikir birliğinin olmaması nedeniyle netlik kazanmamıştır. Bu nedenle, duyarlılık analizine başvurulması zorunlu görülmüştür. Duyarlılık analizleri sonucu elde edilen Şekil 19 ve 20’de, yatay eksenlerde değişen oranlarda TL Gelir Çevrim Başına Etkinlik Kazancı (marjinal aşırı vergi yükü), dikey eksenlerde ise optimal benzin ve otogaz vergileri ile refah kazançları gösterilmektedir.

Şekil 19’dan anlaşılabacağı üzere, benzin üzerindeki vergilerin mali sistem ile daha geniş çerçevede etkileşiminin oldukça hassas olduğu görülmektedir. Eğer 1 TL gelir çevrimin etkinlik kazancı 0,17 TL’nin altında ise elde edilen optimal benzin vergisi düzeltici vergi bileşeninin de altında oluşmaktadır. Bu durum benzinin mali sistem ile daha geniş etkileşiminin benzin üzerindeki vergiyle zıt yönlü bir ilişkinin kurulduğunu göstermektedir. Öte yandan eğer etkinlik kazancı 0,29 TL’ye çıkacak olursa optimal benzin vergisi 9,35 TL/l’ye kadar çıkmaktadır. Öte yandan, eğer gelir çevrim etkinlik oluşturamazsa optimal benzin vergisi sıfıra kadar düşmektedir. Yapılan bu duyarlılık çerçevesinde, gelir çevrim etkinlik kazancının ancak 0,20 TL olması durumunda halihazırda uygulanmakta olan cari benzin vergisi (2,18 TL/l)’nin optimal vergi düzeyinde

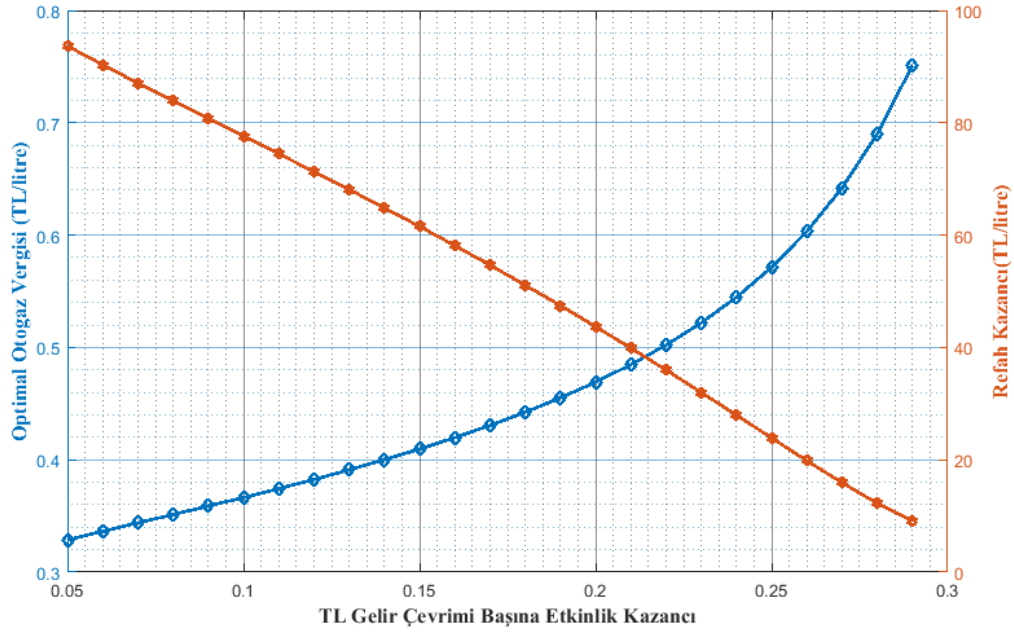
olabileceği görülmektedir. Aksi halde vergi sistemiyle etkileşim etkisi dışsallıkların etkilerinin azaltılmasından sağlanan faydanın sıfırlanmasına neden olabilecek kadar büyük gerçekleşebilecektir.

Şekil 20’de Otogaz için elde edilen gelir çevrimi başına etkinlik kazancının etkileri görülmektedir. Yapılan duyarlılık analizi sonucunda 0,25 TL gelir çevrimi etkinlik kazancının altında oluşan herhangi bir değerde optimal otogaz vergisi düzeltici vergi bileşeninin de altında oluşmaktadır. Otogaza uygulanan verginin mali sistem üzerinde oluşturduğu negatif etkinin çok daha büyük olduğu görülmektedir. Artan otogaz fiyatlarıyla birlikte hanehalkı refahının da azaldığı tespit edilmektedir. Bu çerçevede otogaz üzerinden elde edilen verginin gelir çevrim başına etkinlik kazancı, dışsallık içerilmesine izin verecek düzeyde yüksek olsa bile hanehalkı refah kazancı daha düşük şekilde gerçekleşeceği görülmektedir.

Şekil 19: Duyarlılık Analizi (Değişken Aşırı Yük)-Benzin



Şekil 20: Duyarlılık Analizi (Değişken Aşırı Yük)-Otogaz

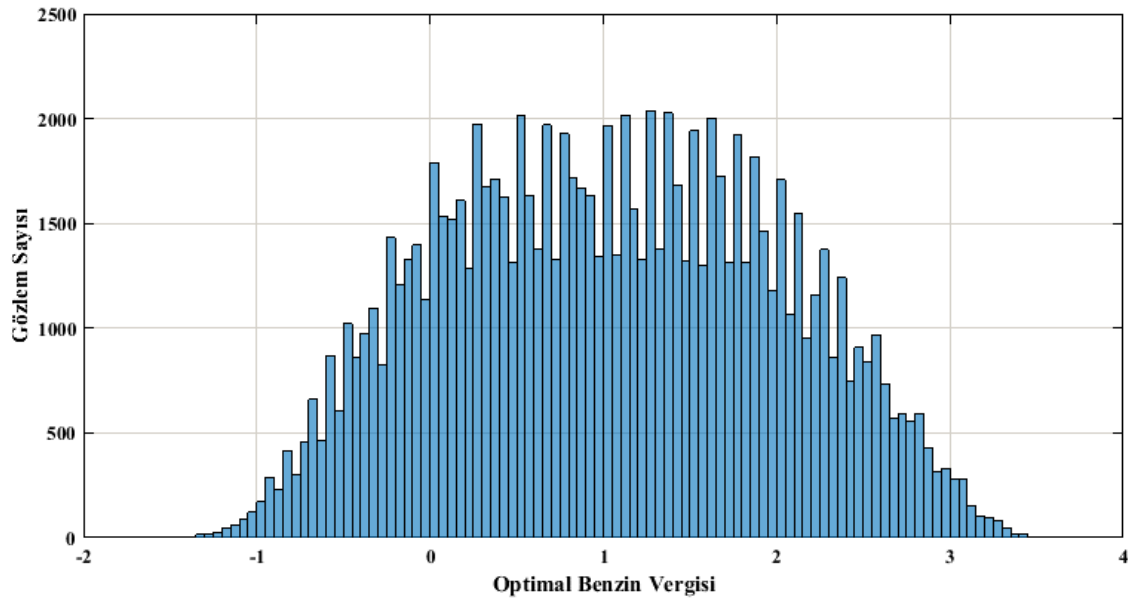


Gerçekleştirilen duyarlılık analizlerinde dışsallıklar, esneklikler gibi parametrelerin belirli sınırlar içinde değişimlerinin optimal benzin ve otogaz vergilerinde etkileri özetlenmektedir. Ancak tüm belirsiz parametreler Monte Carlo Simülasyonu yöntemi kullanılarak aynı anda tekrar analiz edilmesi ve bir olasılıksal dağılımın elde edilmesi mümkün görülmektedir. Daha önce araç-km'lerin çapraz fiyat esneklikleri için kısmen kullanılan bu yöntem, bu defa optimal vergi için önemli olduğu tespit edilen ve bu çalışmada ayrı ayrı senaryo ve duyarlılık analizlerinde incelenen tüm parametreler için tek bir simülasyon içinde değerlendirilmektedir.

Monte Carlo Simülasyonunda öncelikle $\alpha \in [0,55; 0,75]$ aralığında değişim gösterdiği varsayımı altında belirlenen olasılık dağılımından elde edilen rastsal α değerleri kullanılarak, rassal değişken ε_{M_G} ve ε_g esneklik kümesi elde edilmektedir. Benzinli araçların kilometre fiyat esneklikleri, aynı zamanda kilometreye bağlı çapraz benzin fiyat esnekliklerinin üst sınırını oluşturmaktadır. Bu çerçevede, ε_{M_G} rassal değerlerine karşılık gelen $\varepsilon_{M_{LPG}}^G \in \left[0, \frac{\varepsilon_{M_G} \cdot M_G^0}{M_{LPG}^0} 0,25\right]$ ve $\varepsilon_{M_D}^G \in \left[0, \frac{\varepsilon_{M_G} \cdot M_G^0}{M_D^0} 0,25\right]$ aralıkları belirlenmektedir. Otogaz fiyat değişiminde $\varepsilon_{M_G}^{LPG} \in [0; 1,548]$ ve $\varepsilon_{M_D}^{LPG} \in [0; 1,029]$ aralık değişimleri öngörülmektedir. Dışsallıklar için belirlenen aralıklar daha önce duyarlılık analizinde

kullanıldığı şekilde temel varsayımların %50-%150'si alt ve üst limit olarak kabul edilmektedir. Marjinal aşırı vergi yükünün ise $\Omega_{\tau_L} \in [0; 0,20]$ arasında dağılım göstereceği varsayılmaktadır. Optimal vergi üzerinde önemli etkilerinin olacağı düşünülen tüm parametreler belirlenen alt ve üst sınırlar içinde değişim gösterdiği ve gerçekleşme olasılıklarının eşdeğer olduğu dikkate alınarak, tekdüze (uniform) olasılık dağılımından seçilen rastsal parametre değerleri ile optimal vergi dağılımları elde edilmektedir. Monte Carlo Simülasyonu sonucunda elde edilen optimal vergi dağılımının histogram olarak gösterimi benzin ve otogaz için sırasıyla Şekil 21 ve 22'de sunulmaktadır. Benzin ve otogaz optimal vergi değerlerinin spesifik bir değerden küçük olma olasılıkları sırasıyla Tablo 32 ve 33'de verilmektedir.

Şekil 21: Optimal Benzin Vergisi Histogramı

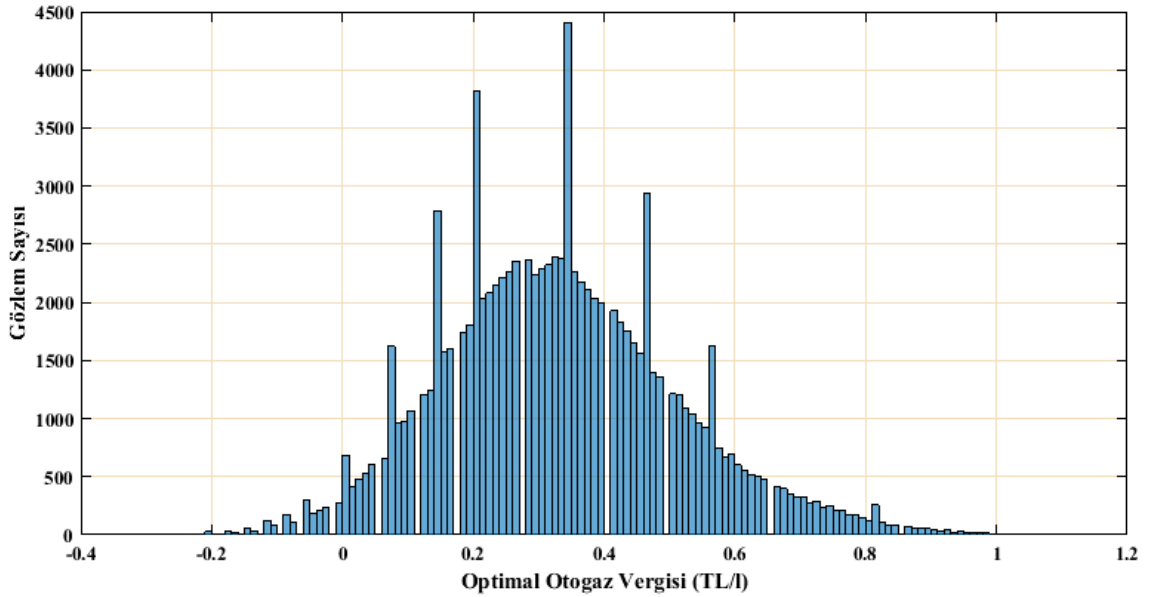


Tablo 32: Optimal Benzin Vergisi Monte Carlo Simülasyonu Sonucu

Benzin Vergisi Δ (TL/l)	Olasılık $\tau_G^* < \Delta$
0,25	0,25
0,55	0,35
0,85	0,45
1,00	0,5
1,15	0,55
1,45	0,65
1,75	0,75
2,10	0,85
2,18	0,87
2,5	0,95

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, optimal benzin vergisinin uygulanmakta olan mevcut vergiden (2,18 TL/l) düşük olma ihtimalinin (%87) oldukça yüksek olduğu tespit edilmektedir (Tablo 32). Dolayısıyla hassasiyet analizi, Türkiye’de benzinden alınan ÖTV vergisinin yüksek olduğu yönündeki daha önce elde edilen bulguyu desteklemektedir. Optimal otogaz vergisinin uygulanmakta olan mevcut otogaz vergisinin (0,88 TL/l) altında olma olasılığı (%99,6) oldukça yüksektir (Tablo 33). Optimal otogaz vergisinin 0,64 TL/l altında ve 0,35 TL/l üstünde gerçekleşmesinin oldukça olası olduğu tespit edilmektedir. Türkiye’de uygulanmakta olan ÖTV’nin optimal vergi bağlamında benzinde olduğu gibi otogazda da yüksek olduğu görülmektedir.

Şekil 22: Optimal Otogaz Vergisi Histogramı



Tablo 33: Optimal Otogaz Vergisi Monte Carlo Simülasyonu Sonucu

Otogaz Vergisi Δ (TL/l)	Olasılık $\tau_G^* < \Delta$
0,2	0,25
0,25	0,35
0,3	0,45
0,32	0,5
0,38	0,65
0,44	0,75
0,64	0,95
0,88	0,996

SONUÇ VE ÖNERİLER

Uygulanan vergiler nedeniyle Türkiye, dünyanın en pahalı akaryakıtını tüketen ülkelerinden biridir. Bu durum kamuoyu gündeminde önemini her zaman korumuş, yüksek akaryakıt fiyatları yazılı ve görsel basında yıllardır geniş yer tutmaya devam etmiştir. Bu tezde, kamuoyunda ve akademi çevrelerinde süregelen yüksek akaryakıt vergisi tartışmalarına ışık tutmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla Türkiye’de optimum akaryakıt (benzin ve otogaz) vergisi tespitine odaklanılmaktadır. Buna yönelik olarak, . I. W. Parry ve Small (2005) ve I. W. Parry (2009)’nin geliştirdiği genel denge modeli, Türkiye ekonomisinin üçlü akaryakıt (benzin, dizel ve otogaz) tüketim yapısı dikkate alınarak genişletilmektedir. Literatürde, optimum akaryakıt vergisi üzerine yapılan çalışmaların, ele alınan ülkelerin genel karakteristiğini (otomobil piyasası, vergi sistemi) yansıttığı görülmektedir. Genellikle gelişmiş ülkelere yoğunlaşan ve ikili bir tüketim sepetine dayanan optimum akaryakıt vergisi çalışmaların aksine bu çalışma, Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkeyi ele almakta ve dolayısıyla Türkiye ekonomisinin akaryakıt piyasasının üçlü tüketim sepetini ve kendine özgü (işgücü piyasası ve mali yapısı gibi) yapısını dikkate almaktadır. Tanımlanan genel denge modelinin çözümünden elde edilen optimal vergi denklemleri, yalnızca ilgili akaryakıtın tüketiminden kaynaklı çevresel etkileri değil, aynı zamanda değişken fiyatlar karşısında diğer akaryakıt türlerinin tüketimini tetiklemesi nedeniyle geri besleme etkilerini de hesaba katmaktadır. Kullanılan model ayrıca akaryakıt üzerindeki verginin mali sistem ile olan daha geniş çerçevede etkileşimlerini de dikkate almaktadır.

Analizin parametrisasyon aşamasında temel varsayımlar kullanılarak, optimal benzin vergisi (ÖTV) 1,5 TL/l, optimal otogaz vergisi (ÖTV) ise 0,43 TL/l olarak elde edilmektedir. Optimal değerler dikkate alındığında, benzin üzerindeki vergi yükünün %60’dan %53’e, otogaz üzerindeki vergi yükünün ise %47’den %34’e düşmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Çalışmada aynı zamanda, parametre değerleri için yapılan temel kabuller orta değer olarak alınıp, %50 alt ve üst sınır aralığındaki değerler için duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizlerinde, başta dışsalılık maliyetleri olmak üzere önemli unsurların değişimlerinin çalışmanın sonuçlarını genel anlamda çok fazla

değiştirmedeği, otogaz ve benzin için uygulanmakta olan ÖTV'nin (otogaz: 0,88 TL/l, benzin: 2,18 TL/l) çok yüksek olduğu tespit edilmektedir.

