



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

**ÇOK PERİYOTLU PLANLAMA UFKU ALTINDA HETEROJEN
MOBİL KARGO DOLABI YERLEŞİM VE ATAMA PROBLEMİ:
BİR MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ**

Merve Nur BATMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

ÇOK PERİYOTLU PLANLAMA UFKU ALTINDA HETEROJEN MOBİL
KARGO DOLABI YERLEŞİM VE ATAMA PROBLEMİ: BİR MATEMATİKSEL
MODEL ÖNERİSİ

Merve Nur BATMAZ

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

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

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

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

...../...../.....

[İmza]

Merve Nur BATMAZ

¹“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (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.
- (2) Madde 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 ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 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 tezlerle 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.
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.
* Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

ETİK BEYAN

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

Merve Nur BATMAZ

Canım Babam ve Can Eşim'e

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca gerek akademik anlamda gerekse iyi bir insan yetiştirme konusunda bana örnek olan, desteğini, bilgisini, özverisini ve zamanını esirgemeyen, tez yazma sürecimde de bana her daim güvenen, başarıyla tamamlayabileceğime gönülden inanan sadece tez danışmanım olmaktan öte akademik yaşamımın her alanında yaptığı rehberlik için çok kıymetli ve saygıdeğer tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet SOYSAL'a,

Lisans eğitimimin ilk döneminden son dönemine kadar üstlenmiş olduğu tüm dersleri kendisinden aldığım, analitik düşünme becerime katkısı oldukça fazla olan, her ne konuda olursa olsun bilgisini, zamanını, desteğini esirgemeyen, bugüne kadar bana öğrettiği her şey ve bana kattığı tüm bilgilerle bu tezi yazmamda büyük rolü olan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mustafa ÇİMEN'e,

Saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet Soysal'ın vesilesiyle tanışmış olduğum, bu tezin tamamlanmasında katkısı oldukça fazla olan, stres anlarımda beni sakinleştiren, gün ya da saat farketmeksizin sorularımı hep cevaplayan, sıkıştığım zamanlarda bana hep destek olan ve akademik anlamda benim için örnek teşkil eden canım hocam Dr. Öğr. Üyesi Sibel ERİŞKAN'a,

Hem lisans hem yüksek lisans dönemimde değerli bilgileriyle bana yön veren aynı zamanda da tez savunma jüri üyelerimden olan saygıdeğer hocalarım, Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN'e ve Dr. Öğr. Üyesi Bülent ÇEKİÇ'e,

Tezimde geliştirmiş olduğum modelin çözümünde verilerinden faydalandığım Pudo firmasına ve katkılarından dolayı değerli yetkilileri Hatice ÖZKAN'a ve Harun AKKOYUN'a

Yüksek lisans serüvenimin ilk final haftasında hayatıma ortak olan, bu sürecimin tamamında yanımda olan, ne zaman canım sıkılsa bana nefes aldırın, sevgisini, ilgisini, anlayışını ve desteğini hiç eksik etmeyen, güldüğümde gülen, ağladığımda benimle ağlayıp sonrasında yine hep güldüren, güzel kızımızın eşsiz babası, can eşim Hamit Berk BATMAZ'a ve hayatımızı şenlendiren, ümitlerimizi yeşerten, güzel kızımız Re-fia BATMAZ'a,

Tezimi bitirmemi heyecanla bekleyen, bu süreçte güçlü kalmam için desteklerini esirgemeyen, motivasyon konuşmalarıyla beni ayakta tutan canım babam Yaşar EREN'e, torunlarıyla ilgilenip tez yazma sürecimde desteklerini eksik etmeyen güzel annem Pakize EREN'e, kıymetli kayınvalidem Sahibe BATMAZ'a ve kıymetli kayınpederim Aziz BATMAZ'a,

Varlıklarıyla mutlu olduğum, tez yazma sürecimde sıkıştığım zamanlarda kızım ile ilgilenen, beni eğlendiren, güldüren, neşelendiren canım kardeşlerim Alparslan Ertuğrul EREN'e, Ahmet Melih EREN'e, Fazilet Nisa EREN'e,

Can eşimin hayatıma kattığı canım kardeşlerim, kızım ile çok güzel vakit geçiren güzel halaları, her anımda yanımda olacaklarını bildiğim Sema Aliye BATMAZ'a ve Sena Asiye BATMAZ'a,

Üniversite hayatımın biricik dostu, yüksek lisansa başlarken yanımda olan, beni hep destekleyen, derdimi dinleyen, konuşmaktan hiç sıkılmadığım canım arkadaşım Aysel TAŞCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

BATMAZ, Merve Nur. *Çok Periyotlu Planlama Ufku Altında Heterojen Mobil Kargo Dolabı Yerleşim ve Atama Problemi: Bir Matematiksel Model Önerisi* Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2024.

Dijital teknolojilerin hızlı bir şekilde yayılmasıyla e-ticaretin önemi günden güne artmaktadır. Çevrimiçi alışveriş, geleneksel alışveriş uygulamalarının önüne geçmekte ve son kilometre taşımacılığının önemini artırmaktadır. Teslimatın son adımının müşteriye kadar takip edildiği bu sistemde firmalar teslimat şekilleri konusunda doğru kararlar verebilmek adına çeşitli uygulamalar üzerine çalışmaktadır. Bunun nedeni ise yalnızca eve teslimat seçeneğinin kullanılmasıyla siparişlerin tamamını uygun şekilde ulaştırmanın mümkün olmamasıdır. Bu yüzden firmalar son mil taşımacılığında farklı teslimat seçenekleri arayışına girmektedir. Literatürde bu konuyla alakalı birçok nitel ve nicel çalışmalar bulunmaktadır. Müşterilerin alışveriş tercihlerine bağlı olarak lojistik sektörünün son kilometre teslimatı yöntemlerine ilgisi artmıştır. Buna bağlı olarak son yıllarda yapılan çalışmalarda, son kilometre teslimatında kargo dolapları kullanımı ilgi görmeye başlamıştır. Kargo dolabı teslimat şeklinde, müşterilere yakın mesafelerde kargo dolapları yerleşimini sağlanıp teslimatların bu dolaplara yapılması ve müşterinin istediği zaman paketine ulaşması sağlanmaktadır. Sabit ve mobil olmak üzere iki farklı şekilde karşımıza çıkan bu teslimat şekillerinden mobil kargo dolabı kullanımında, sabit kargo dolabı kullanımından farklı olarak dolaplar talebe göre dönem dönem yer değiştirebilmektedir. Bu çalışmada, heterojen kapasiteli mobil kargo dolapları için çok dönemli bir yer seçimi ve atama problemi Tam Sayılı Doğrusal Programlama modeli ile matematiksel olarak ifade edilmektedir. Modelin amacı, işletme maliyetlerinin ve noktalar arası yürüme mesafelerinin en küçüklenmesidir. Daha sonrasında modelin uygulanabilirliğinin ve kullanımı sonrasında elde edilecek faydaların sunulması amacıyla örnek bir vaka analizi sunulmuştur. Ayrıca yapılan analizlerde modelin literatüre sağladığı katkılar farklı senaryolar üzerinden incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Son Kilometre Teslimatı, Mobil Kargo Dolabı, Tam Sayılı Doğrusal Programlama

ABSTRACT

BATMAZ, Merve Nur. *Heterogeneous Mobile Parcel Locker Location and Assignment Problem Under Multi-Period Planning Horizon: A Mathematical Model Proposal* Master of Science Thesis, Ankara, 2024

With the rapid proliferation of digital technologies, the importance of e-commerce is increasing day by day. Online shopping is surpassing traditional shopping practices and enhancing the significance of last-mile delivery. In this system, where the final step of delivery is tracked to the customer, companies are working on various applications to make informed decisions about delivery methods. This occurs due to the fact that relying solely on home delivery makes it challenging to properly deliver all orders. Therefore, companies are seeking different delivery options for last-mile transportation. Numerous qualitative and quantitative studies in the literature address this issue. The logistics sector's interest in last-mile delivery methods has grown due to customers' shopping preferences. Consequently, recent studies have shown increasing interest in the use of parcel lockers for last-mile delivery. In the parcel locker delivery method, lockers are placed near customers' locations, allowing deliveries to be made to these lockers, from which customers can retrieve their packages at their convenience. This delivery method appears in two forms: stationary and mobile. Unlike stationary parcel lockers, mobile parcel lockers can be relocated periodically based on demand. In this study, a multi-period location and assignment problem for heterogeneous capacity mobile parcel lockers is formulated mathematically using an Integer Linear Programming model. The aim of the model is to minimize operational costs and walking distances between points. Subsequently, the applicability of the model and the benefits obtained from its use are demonstrated through a case study. Additionally, the contributions of the model to the literature are examined through various scenarios in the conducted analyses.

Keywords

Last Mile Delivery, Mobile Parcel Locker, Integer Linear Programming

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
ETİK BEYAN.....	iii
ADAMA.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM: LOJİSTİK VE ŞEHİR LOJİSTİĞİ	4
1.1 LOJİSTİK YÖNETİMİ	4
1.2 ŞEHİR LOJİSTİĞİ	6
1.2.1 Son Kilometre Taşımacılığı	8
2. BÖLÜM: LİTERATÜR TARAMASI	12
2.1 AKADEMİK YAZINDA SON KİLOMETRE TAŞIMACILIĞINDA KARGO DOLABI KULLANIMI İÇİN YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ	12
2.2 SABİT KARGO DOLABI YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ	13
2.3 MOBİL KARGO DOLABI YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ	14
2.4 SON KİLOMETRE TAŞIMACILIĞINDA KARGO DOLABI KULLANIMI ÜZERİNE BİR LİTERATÜR TARAMASI	15
3. BÖLÜM: MOBİL KARGO DOLAPLARI YER SEÇİMİ VE ATAMA PROBLEMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ	24
3.1 PROBLEM TANIMI	24
3.2 MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ	26
4. BÖLÜM: NÜMERİK ANALİZLER	31
4.1 ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ	31
4.1.1 Örnek Olay Veri Setinin Tanıtılması	32
4.1.2 Örnek Olayın Çözümü ve Analizi	36
4.2 ÖRNEK OLAY ÜZERİNDE SENARYO ANALİZLERİ	39
4.2.1 Senaryo 1: Taşıma Maliyetlerinin Göz Ardı Edildiği Durum	39
4.2.2 Senaryo 2: Dolapların Sabit Olarak Kabul Edildiği Durum	42
4.2.3 Senaryo 3: Farklı Ceza Puanları İçin Performans Kriterlerinin İncelendiği Durum	45

4.2.4	Senaryo 4: Mobil Kargo Dolaplarının Kapasitelerinin Homojen Olarak Kabul Edildiği Durum	48
SONUÇ	53
KAYNAKÇA	56
EK 1.	PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN MALİYET HESAPLAMALARI	63
EK 2.	PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN DOLAP NOKTALARI İLE MÜŞTERİ NOKTALARI ARASI MESAFELER TABLOSU	70
EK 3.	PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN DOLAPLAR ARASI MESAFELER TABLOSU	78
EK 4.	TEZ KAPSAMINDA ÖNERİLEN MODELİN KODU	81
EK 5.	ORİJİNALLİK RAPORU	85
EK 6.	ETİK KURUL MUAFİYET FORMU	86

TABLOLAR DİZİNİ

1	Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı yer seçimi problemleri ile ilgili literatür taraması özet tablosu	16
2	Notasyon tablosu	26
3	Planlama ufkunun başında mobil kargo dolaplarının bulunduğu noktalar	33
4	Problemde yer alan dolaplar, yerleştirme ve müşteri noktaları, ve bölme tipleri	35
5	Modelde kullanılan parametre değerleri	36
6	Örnek olayda potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri (adet)	37
7	Örnek olay için performans kriterleri	38
8	Örnek olay için dolap doluluk oranları (%)	38
9	Senaryo 1 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)	40
10	Senaryo 1 için dolap doluluk oranları (%)	41
11	Örnek olay ve senaryo 1 için performans kriterleri karşılaştırılması . .	41
12	Senaryo 2 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)	43
13	Örnek olay ve senaryo 2 için performans kriterleri karşılaştırılması . .	44
14	Senaryo 2 için dolap doluluk oranları(%)	44
15	Örnek olay ve senaryo 3 için performans kriterleri karşılaştırılması . .	45
16	Senaryo 4 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)	50
17	Örnek olay ve senaryo 4 için performans kriterleri karşılaştırılması . .	52
18	Senaryo 4 için dolap doluluk oranları(%)	52
19	Problemin çözümünde kullanılacak olan maliyet hesaplamaları	63
20	Problemin çözümünde kullanılacak dolap noktaları ile müşteri noktaları arası mesafeler tablosu	70
21	Problemin çözümünde kullanılacak dolaplar arası mesafeler tablosu .	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

1	Lojistiğin rolü (Waters, 2021)	4
2	Şehir lojistiğinin çerçevesi (Neghabadi ve diğ., 2019)	7
3	Kargo dolabı (Pudo, 2024)	10
4	Problemin çözümünde kullanılacak olan mobil kargo dolapları için potansiyel yerleştirme noktaları ve müşteri noktaları	32
5	Problemin çözümünde kullanılacak olan 71 bölmeli mobil kargo dolabının görseli	33
6	Problemin çözümünde kullanılacak olan 38 bölmeli mobil kargo dolabının görseli	34
7	Toplam taşıma maliyetinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği	46
8	Toplam ceza maliyetinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği	47
9	Toplam yürüme mesafesinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği	48

GİRİŞ

E-ticaretin hızla gelişmesi ve teknolojinin sürekli ilerlemesi, lojistik sektöründe önemli değişikliklere yol açmaktadır. Dijital alışveriş platformlarının yaygınlaşması, tüketicilerin ürünleri daha hızlı ve daha esnek şekillerde alma beklentilerini artırmaktadır. Bu durum, lojistik firmalarının hem altyapılarını hem de operasyonel stratejilerini yeniden şekillendirmelerini zorunlu kılmaktadır. Örneğin, müşteri talep noktalarına teslimat, aynı gün içerisinde veya saatlik teslimat, bir çok e-ticaret şirketi tarafından talep edilen hizmetler haline gelmektedir. Teslimat süreçlerinin her adımının takip edilmesi tedarik zinciri yönetiminin karmaşık bir hal almasına neden olmaktadır. Bununla beraber, söz konusu hizmetler lojistik operasyonların son derece duyarlı ve dinamik olmasını gerektirir. Lojistik faaliyetlerini maliyetleri azaltarak verimli bir şekilde planlamak, sosyal ve çevresel faktörleri dikkate alan bir hizmet sunmak ve müşteri beklentilerini dikkatle değerlendirmek lojistik sağlayıcılarına rekabet avantajı sağlamaktadır.

Lojistik sektöründe müşteri ile yakın iletişimde olunan ve müşteri tatmin düzeyini önemli ölçüde etkileyen ve lojistik faaliyetlerinde ortaya çıkan karbon salınımında önemli bir rol üstlenen en kritik süreç, teslimatın müşterinin evinde veya belirlenen teslimat noktasında sonlanan kısım, son kilometre koli teslimatı şeklinde karşımıza çıkar (Gevaers ve diğ., 2014). Dolayısıyla son kilometre taşımacılığı toplam lojistik maliyetlerine olan katkısı ve hizmet seviyelerini (Vakulenko ve diğ., 2018) etkilemede kritik bir rol oynamaktadır (Verlinde ve diğ., 2018) . Artan sipariş miktarının son müşteriye ulaştırılması noktasında son mil teslimatında yaygın kullanımda olan eve teslimat seçeneği değişen çevre şartlarında yetersiz kalmaktadır. Kuryeler aracılığıyla gerçekleştirilen bu teslimat şekli farklı siparişlerin tek seferde ulaştırılması durumunda yeterli olamamaktadır (Xu ve diğ., 2008). İngiltere’de uygulaması olan bir araştırma da göstermektedir ki haftaiçi sabah 08.00 akşam 16.00 saat aralığında gerçekleştirilen faaliyetlerde ilk seferde teslimat oranı %12'lere kadar gerilemektedir (Retail Logistics Task Force - Foresight, 2000). Modern dünyanın etkisiyle bireylerin değişken yaşam tarzları sebebiyle evde bulunmama durumu teslimatta yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yenilikçi bir anlayışla önceden belirlenmiş teslimat noktalarını son kilometre koli

teslimatında kullanmak kullanıcı dostu avantajlar sunmaktadır. Bu teslimat şekli karımıza sabit ve mobil kargo dolabı olarak iki şekilde çıkmaktadır (Schwerdfeger & Boysen, 2020). Sabit kargo dolapları, İngiltere'deki ByBox, Almanya'daki DHL istasyonları ve Çin'deki HiveBox gibi önceden belirlenmiş sabit noktalarda hizmet veren teslimat dolaplarıdır (Kedia ve diğ. (2017); Lim ve diğ. (2018)). Mobil kargo dolapları ise elverişli bir araç sayesinde taşınarak farklı zaman aralıklarında farklı noktalarda hizmet sunabilen esnekliği yüksek bir teslimat şeklidir (J. Chen ve diğ., 2024).

Bu tez çalışmasında, lojistik sektöründe son mil taşımacılığı alanında faaliyet gösteren kargo dolabı firmalarına bir karar destek modeli önerisi sunulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, mobil kargo dolapları için bir yer seçimi ve atama problemi ele alınmaktadır. Kargo dolaplarının yerleştirilebileceği birden fazla potansiyel noktanın bulunduğu problemde kargo dolapları için yer seçimi kararları ve müşteri noktalarını kargo dolabı noktalarına atama kararları, belirlenen müşteri noktaları ve potansiyel noktalar arasındaki mesafeler göz önünde bulundurularak verilmektedir. Söz konusu problem için Tam Sayılı Doğrusal Programlama (TSDP) modeli önerilmektedir. Önerilen matematiksel model kullanılarak dolaplarının bulunduğu noktadan talep noktasına taşınmasıyla ortaya çıkan taşıma maliyeti ve müşterilerin atandıkları dolap noktasına yürüme mesafesi minimizasyonunun sağlanması hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan problemin çok dönemli olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım problemin gerçek hayat verileriyle uygulanabilirliğini arttırmaktadır.

Literatürde, yer seçimi probleminde son mil teslimatında mobil kargo dolabı kullanımının heterojen kapasite varsayımıyla çok dönemli olarak değerlendirildiği bir çalışma bilinebildiği kadarıyla bulunmamaktadır. Ayrıca, çalışma kapsamında yerleştirilecek potansiyel dolap noktalarının Türkiye'de faaliyet göstermekte olan bir kargo dolabı firmasının internet sitesinde paylaşmış olduğu verilerden alınmış olması önerilen modelin literatüre olan katkısını arttıracığı düşünülmektedir.

Bu tez çalışması, giriş ve sonuç bölümleri dahil olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde lojistik yönetimi, şehir lojistiği ve son kilometre teslimatı konuları açıklanarak son kilometre teslimatı türlerine ve son kilometre teslimatının günümüzde artan önemine yer verilmektedir. İkinci bölümde, son kilometre tes-

limatında kullanılan kargo dolapları ile ilgili genel bilgiler verilmekte ve sabit ve mobil olarak kullanılan kargo dolaplarının kapasite ve planlama ufku varsayımı altında incelendiği çalışmaları ele alan bir literatür çalışmasına yer verilmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise, çok dönemli, heterojen kapasiteli mobil kargo dolaplarının yer seçimi ve atama probleminin tanımına yer verilmekte ve söz konusu problemin çözümüne yönelik geliştirilen model önerisi sunulmaktadır. Dördüncü bölümde, modelin bir gerçek hayat örneği üzerinden çözümü incelenmektedir. Daha sonrasında modelin uygulanabilirliğini ve literatüre olan katkısını göstermek amacıyla farklı senaryo analizleri ile elde edilen çözümler verilmektedir. Sonuç bölümünde ise modelin temel örnek ve senaryolar üzerinden genel bir değerlendirilmesi ve ileride yapılabilecek çalışmalara katkı olabilecek öneriler verilmektedir.

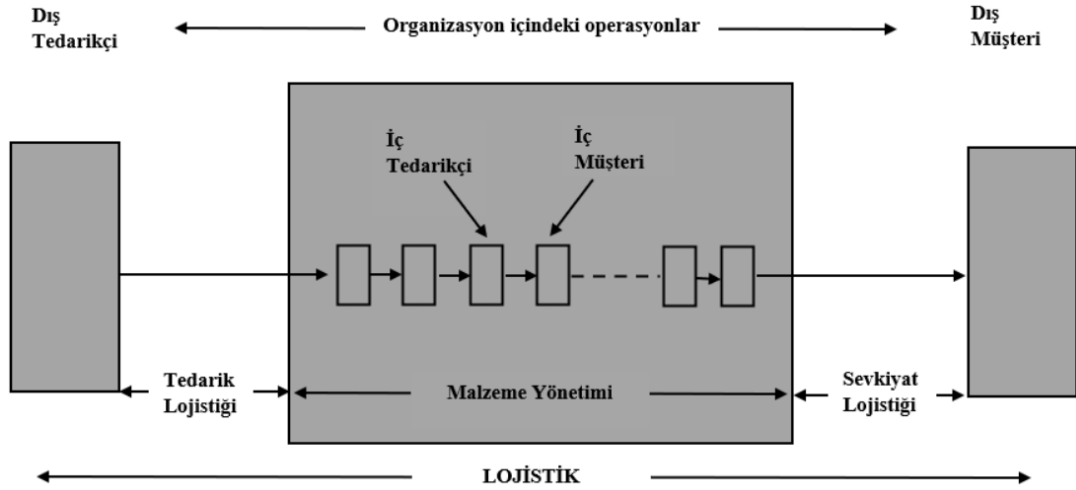
1. BÖLÜM

LOJİSTİK VE ŞEHİR LOJİSTİĞİ

Bu bölümde, lojistik yönetimi, şehir lojistiği, son kilometre taşımacılığı kavramları açıklanmaktadır. Lojistik yönetimi, mal veya hizmet akışının başından sonuna kadar takip edildiği bir sistemdir. Şehir içi lojistik faaliyetlerinin takibi için şehir lojistiği kavramı ön plana çıkmaktadır. Bununla beraber teslimatın son adımını temsil eden son kilometre taşımacılığı da gitgide önem kazanan bir kavram haline gelmektedir.

1.1 LOJİSTİK YÖNETİMİ

Lojistik, bir ürün veya hizmetin üretiminden tüketimine kadar olan sürecin planlanması, yönetilmesi ve kontrol edilmesini içeren bir sistemdir. Bu sistem ürünlerin mümkün olan en etkin ve verimli şekilde taşınmasını sağlar ve bu sayede maliyetleri düşürürken, ürünlerin kalitesini ve müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla da kullanılır. Başka bir kaynakta lojistik, Şekil 1’de gösterildiği gibi malzemelerin tedarikçilerden bir kuruluşa, kuruluş içindeki operasyonlar ve ardından müşterilere akışından sorumlu işlevler bütünü olarak sunulmaktadır (Waters (2021); Korkmaz (2022)).



Şekil 1. Lojistiğin rolü (Waters, 2021)

Lojistik, perakende sektörü, taşımacılık sektörü ve hizmet sektörü gibi birçok sektörde kullanılır. 1900’lü yıllardan günümüze kadar devamlı değişen sistemler sebe-

biyle literatürde lojistik kavramı için birçok tanım yapılmıştır. Günümüzde kullanılan en güncel hali Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi tarafından yapılan, bu zamana kadar yapılmış tüm tanımları genelleyen ve literatürde en çok kabul edilen tanımıyla lojistik, “Müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla malların ve bunlara ilişkin bilgilerin menşe noktasından tüketim noktasına kadar verimli ve etkin bir şekilde taşınması ve depolanması için prosedürlerin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi süreci” olarak ifade edilmektedir (Wilson, 2005).

Lojistik yönetimi, bir mal veya hizmetin üretiminden tüketiciye ulaşması sürecinde oluşan maliyetlerin ve zamanların optimize edilmesi için kullanılan bir yönetim sistemidir. Bu süreç, ürünün hammadde tedarikinden üretimine, depolamadan paketlenmeye ve nihai teslimatına kadar olan tüm aşamaları içerir. Lojistik yönetimi, ayrıca ürünlerin depolama, taşıma ve dağıtımının planlanmasını ve yürütülmesi süreçlerini içerir. Bu, ürünlerin zamanında ve doğru miktarda teslim edilmesini ve maliyetlerin azaltılmasını sağlar. Lojistik yönetimi ile alakalı güncel bir tanım ise “lojistik; malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin çıkış noktasından müşterilerin gereksinimlerine kadar verimli, etkin akışını ve depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden tedarik zinciri sürecinin bir parçasıdır” şeklinde yapılmıştır (Rutner & Langley, 2000).

Lojistik yönetimi, mal veya hizmet akışının etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesini içeren kapsamlı bir işletme sürecidir. Stock ve Lambert (2001) tarafından belirtildiği gibi, stratejik lojistik yönetimi, işletme stratejisi ile entegre bir şekilde düşünülmesi gerekmektedir. Bu, tedarik zinciri boyunca malzeme akışının optimize edilmesini, maliyetlerin azaltılmasını ve müşteri hizmetinin artırılmasını sağlar. Mentzer ve diğ. (2001), tedarik zinciri yönetimi kavramını tanımlayarak, lojistik sürecin tüm paydaşları arasında işbirliği ve koordinasyonu vurgular. Christopher (1994), lojistik yönetiminin maliyetleri azaltma ve hizmet kalitesini artırma stratejileri üzerine odaklanarak, bu sürecin işletmeler için rekabet avantajı sağlayabileceğini belirtir. Bu bağlamda, lojistik yönetimi, işletmelerin rekabetçi bir avantaj elde etmesi ve bu avantajı sürdürmesi için kritik bir öneme sahiptir.

