

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
LOJİSTİK YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHİR LOJİSTİĞİNDE DIŞSAL MALİYETLERİN
ÖLÇÜMÜ: KARGO VE KURYE HİZMETLERİNİN
MALİYET ANALİZİ

Kaan Ali AYAN

Danışman

Doç. Dr. Seçil SİGALI

İZMİR – 2021

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DENİZCİLİK İŞLETMELERİ VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
LOJİSTİK YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHİR LOJİSTİĞİNDE DIŞSAL MALİYETLERİN
ÖLÇÜMÜ: KARGO VE KURYE HİZMETLERİNİN
MALİYET ANALİZİ

Kaan Ali AYAN

Danışman
Doç. Dr. Seçil SİGALI

İZMİR – 2021

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ŞEHİR LOJİSTİĞİNDE DIŞSAL MALİYETLERİN ÖLÇÜMÜ: KARGO VE KURYE HİZMETLERİNİN MALİYET ANALİZİ” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

31/03/2021

KAAN ALİ AYAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Şehir Lojistiğinde Dışsal Maliyetlerin Ölçümü: Kargo ve Kurye Hizmetlerinin

Maliyet Analizi

Kaan Ali AYAN

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Denizcilik İşletmeleri ve Yönetimi Anabilim Dalı

Lojistik Yönetimi Programı

Taşımacılık, üretim ve tüketim faaliyetlerinin bir sonucu olarak mesafenin üstesinden gelmek için ortaya çıkan bir lojistik fonksiyonudur ve bu faaliyetlerin artmasının bir sonucu olarak hacminin büyümesi kaçınılmazdır. Lojistik sektörünün yeşil lojistik uygulamaları olmadan büyümesi sürdürülebilir değildir. Başta kullanılan fosil yakıtların sebep olduğu Karbondioksit (CO²) salınımı olmak üzere, yeşil olmayan büyüme hem insanlık hem de doğa açısından direkt ve dolaylı zararlara yol açmaktadır. Bu tezin odak noktasını oluşturan kargo ve kurye sektörü, gelişmiş ülkelerdeki nüfusun %70'ine ev sahipliği yapan şehirlerde, en az yeşil taşıma modu olma özelliğini taşıyan karayolu ile hizmet vermektedir ve bu sebeplerden dolayı yeşil lojistik uygulamalarına ihtiyaç duyar.

Bu çalışmanın amacı, kargo ve kurye hizmetlerinin dışsal maliyetlerinin ölçülmesi ve hizmetin tek modlu karayolu, ya da intermodal karayolu/demiryolu taşımacılık kullanılarak gerçekleştirilmesi durumunda maliyet analizinin yapılmasıdır. Seçilen istatistiksel tam maliyet modeli, kargo ve kurye operatörlerinin taşıma sistemine uygun hale getirilmiş ve literatür aracılığıyla oluşturulan senaryoya göre matematiksel yöntem kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan model, farklı sistemlere ait tam maliyetleri (içsel ve dışsal maliyetler toplamı), ilgili parametrelerin belirlenmesi durumunda hesaplama yapma olanağı vermektedir.

Çalışmanın bulgularına göre, intermodal karayolu/demiryolu taşıma, 80 km'den kısa mesafelerde dahi, kargo ve kurye hizmetlerinin sadece dışsal maliyetlerini değil, tam maliyetlerini de azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dışsal maliyetler, yeşil lojistik, sürdürülebilirlik, kargo ve kurye hizmetleri, intermodal taşımacılık, şehir lojistiği.



ABSTRACT

Master's Thesis

Evaluation Of External Costs In City Logistics: Cost Analysis Of Cargo And Courier Services

Kaan Ali AYAN

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Maritime Business Administration

Logistics Management Program

Transportation is a logistics function which is occurred as a result of production and consumption activities to overcome space and inevitably expands its volume as a result of increase in these activities. Growth in logistics sector without green logistics application is not sustainable. Primarily carbon dioxide (CO²) emitted by fossil fuels, un-green progress cause direct and indirect damages for both society and environment. Courier/Express/parcel (CEP) sector is focus of this thesis and it provides freight shipment services in cities that host %70 of population in developed countries by roadway which is least green transportation mode. Therefore, it requires green logistics applications.

The purpose of this study is to evaluate external costs of CEP services and perform cost analysis of CEP services under condition of using intermodal roadway/railway transportation instead of only roadway. The statistical full cost model which is chosen for this study has been tailored for the transportation system of CEP operators and the scenario that is constituted with the help of literature is analysed with mathematical method. Used model allows to analyse full costs (sum of internal and external costs) for different transportation systems when related parameters are detected.

According to the findings of the study, intermodal roadway/railway transportation reduces not only external costs but also full costs of CEP operators under distances of 80 km.

Key words: External costs, green logistics, sustainability, courier/express/parcel (CEP) services, intermodal transportation, city logistics.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

GİRİŞ	1
-------	---

BİRİNCİ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, YEŞİL LOJİSTİK ve DIŞSALLIK

1.1	PAYDAŞLIK TEORİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN ÜÇ BOYUTU	2
1.2	YEŞİL LOJİSTİK	4

İKİNCİ BÖLÜM

TEZİN AMACI

2.1	TEZİN AMACI VE SORULARI	6
-----	-------------------------	---

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK MALİYETLER VE İNTERMODAL TAŞIMACILIK

3.1	TEDARİK ZİNCİRİ	7
-----	-----------------	---

3.2	LOJİSTİĞİN TANIMI	9
3.3	LOJİSTİĞİN FAALİYETLERİ	10
3.4	LOJİSTİK MALİYETLER	12
3.5	TAŞIMA MALİYETLERİ	15
	3.5.1 İçsel (Operasyonel) Taşıma Maliyetleri	16
	3.5.2 Dışsal (Çevresel) Taşıma Maliyetleri	17
3.6	İNTERMODAL TAŞIMACILIK	20

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ŞEHİR LOJİSTİĞİ VE KARGO/KURYE SEKTÖRÜ

4.1	ŞEHİR LOJİSTİĞİ	23
4.2	KARGO/KURYE SEKTÖRÜ VE E-TİCARET	26

BEŞİNCİ BÖLÜM

TAŞIMACILIKTA MALİYET MODELLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

5.1	LİTERATÜR TARAMASI	31
-----	--------------------	----

ALTINCI BÖLÜM

ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

6.1	TAM MALİYET MODELİ	36
6.2	DIŞSAL MALİYET FONKSİYONUNUN BELİRLENMESİ	41
6.3	İÇSEL MALİYET FONKSİYONUNUN BELİRLENMESİ	45
6.4	SENARYO OLUŞTURULMASI VE ANALİZ	47
6.5	ÇALIŞMANIN BULGULARI	50



KISALTMALAR

LDV	Hafif Hizmet Aracı (Light Duty Vehicle)
HGV	Ağır Yük Taşıtı (Heavy Goods Vehicle)
LT	Hafif Kamyonet (Light Truck)
BM	Birleşmiş Milletler
AK	Avrupa Komisyonu
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü
ITF	Uluslararası Taşımacılık Forumu (International Transport Forum)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
OICA	Uluslararası Motorlu Araç İmalatçıları Örgütü (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers)
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
CLM	Lojistik Yönetimi Konseyi (Council of Logistics Management)
CSCMP	Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals)
KK	Kargo ve Kurye Hizmetleri
AB	Avrupa Birliği

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Dışsal maliyet kategorilerinin sosyal maliyetleri	s.20
Tablo 2: 2050 yılında küresel ticarete ait yük ve emisyon değişimleri	s.22
Tablo 3: Taşımacılıktaki maliyetlere ilişkin incelenen araştırmaların sınıflandırılması	s.34
Tablo 4: İçsel ve Dışsal maliyet fonksiyonlarının parametre ve referans değerleri	s.40
Tablo 5: Karayoluna ait LDV ve HGV ile Trenin toplam dışsal maliyetleri	s.44
Tablo 6: LDV ve HGV tipi araçlar için araç başına toplam içsel maliyetler	s.45
Tablo 7: TNT araçlarının özelliklerine genel bakış	s.48
Tablo 8: Senaryoya ait parametreler	s.49
Tablo 9: Değişen TDM sayısı ve yola göre tam maliyetin değişimi	s.52
Tablo 10: Değişen TDM sayısı ve yola göre dışsal maliyetlerin değişimi	s.53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sürdürülebilirliğin bileşenleri	s.2
Şekil 2. Tedarik zinciri yönetiminde ürün akışı.	s.9
Şekil 3. Lojistik Maliyetlerin Değişimi	s.15
Şekil 4. Yük taşıma maliyetlerinin sınıflandırılması	s.16
Şekil 5. Sektörlere göre Sera Gazı Salınımı	s.19
Şekil 6. Taşıma modlarına göre oluşan Dışsal Maliyetler	s.22
Şekil 7. Kurye/ekspres kargo ağı	s.27
Şekil 8. Global KK pazarı büyüklüğü	s.28
Şekil 9. KK sektörüne ait senaryoda kullanılan LDV ve HGV tipi araçlar	s.49
Şekil 10. İntermodal ve Tek modlu taşıma sistemine ait tam maliyetlerin başa baş noktası	s.53
Şekil 11. İntermodal ve Tek modlu taşıma sistemine ait dışsal maliyetlerin başa baş noktası	s.54

GİRİŞ

Kargo ve kurye hizmetleri, özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu şehirselleşen bölgelerde son kilometre lojistiği hizmeti sağlayan, lojistiğin hem içsel (operasyonel) hem de dışsal (çevresel) maliyet açısından en pahalı uygulamalarından biridir ve doğası gereği yüksek oranda karayolu taşımacılığına bel bağlamaktadır (Rodrigue, 2013, DfT, 2013). Dışsal maliyetler, trafik sıkışıklığı, kazalar, sera gazı salınımı, vb. gibi bedelini kendini oluşturanlar yerine, toplumun ve çevrenin ödediği maliyetlerdir (CE Delft, 2008; Rodrigue, 2013).

Bununla birlikte karayolu taşıma, en çok dışsal maliyete yol açan taşıma modu durumundadır (Ritchie ve Roser, 2016). Alternatif taşıma modlarına yönelerek karayolu taşımasının azaltılması, oluşturduğu dışsal maliyetlerin de azaltılmasına olanak sağlayacaktır (AK, 2001a; Kordnejad, 2014).

Bu tez çalışması, 4. bölümde detaylı olarak incelenecek olan şehir içi yük taşımacılığının sebep olduğu dışsal maliyetlerin azaltılması için, şehir lojistiğinin alt kollarından kargo ve kurye (KK) hizmetlerinde, intermodal taşımayı alternatif olarak sunup, KK hizmet sağlayıcıları açısından tam maliyetleri (dışsal ve içsel maliyetler toplamı) inceleyecektir.

1. bölümde Paydaşlık teorisi, sürdürülebilirlik ve yeşil lojistiğe ait genel bir çerçeve çizilerek veriler paylaşılacaktır. 2. bölümde tezin amacı, motivasyonu ve sorularına değinilecektir. 3. bölümde öncelikle lojistiğe ait kavramlar açıklanarak taşımacılık türlerinden intermodal taşımacılık incelenecektir. 4. Bölümde şehir lojistiği ve kargo/kurye hizmetlerinin şehir hayatına etkileri ile dışsal maliyetleri incelenerek intermodal taşımacılığın, taşımacılıkta meydana gelen dışsal maliyetleri nasıl azaltabileceği tartışılacaktır. 5. bölümde lojistik maliyet modellerine ait literatür taraması yapılarak tezin amacına en uygun maliyet modeli belirlenmeye çalışılacaktır. 6. bölümde çalışmanın yöntemi anlatılarak gerekli analizler gerçekleştirilecektir. Son olarak 7. bölümde tezin bulguları, literatürdeki çalışmalarla kıyaslanacak ve çalışmanın kısıtlarına değinilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

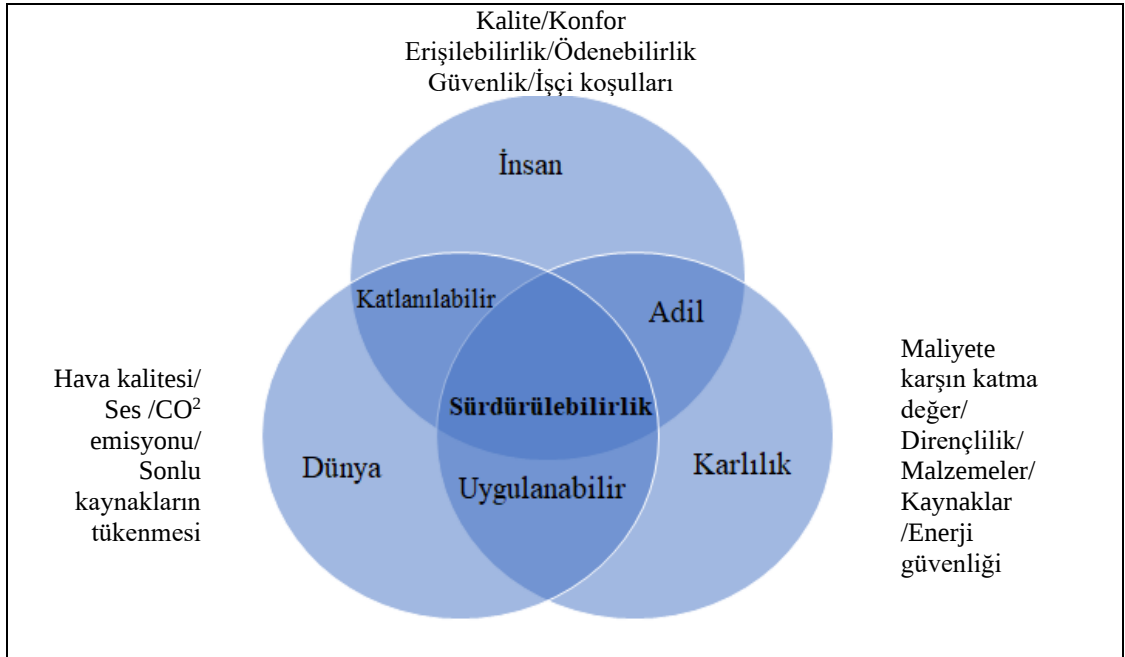
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, YEŞİL LOJİSTİK ve DIŞSALLIK

1.1 PAYDAŞLIK TEORİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN ÜÇ BOYUTU

Sürdürülebilirliğin kelime anlamı, zaman içinde bir sonucu veya süreci devam ettirebilme kapasitesidir. Ancak 21. Yüzyılda kavram genel olarak insanlığın gelişimi için ekolojik, ekonomik ve sosyal bir sistem geliştirme ve sürdürme olarak kullanılmaktadır (Mensah, 2019). Stoddart (2011) sürdürülebilirliği; sonlu bir ekosistemde sosyo-ekonomik faaliyetlerle kaynakların kuşak içi ve kuşaklar arasında verimli ve eşit dağıtımı olarak tanımlar.

Sürdürülebilirliğin şirketler tarafından benimsenerek misyon ve stratejilerinde yer verilmesi paydaşlık teorisi olarak bilinmektedir. Paydaşlık teorisi, işletmelerin kar maksimizasyonu ve hissedarlara değer yaratma amaçlarının genişletilerek hissedarlar dışındaki diğer paydaşlar için de değer yaratılması ve yaratılan değerın maksimize edilmesinden bahseder (Çetin vd., 2015).

Şekil 1. Sürdürülebilirliğin bileşenleri



(Kaynak: Smokers vd., 2014)

Smokers vd., (2014:12)'nin çalışmasında bahsettiği gibi “Faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin geliştirilmesi için hem yerel, hem de global düzeyde insanlar, dünya ve karlılık etkileri arasında, onları katlanılabilir, adil ve uygulanabilir kılan bir dengeye ihtiyaç vardır”. Bu denge, sürdürülebilirliğin üç boyutu olarak da bilinir. Sürdürülebilirliğin üç boyutu ekonomik, sosyal ve çevresel stratejileri tek bir çatı altında toplamayı amaçlayan bir yaklaşım olup sistemin bileşenleri Şekil 1.’de gösterilmiştir. Sistem aynı zamanda hükümetlerin sürdürülebilirliği sağlaması adına stratejiler geliştirilmesini de kapsar. Sürdürülebilirliğin üç boyutu yaklaşımının odağı lojistiğin çevresel etkilerini azaltmak olsa da pratikte çevresel faydalar ile ekonomik maliyetlerin ödünleşilmesi ihtiyacını ortadan kaldırdığı için şirketler açısından ilave tasarruflara imkân tanır (McKinnon vd., 2015). Örneğin lojistik sektörü için yakıt maliyetleri temel maliyet bileşenlerinden biridir ve kullanılan fosil yakıtların meydana getirdiği CO² emisyonlarının doğaya ve insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu karbondioksit emisyonlarının azaltılması amacıyla elektrikli araç filosu oluşturan bir firma, yeşil ve sürdürülebilir bir lojistik uygulama gerçekleştirmenin yanı sıra yakıt tasarrufu ve vergi indirimleri ile maliyetlerinin düşürülmesine de olanak sağlayabilecektir (Mock ve Yang, 2014; Smokers vd., 2014).

Dünya’nın 2050 yılında, 2019’daki 7,7 milyarlık insan nüfusundan 2 milyar daha fazlasına (BM, 2019) ve 1,4 milyarlık araç sayısının 2 katına (OICA, 2019) ev sahipliği yapması öngörülmektedir. Bunlar olurken GSYİH’nın 2050 yılında mevcut seviyesinin 2 katından fazla artması beklenmektedir (OECD, 2020). Dünyadaki toplam mal ticareti 2013 yılında 300 Milyar Amerikan doları iken 2018 sonu itibarıyla 492 Milyar Amerikan doları seviyesine ulaşmıştır. 2010 yılında 70 milyar Ton-km olan mal taşıma hacminin 2050 yılında 4 kat artarak 307 milyar Ton-km’ye çıkması öngörülmektedir (ITF- OECD, 2015).

İklim değişikliğinin; deniz seviyesi yükselmesi, tarım ürünlerinin yapısında değişiklik ve kirli su sistemleri gibi ekolojik, fiziksel ve sağlık üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır (IPCC, 2014:15). Ülke ekonomilerinin, üretimin ve ticaretin dinamik bir şekilde büyüdüğü çağımızda, başta CO² olmak üzere salınan sera gazları sebebiyle Dünya bugün sanayileşme öncesi döneme göre ortalama 1 °C’den fazla ısınmıştır. Bugünkü büyümeye paralel bir hızda devam edilirse 2050 yılında CO² salınımının bugünkü seviyesinin 4 katına çıkması, ortalama global sıcaklığın 1,5 °C

yükselmesi beklenmektedir (IPCC, 2018). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın da belirttiği gibi, bu gelecek sürdürülebilir değildir (IEA, 2009).

Küresel ısınma ve hava kirliliği gibi endişeler doğrultusunda iklim değişikliğini önlemek, atmosferdeki sera gazı oranlarını düşürmek ve sürdürülebilir bir gelecek yaratmak amacıyla 1994 yılında hükümetler arasında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) imzalanmıştır. Bu sözleşmede sera gazı salınımının 2020 yılında, 1990'daki 5.665 Milyon ton CO² seviyesinin %20 altında olması hedeflenmiştir. Avrupa Komisyonu (AK)'nın 2019 yılındaki Avrupa Birliği (AB) İklim Hareketi İlerleme Raporu'nda, 2018 yılında CO² oranının referans seviyenin %23 altında seyrettiği, hedefe planlanandan önce ulaşıldığı vurgulanmıştır. IEA'nın Sürdürülebilir Toparlanma Raporu, COVID-19 sonrası toparlanma sürecinde 2019 yılının sera gazı salınımında mutlak zirve olması hedefine işaret etmiştir (IEA, 2020). Sürdürülebilir bir gelişmenin sağlanması amacıyla Avrupa Çevre Ajansı (EAA) ve BM Çevre Programı (UNEP)'nin önermiş olduğu Kaçın-Değiştir-Geliştir (A-S-I) stratejisi, Transformative Urban Mobility Initiative (TUMI)'in sözleriyle, “daha yaşanabilir şehirler yaratma hedefi ile sera gazı emisyonunu ve enerji tüketimini önemli miktarda azaltmayı ve daha az trafik sıkışıklığı sağlamayı” amaçlamaktadır. Bu çalışmanın ilk maddesi seferlerin azaltılmasını hedeflemektedir ve araç teknolojisine ait verimliliğin ya da hacmin artırılması gibi etmenleri barındırır. İkinci madde, daha çevreci taşıma yöntemlerine geçiş yapılmasını önermekte olup aynı zamanda bu çalışmanın belkemiğini oluşturmaktadır. Son olarak üçüncü madde ise araç ve yakıt teknolojisinin geliştirilmesini hedeflemektedir (TUMI New Urban Agenda #114, 2019:1). Birinci ve üçüncü maddeler oldukça ilgi duyulan ve hızla gelişmekte olan alanlar olsa da bu çalışmanın kapsamı dışında kalmaktadır.

1.2 YEŞİL LOJİSTİK

Mckinnon vd. (2015) yeşil lojistiği; “fiziksel eşyaların tedarik zincirindeki ileri ve geri yönlü hareketleri boyunca taşınması, depolanması ve elleçlenmesine yönelik faaliyetlerin çevresel etkilerine yönelik çalışmalar” olarak tanımlar. Yeşil lojistik, bu

etkilerin doğasını ve büyüklüğünü inceleyerek nasıl azaltılabileceğine yönelik yolları araştırır. Bugün yeşil lojistik olarak bahsettiğimiz, 1960'lerden beri taşımacılıktaki negatif dışsal maliyetlerin azaltılması, şehir lojistiği, tersine lojistik ve yeşil tedarik zinciri yönetimine (GSCM) ilişkin kurumsal çevreci stratejiler başlıklarına ait çalışmaların bir sonucudur (McKinnon vd., 2015:4).