Gerçekleştirilen analizler, akaryakıt üzerinden alınan vergilerden elde edilen gelirin bütçede nasıl değerlendirildiğinin, optimal vergi düzeyinde oldukça etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, bütçe dengesi altında düşen akaryakıt vergi gelirlerinin doğası gereği bozucu etkileri olan işgücü ücretlerindeki vergi gelirlerinde artışla dengelendiği varsayılmaktadır. Akaryakıt üzerindeki vergilerin mali sistem üzerinde daha geniş etkileşiminin içselleştirildiği bu bileşen, işgücünün vergilendirilmesi sayesinde devletin bir TL ilave vergi geliri elde etmesinin etkinlik maliyeti şeklinde ifade edilen marjinal aşırı gelir vergisi yükü (excess burden) şeklinde tanımlanmakta ve $\Omega_{\tau_L} = 0,17$ olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen marjinal aşırı gelir vergisi yükünün gelişmiş ülkeler için yapılan çalışmalarla kıyaslandığında düşük olduğu görülmektedir. Analizde 0,2 işgücü arz esnekliği kullanılarak elde edilen marjinal gelir vergisi yükü ($\Omega_{\tau_L} = 0,17$) değerinin, Türkiye için tahmin edilen değerlerin (Güler, 2016) oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Öte yandan yapılan hassasiyet analizi sonuçları, marjinal aşırı gelir vergisinin azalması durumunda optimal benzin ve otogaz vergilerinin de daha düşük olması gerektiğini, özellikle benzin vergisinin oldukça hassas olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede elde edilen ilave vergi gelirinin ne kadar etkin kullanıldığı, optimal akaryakıt vergi düzeyinin oluşmasında oldukça etkilidir. Örneğin, elde edilen ilave akaryakıt vergi gelirinin altyapı yatırımlarında kullanılması durumunda, aynı düzeyde optimal benzin vergisinin oluşması için ilgili projelerin harcama getirisinin en düşük %28 olması gerekmektedir⁷³. Aksi halde optimal verginin bu çalışmada elde edilen değerlerinde altında gerçekleşmesi beklenmektedir. Örneği detaylandıracak olursak, otoyol yapımının benzinden alınan vergilerle finanse edilmesi planlandığında optimal benzin vergisinin sıfıra kadar düştüğü, dolayısıyla otoyol projelerinin (ulaşım yatırımı

⁷³ Uzunkaya ve Uzunkaya (2012), Türkiye için indirgeme oranının %9 ile %11,9 arasında değişim gösterdiğini ileri sürmektedir. Altyapı yatırım harcama faydası $1 + \Omega = (1 + \text{harcamanın getirisi}) / (1 + \text{sosyal indirgeme oranı})$ olarak hesaplanmaktadır (I. W. Parry, 2009). Dolayısıyla $\Omega = 0,17$ değeri ve sosyal indirgeme oranı %9 kabul edilerek, altyapı yatırımlarının harcama getirisinin en az %27,53 olması gerektiği bulunmaktadır.

kapsamında) benzinden elde edilen gelirle finanse edilmesinin rasyonel olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır⁷⁴.

İlave akaryakıt vergi gelirleri, daha genel şekliyle kamu harcamalarının veya bütçe açığının kapatılmasında da kullanılabilir. Ancak bu yaklaşımın, mali sistem içinde bozucu etkileri olan diğer vergilerin oranlarının düşürülmesi ile kıyaslandığında, ne derece daha etkin olduğunun tahmin edilmesi kolay değildir. Genel olarak çalışma, optimal otogaz vergisinden ziyade optimal benzin vergisinin, vergi gelirlerinin bütçe içinde kullanım şekline oldukça duyarlı olduğunu vurgulamaktadır. Gelir çevriminin etkinliğin artırılması doğrultusunda kullanılmaması halinde, optimal benzin vergisinin oldukça düşük gerçekleştiği tespit edilmektedir. Benzer şekilde hanehalkının yıllık refah kazancının da alternatif gelir çevrim planlarına karşı oldukça hassas olduğu, etkinlik artımının optimal benzin vergisinden elde edilen refah kazancına eşlik ettiği görülmektedir.

Bununla birlikte otogazın gelir çevrim hassasiyetinin benzine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Otogaz talebinin benzinin aksine esnek olması nedeniyle, oluşan büyük ikame etkileri altında otogaz vergisinin vergi sistemi ile olan bozucu etkileşiminin gelir çevrim etkilerini baskıladığı ve gelir çevrim hassasiyetini azalttığı düşünülmektedir. Ramsey'in daha az esnek talebe sahip malın daha yüksek vergilendirilmesi şeklindeki ters esneklik kuralına paralel şekilde, esnek bir tüketim malına uygulanan verginin, büyüklüğü oranında tüketici refahının da azalmasına yol açtığı görülmektedir. Ancak temel varsayımlar altında her iki akaryakıtın da optimal seviyede vergilendirilmesi durumunda ortaya çıkan hanehalkı refah kazancının senelik 1,5 milyar TL'ye ulaşacağı tespit edilmektedir.

Çalışmada dikkat çeken bir diğer husus ise, optimal verginin hem benzin hem de otogaz için eşanlı belirlenmesi ile ayrı ayrı belirlenmesi durumunda farklılıkların ortaya çıkmasıdır. Yalnız otogaz veya yalnız benzin vergisinin optimize edilmesi durumunda elde edilen optimal verginin, düzeltici vergi bileşeninin altında gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum işgücü üzerinden alınan gelir vergisi gibi daha geniş tabanlı verginin, benzin veya otogaz gibi daha dar tabanlı bir tüketim ürününe konulan vergi ile

⁷⁴ Gerçek (2001) otoyol projelerinin Türkiye'de iç karlılık oranını en çok %12 olarak hesaplamaktadır.

değiştirilmesi durumunda, tüketicinin ikame imkanlarının genişliği nedeniyle, mali sistemi bozucu etkilerin gelir çevrim etkilerini baskıladığını ortaya koymaktadır. Literatürde benzer çalışmalarda dizel ve benzin tüketiminin olduğu ikili bir tüketim piyasasında, dizel fiyatlarını sabit kabul edilip benzin üzerindeki vergilerin optimize edildiği bilinmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürde elde edilen optimal benzin vergilerinin, dizelle birlikte optimize edilmesi durumunda tüketicinin ikame imkanlarını sınırlaması yönüyle, daha yüksek gerçekleşebileceğini ortaya koymaktadır.

Akaryakıt vergileri, maliye yazınında “bir taşla iki kuş vurmak” deyiminiyle özetlenen “çifte kar” terminolojisi bağlamında değerlendirilebilir. Mali sistem üzerindeki daha geniş etkileşimin gelir çevrimin etkisini baskılaması nedeniyle optimal otogaz vergisi, dışsallıkların marjinal sosyal maliyetinin altında (düzeltici vergi bileşeni) oluşmaktadır. Dolayısıyla esnek tüketim talebine sahip otogaz için “çifte kar”ın oluşmasının olanaksız olduğu tespit edilmektedir. Öte yandan benzin için gelir çevrim etkisi mali sistem üzerinde oluşan negatif etkilerden daha büyük gerçekleştiğinden, elde edilen optimal benzin vergisi, düzeltici verginin üzerinde oluşmaktadır. Dolayısıyla gelir-yansız bir politikada benzin üzerindeki vergi “çifte kar”ın oluşmasını mümkün kılmasa bile, benzin vergisinin çevresel faydaları çevresel olmayan maliyetlerin üzerinde gerçekleşmektedir.

Çevresel dışsallıkların içselleştirilmesinde akaryakıt üzerine konulan vergilerin etkin bir yöntem olup olmadığı tartışmalı bir konudur. I. W. Parry ve Small (2005), akaryakıtın bazı dışsallıklar üzerinde dolaylı kanallarla etkili olduğundan bahisle, doğrudan etkili vergi araçlarının kullanılmasının daha doğru olacağını savunmaktadır. Trafik sıkışıklığı gibi mesafe ile ilintili (araç-km) dışsallıkların içselleştirilmesinde akaryakıt vergileri, bir bakıma toplam seyahat miktarı (ulaşım talebi/araç km) yerine yakıt ekonomisi değişime neden olması yönüyle zayıf bir kamusal araç olarak görülmektedir. I. W. Parry ve Small (2005) ABD ve Birleşik Krallık için akaryakıt yerine vergi tabanı olarak ulaşım mesafesine bağlı araç km seçilmesinin, vergi yükünün her iki alternatif için sabit tutulması durumunda bile, kilometre vergilendirmesinin akaryakıt vergisinden daha iyi performans sergilediğini ve daha büyük refah kazancı sağladığını ileri sürmektedir. Ancak yalnızca otoyollarda mesafeye bağlı ücretlendirme yapılabildiği dikkate

alındığında, Türkiye geneli için araç-km'ye bağlı vergilendirmenin en azından günümüz koşullarında uygulanabilir olmadığı düşünülmektedir.

Diğer taraftan düzeltici (Pigoucu) vergilerin uygulanması, otomobil türüne, zaman ve mekana göre değişim gösteren gürültü, emisyon ve trafik sıkışıklığı dışsallık maliyetlerinin belirlenmesini ve kullanıcıların değişen şartlara göre vergilendirilmesini gerektirmektedir. Ancak bu kadar detaylı bilginin elde edilebilmesi ve kullanıcıya özgü dışsallık maliyetlerinin belirlenmesi teknolojik olarak kısa vadede mümkün görülmemektedir. Bu çerçevede otomobil sahiplerinden alınan sabit miktarlı vergilerin, araç-km ve akaryakıt vergilerini tamamlayıcı rol üstlenip üstlenemeyeceği tartışma konusudur. Almanya gibi bazı ülkelerde kilometre başına olmasa bile sabit miktarlı vergi uygulandığı bilinmektedir (Tscharaktschiew, 2014). Türkiye'de dışsallıkların içselleştirilmesinde kullanılabilme imkanı olan ve otomobil sahiplerinden alınan ÖTV ve Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) birer sabit miktarlı vergi örneğidir. Ancak Türkiye'de yıllık MTV ve ÖTV'nin otomobillerin yakıt tüketim tiplerinden (benzin, dizel ve otogaz) bağımsız olarak aracın yaşı ve silindir hacmine göre belirlendiği bilinmektedir. TÜİK verilerine göre mevcut vergilendirme yaklaşımı, tüketicileri tüm yeni otomobil alımlarında %95 oranında 1,6 litre veya daha düşük motor silindir hacimli otomobilleri tercih etmeye yönlendirmektedir. Son yıllarda artan dizel motor yakıt verimliliğinin ve dizel fiyatlarının görece benzinden düşük olmasının, otomobil piyasasında dizel otomobil payının artmasına neden olduğu bilinmektedir. Kısaca Türkiye'de motorlu taşıt vergi düzenlemesinin, çevresel dışsallıklar (karbondioksit emisyonu vb.) ve yakıt türleriye doğrudan ilişkili olmadığı görülmektedir.

Genellikle, iki kademeli vergilendirme yapısının optimal vergi çalışmalarında ihmal edildiği bilinmektedir. Bu çalışma genel yaklaşımı benimsemekle birlikte, sınırlı sayıda optimal vergi çalışmasının hem sabit miktarlı (araç sahipliği) hem de değişken (akaryakıt, araç-km) vergi yapısını dikkate aldığını vurgulamak gerekir. De Borger ve Mayeres (2007), devletin tüm sabit ve değişken vergileri optimal olarak belirlemesi durumunda, dizelin daha yüksek marjinal dışsallık maliyetlerine sahip olması nedeniyle, kilometre başına dizel otomobil kullanımı vergisinin benzinli otomobil kullanımından yüksek olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca devlet yakıt türleri arasında bir farklılaştırma

yapmadan kilometreye bağı vergilendirmeye gitmesi durumunda, dizel için optimal araç sahipliği vergisinin benzinlinin iki katı olması gerektiğini ileri sürmektedir. Türkiye’de sabit miktarlı vergilerin de yakıt türlerine göre optimal olarak belirlenmesine yönelik araştırma yapılmasının gerekli olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada dizel üzerinde uygulanmakta olan mevcut vergi (1,59 TL/l) sabit kabul edilerek optimal benzin ve otogaz vergisi hesaplanmıştır. Mevcut durumda benzin/dizel vergi oranı (2,18/1,59) 1,37 iken optimal benzin vergisi uygulanması halinde benzin/dizel vergi oranı 0,94’e düşmektedir. Ortaya çıkan sonucun, araç sahiplik vergileri optimal olarak belirlenmemiş olsa bile, dizel araç kullanım vergisinin benzinli araca göre daha yüksek olması gerektiği şeklindeki yaygın kanaatle uyumlu olduğu görülmektedir.

Öte yandan optimal dizel vergisinin hesaplanması dizelin yoğun şekilde ticari kullanımı olması dolayısıyla (yük ve yolcu taşımacılığı) daha kapsamlı analiz gerektirmektedir. Tscharaktschiew (2014)’in belirttiği üzere; dizel (motorin) kullanan kamyonların dizelli otomobillere göre dışsallıklarının farklı olması, dizelin vergilendirilmesinin ara malının vergilendirilmesi anlamına gelmesi dolayısıyla üretim verimliliği etkilerinin olması, dizel fiyat değişiminin özel ve ticari ulaşım talebinde farklı yansımaları olması gibi nedenlerle optimal dizel vergisinin belirlenmesinde farklı yaklaşımların geliştirilmesinin zorunlu olduğu görülmektedir. Öte yandan, devlet tarafından özel ve ticari kullanımı ayırmak üzere farklı düzenlemeler yapılmasının (kırsal motorin uygulaması vb.) mümkün olması halinde, optimal vergi belirlenerek tüketici refahının yükseltilebileceği ancak bu konuda daha ileri seviyede araştırma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada verginin yansıma etkileri dikkate alınmamaktadır. Ancak daha önce Bölüm 1.5’de değinilen ve gelişmiş ülkeler için gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, akaryakıt üzerindeki vergilerin azalan oranda olduğu görülmektedir. Ancak düşük otomobil sahiplik oranı olan ve araç sahipliğinin son yıllarda artmasına rağmen ülkenin büyük çoğunluğu için lüks olarak görüldüğü Türkiye’de, benzin ve otogaz üzerindeki vergilerin artan oranda (progressive) olduğu söylenebilir. Öte yandan otogaz kullanımının benzine göre daha düşük gelir sahiplerinin tercihi olduğu varsayıldığında otogaz üzerindeki verginin daha az artan oranda olması beklenmektedir.

Öte yandan elde edilen vergi gelirlerinin işgücü üzerindeki vergi yükünün düşürülmesinde kullanılması durumunda, vergilerin daha fazla artan oranda olmasının mümkün olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada mevcut otogaz ve benzin üzerindeki verginin optimal seviyeye kadar düşürülmesinde işgücü ücret gelirleri üzerindeki vergi oranlarının yükseltilmesi önerildiğinden gelir dağılımı çerçevesinde önerilen politikanın azalan oranda olduğu görülmektedir. Sonuç olarak Türkiye’de politika yapıcılar için akaryakıt vergilerinin belirlenmesinde etkinlik veya dağılım olmak üzere iki farklı hedef için ödünleşim mekanizmasının olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, geline nokta akaryakıt vergilerinin yansımaya yönelik daha detaylı çalışmaların yürütülmesine ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Çalışmada ortaya konulan optimal benzin ve otogaz vergileri Türkiye geneli ortalama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Öte yandan bilindiği üzere bazı dışsallıkların (hava kirliliği, trafik sıkışıklığı vb.) etkilerinin ve maliyetlerinin büyüklüğü, tükedikleri yerel şartlarla doğrudan ilintilidir. Bu durumda coğrafi bölge ve şehirlere göre değişim gösterebilecek bir vergilendirme uygulamasının, etkinliği çok daha fazla artıracığı değerlendirilmektedir. Böyle bir etkinin olup olmadığının ve yasal ve idari olarak uygulanabilirliğinin daha detaylı araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye’de akaryakıt fiyatlarının yüksekliği akaryakıt kaçakçılığını ve karaborsa oluşmasını önemli ölçüde tetiklediği bilinmektedir. (Erdogdu, 2014). Yalta ve Yalta (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 2007- 2012 yılları arasındaki altı yıllık dönem içinde dizelde 4 ile 20 milyon litre, benzinde 0,5 ile 2,7 milyon litre olmak üzere yasadışı akaryakıt kullanımı olduğu ve toplam vergi kaybının 1,3 milyar ABD Dolarına ulaştığı ortaya konulmaktadır. Dolayısıyla çalışmada önerilen daha düşük verginin kaçakçılığın cazibesini azaltmak yönüyle ilave ekonomik faydalar sağlayabileceği söylenebilir. Ancak böylesi bir dışsallık bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Akaryakıt fiyatlarının, daha genel ifadeyle ulaşım maliyetlerinin, hanehalkının iş ve yaşam yeri seçiminde bir değerlendirme kriteri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle hanehalkının ikamet tercihlerini ulaşım maliyetlerine göre şekillendirmesi beklenmektedir. Benzin ve otogaz fiyatlarındaki değişimin kentsel gelişme üzerindeki

etkileri, bu çalışma kapsamında hesaplanan optimal vergi denklemlerinde göz ardı edilmektedir. Yüksek ulaşım maliyetlerinin büyükşehirlerde görüldüğü üzere konut yerleşimlerinin çalışma merkezlerine yakın ve dikey yapılaşmaya neden olduğu bilinmektedir. Daha düşük ulaşım maliyetleri ise ABD’de olduğu gibi yatay bir yapılaşmanın önünü açmaktadır. Kısaca ekonomik tasarruf (altyapı, arazi vs.) güdüsü dikey yapılaşmayı zorunlu kılabilir. Ayrıca ulaşım maliyetlerinde değişim konut piyasası üzerinde de etkilere sahiptir. Sonuç olarak benzin ve otogaz üzerindeki vergilerin, ulaştırma maliyetlerini değiştirmesi yönüyle şehir ve bölge ekonomileri üzerinde etkileri bulunmaktadır. Ancak bu çalışmanın odaklandığı kapsam içinde ele alınması mümkün olamadığından, gelecek araştırmalar için akaryakıt fiyatlarının şehir ve bölge ekonomisi üzerindeki etkilerinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmanın Türkiye için uzun yıllardır süregelen yüksek akaryakıt fiyatları tartışmalarında benzin ve otogaz üzerinden alınmakta olan vergilerin değerlendirilmesi için analitik bir çerçeve sunması bakımından önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir. Türkiye’de optimal vergi üzerine şu ana kadar gerçekleştirilen sınırlı sayıda çalışma içinde analitik yaklaşımın sergilendiği bu çalışma önemli bir katkı oluşturmaktadır. Öte yandan bu çalışmanın esinlenildiği diğer ülke örneklerinde, optimal akaryakıt vergisi çalışmalarının genel olarak ikili bir akaryakıt piyasasında optimal benzin vergisine odaklandığı bilinmektedir. Oysa Türkiye’nin kendine özgü koşulları, otogaz tüketimi ile dünya örneklerinden ayrışması bu çalışmadan elde edilen sonuçları değerli kılmaktadır. Son söz olarak, kamuoyu ve politika yapıcılar için bu çalışmanın bulgularının akaryakıt fiyatlarına yönelik tartışmanın zeminini; etkinlik, verimlilik ve gelir dağılım etkileri gibi temel kavramları içeren iktisadi düzleme çekmesi umut edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Acar, S., Kitson, L., ve Bridle, R. (2015). Subsidies to coal and renewable energy in Turkey. *International Institute for Sustainable Development (IISD)-Global Subsidies Initiative (GSI) Report*. Available at <http://www.iisd.org/gsi/subsidies-coal-and-renewable-energy-turkey>.
- ACEA. (2016). *ACEA Tax Guide 2016*. Retrieved from Brussels: [http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA TAX GUIDE 2016.pdf](http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_TAX_GUIDE_2016.pdf)
- Agras, J., ve Chapman, D. (1999). The Kyoto Protocol, CAFE standards, and gasoline taxes. *contemporary Economic policy*, 17(3), 296-308.
- Akçelik, F., ve Ögünç, F. (2016). Pass-through of crude oil prices at different stages in Turkey. *Central Bank Review*, 16(1), 41-51.
- Al-Mezel, S. A., Al-Solamy, F. R., ve Ansari, Q. H. (2014). *Fixed point theory, variational analysis, and optimization*: Chapman and Hall/CRC.
- Albayrak, Ö. (2011). Optimal Vergi Teorisi: Bir Değerlendirme. *içinde Pınar, A. ve AH Köse (eds), İzzettin Önder" e Armağan,(SAV Yayınları)*.
- Alexandre, A., ve Barde, J.-P. (1987). The valuation of noise. *Transportation Noise Reference Book, Butterworth's, London*.
- Amemiya, T. (1985). *Advanced econometrics*: Harvard university press.
- Anas, A., ve Hiramatsu, T. (2012). The effect of the price of gasoline on the urban economy: From route choice to general equilibrium. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(6), 855-873. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2012.02.010>