Bir ürünün ilk aşamasından son aşamasına kadar olan süreci ifade eden lojistik yönetimi, işletmelerin titiz bir şekilde üzerinde durdukları bir alan olmuştur. Bu süreçte

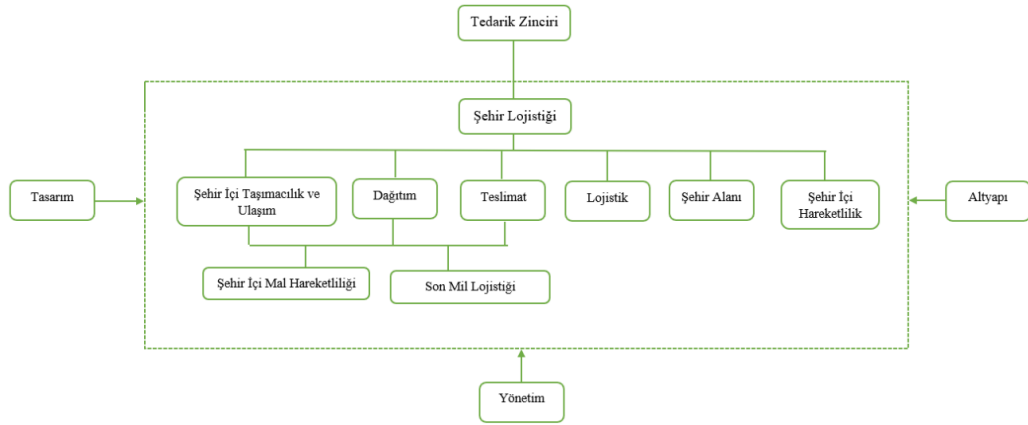
karşılaşılacak tüm olumsuzluklar bu alan tarafından çözüme kavuşturulmaktadır. İşletme içindeki süreçlerin verimli bir şekilde planlanması ve müşteri memnuniyeti de bu alana bağlıdır. İşletmeler için oldukça önemli olan lojistik yönetimi ile ilgili literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Günümüzde de lojistik yönetimi alanı ile ilgili çalışmalar artmış bulunmaktadır.

Lojistik yönetimi, tedarik zinciri yönetimi ile ele alınır. Tedarik zinciri yönetimi, bir ürünün üretiminden tüketiciye ulaşmasına kadar olan tüm süreçleri kapsar. Lojistik yönetimi, tedarik zinciri yönetimi içinde depolama, taşıma, dağıtım ve teslimat aşamalarının yönetimini içerir. Dolayısıyla, lojistik yönetiminin, tedarik zinciri yönetiminin bir alt kümesi olduğu söylenebilir. Lojistik yönetiminde, doğru ürünlerin doğru miktarda üretimi, depolama ve taşıma maliyetleri, teslimat zamanları, ürünlerin kalitesi ve üretim hattının verimliliği gibi faktörlerin değerlendirilmesi zorunludur. Lojistik yönetimi, bu faktörleri değerlendirerek, ürünlerin doğru miktarda ve zamanında teslim edilmesini sağlamak için en uygun yolu seçer.

Bu bölümde, son yıllarda lojistik yönetiminde önem kazanan ve bir çok çalışmanın konusu olan şehir lojistiği kavramı detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Sonrasında ise bu çalışmanın da temelini oluşturan son kilometre taşımacılığı problemi anlatılmaktadır.

1.2 ŞEHİR LOJİSTİĞİ

Dünya Bankası'nın 2022 yılında yayınladığı verilere göre Avrupa'nın yaklaşık %75'i; dünya nüfusunun ise yaklaşık %57'si şehirlerde yaşamaktadır (World Bank, 2022). İnsanların daha iyi yaşama, çalışma ve daha iyi bir eğitim alma arzusu onları şehirlerde yaşamaya sevk etmektedir. Bu arzuyla beraber insanlar şehirlerde nüfus artışına neden olmakta ve hali hazırda karmaşık olan şehir hayatını daha karmaşık bir hale getirerek trafik yoğunluğunu, hava ve gürültü kirliliğini artırmaktadır (Savrun & Mutlu, 2019). Şehir lojistiği uygulamaları, karmaşık olan bu şehir yoğunluğunu azaltmaya ve kirliliklere engel olmaya yönelik yapılan çalışmalarla yardımcı olmaktadır. Neghabadi ve diğ. (2019), yaptıkları literatür çalışmasında, şehir lojistiğinin tüm çerçevesini Şekil 2'de görüldüğü gibi oluşturmuşlardır (Korkmaz, 2022).



Şekil 2. Şehir lojistiğinin çerçevesi (Neghabadi ve diğ., 2019)

Şehirlerde gitgide artan nüfusun etkisiyle lojistik faaliyetlerinde artış yaşanmakta ve bu artış çevresel, sosyal ve ekonomik anlamda olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve kentsel alanlarda, özel şirketlerin gerçekleştirdiği lojistik ve ulaşım faaliyetlerinin optimize edilmesi amacıyla şehir lojistiği kavramı ortaya çıkmıştır (Kanık ve diğ. (2023); Taniguchi ve diğ. (2001)). Aynı zamanda dijitalleşmenin de etkisiyle e-ticaret alışverişleri yaygınlaşmaktadır. Bu sebeple ürünlerin müşterilere ulaştırılması süreçlerinin yönetimi ve planlanması daha da önem kazanmaktadır.

Şehir lojistiği kavramı, şehir içinde ürünlerin taşınmasını, dağıtılmasını ve toplanmasını kapsamaktadır. Şehir lojistiği, pazar ekonomisi çatısında trafik işleyişi ve enerji tüketimini göz önünde bulundurarak kentsel alanlarda gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerinin optimize edilme süreci olarak tanımlanmaktadır (Taniguchi ve diğ. (2001); Neghabadi ve diğ. (2019)). Bu tanım gereği, kentsel lojistik süreçlerini kapsayan ve tedarik zincirinin son aşaması olarak görülen şehir lojistiğinin uygun tasarımı toplumun hayat kalitesini olumlu yönde etkileyeceği bilinmektedir (Rao ve diğ., 2015). Ayrıca, ileri düzey bir şehir lojistik sistemi, gereksiz işlem maliyetlerini azaltmanın yanı sıra yatırım ortamını iyileştirebilmekte ve doğrudan yabancı yatırımı artırabilmektedir (Dahmardeh ve diğ., 2018).

Şehir lojistiği, şehirlerde ticaret faaliyetlerine destek olmak için kullanılan taşımacılık ve depolama hizmetlerinin yönetimidir (Gonzalez ve diğ., 2018). Bu hizmetlerin amacı, ürünlerin üretimden tüketiciye ulaştırılması sürecinde zaman ve maliyeti

azaltmaktır (X. Chen ve diğ., 2016). Şehir lojistiği, şehirlerdeki ticaret faaliyetlerini desteklemek için kullanılan taşımacılık ve depolama hizmetlerinin planlanması, yönetimi ve optimizasyonudur (Feng ve diğ., 2019). Şehirlerdeki ticaret faaliyetlerine destek olmak amacıyla kullanılan taşımacılık ve depolama hizmetlerinin yönetimi ve optimizasyonunu içermektedir (J. Li ve diğ., 2021). Bu hizmetler, ürünlerin üretimden tüketiciye ulaştırılması sürecinde zaman ve maliyeti azaltmayı hedeflemektedir (Zhou ve diğ., 2016). Şehir içi taşımacılığının zorluklarından olan trafik sıkışıklığı, park yeri sorunu ve çevresel etkilerin şehir lojistiğinin kapsamına girer (Woodburn, 2012). Özellikle kalabalık vilayetlerde trafik yoğunluğu nedeniyle dikkat çeken şehir içi lojistik faaliyetlerinden kaynaklı karşılaşılan sorunları azaltmada iyi bir planlama gereklidir. Lojistik faaliyetlerinin tümü şehirlerin birbirinden farklı nitelikteki ihtiyaçlarını karşılamak için mevcut şartlara uygun şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda şehir lojistiğinde, online alışverişin artmasıyla teslimatın son adımının müşteriye kadar takip edildiği son kilometre taşımacılığı kavramı ön plana çıkmaktadır. Bölümün devamında son kilometre taşımacılığı, içerdiği birden fazla farklı teslimat yöntemleri ile birlikte izleyen alt başlıkta detaylı bir şekilde incelenmektedir.

1.2.1 Son Kilometre Taşımacılığı

Şehir nüfusundaki artış ve genellikle yüksek maaş alan bireylerin sayısının artması konut, hizmet ve mal talebinin artmasına yol açmaktadır (Mucowska, 2021). Bu talep artışı, teknolojinin gelişimi ve kullanımının artması ile birlikte çevrimiçi perakendeciliği de desteklemektedir; bu da çevrimiçi mağazalardan satın alınan ürünlerin dünya çapında her yerden temin edilmesi faaliyetini arttırmaktadır (Mucowska, 2021). Bu tedarik zinciri içindeki son aşama, son kilometre taşımacılığı olarak adlandırılmaktadır.

Son kilometre taşımacılığı, genellikle bir teslimatın nihai hedefe ulaştırılmasında son adımdır ve teslimatın tamamlanması sürecidir. Bu süreç, malın üretici veya tedarikçiden alıcıya teslim edilmesi için gerekli olan tüm taşıma ve depolama işlemlerini içerir. Son kilometre taşımacılığı, bir malı bir kamyon ile nihai hedefe teslim etmek veya bir kargo uçağı ile nakliyesini sağlamak gibi birçok farklı şekillerde yapılabilir.

Ayrıca, son kilometre taşımacılığı için kurye hizmetleri de kullanılmaktadır. Önemli olan, teslimatın zamanında ve hasarsız olarak nihai hedefe ulaştırılmasıdır.

Son kilometre taşımacılığı, çoğu zaman perakende sektöründe önemli bir rol oynar, ancak diğer sektörlerde de kullanılan bir ulaştırma sürecidir. Örneğin, bir otomotiv şirketi, yeni bir araba modelinin üreticiden alıcıya teslim edilmesi için son kilometre taşımacılığı hizmetinden faydalanırken, benzer şekilde, bir inşaat şirketi, inşaat malzemelerini nihai inşaat yerine teslim etmek için son mil taşımacılığı hizmeti kullanabilmektedir. Son kilometre taşımacılığı, pazar farklılaşmasının önemli bir kaynağı haline gelmektedir ve perakendecileri bir çok tüketici teslimat yeniliklerine yatırım yapmaya teşvik etmektedir (Lim ve diğ., 2018).

Son kilometre taşımacılığı, günümüzde e-ticaretin ve çevrimiçi alışverişin artmasıyla birlikte giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Olsson ve diğ. (2019); Gevaers ve diğ. (2011)). Müşteriler, satın aldıkları ürünlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde ellerine ulaşmasını beklemektedirler (Olsson ve diğ. (2019); Gevaers ve diğ. (2011)). Ancak, şehir içi trafiğin yoğunluğu, park yeri sıkıntıları ve teslimat adreslerinin karmaşıklığı gibi faktörler gürültü kirliliğine ve hava kirliliğine sebep olmaktadır (Ranieri ve diğ., 2018). Bu zorlukların üstesinden gelmek için, lojistik şirketleri ve perakende firmaları, teknolojik yeniliklere ve operasyonel stratejilere yatırım yapmaktadırlar. Örneğin, Lopez (2017) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, teslimat İnsansız Hava Araçları (İHA), otonom araçlar ve dijital lojistik ağları gibi teknolojiler, son mil taşımacılığını iyileştirmek ve daha verimli hale getirmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Benzer şekilde, parça taşıyıcıları, şehir içi depolama ve dağıtım merkezlerine yatırım yaparak, teslimat süreçlerini optimize etmeye çalışmaktadırlar. Son kilometre taşımacılığındaki bu yenilikler ve operasyonel gelişmeler, müşteri memnuniyetini artırmak ve rekabet avantajı elde etmek isteyen firmalar için önemli bir rol oynamaktadır (McKevitt, 2017).

Son kilometre taşımacılığında firmaların kullandığı bir çok farklı teslimat şekli bulunmaktadır. Bunlardan biri olan eve teslimat seçeneğinde teslimatlar müşterinin belirttiği adrese kadar taşınmaktadır. Bu teslimat şeklinde müşterilerin evde bulunmama durumundan kaynaklanan teslimatın gerçekleştirilememesi durumu vardır. Bir diğer teslimat şekli olan hizmet noktaları, müşterilerin ulaşabileceği süpermarket, alışve-



Şekil 3. Kargo dolabı (Pudo, 2024)

riş merkezi, kırtasiye gibi alanlara bırakılan paketlerin müşteri tarafından alınmasıyla gerçekleşmektedir. Buradaki sorun hizmet edilen her müşteriye mesafe bakımından yakın hizmet noktalarının bulunmayışı ve teslimatı yapılacak kutuların zamanında müşteriler tarafından alınmamasıdır. Otonom teslimat seçeneğinde müşterilerin belirledikleri adreslere otonom araçlarla teslimat yapılmaktadır. Müşterilerin belirtilen adreste bulunmaması teslimatın gerçekleşmemesi ile sonuçlanmaktadır. Bir diğer teslimat seçeneğinde müşteriler farklı teslimatları tek bir noktada toplayıp tek seferde alabilmektedir. İHA teslimatında ise müşteriler tarafından belirlenen noktalara İHA aracılığı ile teslimat yapılmaktadır. Çalışmalara konu olan son teslimat seçeneği ise, teslimat seçenekleri arasında literatürde sıklıkla çalışılan sabit kargo dolaplarına teslimat seçeneğidir. Buradaki amaç, müşterilere yakın mesafelerde kargo dolapları yerleşimini sağlayıp teslimatların bu dolaplara yapılması ve müşterinin istediği zaman paketine ulaşması ile teslimatın sonlanmasıdır. Şekil 3, sabit kargo dolabına örnek olarak verilmiştir.

Günümüzde son mil taşımacılığında kullanılan teslimat şekilleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Ev teslimatı:** Ürünler, müşterinin belirlenen adresine kurye, kamyon veya otomatik teslimat araçları ile teslim edilir.

- **Hizmet noktaları (Mağazada teslimat):** Müşteri, satın aldığı ürünleri satın aldığı mağazada veya belirlenen bir başka yerde teslim alır.
- **Kargo dolabı (Kilitli dolap) teslimatı:** Ürünler, müşterinin belirlenen bir adrese yerleştirilen kilitli dolaplarına bırakılır. Müşteri, özel bir kod ile dolabı açarak ürünleri alabilir.
- **Otonom teslimat:** Ürünler, otomatik teslimat araçları ile müşterinin belirlenen adresine teslim edilir.
- **Tıkla ve topla:** Müşteri ürünlerini online olarak sipariş eder ve daha sonra belirlenen bir yerde toplar.
- **İHA teslimatı:** Ürünler, İHA aracılığı ile müşterinin belirlenen adresine teslim edilir.

Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı kullanımı sabit ve mobil kargo dolabı kullanımı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu tez çalışmasında mobil kargo dolabı kullanımı ile teslimat kısmı ele alınmaktadır. Çalışmanın devamında bu başlık detaylı bir şekilde incelenmektedir.

2. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, çalışma ile ilgili yapılmış olan bir literatür taraması sunulmaktadır. Yapılan bu literatür taraması ile çalışmanın konusunu oluşturan kavramların önceki yıllarda hangi açılardan ele alındığı incelenmektedir. Öncelikle, son kilometre teslimatında kargo dolabı kullanımı incelenmektedir. Daha sonra, sabit ve mobil kargo dolabının kullanıldığı durumlar detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

2.1 AKADEMİK YAZINDA SON KİLOMETRE TAŞIMACILIĞINDA KARGO DOLABI KULLANIMI İÇİN YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ

Çevrimiçi alışveriş, geleneksel alışveriş uygulamalarının önüne geçmekte ve son kilometre taşımacılığının önemini artırmaktadır. Teslimatın son adımının müşteriye kadar takip edildiği bu sistemde firmalar teslimat şekilleri konusunda doğru kararlar verebilmek adına çeşitli uygulamalar üzerine çalışmaktadır. Bunun nedeni ise sadece eve teslimatta siparişlerin tamamını uygun şekilde ulaştırmanın mümkün olmamasıdır. Bu yüzden firmalar son mil taşımacılığında farklı teslimat seçenekleri arayışına girmektedir. Literatürde bu konuyla alakalı birçok nitel ve nicel çalışmalar bulunmaktadır.

Literatürde karşılaşılan son kilometre taşımacılığında kargo dolabı kullanımı problemlerinde kargo dolaplarının yer seçimi için birçok model oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerin bir kısmında sabit kargo dolapları diğer bir kısmında ise mobil kargo dolapları ele alınmıştır. Çalışmanın devamında sabit kargo dolabı yer seçimi problemleri ve mobil kargo dolabı yer seçimi problemleri ayrı ayrı incelenmektedir. Daha sonrasında son kilometre taşımacılığında kargo dolabı kullanımı ile ilgili bir literatür çalışması verilmektedir.

2.2 SABİT KARGO DOLABI YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ

Sabit kargo dolabı yer seçimi problemleri, bir işletmenin depolama alanında sabit bir kargo dolabının nereye yerleştirileceği konusundaki kararları içerir. Bu problemin amacı, depo içindeki taşınabilir ürünlerin en verimli şekilde saklanabilmesini sağlamaktır. Bu kararları verirken, depolama alanının boyutu, şekli, yüksekliği, dolabın boyutu ve kapasitesi gibi faktörler dikkate alınır. Yer seçimi problemlerinin çözümü, işletmelerin depolama alanlarının optimize edilmesine yardımcı olur ve depolama kapasitelerini artırmalarını sağlar.

Son kilometre taşımacılığında sabit kargo dolaplarının kullanımı, şehir içi dağıtım süreçlerini optimize etmek ve teslimat verimliliğini artırmak için önemli bir stratejidir. Bu dolaplar, depo ve dağıtım merkezlerinden alınan ürünlerin güvenli bir şekilde depolanması ve taşınması için kullanılmaktadır. Ayrıca, kargo dolapları, farklı teslimat adreslerine yönelik optimize edilmiş rotalarda kullanılarak, teslimat süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Sabit kargo dolaplarının kullanımı, son mil taşımacılığında karşılaşılan bazı zorlukları da azaltmaktadır. Örneğin, teslimat adreslerinin karmaşıklığı ve park yeri sıkıntıları gibi faktörleri yönetmede kullanılmaktadır (Tavasszy & Jansen, 2007). Bu nedenle, lojistik şirketleri ve perakende firmaları, son mil taşımacılığında sabit kargo dolaplarının kullanımını artırmaya yönelik stratejiler geliştirmektedirler.

Sabit kargo dolabı yer seçimi problemleri, depo yönetimi alanında önemli bir konudur ve perakende, lojistik, dağıtım ve imalat gibi birçok endüstriyel sektörde kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu problem türü, bir işletmenin depolama alanında yer seçimi yaparken karşılaştığı birçok zorluğa bir çözüm geliştirmek amacıyla çalışılmaktadır. Bu zorluklar arasında depolama alanının sınırlı olması, ürünlerin farklı boyut ve ağırlıklarda olması, sıcaklık, nem ve ışık gibi çevresel faktörlerin etkisi, ürünlerin farklı depolama gereksinimleri gibi faktörler yer alır (Goetschalckx & Ratliff, 1991).

İşletmelerin depolama alanlarının yer seçimi konusunda yaşadıkları zorlukların giderilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle, bir işletme için en uygun sabit kargo dolabı yerini belirlemek amacıyla matematiksel modeller kullanılmaktadır. Bu modellerde, öncelikle depolama alanının boyutu, şekli, yüksekliği, dolapların boyutu ve kapasite-

tesisi gibi fiziksel faktörler göz önünde bulundurulmaktadır (Roodbergen & Vis, 2006). Daha sonra, depolama alanındaki ürünlerin özellikleri, depolama gereksinimleri ve stok miktarları gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Bu faktörlerin tümü, işletmenin dolap yerleşimi kararını etkiler ve dolayısıyla optimal bir yer seçimine yönelik matematiksel modellerin oluşturulması gerekmektedir (Roodbergen & Vis, 2006).

Sabit kargo dolapları yer seçimi için oluşturulan bu modeller, amaç fonksiyonları, kısıtlar ve karar değişkenlerini içermektedir. Amaç fonksiyonları, işletmenin belirlediği hedefleri temsil etmekte ve dolap yerleşimi kararlarının bu hedeflere uygun olmasını sağlamaktadır. Kısıtlar, depolama alanı, dolap boyutları ve ürün özellikleri gibi sınırlamaları temsil etmektedir. Karar değişkenleri ise, depo yer seçimi kararları ve ürün takibi kararlarını temsil etmektedir. Bu modellerin çözümünde, en uygun dolap yerleşimini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar arasında genetik algoritmalar, doğrusal programlama, tam sayılı programlama, karar ağaçları ve yapay sinir ağları gibi teknikler yer alır (L. Chen & Shao, 2014). Bu teknikler, yer seçimi problemlerinin doğru ve etkili bir şekilde çözülmesine yardımcı olur ve işletmenin depolama alanlarının optimize edilmesine olanak tanır.

2.3 MOBİL KARGO DOLABI YER SEÇİMİ PROBLEMLERİ

Mobil kargo dolabı yer seçimi problemleri, genellikle depolama ve dağıtım işlemlerinde karşılaşılan bir karar problemidir. Bu problemin temel amacı, kargo dolabının en uygun yer seçimini belirleyerek, depolama ve dağıtım işlemlerinin verimliliğini artırmaktır.

Mobil kargo dolabının yer seçimi problemi, sabit kargo dolabı problemi gibi işletmelerin yaşadığı zorluklara bir çözüm geliştirme amacıyla çalışılmaktadır. Bu zorluklar arasında depolama alanına farklı büyüklüklerde gereksinim duyulması, ürün çeşitliliği ve dağıtım ağı gibi unsurlar yer almaktadır (Anand ve diğ., 2012). Mobil kargo dolapları için yer seçimi problemi çalışılırken sabit kargo dolabı yer seçimi problemlerinden farklı olarak planlamanın daha sık yapılması, ekipman ihtiyacının fazla olması ve araç temini gibi zorluklar da karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, kargo dolabının depolanacak ürünlerin özelliklerine göre tasarlanması ve depolanacak ürünlerin

boyutları, ağırlıkları ve hacimleri de dikkate alınması gereken faktörler arasındadır (H. Li ve diğ., 2017).

Bu problemin çözümü için, öncelikle kargo dolabının yerleştirileceği alana ilişkin veriler toplanır. Daha sonra, matematiksel modeller oluşturularak ve bu modeller kullanılarak en uygun yer seçimi yapılır. Bu modeller, genellikle yerleştirme maliyetleri, ürün hareketleri, dağıtım süreleri ve işgücü maliyetleri gibi faktörleri dikkate alır.

Mobil kargo dolabı yer seçimi problemleri, lojistik yönetimi için oldukça önemli bir konudur. Doğru bir yer seçimi, depolama ve dağıtım işlemlerinin daha verimli ve hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayabileceğinden, bu problemin çözümü, işletmeler için önemli bir rekabet avantajı sağlayabilir (Yrjöla, 2015).

2.4 SON KİLOMETRE TAŞIMACILIĞINDA KARGO DOLABI KULLANIMI ÜZERİNE BİR LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada yapılan ilgili literatür taraması için veri tabanı olarak “Web of Science” kullanılmaktadır. Bu veri tabanında öncelikli olarak tarama “parcel locker” anahtar sözcüğü ile konu “topic” esaslı arama yapılmıştır. Yapılan arama sonucunda 194 çalışmaya ulaşılmıştır. Sonrasında, bu alandaki çalışmalar tüm zaman dilimlerinde sırasıyla; “location problem” ve “mobile” sözcükleri ile ayrı ayrı filtrelenmiştir. Tarama sonucunda “location problem” ile 40, “mobile” ile 13 makaleye ulaşılmıştır. Üç anahtar sözcük kullanılarak yapılan taramalarda, sayısal analiz içermeyen ve her üç taramada da bulunan 29 makaleye ulaşılmıştır. Bu çalışmaların tamamı bu bölümde detaylı olarak incelenmektedir. Tablo 1’de incelenen nicel çalışmalarda yer alan problem tipi, yer seçimi kararı, kargo dolabı türü, kargo dolabı kapasitesi ve planlama ufku ile ilgili bilgiler verilirken çalışmaların temel bulguları kısaca açıklanmaktadır.

Tablo 1. Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı yer seçimi problemleri ile ilgili literatür taraması özet tablosu

#	Makale	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Kargo Dolabı Türü	Dolap Kapasitesi	Planlama Ufku*	Temel Bulguları
1	Deutsch ve Golany (2018)	KTYSP	Toplama ve dağıtım noktaları için yer seçimi	Sabit	-	-	Bu çalışmada, şehir içi araç dolaşımını azaltarak ve teslimatı yapılamayan kargo sayısını azaltarak şehir lojistiğinin düzenlenmesi sağlanmaktadır.
2	Beirigo ve diğ. (2018)	TDARP	Kargo dağıtım kararları, rotalama kararları	Mobil	Heterojen	-	Bu çalışma, hem yolcu hem kargo taşıyabilen araçlarla, kargo dağıtımını sağlayarak toplam karı iyileştirmeyi amaçlamaktadır.
3	Ji ve diğ. (2019)	ÇAYEKAP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Sabit	Heterojen	-	Bu çalışmada son mil teslimatında kargo dolabı kullanılarak toplam maliyet ve enerji tüketiminin en aza indirilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.
4	Orenstein ve diğ. (2019)	KSİKARP	Kargo paketlerinin müşteri esnekliğine göre alınacağı noktanın belirlenmesi	Sabit	Heterojen	-	Bu çalışmada, alıcılar için kargolarını belirli bir hizmet noktasından değil, alıcının ev adresine yakın, alıcının ofisine yakın veya alıcının favori alışveriş merkezine yakın birden fazla noktadan almaya istekli olduğu durumlar için lojistik bir model önerisi sunulmaktadır.
5	Enthoven ve diğ. (2020)	KSİKARP	Kargo dolabı kurma ve kargo bisikleti kullanma kararları	Sabit	-	-	Bu çalışma aynı alanda bulunan müşteriler için son kilometre teslimatında kargo bisikleti ya da kargo dolapları kullanımının karşılaştırılmasını sunmaktadır.
6	Grabenschweiger ve diğ. (2021)	ARP	Kargo dolapları için yer seçimi, kargo boyutlarının belirlenmesi	Sabit	Heterojen	-	Bu çalışmada, heterojen kapasiteli kargo dolaplarının içerdiği farklı boyutlardaki bölmelerin sayılarında değişiklik yapılarak hangi durumun daha verimli olduğu incelenmektedir.
7	Liu ve diğ. (2021)	KAÜİKKYP	Kargo dolapları için yer seçimi	Sabit	Homojen	-	Bu çalışma, son kilometre teslimatı için çoklu dağıtım beklentisini karşılamak amacıyla, otonom teslimat robotlarının ve paket dolaplarının E-gıda dağıtım endüstrisine uyum sağlamasından ilham alan, sürdürülebilir iki kademe E-gıda teslimat sistemi incelenmektedir.
8	Rabe ve diğ. (2020)	ÇAKTYSP	Kargo dolapları için yer seçimi	Sabit	Homojen	Çok dönemli	Bu çalışmada kargo dolapları için yer seçiminde birden fazla simülasyon ve optimizasyon tekniğini birleştirerek en iyi sonucu ve en iyi lokasyonları belirlemeyi amaçlayan bir model oluşturulmaktadır.