Yeşil lojistiğe dair araştırmaların büyük çoğunluğu, şirketlerin yeşil lojistiği desteklemek konusunda oldukça istekli olduğunu göstermektedir (McKinnon vd., 2015) ancak eylem noktasında genellikle markanın itibarı ve korunmasını ön planda tutarak kolay yolu seçmektedirler (Insight, 2008). Dünyanın önde gelen lojistik hizmeti sağlayıcıları, müşterilerinden bağımsız bir şekilde, 10-15 yıllık dönemler için operasyonlarının sebep olduğu karbon salınımı gibi negatif dışsallıklarını azaltmak adına iddialı hedefler duyurmuşlardır (McKinnon and Piecyk, 2012).

Dışsallık konsepti ilk olarak 1920'lerde ekonomist Arthur Pigou tarafından geliştirilmiştir. Dışsallık pozitif ya da negatif olabilir:

Pozitif dışsallık, dolaylı olarak yarar sağlayan her türlü etkidir. Örnek olarak estetik amaçla dikilen bir bitkinin güzel bir görüntü sağlamasının yanında çevredeki havayı temizlemesi verilebilir. Negatif dışsallık ise pozitif dışsallığın tersine dolaylı olarak zarar oluşturan her türlü etki olarak ifade edilebilir ve dışsal maliyet olarak anılırlar. Yollarda artan şahsi araç kullanımının sebep olduğu trafik sıkışıklığı ve dolayısıyla sürücülerin trafikte daha uzun süre geçirmesi bu tip dışsallığa örnek verilebilir. Negatif dışsallıklar, pozitif olanlara göre daha çok önem arz eden etkilerdir ve etik, çevresel ya da politik problemlere sebep olabileceği için azaltılması adına stratejilere ihtiyaç duyarlar (Bryan, 2020).

Taşımacılığa ait negatif dışsallık faktörleri; trafik kazaları, küresel ısınma, trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, gürültü ve çevresel kirlilik gibi bedeli taşımacılık faaliyetlerini gerçekleştirenler tarafından tam olarak karşılanmayan faktörlerdir (Digiesi vd., 2016). Bu çalışmada negatif dışsal faktörlerin sebep olduğu maliyetler hesaplanmaya çalışılacaktır ve Digiesi vd., (2016)'nin tanımı uyarınca çalışma boyunca dışsal (çevresel) maliyetler olarak anılacaktır.

Karayolu taşıma modu diğer modlara göre en fazla dışsal (çevresel) maliyete sahip taşıma modu olup, CO² salınımının en büyük etmenlerinden biri olmasına rağmen (CE Delft, 2008) yurtiçi yük taşımacılığının Türkiye’de %90, AB’de %75’lik kısmına ev sahipliği yapmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; Statista, 2021). Yalnızca Türkiye’de değil tüm dünyada, dışsal (çevresel) maliyetlerin kendisini oluşturan lojistik operatörler tarafından göz önünde bulundurulması için ilave yaptırımlar gerekmekte, firmaların yeni stratejilere dair motivasyonları maliyet faktörü çevresinde şekillenmektedir (CE Delft, 2008).

İKİNCİ BÖLÜM

TEZİN AMACI

2.1 TEZİN AMACI VE SORULARI

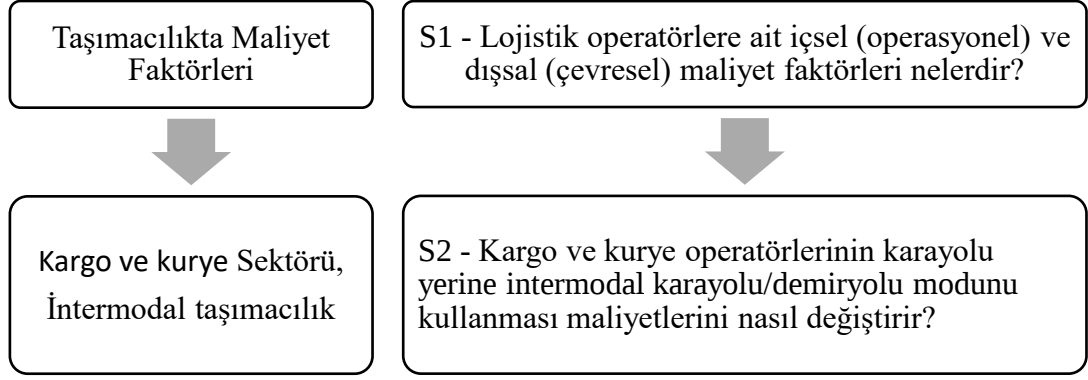
Kargo ve kurye sektörü kapıdan kapıya teslimat, diğer bir deyişle son kilometre lojistiği hizmeti verdiği için doğası gereği karayolu taşıma moduna bel bağlamaktadır. Bununla birlikte demiryolu taşıma modu, karayoluna göre çok daha yeşil ve sürdürülebilir, belli koşullarda daha düşük maliyetli bir taşıma modu olup (CE Delft, 2011; Janić, 2007) büyük şehirlerdeki mevcut demiryolu taşıma altyapısı göz önünde bulundurulduğunda, intermodal karayolu/demiryolu taşıma seçeneği hem kentsel bölgelerde hizmet veren kargo ve kurye sektörü için, hem de şehir lojistiği için yeşil lojistik stratejisi olarak potansiyel fırsat teşkil etmektedir. Buradan yola çıkarak tezin amacı şu şekilde belirlenmiştir;

Yalnızca karayolu taşıma modu kullanan kargo ve kurye operatörlerinin intermodal karayolu/demiryolu taşıma modu kullanmaları halinde dışsal ve tam maliyetlerinin (dışsal ve içsel maliyetlerinin toplamı) nasıl değişeceğini araştırmak.

Bu amaca ulaşabilmek için tezin cevaplamaya çalıştığı sorular şunlardır;

Araştırma Alanları

Araştırma Soruları



Tezin literatüre ve uygulamaya katkıları şu şekilde özetlenebilir:

Literatürde taşımacılığın dışsal (çevresel) maliyet faktörleri sıkça tartışılmış olsa da ölçülebilmesi için gereken model ve sayısal değerlere ait yeterli veri bulunmamaktadır. Bu tez, karayolu ve intermodal demiryolu/karayolu taşıma modu kullanan yük taşıyıcıların tam (içsel ve dışsal maliyetler toplamı) maliyetlerini ölçebilmeleri ve dolayısıyla yönetebilmeleri için gereken parametreleri ve hesapları, seçilen model ve oluşturulan senaryo çerçevesinde ortaya koymaktadır.

Bu tez, büyük metropollerin şehir merkezinde hizmet veren kargo ve kurye firmalarının günlük operasyonlarına dair istatistikler paylaşarak değişken parametreler için senaryo yaratılabilmesine olanak sağlar.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LOJİSTİK MALİYETLER VE İNTERMODAL TAŞIMACILIK

3.1 TEDARİK ZİNCİRİ

2005 yılında adı Lojistik Yönetimi Konseyi (CLM)'nden, Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (CSCMP)'ne değişmiş olan A.B.D. temelli CSCMP'ye göre lojistik, tedarik zincirinin bir parçasıdır (CSCMP, 1991). Bu sebeple lojistiği incelemeden önce tedarik zinciri kavramına eğilmek doğru olacaktır.

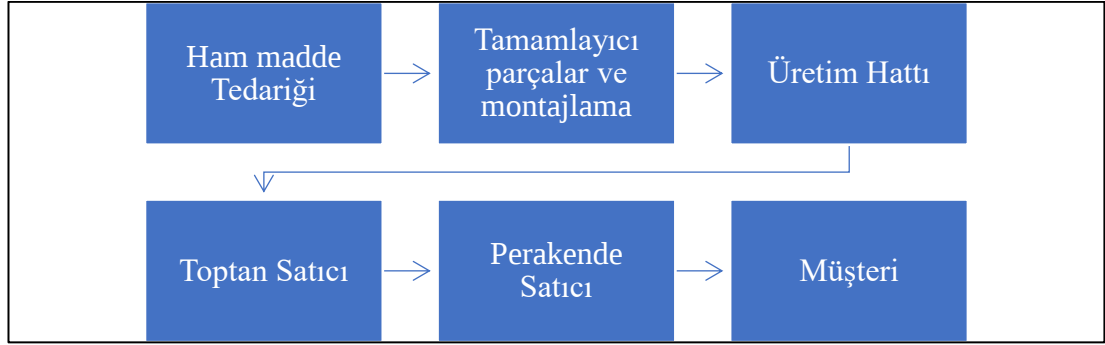
CSCMP sözlüğüne göre tedarik zinciri, ham maddeden başlayarak son kullanıcının nihai ürünlerin kullanmasına kadar geçen süreçte birçok şirketi birbirine bağlar. Hammadde tedarikinden nihai ürünlerin son kullanıcıya teslimine kadar uzanan lojistik süreçteki malzeme ve bilgi alışverişidir. Tüm satıcılar, hizmet sağlayıcıları ve müşteriler, tedarik zincirinin halkalarıdır (CSCMP, 2013).

Yine CSCMP sözlüğüne göre Tedarik Zinciri Yönetimi, “kaynak bulma ve tedarik etme, dönüştürme ve lojistik yönetimi aktivitelerinde yer alan tüm faaliyetlerin planlanmasını ve yönetimini kapsar. Daha da önemlisi, tedarikçiler, araçlar, üçüncü parti hizmet sağlayıcılar veya müşterileri içeren kanal/zincir ortaklarıyla koordinasyon ve iş birliğini kapsar. Tedarik zinciri yönetimi temelde şirketler içinde ve arasında arz ve talep yönetimini entegre eder. Tedarik Zinciri Yönetimi’nin birincil sorumluluğu, şirketlerdeki ve şirketler arasındaki ana iş fonksiyonlarını ve süreçlerini uyumlu ve yüksek performanslı bir iş modeline bağlamak olan entegre bir fonksiyondur. Üretimin yanı sıra yukarıda belirtilen tüm lojistik yönetimi faaliyetlerini içerir ve pazarlama, satış, ürün tasarımı, finans ve bilgi teknolojisi arasındaki süreçlerin ve faaliyetlerin koordinasyonunu yönetir" (CSCMP, 2013).

Tedarik Zinciri Yönetimi’nde verilmesi gereken dört temel karar vardır. Bunlar yerleşim, üretim/pazarlama, envanter yönetimi ve taşımacılık olarak sıralanabilir. Tedarik Zinciri Yönetimi yapan şirketler, zincir boyunca birden fazla şirket arası bilgi ve malzeme akışını planlar, kontrol eder ve yönetirler. Günümüzde yaşanan yüksek rekabet ortamı sebebiyle tedarik zinciri yönetimi belirleyici olmakta, en düşük maliyette, en yüksek kalitede ve en yüksek yanıt hızına sahip tedarik zincirleri en güçlü konuma geçmektedirler (Köfteci, 2008).

Ward vd. (2002)’ne göre tedarik zinciri yönetiminde ürünlerin akışı genelde şu şekilde gerçekleşir;

Şekil 2. Tedarik zinciri yönetiminde ürün akışı



Kaynak: Yazar tarafından Ward vd. (2002)'nin araştırmasından uyarlanmıştır.

Bir ürünün son tüketiciye ulaşana kadar izlediği yolu gösteren Şekil 2.'de basamaklar arasındaki her ok lojistik süreçleri ifade etmektedir. Başka bir deyişle basamaklar, lojistik faaliyetler ile birbirine bağlanmaktadır. Sonraki bölümde lojistik ve lojistiğin faaliyetleri incelenecektir.

3.2 LOJİSTİĞİN TANIMI

Lojistik kavramı, 1830 yılında Fransız Baron de Jomini tarafından kullanıldığı günden bugüne farklı kaynaklarda geniş bir anlam ve kapsam yelpazesinde kendine yer bulmuştur. Kelimenin oluşumunun iki versiyonu vardır; ilki askeri rütbeden türetilmiştir ve askeri destek birimlerinin organizasyonunu anlatır. Diğeri ise askeri yer organizasyonları/kampçılık anlamındadır. Her iki anlamın kökeni de Fransızcadan gelir. İkinci Dünya Savaşında "lojistik" terimi planlama ve yönetim süreci ile ilgili müttefik birliklerin tedariki ve desteklenmesi olarak kullanılmıştır (Tepić vd., 2011). Lojistik kavramının kapsamını, anlamını ve amacını açık bir şekilde ortaya koymak için literatürdeki ifadeleri incelemek daha doğru olacaktır;

Dilworth (1992)'a göre lojistik, en düşük maliyetle en yüksek müşteri hizmet seviyesinin sağlanması için yer ve zaman engellerini aşmak amacıyla, hammaddenin elde edildiği noktadan son tüketim noktasına kadar hareket faaliyetlerinin ve bu

hareket için gerekli bilgi akışının planlanması, organizasyonu ve kontrolüdür (Dilworth, 1992; Köfteci, 2008:14).

CLM'nin 1991 yılındaki tanımına göre lojistik yönetimi; tüketici gereksinimlerini karşılamak amacıyla malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar ileri ve ters yönlü akışını, verimli ve etkili bir şekilde planlayan, uygulayan ve kontrol eden tedarik zincirinin bir parçasıdır. (CSCMP, 1991).

Stock vd., 1999 yılında yaptığı çalışmada lojistiği, ürünlerin ve bilgilerin taşınmasının ve depolanmasının yönetimi olarak tanımlamıştır ve başarılı bir lojistik faaliyetin maliyetleri azalıp işleri hızlandırması ve müşteri hizmetlerini iyileştirmesi gerektiğinden bahsetmiştir (Stock vd., 1999).

Lojistiğin 7 doğrusu olarak bilinen (7R's) ve aynı zamanda lojistiğin fonksiyonlarını da kapsayan şekliyle lojistik; doğru şekilde, doğru ürünü, doğru miktarda, doğru kalitede, doğru yerde, doğru zamanda, doğru müşteri için doğru maliyetle elde etmeyi içerir (Islam vd., 2012).

Lojistik yönetimi, tedarikçi ile müşteri arasındaki ileri (giden lojistik) ve geri (gelen lojistik) yönlü mal, hizmet ve bilgi akışını içeren tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Köfteci, 2008) ve tedarik zinciri yönetiminin bir alt fonksiyonudur (CSCMP, 1991).

Lojistiğin toplam maliyetleri düşürme ve müşteri memnuniyetini yükseltme gücü, işletmelerin en önemli stratejik silahıdır ve bu sebeple en çok yoğunlaşılan faaliyetlerin başında gelir (Köfteci, 2008). Langley vd., (2001)'nin araştırmasına göre Kuzey Amerika firmalarının %89'u ve Batı Avrupa firmalarının %90'ı lojistiği rekabet avantajı sağlamada stratejik bir araç olarak gördüklerini belirtmiş, lojistik sistemini iyi yöneten firmaların lojistik maliyetlerini %15 ile %50 arasında azaltabildikleri ifade edilmiştir.

Lojistiğin temel görevi eşya ve bilgi akışını, müşterinin beklentilerini karşılamak ve teslimatları zamanında gerçekleştirmek üzere senkronize etmektir ve müşteriye doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yerde tedarik etmeyi hedefler (Daganzo, 2005; Teodorović ve Janić, 2017).

3.3 LOJİSTİĞİN FAALİYETLERİ

Lambert, Stock ve Ellram (1998)'a göre bir ürünün başlangıç noktasından tüketim noktasına gidene kadar olan akışını sağlamak için gereken 5 temel faaliyet; müşteri hizmetleri, talep tahmin etme/planlama, envanter yönetimi, bilgi akışı ve malzemelerin elleçlenmesi olarak belirtilmiştir.

Ballou (2004) lojistik faaliyetlerini temel ve destekleyici lojistik faaliyetleri olmak üzere iki kısımda incelemiştir. Temel lojistik faaliyetleri müşteri hizmetleri, taşıma, stok yönetimi ve sipariş hazırlanma süreci iken destekleyici lojistik faaliyetleri ise depolama, satın alma, materyal elleçleme, ambalajlama, üretim planlaması ve bilgi akışı olarak ifade edilmiştir (Ballou, 2004; Lai ve Cheng, 2009).

Britannica Ansiklopedisi (1993), lojistik faaliyetlerini şu şekilde sıralamıştır: Müşteri hizmetleri, bilgi akışı, tersine lojistik, merkezler arası hareketler, envanter yönetimi, servis desteği, materyal elleçleme, sipariş işleme, tesis ve depo alanı seçimi, üretim planlama, koruyucu paketleme, satın alma, hurda imhası, trafik yönetimi ile depo ve dağıtım merkezi yönetimi.

Sarder (2020)'e göre lojistiğin 4 temel faaliyeti vardır; taşıma, depolama, 3. ve 4. parti lojistik (3PL ve 4PL) ile tersine lojistik;

Taşıma: Tedarik zinciri boyunca malların hareketinde rol oynayan 5 temel taşıma modu vardır; havayolu, karayolu, demiryolu, denizyolu ve boru hattı. Verimli bir lojistik sistem, en etkili taşıma modlarının kombinasyonun tespitiyle mümkündür.

Depolama: Dağıtım ya da üretim merkezlerinden (ya da merkezlerine) mal kabul, stoklama ve sevk etme aktivitelerini içerir. Ürün noktalar arasında hareket halinde değilse depoda bekler.

3. ve 4. parti lojistik (3PL ve 4PL): CSCMP sözlüğüne göre 3PL, bir firmanın lojistik operasyonlarının tamamını ya da büyük bir kısmını özelleşmiş bir şirket aracılığıyla (dış kaynak kullanarak) yürütmesidir. 4PL firmalar ise genelde müşteri ile birden çok lojistik servis sağlayıcısını birleştiren kuruluşlardır.

Tersine Lojistik: Ürünün müşteriden tedarikçiye iadesi, geri dönüşümü, yeniden kullanımı ya da imhasına ilişkin aktiviteleri içerir (Sarder, 2020).

Şirketlerin tedarik zinciri yönetimlerinde, yukarıda değinilmiş olan lojistik faaliyetlerini etkin bir biçimde uygulamak, şu önemli hedef ve görevlere ulaşmalarına yardımcı olur:

- “Müşteri siparişi ve pazardaki değişikliklere hızlı yanıt,
- Lojistik servislerdeki sapmaları en aza indirmeye,
- Maliyetleri azaltmak için stok seviyesini minimize etme,
- Sevkiyatları gruplandırarak ürün hareketlerini birleştirme
- Kaliteyi yüksek tutarak sürekli gelişim,
- Ürün ömrünü ve tersine lojistiği destekleme” (Sarder, 2020:11).

Köfteci (2008) yapmış olduğu çalışmada, lojistik faaliyetleri operasyonel ve operasyonel olmayan şeklinde 2 sınıfa ayırmıştır. Araştırmacıya göre operasyonel lojistik faaliyetleri taşıma, stok yönetimi, depo yönetimi ve sipariş yönetimi iken operasyonel olmayan lojistik faaliyetleri talep tahmini, müşteri hizmetleri, yer seçimi, üretim planlaması, satın alma ve diğer faaliyetlerdir.

3.4 LOJİSTİK MALİYETLER

Bir eşya üretiminden tüketimine kadar takip edildiğinde şu adımları izlediği görülür;

- (i) Üretim bölgesinden depolanacak bölgeye taşınır,
- (ii) Burada diğer eşyalarla birlikte taşıma aracını bekler,
- (iii) Taşıma aracına yüklenir,
- (iv) Teslimat bölgesine taşınır ve
- (v) Tüketilmek üzere araçtan indirilir ve teslim edilir.

Bu adımlar lojistik operasyonlardır ve eşyanın hareketine (mesafenin üstesinden gelme) ve tutulmasına/bekletilmesine (zamanın üstesinden gelme) ilişkin

maliyetleri meydana getirir. Harekete ilişkin maliyetler taşıma ve elleçleme maliyetleridir. Eşyanın tutulmasına ilişkin maliyetler alanın kirası, depolanması için gereken makinalar ve bakım maliyetleridir. Lojistik maliyetler, eşyanın taşınması ve depolanmasına ilişkin maliyetlerin tümüdür (Daganzo, 2005; NCFRP, 2013).

Zeng ve Rossetti (2003) lojistik maliyet kategorilerini taşıma, depolama, sipariş işleme, yönetsel giderler, envanter tutma maliyetleri, gümrükleme maliyetleri ile risk ve hasar maliyetleri olarak uluslararası lojistik operasyonları da kapsayan bir sınıflandırma yapmıştır. Engblom vd. (2012), lojistik maliyetleri taşıma, depolama, envanter tutma, yönetsel, paketleme ve dolaylı lojistik maliyetler olarak sınıflandırmıştır. Silva vd. (2014)'nin yaptığı çalışmanın sonuçları, lojistik maliyet kategorileri olarak depolama, taşıma, paketleme, envanter tutma, sipariş işleme ve bilgi teknolojileri, vergiler ve lojistik yönetsel giderleri önermektedir. Köfteci (2008), lojistik maliyet kalemlerini sipariş maliyeti, taşıma maliyeti, depolama maliyeti, depolamada zaman maliyeti, güvenlik stoğu maliyeti, güvenlik stoğu zaman maliyeti ve kayıp-zarar maliyeti şeklinde ele almıştır.

Köfteci (2008:56-60)'nin çalışmasına göre lojistik maliyet kalemleri şu şekilde tarif edilebilir:

- Sipariş Maliyeti:

Sipariş edilen ürünün neden olduğu maliyetlerdir ve sipariş öncesi ve sipariş sonrası maliyetler olarak 2 kısma ayrılır. Genelde siparişin büyüklüğü ile değil, sipariş sayısı ile orantılı değişir. Şirketler açısından siparişin temel amacı, müşterinin siparişini yerinde ve zamanında müşteriye memnun edecek şekilde teslim edilmesidir.