- Anderson, S. T., Parry, I. W., Sallee, J. M., ve Fischer, C. (2011). Automobile fuel economy standards: Impacts, efficiency, and alternatives. *Review of Environmental Economics and Policy*, req021.
- Antón-Sarabia, A., ve Hernández-Trillo, F. (2014). Optimal gasoline tax in developing, oil-producing countries: The case of Mexico. *Energy Policy*, 67, 564-571.
- Aykac, G. (2016). Türkiye Isgucu Piyasasi'nin Isgucu Arz Esnekligi: 2003–2011. *Ege Academic Review*, 16(1), 13-29.
- Azar, C. (2005). Post-Kyoto climate policy targets: costs and competitiveness implications. *Climate Policy*, 5(3), 309-328.
- Babiker, M. H., Metcalf, G. E., ve Reilly, J. (2003). Tax distortions and global climate policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(2), 269-287.
- Baranzini, A., ve Weber, S. (2013). Elasticities of gasoline demand in Switzerland. *Energy Policy*, 63, 674-680.
- Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R., ve von Haefen, R. H. (2009). Distributional and Efficiency Impacts of Increased US Gasoline Taxes. *American Economic Review*, 99(3), 667-699. doi:doi: 10.1257/aer.99.3.667
- Bento, A. M., ve Jacobsen, M. (2007). Ricardian rents, environmental policy and the 'double-dividend' hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 53(1), 17-31.
- Bickel, P., Burges, A., Hunt, A., Laird, J., Lieb, C., Lindberg, G., ve Odgaard, T. (2005). HEATCO, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment Deliverable 2 State-of-the-art in project assessment. Retrieved from <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>

- Birol, F., ve Guerer, N. (1993). Modelling the transport sector fuel demand for developng economies. *Energy Policy*, 21(12), 1163-1172.
- Blundell, R., ve MaCurdy, T. (1999). Labor supply: A review of alternative approaches. *Handbook of labor economics*, 3, 1559-1695.
- Bovenberg, A., ve Goulder, L. H. (1995). *Costs of environmentally motivated taxes in the presence of other taxes: General equilibrium analyses*. Retrieved from
- Bovenberg, A. L. (1999). Green tax reforms and the double dividend: an updated reader's guide. *International tax and public finance*, 6(3), 421-443.
- Bovenberg, A. L., ve De Mooij, R. A. (1994). Environmental levies and distortionary taxation. *The American Economic Review*, 84(4), 1085-1089.
- Bovenberg, A. L., ve Goulder, L. H. (1997). Costs of environmentally motivated taxes in the presence of other taxes: General equilibrium analyses. *National Tax Journal*, 59-87.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., ve Rietveld, P. (2008). A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics*, 30(5), 2105-2122.
- Burke, P. J., ve Nishitatenno, S. (2015). Gasoline prices and road fatalities: International evidence. *Economic Inquiry*, 53(3), 1437-1450.
- Busse, M. R., Knittel, C. R., ve Zettelmeyer, F. (2009). *Pain at the pump: the differential effect of gasoline prices on new and used automobile markets*. Retrieved from
- Chan, T., Ning, Z., Wang, J., Cheung, C., Leung, C., ve Hung, W. (2007). Gaseous and particle emission factors from the selected on-road petrol/gasoline, diesel, and liquefied petroleum gas vehicles. *Energy & Fuels*, 21(5), 2710-2718.

- Cheon, A., Urpelainen, J., ve Lackner, M. (2013). Why do governments subsidize gasoline consumption? An empirical analysis of global gasoline prices, 2002–2009. *Energy Policy*, 56, 382-390.
- Coglianesi, J., Davis, L. W., Kilian, L., ve Stock, J. H. (2016). Anticipation, tax avoidance, and the price elasticity of gasoline demand. *Journal of Applied Econometrics*.
- Dahl, C. A. (2012). Measuring global gasoline and diesel price and income elasticities. *Energy Policy*, 41, 2-13. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.055>
- Davis, L. W., ve Kilian, L. (2011). Estimating the effect of a gasoline tax on carbon emissions. *Journal of Applied Econometrics*, 26(7), 1187-1214.
- De Borger, B., ve Mayeres, I. (2007). Optimal taxation of car ownership, car use and public transport: Insights derived from a discrete choice numerical optimization model. *European Economic Review*, 51(5), 1177-1204. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.euroecorev.2006.08.004>
- De Borger, B., ve Proost, S. (2001). *Reforming transport pricing in the European Union: A modelling approach*: Edward Elgar Publishing.
- Deaton, A. (1981). Optimal taxes and the structure of preferences. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1245-1260.
- Delft, C., ve Infrass, F. I. (2008). Internalisation Measures and Policies for the External Cost of Transport: Produced Within the Study Internalisation Measures and Policies for all External Cost of Transport (IMPACT).
- Deniz, Z. (2006). *An analysis of oil demand in Turkey*. (MSc in Financial Economics), İstanbul Bilgi Üniversitesi. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11411/308>

- Derviş, K., ve Foda, K. (2016). Time for a Carbon Tax. Retrieved from <http://www.project-syndicate.org/commentary/time-for-a-carbon-tax-by-kemal-dervis-and-karim-foda-2016-02>
- Ediger, V. Ş., ve Berk, I. (2011). Crude oil import policy of Turkey: Historical analysis of determinants and implications since 1968. *Energy Policy*, 39(4), 2132-2142.
- Edlin, Aaron S., ve Karaca-Mandic, P. (2006). The Accident Externality from Driving. *Journal of Political Economy*, 114(5), 931-955. doi:doi:10.1086/508030
- Edwards, R., Mahieu, V., Griesemann, J.-C., Larivé, J.-F., ve Rickeard, D. J. (2004). *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context* (0148-7191). Retrieved from
- EPDK. (2015a). *Petrol Piyasası 2014 Yılı Sektör Raporu*. Retrieved from Ankara: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/petrol/yayinlarraporlar/Yillik>
- EPDK. (2015b). *Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2014 Yılı Sektör Raporu*. Retrieved from Ankara: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/LPG/YayinlarRaporlar/Yillik>
- Erdogdu, E. (2014). Motor fuel prices in Turkey. *Energy Policy*, 69, 143-153.
- Espey, M. (1998). Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics*, 20(3), 273-295. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-9883\(97\)00013-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-9883(97)00013-3)
- Essen, H. v., Schroten, A., Otten, M., Sutter, D., Schreyer, C., Zandonella, R., . . . Doll, C. (2011). *CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008*. Retrieved from www.cedelft.eu

- Eurostat. (2015). *Passenger cars in the EU*. Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger_cars_in_the_EU
- Friedrich, R., ve Bickel, P. (2001). *Environmental External Costs of Transport*: Springer Science & Business Media.
- Garcia-Altes, A., ve Pérez, K. (2007). The economic cost of road traffic crashes in an urban setting. *Injury Prevention*, 13(1), 65-68.
- Gerçek, H. (2001, 30.05.2001 - 01.06.2001). *Otoyolların mali ve ekonomik değerlendirilmesi*. Paper presented at the 5. Ulaştırma Kongresi, TMMOB, İstanbul Şubesi, İstanbul.
- Gillingham, K. T. (2011). *The Consumer Response To Gasoline Price Changes: Empirical Evidence And Policy Implications*. Stanford University.
- Gillingham, K. T., Sweeney, J. L., Goulder, L. H., Harding, M. C., ve Weyant, J. P. (2011). *The consumer response to gasoline price changes: empirical evidence and policy implications*: Stanford University.
- Glomm, G., Kawaguchi, D., ve Sepulveda, F. (2008). Green taxes and double dividends in a dynamic economy. *Journal of policy modeling*, 30(1), 19-32.
- Gollier, C., ve Tirole, J. (2015). Negotiating effective institutions against climate change. *Harvard Project on Climate Agreements*.
- Goodwin, P., Dargay, J., ve Hanly, M. (2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews*, 24(3), 275-292. doi:10.1080/0144164042000181725
- Goulder, L. H. (1995). Environmental taxation and the double dividend: a reader's guide. *International tax and public finance*, 2(2), 157-183.

- Goulder, L. H. (1998). Environmental policy making in a second-best setting. *Journal of Applied Economics*, 1(2), 279-328.
- Goulder, L. H. (2013). Climate change policy's interactions with the tax system. *Energy Economics*, 40, S3-S11.
- Graham, D. J., ve Glaister, S. (2002). The demand for automobile fuel: a survey of elasticities. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 36(1), 1-25.
- Greene, D. L. (2012). Rebound 2007: Analysis of U.S. light-duty vehicle travel statistics. *Energy Policy*, 41, 14-28. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.083>
- Gurgur, T., ve Kilinc, Z. (2016). Crude Oil Price and Retail Price of Gasoline: An Empirical Analysis of Asymmetric Relationship.
- Güler, H. (2016). Türkiye'de Gelir Vergisinin Ücretliler Üzerinde Oluşturduğu Etkinlik Kaybının Ölçülmesi. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 2(3).
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of Commons. *Science*, 162-3859.
- Harding, M. (2014). *The Diesel Differential: Differences in the Tax Treatment of Gasoline and Diesel for Road Use*. Paris: OECD Publishing.
- Hasanov, M. (2015). The demand for transport fuels in Turkey. *Energy Economics*, 51, 125-134.
- Haughton, J., ve Sarkar, S. (1996). Gasoline tax as a corrective tax: estimates for the United States, 1970-1991. *The Energy Journal*, 103-126.
- Hausman, J. A., ve Newey, W. K. (1995). Nonparametric estimation of exact consumers surplus and deadweight loss. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1445-1476.

- Havranek, T., Irsova, Z., ve Janda, K. (2012). Demand for gasoline is more price-inelastic than commonly thought. *Energy Economics*, 34(1), 201-207. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2011.09.003>
- Health, M. O. H. R. S. H. C. P. S. O. P. (2006). *Turkey Burden Of Disease Study 2004*. Retrieved from Ankara: http://ekutuphane.sagem.gov.tr/kitaplar/turkey_burden_of_disease_study.pdf
- Heckman, J. J. (1977). Sample selection bias as a specification error (with an application to the estimation of labor supply functions): National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA.
- Hirte, G., ve Tscharaktschiew, S. (2015). Optimal Fuel Taxes and Heterogeneity of Cities. *Review of Regional Research*, 35(2), 173-209.
- Holland, M., (EMRC), Pye, S. A. T., Watkiss, P., (AEA Technology) , Droste-FrankeBert, I., ve Bickel, P. I. (2005). *Damages per tonne emission of PM2.5, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas; Service Contract for Carrying out Cost-Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the Clean Air for Europe (CAFE) Programme*. Retrieved from
- Hsiang, S. M., Burke, M., ve Miguel, E. (2013). Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict. *Science*, 341(6151). doi:10.1126/science.1235367
- Hughes, J. E., Knittel, C. R., ve Sperling, D. (2006). *Evidence of a shift in the short-run price elasticity of gasoline demand*. Retrieved from
- Hymel, K. M., Small, K. A., ve Dender, K. V. (2010). Induced demand and rebound effects in road transport. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(10), 1220-1241. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2010.02.007>

- Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, U. S. G. (2016). *Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/sc_co2_tsd_august_2016.pdf
- IPPC. (2013a). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. [Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change].
- IPPC. (2013b). *Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers*. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/>
- Isacs, L., Finnveden, G., Dahllöf, L., Håkansson, C., Petersson, L., Steen, B., . . . Wikström, A. (2016). Choosing a monetary value of greenhouse gases in assessment tools: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 127, 37-48. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.163>
- Isakower, S., ve Wang, Z. (2014). A comparison of regular price cycles in gasoline and liquefied petroleum gas. *Energy Economics*, 45, 445-454. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2014.08.014>
- JEC, J. R. C. E. C. C. (2014). *JEC Well-To-Wheels Analysis*. European Commission Institute for Energy and Transport (IET) Joint Research Centre Retrieved from <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>.
- Karamangil, M. I. (2007). Development of the auto gas and LPG-powered vehicle sector in Turkey: A statistical case study of the sector for Bursa. *Energy Policy*, 35(1), 640-649. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.004>

- Kaya, E., Özen, E., ve Genç, Z. (2014). Estimation of the costs of traffic accidents in Turkey: an evaluation in terms of the insurance and financial system. *Journal of Yaşar University*, 9(33), 5649–5673.
- KGM. (2015). *2014 Trafik ve Ulaşım Bilgileri* Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü
Retrieved from
<http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/TrafikveUlasimBilgileri/>.
- Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., . . . Cox, V. (2014). Update of the handbook on external costs of transport. *European Commission DG MOVE*.
- Körner, A., Cazzola, P., ve Cuenot, F. (2014). *International comparison of light-duty vehicle fuel economy: Evolution over 8 years from 2005 to 2013*. Retrieved from
<http://www.globalfueleconomy.org/>
- Lam, L. T. (2004). Different quantitative measures of the impact of premature deaths on the community in Australia. *Australian and New Zealand journal of public health*, 28(6), 555-558.
- Ley, E., ve Boccardo, J. (2010). The taxation of motor fuel: international comparison. *World Bank Policy Research Working Paper Series*, Vol.
- Li, S., Linn, J., ve Muehlegger, E. (2012). *Gasoline taxes and consumer behavior*. Retrieved from
- Lim, K.-M., Kim, M., Kim, C., ve Yoo, S.-H. (2012). Short-Run and Long-Run Elasticities of Diesel Demand in Korea. *Energies*, 5(12), 5055.
- Lim, M. C., Ayoko, G. A., Morawska, L., Ristovski, Z. D., Jayaratne, E. R., ve Kokot, S. (2006). A comparative study of the elemental composition of the exhaust emissions

- of cars powered by liquefied petroleum gas and unleaded petrol. *Atmospheric Environment*, 40(17), 3111-3122.
- Lin, C.-Y. C., ve Prince, L. (2009). The optimal gas tax for California. *Energy Policy*, 37(12), 5173-5183.
- Lin, C.-Y. C., ve Zeng, J. (2014). The Optimal Gasoline Tax for China. *Theoretical Economics Letters*, 2014.
- Lin, C. Y. C., ve Prince, L. (2013). Gasoline price volatility and the elasticity of demand for gasoline. *Energy Economics*, 38, 111-117.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2013.03.001>
- Lindberg, G. (2001). Traffic insurance and accident externality charges. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 35(3), 399-416.
- Linn, J. (2015). Explaining the Adoption of Diesel Fuel Passenger Cars in Europe. *Resources for the Future Discussion Paper*(14-08).
- Mankiw, N. G., Weinzierl, M., ve Yagan, D. (2009). Optimal taxation in theory and practice. *The Journal of Economic Perspectives*, 23(4), 147-174.
- Manzan, S., ve Zerom, D. (2007). A Semiparametric Analysis of Gasoline Demand in the US: Re-examining the Impact of Price. *Available at SSRN 1260050*.
- Martínez, F., ve Araya, C. (2000). Transport and Land-Use Benefits under Location Externalities. *Environment and Planning A*, 32(9), 1611-1624.
doi:doi:10.1068/a32131
- Mehrara, M., ve Ahmadi, S. (2011). The estimation of the automotive fuel demand in Iran: almost ideal demand system approach. *Australian Journal of Business and Management Research*, 1(7), 72.

