

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ BÖLGESİ'NDE RO-RO TAŞIMACILIĞI FİLO
OPTİMİZASYONU: ÖRNEK BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

Selçuk KAHVECİ

EYLÜL 2021
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ BÖLGESİ'NDE RO-RO TAŞIMACILIĞI FİLO
OPTİMİZASYONU: ÖRNEK BİR UYGULAMA**

Selçuk KAHVECİ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“DOKTOR (DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ)”**

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :23/ 08 /2021

Tezin Savunma Tarihi :14/ 09 /2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ersan BAŞAR

2. Danışman : Dr. Öğr. Ü. Özgür İCAN

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Gemi işletmeciliği firmaları filolarını etkin ve verimli kullanabilmek için optimum filo planlaması yapmak istemektedirler. Böylelikle hem maliyetlerini azaltmayı hem de kâr oranlarını artırmayı hedeflemektedirler.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübesi ile desteğini esirgemeyen değerli hocam danışmanım Prof. Dr. Ersan BAŞAR'a, 2. danışmanlığımı kabul edip tezin yürütülmesinde ve sonuca ulaşılmasında katkıları bulunan Dr. Öğr. Üyesi Özgür İCAN'a, tez izleme komitesinde yer alan ve yönlendirmeleriyle teze katkıda bulunan hocalarım Doç. Dr. Sercan EROL'a ve Dr. Öğr. Üyesi Ercan YÜKSEKYILDIZ'a, verilere ulaşmamda yardımcı olan gemi işletme firmasına, çalışmalarına destekte bulunan ve işlerimi kolaylaştıran çalışma arkadaşlarım Öğr. Gör. Dr. Zümral GÜLTEKİN ve Öğr. Gör. Tansu ÖZBAYSAL'a, manevi desteğini her zaman hissettiğim Dr. Ali BEDİR'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen anneme, babama ve kardeşlerime, bu zorlu sürecin en başından beri yanımda olan ve beni her defasında motive eden fedakâr eşim Nurdan KAHVECİ'ye, ailemizin en kıymetli emaneti olan ve bu süreçte bazen ihmal etmek zorunda kaldığım aslan oğlum Emir KAHVECİ'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Selçuk KAHVECİ
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Karadeniz Bölgesi’nde Ro-Ro Taşımacılığı Filo Optimizasyonu: Örnek Bir Uygulama” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ersan BAŞAR ve 2. danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Özgür İCAN sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/09/2021

Selçuk KAHVECİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	IV
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Deniz Yolu Taşımacılığı ve Türleri.....	3
1.2.1. Düzensiz Hat Deniz Yolu Taşımacılığı	3
1.2.2. Düzenli Hat Deniz Yolu Taşımacılığı	4
1.2.3. Deniz Yolu Taşımacılığında Ana Yük Türleri	5
1.2.4. Deniz Yolu Taşımacılığında Ana Gemi Türleri	6
1.2.4.1. Ro-Ro Taşımacılığı ve Özellikleri.....	8
1.2.4.2. Ro-Ro Taşımacılığının Dünya'daki Gelişimi	12
1.2.4.3. Ro-Ro Taşımacılığının Avrupa'daki Gelişimi	14
1.2.4.4. Ro-Ro Taşımacılığının Türkiye'deki Gelişimi	17
1.2.4.5. Ro-Ro Taşımacılığının Karadeniz Bölgesi'ndeki Gelişimi.....	19
1.2.4.6. Samsun Limanı ve Ro-Ro Taşımacılığının Samsun'daki Gelişimi.....	21
1.3. Deniz Yolu Taşımacılığında İşletme Yönetimi ve Unsurları	24
1.3.1. Gemi İşletmeciliği Kavramı ve Türleri	27
1.3.2. Gemi İşletmeciliği Kapsamında Verilen Hizmetler	29
1.3.3. Teknik Yönetim.....	30
1.3.4. Personel Yönetimi	31
1.3.5. Ticari Yönetim.....	32
1.3.6. Yardımcı Hizmetler	33
1.3.7. Deniz Yolu Taşımacılığında Filo Yönetimi ve Planlaması	33