Devamı sonraki sayfada

Tablo 1 – Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı yer seçimi problemleri ile ilgili literatür taraması özet tablosu (Devamı)

#	Makale	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Kargo Dolabı Türü	Dolap Kapasitesi	Planlama Ufku*	Temel Bulguları
9	Redi ve diğ. (2020)	İKARTYSP	Kargo dolabı kurma, rotalama, talep karşılama kararları	Sabit	Homojen	-	Bu çalışma son kilometre teslimatında kargo dolapları kullanılmasıyla teslimatın müşteri tarafından alımı sağlanması arasındaki farkları incelemektedir.
10	G. Yang ve diğ. (2020)	TYSP	kargo dolabı Kurma ve müşterinin kargo dolabını kullanma kararları	-	Homojen	-	Bu çalışmada, kargo dolaplarının sabit ve mobil olması durumunda ortaya çıkacak sonuçlar incelenmektedir.
11	Schwerdfeger ve Boysen (2020)	MKDKP	Kargo dolabı yer seçimi ve müşteri talebi karşılama kararları	Mobil (araca sabit)	Heterojen	-	Bu çalışmada, son kilometre teslimatında kullanılan Mobil kargo dolabı konseptinin sağladığı faydalar sunulmaktadır.
12	Y. Wang ve diğ. (2020)	ZPKYP	Kargo dolabı kurma, rotalama, talep karşılama noktası belirleme, hizmet zamanı kararları	Mobil (araca sabit)	Homojen	-	Bu çalışma, mobil kargo dolapları kullanıldığı durumlarda toplam probleminin de ele alınmasıyla ortaya çıkan sonuçlar incelenmektedir.
13	Y. Wang ve diğ. (t.y.)	YTP	Kargo dolabı kurma kararları	Mobil	Homojen	-	Bu çalışmada mobil kargo dolaplarının boyutu ve maksimum yürüme mesafesinin sonuçlar üzerindeki etkileri incelenmektedir.
14	Lorig ve diğ. (2021)	TDARP veTYSP	Kargo dolabı yer seçimi kararları, Rotalama kararları	Mobil	Heterojen	-	Bu çalışmada geleneksel teslimat yöntemleri ile elektrikli araçlarla taşınan akıllı kargo dolapları kullanımının karşılaştırılması yapılmaktadır.
15	J. Li ve diğ. (2021)	KKİKKYP	Kargo dolapları için yer seçimi kararları, Rotalama kararları	Mobil	Homojen	-	Bu çalışmada, otonom kargo dolaplarının lojistik ağına dahil edilmesiyle toplama ve dağıtım uygulamalarındaki teslimat ve zaman maliyetlerinin değişimi incelenmektedir.
16	Rabe ve diğ. (2021)	ÇAKTYSP	Kargo dolabı kurma kararları	Sabit	-	Çok dönemli	Bu çalışma, elektronik ticaret alışverişini tercih eden müşteri sayısı ile kargo dolabı sayısı arasında doğrusal bir bağlantı olduğunu belirtmektedir.
17	Bonomi ve diğ. (2022)	KDSSMTP	Kargo dolabı kurma ve rotalama kararları	Sabit	-	-	Bu çalışmada, covid-19 salgını ile müşterilerin e-ticarete yönelmesiyle ortaya çıkan teslimat yoğunluğunun çevresel etkisinin en aza indirilmesi amacıyla kargo dolapları için bir konum-rotalama analizi yapılmaktadır.

Devamı sonraki sayfada

Tablo 1 – Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı yer seçimi problemleri ile ilgili literatür taraması özet tablosu (Devamı)

#	Makale	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Kargo Dolabı Türü	Dolap Kapasitesi	Planlama Ufku*	Temel Bulguları
18	Che ve diğ. (2022)	TYSP	Kargo dolabı kurma, müşterilerin kargo dolaplarına atanması kararları	Sabit	-	-	Bu çalışmada kargo dolapları için uygun hizmet alanları belirlerken, tesislerin boş kapasitelerinin etkili olduğu gözlemlendiği incelenmektedir.
19	Dos Santos ve diğ. (2022)	YSPTP	Kargo dolabı kurma kararları, kendi kendine teslimat ve kurye teslimatı kararları	Sabit	-	-	Bu makalede, kargo dolapları ile yapılan teslimatlarda, bir müşterinin kargosunu teslim alırken belirlenen rotada olan bir başka müşterinin de kargosunu dolaptan teslim alarak o müşteriye kargosunu ulaştırmasıyla teslimat maliyetlerinde ve kat edilen mesafelerde ciddi azalmalar gözlemlendiği sunulmaktadır.
20	Janinhoff ve diğ. (2023)	KKİKKYP	Kargo dolabı yer seçimi kararları, kargo dolabına sipariş atama kararları	Sabit	-	-	Bu çalışma, müşteri siparişlerinin dolap noktalarında bir araya getirilmesiyle teslimat maliyetlerindeki değişimi ve çevresel etkilerini incelemektedir.
21	Kahr (2022)	SÇBKDYDYP	Kargo dolabı yer seçimi kararları, dolap bölmelerinin boyut kararları	Sabit	Heterojen	-	Bu çalışmada Avusturya'dan alınan gerçek veriler doğrultusunda kargo dolaplarının en uygun şekilde konumlandırılması sağlanmaktadır.
22	Lin ve diğ. (2022)	TYSP	Kargo dolabı kurma kararları	Sabit	-	-	Bu makalede, kargo dolaplarının lokasyon kararlarının verildiği problemlerde müşterinin sınırlı seçim davranışını ve müşteri seçiminin kalibre edilmesinin dikkate alınması gerektiği gözlemlenmektedir.
23	Sawik ve diğ. (2022)	TYSP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Sabit	-	-	Bu çalışmada, Polonya'dan toplanan verilerle otonom kargo dolapları için yer seçimi problemi kurulmakta ve talep ile kurulacak olan kargo dolabı sayıları arasındaki ilişki incelenmektedir.
24	Y. Wang ve diğ. (2022)	TYSP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Sabit	-	-	Bu makalede, son kilometre teslimatında teslim edilmesi gereken kutuların büyük ve küçük boyutlarda olabileceği bundan dolayı da talebin belirsiz olduğu varsayımıyla kargo dolapları için bir yer seçimi modeli önerilmektedir.
25	X. Yang ve diğ. (2023)	TYSP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Sabit	Homojen	-	Bu çalışmada maliyetlerin en aza indirilmesi, müşterilerin taleplerinin karşılanması ve lojistik planlamalara destek olma amacıyla kargo dolapları için bir yerleşim modeli oluşturulmaktadır.

Devamı sonraki sayfada

Tablo 1 – Son kilometre taşımacılığında kargo dolabı yer seçimi problemleri ile ilgili literatür taraması özet tablosu (Devamı)

#	Makale	Problem Tipi	Karar Değişkenleri	Kargo Dolabı Türü	Dolap Kapasitesi	Planlama Ufku*	Temel Bulguları
26	Zhang ve diğ. (2023)	KDYTP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Sabit	-	-	Bu çalışma, Toronto, Kanada'dan toplanan verilerle bölgede kurulacak olan kargo dolapları için bir yerleşim problemi çözmekte aynı zamanda kargoların kitle kaynak lojistiği ya da sürücüler ile taşınmasına olanak sağlayacak bir çözüm yöntemi geliştirmektedir.
27	Kötschau ve diğ. (2023)	KDYSP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Mobil	Homojen	-	Bu çalışmada sabit veya mobil kargo dolapları ve eve teslimat aracılığıyla yapılan kargo teslimatları arasında, oluşturulan matematiksel model aracılığıyla karşılaştırma yaparak hizmet kalitesi ve verimliliği gözlemlenmektedir.
28	J. Chen ve diğ. (2024)	KDYTP	Kargo dolabı yer seçimi kararları	Mobil	-	-	Bu çalışma yaşa göre sabit veya mobil kargo dolabı kullanımını karşılaştırmaktadır. Mobil kargo dolaplarını 50 yaş üstü yetişkinlere kıyasla daha çok gençlerin kullanmakta olduğu sonucu gözlemlenmektedir.
29	Bu Çalışma	MKDYSAP	Kargo dolabı yer seçimi ve müşteri atama kararları	Mobil	Heterojen	Çok dönemli	Bu çalışmada heterojen kapasiteli mobil kargo dolapları için çok dönemli bir yer seçimi ve atama problemine yeni bir karar destek modeli önerisi geliştirilmektedir.
KTYSP: Kapasitesiz Tesis Yeri Seçimi Problemi ÇYEKAP: Çok Amaçlı Yeşil Ekspres Kabin Atama Problemi EPTARP: Esnek Parsel Teslimatı ile Araç Rotalama Problemi ARP: Araç Rotalama Problemi ÇAKTYSP: Çok Aşamalı Kapasiteli Tesis Yeri Seçimi Problemi MKDKP: Mobil Kargo Dolabı Konumu Problemi YTP: Yer Tahsisi Problemi SÇBKDYSP: Stokastik Çok Bölümlü Kilitli Dolap Yerleştirme Problemi MKDYSAP: Mobil Kargo Dolabı Yer Seçimi ve Atama Problemi KDYSP: Kilitli Dolap Yer Seçimi Problemi				TDARP: Toplama ve Dağıtım ile Araç Rotalama Problemi KSİKARP: Kapsama Seçenekleri ile İki Kademeli Araç Rotalama Problemi KAUİKKYP: Karma Araçlar ve Uydular ile İki Kademeli Konum-Yönlendirme Problemi 2KARTYSP: İki Kademeli Araç Rotalama ve Tesis Yeri Seçimi Problemi TYSP: Tesis Yeri Seçimi Problemi ZPKYP: Zaman Penceresinde Konum Yönlendirme Problemi YSPTP: Yer Seçimi ve Parsel Teslimatı Problemi KDSSMTP: Kilitli Dolap Seçimi ile Son Mil Teslimatı Problemi KDYTP: Kargo Dolabı Yer Tahsisi Problemi KKİKKYP: Karınca Kolonisi ile İki Kademeli Konum Yönlendirme Problemi			
* ”.” işareti, çalışmada ilgili varsayımın ele alınmadığını ifade etmektedir.							

Literatürde karşılaşılan son kilometre taşımacılığında kargo dolabı kullanımı problemlerinde kargo dolaplarının yer seçimi için birçok model oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerin bir kısmında sabit kargo dolapları diğer bir kısmında ise mobil kargo dolapları ele alınmıştır.

Kargo dolaplarının sabit olarak kabul edildiği modellerde, dolapların konumları, müşterilerin kat etmeye istekli oldukları mesafeler dikkate alınarak modeller kurulmuştur. Örneğin, G. Yang ve diğ. (2020) yaptığı çalışmada maliyetlerin en aza indirilmesi, müşterilerin taleplerinin karşılanması ve lojistik planlamalara destek olma amacıyla kargo dolapları için bir yerleşim modeli oluşturmuştur. Enthoven ve diğ. (2020)'nin yaptığı çalışmada problemi iki aşamalı olarak ele almış; ilk aşamada kamyonların merkezi bir depodan çıkarak ya kargo dolaplarına ya da uydu lokasyonları olarak adlandırılan bölgelerden kargo bisikletleriyle müşterilere ürün teslimatının yapılması sağlanmıştır. İkinci aşamada ise uydu lokasyonlarından müşterilere ürün taşınmasının ele alındığı bir model oluşturulmuştur (Enthoven ve diğ., 2020). Problemi iki aşamalı olarak ele alan bir diğer çalışmada Liu ve diğ. (2021)'nin çoklu taşıt ve çoklu uydu lokasyonu sistemini içeren bir yerleşim ve rotalama problemi için bir matematiksel model önerisi sunulmuştur. Bonomi ve diğ. (2022)'nin çalışmasında bir müşteri tarafından sabit kargo dolabı noktasına ulaşmada yürüyerek ya da bisikletle gitmeye istekli olunan maksimum yeşil mesafeler dikkate alınarak bir inceleme sunulmuştur.

İncelenen çalışmalarda, kargo dolaplarının konumunun belirlenmesi problemlerinin yanı sıra yerleştirilecek dolapların kapasitelerinin de ele alındığı çalışmalar bulunmaktadır. Kargo dolabı kapasitesinin homojen olduğu varsayımıyla yapılan Redi ve diğ. (2020) çalışmasında, araç seyahat maliyeti, ara tesislerin kira maliyetleri ve ara tesislere erişmek için seyahat etmesi gereken müşteriyi tatmin etmek için ek maliyet açısından nakliye maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Dolap bölmelerinin kapasitelerin (boyutlarının) dikkate alındığı bir diğer çalışma ise Grabenschweiger ve diğ. (2021)'nin yılında yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada kargo dolabı bölmelerinin homojen olduğu durum ile farklı boyutlarda bölmelerin olduğu durumlar karşılaştırılmıştır (Grabenschweiger ve diğ., 2021). Y. Wang ve diğ. (2022)'nin çalışmasında da teslim edilmesi gereken kutuların büyük ve küçük boyutlarda olabileceği için talebin belirsiz olduğu varsayımıyla kargo dolapları için yer seçimi problemi çalışılmıştır.

Dolap kapasitelerinin dikkate alındığı çalışmalardan bazılarında gerçek hayat verilerine de yer verilmiştir. Örneğin Kahr (2022)'nin yaptığı çalışmada Avusturya'dan alınan gerçek veriler doğrultusunda dolap bölmelerinin büyük ve en büyük olarak değil küçük ve orta boyutlu seçilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Yalcin Kavus ve diğ. (2022)'nin çalışmasında ise Türkiye, İstanbul'un Beşiktaş ilçesinde kurulacak olan sabit kargo dolabı için en uygun yer belirlenmiştir. Rabe ve diğ. (2021)'nin çalışmasında ise Dortmund, Almanya'da geliştirilen bir vaka çalışmasına dayanarak kargo dolaplarının konumlarının belirlenmesinde çok dönemli tesis konumlandırma problemi ele alınmıştır. Gerçek verilerin kullanıldığı bir diğer çalışma da Çin'de kargo dolabı sağlayıcılarının büyük ekonomik sıkıntılarla yüzleşmesinden dolayı X. Yang ve diğ. (2023)'nin kargo dolaplarının yer seçimi ile ilgili kullanıcı memnuniyetini maksimize edecek bir model kurduğu çalışmadır.

Janinhoff ve diğ. (2023) gerçek hayat verileri kullanarak siparişlerin dolap noktalarında bir araya getirilmesinin teslimat maliyetlerini azaltabileceğini, aynı zamanda bunun çevre dostu yanlarının da kurulan model üzerinden gösterilebileceğini belirtmiştir. Gerçek hayat verilerinin kullanıldığı bir diğer çalışma olan Zhang ve diğ. (2023), Toronto, Kanada'dan toplanan verilerle bölgede kurulacak olan kargo dolapları için bir yerleşim problemi çözmekte aynı zamanda kargoların kitle kaynak lojistiği ya da sürücüler ile taşınmasına olanak sağlayacak bir çözüm yöntemi geliştirmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde son mil teslimatında kullanılan farklı teslimat şekillerini karşılaştıran çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan biri olan Punakivi ve diğ. (2001), yaptığı çalışmada katılımsız teslimat ve resepsiyon kutularının kullanıldığı teslimat yöntemlerini operasyon maliyetleri açısından karşılaştırarak en düşük maliyetli yöntemi bulmayı amaçlamıştır. Teslimat şekillerinin karşılaştırıldığı bir diğer çalışma olan Punakivi ve Tanskanen (2002), çalışmasında mevcut durumda kullanılan eve teslim konsepti ile teslimatta kargo dolabı kullanımını karşılaştırarak en düşük maliyetli konsepti bulmayı amaçlamıştır. Song ve diğ. (2009), çalışmasında ise eve teslim yöntemi ile kargo dolabı kullanımında ilk teslimat hatalarından kaynaklanan maliyetlerin ve karbon emisyonunun en aza indirilmesini amaçlamaktadır. İncelenen literatürde X. Wang ve diğ. (2014), çalışmasında üç farklı son mil teslimat seçeneğinin maliyetler açısından karşılaştırılmasını yapmaktadır. Lin ve diğ.

(2022), diğer teslimat yöntemlerinin rekabeti altında tesislerin yerlerini belirleyerek geliri maksimize etmeyi amaçlamıştır. Kötschau ve diğ. (2023), eve teslimat, kapasitelerinin homojen olduğunu varsayan sabit kargo dolabı kullanımı ve mobil (araca sabit) kargo dolabı kullanımının karşılaştırıldığı çalışmada ise müşteri tercihlerinin mesafeye bağlı nasıl değiştiğini gözlemleyerek mobil kargo dolabı kullanımının %14-%19 aralığında artacağı sonucuna ulaşmıştır.

Son kilometre teslimatında kargo dolabı kullanımı ile ilgili incelenen literatürde kargo dolaplarının mobil olduğu varsayımıyla kurulan model sayısı sabit kargo dolabı kullanımını içeren çalışmalara göre oldukça azdır. Lorig ve diğ. (2021) yaptığı çalışmada bir İsveç start-up firmasının (DİPP-R) geliştirmiş olduğu modüler mobil kargo dolabı kullanımını eş zamanlı toplama ve dağıtım yaparak bir yer seçimi ve rotalama problemi simülasyon yöntemi ile çözmüştür (Lorig ve diğ., 2021). Mobil kargo dolabı teslimatını konu alan J. Li ve diğ. (2021)'nin çalışmasında trafik sıkışıklığını azaltmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla kuryeler ile depo arasında paket transferi yapan otonom mobil dolapların kurulduğu bir model geliştirilmiştir. Y. Wang ve diğ. (t.y.) yaptığı çalışmada ise talep belirsizliği altında mobil kargo dolaplarının en az maliyetle ve en az zamanla yer seçiminin yapılması amaçlanmıştır. Beirigo ve diğ. (2018) çalışmasında kargo dolaplarının heterojen kapasiteye sahip olduğu varsayımıyla insan ve yük taşımacılığının birlikte yapıldığı çok amaçlı araçlar için toplam karı en iyilemek amaçlanmıştır. Kargo dolaplarının mobil olarak ele alındığı bir diğer çalışma olan Schwerdfeger ve Boysen (2020), araçlara sabit olarak hareket edebilen dolapların gün içerisinde otonom olarak ya da bir sürücü ile yerlerinin değiştirilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda kurulacak olan dolap sayısı en aza indirilerek hizmet edilecek müşterilere teslimat yapılması amaçlanmaktadır (Schwerdfeger & Boysen, 2020). Y. Wang ve diğ. (2020) yaptığı çalışmada araçlara sabitlenmiş şekilde hareket edebilen (mobil) kargo dolapları için belirsiz talepler karşısında maliyetleri minimize ederek kurulacak olan kargo dolabı sayısına ve bu dolapların konumlarına karar verecek bir model geliştirmiştir. J. Chen ve diğ. (2024) çalışmasında ise sabit kargo dolabı ve mobil kargo dolabı kullanımını karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucuna göre 50 yaş üstü yetişkin bireylere göre genç bireylerin mobil kargo dolabı kullanımına daha yatkın oldukları gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada oluşturulan sayısal model ile karar verici pozisyonunda olan aktör-

lerin maliyetlerinin azaltılması, belirlenen kentsel alanda yerleştirilecek olan mobil kargo dolabı konumlarına karar verilmesi ve kargo dolaplarına müşteri atanması yapılmaktadır. Mobil kargo dolabı kullanımı, müşterinin evde bulunmama durumundan kaynaklanan başarısız teslimat sayısını azaltacak ve bundan kaynaklanan maliyetlerin önüne geçerek kargo firmaları için avantaj sağlayacaktır. Kurulacak olan mobil kargo dolaplarının gün içerisinde otonom bir şekilde ya da bir taşıyıcı ile taleplere göre yer değiştirebildiği durumlar da ele alınmaktadır. Müşteri mesafelerinin dikkate alınacağı bu modelde kat edilen mesafelerin azaltılması ile müşteri memnuniyetinin artırılması sağlanmaktadır. Sonrasında, geliştirilen bu model bir vaka analizi üzerinde uyarlanarak modelin uygulanabilirliği test edilecektir. Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalarda, son mil teslimatında kullanılan kargo dolaplarının mobil olmasının yanı sıra dolap kapasitelerinin heterojen olduğu ve problemin çok dönemli olarak ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bahsedilen durumların bir ya da birkaçını dikkate alan çalışmalar literatürde yer alsa da tamamını birlikte ele alan bir model bulunmamaktadır. Bu durum literatürde yer alan diğer çalışmalardan bu çalışmayı ayırarak, çalışmanın literatüre katkısını ortaya koymaktadır.

3. BÖLÜM

MOBİL KARGO DOLAPLARI YER SEÇİMİ VE ATAMA PROBLEMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde, çalışmaya konu olan mobil kargo dolapları için oluşturulan yerleşim ve atama probleminin tanımına, notasyon tablosuna ve problemin çözümü için kullanılacak olan modele yer verilmektedir.

3.1 PROBLEM TANIMI

Bu çalışmada, son kilometre taşımacılığında kullanılan teslimat yöntemlerinden biri olan mobil kargo dolabı kullanımı için çok dönemli bir yerleşim ve atama problemi ele alınmaktadır. Bu bölümde, ilgili problem tanımına ve önerilen matematiksel modele yer verilmektedir.

İncelenecek olan son kilometre teslimatında mobil kargo dolabı yerleşim ve atama probleminde $F = \{1, 2, \dots, |F|\}$ kümesi mobil kargo dolaplarının yerleştirilebileceği tüm potansiyel noktaların kümesi, $C = \{1, 2, \dots, |C|\}$ mobil kargo dolaplarını kullanacak olan müşterilerin yerleşim yeri olarak kullandığı sitelerin bulunduğu noktaların kümesi, $V = \{F \cup C\}$ problemde tanımlanan tüm noktaların kümesi olarak tanımlanmaktadır. Problemden kullanılacak olan mobil kargo dolapları kümesi $S = \{1, 2, \dots, |S|\}$, mobil kargo dolabına yerleştirilecek olan farklı boyutlardaki dolap kutuları kümesi $N = \{1, 2, \dots, |N|\}$ olarak tanımlanmaktadır.

Problemden son kilometre taşımacılığında mobil kargo dolabı teslimat seçeneğini kullanma istekliliği olan müşteriler ele alınmaktadır. İncelenen yerleşim ve atama probleminde önceden belirlenmiş zaman periyodlarının başında belirlenen noktalarda bulunan her biri heterojen kapasiteye sahip mobil kargo dolaplarının en uygun noktaya yerleştirilmesi kararları verilmektedir. Aynı zamanda önceden belirlenmiş müşteri noktalarının talepleri dikkate alınarak mobil kargo dolaplarına kargo atanması kararlarının verilmesi planlanmaktadır. Her bir zaman periyodunun başında, $d_{c,n,t}$ parametresi, yani $c \in C$ müşterisinin, $n \in N$ boyutlu kargosuna, $t \in T$ dönemindeki talebi önceden bilinmekte ve bu taleplerin her bir zaman periyodunun başında

dolaplara yüklendiği varsayılmaktadır. Ayrıca her bir mobil kargo dolabının $s \in S$ alabileceği maksimum $n \in N$ tipi kargo sayısının, $\alpha_{s,n}$ bilindiği varsayılmaktadır.

Problemde yerleştirilecek olan dolu mobil kargo dolaplarının yerleşim noktaları, müşterilerin potansiyel mobil kargo dolabı noktalarına olan uzaklıkları dikkate alınarak belirlenecektir. Bu doğrultuda $\beta_{c,i}, \{c \in C, i \in F\}$ mobil kargo dolabı yerleştirme noktası $i \in F$ ile $c \in C$ müşteri noktasının arasındaki yürüme mesafesini ifade etmek için kullanılan parametre olarak tanımlanmıştır.

Potansiyel dolap yerleştirme noktaları arasında dolap taşıma maliyetleri $\alpha_{i,j}, \{i \in F, j \in F\}$ olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte $p_c, \{c \in C\}$ müşterisinin yürüme mesafesinin sebep olduğu müşteri memnuniyet düşüşünün bir ceza maliyeti olarak ifade edilmesi için tanımlanan parametredir. Bu parametre değeri, müşteri yaşam boyu değeri göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Problemde $t \in T$ döneminde $i \in F$ potansiyel dolap yerleştirme noktasına $s \in S$ mobil kargo dolabının yerleştirilmesi kararı $Z_{i,s,t}, 0 - 1$ ikili değişkeni ile takip edilmektedir. $Y_{i,c,t}, t \in T$ döneminde $i \in F$ potansiyel dolap yerleştirme noktasına $c \in C$ müşterisini atama kararı olarak belirlenen $0 - 1$ ikili değişkeni olarak ifade edilmektedir. Değişken, potansiyel noktaya müşteri atanırsa 1, atanmazsa 0 değerini almaktadır. Son olarak $X_{s,i,j,t}, t \in T$ döneminin başında $s \in S$ mobil kargo dolabının $i \in F$ potansiyel dolap yerleştirme noktasından $j \in F$ noktasına taşınması kararı olarak tanımlanan $0 - 1$ ikili değişkeni olarak ifade edilmektedir.