- Metcalf, G. E., Babiker, M. H., ve Reilly, J. (2004). A note on weak double dividends. *Topics in Economic Analysis & Policy*, 4(1).
- Miskulin, I., ve Ambros, I. (2014). Productivity losses from road traffic deaths in Croatia. *Interdisciplinary Management Research*, 10, 732-741.
- Mizutani, F., Suzuki, Y., ve Sakai, H. (2011). Estimation of Social Costs of Transport in Japan. *Urban Studies*, 48(16), 3537-3559. doi:10.1177/0042098011399597
- Mock, P. (2016). *Değişimi Sürmek: Türkiye’de Otomotiv Sektörüne Bakış*. Retrieved from İstanbul:
- Muller, N. Z., ve Mendelsohn, R. (2007). Measuring the damages of air pollution in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 54(1), 1-14.
- Mundial, B. (1993). *World development report 1993; investing in health*: Oxford University Press.
- Naci, H., ve Baker, T. D. (2008). Productivity losses from road traffic deaths in Turkey. *International Journal of Injury Control & Safety Promotion*, 15(1), 19-24.
- Newbery, D. M. (1988). Road Damage Externalities and Road User Charges. *Econometrica*, 56(2), 295-316. doi:10.2307/1911073
- Newbery, D. M. (1992). Should carbon taxes be additional to other transport fuel taxes? *The Energy Journal*, 49-60.
- Ning, Z., ve Chan, T. (2007). On-road remote sensing of liquefied petroleum gas (LPG) vehicle emissions measurement and emission factors estimation. *Atmospheric Environment*, 41(39), 9099-9110.
- Oates, W. E. (1993). Pollution Charges as a Source of Public Revenues. In H. Giersch (Ed.), *Economic Progress and Environmental Concerns* (pp. 135-152). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- OECD. (2014). *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*: OECD Publishing.
- Parry, I., Hassett, K. A., Morris, A., ve Williams III, R. C. (2015). *Implementing a US Carbon Tax: Challenges and Debates* (Vol. 44): Routledge.
- Parry, I., ve Williams III, R. C. (2010). Efficiency and distributional trade-offs in recycling carbon cap-and-trade revenues. *BE Journal of Economic Analysis and Policy*, 10(2), 9.
- Parry, I. W. (2009). How much should highway fuels be taxed? *Available at SSRN 1552184*.
- Parry, I. W., ve Bento, A. (2001). Revenue recycling and the welfare effects of road pricing. *The Scandinavian Journal of Economics*, 103(4), 645-671.
- Parry, I. W., ve Small, K. A. (2005). Does Britain or the United States have the right gasoline tax? *The American Economic Review*, 95(4), 1276-1289.
- Parry, I. W., ve Timilsina, G. R. (2010). How should passenger travel in Mexico City be priced? *Journal of Urban Economics*, 68(2), 167-182.
- Parry, I. W., Walls, M., ve Harrington, W. (2007). Automobile externalities and policies. *Journal of Economic Literature*, 373-399.
- Parry, I. W., ve Williams, R. C. (2010). What are the costs of meeting distributional objectives for climate policy? *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 10(2).
- Parry, I. W. H. (2002). Tax Deductions and the Marginal Welfare Cost of Taxation. *International tax and public finance*, 9(5), 531-552. doi:10.1023/a:1020992803400
- Parry, I. W. H., ve Oates, W. E. (1998). *Policy analysis in a second-best world*.

- Parry, I. W. H., Walls, M., ve Harrington, W. (2007). Automobile Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, 45(2), 373-399. doi:doi:10.1257/jel.45.2.373
- Pearce, D. (1991). The role of carbon taxes in adjusting to global warming. *The Economic Journal*, 101(407), 938-948.
- PETDER. (2014). *PETDER Petrol Sanayi Derneği 2014 Sektör Raporu* Retrieved from <http://www.petder.org.tr/yayin/petder-sektor-raporu-2014/>
- Pigou, A. C. (1932). *The economics of welfare* (3 ed.): Macmillan and co.
- Polemis, M. L. (2006). Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece. *Energy Economics*, 28(3), 385-403. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2006.01.007>
- Poterba, J. M. (1991). Is the Gasoline Tax Regressive? *Tax Policy and the Economy*, 5, 145-164. doi:doi:10.1086/tpe.5.20061803
- Price, P., Guo, S., ve Hirschmann, M. (2004). Performance of an evaporator for a LPG powered vehicle. *Applied Thermal Engineering*, 24(8-9), 1179-1194. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2003.11.028>
- Ramsey, F. P. (1927). A Contribution to the Theory of Taxation. *The Economic Journal*, 37(145), 47-61.
- Repetto, R. C., Dower, R. C., Jenkins, R., ve Geoghegan, J. (1992). *Green fees: how a tax shift can work for the environment and the economy*: World Resources Institute Washington, DC.
- Ristovski, Z., Jayaratne, E., Morawska, L., Ayoko, G. A., ve Lim, M. (2005). Particle and carbon dioxide emissions from passenger vehicles operating on unleaded petrol and LPG fuel. *Science of the Total Environment*, 345(1), 93-98.

- Santos, G. (2017). Road fuel taxes in Europe: Do they internalize road transport externalities? *Transport Policy*, 53, 120-134.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.09.009>
- Sassi, A. (2012). *Essays on Motor Fuel Taxation and Price Dynamics in the European Union*.
- Schimek, P. (1996). Gasoline and travel demand models using time series and cross-section data from United States. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1558), 83-89.
- Schipperhein, R. (2008). *The price elasticities of gasoline and diesel in the Netherlands and a brief reflection on automatic model selection in this context*. (Master thesis of Econometrics), University of Amsterdam, Netherlands Retrieved from <http://scriptiesonline.uba.uva.nl/document/119449>
- Schmalensee, R., ve Stoker, T. M. (1999). Household gasoline demand in the United States. *Econometrica*, 67(3), 645-662.
- Schöb, R. (2003). The double dividend hypothesis of environmental taxes: a survey.
- Šemerl, J., ve Šešok, J. (2002). Years of potential life lost and valued years of potential life lost in assessing premature mortality in Slovenia. *Croat Med J*, 43, 439-445.
- Sen, A. K., Tiwari, G., ve Upadhyay, V. (2010). Estimating marginal external costs of transport in Delhi. *Transport Policy*, 17(1), 27-37.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.09.003>
- Sene, S. O. (2012). Estimating the demand for gasoline in developing countries: Senegal. *Energy Economics*, 34(1), 189-194.

- Senih , A. M., Yilmaz, M., Bolu, F., Uslu, M., ve Yeşildal, N. (2014). Mortality Rates of Traumatic Traffic Accident Patients at the University Hospital. *PROMET-Traffic&Transportation*, 26(3), 219-225.
- Sims, R., Schaeffer, R., Creutzig, F., Cruz-Núñez, X., D'Agosto, M., Dimitriu, D., . . . Tiwa, G. (2014). Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. v. Stechow, T. Zwickel, ve J. C. Minx (Eds.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Pres.
- Small, K. A. (2012). Valuation of travel time. *Economics of transportation*, 1(1), 2-14.
- Small, K. A., ve Van Dender, K. (2007). Fuel efficiency and motor vehicle travel: the declining rebound effect. *The Energy Journal*, 25-51.
- Small, K. A., ve Verhoef, E. T. (2007). *The economics of urban transportation*: Routledge.
- Solaymani, S., ve Kari, F. (2013). Environmental and economic effects of high petroleum prices on transport sector. *Energy*, 60, 435-441.
- Solmaz, H., ve Çelikten, İ. (2012). Estimation of number of vehicles and amount of pollutants generated by vehicles in turkey until 2030. *Gazi University Journal of Science*, 25(2), 495-503.
- Stern, T. (2007). Fuel taxes: An important instrument for climate policy. *Energy Policy*, 35(6), 3194-3202.
- Stern, T. (2012). Distributional effects of taxing transport fuel. *Energy Policy*, 41, 75-83.

- Tol, R. S. J. (2013). Targets for global climate policy: An overview. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(5), 911-928.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jedc.2013.01.001>
- Tscharaktschiew, S. (2014). Shedding light on the appropriateness of the (high) gasoline tax level in Germany. *Economics of transportation*, 3(3), 189-210.
- Tunalı, İ., ve Başlevent, C. (2006). Female labor supply in Turkey. *Ch*, 4, 92-127.
- TÜİK. (2014). *Hanehalkı Bütçe Anketi Mikro Veri Seti 2014*. Retrieved from www.tuik.gov.tr
- TÜİK. (2015). *Kazanç Yapısı Araştırması, 2014* (18861). Retrieved from Ankara: www.tuik.gov.tr
- Uygur, E., Ünal, Ö. K., Esenkaya, İ., Kemah, B., ve Başaran, H. (2014). Ortopedi ve travmatolojide motosiklet yaralanmaları: Risk etmenleri, yaralanma tipleri ve hastane giderleri. *Göztepe Tıp Dergisi*, 29(4)(Ortopedi ve Travmatoloji), 230-235.
- Uzunkaya, M., ve Uzunkaya, Z. C. (2012). *Türkiye İçin Ekonomik İndirgeme Oranı Tahmini*. Retrieved from http://www3.kalkinma.gov.tr/DocObjects/Download/14727/T%C3%BCrkiye_i%C3%A7in_Ekonomik_%C4%B0ndirgeme_Oran%C4%B1_Tahmini.pdf
- Üngör, M. (2014). Some thought experiments on the changes in labor supply in Turkey. *Economic Modelling*, 39, 265-272.
- Van den Bergh, J. C. J. M., ve Botzen, W. J. W. (2015). Monetary valuation of the social cost of CO2 emissions: A critical survey. *Ecological Economics*, 114, 33-46.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.015>
- Vickrey, W. (1968). Automobile accidents, tort law, externalities, and insurance: an economist's critique. *Law and Contemporary Problems*, 33(3), 464-487.

- Wadud, Z., Graham, D. J., ve Noland, R. B. (2010). Gasoline demand with heterogeneity in household responses. *The Energy Journal*, 47-74.
- Wadud, Z., Noland, R. B., ve Graham, D. J. (2010). A semiparametric model of household gasoline demand. *Energy Economics*, 32(1), 93-101.
- West, S. E., ve Williams Iii, R. C. (2004). Estimates from a consumer demand system: implications for the incidence of environmental taxes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 47(3), 535-558. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2003.11.004>
- West, S. E., ve Williams Iii, R. C. (2007). Optimal taxation and cross-price effects on labor supply: Estimates of the optimal gas tax. *Journal of Public Economics*, 91(3-4), 593-617. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpubeco.2006.08.007>
- WHO. (2015). *World Health Organization Global status report on road safety 2015*. Switzerland: World Health Organization.
- Williams, R. C. (2002). Environmental Tax Interactions when Pollution Affects Health or Productivity. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44(2), 261-270. doi:<http://dx.doi.org/10.1006/jeem.2001.1237>
- WLPGA. (2016). *A Country-by-Country Analysis of Why and How Governments Encourage Autogas and What Works*. Retrieved from Neuilly-sur-Seine, France <http://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2016/09/Autogas-Incentive-Policies-2016.pdf>
- Wolff, H. (2014). Value of time: Speeding behavior and gasoline prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, 67(1), 71-88.
- Wood, J. (2015). Is It Time to Raise the Gas Tax? Optimal Gasoline Taxes for Ontario and Toronto. *Canadian Public Policy*, 41(3), 179-190.

WorldBank. (2012). *Turkey - Transport Sector Expenditure Review : Synthesis Report. Public expenditure review (PER)*. Retrieved from Washington, DC. : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12307>

Yalta, A. T., ve Yalta, A. Y. (2016). The dynamics of fuel demand and illegal fuel activity in Turkey. *Energy Economics*, 54, 144-158. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.026>

Yoong, A. P. F., ve Watkins, A. P. (2004). Modelling of liquefied petroleum gas spray development, evaporation and combustion. *International Journal of Engine Research*, 5(6), 469-497. doi:doi:10.1177/146808740400500601

Yüncüler, H. B. G., ve Yüncüler, C. (2016). *Minimum Wage Effects on Labor Market Outcomes in Turkey*. Retrieved from

Zhou, Y., Baker, T. D., Rao, K., ve Li, G. (2003). Productivity losses from injury in China. *Injury Prevention*, 9(2), 124-127.

김형건, 구현모, 원두환, ve 양현석. (2010). 국내 수송용 석유제품시장 개선 연구. *에너지경제연구원 연구보고서*, 1-5.

EK 1: Hanehalkının Fayda Optimizasyonu

$$\frac{\partial \mathcal{L}(\cdot)}{\partial m_g} = \frac{\partial u}{\partial m_g} + \frac{\partial u}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial m_g} - \lambda [P_G g v_g + (1 - \tau_L) w t v_g] = 0 \quad (86)$$

$$\frac{\partial u}{\partial m_g} + \frac{\partial u}{\partial T} t v_g = [P_G g v_g + (1 - \tau_L) w t v_g] \quad (87)$$

$$\frac{\partial u}{\partial m_g} = \left[P_G g + \left[(1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right] t \right] v_g \quad (88)$$

Benzer şekilde:

$$\frac{\partial u}{\partial m_d} = \left[P_D \tilde{d} + \left[(1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right] t \right] v_d \quad (89)$$

$$\frac{\partial u}{\partial m_{lpg}} = \left[P_{LPG} \tilde{p} + \left[(1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right] t \right] v_{lpg} \quad (90)$$

Diğer değişkenler için:

$$\frac{\partial \mathcal{L}(\cdot)}{\partial v_g} = \frac{\partial u}{\partial v_g} + \frac{\partial u}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial v_g} - \lambda \left[[P_G g m_g + c(g)] + (1 - \tau_L) w t m_g \right] = 0 \quad (91)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}(\cdot)}{\partial v_g} = \frac{\partial u}{\partial v_g} + \frac{\partial u}{\partial T} t m_g - \lambda [P_G g m_g + (1 - \tau_L) w t m_g + c(g)] = 0 \quad (92)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial v_g} = \left[P_G g + \left((1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right) t \right] m_g + c(g) = 0 \quad (93)$$

Benzer şekilde:

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial v_d} = \left[P_D \tilde{d} + \left((1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right) t \right] m_d + c(\tilde{d}) = 0 \quad (94)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial v_{lpg}} = \left[P_{LPG} \tilde{p} + \left((1 - \tau_L) w - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial T} \right) t \right] m_{lpg} + c(\tilde{p}) = 0 \quad (95)$$

Ayrıca;

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial X} = P_X \quad (96)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial l} = (1 - \tau_L)w \quad (97)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial u}{\partial l} = (1 - \tau_L)w \quad (98)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}(\cdot)}{\partial g} = \frac{\partial u}{\partial g} - \lambda [P_G m_g + c'(g)] v_g = 0 ; \frac{\partial u}{\partial g} = 0 \quad (99)$$

$$c'(g) v_g = P_G m_g v_g \quad (100)$$



**EK 2: Benzin Vergisinde Değişimle Marjinal Refah Etkisinin
Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)**

$$\frac{dV}{d\tau_G} = \frac{\partial V}{\partial \tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_D} \frac{d\tau_D}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_{LPG}} \frac{d\tau_{LPG}}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_F} \frac{d\tau_F}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_Z} \frac{d\tau_Z}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_G} \quad (101)$$

$$E \equiv \{E(\bar{G}), E(\bar{D}), E(\bar{LPG}), E(\bar{M})\} \quad (102)$$

$$\frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_G} = \frac{\partial V}{\partial E_G(\bar{G})} \frac{\partial E_G(\bar{G})}{\partial G} \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E_D(\bar{D})} \frac{\partial E_D(\bar{D})}{\partial D} \frac{dD}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})} \frac{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})}{\partial LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E_M(\bar{M})} \frac{\partial E_M(\bar{M})}{\partial M} \frac{dM}{d\tau_G} \quad (103)$$

$$\frac{\partial V}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial \tau_G} = V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \quad (104)$$

$$\frac{d\tau_D}{d\tau_G} = \frac{d\tau_{LPG}}{d\tau_G} = \frac{d\tau_Z}{d\tau_G} = \frac{d\tau_F}{d\tau_G} = 0 \quad (105)$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tau_G} = -\lambda (1 + \tau_F) g m_g v_g \quad (106)$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tau_L} = -\lambda wL \quad (107)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda [(1 - \tau_L)w.M] = \frac{\partial V}{\partial T} M - \lambda (1 - \tau_L)w.M \quad (108)$$

$$\frac{dV}{d\tau_G} = -\lambda (1 + \tau_F) g m_g v_g - \lambda wL \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_G} - \lambda (1 - \tau_L)w.M \frac{dt}{d\tau_G} + V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \quad (109)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = - (1 + \tau_F) g m_g v_g - wL \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_G} - (1 - \tau_L)w.M \frac{dt}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \quad (110)$$

$\frac{d\tau_L}{d\tau_G}$ ' yi türetmek için:

$$\frac{dGOV}{d\tau_G} = G + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left\{ G + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} + W \frac{d\tau_L}{d\tau_G} \quad (111)$$

$$\frac{dGOV}{d\tau_G} = 0 \quad (112)$$

$$\frac{d\tau_L}{d\tau_G} = \frac{G + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left\{ G + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G}}{W} \quad (113)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & - (1 + \tau_F) g m_g v_g + G + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left\{ G + \right. \\ & (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \left. \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} + \\ & \frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_G} - (1 - \tau_L) w \cdot M \frac{dt}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + \\ & \frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \end{aligned} \quad (114)$$

$G = g m_g v_g$ olarak tanımlandığından sadeleştirme yapılırsa;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + \right. \\ & (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \left. \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_G} - (1 - \tau_L) w \cdot M \frac{dt}{d\tau_G} + \\ & \frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \end{aligned} \quad (115)$$