- Taşıma Maliyeti:

Taşıma maliyeti iki nokta arasında mesafeyi aşmak amacıyla yapılan harcamalardır ve ürünün taşınması ile elleçlenmesini kapsar. Kullanılacak taşıma sistemine ve yüke bağlıdır.

- Depolama ve Depolamanın Zaman Maliyeti:

Depolama, ambalajlama, etiketleme, konsolidasyon ve son kullanıcıya uygun şekilde ulaştırılması için gereken tüm kontrollerin oluşturduğu maliyetler depolama maliyetleri, depoda tutulan ürün için vazgeçilen maddi tutar (fırsat maliyeti) ise depolama zaman maliyetidir. Fırsat maliyeti depolanan ürün değerine ve yıllık faiz oranına bağlıdır.

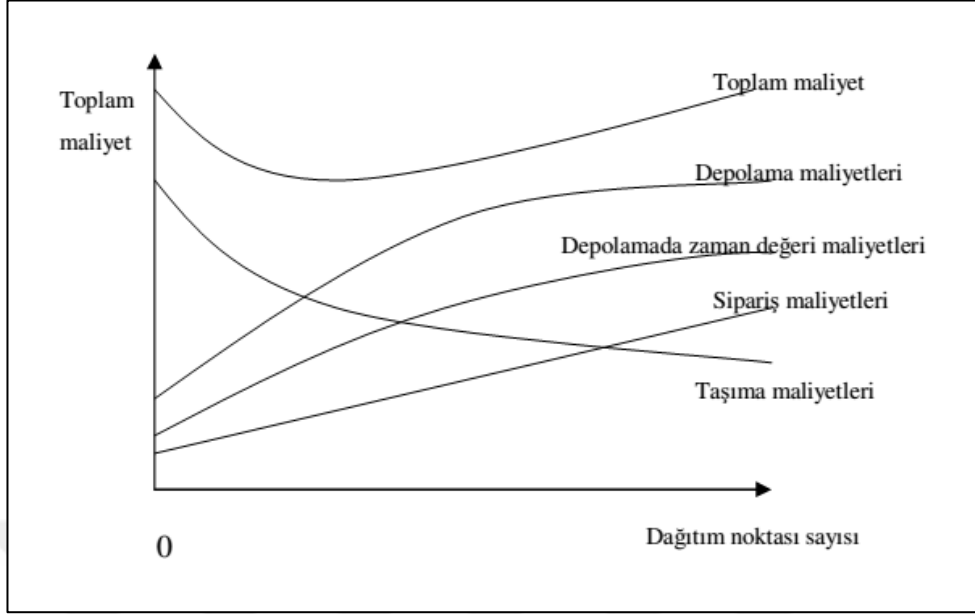
- Güvenlik Stoğu ve Güvenlik Stoğunun Zaman Maliyeti

Güvenlik stoğu, tedarik süresinin ya arzın kesin olmadığı durumlarda sipariş kaçırmamak için oluşturulan stoktur. Güvenlik stoğu olarak alınan malların depoda tutulması ve elleçleme maliyetleri güvenlik stoğu maliyeti olarak ifade edilebilir. Güvenlik stoğu maliyetlerini düşürmek isteyen firmalar, stoğun tükenmesi durumunda sipariş kaybı yaşayabilir ve müşterilerini kaçırmalırlar. Rakibe giden müşteri tekrar geri gelmeyebilir ve bu firmalar için büyük bir risktir. Güvenlik stoğu zaman maliyeti, güvenlik stoğu olarak alınan mal için maddi olarak vazgeçilen tutar, bu tutarın fırsat maliyetidir.

- Kayıp-Zarar Maliyeti:

Lojistik süreçler esnasında taşınan ürünün zarar görmesinden ve kaybindan ortaya çıkan zararlardır (Köfteci, 2008).

Şekil 3. Lojistik Maliyetlerin Değişimi



Kaynak: Köfteci, 2008

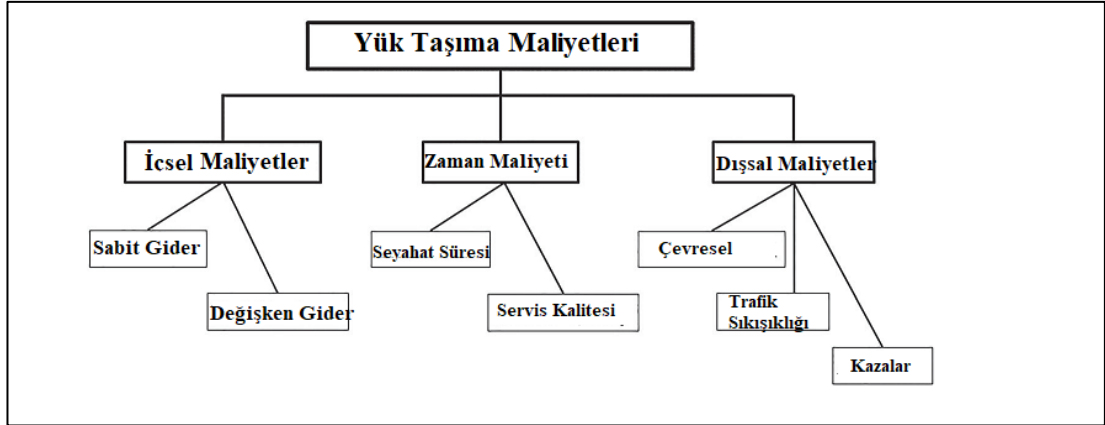
Şekil 3, değişen yol ve yüke göre lojistik maliyetlerindeki değişimi göstermektedir. Genel olarak toplam lojistik maliyetler, taşıma maliyetleri hariç taşınan yük ile orantılı artar. Ancak taşıma maliyetleri bunun tersine ölçek ekonomisine sahip olma eğilimindedir ve taşınan yük hacmi ile ters orantılı değişir.

Bu tezin amacı yalnızca karayolu taşıma yerine intermodal demiryolu/karayolu taşımacılığı kullanıldığında KK operatörlerinin toplam taşıma maliyetlerinin nasıl değiştiğini incelemek olduğu için, taşıma maliyetlerinin hesaplanmasına yardımcı olacak bir model önermeden önce lojistikte taşıma maliyet sürücülerini üzerinde daha detaylı durulacaktır.

3.5 TAŞIMA MALİYETLERİ

Taşıma maliyetleri; içsel (operasyonel) maliyetler, zaman maliyeti ve dışsal (çevresel) maliyetler olarak sınıflandırılabilir;

Şekil 4. Yük taşıma maliyetlerinin sınıflandırılması



Kaynak: İzadi vd., 2020

Şekil 4.'de görüldüğü gibi taşıma maliyetleri içsel ve dışsal maliyetler ile zaman maliyetleri olarak sınıflandırılabilir (İzadi vd., 2020). Lojistiğin temel amacı maliyetleri, başta da taşıma maliyetlerini azaltmaktır. Taşıma maliyetleri, en çok dikkat çeken lojistik maliyet kalemidir (Rodrigue, 2013).

3.5.1 İçsel (Operasyonel) Taşıma Maliyetleri

İzadi vd., (2020)'nin çalışmasına göre içsel maliyetler, sabit ve değişken maliyetler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sabit maliyetler; yatırım, eskime, sigorta ve tescil giderleridir. Değişken maliyetler ise yakıt, yakıt vergileri, yağ, tekerlek ve amortisman giderleri, bakım ve tamir giderleri, eleman masrafları ile park ve otoyol masrafları olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmaya göre dışsal maliyetlerden çevresel olanlar da iklim değişikliği, gürültü kirliliği, hava kirliliği ve su kirliliği olmak üzere 4 başlıkta toplanmıştır (İzadi vd., 2020:16-17).

NCFRP (2013) raporuna göre içsel (operasyonel) taşıma maliyetleri, şirketin günlük işleyişi esnasında ortaya çıkan maliyetlerdir ve bileşenleri İzadi vd. (2020)'nin araştırmasına paralel şekilde değişken ve sabit olmak üzere ikiye ayrılır: Değişken maliyetler yakıt, yakıt vergisi, yağ, lastik ve yıpranma, bakım ve onarım, personel

maaşları, zaman maliyeti ve park ve otoyol ücretleri olarak sınıflandırılırken sabit maliyetler yatırım sermayesi, eskime maliyeti, sigorta ve kayıt ve tescil ücretleridir. Bu rapora göre içsel (operasyonel) taşıma maliyetlerini etkileyen faktörler şu şekilde sıralanmıştır:

1. İş modeli (Özelleşmiş taşıma işleri, FTL, LTL, hızlı kurye, vs.)
2. Özel ya da kiralık Operasyon (Kendi taşıması ya da 3PL)
3. Mesafe (Uzun-kısa yol)
4. Araç Tipi
5. Araç konfigürasyonu
6. Hizmet verilen bölge (şehir merkezi, kırsal)
7. Sabit Maliyetler (yönetimsel, pazarlama, satış, vs.)
8. Yakıt fiyatındaki hareketler
9. Personel eksikliği
10. Trafik sıkışıklığı ve park masrafları (şehirlerde)
11. Şehrin alanının genişlemesi ve
12. Diğer kısıtlamalar (NCFRP Freight Data Cost Elements, 2013:5).

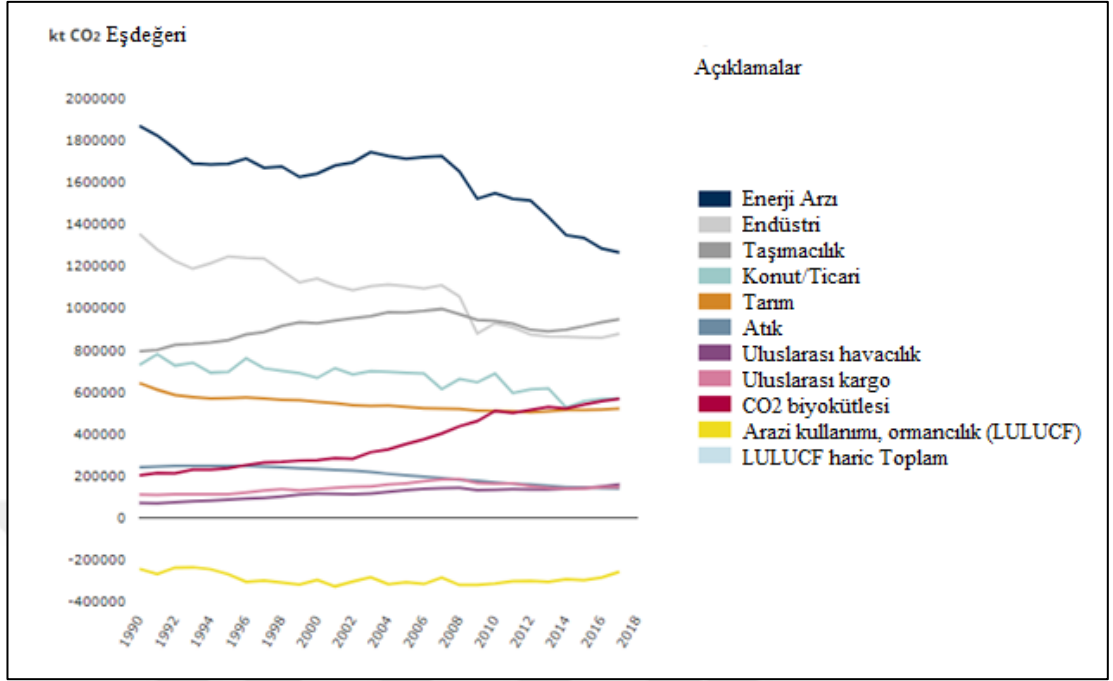
Hooper ve Murray (2018), içsel (operasyonel) maliyetleri marjinal maliyetler üzerinden analiz etmişlerdir. Marjinal maliyetler, taşıma kapasitesine her bir ilave birimin eklenmesi durumunda toplam maliyetteki değişim olarak ifade edilebilir ve genel olarak ölçek ekonomisine sahip olma eğilimindedir (Teodorović ve Janić, 2017). Hooper ve Murray (2018), marjinal operasyonel maliyetleri araç ve personel temelli olarak üzere ikiye ayırmıştır;

Araç temelli marjinal maliyetler; Yakıt, Araç satın alma masrafları, Tamir ve bakım masrafları, Araç sigorta prim masrafları, Özel izin ve lisanslar ve Otoyol ücretleridir. Personel temelli marjinal maliyetler ise Sürücü masrafları ve Sürücü sosyal hakları olarak sınıflandırılmıştır (Hooper ve Murray, 2018:18)

3.5.2 Dışsal (Çevresel) Taşıma Maliyetleri

Lojistiğin temel amacı başta taşıma olmak üzere maliyetleri düşürmektir. Lojistik operatörleri, içsel maliyetlerini düşürecek stratejilere oldukça sıcak yaklaşırlar ve bu stratejilerin olası dışsal maliyetlerini göz önünde bulundurmazlar (Rodrigue vd., 2013:276-277). Dışsal maliyetler taşımacılık faaliyetlerini gerçekleştirenler tarafından tam olarak karşılanmazlar ve genelde taşıma kararı verirken hesaba katılmazlar (Digiesi vd., 2016). Kapıdan kapıya teslimat, hangi modun kullanıldığından bağımsız bir şekilde toplum üzerinde yük oluşturur. Oluşan bu yük, sürekli ve yoğun olup fiyatlara yansıtılmıyor ise dışsal maliyetler olarak kabul edilirler (Janić, 2007). CE Delft (2008), taşımacılıkta dışsal maliyetler üzerine yapmış olduğu çalışmada dışsal maliyetleri, politika müdahalesi olmadığında taşıma işini yapanlar tarafından hesaba katılmayan, topluma ait maliyetler olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada üzerinde durulan temel maliyet kategorileri trafik sıkışıklığı, altyapı yetersizliği (gecikmeli ulaşım), trafik kazaları, hava kirliliği, gürültü, doğal hayat ile yukarı ve aşağı yönlü süreçler olmuştur (CE Delft, 2008). Ricardo-AEA (2014), dışsal maliyetlere ilişkin AK için hazırladığı raporda maliyet faktörü olarak trafik kazaları, gürültü, iklim değişikliği, trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, altyapı aşınması ve yolcu/yük taşımacılığının diğer yukarı ve aşağı yönlü çevresel etkilerini ele almıştır (Ricardo-AEA, 2014).

Şekil 5. Sektörlere göre Sera Gazı Salınımı.



Kaynak: EEA (2018)

Şekil 5.'de görülebileceği gibi Avrupa Çevre Ajansı (EEA) 'nın raporunda sektör bazında yalnızca Taşımacılık sektörünün Sera gazı salınımı, 2008-2014 arası dönem haricinde 1990'dan beri düzenli olarak artmaktadır (EEA, 2018). Bugün itibariyle global sera gazı salınımının %16,2'si taşımacılık sektöründen kaynaklanmaktadır. Karayolu taşıma modu tek başına bu oranın %11,9'unu oluşturur ve taşıma modları içerisinde en çok CO² salınımına sebep olan taşıma modudur (Ritchie ve Roser, 2016). Karayolu, global yük taşımacılığının yalnızca %10'unu (ITF at OECD, 2015) karşılıyor olsa da Türkiye'de taşınan yurtiçi yüklerin yaklaşık %90'ı için tek taşıma modu durumundadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018).

Beuthe vd. (2002), trafik sıkışıklığının taşımaya ilişkin maliyetlerinin nakliye şirketleri tarafından fiyatlara yansıtıldığını, bu sebeple dışsal maliyet olarak değerlendirilemeyeceğini tartışmıştır. Ancak yol ağına dahil olan her ilave araç, ağda halihazırda bulunan araçlar için ilave gecikme yaratacaktır (Sansom vd. 2001). Ayrıca trafik hızı 20 km/s altında seyrettiğinde araçların yakıt tüketimi ve CO² salınımında ciddi bir artış oluşmaktadır (SMMT, 2005). Piecyk ve McKinnon (2007), Birleşik

Krallık 'daki karayolu yük taşıması kaynaklı dışsal maliyetlere ait yaptığı çalışmada dışsal maliyetlerin %40'ının trafik sıkışıklığı, %23'ünün altyapı, %19'unun trafik kazası, %8'inin sera gazı salınımı, %7'sinin diğer hava kirliliği etmenleri ve %2'sinin gürültü kirliliği kaynaklı olduğu sonucuna varmışlardır.

Trafik sıkışıklığı, karayoluna ait dışsal maliyetlerin en büyük payını oluşturan faktördür (CE Delft, 2011; Piecyk ve McKinnon, 2007). Matsuoka vd. (2011), trafik sıkışıklığının kurye ve şoförler için önemli bir stres kaynağı olduğundan ve artan sürüş süresinin yüksek egzoz kirliliğine daha uzun süre maruz kalma anlamına geldiğinden bahsetmiştir. Şehirlerden örnek vermek gerekirse İstanbul, dünyanın en çok trafik sıkışıklığına sahip 4. şehridir ve 2019 yılında trafik sıkışıklığında geçirilen sürüş süresi 153 saat, trafiğin yoğun olduğu saatlerde araçların ortalama hızı 33,6 km/s, yoğun olmadığı saatlerde 40 km/s, serbest aktığı saatlerde ise 56 km/s olarak hesaplanmıştır (Inrix, 2020). Smith vd. (2005) çalışmasında, dışsal maliyetlerin yaklaşık %50'sini otomobillerin, %27'sini ise ticari araçların oluşturduğunu hesaplamıştır. Piecyk ve McKinnon (2007)'in çalışmasında bahsedilen trafik sıkışıklığı maliyeti göz önüne alındığında, ticari araçların şehir trafiğine %10 oranında katkı yaptığı hesaplanabilir. Buradan yola çıkarak ticari araçların şehir trafiğine katılmaması durumunda, İstanbul'da sürücülerin trafik sıkışıklığının olumsuz etkilerine yaklaşık olarak 15 saat daha az maruz kalacağı söylenebilir.

CE Delft (2019:34) raporunda dışsal (çevresel) maliyet kategorilerinin dışsalılık seviyeleri şu şekilde ifade edilmiştir;

Tablo 1. Dışsal maliyet kategorilerinin sosyal maliyetleri

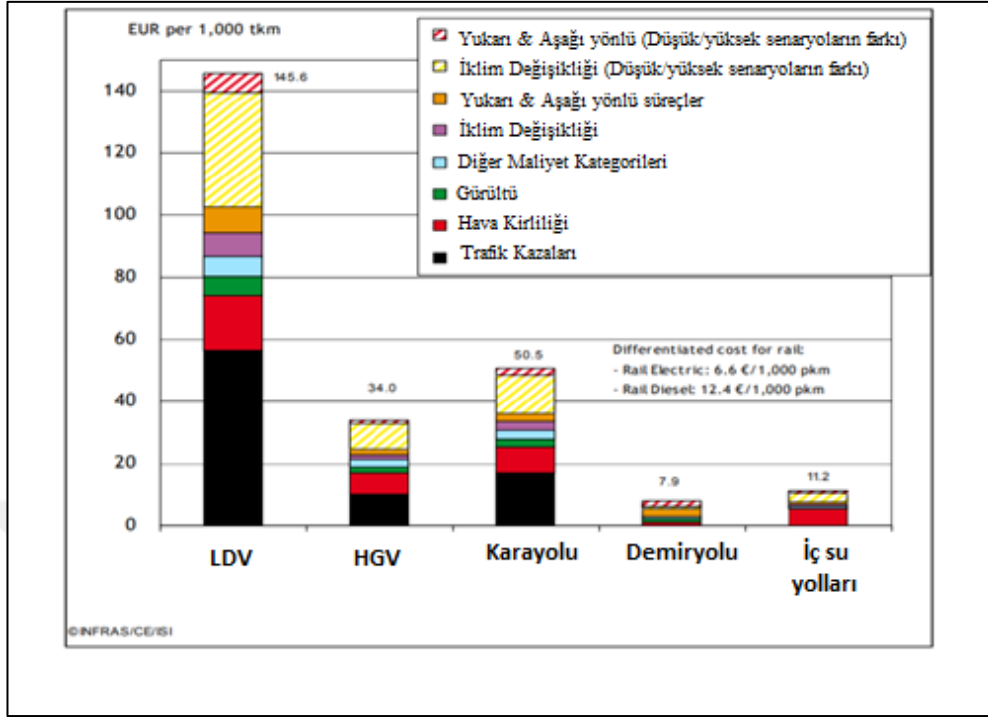
Maliyet Kategorisi	Sosyal Maliyetler
Trafik sıkışıklığı ve kısıtlı maliyetleri	Mevcut altyapı kapasitesinde oluşan yüksek trafik yoğunluğunun trafik kullanıcıları ve toplum üzerindeki tüm maliyetler (gecikme, güvenilir olmayan seyahat süresi, ek operasyonel maliyetler)
Trafik kazası maliyetleri	Kazaların tüm direkt ve dolaylı maliyetleri (malzeme maliyeti, medikal maliyetler, üretim kayıpları, hayati kayıplar ve acılar)

3.6 İNTERMODAL TAŞIMACILIK

İntermodal taşıma, yükün tek bir yükleme birimi ya da aracı ile, mod değişimi esnasında elleçlenmeden art arda iki ya da daha çok taşıma modu kullanarak taşınmasıdır (BM, 2001). İntermodal taşıma, yükün taşınmasının farklı evrelerinde en çok enerji tasarrufu sağlayan modun kullanılmasına olanak sağlayabilmektedir (IEA/OECD, 2009). İntermodal taşımacılık, birçok kaynak tarafından tek modlu karayolu taşımacılığına kıyasla çok daha çevreye duyarlı bir taşıma yöntemi olarak gösterilmekte olup karayolu taşımacılığına karşı oldukça önemli bir alternatiftir (Woxenius, 2001; AK, 2001a,b; White Paper, 2010).

Ticari araçların sınıflandırılmasına ilişkin literatürde belirgin bir terminoloji farkı bulunmaktadır; Avrupa Komisyonu, yük taşıma amaçlı kullanılan ve brüt ağırlığı 3.5 tonu geçmeyen araçları hafif hizmet aracı (light duty vehicle; LDV) ya da Van tipi araç olarak isimlendirir (AK, 2007). ABD ise 3.8 ton (8.5 lbs) altında kalan araçları hafif hizmet kamyonu (light duty truck; LDT) olarak sınıflandırmaktadır (EPA, 2002). Taşıdığı yük ile toplam ağırlığı 3.5 ton üzerindeki ticari araçlar ise çeşitli kaynaklarda ağır yük aracı (heavy goods vehicle; HGV), ağır hizmet aracı (heavy duty vehicle; HDV), ağır ticari taşıt (heavy commercial vehicle; HCV) ya da ve geniş ticari araç (large goods vehicle; LGV) olarak geçmektedir (AK, 2007; CE Delft 2011; DfT, 2002). Tez boyunca karışıklığa yer vermemek adına hafif ticari araçlar LDV, ağır ticari araçlar ise HGV olarak anılacaktır.

Şekil 6. Taşıma modlarına göre oluşan Dışsal Maliyetler (€/1000t-km)



Kaynak: CE Delft (2011)

Şekil 6’de de görülebileceği gibi özellikle şehir lojistiğinde en çok kullanılan araç sınıfı olan LDV, demiryolu taşımacılığına kıyasla yaklaşık 18 kat daha fazla dışsal maliyet oluşturmaktadır (Allen vd., 2016). OECD-ITF (2015) raporuna göre 2050 yılında karayolu taşıma modunun demiryolu taşıma moduna kıyasla 20 kattan fazla CO² salınımına sebep olması beklenmektedir:

Tablo 2. 2050 yılında küresel ticarete ait yük ve emisyon değişimleri

	Yük Hacmi (milyar ton-km)		Büyüme (%)	CO2 emisyonu (milyon ton)		Büyüme (%)
	2010	2050		2010	2050	
Karayolu	6.388	30.945	384	1.118	4.519	304
Demiryolu	4.262	19.126	349	62	217	250

Kaynak: OECD-ITF, (2015)

The future of Rail (2019) raporunda da belirtildiği gibi, demiryolu en verimli ve sera gazı salınımı en az olan taşıma modlarından biridir. Demiryolu, global yük taşımanın %7'lik kısmından sorumlu olsa da taşıma sektörünün kullandığı enerjinin yalnızca %2'sinden, global CO² salınımının ise yaklaşık %0,3'ünden sorumludur. Aynı raporda çizilen temel senaryoya göre 2050 yılında, yıllık demiryolu yatırımlarının 315 milyar Amerikan dolarına yükselmesi öngörülmektedir (IEA, 2019).

Birinci kısımda paylaşılmış olan büyüme öngörülerine paralel olarak Birleşik Krallık Ulaştırma Bakanlığı, 2040 yılında İngiliz yollarında mil başına kaybedilen saniye miktarının %61 artmasını ve ortalama hızın %9 azalmasını öngörmektedir (DfT, 2013). Buna bağlı olarak karayolu taşıma operasyonlarının direkt ve dolaylı maliyetleri kayda değer bir biçimde artacaktır (McKinnon vd., 2015). Taşımacılık şirketlerinin taşıma ağını kullanması yoğunlukla diğer yol kullanıcıları için gecikmeye neden olur. Yük taşıyan kamyon ve kamyonetlerin sebep olduğu trafik sıkışıklığı hassas yaşam alanlarında hava kirliliği ve gürültüye, yol açtığı trafik kazaları ise insan hayatı ve taşınan yüklerin zarar görmesi gibi ciddi etkilere sebep olmaktadır (Schoemaker vd., 2006).

Smokers vd. (2014) çalışmasında CO² salınımı azaltmak adına yapılacak yeşil lojistik stratejilerinden biri olarak intermodal taşımacılığı önermiştir. Lojistik verimliliği arttırmanın CO² salınımını %10'a kadar azaltma potansiyeli olduğuna değinen araştırma, sürdürülebilir ve maliyeti düşürme hedeflerinin aynı anda gerçekleşmediği stratejiler için lojistik operatörlerin gönüllü olarak girişimde bulunmayacağını tartışmıştır.

Notteboom vd. (2020) araştırmasında yaptığı anket araştırmasına göre taşıma modu değişimi/intermodal taşıma, firmalar tarafından %15 ile dördüncü en çok bahsedilen yeşil lojistik seçeneği olmuştur.

Mostert vd. (2017) yaptığı çalışmada yalnızca karayolu ile karayolu/demiryolu ve karayolu/iç su yolu intermodal taşımacılık seçeneklerini karşılaştırmış, sonuçta dışsal maliyetlerin intermodal taşımacılıkta çok daha düşük olduğu, ancak operasyonel maliyetlerde karayolu taşımacılığın en düşük maliyetli seçenek olduğu sonucuna varmıştır.

İncelenen çalışmalar ve raporlar göz önüne alındığında intermodal taşımacılığın tercih edilmesine yönelik trendleri 3 maddede özetlemek mümkündür;

1. Artan popülasyon ve büyüyen ekonomilerin bir çıktısı olarak lojistik ve taşımacılık sektörü büyümektedir. Buna bağlı olarak şehirlerdeki mevcut karayolu ağı yetersiz kaldığından trafik sıkışıklığı maliyetleri artmakta, tek modlu karayolu taşımacılığına alternatif geliştirmek gerekmektedir (Matsuoka vd., 2011).
2. Artan sera gazı salınımına bağlı olarak küresel ısınma, global hava kirliliği ve gürültü kirliliği gibi çevresel faktörleri azaltmak için daha yeşil taşıma modlarına ağırlık verilmesi gerekmektedir (Ricardo-AEA, 2014).
3. Dışsal maliyetler konusunda politik müdahaleler arttıkça lojistik operatörleri tarafından dışsal maliyetlerin içselleştirilmesi gerekeceği için firmaların daha az dışsal maliyete sahip taşıma modu seçeneklerine yönelmesi beklenecektir (CE Delft, 2008).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ŞEHİR LOJİSTİĞİ VE KARGO/KURYE SEKTÖRÜ

4.1 ŞEHİR LOJİSTİĞİ

Gürel ve Asan (2018)'in çalışmasında oluşturmuş olduğu literatür incelemesine göre şehir lojistiğine ait bazı tanımlar şu şekildedir;

Yerleşim bölgelerindeki lojistik faaliyetlerin incelenmesi, planlanması, sürdürülmesi ve iyileştirilmesi konularını kapsayan lojistik alanıdır (Büyüközkan vd., 2012)

Kentsel çevrede trafik ortamını, trafik sıkışıklığını, trafik güvenliğini ve enerji tasarrufunu göz önünde bulundurarak kentsel alanlarda gelişmiş bilgi sistemlerini

destekleyen özel şirketler tarafından lojistik ve taşımacılık faaliyetlerini tamamen optimize etme sürecidir (Taniguchi vd., 2001).

Kent sınırları içerisinde gerçekleşen lojistik süreçlerin planlanması, koordine edilmesi ve kontrolüne odaklanır ve maliyetleri optimize edecek, sıkışıklığı azaltacak ve yaşam kalitesini arttıracak şekilde malların (ham madde, yarı mamul, mamul ve atık, vb.), insanların ve bilginin fiziksel hareketiyle ilgilenir (Witkowski ve Kiba-Janiak, 2014).

Avrupa’da kentsel bölgelerdeki yük taşımacılığının %80’inden fazlası 80 km. ’den az mesafeler arasında gerçekleşmektedir (BESTUFS, 2007). Kentsel alanlarda, özellikle şehirlerin çekirdek bölgelerinde kargoların/yüklerin teslimatı ve toplanması; şehrin ekonomik gücü, yaşam kalitesi, erişilebilirliği ve çekiciliği açısından yerel topluluk üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Gelişmiş ülkelerde nüfusun %70’i, gelişmekte olan ülkelere ise nüfusun %40’ı kentsel alanlarda yaşamaktadır ve trafik kazalarının %69’u şehirlerde meydana gelmektedir (IPCC, 2007). Bu sebeple şehirler güvenli, verimli ve çevre dostu kentsel ulaştırma sistemlerine gereksinim duymaktadırlar (BESTUFS, 2003).

Global ticaretin 2 tarafından (alıcı ya da satıcı) en az biri metropol alanlarda bulunuyor olsa da günümüzde çok az şehir ve ülke, kentsel taşımaya ilişkin sürdürülebilir taşıma politikaları, programlar ve özel sektör ile iş birlikleri oluşturmuştur. Kentsel taşımanın şehirlerdeki hava kirliliği ve CO² salınımlarında ciddi bir payı bulunmaktadır. Sürdürülebilir lojistik konusunda stratejiler oluşturulmazsa, artan e-ticaret hacminin eşliğinde kentsel taşımanın çevresel etkilerini azaltmak gittikçe zorlaşacaktır (TDA, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü raporuna göre şehirlerde yaşayan insanların büyük kısmı önerilen çevre kirliliği seviyesinin oldukça üstünde bir kirliliğe maruz kalmaktadır (WHO, 2016). IPCC raporunda kentsel taşımacılığın şehirlerdeki CO² salınımlarının büyük bir kısmından sorumlu olduğu belirtilmektedir (IPCC, 2018). Artan e-ticaret talebinin de katkısı ile kentsel taşımacılık, trafik sıkışıklığını, hava kalitesini ve CO² salınımlarını arttıran bir etmen olarak ortaya çıkmaktadır. Raporda ortak kent meseleleri için belirlenen çözümler şu şekilde sıralanmıştır;

- “1. Şehir merkezi vb. sıkışık yerlerde kısıtlı bölgeler oluşturarak bu bölgeye girişlerde ilave vergi ya da ücret alınması. Bu uygulama kullanıcıları daha ucuz ve hızlı taşıma modlarına yönlendirmeyi hedeflemektedir.*
- 2. Serbest akışlı otoyol ödeme sistemi kurulması. Bu sistem otoyollardaki fiziksel gişelerin yerine hızlı trafik akışını engellemeden ödeme yapılmasını ve seyahat süresini azaltmayı hedeflemektedir.*
- 3. Trafiğin yoğun olmadığı sabah erken saatlerde ya da gece geç saatlerde teslimat yapılması. Bu uygulama ile oluşacak ilave personel maliyetlerinin çevresel maliyetlerden daha düşük olması beklenmektedir.*
- 4. Karbon vergisi alınması. Bu uygulama ile firmaların, oluşturdukları CO² salınımını maliyet kalemi olarak hesaba katmaları hedeflenmektedir.*
- 5. Yeraltından kargo teslimatı sistemi oluşturulması. Bu, pahalı bir uygulama olup devlet tarafından alınması gereken bir karardır. Ancak beraberinde CO² salınımının, trafiğin ve gürültünün azalmasına katkı sağlayarak güvenliği arttırması öngörülmektedir.*
- 6. Mikro lojistik merkezleri oluşturulması. Mevcut toplama merkezleri yerine şehir merkezlerinde yeraltında oluşturulan lojistik merkezler, firmalar için daha ucuz bir seçenek olabileceği gibi yoğun şehir merkezlerinin yükünü hafifletmeyi amaçlamaktadır” (TDA, 2019:34).*

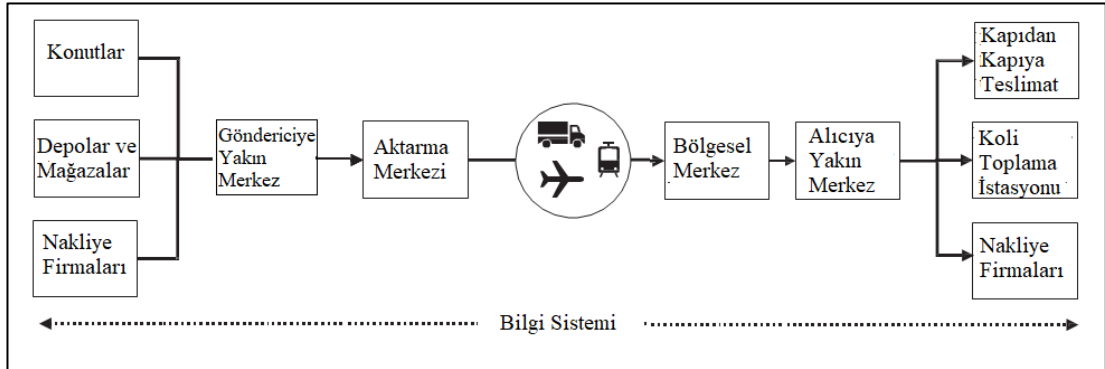
Karayolu taşıma modu, global sera gazı salınımının yaklaşık %12'sinden, kentsel taşımacılık ise global karayolu CO² salınımının dörtte birinden sorumludur (Ritchie ve Roser, 2016). White papers on Transport raporunda 2050 yılında CO² salınımının %60 azaltılması hedefine ulaşılabilmesi için karayolu taşıma modundan diğer taşıma modlarına %50 geçiş hedeflenmektedir. Raporda 2030 yılı kentsel taşımada sıfır sera gazı salınımı hedefine ulaşabilmek için, kentsel taşıma akışını takip edip yönetecek en iyi uygulamaları üretme, farklı modlara erişimi kolaylaştıracak arazi planlaması stratejileri ve lojistik operatörlerin düşük sera gazı salınımına sahip ticari araç satın almalarını destekleyecek uygulamalardan bahsedilmektedir (White Papers, 2011).

4.2 KARGO/KURYE SEKTÖRÜ VE E-TİCARET

Kargo, kurye ve paket taşıma (Courier/Express/Parcel, CEP) hizmetlerinin tümü Kargo ve Kurye hizmetleri (KK) olarak ifade edilmektedir (Lojistik Derneği (LODER), 2020). KK sektörü geçtiğimiz 20 yılda, genel parsiyel taşımacılığın bir kolu olarak gelişmiştir (Ducret, 2014). ABD’de 2007’de her gün ortalama 32,4 milyar Amerikan doları değerinde, 35,7 milyon ton yük yurtiçinde 9,6 milyar ton-km yol kat etmiştir (ABD Ulaştırma Bakanlığı, 2008). Bu yüklerin %90’ı tek modlu taşıma ile sevk edilmiş olup yalnızca %10’luk kısmı 2 veya daha fazla mod ile taşınmıştır.

Kurye servisi genel olarak 5 kg’a kadar olan kolileri ve evrakları, gönderenden alıcıya güzergâh değiştirmeden taşınmasını organize eden profesyonel teslimat servisidir (Pfohl vd., 2020). Kargo/paket hizmetleri de kurye servisine benzer şekilde 31,5 kg’a kadar olan hafif kolileri ve evrakları taşır ancak kargo şirketi bu taşımayı sabit ve planlanmış bir program ile kendi lojistik ağlarını kullanarak gerçekleştirir (Sage, 2008; Ducret, 2014).

Şekil 7. Kurye/ekspres kargo ağı



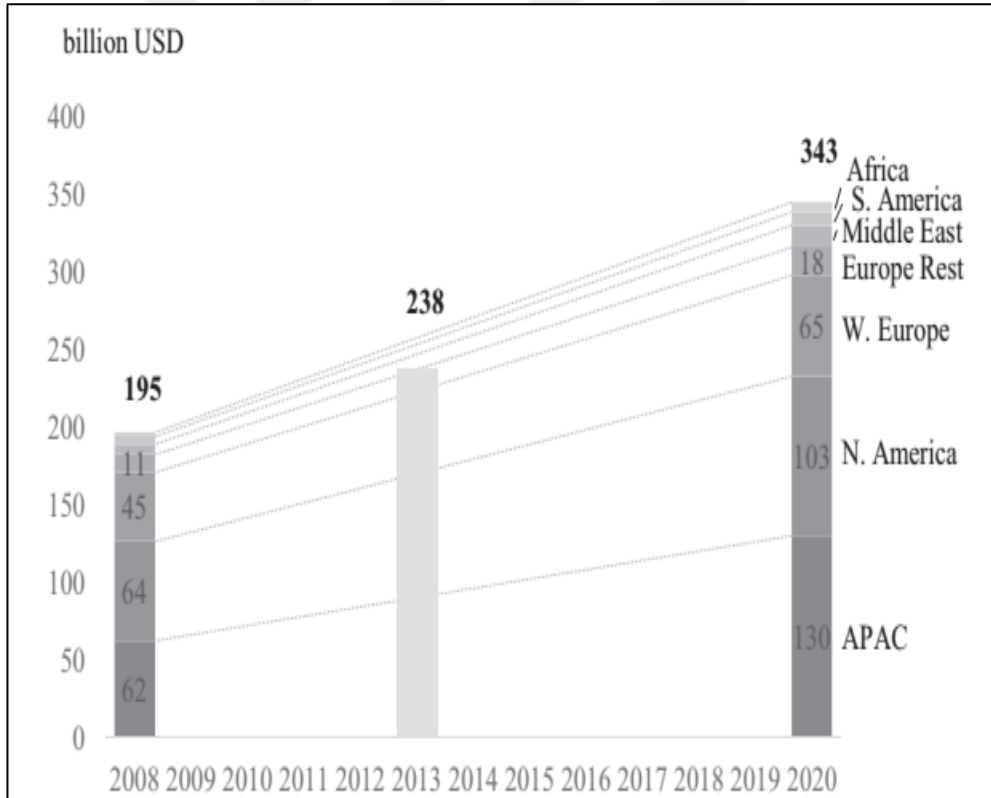
Kaynak: Pfohl vd., (2020)

Jiao, (2018) çalışmasında kargo şirketlerinin çalışmasını, küçük koli ve evrakların ev ve işyerlerinden toplayarak aktarma merkezine getirilmesi ya da gönderenin gönderisini kargo şirketinin şubesine bizzat getirmesi olarak özetlemiştir. İkinci durumda kargo şirketi şubedeki kargoları toplayarak aktarma merkezine

götürür. E-ticaret şirketlerinin kargoları depolardan daha büyük araçlar yardımıyla toplanır ve her gün aktarma merkezine taşınır. Şekil 7’de de görülebileceği gibi gönderilecek olan tüm kargolar dağıtım için tercih edilen taşıma moduna uygun araçlara yüklenmeden önce aktarma merkezinde toplanıp işlenirler. Daha sonrasında yerel toplama merkezlerine getirilen kargolar, kapıdan teslim edilirler ya da teslimat noktasına bırakılırlar.

Geçtiğimiz on yılda teslim edilen kargo adedi 2 katından fazla artmıştır. Buna paralel olarak KK sektörü büyümekte olup, yurtiçi gönderiler toplam pastanın %75’ini oluşturmaktadır (Bateman vd., 2015). Şekil 8, KK pazarının bölgelere göre nasıl büyüdüğünü açık bir şekilde göstermektedir.

Şekil 8. Global KK pazarı büyüklüğü



Kaynak: Pfohl vd., (2020)

Dünya'ya paralel olarak Türkiye'de de KK sektörü büyümektedir. Türkiye Kargo, Kurye ve Lojistik İşletmecileri Derneği (KARİD) Başkanı Aslan Kut'un ifadesiyle KK sektörü, 25 bin araç ile 10 bin sabit merkezden günlük 7 Milyon adres ziyareti gerçekleştirilmekte, 5 Milyon kilometre yol kat edilmektedir (KARİD, 2017).

Pfohl vd. (2020)'nin çalışması, KK pazarının hızla büyümekte olsa da tüketicilerin tercihlerine göre şekillendiğini göstermektedir. Tüketicilerin yaklaşık %70'i en ucuz teslimat yöntemi seçerken %25'i hızlı teslimat için daha çok ödeme yapmaya razıdır. %5'i ise belirtilen zaman içinde güvenilir teslimata önem vermektedir. Tüketicilerin %47'si kargo iadesini evi dışında bir noktadan gerçekleştirmek isterken, %73'ü ücretsiz teslimatı temel bir etmen olarak değerlendirmekte; %58'i ücretsiz iadenin çevrimiçi ürün satın almak adına hayati önem taşıdığını belirtmektedir (UPS, 2015).

Gelişen teknolojiyle birlikte mektuplar artık çoğunlukla dijital ortamdan iletildiği için geçtiğimiz on yılda mektup gönderimi %25 ile %50 arasında azalmış olsa da dijitalleşme sayesinde büyüyen e-ticaret pazarı KK sektörünü pozitif yönde etkilemiştir (Bateman vd., 2015; Allen vd., 2016). 2017 yılında perakende satışların yaklaşık %10'u e-ticaret ile gerçekleşmiştir ki bu oran, 1,2 trilyon Euro değerinde bir hacme karşılık gelmektedir (Pfohl vd., 2020). Çin'de 2011 ile 2016 yıllarında arasında e-ticaret yıllık %41,7, KK sektörü ise yıllık %54 büyümüş, 2016 yılında 31,28 milyar eşya teslim edilmiştir (Jiao, 2018).

2020'ye kadar olan süreçte global KK pazarının nasıl geliştiği Şekil. 8'de görülmekte olsa da 2020 yılında COVID-19 salgını ile resim değişmiştir. COVID-19 ilk kez 12 Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde görüldü ve virüs birkaç hafta içinde Çin'de milyonlarca insana bulaştı (Bhatti vd., 2020). Dünya Sağlık Örgütü, 30 Ocak 2020'de bunun bir salgın olduğunu duyurdu ve 12 Mart 2020'de temel önlemler olarak sosyal mesafeye ve karantinaya işaret etti (WHO,2020). Bhatti vd., (2020)'nin araştırması, bu noktadan itibaren insanlar evden alışveriş yapmaya, yani e-ticarete yöneldiklerini göstermekte. Araştırma sonuçlarına göre tüketicilerin %52'si fiziksel mağazalara gitmekten ve kalabalığa girmekten kaçınmakta, %36'sı COVID-19 aşısı olana kadar bu tür mağazalara gitmeyeceğini belirtmektedir. Yine aynı çalışma, Walmart manav bölümünün internet satışlarının pandemi döneminde %74 arttığını,

Amazon satışlarının 4 milyar Amerikan dolarını aştığını göstermektedir. Satış verileri COVID-19'un e-ticaret üzerinde çok ciddi bir etkisi olduğunu göstermektedir ve 2023 yılına kadar e-ticaret pazarının 6,5 trilyon Amerikan doları büyüklüğüne ulaşması beklenmektedir (Bhatti vd., 2020). Jones (2020)'un çalışması, COVID-19 salgının en yoğun hissedildiği gibi 2020 yılının Mart döneminde e-ticaret trendlerinde ilk üç yükselen ürün için tek kullanımlık eldiven, ekmek makinası ve öksürük şuruplarına işaret ederken satışı en çok düşen ürünlerin ise valiz, iş çantası ve kameralar olduğunu göstermektedir.

Son kilometre lojistiği olarak da bilinen kargo ve kurye (KK) hizmetleri, taşıma sektörünün en pahalı uygulamalarından biri olup toplam taşıma maliyetlerinin yaklaşık %28'ini oluşturur (Pronello vd., 2017). Maliyetlere örnek vermek gerekirse, ilk seferde tamamlanamayan teslimat oranı, toplam teslimatların %12 ile %60'ı arasındadır (Song vd., 2009). İlk seferde yapılan teslimatlardaki aksamalar kargo şirketlerin operasyonel problemlerinin başında gelmekte, gerçekleştirilen ilave turlar şirketlerin maliyetlerini yükseltmektedir (Zenezini vd., 2018). Bununla birlikte son kilometre lojistiğine ait birinci defada başarılı teslimat oranı, araç doluluk oranı ve gidilen ortalama mesafe gibi önemli karakteristiklerin belirlenmesi konusunda literatürde yeterince çalışma bulunmamaktadır (Aljohani ve Thompson, 2020).

Aljohani ve Thompson, (2020) çalışmalarında KK servislerine ait karakteristikleri şu şekilde tarif etmiştir; KK servis sağlayıcıları günümüzde şehir merkezlerinde taşınan kargoların/yüklerin önemli bir kısmından sorumludur ve 3 belirgin dağıtım kanalından oluşur. Kargo ve kurye servisleri, kapıdan kapıya evrak, hafif kargo ve eve teslimatı değer katarak gerçekleştiren hizmetlerdir. Paket servisi ise bunun tersine 30 kg'a kadar olan daha ağır kolilerin teslimatını içerir. Kargo ve kurye servisleri genel olarak aynı gün ya da ertesi gün teslimat sözü verirken paket servisi genelde sabit bir teslimat süresine sahip değildir (Aljohani ve Thompson, 2020:3).

Yüksek maliyetlerle baş edebilmek adına KK sektöründe yapılan en iyi çözümlerin başında çevrimiçi satın alınan malların teslim alınması ve iadesi amacıyla oluşturulan toplama ve dağıtım noktaları gelmektedir (Weltevreden, 2008). Augereau ve Dablanc (2008)'ın çalışmasına göre toplama ve dağıtım noktası uygulamalarının en yaygın örneklerinden toplama noktası ve otomatik kargo dolapları; yatırım ve

operasyon noktasında firmalar açısında yükselen bir öneme sahip olsa da bu konuda literatürde yeterince çalışma bulunmamaktadır. Diğer taraftan anket ve vaka çalışmaları, bu seçeneklerin kurulum maliyetlerini potansiyel bariyer olarak göstermektedir (Ducret, 2014). Buna rağmen DHL, Almanya’da kargo dolabı hizmetini 2001’den beri sağlamakta olup özellikle kentsel alanlardaki stratejik noktalarda 2500’den fazla birime sahiptir (DHL, 2011).

BEŞİNCİ BÖLÜM

TAŞIMACILIKTA MALİYET MODELLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde literatürde taşımacılık için önerilen maliyet yöntemleri ve modelleri incelenip bu tezin amacına en uygun olan yöntem tespit edilmeye çalışılacaktır.

5.1 LİTERATÜR TARAMASI

Taşımacılıkta maliyet modeli oluşturmak için en sık kullanılan iki yöntem “sayısal” ve “istatistiksel” yöntemlerdir (Pels ve Rietveld, 2007; Small, 1992). Sayısal yöntemler genelde maliyetlerle çıktılar arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayıldığında kullanılır ve kısa dönemli analizler için daha uygundur (Waters, 1976). Sayısal yöntemlerde, girdi maliyetleri ile fiyatlar arasında açık bir bağlantı bulunmaz. Ayrıca sayısal yöntemlerin maliyet hesaplarında sabit ve değişken gider ayrımı yapılamayabilir (Pels ve Rietveld, 2000). Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (ABC) sayısal bir yöntem olup, maliyetleri etkileyen maliyet bileşenlerini tespit edip birim ürüne ne kadar yüklenmesi gerektiğine dair bir değerlendirmede bulunarak bu bileşenlerin maliyete katkısını hesaplamayı amaçlar.

İstatistiksel yöntemlerde, şirketlerin maliyetlerini minimize etmeyi hedefledikleri kabulünden yola çıkılarak belirlenen faktörleri içeren bir maliyet fonksiyonu oluşturulması hedeflenir (Pels ve Rietveld, 2000). İstatistiksel yöntemler 2 çeşittir; iktisat teorisi ve istatistiği birleştiren ekonometrik modeller ve iktisat

teorisini hesaba katmayan istatistiksel modeller. Pels ve Rietveld (2000)'ın çalışmasında belirttiği gibi ekonometrik modellerde, bazı kısıtlamalar koyulabilir (temel hal) ya da herhangi bir kısıtlama konmayabilir (esnek hal). Bu yöntemin dezavantajı ise sayısal yöntemle göre çok daha fazla veriye ihtiyaç duymasındır. Maliyet bileşenlerinin ölçülebilir olmadığı durumlarda istatistiksel yaklaşım kullanmak daha uygundur (Pels ve Rietveld, 2000).

Janić (2007) kara yolu ile karayolu/demiryolu intermodal taşıma sistemi için içsel ve dışsal maliyetler toplamının (toplam maliyet) yük ve yola göre değişimini kıyaslamıştır. Oluşturduğu istatistiksel model için Avrupa yük taşıma sistemi (European freight transport System) verilerini kullanmıştır. Çalışmada içsel maliyet bileşenleri olarak yatırım maliyeti, bakım/onarım, sigorta, işçilik, yakıt, vergiler ve karayolu ağını kullanmak için gerçekleştirilen ödemeler; dışsal maliyet bileşenleri olarak ise trafik sıkışıklığı ve kazaları, gürültü kirliliği, global ve yerel hava kirliliği gösterilmiştir. Çalışma sonucunda intermodal taşımada yük/sefer sıklığı arttıkça, ölçek ekonomisinden dolayı toplam maliyetin orta mesafeler için (600-900 km.) azalarak dışsal faktörlerden gelen ilave maliyeti dengeleyebileceği bulunmuştur.

Levinson vd. (2005) anket çalışmasından topladıkları veriler aracılığıyla farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak (Lineer Regresyon Modeli, Translog Modeli, Box-Cox Modeli) kamyonların birim km. için operasyonel maliyetlerini hesaplamayı ve farklı değişkenlerin maliyet üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada kilometre başına operasyonel maliyeti tahmin edebilmek için en önemli elemanların yakıt, bakım/onarım, yıpranma, lastikler ve işçilik maliyetleri olduğuna değinilmiştir.

Larranaga vd. (2017) çalışmasında SPM (belirtilmiş tercih yöntemi; stated preference method) ile oluşturulan anket ile topladığı veriler yardımıyla lojistik müdürlerinin taşıma hizmetlerine ilişkin tercihlerini araştırmıştır. Toplanan veriler istatistiksel yöntemlerle (çok terimli ve karışık logit fonksiyonu) değerlendirilmiştir. Sonuçlar, taşıma şirketlerinin teslimat süresi ve maliyete oldukça önem verdiğini göstermiştir.

Nocera vd. (2018) taşımacılıkta dışsal maliyetlerin azaltılması konusunda yaptığı araştırmada, global ve yerel hava kirliliği, gürültü kirliliği, trafik kazaları ve trafik sıkışıklığı maliyetlerini göz önünde bulundurmıştır. Çalışmada kullanılan

değerler, literatür taraması ve AB destekli bazı projelerden alınmış olup istatistiksel yöntem (en küçük kareler yöntemi) kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda 2015 yılında %71 karayolu ve %29 demiryolu kullanılan bölgede, 2035 yılında %71 demiryolu ve %29 karayolu kullanılması halinde oluşacak dışsal maliyet tasarrufunun, halihazırda devam eden taşıma modu oranlarına kıyasla 262 Milyon (-%26) Euro olacağını hesaplamıştır.

Kordnejad (2014), çalışmasında şehirlerde KK hizmeti veren bir taşımacılık firmasının demiryolu intermodal taşıma sistemi için fizibilite çalışmasını incelemiştir. Çalışmada ABC (Faaliyet tabanlı maliyetleme) temelli İntermodal Taşıma Maliyet Modeli (intermodal Transport Cost Model, ISCM) kullanılmış olup toplam taşıma maliyetlerini oluşturan bileşenler; temel taşıma modu olarak kabul edilen demiryolu taşıma operasyon maliyetleri, terminal öncesi ve sonrasını kapsamak üzere karayolu taşıma operasyon maliyetleri ve terminal elleçleme maliyetleri olarak ele alınmıştır. Çalışma sonuçları, çalışılan bölgede tren bazlı intermodal taşıma sisteminin yapılabilirliğinin eşik değerinde olduğunu, trenin yükleme alanı faydasının (loading space utilization) ve aktarma maliyetinin en kritik parametreler olduğunu göstermiştir.

Duan vd. (2017), çalışmasında SPM kullanarak topladığı verileri istatistiksel yöntemlerle (birleşik analiz, latent class modeli, single allocation p-hub median problemi) değerlendirerek zamanın değerinin (VOT) etkilerini araştırmıştır. Sonuçta üç farklı VOT'a sahip taşıma şirketi sınıflandırması yapılabilmüş, buna bağlı olarak 3 farklı aktarma merkezi lokasyonu önerilmiştir.

Sdoukopoulos vd. (2015) yaptığı çalışmada taşımacılık sektöründe %98 oranında karayolu taşıma modunu kullanan Yunanistan'da yurtiçi güzergahlarda kamyon operasyon maliyetlerini incelemiştir. Toplam kamyon operasyon maliyetlerini ABC yöntemi ile sabit ve değişken olarak ayırdığı bileşenlerin toplamı olarak, her kamyon ve güzergâh için ayrı ayrı hesaplamıştır. Daha sonra toplam maliyetler, lojistik sektörü uzmanları ile görüşülerek gerçeğe yakınlıkları teyit edilmiştir.

Holguín-Veras ve Brom (2008), şehirlerdeki kamyonculuk maliyetlerini ekonometrik tahmin ve maliyet muhasebesi yöntemlerine göre kıyaslamıştır. Analiz

sonucuna göre geniş ölçekli maliyet verisi toplanabildiğinde ya da hassas tahminler gerektiğinde ekonometrik model en iyi seçim olmaktadır.

Brümmerstedt vd. (2015) çalışmasında, Hamburg Limanı hinterlandının bağlantıları için intermodal taşıma maliyet faktörlerini incelemiştir. Literatür taraması ve lojistik operatörler ile yapılan mülakatlar sonucu oluşturulan istatistiksel model ile belirlenen güzergahta, intermodal taşımanın karayolu taşıma moduna göre %25 daha ucuz olduğu sonucuna varılmıştır.

Dente ve Tavasszy (2018), yaptıkları sayısal çalışmada farklı mesafeler için karayolu ve demiryolu dışsal maliyetlerini incelemişlerdir. Araştırmada çalışılan sürdürülebilir stratejilere göre 560 km'den az mesafelerde karayolu daha tercih edilir olsa da dışsal maliyetlerin içselleştirilmesi durumunda demiryolu her mesafede daha avantajlı konumdadır.

Reşat ve Turkay (2019), geliştirdikleri matematiksel modeli intermodal servis sağlayıcılarından elde ettikleri gerçek veriler ile çözmüşlerdir. Kullandıkları çözüm algoritmaları, uygulanabilir çözüm setlerini mevcut çözüm algoritmalarından %3-7 daha hızlı elde etmeyi başarmıştır.

Tablo 3. Taşımacılıktaki maliyetlere ilişkin incelenen araştırmaların sınıflandırılması

	Taşıma Modu				Maliyet Sınıfı			Yöntem			
	Karayolu	Demiryolu	Havayolu	Denizyolu	Operasyonel	VOT	Dışsal	ABC	Matematiksel	İstatistiksel	Anket
Yazarlar											
Janić (2007)	✓	✓			✓		✓		✓	✓	
Dente ve Tavasszy (2018)	✓	✓					✓		✓		

Levinson vd. (2005)	✓				✓					✓	
Larranaga vd. (2017)	✓	✓			✓	✓				✓	✓
Nocera vd. (2018)	✓	✓					✓			✓	
Kordnejad (2014)	✓	✓						✓			
Duan vd. (2017)		✓				✓				✓	✓
Sdoukopoulos vd. (2015)	✓				✓			✓			
Holguín-Veras ve Brom (2008)	✓				✓	✓		✓		✓	
Reşat ve Turkay (2019)	✓	✓			✓	✓			✓		
Brümmerstedt vd. (2015)	✓	✓		✓	✓					✓	✓

Kaynak: Yazar

ALTINCI BÖLÜM ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu tezin amacı, kargo ve kurye operatörlerinin diğer tüm aktiviteleri aynı kalmak kaydıyla kullandığı taşıma modunu değiştirmesi durumunda içsel ve dışsal maliyet değişimlerini hesaplamaktır. İncelenen literatürün de işaret ettiği gibi, taşımacılığa ait maliyetleri hesaplamak için en çok tercih edilen maliyet modeli

istatistiksel yöntemdir ve tezin amacına uygun olacağı düşüncesiyle bu yöntem tercih edilmiştir.

Belirli bir sistemin çalışma kurallarını saptamak, doğasını anlamak ya da belirli koşullar altında istenen parametreleri hesaplamak için oluşturulan soyut yapılara model denir (Köfteci, 2008). Bu tez için ihtiyaç duyulan model, belirli kurallara bağlı kalacak şekilde bir taşıma sisteminin maliyet sürücülerinin matematiksel bir ifadesi; bir denklemdir.

İki ya da daha çok değişken arasındaki bağıntıyı gösteren denklem, değişkenlerden birinin değeri bilindiğinde diğerinin de bilinmesini sağlar. $A = f(x)$ eşitliğinde x bağımsız, A ise bağımlı değişkendir. Bu eşitlikteki x bilindiğinde, A kesin olarak bilinebilir. İstatistiksel ilişkilerde genelde kesinlik yerine belirli bir hata payı ile tahmin etme vardır. Buna göre istatistiksel ilişki; $B = f(x; \theta) + \varepsilon$ ile gösterilebilir. Burada θ , x ile ilişkili parametreyi, ε ise hata payını verir. (Tatlídil, 1996; Köfteci, 2008:63)

Janić (2007)'in geliştirmiş olduğu istatistiksel tam maliyet modeli, 2. bölümde değinilmiş olan içsel ve dışsal taşıma maliyetlerini kapsamaktadır. Çok değişkenli fonksiyonlar toplamından oluşan bu sistem, taşıma maliyetlerine ait ilgili parametrelerin bilinmesi halinde sistemin tam maliyetini (iç maliyetler ve dış maliyetler toplamı) hesaplamaya olanak tanır. Sonraki bölümde bu model detayları ile incelenecek, ardından Allen vd. (2017)'in Londra'nın merkezindeki kargo ve kurye operatörleri ile gerçekleştirdiği araştırmanın sonuçları kullanılarak Janić (2007)'in çok değişkenli modeli matematiksel yöntemle çözülecektir.

6.1 TAM MALİYET MODELİ

Janić (2007), oluşturmuş olduğu tam maliyet modelinde tek modlu karayolu taşıma sistemi ile intermodal karayolu-demiryolu taşıma sisteminin içsel (operasyonel) ve dışsal (çevresel) maliyetlerinin toplamını karşılaştırmıştır. Bu çalışmada intermodal uzun taşıma için 26 vagonluk tren ve tek modlu karayolu uzun taşıma için 20'lik 2 konteyner kapasitesine sahip kamyon önerilmiştir.

Önerilen tam maliyet modeli uygulamasına ait senaryoya göre toplama bölgesi K ile 1. İntermodal terminal arasında ve dağıtma bölgesi L ile 2. İntermodal terminal arasında kamyon, 1. ve 2. İntermodal terminal arasında demiryolu, kısa mesafe K ve L bölgesinde kullanılan aracın içsel (operasyonel) ve dışsal (çevresel) maliyet fonksiyonları, karayolu uzun taşıma (K-L arasında) için kullanılan kamyon ile aynı kabul edilmiştir. İçsel (operasyonel) maliyet, yolun fonksiyonu olarak araştırmacı tarafından hesaplanmıştır. Dışsal (çevresel) maliyet fonksiyonu araştırmacı tarafından Avrupa Komisyonu (2002) raporundaki değerlerden türetilmiş ve yine yolun fonksiyonu olarak verilmiştir. Modele ait fonksiyonlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

İntermodal taşıma sistemine ait maliyet fonksiyonları (Janić 2007):

Toplama/dağıtma (kısa mesafe) kısmı:

- İçsel (Operasyonel) Maliyetler;

$$C_{1(toplama)} = (Q_k/\lambda_k \times M_k) c_{ik}(d_k) \quad \forall k \in N \quad (1)$$

- Zaman Maliyeti;

$$C_{2(toplama)} = Q_k \times \alpha_{bk} \times t_k \quad \forall k \in N \quad (2)$$

- Elleçleme maliyeti;

$$C_{3(toplama)} = Q_k \times t_{hk} \times c_{hk} \quad \forall k \in N \quad (3)$$

- Dışsal (Çevresel) Maliyetler;

$$C_{4(toplama)} = (Q_k/\lambda_k \times M_k) c_{ek}(d_k) \quad \forall k \in N \quad (4)$$

- Toplama/dağıtma toplam maliyeti;

$$C_{toplama} = \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^K C_{i/k} \quad \forall k \in N \quad (5)$$

Demiryolu (uzun mesafe) kısmı;

- Zaman ve elleçleme maliyeti dahil içsel (operasyonel) maliyetler:

$$c_i(W, d, q) = (4,60 \times n_l + 0,144 \times n_w + 0,3) \times d + 12,98 \times (n_l + n_w) + 5,6 \times q + 0,0019 \times W \times d + \sum_{l=1}^k (0,227 \times \frac{10^{-6}v^2}{\ln d_l} + 0,000774) \times W \times d + 33 \times n_d(t_{dp} + d/v + D) \quad \forall k \in N \quad (6)$$

- Dışsal (Çevresel) Maliyetler;

$$C_{4(tren)} = Q \times (c_{e1} + c_{e2}) + \frac{\sqrt{2}}{2} \times c_d(w, s) \times \left[\frac{QT \times [(\alpha_{b1} + \alpha_{b2})]}{c_i(w, s) + c_d(w, s)} \right]^{0,5} \quad (7)$$

- Demiryolu toplam maliyeti;

$$C_T = c_i(W, d, q) + C_{4(tren)} \quad \forall W, d, w, s \in N \quad (8)$$

L (dağıtma) bölgesindeki maliyetler K bölgesine paraleldir ve fonksiyonlara uygun parametreler uygulanarak hesaplanabilir. İntermodal taşıma sistemine ait tam maliyet, demiryolu kısmına ait maliyet ile toplama ve dağıtma kısmına ait maliyetlerin toplamıdır.

$$C_{intermodal(tam)} = C_{toplama} + C_{dağıtma} + C_T \quad (9)$$

Tek modlu karayolu taşıma sistemine ait toplama/dağıtma kısmı maliyetleri intermodal sistemdeki ile aynıdır. Karayolu uzun mesafe taşımaya ait maliyet fonksiyonları şu şekilde ifade edilmiştir;

- İçsel (operasyonel) maliyetler:

$$C_{1/kl} = (Q_{kl}/\lambda_{kl} \times M_{kl})c_{i/kl}(d_{kl}) \quad \forall k, l \in N \quad (10)$$

- Zaman maliyeti;

$$C_{2/kl} = Q_{kl} \times \alpha_{b/kl} \times \left(\frac{d_{kl}}{v_{kl}} + D_{kl} + 2t_{s/kl} \right) \quad \forall k, l \in N \quad (11)$$

- Elleçleme maliyeti;

$$C_{3/kl} = Q_{kl} \times t_{h/kl} \times c_{h/kl} \quad \forall k, l \in N \quad (12)$$

- Dışsal (Çevresel) Maliyetler;

$$C_{4/kl} = (Q_{kl}/\lambda_{kl} \times M_{kl})c_{e/kl}(d_{kl}) \quad \forall k, l \in N \quad (13)$$

- Tek modlu Karayolu taşıma sistemi toplam maliyeti;

$$C_{karayolu(tam)} = \sum_{i=1}^4 \sum_{k,l=1}^{K,L} C_{i/kl} \quad \forall k,l \in N \quad (14)$$

k ve l , segment/bölüm sayısını gösterir ve 0'dan başlayarak maliyeti hesaplanacak sistemin büyüklüğüne göre her tam sayıyı alabilir. 1. ve 10. Fonksiyonlar(denklem) birbirine benzerdir. 1. fonksiyon değişkenleri sırasıyla şu şekildedir: Q_k , K bölgesinde taşınan toplam yük; M_k , K bölgesinde kullanılan aracın kapasitesi; λ_k , K bölgesinde kullanılan aracın yükleme faktörü ve $c_i(d_k)$, karayolunda K bölgesinde kullanılan aracın içsel maliyet fonksiyonudur ve alınan yola bağlıdır. d_k , aracın başlangıç pozisyonu ile ilk başarılı durak arasındaki mesafeyi, her başarılı durak arasındaki ortalama mesafeyi ve son durak ile varış noktası arasındaki mesafeyi içerir. 10. Fonksiyon ise karayolu uzun mesafe taşımaya ait Q_{kl} toplam yükü; M_{kl} , kullanılan aracın kapasitesini ve λ_{kl} aracın yükleme faktörünü ve $c_{i/kl}(d_{kl})$ kullanılan aracın içsel maliyet fonksiyonunu içerir.