Bir dağıtım planı oluşturma amacıyla matematiksel olarak ifade edilen yerleşim ve atama problemi için önerilen modele ait kümeler, parametre değerleri ve değişkenler, Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Notasyon tablosu

Sembol	Açıklama
C	Müşteri noktaları kümesi
T	Periyotlar kümesi
F	Potansiyel mobil kargo dolabı yerleştirme noktaları kümesi
N	Kargo dolabı içindeki bölme tipi kümesi
S	Kargo dolapları kümesi
P	(i,j) ikililer kümesi $i \in F, j \in F$
$d_{c,n,t}$	$c \in C$ müşterisinin, $n \in N$ kargo tipine, $t \in T$ dönemindeki ihtiyacı (kargo adeti)
$\sigma_{s,n}$	$s \in S$ mobil kargo dolabının $n \in N$ kargo tipi için kapasitesi
$\alpha_{i,j}$	$i \in F$ noktasından $j \in F$ noktasına dolap taşıma maliyeti
p_c	$c \in C$ noktasında bulunan müşterinin atandığı potansiyel noktaya yürüme mesafesi başına ceza maliyeti katsayısı
$\beta_{c,i}$	$c \in C$ noktasından $i \in F$ noktasına yürüme mesafesi
$\gamma_{s,i}$	$s \in S$ dolabının planlama ufkunun başında $i \in F$ noktasında olması durumu, $(0,1)$
M	amaç fonksiyonu normalizasyonunda ilk kısım olan maliyet değerinin en kötü senaryoda aldığı değer
B	amaç fonksiyonu normalizasyonunda ikinci kısım olan mesafe değerinin en kötü senaryoda aldığı değer
R	M değeri kullanılarak hesaplanan amaç fonksiyonunun birinci kısmının aldığı en iyi değer
H	B değeri kullanılarak hesaplanan amaç fonksiyonunun ikinci kısmının aldığı en iyi değer
$Z_{i,s,t}$	$t \in T$ döneminde $i \in F$ potansiyel noktasına $s \in S$ mobil kargo dolabının yerleştirilmesi kararı, $(0,1)$
$Y_{i,c,t}$	$t \in T$ döneminde $i \in F$ potansiyel noktasına $c \in C$ müşterisini atama kararı, $(0,1)$
$X_{s,i,j,t}$	$t \in T$ döneminin başında $s \in S$ mobil kargo dolabının $i \in F$ noktasından $j \in F$ noktasına taşınması kararı, $(0,1)$

3.2 MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde mevcut çalışmada ele alınan problemin çözümü için geliştirilen modele ait amaç fonksiyonu ve kısıtlar verilmektedir.

Minimize (en küçükle)

$$\sum_{(i,j) \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} X_{s,i,j,t} * \alpha_{i,j} \quad (3.1)$$

$$+ \left(\sum_{i \in F} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \beta_{c,i} * Y_{i,c,t} * \sum_{n \in N} d_{c,n,t} \right) \quad (3.2)$$

Amaç fonksiyonunun birinci kısmı (3.1) belirlenen noktalar arasında dolap taşıma maliyetinden oluşmaktadır. İkinci kısmı (3.2) ise yürüme mesafesinden oluşmaktadır.

Oluşturulan matematiksel modelde kullanılan kısıtlar aşağıda verilmektedir.

Kısıt seti altında

$$\sum_{i \in F} Z_{i,s,t} = 1 \quad \forall s \in S, t \in T \quad (3.3)$$

Kısıt (3.3) her dolabın, her periyot için tam olarak bir lokasyonda olması gerektiğini belirtir. Diğer bir deyişle, belirli bir dolap aynı zaman diliminde iki farklı yerde olamaz.

$$\sum_{s \in S} Z_{i,s,t} \leq 1 \quad \forall i \in F, t \in T \quad (3.4)$$

Kısıt (3.4) her lokasyonun her periyot için en fazla bir dolaba sahip olabileceğini belirtir. Yani, iki dolap aynı zaman diliminde aynı lokasyonda olamaz.

$$\sum_{c \in C} d_{c,n,t} * Y_{i,c,t} \leq \sum_{s \in S} \sigma_{s,n} * Z_{i,s,t} \quad \forall n \in N, i \in F, t \in T \quad (3.5)$$

Kısıt (3.5) bir lokasyonun talebinin, belirli bir dolabın ve bölme tipinin kapasitesini aşmaması gerektiğini belirtir. Başka bir deyişle, bir dolapta bulunan bölmelerin toplam kapasitesi, bu dolabın o lokasyondaki müşteri talebini karşılamalıdır.

$$\sum_{i \in F} Y_{i,c,t} = 1 \quad \forall c \in C, t \in T \quad (3.6)$$

Kısıt (3.6) her müşterinin her periyot için tam olarak bir lokasyona atanması gerektiğini belirtir.

$$\gamma_{s,i} = \sum_{j \in F: (i,j) \in P} X_{s,i,j,1} \quad \forall i \in F, s \in S \quad (3.7)$$

Kısıt (3.7) planlama ufkunun başında, her dolabın belirli bir noktada olma durumunu belirtir.

$$\sum_{j \in F: (j,i) \in P} X_{s,j,i,t} = Z_{i,s,t} \quad \forall i \in F, s \in S, t \in T \quad (3.8)$$

Kısıt (3.8) bir lokasyona taşınan dolapların sayısının, o lokasyondaki yerleştirilen dolaplarla eşleşmesi gerektiğini belirtir.

$$\sum_{j \in F: (j,i) \in P} X_{s,j,i,t} = \sum_{j \in F: (i,j) \in P} X_{s,i,j,t+1} \quad \forall i \in F, s \in S, t \in T : t \neq |T| \quad (3.9)$$

Kısıt (3.9) bir lokasyondan taşınan dolapların sayısının, bir sonraki periyotta o lokasyona taşınacak dolapların sayısı ile eşleşmesi gerektiğini belirtir.

$$Z_{i,s,t} = 0, 1, \forall i \in F, s \in S, t \in T \quad (3.10)$$

$$Y_{i,c,t} = 0, 1, \forall i \in F, c \in C, t \in T \quad (3.11)$$

$$X_{s,i,j,t} = 0, 1, \forall s \in S, i, j \in F, t \in T \quad (3.12)$$

Kısıt 3.10, 3.11 ve 3.12 karar değişkenleri ile ilgili sınırlamaları ifade etmektedir.

Amaç Fonksiyonu Normalizasyonu

Yukarıda verilen amaç fonksiyonunda (3.1, 3.2) farklı birimlerle ölçülmüş parametre değerleri yer almaktadır. Amaç fonksiyonunun birinci kısmında bir para birimi parametresi bulunurken ikinci kısımda ise kilometre birimi parametresi bulunmaktadır. Bu parametre değerlerinin farklı birimlerde olması amaç fonksiyonunun minimize edilmesini anlamsızlaştırabilmektedir. Bu durum normalizasyon işlemi uygulanarak giderilebilmektedir.

$$\left(\sum_{(i,j) \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} X_{s,i,j,t} * \alpha_{i,j} \right) / R + \left(\left(\sum_{i \in F} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \beta_{c,i} * Y_{i,c,t} * \sum_{n \in N} d_{c,n,t} \right) / H \right) * p_c \quad (3.13)$$

Normalizasyon, birimleri farklı olan bu değişkenlerin toplamının minimize edilebilmesi için onların tek bir birim ile ifade edilmesine olanak sağlar. 3.13'te amaç fonksiyonunun normalize edilmiş hali verilmiştir. Aşağıda R ve H değerlerinin nasıl hesaplandığı detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Modelin amaç fonksiyonunda aynı birimde ölçülememe durumunun giderilmesi amacıyla ilk olarak yalnızca birinci kısmın (3.14) minimize edildiği bir çözüm elde edilmiş ve bir amaç fonksiyonu değeri (M) bulunmuştur. Bulunan bu değer, en kötü senaryoda amaç fonksiyonundaki maliyet hesaplamasının alabileceği değeri ifade etmektedir.

Minimize (en küçükle)

$$\sum_{(i,j) \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} X_{s,i,j,t} * \alpha_{i,j} \quad (3.14)$$

Aynı işlem ikinci kısım (3.15) için de uygulanarak bir amaç fonksiyonu değeri (B) bulunmuştur. Bulunan değer en kötü senaryoda amaç fonksiyonunda hesaplanan yürüme mesafesinin alacağı değeri ifade etmektedir.

Minimize (en küçükle)

$$\sum_{i \in F} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \beta_{c,i} * Y_{i,c,t} * \sum_{n \in N} d_{c,n,t} \quad (3.15)$$

Bir sonraki adım olarak amaç fonksiyonun yalnızca birinci kısmı (3.14) bırakılarak amaç fonksiyonunun ikinci kısmının en kötü senaryoda alacağı değer modelin kısıtlarına (problem tanımı bölümündeki modelin 3.3-3.12 aralığındaki kısıtları) kısıt olarak eklenmiş (3.17) ve bir değer (R) elde edilmiştir. Bu değer en kötü senaryoda bulunan maliyet değerini üst sınır olmaya zorlayarak bulunan birinci kısmın alabileceği en iyi değerdir.

Minimize (en küçükle)

$$\sum_{(i,j) \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} X_{s,i,j,t} * \alpha_{i,j} \quad (3.16)$$

Kısıt Seti Altında

$$\sum_{(i,j) \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} X_{s,i,j,t} * \alpha_{i,j} \leq M \quad (3.17)$$

Bir sonraki adımda, amaç fonksiyonunun yalnızca ikinci kısmı (3.15) bırakılarak amaç fonksiyonunun birinci kısmının en kötü senaryoda alacağı değer modelin kısıtlarına (problem tanımı bölümündeki modelin 3.3-3.12 aralığındaki kısıtları) kısıt olarak eklenmiş (3.19) ve bir değer (H) bulunmuştur. Bu değer en kötü senaryoda bulunan mesafe değerini üst sınır olmaya zorlayarak bulunan ikinci kısmın alabileceği en iyi değerdir.

Minimize (en küçükle)

$$\sum_{i \in F} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \beta_{c,i} * Y_{i,c,t} * \sum_{n \in N} d_{c,n,t} \quad (3.18)$$

Kısıt Seti Altında

$$\sum_{i \in F} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \beta_{c,i} * Y_{i,c,t} * \sum_{n \in N} d_{c,n,t} \leq B \quad (3.19)$$

Bulunan bu değerler sırasıyla amaç fonksiyonunun birinci (3.1) ve ikinci kısmına (3.2) bölüm değeri olarak eklenmiş aynı zamanda ikinci kısım notasyon tablosunda tanımı verilen ceza puanı (p_c) değeri ile çarpılarak bu iki kısmın toplanmasıyla yeni bir amaç fonksiyonu (3.13) değeri elde edilmiştir. Bu sayede amaç fonksiyonunda bulunan farklı birimlerin yol açtığı karmaşıklık giderilmiş ve böylece normalize edilmiş bir amaç fonksiyonuyla modelin uygulanabilirliği artırılmıştır.

Normalizasyon sonrasında, problemin çözümü için geliştirilen modelin nihai amaç fonksiyonunda birim farklılaşmasından oluşan karmaşıklık giderilmiştir. İki farklı birim olan para birimi ve kilometre birimi ayrı ayrı normalize ederek birimlerin amaç fonksiyonunda bir arada kullanılabilirliği sağlanmıştır. Çalışmanın devamında elde edilen bu yeni amaç fonksiyonu ve kısıtlar, modelin örnek olay üzerinde ve çeşitli senaryo analizleri üzerinde incelenmesinde kullanılmaktadır.

4. BÖLÜM

NÜMERİK ANALİZLER

Bu bölümde, yapılan sayısal analizlere ve bu analizlerin sonuçlarına yer verilmektedir. Yapılan sayısal analizler doğrultusunda çalışmanın literatüre katkısı ortaya konmaktadır. Nümerik analizlerde, bir önceki bölümde tanıtılan problemin ve çözümü için kurulan modelin, örnek veri seti kullanılarak elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar farklı senaryo analizleri ile çalışmanın literatüre katkısı incelenmektedir. Öncelikle, yapılan bu sayısal analizler ile modelin uygulanabilirliğinin ve kullanımı sonucu elde edilebilecek faydaların gösterilmesi amaçlanmaktadır. Ardından, belirlenen performans kriterleri üzerinden yapılan değerlendirmeler ile modelin literatüre katkısının ortaya konması hedeflenmektedir. Problem IBM OPL ILOG CPLEX 22.1.0 kullanılarak Intel(R) Core(TM) i3-1005G1 CPU, 64 bit işletim sistemli 8 GB RAM takılı bilgisayar ile çözülmüştür.

Öncelikle küçük veri setleri kullanılarak oluşturulan örnek problem çözülmekte ve sonuçlar değerlendirilmektedir. Sonrasında aşağıda detaylı bir şekilde anlatılan parametre değişiklikleri ile oluşturulan örnek olay senaryoları çözülecek ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapılmaktadır.

4.1 ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ

Bu bölümde, ilk olarak yukarıda verilen problem tanımı ve modelinin test edilmesi ve doğrulanması amacıyla örnek olayın veri seti tanıtılacak, ardından örnek olayın çözümü ve analizine yer verilecektir. Bu çalışmada yapılacak olan analizler için yerli bir kargo dolabı firması örnek alınarak çözüm geliştirilmiştir. Firma tarafından sunulan internet sitesinde ve raporlarında sunulan veriler gerçek veri olarak dikkate alınmış, paylaşılmayan veriler için varsayımsal değerler kullanılmıştır.



Şekil 4. Problemin çözümünde kullanılacak olan mobil kargo dolapları için potansiyel yerleştirme noktaları ve müşteri noktaları

4.1.1 Örnek Olay Veri Setinin Tanıtılması

Bu bölümde, örnek olay üzerinde problem için önerilen model 10 farklı mobil kargo dolabının 18 farklı potansiyel kargo dolabı noktasından en uygun olanlarına yerleştirilmesi ve bu noktalara 60 müşteri noktasının taleplerinin 6 dönem için atanması ile çözülecektir. Her bir dönem 5 günden oluşmaktadır. Müşteri noktalarının her biri bir siteyi temsil etmektedir. Örnek olayın çözümünde kullanılan dolap noktaları ve müşteri noktaları gerçek verilerinden oluşmaktadır. Bu noktalar, Google MyMaps kullanılarak Şekil 4’de görselleştirilmiştir. Bu doğrultuda Şekil 4’de gösterimi verilen noktalar arası mesafeler ve bu noktalar arası taşıma maliyetleri dikkate alınarak 10 mobil kargo dolabı için yerleşim noktaları ve yerleştirilen bu dolaplara talepleri göz önünde bulundurularak atanan müşteri noktaları belirlenmektedir.

Oluşturulan model kapsamında, planlama ufkunun başında, müşteri noktalarının taleplerinin ve mobil kargo dolaplarının buldukları noktaların bilindiği varsayılmak-

tadır. Kargo dolaplarının bulunduğu noktalar Tablo 3'te verilmektedir.

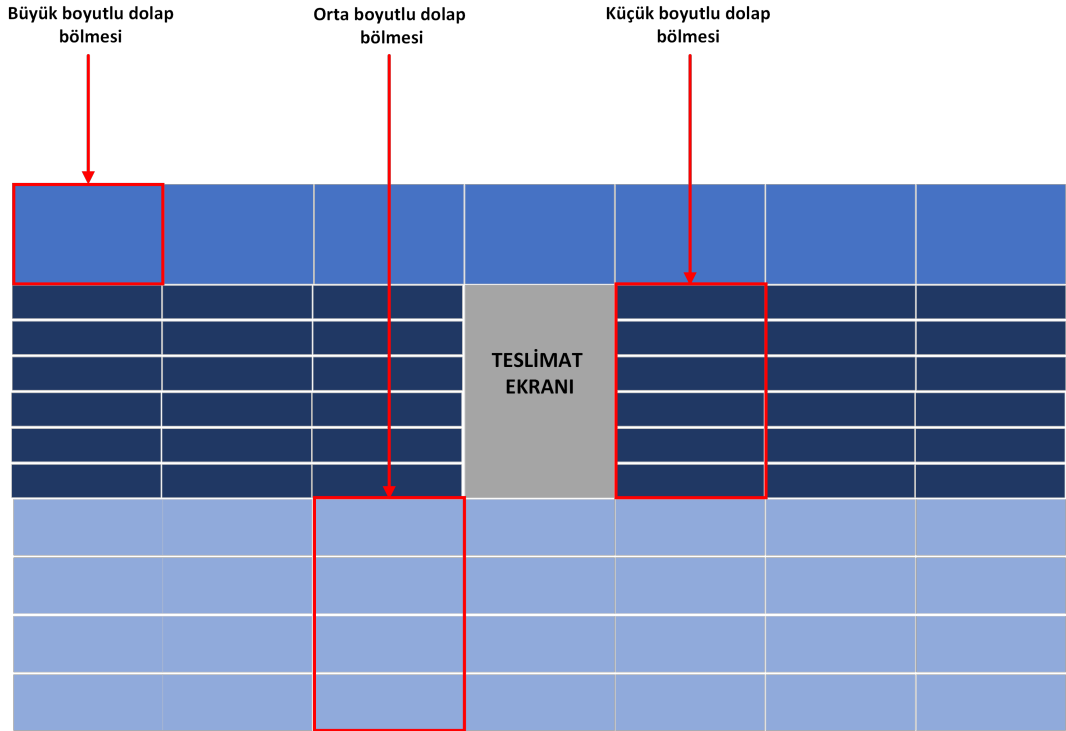
Tablo 3. Planlama ufkunun başında mobil kargo dolaplarının bulunduğu noktalar

Dolap	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Nokta*5		3	11	17	8	14	2	18	10	7

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

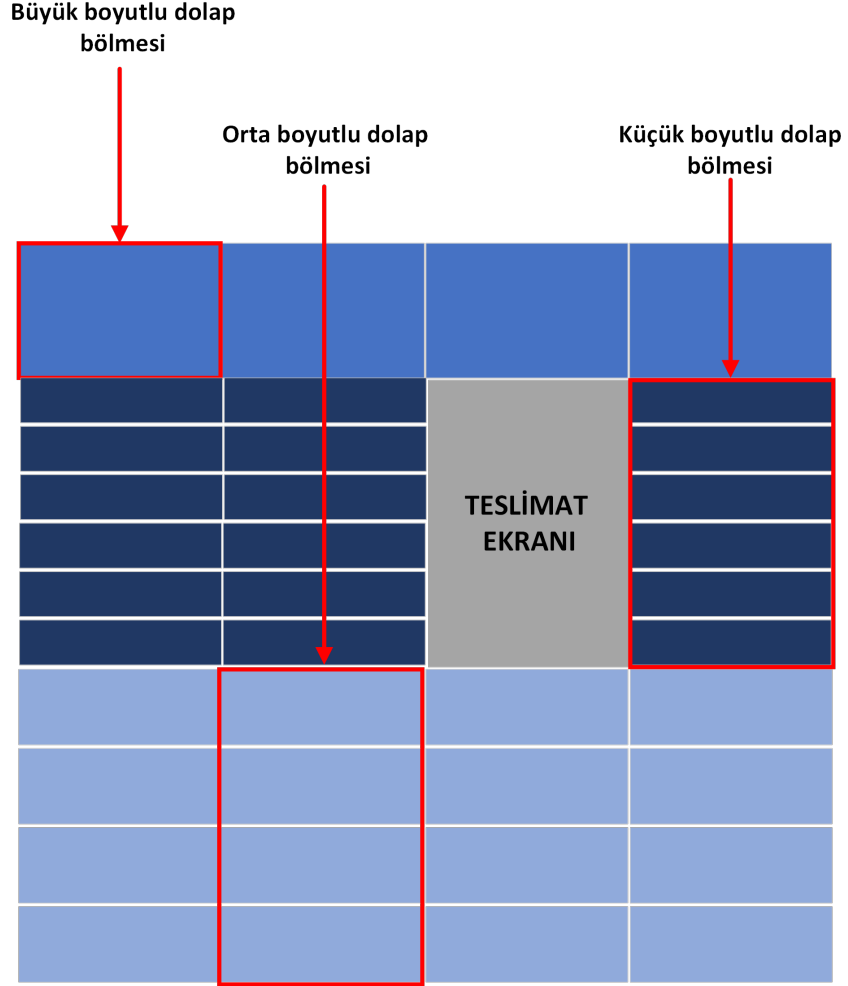
* Nokta satırında verilen sayılar önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

Kargo dolabı firmasının teknik raporundan alınan veriler doğrultusunda her bir kargo dolabı, müşteri tarafından talep edilen üç farklı boyuta sahip (küçük, orta ve büyük) kargoları yüklenebilmektedir. Çalışma kapsamında yapılacak analizlerde 7 adet 71 bölmeli mobil kargo dolabı bulunmaktadır. Bu dolap türünün sırayla 36, 28, 7 (küçük, orta, büyük) kapasiteye sahip bölmeleri bulunmaktadır. Dolap görseli Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Problemin çözümünde kullanılacak olan 71 bölmeli mobil kargo dolabının görseli

Çalışma kapsamında yapılacak analizlerde aynı zamanda 3 adet 38 bölmeli mobil kargo dolabı bulunmaktadır. Bu dolap türünün sırayla 18, 16, 4 (küçük, orta, büyük) kapasiteye sahip bölmeleri bulunmaktadır. Dolap görseli Şekil6'da verilmektedir.



Şekil 6. Problemin çözümünde kullanılacak olan 38 bölmeli mobil kargo dolabının görseli

Örnek olayda kullanılacak olan mobil kargo dolapları, mobil kargo dolaplarının yerleştirilebileceği potansiyel noktalar, müşteri noktaları ve kargo dolaplarında bulunan bölme tipleri Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Problemdede yer alan dolaplar, yerleştirme ve müşteri noktaları, ve bölme tipleri

Dolaplar	$S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}$
Potansiyel Yerleştirme Noktaları	$F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}$ $F_{11}, F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15}, F_{16}, F_{17}, F_{18}$
Müşteri Noktaları	$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}$ $C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18}, C_{19}, C_{20}$ $C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{26}, C_{27}, C_{28}, C_{29}, C_{30}$ $C_{31}, C_{32}, C_{33}, C_{34}, C_{35}, C_{36}, C_{37}, C_{38}, C_{39}, C_{40}$ $C_{41}, C_{42}, C_{43}, C_{44}, C_{45}, C_{46}, C_{47}, C_{48}, C_{49}, C_{50}$ $C_{51}, C_{52}, C_{53}, C_{54}, C_{55}, C_{56}, C_{57}, C_{58}, C_{59}, C_{60}$
Bölme Tipleri	N_1, N_2, N_3

Problemdede taşınacak olan mobil kargo dolapları için maliyet verileri Korkmaz, 2022'nin çalışmasından alınmaktadır. Taşıma maliyeti, araç kullanım maliyeti ve sabit yerleştirme maliyetinin toplamı, toplam maliyeti oluşturmaktadır. İlgili maliyet hesaplamalarının sonuçları Ek 1'de yer alan Tablo 19'da sunulmaktadır. Problemin çözümü için kullanılacak olan mesafe verileri Google Maps kullanılarak iki nokta arası mesafe hesaplama yöntemiyle bulunmuştur. Mesafe verileri Ek 2'de ve Ek 3'te yer alan Tablo 20'de ve Tablo 21'de verilmektedir. Problemin çözümü için oluşturulan modele ait kodlar Ek 4'te sunulmaktadır.

Tablo 5 modelde kullanılan parametre değerlerinin verildiği tabloları ve bu parametrelerin kaynaklarını belirtmektedir.

Tablo 5. Modelde kullanılan parametre değerleri

Parametre	Açıklama	Değer	Kaynak
$d_{c,n,t}$	Talep verisi	Tablo 6; Tablo 9; Tablo 12; Tablo 16	varsayımsal
$\sigma_{s,n}$	Kapasitesi verisi		Pudo (2024)
$\alpha_{i,j}$	Maliyet verisi	Tablo 19	Korkmaz (2022)
p_c	Ceza puanı verisi		varsayımsal
$\beta_{e,i}$	Mesafe verisi	Ek'te yer alan Tablo 20 ve Tablo 21	Google Haritalar
$\gamma_{s,i}$	Potansiyel noktalar ve- risi	Tablo 3	Pudo (2024) ve varsayımsal

4.1.2 Örnek Olayın Çözümü ve Analizi

Yukarıda tanımlanan örnek problem normalizasyon adımları uygulandıktan sonra ortalama yaklaşık 3 dakikada çözülmektedir. Bu bölümde örnek olayın çözümünden elde edilen sonuçlar temel performans kriterleri dikkate alınarak incelenecektir. Tablo 6'de problem tanımında açıklaması yapılan maliyet ve mesafe minimizasyonunun normalizasyonu sonrasında 6 dönem için 10 mobil kargo dolabının yerleştirildiği noktalar ve bu noktalara atanan müşteri noktaları verilmektedir. Bunlara ek olarak noktalara atanan müşterilerin talepleri de yer almaktadır.