Zaman değeri $\theta \equiv -\left(\frac{1}{\lambda}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) + (1 - \tau_L)w$ olarak tanımlanmaktadır. Bu denklemde $\partial V / \partial T < 0$ hane halkı toplam trafikte geçen zaman faydası (zararı) ifade etmektedir. Ayrıca, $\frac{dt}{d\tau_G} = t' \left(\frac{dM}{d\tau_G}\right)$ denklemde yerine yazılırsa;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} \\ & + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] \\ & + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} - \theta t' M \frac{dM}{d\tau_G} \\ & + \frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_G} + \frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_G} \end{aligned} \quad (116)$$

$$e_G = -\frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \quad (116)$$

$$e_D = \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \quad (117)$$

$$e_{LPG} = -\frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \quad (118)$$

$$e_M = -\frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \quad (119)$$

$$e_M^{nc} = \theta t' M \quad (120)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} &= \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \\ &\tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \\ &\tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} - e_M^{nc} \frac{dM}{d\tau_G} - e_G \frac{dG}{d\tau_G} - e_D \frac{dD}{d\tau_G} - e_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} - e_M \frac{dM}{d\tau_G} \end{aligned} \quad (121)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} &= \underbrace{e_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + e_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + e_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\}}_{\text{Akaryakıtla ilgili dışsallıklar}} + \underbrace{(e_M^{nc} + e_M) \left\{ -\frac{dM}{d\tau_G} \right\}}_{\text{Kilometre ile ilgili dışsallıklar}} - \\ &\underbrace{\left[\tau_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + \tau_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} \right]}_{\text{Akaryakıt vergi geliri}} - \\ &\underbrace{\tau_F \left[(p_G + \tau_G) \left\{ -\frac{dG}{d\tau_G} \right\} + (p_D + \tau_D) \left\{ -\frac{dD}{d\tau_G} \right\} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} \right] - \tau_Z p_X \left\{ -\frac{dX}{d\tau_G} \right\}}_{\text{Tüketim vergi geliri}} + \\ &\underbrace{\tau_L \frac{dW}{d\tau_G}}_{\text{Emek vergisi geliri}} \end{aligned} \quad (122)$$

EK 3: Otogaz Vergisinde Değişimle Marjinal Refah Etkisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)

$$\frac{dV}{d\tau_{LPG}} = \frac{\partial V}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial \tau_D} \frac{d\tau_D}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial \tau_G} \frac{d\tau_G}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial \tau_F} \frac{d\tau_F}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial \tau_z} \frac{d\tau_z}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} + \frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_G} \quad (123)$$

$$E \equiv \{E(\bar{G}), E(\bar{D}), E(\bar{LPG}), E(\bar{M})\} \quad (124)$$

$$\frac{\partial V}{\partial E} \frac{dE}{d\tau_{LPG}} = \frac{\partial V}{\partial E_G(\bar{G})} \frac{\partial E_G(\bar{G})}{\partial G} \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial E_D(\bar{D})} \frac{\partial E_D(\bar{D})}{\partial D} \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \quad (125)$$

$$\frac{\partial V}{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})} \frac{\partial E_{LPG}(\bar{LPG})}{\partial LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial E_M(\bar{M})} \frac{\partial E_M(\bar{M})}{\partial M} \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \quad (126)$$

$$\frac{\partial V}{\partial E} \frac{\partial E}{\partial \tau_{LPG}} = V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \quad (127)$$

$$\frac{d\tau_D}{d\tau_{LPG}} = \frac{d\tau_G}{d\tau_{LPG}} = \frac{d\tau_z}{d\tau_{LPG}} = \frac{d\tau_F}{d\tau_{LPG}} = 0 \quad (128)$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tau_{LPG}} = -\lambda (1 + \tau_F) \tilde{p} m_{lpg} v_{lpg} \quad (129)$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tau_L} = -\lambda wL \quad (130)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda [(1 - \tau_L)w.M] = \frac{\partial V}{\partial T} M - \lambda (1 - \tau_L)w.M \quad (131)$$

$$\frac{dV}{d\tau_{LPG}} = -\lambda (1 + \tau_F) \tilde{p} m_{lpg} v_{lpg} - \lambda wL \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} - \lambda (1 - \tau_L)w.M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} + V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \quad (132)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} = -(1 + \tau_F) \tilde{p} m_{lpg} v_{lpg} - wL \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} - (1 - \tau_L)w.M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{E_G} E_G' \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{E_D} E_D' \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{E_{LPG}} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{E_M} E_M' \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \quad (132)$$

$\frac{d\tau_L}{d\tau_G}$ ' yi türetmek için bütçe kısıt denkleminde faydalanılmaktadır:

$$\begin{aligned} \frac{dGOV}{d\tau_{LPG}} &= \frac{\partial GOV}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial GOV}{\partial G} \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial GOV}{\partial D} \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial GOV}{\partial LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial GOV}{\partial B} \frac{dB}{d\tau_{LPG}} + \\ &\frac{\partial GOV}{\partial W} \frac{dW}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial GOV}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (133)$$

$$\begin{aligned} \frac{dGOV}{d\tau_{LPG}} &= LPG + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left\{ LPG + (p_G + \right. \\ &\left. \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \end{aligned} \quad (134)$$

$$\begin{aligned} &\tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} + W \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} \\ \frac{dGOV}{d\tau_G} &= 0 \end{aligned} \quad (135)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} &= \\ &= \frac{LPG + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left\{ LPG + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}}}{W} \end{aligned} \quad (136)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} &= -(1 + \tau_F) \tilde{p} m_{lpg} v_{lpg} + LPG + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \\ &\tau_F \left\{ LPG + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \\ &\tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} - (1 - \tau_L) W \cdot M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{EG} E_G' \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \\ &\frac{1}{\lambda} V_{ED} E_D' \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{ELPG} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{EM} E_M' \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (137)$$

$LPG = \tilde{p} m_{lpg} v_{lpg}$ olarak tanımlandığından sadeleştirme yapılırsa;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} &= \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left\{ LPG + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \right. \\ &\left. (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} + \\ &\frac{1}{\lambda} \frac{\partial V}{\partial T} M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} - (1 - \tau_L) W \cdot M \frac{dt}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{EG} E_G' \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{ED} E_D' \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \\ &\frac{1}{\lambda} V_{ELPG} E_{LPG}' \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \frac{1}{\lambda} V_{EM} E_M' \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (138)$$

Optimal benzin vergi hesabında gösterilen düzenlemeler burada da gerçekleştirilirse;

$$\begin{aligned}
\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} = & \underbrace{e_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + e_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + e_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\}}_{\text{Akaryakıtla ilgili dışsallıklar}} + \underbrace{(e_M^{nc} + e_M) \left\{ -\frac{dM}{d\tau_{LPG}} \right\}}_{\text{Kilometre ile ilgili dışsallıklar}} - \\
& \underbrace{\left[\tau_G \left\{ -\frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_D \left\{ -\frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} \right]}_{\text{Akaryakıt vergi geliri}} - \\
& \underbrace{\tau_F \left[(p_G + \tau_G) \left\{ -\frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + (p_D + \tau_D) \left\{ -\frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \left\{ -\frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} \right] - \tau_Z p_X \left\{ -\frac{dX}{d\tau_{LPG}} \right\}}_{\text{Tüketim vergi geliri}} \quad (139) \\
& + \underbrace{\tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}}}_{\text{Emek vergisi geliri}}
\end{aligned}$$

EK 4: Optimal Benzin Vergisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = e_G + e_D \left\{ \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} + e_{LPG} \left\{ \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} +$$

$$\left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \right. \quad (140)$$

$$\left. \tau_{LPG} \right) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \left] \frac{1}{-dG/d\tau_G} - \tau_G = 0$$

$$\tau_G^* = e_G + e_D \left\{ \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} + e_{LPG} \left\{ \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \right\} +$$

$$\left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \right. \quad (141)$$

$$\left. \tau_{LPG} \right) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \left] \frac{1}{-dG/d\tau_G}$$

$$\frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{dM_D/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \quad (142)$$

$$\frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{dM_D/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \frac{dD/d\tau_G}{dD/d\tau_G} + \frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \quad (143)$$

$$\frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{dM_D/d\tau_G}{dD/d\tau_G} \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} \quad (144)$$

Dizel ve otogaz tüketici fiyatları veri iken kamunun politika değişkeni τ_G olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla tüketim fiyatları değişmeyen dizel veya otogaz kullanan sürücülerin aynı yakıt türünde daha az veya fazla verimli alternatif yakıt tüketen otomobillere yönelmesi beklenmemektedir. Bu nedenle artan veya azalan benzin fiyatlarıyla daha fazla veya az dizel otomobil kullanılması diğer bir ifadeyle dizel tüketimindeki değişimin yalnızca kilometre değişiminden kaynaklanması beklenmektedir. Bu da $\tilde{d} \frac{dM_D/d\tau_G}{dD/d\tau_G} = 1$ eşitliğinin oluşmasını sağlamaktadır. Öte yandan otogazlı araçlar esasen benzinli otomobillerin modifikasyonu ile gerçekleştirildiğinden otogaz veriminin üzerine kuruldukları benzinle çalışan motorlu taşıtların benzin tüketim verimi ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Diğer bir ifadeyle, yüksek akaryakıt tüketimine sahip benzinli otomobilde otogaz dönüşümü gerçekleştirildiğinde diğer etkenler sabitken (dönüştürücü sistemlerin teknoloji farklılığı, motor hacmi, üretim yılı vb.) daha yüksek otogaz tüketiminin olması beklenmektedir. Kısaca benzin akaryakıt

verimliliği otogaz verimliliğinin bir fonksiyonudur. Fonksiyonel ilişkide ($\tilde{p} = f(g)$) otogaz vergisi nedeniyle oluşan değişimin tesiri gösterilmek istenirse $\frac{dg/d\tau_G}{d\tilde{p}/d\tau_G} = c^{-1}$ olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımlar altında gerekli sadeleştirmeler ve düzenlemeler yapılarak $\frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ ifadesi denklemde yerine konulduğunda aşağıdaki denklemler sırasıyla elde edilmektedir.

$$\frac{dLPG}{d\tau_G} = \frac{d\tilde{p}}{d\tau_G} M_{LPG} + \tilde{p} \frac{dM_{LPG}}{d\tau_G} \quad (145)$$

$$\frac{dM_{LPG}}{d\tau_G} = \frac{1}{\tilde{p}} \left[\frac{dLPG}{d\tau_G} - \frac{d\tilde{p}}{d\tau_G} M_{LPG} \right] \quad (146)$$

$$\frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{1}{\tilde{p}} \left[\frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} - \frac{d\tilde{p}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} M_{LPG} \right] \quad (147)$$

$$\frac{dM_{LPG}/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{1}{\tilde{p}} \left[\frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c \right] \quad (148)$$

$$\frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G} = \frac{dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{1}{\tilde{d}} \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{1}{\tilde{p}} \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} - \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c \quad (149)$$

Denklemde $\alpha \equiv \frac{g \times dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$, $\beta \equiv \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ ve $\sigma \equiv \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ değişkenleri tanımlanıp yerine konulursa;

$$\begin{aligned} \tau_G^* = & e_G + e_D \beta + e_{LPG} \sigma + (e_M^{nc} + e_M^c) \alpha / g + (e_M^{nc} + e_M^c) \beta / \tilde{d} + (e_M^{nc} + \\ & e_M^c) \sigma / \tilde{p} - (e_M^{nc} + e_M^c) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p} + \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \right. \\ & \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \\ & \left. \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \end{aligned} \quad (150)$$

$$\begin{aligned} \tau_G^* = & e_G + (e_M^{nc} + e_M^c) \alpha / g + \beta (e_D + (e_M^{nc} + e_M^c) / \tilde{d}) + \sigma (e_{LPG} + \\ & (e_M^{nc} + e_M^c) / \tilde{p}) - (e_M^{nc} + e_M^c) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p} + \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \right. \\ & \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \\ & \left. \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \end{aligned} \quad (151)$$

$$\tau_G^* = \tau_G^C + \tau_G^I \quad (152)$$

$$\tau_G^C = e_G + (e_M^{nc} + e_M) \alpha / g + \beta (e_D + (e_M^{nc} + e_M) / \tilde{d}) + \sigma (e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M) / \tilde{p}) + (e_M^{nc} + e_M) \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c / \tilde{p} \quad (153)$$

$$\tau_G^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (154)$$

$$\frac{dG}{d\tau_G} = \frac{\partial G}{\partial \tau_G} + \frac{\partial G}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} \quad (155)$$

$$\frac{dD}{d\tau_G} = \frac{\partial D}{\partial \tau_G} + \frac{\partial D}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} \quad (156)$$

$$\frac{dLPG}{d\tau_G} = \frac{\partial LPG}{\partial \tau_G} + \frac{\partial LPG}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} \quad (157)$$

$$\frac{dX}{d\tau_G} = \frac{\partial X}{\partial \tau_G} + \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} \quad (158)$$

$$\frac{dW}{d\tau_G} = \frac{\partial W}{\partial \tau_G} + \frac{\partial W}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial W}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} = w \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \quad (159)$$

Gelir vergisindeki değişimin akaryakıt talepleri üzerindeki dolaylı etkilerinin (kamu bütçe dengesi nedeniyle oluşan) akaryakıt vergisindeki değişim nedeniyle oluşan doğrudan etkilerle mukayese edildiğinde ihmal edilebilir olduğu kabul edilmektedir. Hanehalkı bütçesinde akaryakıt harcamalarının diğer tüketim mallarına oranla oldukça düşük yer tutması nedeniyle gelir çevrim etkisinin diğer tüketim malları üzerinden gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu nedenle akaryakıt esneklikleri olarak (Denklem 155-157) literatürde geniş yer tutan telafi edilmemiş esneklikler kullanılmıştır. Diğer tüketim malları X için ise Denklem 158’de verildiği şekilde akaryakıt fiyatına bağlı tüketim malları talebinin çapraz fiyat etkilerini hesaba katmak üzere telafi edilmiş esneklikler kullanılmıştır. Denklem 159’da gelir etkisinin üç bileşeni olduğu görülmektedir. İlk bileşen, benzin ve boş zaman arasında gerçekleşen ikame ve tamamlayıcı olma durumlarına bağlı olarak boş zamana göre artan benzin fiyatının işgücü arzı etkisini vermektedir (vergi sisteminin geneliyle meydana gelen etkileşim). İkinci bileşen ise gelir çevrim etkisidir. Gelir çevrim etkisi benzinden elde edilen verginin işgücü üzerinde vergi yükünün azaltılması için kullanılması durumunda işgücü arzında artış meydana getirilmesi olarak ifade edilmektedir. Elde edilen gelirin işgücü vergi üzerindeki vergi yükünün azaltılması amacı doğrultusunda kullanılmaması durumunda bu etkinin oluşması mümkün olamayacaktır. Üçüncü ve en son etki ise işe geliş ve gidişler için

trafikte geçen sürenin akaryakıt üzerinden alınan vergiler yoluyla oluşturduğu değişimi göstermektedir. Optimal benzin vergisi denkleminin elde edilmesi aşağıdaki işlem adımlarında gösterilmektedir:

$$A_1 = G + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left\{ G + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \quad (160)$$

$$A_2 = W + \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} + \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \quad (161)$$

$$\frac{d\tau_L}{d\tau_G} = -\frac{A_1}{A_2} \quad (162)$$

$$\tau_G^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_G} - \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} - \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (163)$$

$$\tau_G^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_G} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) - \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} - \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (164)$$

$$\Omega_{\tau_L} = \frac{-\tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} - \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L}}{W + \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} + \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L}} \quad (165)$$

$$\tau_G^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_G} \right\} + \tau_{LPG} \left\{ \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_G} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) + \Omega_{\tau_L} A_1 \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (166)$$

$$\tau_G^I = -\beta \tau_D - \sigma \tau_{LPG} + \left\{ \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_G} \right\} \right\} \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \Omega_{\tau_L} A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (167)$$

Denklemden $\gamma \equiv \frac{dX/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ değişkenleri tanımlanıp yerine konulursa

$$\Phi_Z = \tau_F[(p_G + \tau_G) + \beta(p_D + \tau_D) + \sigma(p_{LPG} + \tau_{LPG})] + \tau_Z \gamma p_X \quad (168)$$

$$\tau_G^I = \left[-\beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \right. \\ \left. \Omega_{\tau_L} A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] \quad (169)$$

$$A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G} = \left[G + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} + \tau_F \left\{ G + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + \right. \right. \\ \left. \left. (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \right. \right. \\ \left. \left. \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (170)$$

$$= (1 + \tau_F) G \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \\ \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \left\{ \tau_F \left\{ (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_G} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_G} + (p_{LPG} + \right. \right. \\ \left. \left. \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_G} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G} \right\} \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (171)$$

Denklemden $\epsilon_G = \frac{\partial G}{\partial \tau_G} \frac{(p_G + \tau_G)}{G} \rightarrow \frac{\partial G/\partial \tau_G}{G} = \frac{\epsilon_G}{(p_G + \tau_G)}$ değişkeni tanımlanıp yerine konulursa

$$A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G} = (1 + \tau_F)(p_G + \tau_G) \frac{1}{-\epsilon_G} - \tau_G - \beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z \\ + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (172)$$

$A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G}$ ifadesi denklemdeki yerine konulursa;

$$\tau_G^I = -\beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} \\ + \Omega_{\tau_L} \left[(1 + \tau_F)(p_G + \tau_G) \frac{1}{-\epsilon_G} - \tau_G - \beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} \right. \\ \left. - \Phi_Z + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] \quad (173)$$

Denklem yeniden düzenlenirse;

$$\tau_G^I = \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)}{-\epsilon_G} - \tau_G \right) + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L w \frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} + (1 + \Omega_{\tau_L})(-\beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z) \quad (174)$$

$$\tau_G^{RR} = \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)}{-\epsilon_G} - \tau_G \right) \quad (175)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L w \frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} + (1 + \Omega_{\tau_L})(-\beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z) \quad (176)$$

Emek Arzı ile ilgili Slutsky Denklemleri

Slutsky denklemi (emek arzının kendi fiyatına göre)

$$\frac{\partial L}{\partial w} = \frac{\partial L^c}{\partial w} + \frac{\partial L}{\partial I} L \quad (177)$$

$$\frac{\partial L}{\partial [(1-\tau_L) w]} = \frac{\partial L^c}{\partial [(1-\tau_L) w]} + \frac{\partial L}{\partial I} L \quad (178)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \tau_L} = \frac{\partial L^c}{\partial \tau_L} - \frac{\partial L}{\partial I} I \quad (179)$$

$$\frac{\partial L}{\partial w} \cdot \frac{w}{L} = \frac{\partial L^c}{\partial w} \cdot \frac{w}{L} + \frac{\partial L}{\partial I} L \cdot \frac{w}{L} \quad (180)$$

$$\epsilon_{LL} = \epsilon_{LL}^c + \epsilon_{LI} \quad (181)$$

$$\epsilon_{LI} = \epsilon_{LL} - \epsilon_{LL}^c$$

Emek arzının çapraz fiyatlara göre Slutsky Denklemi

$$\frac{\partial L}{\partial p} = \frac{\partial L^c}{\partial p} - \frac{\partial L}{\partial I} X \quad (182)$$