1.3.8.	Gemi İşletmeciliğinde Filo Planlama Süreçleri.....	36
1.3.8.1.	Stratejik Planlama.....	36
1.3.8.2.	Taktiksel Planlama	37
1.3.8.3.	Operasyonel Planlama	37
1.4.	Gemi İşletmeciliğinde Filo Maliyet Analizi.....	38
1.5.	Gemi İşletmeciliği Yönetiminde Maliyetleri Etkileyen Faktörler.....	44
1.5.1.	Taşınacak Yüklerin Fiziksel Özellikleri.....	44
1.5.2.	Gemiye Ait Özelliklere İlişkin Faktörler.....	45
1.5.3.	Yapılacak Seferin Türü.....	46
1.5.4.	Kullanılmayan Taşıma Kapasitesi	46
1.5.5.	Geminin Yaşı.....	47
1.5.6.	Bayrak Seçimi	47
1.5.7.	Diğer Faktörler	48
1.6.	Optimizasyon ve Modelleme Kavramları.....	48
1.6.1.	Optimizasyon Kavramı.....	49
1.6.2.	Model Ve Modelleme Kavramı.....	49
1.6.3.	Model Kurma Yöntemi.....	50
1.6.4.	Modellerin Sınıflandırılması	52
1.6.5.	Matematiksel Modelleme Kavramı	53
1.7.	Doğrusal Programlama	53
1.7.1.	Doğrusal Programlama Modelinin Varsayımları	54
1.7.2.	Doğrusal Programlamanın Kullanım Alanları.....	55
1.7.3.	Doğrusal Programlama Modelinin Matematiksel Unsurları	56
1.7.4.	Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler	56
1.7.5.	AMPL Matematiksel Modelleme Dili	57
1.8.	Daha Önce Yapılan Çalışmalar	58
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	68
2.1.	Çalışmanın Aşamaları.....	68
2.2.	Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması.....	70
2.3.	Uygulama Yapılan İşletmenin Taşıma Hizmeti Süreci ve Aşamaları.....	71
2.4.	Uygulama Yapılan İşletme İçin Model Oluşturulması.....	72
2.5.	Uygulama Yapılan İşletmede Maliyetlerin Hesaplanması	75
2.6.	Oluşturulan Matematiksel Modelin Varsayımları ve Parametreleri.....	79

2.7.	Oluşturulan Matematiksel Modelin Amaç Fonksiyonu ve Kısıtları.....	82
3.	BULGULAR	84
3.1.	Matematiksel Modelin Çözümü	84
3.2.	Modelin Çıktıları	92
3.3.	Modelin Senaryo Temelli Çözümleri	96
4.	TARTIşMA VE SONUÇ	104
5.	ÖNERİLER	112
6.	KAYNAKLAR.....	116
	ÖZGEÇMİş	



Doktora Tezi

ÖZET

KARADENİZ BÖLGESİ'NDE RO-RO TAŞIMACILIĞI FİLO OPTİMİZASYONU: ÖRNEK BİR UYGULAMA

Selçuk KAHVECİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ersan BAŞAR
2021, 124 Sayfa

Denizyolu taşımacılığı taşıma modları arasında en ucuz taşıma modu olsa da gemilerin işletilmesi maliyetli bir yapıya sahiptir. Gemi işletmeciliği yapan firmalar filolarındaki gemileri etkin ve verimli kullanarak en az maliyet ve en çok kar oranı elde etmeye çalışmaktadırlar. Bunun için de filo planlamasını optimum düzeyde gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

Bu tezde amaç Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir gemi işletme firmasının Ro-Ro gemi filosuna ait 6 adet farklı boyut ve kapasitedeki geminin optimum filo planlamasını yapmaktır. Filosundaki gemileri etkin ve verimli işletme konusunda problem yaşayan firmadan alınan veriler doğrultusunda Matematik Programlama Dilinde (AMPL) bir model oluşturulmuş, GNU Doğrusal Programlama Kiti (GLPK) karma tam-sayı program çözücüsü ile de oluşturulan bu model çözülmüştür. 6 adet gemi ve 1 yıllık planlama ufku çerçevesinde filo planlaması yapılmış ve kâr maksimizasyonu amaç fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Modelleme sonrası elde edilen maksimum kâr oranı mevcut duruma göre %46 artış göstermiştir. Modelin 2018 yılı mevcut durumu çıktısıyla iyimser senaryo karşılaştırıldığında bu oran %78,27 artmış, kötümser senaryo ile karşılaştırıldığında ise bu oran %21,63 olarak artış göstermiştir. Çözülen senaryolar sonucunda modelin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Filo Planlaması, Optimizasyon, Denizcilik, Ro-Ro Taşımacılığı, Gemi İşletmeciliği

PhD Thesis

SUMMARY

RO-RO TRANSPORT FLEET OPTIMIZATION IN THE BLACK SEA REGION: A SAMPLE APPLICATION

Selçuk KAHVECI

Karadeniz Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Marine Transportation Management Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Ersan Basar
2021, 124 Page

Although maritime transport is the cheapest mode of transportation among the transportation modes, the management of ships is overcosting. Ship management companies try to get the minimum cost and the highest profit by using the ships effectively and efficiently. Therefore, they need to carry out the shipment planning at optimum level.

The aim of this thesis is to do the optimum shipment planning of 6 ships in different sizes and capacities in a Ro-Ro fleet belonging to a ship management company operating in the Black Sea Region. On the basis of the data obtained from the company that had problems in operating the ships in its fleet effectively and efficiently, a model in the AMPL (A Mathematical Programming Language) was created and this model was solved with GNU Linear Programming Kit (GLPK), a mixed integer program solver. Shipment planning was done within the framework of 6 ships and a 1-year planning horizon and profit maximisation was determined as the objective function.

The maximum profit made in the current situation was calculated with an increase rate of %46 by the model. When the current state at the year 2018 output of the model was compared with the optimistic scenario, this ratio increased by %78,27; when compared with the pessimistic scenario, this ratio increased by %21,63. As a result of the solved scenarios, it was concluded that the model was meaningful.

Keywords: Fleet Planning, Optimization, Maritime, Ro-Ro Transportation, Maritime Management

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Deniz yolu taşımacılığında ana yük türleri.....	6
Şekil 2. Deniz yolu taşımacılığında ana gemi türleri.....	7
Şekil 3. Yakın yol deniz taşımacılığı bölgeleri.....	10
Şekil 4. Taşımacılık özellikleri açısından Ro-Ro taşımacılığı	12
Şekil 5. Akdeniz Bölgesi'ndeki uluslararası Ro-Ro rotaları.....	15
Şekil 6. Avrupa yakın yol deniz taşımacılığı 2005-2018	17
Şekil 7. Türkiye'de yıllara göre toplam Ro-Ro trafiği.....	18
Şekil 8. Türkiye Limanları'nda gelen giden araç sayısı.....	19
Şekil 9. Karadeniz Limanları yıllara göre gelen-giden araç sayısı.....	20
Şekil 10. Samsun Limanı kara hinterlandı.....	22
Şekil 11. Samsun Limanı deniz hinterlandı.....	22
Şekil 12. Samsun limanları toplam gelen giden araç grafiği.....	24
Şekil 13. Bir deniz yolu taşımacılığı işletmesine ait işlevsel örgüt yapısı	26
Şekil 14. Gemi işletme yönetimi hizmetleri	29
Şekil 15. Gemi sabit ve değişken maliyetleri ile navlun gelirleri arasındaki ilişki	42
Şekil 16. Samsun Limanı toplam giden araç karşılaştırması.....	72
Şekil 17. Samsun Limanı çıkışlı taşınan toplam araç ile şirket gemilerinin taşıdığı araç oranı.....	72
Şekil 18. Matematiksel modelde izlenen yöntem.....	74
Şekil 19. Modellemede belirtilen veri setleri.....	85
Şekil 20. Parametrelere ilişkin yazılım görseli.....	85
Şekil 21. Modelde tanımlanan değişkenlere ilişkin yazılım görseli.....	85
Şekil 22. Gemiler ve kapasitelerine ilişkin yazılım görseli.....	86

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Dünyadaki başlıca Ro-Ro hatları	13
Tablo 2. Gemi işletme maliyetleri	41
Tablo 3. İşletme maliyetleri oranları	45
Tablo 4. Gemilerin 2014-2018 yılları arasında Samsun çıkışlı taşıdıkları araç adetleri	71
Tablo 5. Gemilerin özellikleri ve işletme maliyetleri.....	75
Tablo 6. 2018 yılı MGO fiyatları	77
Tablo 7. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık yakıt maliyetleri	78
Tablo 8. 2018 Yılında şirket gemilerine gelen haftalık taşıma talebi.....	86
Tablo 9. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık navlun oranları	87
Tablo 10. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık sefer maliyetleri	88
Tablo 11. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık kira geliri.....	89
Tablo 12. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık işletme maliyetleri	91
Tablo 13. Modelleme sonucunda gemilerin haftalık atanma durumu	93
Tablo 14. 2018 yılı mevcut durum ve modelleme sonrası durum karşılaştırması.....	94
Tablo 15. Mevcut duruma (2018) ilişkin yıllık net kar	96
Tablo 16. İyimser senaryo temelli gemi atama sonucu ve 2018 yılı ile karşılaştırılması....	97
Tablo 17. Kötümser senaryo temelli gemi atama sonucu ve 2018 yılı ile karşılaştırılması	99
Tablo 18. Yük bazlı senaryo karşılaştırması	100
Tablo 19. Gemi çıkarma bazlı senaryo karşılaştırması	101
Tablo 20. 2018 yılı model sonucu ile gemi çıkarma senaryosu karşılaştırılması.....	102

SEMBOLLER DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AK	: Avrupa Komisyonu
AMPL	: A Matematiksel Modelleme Dili A Mathematical Programming Language
BIMCO	: Baltık ve Uluslararası Denizcilik Konseyi Baltic and International Maritime Council
CREWMAN	: Standart Personel Yönetim Sözleşmesi
DP	: Doğrusal Programlama
DTO	: Deniz Ticaret Odası
DWT	: Ölü Tonaj Dead Weight Tonnage
ECMT	: Avrupa Ulaştırma Bakanları Konferansı
FDP	: Filo Dağıtım Problemi
GLPK	: Karma Tam-Sayı Program Çözücüsü
GT	: Gross Ton
ICS	: Institute of Chartered Shipbrokers
IDE	: Entegre Geliştirme Ortamı
IFO	: Intermediate Fuel Oil
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
ISM KOD	: Uluslararası Emniyetli Yönetim Kodu
LP	: Lineer (Doğrusal) Programlama
LPG	: Likit Petrol Gazı
LNG	: Likit Doğal Gaz
LSFP	: Layner Gemi Filo Planlama

MEPC	: Deniz Çevresini Koruma Komitesi
M/F	: Motor Ferry
MGO	: Marine Gas Oil
MIP	: Karma Tam Sayılı Programlama
RO-RO	: Roll on Roll off
T/C	: Zaman Esaslı Kiralama Time Charter
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TDK	: Türk Dil Kurumu
TEN-T	: Trans-Avrupa Ulaştırma Ağları
TIR	: Uluslararası Karayolu Taşımacılığı
TUSIAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
UAB	: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı United Nations Conference on Trade and Development
USD	: Amerikan Doları United States of Dollar

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Deniz ticareti bir endüstri olup denizyolu taşımacılığı bu endüstrinin bir alt koludur. Deniz ticareti dünya ekonomik faaliyetleri içerisinde dünyanın en uluslararası endüstrilerinden biridir (Stapford, 1997). Bir hizmet sektörü olan denizyolu taşımacılığının ana hizmet unsuru ‐ulaştırma‐dır (Sezer, 2008). Ulaştırma bir taraftan insan gereksinim ve arzularının gerçekleşmesinde en mühim araç olurken, öte yandan bir maliyet unsuru olarak dünya ekonomisinde yer edinmiştir (Taşlıyan vd., 2016). Küreselleşme ile birlikte iletişim, ticaretin serbest hale gelmesi, standartların uluslararası seviyeye çıkması ve buna mukabil deniz ulaştırmasının artan etkinliği gerek hammadde, mamul, yarı mamullerin gerekse hizmetlerin dünya üzerinde alınıp satılmasını kolay hale getirmiştir. Standartların uluslararası hale getirilmesi ve aynı türdeki ürünler küresel rekabeti arttırmakta, ticaretin serbest hale getirilmesi eldeki kaynakların aktif bir şekilde kullanımına izin vermekte, iletişim ve ulaştırma ise gerek bilginin gerekse yüklerin dünya üzerinde taşınmasını sağlamaktadır. Denizcilik endüstrisindeki artış gösteren yoğunlukla birlikte buna paralel olarak rekabette de bir artış olduğu gözlemlenmektedir (Kumar ve Hoffman, 2002). Günümüzde küresel ticaret ve denizyolu taşımacılığı daha önce hiç olmadığı kadar birbirini etkilemektedir. Bu etkileşim özellikle 2008 küresel ekonomik krizde kendini göstermiş, daralan küresel ticarettten en çok etkilenen sektörlerin başında denizyolu taşımacılığı gelmiştir. Yük sahipleri ve taşıtanlar, denizcilik endüstrisini etkilemekte, buna karşılık olarak da gemilerin multimodal ve intermodal taşıma sistemleriyle entegrasyonu sağlanarak verimliliğinin arttığı gözlemlenmektedir. (Benamara vd., 2010).

Ancak UNCTAD'ın 2017 yılındaki olumlu gelişmeler sonrasında 2018 yılı için yapmış olduğu öngörülere ulaşamamış, %2,7 ile genel ortalama olan %3,0'ın ve 2017'de rekor olarak kaydedilen %4'ün altında kalmıştır. Bununla birlikte, dış ticaret politikasına ilişkin belirsizliğin artması ve ufku belirleyen geniş çaplı olumsuz riskler göz önüne alındığında, görünüm zor olmaya devam etmektedir. Özellikle Amerika ve Çin arasında gerçekleşen ticaret savaşları bu durumu daha da zor hale getirmektedir (UNCTAD, 2019).

Uluslararası deniz ticaretindeki büyüme 2018'den sonra 2019'da da çok yavaşlamış ve 2008-2009 küresel ekonomik krizden bu yana en düşük seviyesine ulaşmıştır. Ülkeler arası ticaret savaşları ve politikadaki belirsizlikler, küresel ekonomik çıktı ve emtia ticaretindeki ve dolayısıyla deniz ticaretindeki büyümeyi olumsuz etkilemiştir. Deniz ticareti hacmi 2018'deki %2,8'lik büyümeden sonra %0,5 daha artarak 2019'da toplam 11,08 milyar tona ulaşmıştır (UNCTAD, 2020).

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi Samsun ilinde faaliyet gösteren Ro-Ro denizyolu taşımacılığı yapan bir denizcilik firması ele alınmıştır. Ele alınan bu denizcilik firmasının filosunu daha etkin ve verimli kullanarak kârını daha da arttırmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada, gemilerin neden daha verimli ve etkin çalıştırılmadığının belirlenmesi, optimum filo büyüklüğünün ne olması gerektiğinin araştırılması ve planlamasının yapılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma 4 aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında problem tanımlanmıştır. Karadeniz Bölgesi'nde Ro-Ro taşımacılığının Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dağılmasıyla birlikte yükselişe geçtiği görülmektedir. Karşılıklı artan ticaret hacmi bunda etkili olmuştur. Özellikle narenciye ürünlerinin çok yoğun bir şekilde Türkiye tarafından ihraç edilmesi Ro-Ro trafiğinin de mevsimsel olarak yoğunluk yaşamasına neden olmaktadır. Filodaki gemilerin yılın belirli döneminde neredeyse tam kapasite çalışmasına rağmen diğer dönemlerde neredeyse üçte bir hatta daha düşük oranda çalıştığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da gemilerin bir kısmı çalıştırılmamakta, limanda bekletilmektedir. Şirket yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda filonun etkin ve verimli çalıştırılmadığı, bunun sonucunda da şirketin yıllık gelirinin olması gerekenden daha az olduğu izlenimi elde edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında gemilere ve taşımalara ait yaş, yakıt tüketimi, kapasite, günlük işletme maliyetleri, kiralama oranları, yıllık kiralama bilgileri, amortisman bilgileri, limanda bekletme maliyetleri, 2018 yılına ait yük taşıma ve elde edilen gelir bilgileri, 2014-2018 yılları arasındaki taşıdıkları araç adetleri vb. veriler şirketin muhasebe ve kiralama departmanlarından alınmıştır. Ayrıca gemilerin şirket tarafından çalıştırıldıklarında elde edilen gelir bilgileri ve gemilerin kiralandıkları zaman elde edilen gelir bilgilerine de ulaşılmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında tanımlanmış olan problemin matematiksel modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel modelde temsil edilen simgeler ve açıklamalar,

parametreler, değişkenler, modelin kısıtları, modelin varsayımları belirlenmiş ve modelin çözülmesi için ön hazırlık yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son aşamasında ise A Mathematical Programming Language (AMPL) matematik programlama dilinde oluşturulan model, GNU Doğrusal Programlama Kiti (GLPK) karma tam-sayıllı program çözücüsü ile de çözülmüştür.