Tablo 6. Örnek olayda potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri (adet)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1.Dönem	Nokta*	5	3	11	17	8	13	1	18	10	7
	Müşteriler*	35,57	2,5,20,25,58,53	14,47,56,60	7,30,41	3,13,33,37	16,26,45,50	1,12,22,32,46	52,59	23,29	8,27,42
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	27	32	34	28	35	34	34	15	15	15
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	23	24	24	14	26	27	24	9	14	14
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	1	2	4	4	3	3	0	1	0
2.Dönem	Nokta	5	3	11	16	18	13	1	12	10	7
	Müşteriler	44	15,24,27,53	14,18,47,60	22,26	33,52,59	56	12,19,32,46,50	7,35	23,49	4,21
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	35	34	32	34	33	35	36	17	16	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	15	28	24	26	25	27	28	14	14	11
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	6	4	3	5	4	6	3	1	2	2
3.Dönem	Nokta	5	3	9	16	18	13	1	12	10	7
	Müşteriler	18,44,54,57	15,24,28,53	3,13	22,26,36,45	17,52,59	30,40,41	1,2,5,19,32,46	50	9,60	8,21,37,47
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	22	34	34	28	33	24	36	17	8	18
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	20	26	26	21	25	20	27	13	6	14
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	1	3	5	6	4	4	2	2	0	0
4.Dönem	Nokta	5	3	11	16	18	13	1	12	10	7
	Müşteriler	55,57	10,20,25,28,36,53	14,18,37	51	33,43,45	30,40,41,50,56	1,2,5,12,15,27	7,58	29,31	8,21,42
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	34	36	33	17	21	29	35	18	16	12
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	26	24	25	15	16	20	25	14	14	11
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	3	4	3	2	2	1	1	1	1
5.Dönem	Nokta	5	3	11	16	18	13	1	12	10	7
	Müşteriler	18,34,44,55,57	20,24,25,28,40	14,47,49	26,36	33,52	30,56	1,2,5,12,15,27,39	35,5	29	8,21,42
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	32	31	26	23	34	34	32	10	17	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	26	26	18	19	26	26	27	8	15	9
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	2	2	3	6	5	5	1	0	3	2
6.Dönem	Nokta	5	3	11	16	18	13	1	12	10	9
	Müşteriler	44,55,57	10,15,21,25,26,40,41,18,37,47,60	16,51	17,33,45,52,59	30,41	1,5,12,22,27	35	31,49	29,48	
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	33	20	31	22	35	34	35	17	14	14
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	27	18	23	16	27	26	28	15	11	10
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	2	0	2	2	3	5	4	3	2	3

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

* Nokta satırında bulunan sayıların her biri önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

* Müşteriler satırındaki sayıların her biri önceden belirlenmiş müşteri noktalarını temsil etmektedir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda planlama ufkunun başında bulunduğu noktalar belli olan dolaplar 6 dönem için müşteri talep ve yürüme mesafeleri hesaba katılarak taşınmaktadır. Bu taşıma sonucunda toplam taşıma maliyeti, yürüme mesafelerinden kaynaklanan toplam ceza maliyeti ve toplam yürüme mesafesi örnek olay için oluşturulan performans kriterleri Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Örnek olay için performans kriterleri

	Değer
Toplam Taşıma Maliyeti(Euro)	1210
Toplam Ceza Maliyeti(Euro)	7720
Toplam Yürüme Mesafesi(km)	1544

Yapılan örnek olay çözümünde potansiyel yerleştirme noktalarına atanan müşteri noktalarının talepleri sonrasında dolaplarının doluluk oranları Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8. Örnek olay için dolap doluluk oranları (%)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1.Dönem	77,46	80,28	84,51	64,79	91,55	90,14	85,92	63,16	78,95	76,32
2.Dönem	78,87	92,96	83,10	91,55	87,32	95,77	94,37	84,21	84,21	78,95
3.Dönem	60,56	88,73	91,55	77,46	87,32	67,61	91,55	84,21	36,84	84,21
4.Dönem	91,55	88,73	87,32	49,30	54,93	71,83	85,92	86,84	81,58	63,16
5.Dönem	84,51	83,10	66,20	67,61	91,55	91,55	84,51	47,37	92,11	73,68
6.Dönem	87,32	53,52	78,87	56,34	91,55	91,55	94,37	92,11	71,05	71,05

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

Örnek olay çözümü sonucunda, 6 dönem için 10 mobil kargo dolabının önceden belirlenmiş 18 farklı potansiyel noktadan talep verilerine göre uygun olanlarına yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda 60 farklı müşteri noktasının da yine taleplerine göre kargo dolaplarının kapasiteleri aşılmadan atanması gerçekleşmiştir.

4.2 ÖRNEK OLAY ÜZERİNDE SENARYO ANALİZLERİ

Bu bölümde yukarıda tanıtılan örnek olay veri setleri kullanılarak model üzerinde çalışmanın literatüre katkılarını göstermek amacıyla 4 farklı analiz yapılmaktadır. İlk olarak, taşıma maliyetleri göz ardı edilerek maliyetlerin olmadığı durumda dolapların yer değişimleri gözlemlenmesi amacıyla bir analiz yapılmaktadır. İkinci olarak literatürde sıkça çalışılan sabit kargo dolapları kullanımının bu tez kapsamında tanıtılan veri seti ile çözümün incelenmesi ve dolapların mobil olması durumunun dikkate alınmasıyla literatüre katkısının gözlemlenmesi amacıyla bir analiz yapılmaktadır. Üçüncü analiz olarak ceza puanının artışı ve azalışının dolapların taşınmasının ve maliyetlere olan etkisinin incelenmesi amacıyla ceza puanının farklı değerler aldığı durumlar incelenmektedir. Son olarak literatürde az sayıda çalışma bulunan heterojen kapasiteye sahip olan mobil kargo dolapları varsayımının göz ardı edilip homojen kapasite varsayımı ile senaryo için önerilen model çözülmektedir. Her bir analizin sonucunda yukarıda bahsedilen parametre değişikliklerinin çözüme olan etkileri analiz edilmektedir.

4.2.1 Senaryo 1: Taşıma Maliyetlerinin Göz Ardı Edildiği Durum

Yukarıda tanıtılan veri seti kullanılarak model senaryo 1 için amaç fonksiyonu normalizasyonu yapılarak ortalama 15 saniyede çözülmüştür. Bu senaryoda taşıma maliyetinin göz ardı edildiği, yalnızca yürüme mesafesinin minimize edildiği durum için çözüm elde edilmiştir. Mobil kargo dolaplarının, 6 dönem için atandığı noktalar ve bu noktalara atanan müşteriler Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Senaryo 1 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1.Dönem	Nokta*	3	1	13	17	11	2	9	10	18	15
	Müşteriler*	20,28,57	1,12,22,32,46	30,41,56	26,50,52	14,37,60	2,5,8,25,27,45,53	3,13,35,42	23,29	33,59	7,16
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	34	34	33	33	32	25	35	15	18	10
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	28	24	16	25	24	21	27	14	11	9
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	4	3	4	3	3	0	4	1	0	1
2.Dönem	Nokta	2	17	13	11	5	18	1	7	14	9
	Müşteriler	15,19,53	7,26,50	56	14,18,27,47,60	44	33,52,59	1,5,22,32,46	4,21	23,24	35,49
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	33	33	35	35	35	33	35	17	17	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	25	25	27	28	15	25	23	11	13	16
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	4	3	6	4	6	4	5	2	2	2
3.Dönem	Nokta	1	2	9	18	5	14	17	13	3	7
	Müşteriler	1,5,22,32,46	2,8,915,19,45,53	3,13	17,52,59	18,44,54,57	34,36,40	26,34,50	30,41	28	21,37,47,60
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	35	30	34	33	19	24	28	16	17	18
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	23	24	26	12	16	18	24	14	13	15
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	0	5	4	1	3	4	2	3	0
4.Dönem	Nokta	1	3	5	16	11	12	2	18	15	10
	Müşteriler	29,31,42	7,36	33,43	8,15,25,45,53	30,41,50,56,58	14,18,37	51	55,57	10,20,21,28,40	1,2,5,12,27
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	29	30	34	17	33	33	28	16	14	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	21	21	26	15	25	26	18	14	9	15
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	1	3	5	3	4	3	1	2	0	2
5.Dönem	Nokta	14	18	17	11	13	10	1	7	3	5
	Müşteriler	20,24,36,40	33,52	26,34,50	14,18,47	30,56	29,35,49	1,2,5,12,15,27,39	8,21,42	25,28	44,55,57
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	25	34	39	33	34	25	32	17	12	15
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	19	26	24	25	26	20	27	9	11	13
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	1	5	6	4	5	3	1	2	1	1
6.Dönem	Nokta	18	13	16	10	11	9	5	2	14	1
	Müşteriler	17,33,52,59	30,41	22,51	29,31	14,18,37,47,60	35,48,49	44,55,57	10,15,25,45	16,21,36,40	1,5,12,27
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	32	34	34	16	31	29	33	14	14	18
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	24	26	26	14	23	22	25	12	12	15
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	3	5	5	5	2	3	4	0	0	1

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

* Nokta satırında bulunan sayıların her biri önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

* Müşteriler satırındaki sayıların her biri önceden belirlenmiş müşteri noktalarını temsil etmektedir.

Tablo 10. Senaryo 1 için dolap doluluk oranları (%)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1.Dönem	92,96	85,92	74,65	85,92	83,10	64,79	92,96	78,95	76,32	52,63
2.Dönem	87,32	85,92	95,77	94,37	78,87	87,32	88,73	78,95	84,21	92,11
3.Dönem	88,73	76,06	91,55	69,01	50,70	63,38	78,87	84,21	86,84	86,84
4.Dönem	71,83	76,06	91,55	49,30	87,32	87,32	66,20	84,21	60,53	89,47
5.Dönem	63,38	91,55	97,18	87,32	91,55	67,61	84,51	73,68	63,16	76,32
6.Dönem	83,10	91,55	91,55	49,30	78,87	76,06	87,32	68,42	68,42	89,47

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

Yapılan senaryo analizinin çözümü sonrasında mobil kargo dolaplarının doluluk oranları Tablo 10'da sunulmaktadır.

Senaryo 1 sonucu incelendiğinde, performans kriterleri açısından örnek olay çözümü ile karşılaştırıldığında toplam yürüme mesafesinde yaklaşık %5 ve buna bağlı olarak toplam ceza maliyetinde de yaklaşık %5'lik bir azalış görülmektedir. Çözümde dikkate alınmayan taşıma maliyetleri hesaplatıldığında ise yaklaşık %602 oranında ciddi bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise maliyetlerin olmadığı durumda mobil kargo dolaplarının her dönemde modelin yürüme mesafesini en aza indirme amacından kaynaklı olarak daha fazla taşınması olarak değerlendirilmektedir. Tablo 11'de örnek olay ile senaryo 1 için performans kriterleri karşılaştırılmasına yer verilmektedir. Değerler arasındaki yüzdeler artış veya azalış yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. Örnek olay ve senaryo 1 için performans kriterleri karşılaştırılması

	Örnek Olay	Senaryo 1	Değişim (%)*
Toplam Taşıma Maliyeti(Euro)	1210	8492	(+)602
Toplam Ceza Maliyeti(Euro)	7720	7305	(-)5
Toplam Yürüme Mesafesi(km)	1544	1461	(-)5

*Değişim; örnek olay değerlerine göre senaryo değerlerinin artış ve azalış miktarlarını temsil etmektedir.

4.2.2 Senaryo 2: Dolapların Sabit Olarak Kabul Edildiği Durum

Yukarıda tanıtılmış olan veri seti kullanılarak model senaryo 2 için amaç fonksiyonu normalizasyonu yapılarak ortalama 10 saniyede çözülmüştür. Bu senaryoda çözümü verilecek olan senaryo için dolapların mobilitesi göz ardı edilmiş ve sabit olarak kabul edilmiştir. Bu amaçla, problemin çözümü için tanıtılan modele dolapların planlama ufkunun başında bir defaya mahsus potansiyel dolap yerleştirme noktalarından uygun olanlarına atanmalarını sağlamak için yeni bir kısıt eklenmiş ve çözüm elde edilmiştir. Modele eklenen kısıt seti aşağıda verilmektedir.

$$X_{s,j,i,t} = 0 \quad \forall s \in S, i \in F, j \in F : (i, j) \in P \ \& \ i \neq j, t \in T : t \neq |T| \quad (4.1)$$

Kısıt (4.1) kargo dolaplarının planlama ufkunun başında potansiyel dolap yerleştirme noktalarından uygun olanlarına atanması ve sonraki dönemlerde sabit kalması gerektiğini belirtir.

Tablo 12’de senaryo 2’nin çözüm sonuçları sunulmaktadır. Dolaplar 6 dönem boyunca sabit noktalarda kalmıştır. Dolapların sabit kabul edildiği bu senaryoda müşterilerin farklı dönemlerde farklı potansiyel noktalara atandığı gözlemlenmiştir. Dolap noktalarına atanan müşteri noktaları ve bu müşteri noktalarının kargo talepleri sunulmaktadır.

Tablo 12. Senaryo 2 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1.Dönem	Nokta*	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler*	35,57	5,20,28,32	14,23,47,60	7,16,50,52,59	22,26	30,41,56	1,2,8,12,25,27,45,46,53,33	3,29	37,42	
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	27	24	30	36	33	33	35	18	16	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	23	19	22	26	26	16	27	13	15	13
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	1	2	2	5	4	0	1	1	2
2.Dönem	Nokta	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler	44	18,24,32,53	14,23,27,47,60	50,52,59	22,26	56	12,15,19,46	7,33	35,49	4,21
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	35	35	36	28	34	35	34	18	17	17
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	15	25	28	24	26	27	27	13	16	11
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	6	2	5	4	5	6	3	1	2	2
3.Dönem	Nokta	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler	1,44,54,57	5,24,28,53	3,18,37,47,60	34,40,52,59	22,26,36	30,41,50	2,8,9,15,19,45,46	17	13	21,32
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	24	36	31	33	24	33	35	11	17	10
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	20	26	25	27	20	27	24	8	13	8
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	2	4	3	4	6	4	0	2	2	0
4.Dönem	Nokta	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler	55,57	5,10,12,20,28,53	14,18,37	40,45,50	36,51	7,30,41,56	1,2,8,15,25,27	33,43	29,31	21,42,58
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	34	36	33	23	24	18	35	16	16	16
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	26	25	25	15	18	13	27	14	14	13
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	3	4	2	3	0	1	2	2	2
5.Dönem	Nokta	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler	18,35,44,55,57	5,12,20,24,28,36	14,47,49	34,40,50,52	26	30,56	1,2,8,15,25,39	33	29	21,27,42
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	30	31	26	36	17	34	33	17	17	15
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	25	26	18	27	15	26	26	13	15	9
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	2	2	3	2	6	5	2	3	3	1
6.Dönem	Nokta	5	3	11	17	16	13	2	18	10	7
	Müşteriler	35,55	5,10,12,36,57	14,18,37,47,60	16,29,40,52,59	22,51	30,41	1,15,25,27,44	17,33	31,49	21,48
	Küçük Boyutlu Kargo Talebi	28	26	31	32	34	34	31	16	14	9
	Orta Boyutlu Kargo Talebi	22	21	23	25	26	26	27	12	11	6
	Büyük Boyutlu Kargo Talebi	4	1	2	3	5	5	3	3	2	0

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

* Nokta satırında bulunan sayıların her biri önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

* Müşteriler satırındaki sayıların her biri önceden belirlenmiş müşteri noktalarını temsil etmektedir.

Tablo 13. Örnek olay ve senaryo 2 için performans kriterleri karşılaştırılması

	Örnek Olay	Senaryo 2	Değişim(%)*
Toplam Taşıma Maliyeti(Euro)	1210	303	(-)75
Toplam Ceza Maliyeti(Euro)	7720	8465	(+)10
Toplam Yürüme Mesafesi(km)	1544	1693	(+)10

*Değişim; örnek olay değerlerine göre senaryo değerlerinin artış ve azalış miktarlarını temsil etmektedir.

Tablo 13 Senaryo 2 sonuçlarının performans kriterleri ile örnek olay performans kriterlerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Dolapların sabit olarak kabul edilmesi toplam taşıma maliyetinde yaklaşık %75 oranında bir düşüşe sebep olmuştur. Bunun yanı sıra, toplam yürüme mesafesinde yaklaşık %10'luk bir artış gözlemlenmiş ve dolayısıyla toplam ceza maliyetinde de yaklaşık %10 oranında bir artış olduğu görülmüştür. Tablo 14 ise Senaryo 2 sonucunda gerçekleşen dolap doluluk oranlarını içermektedir.

Tablo 14. Senaryo 2 için dolap doluluk oranları(%)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1.Dönem	77,46	61,97	76,06	90,14	90,14	74,65	87,32	84,21	84,21	84,21
2.Dönem	78,87	87,32	97,18	78,87	91,55	95,77	90,14	84,21	92,11	78,95
3.Dönem	64,79	92,96	83,10	90,14	70,42	90,14	83,10	55,26	84,21	47,37
4.Dönem	91,55	90,14	87,32	56,34	63,38	43,66	88,73	84,21	84,21	81,58
5.Dönem	80,28	83,10	66,20	91,55	53,52	91,55	85,92	86,84	92,11	65,79
6.Dönem	76,06	67,61	78,87	84,51	91,55	91,55	85,92	81,58	71,05	39,47

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

Senaryo 2 sonucu değerlendirildiğinde son mil taşımacılığında sabit kargo dolabı kullanmanın mobil kargo dolabı kullanımına göre sonuçtan beklendiği üzere taşıma maliyetlerini azalttığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, dolaplar müşteri taleplerine göre buldukları noktadan başka bir noktaya taşınmadığından müşteri noktalarından dolap noktalarına olan toplam yürüme mesafesi artmış ve buna bağlı olarak ceza maliyetinde de artış olmuştur. Bu durum mobil kargo dolabı kullanımının faydasını göstermekte ve bu çalışmanın literatüre olan katkısını açığa çıkarmaktadır.

Tablo 15. Örnek olay ve senaryo 3 için performans kriterleri karşılaştırılması

	Örnek Olay	0.01*	1	2	5	10	50	100
Toplam Taşıma Maliyeti(Euro)	1210	0	303	453	1210	4663	3632	4236
Toplam Ceza Maliyeti(Euro)	7720	20	1693	3264	7720	15175	73275	146070
Toplam Yürüme Mesafesi(km)	1544	1938	1693	1632	1544	1518	1466	1461

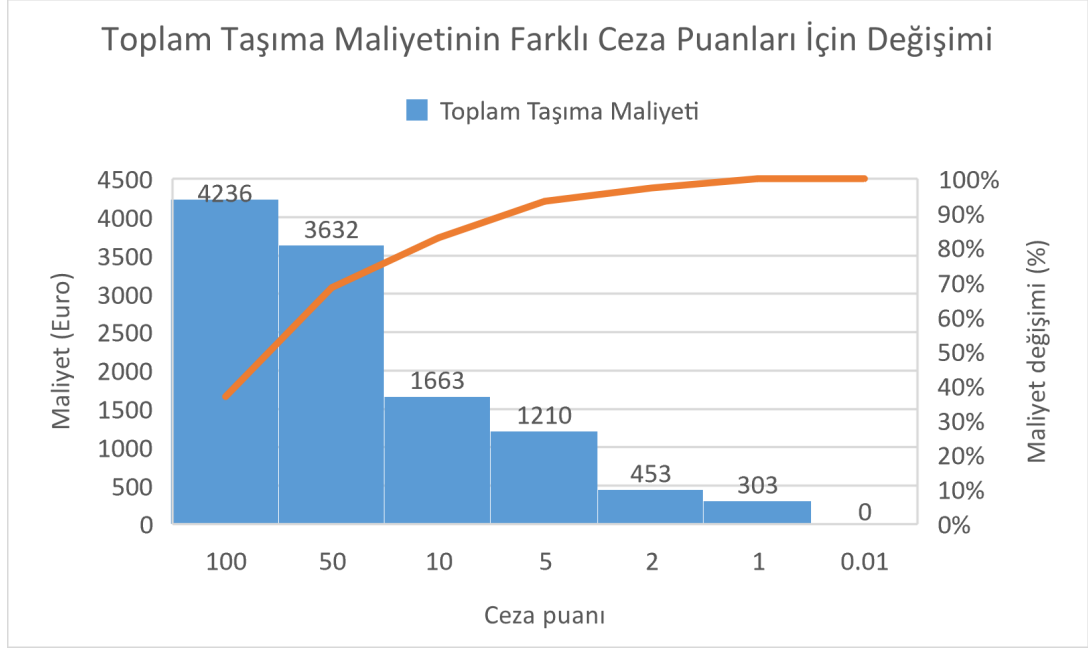
*0.01, 1, 2, 5, 10, 50, 100; farklı ceza puanı değerlerini temsil etmektedir.

4.2.3 Senaryo 3: Farklı Ceza Puanları İçin Performans Kriterlerinin İncelendiği Durum

Yukarıda tanıtılmış olan model Senaryo 3 için amaç fonksiyonu normalizasyonu yapılarak her bir ceza puanı için ayrı ayrı olacak şekilde ortalama 15 saniyede çözülmüştür. Bu senaryoda yürüme mesafesinin ve yürüme mesafesinden kaynaklanan ceza maliyetinin modelin çözümüne olan etkisini gözlemlemek amacıyla farklı ceza puanı değerleri için model çözdürülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir. Her bir ceza puanı için performans kriterleri analizi yapılmış ve bu analizin sonuçları Tablo 15’de sunulmaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ceza puanındaki artışın toplam yürüme mesafesinde azalma sağladığı gözlemlenmektedir.

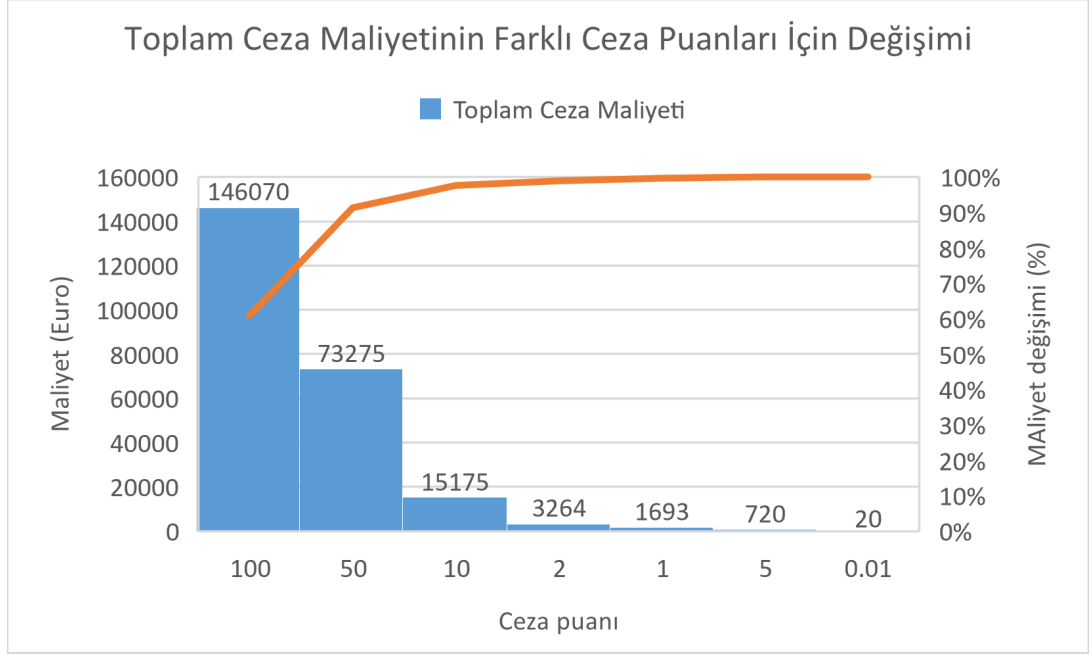
Senaryo 3 sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla performans kriterlerinin her birinin farklı ceza puanları karşısında gösterdiği değişimin incelenmesi amacıyla pareto analizi yapılmıştır.

Şekil 7, toplam taşıma maliyetlerinin farklı ceza puanları karşısında değişimini göstermektedir. Ceza puanı değeri arttıkça toplam taşıma maliyetlerinde de bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, ceza puanı artışının dolapları yer değişimine zorlaması dolayısıyla daha çok taşıma yapılması ve bunun sonucunda toplam taşıma maliyetlerinde artış yaşanmasıdır.



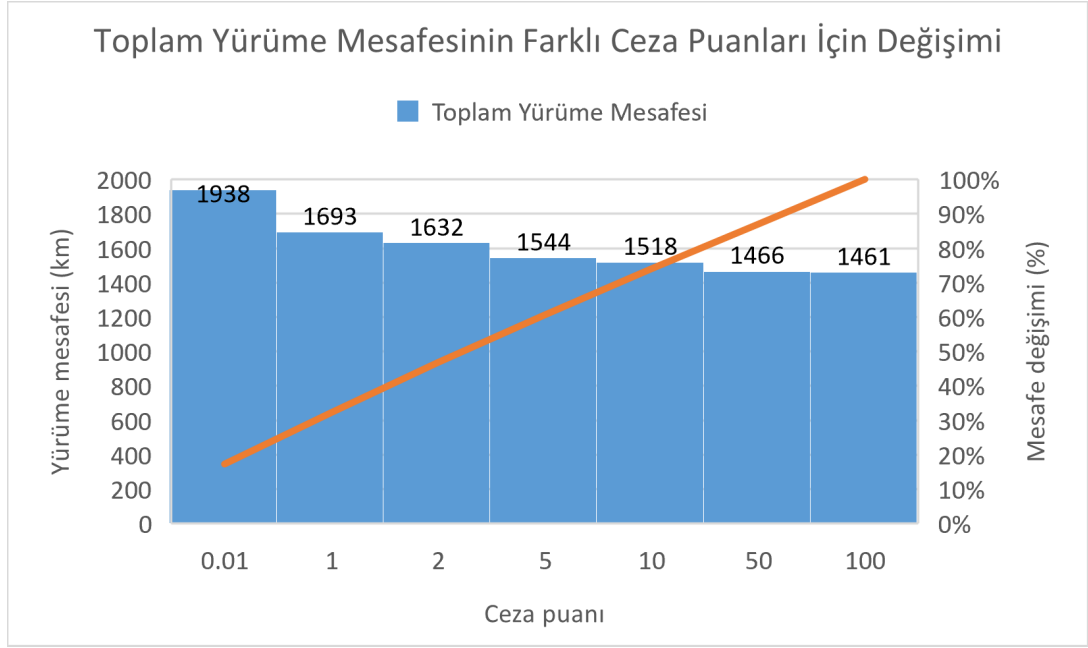
Şekil 7. Toplam taşıma maliyetinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği

Şekil 8, toplam ceza maliyetinin farklı ceza puanları karşısında değişimini göstermektedir. Ceza puanı değerinin artmasına bağlı olarak ceza maliyetleri de bir artış göstermiştir.



Şekil 8. Toplam ceza maliyetinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği

Son olarak Şekil 9, toplam yürüme mesafesinin farklı ceza puanları karşısında değişimini sunmaktadır. Ceza puanının artışıyla müşteri noktaları daha yakın dolap noktalarına atanmıştır. Bunun sonucunda toplam yürüme mesafelerinde de bir düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 9. Toplam yürüme mesafesinin farklı ceza puanı değerlerine göre değişiminin pareto grafiği

Senaryo 3 analizinin sonucunda, amaç fonksiyonunu oluşturan maliyet değerlerinin yine amaç fonksiyonunun bir parçası olan ceza puanının aldığı farklı değerler karşısında birbirinden farklı değişimler gözlemlenmiştir.