Benzin tüketimi ve emek arzı Slutsky Denkleminde ifade edilirse:

$$\frac{\partial L}{\partial P_G} = \frac{\partial L^c}{\partial P_G} - \frac{\partial L}{\partial I} G \quad (183)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_G} = \frac{\partial L^c}{\partial P_G} - \frac{\partial L}{\partial I} G \quad (184)$$

$$\frac{\partial L^c}{\partial P_G} = -\frac{\partial G^c}{\partial P_L} \quad (185)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_G} = -\frac{\partial G^c}{\partial P_L} - \frac{\partial L}{\partial I} G \quad (186)$$

$$\frac{\partial L}{(1+\tau_F)\partial\tau_G} = \frac{\partial G^c}{w\partial\tau_L} - \frac{\partial L}{\partial I} G \quad (187)$$

$$\frac{\partial L}{\partial\tau_G} = \frac{\partial G^c}{\partial\tau_L} \frac{(1+\tau_F)}{w} - \frac{\partial L}{\partial I} G(1+\tau_F) \quad (188)$$

$$\epsilon_{GI} = \frac{\partial G}{\partial I} \frac{I}{G} = -\frac{\partial G}{wL\partial\tau_L} \frac{(1-\tau_L)wL}{G} = -\frac{\partial G}{\partial\tau_L} \frac{(1-\tau_L)}{G} \quad (189)$$

$$\epsilon_{LI} = \frac{\partial L}{\partial I} \frac{I}{L} = \frac{\partial L}{\partial I} \frac{(1-\tau_L)wL}{L} = \frac{\partial L}{\partial I} (1-\tau_L)w \quad (190)$$

$$\frac{\partial L}{\partial\tau_G} = -\epsilon_{GI}^c \frac{(1+\tau_F)G}{(1-\tau_L)w} - \epsilon_{LI} \frac{G(1+\tau_F)}{(1-\tau_L)w} \quad (191)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L (-\epsilon_{GI}^c \frac{(1+\tau_F)G}{(1-\tau_L)} - \epsilon_{LI} \frac{G(1+\tau_F)}{(1-\tau_L)}) + \right. \quad (192)$$

$$\left. \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G} + (1 + \Omega_{\tau_L}) (-\beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(-\tau_L \frac{(1+\tau_F)G}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{GI}^c + \epsilon_{LI}) \frac{1}{-dG/d\tau_G} - \beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \right. \quad (193)$$

$$\left. \Phi_Z \right) + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \frac{1}{-dG/d\tau_G}$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(-\tau_L \frac{(1+\tau_F)}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{GI}^c + \epsilon_{LI}) (p_G + \tau_G) \frac{1}{-\epsilon_G} - \beta\tau_D - \right. \quad (194)$$

$$\left. \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z \right) + (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G}$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(-\frac{\tau_L(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)[\epsilon_{GI}^c+\epsilon_{LI}]}{(1-\tau_L)(-\epsilon_G)} - \beta\tau_D - \sigma\tau_{LPG} - \Phi_Z \right) + \quad (195)$$

$$(1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G}$$

Eğer τ_G^{TI} aşağıdaki şekilde tanımlanmakta ve denkleme yerleştirilmektedir:

$$\tau_G^{TI} = -(1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\frac{\tau_L(1+\tau_F)(p_G+\tau_G)[\epsilon_{GI}^c+\epsilon_{LI}]}{(1-\tau_L)(-\epsilon_G)} + \beta\tau_D + \sigma\tau_{LPG} + \Phi_Z \right) \quad (196)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L w \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} \quad (197)$$

$\frac{dt}{d\tau_G} = t' \left(\frac{dM}{d\tau_G} \right)$ ve P_M ise araç km'nin ekonomik maliyeti olarak tanımlandığı durumda

$\frac{\partial L}{\partial t} = \left(\frac{\partial L}{\partial P_M} \right) \theta$ olduğundan yukarıda denklem şu şekilde yazılabilir:

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L w \left(\frac{\partial L}{\partial P_M} \right) \theta t' \frac{dM/d\tau_G}{-dG/d\tau_G} \quad (198)$$

$\frac{dM/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ daha önce ifade edildiği gibi kısımlara ayrılıp yeniden tanımlanırsa:

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L w \left(\frac{\partial L}{\partial P_M} \right) \theta t' \left[\alpha/g + \beta/\tilde{d} + \right. \quad (199)$$

$$\left. \sigma/\tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha)/\tilde{p} \right]$$

Slutsky Denklemine tekrar dönülecek olursa:

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = \frac{\partial L^c}{\partial P_M} - \frac{\partial L}{\partial I} M \quad (200)$$

$$\frac{\partial L^c}{\partial P_M} = -\frac{\partial M^c}{\partial P_L} \quad (201)$$

$$\frac{\partial M^c}{\partial P_L} = \frac{\partial M}{\partial I} (1 - \tau_L) w \frac{\partial L^c}{\partial P_L} \quad (202)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\frac{\partial M}{\partial I} (1 - \tau_L) w \frac{\partial L^c}{\partial P_L} - \frac{\partial L}{\partial I} M \quad (203)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\frac{\partial M}{\partial I} (1 - \tau_L) w \frac{\partial L^c}{\partial P_L} - \frac{\partial L}{\partial I} M \quad (204)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\frac{\partial M}{\partial I} (1 - \tau_L) w \frac{\partial L^c}{\partial P_L} - \frac{\partial L}{\partial I} M \quad (205)$$

$\epsilon_{MI} = \frac{\partial M}{\partial I} \frac{I}{M}$ ve $\epsilon_{LL} = \frac{\partial L}{\partial P_L} \frac{P_L}{L}$ yerine koyulursa;

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\epsilon_{MI} \frac{(1-\tau_L)wM}{I} \epsilon_{LL}^c \frac{L}{P_L} - \epsilon_{LI} \frac{L}{I} M \quad (206)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c \frac{M}{(1-\tau_L)w} - \epsilon_{LI} \frac{M}{(1-\tau_L)w} \quad (207)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (-\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c - \epsilon_{LI}) \theta t' M \left[\alpha/g + \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p} \right] \quad (208)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (-\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c - \epsilon_{LL} + \epsilon_{LL}^c) \theta t' M \left[\alpha/g + \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p} \right] \quad (209)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI}) \epsilon_{LL}^c) \epsilon_M^c \left[\alpha/g + \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p} \right] \quad (210)$$

$$e_M^c = \theta t' M \quad (211)$$

$$\tau_G^{CF} = (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI}) \epsilon_{LL}^c) e_M^c \left[\alpha/g + \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} - \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \cdot c/\tilde{p} \right] \quad (212)$$

$$\tau_G^I = \tau_G^{RR} + \tau_G^{TI} + \tau_G^{CF} \quad (213)$$

EK 5: Optimal Otogaz Vergisinin Türetilmesi (Diğer Akaryakıt Fiyatları Veriyken)

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} &= \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \right. \\ &\quad \left. (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} - \\ &\quad e_M^{nc} \frac{dM}{d\tau_{LPG}} - e_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} - e_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} - e_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} - e_M \frac{dM}{d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (214)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} &= e_{LPG} + e_D \left\{ \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + e_G \left\{ \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + (e_M^{nc} + \\ &\quad e_M) \left\{ \frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \right. \\ &\quad \left. \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} - \tau_{LPG} = 0 \end{aligned} \quad (215)$$

$$\begin{aligned} \tau_{LPG}^* &= e_{LPG} + e_D \left\{ \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + e_G \left\{ \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + (e_M^{nc} + \\ &\quad e_M) \left\{ \frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \end{aligned} \quad (216)$$

$$\frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = \frac{dM_G/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_D/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (217)$$

$$\frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = \frac{dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_D/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_G/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (218)$$

$$\frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = \frac{dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_D/d\tau_{LPG}}{dD/d\tau_{LPG}} \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{dM_G/d\tau_{LPG}}{dG/d\tau_{LPG}} \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (219)$$

$$\frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} = \frac{dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} + \frac{1}{d} \frac{dD/d\tau_{LPG}}{LPG/d\tau_{LPG}} + \frac{1}{g} \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (220)$$

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^* &= e_{LPG} + e_D \left\{ \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + e_G \left\{ \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + (e_M^{nc} + \\
&e_M) \left\{ \frac{dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \frac{1}{\tilde{d}} \frac{dD/d\tau_{LPG}}{LPG/d\tau_{LPG}} \right\} + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \frac{1}{g} \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}} \right\} + \\
&\left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \right. \right. \\
&\left. \left. (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}}
\end{aligned} \tag{221}$$

$$\tau_{LPG}^* = \tau_{LPG}^C + \tau_{LPG}^I \tag{222}$$

Denklemden $\alpha' \equiv \frac{\tilde{p} \times dM_{LPG}/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$, $\beta' \equiv \frac{dD/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ ve $\sigma' \equiv \frac{dG/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ değişkenleri

tanımlanıp yerine konulursa;

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^C &= e_{LPG} + (e_M^{nc} + e_M) \alpha' / \tilde{p} + \beta' (e_D + (e_M^{nc} + e_M) / \tilde{d}) + \sigma' (e_{LPG} + \\
&(e_M^{nc} + e_M) / g)
\end{aligned} \tag{223}$$

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^I &= \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \right. \right. \\
&\left. \left. (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}}
\end{aligned} \tag{224}$$

$$\frac{dX}{d\tau_{LPG}} = \frac{\partial X}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} \tag{225}$$

$$\frac{dW}{d\tau_{LPG}} = \frac{\partial W}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial W}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial W}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} = W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \tag{226}$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= LPG + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left\{ LPG + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \right. \\
&(p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \left. \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \right. \\
&\left. \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right)
\end{aligned} \tag{227}$$

$$A_2 = W + \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} + \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \tag{228}$$

$$\frac{d\tau_L}{d\tau_{LPG}} = - \frac{A_1}{A_2} \tag{229}$$

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^I &= \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \right. \right. \\
&\left. \left. (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_{LPG}} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}}
\end{aligned} \tag{230}$$

$$\tau_{LPG}^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_{LPG}} - \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} - \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (231)$$

$$\tau_{LPG}^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_{LPG}} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) - \tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} - \tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (232)$$

$$\tau_{LPG}^I = \left[\tau_D \left\{ \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_G \left\{ \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_{LPG}} \right\} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) + \Omega_{\tau_L} A_1 \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (233)$$

$$\tau_{LPG}^I = -\beta' \tau_D - \sigma' \tau_G + \left\{ \tau_F \left[(p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right] + \tau_Z p_X \left\{ \frac{\partial X}{\partial \tau_{LPG}} \right\} \right\} \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \Omega_{\tau_L} A_1 \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (234)$$

Denklemde $\gamma' \equiv \frac{dX/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ değişkenleri tanımlanıp yerine konulursa

$$\Phi'_Z = \tau_F [(p_{LPG} + \tau_{LPG}) + \beta' (p_D + \tau_D) + \sigma' (p_G + \tau_G)] + \tau_Z \gamma' p_X \quad (235)$$

$$\tau_{LPG}^I = \left[-\beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \Omega_{\tau_L} A_1 \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \right] \quad (236)$$

$$A_1 \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} = \left[LPG + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + \tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} + \tau_F \left\{ LPG + (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \right] \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (237)$$

$$\begin{aligned}
&= (1 + \tau_F)LPG \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \tau_G \frac{dG}{d\tau_{LPG}} \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \tau_D \frac{dD}{d\tau_{LPG}} \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \\
&\tau_{LPG} \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \left\{ \tau_F \left\{ (p_G + \tau_G) \frac{dG}{d\tau_{LPG}} + (p_D + \tau_D) \frac{dD}{d\tau_{LPG}} + (p_{LPG} + \right. \right. \quad (238) \\
&\left. \tau_{LPG}) \frac{dLPG}{d\tau_{LPG}} \right\} + \tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_{LPG}} \left\{ \frac{1}{-dLPG/d\tau_G} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \right.
\end{aligned}$$

Denklemden $\epsilon_{LPG} = \frac{\partial LPG}{\partial \tau_{LPG}} \frac{(p_{LPG} + \tau_{LPG})}{LPG} \rightarrow \frac{\partial LPG / \partial \tau_{LPG}}{LPG} = \frac{\epsilon_{LPG}}{(p_{LPG} + \tau_{LPG})}$ değişkeni tanımlanıp yerine konulursa;

$$\begin{aligned}
A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G} &= (1 + \tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{1}{-\epsilon_{LPG}} - \tau_{LPG} - \beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z + \\
&\tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (239)
\end{aligned}$$

$A_1 \frac{1}{-dG/d\tau_G}$ ifadesi denklemdeki yerine konulursa;

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^I &= -\beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + \\
\Omega_{\tau_L} \left[(1 + \tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{1}{-\epsilon_{LPG}} - \tau_{LPG} - \beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z + \right. \quad (240) \\
&\left. \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \right]
\end{aligned}$$

Denklem yeniden düzenlenirse;

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^I &= \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1 + \tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})}{-\epsilon_{LPG}} - \tau_{LPG} \right) + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \right. \quad (241) \\
&\left. \tau_L W \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + (1 + \Omega_{\tau_L})(-\beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z)
\end{aligned}$$

$$\tau_{LPG}^{RR} = \Omega_{\tau_L} \left(\frac{(1 + \tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})}{-\epsilon_{LPG}} - \tau_{LPG} \right) \quad (242)$$

$$\begin{aligned}
\tau_{LPG}^I &= \tau_{LPG}^{RR} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\tau_L W \frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} + \tau_L W \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \right) \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} + (1 + \Omega_{\tau_L})(-\beta' \tau_D - \sigma' \tau_G - \Phi'_Z) \quad (243)
\end{aligned}$$

Daha önce benzin için türetilen emek arzı ile ilgili slusky denklemleri kullanılarak denklem yeniden düzenlenir ve esneklik terimleri kullanılır ise;

$$\epsilon_{LPG} = \frac{\partial LPG}{\partial \tau_{LPG}} \frac{(p_{LPG} + \tau_{LPG})}{LPG} \rightarrow \frac{\partial LPG / \partial \tau_{LPG}}{LPG} = \frac{\epsilon_{LPG}}{(p_{LPG} + \tau_{LPG})} \quad (244)$$

$$\epsilon_{LPGI} = \frac{\partial LPG}{\partial I} \frac{I}{LPG} = - \frac{\partial LPG}{\partial \tau_L} \frac{(1-\tau_L)}{LPG} \quad (245)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \tau_{LPG}} = -\epsilon_{LPGI}^c \frac{(1+\tau_F)LPG}{(1-\tau_L)W} - \epsilon_{LI} \frac{LPG(1+\tau_F)}{(1-\tau_L)W} \quad (246)$$

$$\tau_{LPG}^{TI} = -(1 + \Omega_{\tau_L}) \left(\frac{\tau_L(1+\tau_F)(p_{LPG} + \tau_{LPG})[\epsilon_{LPGI}^c + \epsilon_{LI}]}{(1-\tau_L)(-\epsilon_{LPG})} + \beta' \tau_D + \sigma' \tau_G + \Phi_Z' \right) \quad (247)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L W \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_{LPG}} \frac{1}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (248)$$

Optimal benzin vergisi hesabında $\frac{dt}{d\tau_G}$ 'nin türetilmesinde geliştirilen yaklaşımı kullanarak

elde edilen değerler ve $\frac{\partial L}{\partial t}$ denklemde yerine yazılırsa;

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial P_M} \right) \theta t' \frac{dM/d\tau_{LPG}}{-dLPG/d\tau_{LPG}} \quad (249)$$

$\frac{dM/d\tau_{LPG}}{dLPG/d\tau_{LPG}}$ daha önce ifade edildiği gibi kısımlara ayrılıp yeniden tanımlanırsa:

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial P_M} \right) \theta t' [\alpha'/\tilde{p} + \beta'/\tilde{d} + \sigma'/g] \quad (250)$$

Slutsky denkleminde tekrar faydalanılacak olursa;

$$\frac{\partial L}{\partial P_M} = -\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c \frac{M}{(1-\tau_L)W} - \epsilon_{LI} \frac{M}{(1-\tau_L)W} \quad (251)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (-\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c - \epsilon_{LI}) \theta t' M [\alpha'/\tilde{p} + \beta'/\tilde{d} + \sigma'/g] \quad (252)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} - (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (-\epsilon_{MI} \epsilon_{LL}^c - \epsilon_{LL} + \epsilon_{LL}^c) \theta t' M [\alpha'/\tilde{p} + \beta'/\tilde{d} + \sigma'/g] \quad (253)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} + (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI}) \epsilon_{LL}^c) \epsilon_M^c [\alpha'/\tilde{p} + \beta'/\tilde{d} + \sigma'/g] \quad (254)$$

$$\epsilon_M^c = \theta t' M \quad (255)$$

$$\tau_{LPG}^{CF} = (1 + \Omega_{\tau_L}) \frac{\tau_L}{(1-\tau_L)} (\epsilon_{LL} - (1 - \epsilon_{MI}) \epsilon_{LL}^c) \epsilon_M^c [\alpha'/\tilde{p} + \beta'/\tilde{d} + \sigma'/g] \quad (256)$$

$$\tau_{LPG}^I = \tau_{LPG}^{RR} + \tau_{LPG}^{TI} + \tau_{LPG}^{CF} \quad (257)$$

EK 6: Refah Değişiminin Ölçülmesi

Öncelikle refah değişimi diğer akaryakıt fiyatları veriyken benzin vergisinin uyarlanması durumu için incelenmektedir. İlk olarak türetilen marjinal refah değişim denklemi $-\frac{dG}{d\tau_G}$ parantezine alınır.