1.2. Deniz Yolu Taşımacılığı ve Türleri

Denizyolu taşımacılığı, diğer taşımacılık türleri ile karşılaştırıldığında birim başına düşen taşıma maliyeti bakımından en ucuz taşıma şeklidir. Hacimsel olarak büyük yer kaplayan kitle tipi yüklerin (petrol, kömür, tahıl, vb.) taşınmasında en elverişli taşıma şekli olmasının yanı sıra en yavaş nakliye yöntemidir. Dünya ticaretinde taşınan malların çok büyük bir bölümü denizyolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir (Fulser, 2015). Denizyolu taşımacılığı, tek seferde fazla yük taşıyabilme imkânı, güvenilir olması, yüksek taşıma kapasitesi, düşük yük hasarı ve kaza riski gibi özellikleriyle diğer taşıma türlerinden ayrılmaktadır. Büyük hacim ve miktarda, uzun mesafeler kat etmesi gereken yüklerin taşınması için en uygun yöntem olması denizyolu taşımacılığının yapısal özelliklerinin esas temelini oluşturmaktadır (Saatçioğlu ve Saygılı, 2013).

Denizyolu taşımacılığı; hız, zaman, mesafe, maliyet, istikrar ve yükün özellikleri gibi faktörler dikkate alınarak, çeşitli açılardan sınıflandırılarak alt sektörler ayrılmaktadır. Bu alt sektörlerin birinde denizyolu taşımacılığı, taşımacılık modeli açısından düzenli hat (layner) ve düzensiz hat (tramp) denizyolu taşımacılığı olmak üzere ikiye bölünmektedir (Erol ve Dursun, 2016).

1.2.1. Düzensiz Hat Deniz Yolu Taşımacılığı

Denizyolu taşımacılığında daha önceden belirlenmemiş bir rota üzerinde ve yine zamanı daha önce belli olmadan sefer yapan, nerede uygun bir yük bulursa, deniz taşıma hizmetini gerçekleştirmek için o rotaya yönelen ticari gemilerin işletilmesi ile ilgili bir kavram olan düzensiz hat denizyolu taşımacılığı bilinen en eski ticari denizyolu taşımacılığı şeklidir. Taşıtan tarafından alınan bu hizmet, taşıyanın geminin bir bölümünü veya tamamını taşıtanın yükünün belirli limanlar arasında farklı kiralama türleri ile taşıtana

kiralaması sonucu gerçekleşmektedir. Düzenli hat denizyolu taşımacılığının ilerlemesinden önce karışık veya paket, kutu, sandık, kasa, torba veya çuvalı, açık ve parçalı kuru yükler olarak belirtilen kırkambar yükleri ile kuru (hububat, madenler vb) ve sıvı (petrol, kimyasallar vb) dökme tüm yüklerin taşındığı denizyolu taşıma şekli olan ve tramp taşımacılık olarak da bilinen düzensiz hat denizyolu taşımacılığı, günümüzde genellikle büyük miktarlardaki kuru ve sıvı dökme yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Bu tip deniz taşıma şeklinde kullanılan başlıca gemi tipleri ise, tankerler, kosterler ve diğer kuru dökme yük gemileri olmaktadır (Sezer, 2008). Düzensiz hat denizyolu taşımacılığında her ne kadar kuru dökme yükler taşınan önemli yük grupları olsa da ham petrol ve petrol ürünlerinin de sıvı dökme yük grubunda büyük ölçüde taşımacılığı yapılmaktadır. Düzensiz hat denizyolu taşımacılığı, ölçek ekonomisi temelinde taşımacılık maliyetlerini mümkün olduğunca düşürebilmek için oluşturulan bir taşımacılık türüdür. Genel itibariyle tek gemi-tek yük anlayışına göre yüklerin taşındığı bu taşımacılık türünde gelişim, daha çok gerek hammadde ve enerji ürünlerine yönelik talebin artması, gerek uluslararası ticarete ortaya çıkan serbestleşme ve gerekse endüstriyel üretim süreçlerinin birçok ülkede gerçekleştirilmesine bağlıdır (Alizadeh ve Nomikos, 2002).