2. ve 11. Fonksiyonlar benzerdir ve şu değişkenleri içerir: α_{bk} , K bölgesindeki intermodal terminalde birim yükün zaman maliyeti olup taşınan yükün değerine ve iskonto oranına bağlıdır. t_k , K bölgesindeki araç tur zamanını ifade eder ve K bölgesindeki d_k tur mesafesi ve v_k ortalama araç hızı ile orantılıdır. Karayolu taşımada (11.) zaman maliyeti, $\alpha_{b/kl}$ birim zaman maliyetine, Q_{kl} toplam taşınan yük miktarına ve T_{kl} terminaller arasında geçen süreye bağlıdır. T_{kl} ise s_{kl} uzun yol taşıma mesafesine, v_{kl} ortalama araç hızına, d_{kl} gecikme süresine ve $t_{s/kl}$, her bölgede yüklerin toplanması/teslim edilmesi sırasına geçen süreye bağlıdır.

3. ve 12. fonksiyonlar elleçleme maliyetlerini vermekte olup intermodal sistemde, K bölgesinde taşınan Q_k yük miktarıyla, t_{hk} birim elleçleme zamanı ve c_{hk} birim elleçleme maliyeti ile doğru orantılıdır. Benzer şekilde karayolu taşımada da elleçleme maliyeti $t_{h/kl}$ terminaldeki birim yük elleçleme zamanına ve $c_{h/kl}$ maliyetine bağlıdır.

4. ve 13. Fonksiyonlar birbirine paraleldir. İntermodal taşımada $c_{ek}(d_k)$ K bölgesinde kullanılan araçların her tur sebep oldukları toplam dışsal maliyetlerdir. Verilen araç için bu maliyet, d_k mesafesine ve her aracın yüklendiği dışsal maliyete

bağılıdır. Benzer şekilde karayolu taşımada dışsal maliyet, seçilen aracın $c_{e/kl}(d_{kl})$ dışsal maliyet fonksiyonuna, M_{kl} kapasitesine ve λ_{kl} yükleme faktörüne bağlıdır.

6. fonksiyona ait terimler şu maliyetleri vermektedir: 1. Terim, trenin eskime, bakım ve izleme maliyeti; 2. Terim, intermodal terminalde treni birleştirme/ayırma maliyeti; 3. Terim intermodal terminallerdeki aktarmanın elleçleme maliyeti; 4. Terim, demiryolu altyapısının kullanılma maliyeti; 5. Terim, demiryolu hattındaki enerji tüketimi maliyeti ve son olarak 6. Terim, tren makinistinin maliyetidir (Janić, 2008:1335).

İntermodal taşıma sisteminde kullanılan trenin 1 lokomotifi ve 1 makinisti vardır. Her vagon 3 konteyner kapasitesine sahiptir. Her konteynerin boş ağırlığı 2,3 ton, her konteyner ile taşınabilen yük 12 ton ve trenin ortalama gecikme süresi 0,5 saat olarak belirtilmiştir (Janić, 2008).

Kargo/kurye operatörlerinin taşıdıkları birim yük değeri için güncel kaynaklardan gerekli verilere ulaşamadığından Janić (2007)'in önerdiği 2,08 €/kg birim yük değeri esas alınmıştır. Türkiye'deki iskonto oranı %9 (TCMB, 2020), KK operatörlerinin toplam hizmet verdiği saat $52hafta \times 6gün \times 11saat = 3432saat$, birim taşınan yük LDV'nin taşıdığı yük miktarı $900 \times 0,6 = 540kg$ olarak kabul edildiğinde birim yükün zaman maliyeti $\alpha_d = 2,08 \times 540/3432 = 0,32 \text{ € /saat.ton}$ olarak hesaplanmaktadır.

Fonksiyonlara ait parametreler ve değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 4. İçsel ve Dışsal maliyet fonksiyonlarının parametre ve referans değerleri

Sabit				
Parametre	Tanım	Değer	Birim	Kaynak
λ_T	Tren Yükleme Faktörü	0,75		Janić (2008)
w_w	Her vagonun boş ağırlığı	24	ton	Janić (2008)
n_l	Lokomotif sayısı	1	adet	Janić (2008)
w_l	Lokomotif ağırlığı	100	ton	Janić (2008)

α_d	Birim yük değeri	0,32	€/saat.ton	Janić (2007)
v_{LT}	Karayolu Uzun mesafe araç ortalama hızı	60	km/s	Janić (2007)
D_{LT}	Karayolu gecikme süresi	0	km/s	Janić (2007)
t_{LT}	Karayolu araç yükleme bekleme süresi	0	saat	Janić (2007)
D	Trenin ortalama gecikme süresi (h)	0,5	saat	Janić (2007)
v_T	Trenin ortalama hızı	40	km/s	Janić (2007)
t_{dp}	Makinistin hazırlık süresi	0	saat	Janić (2008)
n_d	Makinist sayısı	1	adet	Janić (2008)
λ_{LDV}	Karayolu kısa mesafe yükleme faktörü (LDV)	0,6		Janić (2007)
λ_{LT}	Karayolu uzun mesafe yükleme faktörü (LT)	0,85		Janić (2007)

Kaynak: Janić, (2007); Janić,(2008)

Janić (2007) tarafından oluşturulmuş olan model, 837 ton yükün yukarıda belirtilmiş olan intermodal demiryolu-karayolu ve tek modlu karayolu sistemi ile taşınması durumunda tam maliyetin başa baş noktasını hesaplamayı amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre belirtilen miktardaki yükün taşınmasında 1050 km’de, 4 €/cent/t-km birim maliyette 2 sistem başa baş noktasına erişmekte, bundan sonra tam maliyet intermodal taşıma sisteminde daha uygun olmaktadır.

Bu senaryo, KK operatörlerinin şehirlerdeki tek modlu karayolu taşıma faaliyetlerine ait tam maliyetlerini hesaplayarak bu maliyetlerin intermodal demiryolu/karayolu taşıma sistemi kullanılması halindeki değişimlerini incelemek olan tezin amacına hizmet etmemektedir. Bu sebeple Janić (2007) tarafından geliştirilmiş olan tam maliyet modeli, Allen vd. (2017)’nin araştırma sonuçlarından elde ettiği veriler ışığında şekillendirilmiştir.

6.2 DIŞSAL MALİYET FONKSİYONUNUN BELİRLENMESİ

Janić (2007)'in çalışmasında karayoluna ait dışsal maliyet fonksiyonu, alınan yol d 'ye bağlı $€9,88 \times d^{-0,624}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyon, Janić (2007)'in kendi ifadeleri ile Avrupa Komisyonu (2001 a,b) kaynaklarına göre hesaplanmıştır (Janić, 2007:40) ve karayolu taşımada için önerilen 20'lik 2 konteyner kapasitesine sahip kamyon için hesaplanmış olduğundan sonraki bölümde anlatılacak olan senaryoya uygun değildir. Bu fonksiyonunun hesaplamalarda kullanılmamasının bir diğer sebebi, araştırmacının işaret ettiği 2001 yılına ait kaynağın artık güncel olmaması dolayısıyla senaryo sonuçlarını günümüz maliyetlerine uygun hesaplayamayacak olmasıdır.

Janić (2007)'in demiryolu için önermiş olduğu dışsal maliyet fonksiyonu ise $€0,57 \times (w \times s)^{0,6894}$ olup trenin toplam ağırlığı w ile aldığı yol s 'ye bağlıdır. Bu maliyet 26 vagonlu blok tren için hesaplanmış olup şehir içi lojistiği sağlayan kargo ve kurye operatörleri için söz edilen günlük yükün çok üzerinde bir kapasite sağlamaktadır.

Dışsal maliyet fonksiyonlarını belirlemek için referans olarak Avrupa Komisyonu'nun (CE Delft, 2019) raporu alınmıştır. Bu rapor, taşımacılığa ait dışsal maliyetleri 7 başlık altında sınıflandırılmıştır; Trafik kazaları, Hava kirliliği, İklim, Gürültü, Trafik sıkışıklığı, Yakıtların üretimden tüketimine kadar olan sera gazı salınımı (well-to-tank) ve Doğaya verilen zarar. Raporda dışsal maliyetler sayısal olarak ifadesi için 3 kategoriden bahsedilmiştir;

- Toplam Dışsal Maliyetler: Belirli bir coğrafi bölgede belirli bir taşıma moduna ait edışsal maliyetlerin toplamı. Genelde milyon ya da milyar Euro ile ifade edilmektedir.
- Ortalama Dışsal Maliyetler: Toplam dışsal maliyetler ile yakından ilişkilidir. Birim taşıma performansının maliyetini anlatmak için kullanılırlar. Genelde €/yolcu-km, €/ton-km ya da €/araç-km ile ifade edilirler.
- Marjinal Dışsal Maliyetler: Her ilave taşıma faaliyetinin meydana getirdiği ek dışsal maliyetlerdir. Kısa vadede bu maliyetler sabit altyapı kapasitesine bağlantılı olup uzun dönemli marjinal maliyetler ek trafik altyapısının

inşasını hesaba katar. Genelde ortalama dışsal maliyetlere benzer şekilde €/yolcu-km, €/ton-km ya da €/araç-km ile ifade edilirler.

Dışsal maliyetler fiziksel olarak piyasalarda alım-satım konu olmadıkları için bir market fiyatları yoktur. Bu sebeple değer biçilebilmeleri için hasar maliyeti yaklaşımı, kaçınma maliyeti yaklaşımı ve yerine koyma yaklaşımı gibi bazı yöntemler kullanılır.

- Hasar Maliyeti Yaklaşımı: Ekonomistler açısından dışsal maliyetleri değerleyebilmek için en uygun olarak gösterilmektedir. Bu yaklaşım, dışsallığın var olması durumunda bireylerin maruz kaldığı tüm hasarların maliyetlerinin maddi değerlemesini yapar. Bireylerin hasarı önlemek adına ödemeye razı oldukları (WTP) ya da kabul etmeye razı oldukları (WTA) maliyeti indikatör olarak alır.
- Kaçınma Maliyeti Yaklaşımı: AB CO2 emisyonunu azaltma hedefi gibi bazı politika hedeflerine ulaşmak için maliyetleri hesaplamak adına dışsal maliyet değerlendirme faktörlerini belirleyip çevresel kaliteyi arttırmak için gereken maliyeti saptamayı amaçlar.
- Yerine Koyma Yaklaşımı: Onarma maliyeti olarak da bilinen bu yaklaşım, dışsallığın sebep olduğu etkileri tersine çevirmek için gereken yerine koyma/onarma maliyetlerini yaklaşık olarak belirler. Meydana gelen tüm hasarı yerine koymak her zaman olanaklı olmadığı için yerine koyma maliyetleri, gerçekte hasarın maliyetinden daha düşük olabilir.

Bu raporda dışsal (çevresel) maliyetlerden hava kirliliği, trafik kazaları, gürültü hasar maliyeti yaklaşımı ile, iklim değişikliğini hesaplamak için kullanılan CO² fiyatları kaçınma maliyeti yaklaşımı, doğaya verilen zararlar ağırlıklı dışsal maliyetler ise yerine koyma yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir.

Maliyet fonksiyonlarını saptamak için seçilen CE Delft, (2019) raporu, tüm AB-28 ülkeleri ve her taşıma modu için ayrı ayrı incelenmiş olsa da bu tezin kapsamına Demiryolu ile karayolu için LDV ve HGV tipi araçlar girdiğinden yalnızca bunlara ait maliyetler göz önünde bulundurulmuştur. Maliyetler tabloda verilmiştir.

Tablo 5. Karayoluna ait LDV ve HGV ile Trenin toplam dışsal maliyetleri

Yük Taşımacılığa ait ortalama dışsal Maliyetler 2016 – AB-28			
Maliyet Kategorisi	LDV	HGV	Tren
	€-cent/araç-km	€-cent/ton-km	€-cent/ton-km
Trafik Kazası	4,14	1,25	0,07
Hava Kirliliği	3,37	0,76	0,16
İklim	2,77	0,53	0,06
Gürültü	1,14	0,50	0,60
Trafik sıkışıklığı	11,61	0,80	-
Well-To-Tank	0,79	0,20	0,15
Doğaya verilen zarar	0,93	0,19	0,24
Total	24,75	4,23	1,28

Kaynak: CE Delft, (2019)

Tablo 5’den görülebileceği gibi demiryolu için trafik sıkışıklığı olmadığı varsayılmıştır (CE Delft, 2019:33-160).

Senaryoya ait hesaplamalarda kullanılacak dışsal maliyet fonksiyonları, bu tablodaki değerler esas alınarak şu şekilde belirlenmiştir;

Demiryolu Dışsal Maliyet Fonksiyonu:

$$c_{e(tren)}(d) = (1,28 \text{ € cent/t. km}) \times w \times d_{uzun} \quad (15)$$

HGV Tipi Araç Dışsal Maliyet Fonksiyonu:

$$c_{e(HGV)}(d) = (4,23 \text{ € cent/t. km}) \times Q / (\lambda_{HGV} \times M_{HGV}) \times d_{uzun} \quad (16)$$

LDV Tipi Araç Dışsal Maliyet Fonksiyonu

$$c_{e(LCV)}(d) = (24,75 \text{ € cent/araç. km}) \times q_{TDM} / (\lambda_{LCV} \times M_{LCV}) \times d_{kısa} \quad (17)$$

Dışsal maliyet fonksiyonlarına ait parametreler şu şekilde sıralanabilir; w , trenin toplam ağırlığı; d_{uzun} , gidilen uzun yol mesafe; Q , toplam taşınan yük ağırlığı; λ_{HGV} , HGV tipi aracın yükleme faktörü; M_{HGV} , HGV tipi aracın yararlı yük kapasitesi; q , her TDM’ne dağıtılan günlük ortalama yük ağırlığı; λ_{LCV} , LDV tipi aracın yükleme

faktörü; M_{LCV} , LDV tipi aracın yararlı yük kapasitesi ve d_{kisa} , TDM'lere ait LDV'lerin her çıktıkları seferde gittikleri ortalama mesafe.

15., 16. ve 17. Fonksiyonlara ait birimlere bakılacak olursa trenin ve HGV tipi aracın birimlerinin €/t-km cinsinden verildiği görülebilir. Bu birimler hem yük taşıma kapasitesi yüksek, hem de genel olarak uzun yol giden bu tip araçların maliyetleri için tercih edilen birimlerdir. LDV tipi aracın birimi ise düşük yük taşıma kapasitesi ve genel olarak kısa mesafelerde kullanılması sebebiyle €/araç-km olarak ifade edilmiştir (CE Delft, 2019).

6.3 İÇSEL MALİYET FONKSİYONUNUN BELİRLENMESİ

Trene ait içsel (operasyonel) maliyet fonksiyonu için 6. Fonksiyon kullanılacaktır. Bu fonksiyona ait daha detaylı bilgi için Janić (2008) incelenebilir (Janić, 2008:1335).

Karayolu yük taşımada kullanılacak LDV ve HGV tipi araçların içsel (operasyonel) maliyet fonksiyonları için AK (2006) raporuna başvurulmuştur. Bu raporda içsel maliyetler hesaplanırken şu maliyet bileşenleri göz önünde bulundurulmuştur: Yıpranma ve eskime maliyeti, Araç sermaye maliyeti, eleman maliyeti, yakıt maliyeti, sigorta maliyeti, Vergiler ve Diğer giderler. Spesifik maliyetler olarak adlandırılan bu maliyetler toplamı, LDV ve HGV tipi araçlar için ülkelere göre Tablo 6'te verilmiştir.

Tablo 6. LDV ve HGV tipi araçlar için araç başına toplam içsel maliyetler

	LDV Spesifik Maliyetler (€/araç-km)	HGV Spesifik Maliyetler (€/araç-km)
Belçika	1,11	1,34
Çek Cumhuriyeti	0,40	0,52
Danimarka	1,17	1,39
Almanya	0,89	1,10
Estonya	0,29	0,39

Yunanistan	0,50	0,62
İspanya	0,68	0,84
Fransa	1,04	1,26
İrlanda	0,75	0,92
İtalya	0,75	0,94
Güney Kıbrıs	0,62	0,77
Litvanya	0,21	0,30
Letonya	0,24	0,34
Lüksemburg	1,24	1,40
Macaristan	0,36	0,50
Malta	0,56	0,70
Hollanda	1,14	1,35
Avusturya	1,15	1,39
Polonya	0,32	0,43
Portekiz	0,58	0,75
Slovenya	0,50	0,63
Slovakya	0,30	0,43
Finlandiya	1,23	1,36
İsveç	1,25	1,43
Birleşik Krallık	0,94	1,18
ABD	0,87	1,00
İsviçre	1,07	1,61
AB 25	0,85	1,03
Batı AB	0,89	1,11
Doğu AB	0,34	0,46

Kaynak: AK, (2006:19)

Tablonun en altında gözüken Batı AB, AB-15 ülkelerini ve Doğu AB, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya, Slovenya ve Slovakya'yı kapsamaktadır. Türkiye'de kişi başına düşen gayri safi milli hasıla (GSMH)' ya bakıldığında, Doğu Avrupa ülkelerinin kişi başı GSMH'sine daha yakın olduğu görülmektedir (Worldbank, 2021). Bu sebeple LDV ve HGV tipi araçlara ait içsel (operasyonel) maliyetler şu şekilde belirlenmiştir;

LDV tipi araç içsel maliyet fonksiyonu

$$c_{i(LCV)} = (0,34 \text{ €/araç.km}) \times q / (\lambda_{LCV} \times M_{LCV}) \times d_{kısa} \quad (18)$$

HGV tipi araç içsel maliyet fonksiyonu:

$$c_{i(HGV)} = (0,46 \text{ €/araç.km}) \times q / (\lambda_{LCV} \times M_{LCV}) \times d_{kisa} \quad (19)$$

0,34 €/araç.km LDV içsel maliyet birim değeri, LDV'lerin maliyetlerini araştıran Prevedouros ve Mitropoulos (2016)'un çalışmasında, ortalama 10,6 yıl araç ömrü ile yıllık 18 bin km mesafe gittiği varsayılan LDV'lere ait 0,33 \$/araç.km bulgularıyla paralellik gösterdiği için güncellik kaygısı duyulabilecek AK (2006) raporunun referans alınmasında bir sakınca görülmemiştir.

6.4 SENARYO OLUŞTURULMASI VE ANALİZ

İncelenmiş olan tam maliyet modelini uygulamak için oluşturulan senaryoda Allen vd. (2017)'nin araştırması esas alınmıştır. Bunun öncelikli nedeni, Allen vd. (2017)'nin çok yoğun nüfusa sahip bir metropol olan Londra merkezinde e-ticaret'in son kilometre lojistiğine olan etkilerini araştırmış olmasıdır. Bu araştırmayı bizzat KK operatörleriyle yapmıştır ki bu tezin hedef kitlesini oluşturmaktadır. Araştırma sonuçları, Janić (2007)'nin tam maliyet modelinde gereken parametreleri kapsamlı bir şekilde vermektedir.

Allen vd. (2017)'nin Londra'nın merkezindeki KK sektörüne ilişkin yaptığı çalışma, bu operasyonların karakteristiklerinin şehir altyapısı ile çatıştığına işaret etmektedir. Bu çalışmanın bulgularına göre tipik bir LDV, günde 37 farklı duraktaki 72 müşteriye 118 kargo teslimatı yapmaktadır. Aljohani ve Thompson (2020) Melbourne şehir merkezindeki KK taşıyıcıları ile yaptığı çalışmada, araçların tam dolu olduğunda teslim edilecek kargoların bulunmasının zorlaştığı, duraklardaki bekleme sürelerinin uzadığı görülmüş, araçların doluluk oranının %60'ın üzerinde olmasından kaçınılması önerilmiştir. Araştırmanın anket sonuçları, teslim edilen kargoların %65'inin LDV'ler ile gerçekleştiğini ve her aracın günlük ortalama 2-3 sefer düzenlediğini göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında oluşturulan senaryoya göre KK hizmeti veren bir şirketin her toplama/dağıtım merkezi (TDM) dairesel bir alana hizmet vermektedir ve

TDM'lerin alanı birbirine teğettir. Tüm kargolar ilgili dağıtım merkezinden Bölge Merkezi (BM)'ne sevk edilmekte, ardından ilgili TDM'lere dağıtılmaktadır. BM ile 1. TDM arasında ve ardışık her TDM arasında $3,39 \times 2 = 6,78$ km mesafe vardır. Bütün TDM'lerin intermodal terminali olup ulaşım için ek bir mesafe kat edilmemektedir.

TDM'lerin toplama/dağıtımını gerçekleştiren araçlarının başlangıç noktası TDM ile 1. Müşteri arasındaki mesafenin ve son müşteri ile TDM arasındaki mesafenin eşit olduğu varsayılmıştır.

s parametresi ile ifade edilen TDM sayısı, aynı zamanda fonksiyonlardaki segmentleri belirtmekte olup Janić (2007)'in fonksiyonlarındaki k indisine karşılık gelmektedir ve modelin bağımsız değişkeni olarak kabul edilmiştir. TDM sayısındaki değişime göre intermodal karayolu-demiryolu taşıma sistemi ve tek modlu karayolu taşıma sisteminin tam maliyetleri, Microsoft Excel (Microsoft 365 için MSO versiyon 16.0.13530.20132) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Her TDM'nin sahip olduğu LDV sayısı 3 olarak belirlenmiş olsa da her zaman BM'nden TDM'lere kargoların dağıtımını yapacak yeterli araç olduğu varsayılmıştır. TDM'ler toplama/dağıtım için içten yanmalı motora sahip dizel LDV tipi Ford Transit, BM ise yine TDM'lere sevkiyat için içten yanmalı motora sahip dizel HGV tipi Iveco Eurocargo kullanmaktadır (Quak vd., 2017). Araçların özellikleri Tablo 7'de belirtilmiştir.

Tablo 7. TNT araçlarının özelliklerine genel bakış

Araç Parametre/Model	Ford Transit	Iveco Eurocargo
Yararlı yük (kg)	900	3990
Araç Tipi	Hafif Ticari Araç	Büyük Ticari Araç
Brüt Araç Ağırlığı	1500	7500
Azami yükleme kapasitesi (m3)	9	14

Kaynak: Quak vd., (2017)

Şekil 9: KK sektörüne ait senaryoda kullanılan LDV ve HGV tipi araçlar. Solda: Ford Transit, Sağda: Iveco Eurocargo.



Kaynak: Favpng, (2017); Vanrental, (2012)

Bu araçların seçilmesinin sebepleri incelenmiş olan literatüre göre en çok tercih edilen araç tipi olmaları, amaçlarına uygun ebatları ve oluşturdukları maliyet avantajı olarak sıralanabilir (Quak vd., 2017; Aljohani ve Thompson, 2020; Prevedouros ve Mitropoulos, 2016).

Bu kabuller ışığında oluşturulan senaryoya ait parametreler ve değerler aşağıda yer almaktadır;

Tablo 8. Senaryoya ait parametreler

Parametre	Parametre Tanımı	Değer	Birim	Kaynak
V _{LDV}	Her TDM'ye ait Araç Sayısı (LDV)	3	adet	Allen vd. (2018)
	LDV'lerin günlük ortalama sefer sayısı	2	adet	Aljohani ve Thompson, (2020)
	Her aracın seferlik ortalama durak sayısı	37	adet	Allen vd. (2018)
	Her aracın seferlik ortalama müşteri sayısı	72	adet	Allen vd. (2018)
	Her aracın seferlik ortalama kargo sayısı	118	adet	Allen vd. (2018)
	Teslimat bölgesinde ortalama hız	7	km/s	Allen vd. (2018)

	Teslimat bölgesinde ortalama gidilen mesafesi	12	km	Allen vd. (2018)
	Her durakta geçirilen ortalama süre	4,1	dakika	Allen vd. (2018)
M_{LDV}	Araç kapasitesi ağırlık (LDV)	0,9	ton	Quak vd., (2017)
M_{HGV}	Araç kapasitesi ağırlık (HGV)	3,99	ton	Quak vd., (2017)
$C_{e(LDV)}(d)$	Birim LDV Dışsal Maliyeti	0,2475	€/araç.km	AK (2018)
$C_{e(HGV)}(d)$	Birim HGV Dışsal Maliyeti	0,0423	€/ton.km	AK (2018)
$C_{i(LDV)}(d)$	Birim LDV İçsel Maliyeti	0,34	€/araç.km	AK (2006)
$C_{i(HGV)}(d)$	Birim HGV İçsel Maliyeti	0,46	€/araç.km	AK (2006)
$C_{e/tren}(d)$	Tren Dışsal Maliyeti	1,28	€/cent/tkm	AK (2018)

Kaynak: Allen vd., (2017)

6.5 ÇALIŞMANIN BULGULARI

Allen vd. (2017)'nin bulgularına paralel olarak TDM'lerdeki araçlar, her tur 12 km yol almaktadır. TDM'ler dairesel bir alandan sorumlu olduğundan sahip oldukları 3 araç, $3 \times 12 = 36 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı taramaktadır. Alanı $\pi r^2 = 36 \text{ km}^2$ olan dairenin yarıçapı $r = 3,39 \text{ km}$, buna bağlı olarak BM ve 1. TDM ile diğer tüm ardışık TDM'ler arası mesafe $d_l = 2r = 6,78 \text{ km}$ olacaktır.

Her aracın sefer başına taşıdığı ortalama kargo kapasitesi 118 adettir. LDV yükleme faktörü $\lambda_{LDV} = 0,6$; yararlı yükü $q_{LDV} = 900 \text{ kg} = 0,9 \text{ ton}$ olduğundan, birim kargo ağırlığı $m_k = 900 \text{ kg} \times 0,6 / 118 \text{ kargo} = 4,57 \text{ kg}$, her TDM için taşınan yük $q_{TDM} = 118 \text{ adet kargo} \times 4,57 \text{ kg} \times 3 \text{ araç} = 3,24 \text{ ton}$ olarak hesaplanmıştır.

TDM'lerde kargolar, LDV'ler tarafından 4,1 dakika aralıklarla her seferde 37 farklı durağa dağıtılmaktadır. Buna göre LDV'lerin tur süresi $t_{LCV} = \frac{12}{7} + 37 \times \frac{4,1}{60} = 4,24 \text{ saat}$ olarak hesaplanmıştır. Bu ifadedeki 1. terim araç yolda giderken geçen süre, 2. Terim ise kargo teslim ederken geçen süreyi belirtmektedir.

Her 2 sistem için de TDM'lere ait araç sayıları, gidilen yol ve teslim edilen kargo sayıları aynıdır. Bu sebeple her TDM'nin günde oluşturduğu tam maliyet birbirine eşit ve 5. Fonksiyon uyarınca şu şekilde olacaktır;

$$\begin{aligned}
 c_{TDM} &= (0,34 \text{ €/araç.km}) \times q_{TDM} / (\lambda_{LCV} \times M_{LCV}) \times d_{kisa} + q_{TDM} \times \alpha_d \times t_{LCV} + \\
 & (0,2475 \text{ €/araç.km}) \times q_{TDM} / (\lambda_{LCV} \times M_{LCV}) \times d_{kisa} \\
 &= 0,34 \times \frac{3,24}{0,6 \times 0,9} \times 12 + 3,24 \times 0,32 \times 4,24 + 0,2475 \times \frac{3,24}{0,6 \times 0,9} \times 12 \\
 &= 46,7 \text{ €}
 \end{aligned}$$

Yukarıdaki fonksiyonda 1. Terim, içsel maliyetleri vermekte olup elleçleme maliyetlerini de içermektedir. 2. Terim, zaman maliyeti ve 3. Terim ise dışsal (çevresel) maliyetleri ifade etmektedir.

Her TDM, günde 3,24 ton yükü 2 seferde dağıtacağına sebep olacağı tam maliyet sefer başına 23,35€ ve günde 46,7€ 'dur.

Her konteynerin taşıdığı yük 12 ton ve her vagon 3 konteyner taşıdığına göre, Vagon sayısı $n_w = \frac{\text{Toplam taşınan yük } (Q)}{12 \times 3 \times \lambda_t}$ 'ye eşittir. Her vagonun boş ağırlığı 24 ton, lokomotif ağırlığı 100 ton, boş konteyner ağırlığı 2,3 ton olmak üzere boş tren ağırlığı $w = 100 + n_w \times 24$, toplam tren ağırlığı ise $W = w + (\text{konteyner sayısı}) \times 2,3 + \text{Taşınan yük } (Q)$ 'dir.

BM ile son TDM arasındaki mesafe aynı zamanda trenin aldığı yol olup $d = 6,78 \times s$ ile hesaplanmıştır.

Tek modlu karayolu dağıtımında her bir BM'nden her TDM'ye giden aracın aldığı mesafe değişmektedir. 1. TDM'ye giden HGV'ler 6,78 km, 2. TDM'ye giden HGV'ler 6,78*2 km ve s. TDM'ye giden HGV'ler 6,78*s km yol kat eder. Alınan yol, tüm bu yolların toplamıdır ve

$$d_{HGV} = 6,78 * TDM'ye giden HGV sayısı \times (s \times (s + 1)/2) \quad (20)$$

şeklinde hesaplanır. İfadenin son terimi olan $(s \times (s + 1)/2)$, s'ye kadar olan ardışık sayıların toplamını verir.

20. fonksiyona göre her TDM'ye gitmesi beklenen HGV sayısı, her TDM'ye giden yükün senaryoda seçilmiş olan Iveco Eurocargo araçlarına ait yük kapasitesine bölünmesiyle bulunabilir:

$$HGV \text{ Sayısı} = \frac{q_{TDM}}{\lambda_{LCV} \times M_{HGV}} = \frac{3,24}{0,85 \times 3,99} = 0,95 \cong 1$$

Bu sonuca göre her TDM'ye, %85'lik yükleme faktörü ile neredeyse tam dolu 1 adet HGV gideceği öngörülebilir.

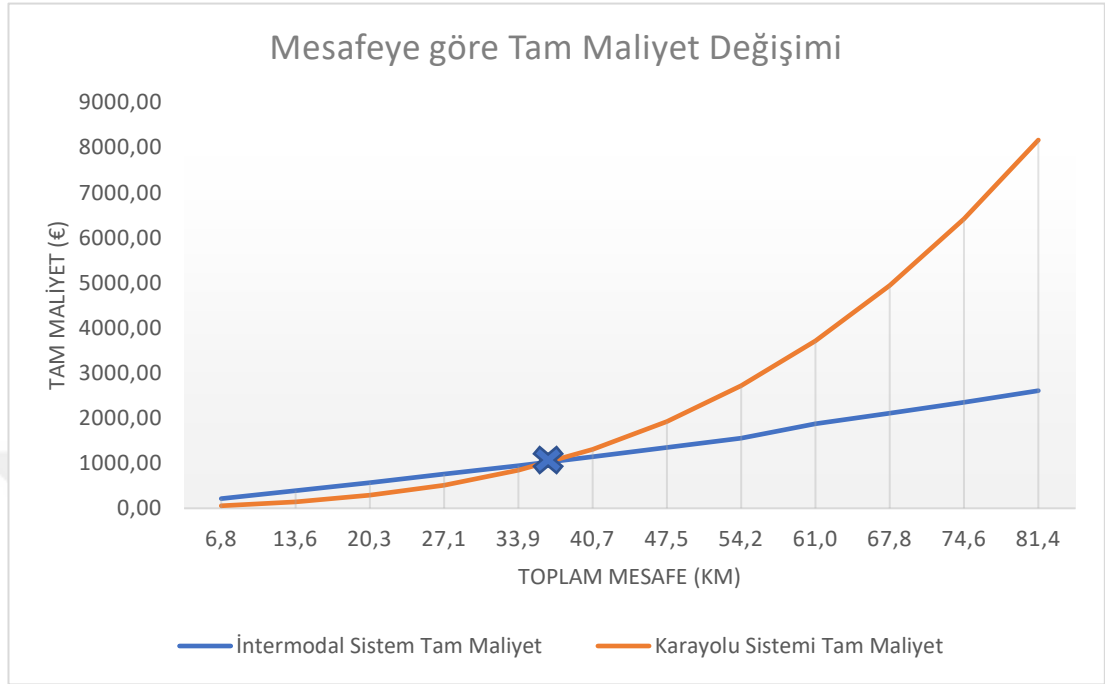
BESTUFS (2007) raporunda da bahsedildiği gibi şehirlerde yük taşımacılığının %80'inden fazlası 80 km. 'den az mesafeler arasında gerçekleşmektedir. Buradan yola çıkarak model 12 TDM'ye ve 80 km mesafeye kadar olan sistemler için çözülmüştür. Buna göre intermodal ve tek modlu taşıma sistemleri için ilgili hesaplamalar yapıldığında tam maliyet değişimleri aşağıdaki gibi olmaktadır;

Tablo 9. Değişen TDM sayısı ve yola göre tam maliyetin değişimi

TDM Sayısı	Toplam Mesafe (km)	İntermodal Taşıma Tam Maliyet (€)	Tek modlu Taşıma Tam maliyet (€)
1	6,8	213,97	55,17
2	13,6	389,77	143,11
3	20,3	571,15	288,10
4	27,1	756,75	514,43
5	33,9	947,46	846,39
6	40,7	1146,17	1308,26
7	47,5	1348,50	1924,34
8	54,2	1556,77	2718,91
9	61,0	1875,09	3716,26
10	67,8	2109,51	4940,68
11	74,6	2351,32	6416,45
12	81,4	2608,20	8167,87

Kaynak: Yazar

Şekil 10: İntermodal ve Tek modlu taşıma sistemine ait tam maliyetlerin başa baş noktası



Kaynak: Yazar

Grafikten de anlaşıldığı gibi oluşturulan senaryo için tam maliyet başa baş noktası 37 km olmaktadır. Bu senaryo için 6 şubeden itibaren ve 37 km'den fazla dağıtım alanına sahip KK operatörleri için tam maliyet, intermodal demiryolu/karayolu ile tek modlu karayolu taşımacılığa göre daha avantajlı olmaktadır.

Belirtilen taşıma sistemlerine ait yukarıda hesaplanmış olan tam maliyetleri oluşturan içsel (operasyonel) ve dışsal (çevresel) maliyet sürücülerinden dışsal maliyetlerin mesafe ile nasıl değiştiğini daha yakından incelemek yerinde olacaktır.

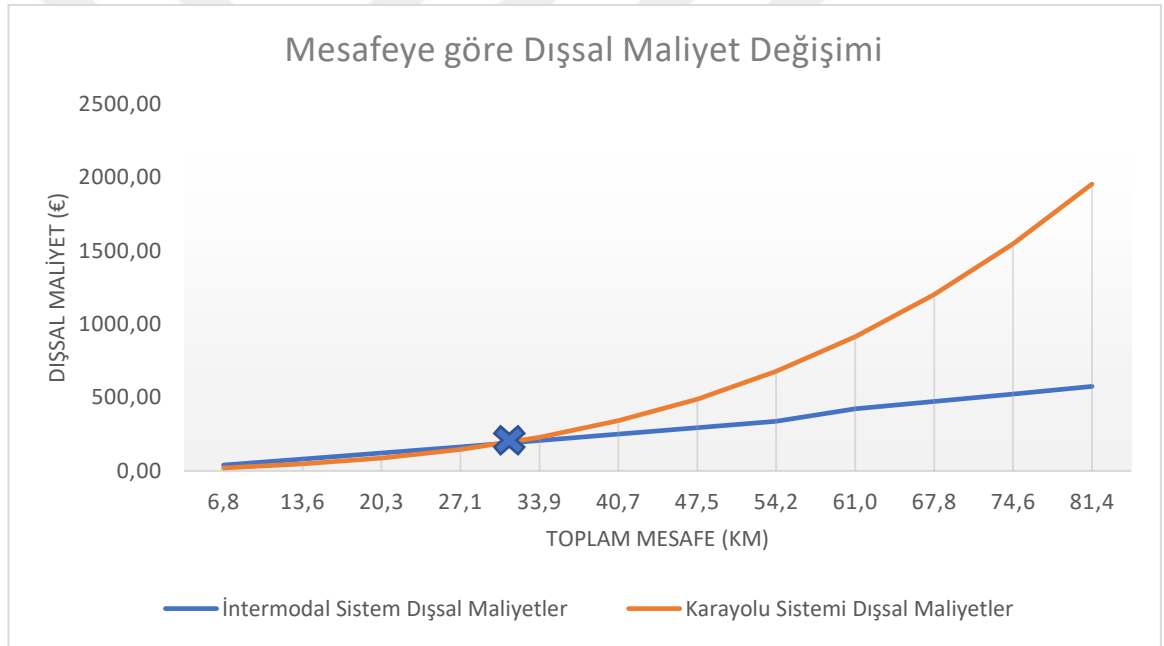
Tablo 10. Değişen TDM sayısı ve yola göre dışsal maliyetlerin değişimi

TDM Sayısı	Toplam Mesafe (km)	İntermodal Sistem Dışsal Maliyetler (€)	Karayolu Sistemi Dışsal Maliyetler (€)
1	6,8	39,87	19,68
2	13,6	80,31	46,79

3	20,3	121,91	86,91
4	27,1	163,68	145,62
5	33,9	206,00	228,48
6	40,7	250,10	341,08
7	47,5	293,75	488,99
8	54,2	337,97	677,79
9	61,0	422,13	913,04
10	67,8	471,85	1200,33
11	74,5	522,14	1545,24
12	81,4	575,39	1953,33

Kaynak: Yazar

Şekil 11: İntermodal ve Tek modlu taşıma sistemine ait dışsal maliyetlerin başa baş noktası



Kaynak: Yazar

30 km'ye kadar intermodal taşımanın dışsal maliyetleri karayoluna kıyasla daha yüksek seyretmektedir. Bunun temel nedeni, demiryolu taşımanın kısa mesafelerde dışsal maliyetlerinin daha yüksek olmasıdır. Tablo 5'teki veriler ışığında bu dışsal maliyetlerin %50'sinin gürültü ve %25'inin doğaya verilen zararlar olduğu söylenebilir. Artan mesafe ve yüke bağlı olarak demiryolunun sahip olduğu ölçek ekonomisi özelliği, bu maliyetlerin karayoluna kıyasla daha yavaş bir hızla

yükselmesini sağlamaktadır. 30 km ve 5 şubeden itibaren dışsal maliyetler, intermodal karayolu/demiryolu taşıma lehine olmaktadır.

SONUÇ

Bu tezin motivasyonu, sürdürülebilirlik ve yeşil lojistik literatürü çerçevesinde, lojistikte olumsuz dışsal (çevresel) maliyetlerin azaltılması; amacı ise yalnızca karayolu taşıma sistemi kullanan kargo ve kurye operatörlerinin intermodal taşıma sistemi kullanmaları halinde, temelde dışsal maliyetleri olmak üzere tam maliyetlerinin değişimini analiz etmektir. Bu değişimi sayısal olarak gözlemleyebilmek için Janić (2007)'in oluşturmuş olduğu istatistiksel Tam maliyet modeli, literatür yardımıyla kargo ve kurye operatörlerine uyarlanmıştır.

Janić (2007)'in tam maliyet modeli, taşıma maliyet sürücülerine ait içsel ve dışsal maliyetlerin genel fonksiyonlarını içerdiği için her sisteme uygulanabilir niteliktedir. Bu tez için Allen vd. (2017) 'nin çalışması esas alınarak oluşturulmuş olan senaryo; kargo ve kurye operatörlerinin taşıma operasyonlarına ait basitleştirilmiş bir sistem olup model farklı bölgeler, araçlar ve maliyet fonksiyonları için değiştirilerek istenen amaca uygun hale getirilebilir.

Oluşturulmuş olan senaryo, oldukça karmaşık bir yapısı olan kargo ve kurye hizmeti sağlayıcılarının operasyonel adımlarının, gerçeğe olabildiğince yakın hesaplayabilmek hedefiyle, genel bir çerçevesini çizmiştir. Bu senaryoya göre yaklaşık 6,8 km aralıklarla 3,4 km yarıçaplı dairesel alanlara hizmet veren Toplama/Dağıtım Merkezlerle sahip bir kargo ve kurye operatörü, her şubesi için günlük 46,7 € tam maliyete katlanmak zorundadır. Bu tam maliyetin yaklaşık %40'ını dışsal maliyetler oluşturmaktadır. Kargo ve kurye hizmetleri, kapıdan kapıya son kilometre lojistiği sağlamaktadırlar ve karayoluna bel bağlamak durumundadırlar. Senaryoya ait hesaplara göre ortaya çıkan şubelere ait %40'lık dışsal maliyet, uzun yol için kullanılan taşıma modundan bağımsız olarak ortaya çıkmaktadır ve alınan yol, kullanılan aracın yararlı yükü, yükleme faktörü ve birim dışsal maliyetine bağlıdır. Alınan yolun azaltılması işin doğasına aykırı olduğundan dışsal maliyeti azaltmak için

kullanılabilecek bir parametre değildir. Yükleme faktörü, Allen vd., (2017)'in çalışmasında bahsettiği gibi 0,6 üzerinde olduğunda ilave masraflar ortaya çıkmaktadır (zaman, otopark). Dolayısı ile dışsal maliyet, ancak kullanılan aracın yararlı yükü arttırılarak ya da birim dışsal maliyet azaltılarak düşürülebilir.

Çalışmanın sonuçları, yalnızca karayolu taşımacılığı yerine intermodal demiryolu/karayolu taşımacılığı kullanan kargo ve kurye operatörlerinin, kentsel bölgelerdeki yük taşımacılığının büyük kısmının gerçekleştiği 80 km. 'nin altındaki mesafelerde bile dışsal ve tam maliyetlerinin (içsel ve dışsal maliyetler toplamı) düşük olduğuna işaret etmektedir (BESTUFS, 2007). Tam maliyet modeline göre çözülmüş olan senaryo sonuçları, 37 km'den sonra tam maliyetlerin ve 30 km'den sonra dışsal maliyetlerin intermodal karayolu/demiryolu taşımacılık lehine olduğunu göstermektedir. Kargo ve kurye operatörleri gibi kısa mesafelerde yüksek miktarda yük taşıyan şirketler, taşımacılık maliyetlerini düşürmek amacıyla intermodal demiryolu/karayolunu göz önünde bulundurabilirler. Bu sonucun temel sebepleri demiryolunun düşük dışsal maliyetleri ve ölçek ekonomisine sahip olma özelliğidir.