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \left[(e_G - \tau_G) + (e_D - \tau_D) \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + (e_{LPG} - \tau_{LPG}) \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + (e_M^{nc} + \right. \\ & e_M) \left\{ \frac{dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{1}{\tilde{d}} \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \frac{1}{\tilde{p}} \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G} - \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) \right\} - \tau_F [(p_G + \tau_G) + \\ & (p_D + \tau_D) \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G}] - \tau_Z p_X \frac{dX/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \\ & \left. \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] - dG/d\tau_G \end{aligned} \quad (258)$$

Denklemde $\alpha \equiv \frac{g \times dM_G/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$, $\beta \equiv \frac{dD/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$, $\sigma \equiv \frac{dLPG/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ ve $\gamma \equiv \frac{dX/d\tau_G}{dG/d\tau_G}$ değişkenleri tanımlanıp yerine konulursa;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \left[(e_G - \tau_G) + (e_D - \tau_D) \beta + (e_{LPG} - \tau_{LPG}) \sigma + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \alpha/g + \right. \right. \\ & \left. \left. \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} \right\} - (e_M^{nc} + e_M) \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) - \tau_F [(p_G + \tau_G) + (p_D + \tau_D) \beta + \right. \\ & \left. (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \sigma] - \tau_Z p_X \frac{dX/d\tau_G}{dG/d\tau_G} + \tau_L \frac{dW}{d\tau_G} \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] - dG/d\tau_G \end{aligned} \quad (259)$$

Denklemde yer alan $\tau_Z p_X \frac{dX}{d\tau_G}$ ve $\tau_L \frac{dW}{d\tau_G}$ için daha önce elde edilen çözümden faydalanılırsa;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \left[(e_G - \tau_G) + (e_D - \tau_D) \beta + (e_{LPG} - \tau_{LPG}) \sigma + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \alpha/g + \right. \right. \\ & \left. \left. \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} \right\} - (e_M^{nc} + e_M) \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) - \tau_F [(p_G + \tau_G) + (p_D + \tau_D) \beta + \right. \\ & \left. (p_{LPG} + \tau_{LPG}) \sigma] - \tau_Z p_X \gamma + [\tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G} + \tau_L \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{d\tau_L}{d\tau_G}] \frac{1}{-dG/d\tau_G} + \right. \\ & \left. \tau_L \left[W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] - dG/d\tau_G \end{aligned} \quad (260)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \left[(e_G - \tau_G) + (e_D - \tau_D) \beta + (e_{LPG} - \tau_{LPG}) \sigma + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \alpha/g + \right. \right. \\ & \left. \left. \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} \right\} - (e_M^{nc} + e_M) \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) - \tau_F [(p_G + \tau_G) + (p_D + \tau_D) \beta + \right. \end{aligned} \quad (261)$$

$$(p_{LPG} + \tau_{LPG})\sigma] - \tau_Z p_X \gamma + \left[-\tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} - \tau_L \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \Big] - dG/d\tau_G$$

Daha önce tanımlanan Φ_Z ifadesi denkleme yerleştirilirse;

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = & \left[(e_G - \tau_G) + (e_D - \tau_D)\beta + (e_{LPG} - \tau_{LPG})\sigma + (e_M^{nc} + e_M) \left\{ \alpha/g + \right. \right. \\ & \left. \left. \beta/\tilde{d} + \sigma/\tilde{p} \right\} - (e_M^{nc} + e_M) \frac{1}{\tilde{p}} \frac{M_{LPG}}{M_G} (1 - \alpha) - \Phi_Z + \left[-\tau_Z p_X \frac{\partial X}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} - \right. \right. \\ & \left. \left. \tau_L \frac{\partial L}{\partial \tau_L} \frac{A_1}{A_2} + \tau_L W \left(\frac{\partial L}{\partial \tau_G} + \frac{\partial L}{\partial t} \frac{dt}{d\tau_G} \right) \right] \frac{1}{-dG/d\tau_G} \right] - dG/d\tau_G \end{aligned} \quad (262)$$

Optimal benzin vergisi hatırlanacak olursa;

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = [\tau_G^* - \tau_G] \{-dG/d\tau_G\} \quad (263)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = (\tau_G - \tau_G^*) \frac{G.e_G}{p_G + \tau_G} \quad (264)$$

Paralele şekilde diğer akaryakıt türleri veri iken otogaz vergisi refah değişimi denkleminde faydalanılarak aşağıda verilen sonuçlara erişilmektedir.

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_{LPG}} = [\tau_{LPG}^* - \tau_{LPG}] \{-dLPG/d\tau_G\} \quad (265)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dV}{d\tau_G} = (\tau_{LPG} - \tau_{LPG}^*) \frac{LPG.e_{LPG}}{p_{LPG} + \tau_{LPG}} \quad (266)$$

EK 7: Trafik Kazalarının Dışsallıklarının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler

I. 2014-2015 Yılı TÜİK Verilerinin Karşılaştırılması ve 30 Gün Kuralı Düzeltmesi

Yıl	Toplam kaza sayısı	Ölümlü yaralanmalı kaza sayısı	Maddi hasarlı kaza sayısı	Ölü sayısı			Yaralı sayısı	Kaza Yerinde Ölüm oranları	Kaza Yerinde Yaralanma oranları
				Toplam	Kaza yerinde	Kaza sonrası ⁽¹⁾			
2014	1 199 010	168 512	1 030 498	3 524	3 524	-	285 059	0,0209	1,6916
2015	1 313 359	183 011	1 130 348	7 530	3 831	3 699	304 421	0,0209	1,6634
DÜZELTME									
2014	1 199 010	168 512	1 030 498	6 930	3 524	3 406	281 653	0,0209	1,6714
2015	1 313 359	183 011	1 130 348	7 530	3 831	3 699	304 421	0,0209	1,6634

II. 2014 Yılı TÜİK Verilerinde Düzeltme

Taşıt cinsi	Trafığe kayıtlı taşıt sayısı	Ölümlü yaralanmalı kazaya karışan taşıt sayısı	Ölen sürücü sayısı	Yaralanan sürücü sayısı	DÜZELTME	
					Ölen sürücü sayısı	Yaralanan sürücü sayısı
Toplam	18 828 721	264 936	1 506	118 196	2 962	116 784
Otomobil	9 857 915	134 041	648	50 123	1 274	49 524
Minibüs	427 264	8 410	20	1 637	39	1 617
Otobüs	211 200	6 935	17	677	33	669
Kamyonet	3 062 479	42 047	175	13 697	344	13 533
Kamyon	576 510	8 275	66	2 645	130	2 613
Çekici	197 218	5 863	56	1 903	110	1 880
Motosiklet	2 828 466	43 059	333	37 119	655	36 676
Traktör	1 626 938	2 878	123	1 288	242	1 273
Diğer	40 731	13 428	68	9 107	134	8 998

III. Taşıt cinslerine göre kayıtlı taşıt, ölümlü yaralanmalı kazaya karışan taşıt, ölen ve yaralanan sürücü sayısı, 2014 (30 gün kuralının geçerli olmadığı veri setinde)

Taşıt cinsi	Toplam araç sayısı	Maddi Hasarlı araç sayısı	Maddi Hasarlı kaza sayısı	Ölümlü yaralanmalı kaza sayısı	Ölümlü yaralanmalı kazaya karışan taşıt sayısı	Ölen sürücü sayısı	Yaralanan sürücü sayısı	Ölen yolcu sayısı	Yaralanan yolcu sayısı	Ölen yaya sayısı	Yaralanan yaya sayısı	Tahmin Parametreleri		
												Kaza Sıklığı	Max. Yolcu Sayısı	Yolcu Ölüm veya Yaralanma Riski
Toplam	1 885 094	1 620 158	1 030 498	168 512	264 936	1 506	118 196	1 421	131 949	597	34 914			
Otomobil	953 743	819 702	521 370	85 257	134 041	648	50 123	783	72 738	257	15 023	0,4303	4	1,7211
Minibüs	59 839	51 429	32 711	5 349	8 410	20	1 637	91	8 419	8	464	0,0133	15	0,1992
Otobüs	49 344	42 409	26 974	4 411	6 935	17	677	247	22 899	7	394	0,0113	48	0,5418
Kamyonet	299 177	257 130	163 547	26 744	42 047	175	13 697	106	9 822	69	4 057	0,1162	2	0,2324
Kamyon	58 877	50 602	32 185	5 263	8 275	66	2 645	40	3 704	26	1 530	0,0438	2	0,0876
Çekici	41 716	35 853	22 804	3 729	5 863	56	1 903	17	1 571	22	1 298	0,0372	1	0,0372
Motosiklet	306 380	263 321	167 485	27 388	43 059	333	37 119	101	9 345	132	7 720	0,2211	1	0,2211
Traktör	20 482	17 604	11 197	1 831	2 878	123	1 288	37	3 452	49	2 852	0,0817	1	0,0817
Diğer	95 546	82 118	52 231	8 541	13 428	68	9 107	0	0	27	1 576	0,0452	0	0,0000

Kaynak: TÜİK, Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2014: (Sarı ile işaretlenmiş veriler yazar tarafından oluşturulan ve son üç sütunda verilen tahmin parametreleri kullanılarak tahmin edilmiştir.)

IV. 30 Gün Kuralı 2015 Yılı Değerleri Kullanılarak Düzeltilen Veri Seti

Taşıt cinsi	Toplam araç sayısı	Maddi Hasarlı araç sayısı	Maddi Hasarlı kaza sayısı	Ölümlü yaralanmalı kaza sayısı	Ölümlü yaralanmalı kazaya karışan taşıt sayısı	Ölen sürücü sayısı	Yaralanan sürücü sayısı	Ölen yolcu sayısı	Yaralanan yolcu sayısı	Ölen yaya sayısı	Yaralanan yaya sayısı	Tahmin Parametreleri		
												Kaza Sıklığı	Max. Yolcu Sayısı	Yolcu Ölüm veya Yaralanma Riski
Toplam	1 885 094	1 620 158	1 030 498	168 512	264 936	2 962	116 784	2 794	130 372	1 174	34 497			
Otomobil	953 743	819 702	521 370	85 257	134 041	1 274	49 524	1 544	72 058	505	14 838	0,4301	4	1,7205
Minibüs	59 839	51 429	32 711	5 349	8 410	39	1 617	177	8 272	15	454	0,0132	15	0,1975
Otobüs	49 344	42 409	26 974	4 411	6 935	33	669	480	22 398	13	384	0,0111	48	0,5348
Kamyonet	299 177	257 130	163 547	26 744	42 047	344	13 533	208	9 728	136	4 006	0,1161	2	0,2323
Kamyon	58 877	50 602	32 185	5 263	8 275	130	2 613	79	3 676	52	1 514	0,0439	2	0,0878
Çekici	41 716	35 853	22 804	3 729	5 863	110	1 880	33	1 555	44	1 281	0,0371	1	0,0371
Motosiklet	306 380	263 321	167 485	27 388	43 059	655	36 676	198	9 262	260	7 628	0,2211	1	0,2211
Traktör	20 482	17 604	11 197	1 831	2 878	242	1 273	73	3 422	96	2 818	0,0817	1	0,0817
Diğer	95 546	82 118	52 231	8 541	13 428	134	8 998	0	0	53	1 561	0,0452	0	0,0000

TÜİK, Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2014

Sarı ve mavi ile işaretlenmiş veriler yazar tarafından oluşturulan ve son üç sütunda verilen tahmin parametreleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

EK 8: Gürültü Dışsallığının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler

I. Kentiçi Karayolu Ağının Tahmin Edilmesi

İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)	İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)
Toplam	77 695 904			436462	Diyarbakır	1 635 048		6047	6047
Adana	2 165 595	5645	6577	5645	Edirne	400 280		4812	4812
Adıyaman	597 835		5009	5009	Elazığ	568 753		4980	4980
Afyonkarahisar	706 371		5118	5118	Erzincan	223 633		4635	4635
Ağrı	549 435		4961	4961	Erzurum	763 320		5175	5175
Amasya	321 913		4734	4734	Eskişehir	812 320		5224	5224
Ankara	5 150 072	14102	9562	14102	Gaziantep	1 889 466	4402	6301	4402
Antalya	2 222 562		6634	6634	Giresun	429 984		4842	4842
Artvin	169 674		4581	4581	Gümüşhane	146 353		4558	4558
Aydın	1 041 979		5454	5454	Hakkari	276 287		4688	4688
Balıkesir	1 189 057		5601	5601	Hatay	1 519 836		5931	5931
Bilecik	209 925		4622	4622	İsparta	418 780		4830	4830
Bingöl	266 019		4678	4678	Mersin	1 727 255	4214	6139	4214
Bitlis	338 023		4750	4750	İstanbul	14 377 018	18178	18789	18178
Bolu	284 789		4696	4696	İzmir	4 113 072	8891	8525	8891

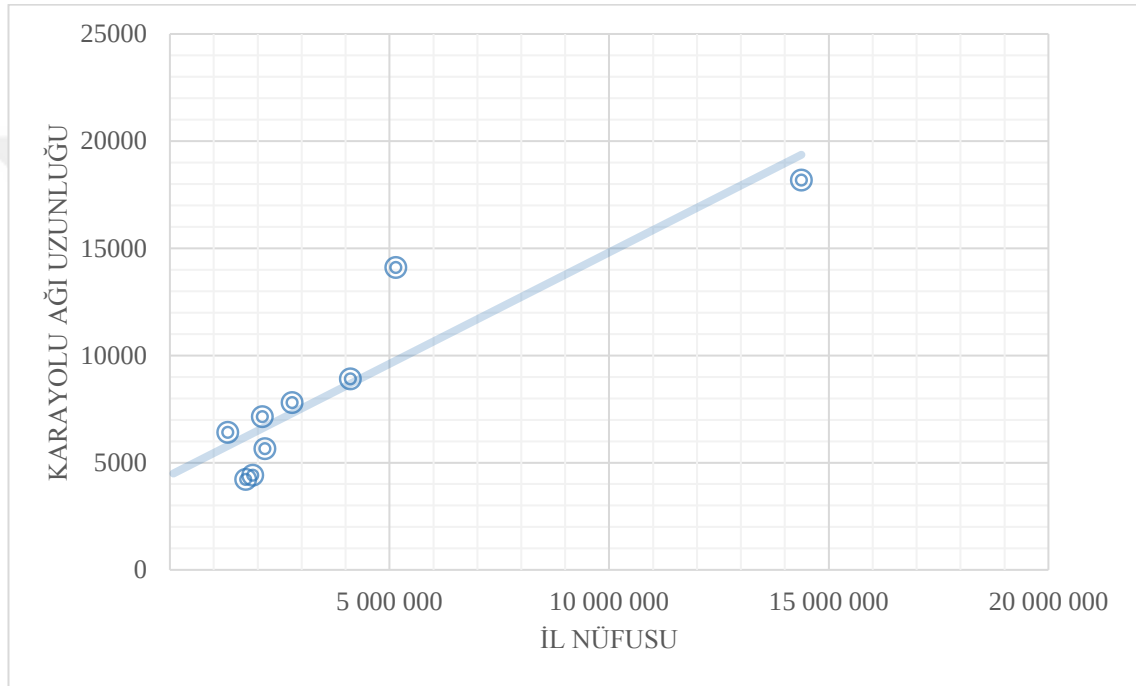
İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)
Burdur	256 898		4668	4668
Bursa	2 787 539	7793	7199	7793
Çanakkale	511 790		4923	4923
Çankırı	183 550		4595	4595
Çorum	527 220		4939	4939
Denizli	978 700		5390	5390
Konya	2 108 808	7143	6520	7143
Kütahya	571 554		4983	4983
Malatya	769 544		5181	5181
Manisa	1 367 905		5780	5780
Kahramanmaraş	1 089 038		5501	5501
Kocaeli	1 722 795		6134	6134
Mardin	788 996		5201	5201
Muğla	894 509		5306	5306
Muş	411 216		4823	4823
Nevşehir	286 250		4698	4698
Niğde	343 898		4755	4755
Ordu	724 268		5136	5136

İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)
Kars	296 466		4708	4708
Kastamonu	368 907		4781	4781
Kayseri	1 322 376	6406	5734	6406
Kırklareli	343 723		4755	4755
Kırşehir	222 707		4634	4634
Şanlıurfa	1 845 667		6257	6257
Uşak	349 459		4761	4761
Van	1 085 542		5497	5497
Yozgat	432 560		4844	4844
Zonguldak	598 796		5010	5010
Aksaray	384 252		4796	4796
Bayburt	80 607		4492	4492
Karaman	240 362		4652	4652
Kırıkkale	271 092		4683	4683
Batman	557 593		4969	4969
Şırnak	488 966		4901	4901
Bartın	189 405		4601	4601
Ardahan	100 809		4512	4512

İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)
Rize	329 779		4741	4741
Sakarya	932 706		5344	5344
Samsun	1 269 989		5682	5682
Siirt	318 366		4730	4730
Sinop	204 526		4616	4616
Sivas	623 116		5035	5035
Tekirdağ	906 732		5318	5318
Tokat	597 920		5010	5010
Trabzon	766 782		5178	5178
Tunceli	86 527		4498	4498

İller	İl Nüfusu 2014	Tomtom Yol Ağı Verisi (km)	Nüfusa Göre Tahmin (km)	Düzeltilmiş Yol Ağı Tahmin (km)
Iğdır	192 056		4604	4604
Yalova	226 514		4638	4638
Karabük	231 333		4643	4643
Kilis	128 781		4540	4540
Osmaniye	506 807		4918	4918
Düzce	355 549		4767	4767

Türkiye’de kent içi yol uzunlukları çeşitli nedenlerle (yerel yönetimlerin sorumluluk alanında olmaları vb.) tutulmadığından veya merkezi yönetim tarafından derlenmediğinden, bu çalışmada bir navigasyon firması olan Tomtom’un belirli büyükşehirler için derlediği yol ağı bilgilerinden faydalanmak zorunda kalınmıştır. Diğer şehirler için eldeki belirli şehirler için yol ağı uzunluğu verisinin nüfus oranıyla orantısal olarak değişim gösterdiği düşünülerek diğer şehirler için kentiçi karayolu uzunlukları tahmin edilmiştir.