1.2.2. Düzenli Hat Deniz Yolu Taşımacılığı

Düzenli hat denizyolu taşımacılığı, önceden programlanmış belirli limanlar arasında düzenli olarak haftalık veya aylık seferler şeklinde yapılan denizyolu taşımacılığı olarak tanımlanmaktadır. Bu denizyolu ulaştırma şeklini tarifersiz denizyolu taşımacılığından ayıran en belirgin özellik, bu taşıma şeklinin genel itibariyle ambalajlanmış (konteyner ve palet) yükler için daha uygun olmasıdır (Tuna, 1999; Deveci, 1996). IHS Global Insight (2009), düzenli hat denizyolu taşımacılığına ilişkin yüklerin ve verilen hizmetlerin konteyner, araç (araba) ve Ro-Ro taşımacılığına yönelik olduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra birleştirilmemiş yüklerin de tarifeli denizyolu taşımacılığında taşındığı bilinmektedir. Bu yüklerin içinde dondurulmuş yükler, proje kargo yükleri ve araçlar da yer almaktadır (Denktaş, 2005). Düzenli hat denizyolu taşımacılığının bir farklı şekli olarak belirtilebilecek Ro-Ro taşımacılığından ayrı olarak, günümüzde dünya düzenli hat denizyolu taşımacılığı pazarı içerisinde konteyner taşımalarının hacminin büyük bir paya sahip olması bu taşımacılık şeklinin bir nevi konteyner taşımacılığı olarak anılmasını da sağlamıştır. (Tuna, 1999; Deveci, 1996).

Düzenli hat denizyolu taşımacılığı, daha önce belirlenmiş limanlar arasında, müşterilere daha önce belirtilen sefer programları ile yapılan denizyolu taşımacılığıdır. Düzenli hat denizyolu taşımacılığında verilen hizmetin düzenliliği, belirgin olması ve kaliteli olması oldukça önemlidir. Bu durum sorumluluk ve maliyet açısından işletmelere ek yükler getirmektedir. Düzenli hat denizyolu taşımacılığı bu özellikleri ile düzensiz hat denizyolu taşımacılığına göre daha maliyetli ve pahalı bir taşımacılık şeklidir (Yıldız, 2008).