4.2.4 Senaryo 4: Mobil Kargo Dolaplarının Kapasitelerinin Homojen Olarak Kabul Edildiği Durum

Yukarıda tanıtılmış olan model Senaryo 4 için amaç fonksiyonu normalizasyonu yapılarak ortalama 15 saniyede çözülmektedir. Mobil kargo dolaplarının kapasitelerinin homojen olarak kabul edildiği bu senaryoda modelin çözümü için kullanılan veri setinden farklı olarak müşteri talepleri tek bir boyut kargo tipi için oluşturulmuş ve kargo dolaplarının bölmelerinin de tek boyutlu olduğu varsayılmıştır. Bu doğrultuda kapasiteleri 38 adet tek boyutlu bölme olan 3 adet kargo dolabı ve kapasiteleri 71 adet tek boyutlu bölme olan 7 adet kargo dolabının olduğu varsayılmaktadır. Tablo 16, senaryo 4 çözümünü sunmaktadır. Bu senaryoda incelenen homojen kapasite yaklaşımı sonucunda gerçekleşen talep yalnızca tek bir boyut kargo tipi için gerçekleşmektedir. Senaryonun analiz edilmesi amacıyla müşterilerin heterojen talepleri de verilmiştir.

ve Tablo 16 'nın başında farklı kargo boyutları için dolap kapasiteleri belirtilmiştir. Homojen kapasite varsayımı bazı dönemlerde ve bazı dolap noktalarında kapasite aşımına sebebiyet vermektedir. Bu durumun incelenmesi amacıyla kapasite aşımı görülen hücreler Tablo 16'da gri renk ile boyanmıştır.

Tablo 16. Senaryo 4 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Büyük Boyutlu Kargo Kapasitesi	36	36	36	36	36	36	36	18	18	18
Orta Boyutlu Kargo Kapasitesi	28	28	28	28	28	28	28	16	16	16
Küçük Boyutlu Kargo Kapasitesi	7	7	7	7	7	7	7	4	4	4
1.Dönem										
Nokta	5	3	11	17	8	13	1	18	10	14
Müşteriler	35,57	2,8,20,25,28,53	14,47,60	26,45,50,52	3,13,37,42	30,41,56	1,5,12,32,46	33,59	23,27,29	7,16
Gerçekleşen Talep	55	59	41	66	64	53	67	29	37	20
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	27	33	23	36	34	33	37	18	18	10
Orta Boyutlu Kargo Talebi	23	25	17	27	26	16	27	11	18	9
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	1	1	3	4	4	3	0	1	1
2.Dönem										
Nokta	5	3	11	17	8	13	1	18	10	14
Müşteriler	44	12,15,21,53	14,18,47,60	26,50,52	4,23,32,33	56	19,22,27,46	59	35,49	7,24
Gerçekleşen Talep	56	66	59	69	62	68	71	22	35	29
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	35	35	32	37	37	35	35	11	17	15
Orta Boyutlu Kargo Talebi	15	27	24	27	23	27	30	10	16	13
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	6	4	3	5	2	6	6	1	2	1
3.Dönem										
Nokta	5	3	11	17	8	13	1	16	10	14
Müşteriler	34,44,54,57	15,21,24,28	18,47,60	17,45,52,59	3,13,37	30,41,50	1,2,5,19,32,46,53	22,26	8,9	36,40
Gerçekleşen Talep	36	71	20	67	71	64	71	35	13	31
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	18	39	11	37	37	33	39	16	8	16
Orta Boyutlu Kargo Talebi	17	29	9	26	29	27	30	14	5	12
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	1	3	0	4	5	4	2	5	0	3
Büyük Boyutlu Kargo Kapasitesi	36	36	36	36	36	36	36	18	18	18
Orta Boyutlu Kargo Kapasitesi	28	28	28	28	28	28	28	16	16	16
Küçük Boyutlu Kargo Kapasitesi	7	7	7	7	7	7	7	4	4	4
4.Dönem										
Nokta	5	3	11	18	12	13	1	16	10	14
Müşteriler	55,57	8,10,20,21,25,28	4,18,37	33,43,45	50,58	30,41,56	1,2,5,12,15,27,53	51	29,31,42	7,36,40
Gerçekleşen Talep	65	68	62	39	44	18	68	35	34	32
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	34	35	33	21	22	11	40	17	17	21

* S1, ..., S10; veri setinde tanımlan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

* Nokta satırında bulunan sayıların her biri önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

* Müşteriler satırındaki sayıların her biri önceden belirlenmiş müşteri noktalarını temsil etmektedir.

* Boyanmış hücreler, kapasite aşımının olduğu durumları göstermektedir.

Devamı sonraki sayfada

Tablo 16 – Senaryo 4 çözümü: Potansiyel noktalara atanan kargo dolapları, noktalara atanan müşteriler ve müşterilerin talepleri(adet) (Devamı)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Orta Boyutlu Kargo Talebi	26	29	25	16	19	7	27	15	15	11
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	5	4	4	2	3	0	1	3	2	0
5.Dönem Nokta	5	3	11	18	12	13	1	16	10	14
Müşteriler	55,57	8,10,20,21,25,28	4,18,37	33,43,45	50,58	30,41,56	1,2,5,12,15,27,53	51	29,31,42	7,36,40
Gerçekleşen Talep	65	68	62	39	44	18	68	35	34	32
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	21	31	37	34	10	38	32	17	17	19
Orta Boyutlu Kargo Talebi	18	25	26	26	8	27	27	15	15	13
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	1	4	4	5	0	5	1	6	3	0
6.Dönem Nokta	5	3	11	18	12	13	1	16	10	14
Müşteriler	55,57	8,10,20,21,25,28	4,18,37	33,43,45	50,58	30,41,56	1,2,5,12,15,27,53	51	29,31,42	7,36,40
Gerçekleşen Talep	65	68	62	39	44	18	68	35	34	32
Küçük Boyutlu Kargo Talebi	33	14	37	35	23	34	35	17	16	11
Orta Boyutlu Kargo Talebi	25	12	23	27	18	26	28	13	14	9
Büyük Boyutlu Kargo Talebi	4	0	6	3	3	5	4	2	5	0

* S1, ..., S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

* Nokta satırında bulunan sayıların her biri önceden belirlenmiş dolap noktalarını temsil etmektedir.

* Müşteriler satırındaki sayıların her biri önceden belirlenmiş müşteri noktalarını temsil etmektedir.

* Boyanmış hücreler, kapasite aşımının olduğu durumları göstermektedir.

Tablo 17. Örnek olay ve senaryo 4 için performans kriterleri karşılaştırılması

	Örnek Olay	Senaryo 1	Değişim(%)*
Toplam Taşıma Maliyeti(Euro)	1210	909	(-)25
Toplam Ceza Maliyeti(Euro)	7720	22975	(+)198
Toplam Yürüme Mesafesi(km)	1544	4595	(+)198

*Değişim; örnek olay değerlerine göre senaryo değerlerinin artış ve azalış miktarlarını temsil etmektedir.

Tablo 17, senaryo 4 çözümü sonrasında hesaplanan performans kriterlerinin örnek olay ile karşılaştırılmasını içermektedir. Tablo 18 ise senaryo 4 çözümünde gerçekleşen yerleştirme ve atama kararları sonrasında mobil kargo dolaplarının doluluk oranlarını göstermektedir.

Tablo 18. Senaryo 4 için dolap doluluk oranları(%)

	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1.Dönem	77,46	83,10	57,75	92,96	90,14	74,65	94,37	76,32	97,37	52,63
2.Dönem	78,87	92,96	83,10	97,18	87,32	95,77	100,00	57,89	92,11	76,32
3.Dönem	50,70	100,00	28,17	94,37	100,00	90,14	100,00	92,10	34,21	81,58
4.Dönem	91,55	95,77	87,32	54,93	61,97	25,35	95,77	92,11	89,47	84,21
5.Dönem	91,55	95,77	87,32	54,93	61,97	25,35	95,77	92,11	89,47	84,21
6.Dönem	91,55	95,77	87,32	54,93	61,97	25,35	95,77	92,11	89,47	84,21

* S1, ... , S10; veri setinde tanımlanan mobil kargo dolaplarını temsil etmektedir.

Senaryo 4 sonucu incelendiğinde homojen kapasite varsayımının diğer senaryolara kıyasla toplam ceza maliyetinde ve toplam yürüme mesafesinde örnek olay değerlerine göre yaklaşık %197 oran ile en fazla artışı gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu durum son mil teslimatında kullanılacak olan dolapların kapasitelerinin heterojen olmasının ekonomik ve sosyal açıdan daha verimli olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Gün geçtikte artan e-ticaret faaliyetleri ve teknolojinin gelişmesiyle beraber son kilometre taşımacılığında görülmekte olan ilerlemeler ve kaydedilen gelişimler kargo dağıtım alanına yoğun çalışmalar yapıldığını göstermektedir. Aynı zamanda COVID-19 salgınının hayatımıza katmış olduğu bir gerçek olan pandemi dönemi, insanları evlerine kapanmaya mecbur bırakmış ve bunun sonucu olarak internet üzerinden gerçekleşen alışveriş harcamalarında önemli bir artış yaşanmasına olanak sunmuştur. Küresel çapta yaşanan bu artış, lojistik firmalarını e-ticaret ürünlerinin son müşteriye nasıl ulaştırılacağı konusunda çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Son zamanlarda, son kilometre taşımacılığı deyince akla gelen ilk kavram olan kargo dolabı teslimatıdır. Bu teslimat şekli müşterilere hem mekan hem zaman esnekliği tanımaktadır. Bu ise kargo dolabı teslimat şeklini müşteriler ve lojistik firmaları arasında önemli bir konumda tutmaktadır. İnsanlar tarafından yoğun ilgi gören bu teslimat şekli, sektörün hızlı gelişimler ve değişimler yaşamasıyla sonuçlanmaktadır. Gelişim ve değişimin olduğu yerlerde sorunlar kaçınılmazdır. Kargo dağıtımındaki sorunlar ise müşterilere yapılan teslimatların zaman ve maliyet açısından en uygun şekilde tamamlanması ile ilgilidir.

Bu çalışmada, lojistik sektöründe son mil teslimatında kullanılmakta olan yeni teslimat şekli mobil kargo dolabı kullanımında dolap yerleştirme ve müşteri atama kararlarının verildiği yerleşim ve atama problemi için tam sayılı doğrusal programlama modeli önerilmektedir. Toplam taşıma maliyeti ve yürüme mesafesi minimizasyonu yapmayı amaçlayan bu modelde, amaç fonksiyonu bileşenlerinin birbirinden farklı olması sebebiyle normalizasyon adımları uygulanmıştır.

Literatürde incelenen mobil kargo dolabı kullanımında yerleşim ve atama yapan modellerde dolapların kapasitelerinin homojen olması ve planlama ufkunun tek dönemli olmasından kaynaklı eksiklikler görülmüştür. Homojen kapasite ve tek dönemlilik ya da dönem varsayımı gözetmeksizin oluşturulan modeller yerine heterojen kapasite ve çok dönemlilik varsayımıyla kurulan modellerin gerçekçiliğinin ve uygulanabilirliğinin artacağı gözlemlenmiştir. Mevcut çalışma ile mobil kargo dolabı yerleşim ve atama problemi için çok dönemli planlama ufku ile heterojen kapasiteli dolapların incelendiği bir model oluşturulmuştur.

Çalışmada, mobil kargo dolapları yerleşim ve atama probleminin çözümü için geliştirilen modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla model örnek bir vaka üzerinden incelenmiştir. 10 farklı mobil kargo dolabının önceden belirlenmiş 18 farklı potansiyel yerleştirme noktasından uygun olanlarına konumlandırılması sağlanmıştır. Dolapların yer seçimi için her biri bir siteyi temsil eden 60 farklı müşteri noktasının talepleri göz önünde bulundurulmuştur.

Literatüre yapılan katkıyı sunmak amacıyla 4 farklı senaryo analizi yapılmaktadır. Bu doğrultuda taşıma maliyetlerinin dikkate alınmadığı senaryoda dolapların diğer durumlara kıyasla daha fazla taşındığı gözlemlenmiş; bunun sonucu olarak toplam taşıma maliyetleri hesaplandığında yüksek bir artış yaşandığı görülmüştür. Taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesiyle dolapların müşteri taleplerine göre daha esnek bir şekilde yer değiştirebileceği ve böylece müşteri yürüme mesafelerinin azalmasıyla memnuniyetlerinin de artabileceği gözlemlenmiştir. Kargo dolaplarının mobil olduğu durum göz ardı edilip sabit olarak kabul edildiği senaryoda taşıma maliyetlerinde bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Fakat toplam yürüme mesafesinde artış görülmüş ve buna bağlı olarak toplam ceza maliyetinde ciddi bir artış söz konusu olmuştur. Bu durum müşteri memnuniyetini olumsuz olarak etkileyeceğinden, literatürdeki sabit kargo dolabı kullanan çalışmaların yerine mobil kargo dolapları kullanan çalışmaların sayısının artması gerektiği ve müşteriler için sosyal açıdan da etkilerinin incelenebileceği durumların değerlendirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Kapasitelerinin homojen olduğu varsayımıyla yapılan analizde ise dolap noktalarına atanan müşteri taleplerinde kapasite fazlası oluşmuş bu durum modelin uygulanabilirliğini ortadan kaldırmıştır. Modelin çok dönemli olarak kurulmuş olması problemin gerçekçiliği açısından katkı sağlamaktadır. Tek dönemli ya da dönem varsayımı olmadan kurulan modellerin gerçek hayata uygulanabilirliğinin eksik olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada oluşturulan modelin çözümünde kullanılan verilerden kargo dolabı potansiyel yerleştirme noktaları ile kargo dolaplarının boyutları ve kapasiteleri yerel bir kargo dolabı firmasının internet sitesinden ve teknik raporlarından alınmıştır. Alınan gerçek verilerin yanı sıra müşteri noktaları için hipotetik talep verileri oluşturularak modelin çözümünde ve nümerik analizlerde kullanılmaktadır. Problemin çözümünde müşterilerin kargolarını mobil kargo dolaplarından almaya istekli oldukları varsayılmaktadır ve isteksiz olmaları halinde katlanılacak olan müşteri kaybetme maliyetleri

hesaplanmamaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda gelecek çalışmalar için modelin çözümünde kullanılacak olan tüm verilerin gerçek verilerden oluşması ve müşterilerin kargolarını mobil kargo dolaplarından almaya isteksiz olduğu durumların da göz önünde bulundurulması ile literatüre katkıda bulunulabilir. Bunun yanı sıra probleme birden fazla teslimat şekli eklenerek müşteri seçimlerinin dahil edildiği durumlar incelenerek problemin gerçekçiliği artırılabilir. Tüm bunlara ek olarak, gelecek çalışmalarda sürdürülebilirlik yaklaşımları modele entegre edilerek ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan lojistik sektörüne ve son kullanıcıya nasıl katkı sağlanabileceğinin değerlendirildiği durumların da göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anand, N., Quak, H., van Duin, R. H., & Tavasszy, L. (2012). City logistics modeling efforts: Trends and gaps. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 101–115.
- Beirigo, B. A., Schulte, F., & Negenborn, R. R. (2018). Integrating people and freight transportation using shared autonomous vehicles with compartments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(9), 392–397.
- Bonomi, V., Mansini, R., & Zanotti, R. (2022). Last Mile Delivery with Parcel Lockers: Evaluating the environmental impact of eco-conscious consumer behavior. *IFAC-PapersOnLine*, 55(5), 72–77.
- Che, Z.-H., Chiang, T.-A., & Luo, Y.-J. (2022). Multiobjective optimization for planning the service areas of smart parcel locker facilities in logistics last mile delivery. *Mathematics*, 10(3), 422.
- Chen, J., Li, R., Ma, J., & An, Q. (2024). Stationary versus mobile parcel lockers: Which self-service technology moves the consumers in the last mile of urban areas? *Travel Behaviour and Society*, 35, 100742.
- Chen, L., & Shao, X. (2014). Optimization of vehicle routing problem with time windows based on genetic algorithm. *Journal of Software*, 9(2), 392–399.
- Chen, X., Ji, G., Sun, H., & Li, Y. (2016). Purpose of Urban Logistics: Reducing Time and Cost in the Process of Delivering Products from Production to Consumers. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(3), 216–230.
- Christopher, M. (1994). Logistics and supply chain management: strategies for reducing costs and improving services. *Journal of the Operational Research Society*, 45(11), 1341.
- Dahmardeh, M., Telhada, J., Carvalho, M. S., & Paisana, A. (2018). Urban logistics: A systematic literature review. *Proc. 7th Int. Conf Industrial Technology and Management (ICITM)*, 279–283.
- Deutsch, Y., & Golany, B. (2018). A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 251–261.

- Dos Santos, A. G., Viana, A., & Pedroso, J. P. (2022). 2-echelon lastmile delivery with lockers and occasional couriers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *162*, 102714.
- Enthoven, D. L., Jargalsaikhan, B., Roodbergen, K. J., Uit het Broek, M. A., & Schrottenboer, A. H. (2020). The two-echelon vehicle routing problem with covering options: City logistics with cargo bikes and parcel lockers. *Computers & Operations Research*, *118*, 104919.
- Feng, Y., Liu, L., Zhang, X., & Wang, Q. (2019). Planning, Management, and Optimization of Transportation and Storage Services Supporting Trade Activities in Cities: Urban Logistics. *International Journal of Logistics Management*, *30*(2), 354–378.
- Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2011). Characteristics and Typology of Last-Mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context. İçinde C. Macharis & S. Melo (Ed.), *City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives* (ss. 56–71, C. 2). Edward Elgar Publishing.
- Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2014). Cost modelling and simulation of last-mile characteristics in an innovative B2C supply chain environment with implications on urban areas and cities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *125*, 398–411.
- Goetschalckx, M., & Ratliff, H. D. (1991). The warehouse location problem: An overview. *Transportation Research Part B: Methodological*, *25*(2-3), 117–133.
- Gonzalez, J., Smith, A., Johnson, R., Lee, M., & Brown, D. (2018). Urban Logistics: Management of Transportation and Storage Services Supporting Trade Activities in Cities. *Journal of Urban Logistics*, *7*(2), 123–145.
- Grabenschweiger, J., Doerner, K. F., Hartl, R. F., & Savelsbergh, M. W. (2021). The vehicle routing problem with heterogeneous locker boxes. *Central European Journal of Operations Research*, *29*, 113–142.
- Janinhoff, L., Klein, R., & Scholz, D. (2023). Multitrip vehicle routing with delivery options: a data-driven application to the parcel industry. *OR Spectrum*, 1–54.
- Ji, S.-f., Luo, R.-j., & Peng, X.-s. (2019). A probability guided evolutionary algorithm for multi-objective green express cabinet assignment in urban last-mile logistics. *International Journal of Production Research*, *57*(11), 3382–3404.

- Kahr, M. (2022). Determining locations and layouts for parcel lockers to support supply chain viability at the last mile. *Omega*, *113*, 102721.
- Kanık, Z. B., Ömürkünülşen, M., & Soysal, M. (2023). Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilim ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış. *Verimlilik Dergisi*, *57*(2), 393–424.
- Kedia, A., Kusumastuti, D., & Nicholson, A. (2017). Acceptability of collection and delivery points from consumers' perspective: A qualitative case study of Christchurch city. *Case Studies on Transport Policy*, *5*(4), 587–595.
- Korkmaz, S. G. (2022). Yatay işbirliği altında son mil taşımacılıkta kullanılan mobil kargo dolapları yer seçimi ve rotalama problemi için bir matematiksel model önerisi.
- Kötschau, R., Soeffker, N., & Ehmke, J. F. (2023). Mobile parcel lockers with individual customer service. *Networks*, *82*(4), 506–526.
- Li, H., Wang, X., & Zhang, Y. (2017). Optimization of Mobile Storage Locations in Urban Areas. *Journal of Urban Planning and Development*, *143*(3), 04017006.
- Li, J., Ensafian, H., Bell, M. G., & Geers, D. G. (2021). Deploying autonomous mobile lockers in a two-echelon parcel operation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *128*, 103155.
- Lim, S. F. W., Jin, X., & Srai, J. S. (2018). Consumer-driven e-commerce: A literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *48*(3), 308–332.
- Lin, Y., Wang, Y., Lee, L. H., & Chew, E. P. (2022). Profit-maximizing parcel locker location problem under threshold Luce model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *157*, 102541.
- Liu, D., Deng, Z., Zhang, W., Wang, Y., & Kaiser, E. I. (2021). Design of sustainable urban electronic grocery distribution network. *Alexandria Engineering Journal*, *60*(1), 145–157.
- Lopez, S. (2017). The future of last-mile logistics: delivery drones, autonomous vehicles, and the digital supply chain. *Supply Chain Management Review*, *21*(8), 22–29.
- Lorig, F., Johansson, E., Davidsson, P., & Persson, J. A. (2021). A Simulation Study on Electric Last Mile Delivery with Mobile Smart Cargo Boxes. *19th ASIM*

Dedicated Conference on Simulation in Production und Logistics, 15-17 September 2021, 177–186.

- McKevitt, D. (2017). What it takes to win with last-mile delivery.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), 1–25.
- Mucowska, M. (2021). Trends of environmentally sustainable solutions of urban last-mile deliveries on the e-commerce market—a literature review. *Sustainability*, 13(11), 5894.
- Neghabadi, P., Evrard Samuel, K., & Espinouse, M.-L. (2019). Systematic literature review on city logistics: overview, classification and analysis. *International Journal of Production Research*, 57(3), 865–887.
- Olsson, J., Hellström, D., & Pålsson, H. (2019). Framework of last mile logistics research: A systematic review of the literature. *Sustainability*, 11(24), 7131.
- Orenstein, I., Raviv, T., & Sadan, E. (2019). Flexible parcel delivery to automated parcel lockers: models, solution methods and analysis. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 8(5), 683–711.
- Pudo. (2024). *PUDO Nedir?* Pudo. Erişim tarihi Mayıs 2, 2024, **from** <https://pudo.com.tr/pudo-nedir/>
- Punakivi, M., & Tanskanen, K. (2002). Increasing the cost efficiency of e-fulfilment using shared reception boxes. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 30(10), 498–507.
- Punakivi, M., Yrjölä, H., & Holmström, J. (2001). Solving the last mile issue: reception box or delivery box? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(6), 427–439.
- Rabe, M., Chicaiza-Vaca, J., Tordecilla, R. D., & Juan, A. A. (2020). A simulation-optimization approach for locating automated parcel lockers in urban logistics operations. *2020 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1230–1241.
- Rabe, M., Gonzalez-Feliu, J., Chicaiza-Vaca, J., & Tordecilla, R. D. (2021). Simulation-optimization approach for multi-period facility location problems with forecasted and random demands in a last-mile logistics application. *Algorithms*, 14(2), 41.

- Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., & Roccotelli, M. (2018). A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision. *Sustainability*, *10*(3), 782.
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., & Zheng, J. (2015). Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *36*, 29–44.
- Redi, A., Jewpanya, P., Kurniawan, A. C., Persada, S. F., Nadlifatin, R., & Dewi, O. A. C. (2020). A simulated annealing algorithm for solving two-echelon vehicle routing problem with locker facilities. *Algorithms*, *13*(9), 218.
- Retail Logistics Task Force - Foresight. (2000). “@ Your Home: New Markets for Service and Delivery” (tek. rap.) (Erişim Tarihi: 09/02/2005). Report to Retail Logistics Task Force of Foresight program, Department of Trade ve Industry. <http://www.foresight.gov.uk>
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2006). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, *194*(2), 343–362.
- Rutner, S. M., & Langley, C. J. (2000). Logistics value: definition, process and measurement. *The International Journal of Logistics Management*, *11*(2), 73–82.
- Savrun, B., & Mutlu, H. M. (2019). Kent lojistiği üzerine bibliyometrik analiz. *Kent Akademisi*, *12*(2), 364–386.
- Sawik, B., Serrano-Hernandez, A., Muro, A., & Faulin, J. (2022). Multi-Criteria Simulation-Optimization Analysis of Usage of Automated Parcel Lockers: A Practical Approach. *Mathematics*, *10*(23), 4423.
- Schwerdfeger, S., & Boysen, N. (2020). Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution. *European Journal of Operational Research*, *285*(3), 1077–1094.
- Song, L., Cherrett, T., McLeod, F., & Guan, W. (2009). Addressing the last mile problem: transport impacts of collection and delivery points. *Transportation research record*, *2097*(1), 9–18.
- Stock, J. R., & Lambert, D. M. (2001). *Strategic logistics management* (C. 4). McGraw-Hill/Irwin Boston, MA.

- Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T., & van Duin, R. (2001). Modelling city logistics. İçinde *City logistics* (ss. 17–47). Emerald Group Publishing Limited.
- Tavasszy, L., & Jansen, R. (2007). City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7(3), 193–213.
- Vakulenko, Y., Hellström, D., & Hjort, K. (2018). What’s in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research*, 88, 421–427.
- Verlinde, S., Rojas, C., Buldeo Rai, H., Kin, B., & Macharis, C. (2018). E-Consumers and Their Perception of Automated Parcel Stations. *City logistics 3: towards sustainable and liveable cities*, 147–160.
- Wang, X., Zhan, L., Ruan, J., Zhang, J., ve diğ. (2014). How to choose “last mile” delivery modes for e-fulfillment. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- Wang, Y., Bi, M., & Chen, Y. (2020). A scheduling strategy of mobile parcel lockers for the last mile delivery problem. *Promet-Traffic & Transportation*, 32(6), 875–885.
- Wang, Y., Bi, M., Lai, J., & Chen, Y. (t.y.). Locating movable parcel lockers under stochastic demands. *Symmetry*, 12(12), 2033.
- Wang, Y., Zhang, Y., Bi, M., Lai, J., & Chen, Y. (2022). A Robust Optimization Method for Location Selection of Parcel Lockers under Uncertain Demands. *Mathematics*, 10(22), 4289.
- Waters, D. (2021). *Logistics An Introduction to supply chain management*. Palgrave macmillan.
- Wilson, R. (2005). Council of Supply Chain Management Professionals. *16th Annual State of Logistics Report*, June.
- Woodburn, A. (2012). City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives, C. Macharis, S. Melo (Eds.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham (2011).£ 75.00 (Hardback), ISBN: 978-0-85793-274-7.
- World Bank. (2022). *Urban population (% of total)*. Erişim tarihi Mayıs 9, 2024, **from** <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Xu, M., Ferrand, B., & Roberts, M. (2008). The last mile of e-commerce—unattended delivery from the consumers and eTailers’ perspectives. *International Journal of Electronic Marketing and Retailing*, 2(1), 20–38.

- Yalcin Kavus, B., Ayyildiz, E., Gulum Tas, P., & Taskin, A. (2022). A hybrid Bayesian BWM and Pythagorean fuzzy WASPAS-based decision-making framework for parcel locker location selection problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–18.
- Yang, G., Huang, Y., Fu, Y., Huang, B., Sheng, S., Mao, L., Huang, S., Xu, Y., Le, J., Ouyang, Y., ve diğ. (2020). Parcel locker location based on a bilevel programming model. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–12.
- Yang, X., Wang, C., He, X., Zhang, H., Xu, G., ve diğ. (2023). Location Optimization for Community Smart Parcel Lockers Based on Bilevel Programming. *Journal of Advanced Transportation*, 2023.
- Yrjölä, H. (2015). Case studies on the effects of automated parcel locker systems on urban logistics operations. *Procedia Manufacturing*, 3, 572–578.
- Zhang, S., Le, T. V., & Roorda, M. (2023). Optimizing Parcel Locker Locations in a City Crowd Logistics Network. *Transportation Research Record*, 03611981231167425.
- Zhou, L., Wang, X., Ni, L., & Lin, Y. (2016). Location-routing problem with simultaneous home delivery and customer's pickup for city distribution of online shopping purchases. *Sustainability*, 8(8), 828.

EK 1

**PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN MALİYET
HESAPLAMALARI**

Tablo 19. Problemin çözümünde kullanılacak olan maliyet hesaplamaları

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
1	1	0	0	0	0
1	2	0,24	50	100	150,24
1	3	0,62	50	100	150,62
1	4	1,14	50	100	151,14
1	5	1,13	50	100	151,13
1	6	1,36	50	100	151,36
1	7	1,16	50	100	151,16
1	8	1,69	50	100	151,69
1	9	1,73	50	100	151,73
1	10	1,84	50	100	151,84
1	11	1,92	50	100	151,92
1	12	2,13	50	100	152,13
1	13	2,48	50	100	152,48
1	14	3,11	50	100	153,11
1	15	2,51	50	100	152,51
1	16	3,22	50	100	153,22
1	17	2,75	50	100	152,75
1	18	2,33	50	100	152,33
2	1	0,24	50	100	150,24
2	2	0	0	0	0
2	3	0,38	50	100	150,38
2	4	0,94	50	100	150,94
2	5	0,89	50	100	150,89
2	6	1,2	50	100	151,2
2	7	0,97	50	100	150,97
2	8	1,46	50	100	151,46
2	9	1,48	50	100	151,48
2	10	1,62	50	100	151,62
2	11	1,75	50	100	151,75
2	12	2,01	50	100	152,01
2	13	2,27	50	100	152,27
2	14	2,89	50	100	152,89
2	15	2,26	50	100	152,26
2	16	2,98	50	100	152,98
2	17	2,52	50	100	152,52
2	18	2,14	50	100	152,14
3	1	0,62	50	100	150,62
3	2	0,38	50	100	150,38
3	3	0	0	0	0
3	4	0,61	50	100	150,61
3	5	0,54	50	100	150,54
3	6	0,97	50	100	150,97
3	7	0,82	50	100	150,82
3	8	1,17	50	100	151,17

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
3	9	1,12	50	100	151,12
3	10	1,25	50	100	151,25
3	11	1,48	50	100	151,48
3	12	1,8	50	100	151,8
3	13	1,92	50	100	151,92
3	14	2,52	50	100	152,52
3	15	1,89	50	100	151,89
3	16	2,61	50	100	152,61
3	17	2,2	50	100	152,2
3	18	1,9	50	100	151,9
4	1	1,14	50	100	151,14
4	2	0,94	50	100	150,94
4	3	0,61	50	100	150,61
4	4	0	0	0	0
4	5	0,64	50	100	150,64
4	6	0,46	50	100	150,46
4	7	1,22	50	100	151,22
4	8	1,25	50	100	151,25
4	9	0,95	50	100	150,95
4	10	0,73	50	100	150,73
4	11	0,88	50	100	150,88
4	12	1,26	50	100	151,26
4	13	1,33	50	100	151,33
4	14	1,97	50	100	151,97
4	15	1,56	50	100	151,56
4	16	2,32	50	100	152,32
4	17	2,1	50	100	152,1
4	18	2,05	50	100	152,05
5	1	1,13	50	100	151,13
5	2	0,89	50	100	150,89
5	3	0,54	50	100	150,54
5	4	0,64	50	100	150,64
5	5	0	0	0	0
5	6	1,1	50	100	151,1
5	7	0,62	50	100	150,62
5	8	0,67	50	100	150,67
5	9	0,6	50	100	150,6
5	10	0,93	50	100	150,93
5	11	1,45	50	100	151,45
5	12	1,88	50	100	151,88
5	13	1,65	50	100	151,65
5	14	2,17	50	100	152,17
5	15	1,39	50	100	151,39
5	16	2,09	50	100	152,09
5	17	1,67	50	100	151,67
5	18	1,45	50	100	151,45
6	1	1,36	50	100	151,36
6	2	1,2	50	100	151,2
6	3	0,97	50	100	150,97
6	4	0,46	50	100	150,46

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
6	5	1,1	50	100	151,1
6	6	0	0	0	0
6	7	1,67	50	100	151,67
6	8	1,7	50	100	151,7
6	9	1,35	50	100	151,35
6	10	0,9	50	100	150,9
6	11	0,57	50	100	150,57
6	12	0,83	50	100	150,83
6	13	1,26	50	100	151,26
6	14	1,94	50	100	151,94
6	15	1,83	50	100	151,83
6	16	2,58	50	100	152,58
6	17	2,48	50	100	152,48
6	18	2,5	50	100	152,5
7	1	1,16	50	100	151,16
7	2	0,97	50	100	150,97
7	3	0,82	50	100	150,82
7	4	1,22	50	100	151,22
7	5	0,62	50	100	150,62
7	6	1,67	50	100	151,67
7	7	0	0	0	0
7	8	0,66	50	100	150,66
7	9	0,98	50	100	150,98
7	10	1,52	50	100	151,52
7	11	2,06	50	100	152,06
7	12	2,48	50	100	152,48
7	13	2,25	50	100	152,25
7	14	2,7	50	100	152,7
7	15	1,74	50	100	151,74
7	16	2,33	50	100	152,33
7	17	1,71	50	100	151,71
7	18	1,18	50	100	151,18
8	1	1,69	50	100	151,69
8	2	1,46	50	100	151,46
8	3	1,17	50	100	151,17
8	4	1,25	50	100	151,25
8	5	0,67	50	100	150,67
8	6	1,7	50	100	151,7
8	7	0,66	50	100	150,66
8	8	0	0	0	0
8	9	0,5	50	100	150,5
8	10	1,2	50	100	151,2
8	11	1,92	50	100	151,92
8	12	2,41	50	100	152,41
8	13	1,87	50	100	151,87
8	14	2,2	50	100	152,2
8	15	1,13	50	100	151,13
8	16	1,67	50	100	151,67
8	17	1,07	50	100	151,07
8	18	0,8	50	100	150,8

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
9	1	1,73	50	100	151,73
9	2	1,48	50	100	151,48
9	3	1,12	50	100	151,12
9	4	0,95	50	100	150,95
9	5	0,6	50	100	150,6
9	6	1,35	50	100	151,35
9	7	0,98	50	100	150,98
9	8	0,5	50	100	150,5
9	9	0	0	0	0
9	10	0,71	50	100	150,71
9	11	1,47	50	100	151,47
9	12	1,97	50	100	151,97
9	13	1,36	50	100	151,36
9	14	1,74	50	100	151,74
9	15	0,8	50	100	150,8
9	16	1,49	50	100	151,49
9	17	1,15	50	100	151,15
9	18	1,22	50	100	151,22
10	1	1,84	50	100	151,84
10	2	1,62	50	100	151,62
10	3	1,25	50	100	151,25
10	4	0,73	50	100	150,73
10	5	0,93	50	100	150,93
10	6	0,9	50	100	150,9
10	7	1,52	50	100	151,52
10	8	1,2	50	100	151,2
10	9	0,71	50	100	150,71
10	10	0	0	0	0
10	11	0,8	50	100	150,8
10	12	1,31	50	100	151,31
10	13	0,72	50	100	150,72
10	14	1,27	50	100	151,27
10	15	0,94	50	100	150,94
10	16	1,68	50	100	151,68
10	17	1,67	50	100	151,67
10	18	1,92	50	100	151,92
11	1	1,92	50	100	151,92
11	2	1,75	50	100	151,75
11	3	1,48	50	100	151,48
11	4	0,88	50	100	150,88
11	5	1,45	50	100	151,45
11	6	0,57	50	100	150,57
11	7	2,06	50	100	152,06
11	8	1,92	50	100	151,92
11	9	1,47	50	100	151,47
11	10	0,8	50	100	150,8
11	11	0	0	0	0
11	12	0,51	50	100	150,51
11	13	0,8	50	100	150,8
11	14	1,48	50	100	151,48

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
11	15	1,69	50	100	151,69
11	16	2,39	50	100	152,39
11	17	2,47	50	100	152,47
11	18	2,68	50	100	152,68
12	1	2,13	50	100	152,13
12	2	2,01	50	100	152,01
12	3	1,8	50	100	151,8
12	4	1,26	50	100	151,26
12	5	1,88	50	100	151,88
12	6	0,83	50	100	150,83
12	7	2,48	50	100	152,48
12	8	2,41	50	100	152,41
12	9	1,97	50	100	151,97
12	10	1,31	50	100	151,31
12	11	0,51	50	100	150,51
12	12	0	0	0	0
12	13	1,18	50	100	151,18
12	14	1,8	50	100	151,8
12	15	2,18	50	100	152,18
12	16	2,87	50	100	152,87
12	17	2,98	50	100	152,98
12	18	3,18	50	100	153,18
13	1	2,48	50	100	152,48
13	2	2,27	50	100	152,27
13	3	1,92	50	100	151,92
13	4	1,33	50	100	151,33
13	5	1,65	50	100	151,65
13	6	1,26	50	100	151,26
13	7	2,25	50	100	152,25
13	8	1,87	50	100	151,87
13	9	1,36	50	100	151,36
13	10	0,72	50	100	150,72
13	11	0,8	50	100	150,8
13	12	1,18	50	100	151,18
13	13	0	0	0	0
13	14	0,69	50	100	150,69
13	15	1,17	50	100	151,17
13	16	1,74	50	100	151,74
13	17	2,05	50	100	152,05
13	18	2,49	50	100	152,49
14	1	3,11	50	100	153,11
14	2	2,89	50	100	152,89
14	3	2,52	50	100	152,52
14	4	1,97	50	100	151,97
14	5	2,17	50	100	152,17
14	6	1,94	50	100	151,94
14	7	2,7	50	100	152,7
14	8	2,2	50	100	152,2
14	9	1,74	50	100	151,74
14	10	1,27	50	100	151,27
14	11	1,48	50	100	151,48

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
14	12	1,8	50	100	151,8
14	13	0,69	50	100	150,69
14	14	0	0	0	0
14	15	1,2	50	100	151,2
14	16	1,46	50	100	151,46
14	17	2,03	50	100	152,03
14	18	2,67	50	100	152,67
15	1	2,51	50	100	152,51
15	2	2,26	50	100	152,26
15	3	1,89	50	100	151,89
15	4	1,56	50	100	151,56
15	5	1,39	50	100	151,39
15	6	1,83	50	100	151,83
15	7	1,74	50	100	151,74
15	8	1,13	50	100	151,13
15	9	0,8	50	100	150,8
15	10	0,94	50	100	150,94
15	11	1,69	50	100	151,69
15	12	2,18	50	100	152,18
15	13	1,17	50	100	151,17
15	14	1,2	50	100	151,2
15	15	0	0	0	0
15	16	0,76	50	100	150,76
15	17	0,89	50	100	150,89
15	18	1,48	50	100	151,48
16	1	3,22	50	100	153,22
16	2	2,98	50	100	152,98
16	3	2,61	50	100	152,61
16	4	2,32	50	100	152,32
16	5	2,09	50	100	152,09
16	6	2,58	50	100	152,58
16	7	2,33	50	100	152,33
16	8	1,67	50	100	151,67
16	9	1,49	50	100	151,49
16	10	1,68	50	100	151,68
16	11	2,39	50	100	152,39
16	12	2,87	50	100	152,87
16	13	1,74	50	100	151,74
16	14	1,46	50	100	151,46
16	15	0,76	50	100	150,76
16	16	0	0	0	0
16	17	0,83	50	100	150,83
16	18	1,68	50	100	151,68
17	1	2,75	50	100	152,75
17	2	2,52	50	100	152,52
17	3	2,2	50	100	152,2
17	4	2,1	50	100	152,1
17	5	1,67	50	100	151,67
17	6	2,48	50	100	152,48
17	7	1,71	50	100	151,71

Devamı sonraki sayfada

Tablo 19 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Olan Maliyet Hesaplamaları
(Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Taşıma Maliyeti (Euro/adet)	Araç Kullanım Maliyeti (Euro/km)	Sabit Yerleştirme Maliyeti (Euro/adet)	Toplam Maliyet (Euro)
17	8	1,07	50	100	151,07
17	9	1,15	50	100	151,15
17	10	1,67	50	100	151,67
17	11	2,47	50	100	152,47
17	12	2,98	50	100	152,98
17	13	2,05	50	100	152,05
17	14	2,03	50	100	152,03
17	15	0,89	50	100	150,89
17	16	0,83	50	100	150,83
17	17	0	0	0	0
17	18	0,85	50	100	150,85
18	1	2,33	50	100	152,33
18	2	2,14	50	100	152,14
18	3	1,9	50	100	151,9
18	4	2,05	50	100	152,05
18	5	1,45	50	100	151,45
18	6	2,5	50	100	152,5
18	7	1,18	50	100	151,18
18	8	0,8	50	100	150,8
18	9	1,22	50	100	151,22
18	10	1,92	50	100	151,92
18	11	2,68	50	100	152,68
18	12	3,18	50	100	153,18
18	13	2,49	50	100	152,49
18	14	2,67	50	100	152,67
18	15	1,48	50	100	151,48
18	16	1,68	50	100	151,68
18	17	0,85	50	100	150,85
18	18	0	0	0	0

EK 2

**PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN DOLAP
NOKTALARI İLE MÜŞTERİ NOKTALARI ARASI MESAFELER
TABLOSU**

Tablo 20. Problemin çözümünde kullanılacak dolap noktaları ile müşteri noktaları arası mesafeler tablosu

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
1	1	0	2	1	0,27128	3	1	0,65536
1	2	0,26167	2	2	0	3	2	0,36828
1	3	0,56431	2	3	0,40931	3	3	0
1	4	0,34327	2	4	0,55173	3	4	0,94413
1	5	0,3702	2	5	0,4748	3	5	0,73022
1	6	0,30833	2	6	0,39283	3	6	0,65449
1	7	0,4418	2	7	0,41367	3	7	0,54107
1	8	0,598	2	8	0,3847	3	8	0,13195
1	9	0,83854	2	9	0,6743	3	9	0,43968
1	10	1,08089	2	10	0,8992	3	10	0,59224
1	11	1,22133	2	11	1,04387	3	11	0,73514
1	12	1,44676	2	12	1,29832	3	12	1,02965
1	13	1,01592	2	13	0,78271	3	13	0,38854
1	14	1,23935	2	14	1,00026	3	14	0,6117
1	15	1,26619	2	15	1,03274	3	15	0,63846
1	16	1,15564	2	16	0,94447	3	16	0,57709
1	17	1,57097	2	17	1,41267	3	17	1,12192
1	18	1,39457	2	18	1,15575	3	18	0,76616
1	19	1,70318	2	19	1,50245	3	19	1,14093
1	20	1,77834	2	20	1,66406	3	20	1,43965
1	21	1,90818	2	21	1,77461	3	21	1,51455
1	22	1,99952	2	22	1,87007	3	22	1,61441
1	23	2,09494	2	23	1,97925	3	23	1,74353
1	24	1,83349	2	24	1,66257	3	24	1,34418
1	25	2,48859	2	25	2,29378	3	25	1,93398
1	26	2,27397	2	26	2,07398	3	26	1,70874
1	27	2,61536	2	27	2,39825	3	27	2,01293
1	28	2,68163	2	28	2,46241	3	28	2,07518
1	29	2,86639	2	29	2,64811	3	29	2,26146
1	30	3,38173	2	30	3,16451	3	30	2,77827
1	31	3,29058	2	31	3,06625	3	31	2,67488
1	32	3,69795	2	32	3,47416	3	32	3,08298
1	33	2,64791	2	33	2,40727	3	33	2,02366
1	34	2,30837	2	34	2,0679	3	34	1,68346
1	35	2,94447	2	35	2,70345	3	35	2,32907
1	36	3,08427	2	36	2,84402	3	36	2,47909
1	37	2,7019	2	37	2,4629	3	37	2,10765
1	38	2,94589	2	38	2,70764	3	38	2,35591
1	39	3,02614	2	39	2,78962	3	39	2,44626
1	40	3,1879	2	40	2,95256	3	40	2,61391
1	41	2,47162	2	41	2,23765	3	41	1,9082
1	42	2,47116	2	42	2,23922	3	42	1,91803
1	43	2,74309	2	43	2,51216	3	43	2,19299

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
1	44	1,13506	2	44	0,89466	3	44	0,54334
1	45	1,01169	2	45	0,77116	3	45	0,42342
1	46	1,62347	2	46	1,39583	3	46	1,10436
1	47	1,73477	2	47	1,50983	3	47	1,22579
1	48	2,10598	2	48	1,89558	3	48	1,65048
1	49	2,14128	2	49	1,93598	3	49	1,70473
1	50	1,98058	2	50	1,79271	3	50	1,61183
1	51	2,26852	2	51	2,07382	3	51	1,86844
1	52	2,27333	2	52	2,07404	3	52	1,85656
1	53	2,37061	2	53	2,16774	3	53	1,9389
1	54	1,9761	2	54	1,73518	3	54	1,36526
1	55	1,8414	2	55	1,60094	3	55	1,21698
1	56	1,78049	2	56	1,54401	3	56	1,15087
1	57	1,10564	2	57	0,91665	3	57	0,7869
1	58	1,30211	2	58	1,13302	3	58	1,03329
1	59	2,3243	2	59	2,09039	3	59	1,69619
1	60	0,42573	2	60	0,64764	3	60	0,99872
4	1	1,16628	5	1	1,15994	6	1	1,36334
4	2	0,91529	5	2	0,8736	6	2	1,17716
4	3	1,09608	5	3	0,75745	6	3	1,46408
4	4	0	5	4	1,40319	6	4	1,69937
4	5	1,07917	5	5	0	6	5	1,16074
4	6	1,03344	5	6	1,18817	6	6	0
4	7	0,84211	5	7	1,06476	6	7	0,95029
4	8	0,567	5	8	0,63747	6	8	0,87438
4	9	0,36034	5	9	0,77976	6	9	0,54567
4	10	0,14369	5	10	0,75105	6	10	0,38527
4	11	0,18626	5	11	0,83871	6	11	0,27637
4	12	0,49775	5	12	1,14714	6	12	0,09062
4	13	0,35483	5	13	0,31535	6	13	0,81147
4	14	0,49799	5	14	0,22556	6	14	0,95234
4	15	0,38007	5	15	0,35923	6	15	0,82183
4	16	0,08982	5	16	0,5682	6	16	0,54899
4	17	0,55127	5	17	1,18012	6	17	0,23073
4	18	0,5635	5	18	0,34495	6	18	0,99063
4	19	0,5522	5	19	0,9986	6	19	0,58542
4	20	0,9332	5	20	1,58172	6	20	0,48367
4	21	0,96041	5	21	1,58798	6	21	0,55942
4	22	1,06152	5	22	1,68765	6	22	0,65714
4	23	1,20813	5	23	1,84264	6	23	0,78226
4	24	0,74507	5	24	1,30882	6	24	0,5122
4	25	1,34264	5	25	1,73258	6	25	1,22409
4	26	1,12374	5	26	1,49924	6	26	1,05176
4	27	1,47386	5	27	1,69644	6	27	1,49132
4	28	1,54409	5	28	1,7446	6	28	1,57182
4	29	1,72601	5	29	1,92996	6	29	1,73457
4	30	2,23808	5	30	2,43976	6	30	2,21601
4	31	2,16355	5	31	2,30114	6	31	2,19427
4	32	2,56756	5	32	2,70639	6	32	2,57927
4	33	1,7045	5	33	1,53002	6	33	1,96441
4	34	1,37686	5	34	1,19427	6	34	1,66548
4	35	2,04987	5	35	1,81616	6	35	2,32426

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
4	36	2,23715	5	36	1,9556	6	36	2,53053
4	37	1,91949	5	37	1,57777	6	37	2,25467
4	38	2,16925	5	38	1,82475	6	38	2,49761
4	39	2,28466	5	39	1,91309	6	39	2,62358
4	40	2,46122	5	40	2,08031	6	40	2,80084
4	41	1,81833	5	41	1,37528	6	41	2,20303
4	42	1,85174	5	42	1,38703	6	42	2,24478
4	43	2,11599	5	43	1,662	6	43	2,49839
4	44	0,66893	5	44	0,01654	6	44	1,13145
4	45	0,63938	5	45	0,11785	6	45	1,09615
4	46	1,20858	5	46	0,60473	6	46	1,66145
4	47	1,32653	5	47	0,72833	6	47	1,77658
4	48	1,78302	5	48	1,17725	6	48	2,23139
4	49	1,85887	5	49	1,24407	6	49	2,30994
4	50	1,85836	5	50	1,21324	6	50	2,31932
4	51	2,05614	5	51	1,43002	6	51	2,51046
4	52	2,02411	5	52	1,40557	6	52	2,4758
4	53	2,08035	5	53	1,47406	6	53	2,52724
4	54	1,17266	5	54	0,84728	6	54	1,54182
4	55	0,95952	5	55	0,73202	6	55	1,31426
4	56	0,79962	5	56	0,73004	6	56	1,11697
4	57	1,20626	5	57	0,60416	6	57	1,65387
4	58	1,44398	5	58	0,81956	6	58	1,89598
4	59	1,26865	5	59	1,27937	6	59	1,46163
4	60	1,41891	5	60	1,52414	6	60	1,50809
7	1	1,17311	8	1	1,72352	9	1	1,72175
7	2	0,95566	8	2	1,45776	9	2	1,4338
7	3	0,57884	8	3	1,18309	9	3	1,30219
7	4	1,28161	8	4	1,89694	9	4	1,96748
7	5	1,41624	8	5	1,89025	9	5	1,7975
7	6	1,33352	8	6	1,81046	9	6	1,72673
7	7	0	8	7	1,7109	9	7	1,58182
7	8	0,93584	8	8	0	9	8	1,16315
7	9	1,21504	8	9	1,44446	9	9	0
7	10	1,27619	8	10	1,38363	9	10	1,06377
7	11	1,39002	8	11	1,44171	9	11	1,07916
7	12	1,70517	8	12	1,72442	9	12	1,32046
7	13	0,85444	8	13	0,96954	9	13	0,74485
7	14	0,82057	8	14	0,76415	9	14	0,4902
7	15	0,95657	8	15	0,89032	9	15	0,55341
7	16	1,1347	8	16	1,17233	9	16	0,83896
7	17	1,7559	8	17	1,72138	9	17	1,29068
7	18	0,91188	8	18	0,73134	9	18	0,36639
7	19	1,59581	8	19	1,41717	9	19	0,94096
7	20	2,13958	8	20	2,14293	9	20	1,7129
7	21	2,16603	8	21	2,10557	9	21	1,64992
7	22	2,26674	8	22	2,19881	9	22	1,73816
7	23	2,41655	8	23	2,36325	9	23	1,90458
7	24	1,90278	8	24	1,77093	9	24	1,29848
7	25	2,31536	8	25	1,98187	9	25	1,47704
7	26	2,08294	8	26	1,76509	9	26	1,25922
7	27	2,2342	8	27	1,78786	9	27	1,30829