Karayolu Sınıflarına Göre Karayolu Ağı Uzunlukları

KARAYOLU UZUNLUKLARI

(km)

Yıl	Genel Toplam	Devlet yolu		İl yolu		Otoyol	Köy yolu	Kent içi Yollar
		Bölünmüş	Diğer	Bölünmüş	Diğer			
2014	670 978	18 944	12 336	1 361	31 113	2 155	170 762	436 462

Kaynak: TÜİK (2015)

Kentiçi yol ağı uzunluğu yazar tarafından Tomtom Navigasyon Firmasının büyükşehirler için açıkladığı veri setinde elde edilen km yol ağı bilgilerinin şehir nüfus sayısına göre doğrusal regresyon ile elde edilmiştir.

Taşıt km Değerlerinin Ayrıştırılması

Taşıt Km Değerleri (milyon)	Otoyol	Devlet Yolu	İl Yolu	Devlet, İl Yolu, Otoyol Toplam	Devlet, İl Yolu, Otoyol Trafikinde Taşıt Türlerinin Dağılım Payı (%)	Tahmin	
						Kentiçi Yol	Köy Yolu
Otomobil Km	12573	49576	10713	72862	71	79801	20818
Orta Yük Ticari Km		3966	1179	5145	5	5620	1466
Otobüs Km	959	1497	72	2528	2	2248	586
Kamyon Km	2969	8174	1527	12670	12	13487	3519
Kamyon Römork, Çekici Römork Km	2258	7033	492	9783	9	10116	2639

Devlet, İl yolları ve Otoyol Taşıt km ölçüm değerleri KGM(2015)'den alınmaktadır. Kentiçi ve köy yollarında taşıt km tahminleri toplam otomobil trafiğinin %42'sinin devlet, il yolları ve otoyolda olduğu dikkate alınarak, kentiçinin toplam trafiğin %46'sını, köy yollarının (kırsal) ise %12'sini oluşturduğu kabul edilmektedir. Kentiçi ve köy yollarında taşıt km değerlerinin devlet, il yolları ve otoyoldaki kompozisyona uygun şekilde dağıldığı varsayılmaktadır.

Ortalama Hız Değerleri

Ortalama Hız	Otoyol	Devlet Yolu	İl Yolu	Kentiçi Yol	Köy Yolu
Otomobil	120	89	90	50	50
Orta Yük Ticari	100	81	80	50	50
Otobüs	100	86	80	50	50
Kamyon	90	76	80	50	50
Kamyon Römork, Çekici Artı Römork	90	73	80	50	50

Devlet yolunda gerçekleşen hız değerleri KGM (2015) hız ölçümlerinden elde edilmiştir. Diğer karayolu sınıflarında yasal hız limitleri dikkate alınmıştır.

Tahmini Trafik Akımı

Trafik Akımı (milyon araç/saat)	Otoyol	Devlet Yolu	İl Yolu	Kentiçi Yol	Köy Yolu	Toplam
Otomobil Saat	104,77	557,033	119,03	1596,02	416,36	2793,2
Orta Yük Ticari Saat	0	48,962	14,737	112,4	29,32	205,420
Otobüs Saat	9,59	17,406	0,9	44,96	11,72	84,576
Kamyon Saat	32,988	107,552	19,087	269,74	70,38	499,749
Kamyon Römork, Çekici Artı Römork Saat	25,088	96,3424	6,15	202,32	52,78	382,681

Trafik Akımı değeri birim saatte taşıt sayısı taşıt km değerlerinin ortalama hız değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Toplam trafik hacmi saatte 14.517,5 milyon otomobil birimi (orta yüklü ticari, otobüs, kamyon ve römork 10 otomobil eşdeğeri kabul edilerek) tahmin edilmektedir.

Yalnızca kentiçi trafiğin yarattığı gürültü dışsallık olarak ele alındığında $V_{otomobil} + 10(V_{otobüs} + V_{kamyon} + V_{diğer ağır})$ değeri 7890,22 milyon araç/saat olarak elde edilmektedir.

EK 9: Hava Kirliliği Dışsalığının Hesaplanmasında Kullanılan Veriler

I. Literatürde Yer Alan Hava Kirleten Bileşenlerin Birim Maliyet Tahmin Değerleri

Kaynak (*)	Ülke	Farklılaşma	CO	CH	NO _x	NH ₃	SO ₂	VOC	PM	PM _{2,5}	PM ₁₀	Birim	Yıl
HEATCO	Avusturya	Kent	9,08	4.454,84	3.677,26		1.555,20		1.380,78			€/t	1997
		Kent dışı	3,63	1.725,98	736,06		327,03		290,69			€/t	1997
	Danimarka	Kent	0,61	40,34	72,28		39,41		132,54			DKK/kg	2001
		Kırsal	0,2	13,45	24,09		13,14		44,18			DKK/kg	2001
	Finlandiya	Kent	24	67	1.111		13.421		201.879			€/t	2000
		Kent dışı	1	67	435		1.994		6.308			€/t	2000
IMPACT (HEATCO)	AB Medyan				2.500		2.000					€/t	2000
	AB Ortalama				2.417		2.469					€/t	2000
	AB Medyan	Metropol								299.600	119.900	€/t	2000
	AB Ortalama	Metropol								294.490	117.800	€/t	2000
	AB Medyan	Kent								96.400	38.600	€/t	2000
	AB Ortalama	Kent								94.890	37.962	€/t	2000
	AB Medyan	Kent Dışı								45.500	18.200	€/t	2000
	AB Ortalama	Kent Dışı								48.075	19.231	€/t	2000
CAFE CBA	AB (25)	VSL (medyan)			6.350	16.000	7.800	965		34.000		€/t	2005
	AB (25)	VOYL (medyan)			4.150	10.500	5.050	700		22.000		€/t	2005
	AB (25)	VSL (ortalama)			11.913	31.404	16.296	2.826		75.250		€/t	2005
	AB (25)	VOYL (ortalama)			8.158	21.529	11.083	2.132		50.888		€/t	2005

II. Literatürde Yer Alan Hava Kirleten Bileşenlerin Birim Maliyet Tahmin Değerleri (2014 Yılı Fiyatlarıyla)

Kaynak(*)	Ülke	Farklılaşma	CO	CH	NO _x	NH ₃	SO ₂	VOC	PM	PM _{2,5}	PM ₁₀	Birim
HEATCO	Avusturya	Kent	14,89	7.305,18	6.030,08		2.550,26		2.264,25			€/t
		Kent dışı	5,95	2.830,31	1.207,01		536,27		476,68			€/t
	Danimarka	Kent	110,48	7.305,93	13.090,55		7.137,50		24.004,18			€/t
		Kırsal	36,22	2.435,91	4.362,91		2.379,77		8.001,39			€/t
	Finlandiya	Kent	34,31	95,79	1.588,35		19.187,44		288.617,89			€/t
		Kent dışı	1,43	95,79	621,90		2.850,74		9.018,28			€/t
IMPACT (HEAO)	AB Medyan				3.472,22		2.777,78					€/t
	AB Ortalama				3.356,94		3.429,17					€/t
	AB Medyan	Metropol								416.111,11	166.527,78	€/t
	AB Ortalama	Metropol								409.013,89	163.611,11	€/t
	AB Medyan	Kent								133.888,89	53.611,11	€/t
	AB Ortalama	Kent								131.791,67	52.725,00	€/t
	AB Medyan	Kent Dışı								63.194,44	25.277,78	€/t
	AB Ortalama	Kent Dışı								66.770,83	26.709,72	€/t
CAFE CBA	AB (25)	VSL (medyan)			7.462,61	18.803,42	9.166,67	1.134,08	0,00	39.957,26		€/t
	AB (25)	VOYL (medyan)			4.877,14	12.339,74	5.934,83	822,65	0,00	25.854,70		€/t
	AB (25)	VSL (ortalama)			14.000,32	36.906,41	19.151,28	3.321,15	0,00	88.434,83		€/t
	AB (25)	VOYL (ortalama)			9.587,39	25.301,18	13.024,89	2.505,56	0,00	59.804,27		€/t

III. Kişi Başı GSMH Değerleri Kullanılarak Hava Kirleten Bileşenlerin Birim Maliyetlerinin Türkiye İçin Tahmin Edilmesi (2014 Yılı Fiyatlarıyla)

Kaynak (*)	Ülke	Farklılaşma	CO	CH	NO _x	NH ₃	SO ₂	VOC	PM	PM _{2,5}	PM ₁₀	Birim	Yıl
HEATCO	Avusturya	Kent	17,64	8.656,33	7.145,39		3.021,95		2.683,04			TL/t	2014
		Kent dışı	7,05	3.353,80	1.430,26		635,46		564,85			TL/t	2014
	Danimarka	Kent	134,01	8.861,72	15.878,17		8.657,42		29.115,84			TL/t	2014
		Kırsal	43,93	2.954,63	5.291,99		2.886,54		9.705,28			TL/t	2014
	Finlandiya	Kent	47,62	132,94	2.204,29		26.628,10		400.540,53			TL/t	2014
		Kent dışı	1,98	132,94	863,07		3.956,22		12.515,46			TL/t	2014
IMPACT (HEAO)	AB Medyan				4.998,84		3.999,08					TL/t	2014
	AB Ortalama				4.832,88		4.936,87					TL/t	2014
	AB Medyan	Metropol								599.061,94	239.744,75	TL/t	2014
	AB Ortalama	Metropol								588.844,30	235.545,72	TL/t	2014
	AB Medyan	Kent								192.755,58	77.182,21	TL/t	2014
	AB Ortalama	Kent								189.736,28	75.906,51	TL/t	2014
	AB Medyan	Kent Dışı								90.979,03	36.391,62	TL/t	2014
	AB Ortalama	Kent Dışı								96.127,84	38.453,14	TL/t	2014
CAFE CBA	AB (25)	VSL (medyan)			10.743,68	27.070,69	13.196,96	1.632,70		57.525,20		TL/t	2014
	AB (25)	VOYL (medyan)			7.021,46	17.765,13	8.544,19	1.184,34		37.222,19		TL/t	2014
	AB (25)	VSL (ortalama)			20.155,82	53.132,99	27.571,49	4.781,35		127.316,81		TL/t	2014
	AB (25)	VOYL (ortalama)			13.802,66	36.425,30	18.751,52	3.607,18		86.098,31		TL/t	2014

IV. Türkiye İçin Hava Kirleten Bileşenlerin Birim Maliyetleri (2014 Yılı Fiyatlarıyla)

AÇIKLAMA	FARKLILAŞMA	CO	CH	NO _x	NH ₃	SO ₂	VOC	PM	PM _{2,5}	PM ₁₀
Ülke Örneklerinden Elde Edilen Ortalamalar	Şehir İçi	66,42	5.883,66	8.409,28		12.769,16		144.113,14		
	Şehirler Arası	17,65	2.147,12	2.528,44		2.492,74		7.595,20		
AB Geneli	Ortalama			12.930,45	44.779,15	17.086,63	4.194,27		106.707,56	
	Medyan			7.587,99	22.417,91	8.580,08	1.408,52		47.373,70	
	Şehir İçi Ortalama								389.290,29	155.726,12
	Şehirler Arası Ortalama								96.127,84	38.453,14
	Şehir İçi M. Ortalama								395.908,76	158.463,48
	Şehirler Arası M. Ortalama								90.979,03	36.391,62
Seçilen Birim Maliyetler										
Şehir İçi		66,42	5.883,66	8.409,28	22.417,91	12.769,16	1.408,52	144.113,14	395.908,76	158.463,48
Şehirler Arası		17,65	2.147,12	2.528,44	22.417,91	2.492,74	1.408,52	7.595,20	90.979,03	36.391,62
Trafik Dağılımına Göre Ortalama Birim Maliyetler (Trafığın %42'si şehirler arasında olduğu dikkate alınarak)										
Birim Maliyet (2004) TL/t		45,94	4.314,31	5.939,33	22.417,91	8.453,06	1.408,52	86.775,61	267.838,27	107.193,30

V. Hava Kirliliği Emisyon Faktörleri Veri Tabanından⁷⁵ Elde Edilen Emisyon Faktörleri

Hava Kirliliği Emisyon Faktörleri Veri Tabanından Elde Edilen Emisyon Faktörleri (g/km)

	CO					NO _x					SO _x				
	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans
Otogaz	1.04	6.75	3.80	3.80	2.29	0.06	2.40	0.85	0.93	0.581854	0.000281	0.000281	0.000281	0.000281	0
Dizel	0.10	1.15	0.33	0.41	0.07	0.36	0.89	0.56	0.58	0.0185214	0.0003456	0.379	0.0123984	0.064494	0.0102527
Benzin	0.10	39.20	6.88	11.71	137.02	0.01	3.70	0.82	1.21	1.144256	0.001	0.124	0.0068512	0.027237	0.0020863
	NMVOC					PM _{2,5}					PM ₁₀				
	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans	Min.	Maksi.	Medyan	Ortalama	Varyans
Otogaz	0.1	1.277145	0.744	0.700413	0.125892	0.012645	0.021	0.0166035	0.016663	0.00002	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0
Dizel	0.016	0.2456448	0.0615552	0.082363	0.003636	0.0153216	0.26	0.0681	0.085287	0.0040286	0.016128	0.246	0.0594	0.079351	0.0036872
Benzin	0.016	10	1.027686	1.5954058	2.271028	0.0011	0.246	0.0024	0.01063	0.0010973	0.0011	0.03682	0.0024	0.002957	0.00002

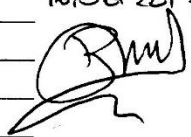
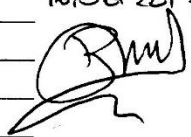
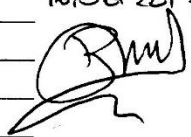
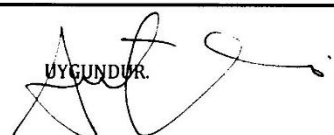
⁷⁵ EMEP/EEA Hava Kirliliği Envanter Rehberleri (2009,2013 ve 2017), çeşitli uluslararası ve ulusal ajanslarca yayımlanan rehberler başta olmak üzere çok sayıda bilimsel ve teknik yayından faydalanılarak Finlandiya Çevre Enstitüsü tarafından hazırlanan Hava Kirliliği Emisyon Faktörleri Veri Tabanından (<http://www.apec-library.fi/>) derlenmiştir.

VI. Türkiye İçin Hava Kirliliği Dışsallığının Birim Maliyetleri

Hava Kirletenleri	Türkiye İçin Tahmin Edilen Emisyon Faktörleri (g/km)			Birim Maliyet TL/ kg (2004)	Türkiye İçin Hava Kirliliğinin Sosyal Maliyeti (TL/km)		
	OTOGAZ	BENZİN	DİZEL		OTOGAZ	BENZİN	DİZEL
CO	3.80	6.88	0.41	0.0459	0.00017442	0.00031587	0.00001893
NO _x	0.93	1.21	0.58	5.94	0.00551935	0.00717162	0.00346612
PM _{2,5}	0.0167	0.0106	0.0853	267.84	0.00446299	0.00284712	0.02284314
PM ₁₀	0.0004	0.0030	0.0794	107.1933	0.00004288	0.00031697	0.00850590
VOC	0.7004	1.0277	0.0824	1.40852	0.00098655	0.00144752	0.00011601
SO _x	0.0003	0.0272	0.0645	8.45306	0.00000238	0.00023024	0.00054518
TÜRKİYE İÇİN HAVA KİRLİLİĞİ DIŞSALLIĞININ AKARYAKIT TÜRÜNDE BİRİM MALİYETLERİ ⁷⁶				(TL/km)	0.0112	0.0123	0.0355
				(TL/litre)	0.099	0.164	0.740

⁷⁶ Hesaplamalarda ortalama benzin tüketimi 7,5 litre/100km, dizel tüketimi 4,8 litre/100km ve otogaz tüketimi 11,3 litre/100km olarak kabul edilmektedir.

EK 10: Orjinallik Raporu

 HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU		
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İKTİSAT ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA		
Tarih: 16.06.2017		
Tez Başlığı / Konusu: Türkiye için Optimal Akaryakıt Vergisi		
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 241 sayfalık kısmına ilişkin, 16.06.2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orjinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 1 'dir.		
Uygulanan filtrelemeler: 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, 2- Kaynakça hariç 3- Alıntılar hariç 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç		
Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.		
Gereğini saygılarımla arz ederim.		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;"> Adı Soyadı: Bülent GÜN Öğrenci No: N10144893 Anabilim Dalı: İktisat Programı: İktisat Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr. </td> <td style="width: 30%; text-align: right; vertical-align: top;"> Tarih ve İmza 16.06.2017  </td> </tr> </table>	Adı Soyadı: Bülent GÜN Öğrenci No: N10144893 Anabilim Dalı: İktisat Programı: İktisat Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.	Tarih ve İmza 16.06.2017 
Adı Soyadı: Bülent GÜN Öğrenci No: N10144893 Anabilim Dalı: İktisat Programı: İktisat Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.	Tarih ve İmza 16.06.2017 	
DANIŞMAN ONAYI  Prof. Dr. Lütfi ERDEN (Unvan, Ad Soyad, İmza)		

EK 11: Etik Kurulu İzin Muafiyeti Formu

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ ÇALIŞMASI ETİK KURUL İZİN MUAFİYETİ FORMU
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İKTİSAT ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA	
Tarih: 16.06.2017	
Tez Başlığı / Konusu: Türkiye için Optimal Akaryakıt Vergisi	
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmam:	
1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır, 2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir. 3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir. 4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.	
Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.	
Gereğini saygılarımla arz ederim.	
Adı Soyadı: Bülent Öğrenci No: GÜN Anabilim Dalı: İktisat Programı: İktisat Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.	Tarih ve İmza 16.06.2017 
<u>DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI</u>	
 Prof. Dr. Lütfi ERDEN (Unvan, Ad Soyad, İmza)	
Detaylı Bilgi: http://www.sosyalbilimler.hacettepe.edu.tr Telefon: 0-312-2976860 Faks: 0-3122992147 E-posta: sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr	