



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
DOKTORA PROGRAMI**

**KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR  
LOJİSTİK VE YER SEÇİMİ İÇİN BİR KARMA TAMSAYILI  
PROGRAMLAMA MODELİ ÖNERİSİ**

**HASAN GÖRGÜLÜ**

**Doktora Tezi**

**KONYA  
Ocak 2021**

KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR LOJİSTİK  
VE YER SEÇİMİ İÇİN BİR KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA  
MODELİ ÖNERİSİ

Hasan GÖRGÜLÜ

KTO Karatay Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İşletme Anabilim Dalı  
Doktora Programı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Çağatay ÜNÜSAN

Konya  
**Ocak 2021**

## KABUL VE ONAY

Hasan GÖRGÜLÜ tarafından hazırlanan "Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Sürdürülebilir Lojistik Ve Yer Seçimi İçin Bir Karma Tamsayı Programlama Modeli Önerisi" başlıklı bu çalışma 29 Ocak 2021 Tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** **Prof. Dr. Çağatay ÜNÜSAN**  
KTO Karatay Üniversitesi

**Tez Danışmanı:** **Prof. Dr. Çağatay ÜNÜSAN**  
KTO Karatay Üniversitesi

**Jüri Üyesi:** **Prof. Dr. Turan PAKSOY**  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

**Jüri Üyesi:** **Prof. Dr. Murat CANITEZ**  
KTO Karatay Üniversitesi

**Jüri Üyesi:** **Dr. Öğr. Üyesi Ferdi BİŞKİN**  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

**Jüri Üyesi:** **Dr. Öğr. Ahmet ÇALIK**  
KTO Karatay Üniversitesi

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

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ**  
Enstitü Müdürü

## BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans/Doktora tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.<sup>1</sup>

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren en fazla 6 ay ertelenmiştir.<sup>2</sup>

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.<sup>3,4</sup>

29 Ocak 2021

**Hasan GÖRGÜLÜ**

---

1 MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

2MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ay aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

3MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

4 MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

## ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Prof. Dr. Çağatay ÜNÜSAN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez/proje çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

29 Ocak 2021

---

**Hasan GÖRGÜLÜ**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Çadıatay ÜNÜSAN'a ve kıymetli tecrübelerinden faydalandığım KTO Karatay Üniversitesi İşletme Bölümü Başkanı Osman OKKA'ya ve öğretim üyeleri Prof. Dr. Turan PAKSOY' ve Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ'e, Endüstri Yüksek Mühendisi Cihan MERT'e ve KTO Karatay Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Bayram SADE ve Mütevelli heyet başkanı ve Konya Ticaret Odası başkanı sayın Selçuk ÖZTÜRK Beyefendiye, çalıőmalarım boyunca beni anlayışla karşılayıp desteklerini esirgemeyen kıymetli eşim Cevahir GÖRGÜLÜ'yeve çocuklarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2021

Hasan GÖRGÜLÜ

## ÖZET

Hasan GÖRGÜLÜ

Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Sürdürülebilir Lojistik Ve Yer Seçimi İçin  
Bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli Önerisi

Doktora Tezi  
Konya, 2021

Günümüzde, iklim değişikliği ve küresel ısınma öneminin artmasıyla, dünyada tedarik zincirlerinin çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan birçok mevzuat ve düzenleme yayınlanmıştır. Bu nedenle, Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY) şirketler için önemli bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, çevresel hususlar yeni bir Kapalı Döngü Tedarik Zinciri (KDTZ) Modeli ile incelenmiştir. Potansiyel tesislerin teknoloji seviyelerine (düşük, orta, yüksek) ilişkin toplam tedarik zinciri maliyeti ve karbondioksit emisyonunu minimize etmek amacıyla yeni ve kullanılmış ürünler için tesisler, toplama merkezleri ve yenileme merkezlerinin optimal yerleşimine karar vermek üzere yeşil veya sürdürülebilir yer seçimi ve ulaşım konuları ele alınmıştır. Burada, düşük teknoloji seviyesi, tesislerde daha düşük tesis sabit maliyeti, ancak daha yüksek karbondioksit emisyon seviyesini; yüksek teknoloji seviyesi ise tesislerde daha yüksek tesis sabit maliyeti ancak daha düşük çevresel maliyetleri ifade etmektedir. Önerilen model, yeşil ulaşım vasıtasıyla taşıma maliyeti ve karbondioksit emisyon maliyeti arasında bir denge oluşturmaktadır. Şebekedeki tüm ulaşımın, taşıma için üç farklı tipte taşıtın kullanıldığı bir lojistik firmasından sağlandığı kabul edilmiştir. Bu araç tiplerinin her biri ile taşınabilen yük aralıkları önceden belirlenmiştir. Büyük boyutlu kamyonlar seçilerek taşıma masrafları azaltılabilmektedir ancak bu durum küçük boyutlu kamyonlarla karşılaştırıldığında olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu tür çatışmalarla başa çıkmak için bir Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP) Modeli önerilmiştir. Geliştirilen modelin etkinliğini göstermek için sayısal bir örnek uygulanmış ve analiz edilmiştir.

### **Anahtar Kelimeler:**

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, Karbondioksit Emisyonu, Yeşil Yer Seçimi, Yeşil Ulaşım, Yük Aralığı.

## **ABSTRACT**

Hasan GÖRGÜLÜ

A Mixed-Integer Programming Model For Green Location And Transportation In A Closed-Loop Supply Chain

Ph. D. Thesis

Konya, 2021

Nowadays, due to increasing importance of climate change and global warming, numerous legislations and regulations aiming to reduce environmental impact of supply chains have been published throughout the world. Therefore, Green Supply Chain Management (GSCM) has emerged as an important paradigm for the companies. In this paper, we investigate the environmental subjects by the help of a new Closed-Loop Supply Chain (CLSC) model. Green or sustainable location and transportation issues are discussed while deciding on the optimal locations of plants, collection centers and refurbishing centers for new and used products in order to minimize the total supply chain cost and carbon-dioxide emission considering the technology levels (low, medium, high) of potential plants. Herein, low technology level refers to lower fixed facility costs but higher carbon-dioxide emission levels at plants. Contrarily, high technology refers to higher fixed facility costs but lower environmental costs at plants. By the means of green transportation, the proposed model includes a trade-off between transportation cost and carbon dioxide emission cost. It is assumed that all transportation in the network is out-sourced to a logistics firm where three different types of vehicles are used. Load ranges that can be transported with each of these vehicle types are predetermined. Transportation costs can be reduced by choosing large-sized trucks but it causes negative environmental effects compared to small-sized ones. To handle these kinds of conflicts, a mixed-integer linear programming (MILP) model is proposed. A numerical example is implemented and analysed in order to demonstrate the efficiency of the developed model.

### **Keywords:**

Green Supply Chain Management; Carbon Dioxide Emission; Green Location, Green Transportation, Load Ranges.



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
BİLDİRİM .....	ii
ETİK BEYAN .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ .....	1
2. LOJİSTİK: TEMEL KAVRAMLAR .....	3
2.1.Lojistik Nedir .....	3
2.2.Lojistiğin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.3.Lojistiğin Amacı Nedir? .....	5
2.4.Lojistik Sektörünün Dünyadaki Gelişimi .....	7
2.4.1.Bölgesel Gelişmeler.....	9
2.4.2.Pazara Yakınlık.....	10
2.4.3.Tedarikçi Firmalara Yakınlık.....	10
2.4.4.Ulaştırma Faktörü .....	10
2.4.5.İş Gücüne Yakınlık .....	10
2.5. Lojistik Alt Yapının Dünyadaki Gelişimi .....	11
3.LOJİSTİK ÜSLER VE TESİSLER .....	14
3.1.Lojistik Üslerin Sınıflandırılması .....	14
3.1.1.Yerel Üsler .....	14
3.1.2.Bölgesel Üsler.....	15
3.1.3.Uluslararası Lojistik Üsler .....	15
3.1.4.Küresel Lojistik Üsleri.....	15
3.2.Lojistikte İhtiyaç Duyulan Hizmetler ve 3PLHizmetleri .....	16
3.2.1.Depo Yönetimi.....	17

3.2.2.Katma Değer Yaratan Hizmetler .....	17
3.2.3.Bilgi Yönetimi .....	17
3.2.4.Taşıma Yöntemi.....	18
4.YER SEÇİMİ TEORİSİ VE AĞ TASARIMI .....	22
5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	27
5.1.Tedarik Zinciri Temel Fonksiyonları .....	28
5.1.1.Üretim .....	28
5.1.2.Envanter Yönetimi .....	29
5.1.3.Taşıma ve Dağıtım.....	31
5.1.4.İletişim ve Bilgi Teknolojileri.....	32
5.2.Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı ve Gelişimi .....	33
5.3.Tedarik Zinciri Üyeleri.....	34
5.3.1.Üreticiler .....	35
5.3.2.Dağıtıcılar .....	36
5.3.3.Perakendeciler.....	36
5.3.4.Müşteriler.....	36
5.3.5.Lojistik Hizmet Sağlayıcılar .....	37
6.TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ .....	38
6.1.Tersine Lojistik.....	39
6.2.Tersine Lojistik ve Kapalı Döngü Tedarik Zinciri .....	42
7.ULAŞTIRMA .....	45
7.1. Şehir İçi Ulaştırma.....	45
7.2.Toplu Taşıma Sistemleri .....	45
7.2.1.Otobüs Sistemleri.....	45
7.2.2.Metrobüs (Hızlı Otobüs) Sistemleri.....	48
7.2.3.Tramvay Sistemi ve Hafif Raylı Sistem .....	50
7.2.4.Metro Sistemi.....	51
8.ULAŞIM PLANLAMA MASTER PLAN .....	53
8.1.Ulaşım Ana Planı Çalışması.....	53
8.1.1.Ulaşım Ana Planının Amacı .....	53
8.1.2.Kapsam .....	54
8.1.3.Ulaşım Ana Planının Yapım Aşamaları.....	57
9.ÖRNEK ULAŞIM MASTER PLANI.....	58

9.1.Konya 2030 Ulaşım Master Planı Toplu Taşıma Kısımları .....	58
9.1.1.Ulaşım Altyapısı .....	58
9.1.2.Mevcut Sorunların ve Yetersizliklerin Değerlendirilmesi.....	60
9.1.3.Toplu Taşıma Sistemine ilişkin Sorunlar ve Yetersizlikler .....	60
9.2.Verimlilik .....	65
9.2.1.Araç Başına Yolcu Sayısı .....	65
9.2.2.Yolcu Sayısı-Araç Sayısı İlişkisi .....	65
9.2.3.Sefer Sayıları ve Sıklığı .....	66
9.2.4.Bir Aracın Tur Sayısı ile Hat Uzunluğu İlişkisi .....	66
9.3.Kapasite Kullanım Oranı .....	67
9.4.Ara Toplu Taşıma Sistemi.....	67
9.4.1.Minibüsler.....	67
9.5.Hedef Yılı Yolculuk Tahminleri .....	68
9.5.1.Yolculuk Değerleri .....	68
9.5.2.Gelecekte Yaşanması Beklenen Ulaşım Sorunları .....	68
10. UYGULAMA .....	71
10.1. Problemin Tanımı.....	72
10.2.Model Formülasyonu .....	73
10.2.1 İndisler .....	73
10.2.2 Parametreler .....	73
10.2.3 Değişkenler .....	75
10.2.4 Amaç fonksiyonları.....	76
10.2.5 Kısıtlar .....	78
11. HESAPLAMALI ÇALIŞMALAR VE YÖNETİMSEL ÇIKARIMLAR .....	82
12. SONUÇ .....	88
KAYNAKLAR .....	90
ÖZGEÇMİŞ .....	98
EKLER.....	99

## TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kategorilere göre dünya ticareti hizmetler ticareti .....	11
Tablo2. Ülkeler bazında 2018 yılı en iyi lojistik performansları .....	12
Tablo3. Ülkeler bazında 2018 yılı en kötü lojistik performansları .....	13
Tablo4. Yeni taşıma metotları.....	19
Tablo5. Geleneksel tedarik zinciri yöntemi .....	34
Tablo6. Çağdaş tedarik zinciri .....	34
Tablo7. İleri ve tersine lojistik arasındaki farklar .....	41
Tablo8. Etki ve faydalar .....	49
Tablo9. Rassal Olarak Oluşturulmuş Veri Değerleri .....	82
Tablo 10. Elde edilen sonuçlar.....	86

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Geliştirilen modelin yapısı .....	73
Şekil2. Optimum dağıtım planı .....	84
Şekil 3. 2015 yılı sektör bazında ABD ghg emisyonu ve kaynak bazında ABD ulaştırma sektörü ghg emisyonu yüzdeleri .....	85

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Kısaltma</b>	<b>Açıklama</b>
ATS	Akıllı trafik sistemi
AYGM	Altyapı yatırımları genel müdürlüğü
CNG	Compressed natürel gas
FANP	Fuzzyanalytic network process
GPS	Global positioningsystem
HRS	Hafif raylı sistem
KDTZ	Kapalı döngü tedarik zinciri
KTDP	Karma tamsayılı doğrusal programlama
LPG	Liquifiedpetroleumgas
LPI	Logisticsperformanceindex
MD	Madde
MILP	A mixedintegerlinearprogramming
PL	Parti lojistik
TC	Türkiye cumhuriyeti
TCDD	Türkiye cumhuriyeti devlet demir yolları
TTZY	Tersine tedarik zinciri yönetimi
VB	Ve benzeri
VD	Ve diğerleri
WTO	World tradeorganization

## 1.GİRİŞ

Farklı alanlardaki ilişkileri birbiri ile uyumlu kılarak zorunluluğu işaret eden ve daimi olma yeteneği olarak adlandırılan kavrama sürdürülebilirlik denir. İnsanların yaşam kalitesi korunarak ekonomik büyüme ve refah seviyesini yükseltme uygulamalarıdır.

Geleneksel ileri akış ve ileri tedarik zinciri faaliyetlerine ek olarak tersine akış ve tersine tedarik zinciri faaliyetlerini de kapsayan tedarik zincirlerine kapalı döngü tedarik zincirleri denir. Son yıllarda da kapalı döngü tedarik zincirlerinin ve tersine lojistiğin, tedarik zinciri yönetimi araştırmaları içerisinde büyük önemi vardır.

Günümüzde, iklim değişikliği ve küresel ısınma öneminin artmasıyla, dünyada tedarik zincirlerinin çevresel etkilerini azaltan birçok mevzuat ve düzenleme yayınlanmıştır. Ekonomik ve çevresel etkilerin yanı sıra tedarik zincirlerinde sosyal etkileri ele almak birçok şirket için zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi şirketler için önemli bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, sürdürülebilirliğin temel boyutlarını dikkate alan yeni bir Kapalı Döngü Tedarik Zinciri (KDTZ) modeli ile incelenmiştir. Potansiyel tesislerin teknoloji seviyelerine (düşük, orta, yüksek) ilişkin toplam tedarik zinciri maliyeti ve karbondioksit emisyonunu minimize etmek amacıyla yeni ve kullanılmış ürünler için tesisler, toplama merkezleri ve yenileme merkezlerinin optimal yerleşimine karar vermek üzere yeşil veya sürdürülebilir yer seçimi ve ulaşım konuları ele alınmıştır. Burada, düşük teknoloji seviyesi, tesislerde daha düşük tesis sabit maliyeti, ancak daha yüksek karbondioksit emisyon seviyesini; yüksek teknoloji seviyesi ise tesislerde daha yüksek tesis sabit maliyeti, ancak daha düşük çevresel maliyetleri ifade etmektedir. Önerilen model, yeşil ulaşım vasıtasıyla taşıma maliyeti ve karbondioksit emisyon maliyeti arasında bir denge oluşturmaktadır. Şebekedeki tüm ulaşımın, taşıma için üç farklı tipte taşıtın kullanıldığı bir lojistik firmasından sağlandığı kabul edilmiştir. Bu araç tiplerinin her biri ile taşınabilen yük aralıkları önceden belirlenmiştir. Büyük boyutlu kamyonlar seçilerek taşıma masrafları azaltılabilmektedir, ancak bu durum küçük boyutlu kamyonlarla karşılaştırıldığında olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu tür çatışmalarla başa çıkmak için bir karma tamsayılı doğrusal programlama (KTDP)

modeli önerilmiştir. Geliştirilen modelin etkinliğini göstermek için sayısal bir örnek uygulanmış ve analiz edilmiştir.

Bahsi geçen çalışmaları içeren Tez ilk bölümünde bu kaynak hakkında genel bilgileri giriş düzeyinde içemektedir. İkinci bölümde, lojistik hakkında genel bilgiler, lojistik ve lojistik ile ilgili temel kavramlar, lojistiğin tarihsel gelişimi, lojistiğin amacı, lojistik sektörünün dünyadaki gelişimi ve lojistik alt yapının dünyadaki gelişimi konuları ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, lojistik üsler ve tesisler sınıflandırılmış ve lojistikte ihtiyaç duyulan hizmetler ve 3PL hizmetlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, yer seçimi teorisi ve ağ tasarımı bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, tedarik zinciri yönetimi temel fonksiyonları, tedarik zinciri yönetiminin yapısı ve gelişimi ile tedarik zinciri üyelerinden bahsedilmiştir. Altıncı bölüm, tersine tedarik zinciri yönetimini içermektedir. Yedinci bölümde, ulaştırma konusu incelenmiş olup şehir içi ulaştırma ve toplu taşıma sistemleri işlenmiştir. Sekizinci bölümde, ulaşım planlama master planından bahsedilerek, ulaşım ana planı çalışması, planının amacı ve kapsamı ile planyapım aşamaları incelenmiştir. Dokuzuncu bölümde, örnek ulaşım master planı kapsamında; Konya 2030 ulaşım master planı toplu taşıma kısımları, kapasite kullanım oranı ile verimliliği ve hedef yılı yolculuk tahminleri işlenmiştir. Onuncu bölümde, örnek bir uygulama kapsamında problemin tanımlanması ve modelin formülasyonu bulunmaktadır. On birinci bölümde, hesaplamalı çalışmalar ve yönetimsel çıkarımlar yapılmış ve son bölümde sonuç olarak yapılan çıkarımlar ifade edilmiştir.



## **2. LOJİSTİK: TEMEL KAVRAMLAR**

### **2.1.Lojistik Nedir**

Lojistik lügatte farklı dillerde kullanılmış olsada insanlığın var olduğu tarihten bu tarafa insanların ihtiyaç duydukları gereksinimlerinin bir bütün halinde bulundurmak veya istediği anda ulaşabilmek amacıyla depoladığı sakladığı ve farklı yerlere taşınması işinin adı olarak tanımlamıştır(Gülen, 2011).

Lojistik denince insanların aklına sadece askeri malzemeler gelmiş olsa da artık günümüzde lojistik kelimesi tamamen değişmiş ve insanlığın, hatta insanlığın hizmetine sunulan eşyadan, hayvana akla gelebilecek her türlü ihtiyaçlara ulaşabilmenin adı olarak ifade edilebilmektedir.

Dünya çapında bakıldığında artık lojistik eşyanın taşınmasından ziyade ihtiyaç duyulanın ilk hammadde olarak üretilmesinden son aşamasına kadar geçen süreçlerin takibi ve ihtiyaçların tam olarak giderilmesi olarak tanımlamıştır. Daha ayrıntılı anlatmak gerekirse, lojistik müşterilerin veya insanların ihtiyaç duyduğu her türlü malzemelerin üretim aşamasından ilgili bilgilerin çıktısından varış noktasına kadar en etkili ve detaylı bir biçimde taşınması, depolanması ve gerekli bütün prosedürlerin planlanarak uygulanması ve denetlenmesi sürecidir(Long, 2019).

### **2.2.Lojistiğin Tarihsel Gelişimi**

İnsanlık, ilk çağlardan itibaren işlerini daha verimli ve fonksiyonel yapabilecek arayışların peşinden gitmiştir. Eşyaların bir yerden başka bir yere taşınmasında aranan kolaylık arayışı tekerleğin icadı ile başlamış ve belki de lojistiğin temelleri o zamanlar da atılmıştır. İki ayrı kelimenin bir araya gelmesiyle oluşan lojistik latin kökenli bir kelimedir. Bu kelimeler logic ve statics olarak adlandırılırken mantık kavramından doğmuştur. İlk olarak askeri alanda kullanılan ve askeriyede sık sık dile getirilen kelime Yunanca olarak logistikostur. Bundan dolayı askeri bir terim olduğu anlaşılmaktadır. Savaşlardaki tedarik yöntemleriyle başlayan kavram 1980' li yıllarda Avrupa ve ABD'de 1990'lı yıllardan sonrada ülkemizde faaliyet göstermeye başlamıştır. Kalitemizi artırmak adına da lojistik yaşamımızın her alanında kullanılmaktadır (Acar, Köseoğlu vd.,2014).

Lojistik kavramı, günümüzde askeri çalışmalarda ya da askeri malzemelerin taşınmasında uygulanan yöntem ve prosedürlerin çağrışımını yapsa da; lojistik, hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Modern lojistik, yakın geçmişte ilk olarak nakliye anlayışı ile şekillenmiş olsa da, günümüzde “yeşil ve sürdürülebilir tedarik zincir yönetimi” kapsamında faaliyet göstermektedir.

Yeşil ve sürdürülebilir tedarik zincirlerine olan ilgi on yıldan fazla bir süredir artmakta ve bu konu artık ana akım haline gelmektedir (Byrne vd., 2013). Lojistikte sürdürülebilirliği incelerken literatürdeki çalışmalara bakıldığında;

Karlılığın ve çevresel etkilerin dengelendiği sürdürülebilir lojistik ağların tasarımı ve değerlendirilmesi için bir çerçeve geliştirmemeyi amaçlamışlardır. Bunun için lojistik ağlarda çevresel performansı ve maliyet verimliliğini etkileyen ana faaliyetleri gözden geçirerek sürdürülebilir ağları tasarlamak üzere çok amaçlı programlama ve veri zarflama analizini kullanmışlardır (Neto vd.,2008). Küresel havalimanı lojistik platformlarının farklı uygulamalarına ve endüstriyel ekoloji ilkelerine dayalı sürdürülebilir bir lojistik platform konsepti tasarlayarak Brezilya'nın güneyindeki bir uygulama için geliştirmişlerdir (Lima Jr vd.,2010). 76 Çinli lojistik hizmet sağlayıcısının 2010 yılında yapılan bir ankete verdiği yanıtlara dayanarak, dört grup insan kaynakları yönetimi uygulamasının Çin lojistik hizmet pazarında üç lojistik ve tedarik zinciri yetkinliğinin geliştirilmesine katkıda bulunup bulunmadığını ve nasıl katkıda bulunduğunu araştırmışlardır (Ding vd.,2015). Çevresel olarak sürdürülebilir lojistik faaliyetler geliştirmedeki konuları ve zorlukları araştırmayı amaçlamışlardır. Bunun için İskandinav ülkelerinde faaliyet gösteren lojistik hizmet sağlayıcılarından on örnek olay incelenmiş ve dört zorluk kategorisi tanımlanmıştır: müşteri öncelikleri, yönetimsel karmaşıklık, ağ dengesizliği ve teknolojik ve yasal belirsizlikler (Abbasi ve Nilsson, 2016). Farklı sektörlerdeki birkaç şirket için hasat, talaş kaldırma, depolama ve nakliye dâhil olan bir ulaştırma problemi ahşap lojistik ağının toplam lojistik maliyetlerini en aza indirmek üzere karma tamsayı doğrusal programlama (MILP) modeli geliştirmişlerdir (Taskhiri vd.,2016)

Sürdürülebilir lojistik uygulamaları için lojistik icra uygulamalarının, fiyatlandırma uygulamalarının, hizmet sunumlarının ve işgücü uygulamalarının ölçümlerini doğrulamayı ve sürdürülebilir lojistik uygulamalarının lojistik nakliye performansı

üzerindeki etkisini keşfetmeyi amaçlamışlardır (Kumar vd.,2017). Kurumsal lojistik ağının sürdürülebilirlik optimizasyonunu stratejik bir perspektiften inceleyerek sürdürülebilirliğin üç boyutunu dikkate alan çok amaçlı bir sürdürülebilir lojistik optimizasyon modeli önermişlerdir (Zhu ve Hu, 2017). Lojistik yenilikte deneysel temelli araştırmanın eksikliğini ele alarak kritik faktörleri, zorlukları ve ilgili aktörleri belirlemek için sürdürülebilir lojistik yenilikleri sürecini incelemişlerdir. Bunun için sürdürülebilir lojistik yenilikleri uygulamalarında başarılı olan altı İsveçli perakendeci ve lojistik hizmet sağlayıcılarıyla çoklu vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir (Björklund ve Forslund, 2018). Hammadde tedariki ve lojistiğinde karbon emisyonlarını en aza indirmeye odaklanarak afete dirençli tedarik zinciri yönetimi için sürdürülebilir tedarik lojistiği tasarlamak için kullanılabilen, karbon emisyonunun sınır ve ticaret yöntemi yoluyla çevresel sürdürülebilirliği içeren dinamik, doğrusal olmayan bir karma tam sayı modeli önermişlerdir (Kaur ve Singh, 2019). Sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek üzere yasal normların işletmelerin lojistiği üzerindeki etkisini değerlendirmek için şirketlerin yöneticileri ve avukatlarının katıldığı bir anket düzenleyerek Kruskal-Wallis, ANOVA analizi, Tukey HSD testlerini uygulamışlardır (Grabaravd.,2020). Lojistik şirketlerinin rekabet güçlerini envanter ve dağıtım risklerini dağıtarak, kaynakları ve karları paylaşarak güçlendirmek amacıyla lojistik şirketlerinin işbirliğine oyun teorisi ile sürdürülebilir bir paylaşım modeli geliştirmişlerdir. Önerilen paylaşım ekonomisi lojistik modeli, eşit dağıtımı sağlamak için bir lojistik merkezinin işlem ve sabit maliyetlerini dikkate alırken, eşit ve orantılı kazanç dağılımını sağlamayı amaçlamaktadır (Kimvd.,2020).

### **2.3.Lojistiğin Amacı Nedir?**

Lojistiğin genel amacı tamamıyla insanların ihtiyaç duydukları her türlü malzeme ve hizmetlerin belirli bir ücret karşılığında karşılandığı bir hizmet ağıdır (Paksoy vd.,2012). Lojistiğin bu hizmet ağının tam düzenli bir şekilde yürütülebilmesi için ağ tasarımı, bilgi akışı, stok ve depo yönetimi gibi taşımacılığın tam kontrol altında tutulabilmesi için bütün mekanizmanın kontrolünü kuşatan birçok faaliyetin koordinasyonu gerekmektedir.

Genel çerçevede özetleyecek olursak lojistiğin kendi içinde 6 operasyonel amacı vardır.

- Hızlı Yanıt
- Tutarlılık
- En az Stok
- Taşımaların Birleştirilmesi – Konsolidasyon
- Kalite
- Yaşam Çevrim Desteği

Kısaca Açıklamak Gerekirse:

Müşterilere en doğru ve en hızlı bilgi akışını sağlamak çok önemlidir. Çünkü ne kadar hızlı ve kısa sürede taşıma işini tamamlarsanız ve ne kadar doğru bilginin akışını hızlıca geri dönüşünü yaparsanız o kadar çok tercih edilirsiniz. En nihayetinde “vakit nakittir”. Lojistik firması olarak aynı politika, aynı vizyon ve aynı misyon ile tutarlılık içinde hizmetinizi sağladığınız sürece piyasalarda aranan nitelikli bir firma olursunuz. Kısaca şöyle diyebiliriz. Ne kadar tutarlı bir firma iseniz o kadar tutunursunuz (Long 2019).

Yaptığınız işte en az stok politikasını yürütürseniz riskinizi o kadar minimize etmiş olursunuz. Özellikle teknolojik aletler, gıda sektörü gibi çabuk bozulabilen ve değişebilen malzemelerin lojistik hizmetini yapıyorsanız bu konu çok önem arz etmektedir. Çünkü teknoloji yakalanamayacak kadar hızlı geliyor, Gıda sektöründe de bozulma meyilli malzemeler olduğu için ne kadar çok stok o kadar çok risk demektir. Kısacası teknolojik aletlerin elinizde kalma, gıda malzemelerinde bozulma ihtimali çok yüksektir, buda yüksek risktir (Tanyaş vd.,2017).

Firmanız olarak taşıma işlemlerinizde istenilen yerden istenilen yere zamanında güven içinde şeffaf bir şekilde götürmeyi başarırsanız bu sizin için kaliteli hizmetin en üst seviyede olduğunu gösterir. Bununla birlikte bir de fiyat politikanız uygun ise lojistik şirketler arasında en öne çıkarsınız buda sizi diğerlerinden farklı kılar. Unutulmamalıdır ki kaliteli olan her şey diğerlerinden daha çok tercih edilir. Lojistik firmaların en çok dikkat etmesi gereken en önemli konulardan bir tanesinde taşımaların birleştirilmesidir. Çünkü siz taşıma aracınızın yarısını dolu yarısında boş olarak kullanırsanız teorik olarak zarar edersiniz. Ayrıca aynı bölgede bulunan veya aynı güzergâhta bulunan malzemeleri ayrı ayrı taşımak hem zaman hem para kaybı olacaktır. Bu ve benzeri

malzemelerin aynı bölgede veyahut aynı güzergâhta olup tek bir araçla hizmetinizi sağlarsanız firmanıza hem zaman hem tasarruf hemde para kazandırmış olursunuz. Tabiki malzemelere zarar vermeden süresinde ulaştırmaya dikkat etmeniz gerekmektedir (Long, 2019).

#### **2.4.Lojistik Sektörünün Dünyadaki Gelişimi**

Dünya üzerinde lojistiğin gelişim yapıtaşları incelendiğinde;

Lojistik askeri kökenli bir terimdir.Bu nedenle lojistiğin ilk uygulamaları da askeri alanlar olmuştur. Lojistik II. Dünya savaşında önemi anlaşılmış ve sonrası dönemlerde lojistiğe bilimsel yaklaşımlarla uygulamaya başlanmıştır (Koçak, 2020).

II. Dünya savaşında görüldü ki, kalabalık ordular zafer kazanmak için yeterli değildir. Orduların sayısal fazlalığından daha önemli olan gelişmiş silah, araç ve donanımla teçhiz edilmesidir. İşte bütün bunlar lojistik desteğin hayati bir unsur olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

II. Dünya savaşı sonrasında birçok işletme lojistiğin ne kadar önemli olduğunu fark etti.Şirketlerde ilk olarak ABD’de başlayan lojistik çalışmaları 1960 yılından günümüze kadar süregelmiştir.

Dünyada lojistiğin gelişimini sıra ile açıklamak gerekirse, tarihteki aşamalarını şöyle sıralayabiliriz:

1940-1960 yılları arası: Lojistik aşamasını kurma

1960-1970 yılları arası: Lojistik fikrinin yerleşmesi ve itibar kazanması

1970-1980 yılları arası: Önceliklerin ve modellerin değişme çağı

1980- günümüze kadar: Ekonomik ve teknik değişimin yeni çağı

Lojistiğin gelişimi temelde üç aşamada toplanabilir

a) Parçalanma (1960 – 1980 ) : Bu dönemde lojistiği oluşturan faaliyetlerin ayrı ayrı yapıldığı görülmektedir. Aşağıdaki operasyonların bir kısmı işletme içinde yapılırken, kısmen de dışarıdan hizmet alma şeklinde gerçekleştirilmekteydi.

- Talep Öngörüsü

- Satın Alma
- İhtiyaç Planlama
- Üretim Planlama
- Fabrika Stokları (girdi düzeyindeki stoklar )
- Depolama
- Malzeme İşlemleri
- Paletleme
- Mamül Stokları
- Sipariş Süreci
- Taşıma
- Müşteri Hizmetleri
- Dağıtım Planlama

b) Birleşme ( 1980 – 2000 ) : Bu dönemdeki lojistik faaliyetler iki kavram altında toplanmıştır:

- Madde ve Malzeme Yönetimi
- Fiziksel Dağıtım

c) Toplam Bütünleşme ( 2000 – Günümüze ) : Halen de devam etmekte olan bu süreç parçalanma ve birleşme kısmında verilen faaliyetlerin bir çatı altında toplanmasını gündeme getirmiştir. Dünya ekonomisinde yaşanan küreselleşme, liberalleşme ve buna paralel olarak firmaları zorlayan uyum çabaları lojistik faaliyetlerin önemini arttırırken günümüzdeki entegre lojistik kavramını ortaya çıkarmıştır.

Lojistik sektörü her geçen gün kendini geliştirerek ve yenileyerek artık sadece kamyon, tır gibi kara yolu ile faaliyet göstermekten çıkıp küresel dünyaya ayak uydurmuş ve lojistik sektörü, demiryolu, denizyolu ve hava yolu gibi çok alternatifli bir sektöre dönüşmüş durumdadır. Bu da gösteriyor ki lojistik sektörü her geçen gün bilgi, tecrübe, teknoloji gibi yeniliklere açık, rekabetçi ve bir hizmet alanını oluşturmaktadır.

Lojistik sektörünün gelişmesi ile birlikte şirketlerin ve ülkelerin birbirleri ile olan rekabetinde önemli bir aktör durumuna gelmesini sağlamıştır. Ülkelerin iç dinamiklerinde yaşanan gelişmeler; strateji, teknoloji, altyapı, hizmet kalite standartları ve ticari düzenlemeler sayesinde tüm diğer sektör temsilcilerine göre daha hızlı yol almasını sağlamıştır. Üretim sistemlerinin maliyeti ve ulaştırma maliyetlerinin toplam maliyet etkisi ile birlikte rekabetin oluşması uluslararası ticari iş birliklerinin gelişmesine olanak sağlamıştır. Lojistik sektörünün gelişmesi için olumlu yönde politik ve hukuksal düzenlemelerle birlikte ticaretin önünde bulunan engeller azaltılmıştır. Sovyetler birliğinin yıkılması, dünya ticaret örgütünün (World trade organization-WTO) kurulması, Çin'in dünya ticaret örgütüne üye olması, Avrupa birliğinin genişlemesi ve ortak para birimine geçmesi daha geniş ticaret bölgeleri oluşmasına ve lojistiğin öneminin artmasına neden olmuştur. (Gülen vd.,2011).

Konteynerin icadı ile birlikte lojistik sektörü çok farklı bir boyut kazanmıştır. Bu anlamda ulaştırma ve bilişim teknolojilerdeki gelişim tetikleyicisi olan konteynerin sağladığı kara, hava, demir ve denizyolu ulaştırmasına birlikte ele alabildiği intermodal, multimodal ve kombine taşıma sistemleri tüm ulaştırma modlarının bütünleşik olarak değerlendirilmesini getirmiştir. Bununla beraber hem ulaştırma altyapısı, yönetimi, stok yönetimi, depo kullanımı, sipariş hazırlama ve işleme gibi faaliyetlerin birlikte tasarlanması, planlanması ve yürütülmesi ardı ardına olan işlemler olarak kabul görmüştür (Erdal, 2008).

#### 2.4.1.Bölgesel Gelişmeler

Bölgesel gelişmeler incelendiğinde bulunan bölgenin konumu, gelişmişliği, nüfusu, ekonomik yapısı, sanayi gelişmişliği, doğal kaynakları, yol güzergâhları, deniz, hava ve kara yollarının gelişmişliği, tedarikçilere ve imalatçılara yakınlığı, genç nüfusu, kültürel durumu siyasal yapısına kadar birçok etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bölgesel bir üst kurmak isteyen lojistik firmaları bunları göz önünde bulundurmaları gerekmektedir (Dinler,1994).

#### 2.4.2.Pazara Yakınlık

Lojistik hizmeti veren firmalar için en önemli faktörün başında pazara yakınlık gelmektedir. Çünkü talep edilenlere ne kadar yakın ise o kadar daha çok öne çıkmakta ve aranan bir firma olmaktadır. Ayrıca pazara yakın olmak demek ulaşım, girdi ve diğer maliyetlerin azalması demektir. Böylelikle ne kadar pazara yakın iseniz o kadar çok ön plandasınız demektir (Gülen, 2011).

#### 2.4.3.Tedarikçi Firmalara Yakınlık

Lojistik firmaların en önemli unsurlardan biri ise tedarikçilerin yakınlığıdır. Talep edilene ne kadar hızlı ulaşırsa ve aranan ne kadar çabuk bulunursa müşterilerinize o kadar daha çok ürün satmanız anlamına gelmektedir. Böylelikle uygun fiyata, en kaliteli ve hızlı hizmeti vermiş olursunuz. Böyle bir konumda da siz aranan bir firma olma olasılığınız arttırmaktadır (Koban vd.,2011).

#### 2.4.4.Ulaştırma Faktörü

Lojistik merkezlerin en önemli olmazlarından bir tanesinde ulaşım faktörüdür. Bütün ulaşım yollarının (kara, hava, demiryolu) ortak noktasında kurulan bir lojistik merkezi önemli bir merkez olup diğer lojistik merkezlerine göre daha avantajlı hale gelmesini sağlayacaktır. Ulaşım faktörü sektörleride etkilemekte olup lojistik merkezleri bu sektörlerle görede kararlar vermektedir. Sadece limanların bulunduğu yerlerde farklı sektörlerle hizmet veren firmalar bulunurken, sadece demir yolunun bulunduğu yerlerde ise farklı sektörlerle hizmet veren firmalar vardır. Bunların bazılarında ise karayolu ortaklığından kaynaklı farklı sektörler bulunmaktadır (Erdal vd.,2003).

#### 2.4.5.İş Gücüne Yakınlık

Lojistik bir merkez kurulurken en önemli etkenlerden bir tanesinde iş gücüne yakınlığıdır. Kaliteli hizmet verebilmenin en bariz kuralı kalifiye iş gücüyle mümkündür. Kuruluş aşamasında sağlık, eğitim, sosyal hayat ve yaşam kalitesini artıracak her şey göz önünde bulundurularak bir lojistik merkez kurulursa aranan nitelikte iş gücü yani kalifiye elemana ulaşılmış olur. Bunun getiriside açık bir şekilde



kaliteli, hızlı ve güvenilir bir hizmet sunmak olacaktır. Böylelikle istenilen ve aranan bütün hizmet kalitesi yakalanmış olacak vede firmalar arasında aranan nitelikte bir kurumsallığa ulaşılmış olacaktır. Sonuç olarak kaliteli, yetişmiş ve kalifiye iş gücü demek, hem zamandan tasarruf sağlanarak hızlı, güvenilir ve tam kapasiteli hizmet sunmak hemde kar marjını yüksek tutarak küresel dünyanın yeniliklerine ayak uydurabilmek demektir. Böylece firmanın diğer firmalarla göre rekabetçi ve aranan nitelikli bir firma olma şansı daha yüksek olacaktır (Gülen vd.,2011).

## 2.5. Lojistik Alt Yapının Dünyadaki Gelişimi

Dünyada lojistik altyapı ile ilgili başlıca ulaştırma göstergeleri 2009 yılı esas alınarak aşağıda görüldüğü gibidir (World factbook,2010).

Havaalanı adedi	: 43.867	Karayolu uzunluğu	: 68.937.575 km
Gemi adedi	: 53.005	Demiryolu uzunluğu	: 1.370.782 km

**Tablo1: Kategorilere göre dünya ticareti hizmetler ticareti, 2008**

Değer (Milyar Dolar)	Pay (Yüzde)					
	2008	2000	2005	2006	2007	2008
<b>İhracat</b>						
Ticari mallar ve hizmetler	3780	100	100	100	100	100
Ulaştırma hizmetleri	890	23,5	23,2	22,7	22,8	23,9
Seyahat	950	32,0	27,6	26,7	25,6	25,2
Diğer ticari hizmetler	1935	44,6	49,2	50,6	51,6	51,2
<b>İthalat</b>						
Ticari mallar ve hizmetler	3490	100	100	100	100	100
Ulaştırma hizmetleri	1045	28,7	29,0	29,0	29,0	29,9
Seyahat	850	29,6	26,9	25,9	25,1	24,4
Diğer ticari hizmetler	1595	41,7	44,1	45,1	45,9	45,7

Kaynak: Trade In Commercial Services, 2010.

Ulaştırma ve seyahat hizmetlerinin toplamı nerdeyse diğer ticari hizmetler kadardır ve dünya toplamında yaklaşık %50 paya sahiptir. Dünya ulaştırma hizmetleri ihracatı tüm hizmetlerin yaklaşık %23,5'lik kısmını oluşturmaktadır. Dünya ulaştırma hizmetlerinin ithalatı ise tüm hizmetlerin yaklaşık %29,9'luk kısmını oluşturmaktadır.

**Tablo2: Ülkelerbazında 2018 yılı en iyi lojistik performansları**

EKONOMİ	2018 LPI			2007 LPI		
	LPI SIRA	LPI SKOR	(%) EN İYİ PERFORMANS	LPI SIRA	LPI SKOR	(%) EN İYİ PERFORMANS
ALMANYA	1	4,20	100,00	3	4,10	97,1
İSVEÇ	2	4,05	95,36	4	4,08	96,4
BELÇİKA	3	4,04	94,93	12	3,89	90,7
AVUSTURYA	4	4,03	94,52	5	4,06	96,0
JAPONYA	5	4,03	94,51	6	4,02	94,8
HOLLANDA	6	4,02	94,31	2	4,18	99,6
SİNGAPUR	7	4,00	93,59	1	4,19	100
DANİMARKA	8	3,99	93,45	13	3,86	89,6
BİRLEŞİK KRALLIK	9	3,99	93,30	9	3,99	93,8
FİNLANDIYA	10	3,97	92,74	15	3,82	88,3
TÜRKİYE	47	3,15	67,03	34	3,15	67,5

Kaynak: LPI ( LogisticsPerformance Index ), 2018.

Tablo 3'de görüldüğü gibi yüksek gelirli ülkeler lojistik performans sıralamalarında üst sıralardadır. Bu ülkeler lojistik sektörüne yön veren ülkeler olarak gözükmemektedir aynı zamanda tedarik zincirinde de kritik öneme sahiptirler. Türkiye'nin 47. sırada olduğu görülmektedir. Türkiye 2007 yılı verilerine göre 13 basamak gerilemiş durumdadır. Ülkelerin performansları incelenirken gümrükler, diğer gümrük işlemleri, ulaştırma, ulaştırma altyapısı, özel lojistik hizmetleri, lojistik düzenlemeleri, yolsuzluk olayları gibi lojistiği etkileyen kısıtlar da karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, bu ülkelerin uluslararası ticaret ve yatırımlara ne kadar yakın oldukları göstermektedir.

**Tablo 3: Ülkeler bazında 2018 yılı en kötü lojistik performansları**

EKONOMİ	2018 LPI			2007 LPI		
	LPI SIRA	LPI SKOR	(%) EN İYİ PERFORMANS	LPI SIRA	LPI SKOR	(%) EN İYİ PERFORMANS
Afganistan	160	1,95	29,63	150	1,21	6,6
Angola	159	2,05	32,68	86	2,48	46,3
Burundi	158	2,06	33,22	113	2,29	40,4
Nijer	157	2,07	33,42	143	1,97	30,5
Sierra Leone	156	2,08	33,67	144	1,95	29,9
Eritre	155	2,09	33,96	124	2,19	37,2
Libya	154	2,11	34,56	n/a	n/a	n/a
Haiti	153	2,11	34,74	123	2,21	38,0
Zimbabwe	152	2,12	34,99	114	2,29	40,3
Orta Afrika Cumhuriyeti	151	2,15	35,87	n/a	n/a	n/a

Kaynak: LPI (Logistics Performance Index), 2018.

Lojistik performanslarına göre sonlarda yer alan ülkelerin geneli ekonomik bakımdan güçsüz ülkelerdir ve coğrafi olarak da genellikle Afrika kıtasında bulunmaktadır.

### **3.LOJİSTİK ÜSLER VE TESİSLER**

Lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin çeşitli aktörler tarafından yürütüldüğü hizmet alan ve hizmet veren tüm paydaşların kümelenmesi söz konusudur (Tanyaş vd.,2012). Dağıtım merkezleri, antrepolar, depolar, ulaşım terminalleri ile bürolar ve bu faaliyetleri destekleyen diğer tesisler lojistik üslerde bulunmaktadır.

Lojistik üst olabilmenin en önemli faktörlerin başında sunulacak hizmetin yakınlığı, şeffaf bilginin yaygınlığı, para akışının hızı ve bulunduğu bölgenin pazar yerindeki önemidir. Lojistik bir üst olmak isteniyorsa, her türlü ulaşımın yani hava, kara, deniz ve demir yolunun bölgenizde olması ve lojistik merkezinize yakın olması gerekmektedir. Böyle bir durumda hem lojistik bir üst hemde aranan bir ülke, ülke içindedede aranan bir firma olunabilecektir (Erdal, 2005).

#### **3.1.Lojistik Üslerin Sınıflandırılması**

Lojistik üslerin sınıflandırılmasında en önemli etken üssün bulunduğu bölgedir. Lojistik üssün bulunduğu bölge bütün taşıma yollarının ortak noktasında ise (hava, kara, tren yolu) bu her noktaya ulaşabilmeyi her türlü lojistik malzemeyi rahatlıkla taşıyabilmeyi sağlamaktadır. Böylelikle lojistik sektöründe cazibeli kılacak ve aranan bir lojistik üst olunabilecektir. Bununla birlikte iş hacmi ne kadar çok artırırsa firma hizmet sınıflandırılmasında üst noktaya ulaşmış olacaktır (Gülen, 2011).

##### **3.1.1.Yerel Üsler**

Başarılı bir lojistik merkez için önemli özelliklerin başında ulaşılabilirlik gelmektedir. Hali hazırda bütün ulaşım ağlarının orta noktasında bulunmak demek lojistik bir üsse sahip olunmak anlamına gelmektedir. Lojistik üsler ithalat ve ihracat noktasında kolay ulaşılabilirlik sağlayarak ticaret hacmini artırmakta ve her türlü malzemeye kolay ulaşabilmek anlamına gelmektedir. Bunun sayesinde ülke içinde bulunmanın avantajlarını kullanabilmekte ve ülke geneline her türlü malzemenin prosedürü az olarak ulaşmasını sağlamaktadır. Bu lojistik merkezinin en büyük faydası ise bulunduğu yerel bölgenin kalkınmasında çok büyük bir önem arz etmekte ve katkı sağlamaktadır. En büyük dezavantajı ise bulunduğu bölgeden dışarı açılmaz ise küresel dünyaya ayak uyduramamakta ve tecrübe sıkıntısı çekmektedir (Erdal, 2005).

### 3.1.2.Bölgesel Üsler

Yapılan lojistik hizmetlerde en önemli faktörlerden biriside bölgesel üslerdir. Bu üsler sunulan hizmetin çeşitliliğinden ve hizmet sektörünün kime ve hangi müşteri portföyüne sunulduğuna kadar önemlidir. Kısacası açıklamak gerekirse sunulan hizmetlere kimlerin, hangi ülkelerin, hangi alışkanlıkları olan toplulukların ihtiyaçlarına kadar çeşitlilik göstermektedir. Bölgesel olarak en çok talep gören hizmetlerin o bölgede var olması demek o bölgenin bir lojistik üs olması anlamına gelmektedir. Bölgesel lojistik üslerin en büyük avantajlarından bir tanesi özellikle deniz ve hava yolu bölgesinde bulunup taşıma yolunun bütün taşıma yollarında ortak bir noktada hizmet vermesidir. Böylelikle bölgesel kalkınma ve bölgesel ağın ortak noktası olmasıdır (Erdal, 2005).

### 3.1.3.Uluslararası Lojistik Üsler

Uluslararası lojistik merkezinin istenilen düzeyde hizmet verebilmesi için kıtalar arasında tam zamanlı ve en hızlı hizmet verebilmesi gerekmektedir. Bunu yapabilmenin en önemli faktörü ise birçok taşıma yollarının birbirleriyle tam uyumlu ve koordine bir şekilde ortak bir noktada olması gerekmektedir. Yani bütün taşıma faktörlerinin (kara, hava, deniz ve demiryolu) bir arada olması gerekmektedir. Bu faktörlerin tamamının bulunduğu lojistik merkezin uluslar arası bir lojistik merkez üssü olacaktır (Erdal, 2005).

### 3.1.4.Küresel Lojistik Üsleri

Küresel lojistik üslerin ülkelerin ortak bağlantı noktalarında faaliyet gösterip her türü yük taşımacılığının her türlü altyapı ve üst yapı olanaklarına sahip olup ayrıca ulaşımın her türlüüne olanaklarını kullanabilen önemli bir faaliyet üssüdür. Bu özellikleri sayesinde buldukları bölge avantajıyla birlikte birçok ülkeye mal ve hizmet bağlantılarını sağlamaları sayesinde daha önce faydalanılamayan birçok hizmet ve malzeme konusunda önemli bir stratejiye sahip olmaları nedeniyle küresel bir üs olarak faaliyetlerinde önemli bir ticaret kaynağı olmaktadır (Erdal, 2005).

### **3.2.Lojistikte İhtiyaç Duyulan Hizmetler ve 3PLHizmetleri**

Lojistik sektöründeki çeşitlilik ve artık her gün kendini yenileyen arz talep ilişkisiyle birlikte sektörü farklı faaliyet alanlarında hizmet vermeye mecbur kılmıştır. Böylelikle firmalar 3. Parti Lojistik hizmet ağının kendini her gün geliştirmesi ve artmasıyla birlikte firmaların bu hizmet ağına yönelmesini sağlamıştır. 3PL hizmet ağının küreselleşmesi ve birçok ülke tarafından kullanılmasıyla birlikte uluslararası ticaret kurallarına ve ülkelerin kendi ticaret kurallarına uygun ticaretin ulaşılabilmesi ve geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Tüm dünyada ticaretin artık yüz yüze yapılmasından ziyade internet ortamında sağlanmaya başlanmasıyla birlikte Lojistik sektörde hizmetlerini internet üzerinden daha hızlı ve kolay ulaşılabilirliği sayesinde sektörü internet ortamına kaydırarak e-lojistik ticaret adı altında yapmaya başlamıştır. Dünya çapında internetin yaygınlaşmasıyla birlikte lojistik faaliyetlerinde 3PL internet üzerinden tek çatı altında yapılmaya başlanmıştır. Bu sayede dünya çapındaki lojistik merkezler birbiriyle daha hızlı ve entegreli bir şekilde çalışmaya başlamıştır. Günümüzde sağlanan bu hizmetler sayesinde artık daha hızlı, daha ucuz, daha güvenilir, daha kaliteli ve daha rekabetçi bir hizmet ağı gelişmiştir (Gülen, 2011).

3PL hizmeti ne kadar gelişmiş olsa da bu hizmet ağına güvenmeyip faaliyetlerinin daha gizli ve ulaşılabilirliğinin kısıtlı olması gerektiğini savunan firmalarda bulunmaktadır. Bu firmalar yapılan birçok işin gizli kalması gerektiğini ve başkaları tarafından alenen yapılmasının doğru olmadığını ve firmalar arasında kalması gerektiğini düşünen firmalar her ne kadar az da olsa dünya üzerinde hala bulunmakta ve hizmetlerini devam ettirmektedirler (Gülen vd.,2011).

Her ne kadar günümüz hayatının her yerinde olmazsa olmaz olan internetin lojistik faaliyeti yapan firmalar ve ülkeler içinde önemli olsa da yapılan 3PL hizmetlerinin tam teşekküllü denetlenmesi gerekmektedir. Çünkü bilgi kirliliğinin ve gizli kalması gereken bilgilerin dışarı yayılmaması ve güvenli taşımaların yapılması için olmazsa olmazdır. Bunun yapılabilmesi içinde ülkelerin ve uluslararası kurumların denetiminde olması gerekmektedir. Böylelikle hem firmaların hem de müşterilerin (kişi veya tüzel) tam güvende olması gerekmektedir (Gülen vd.,2011),

### 3.2.1. Depo Yönetimi

Lojistik faaliyetlerin ilk aşaması olan imalattan başlayıp, son aşaması teslimata kadar geçen zaman süre içerisinde bütün malzemelerin hazır halde bekletilmesi depolama sistemi için olmazsa olmazdır. Envanterlerin yapılabildiği, ürünlerin stoklanabildiği, maliyetlerin rahatlıkla hesap edilebildiği, ürünlerin güvenliğinin sağlandığı, rahatlıkla saklanabildiği ve dağıtımların kontrollü bir şekilde sağlanabildiği lojistik üstlerin ortak merkezleridir depolar. Günümüz lojistik merkezleri olarak ortak ağ üzerinden çalışmalar yapıldığından tek bir depolama sistemi değil ortak depolama sistemleri kullanılmaktadır. Depolar günümüzde özellikle internet çağında olmanın vermiş olduğu avantajlar ile birlikte depolar arasında bilgi ve malzeme transferlerinin yapıldığı merkezlerdir (Acar, 2010).

### 3.2.2. Katma Değer Yaratıcı Hizmetler

Lojistik faaliyetlerin yürütülmesinde ve işletmelerin stratejik gelişimini devam ettirmelerinde temel lojistik faaliyetlerinin sunumunun yanı sıra sunulan hizmete ve hizmetin kalitesine değer katacak faaliyet ve hizmetleri sunması gerekmektedir (Erdal, 2008).

Lojistik merkezler her türlü hizmetlerin üretim aşamasında, taşınmasında, depolanmasında, pazarlanmasında, gümrüklenmesinde, her türlü taşıma yollarının kullanılmasıyla ve teslimatında meydana gelen ticaret ile birlikte katma değer kazanmaktadır. Teknolojik çağda ürünlerin teşhiri, pazarlaması ve satışların daha çok internet ortamında sağlanmasıyla birlikte 3PL hizmetlerin artmasıyla yapılan her türü ticaretin değeri de artmaktadır. Bununla birlikte katma değer vergisi sağlayan maliyet ve kar analizi, ekipman analizleri, montaj analizleri ve tersine lojistik gibi uygulamalar katma değere etki eden faktörlerdendir (Gülen, 2011).

### 3.2.3. Bilgi Yönetimi

Lojistik firmalar arasında bilgi akışında en çok kullanılan ağın internet ağı olması sebebiyle firmalar 3PL hizmet ağına daha çok eğilim göstermektedirler. Firmaların internet ağı üzerinden online hizmet vermeye başlaması ve internet üzerinden her türlü

bilgi alışverişi yaparak işbirliği sağlaması ile lojistik hizmetler yeniden yapılandırılarak daha geniş ağlara ulaşması sağlanmaktadır. 3PL hizmet ağı hem bilgilerin daha hızlı ve güvenli aktarılmasını sağlamakla beraber teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek verilerin anında ulaşılması ile birlikte işlenip gerekli analizlerin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede küresel dünya ile yarışabilen ve tam teşekküllü hizmet verebilen bir lojistik merkezin kurulmasını sağlamaktadır (Gülen, 2011).

#### 3.2.4. Taşıma Yöntemi

Lojistiğin en temel yapı taşı taşımacılıktır. Taşımacılık ihtiyaç duyulan hammadde yâdamamulünbir yerden ihtiyaç duyulan başka yere gönderilmesidir. Taşımacılık, lojistiğin gelişmesi ile birlikte, yükün taşınmasının yanı sıra, gerekli evraklar, uygun araçların temini ve müşteri deposuna zamanında teslimi gibi çeşitli hizmetleri de içermektedir. Bu yönleri ile lojistik kapsamlı ve kompleks bir sektör haline gelmiştir (Acar, 2014).

Küresel ekonominin talepleri doğrultusunda, taşımacılık faaliyetleri de zaman içerisinde daha karmaşık yapıya bürünmektedir. Ulaşım ve yük taşıma sisteminin yapısını, üretim ve dağıtım sisteminde yaşanan değişiklikler etkilemektedir (Gülen, 2011). Bir firmada oluşturulacak lojistik sistem ile taşımacılık arasındaki ilişki aşağıdaki maddeler halinde verilen beş temel parametre ile açıklanabilir:

- Taşıma mesafesi
- Taşıma hızı
- Taşıma sıklığı
- Taşıma süresi
- Taşınan yük türü

Belirtilen parametreler tahmin edilebiliyorsa bir firmanın lojistik faaliyetlerinin içerisinde taşıma modlarının belirlenmesi, depoların toplam kapasitesine, sayısına ve büyüklüğüne karar verilebilmesi, uygun niteliklerde ekipman ve personel ihtiyacı gibi temel unsurlar ortaya çıkartabilir. Bu unsurların belirlenmesi aynı zamanda işletme ve maliyet planlarının da yapılmasına olanak sağlar ve firmada lojistik sistemin kendi



kaynakları ile yürütülmesine veya dış kaynaklardan satın alınmasına kadar olan aşamalarda bir dizi stratejik karar gündeme gelir.

**Tablo4: Yenitaşıma metotları**

Özellik	Geçiş durumu	Gelecek durumu
Gönderi büyüklüğü	Büyükten	Küçüğe doğru
Gönderi sıklığı	Düzensiz bir yapıdan	Düzenli bir yapıya
Varış yeri	Konsantre bir yapıdan	Dağınık yapıya
Taşıma mesafesi	Kıtsadan büyükten	Uzuna
Stoklar	Büyükten	Küçüğe
Transfer zamanı	Uzundan	Kısayaya
Sipariş süresi	Uzundan	Kısayaya

Kaynak: woxeniuns ve sjöstdt, 2003

Tablo 4'de görüldüğü gibi ortalama taşıma mesafesi uzamakta, yük taşıma sistemindeki gönderilerin büyüklüğü uzun mesafe taşımada azalmasına karşın gönderilerin sıklığı artmakta ve böylece yük akışlarının hacmi artmaktadır. Gönderilerin hacminin küçülmesi bu sevkiyatların konsolide edilmesinin önemini artırmaktadır (Woxenius ve sjöstedt, 2003). Değişimin yönü taşıma hızı ve süresinin önem kazandığı, yüksek kalite taşımaya olan talebin de arttığı göstermektedir. İletişim teknolojisindeki gelişmelerin taşımacılık sektörünü olumlu etkilemesi sonucunda üretilen malların müşteriye ulaşıncaya kadar geçen süre toplamı kısalmakta, bu sayede de süreçlerin hızlanması ve stokta bekleme sürelerinin kısalması sağlanmaktadır.

Dünyadaki büyük taşımacılık ve lojistik firmalarında yeniden yapılanma; uluslar arası ticaret hacminin ve firmalar arasında bilgi akışının artması, pazarların liberalleşmesi ve yeni teknolojilerin sunduğu imkânlar doğrultusunda gerçekleşmiştir. Çeşitli yüklerin taşınmasında talepleri etkin bir biçimde karşılayabilmek adına üçüncü parti lojistik (3PL) ve dördüncü parti lojistik (4PL) gibi uygulamalara geçilmesi gündeme gelmektedir. Karmaşık ve birbirini tamamlayan nitelikte lojistik çözümleri devreye

girmektedir. Ulaşımaya destek sağlaması amaçlı 3PL hizmetlerinin ileri aşaması olarak depo ve dağıtım desteği sunan çeşitli ve yenilikçi 4PL hizmetlerine geçiş dönemi yaşanmaktadır. Ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren firmaların lojistik süreçlerdeki rollerini yeniden tanımlaması ve süreçlerini yenilemesi, tedarik zinciri ve lojistik modellerdeki evrimin doğal bir sonucu olarak görülmelidir. Uluslararası ticaretin ve mal taşımanın hızlanması ve kolaylaşması, dünyadaki büyük lojistik firmalarının Avrupa başta olmak üzere talebin yoğun olduğu bölgelerde yayılmasına ve neticede tüm dünyaya hizmet verebilecek çapta lojistik firmalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Gülen, 2011).

Taşıma planlaması ve yönetimi temel 3PL hizmetlerindedir. 3PLsağlayıcıları kendi filolarındaki araçları kullanırken, kapasitesi yetişemediği durumda diğer 3PL sağlayıcılarının araçların geçici olarak kullanmaları sık rastlanan bir durumdur. 3PL sağlayıcıları limana giriş/çıkış trafiğinin kontrolünü, güzergâh optimizasyonunu da yaparlar (Gülen, 2011).

Taşıma yönetiminde kullanılan en önemli araçlardan biri bilgi altyapısıdır. Karmaşık yapıları düzenlemede etkin rol oynar. Bu bilgi uygulamalarına örnekler:

- Taşıyıcı performans değerlendirme: Taşıyıcı olarak anlaşmalı olan 3PL hizmet sağlayıcı firmaların performansları birçok şekilde ölçülebilir: zamanında teslimat, maliyet, istenen standartlara uygunluk, vb.
- Ulaşım biçimine göre maliyet analizi: Ulaştırmanın biçimine göre katlına maliyetlerin büyüklüğü de değişir. Maliyet analizleri yapılarak, en uygun ulaşım biçiminin seçilmesine olanak sağlanır.
- Tedarikçi uygunluk analizi: Bazen 3PL hizmet sağlayıcıların elinde olmadan sırf tedarikçiden kaynaklanan sebeplerden dolayı gecikmeler meydana gelebilir.
- Taşıyıcı ilişkileri yönetimi: Gecikmelerden dolayı ya da teslimatın istenilen şekilde yapılamamasından dolayı meydana gelen sorunları ortadan kaldırmak için Taşıyıcı ilişkileri yönetimi/Taşıyıcı Mükemmellik Programları oluşturulabilir. Genellikle bu programlar diğer lojistik fonksiyonlarını da kapsadığından Tedarikçi İlişkileri Yönetim olarak da adlandırılır.

- Kapasite planlama: kısa ve uzun vadede oluşabilecek tüm kapasite kayıplarının analizini yaparak kapasite planlaması yapılır. Örneğin teslimatını yapan araçların, boş olarak geri döndürülmemesine çalışılabilir.
- Çevrim süresi analizi: Yükün istenilen yerden alınması ile istenilen yere ulaştırılması arasında geçen süre analiz edilebilir. Bu durumda tüm güzergâhların analizleri yapılmalı, hava şartlarına kadar tüm faktörler göz önüne alınmalıdır.
- Güzergâh belirleme ve programlama: kapasite ve insan gücü verilerine dayanılarak bir program oluşturulur ve sevkiyatlar bu programa göre gerçekleştirilir.
- Araç ve sürücü performans analizi: sevkiyatla ilgili tüm veriler ekrandan takip edilebilir, istenilen veriye istenilen anda ulaşılabilir.
- Güzergâh neden-sonuç analizi: Yolda meydana gelen kazalar ve nedenleri ile sevkiyat yapılan ürünlere gelen zararına büyüklüğüne kadar olan verilerin analizi yapılabilir (Gülen, 2011).

Her gün değişen ve gelişen dünya ekonomisi, ticaret şekilleri ve ticaret çeşitleri lojistik hizmetlerindeki etkilemiştir. Ulaşım çeşitlerinin artması, yük taşıma sistemlerinin yapısal değişikliği lojistik sektöründe etkisi altına almıştır. Dünya üzerindeki taşımacılık sektörü ve lojistik hizmet veren firmaların yeniden yapılanmasına olanak sağlamıştır. Bilgilerin internet üzerinden sağlanması, bilgi akışının hızlı olması, kalitenin ve zamanlamanın tam olması ayrıca teknolojik gelişmelerin her gün kendini yenilemesiyle lojistik firmalar arasında rekabeti doğurmuştur. Böylece firmalar 3PL (üçüncü parti lojistik) ve 4PL (dördüncü parti lojistik) uygulamalarına geçerek yeniliklere ayak uydurmaya çalışmışlardır. Buda yeni dünya düzeyinde hizmet veren lojistik üslerin ve firmaların ortaya çıkmasına ve daha rekabetçi bir yapıya bürünerek en kaliteli hizmeti verme yarışına girmelerine vesile olmuştur. Ayrıca kurumlar ve firmalar arasında bağı güçlendirerek yapılan hizmetlerde daha koordinasyonlu bir çalışmanın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Örneğin firmalar arasında filoların, depoların ortak kullanılması gibi (Gülen, 2011).

#### 4.YER SEÇİMİ TEORİSİ VE AĞ TASARIMI

Lojistik merkezlerin kurulum aşamasında en önemli faktörlerin başında lojistik merkezin nereye kurulacağı gelir. Bu sebeple yer seçimi çok önemli bir faktördür. Yer seçimi sadece firmanın kendisi için değil müşteri portföyü içinde önem arz etmektedir. Hammaddeden, imalata hatta teslimata kadar geçen tedarik zincirinde lojistik merkezin bütün taşıma yollarına (hava, kara, demiryolu) ortak bir alanda bulunması ürün yelpazesini ve müşteri portföyünü etkilemektedir. Ayrıca her gün gelişen ve değişen dünya ticaretinde diğer firmalar ile rekabet edebilmek ve öne çıkan bir firma olabilmek için seçilecek lojistik merkezin yeri küresel bir bölge de olması ve ülkelerin ortak ulaşım ağının içinde olması gerekmektedir. Zamandan tasarruf, kar marjı, hızlı teslimat, hızlı bilgi akışı ve güvenli taşımacılık olarak lojistik merkezinin yeri stratejik olarak önem taşımakta böylelikle aranan, nitelikli, kaliteli, tam zamanlı ve bütün olanakları elinin altında barındıran bir firma olmanızı sağlayacaktır (Long, 2019).

Yer seçimi teorisinde klasik bir çalışma, 1826 yılında **The Isolated State** isimli kitabı yazan, Alman emlak sahibi, Heinrich Von Thunen tarafından yapılmıştır. Thunen teorisi; bir merkez düşün ve o merkez etrafındaki tarlalar var bu tarlalarda verim kalitesi aynı olduğu ve yetiştirilen ürünlerin merkezde taşınması taşımanın zor ve maliyetli olduğu ve mesafe uzadıkça maliyetin arttığı görülmüştür. Thunen'ne göre taşınması zor ve maliyeti daha yüksek olan ürünlerin merkeze en yakın yerde yerleştirilmesi bir halka gibi o üründen daha düşük maliyette taşınan ürünlerin bir sonraki alanda yetiştirilerek halkalar halinde ilerlenmesini savunuyor. Alfer Weber, endüstriyel yer seçimi kavramını ilk olarak 1929 yılında açıklamıştır. Üreticilerin, ham madde kaynaklarına yakın yerleşenlerin malzeme odaklı, tüketicilere yakın yerleşenlerin ise pazar odaklı olarak tanımlamıştır. Üretim tesisi için en iyi yer ulaşım maliyetin en az olduğu yerdir. Bu durum ham madde be nihai ürün niteliğine bağlıdır örneğin çimento, demir çelik ve maden sektöründe ham madde taşımak daha maliyetli olduğu için tesisler ham maddenin yakınına kurulu iken bazı ürünlerde de bitmiş ürün taşımak daha maliyetli olduğu için pazara yakın yerlerde kurulur. Taşıma özelliklerine göre 4 maddeye ayrılmıştır:

- Hazır ham maddeler, hava gibi her yerde bulunan ve taşıma maliyeti bulunmayan maddeler.

- Bölgesel ham maddeler, kömür gibi sadece belli bölge de bulunan ve taşıma maliyeti uzaklığa göre değişen ham maddeler.
- Bileşen ham maddeler, otomobil parçaları gibi üretim anında hiçbir ağırlık kaybı olmayan maddeler.
- Sarf ham maddeler, yakıt gibi üretim işlemlerinde ağırlıklarını kaybeden maddeler. Bu maddelerin nakliye maliyeti işlem süreci sırasında maddenin tüketim hızının bir kombinasyonu olarak ortaya çıkar (Long, 2019).

Weber'in çalışması sadece bir başlangıçtır ve bu gün ortaya çıkan çağdaş koşullar altında çok daha kapsamlı bir hale gelmiştir. Nakliye maliyetleri düşme eğilimindedir ve bitmiş ürünlerin nakliye maliyeti, ham maddelerin nakliye maliyetinden daha yüksek hale gelmektedir. Weber'in modeli girdi maliyetlerini kapsamakta ancak üretim maliyetlerini içermektedir. Arsa maliyetleri geniş çapta farklılık göstermektedir. Eskiden fabrikalar yerleşim yerlerine yakın kurulur, böylece çalışanlar iş yerine kolay ulaşır tedarikçiler ürünlerini fabrikaya getirirlerdi. Ancak günümüzdeki arsa maliyetleri bunu zorlaştırmıştır. İşçi servisleri ve çalışanların işyerine ulaşma olanakların artması fabrikaların şehir dışına kurulmaya başlamasına neden olmuş ve şu anda şehirlerin dış kısımlarında organize sanayi bölgelerinin kurulmasını sağlamıştır (Long, 2019).

Yer seçimi sadece firmaların istekleri doğrultusunda olmayabilir. Zamanın getirmiş olduğu bir takım olumsuzluklar firmaları zorlamaktadır. Örneğin nüfusun artmasıyla şehirler büyümeye başlamış, binalar yükselmeye ve şehir merkezlerinde boş araziler kaybolmaya yüz tutmuştur. Böylelikle eskiden şehir merkezlerinde olan fabrikalar, lojistik merkezleri artık şehir dışlarına kaymıştır. Bunun getirisi olarak ulaşım mesafeleri artarak maliyetleri artırmıştır. Bununla birlikte kalifiye eleman bulmak kaliteli ürün, kaliteli hizmet zorlaşmıştır. Rekabetin en üst seviyede olduğu günümüzde ayakta durabilmek için ise her türlü fedakârlığı yapmak zorunda kalınmıştır. Her gün gelişen, hızla kendini yenileyen bir dünya karşısında teknolojik olarak güncellenmek ve aranan bir firma olmak için ise teknolojiyi anında takip etmek, her türlü yeniliğe açık olmak gerekmektedir. Firmalar yer belirler iken sadece kendi istekleri doğrultusunda karar verememektedir. Tedarikçilerin, müşterilerin istekleri ve taşıma yollarının olanakları doğrultusunda yer seçilmektedir. Çalışanlardan, imalatçısına,

tedarikçisine kadar her türlü etken yer seçimini etkilemektedir. Böylelikle yer seçimi zorlaşmakta ve bazen istenilen konuma ulaşılamamaktadır (Tanyaş vd., 2012).

Yakın geçmişte, yer seçimi ve ağ tasarımı üzerine yapılan çalışmalar; aşağıda sunulmuştur.

Afet öncesi aşamada stoklanmış bozulabilir malları yenilemek için en iyi sipariş politikası, optimum yer seçimi ve dağıtım planını belirlemek için yeni bir entegre model geliştirmişlerdir (Rezaei-Malek vd.,2016). Tesis yeri seçimi problemi için entegre bir envanter dağıtım optimizasyon modeli geliştirmişlerdir (Manatkar vd.,2016).Problemi çözmek için yeni bir hibrid çok amaçlı kendi kendine öğrenen parçacık sürüsü iyileştirici algoritma ve baskın olmayan sıralama genetik algoritma-II'yi kullanmışlardır. Tersine lojistikteki yer seçimi ve rotalama problemi için matematiksel bir model geliştirerek çözüm için Ayrık Yapay Arı Kolonisi Algoritmasını önermişlerdir (Guo ve Zhang, 2017 ve Li vd.,2017).

Metro sistemine dayalı bir yeraltı lojistik ağ sistemi planlama yöntemi geliştirmek için ilk olarak, hizmet kapasitesi, yük akışı ve bölgesel erişilebilirlik dikkate alınarak bir yer altı yük hacmi değerlendirme modeli ve sonrasında, ağdaki optimum düğümlerin yer seçimi problemini çözmek için bir dizi karma tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir (Dong vd., 2018). Karbon emisyonlarının ölçümüne dayalı ömrünü tamamlamış araçlar için tersine lojistik yer seçimi problemi üzerine çalışmışlardır. Dört katmanlı bir ters lojistik ağ modeli oluşturarak çözüm için karma tamsayı doğrusal programlama matematiksel modeli geliştirmişlerdir (Xiao vd., 2019). Türkiye'deki mevcut direktiflere uygun ömrünü tamamlamış araçların tersine lojistik ağı için bulanık bir karma tamsayı yer seçimi modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır (Kuşakcı vd., 2019).

Ağ tasarımı, dağıtım rotaları veya şirket yetki zinciri tasarımı gibi konularda kullanılan genel bir araçtır. Ağlar bazen, bir ülkenin yol sistemi gibi tarihsel rastlantıların sonucu oluşur. Ağlarda önemli olan tek bir tesisin konumunda ziyade tüm tesislerin birbirleriyle nasıl ilişki olduğudur (Long, 2019).

En çok bilinen ağ tasarımları şunlardır:

- Dal
- Merkez ve tekerlek parmağı

- Ağ/ halka
- Hiyerarşi
- Paul Revere'in turu
- Kanalizasyon
- Gezgin satıcı

Bir ağdaki bağlantı, bir yerden başka bir yere gitmenin ne kadar kolay olduğu hakkında bize bir fikir vermektedir. Çok bağlantılı bir alan daha kolay ve etkin bir hareket olanağı sunmaktadır. Bir ilginç örnekte, eski koloniler kanalizasyon sistemine benzer bir taşıma ağına sahiptirler ve tüm yollar ticaret limanına çıkmaktadır. Çünkü koloni yöntemi, ticari malları iç bölgelerden ihracat amacıyla limana götürmek üzere taşıma sistemini oluşturmuşlardır. Ülke içi gereksinimlere hizmet sunmak üzere pek az bağlantı düzenlenmiştir.

Rota tasarımı: Çoğu taşımada birkaç aşama bulunmaktadır. Yük, bir dağıtım merkezine, oradan diğer bir dağıtım merkezine veya teslimat noktasına gönderilebilir. Birincil taşımaya ana hat (line-haul: terminaller arası taşımacılık) denir. Bir dağıtım merkezine teslimat ise tali hat (feeder: besleme) olarak bilinir. Ana-hat genellikle birincil ticaret yolları üzerindedir. Tali-hatlar ise genellikle ikincil ticari yolları üzerindedir. Ana-hat/tali-hat rotaları ile birincil/ikincil ticaret yolları arasındaki fark; birincisi tekil sevkiyatlar ile ikincisi genel ticaret yapıları ile ilgilenir.

- Ana hat: birincil ticaret yolu
- Tali hat: ikincil ticaret yolu

Ana hat ile tali hattı birbirinden bir örnekle ayıracak olursak; bir ürün üretildiği yerden tüketileceği yere tek bir ulaşım aracı ile ulaştırılmadığı bir durumu ele alalım ürün karayolu veya demir yolu ile bir liman şehrine gönderilip limanda gemilere yüklenmesi gemi ile okyanusu aşip başka bir limana ulaşması ve o limanda tekrar kara veya demir yolu ile tüketileceği şehre gönderilmesi ürünün yolculuğu olsun. Bu ürünün üretildiği şehirden liman şehrine taşınması tali hattır. Limandan gemi ile başka bir limana taşınması ana hattır. Geminin vardığı limandan kara yolu ile tüketileceği şehre gönderilmesi de tali hattır. Burada tali hat ile ana hattı ayıran unsur tali hatta sadece o ürün için kullanılan bir araç varken ana hatta o ürünle beraber başka ürünlerinde

taşındığı bir araç vardır. Örnekten de anlaşılacağı üzere ana hat ile tali hat ayrımı ürünlerin taşınmasına göre göreceli bir kavramdır. Birincil ve ikincil ticaret yolları arasındaki ayırım burada çok önemli konuma gelmektedir. Çünkü tali hat maliyetleri ana hat maliyetlerinden daha düşük ise şirketlerin maliyetleri düşürme çalışmalarına tali hatlardan başlaması zaman kaybına neden olur (Long, 2019).



## 5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tüm ürün ve hizmetlerin tedarikçiden başlayıp en son aşamada müşteriye gidene kadarki sürece tedarik zinciri denir. Her gün gelişen ve değişen dünyada lojistik merkezlerin başarılı olabilmesinin en önemli faktörlerin başında lojistik merkezin tedarikçiler ile müşteriler arasında güçlü bir bağ oluşturması karşılıklı güven içerisinde ticaret faaliyeti sürdürmesi gelmektedir. Çünkü müşterilerin istedikleri ürün ve hizmetleri en hızlı, en kaliteli ve en güvenli bir şekilde tedarikçilerinden sağlayarak müşterilerine sunan firma başarılı olacaktır (Güleşvd., 2012).

Başarılı olan firmaların çalışma sistemleri Tedarik Zinciri Yöntemidir. Bu sistemde lojistik firma tedarikçileri ve müşterileri ile tam koordinasyon sağlayarak ürün ve hizmetlerin ham madde aşamasından, teslimat aşamasına kadar geçen sürede her şeyi kontrol altında tutarak istenilen hizmeti sağlamış olacaktır. Bu sayede hızlı, güvenilir, kaliteli hizmet sunarak aranan bir firma olarak küresel piyasada rekabet edebilecek ve daha fazla kar elde edebilecektir (Görçün vd., 2010). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, işletme yönetiminde rekabet avantajı elde etmede hayati bir unsurdur ve bununla birlikte, literatürde bir dizi sürdürülebilir tedarik zinciri yönetim çerçevesi önerilmiştir (Lim vd., 2017). Sürdürülebilirlikle ilgili tedarik zinciri risklerinin doğasını araştırarak bunları tipik tedarik zinciri risklerinden ayırmış ve bunların yönetimi için analitik bir süreç geliştirmişlerdir (Giannakis ve Papadopoulos, 2016). Vietnam'daki tekstil endüstrisindeki firmaların performansını iyileştirmek için bilgi yönetimi bağlamında sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimindeki güçleri (driving and dependence) belirlemek için bir dizi ölçüm ve yorumlayıcı yapısal modelleme yöntemi önermişlerdir. (Lim vd., 2017). Tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının tedarik zinciri dinamik yetenekleri ve işletme performansı (ekonomik, çevresel ve sosyal) üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Bunun için 209 Çinli imalat firmasından toplanan veriler yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak analiz edilmiştir (Hong vd., 2018). Otomotiv endüstrisine özel bir bakışla tedarik zinciri yönetim uygulamaları arasındaki birbiriyle ilişkili etkilerin daha iyi anlaşılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada yönetsel, çevresel, toplumsal ve devlet kurumları dâhil olmak üzere birçok paydaşın görüşleri alınarak Hindistan'ın otomotiv endüstrisi tedarik zinciri yönetim uygulamalarını değerlendirmek için Karar Verme Deneme ve Değerlendirme

Laboratuarı yöntemini kullanan bir çerçeve modeli önermişlerdir (Mathivathanan vd.,2018).

Tedarik zinciri yönetiminin ve organizasyonel performansın etkisini araştırmışlardır. Buna ek olarak, tedarik zinciri yönetimi ile organizasyonel performans arasındaki ilişkide yeşil pazarlamanın aracı rolünü incelemişlerdir (Sutduean vd.,2019). Blok zincir teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin, tedarik zinciri yönetimine potansiyel uygulamalarını eleştirel olarak incelemiş, blok zincirin tedarik zinciri sürdürülebilirliğini nasıl ele alabileceğini ve buna nasıl yardımcı olabileceğini araştırmışlardır (Saberı vd., 2019). Sürdürülebilir tedarik zinciri performansını iyileştirmede operasyonel mükemmellik yaklaşımı olarak büyük veri analitiği kabiliyetinin rolünü değerlendirmek için dinamik yetenek teorisini kullanmışlardır. Güney Afrika'nın yükselen ekonomisindeki madencilik yöneticileriyle yapılan anket sonucunda büyük veri analitiği yönetimi yeteneklerinin yenilikçi yeşil ürün geliştirme ve sürdürülebilir tedarik zinciri sonuçları üzerinde güçlü ve önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Bag vd., 2020).

## **5.1.Tedarik Zinciri Temel Fonksiyonları**

Tedarik zinciri yönetimi ham maddenin tedarik edilmesinde başlayarak müşteriye ürünün teslim edilmesine kadar olan süreçte üretim, depolama, envanter yönetimi, taşıma ve dağıtım yönetimi bilgi iletişim teknolojileri yönetimi gibi işlemlere sahip veya olduğunu belirtmektedir (Görçün, 2010).

### **5.1.1.Üretim**

Tedarik Zinciri Yönetiminin ilk aşaması üretim aşamasıdır. Üretim aşaması bir ürünün hammadde olarak girerek işlenmesi daha sonra istenilen mamüle dönüşmesi aşamasıdır. Üretim sadece mamüllerin işlendiği bir bölüm olmayıp hizmetlerinde hazırlanıp sunulması aşamasıdır. Ayrıca üretim demek sadece fabrikasyon olmayıp mamülün üretilen yerden alınıp depolanarak saklandığı daha sonra müşterilere sunuluncaya kadarki her aşamaya verilen addır. Bu sebeptendir ki üretim kapasitesini tam teşekkülü sağlayan işletmeler yani mamüllerin ve hizmetlerin ilk üretim aşamasından son teslimat aşamasına kadar gelişmişliği yakalayan lojistik firmalar müşteri memnuniyetini tam sağlayarak hem başarıyı yakalamış olacak hem de kar ederek devamlılıklarını

sağlayacaklardır. Bu yüzden üretim aşaması firmalar için en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Üretimin ilk aşaması olarak mamülün ilk yetiştirilmesinden son müşteri teslimata kadar geçen sürece üretim denir. Fakat üretimi sadece fabrikada işlenmesi olarak telaffuz etmek yanlış olacaktır. Çünkü üretim demek illaki mamül olarak düşünülmemeli, hizmet sunmak, aracılık yapmak, teslimat yapmak gibi hizmet sektörleride kendi bünyelerinde üretim yapmaktadır. Lojistik merkezleri veya lojistik hizmet yapan firmalarda kendi bünyelerinde aracılık hizmeti yaparak tedarikçi ile müşteriler arasında bir nevi hizmet üretimi sağlamaktadır. Dolayısıyla üretim demek mamül demek değil, insanların ve doğada yaşayan her canlının ihtiyaçlarına cevap vermek de kendi bir üretimdir (Erdal, 2008).

Lojistik hizmet veren kurumlar veya firmalar sağlayacakları hizmet kollarını dikkate alarak üretim tesislerini ürün üretme odaklı veya hizmet üretme odaklı olarak faaliyet yapacakları sistemi belirlemeleri gerekmektedir. Böylelikle lojistik merkezlerinin ana faaliyet konularını belirleyip depolarını ve sevkiyatlarını ona göre planlamaları yapmaları gerekir. Ham madde üretimi yapacak merkezler daha çok depolarda yer işgal etmekte ve katma değeri düşük üretimler sağlamaktadır. Fakat çapraz sevkiyat sağlayan depolarda ise lojistik hizmetlerin yapılacağı ve mamülün girdili ve direkt çıktılı olacağı depolar sirkülâsyonlardan dolayı daha çok katma değer kazandıracak ve hızlı ticaret akışını sağlayacaktır. Çünkü mamüller depoda fazla durmayarak tedarikçiden müşteriye geçiş sürecinde depoların kullanılarak üretim riskine girmeden taşınması ve depolanması yapılarak sadece aracılık hizmeti sağlanmış olup ticaret hacmi ve kar marjıyüksek bir hizmet sağlanacaktır (Görçün, 2010).

#### 5.1.2.Envanter Yönetimi

Lojistik merkezlerin işletilmesinde uygulanan envanter yönetimi, ilk mamül üreticisi ile son tüketici arasında kullanılan bütün kaynakların etkili, yerinde ve verimli bir şekilde koordinasyonun sağlanmasına denilir. Tedarik zinciri yönetiminde kullanılan envanter yönetiminde tedarikçi ile kullanıcı arasında geçen her işlemin planlı ve nizami bir şekilde önceden belirlenmesi gerekmektedir. Envanter sisteminin güvenli, yerinde ve hızlı bilgi alış verişi ile sağlanması gerekmektedir. Aksi halde plansız ve düzensiz yapılan envanter sistemi işletmelerin maliyetlerini artırırken piyasada rekabet

etmelerinizorlaştırmaktadır. Envanter sisteminin düzenli olabilmesi ve maliyetlerin azaltılması için müşterilerin taleplerine uygun, doğru ürünün doğru miktarda ve kaliteli bir şekilde üretilmesi ve hammaddenin girdisinden son aşaması olan teslimat aşamasına kadar geçen süreçlerde işleyişin planlı ve programlı olması gerekmektedir. Aksi halde tedarik zincir bozulacağından katma değer azalacak dış kaynakla bağımlılık artacaktır. Bunun sonucu olarak maliyetler artarak kar marjı düşecek ve rekabet alanı daralacaktır. Envanter sisteminin avantajı ise fazla malzemenin alınmasından kaynaklanan iskonto, taşıma maliyetlerinin azalması ve daha fazla pazara hitap edilmesinden ötürü katma değer in fazlalaşmasıdır. Tabiki bununla birlikte risk deartmaktadır. Görçün vd. (2010)

Lojistik işletmelerin kullanmış olduğu diğer envanter yöntemlerinden biride emniyet envanter yöntemidir. Emniyet envanter yöntemi ani ve hazırlıksız meydana gelebilecek talep artmasından kaynaklı olarak işletmelerin stoklarında fazlalık bulundurmasıdır. Aniden artabilecek müşterilerin taleplerine karşı işletmeler hazırlıklı olmak için pazarda sunmuş oldukları mal ve hizmetleri fazladan depolarında tutmaları gerekmektedir. Çünkü müşterilerin taleplerine karşılık verememek işletmelerin prestijlerine ve ekonomik kazançlarına zarar verecektir. Her gün değişen küresel dünya pazarı ve ekonomisi karşısında işletmelerin müşterilerini kaçıarak kaybettikleri kazançlar, fazla stoklardan kaynaklı maliyetlerden daha fazla olmaktadır. Bu kayıp sadece ekonomik kayıpla da kalmamakta piyasada kötü bir imaj bırakarak güven kaybı yaşatmaktadır. Son olarak bir diğer envanter yönetimi ise sezonluk envanter yönetimidir. Sezonluk envanter yönetiminde ise belirli ürün ve hizmetlerin belirli dönemlerde daha fazla talep edilmesinden kaynaklı işletmelerin depolarında ürünlerin fazladan envanter altında tutulmasıdır. Örneğin okulların açılmasıyla birlikte kırtasiye ürünlerinin fazla talep edilmesine karşılık ürünlerin fazla üretilmesi ve depolarda fazla stoklanmasıdır. Burada en önemli dikkat edilmesi gereken unsur ise talep ile arz arasındaki bağı dengeli tutmaktır. Zira elde kalacak malzeme hem maliyet demek hem fazla yer demek hem de bir sonraki döneme yenilikleri takip edilememekten kaynaklı imaj kaybı demektir (Erdal, 2008).

### 5.1.3. Taşıma ve Dağıtım

Lojistik işletmelerinde en önemli asli görevlerinin başında taşıma ve dağıtım işi gelmektedir. Adından da anlaşılacağı üzere lojistik işleriyle uğraşan firmalar ürünlerin müşteriye ulaştırılmasıyla sorumlu işletmelerdir. Bu sorumluluklarını zamanında, kaliteli ve en önemlisi eksiksiz güvenli bir şekilde ulaştırmak asli görevleridir. Günümüzde taşımacılık faaliyetleri değişkenlik gösterdiği için farklı alternatif taşımacılıklar ortaya çıkmıştır. Özellikle taşımacılığın kara, hava, deniz yolu gibi farklı taşıma yollarının izlenmesiyle hem rekabetler fazlaşmış, hem de ürün yelpazesi genişlemiştir. Bu sebeple taşımacılıkta güven en üst seviyeye çıkmıştır. Artık insanların ve kurumların en belirgin aradığı özellik zaman, güven, kalite gibi faktörler devreye girmiştir. Hal böyle oluncada sizleri diğer firmalardan ayıran en bariz özellik ise rekabet edebilecek kadar disiplinli bir kurumsal vizyonunuzun olmasıdır. Günümüzde taşıma türlerinin artmasıyla birlikte taşıma hacimlerinde de değişkenlik göstermiştir. Daha önceleri sadece kara yolu ile taşımacılık daha fazla rağbet görürken günümüzde ise demir yolu, hava yolu gibi taşıma hacmi daha fazla olan taşımacılık sektörüne rağbet artmıştır. Ayrıca bu taşıma yollarının maliyetleri kara yolu taşımacılığına göre daha düşüktür. Bu da işletmeler için daha az maliyet daha fazla kar anlamına gelmektedir (Acar vd., 2014).

Taşıma yollarından bahsetmek gerekirse en uygun ve en çok hacimli taşıma yolu deniz yolu taşımacılığıdır. Gemilerin hacim bakımından büyük olması ve maliyetlerin daha az olması sebebiyle en fazla avantajlı olan yol deniz yolu taşımacılığıdır. En büyük dezavantajı ise hassas ve kırılabilir eşyaların deniz yolu taşımacılığında hava şartlarından kaynaklı olarak istem dışı zarar görmesidir. Ayrıca her ülkede liman olmaması sebebiyle bazı ülkeler için dezavantajlı bir taşıma yoludur. Demir yolu taşımacılığı ise hacim bakımından deniz yolu taşımacılığına göre düşük fakat kara yolu taşımacılığına göre ise gayet çoktur. Demir yolu taşımacılığında kara yolu taşımacılığına göre maliyetler daha düşüktür. Demir yolu taşımacılığının en büyük dezavantajı da tıpkı deniz yolu taşımacılığı gibi her ülkede ve ülke içinde her ilde olmaması sebebiyle bazen taşımacılıkta kullanılamamasıdır. Hava yolu taşımacılığında ise fazla tonajlı yükler taşınamayacağından ve her zaman hava şartlarının iyi olmama olasılığından ötürü çok tercih edilmemektedir. Hava yolu taşımacılığı eşyalardan daha çok insan taşımacılığında kullanılmaktadır. Hava yolu taşımacılığının büyük avantajı ise çok hızlı olması ve acil

durumlarda kullanılmasıdır. Karayolu taşımacılığı işi hacim bakımından hem düşük hem de maliyet bakımından çok yüksektir. Fakat kara yolu taşımacılığının en büyük avantajı ise her ülke ve ülke içinde her il, ilçe, kasaba ve köy gibi ulaşılabilirliği çok olduğu için en yaygın kullanılan taşıma yoludur (Görçün vd., 2010).

Taşımacılık faaliyetleri sadece yapılacak olan taşıma yolunun seçiminden ziyade taşınacak olan ürünün önemi, hacmi, maliyeti, talebin fazla olduğu bölge gibi değişkenlik gösteren taşınacak malzemenin özelliklerine göre seçilmelidir. Tedarik zincirinin her bir halkasına dikkat edilmeli taşınacak ürünün özelliklerine göre taşımacılık yolu seçilmelidir. Örneğin insan için acil olan ilaç, gıda, giyim, su gibi temel ihtiyaçların daha hızlı, daha güvenli, daha planlı ve programlı taşınması gerekir iken hacmi büyük kuru yük dediğimiz ürünlerin ise daha farklı programlar altında farklı taşıma yolları seçilmelidir (Görçün vd., 2010).

#### 5.1.4.İletişim ve Bilgi Teknolojileri

Lojistik merkezleri yönetiminde iletişim olmazsa olmazdır. Firmaların tedarikçi ile müşteri arasında bilgi ağının eksiksiz olması gerekmektedir. Lojistik merkezlerinin üreticiden, taşımacılara, depolardan en son tüketicilere kadar geçen hizmet sürecinde en önemli etken iletişimin sağlıklı ve kesintisiz olması gerekmektedir. İletişim sadece kişiler arasında değil kurumlar arasında da önem taşımaktadır. Verilerin kaydedilmesi, hizmetin ilk aşamasından son teslimata kadar geçen her süreç için bilgilerin sağlıklı iletilmesi lojistik merkezler için çok büyük önem arz etmektedir (Gülen, 2011).

Tedarik zincirinde iletişim kurumların rekabetini, gücünü, kalitesini ve müşteri memnuniyetini etkileyen en önemli faktördür. Kurumların birbirleriyle devamlı iletişim içinde olması hizmet kalitesini artırdığı gibi rekabeti artırarak hizmette çeşitliliği sağlayan önemli bir etkidir. İletişimin sağlıklı yapması işletmelerin katma değerlerini artırarak kar marjlarını etkilemektedir. İletişim sayesinde işletmeler gelişen ve değişen dünya ticaretine ve ekonomisine ayak uydurarak yeniliklere açık hale gelecektir. Ayrıca iletişim müşterilerin en iyi ve en hızlı hizmeti alıp memnuniyet seviyesini en üst seviyeye çıkarmaktadır (Görçün vd., 2010).

Lojistik işletmelerinde devamlı iletişim içinde olmaları pazarda olan talep ve ihtiyaçların koordineli bir şekilde sunulmasını sağlamakla beraber depolama aşamasının

kontrol altında yapılmasını sağlamaktadır. Firmalar arasında sağlanan iletişimin birbirleriyle koordineli çalışıp eksiklerini tamamlamasını, arz ve talep eğrisinin kontrol altında tutulmasına olanak sağladığı için tedarikçi ve müşteri arasında köprü olmalarını sağlamaktadır. Böylelikle iletişim hem üretici hem de tüketicinin isteklerini tam sağlayarak karşılıklı memnuniyetin en üst seviyede olmasını sağlamaktadır. Kısacası iletişim demek kalite, memnuniyet ve tam tedarik demektir (Erdal vd., 2008).

## **5.2.Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı ve Gelişimi**

Nihayi çalışmalar sonucunda yapılan iş bölümleri sayesinde daha hızlı ve daha kontrollü bir hizmet ağı ortaya çıkmıştır. Her firma kendi uzmanlığı alanında çalışarak kaliteli hizmet vermeye çalışmaktadır. Bu sayede ticaret pazarında her firma kendini ispatlama çabasına girmiş, böylelikle hem rekabet artmış hem de kalite daha fazla önem kazanmıştır. Böylelikle firmalar arasında bilgi alışverişi artmış, hızlı bir ağ oluşmuş ve daha çok kurumsallığa önem verilmiştir. Bunun getirisi olarak tamamen kendini ispatlama ve pazar payında daha fazla yer alabilmek için rekabet artmış, kalite daha fazla önem kazanmıştır. Netice olarak tamamen müşteri memnuniyeti odaklı çalışma sistemi benimsenmiştir (Acar vd., 2014).

Lojistik merkezlerini mamül ve hizmetlerin üretiminden son tüketiciye kadar geçen süreci takip edip gerekli hizmetleri yapmakta iken günümüzde tedarik zinciri yönetimi çerçevesinde üretimden, tüketime kadar geçen süreçleri ayrı ayrı takip eden firmalar türemiş durumdadır. İşletmeler bütün işleyişi kendileri takip etmek yerine farklı işletmeler ile koordineli bir çalışma içerisine girmiş ve her firma her aşamasında kendi firma ismi ve logosuyla çalışma prensibini benimsemiş durumdadır. Genel olarak tedarik zinciri yönetimi içerisinde beş temel lojistik fonksiyon için karar alınması gerekmektedir. Bu fonksiyonlar ile ilgili alınacak kararlar, tedarik zincirinin işleyişini ve etkinliğini belirlemektir. Söz konusu her fonksiyon için farklı kararlar ve kombinasyonlar alınabilmektedir (Görçün vd.,2010).

Tedarik zinciri içerisinde yer alan beş temel fonksiyon; üretim, taşıma, depolama, ham madde tedariki, dağıtım ve perakende yönetimi kararlarıdır.Bu faaliyetlerin maliyet ve rekabet edebilme parametreleri çerçevesinde işletme tarafından ve işletmenin fiziksel kaynakları ile yapılabileceği gibi, dış kaynak kullanımı yoluyla da işletme

dışı organizasyonlara yönelik çözümler oluşturabilmektedir. Bu kararlar ne şekilde verilirse verilsin, temel hedef tedarik zincirinin verimliliği ve karlılığını en üst düzeyde gerçekleştirmesi olmalıdır. Bir tedarik zinciri fonksiyonun dış kaynak kullanımı yoluyla daha düşük maliyet ve daha yüksek hizmet düzeyi ile nerede yapılabiliriyorsa orda yapılması gerekmektedir.

Daha yavaş karar alma süreçleri daha uzun operasyon yöntemi (Görçün vd., 2010).

**Tablo 5: Geleneksel tedarik zinciri yöntemi**

Ham madde tedariki	Ham maddenin taşınması	Üretim	Dağıtım	Perakende yönetimi
--------------------	------------------------	--------	---------	--------------------

Daha hızlı ve verimli bir operasyon yönetimi (Görçün vd., 2010).

**Tablo 6: Çağdaş tedarik zinciri**

Ham madde tedarik işletmesi	Taşıma firması	Bazı parçaların dışarıdan yaptırılması	Dağıtım firması	Bağımsız perakendeciler
-----------------------------	----------------	--	-----------------	-------------------------

Geleneksel olarak tedarik zinciri; bir işletmenin farklı departmanları vasıtasıyla ile ham maddenin tedarikinden, ürünün müşteriye teslimine kadar olan süreçte operasyon adımlarının işletmenin iç çevresi içerisinde gerçekleştirilmesi ile söz konusu olmaktadır. Çağdaş tedarik zinciri yönetiminde ise; işletmen departmanlarının yerini ve bunların işlevlerini işletmeden bağımsız farklı firmalar üstlenmektedir.

### **5.3. Tedarik Zinciri Üyeleri**

Tedarik zinciri üyeleri deyince akla gelen ilk üreticiden son tüketiciye kadar geçen süreçlerde bulunan işletmelerin tümü diyebiliriz. Burada önemli faktör mamüllerin her aşamasında her işletmenin uzmanlığı alanında hizmet sunması, kaliteden taviz vermeden ve müşteri memnuniyetini sağlamak için hizmet sunması gerekmektedir. Bütün bunları yaparken diğer tedarik zinciri üyelerinin işletmelerine zarar vermekten kaçınılması gerekmektedir. Çünkü bu tutum hem pazara payına, hem ürünün kalitesine



hem de rekabet kurallarına zarar vermektedir. Bu zarardan en çok etkilenen ise üretici ve müşteriler olmaktadır (Güleş vd., 2012).

### 5.3.1.Üreticiler

Tedarik zincirinde üreticiler ilk aşamada yer almaktadırlar. Üreticiler kendi imkânları ile veya doğada bulunan doğal kaynakları işleyerek mamül veya yarı mamul haline getiren işletmelerdir. Üretici olabilmek için hammaddenin mamule dönüşme aşamasının her hangi bir noktasında olmak yeter diyebilir. Fakat dikkat edilmesi gereken unsurlardan biri ise mamülün sadece tedarikini, taşınmasını veya depolanmasını üstlenen firma ve kurumlara üretici diyemeyiz. Ayrıca üretim demek sadece mamul veya materyaller olarak görmemiz doğru olmaz. Hizmet sektöründe yapılan faaliyetleride üretim olarak görmemiz gerekmektedir. Örneğin bir bilgisayar yazılımı, bir şiir, bir şarkı, bir film, bir fikrin doğuşu ve finans kaynakları gibi örneklerini çoğaltabileceğimiz hizmet ağında bulunanlar ve katma değer kazandıran her türlü işletmelerde Tedarik Zincirinin üretim aşamasında bulunan kurumsal ağlardır (Acar vd., 2014).

### 5.3.2.Dağıtıcılar

Tedarik zinciri ağlarının bir tanesinde dağıtımıcılarıdır. Dağıtımıcılar bir mamülün ilk doğadan ilk hasadından son tüketiciye kadar geçen süreçlerin her aşamasında sorumluluk yüklenen işletmelerdir. Bu işletmeler kendi aralarında organize bir şekilde çalışabildikleri gibi sadece kendi bünyelerinde faaliyet gösterebilmektedirler. Dağıtımıcılar tuttıklarını envanterleri üretici ile tüketici arasında dengeli bir dağılım sayesinde Pazar piyasasında katma değer kaydeden önemli bir organize tedarik zinciri üyesidir. Ayrıca depolama yapabilen ve bu sayede arz talep dengesini orantılayabilen kurumlardır. Dağıtımıcıların en önemli dikkat etmesi gereken faktör ise üretim yerlerine ve müşterilerine yakınlığı ve güçlü bir organize içinde çalışmalarınıdır. Çünkü dağıtım aşamasında ne kadar yakın olunur ise maliyetler azalacağı gibi aynı zamanda zamandan tasarruf sağlanacaktır. Uzaklıklarda ise maliyetler artacak, teslim süreleri uzayacaktır. Bu sebepledirki memnuniyetin en üst seviyede olması için zaman, kalite ve güçlü bir organize çok önemlidir (Acar vd., 2014).

Bununla birlikte dağıtımıcılar sadece mamül veya yarı mamül değil hizmet dağıtımında yapmaktadırlar. Örneğin okul, işçi, hastane gibi hizmet dağıtımında önemli bir yere sahiptirler. Özetlemek gerekir ise lojistik merkezlerinin mamül veya hizmet anlamında sağlanan hizmetlerin genelinde dağıtımıcılar olarak tedarik zincirinin en önemli üyelerinden biridir.

### 5.3.3.Perakendeciler

Perakendeciler üreticiler ve dağıtıcılardan gelen mamül veya hizmetleri direk müşterilere sunan tedarik zincirinin en son aşamasıdır. Toptancılardan veya üreticilerden almış oldukları yüklü miktardaki mamülleri daha parçalanmış olarak müşterilerine sunarlar. Üretici ile tüketici arasındaki arz ve taleplerin koordinesi olarak en önemli tedarik zinciri üyesidir. Tüketici ile direk yüz yüze görüştüğü için talep edilen ürünleri, müşterilerin beklentilerini, ürün çeşitliliğini ve ürünlerin değerlendirmesini direkt yapabilen işletmelerdir (Görçün vd., 2010).

Perakendeciler üretici ile tüketici arasındaki talep ve arzı kombine edebilen en büyük iletişim ağıdır. Ayrıca perakendeciler birçok üreticinin ürünlerini aynı anda elinde bulundurduğu için hem ticaret hacmi hem de müşteri portföyü çeşitliliği çok fazladır. Bununla birlikte ürün çeşitliliğinden kaynaklı olarak farklı üreticilerin bir araya gelebilmesini sağlayan işletmelerdir. Örneğin market işletmesi yapan bir firmaya süt ürünleri almaya gelen bir müşteri temizlik malzemesi veya gıda veyahut sebze meyve gibi ürünler de alabileceği için birçok firmanın ürününü aynı anda ulaşabilmektedir. Aynı şekilde belirli bir ürün satan firma tedarikçisine daha farklı ürünlerde satabilmektedir. Böylelikle birçok tedarikçi aynı firmaya satış yapabilmekte, tek bir firmada birçok tedarikçiyi aynı noktaya getirerek tedarikçi sayısını artırabilmektedir.

### 5.3.4.Müşteriler

Tedarik zincirinin talep edeni olarak son aşamasında bulunan müşteriler ürün veya mamüllerin satın alıcıları olarak bulunmaktadır. İlk üretimden son satıcıya kadar her aşaması müşterilerin talepleri doğrultusunda yapıldığı için müşteriler tedarik zinciri yapısının en etkili konumundadır. Çünkü üretici müşterilerden gelen talepler doğrultusunda ürünün üretmektedir. Burada en önemli faktör ise müşteri ile

tüketicinin birbirinden ayrılmasıdır. Müşteri ürünü satın alan tüketici ise o ürünü kullanandır. Ayrıca müşteri kavramı olarak ilk ürünün imal edildiği andan son tüketiciye ulaşmaya kadar aralarında bulunan her işletme bir önceki işletmenin müşterisi konumundadır (Görçün, 2010).

### 5.3.5. Lojistik Hizmet Sağlayıcılar

Lojistik hizmet sağlayıcıları üretici ile tüketici arasında ticari faaliyetler yaparak bir nevi alan el ile satan el arasında köprü görevini yapan tedarik zinciri üyeleridir. Lojistik hizmet sağlayan firmalar hem tüketici hem de üretici ile karşılıklı faaliyetler içinde bulunduğu için çift taraflı ticaret yapmış olmaktadır. Buda ülke ekonomisine katkı sağladığı gibi pazar payında büyük bir yere sahip olmasına sebep olmaktadır. Lojistik hizmetler sunan firmalar ürünlerin üretiminden, depolanmasına, dağıtımına ve teslimatına kadar hizmetlerin her aşamasında buldukları için birçok lojistik firmalar ile koordineli bir şekilde çalışmalarını sağlamış böylelikle maliyetleri azaltarak katma değerlerini artırmışlardır. Ayrıca tüketicilerin isteklerini doğrudan üreticiye bildiren arayüz oldukları için farklı pazarlara girebilmekte, farklı ürünlerin ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadırlar (Görçün vd., 2010).

Lojistik hizmetler sunanların en büyük avantajlarından bir tanesi ise üretici olmadıkları için taleplere göre her bölgeye, her pazara girebilecek geniş bir ağa sahip olduklarından dolayı talep gören her ürünü istedikleri yere ulaştırabilmektedirler. Tedarik zincirinde hizmet sağlayıcılar olarak depo, üst veya benzeri sabit bir yere sahip olmalarından ziyade küresel anlamda iletişim içinde oldukları sürece birbirlerinin hizmet ağlarını koordinasyonlu bir şekilde çalışarak hem maliyetleri en aşağı çekerler hem de ticari kazançlarını artırabilirler. Ayrıca bu işletmelerden bir kaç birleşerek uluslararası üst seviyede çalışma olanağını yakalayarak daha kurumsallaşabilirler (Ar vd., 2012).

## 6.TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Günümüzde çevre kirliliğindeki artış ve bunun olumsuz etkilerinin görülmeye başlamasıyla toplumun tüm kesimlerinde çevreye karşı yükselen bir duyarlılık sözkonusudur. Tüketiciler başta olmak üzere devletler, resmi kuruluşlar ve sivil toplum örgütleri her geçen gün, işletmelere çevreyi korumaya yönelik daha ağır yaptırımların uygulanması için baskılarını artırmaktadır. Ayrıca, ham madde ve malzemelerin doğada azalması ve fiyatlarındaki artış da işletmeleri kullanılmış malzeme ve mamulleri geri kazanmaya zorlamaktadır. Tersine tedarik zinciri yönetimi dünya üzerinde meydana gelen çevre kirliliği ve geri dönüşüm konusunda işletmeleri belirli kural ve nizam içerisinde tutmak için kullanılan tedarik zincir yönetiminin bir yan dalıdır. Ters tedarik zinciri yönetiminde yaşam döngüsünü düzenlemek daha yaşanılabilen temiz bir çevrenin sağlanmasında payı çok yüksektir. Firmalar üretmiş oldukları her nevi mamül ve hizmetlerin artıkları ve atıklarının geri dönüşüm olgunda kullanılmasını sağlamaktadır. Tersine tedarik zinciri yöntemi konusunda işletmelere ağır yaptırımlar uygulayabilen işletmelerin belirli kurallar bütünü içinde çalışmasını sağlayan ve böylece daha yaşanılabilir bir dünya, daha güzel daha temiz bir dünya için işletmelerin uyması gereken bir kavramlar bütünüdür ters tedarik zinciri yöntemi. Ayrıca firmaların rekabet olgusunu artırdığı içinde firmalara geri dönüşümden dolayı kar marjlarını artırmalarını sağlamaktadır (Güleş vd.,2012).

Tersine TZY işletmelerin ürün yaşam çevrimi boyunca ürünlerin ve süreçlerin toplam çevresel etkilerini en aza indirmeyi dikkat etmelerini vurgulamaktadır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki tersine TZY sayesinde işletmeler imajlarını ve müşterileriyle ilişkilerini geliştirerek ve yaygın kanaatin aksine maliyetleri azaltarak karlılıklarını artırabilmektedir. Tüketici bilincinin ve yasal yükümlülüklerin giderek artacağı ve üretilen mamullerin bir bölümünün tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında birçok sebepten geri dönmesi söz konusu olabileceği için işletmelerin görece yeni bir yaklaşım olan tersineTZY için alt yapılarını rakiplerinden farklılaşmalarına ve rekabet üstünlüğü elde etmelerine yardımcı olacaktır. Literatürde tersine tedarik zinciri kapsadığı en geniş alan olan tersine lojistik kavramı çoğunlukla tersine tedarik zinciri yerine kullanılmaktadır (Acar vd., 2014).

## 6.1.Tersine Lojistik

TZY son 15-20 yıldır iş ve akademik çevreden büyük bir ilgi görmüştür. Bununla birlikte bu ilgede odak nokta çoğu zaman ileri TZY olmuştur. Bunun temelinde ileri tedarik zincirinin işletimlerin rekabet üstünlüğü elde etmesinde önemli bir araç olarak görülmesi, aksine tersine tedarik zincirinin atık toplamak ve bir maliyet unsuru olarak kabul edildiği söylenebilir. Bununla birlikte her ne kadar TZY'nin esasını bilginin, paranın, parçaların ve bitmiş mamulün tedarikçiden son tüketiciye doğru hareketi oluştursa da günümüzde bu ileriye doğru hareket istenen sonuçları tam elde etmede yetersiz kalabilmektedir. Nitekim şiddetlenen küresel rekabetin işletmelerin çevreye karşı duyarlılıklarını artırmasına neden olmasıyla bu görünüm daha da net olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. İşletmelerin çevreyle ilgili davranışlarının müşterilerin satın alma kararları üzerinde etkili olması tersine TZY'nin gelişmesine ve günümüzde işletmelerin kendi içerisinde geri dönüş programı geliştirmesine ve stratejik bir araç olarak kullanmasına yol açmıştır. Tersine lojistik kavramı aslında tersine tedarik kavramı ile benzerlik göstermektedir. Zira bazı kavramlarda tersine lojistik aynı zamanda tersine tedarik zinciri olarak da geçmektedir. Üretilen mamüllerin üretim aşamasından son kullanım aşamasına kadar geçen süre içerisinde ürünlerden meydana gelen fazla atık, bozulma, zaman aşımı veya ürünün tedavülden kalkması gibi durumlarda bu ürünlerin geri dönüşüm sayesinde tekrar kazandırılması veya imha edilmesi gibi faaliyetlere tersine lojistik kavramı diyebiliriz. Bir diğer ifadeyle tersine lojistik demek geri dönüşüm veya ürünlerin geri kazanımı diyebiliriz(Acar vd.,2014).

Tersine lojistik kavramını sadece kullanılmayan veyahut geri dönüşüme gidecek malzemeler olarak görmemek gerekir. Zira ürünlerin ambalajlanması, stoklanması yâda ürünün üretimi aşamasında daha az malzeme kullanılarak hammaddeden kazanılması da tersine lojistik kavramı olarak düşünülmesi gerekmektedir. Zira amaç geri kazanmak veya ürünlerin artırımını sağlamaksa ürünlerin imalatından geri dönüşüme kadar her aşamasında daha dikkatli olunması gerekmekte ve bu yönde karar almak zorundayız. Tersine lojistik ile lojistik kavramları birbirinden zıt ve bağımsız kavramlar olduğunu unutmamak gerekir. Tersine lojistik kavramından mamüllerin veya ürünlerin tekrar geri dönüşüm ile kazandırılması veya en az maliyet ve hasar ile imha edilmesi ve üretim aşamasına tekrar kazandırılmasıdır. Lojistik kavram ise üretilen mamüllerin tüketiciye

tam zamanlı ve eksiksiz bir şekilde ulaştırılması işinin bütünüdür. Her iki kavramda da planlama, bilgi akışı, transfer ve ham medenin tam ve zamanlı teslim edilerek yani bütün sürecin bir bütün içerisinde planlı ve programlı bir şekilde yürütülmesidir. Tersine lojistik işlerinin yürütülmesi maliyet açısından lojistik işlemlere göre çok daha fazla olmaktadır. Çünkü geri kazanımlar çok daha işlemde geçmekte ve bu süreçte çok daha insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca geri dönüşümlerin hacim olarak çok olmasından dolayı ve dağınık olmasından ötürü toplanılması, taşınması süreci zor olmaktadır. Bütün bunlar ise hem zaman, hem de maliyet açısından külfetli olmaktadır (Güleş vd., 2012).

Literatüre tersine tedarik zinciri faaliyetleri çoğu zaman tersine lojistik olarak da adlandırılmaktadır. Bir ters tedarik zinciri kullanılmış veya kullanılmamış bir mamulün müşteriden geri alınmasını, durumuna göre imha edilmesini, tekrar kullanılmasını ya da satılmasını içeren faaliyetler serisidir (Daughetry vd., 2005).

Başka bir ifadeyle yeniden üretim, geri kazanım, imha etme ya da kaynakları etkin bir şekilde kullanmak üzere mamul veya parçaların akışını yönetmek için tedarik zincirinin geriye doğru tasarımıdır (Karaçay, 2005).

Tersine tedarik zinciri süreci beş kilit adımda düzenlenebilir. Bunlar; 1- ürün bulma, 2- tersine lojistik, 3- inceleme ve elden çıkarma, 4- yenileme, 5-dağıtım ve satışır (Prahinski ve Kocabasoğlu, 2005).

Birçok kişi tersine lojistiği kullanılmayan (alüminyum, kâğıt, cam, plastik) malzemelerin geri dönüştürülmesi olarak düşünülmektedir. Tersine lojistik kavramı sadece hammadde, malzeme ve ambalajların yeniden kullanımından ibaret değildir. Mamul ambalajların daha az malzeme kullanılarak yeniden tasarlanması, üretim ve mamul dağıtım sırasında daha az enerji kullanımı gibi birçok faaliyet içermektedir. Tersine lojistik, lojistiğe ilişkin verilen tanımlamadaki tüm faaliyetleri içerir. Lojistik ile tersine lojistik arasındaki fark tersine lojistiğin lojistik faaliyetlerini tersine işletmesidir. Tersine lojistik, mamul, hammadde ve malzemelerin yeniden kullanım değeri ya da çevreye en az zararlı imhası için tüketim merkezinden üretim kaynağına doğru akışını sağlanmasıdır. Bu süreç boyunca da ileri yönlü lojistik de olduğu gibi planlama, verimlilik, ham madde akışı sağlanmasıdır. Bu süreç boyunca ileri yönlü lojistik de olduğu gibi planlama, verimlilik, ham madde akışının fayda-maliyet hesabı, stok

yönetimi ve kontrolü gibi unsurlar yer almaktadır. Daha net bir ifadeyle, ileri lojistikte olduğu gibi tersine lojistikte de sadece ürün akışının yönetimi değil buna ilişkin bilginin de yönetimi söz konusudur. Müşteri hizmetleri, ham madde ve malzeme yönetimi, taşıma, stok yönetimi, depolama, elleçleme, koruyucu ambalajlama, fiziksel dağıtım, bilgi ve sipariş işlemi, talep yönetimi, filo yönetimi içeren lojistik faaliyetlerin büyük bir kısmı tersine lojistik sürecinde de yer almaktadır (Karaçay, 2005)

Tersine lojistik ile ileri yönlü lojistik arasında bazı önemli farklılıklar vardır. En önemlisi farklılık ileri lojistikte yeni bir mamulün üretimi ve dağıtımını söz konusu iken, tersine lojistikte kullanılmış mamullerin ayrıştırma, geri dönüşüm, geri kazanım ve yeniden üretim gibi çeşitli aşamalar sonrası dağıtım söz konusudur (Topoyan, 2019).

**Tablo 7: İleri ve tersine lojistik arasındaki farklar**

<b>İleri lojistik</b>	<b>Tersine lojistik</b>
Tahmin yapma nispeten kolaydır	Tahmin yapmak nispeten daha zordur.
Bir noktadan çok sayıda noktaya dağıtım vardır.	Çok noktadan bir noktaya toplama vardır.
Tek tip ürün kalitesi söz konusudur.	Tek tip ürün kalitesinden bahsedilemez.
Tek tip ürün paketlemesi vardır.	Tek tip ürün paketlemesi söz konusu değildir.
Rota bellidir.	Sabit bir rota yoktur.
Fiyatlanma tek tiptir.	Fiyatlandırma çok değişkene bağlıdır.
Dağıtım maliyeti kolay tespit edilebilir.	Dağıtım maliyeti belirlenmesi kolay değildir.
Stok yönetim önemlidir ve stok kontrol uygulamaları tutarlıdır.	Stok yönetimi tutarlı değildir.
Mamul hayat seyri yönetilebilir.	Mamul hayat seyri ile ilgili konular karmaşıktır.
Pazarlama gayretleri başarıyla uygulanabilir.	Pazarlama faaliyetleri ile ilgili konular karmaşıktır.
Süreçler şeffaftır.	Süreçler daha az şeffaftır.

Kaynak:Gülsün vd. (2008)

Geri dönen ürünün kalitesi, miktarı ve zamanlaması ile ilgili belirsizlikler tersine lojistikte faaliyetlerin ileri yönlü akıştaki kadar planlı ve düzenli yapılamamasına, bu da

maliyetlerin katlanmasına yol açabilmektedir. Ayrıca geri dönen ürünlerin taşınması genellikle zor ve ağır süreçtir. Geri dönüş süreçlerinde nihai mamul satışına göre çok daha fazla işlem ve daha fazla insan müdahalesi bulunmaktadır. İleri tedarik zincirinde birçok işlem otomatik üretim hatlarında ve bilgisayar destekli donanımlarla yürütülürken, tersine lojistikte çoğu faaliyet çalışanlar tarafından bizzat yapılmakta ve kimi zaman da özellikle tersine akışta geri dönen ürünlerin taşınması, stoklanma elleçlenmesini güçleştirebilmektedir. Bu farklılar işletmelerin mevcut lojistik yapılarına tersine lojistik işlemlerini dâhil etmelerini oldukça güçleştirmektedir (Büyükkökük, 2011).

## **6.2.Tersine Lojistik ve Kapalı Döngü Tedarik Zinciri**

Lojistik ve tersine lojistik işlemlerinin belirli bir bütün içinde yürütülmesi işine kapalı döngü tedarik zinciri denilmektedir. Bukapalı tedarik zincirinde lojistik işlemlerden arta kalan ve kullanılmayan ayrıca imha edilecek kadar eskiyip tedavülden kalkan ürünlerin ve malzemelerin tekrar üretime kazandırılarak aynı veya başka bir malzeme altında tüketiciye ulaşacak hale gelinceye kadar geçen süreçlerin bütünüdür. Kapalı tedarik zinciri kendi bünyesinde ileri lojistik tedarik zincirini hem de tersine lojistik tedarik zincirini kendi bütünü içerisinde toplamaktadır (Büyükkökük vd., 2008).

Son yıllarda sürdürülebilirlik alanında tersine ve kapalı döngü tedarik zinciri üzerine çalışmalara odaklanılmaktadır. ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri dikkate alarak belirsizlik altında yeni bir sürdürülebilir kapalı döngü yer seçimi-rotalama-envanter modeli sunmaktadır. Ağın belirsiz doğası stokastik olasılıklı bir programlama yaklaşımı kullanılarak ele alınmış ve büyük boyutlu problemler için hibrid bir meta-sezgisel algoritma ve alt sınırlar geliştirilmiştir (Zhalechian vd.,2016). Üretim, yeniden üretim ve toplama / inceleme merkezlerinin yanı sıra bertaraf merkezi ve pazarlardan oluşan çok ürünlü kapalı döngü yeşil tedarik zinciri ağı için bir tesis yeri seçimi modeli üzerine çalışmışlardır (Talaie vd., 2016).

Ürünleri geri getirme karşılığında bir indirim veya doğrudan bir ücret sunumuyla müşterilerin kullanılmış ürünleri iade etme istekliliğini artırarak sürdürülebilir tüketimi iyileştirmeye çalışan bir üretici ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tersine tedarik zincirini ele almışlardır (Heydari vd., 2017).Kimya ve gıda endüstrilerinden iki



örnek olay incelemesi aracılığıyla, geleneksel ve döngüsel üretim sistemlerinin performanslarını bir dizi gösterge üzerinden karşılaştırarak sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ile döngüsel ekonomi ilkelerinin entegrasyonunun, çevresel bir bakış açısından net avantajlar sağlayabileceğini göstermişlerdir (Genovese vd., 2017). Ekonomik hedeflere ulaşmak ve tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini iyileştirmek için, taşıma ve toplama hizmetleri sağlayan üçüncü taraf bir lojistik sağlayıcı ile çok aşamalı bir kapalı döngü tedarik zinciri modeli önermişlerdir. Önerilen model, hibrid kapalı döngü tedarik zincirinde taşıma ve karbon emisyon maliyetlerinin etkilerini incelemeyi ve bu maliyetlerin etkisi altında en iyi iade edilebilir taşıma kalemleri yönetim politikalarını tasarlamayı amaçlamaktadır (Sarkar vd., 2017).

Perakende fiyatı ve emisyon azaltımına bağlı talebe sahip kapalı döngü tedarik zincirinin karar stratejisini ve kar dağıtımını keşfetmeyi amaçlamışlardır. Tüketicinin düşük karbonlu ve yeniden üretilmiş tercihi dikkate alınarak, optimum perakende fiyatı, indirim oranı ve geri dönüşüm oranını araştırmak için tek üretici ve tek perakendeciden oluşan merkezi ve merkezi olmayan modeller önermişlerdir (Xu ve Wang, 2018).

Ürün tasarımını ve bunun iki aşamalı kapalı döngü tedarik zinciri operasyonları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Araştırma bulguları, yeniden üretimin tedarikçinin veya üreticinin karlılığını mutlaka artırmadığını, ancak ürün tasarım stratejilerinin ayarlanmasının, kârlılığın zarar görmesi durumunda zararı azaltmaya yardımcı olduğunu ortaya koymuştur (Liu vd., 2019). Hammadde alımında eksiklik, belirsizlik ve indirim altındaki çok kademeli çok ürünlü çok dönemli bir kapalı döngü tedarik zinciri ağı için bir tesis yeri seçimi modeli üzerine çalışmışlardır. Ağı tasarlamak için, ağın toplam maliyetlerini azaltabilen karma tamsayılı doğrusal olmayan bir programlama modeli önerilmişlerdir. Daha sonra önerilen model, müşteri talebi, iade edilen ürünlerin oranı, nakliye maliyetleri, hammadde fiyatları ve eksiklik maliyetleri gibi belirsizlik parametrelerinin etkilerini araştırmak için sağlam bir bulanık programlama kullanılarak geliştirilmiştir (Ghahremani-Nahr vd., 2019).

Çok ürünlü dairesel kapalı döngü tedarik zincirinde dairesel tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi için heterojen araçlar kullanarak çoklu depo, kapasiteli yeşil rota problemi dikkate alınarak FANP, FDEMATEL ve çok amaçlı karma tamsayılı doğrusal programlama modellerinin hibrid bir yaklaşımını geliştirilmişlerdir. Ayrıca, aynı anda

belirsizliği dâhil etmek ve çok amaçlı modeli tek amaçlı bir modele dönüştürmek için bulanık bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir (Govindan vd., 2020). Fiyat ve kaliteye bağlı talebe sahip kapalı döngü bir tedarik zinciri modeli geliştirmiş ve üretim sürecini stokastik bir ortamda öğrenmeye tabi kılmışlardır (Giri ve Masanta, 2020).

## **7.ULAŞTIRMA**

### **7.1. Şehir İçi Ulaştırma**

İnsanlar yaşamları boyunca iş, alışveriş, eğitim, ziyaret, seyahat vb. eylemlerini yaya olarak yaparken şehirlerin büyümesi ve mesafelerin artması ile birlikte ulaşım için araç gereksinimi ihtiyaç olmaya başlamıştır.

Ülkemizde kentleşme olgusu 1950'lerde başlamış olup şimdilerde kentler nüfusun üçte ikisine ev sahipliği etmektedir. Diğer taraftan 1970'lerde başlayan şehirlerin büyüüp genişlemesinde rolü ile motorlu taşıt sayısında ciddi artışlar meydana gelmiştir. Araç sahipliği noktasında her nekadarda gelişmiş ülkeler seviyesinde olmamakta ekonomik koşullar ve pazarlama kolaylıkları ile hızlı artış eğilimi göstermektedir.

Şehirlerimizin ulaşım alt yapısı, nüfus ve motorlu taşıt sayısındaki artışlara cevap verememiştir. Şehirlerimizin plansız ve dengesiz büyümeleri ile birlikte ulaşım ve trafik sorunları ile karşı karşıya kalınmıştır. Bunların çözümü için maalesef geçici ve yüzeysel çözümler sunularak işin daha da karmaşık bir hal almasına neden olmuştur. Konunun önemi kavranıp çözüm önerileri olduğunda ise kısıtlı finansal kaynak ve kısıtlı mekânlarla karşı karşıya kalınmıştır.

Şehir içi ulaşım; şehrin tümünü kapsayıcı olmalı, kentin kullanıcıları olan halkına en uygun düzeyde ekonomik, sosyal ve gelişimini destekleyen çağdaş bir sistem olmalıdır. Şehirde taşıtları değil insanı ve insani olanı önceleyen katılımcı, sürdürülebilir bir anlayışı kurgulayıp kamu kaynaklarını etkin ve verimli kullanma noktasında gayret gösterilmelidir (Aykol, 2013).

### **7.2.Toplu Taşıma Sistemleri**

#### **7.2.1.Otobüs Sistemleri**

Kent içi ulaşım politikalarının sürdürülebilirliği için toplu ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda dünyada en çok bilinen ve tercih edilen ulaşım türü otobüs sistemleridir. Bu sistemler şehrin alışkanlıkları doğrultusunda planlanarak belirli zaman aralıklarıyla yönetilmektedir. İhtiyaç analizleri doğrultusunda kapasiteleri belirlenmiş,

konforlu ve verimli toplu ulaşım altyapısının geliştirilmesi ve toplu taşıma sisteminin kurulması adına en uygun çözümlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Otobüsler şehrin nüfus ölçeğine göre, küçük şehirlerde ana ulaşım türü olarak kullanılmaktadır. Şehrin nüfusa göre orta ve büyük ölçekli olması durumunda ana ulaşım türü olarak otobüsün yanı sıra raylı sistemleri besleyen tür olarak da kullanılmaktadır. Düşük kapasiteli araçların kapladığı alan, tükettiği enerji ve taşıdığı yolcu sayıları göz önüne alındığında, otobüs sistemleri, genel kara yolu taşıma sistemleri arasında çevreci, verimli ve ihtiyaç duyulan alan bakımından en etkin ulaşım sistemidir. Kapasite ve çevresel etki bakımından incelendiğinde raylı sistemlerin daha avantajlı yönleri olsa da otobüsler özellikle maliyet ve esneklik bakımından raylı sistemlere göre avantajlı kılmaktadır. Otobüsler hareket kabiliyetini kendi bünyesinde bulunan motor ve enerjiden elde etmektedir. Bu durum otobüslerin tüm cadde ve sokaklarda işletilebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca hatlar ve durak yerleri de ihtiyaçlar doğrultusunda değiştirilebilmektedir. Otobüs sistemleri ilk yatırım maliyeti bakımından değerlendirildiğinde diğer sistemlere göre daha ekonomiktir. Ancak yolculuk talebinin fazla olmadığı yerlerde ekonomikliğini yitirmektedir (Cirit, 2014).

Otobüsler, kapasitesi itibari ile 20–35 yolcu ile başlayıp 150 yolcu kapasiteli körüklü otobüslere kadar uzanan geniş bir yelpazeye sahiptir. Otobüs çeşitliliğinde solo, körüklü ve metrobüs şeklinde sınıflandırabiliriz. Solo tip otobüsler yaklaşık 85 yolcu alırken, metrobüsler ise yaklaşık 150–165 yolcu kapasitesine ulaşabilmektedir. Dünya genelindeki otobüsler çoğunlukla enerjilerini dizel akaryakıtlarla sağlamaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte alternatif yakıt teknolojilerine sahip otobüsler de mevcuttur. Son zamanlarda doğal gazlı araçların çevreci özellikleri ile ön plana çıkması ve yakıt tasarrufu sağlaması, dizel araçlara alternatif oluşturmuştur. Dizel araçların kullanım oranı %90'larda iken bu oranımızda gittikçe düşmektedir. Çevresel şartlar göz önüne alındığında dizel yakıt teknolojisi her ne kadar karbon emisyonunu azaltan teknolojik gelişmeler yaşanmış olsa da dizel yakıt çevreye daha çok zarar veren bir yapıya sahiptir. Günümüzde CNG, LPG, elektrikli hibrid araç teknolojilerinde de gelişmeler başlamış olup CNG yakıtlı araçların kullanımı yaygınlaşmıştır. Birçok bölge de değişiklik göstermekle birlikte otobüs işletmeciliği temelde 3 farklı türde yapılmaktadır (Cirit, 2014).

- Herhangi bir önceliğe sahip olmayan, normal trafik ile karışık otobüs işletmeciliği.
- Trafik sinyalizasyonu ve otobüs şeridi gibi uygulamalar ile trafikte önceliğe sahip otobüs işletmeciliği.
- Trafik için ayrılmış yolun bir kısmında yapılan otobüs işletmeciliği.
- Bu türde otobüsler trafikte öncelik hakkına sahip olmaması işletmedeki verimini azaltmıştır.Bundan dolayı diğer ulaşım şekillerinden geride kalmaktadır.Bu sebeple günlük ulaşımında daha ivedi yöntemlere başvurulmaktadır. Diğer yönden yolcu miktarındaki düşüş madden zarara sebep olmaktadır.
- Diğer türde kavşaklarda sinyalizasyon öncelik hakkının bulunması kalabalık zamanlarda trafiği olumlu olarak rahatlatmaktadır. Otobüslere ayrılan şeritler belirlenen zamanlarda hali hazırda kullanıma ayrılmıştır.Alan yetersizliği oluşturduğunda yol otobüs şeridi konumunda rahatlatılmaktadır. Elektronik yöntemler ve uzaktan uyarılma yöntemleri otobüsün geldiğini sinyalizetmekte ve bu ölçüde faydalık bir tutum sergilemektedir.Otobüs işletmeciliğinde amacımız her yönden verimliliği artırmak ve daha kazançlı bir duruma ulaşabilmektir.
- Sonuncu yöntem şu an en revaçta olan tam tahsilli yolda yapılandır.Hızlı otobüs sistemleri (Bus Rapid Transit) olarak bilinmekte olup ülkemizde metrobüs olarak adlandırılmaktadır. İleriye yönelik her anlamda özel bir önemi bulunmaktadır.
- Bazı şehirlerde ekonomik açıdan devamlılık sağlanamamaktadır. Devamlılığın sağlanabilmesi ve karlılığın artırılabilmesi için yolcu sayısı artırılmalı, yol mesafesi uzatılmalı ve ek gelir elde edilmelidir.Geliri düşürecek her türlü olumsuzluktan uzak durulmalı ve en uygun yöntemler kullanılarak kâr oranı yükseltilmelidir.
- Bu açıdan otobüs şeridi ve kavşak sinyalizasyonu gibi uygulamalar kârlı bir otobüs işletmeciliğinde çok önemlidir.Standart yöntemlerden daha yenilikçi yöntemlere geçiş hız ve finansal açıdan daha faydalıdır.Düşük tutarlarla büyük

faydalar elde edilmektedir. Mesela aşı karmaşık bir uygulamanın yapıldığı Los Angeles'te 222 kavşağı kapsayan ve 18 ayda uygulamaya geçilen sinyalizasyon sisteminde fayda/maliyet oranı 6/1 olarak gerçekleşmektedir.

### 7.2.2. Metrobüs (Hızlı Otobüs) Sistemleri

Metrobüs yöntemlerinin temelinde otobüs şeritleri vardır. 1937'de Chicago'da yapılan otobüs yolu metrobüsün atası sayılmıştır. Metrobüs kelimesine uygun olan yöntem Brezilya'nın Curitiba şehrinde 1974 yılında uygulanmıştır. Metrobüs, yer altı metro sistemlerindeki gibi ayırışık olarak daha fazla verimle rahat, varılacak yere zamanında ulaştıran bir yöntemdir. Yolcu sayısındaki fazlalık sayesinde finansal açıdan da ön plandadır (Aykol, 2013).

Metrobüs yöntemlerinin diğer yöntemlerden farklı özellikleri şu şekildedir (Aykol, 2013).

- Metro yöntemlerindeki gibi sadece kendisine ait özgü bir yol,
- Zamanında, sürekli ve düzenli yolculuk
- Fazla kapıya sahip olan otobüsler neticesinde daha çabuk yolcu indirme/ bindirme sınırı
- Duraklardaki ücret toplama yöntemi ile her seferden önce ücret tahsisi,
- Yaklaşık 500 metre mesafeli kapalı ve korunaklı, güvenli ve konforlu duraklar,
- Gerçek zamana dayalı olarak sinyalizasyon yolcu bilgi yöntemi,
- Durak ve terminallerde diğer ulaşım türleri ile sağlam bir birliktelik,
- Açılıp/kapanır, daha verimli, rahat, enerjiyle bütünleşik ve temiz araçlar.
- Standart bir otobüs yönteminde ortalama işletme hızı 5-15 km/s, günlük kat edilen uzaklık 100-300 km ve bekleme süresi ise yaklaşık 20 dakika iken metrobüs yöntemlerinde işletme hızı 20-25 km/s, gidilen uzaklık 500 km ve bekleme süresi ise yaklaşık 1-10 dakikadır.

Hat karayolundan ayrılan belirli bir alanda olup şeridin yönteme uygun hale getirilmesidir. Şeridinin uzunluğu 3,5 metre, durakların uzunluğu 2,5-5 metre, yöntem için ayrılacak toplam yol uzunluğu 10-13 metredir. Talebin daha fazla ve yeterli olması durumunda gidiş-dönüş toplam dört şeritli bir hat oluşturulabilir.

Fakatbu durumda ihtiyaç duyulacak yol mesafesi 20 metreye yaklaşmaktadır. Metrobüs yöntemlerinin altyapı yatırımı tramvay ve hafif raylı yöntem maliyetinin dört ila yirmide biri, metro maliyetinin ise on ila yüzde biri oranındadır. Aynı kapasitedeki raylı yöntemlere göre düşük yatırım tutarına sahip olan metrobüs yöntemleridüzgün bir yoldanitelikli ve daha fazla yolcuyulaşanfinansal açıdandevamlığı olan bir yöntemdir. Şerit sayısına göre bu yöntemle saatte tek yönde 20.000–45.000 yolcu kapasitesine ulaşılır (Aykol, 2013).

**Tablo 8: Etki ve faydalar**

Kategori	Fayda
Ekonomik	Seyahat süreleri düşer
	Ekonomik üretkenlikte artış olur
	İstihdam artışı olur
	İş ortamı gelişir
Sosyal	Şehir genelinde daha adil/ dengeli bir erişim ortamı oluşur
	Kazalarda azalama oluşur
	Kente ve toplumda algısal gelişim oluşur
Çevresel	İnsan sağlığına zararlı emisyonlarda azalama oluşur
	Daha düşük gürültü düzeyi ve ses kirliliği oluşur
Kentsel form	Sürdürülebilir kent yapısı
Politik	Kısa seçim döneminde faaliyete geçilebilmesi
	Tüm seçmenlerin eşit olarak yararlanabileceği yüksek kaliteli bir hizmetin sağlanması(Aykol, 2013).

### 7.2.3. Tramvay Sistemi ve Hafif Raylı Sistem

Tramvay sistemleri dünyada ilk olarak 1800'lerin ilk yarısında at gücüyle çekilen ve rayların üzerinde hareket eden toplu taşıma yöntemleridir. New York, New Orleans, Paris, Londra ve Kopenhag bu şehirlere örnektir. Bu sayede büyük bir adım atılmış ve tek at ile daha fazla taşıma yapılmıştır. At gücünden elektrikli tramvaylar yöntemine doğrubir yol kat edilmiştir. 1881 yılında Almanya'da elektrikli tramvay ilk olarak kullanılmıştır. Atlar yerini elektrikli tramvaylara bırakmıştır. Amerika, İngiltere ve Fransa'da tramvay kullanımı azalmasına rağmen Almanya ve Doğu Avrupa'da yoğun olarak kullanılmaktadır. (Cirit, 2014).

Genel olarak 1–2 araçlık diziler halinde bazı durumlarda 3 dizi halinde, aynı düzeyde bulunan trafik ile birlikte işletilir. Araçlar 4–6 akslıdır. Uzunlukları 14–21 metredir. 100–180 yolcu taşıma kapasitesi vardır. Kapasitenin yaklaşık yüzde 20–40'ı oturma yerine aittir. Yöntem trafik ile karışık olması sebebiyle ve durak araları kısa olduğu için, diğer raylı sistemlere göre 15–30 km/s arasında değişir. HRS tramvay özelliği gösterse de tramvaylardan farklıdır. Raylı sistemin HRS olarak tanımlanabilmesi için taşıması gereken özellikler aşağıdadır: (Cirit, 2014).

- HRS hattının yol ile kesiştiği noktalarda HRS araçları için sinyalizasyon yöntemleriyle destekli geçiş üstünlüğü vardır.
- Duraklar cadde ve yollardan net bir biçimde ayrılarak güvenli ve rahat bir ortam oluşturulmuştur.
- Durak mesafesi 300–600 metre olarak değişir.
- Fazla yolcu alabilen araçlara sahip olan yöntemde trenler 2–4 araçlık setler halindedir.
- Araçların hız ve güven açısından iniş/binişlerde kapı sayısının çok olmasına bağlıdır.
- Araçların hızı en yüksek 70 km/saattir. Fakat 120 km'ye ulaşan HRS'ler de vardır.
- HRS'ler trafik ile işletildiğinden kalabalık zamanlarda özgü yollar ve tüneller kullanılır. 74 Tramvay ve HRS'ler, otobüs ve metro yöntemlerinin arasında kalan bir toplu taşıma sistemidir. Farklı durumlara göre üstünlükleri şu şekildedir.



- Finansal ve verimlilik açısından şehre daha çabuk uyum sağlar.
- Ayrılmış yola gerek duyulmadan aynı trafikte iç içe olabilir.
- Ekonomik açıdan daha uygundur.
- Uygulanan bölgede daha esnek bir yapısı vardır.
- Az enerji kullanarak daha fazla yolcu taşır.
- Değişik yerlerde üretilen elektrik enerjisinin ulaştırılmasında kolaylık sunar.
- Riskten uzak olması ve dışarıdan etkilenme oranı az olduğu için zamanında ve güvenli olarak işletilir.
- Titreşim, ses ve ivmelenmeye yönelik rahatbir yöntem olduğundanözendirici bir sistemdir.
- Bölgesel hava kirliliğinden elektrik enerjisi sayesinde uzaktır (Cirit, 2014).

#### 7.2.4.Metro Sistemi

19. yüzyılın ikinci yarısında sanayileşme hızlanarak şehirlergenişlemiş, üretim artmışbundan dolayı, verimli bir ulaşım ihtiyacı duyulmuştur. Olağan durumkapasiteyi ortaya çıkarmış, daha fazla yolcu alacak sorunu gündeme getirmiştir.Gündem olarak ortaya konulan metro yöntemlerinin ilki 1863 yılında “Londra Metropoliten Hattı”dır. “Metropoliten” kelimesi şu an metro kelimesinin karşılığıdır.

Yöntem dıştan etkilenmedenözgün hatlarda gelişmiş sinyalizasyona sahip raylı sistemlerdir. Bundan ötürü yüksek hıza ve yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Metrolar, daha fazla rahatlık ve güven duygusuna ek olarak enerji verimliliği ve sürüş güvenliği olarak cazip hale gelmiştir. Fazla yolcu almasında2 yöntem vardır. Yolcu kapasitesi veişletme sıklığı olarak adlandırılır.Yoğunluğa bağlı olarak tren seti başına 2000’den fazla yolcu kapasitesiyle 40 sefer olarak işletilebilmektedir. Fakatkilometre başına öteki ulaşım türlerinden daha fazla alt yapı maliyeti vardır.Daha fazla yolcu taşıma kapasiteli raylı sistemler olmasına rağmen tramvay ve hafif raylı sistemlere göre daha maliyetlidir. Kilometre başına altyapı yatırım maliyeti bakımından, hemzemin olarak inşa edilen bir raylı sistemin birim maliyeti 1 esas alındığında yerden yükseltilmiş olan (elevated) hatların birim maliyeti 2–2,5, yer altındaki sistemlerin birim maliyeti ise 4–6 birim civarındadır. 79 Fakat doğru hatlarda kurulması ölçüsünde bu yöntemlerden elde edilen finansal fayda yatırım maliyetini karşılar. (Dongvd., 2018).

Metro hatlarında genelde 4 akslı, 16–23 metre uzunluğa ve 2,5–3,2 metre genişliğe sahip standart metro araçları kullanılmakta olup, bu araçlar 120–250 kişilik yolcu kapasitesine ve yüzde 25–60 arası koltuk kapasitesi bulunmaktadır. Ortalama işletme hızı yaklaşık 25–60 km/saattir. 6–10 araçlık tren setleriyle saatte 20–40 arası yol yapabilen bu yöntemler ile New York Metrosundaki gibi saatte tek yönde 60.000’in üzerinde yolcu taşınmaktadır. 81 Metro sistemlerinde kuramsal olarak 1,5 dakika aralıkla 2500 yolcu kapasiteli 10 araçlı dizilerin işletilmesiyle saatte tek yönde 100.000 yolcu kapasitesine ulaşılabilir fakat pratikte zorlaşmaktadır. Devamlılığı öngörülen şehir içi ulaşım yöntemleri olarak toplu ulaşımın geliştirilmesi önemli bir yere sahiptir. Metro sistemleri raylı sistemler arasında amaca hizmet eden önemli araçlardır. Yapım maliyeti yüksek olmasına rağmen nüfusun yoğun olduğu metropollerde kişi başına enerji tüketimi, sera gazı emisyonu, işletme maliyeti ve seyahat süresi ile rahat, emniyetli, güvenilir ve zamanlı gibi özellikleri ele alındığında doğru seçilen bir güzergâhta kurulması kaydıyla metro sistemleri devamlılığı ön görülen şehir içi ulaşımın en önemli özelliğidir (Cirit, 2014).

Metro sistemleri öteki toplu ulaşım sistemlerine göre sahip oldukları üstün özelliklerden bazıları şu şekildedir; (Cirit, 2014).

- Daha fazla yolcu taşıma kapasitesinin olması,
- Yer altında veya yükseltilmiş bir hatta hareket ettiğinden trafik sıkışıklığı gibi nedenler mahal vermemesi,
- Hareketlilikte enerji seviyesi ve yolcu başına tüketilen enerji miktarının trafik yoğunluğundan etkilenmemesi,
- Bölgesel sera gazı emisyonunun, elektrik enerjisi sayesinde olmaması,
- Hızlı, verimli, güvenilir ve zamanında bir ulaşım sağlaması şeklinde sıralanabilir.

## **8.ULAŞIM PLANLAMA MASTER PLAN**

### **8.1.Ulaşım Ana Planı Çalışması**

Ulaşım Ana Planı Tanımı; metodolojik bir süreç izleyen ve matematiksel yöntemler ile talep tahmin modellerinin kurulmasını amaçlayan, kentlerin 15-20 yıllık (veya imar planları projeksiyon yılı) hedefler doğrultusunda kapsamlı bir çalışmadır. Bir kentte gerek araçlar ile gerekse yaya olarak bir yerden bir yere hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşmak, mevcutta var olan sorun ve darboğazları çözüme kavuşturmak, şehrin fiziksel ve kültürel olarak gelişmesine ulaşım ve trafik şartlarını da sağlıklı ve verimli bir şekilde entegre etmek maksadı ile yapılan stratejik seviyedeki çalışmaların bütününe Ulaşım Ana Planı denmektedir (Cirit, 2014).

Ulaşım Ana Planı, “stratejik” planlama düzeyini belirler. Ulaşım Ana Planının temel fonksiyonu, gerekli olan planlama konseptlerini ve tedbirleri tanımlamak ve bu konuyla bağlantılı olarak bugün ve gelecekte çevreyi ve kaynakları koruyacak şekilde, sosyal açıdan kabul edilebilir biçimde, şehrin imkânlarına ve gelecekte göstereceği gelişime göre uygun ve ekonomik olarak insanların, mal ve hizmetlerin ulaşım ve ulaştırmalarını sağlamak için en uygun olan temel çerçeveleri tarif etmektir.

Ulaşım Ana Planı, gerçekleştirme açısından ulaşım yatırımlarının talep tahmin verileri ışığında öncelikleri tespit etmelidir ve söz konusu uygulamaların adım adım en etkili biçimde gerçekleştirilebilmesini sağlayan bir uygulama stratejisi tavsiye etmelidir. Bu anlamda, Ulaşım Ana Planı, bağlayıcı etkisi yüksek olan stratejik bir planlama kılavuzudur.

#### **8.1.1.Ulaşım Ana Planının Amacı**

Kentlerde hızla artan nüfus, işgücü, artan araç sahipliği, kentsel kullanım alanlarının genişlemesi ve çeşitlenmesi gibi etkenler, günümüzde önemli bir sorun olan kent içi ulaşımın çevre, enerji, sürdürülebilirlik, sosyal denge gibi konular dikkate alınarak bilimsel yöntemlerle çözümlenmesi ve düzenlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede kent içi ulaşımının, saptanan hedef yıllara göre; kentin üst ve alt ölçekli plan kararları ve merkezi idareye bağlı kurumların yatırım programları dikkate alınarak ve eş güdüm içerisinde analiz edilmesi, düzenlenmesi, toplu taşıma sistemlerine ve

yaya/bisiklet gibi çevre dostu ulaşım biçimlerine öncelik verilerek ulaşım ve trafik sorunlarına çözümler getirilmesi ve buna paralel olarak; toplu taşıma ve ara-toplu taşıma türlerinin entegrasyonu ile bunların durak ve terminal alanlarının düzenlenmesi, özel ulaşım dâhil çeşitli ulaşım türlerinin birbirleri ile rekabet etmeyecek ve birbirini tamamlayacak şekilde işletilebilmesi için bir bütün olarak planlanması ve işletilmesini hedeflemelidir.

Kentlerin insanlar için olduğu gerçeğinden yola çıkarak kentsel ulaşıtırmada araçların değil insanların ve yüklerin taşınmasında hareket özgürlüğünü sağlamak ve kentsel etkinliklere erişimlerini kolaylaştırmak; yaya ve bisiklet ulaşımını geliştirmek ve özellikle kent merkezinde otomobil kullanımını azaltmak stratejik hedefler arasında olmalıdır.

Belediyelerin uzun vadeli ulaşım planlamaları noktasında, görev ve sorumlulukları çerçevesinde; hedef yıllar içinde arazi kullanım ve nüfus yapısına bağlı olarak, ekonomik açıdan düşük maliyetli ve kentin planlı gelişimine katkı veren; ekolojik açıdan çevreye verdiği zararı minimuma indiren; toplumsal açıdan sosyal eşitlik ilkesine bağlı, kentin tarihi ve kültürel kimliği ile uyumlu, erişilebilirlik, konfor, güvenlik, güvenilirlik gibi nitelikleri içeren, sürdürülebilir bir ulaşıtırma sisteminin kurulması ile kentte yaşayanların ulaşım taleplerinin karşılanması amaçlanmalıdır.

Ulaşım ve Trafik alanında sürdürülebilir bir iyileştirme için yapılacak olan çalışmalara ve "kentsel kalitenin" oluşturulmasına belirleyici bir şekilde katkı sağlamak, Ulaşım Ana Planının en önemli görevidir.

Bu gerekliliklerin yerine getirilmesi için, ulaşım planlaması sadece bugünkü ve gelecekteki ulaşım talebine odaklanmamalıdır. Modern bir ulaşım planlama süreci, çok türlü, bütünleşik, kapsamlı, etki esaslı, sonuç elde etmeye açık ve iletişimsel olarak tasarlanmalıdır.

## 8.1.2.Kapsam

### 8.1.2.1.Çalışmanın Kapsamı

Ulaşım Ana Planı, toplanacak mevcut ve yeni bilgilerden yararlanılarak mevcut yapıdaki sorunlar ve yetersizliklerin tanımlanarak uzun dönemli talep tahmin sonuçları

doğrultusunda önerilerin geliştirilmesi çalışmasıdır. "Stratejik" planlama aracı olarak bir Ulaşım Ana Planının mevcut olmasına istinaden, münferit tedbirlerin detaylı olarak hazırlanması, belirli teknik ürünlerin seçilmesi gibi konular ulaşım ana planının görev kapsamında değildir. Müteakip projelendirme aşamaları (örneğin fizibilite araştırmaları, ön proje, uygulamaya yönelik proje) gerektiğinde Ana Plan sonrasında mutlak surette yapılmalıdır. Ulaşım Ana Planında incelenmiş olan planlama senaryoları, fayda etkileri açısından değerlendirilecektir; öyle ki, bu karşılaştırma esas alınarak, tedbirlerle ilgili bir öncelik sıralaması yapılabilecektir. Tedbirleri uygulama planında (İngilizcesi: Measures Implementation Plan) münferit tedbirler gerçekleştirme önceliği açısından kısa, orta ve uzun vadeli tedbirler olarak sınıflandırılacaktır ve bu şekilde tedbirlerin kademeli olarak uygulamaya konulması ile ilgili olarak, bütün gerçekleştirme aşamalarında mümkün olan en büyük etkinliği sağlayan bir konsept geliştirilecektir.

- Yerleşim birimlerindeki ulaşım, trafik ve toplu taşıma hizmetlerinin bir bütün olarak yeniden düzenlenmesi için kısa, orta ve uzun dönemli ulaşım politika ve stratejilerinin belirlenmesi,
- Trafik sıkışıklıklarının ve kapasite darboğazlarının tanımlanarak, yaşanan sorunlarla ilgili kısa ve orta vadede ulaşım talep yönetimi, uzun vadede ise ulaşım planlama önerileri ve projelerinin geliştirilmesi,
- Hazırlanan bu planlama önlemlerin uygulanmasında sürekliliğin sağlanması amacıyla belediyelerin bünyesindeki ulaşım, trafik ve toplu taşıma ile ilgili yapılanma ihtiyaçlarının belirlenerek, gerekli düzenlemelerin yapılması,
- Hazırlanan bu planlama önlemlerin uygulanmasında sürekliliğin sağlanması amacıyla belediyelerin bünyesindeki ulaşım, trafik ve toplu taşıma ile ilgili yapılanma ihtiyaçlarının belirlenerek, gerekli düzenlemelerin yapılması,
- Kısa, orta ve uzun vadeli öneriler geliştirilirken kentlerin nazım imar planlarının öngördüğü kentsel gelişme stratejileri çerçevesinde kentin gelecekte oluşması istenen ulaşım ve trafik sisteminin temel kararlarının belirlenmesi,
- Ulaşım Ana Planı ile bu kararların hayata geçirilebilmesi için gerekli ulaşım yatırımları ve bunların önceliklerini, ulaşım ve trafik sisteminin işletme ve yönetim politika ve ilkelerini, hedef yılı/yılları itibariyle orta ve uzun vadede oluşması beklenen yolculuk taleplerinin toplu taşıma ağırlıklı bir ulaşım sistemi ile karşılanabilmesinin sağlanması hususları amaçlanmalıdır.

- Arazi kullanım planları ile ulaştırma arasındaki ilişkileri iyi anlayarak ve kentin gelecekteki arazi kullanım yapısını doğru planlayarak gelecekteki ulaşım talepleri azaltılmalı/dengelenmeli, diğer bir deyimle biręok ulaşım sorununun ortaya çıkması önlenebilmelidir.
- Ulaşım Ana Planlarının Belediyelerin birimleri tarafından işletilebilmeli, güncellenebilmeli ve aktif olarak kentin her türlü ulaşım çalışmalarında aktif kullanımının sağlanacağı bir yapının oluşturulması ve bilgi transferinin sağlanabilmesi amaçlanmalıdır.

#### 8.1.2.2.alışma Alanı

Son yapılan yasal düzenlemeler ile büyükşehir belediyesinin sınırları il mülki sınırlara genişlemiştir. [5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu Madde 5- (değişik: 12/11/20126360/6 md.) Büyükşehir belediyelerinin sınırları, il mülki sınırlarıdır.] Dolayısıyla Ulaşım Ana Planı kapsamı Büyükşehirlerde bütün il mülki hudutlarını kapsayacak şekilde diğer (nüfusu 100.000 aşan diğer belediyelerde ) belediyelerde ise belediye sınırlarını ve mücavir alanını kapsamalıdır. İl sınırları genişlemeden önce yapılmış olan Ulaşım Ana Planları;

- Revize edilebilir (örneğin 1-2 yıl içinde yapılabilir),
- Yeniden yapılabilir (örneğin 2-3 yıl içinde yapılabilir),
- Plan hedef yılı sonuna kadar mevcut plan geçerli sayılabilir.

#### 8.1.2.3.Ulaşım Ana Planı Kısa-Orta-Uzun Hedef Yılları

Hazırlanacak Ulaşım Ana Planı, mevcut ve gelecek kent içi ve yakın evre ulaşım sorunlarına kısa, orta, uzun vadede, akılcı ve uygulanabilir çözüm bulma amacıyla nazım imar planı hedef yılı baz alınarak oluşturulacak ve kent nazım imar planına uyumlu ulaşım gelişmelerini yönlendirecek, uzun dönemli ulaşım yatırımlarını, politikalarını, plan ve projelerini kapsayan ulaşım sistemini ortaya koyacak şekilde (15-20) yıl olarak belirlenmelidir. Yeni Büyükşehir olmuş belediyeler veya daha önce ulaşım planlama ve projelendirmesine yönelik hiç çalışma yapmamış belediyeler öncelikle “Acil Eylem Ulaşım ve Trafik İyileştirme Plan, Etüt ve Projeleri” alışmaları yaptırmaları daha faydalı olacaktır. Bu alışmalar iyi bir ulaşım ana planının hazırlanmasına yönelik bir altlık ve kurumsal yapılanma sağlayacaktır. Ulaşım Ana

Planının içeriğinin güvenilir olması ve zaman içerisinde değişen yönetim kadroları nedeniyle kısa vadede değiştirilmemesi son derece önemlidir.

Bu kapsamda gerekli teknik ekiplerin yetiştirilmesi sağlanmalı ve AYGGM mevzuatı doğrultusunda da Ulaşım Ana Planı, yaklaşık 5 yıllık zaman aralıklarıyla mutlak surette güncellenmelidir.

### 8.1.3.Ulaşım Ana Planının Yapım Aşamaları

Ulaşım ana planı çalışmaları kapsamında yapılması gereken iş kalemleri aşağıda belirlenmiştir. Bu çalışmaların teknik detayları açık ve net olarak ilgili dokümanlarda tanımlanmalıdır.

Ulaşım Ana Planı çalışması genelde yedi temel aşamada ele alınmaktadır.

- Mevcut bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi
- Yeni bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi
- Ulaşım talep tahmin modeli kalibrasyonu ve validasyonu
- Hedef yılı girdileri tahmini (hedef yılı projeksiyonları)
- Yetersizlik Analizi: Toplanan bilgiler ve kalibre edilen modeller kullanılarak mevcut ve hedef yılı yapısındaki sorunların ve darboğazların belirlenmesi
- Alternatif toplu taşıma yol ağı-tür planlarının geliştirilmesi ve ulaşım modeliyle test edilmesi
- Seçilen alternatifin Ulaşım Ana Planı olarak hazırlanması: Ulaşım ana planı önerilerinin ve projelerinin stratejik ölçekte tanımlanması ve programlanması

Kaynak: Türkiye Belediyeler Birliği Master Plan kılavuzu

## 9.ÖRNEK ULAŞIM MASTER PLANI

### 9.1.Konya 2030 Ulaşım Master Planı Toplu Taşıma Kısımları

#### 9.1.1.Ulaşım Altyapısı

##### 9.1.1.1.Genel Karayolu Bilgileri

Konya ili T.C. Karayolları 3.Bölge Müdürlüğünün sorumluluk alanı içerisinde yer almaktadır. İl genelinde Karayollarının sorumluluğunda 1.397 km devlet yolu ve 1.654 km il yolu bulunmaktadır. Konya, Türkiye'nin en batısından (Çeşme'den) gelerek doğu sınırına (İran'a) kadar uzan D-300 devlet yolu, Bodrum'dan Kürecik Dağlarına kadar uzanan D-330 devlet yolu, Silifke' den Kulu'ya kadar uzanan D-715 devlet yolu ve Seydişehir'den Konya'ya uzanan D-696 devlet yollarının kesişiminde yer almaktadır.

Kentin yakın bölgesiyle olan bağlantıları ve bölgelerarasında geçiş noktası olması nedeniyle kent içi karayolları üzerinde trafik yükü oluşmaktadır.

Konya kentinin dış bağlantıları, kuzeyde İstanbul, Ankara ve Aksaray, batıda Isparta, güneyde Antalya ve Adana, doğuda Karaman yolları ile sağlanmaktadır.

Söz konusu karayolu bağlantıları kent içi geçişi ve Büyükşehir Belediye sınırları içinde 2 veya 3 şeritli bölünmüş yol niteliğinde yapılmıştır. Devlet yollarının sorumluluğu belli bölgelerde Konya Büyükşehir Belediyesine devredilmiştir.

Konya Büyükşehir Belediyesi sorumluluk alanında 194 adet sinyalize kavşak bulunmaktadır. Mevcut yapıda sinyalize kavşakların 30 tanesi yeni kurulmakta olan Adaptif Kavşak Kontrol Sistemi ile merkezi bilgisayar üzerinden kontrol edilecek olup; diğer kavşaklar ise yerinden kontrol cihazları ile takip edilmektedir. Sinyalize kavşakların yaklaşık %50'si otomatik, %30'u ise GPS'tir.

Konya Büyükşehir belediyesinin özellikle yoğun kullanılan sinyalize kavşaklarda sinyalizasyon optimizasyonu ve dinamik kavşak kontrollü Akıllı Trafik Sistemi (ATS) uygulaması bulunmaktadır.

##### 9.1.1.2. Kent İçi Toplu Ulaşım Altyapısı

Konya kent merkezinde toplu taşıma ve ara toplu taşıma hizmeti veren Belediye Otobüsleri işletmesi, Belediye Tramvay işletmesi ve Minibüs Kooperatifi



bulunmaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi Otobüs işletme şube Müdürlüğü bünyesinde yer alan 325 adet Belediye Otobüsü ile 90 hatta; Tramvay işletme şube Müdürlüğü bünyesinde yer alan 60 tramvay ile Alaeddin Tepesi- Selçuk Üniversitesi Kampüs Tramvay hattında toplu ulaşım hizmeti verilmektedir.

#### 9.1.1.3.Hız ve Gecikme Etütleri

Hız ve gecikme etütleri Konya kent merkezine giriş ve çıkış yönlerinde sabah, öğle (özel oto hariç) ve akşam zirve saatlerinde ortalama işletme/seyahat hızı, ortalama seyir hızı, trafikte yaşanan gecikmeler ve gecikme sebeplerinden kaynaklı süre kayıplarını tespit etmek amacıyla; Özel Oto, Belediye Otobüsü, Tramvay ve Minibüs ulaşım türleri etüt edilmiştir.

#### 9.1.1.4.Özel Oto Hız ve Gecikme Etüdü

Özel oto hız etüdü çalışması kentin önemli akslarında özel otomobil ile yapılan yolculuklarda karşılaşılan gecikme sebepleri, bu nedenlerden dolayı trafikte kaybedilen zamanlar ve güzergâhlardaki ortalama seyir ve seyahat hızlarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Özel oto hız etütleri, kentin ana aksları olan 6 güzergâhta sabah saat 07.00 ile 10.00 arasında, akşam ise 16.00 ile 19.00 saatleri arasında otomobil içinde her iki yönde, güzergâhın başından sonuna kadar gidilerek yapılmıştır. Güzergâhlar üzerinde kontrol noktaları belirlenerek aracın durmadan geçebileceği kesitler belirlenmiştir.

#### 9.1.1.5.Belediye Otobüsü Hız ve Gecikme Etüdü

Konya kentinde belirlenen otobüs hatlarının ortalama seyahat ve seyir süreleri ile hızlarını tespit etmek amacıyla hız ve gecikme etüt çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile yapılan otobüs yolculuklarında karşılaşılan gecikme sebepleri, bu nedenlerden dolayı trafikte kaybedilen zamanlar ve güzergâhlardaki ortalama seyir ve seyahat hızlarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Belirlenen otobüs hatlarında sabah 07.00'den akşam 22.00'ye kadar “Küresel Yer Belirleme Sistemi” (GPS) ekipmanları kullanılarak güzergâh üzerinde yapılan tüm seyahatler kayıt altına alınmış ve tüm durma ve yavaşlamalar ölçülmüştür.

#### 9.1.1.6. Tramvay Hız ve Gecikme Etüdü

Kampüs-Alaaddin Tramvay Hattının tur başına ortalama işletme hızı son durakta bekleme süreleri dâhil ve hariç olmak üzere incelenmiştir. Buna göre son durakta bekleme süresi dâhil olmak üzere aracın tur başına (Kampüs-Alaaddin-Kampüs) ortalama işletme hızı ortalaması ise 18 km/saattir. Son durakta bekleme süresi hariç tutulduğunda; işletme hızı ortalama 22 km/saate çıkmaktadır. Sefer başına ortalama seyir hızı (tüm bekleme ve gecikmeler hariç) ise 39 km/sa olmaktadır. Ancak hattın bir seferinde kesitte 71 km/sa hıza ulaştığı gözlemlenmiştir.

#### 9.1.2. Mevcut Sorunların ve Yetersizliklerin Değerlendirilmesi

Mevcut Sorunların Tespiti ve Değerlendirilmesi çalışması hazırlanırken öncelikle kurumlardan alınan veriler, yapılan görüşme ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Ayrıca birçok konuda sahaya çıkılarak yerinde gözlemler yapılmış ve tespit edilen sorunlar ile birlikte aktarılmıştır. Mevcut durumun yanı sıra 2000 yılında yapılan Ulaşım Ana Planı çalışmasında alınan kararların uygulanıp uygulanmadığı irdelenerek tespit edilen sorunlar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

#### 9.1.3. Toplu Taşıma Sistemine İlişkin Sorunlar ve Yetersizlikler

##### 9.1.3.1. Tramvay

Konya Büyükşehir Belediyesi 2000 yılında Konya Büyükşehir Alanı kent içi ve Yakın Çevre Ulaşım Master Planı Çalışması yaptırmıştır. Bu planın ana kararlarında;

"Raylı Sistemler Hedef ve Politikaları" başlığı altında

- "Konya Tramvay Sistemi" iki aşamada gerçekleştirilecektir. 1. aşamada mevcut tramvay hattı Mevlana Caddesi-Aksaray Caddesinde Fetih Caddesine kadar uzatılacak, 2. aşamada Fetih Caddesi üzerindeki hat ile Selçuk Üniversitesi Doğu Kampusuna uzanan hat inşa edilecektir.
- Konya Hafif Raylı Sistem Hattı (HRS) üç aşamada gerçekleştirilecektir. 1. aşamada hattın Konya Merkez Gar ile Marşandiz Garı arasındaki kısmı, ikinci aşamada Konya Merkez Gar ile güneyde Hadimi istasyonu arası ile Marşandiz Garı ile Yüksek Teknoloji istasyonları arası işletmeye eklenecek,

- Mevcut tramvay hattının 1. aşama uzatma çalışmaları 2002 yılında başlatılacak, hat 2004 yılında işletmeye alınacaktır. Tramvay sisteminin 2. aşamasına 2009 yılında başlanacak, hatlar 2011 yılında işletmeye alınacaktır.
- Hafif raylı sistem 1. aşaması inşaatı 2003 yılında başlayacak, 2006 yılında hat işletmeye alınacaktır. HRS'nin 2. aşaması yapımına 2010 yılında başlanacak, 2013 yılında işletmeye geçilecektir. 3. aşama çalışmaları 2018 yılında başlayacak, hat 2020 yılında işletmeye alınacaktır.

"HRS Yapım Etapları" başlığı altında

- İlk etapta, 2010 yılı yolculuk talepleri hedeflenerek sistem tasarımı yapılan ve Gar istasyonu ile Marşandiz istasyonu dâhil olmak üzere yaklaşık 16.5 km uzunluğunda olan hat kesiminin ve Marşandiz istasyonu yakınında yer alması planlanan depolama alanının yapımının 2003 – 2005 yılları arasında tamamlanarak sistemin işletmeye alınması öngörülmüştür.
- Müteakiben, 2020 yılı yolculuk talepleri hedeflenerek sistem tasarımı yapılan ve ilk etapta işletmeye alınacak hattın, bir uçta Yüksek Teknoloji istasyonu, diğer uçta ise Hadimi istasyonu dâhil olmak üzere genişletilmesi sureti ile oluşturulacak toplam uzunluğu yaklaşık 27km olan hattın ve Hadimi istasyonu yakınında çevre yolunun diğer tarafında oluşturulması planlanan ilave depolama alanının yapımının 2010 – 2012 yılları arasında tamamlanarak sistemin işletmeye alınması öngörülmüştür.

"Tramvay Sistemi Yapım Etapları" başlığı altında

- Tramvay sistemlerinin yolculuk talepleri doğrultusunda üç etap halinde yapımı öngörülmüştür. İlk etapta, 2010 yılı yolculuk talepleri hedeflenerek, mevcut tramvay hattına Alaaddin Tepesi noktasında bağlanarak Fetih Caddesinde son bulan, toplam uzunluğu yaklaşık 3 km olan ve üzerinde 6 adet durak yer alacak hat kesiminin yapımının 2003–2004 yılları arasında tamamlanarak sistemin işletmeye alınması planlanmıştır.
- İkinci etapta, 2020 yılı yolculuk talepleri hedeflenerek, Fetih Caddesi üzerinde uzanarak Çevre Yolu önünde son bulan, toplam uzunluğu yaklaşık 9 km olan üzerinde 16 adet durak yer alacak hat kesiminin ve Çevre Yolu kenarında oluşturulacak olan depo sahasının yapımının 2012 – 2013 yılları arasında tamamlanarak sistemin işletmeye alınması planlanmıştır.

Tramvayın gelişme aşamalarına göre 2004 ve 2011 yıllarında işletmeye alınması ve HRS hatlarının 1. Aşamasının 2006, 2. aşamasının 2013 yılında işletmeye alınması öngörülmesine karşın bu sistemler bugüne kadar inşa edilmemiştir. Buna ek olarak mevcut tramvay hattı da kapasitesini bugün itibarıyla doldurmuştur.

Bu önerilerin yerine getirilmemesi sonucu; lastik tekerlekli sistemler etkin kullanılmaya devam edilmiş ve artan yolculuk talebi otobüslerle karşılanmaya çalışılmıştır. Raylı sisteme paralel otobüs ve minibüs hatları vardır. Yine bu nedenle besleme hatları geliştirilmemiştir. Ayrıca minibüsler için de kısıtlayıcı önlemler alınması bir yana güzergâhları itibarıyla geliştirilmek zorunda kalmıştır.

Mevcut tramvay hattın geliştirilmesi yönünde 2008 yılında hazırlanan fizibilite etüt raporunda mevcut hattın güzergâhında zirve saat yolcu sayısının yıllara göre tahminleri yapılmıştır. Buna göre iki yönde toplam bindi sayısının 2010 yılında 19.941 olacağı, 2015 yılında ise bu değer 30.578'e yükseleceği ön görülmüştür. 2025 yılında ise sistemin saatte 45.763 yolcu taşıyacağı hesap edilmiştir. Bugün mevcut tramvay hattı sabah zirve saatte 10.100 yolcu taşımaktadır. Bu değer fizibilite raporunda öngörülen yolcu sayısına ulaşılmadığını gösterse de mevcut hattın bugünkü haliyle beklenen ulaşım talebini karşılayamayacağı görülmektedir.

Mevcut tramvay hattın geliştirilmesi yönünde proje çalışmaları henüz tamamlanmıştır. Bunun yanında 60 adet tramvay vagonu ihalesi sonlandırılmıştır.

Hattın geliştirilmesi yönündeki çalışmalar olumlu yönde değerlendirilmelidir. Ancak mevcut hattın iyileştirmesi projesi temelde tramvay işletme yapısından farklı bir uygulama öngörmemektedir. Yapılan araç ihalesi de bunu pekiştirmektedir. Bu kapsamda HRS öngörülmesi ile bir iyileştirmenin yapılması ve bu kapsamda istasyon boylarının ona göre düzenlenmesi daha verimli ve daha sürdürülebilir olacaktır. Ayrıca projenin hâlihazır bir ulaşım ana planı olan yapıda test edilmiş olması da gerekmektedir.

Mevcut tramvay hattının iyileştirmesi sadece bir mühendislik projesi olmayıp aynı zamanda da bir işletme sorunudur. Mevcut durum itibarıyla tramvay hattına paralel çok sayıda lastik tekerlekli hat bulunmaktadır. Bu nedenle gerek hat düzeni, gerek biletleme, gerekse de sefer programı açısından entegrasyona yönelik bir çalışmanın yapılmış olması gerekmektedir.

### 9.1.3.2.Otobüs Sistemi

Toplu taşıma sistemlerinden istenen verimin alınması, toplu taşıma tüketicilerinin beklentilerinin karşılanması ve sistemlerin sağlıklı işleminin önündeki engeller, verimsizlik, düşük konfor düzeyi, seyahat süresinin uzunluğu, tıkanıklık vb. unsurlar olarak sayılabilir. Bu durumun düzeltilmemesi yolcuların toplu taşıma sisteminden uzaklaşması ve otomobil yolculuğuna yönelmesi ve çevresel etkilerin doğmasına neden olmaktadır.

Konya Büyükşehir Belediyesi'nce 2000 yılında yaptırılan "Büyükşehir Alanı Kent İçi ve Yakın Çevre Ulaşım Master Planı Çalışması" kararlarında;

"Otobüs Düzenlemeleri" bölümünde;

- İşletme yapılanması başlığında; yönetim birim personelinin çalışacağı, araçların depolanacağı, basit arızaların giderileceği beş işletme merkezi, bunlara bağlı çalışan ve hat hareket kontrolünün yapıldığı, sürücü personelin ihtiyacının karşılandığı ayrı hareket merkezleri ve hareket merkezlerinden ayrı otobüs hareket noktaları oluşturulması önerilmiştir.
- Otobüs hatları için de Ana Otobüs Hatları, Ara Otobüs Hatları ve Besleme Hatları olarak kademeli hat yapılanması önerilmiş, ayrıca otobüs hatlarında bazı revizyonlar öngörülmüştür.

Bu önerilerden bazı işletme merkezleri çalışmaya başlamış, bir takım hat revizyonları yapılmıştır. Ancak hatların kademelenmesi yapılmadığı gibi, hareket merkezleri ve otobüs hareket noktaları oluşturulmadığı için otobüslerin kent merkezinde yoğunluk yapması ve verimsiz çalışmaları devam etmektedir.

### 9.1.3.3.Hat Yapısı

Konya Büyükşehir Belediyesinin oluşturduğu hat sistematğinde 7 hareket merkezi ve bunlara bağlı hatlar belirlenmiştir. Hatların yapısı, hizmet alanları, güzergâh yapısı gibi konular çerçevesinde değerlendirilmiştir.

#### 9.1.3.3.1.Güzergâh Yapısı

Oluşturulan otobüs hatlarının bir kısmı kent merkezinde sonlandırılırken bazı hatlar ise bir yerleşim bölgesinden çıkıp, kent merkezine geldikten sonra bir başka yerleşim bölgesine bağlanmaktadır. Kent merkezinin iki yanındaki hatların birleştirilmesi

bölgeler arasındaki seyahat ilişkisi, hatların yolculuk değeri gibi belli kriterlerle yapılabilir. Ancak Konya'da birçok hatta iki yerleşim bölgesi arasında seyahat ilişkisi çoğu zaman bulunmamakta, ayrıca yolculuk yükleri de birbirine yakın olmamaktadır. Bu yerleşimlerin birbirine bağlanması için başka bir kritere de çoğunlukla rastlanmamıştır. Bu durum hatların düşük yolculuk değerine sahip bölümlerinde atıl kapasite oluşmasına neden olmaktadır.

Bazı hatlarda halktan gelen talepler doğrultusunda güzergâhların ana ulaşım akslar dışına çıkması, mahalleleri, sokakları tarayarak dolaştırılması durumları söz konusudur. Bu durum yolcu açısından parkur ve yolculuk süresinin uzamasına, işletmeci açısından işletme verimsizliğine, gereksiz yol kat edip yakıt giderlerinin artmasına, halk açısından da trafik yükü ve çevre kirliliği yaratılmasına neden olmaktadır.

Konya'da hizmet ağının genişletilmesi ve yürüme mesafesinin daha kısa tutulması gibi gerekçelerle hat yapısı çok sık olarak yapılmıştır.

Hatların çoğunda yolculuk yoğunluğunun fazla olduğu kesimi için tasarlanan güzergâhlar yolculuk değerlerine bakmaksızın denetim amaçlı hareket merkezlerinde son durak yapacak şekilde uzatılmıştır. Bu nedenle de fazladan kilometre yapmak durumunda kalmaktadırlar.

Bazı hatlarda güzergâhlar oldukça karmaşık olup, ulaşım ve yolcu açısından kargaşaya yol açmaktadır. Bazılarında güzergâh seçimi yapılırken gidiş ve dönüşler ayrı yollardan yapılmıştır. Bu yollar arasındaki uzaklık zaman zaman yürüyüş mesafesini aşmakta duraklara erişim güçleşmektedir. Duraklara erişimin güçleşmesi özel otomobile yönelimi arttırabilmektedir.

Kentin yerleşik alanı dışında kırsal nitelikli yerleşimlerin ulaşım sorununu çözmek Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğu altındadır. Bu nedenle Konya Büyükşehir Belediyesince bu yerleşimlere verilen ulaşım hizmetlerinde bir kademelendirmeye gidilmemiş, otobüs ölçeğindeki araçlarla kent merkezine kadar ulaşan yeni hatlar oluşturulmuştur. Bu da kent merkezinde trafik yükünün artmasına aynı zamanda araç manevraları ile trafik düzeninde olumsuz etkilere yol açmakta iken ulaşım açısından da uzun mesafeli ve düşük yolculuklu hatlar ortaya çıkarmaktadır.

Hatların yaygınlığı nedeniyle bazı hatlar aynı güzergâh üzerinde yoğunlaşmış ve aynı yerleşimden aynı odak noktasına birden fazla hat aynı güzergâh üzerinden hizmet vermektedir.

## **9.2.Verimlilik**

Bir işletmeden beklenen hizmetin elde edilmesi verimli işletme yapması ile mümkündür. Bu nedenle hatların uzunluğu, yolcu sayısı, servis aralıkları, tur sayısı gibi veriler değerlendirilmiştir.

### **9.2.1.Araç Başına Yolcu Sayısı**

Konya'da var olan akıllı bilet sistemi (Elkart) günlük toplam yolcu sayısı ve parasal istatistiklerin alınması amacıyla kullanılabilir. Ancak hat başına ve hatlarda çalışan araç başına yolcu değerlerinin saptanması konusunda Elkart Sisteminden elde edilen veriler analiz edilirken bazı sorunlar yaşanmaktadır;

- Araçların hareket merkezlerinde yaptıkları manevralar Gps verilerine işlenmekte, bazı durumlarda ise araçların hareket merkezlerinde durdukları sürede kontak kapatmamaları çok sayıda gereksiz konum verisine neden olmaktadır.
- Sürücüler hat değişikliklerinde kontak kapatıp sistemi yenilemedikleri için Hareket Merkezi, GPS Verisi ve El kart verisindeki uyumsuzluklar görülmektedir.
- GPS Verisinin sabah saat 10.00'dan önce düzenli olarak atılmamıştır.
- Halen GPS datası bulunmayan Eski Validatörler kullanılmaktadır.

Belediye Otobüslerinde otobüs başına taşınan yolcu sayısı 526'dır.

### **9.2.2.Yolcu Sayısı-Araç Sayısı İlişkisi**

Hatların günlük yolcu sayısı ile hatta çalışan araç sayısı arasında bir ilişki vardır. Yolcu sayısı arttıkça çalışan araç sayısının da artması gerekir. Buna göre hat başına taşınan

yolcu ile çalışan araç arasındaki denge bazı hatlarda bozulmuştur. Örneğin; 4 noluhatta 10.428 yolcu için 7 araç çalışırken, 53 nolu hatta 8.418 yolcu için 11 araç çalışmaktadır.

Araç sayısı ve yolcu sayısı ilişkisinin bir başka boyutu araç başına taşınan yolcu sayısı ile araç sayısının mukayese edilmesidir. Araç sayısının hatlar arasında dengeli dağıtılması ile araç başına taşınan yolcu sayısı birbirine yakın değerler çıkmalıdır. Araç başına taşınan yolculuk değerlerine bakıldığında yine bir dengesizliğe rastlanmaktadır. Örneğin; araç başına 903 yolcu taşınan 91 nolu hatta 2 otobüs çalışırken, araç başına 765 yolcu taşıyan 53 hattında 11 araç çalışmaktadır.

### 9.2.3. Sefer Sayıları ve Sıklığı

Hatların sefer sıklığı verisi Konya Büyükşehir Belediyesi Otobüs işletme Müdürlüğünden elde edilmiştir. Bu bilgilere göre sefer sıklığı Belediye otobüslerinde 5 ile 135 dakika arasında değişmektedir.

Bir yolcu için yolculuk süresi evinden çıktığı anda başlar ve durağa ulaşma, durakta bekleme, ulaşım aracıyla seyahat etme ve indikten sonra nihai hedefine erişme süresinin tümünü kapsar. Yolcuların ulaşım sistemini etkin kullanımı ve beklentilerinin karşılanması için durakta bekleme süreleri oldukça önem kazanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında 135 dakikalık sefer aralıkları olan hatların yeniden değerlendirilmesi önem kazanmaktadır.

Bunun dışında sefer aralıklarının periyotlarının da düzenli olmadığı görülmüştür. Periyotların değişimi zirvede artan yolcu sayısına paralel olarak servis aralıklarının sıklaşması, zirve sonunda da açılması şeklinde düzenlenebilir.

### 9.2.4. Bir Aracın Tur Sayısı ile Hat Uzunluğu İlişkisi

Araçları gün boyu yaptıkları tur sayısı hattın uzunluğu ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle günlük tur sayısı ile hat uzunluğu arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Hat uzunluğu azaldıkça günlük tur sayısının artması beklenmektedir.

Konya'da bütün hatlarda hat uzunluğu ile tur sayısı arasında matematiksel bir ilişki bulunmadığı göze çarpmaktadır. Bu durum, bazı hatlarda çalışan araçların gün içinde



belirli sürelerde hizmet vermezken bazı araçların ise gün boyu durmaksızın çalıştığını göstermektedir.

### **9.3.Kapasite Kullanım Oranı**

Konya'daki toplu taşıma araçlarının kapasite kullanım oranları taşınan yolcu ile ilgilidir. Bu doğrultuda araçların gün boyu taşıdıkları yolcu sayısı (günlük kapasite) belirlenmiştir. Belirlenen bu sayılar çeşitli etkenlerle değişiklik gösterebilir.

Konya'da verimlilik değerlendirmesi yapılması açısından hatların uzunluğu, yapabileceği tur sayısı, trafik durumu ve diğer kentlerde taşınan yolcu sayısı göz önünde bulundurulmuştur. Körüklü otobüslerde 1000, 12 metrelik otobüslerde 800, 9 metrelik otobüslerde 550 yolcu kapasite kabulü yapıldığında; Belediye Otobüslerinde kapasite kullanım oranlarının hatlar arasında büyük farklılık gösterdiği ve %3 ile %149 arasında değiştiği gösterilmiştir. Genel duruma bakıldığında ise ortalamanın %63 olduğu görülmüştür. Örneğin; yolcu sayısı 400 ün altında olan birçok hatta 12 metrelik, hatta körüklü otobüs çalıştırıldığı görülmektedir.

Bu durum acele olarak hatlar arasında araç sayısı ve kapasitesi açısından dengeli bir dağıtım içeren bir düzenleme yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

### **9.4.Ara Toplu Taşıma Sistemi**

Bir taşımacılığın, “toplu taşıma” olarak tanımlanabilmesi için, belirli bir güzergâhı, belirli bir ücret tarifesi, belirli hareket saatleri olması, herkese açık olması, hizmetlerin bir bütünlük içinde yapılması ve denetim, planlama, yönetim hizmetlerinin bir merkezden yapılması gerekmektedir. Bu ilkelerden bir veya birkaçının bulunmaması halinde o sisteme “ara toplu taşıma sistemi” denmektedir.

#### **9.4.1.Minibüsler**

Konya'da da 530 adet minibüs 26 Hatta çalışmaktadır. Bu sayılar küçümsenmeyecek ölçektir. Bu ulaşım türünün kendi haline bırakılmasının kent ulaşım sisteminin tümünü performans, trafik ve çevresel değerler açısından etkileme potansiyeli

bulunmaktadır. Bu nedenle minibüs işletmeciliğinin bu çerçevede irdelenmesi gerekmektedir.

### **9.5.Hedef Yılı Yolculuk Tahminleri**

2030 yılı için Konya Nazım imar Planı'nda öngörülen arazi kullanım yapısına bağlı olarak trafik bölgesi bazda belirlenen nüfus, istihdam ve öğrenci sayılarına, gelecekteki hareketlilik, özel araç sahipliliği gibi yolculuk ve planlama parametrelerine bağlı olarak stratejik düzeyde geliştirilen öneri ulaşım sistemi alternatifleri üzerinde ortaya çıkması beklenen ulaşım talepleri 2012 yılında kalibre edilen model kullanılarak tahmin edilmiştir. 2030 yılında mevcut ulaşım sistemi üzerinde ortaya çıkması beklenen ulaşım talepleri belirlenmiştir.

2030 yılı için mevcut durumun kalibrasyonu sırasında hesaplanan üretim - çekim modelleri kullanılarak geleceğe ilişkin üretim çekim değerleri yolculuk amaçlarına göre hesaplanmıştır.

Model kalibrasyon çalışmaları esnasında oluşturulan trafik zonları, hedef yılı yolculuk tahminleri aşamasında yeni eklenen trafik zonları nedeniyle yeniden düzenlenmiştir. Mevcutta 206 sını iç son 8'i dış zon olmak üzere 214 olan toplam trafik zonu sayısı 2030 yılı için 1/5000 Ölçekli Konya Nazım imar Planı'na göre değerlendirilerek 251 trafik bölgesine çıkartılmıştır. Mevcuda eklenen yeni zonların yanı sıra mevcuttaki bazı zonlar arazi kullanım yapısındaki değişiklikler nedeni ile bölünmüş veya birleştirilmiştir.

#### **9.5.1.Yolculuk Değerleri**

Projeksiyonu yapılan sosyoekonomik veriler kullanılarak, yolculuk değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan yolculuk değerleri ve hareketlilik oranları görülmektedir. 2030 yılı için hareketlilik oranı 1,45'ten 1,82'e çıkmıştır.

#### **9.5.2.Gelecekte Yaşanması Beklenen Ulaşım Sorunları**

Konya'da 2030 hedef yılı projeksiyonları doğrultusunda ortaya çıkabilecek ulaşım talebini belirlemek, gelecekte ulaşım sisteminde oluşabilecek darboğazları ve sorunları tespit etmek ve bu sorunların giderilmesini sağlayacak yeni çözüm alternatifleri

geliştirmek amacıyla ulaşım ve özellikle toplu taşıma sistemleri konusunda yeni yatırımların yapılmaması durumunu (do nothing) gösteren “Eğilim Alternatifi” modelde test edilmiş ve ulaşım sistemindeki yolculukların ulaşım türlerine ve koridorlarına dağılımının incelenmiştir.

Bu çalışmada yürürlükteki nazım imar planı ve 2020 yılı hedefli Konya Ulaşım Ana Planı kararları ile büyük yatırımlar yapan merkez kurumların yatırımları haricinde bir yatırımın yapılmayacağı kabul edilmiştir.

2013 yılı itibariyle onaylanan 1/5000 Nazım imar Planında yer alan ulaşım ağı bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi'nin 2002 yılında onaylanan ve halen yürürlükte olan Ulaşım Ana Planı kararlarından yola çıkarak projelendirdiği ve yapımı devam etmekte ya da başlamak üzere olan kavşak ve yol projeleri de eklenerek karayolu ağı tamamlanmıştır.

2002 Ulaşım Ana Planı kararlarında yer alan raylı sistem önerilerinin de hedef yılında gerçekleşeceği kabul edilmiştir. Bu kapsamda;

- Proje alışmaları tamamlanmış olan mevcut tramvay hattının iyileştirilmesi,
- İnşaat ihalesi tamamlanmış olan Alaaddin-Adliye tramvay hattı,
- TCDD Genel Müdürlüğü ile n protokolü yapılmış mevcut demiryolu hattı üzerinde Hafif Raylı Sistem işletmesi ve
- Fetih Caddesi ve devamında Büyük Kumkpr Caddesi üzerinde yeni bir tramvay hattı eğilim alternatifinin toplu taşıma sisteminin temelini oluşturmaktadır.

İmar planın arazi kullanım kararlarına paralel olarak Eğilim Alternatifi çalışmasının 2030 hedef yılı için yapılan toplu taşıma ataması sonuçları değerlendirildiğinde ortaya çıkan en önemli toplu taşıma koridorları aşağıda sıralanmıştır:

- Ankara Yolu üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 225 bin yolcu,
- Yeni İstanbul Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 182 bin yolcu,
- Rauf Denktaş Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 124 bin yolcu,

- Hatıp Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 85 bin yolcu,
- Karaman Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 79 bin yolcu,
- İsmail Kaya Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 72 bin yolcu,
- Aksaray Yolu üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 64 bin yolcu,
- Ereğli Yolu üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 56 bin yolcu,
- Aliya İzzet Begoviç Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 56 bin yolcu
- Büyük Kumköprü Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 44 bin yolcu
- Yeni Meram Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 42 bin yolcu
- Fetih Caddesi üzerinde kesitte iki yönde günlük ortalama 40 bin yolcu.

Kaynak: Konya 2030 Ulaşım Master Planı, 2012

## 10. UYGULAMA

Tedarik zinciri yönetimi ve ilgili konular, uygulamacılardan araştırmacılara çok popöler bir araştırma konusudur. Devlet yasaları ve toplum bilinci nedeniyle yalın, yeşil ve esnek gibi yeni paradigmlar ortaya çıkmıştır. şirketler kendi pazarlarında daha rekabetçi olmak için bu paradigmları tedarik zinciri ağlarına entegre etmeye başlamışlardır. Bu nedenle, bu çalışmada, geliştirilen model kullanılarak yeşil veya sürdürülebilir yer seçimi ve ulaşım konuları incelenmiştir (Govindan vd., 2016; Tahirov vd., 2016).

Çevresel konulardaki artan endişeler, üreticileri bu sorunları geleneksel tedarik zinciri yönetimine entegre etmeye zorlamaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde, ulaşım ve yer seçimi stratejileri ile ilgili kararlar, tedarik zincirinin giderek daha karmaşık hale gelmesi münasebetiyle önemli bir rol oynamaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde dört ana karar alanı olmasına rağmen, üreticiler genellikle yeşil konulara göre yer seçimi kararları vermeyi düşünmemektedir. Bu yüzden, optimal araç tipleri aracılığıyla tesislerin, toplama merkezlerinin ve yenileme merkezlerinin optimal lokasyonlarını belirlemeye odaklanılmıştır.

KDTZ, tasarım ve planlama (Demirel ve Gökçen, 2008; Pishvae vd., 2011); fiyat ve koordinasyon (Toktay ve Wei, 2011; Wei vd., 2013); envanter yönetimi (Topcu vd., 2013; Mitra, 2013) gibi çeşitli alanlarda çalışılmıştır. Ayrıca, yeşil, yalın ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde bazı çalışmalar bulunabilir. Ugarte vd. (2016) mevcut yalın lojistik uygulamalarının çevreye etkisini araştırmak için farklı hipotezler oluşturmuş ve bu hipotezleri simülasyon modeli ile test etmişlerdir. Dües vd. (2013), yalın ve yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamaları arasındaki ilişkiye odaklanarak önceki çalışmaları değerlendiren bir çalışma sağlamıştır. Fahimnia vd. (2015), araştırmacılar için daha az ilgi çeken ileri tedarik zinciri için, atık üretimi, enerji tüketimi ve karbon emisyonları maliyeti ile çevresel bozulma arasında bir ödünleşimi içeren bir model oluşturmuşlardır. Çalık (2018), ekonomik ve çevresel maliyetler ile farklı araçlardan kaynaklanan toplam gecikme zamanını dikkate alan yeni bir KDTZ modeli geliştirmiştir. Tedarikçiler, fabrikalar, dağıtım merkezleri, müşteriler, toplama merkezleri, yenileme merkezleri ve atık aşamalarından oluşan model sadece tek-amaçlı olacak şekilde çözümlenerek senaryo analizleri ile modelin potansiyeli araştırılmıştır. Bu

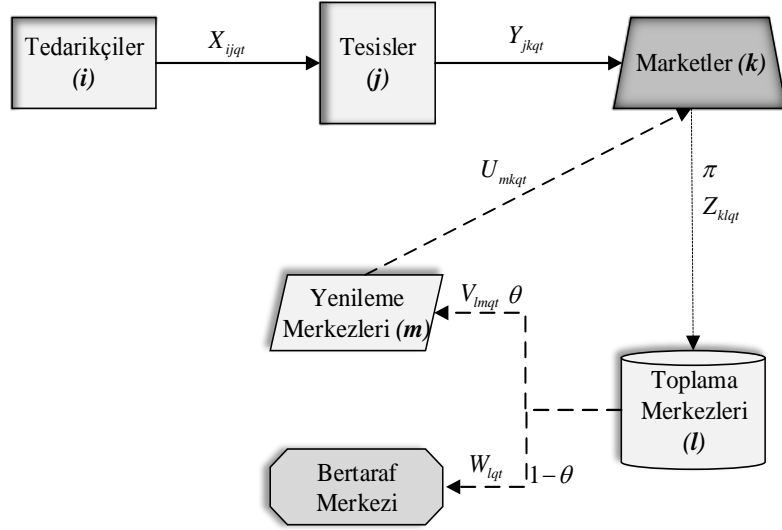
çalışmada ise, sürdürülebilirliğin üç boyutunu dikkate alarak; ekonomik, çevresel ve sosyal amaçlar oluşturulmuştur. Model tek-amaçlı çözülmesinin yanı sıra, çok-amaçlı olarak da çözülerek sonuçlar irdelenmiştir.

**Tezin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: 10.1. Bölümde, üzerinde çalışılan problem açıklanmıştır. 10.2. Bölümde, geliştirilen KDTZ modeli ile varsayım ve notasyonların listeleri tanımlanmıştır. 11. Bölümde, KDTZ modelinin varsayımsal bir veri aracılığıyla uygulanabilirliği tartışılmıştır. 12. Bölümde, gelecekteki araştırmalara yönelik zorluklarla birlikte sonuçlara değinilmiştir.**

### **10.1. Problemin Tanımı**

Bu çalışmada tedarikçiler (i), tesisler (j), marketler (k), toplama merkezleri (l), yenileme merkezleri (m) ve bertaraf merkezi içeren bir KDTZ ağı ele alınmıştır. Şekil 1'de gösterildiği gibi, ileri akış, düz çizgi; ters akış ise kesikli çizgi okları ile gösterilir. İleriye doğru akış, tedarikçilerle başlar, tesislerde parçaların montajı ile devam eder ve marketlerle biter. Ters akış, piyasadan kullanılmış ürünlerin toplanması ile başlar ve yenileme merkezleri veya bertaraf merkezi ile biter. Üretim süreci sonrasında bitmiş ürünler taleplere göre marketlere aktarılır. Kullanılan ürünler, bir dönem kullanıldıktan sonra, toplama merkezlerinde toplanır ve durumlarına göre yenileme merkezlerine veya bertaraf merkezine gönderilir. Karar vericiler, tedarik zinciri ağındaki tüm arklardaki taşıma modlarını optimize etmek için, kamyon seçeneklerinin küçük boy kamyonlar, orta boy kamyonlar ve büyük boy kamyonlardan oluştuğunu göz önüne almalıdır. Burada kamyon seçenekleri, bu tip araçların kapasitelerine göre yük aralıkları anlamına gelir. Önerilen modelde, parçalı doğrusal fonksiyonlar olarak verilen yük aralıkları önceden belirlenmiştir. Taşıma masrafları büyük boy kamyonlar seçilerek azaltılabilir, ancak küçük boy kamyonlarla karşılaştırıldığında olumsuz çevresel etkilere neden olur. Çevreye duyarlı bir KDTZ tasarlamak için, taşıma maliyeti ve tesis sabit maliyeti düşük tutulurken karar vericilerin taşımaları küçük gruplar (yük aralıkları) halinde sağlaması ve tesislerin de düşük karbon dioksit emisyonlu yüksek teknoloji seviyesiyle donatılması gerekir. Fakat bu çelişkili bir amaçtır. Çünkü taşıma için küçük boy kamyonları ve tesislerde yüksek teknoloji seviyeleri tercih ettiğimizde, bu karar daha yüksek taşıma ve tesis sabit maliyetine neden olur. Önerilen model, bu çelişkili iki bakış

açısı arasında uzlaşık bir çözüm bulmaya çalışmaktadır. Ürün kalitesi ve satış fiyatının, fabrikalarda seçilen teknoloji seviyesine bağlı olmadığı varsayılmaktadır.



Şekil 1. Geliştirilen modelin yapısı

## 10.2. Model Formülasyonu

### 10.2.1. İndisler

- $I$  Tedarikçiler kümesi  $i \in I$
- $J$  Tesisler kümesi  $j \in J$
- $K$  Marketler kümesi  $k \in K$
- $L$  Toplama merkezleri kümesi  $l \in L$
- $M$  Yenileme merkezleri kümesi  $m \in M$
- $N$  Tesislerin teknoloji seviyeleri kümesi  $n \in N$
- $Q$  Yük seviyesi aralığı kümesi  $q \in Q$  (araç tipleri)
- $T$  Periyotlar kümesi  $t \in T$

### 10.2.2. Parametreler

#### Mesafeler ve birim taşıma maliyeti

$d_{ij}$  'i' tedarikçisi ile 'j' tesisi arasındaki mesafe(km)

$d_{jk}$  'j' tesisi ile 'k' marketi arasındaki mesafe(km)

- $d_{kl}$  'k' marketi ile 'l' toplama merkezi arasındaki mesafe (km)  
 $d_{lm}$  'l' toplama merkezi ve 'm' yenileme merkezi arasındaki mesafe (km)  
 $d_l$  'l' toplama merkezi ile bertaraf merkezi arasındaki mesafe (km)  
 $d_{mk}$  'm' yenileme merkezi ile 'k' marketi arasındaki mesafe (km)  
 $c_{qt}$  't' zaman periyodunda 'q' yük seviyesiyle birim taşıma maliyeti (\$/ton.km)

#### Kapasiteler

- $caps_{it}$  't' zaman periyodunda 'i' tedarikçisinin kapasitesi (ton)  
 $capp_{jnt}$  't' zaman periyodunda 'n' teknoloji seviyesine sahip 'j' tesisinin kapasitesi (ton)  
 $capcc_{lt}$  't' zaman periyodunda 'l' toplama merkezinin kapasitesi (ton)  
 $caprf_{mt}$  't' zaman periyodunda 'm' yenileme merkezinin kapasitesi (ton)

#### Talepler

- $dem_{kt}$  't' zaman periyodunda 'k' marketinin talebi (ton)

#### Sabit maliyetler

- $fcp_{jnt}$  't' zaman periyodunda 'n' teknoloji seviyesine sahip 'j' tesisinin tesis sabit maliyeti (\$)  
 $fcc_{lt}$  't' zaman periyodunda 'l' toplama merkezinin tesis sabit maliyeti (\$)  
 $frc_{mt}$  't' zaman periyodunda 'm' yenileme merkezinin tesis sabit maliyeti (\$)

#### Satın alma ve işletme maliyetleri

- $pc_i$  'i' tedarikçisinden birim satın alma maliyeti (\$/ton)  
 $pr_j$  'j' tesisindeki bitmiş ürünün birim üretim maliyeti (\$/ton)  
 $colc_{kl}$  'l' toplama merkezi tarafından 'k' marketinden birim ürün toplama maliyeti (\$/ton)  
 $rfc_m$  'm' yenileme merkezinde birim ürün yenileme maliyeti (\$/ton)  
 $dc$  Bertaraf merkezinde birim ürün bertaraf maliyeti (\$/ton)  
 $cos_m$  'm' yenileme merkezinde birim ürün maliyet tasarrufu (\$/ton)

#### CO<sub>2</sub> emisyonu ve ilgili parametreler

- $cep_{jn}$  'n' teknoloji seviyesine sahip 'j' tesisinde bir ton ürünün üretilmesiyle açığa çıkan CO<sub>2</sub> emisyon miktarı (gr/ton)  
 $C_{CO_2}$  CO<sub>2</sub> emisyonunun birim maliyeti (\$/gr)  
 $cet_q$  'q' yük seviyesi aralığı ile bir kilometre boyunca bir ton yük taşımayla açığa çıkan CO<sub>2</sub> emisyon miktarı (gr/ton.km)



### Oranlar ve yüzdeler

$\pi$	Toplama merkezleri tarafından toplanan ürün yüzdesi (%)
$\theta$	Toplama merkezlerinden yenileme merkezlerine gönderilen ürün yüzdesi (%)
$1 - \theta$	Toplama merkezlerinden bertaraf merkezine gönderilen ürün yüzdesi (%)
$u_q$	' $q$ ' yük seviyesi aralığının alt sınırı(ton)
$M$	Büyük bir sayı

### Sosyal etki ile ilgili parametreler

$jo_{jnt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $n$ ' teknoloji seviyesine sahip ' $j$ ' tesisinin açılması ile ortaya çıkabilecek ortalama iş fırsatları sayısı
$csr_{jnt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $n$ ' teknoloji seviyesine sahip ' $j$ ' tesisinin açılması ile ortaya çıkabilecek ortalama sosyal sorumluluk projelerinin sayısı
$wa_{jnt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $n$ ' teknoloji seviyesine sahip ' $j$ ' tesisinin açılması ile ortaya çıkabilecek ortalama iş kazalarının sayısı

### 10.2.3.Değişkenler

$X_{ijqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $i$ ' tedarikçisinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $j$ ' tesisine tedarik edilen parça miktarı (ton)
$Y_{jkqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $j$ ' tesisinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $k$ ' marketine teslim edilen ürün miktarı (ton)
$Z_{klqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $l$ ' toplama merkezi tarafından ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $k$ ' marketinden toplanan ürün miktarı (ton)
$V_{lmqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $l$ ' toplama merkezinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $m$ ' yenileme merkezine sevk edilen ürün miktarı(ton)
$W_{lqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $l$ ' toplama merkezinden ' $q$ ' yük seviyesi ile bertaraf merkezine sevk edilen ürün miktarı(ton)
$U_{mkqt}$	' $t$ ' zaman periyodunda ' $m$ ' yenileme merkezinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $k$ ' marketine sevk edilen ürün miktarı(ton)
$XX_{ijqt}$	Parçalar ' $t$ ' zaman periyodunda ' $i$ ' tedarikçisinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $j$ ' tesisine taşınırsa 1; aksi halde, 0
$YY_{jkqt}$	Parçalar ' $t$ ' zaman periyodunda ' $j$ ' tesisinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $k$ ' marketine taşınırsa 1; aksi halde, 0
$ZZ_{klqt}$	Parçalar ' $t$ ' zaman periyodunda ' $k$ ' marketinden ' $q$ ' yük seviyesi ile ' $l$ ' toplama merkezine taşınırsa 1; aksi halde, 0

$VV_{lmqt}$  Parçalar ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $l$ ’ toplama merkezinden ‘ $q$ ’ yük seviyesi ile ‘ $m$ ’ yenileme merkezine taşınırsa 1; aksi halde, 0

$WW_{lqt}$  Parçalar ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $l$ ’ toplama merkezinden ‘ $q$ ’ yük seviyesi ile bertaraf merkezine taşınırsa 1; aksi halde, 0

$UU_{mkqt}$  Parçalar ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $m$ ’ yenileme merkezinden ‘ $q$ ’ yük seviyesi ile ‘ $k$ ’ marketine taşınırsa 1; aksi halde, 0

$OP_{jnt}$  ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $j$ ’ tesisi ‘ $n$ ’ teknoloji seviyesi ile açılırsa, 1; aksi halde, 0

$OC_{lt}$  ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $l$ ’ toplama merkezi açılırsa 1; aksi halde, 0

$OR_{mt}$  ‘ $t$ ’ zaman periyodunda ‘ $m$ ’ yenileme merkezi açılırsa 1; aksi halde, 0

#### 10.2.4.Amaç fonksiyonları

Amaç fonksiyonları, sürdürülebilirliğin üç temel boyutuna göre formüle edilir ve aşağıdaki gibi üç farklı bölümden oluşur:

$ECC$ : Ekonomik maliyet

$ENC$ : Çevresel maliyet

$SI$ : Sosyal etki

$TC$ : Taşıma maliyeti

$POC$ : Satın alma ve işletme maliyetleri

$FFC$ : Tesis sabit maliyeti

$$MinECC = TC + POC + FFC \quad (1)$$

$$MinENC \quad (2)$$

$$MaksSI \quad (3)$$

Tesisler arasındaki taşıma maliyeti, birim taşıma maliyetiyle çarpılarak hesaplanmaktadır:

$$TC = c_{qt} \cdot \left( \sum_i \sum_j \sum_q \sum_t d_{ij} \cdot X_{ijqt} + \sum_j \sum_k \sum_q \sum_t d_{jk} \cdot Y_{jkqt} \right. \\ \left. + \sum_k \sum_l \sum_q \sum_t d_{kl} \cdot Z_{klqt} + \sum_l \sum_m \sum_q \sum_t d_{lm} \cdot V_{lmqt} \right. \\ \left. + \sum_l \sum_q \sum_t W_{lqt} \cdot d_l + \sum_m \sum_k \sum_q \sum_t d_{mk} \cdot U_{mkqt} \right) \quad (4)$$

Satın alma, üretim, toplama, yenileme, bertaraf maliyetleri ve yenilenmiş ürünler kaynaklı maliyet tasarrufu, ilgili tüm maliyetlerin toplanmasıyla hesaplanabilir ve aşağıdaki gibi verilebilir:

$$\begin{aligned}
 POC = & \sum_i \sum_j \sum_q \sum_t pc_i \cdot X_{ijqt} + \sum_j \sum_k \sum_q \sum_t pr_j \cdot Y_{jkqt} \\
 & + \sum_k \sum_l \sum_q \sum_t colc_{kl} \cdot Z_{klqt} + \sum_l \sum_m \sum_q \sum_t rfc_m \cdot V_{lmqt} \\
 & + \sum_l \sum_q \sum_t dc \cdot W_{lqt} - \sum_m \sum_k \sum_q \sum_t cos_m \cdot U_{mkqt}
 \end{aligned} \quad (5)$$

'j' tesisi, 'l' toplama merkezi ve 'm' yenileme merkezinin tesis sabit maliyetleri toplamı aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\begin{aligned}
 FFC = & \sum_j \sum_n \sum_t fcp_{jnt} \cdot OP_{jnt} + \sum_l \sum_t fcc_{lt} \cdot OC_{lt} \\
 & + \sum_m \sum_t fcrc_{mt} \cdot OR_{mt}
 \end{aligned} \quad (6)$$

Tesislerde kullanılan teknolojinin ve taşımanın yol açtığı çevre maliyetleri şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 EC = C_{CO_2} \cdot & \left[ cet_q \right. \\
 & \cdot \left( \sum_i \sum_j \sum_q \sum_t d_{ij} \cdot X_{ijqt} + \sum_j \sum_k \sum_q \sum_t d_{jk} \cdot Y_{jkqt} \right. \\
 & + \sum_k \sum_l \sum_q \sum_t d_{kl} \cdot Z_{klqt} + \sum_l \sum_m \sum_q \sum_t d_{lm} \cdot V_{lmqt} \\
 & + \sum_l \sum_q \sum_t W_{lqt} \cdot d_l + \sum_m \sum_k \sum_q \sum_t d_{mk} \cdot U_{mkqt} \left. \right) \\
 & \left. + \sum_j \sum_n \sum_k \sum_q \sum_t cep_{jn} \cdot Y_{jkqt} \right]
 \end{aligned} \quad (7)$$

Tesislerde kullanılan teknolojiye bağlı olarak ortaya çıkabilecek sosyal faydalar şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 SI = & \sum_j \sum_n \sum_t jo_{jnt} \cdot OP_{jnt} + \sum_j \sum_n \sum_t csr_{jnt} \cdot OP_{jnt} \\
 & - \sum_j \sum_n \sum_t wa_{jnt} \cdot OP_{jnt}
 \end{aligned} \quad (8)$$

### 10.2.5.Kısıtlar

#### Kapasite kısıtları

Herhangi bir zaman periyodunda tedarikçilerden tesislere gönderilen toplam malzeme miktarı, bu tedarikçilerin kapasitesinden daha az veya eşit olmalıdır.

$$\sum_j \sum_q X_{ijqt} \leq caps_{it} \forall_{i,t} \quad (9)$$

Herhangi bir zaman periyodunda 'n' teknoloji seviyesine sahip tesislerden marketlere gönderilen toplam ürün miktarı, bu tesislerin kapasitesinden daha az veya eşit olmalıdır.

$$\sum_k \sum_q Y_{jkqt} \leq \sum_n capp_{jnt} \cdot OP_{jnt} \forall_{j,t} \quad (10)$$

Herhangi bir zaman periyodunda marketlerden toplama merkezlerine gönderilen toplam geri dönmüş ürün miktarı, toplama merkezlerinin kapasitesinden daha az veya eşit olmalıdır.

$$\sum_k \sum_q Z_{klqt} \leq capcc_{it} \cdot OC_{it} \forall_{l,t} \quad (11)$$

Herhangi bir zaman periyodunda yenileme merkezlerinden marketlere gönderilen toplam ürün miktarı, yenileme merkezlerinin kapasitesinden daha az veya eşit olmalıdır.

$$\sum_k \sum_q U_{mkqt} \leq caprf_{mt} \cdot OR_{mt} \forall_{m,t} \quad (12)$$

#### Talep kısıtları

Herhangi bir zaman periyodunda tüm market talepleri tam olarak karşılanmakta ve toplam ürün miktarı, marketlerin talebinden daha büyük veya eşit olmalıdır.

$$\sum_j \sum_q Y_{jkqt} + \sum_m \sum_q U_{mkqt} \geq dem_{kt} \forall_{k,t} \quad (13)$$

#### Fiyat odaklı doğrusal taşıma kısıtları

Aşağıdaki kısıtlar, her bir ark için minimum yük seviyesi aralığı sağlar.

$$X_{ij1t} - M \cdot XX_{ij1t} \leq 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (14)$$

$$X_{ij1t} - M \cdot XX_{ij1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{i,j,t} \quad (15)$$

$$X_{ij2t} - M \cdot XX_{ij2t} \leq 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (16)$$

$$X_{ij2t} - M \cdot XX_{ij2t} \geq u_2 - M \quad \forall_{i,j,t} \quad (17)$$

$$X_{ij3t} - M \cdot XX_{ij3t} \leq 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (18)$$

$$X_{ij3t} - M \cdot XX_{ij3t} \geq u_3 - M \quad \forall_{i,j,t} \quad (19)$$

$$Y_{jk1t} - M \cdot YY_{jk1t} \leq 0 \quad \forall_{j,k,t} \quad (20)$$

$$Y_{jk1t} - M \cdot YY_{jk1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{j,k,t} \quad (21)$$

$$Y_{jk2t} - M \cdot YY_{jk2t} \leq 0 \quad \forall_{j,k,t} \quad (22)$$

$$Y_{jk2t} - M \cdot YY_{jk2t} \geq u_2 - M \quad \forall_{j,k,t} \quad (23)$$

$$Y_{jk3t} - M \cdot YY_{jk3t} \leq 0 \quad \forall_{j,k,t} \quad (24)$$

$$Y_{jk3t} - M \cdot YY_{jk3t} \geq u_3 - M \quad \forall_{j,k,t} \quad (25)$$

$$Z_{kl1t} - M \cdot ZZ_{kl1t} \leq 0 \quad \forall_{k,l,t} \quad (26)$$

$$Z_{kl1t} - M \cdot ZZ_{kl1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{k,l,t} \quad (27)$$

$$Z_{kl2t} - M \cdot ZZ_{kl2t} \leq 0 \quad \forall_{k,l,t} \quad (28)$$

$$Z_{kl2t} - M \cdot ZZ_{kl2t} \geq u_2 - M \quad \forall_{k,l,t} \quad (29)$$

$$Z_{kl3t} - M \cdot ZZ_{kl3t} \leq 0 \quad \forall_{k,l,t} \quad (30)$$

$$Z_{kl3t} - M \cdot ZZ_{kl3t} \geq u_3 - M \quad \forall_{k,l,t} \quad (31)$$

$$V_{lm1t} - M \cdot VV_{lm1t} \leq 0 \quad \forall_{l,m,t} \quad (32)$$

$$V_{lm1t} - M \cdot VV_{lm1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{l,m,t} \quad (33)$$

$$V_{lm2t} - M \cdot VV_{lm2t} \leq 0 \quad \forall_{l,m,t} \quad (34)$$

$$V_{lm2t} - M \cdot VV_{lm2t} \geq u_2 - M \quad \forall_{l,m,t} \quad (35)$$

$$V_{lm3t} - M \cdot VV_{lm3t} \leq 0 \quad \forall_{l,m,t} \quad (36)$$

$$V_{lm3t} - M \cdot VV_{lm3t} \geq u_3 - M \quad \forall_{l,m,t} \quad (37)$$

$$W_{l1t} - M \cdot WW_{l1t} \leq 0 \quad \forall_{l,t} \quad (38)$$

$$W_{l1t} - M \cdot WW_{l1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{l,t} \quad (39)$$

$$W_{l2t} - M \cdot WW_{l2t} \leq 0 \quad \forall_{l,t} \quad (40)$$

$$W_{l2t} - M \cdot WW_{l2t} \geq u_2 - M \quad \forall_{l,t} \quad (41)$$

$$W_{l3t} - M \cdot WW_{l3t} \leq 0 \quad \forall_{l,t} \quad (42)$$

$$W_{l3t} - M \cdot WW_{l3t} \geq u_3 - M \quad \forall_{l,t} \quad (43)$$

$$U_{mk1t} - M \cdot UU_{mk1t} \leq 0 \quad \forall_{m,k,t} \quad (44)$$

$$U_{mk1t} - M \cdot UU_{mk1t} \geq u_1 - M \quad \forall_{m,k,t} \quad (45)$$

$$U_{mk2t} - M \cdot UU_{mk2t} \leq 0 \quad \forall_{m,k,t} \quad (46)$$

$$U_{mk2t} - M \cdot UU_{mk2t} \geq u_2 - M \forall_{m,k,t} \quad (47)$$

$$U_{mk3t} - M \cdot UU_{mk3t} \leq 0 \quad \forall_{m,k,t} \quad (48)$$

$$U_{mk3t} - M \cdot UU_{mk3t} \geq u_3 - M \forall_{m,k,t} \quad (49)$$

### Denge kısıtları (Kirchoff kuralı)

Koruma ilkesine göre, Kirchoff eşitlikleri, KDTZ ağındaki bir düğüme gelen akışlar toplamının, bu düğümden çıkan akışlar toplamına eşit olmasını garantiler.

Kısıt (50), parça için 'j' tedarikçisinin akış dengesini sağlar.

$$\sum_i \sum_q X_{ijqt} - \sum_k \sum_q Y_{jkqt} = 0 \quad \forall_{j,t} \quad (50)$$

Kısıt (51), Tedarik zincirinde bir dönem kullanımdan sonra toplanmış ürünlerin akış dengesini sağlar.

$$\pi \cdot (\sum_j \sum_q Y_{jkqt} + \sum_m \sum_q U_{mkqt}) - \sum_l \sum_q Z_{klq(t+1)} = 0 \forall_{k,t} \quad (51)$$

Kısıt (52) ve (53), toplama merkezlerinde yenilenmiş ve geri dönüştürülmüş parçaların akış dengesini sağlar.

$$\theta \cdot \sum_k \sum_q Z_{klqt} - \sum_m \sum_q V_{lmqt} = 0 \quad \forall_{l,t} \quad (52)$$

$$(1 - \theta) \cdot \sum_k \sum_q Z_{klqt} - \sum_q W_{lqt} = 0 \quad \forall_{l,t} \quad (53)$$

Kısıt (54) yenilenmiş ürünün yenilenme merkezindeki akış dengesini sağlar.

$$\sum_l \sum_q V_{lmqt} - \sum_k \sum_q U_{mkqt} = 0 \forall_{m,t} \quad (54)$$

### Negatif olmama kısıtları

Aşağıdaki kısıtlar, karar değişkenleri üzerinde negatif olmama sınırlamalarını göstermektedir.

$$X_{ijqt} \geq 0 \forall_{i,j,q,t} \quad (55)$$

$$Y_{jkqt} \geq 0 \forall_{j,k,q,t} \quad (56)$$

$$Z_{klqt} \geq 0 \forall_{k,l,q,t} \quad (57)$$

$$V_{lmqt} \geq 0 \forall_{l,m,q,t} \quad (58)$$

$$W_{lqt} \geq 0 \forall_{l,q,t} \quad (59)$$

$$U_{mkqt} \geq 0 \forall_{m,k,q,t} \quad (60)$$

### İkili değişken kısıtları

Aşağıdaki kısıtlar, karar değişkenleri üzerinde ikili sınırlamaları göstermektedir.

$$OP_{jt} = \{0,1\} \forall j,t \quad (61)$$

$$OC_{lt} = \{0,1\} \forall l,t \quad (62)$$

$$OR_{mt} = \{0,1\} \forall m,t \quad (63)$$

$$XX_{ijqt} = \{0,1\} \forall i,j,q,t \quad (64)$$

$$YY_{jkqt} = \{0,1\} \forall j,k,q,t \quad (65)$$

$$ZZ_{klqt} = \{0,1\} \forall k,l,q,t \quad (66)$$

$$VV_{lmqt} = \{0,1\} \forall l,m,q,t \quad (67)$$

$$WW_{lqt} = \{0,1\} \forall l,q,t \quad (68)$$

$$UU_{mkqt} = \{0,1\} \forall m,k,q,t \quad (69)$$

## 11. HESAPLAMALI ÇALIŞMALAR VE YÖNETİMSEL ÇIKARIMLAR

Bu bölüm, Tablo 9'da görülebildiği gibi rastgele oluşturulmuş test verileri üzerinden yürütülen sayısal bir örnek sunmaktadır. Tüm hesaplamalı deneyler bir bilgisayarda (I5 4200 CPU 1.60GHz 4.00 GB RAM) uygulanmıştır. Test problemi için; dört malzeme tedarikçisi, üç tedarikçi, beş market, iki toplama merkezi, üç teknoloji seviyesi, üç yük seviyesi aralığı ve üç zaman periyodu varsayılmıştır.

**Tablo9. Rassal Olarak Oluşturulmuş Veri Değerleri**

Parametreler	Karşılık gelen rassal dağılım
$d_{ij}$	$\sim$ Uniform (125, 300)
$d_{jk}$	$\sim$ Uniform (150, 300)
$d_{kl}, d_{lm}$	$\sim$ Uniform (190, 350)
$d_l$	$\sim$ Uniform (50, 150)
$d_{mk}$	$\sim$ Uniform (100, 200)
$caps_{it}$	$\sim$ Uniform (5000, 10000)
$cap_{jnt}$	$\sim$ Uniform (1000, 2000)
$capcc_{lt}, caprf_{mt}$	$\sim$ Uniform (7000,10000)
$dem_{kt}$	$\sim$ Uniform (75,300)
$fcp_{jnt}$	$\sim$ Uniform (1000000,1350000)
$fcc_{lt}$	$\sim$ Uniform (400000,600000)
$fcrc_{mt}$	$\sim$ Uniform (350000,550000)
$pc_i$	$\sim$ Uniform (150,350)
$pr_j$	$\sim$ Uniform (500,600)
$colc_{kl}$	$\sim$ Uniform (400,100)
$rfc_m$	$\sim$ Uniform (75,100)
$dc$	$\sim$ Uniform (350000,550000)
$cos_m$	$\sim$ Uniform (300,400)
$cep_{jn}$	$\sim$ Uniform (1000,5000)
$cet_q$	$\sim$ Uniform (800,2450)
$jo_{jnt}$	$\sim$ Uniform (50,300)
$cst_{jnt}$	$\sim$ Uniform (5,30)
$wa_{jnt}$	$\sim$ Uniform (5,30)

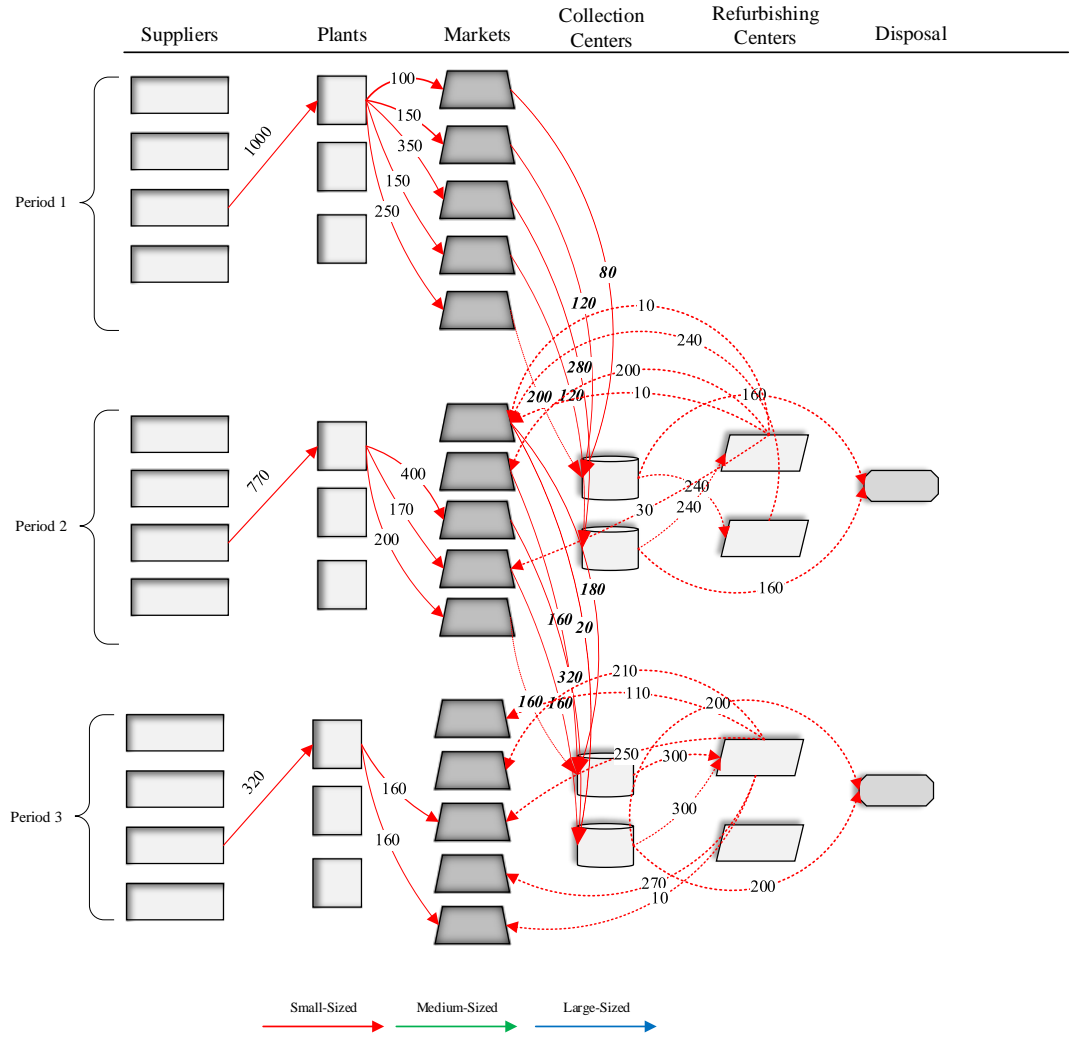
Tüm zaman periyotları için yük seviyesi aralıklarına göre birim taşıma maliyetleri ( $c_{qt}$ ); 30, 20 ve 10 olarak kabul edilmiştir, yük aralıklarının minimum seviyeleri  $u_1 = 0.001, u_2 = 10, u_3 = 20'$ dir, bertaraf merkezindeki ( $dc$ ) birim ürün bertaraf maliyeti 50\$, CO<sub>2</sub> emisyonunun birim maliyeti ( $C_{CO_2}$ ) ise 0.112 (\$/gr) olarak kabul edilmiştir (<http://www.vtpi.org/tca/tca0510.pdf>). Talebin bir yüzdesi  $\pi = 0,80$  olarak



tanımlanan kullanılmış ürünlerin müşteri bölgelerinde toplandığı ve bu toplanan ürünlerin  $\theta = 0,60$ 'ının yenileme merkezlerine gönderildiği varsayılmaktadır.

Önerilen model verilen örnek için GAMS-CPLEX 24.1.3 çözücüsü kullanılarak ekonomik ve çevresel amaçları dikkate alarak çözüldüğünde, % 3.77 göreceli boşluk ile optimal sonuca ulaşmak için gereken hesaplama süresi 1022.91 CPU saniyedir. Tüm zaman periyotları için taşıma maliyeti, satın alma ve işletme maliyetleri, tesis sabit maliyeti ve çevresel maliyeti içeren toplam maliyet 187.440000 \$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, toplam taşıma maliyetinin tüm maliyetin % 23,7'lik bir bölümünü oluşturduğunu göstermektedir. Azami pay % 71,9 ile çevre maliyeti ile gerçekleştirilirken, asgari pay % 1 ile satın alma ve işletme maliyeti ile gerçekleştirilmektedir.

Optimal çözüm hakkında bazı detayları sunmak üzere, tüm dönemler için dağıtım planları Şekil 2'de verilmiştir. Optimal plana göre, her üç dönemde de 2090 ton hammadde tedarikçilerden birinci tesise gönderilmektedir. Her dönemde sadece üçüncü tedarikçi seçilmekte ve sadece birinci teknoloji seviyesine sahip birinci tesis açılmaktadır. Tüm taşıma işlemleri küçük boyutlu kamyonlarla gerçekleştirilmektedir. Üç dönem boyunca marketlere 2090 ton bitmiş ürün gönderilmekte, 1800 ton kullanılmış ürün toplama merkezleri tarafından toplanmakta ve bu 1080 ton toplanmış ürün yenileme işleminden sonra müşterilere gönderilmektedir.



Şekil 2. Optimum dağıtım planı

Varsayımsal veriler üzerine hesaplamalı çalışmalardan elde edilen sonuçlar bize aşağıdaki yönetsel sonuçları sağlamaktadır:

- Deneysel sonuçlara dayanarak, çevresel maliyet, satın alma - işletme ve tesis sabit maliyetlere kıyasla toplam maliyetin en yüksek oranına sahiptir.
- Küçük boyutlu kamyonlar minimum 10 ton yük taşıma kapasitesine sahip olsa da, optimal çözüm tüm taşıma işlemlerinin bu kamyonlarla yapıldığını göstermektedir. Bu kamyonların kullanılması, daha yüksek taşıma maliyetiyle sonuçlanırken, orta ve büyük boyutlu kamyonlara kıyasla daha az çevresel maliyete neden olur.
- Bilindiği gibi (<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>), taşıma sırasında yayılan karbondioksit emisyon miktarı

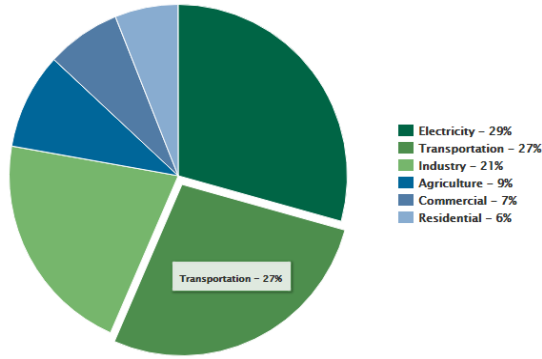
genellikle üretimdekinden daha yüksek olduğundan, taşıma yöntemi olarak yeşil seçenekli küçük boyutlu kamyonlar tercih edilirken, üretimde maliyet tasarrufu sonucu olarak birinci teknoloji seviyesi tercih edilmiştir.

- Üçüncü teknoloji seviyesi diğerlerinden daha çevre dostu olmasına rağmen, model maliyetleri en aza indirmek için birinci teknoloji seviyesine yönelmiştir.

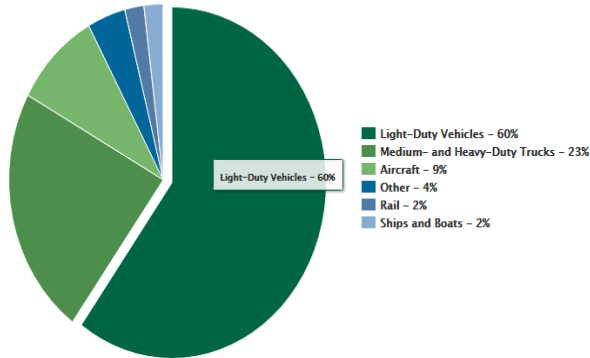
Bu sonuçlar istatistiklerle örtüşmektedir (<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>):

- Ulaştırma sektörü, ABD sera gazı (GHG) emisyonlarına en büyük katkı sağlayan sektörlerden biridir.
- EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)' ya göre, ulaştırma 2015 yılında toplam ABD GHG emisyonlarının % 27'sini temsil etmektedir.
- Ulaştırma sektörü sera gazı emisyonlarının % 60'ı hafif ticari araçlardan kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle, küçük boyutlu araçlar büyük boyutlu araçlardan daha sık kullanılmaktadır.

2015 U.S. GHG Emissions by Sector



2015 U.S. Transportation Sector GHG Emissions by Source



**Şekil 3. 2015 yılı sektör bazında ABD ghg emisyonu ve kaynak bazında ABD ulaştırma sektörü ghg emisyonu yüzdeleri**  
(<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>)

Ulaşımın çevresel etkisi çok önemlidir. Çünkü taşıma işlemleri yürütülürken, dünyadaki fosil yakıtların çoğu tüketilmektedir. Kaçınılmaz olarak, bu faaliyetler çevre kirliliği ile sonuçlanır.

Geliştirilen çok amaçlı modelde sadece maliyet amaçlarının dikkate alınmasından sonra, çok amaçlı doğrusal programlama modelini tek amaçlı doğrusal programlama modeline dönüştürebilmek için Tiwari ve ark. (1987)'nin yaklaşımından yararlanılmıştır.

Tiwari ve ark. (1987)'nin yaklaşımının ilk adımı, her bir amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı çözülerek her bir amaç için alt ve üst sınırların elde edilmesidir. Elde edilen sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10: Elde Edilen Sonuçlar**

Amaç Fonksiyonları	$\mu = 1$	$\mu = 0$
$Z_{ECC}$	24166590	116120000
$Z_{EC}$	133989072	1213090000
$Z_{SI}$	4320	90

Tablo 10'da verilen değerler kullanılmış ve amaç fonksiyonlarına ait üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\mu_{ECC}(Z_{ECC}(x)) = \begin{cases} 1, & Z_{ECC}(x) \leq 24166590 \\ \frac{116120000 - Z_{ECC}(x)}{116120000 - 24166590}, & 24166590 \leq Z_{ECC}(x) \leq 116120000 \\ 0, & Z_{ECC}(x) \geq 116120000 \end{cases} \quad (70)$$

$$\mu_{EC}(Z_{EC}(x)) = \begin{cases} 1, & Z_{EC}(x) \leq 133989072 \\ \frac{1213090000 - Z_{EC}(x)}{1213090000 - 133989072}, & 133989072 \leq Z_{EC}(x) \leq 1213090000 \\ 0, & Z_{EC}(x) \geq 1213090000 \end{cases} \quad (71)$$

$$\mu_{SI}(Z_{SI}(x)) = \begin{cases} 1, & Z_{SI}(x) \geq 4320 \\ \frac{Z_{SI}(x) - 90}{4320 - 90}, & 90 \leq Z_{SI}(x) \leq 4320 \\ 0, & Z_{SI}(x) \leq 90 \end{cases} \quad (72)$$

Her bir amaç fonksiyonunun eşit öneme sahip olduğu kabul edildiğinde Tiwari ve ark. (1987)'nin yaklaşımı aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\begin{aligned} MaxZ &= W_{ECC} \cdot \lambda_1 + W_{EC} \cdot \lambda_2 + W_{SI} \cdot \lambda_3 \\ \lambda_1 &\leq \mu_{ECC}(Z_{ECC}(x)), \\ \lambda_2 &\leq \mu_{EC}(Z_{EC}(x)), \\ \lambda_3 &\leq \mu_{SI}(Z_{SI}(x)), \\ Kısıtlar &(9) - (69), \\ \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 &\in [0,1]. \end{aligned} \tag{73}$$

Yukarıda verilen tek amaçlı KDP problemini Tiwari ve ark. (1987)'nin yaklaşımıyla GAMS paket programında çözülmüş ve elde edilen sonuçlara göre şirketin ihtiyaçları için optimal ekonomik, çevresel ve sosyal amaç fonksiyonu değerleri 64306600, 230680000 ve 4280 olarak elde edilmiştir. Tiwari ve ark. (1987)'nin ağırlıklı modeli uygulandığında, amaç fonksiyonlarının memnuniyet derecesi;  $\lambda_1 = 0.563$ ,  $\lambda_2 = 0.910$ ,  $\lambda_3 = 0.991$  şeklinde hesap edilmiştir.

## 12.SONUÇ

Ekonomik, çevresel ve sosyal konular tedarik zinciri tasarımının önemli yönlerindedir. Belirsiz bir ortamda stratejik ve taktiksel operasyonlar ile ilgili karmaşık kararları içeren bir süreçte, her geçen gün daha fazla şirket tedarik zinciri operasyonlarında ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri hesaplamaktadırlar. Bu etkileri sadece şirket içi operasyonlarında değil, ürünlerinin tüm yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirlik anlayışını benimseyerek tedarik zincirlerini yapılandırmaktadırlar.

Sürdürülebilir lojistiğin son zamanlarda artan farkındalığı ve talepleri, günümüzün küresel iş ortamının belirli faktörleri, örneğin CO<sub>2</sub>emisyonyları ve tesislerin teknoloji seviyeleri, dâhil ederek geleneksel ağ tasarımlarının sürdürülebilir bir yapıya dönüştürmesini gerektirmiştir. Bu noktadan hareketle, bu tezde yer seçimi ve ulaşım konuları ile ilgili bir KDTZ problemine odaklanılmıştır. Üç teknoloji seviyesi ve üç farklı araç tipine ilişkin bu problem için bir karma tamsayı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Model, taşıma maliyeti ve karbondioksit emisyon maliyeti arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Modelin toplam maliyeti minimize etmek için küçük boyutlu kamyonlar seçme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Çözümün çevreye üretimde daha az, ancak taşımada daha fazla önem verdiği dikkat çekilmektedir.

Sonuçlar, önerilen KDTZ modelinin yönetsel ve pratik sonuçlarını göstermektedir. Bu çıkarımlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Geleneksel tedarik zinciri ağ tasarımı problemi çevresel ve sosyal faktörlerin seçim ve kaynak bulma süreçlerine dâhil edilmesi ise sürdürülebilir bir tedarik zinciri modeli önerilmiştir.
- Önerilen model en uygun dağıtım ağını belirlemek için entegre bir çerçevenin uygulanmasında işletmelere yardımcı olarak kullanılabilir.
- Çalışmada rasgele üretilmiş veriler üzerinden testler gerçekleştirildiği için, gerçek olay çalışmalarında işletmelerden girdi verilerinin doğru elde edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.
- Deneysel sonuçlara göre, karar vericilerin birden fazla çelişen amaca aynı anda ulaşmasının neredeyse imkansız olduğuna dikkat edilmelidir. Mümkün olduğunca amacı gerçekleştirmek için belirsiz bir ortamda birden çok çelişen amaç arasındaki ödünleşmeleri araştırabilir.

- Deneysel sonuçlara göre, çevresel maliyetin toplam maliyet içerisinde en yüksek orana sahiptir.
- Optimal çözüm tüm taşıma işlemlerinin küçük boyutlu kamyonlarla yapıldığını göstermektedir. Daha küçük kamyonlar daha yalındır ve depolarda daha az depolama alanı gerektirir. Bu nedenle, aynı zamanda kullanımı çevre açısından da verimlidir.
- Üçüncü teknoloji seviyesi diğerlerinden daha çevre dostu olmasına rağmen, geliştirilen modelde maliyetleri en aza indirmek için birinci teknoloji seviyesine yönelmiştir. Ancak karar vericiler daha fazla bir yatırım yapmak isterse, yeşil çevrenin korunmasına daha fazla katkı sağlayabileceklerdir.
- Uzun vadeli ve sürdürülebilir kalkınmayı benimsemiş şirketler, sürdürülebilirliği gerçekleştirmek için performans ve kalitelerini iyileştirmeli, maliyetleri ve çevre kirliliğini azaltmalıdırlar.
- Önerilen çözüm yaklaşımı, farklı çelişen amaçların optimizasyonu ile bağlantılı olarak başka örnek olay incelemesini çözmek için kullanılabilir.
- Geliştirilen çözüm yaklaşımı, karar vericilere maliyet, ürün kalitesi, zamanında teslimat, çevresel ve sosyal yönler gibi konularda sağlam ve sürdürülebilir bir tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirme esnekliği sunmaktadır.

Bu araştırmada tedarikçiler, tesisler ve toplama merkezleri gibi tesislerin kapasitesi sınırlı olduğundan, tesislerin sayısı artırılarak boyut analizi yapılabilir. Ayrıca çelişen amaçlar farklı ağırlığa sahip olabileceğinden hareketle bulanık AHP, bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR gibi çok kriterli karar verme yöntemleri ile önerilen çözüm yaklaşımı birleştirilerek gelecekte araştırmalar yürütülebilir. Ayrıca, önerilen yaklaşımın sağlamlığını araştırmak için duyarlılık analizi yapılabilir. Son olarak, parametrelerdeki belirsizliği çözmek için modelin bulanık açılımı uygulanabilir.

## KAYNAKLAR

- Abbasi, M.,& Nilsson, F. (2016). Developing environmentally sustainable logistics: Exploring themes and challenges from a logistics service providers' perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 273-283.
- Acar, Z., (2010). *Depolama ve Depo Yönetimi*, Ankara Nobel Yayın Evi
- Acar, Z., Köseoğlu A. Murat. (2014).*Lojistik Yaklaşımıyla Tedarik Zinciri Yönetimi*. Ankara Nobel Yayınevi
- Ar, M., Tanyaş, M., ( 2012). Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Lojistik Merkez Kurulma Öncelikleri Açısından İllerin Sıralanması örneği içinde (ss. 322-330). Konya, Türkiye: Mayıs
- Aykol, İ.,TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, 2013
- Bag, S., Wood, L. C., Xu, L., Dhamija, P., & Kayikci, Y. (2020). Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104559.
- Björklund, M.,& Forslund, H. (2018). Exploring the sustainable logistics innovation process. *Industrial Management & Data Systems*.
- Büyükkeklik A, (2011). *Tersine Lojistik Ve Atık Akümülatörler İçin Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Uygulaması*, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi
- Büyüközkan,G., Vardaloğlu, Z.(2008). “Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi”. *Lojistik Dergisi*, Cilt:8, 66-73
- Byrne, P. J., Ryan, P., & Heavey, C. (2013). Sustainable logistics: a literature review and exploratory study of Irish based manufacturing organizations. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, 3(3), 200.
- Cirit, F., (2014). *Sürdürülebilir kent içi ulaşım politikaları ve toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırılması*. Uzmanlık Tezi, TC Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara
- Cirit, F.,(2014). *S, Sürdürülebilir Kent içi Ulaşım Politikaları Ve Toplu Taşıma*



## Sistemlerinin Karşılaştırılması

- Çalık, A., (2018). “Gecikme Zamanlı Kapalı - Döngü Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı için Çok - Amaçlı Karma - Tamsayı Programlama Modeli”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 15, Sayı 2, ss. 451-478.
- Daugherty, P., Richey R., Glenn B., Genchev S., Chen H., 2005 Reverse Logistics: Super Performance Through Focus on Resource Commitment and Innovation Formation Technology, Transportation Research Part E, 41, 77-92.
- Demirel, N. Ö. ve Gökçen, H., (2008). “A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, c. 39, s. 11–12, ss. 1197–1206.
- Ding, M. J., Kam, B. H., Zhang, J. Y., & Jie, F. (2015). Effects of human resource management practices on logistics and supply chain competencies—evidence from China logistics service market. International Journal of Production Research, 53(10), 2885-2903.
- Dinler Z., 1994, Bölgesel İktisat, Bursa, Etkin Kitabevi Yayınları
- Dong, J., Hu, W., Yan, S., Ren, R., & Zhao, X. (2018). Network planning method for capacitated metro-based underground logistics system. Advances in Civil Engineering, 2018.
- Dues, C. M., Tan, K. H. ve Lim, M., (2013). “Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain”, Journal of Cleaner Production, c. 40, ss. 93-100.
- Epa, United States Environmental Protection Agency (2017). “Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions”,  
<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>.
- Erdal M., 2005, Küresel Lojistik, Utikad Yayınları, İstanbul.
- Erdal, M., Çancı, M., (2003). Uluslararası Taşımacılık Yönetimi, İstanbul Etkin Matbaacılık
- Erdal, M., Görçün, F., Görçün, Ö., Saygılı, M., (2008). Entegre Lojistik Yönetimi İstanbul Beta Basım Yayın Evi

- Erdal, M.,(2008) Konteyner Deniz ve Liman İşletmeciliği, İstanbul Beta Basım
- Fahimnia, B.,Sarkis, J. ve Eshragh, A., (2015). “A tradeoff model for green supply chain planning: A leanness-versus-greenness analysis”, Omega, c. 54, ss. 173-190.
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. Omega, 66, 344-357.
- Ghahremani-Nahr, J., Kian, R., & Sabet, E. (2019). A robust fuzzy mathematical programming model for the closed-loop supply chain network design and a whale optimization solution algorithm. Expert Systems with Applications, 116, 454-471.
- Giannakis, M.,& Papadopoulos, T. (2016). Supply chain sustainability: A risk management approach. International Journal of Production Economics, 171, 455-470.
- Giri, B. C.,& Masanta, M. (2020). Developing a closed-loop supply chain model with price and quality dependent demand and learning in production in a stochastic environment. International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, 7(2), 147-163.
- Govindan, K.,Shankar, K. M. ve Kannan, D., (2016). “Application of fuzzy analytic network process for barrier evaluation in automotive parts remanufacturing towards cleaner production - a study in an Indian scenario”, Journal of Cleaner Production, c.114, ss. 199-213.
- Govindan, K., Mina, H., Esmaili, A., & Gholami-Zanjani, S. M. (2020). An integrated hybrid approach for circular supplier selection and closed loop supply chain network design under uncertainty. Journal of Cleaner Production, 242, 118317.
- Görçün Ö., 2010, Tedarik Zinciri Yönetimi, İstanbul, Beta Yayın Evi
- Grabara, J., Dabylova, M., & Alibekova, G. (2020). Impact of legal Standards on logistics management in the context of sustainable development. Acta Logistica, 7(1), 31-37.
- Guo, K.,& Zhang, Q. (2017). A discrete artificial bee colony algorithm for the reverse logistics location and routing problem. International Journal of Information

- Technology & Decision Making, 16(05), 1339-1357.
- Gülen, K., (2011) Lojistik Sektöründe Durum Analizi ve Rekabetçi Stratejiler, İstanbul İTO Yayınları
- Güleş, H., Paksoy, T., Bülbül, H., Özceylan, E., (2012). Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon. Ankara Gazi Kitap Evi
- Heydari, J., Govindan, K., & Jafari, A. (2017). Reverse and closed loop supply chain coordination by considering government role. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 379-398.
- Hong, J., Zhang, Y., & Ding, M. (2018). Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3508-3519.
- Karaçay, G., (2005). Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş Erişim adresi: [https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-detay&Alan=sosyal&Id=AWWPECw7HDbCZb\\_mQtBl](https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-detay&Alan=sosyal&Id=AWWPECw7HDbCZb_mQtBl) . Erişim tarihi: 25 Ağustos 2020
- Kaur, H.,& Singh, S. P. (2019). Sustainable procurement and logistics for disaster resilient supply chain. *Annals of Operations Research*, 283(1), 309-354.
- Kim, J., Cho, G., Ko, C., & Kim, H.S. (2020). Design of a sustainable shared logistics service model. *ICIC Express Letters*, 14 (6), pp. 929-934.
- Koban, E., Keser, H., (2011) Dış Ticarete Lojistik. Bursa Ekin Basım Yayın Dağıtım
- Koçak, R., D. (2020) Lojistiğin Tarihsel Gelişimi: Askeri Gereksinimden İşletme Lojistiğine ve Tedarik Zinciri Yönetimine Evrilme Süreci. *Journal of Yasar University*, 15/58, 246-258
- Konya 2030 Ulaşım Master Planı, 2012
- Kumar, K. M., Abd Rahman, A., Jayaraman, K., & Rahim, S. A. (2017). Conceptualization of a research model for sustainable logistics practices and logistics transport performance. *Jurnal Pengurusan (UKM Journal of Management)*, 51.
- Kuşakcı, A. O., Ayvaz, B., Cin, E., & Aydın, N. (2019). Optimization of reverse logistics network of End of Life Vehicles under fuzzy supply: A case study for

- Istanbul Metropolitan Area. *Journal of cleaner production*, 215, 1036-1051.
- Li, J. Q., Wang, J. D., Pan, Q. K., Duan, P. Y., Sang, H. Y., Gao, K. Z., & Xue, Y. (2017). A hybrid artificial bee colony for optimizing a reverse logistics network system. *Soft Computing*, 21(20), 6001-6018.
- Lim, M. K., Tseng, M. L., Tan, K. H., & Bui, T. D. (2017). Knowledge management in sustainable supply chain management: Improving performance through an interpretive structural modelling approach. *Journal of cleaner production*, 162, 806-816.
- Lima Jr, O. L., Rutkowski, E. W., De Carvalho, C. C., & Lima, J. C. F. (2010). Sustainable logistics platform in a regional Brazilian airport.
- Liu, Z., Li, K. W., Li, B. Y., Huang, J., & Tang, J. (2019). Impact of product-design strategies on the operations of a closed-loop supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 124, 75-91.
- Long D., (2019). *Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi*, Ankara Nobel Yayın Evi
- LPI ( Logistics Performance Index ) (2018). The worldbank Aggregated LPI Data Table. Erişim adresi: <https://lpi.worldbank.org/international/aggregated-ranking> . Erişim tarihi 22 Ağustos 2020
- Manatkar, R. P., Karthik, K., Kumar, S. K., & Tiwari, M. K. (2016). An integrated inventory optimization model for facility location-allocation problem. *International Journal of Production Research*, 54(12), 3640-3658.
- Mathivathanan, D., Kannan, D., & Haq, A. N. (2018). Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 284-305.
- Mitra, S., (2013). “Periodic review policy for a two-echelon closed-loop inventory system with correlations between demands and returns”, *OPSEARCH*, c. 50, s. 4, ss. 604–615.
- Neto, J. Q. F., Bloemhof-Ruwaard, J. M., van Nunen, J. A., & van Heck, E. (2008). Designing and evaluating sustainable logistics networks. *International journal of production economics*, 111(2), 195-208.
- Pishvae, M. S, Rabbani, M. ve Torabi, S. A., (2011). “A robust optimization

- approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty”,  
*Applied Mathematical Modelling*, c. 35, s. 2, ss. 637–649.
- Prahinski, C., Kocabasoglu C., 2005, Empirical Research Opportunities In Reverse Supply Chains, *Omega*, 34(6), 519-532.
- Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., & Bozorgi-Amiri, A. (2016). An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities. *Computers & Industrial Engineering*, 94, 201-215.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.
- Sarkar, B., Ullah, M., & Kim, N. (2017). Environmental and economic assessment of closed-loop supply chain with remanufacturing and returnable transport items. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 148-163.
- Sutduean, J., Joemsittiprasert, W., & Jernsittiprasert, K. (2019). Supply Chain Management and Organizational Performance: Exploring Green Marketing as Mediator. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5(2), 266-283.
- Tahirov, N., Hasanov, P. ve Jaber, M. Y., (2016). “Optimization of closed-loop supply chain of multi-items with returned subassemblies”, *International Journal of Production Economics*, c. 174, ss. 1–10.
- Talaei, M., Moghaddam, B. F., Pishvae, M. S., Bozorgi-Amiri, A., & Gholamnejad, S. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 113, 662-673.
- Tanyaş, M., Düzgün, M. (2017). *Tedarik Zinciri Yönetimi En İyi Uygulamalar*. Ankara Nobel Yayınevi
- Tanyaş, M., Paksoy, T., Görgülü, H., (2012) *Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Sürdürülebilir Kalkınmada Lojistik Merkezlerin Rolü ve Konya Lojistik Merkezi Örneği içinde* (ss.120-136). Konya, Türkiye: Mayıs
- Taskhiri, M. S., Garbs, M., & Geldermann, J. (2016). Sustainable logistics network for wood flow considering cascade utilisation. *Journal of Cleaner Production*, 110,

25-39.

- Tiwari, R.N., Dharmar, S., Rao, J.R., (1987), "Fuzzy goal programming - An additive model", *Fuzzy Sets and Systems*, c. 24 (1), ss. 27–34.
- Toktay, L. B. ve Wei, D., (2011). "Cost allocation in manufacturing–Remanufacturing operations", *Production and Operations Management*, c. 20, s. 6, ss. 841–847.
- Topçu, A., Benneyan, J. C. ve Cullinane, T. P., (2013). "A simulation–Optimisation approach for reconfigurable inventory space planning in remanufacturing facilities", *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, c. 5, s. 1, ss. 86–114.
- Topoyan, M., (2019). Erişim adresi: <https://slideplayer.biz.tr/slide/17829888/> . Erişim tarihi: 26 Ağustos 2020
- Transportation Cost and Benefit Analysis II –Air Pollution Costs (2017).  
<http://www.vtppi.org/tca/tca0510.pdf>.
- Türkiye Belediyeler Birliği, Master Plan Kılavuzu
- Ugarte, G. M., Golden, J. S. ve Dooley, K. J., (2016). "Lean versus green: The impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains", *Journal of Purchasing and Supply Management*, c. 22, s. 2, ss. 98-109.
- Wei, J., Zhao, J. ve Sun, X., (2013). "Reverse channel decisions for a fuzzy closed-loop supply chain", *Applied Mathematical Modelling*, c. 37, s. 3, ss. 1502–1513.
- World factbook, (2010). Central Intelligence Agency World Factbook Erişim adresi: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/> Erişim tarihi: 24 Ağustos 2020
- Woxenius, J. ve L.Sjöstedt (2003) *Logistics Trends and their Impact on European Combined Transport - Services, Traffic and Industrial Organisation. Logistik Management*, Vol. 5, No. 2. 25-36.
- Xiao, Z., Sun, J., Shu, W., & Wang, T. (2019). Location-allocation problem of reverse logistics for end-of-life vehicles based on the measurement of carbon emissions. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 169-181.
- Xu, L., & Wang, C. (2018). Sustainable manufacturing in a closed-loop supply chain

considering emission reduction and remanufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 297-304.

Zhalechian, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., & Mohammadi, M. (2016). Sustainable design of a closed-loop location-routing-inventory supply chain network under mixed uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 89, 182-214.

Zhu, L., & Hu, D. (2017). Sustainable logistics network modeling for enterprise supply chain. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hasan GÖRGÜLÜ

Doğum Yeri – Tarihi : 1974 / KONYA

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 10.07.1998, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölüm

Yüksek Lisans Öğrenimi : 10.07.2012, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Ana Bilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

- Tanyaş, M., Paksoy, T., Görgülü, H., (2012) Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Sürdürülebilir Kalkınmada Lojistik Merkezlerin Rolü ve Konya Lojistik Merkezi Örneği içinde (ss.120-136). Konya, Türkiye: Mayıs
- Görgülü H., Paksoy T., Çalık A. (2020/3) T.C. Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Dergisi, Kapalı Döngü Tedarik Zincirinde Yeşil Lojistik Ve Yer Seçimi İçin Bir Karma Tamsayı Programlama Modeli Önerisi (ss.201-218)

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar : 2019, Ulaşım Daire Başkanı, Konya Büyükşehir Belediyesi

:2016, Başkan Yardımcısı, Selçuklu Belediyesi

: 2014, Başkan Yardımcısı, Meram Belediyesi

: 2012, Fen İşleri Müdürü, Selçuklu Belediyesi

: 2001, Kontrol Mühendisi, Selçuklu Belediyesi

:2000, Saha Mühendisi, Çolakoğlu – İndet – Ukranafta Gazbut Konsorsiyum



## **EKLER**

### **SETS**

- I Set of suppliers /1\*4/
- J Set of plants /1\*3/
- K Set of markets /1\*5/
- L Set of collection centres /1\*2/
- M Set of refurbishing centres /1\*2/
- N Set of technology level of plants /1\*3/
- Q Set of range of load level /1\*3/
- T Set of periods /1\*3/

### **PARAMETER**

\*Distances and unit transportation

Distance<sub>IJ</sub>(I,J) distance between supplier 'i' and plant 'j' (km)

/

1.1 228

2.1 291

3.1 139

4.1 255

1.2 237

2.2 255

3.2 255

4.2 169

1.3 168

2.3 266

3.3 150

4.3 250

/;

## PARAMETER

DistanceJK(J,K) distance between plant 'j' and market 'k' (km)

/

1.1 218

2.1 185

3.1 205

1.2 270

2.2 251

3.2 222

1.3 160

2.3 231

3.3 152

1.4 160

2.4 191

3.4 262

1.5 170

2.5 199

3.5 538

/

DistanceKL(K,L) distance between market 'k' and collection centre 'l' (km)

/

1.1 210

2.1 300

3.1 250

4.1 350

5.1 260

1.2 229

2.2 355

3.2 199

4.2 200

5.2 280

/

DistanceLM(L,M) distance between collection centre 'l' and refurbishing centre 'm'  
(km)

/

1.1 182

2.1 226

1.2 193

2.2 336

/

DistanceL(L) distance between collection centre 'l' and disposal centre (km)

/

1 117

2 53

/

DistanceMK(M,K) distance between refurbishing center 'm' and market 'k' (km)

/

1.1 143

2.1 101

1.2 125

2.2 136

1.3 199

2.3 156

1.4 125

2.4 165

1.5 158

2.5 200

/

C(Q,T) unit transportation cost of one tone load through one km by range of load level 'q' at time period 't'

/

1.1 30

1.2 30

1.3 30

2.1 20

2.2 20

2.3 20

3.1 10

3.2 10

3.3 10

/

#### **\*CAPATICITIES**

CAPS\_IT(I,T) The part capacity of supplier 'i' at time period 't' (ton)

/

1.1 7100

1.2 9470

1.3 8470

2.1 5310

2.2 7910

2.3 6870

3.1 7240

3.2 8170

3.3 5580

4.1 7500

4.2 8000

4.3 5560

/

CAPP\_JT(J,N,T) The capacity of plant 'j' with tech level "n" at time period 't' (ton)  
/

\*teknoloji seviyesi ile kapasite artsın

\*birinci fabrikanın birinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.1 1940

1.2.1 1960

1.3.1 1980

\*ikinci fabrikanın birinci dönem kapasiteleri (n=1 ve n=2 için)

2.1.1 1832

2.2.1 1852

2.3.1 1872

\*üçüncü fabrikanın birinci dönem kapasiteleri (n=1 ve n=2 için)

3.1.1 1750

3.2.1 1900

3.3.1 1950

\*birinci fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.2 1760

1.2.2 1780

1.3.2 1800

\*ikinci fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

2.1.2 1520

2.2.2 1540

2.3.2 1560

\*üçüncü fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

3.1.2 1500

3.2.2 1600

3.3.2 1600

\*birinci fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.3 1938

1.2.3 1958

1.3.3 1978

\*ikinci fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

2.1.3 1735

2.2.3 1755

2.3.3 1775

\*üçüncü fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

3.1.3 1700

3.2.3 1725

3.3.3 1745

/

CAPCC\_LT(L,T) The capacity of collection center 'l' at time period 't' (ton)

/

1.1 9830

1.2 9800

1.3 8130

2.1 9670

2.2 5470

2.3 8810

/

CAPRF\_MT(M,T) The capacity of refurbishing center 'm' at time period 't'

/

1.1 8910

1.2 8560

1.3 7370

2.1 7820

2.2 7410

2.3 7750

/

**\*Demand**

DEMAND\_KT(K,T) demand of market 'k' at time period 't' (ton)

/

1.1 86

2.1 113

3.1 213

4.1 150

5.1 250

1.2 240

2.2 157

3.2 257

4.2 200

5.2 199

1.3 104

2.3 202

3.3 152

4.3 268

5.3 166

/

**\*Fixedcosts**

FCP\_JNT(J,N,T) fixed opening cost of plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' (\$)

/

1.1.1 1000000

2.1.1 1050000

3.1.1 1100000

1.2.1 1070000

2.2.1 1180000

3.2.1 1255000

1.3.1 1150000

2.3.1 1275000

3.3.1 1355000

1.1.2 1000000

2.1.2 1050000

3.1.2 1100000

1.2.2 1070000

2.2.2 1180000

3.2.2 1255000

1.3.2 1150000

2.3.2 1255000

3.3.2 1355000

1.1.3 1000000

2.1.3 1050000

3.1.3 1100000



1.2.3 1070000

2.2.3 1180000

3.2.3 1255000

1.3.3 1150000

2.3.3 1255000

3.3.3 1355000

/

FCC\_LT(L,T) fixed opening cost of collection centre 'l' at time period 't' (\$)

/

1.1 400000

1.2 500000

1.3 450000

2.1 650000

2.2 550000

2.3 600000

/

FCRC\_MT(M,T) fixed opening cost of refurbishing centre 'm' at time period 't' (\$)

/

1.1 350000

1.2 450000

1.3 400000

2.1 600000

2.2 500000

2.3 550000

/

**\*Purchasing costs**

PC(I) purchasing cost of part from supplier 'i' (\$)

/

1 225

2 160

3 352

4 300

/

PR(J) production cost of finished product at plant 'j'

/

1 537

2 680

3 600

/

COLC(K,L) unit collection cost of product from customer 'k' by collection center 'l' (\$ ton)

/

1.1 94

2.1 67

3.1 50

4.1 50

5.1 75

1.2 53

2.2 38

3.2 63

4.2 88

5.2 45

/

RFC(M) refurbishing cost of product at refurbishing centre 'm'

/

1 89

2 66

/

COS(M) unit cost saving of product at refurbishing center 'm'

/

1 359

2 444

/

### **\*CO2 emissions and related parameters**

CEP(J,N) the amount of CO2 emission caused by production of one ton of product at plant 'j' with technology level 'n' (gr ton)

/

1.1 5000

2.1 4500

3.1 5500

1.2 2500

2.2 2250

3.2 2000

1.3 1500

2.3 1250

3.3 1000

/

CET(Q) the amount of CO2 emission caused by transportation of one ton load through one kilometer with range of load level 'q' (gr ton\*km)

/

1 800

2 1350

3 2450

/

**\*Ratios and percentages**

UP(Q) the upper level of range of load level 'q'

/

1 10

2 20

3 30

/

**\*Social parameters**

JO\_JNT(J,N,T) number of job oppurtunities if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 50

2.1.1 100

3.1.1 150

1.2.1 100

2.2.1 150

3.2.1 200

1.3.1 150

2.3.1 200

3.3.1 250

1.1.2 60

2.1.2 110

3.1.2 160

1.2.2 110

2.2.2 160

3.2.2 210

1.3.2 160

2.3.2 210

3.3.2 260

1.1.3 70

2.1.3 120

3.1.3 170

1.2.3 120

2.2.3 170

3.2.3 220

1.3.3 170

2.3.3 220

3.3.3 270

/

CSR\_JNT(J,N,T) number of corporate social responsibilities if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 5

2.1.1 10

3.1.1 15

1.2.1 10

2.2.1 15

3.2.1 20

1.3.1 15

2.3.1 20

3.3.1 25

1.1.2 6

2.1.2 11

3.1.2 16

1.2.2 11

2.2.2 16

3.2.2 21

1.3.2 16

2.3.2 21

3.3.2 26

1.1.3 7

2.1.3 12

3.1.3 17

1.2.3 12

2.2.3 17

3.2.3 22

1.3.3 17

2.3.3 22

3.3.3 27

/

WA\_JNT(J,N,T) number of work accident if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 15

2.1.1 20

3.1.1 25

1.2.1 10

2.2.1 15

3.2.1 20

1.3.1 5

2.3.1 10

3.3.1 15

1.1.2 16

2.1.2 21

3.1.2 26

1.2.2 11

2.2.2 16

3.2.2 21

1.3.2 6

2.3.2 11

3.3.2 16

1.1.3 17

2.1.3 22

3.1.3 27

1.2.3 12

2.2.3 17

3.2.3 22

1.3.3 7

2.3.3 12

3.3.3 17

/

SCALAR DC unit disposal cost of product at disposal center /50/;

SCALAR C\_CO2 unit cost of CO2 emission /0.112/;

SCALAR PI percentage of collected product which is collected by collection centres /0.80/;

SCALAR TETA percentage of refurbished product which is refurbished at refurbishing centres /0.60/;

Scalar MM big number /1000000/;

## **VARIABLES**

Objfunc

Objfunc1

Objfunc2

Objfunc3

Objfunc4

Objfunc5

## **POSITIVE VARIABLES**



$X(I,J,Q,T)$  quantity of part (i.e. plastics plates) shipped from supplier 'i' to plant 'j' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$Y(J,K,Q,T)$  quantity of product shipped from plant 'j' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$Z(K,L,Q,T)$  quantity of returned product shipped from market 'k' to collection centre 'l' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$V(L,M,Q,T)$  quantity of refurbished product shipped from collection centre 'l' to refurbishing centre 'm' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$W(L,Q,T)$  the amount of product shipped from collection center 'l' to disposal center with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$U(M,K,Q,T)$  the amount of product shipped from refurbishing center 'm' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

LAMDA1

LAMDA2

LAMDA3

;

\*Her bir aracın tur sayısı tasinan miktar  $up(Q)$ lara bölünerek bulunur

Integer Variables

$XINT(I,J,Q,T)$

$YINT(J,K,Q,T)$

$ZINT(K,L,Q,T)$

$VINT(L,M,Q,T)$

$WINT(L,Q,T)$

$UINT(M,K,Q,T)$

;

## **BINARY VARIABLES**

$XX(I,J,Q,T)$  if part shipped from supplier 'i' to plant 'j' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

YY(J,K,Q,T) if product shipped from plant 'j' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

ZZ(K,L,Q,T) if returned product shipped from market 'k' to collection centre 'l' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

VV(L,M,Q,T) if refurbished product shipped from collection centre 'l' to refurbishing centre 'm' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

WW(L,Q,T) if products are dispatched from collection center 'l' to disposal center with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

UU(M,K,Q,T) if products are shipped from refurbishing center 'm' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

OP(J,N,T)

OCC(L,T)

ORF(M,T)

;

Z.fx(K,L,Q,'1')=0;

## EQUATIONS

ObjFun

ObjFun1

ObjFun2

ObjFun3

ObjFun4

ObjFun5

CONST1

CONST2

CONST3

CONST4

CONST5

CONST6

CONST7

CONST8

CONST9

CONST10

CONST11

CONST12

CONST13

CONST14

CONST15

CONST16

CONST17

CONST18

CONST19

CONST20

CONST21

CONST22

CONST23

CONST24

CONST25

CONST26

CONST27

CONST28

CONST29

CONST30

CONST31

CONST32  
CONST33  
CONST34  
CONST35  
CONST36  
CONST37  
CONST38  
CONST39  
CONST40  
CONST41  
CONST42  
CONST43  
CONST44  
CONST45  
CONST46  
CONST47  
CONST48

CONST49  
CONST50  
CONST51  
CONST52

;

\*ObjFunc..Objfunc=E=Objfunc1+Objfunc2+Objfunc3;

ObjFunc.. Objfunc=E=0.748\*LAMDA1+0.107\*LAMDA2+0.145\*LAMDA3; ;

**\*transportation cost**

ObjFun1..           Objfunc1=E=SUM((I,J,Q,T),C(Q,T)\*DistanceIJ(I,J)\*X(I,J,Q,T))+  
                           SUM((J,K,Q,T),C(Q,T)\*DistanceJK(J,K)\*Y(J,K,Q,T))+  
                           SUM((K,L,Q,T),C(Q,T)\*DistanceKL(K,L)\*Z(K,L,Q,T))+  
                           SUM((L,M,Q,T),C(Q,T)\*DistanceLM(L,M)\*V(L,M,Q,T))+  
                           SUM((L,Q,T),C(Q,T)\*DistanceL(L)\*W(L,Q,T))+  
                           SUM((M,K,Q,T),C(Q,T)\*DistanceMK(M,K)\*U(M,K,Q,T));

\*Purchasing and Operational Cost: purchasing cost + production cost + collection cost + refurbishing cost + disposal cost - cost saving

ObjFun2..           Objfunc2=E=SUM((I,J,Q,T),PC(I)\*X(I,J,Q,T))+  
                           SUM((J,K,Q,T),PR(J)\*Y(J,K,Q,T))+  
                           SUM((K,L,Q,T),COLC(K,L)\*Z(K,L,Q,T))+  
                           SUM((L,M,Q,T),RFC(M)\*V(L,M,Q,T))+  
                           SUM((L,Q,T),DC\*W(L,Q,T))-  
                           SUM((M,K,Q,T),COS(M)\*U(M,K,Q,T));

\*Fixed Facility Cost: opening cost of plants + opening cost of collection centers + opening cost of refurbishing centers

ObjFun3..           Objfunc3=E=SUM((J,N,T),FCP\_JNT(J,N,T)\*OP(J,N,T))+  
                           SUM((L,T),FCC\_LT(L,T)\*OCC(L,T))+  
                           SUM((M,T),FCRC\_MT(M,T)\*ORF(M,T));

\*Environmental Cost: unit cost of CO2 x (emission of transportation + emission of production)

ObjFun4..  
 Objfunc4=E=C\_CO2\*(SUM((I,J,Q,T),CET(Q)\*DistanceIJ(I,J)\*X(I,J,Q,T))+  
                           SUM((J,K,Q,T),CET(Q)\*DistanceJK(J,K)\*Y(J,K,Q,T))+  
                           SUM((K,L,Q,T),CET(Q)\*DistanceKL(K,L)\*Z(K,L,Q,T))+  
                           SUM((L,M,Q,T),CET(Q)\*DistanceLM(L,M)\*V(L,M,Q,T))+

SUM((L,Q,T),CET(Q)\*DistanceL(L)\*W(L,Q,T))+  
SUM((M,K,Q,T),CET(Q)\*DistanceMK(M,K)\*U(M,K,Q,T))+  
SUM((J,N,K,Q,T),CEP(J,N)\*Y(J,K,Q,T)));

**\*Social Cost:**

ObjFunc5..           Objfunc5=E=SUM((J,N,T),JO\_JNT(J,N,T)\*OP(J,N,T))+  
                          SUM((J,N,T),CSR\_JNT(J,N,T)\*OP(J,N,T))-  
                          SUM((J,N,T),WA\_JNT(J,N,T)\*OP(J,N,T));

\*\*\*\*\*CONSTRAINTS\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*CAPACITY  
CONSTRAINTS\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**\*Capacity constraints of suppliers**

CONST1(I,T)..       SUM((J,Q),X(I,J,Q,T))=L=CAPS\_IT(I,T);

**\*Capacity constraints of plants**

CONST2(J,T)..       SUM((K,Q),Y(J,K,Q,T))=L= sum (N,  
CAPP\_JT(J,N,T)\*OP(J,N,T));

**\*Capacity constraints of collection centers**

CONST3(L,T)..       SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T))=L=CAPCC\_LT(L,T)\*OCC(L,T);

**\*Capacity constraints of refurbishing centers**

CONST4(M,T)..       SUM((K,Q),U(M,K,Q,T))=L=CAPRF\_MT(M,T)\*ORF(M,T);

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

### **\*Demand constraints**

CONST5(K,T)..  
SUM((J,Q),Y(J,K,Q,T))+SUM((M,Q),U(M,K,Q,T))=G=DEMAND\_KT(K,T);

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

### **\*Pricewise Linear Transportation Constraints**

CONST6(I,J,T).. X(I,J,'1',T)-MM\*XX(I,J,'1',T)=L=0;

CONST7(I,J,T).. X(I,J,'1',T)-MM\*XX(I,J,'1',T)=G=0.001-MM;

CONST8(I,J,T).. X(I,J,'2',T)-MM\*XX(I,J,'2',T)=L=0;

CONST9(I,J,T).. X(I,J,'2',T)-MM\*XX(I,J,'2',T)=G=10-MM;

CONST10(I,J,T).. X(I,J,'3',T)-MM\*XX(I,J,'3',T)=L=0;

CONST11(I,J,T).. X(I,J,'3',T)-MM\*XX(I,J,'3',T)=G=20-MM;

CONST12(J,K,T).. Y(J,K,'1',T)-MM\*YY(J,K,'1',T)=L=0;

CONST13(J,K,T).. Y(J,K,'1',T)-MM\*YY(J,K,'1',T)=G=0.001-MM;

CONST14(J,K,T).. Y(J,K,'2',T)-MM\*YY(J,K,'2',T)=L=0;

CONST15(J,K,T).. Y(J,K,'2',T)-MM\*YY(J,K,'2',T)=G=10-MM;

CONST16(J,K,T).. Y(J,K,'3',T)-MM\*YY(J,K,'3',T)=L=0;

CONST17(J,K,T).. Y(J,K,'3',T)-MM\*YY(J,K,'3',T)=G=20-MM;

CONST18(K,L,T)..  $Z(K,L,'1',T)-MM*ZZ(K,L,'1',T)=L=0;$   
 CONST19(K,L,T)..  $Z(K,L,'1',T)-MM*ZZ(K,L,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST20(K,L,T)..  $Z(K,L,'2',T)-MM*ZZ(K,L,'2',T)=L=0;$   
 CONST21(K,L,T)..  $Z(K,L,'2',T)-MM*ZZ(K,L,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST22(K,L,T)..  $Z(K,L,'3',T)-MM*ZZ(K,L,'3',T)=L=0;$   
 CONST23(K,L,T)..  $Z(K,L,'3',T)-MM*ZZ(K,L,'3',T)=G=20-MM;$

CONST24(L,M,T)..  $V(L,M,'1',T)-MM*VV(L,M,'1',T)=L=0;$   
 CONST25(L,M,T)..  $V(L,M,'1',T)-MM*VV(L,M,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST26(L,M,T)..  $V(L,M,'2',T)-MM*VV(L,M,'2',T)=L=0;$   
 CONST27(L,M,T)..  $V(L,M,'2',T)-MM*VV(L,M,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST28(L,M,T)..  $V(L,M,'3',T)-MM*VV(L,M,'3',T)=L=0;$   
 CONST29(L,M,T)..  $V(L,M,'3',T)-MM*VV(L,M,'3',T)=G=20-MM;$

CONST30(L,T)..  $W(L,'1',T)-MM*WW(L,'1',T)=L=0;$   
 CONST31(L,T)..  $W(L,'1',T)-MM*WW(L,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST32(L,T)..  $W(L,'2',T)-MM*WW(L,'2',T)=L=0;$   
 CONST33(L,T)..  $W(L,'2',T)-MM*WW(L,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST34(L,T)..  $W(L,'3',T)-MM*WW(L,'3',T)=L=0;$   
 CONST35(L,T)..  $W(L,'3',T)-MM*WW(L,'3',T)=G=20-MM;$

CONST36(M,K,T)..  $U(M,K,'1',T)-MM*UU(M,K,'1',T)=L=0;$   
 CONST37(M,K,T)..  $U(M,K,'1',T)-MM*UU(M,K,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST38(M,K,T)..  $U(M,K,'2',T)-MM*UU(M,K,'2',T)=L=0;$   
 CONST39(M,K,T)..  $U(M,K,'2',T)-MM*UU(M,K,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST40(M,K,T)..  $U(M,K,'3',T)-MM*UU(M,K,'3',T)=L=0;$   
 CONST41(M,K,T)..  $U(M,K,'3',T)-MM*UU(M,K,'3',T)=G=20-MM;$



\*\*\*\*\*NUMBER OF  
 TOURS\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

CONST42(I,J,Q,T).. XINT(I,J,Q,T)=E=X(I,J,Q,T)/UP(Q);  
 CONST43(J,K,Q,T).. YINT(J,K,Q,T)=E=Y(J,K,Q,T)/UP(Q);  
 CONST44(K,L,Q,T).. ZINT(K,L,Q,T)=E=Z(K,L,Q,T)/UP(Q);  
 CONST45(L,M,Q,T).. VINT(L,M,Q,T)=E=V(L,M,Q,T)/UP(Q);  
 CONST46(L,Q,T).. WINT(L,Q,T)=E=W(L,Q,T)/UP(Q);  
 CONST47(M,K,Q,T).. UINT(M,K,Q,T)=E=U(M,K,Q,T)/UP(Q);

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

\* \*  
 \* BALANCE CONSTRAINTS \*  
 \* \*  
 \* \*

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

CONST48(J,T).. SUM((I,Q),X(I,J,Q,T))-SUM((K,Q),Y(J,K,Q,T))=E=0;  
 CONST49(K,T)\$(ORD(T)<>CARD(T))..  
 PI\*(SUM((J,Q),Y(J,K,Q,T))+SUM((M,Q),U(M,K,Q,T)))-  
 SUM((L,Q),Z(K,L,Q,T+1))=E=0;  
 CONST50(L,T).. TETA\*(SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T)))-  
 SUM((M,Q),V(L,M,Q,T))=E=0;  
 CONST51(L,T).. (1-TETA)\*SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T))-SUM((Q),W(L,Q,T))=E=0;  
 CONST52(M,T).. SUM((L,Q),V(L,M,Q,T))-SUM((K,Q),U(M,K,Q,T))=E=0;

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

MODEL BERLIN\_V5 /all/;  
 BERLIN\_V5.optcr=0;  
 BERLIN\_V5.reslim=36000;  
 BERLIN\_V5.iterlim=1e9;

```
BERLIN_V5.limrow=1000;
BERLIN_V5.limcol=1000;
SOLVE BERLIN_V5 USING MIP MINIMIZING Objfunc;
```

```
file outfile /BERLIN_V5.txt/;
```

```
put outfile;
```

```
put 'IsOptimum'; put BERLIN_V5.modelstat; put /;
```

```
put 'Objective_Value'; put Objfunc.l; put /;
```

### SETS

I Set of suppliers /1\*4/

J Set of plants /1\*3/

K Set of markets /1\*5/

L Set of collection centres /1\*2/

M Set of refurbishing centres /1\*2/

N Set of technology level of plants /1\*3/

Q Set of range of load level /1\*3/

T Set of periods /1\*3/

### PARAMETER

\*Distances and unit transportation

DistanceIJ(I,J) distance between supplier 'i' and plant 'j' (km)

/

1.1 228

2.1 291

3.1 139

4.1 255

1.2 237

2.2 255

3.2 255

4.2 169

1.3 168

2.3 266

3.3 150

4.3 250

/;

### PARAMETER

DistanceJK(J,K) distance between plant 'j' and market 'k' (km)

/

1.1 218

2.1 185

3.1 205

1.2 270

2.2 251

3.2 222

1.3 160

2.3 231

3.3 152

1.4 160

2.4 191

3.4 262

1.5 170

2.5 199

3.5 538

/

DistanceKL(K,L) distance between market 'k' and collection centre 'l' (km)

/

1.1 210

2.1 300

3.1 250

4.1 350

5.1 260

1.2 229

2.2 355

3.2 199

4.2 200

5.2 280

/

DistanceLM(L,M) distance between collection centre 'l' and refurbishing centre 'm'  
(km)

/

1.1 182

2.1 226

1.2 193

2.2 336

/

DistanceL(L) distance between collection centre 'l' and disposal centre (km)

/

1 117

2 53

/

DistanceMK(M,K) distance between refurbishing center 'm' and market 'k' (km)

/

1.1 143

2.1 101

1.2 125

2.2 136

1.3 199

2.3 156

1.4 125

2.4 165

1.5 158

2.5 200

/

C(Q,T) unit transportation cost of one tone load through one km by range of load level 'q' at time period 't'

/

1.1 30

1.2 30

1.3 30

2.1 20

2.2 20

2.3 20

3.1 10

3.2 10

3.3 10

/

#### \*CAPATICITIES

CAPS\_IT(I,T) The part capacity of supplier 'i' at time period 't' (ton)

/

1.1 7100

1.2 9470

1.3 8470

2.1 5310

2.2 7910

2.3 6870

3.1 7240

3.2 8170

3.3 5580

4.1 7500

4.2 8000

4.3 5560

/

CAPP\_JT(J,N,T) The capacity of plant 'j' with tech level "n" at time period 't' (ton)

/

\*teknoloji seviyesi ile kapasite artsın

\*birinci fabrikanın birinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.1 1940

1.2.1 1960

1.3.1 1980

\*ikinci fabrikanın birinci dönem kapasiteleri (n=1 ve n=2 için)

2.1.1 1832

2.2.1 1852

2.3.1 1872

\*üçüncü fabrikanın birinci dönem kapasiteleri (n=1 ve n=2 için)

3.1.1 1750

3.2.1 1900

3.3.1 1950

\*birinci fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.2 1760

1.2.2 1780

1.3.2 1800

\*ikinci fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

2.1.2 1520

2.2.2 1540

2.3.2 1560

\*üçüncü fabrikanın ikinci dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

3.1.2 1500

3.2.2 1600

3.3.2 1600

\*birinci fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

1.1.3 1938

1.2.3 1958

1.3.3 1978

\*ikinci fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

2.1.3 1735

2.2.3 1755

2.3.3 1775

\*üçüncü fabrikanın üçüncü dönem kapasiteleri(n=1 ve n=2 için)

3.1.3 1700

3.2.3 1725

3.3.3 1745

/

CAPCC\_LT(L,T) The capacity of collection center 'l' at time period 't' (ton)

/

1.1 9830

1.2 9800

1.3 8130

2.1 9670

2.2 5470

2.3 8810

/

CAPRF\_MT(M,T) The capacity of refurbishing center 'm' at time period 't'

/

1.1 8910

1.2 8560

1.3 7370

2.1 7820

2.2 7410

2.3 7750

/

### **\*Demand**

DEMAND\_KT(K,T) demand of market 'k' at time period 't' (ton)

/

1.1 86

2.1 113

3.1 213

4.1 150

5.1 250

1.2 240

2.2 157

3.2 257

4.2 200

5.2 199

1.3 104



2.3 202

3.3 152

4.3 268

5.3 166

/

**\*Fixed costs**

FCP\_JNT(J,N,T) fixed opening cost of plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' (\$)

/

1.1.1 1000000

2.1.1 1050000

3.1.1 1100000

1.2.1 1070000

2.2.1 1180000

3.2.1 1255000

1.3.1 1150000

2.3.1 1275000

3.3.1 1355000

1.1.2 1000000

2.1.2 1050000

3.1.2 1100000

1.2.2 1070000

2.2.2 1180000

3.2.2 1255000

1.3.2 1150000

2.3.2 1255000

3.3.2 1355000

1.1.3 1000000

2.1.3 1050000

3.1.3 1100000

1.2.3 1070000

2.2.3 1180000

3.2.3 1255000

1.3.3 1150000

2.3.3 1255000

3.3.3 1355000

/

FCC\_LT(L,T) fixed opening cost of collection centre 'l' at time period 't' (\$)

/

1.1 400000

1.2 500000

1.3 450000

2.1 650000

2.2 550000

2.3 600000

/

FCRC\_MT(M,T) fixed opening cost of refurbishing centre 'm' at time period 't' (\$)

/

1.1 350000

1.2 450000

1.3 400000

2.1 600000

2.2 500000

2.3 550000

/

**\*Purchasing costs**

PC(I) purchasing cost of part from supplier 'i' (\$)

/

1 225

2 160

3 352

4 300

/

PR(J) production cost of finished product at plant 'j'

/

1 537

2 680

3 600

/

COLC(K,L) unit collection cost of product from customer 'k' by collection center 'l' (\$ ton)

/

1.1 94

2.1 67

3.1 50

4.1 50

5.1 75

1.2 53

2.2 38

3.2 63

4.2 88

5.2 45

/

RFC(M) refurbishing cost of product at refurbishing centre 'm'

/

1 89

2 66

/

COS(M) unit cost saving of product at refurbishing center 'm'

/

1 359

2 444

/

\*CO<sub>2</sub> emissions and related parameters

CEP(J,N) the amount of CO<sub>2</sub> emission caused by production of one ton of product at plant 'j' with technology level 'n' (gr ton)

/

1.1 5000

2.1 4500

3.1 5500

1.2 2500

2.2 2250

3.2 2000

1.3 1500

2.3 1250

3.3 1000

/

CET(Q) the amount of CO2 emission caused by transportation of one ton load through one kilometer with range of load level 'q' (gr ton\*km)

/

1 800

2 1350

3 2450

/

#### **\*Ratios and percentages**

UP(Q) the upper level of range of load level 'q'

/

1 10

2 20

3 30

/

#### **\*Social parameters**

JO\_JNT(J,N,T) number of job oppurtunities if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 50

2.1.1 100

3.1.1 150

1.2.1 100

2.2.1 150

3.2.1 200

1.3.1 150

2.3.1 200

3.3.1 250

1.1.2 60

2.1.2 110

3.1.2 160

1.2.2 110

2.2.2 160

3.2.2 210

1.3.2 160

2.3.2 210

3.3.2 260

1.1.3 70

2.1.3 120

3.1.3 170

1.2.3 120

2.2.3 170

3.2.3 220

1.3.3 170

2.3.3 220

3.3.3 270

/

CSR\_JNT(J,N,T) number of corporate social responsibilities if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 5

2.1.1 10

3.1.1 15

1.2.1 10

2.2.1 15

3.2.1 20

1.3.1 15

2.3.1 20

3.3.1 25

1.1.2 6

2.1.2 11

3.1.2 16

1.2.2 11

2.2.2 16

3.2.2 21

1.3.2 16

2.3.2 21

3.3.2 26

1.1.3 7

2.1.3 12

3.1.3 17

1.2.3 12

2.2.3 17

3.2.3 22

1.3.3 17

2.3.3 22

3.3.3 27

/

WA\_JNT(J,N,T) number of work accident if plant 'j' with technology level 'n' at time period 't' is opened(\$)

/

1.1.1 15

2.1.1 20

3.1.1 25

1.2.1 10

2.2.1 15

3.2.1 20

1.3.1 5

2.3.1 10

3.3.1 15

1.1.2 16

2.1.2 21

3.1.2 26



1.2.2 11

2.2.2 16

3.2.2 21

1.3.2 6

2.3.2 11

3.3.2 16

1.1.3 17

2.1.3 22

3.1.3 27

1.2.3 12

2.2.3 17

3.2.3 22

1.3.3 7

2.3.3 12

3.3.3 17

/

SCALAR DC unit disposal cost of product at disposal center /50/;

SCALAR C\_CO2 unit cost of CO2 emission /0.112/;

SCALAR PI percentage of collected product which is collected by collection centres /0.80/;

SCALAR TETA percentage of refurbished product which is refurbished at refurbishing centres /0.60/;

Scalar MM big number /1000000/;

## VARIABLES

Objfunc  
Objfunc1  
Objfunc2  
Objfunc3  
Objfunc4  
Objfunc5

## POSITIVE VARIABLES

$X(I,J,Q,T)$  quantity of part (i.e. plastics plates) shipped from supplier 'i' to plant 'j' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$Y(J,K,Q,T)$  quantity of product shipped from plant 'j' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$Z(K,L,Q,T)$  quantity of returned product shipped from market 'k' to collection centre 'l' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$V(L,M,Q,T)$  quantity of refurbished product shipped from collection centre 'l' to refurbishing centre 'm' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$W(L,Q,T)$  the amount of product shipped from collection center 'l' to disposal center with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

$U(M,K,Q,T)$  the amount of product shipped from refurbishing center 'm' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' (ton)

LAMDA1

LAMDA2

LAMDA3

;

\*Her bir aracın tur sayısı tasinan miktar  $up(Q)$ lara bölünerek bulunur

## Integer Variables

XINT(I,J,Q,T)

YINT(J,K,Q,T)

ZINT(K,L,Q,T)

VINT(L,M,Q,T)

WINT(L,Q,T)

UINT(M,K,Q,T)

;

## BINARY VARIABLES

XX(I,J,Q,T) if part shipped from supplier 'i' to plant 'j' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

YY(J,K,Q,T) if product shipped from plant 'j' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

ZZ(K,L,Q,T) if returned product shipped from market 'k' to collection centre 'l' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

VV(L,M,Q,T) if refurbished product shipped from collection centre 'l' to refurbishing centre 'm' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

WW(L,Q,T) if products are dispatched from collection center 'l' to disposal center with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

UU(M,K,Q,T) if products are shipped from refurbishing center 'm' to market 'k' with range of load level 'q' at time period 't' 1 otherwise 0 (ton)

OP(J,N,T)

OCC(L,T)

ORF(M,T)

;

Z.fx(K,L,Q,'1')=0;

## EQUATIONS

ObjFun

ObjFun1

ObjFun2

ObjFun3

ObjFun4

ObjFun5

CONST1

CONST2

CONST3

CONST4

CONST5

CONST6

CONST7

CONST8

CONST9

CONST10

CONST11

CONST12

CONST13

CONST14

CONST15

CONST16

CONST17

CONST18

CONST19

CONST20  
CONST21  
CONST22  
CONST23  
CONST24  
CONST25  
CONST26  
CONST27  
CONST28  
CONST29  
CONST30  
CONST31  
CONST32  
CONST33  
CONST34  
CONST35  
CONST36  
CONST37  
CONST38  
CONST39  
CONST40  
CONST41  
CONST42  
CONST43  
CONST44  
CONST45  
CONST46  
CONST47  
CONST48  
  
CONST49

CONST50

CONST51

CONST52

CONST53

CONST54

CONST55

;

\*ObjFun..           Objfunc=E=Objfunc1+Objfunc2+Objfunc3;

ObjFun..           Objfunc=E=0.333\*LAMDA1+0.333\*LAMDA2+0.333\*LAMDA3;

**\*transportation cost**

ObjFun1..           Objfunc1=E=SUM((I,J,Q,T),C(Q,T)\*DistanceIJ(I,J)\*X(I,J,Q,T))+  
                      SUM((J,K,Q,T),C(Q,T)\*DistanceJK(J,K)\*Y(J,K,Q,T))+  
                      SUM((K,L,Q,T),C(Q,T)\*DistanceKL(K,L)\*Z(K,L,Q,T))+  
                      SUM((L,M,Q,T),C(Q,T)\*DistanceLM(L,M)\*V(L,M,Q,T))+  
                      SUM((L,Q,T),C(Q,T)\*DistanceL(L)\*W(L,Q,T))+  
                      SUM((M,K,Q,T),C(Q,T)\*DistanceMK(M,K)\*U(M,K,Q,T));

\*Purchasing and Operational Cost: purchasing cost + production cost + collection cost  
+ refurbishing cost + disposal cost - cost saving

ObjFun2..           Objfunc2=E=SUM((I,J,Q,T),PC(I)\*X(I,J,Q,T))+  
                      SUM((J,K,Q,T),PR(J)\*Y(J,K,Q,T))+  
                      SUM((K,L,Q,T),COLC(K,L)\*Z(K,L,Q,T))+  
                      SUM((L,M,Q,T),RFC(M)\*V(L,M,Q,T))+  
                      SUM((L,Q,T),DC\*W(L,Q,T))-  
                      SUM((M,K,Q,T),COS(M)\*U(M,K,Q,T));

\*Fixed Facility Cost: opening cost of plants + opening cost of collection centers + opening cost of refurbishing centers

$$\begin{aligned} \text{ObjFun3..} \quad \text{Objfunc3} &= E = \text{SUM}((J,N,T), \text{FCP\_JNT}(J,N,T) * \text{OP}(J,N,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((L,T), \text{FCC\_LT}(L,T) * \text{OCC}(L,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((M,T), \text{FCRC\_MT}(M,T) * \text{ORF}(M,T)); \end{aligned}$$

\*Environmental Cost: unit cost of CO2 x (emission of transportation + emission of production)

$$\begin{aligned} \text{ObjFun4..} \quad \text{Objfunc4} &= E = C\_CO2 * (\text{SUM}((I,J,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceIJ}(I,J) * X(I,J,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((J,K,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceJK}(J,K) * Y(J,K,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((K,L,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceKL}(K,L) * Z(K,L,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((L,M,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceLM}(L,M) * V(L,M,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((L,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceL}(L) * W(L,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((M,K,Q,T), \text{CET}(Q) * \text{DistanceMK}(M,K) * U(M,K,Q,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((J,N,K,Q,T), \text{CEP}(J,N) * Y(J,K,Q,T))); \end{aligned}$$

**\*Social Cost:**

$$\begin{aligned} \text{ObjFun5..} \quad \text{Objfunc5} &= E = \text{SUM}((J,N,T), \text{JO\_JNT}(J,N,T) * \text{OP}(J,N,T)) + \\ &\quad \text{SUM}((J,N,T), \text{CSR\_JNT}(J,N,T) * \text{OP}(J,N,T)) - \\ &\quad \text{SUM}((J,N,T), \text{WA\_JNT}(J,N,T) * \text{OP}(J,N,T)); \end{aligned}$$

\*\*\*\*\*CONSTRAINTS\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*CAPACITY  
CONSTRAINTS\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*Capacity constraints of suppliers

CONST1(I,T).. SUM((J,Q),X(I,J,Q,T))=L=CAPS\_IT(I,T);

\*Capacity constraints of plants

CONST2(J,T).. SUM((K,Q),Y(J,K,Q,T))=L= sum (N,  
CAPP\_JT(J,N,T)\*OP(J,N,T));

\*Capacity constraints of collection centers

CONST3(L,T).. SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T))=L=CAPCC\_LT(L,T)\*OCC(L,T);

\*Capacity constraints of refurbishing centers

CONST4(M,T).. SUM((K,Q),U(M,K,Q,T))=L=CAPRF\_MT(M,T)\*ORF(M,T);

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**\*Demand constraints**

CONST5(K,T)..  
SUM((J,Q),Y(J,K,Q,T))+SUM((M,Q),U(M,K,Q,T))=G=DEMAND\_KT(K,T);

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*Pricewise Linear Transportation Constraints

CONST6(I,J,T).. X(I,J,'1',T)-MM\*XX(I,J,'1',T)=L=0;



CONST7(I,J,T)..  $X(I,J,'1',T)-MM*XX(I,J,'1',T)=G=0.001-MM;$   
  
 CONST8(I,J,T)..  $X(I,J,'2',T)-MM*XX(I,J,'2',T)=L=0;$   
 CONST9(I,J,T)..  $X(I,J,'2',T)-MM*XX(I,J,'2',T)=G=10-MM;$   
  
 CONST10(I,J,T)..  $X(I,J,'3',T)-MM*XX(I,J,'3',T)=L=0;$   
 CONST11(I,J,T)..  $X(I,J,'3',T)-MM*XX(I,J,'3',T)=G=20-MM;$   
  
 CONST12(J,K,T)..  $Y(J,K,'1',T)-MM*YY(J,K,'1',T)=L=0;$   
 CONST13(J,K,T)..  $Y(J,K,'1',T)-MM*YY(J,K,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST14(J,K,T)..  $Y(J,K,'2',T)-MM*YY(J,K,'2',T)=L=0;$   
 CONST15(J,K,T)..  $Y(J,K,'2',T)-MM*YY(J,K,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST16(J,K,T)..  $Y(J,K,'3',T)-MM*YY(J,K,'3',T)=L=0;$   
 CONST17(J,K,T)..  $Y(J,K,'3',T)-MM*YY(J,K,'3',T)=G=20-MM;$   
  
 CONST18(K,L,T)..  $Z(K,L,'1',T)-MM*ZZ(K,L,'1',T)=L=0;$   
 CONST19(K,L,T)..  $Z(K,L,'1',T)-MM*ZZ(K,L,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST20(K,L,T)..  $Z(K,L,'2',T)-MM*ZZ(K,L,'2',T)=L=0;$   
 CONST21(K,L,T)..  $Z(K,L,'2',T)-MM*ZZ(K,L,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST22(K,L,T)..  $Z(K,L,'3',T)-MM*ZZ(K,L,'3',T)=L=0;$   
 CONST23(K,L,T)..  $Z(K,L,'3',T)-MM*ZZ(K,L,'3',T)=G=20-MM;$   
  
 CONST24(L,M,T)..  $V(L,M,'1',T)-MM*VV(L,M,'1',T)=L=0;$   
 CONST25(L,M,T)..  $V(L,M,'1',T)-MM*VV(L,M,'1',T)=G=0.001-MM;$   
 CONST26(L,M,T)..  $V(L,M,'2',T)-MM*VV(L,M,'2',T)=L=0;$   
 CONST27(L,M,T)..  $V(L,M,'2',T)-MM*VV(L,M,'2',T)=G=10-MM;$   
 CONST28(L,M,T)..  $V(L,M,'3',T)-MM*VV(L,M,'3',T)=L=0;$   
 CONST29(L,M,T)..  $V(L,M,'3',T)-MM*VV(L,M,'3',T)=G=20-MM;$   
  
 CONST30(L,T)..  $W(L,'1',T)-MM*WW(L,'1',T)=L=0;$   
 CONST31(L,T)..  $W(L,'1',T)-MM*WW(L,'1',T)=G=0.001-MM;$



```

CONST49(K,T)$(ORD(T)<>CARD(T))..
PI*(SUM((J,Q),Y(J,K,Q,T))+SUM((M,Q),U(M,K,Q,T)))-
SUM((L,Q),Z(K,L,Q,T+1))=E=0;

CONST50(L,T)..      TETA*(SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T)))-
SUM((M,Q),V(L,M,Q,T))=E=0;

CONST51(L,T)..      (1-TETA)*SUM((K,Q),Z(K,L,Q,T))-SUM((Q),W(L,Q,T))=E=0;

CONST52(M,T)..      SUM((L,Q),V(L,M,Q,T))-SUM((K,Q),U(M,K,Q,T))=E=0;

*****
*****

*Tiwari et al. constratints

*****
*****

CONST53..      LAMDA1=L=(116120000-
(Objfunc1+Objfunc2+Objfunc3))/(116120000-24166590);

CONST54..      LAMDA2=L=(1213090000-Objfunc4)/(1213090000-133989072);

CONST55..      LAMDA3=L=(Objfunc5-90)/(4320-90);

MODEL BERLIN_V5_TIWARI /all/;

BERLIN_V5_TIWARI.optcr=0;

BERLIN_V5_TIWARI.reslim=36000;

BERLIN_V5_TIWARI.iterlim=1e9;

BERLIN_V5_TIWARI.limrow=1000;

BERLIN_V5_TIWARI.limcol=1000;

SOLVE BERLIN_V5_TIWARI USING MIP MAXIMIZING Objfunc;

file outfile /BERLIN_V5_TIWARI.txt/;

put outfile;

put 'IsOptimum'; put BERLIN_V5_TIWARI.modelstat; put /;

put 'Objective_Value'; put Objfunc.l; put /;

```