Oluşturulmuş olan senaryo sonuçları ile literatür kıyaslandığında, dışsal maliyetlerin Mostert vd. (2017)'nin çalışmasına paralel şekilde intermodal taşımacılık için kısa mesafelerde bile daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın odak noktası olmamakla birlikte operasyonel maliyetler de Mostert vd. (2017)'nin sonuçlarının tersine kısa mesafelerde daha düşük olmaktadır. Bu tezin sonuçları aynı zamanda Hamburg Limanı hinterlandında yaptığı çalışmayla intermodal taşımanın yalnızca karayolu taşımaya oranla daha ucuz olduğu tartışan Brümmerstedt vd. (2015)'nin çalışmasıyla ve belli bir başa baş noktasının üstünde maliyetlerin intermodal taşıma lehine döndüğünü hesaplayan Janić (2007)'in çalışması ile paraleldir.

Bu tez çalışmasında oluşturulmuş olan senaryoyu çözümlemek için tam maliyet modeli kullanılmıştır. Temel referans seçilmiş olan Janić (2007)'in belirttiği modeldeki parametrelerin bazıları güncel veriler ışığında düzenlenmiş olsa da büyük bir kısmı aynı kabul edilmiştir (Tablo 4) ve bu tezin en önemli kısıtlamasıdır. Ayrıca kargo/kurye operatörlerine ait doğrusal olmayan rotalar ile tekrarlanan durak ziyaretleri, toplama/dağıtma merkezlerinin düzgün olmayan güzergahlarda olması,

toplama/dağıtma merkezlerine ait intermodal terminal bulunmaması ve kargo/kurye operatörlerine ait araç filolarının içten yanmalı dizel motorlara sahip olması yine bu tezin kısıtlamaları ve kabulleri olarak sıralanabilir.

Gelecek araştırmalarda bu parametrelerin güncellenmesi, yalnızca kargo/kurye operatörlerinin değil, taşımacılık hizmeti veren tüm şirketlerin dışsal (çevresel) ve tam maliyetlerinin (içsel ve dışsal maliyetler toplamı) hesaplanması önerilebilir. Verilerdeki ve parametrelerdeki bu güncellemeler ve dışsal maliyetlerin ölçülmesine yönelik yeni araştırmalar, yeşil lojistik literatürü için değişimlerin takibi açısından önemli olduğu gibi yaşanabilir ve sürdürülebilir bir dünya için zaruridir.



KAYNAKÇA

Aljohani, K., & Thompson, R. G. (2020) An Examination of Last Mile Delivery Practices of Freight Carriers Servicing Business Receivers in Inner-City Areas. *Sustainability*, 12(7, 2837). doi:10.3390/su12072837

Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M. (2016) An analysis of the parcels market and parcel carriers' operations in the UK. London, University of Westminster FTC2050. http://www.ftc2050.com/reports/westminster_parcels_final_Dec_2016.pdf

American Transportation Research Institute. (2018) An Analysis of the Operational Costs of Trucking : 2018 Update. October, 48. Virginia, USA.

Augereau, V. and Dablanc, L. (2008) An evaluation of recent pickup point experiments in European cities: the rise of two competing models. *Innovations in City Logistics*, 301–320

Bateman, T., Buhler, B., Pharand, A., (2015) Adding Value to Parcel Delivery. Accenture. https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_23/Accenture-Adding-Value-to-Parcel-Delivery.pdf (14 Kasım 2020'de kontrol edildi.)

BESTUFS (2003) Best Urban Freight Solutions, D 2.4 Best Practice Handbook.

BESTUFS II, (2007) Best Practice Update Part I Updated Handbook from 2002.

Beuthe, M, Degrandt, F, Geerts, J-F and Jourquin, B (2002) External costs of the Belgian interurban freight traffic: A network analysis of their internalization. *Transportation Research: Part D*, 7, pp 285–301

Bhatti, A., Akram, H., Basit, H. M., Khan, A. U., Naqvi, S. M. raza, & Bilal, M. (2020). E-commerce trends during COVID-19 Pandemic. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 13(2), 1449–1452.

Black, I.; Seaton, R.; Ricci, A.; Enei, R.; Vaghi, C.; Schmid, S.; Bühler, G. (2003) RECORDIT, Final Report: Actions to Promote Intermodal transport. https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060727_155159_96220_RECORDIT_Final_Report.pdf (28 Kasım 2020'de kontrol edildi).

Bongardt, D., Stiller, L., Anthea, S., & Wagner, A. (2019) Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I. Transformative Urban Mobility Initiative.

Brümmerstedt, Katrin; Flitsch, Verena; Jahn, Carlos (2015) Cost Functions in Freight Transport Models, In: Blecker, Thorsten Kersten, Wolfgang Ringle, Christian M. (Ed.: Operational Excellence in Logistics and Supply Chains: Optimization Methods, Data-driven Approaches and Security Insights. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL, Vol. 22, ISBN 978-3-7375-4058-2, epubli GmbH, Berlin, pp. 267-294

Büyüközkan, G., Soncul, M. ve Tanyaş, M. (2012) Kentsel Lojistik Yapısının Modellenmesi ve Analizi. 1.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiri Kitabı (ss.587-595, Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Konya.

Caplan, B. (2020) Externalities. The Library of Economics and Liberty. Liberty Fund, Inc. (15 Ocak 2021 Tarihinde erişildi).

CE Delft (2011) İnfra, Fraunhofer ISI, External Costs of Transport in Europe, Update Study for 2008, Delft, CE Delft, September 2011

Council of Logistics Management (1991) Definition of Logistics. <http://www.cscmp.org/> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

Daganzo, C., (2005) Logistics Systems Analysis. Springer, Berlin.

Delft, CE, 2008, 4.288.1/ Handbook on estimation of external costs in the transport sector - IMPACT D1 Version 1.1

DfT (2013) Road Transport Forecast 2013, Department for Transport, London

DfT Integrated Transport and Economic Appraisal (2002). Review of Freight Modelling Final Report.

DHL (2011) Annual report 2011: Simply grow.

Directorate-General for Mobility and Transport; CE Delft. (2019) Handbook on External Costs of Transport. European Commission.

Duan L, Tavasszy LA, Rezaei J. (2017) Freight service network design with heterogeneous preferences for transport time and reliability. Transp Res E: Logist Transp Rev. 2019;124:1–12.

Ducret, R. (2014) Parcel deliveries and urban logistics: Changes and challenges in the courier express and parcel sector in Europe — The French case. Research in Transportation Business & Management, 11, 15–22.

Encyclopedia Britannica (1993) Encyclopedia Britannica, Inc., Vol. 28, pp. 878–882., Chicago

Engblom, J., Solakivi, T., Töyli, J., & Ojala, L. (2012). Multiple-method analysis of logistics costs. International Journal of Production Economics, 137(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.007>

United States Environmental Protection Agency EPA (2002) User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2: Mobile Source Emission Factor Model <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1001DSD.PDF?Dockkey=P1001DSD.PDF> (26 Ocak 2021 Tarihinde erişildi).

European Commission EC, (2007) Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles. Official Journal of the European Union, L263(9.10.2007), pp. 1-160.

European Commission, (2011) White Paper on transport — Roadmap to a single European transport area — Towards a competitive and resource-efficient transport System, Luxembourg: Publications Office of the European Union, doi:10.2832/30955

European Commission RECORDIT (2001a) Real Cost Reduction of Door-to-door Intermodal Transport, European Commissions, Directorate General DG VII, RTD 5th Framework Programme, Brussels, Belgium.

European Commission IMPREND (2001b) Improvement of Pre- and End- Haulage , European Commissions, Directorate General DG VII, RTD 4th Framework Programme, Brussels.

Gürel, Ö. ve Asan, Ş.S. (2018) Şehir Lojistiği ve Endüstri 4.0 Entegrasyonu. Irditech Kongresi Bildiriler Kitabı (pp. 225-238), İstanbul: Okan Üniversitesi Yayınları.

Holguin-Veras J, Bromm M. (2008) Trucking costs: comparison between econometric estimation and cost accounting. Transportation Research Board 87th Annual Meeting; 2008 January 13-17; Washington, DC.

Jones, K. (2020). The Pandemic Economy: What are Shoppers Buying Online During COVID-19? <https://www.visualcapitalist.com/shoppers-buying-online-ecommerce-covid-19/> (22 Ocak 2021 Tarihinde erişildi.)

Lojistik Derneği LODER (2020), <http://www.loder.org.tr/en/terimler.html?harf=K&sayfa=5> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

OICA (2020), <http://www.oica.net/category/sales-statistics/> (22 Aralık 2020 Tarihinde erişildi).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2020) <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turlerine-gore-tasinan-yolcu-ve-yuk-miktari-i-85789> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

Ourworldindata.org (2020), <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

OECD, 2020 <https://stats.oecd.org/> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

IEA (2020) Sustainable Recovery , World Energy Outlook Special Report.

Insight (2008) How mature is the green supply chain, 2008 Supply Chain Monitor, Bearing Point Inc, McLean, VA

International Energy Agency, (2019) The Future of Rail, Opportunities for energy and the environment.

International Transport Forum at the OECD (2015) Global trade : International freight transport to quadruple by 2050. Oecd, January, 1–5. <https://www.itfoecd.org/sites/default/files/docs/2015-01-27-outlook2015.pdf>

IPCC (2007) Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Fourth Assessment Report. Working Group III Report “Mitigation of Climate Change.”

IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2014) Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp

IPCC (2018) Summary for Policymakers: Global Warming of 1.5°C. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds).

Islam, D. M. Z., Meier, J. F., Aditjandra, P. T., Zunder, T. H., & Pace, G. (2013) Logistics and supply chain management. *Research in Transportation Economics*, 41, 3–16.

J. Allen, M. Piecyk, M. Piotrowska, F. McLeod, T. Cherrett, K. Ghali, T. Nguyen, T. Bektas, O. Bates, A. Friday, S. Wise, M. Austwick, (2018) Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 61, Part B, 2018, Pages 325-338, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.020>.

Janić M. (2007) Modelling the full costs of an Intermodal and road freight transport network. *Transp Res D: Transp Environ.* 2007;12(1:33–44).

Schoemaker, J. (NEA), Julian Allen (UoW), Marcel Huschebeck (PTV), Janos Monigl (Transman, 2006, BESTUFS II, Best Urban Freight Solutions II, TREN/04/FP6TR/S07.31723/506384

Jiao, Z.-L., (2018) Development of express logistics in China. In: Xiao, J., Lee, S., Liu, B., Liu, J. (Eds., Contemporary Logistics in China. Collaboration and Reciprocation. Springer, Singapore, pp. 115e135.

Kenneth Small, (1992) Urban Transportation Economics. Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland.

Kordnejad B., (2014) Intermodal transport cost model and intermodal distribution in urban freight. Procedia – Soc Behav Sci. 2014;125:358–372.

Köfteci, S. (2008) Bir Kara Ulaştırma Koridorunda Yük Taşımacılığı Tür Seçiminin Lojistik Maliyete Göre Modellenmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Lai, K-H, Cheng, K.C.E. (2009) Just-in-Time Logistics. Great Britain: MPG Books Ltd., 161, <https://books.google.com.tr/books?id=TIM4YgzWlpgC&pg=PA161&dq=Logistics+activities&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwjZ9eqa1ITtAhXikosKHQyKBSYQ6AEwAHoECAEQQA> (16 Ocak 2021’de kontrol edildi).

Lambert D., Stock J., Ellram L. (1998) Fundamentals of Logistics Management. USA: McGraw-Hill.

Larranaga AM, Arellana J, Senna LA. (2017) Encouraging intermodality: A stated preference analysis of freight mode choice in Rio Grande do Sul. Transp Res A Policy Pract.;102:202–211.

Levinson DM, Corbett MJ, Hashami M. (2005) Operating costs for trucks. SSRN 1736159.

Matsuoka, M., Hricko, A., Gottlieb, R. and De Lara, J. (2011) Global Trade Impacts: Addressing the Health and Environmental Consequences of Moving International Freight Through our Communities. Los Angeles: Occidental College & University of Southern California.

McKinnon, A., Browne, M., Whiteing A. and Piecyk M. (2015) Green Logistics, 3rd edn. London: Kogan Page.

Mensah, J. (2019) Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review, Cogent Social Sciences, 5:1, 1653531, DOI: 10.1080/23311886.2019.1653531

Mock, P., & Zifei, Y. (2014). Driving Electrification. White Paper, May, iii, 7–10.

Mostert M, Caris A, Limbourg S. (2017) Road and intermodal transport performance: the impact of operational costs and air pollution external costs. Res Transp Bus Manag.;23:75–85.

Nash C, Sansom T. (2001) Pricing European transport systems: recent developments and evidence from case studies. *Journal of Transport Economics and Policy*, JTEP;35,(3:363–380).

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2013) *Freight Data Cost Elements*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21939>.

Nocera S, Cavallaro F, Galati OI. (2018) Options for reducing external costs from freight transport along the Brenner corridor. *Eur Transp Res Rev.*;10(2:53).

OECD (2020) Real GDP long-term forecast indicators. doi: 10.1787/d927bc18-en,

Pels, E. and Rietveld, P. (2007) "Cost Functions in Transport", Hensher, D.A. and Button, K.J. (Ed. *Handbook of Transport Modelling* (, Vol. 1, Emerald Group Publishing Limited, pp. 381-394. <https://doi.org/10.1108/9780857245670-019>

Pfohl, H. C., Wolff, P., & Kern, J. (2019). Transshipment hub automation in China's courier/express/parcel sector in Urban Freight Transportation Systems. Published in cooperation with WCTRS. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817362-6.00009-4>

Piecyk M. and McKinnon A (2007) *Internalising the external costs of road freight transport in the UK*. Edinburgh: Heriot-Watt University.

Prevedouros, P., & Mitropoulos, L. (2016) Life Cycle Emissions and Cost Study of Light Duty Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 15, 749–760. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.062>

Pronello, C., Camusso, C., & Valentina, R. (2017). Last mile freight distribution and transport operators' needs: which targets and challenges? *Transportation Research Procedia*, 25(0, 888–899).

Quak, H., Koffrie, R., Rooijen, T., Nesterova, N. (2017) *Economics of Electric Vehicles for City Logistics - FREVUE Deliverable 3.2*, DOI:10.13140/RG.2.2.29145.62566

RICARDO AEA, Korzhenevych; A., Dehnen; N. (DIW) Bröcker; J., Holtkamp; M., Meier; H. (CAU), Gibson; G., Varma; A., Cox; V. (Ricardo-AEA) (2014) *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, Ref: ED 57769 - Issue Number 1

Smokers, R., Tavasszy, L., Chen, M., & Guis, E. (2014). Options for competitive and sustainable logistics. *Transport and Sustainability*, 6, 1–30. <https://doi.org/10.1108/S2044-994120140000006001>

Rodrigue, J-P., Comtois, C. and Slack, B. (2013) *The Geography of Transport Systems*. 3rd edn. London: Routledge.

Sage, D., (2008) Express delivery. In: Brewer, A., Button, K., Hensher, D. (Eds., Handbook of Logistics and Supply-Chain Management. Emerald, Bingley, pp. 455-466.

Sansom, T, Nash, C, Mackie, P, Shires, J and Watkiss, P (2001) Surface Transport Costs and Charges: Great Britain 1998. Institute of Transport Studies, University of Leeds, Leeds

Sarder M., (2020) Overview of transportation logistics. Logistics Transportation Systems, 1-35

Sdoukopoulos E., Boile M. And Anagnostopoulou A., (2015), Estimating truck operating costs for domestic trips – case studies from Greece, Athens. Logistics & Sustainable Transport Vol. 6, No. 1, November 2015, 41–49, doi: 10.1515/jlst-2015-0010

Silva, T. F. G., Gonçalves, A. T. P., & Leite, M. S. A. (2014). Logistics cost management: Insights on tools and operations. International Journal of Logistics Systems and Management, 19(3), 329–346. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2014.065500>

Smith, A., Watkiss, P., Tweddle, G., McKinnon, A., Browne, M., Hunt, A. and Cross, S. (2005) The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development. London: Defra.

SMMT (2005) The UK Automotive Sector: Towards sustainability, SMMT, London

Statista (2021) Road freight transport as a percentage of total inland freight transport in the European Union (EU-28 from 2005 to 2018). <https://www.statista.com/statistics/1068592/eu-road-freight-share-of-inland-transport/> (8 Ocak 2021 tarihinde erişildi).

Stoddart, H. , Schneeberger, K., Dodds, F., Shaw, A., Bottero, M., Cornforth, J., & White, R. (2011). A pocket guide to sustainable development governance. Stakeholder Forum 2011

Supply Chain Management Terms and Glossary, (2013) Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

Taniguchi E., Thompson R.G., Yamada T., Duin R. van (2001) City logistics – network modelling and intelligent transport systems. Pergamon, Oxford, pp. 1-15.

TCMB (2020) Finansal İstikrar Raporu, <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/5fd1db42-5b62-4810-bbce-5f1150fcdf1f/GD.pdf?MOD=AJPERES&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE> (16 Ocak 2021’de kontrol edildi)

Teodorović, D., & Janić, M. (2017). Chapter 10 – Transport Economics. In Transportation Engineering. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803818-5.00010-X>

Teodorović, D., & Janić, M. (2017). Chapter 9 – Freight Transportation and Logistics. In Transportation Engineering. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803818-5.00009-3>

Tepić, J., Tanackov, I., & Stojić, G. (2011). Ancient logistics - historical timeline and etymology. Tehnicki Vjesnik, 18(3), 379–384.

The World Bank (2021), https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?end=2019&locations=TR&most_recent_value_desc=false&start=1960 (16 Ocak 2021’de kontrol edildi)

Theo Notteboom, Larissa van der Lugt , Niels van Saase , Steve Sel and Kris Neyens (2020) The Role of Seaports in Green Supply Chain Management: Initiatives, Attitudes, and Perspectives in Rotterdam, Antwerp, North Sea Port, and Zeebrugge. Sustainability 2020, 12, 1688; doi:10.3390/su12041688.

Alternative Fuels Data Center (2020) <https://afdc.energy.gov/data/10380> (25 Ocak 2021 tarihinde erişildi.)

Türkiye Kargo, Kurye ve Lojistik İşletmecileri Derneği (2017) Kargo sektörü durum analizi ve sektörün geleceği. <http://www.karid.org.tr/kargo-sektoru-durum-analizi-ve-sektorun-gelecegi/> (8 Ocak 2021 tarihinde erişildi.)

United Nations, (2001) White Paper European transport policy for 2010: time to decide. COM(2001) 370, Terminology On Combined Transport.

United Nations (2020), https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/WPP2010/WPP2010_Volume-I_Comprehensive-Tables.pdf (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

United Nations (2019) World Population Prospects 2019: Highlights. <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html> (25 Ocak 2021 Tarihinde erişildi).

U.S. Department of Transportation Research and Innovative Technology Administration Bureau of Transportation Statistics (2018) National Transportation Statistics, http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/ (8 Ocak 2021 tarihinde erişildi.)

UPS, (2015). UPS Pulse of the Online Shopper - Europe Study

Waters, W.G. II, (1976) Statistical costing in transportation, Transportation Journal 49–62.

Weltevreden, J. W. J. (2008). B2c e-commerce logistics: the rise of collection- and-delivery points in The Netherlands. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 36(8, 638–660).

Wikipedia (2020) Logistics <https://en.wikipedia.org/wiki/Logistics> (15 Kasım 2020 Tarihinde erişildi).

World Health Organisation (2016) Air pollution levels rising in many of the world's poorest cities. <https://www.who.int/news-room/detail/12-05-2016-air-pollution-levels-rising-in-many-of-the-world-s-poorest-cities> (12 Aralık 2020'de kontrol edildi.)

World Health Organisation (2020) Timeline: WHO's COVID-19 response. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/interactive-timeline> (22 Ocak 2021 tarihinde erişildi.)

World Health Organisation (2020) WHO announces COVID-19 outbreak a pandemic <https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announces-covid-19-outbreak-a-pandemic> (22 Ocak 2021 tarihinde erişildi.)

Witkowski J., Kiba-Janiak M. (2014) The role of local governments in the development of city logistics. "Procedia – Social and Behavioral Sciences". Vol. 125, pp. 373-385.

Wood, D.F., Barone, A., Murphy, P., Wardlow, D.L., (2002) *International Logistics*. 2nd edn. New york: Amacom, 5.

Wood, D.F., Barone, A.P., Murphy, P.R. and Wardlow D.L. (2002) *International Logistics* 2nd Edn. New york: Amacom

Zenezini; G., Lagorio; A., Pinto; R., De Marco; A., Golini; R., IFAC (International Federation of Automatic Control) (2018) The Collection-And-Delivery Points Implementation Process from the Courier, Express and Parcel Operator's Perspective.

Zeng, A. Z., & Rossetti, C. (2003). Developing a framework for evaluating the logistics costs in global sourcing processes: An implementation and insights. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 33(9), 785–803. <https://doi.org/10.1108/09600030310503334>

Zero Emission Urban Freight (2019) A TDA whitepaper on how to reach zero emission urban freight by uniting Countries, Cities/Regions and Companies. Transport Decarbonisation Alliance

Görsellerin orijinalerin şu sitelerden bulunabilir:

Şekil 1: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-6/assessment-3>

Şekil 2: <https://www.abc.net.au/news/2017-07-02/a-tnt-truck-drives-on-a-driveway-in-erskine-park-nsw/8671354?nw=0>

Şekil 6: https://favpng.com/png_view/tnt-van-front-compact-van-model-car-png/faTbH16a

<https://www.vanrental.co.uk/vanblog/wp-content/uploads/2012/03/iveco-daily-tnt-1-sm.jpg>