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
7	28	2,2726	8	28	1,80742	9	28	1,33682
7	29	2,45298	8	29	1,97251	9	29	1,51123
7	30	2,94822	8	30	2,43273	9	30	1,99612
7	31	2,78326	8	31	2,23932	9	31	1,82606
7	32	3,17853	8	32	2,61673	9	32	2,22124
7	33	1,86582	8	33	1,23753	9	33	0,96786
7	34	1,56445	8	34	0,97209	9	34	0,63698
7	35	2,07752	8	35	1,41886	9	35	1,25252
7	36	2,16178	8	36	1,49589	9	36	1,39991
7	37	1,75771	8	37	1,09164	9	37	1,03685
7	38	1,97698	8	38	1,31242	9	38	1,28764
7	39	2,02737	8	39	1,36876	9	39	1,38925
7	40	2,17085	8	40	1,51902	9	40	1,56263
7	41	1,45982	8	41	0,80161	9	41	0,89565
7	42	1,43931	8	42	0,78991	9	42	0,92804
7	43	1,695	8	43	1,05741	9	43	1,19322
7	44	0,58379	8	44	0,65264	9	44	0,56124
7	45	0,5724	8	45	0,75565	9	45	0,6826
7	46	0,61332	8	46	0,06598	9	46	0,49146
7	47	0,6885	8	47	0,06447	9	47	0,55904
7	48	0,98273	8	48	0,52099	9	48	0,96513
7	49	1,00972	8	49	0,59779	9	49	1,05382
7	50	0,8478	8	50	0,65579	9	50	1,1585
7	51	1,13223	8	51	0,80052	9	51	1,26573
7	52	1,13721	8	52	0,76369	9	52	1,21659
7	53	1,23611	8	53	0,81865	9	53	1,24513
7	54	1,17274	8	54	0,59109	9	54	0,28577
7	55	1,1635	8	55	0,68614	9	55	0,20709
7	56	1,24397	8	56	0,85817	9	56	0,35227
7	57	0,03437	8	57	0,69912	9	57	0,98133
7	58	0,23725	8	58	0,71624	9	58	1,10283
7	59	1,75398	8	59	1,24455	9	59	0,79847
7	60	1,56111	8	60	2,1087	9	60	2,07805
10	1	1,86351	11	1	1,89632	12	1	2,12961
10	2	1,59294	11	2	1,69696	12	2	1,98125
10	3	1,65949	11	3	1,94267	12	3	2,29163
10	4	2,17581	11	4	2,23259	12	4	2,45823
10	5	1,79946	11	5	1,6946	12	5	1,86701
10	6	1,75212	11	6	1,68208	12	6	1,87606
10	7	1,56234	11	7	1,48604	12	7	1,69687
10	8	1,24667	11	8	1,37397	12	8	1,69872
10	9	1,07995	11	9	1,06219	12	9	1,36538
10	10	0	11	10	0,84984	12	10	1,20954
10	11	0,75168	11	11	0	12	11	1,08106
10	12	0,82608	11	12	0,44671	12	12	0
10	13	0,86035	11	13	1,19425	12	13	1,61236
10	14	0,73622	11	14	1,24017	12	14	1,69887
10	15	0,63154	11	15	1,09746	12	15	1,55688
10	16	0,69401	11	16	0,91344	12	16	1,33273
10	17	0,7326	11	17	0,32347	12	17	0,71362
10	18	0,62231	11	18	1,21126	12	18	1,68822
10	19	0,30621	11	19	0,52136	12	19	1,01837

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
10	20	1,11233	11	20	0,38028	12	20	0,35696
10	21	0,99722	11	21	0,2132	12	21	0,30993
10	22	1,07115	11	22	0,28213	12	22	0,218
10	23	1,23613	11	23	0,44814	12	23	0,05191
10	24	0,62613	11	24	0,16499	12	24	0,66352
10	25	0,78222	11	25	0,7599	12	25	1,05578
10	26	0,5513	11	26	0,65275	12	26	1,04264
10	27	0,77481	11	27	1,12356	12	27	1,49085
10	28	0,83788	11	28	1,20692	12	28	1,57091
10	29	1,02369	11	29	1,34038	12	29	1,66772
10	30	1,54034	11	30	1,77676	12	30	2,02515
10	31	1,44813	11	31	1,79814	12	31	2,10086
10	32	1,85447	11	32	2,15667	12	32	2,41453
10	33	1,09261	11	33	1,82748	12	33	2,29388
10	34	0,81623	11	34	1,59005	12	34	2,07547
10	35	1,45452	11	35	2,18667	12	35	2,64791
10	36	1,66763	11	36	2,41034	12	36	2,87499
10	37	1,4293	11	37	2,20785	12	37	2,69324
10	38	1,66016	11	38	2,42997	12	38	2,9093
10	39	1,79426	11	39	2,56788	12	39	3,04912
10	40	1,96943	11	40	2,74058	12	40	3,21977
10	41	1,4535	11	41	2,24233	12	41	2,73906
10	42	1,51044	11	42	2,29818	12	42	2,79569
10	43	1,73262	11	43	2,52178	12	43	3,0164
10	44	0,9674	11	44	1,46379	12	44	1,90966
10	45	1,03311	11	45	1,46723	12	45	1,8954
10	46	1,21188	11	46	1,89272	12	46	2,37462
10	47	1,29013	11	47	1,99184	12	47	2,47767
10	48	1,68917	11	48	2,42428	12	48	2,91567
10	49	1,77957	11	49	2,5112	12	49	3,00155
10	50	1,88966	11	50	2,5777	12	50	3,05636
10	51	1,99198	11	51	2,72157	12	51	3,21085
10	52	1,93943	11	52	2,67563	12	52	3,16664
10	53	1,9578	11	53	2,70682	12	53	3,20068
10	54	0,81583	11	54	1,59647	12	54	2,09495
10	55	0,59995	11	55	1,37157	12	55	1,87005
10	56	0,38785	11	56	1,15383	12	56	1,65232
10	57	1,54696	11	57	2,03964	12	57	2,46432
10	58	1,73111	11	58	2,26676	12	58	2,70082
10	59	0,58484	11	59	1,28747	12	59	1,75343
10	60	2,13729	11	60	2,04038	12	60	2,18983
13	1	2,51499	14	1	3,11061	15	1	2,50842
13	2	2,26264	14	2	2,84428	15	2	2,21953
13	3	2,37501	14	3	2,89811	15	3	2,09906
13	4	2,84112	14	4	3,42712	15	4	2,76397
13	5	2,39242	14	5	3,01719	15	5	2,55207
13	6	2,35956	14	6	2,97829	15	6	2,48695
13	7	2,16126	14	7	2,78245	15	7	2,32499
13	8	1,91284	14	8	2,49633	15	8	1,92482
13	9	1,68059	14	9	2,29713	15	9	1,89072
13	10	1,42968	14	10	2,04653	15	10	1,69496
13	11	1,30095	14	11	1,92781	15	11	1,65377

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
13	12	1,19808	14	12	1,85218	15	12	1,79047
13	13	0	14	13	2,11092	15	13	1,49062
13	14	1,46354	14	14	0	15	14	1,24634
13	15	1,35329	14	15	1,87312	15	15	0
13	16	1,35378	14	16	1,93772	15	16	1,48769
13	17	1,05823	14	17	1,71353	15	17	1,70417
13	18	1,34789	14	18	1,81697	15	18	1,09485
13	19	0,79787	14	19	1,41285	15	19	1,27818
13	20	1,23028	14	20	1,87833	15	20	2,07787
13	21	1,03422	14	21	1,67764	15	21	1,94413
13	22	1,04455	14	22	1,67544	15	22	2,00521
13	23	1,16045	14	23	1,77104	15	23	2,16311
13	24	0,78766	14	24	1,44572	15	24	1,57644
13	25	0,15304	14	25	0,75726	15	25	1,35697
13	26	0,23326	14	26	0,88464	15	26	1,22622
13	27	0,30464	14	27	0,47823	15	27	0,97547
13	28	0,3809	14	28	0,4184	15	28	0,95134
13	29	0,48538	14	29	0,23173	15	29	1,06082
13	30	0,93381	14	30	0,28875	15	30	1,42943
13	31	0,94066	14	31	0,31025	15	31	1,20549
13	32	1,30483	14	32	0,64653	15	32	1,55588
13	33	1,23997	14	33	1,16845	15	33	0,1694
13	34	1,14318	14	34	1,25792	15	34	0,17741
13	35	1,55842	14	35	1,36755	15	35	0,49714
13	36	1,78823	14	36	1,57341	15	36	0,69791
13	37	1,70759	14	37	1,64804	15	37	0,49792
13	38	1,87886	14	38	1,73984	15	38	0,70041
13	39	2,02315	14	39	1,87559	15	39	0,84094
13	40	2,17813	14	40	1,9959	15	40	1,01088
13	41	1,86919	14	41	1,91465	15	41	0,68755
13	42	1,94061	14	42	1,99163	15	42	0,76384
13	43	2,09624	14	43	2,06624	15	43	0,88519
13	44	1,69499	14	44	2,1677	15	44	1,35825
13	45	1,75929	14	45	2,25427	15	45	1,47787
13	46	1,87807	14	46	2,19713	15	46	1,1146
13	47	1,93528	14	47	2,2211	15	47	1,09528
13	48	2,27668	14	48	2,46629	15	48	1,25139
13	49	2,36891	14	49	2,55503	15	49	1,33679
13	50	2,52619	14	50	2,7664	15	50	1,57125
13	51	2,57727	14	51	2,74686	15	51	1,5205
13	52	2,51624	14	52	2,67858	15	52	1,45102
13	53	2,51131	14	53	2,64609	15	53	1,41402
13	54	1,35844	14	54	1,60069	15	54	0,53364
13	55	1,20332	14	55	1,52905	15	55	0,63991
13	56	1,04085	14	56	1,44152	15	56	0,75416
13	57	2,27132	14	57	2,70138	15	57	1,73052
13	58	2,44669	14	58	2,83808	15	58	1,79456
13	59	0,76089	14	59	0,94429	15	59	0,46757
13	60	2,74115	14	60	3,36297	15	60	2,85211
16	1	3,26093	17	1	2,79283	18	1	2,37117
16	2	2,97295	17	2	2,51939	18	2	2,1396
16	3	2,81096	17	3	2,25935	18	3	1,77745

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
16	4	3,49932	17	4	2,97352	18	4	2,46814
16	5	3,3224	17	5	2,93275	18	5	2,59531
16	6	3,25533	17	6	2,85596	18	6	2,51291
16	7	3,09779	17	7	2,7343	18	7	2,44421
16	8	2,69146	17	8	2,30722	18	8	2,03783
16	9	2,66811	17	9	2,38754	18	9	2,23131
16	10	2,47142	17	10	2,25292	18	10	2,18468
16	11	2,42556	17	11	2,25773	18	11	2,244
16	12	2,54157	17	12	2,46689	18	12	2,52352
16	13	2,25987	17	13	1,91889	18	13	1,76345
16	14	2,01089	17	14	1,66874	18	14	1,56647
16	15	2,0289	17	15	1,7439	18	15	1,69198
16	16	0	17	16	2,02833	18	16	1,9747
16	17	2,44392	17	17	0	18	17	2,5137
16	18	1,8631	17	18	1,55671	18	18	0
16	19	2,01887	17	19	2,00268	18	19	2,18198
16	20	2,79003	17	20	2,81562	18	20	2,93665
16	21	2,63546	17	21	2,70966	18	21	2,88723
16	22	2,68281	17	22	2,78228	18	22	2,97726
16	23	2,8299	17	23	2,94603	18	23	3,14327
16	24	2,28137	17	24	2,33853	18	24	2,53944
16	25	1,89372	17	25	2,20371	18	25	2,63956
16	26	1,83489	17	26	2,06035	18	26	2,44476
16	27	1,44314	17	27	1,82114	18	27	2,35356
16	28	1,38076	17	28	1,79097	18	28	2,34968
16	29	1,38868	17	29	1,88006	18	29	2,48356
16	30	1,50386	17	30	2,16668	18	30	2,86468
16	31	1,24869	17	31	1,91771	18	31	2,63325
16	32	1,4261	17	32	2,18771	18	32	2,95407
16	33	0,62848	17	33	0,85975	18	33	1,53116
16	34	0,95474	17	34	0,93581	18	34	1,42116
16	35	0,28706	17	35	0,71309	18	35	1,52055
16	36	0,22766	17	36	0,62072	18	36	1,47291
16	37	0,60766	17	37	0,37376	18	37	1,13509
16	38	0,4734	17	38	0,3749	18	38	1,22936
16	39	0,54803	17	39	0,34204	18	39	1,19639
16	40	0,59807	17	40	0,45445	18	40	1,26896
16	41	0,95853	17	41	0,29714	18	41	0,78878
16	42	1,01463	17	42	0,28767	18	42	0,71587
16	43	0,89883	17	43	0,05105	18	43	0,81132
16	44	2,09747	17	44	1,65987	18	44	1,43665
16	45	2,2202	17	45	1,77935	18	45	1,52427
16	46	1,73509	17	46	1,14013	18	46	0,85681
16	47	1,67372	17	47	1,03944	18	47	0,73796
16	48	1,63241	17	48	0,84163	18	48	0,28236
16	49	1,69268	17	49	0,88392	18	49	0,20825
16	50	1,97569	17	50	1,17297	18	50	0,39565
16	51	1,81152	17	51	0,97426	18	51	0,11823
16	52	1,74128	17	52	0,90601	18	52	0,06643
16	53	1,65989	17	53	0,81714	18	53	0,04791
16	54	1,25508	17	54	0,94663	18	54	1,1692
16	55	1,4068	17	55	1,174	18	55	1,36152

Devamı sonraki sayfada

Tablo 20 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolap Noktaları ile Müşteri Noktaları Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
16	56	1,53162	17	56	1,37881	18	56	1,57086
16	57	2,38032	17	57	1,75464	18	57	1,23091
16	58	2,38869	17	58	1,69808	18	58	1,07367
16	59	1,1438	17	59	1,30695	18	59	1,78694
16	60	3,61458	17	60	3,17392	18	60	2,75981

EK 3

**PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILACAK OLAN DOLAPLAR ARASI
MESAFELER TABLOSU**

Tablo 21. Problemin çözümünde kullanılacak dolaplar arası mesafeler tablosu

Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Müşteri Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
1	1	0	2	1	0,24	3	1	0,62
1	2	0,24	2	2	0	3	2	0,38
1	3	0,62	2	3	0,38	3	3	0
1	4	1,14	2	4	0,94	3	4	0,61
1	5	1,13	2	5	0,89	3	5	0,54
1	6	1,36	2	6	1,2	3	6	0,97
1	7	1,16	2	7	0,97	3	7	0,82
1	8	1,69	2	8	1,46	3	8	1,17
1	9	1,73	2	9	1,48	3	9	1,12
1	10	1,84	2	10	1,62	3	10	1,25
1	11	1,92	2	11	1,75	3	11	1,48
1	12	2,13	2	12	2,01	3	12	1,8
1	13	2,48	2	13	2,27	3	13	1,92
1	14	3,11	2	14	2,89	3	14	2,52
1	15	2,51	2	15	2,26	3	15	1,89
1	16	3,22	2	16	2,98	3	16	2,61
1	17	2,75	2	17	2,52	3	17	2,2
1	18	2,33	2	18	2,14	3	18	1,9
4	1	1,14	5	1	1,13	6	1	1,36
4	2	0,94	5	2	0,89	6	2	1,2
4	3	0,61	5	3	0,54	6	3	0,97
4	4	0	5	4	0,64	6	4	0,46
4	5	0,64	5	5	0	6	5	1,1
4	6	0,46	5	6	1,1	6	6	0
4	7	1,22	5	7	0,62	6	7	1,67
4	8	1,25	5	8	0,67	6	8	1,7
4	9	0,95	5	9	0,6	6	9	1,35
4	10	0,73	5	10	0,93	6	10	0,9
4	11	0,88	5	11	1,45	6	11	0,57
4	12	1,26	5	12	1,88	6	12	0,83
4	13	1,33	5	13	1,65	6	13	1,26
4	14	1,97	5	14	2,17	6	14	1,94
4	15	1,56	5	15	1,39	6	15	1,83
4	16	2,32	5	16	2,09	6	16	2,58
4	17	2,1	5	17	1,67	6	17	2,48
4	18	2,05	5	18	1,45	6	18	2,5
7	1	1,16	8	1	1,69	9	1	1,73
7	2	0,97	8	2	1,46	9	2	1,48
7	3	0,82	8	3	1,17	9	3	1,12
7	4	1,22	8	4	1,25	9	4	0,95
7	5	0,62	8	5	0,67	9	5	0,6
7	6	1,67	8	6	1,7	9	6	1,35
7	7	0	8	7	0,66	9	7	0,98
7	8	0,66	8	8	0	9	8	0,5
7	9	0,98	8	9	0,5	9	9	0
7	10	1,52	8	10	1,2	9	10	0,71

Devamı sonraki sayfada

Tablo 21 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolaplar Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
7	11	2,06	8	11	1,92	9	11	1,47
7	12	2,48	8	12	2,41	9	12	1,97
7	13	2,25	8	13	1,87	9	13	1,36
7	14	2,7	8	14	2,2	9	14	1,74
7	15	1,74	8	15	1,13	9	15	0,8
7	16	2,33	8	16	1,67	9	16	1,49
7	17	1,71	8	17	1,07	9	17	1,15
7	18	1,18	8	18	0,8	9	18	1,22
10	1	1,84	11	1	1,92	12	1	2,13
10	2	1,62	11	2	1,75	12	2	2,01
10	3	1,25	11	3	1,48	12	3	1,8
10	4	0,73	11	4	0,88	12	4	1,26
10	5	0,93	11	5	1,45	12	5	1,88
10	6	0,9	11	6	0,57	12	6	0,83
10	7	1,52	11	7	2,06	12	7	2,48
10	8	1,2	11	8	1,92	12	8	2,41
10	9	0,71	11	9	1,47	12	9	1,97
10	10	0	11	10	0,8	12	10	1,31
10	11	0,8	11	11	0	12	11	0,51
10	12	1,31	11	12	0,51	12	12	0
10	13	0,72	11	13	0,8	12	13	1,18
10	14	1,27	11	14	1,48	12	14	1,8
10	15	0,94	11	15	1,69	12	15	2,18
10	16	1,68	11	16	2,39	12	16	2,87
10	17	1,67	11	17	2,47	12	17	2,98
10	18	1,92	11	18	2,68	12	18	3,18
13	1	2,48	14	1	3,11	15	1	2,51
13	2	2,27	14	2	2,89	15	2	2,26
13	3	1,92	14	3	2,52	15	3	1,89
13	4	1,33	14	4	1,97	15	4	1,56
13	5	1,65	14	5	2,17	15	5	1,39
13	6	1,26	14	6	1,94	15	6	1,83
13	7	2,25	14	7	2,7	15	7	1,74
13	8	1,87	14	8	2,2	15	8	1,13
13	9	1,36	14	9	1,74	15	9	0,8
13	10	0,72	14	10	1,27	15	10	0,94
13	11	0,8	14	11	1,48	15	11	1,69
13	12	1,18	14	12	1,8	15	12	2,18
13	13	0	14	13	0,69	15	13	1,17
13	14	0,69	14	14	0	15	14	1,2
13	15	1,17	14	15	1,2	15	15	0
13	16	1,74	14	16	1,46	15	16	0,76
13	17	2,05	14	17	2,03	15	17	0,89
13	18	2,49	14	18	2,67	15	18	1,48
16	1	3,22	17	1	2,75	18	1	2,33
16	2	2,98	17	2	2,52	18	2	2,14
16	3	2,61	17	3	2,2	18	3	1,9
16	4	2,32	17	4	2,1	18	4	2,05
16	5	2,09	17	5	1,67	18	5	1,45
16	6	2,58	17	6	2,48	18	6	2,5
16	7	2,33	17	7	1,71	18	7	1,18
16	8	1,67	17	8	1,07	18	8	0,8
16	9	1,49	17	9	1,15	18	9	1,22

Devamı sonraki sayfada

Tablo 21 – Problemin Çözümünde Kullanılacak Dolaplar Arası Mesafeler Tablosu (Devamı)

Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)	Dolap Noktası	Dolap Noktası	Mesafe (km)
16	10	1,68	17	10	1,67	18	10	1,92
16	11	2,39	17	11	2,47	18	11	2,68
16	12	2,87	17	12	2,98	18	12	3,18
16	13	1,74	17	13	2,05	18	13	2,49
16	14	1,46	17	14	2,03	18	14	2,67
16	15	0,76	17	15	0,89	18	15	1,48
16	16	0	17	16	0,83	18	16	1,68
16	17	0,83	17	17	0	18	17	0,85
16	18	1,68	17	18	0,85	18	18	0

EK 4**TEZ KAPSAMINDA ÖNERİLEN MODELİN KODU**

```
//Sets int C = ...;
int T = ...;
int F = ...;
int N = ...;
int S = ...;

//Parameters
// Tuple for P
tuple pair
int i;
int j;

pair P = <i,j> | i in F, j in F;

tuple demand
int c;
int n;
int t;

demand D = <c,n,t> | c in C, n in N, t in T;
float d[D]=...;

tuple cap
int s;
int n;

cap Ca = <s,n> | s in S, n in N;
```

float sigma[Ca]=...;

float alfa[P] = ...;

tuple distance

int c;

int i;

distance dis = <c,i> | c in C, i in F;

float beta [dis]=...;

tuple preset

int s;

int i;

preset Pr = <s,i> | s in S, i in F;

float gama [Pr]=...;

float pc =...;

//Decision variables

dvar boolean Z[F][S][T];

dvar boolean Y[F][C][T];

dvar boolean X[S][P][T];

dexpr float obj1 = (sum(p in P, s in S, t in T) X[s][p][t] * alfa[p]);

dexpr float obj2 = ((sum(i in F, c in C, t in T) (beta[<c,i>]) * Y[i][c][t] * sum (n in N) d[<c,n,t>])));

dexpr float totaldis = (sum(i in F, c in C, t in T) (beta[<c,i>]) * Y[i][c][t] * sum (n in N) d[<c,n,t>]));

dexpr float totalcost = (sum(p in P, s in S, t in T) X[s][p][t] * alfa[p]);


```
dexpr float totalpenalty = (sum(i in F, c in C, t in T) (beta[<c,i>]) * Y[i][c][t] * sum
(n in N) d[<c,n,t>] * pc );
```

```
//objective function (3.1)
```

```
minimize
```

```
(obj1 +(obj2)*pc);
```

```
// Constraints
```

```
subject to
```

```
// Constraint (3.3)
```

```
forall(s in S, t in T)
```

```
sum(i in F) Z[i][s][t] == 1;
```

```
// Constraint (3.4)
```

```
forall(i in F, t in T)
```

```
sum(s in S) Z[i][s][t] <= 1;
```

```
// Constraint (3.5)
```

```
forall(n in N, i in F, t in T)
```

```
sum(c in C) d[<c,n,t>] * Y[i][c][t] <= sum (s in S) sigma[<s,n>] * Z[i][s][t];
```

```
// Constraint (3.6)
```

```
forall(c in C, t in T)
```

```
sum(i in F) Y[i][c][t] == 1;
```

```
// Constraint (3.7)
forall(i in F, s in S)
gama[<s,i>] == sum(j in F: <i,j> in P) X[s][<i,j>][1] ;
```

```
// Constraint (3.8)
forall(i in F, s in S, t in T)
sum(j in F: <j,i> in P) X[s][<j,i>][t] == Z [i][s][t];
```

```
// Constraint (3.9)
forall(i in F, s in S, t in T: t!=6)
sum(j in F:<j,i>in P) X[s][<j,i>][t] == sum (j in F: <i,j>in P) X[s][<i,j>][t+1];
```

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 23/07/2024

Tez Başlığı: Çok Periyotlu Planlama Ufku Altında Heterojen Mobil Kargo Dolabı Yerleşim ve Atama Problemi:
Bir Matematiksel Model Önerisi

Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:.....

Yukarıda başlığı verilen tezimin a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 101 sayfalık kısmına ilişkin, 18/07/2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 'dir.

Uygulanan filtrelemeler*:

- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- Kaynakça hariç
- Alıntılar hariç
- Alıntılar dâhil
- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tezimin herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad-Soyad/İmza

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Merve Nur BATMAZ
	Öğrenci No	N21137762
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme
	Programı	Üretim ve İşlemler Yönetimi

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

* Tez **Almanca** veya **Fransızca** yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

**Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları İkinci bölüm madde (4)/3'te de belirtildiği üzere: Kaynakça hariç, Alıntılar hariç/dahil, 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 5 words) filtreleme yapılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

TO HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

Date: 23/07/2024

Thesis Title (In English): Heterogeneous Mobile Parcel Locker Location and Assignment Problem Under Multi-Period Planning Horizon: A Mathematical Model Proposal

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on/...../..... for the total of pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled above, the similarity index of my thesis is %.

Filtering options applied**:

1. Approval and Declaration sections excluded
2. References cited excluded
3. Quotes excluded
4. Quotes included
5. Match size up to 5 words excluded

I hereby declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

Kindly submitted for the necessary actions.

Name-Surname/Signature

Student Information	Name-Surname	Merve Nur BATMAZ
	Student Number	N21137762
	Department	Business Administration
	Programme	Production and Operations Management

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Title, Name and Surname, Signature)

**As mentioned in the second part [article (4)/3]of the Thesis Dissertation Originality Report's Codes of Practice of Hacettepe University Graduate School of Social Sciences, filtering should be done as following: excluding refence, quotation excluded/included, Match size up to 5 words excluded.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev. Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 23/07/2024

Tez Başlığı (Türkçe): Çok Periyotlu Planlama Ufku Altında Heterojen Mobil Kargo Dolabı Yerleşim ve Atama Problemi: Bir Matematiksel Model Önerisi

Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır.
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne veya ruh sağlığına müdahale içermemektedir.
4. Anket, ölçek (test), mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme gibi teknikler kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen araştırma niteliğinde değildir.
5. Diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri kullanımını (kitap, belge vs.) gerektirmektedir. Ancak bu kullanım, diğer kişi ve kurumların izin verdiği ölçüde Kişisel Bilgilerin Korunması Kanuna riayet edilerek gerçekleştirilecektir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad-Soyad/İmza

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Merve Nur BATMAZ
	Öğrenci No	N21137762
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme
	Programı	Üretim ve İşlemler Yönetimi

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

* Tez **Almanca** veya **Fransızca** yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu <i>Form No.</i>	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi <i>Date of Pub.</i>	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No <i>Rev. No.</i>	02
		Revizyon Tarihi <i>Rev.Date</i>	25.01.2024

HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

Date: 23/07/2024

ThesisTitle (In English): Heterogeneous Mobile Parcel Locker Location and Assignment Problem Under Multi-Period Planning Horizon: A Mathematical Model Proposal

My thesis work with the title given above:

1. Does not perform experimentation on people or animals.
2. Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.).
3. Does not involve any interference of the body's integrity.
4. Is not a research conducted with qualitative or quantitative approaches that require data collection from the participants by using techniques such as survey, scale (test), interview, focus group work, observation, experiment, interview.
5. Requires the use of data (books, documents, etc.) obtained from other people and institutions. However, this use will be carried out in accordance with the Personal Information Protection Law to the extent permitted by other persons and institutions.

I hereby declare that I reviewed the Directives of Ethics Boards of Hacettepe University and in regard to these directives it is not necessary to obtain permission from any Ethics Board in order to carry out my thesis study; I accept all legal responsibilities that may arise in any infringement of the directives and that the information I have given above is correct.

I respectfully submit this for approval.

Name-Surname/Signature

Student Information	Name-Surname	Merve Nur BATMAZ
	Student Number	N21137762
	Department	Business Administration
	Programme	Production and Operations Management

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Title, Name Surname, Signature)