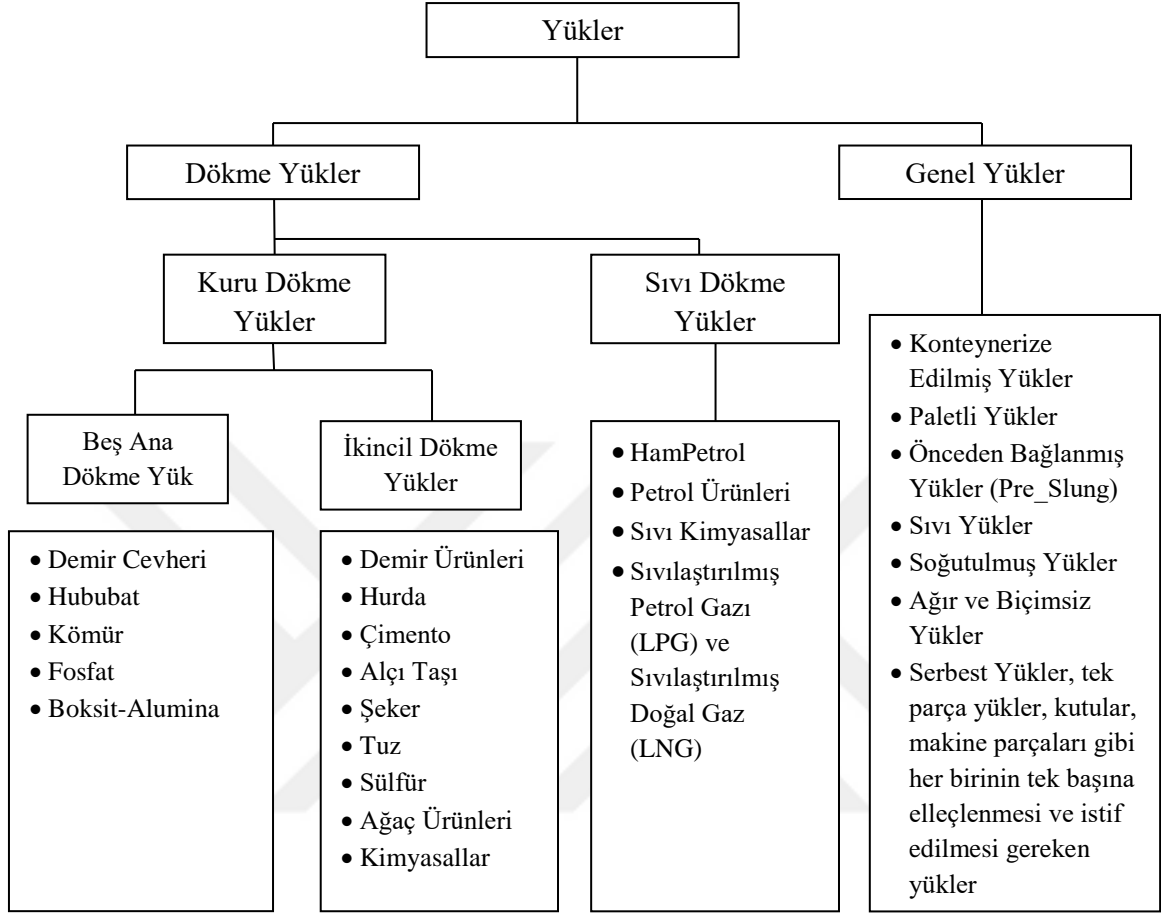
Denizyolu taşımacılığında gemilerin etkin ve verimli işletilmesi oldukça önemlidir. Gemi işletmeleri filolarındaki gemilerin gelişen ve değişen küresel ticarete ve düzenlemelere uyumunu sağlayabilmek için daha fazla çaba göstermek zorunda kalmaktadırlar. Bir sonraki bölümde denizyolu taşımacılığında ana yük türleri ve gemi çeşitleri ele alınmış ve incelenmiştir.

1.2.3. Deniz Yolu Taşımacılığında Ana Yük Türleri

Denizyolu taşımacılığında yük grupları dökme yükler ve genel yükler şeklinde iki ana gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta yer alan yükler dökme yük olarak adlandırılan, geminin ambar bölümüne dökme ve bir birim haline getirilmemiş olarak yüklenen kargoları ifade etmektedir. Birim haline getirilmemiş yük, homojen olma özelliği ve hacim-ağırlık/değer oranı düşük özellikte olmasından ötürü geminin ambar ya da ambarlarını doldurabilecek ve böylelikle ölçek ekonomisini sağlayabilecektir (Stapford, 2007). Dökme yükler sıvı ve kuru dökme yük olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmıştır. Kuru dökme yükler de yine kendi içinde beş ana kuru dökme yük ve ikincil dökme yükler olarak ikiye ayrılmaktadır (Stapford, 2009). Sıvı dökme yükler; ham petrol, petrol ürünleri, sıvı kimyasallar, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) olarak sıralanabilir. Kuru dökme yükte ise kömür, demir cevheri, hububat, boksit-alümina ve fosfat beş ana dökme yük grubunda yer alırken ikincil dökme yüklerde ise en çok çelik ürünleri, çimento, alçıtaşı, demir içermeyen metal cevheri, şeker, tuz, kükürt orman ürünleri kimyasallar bulunmaktadır (Stapford, 2009).

İkinci grupta ise, homojen olmayan, hacim-ağırlık/değer oranı yüksek, gemide az yer kaplayan genel yükler vardır. Genel yükler özellikle 1960'lı yıllardan itibaren konteyner taşımacılığının artması ile birlikte daha çok konteynerler ile taşınmaya başlanmıştır. Daha çok bitmiş ürün ve yarı mamullerin taşındığı bu sistemde, paletize edilmiş, konteynerize

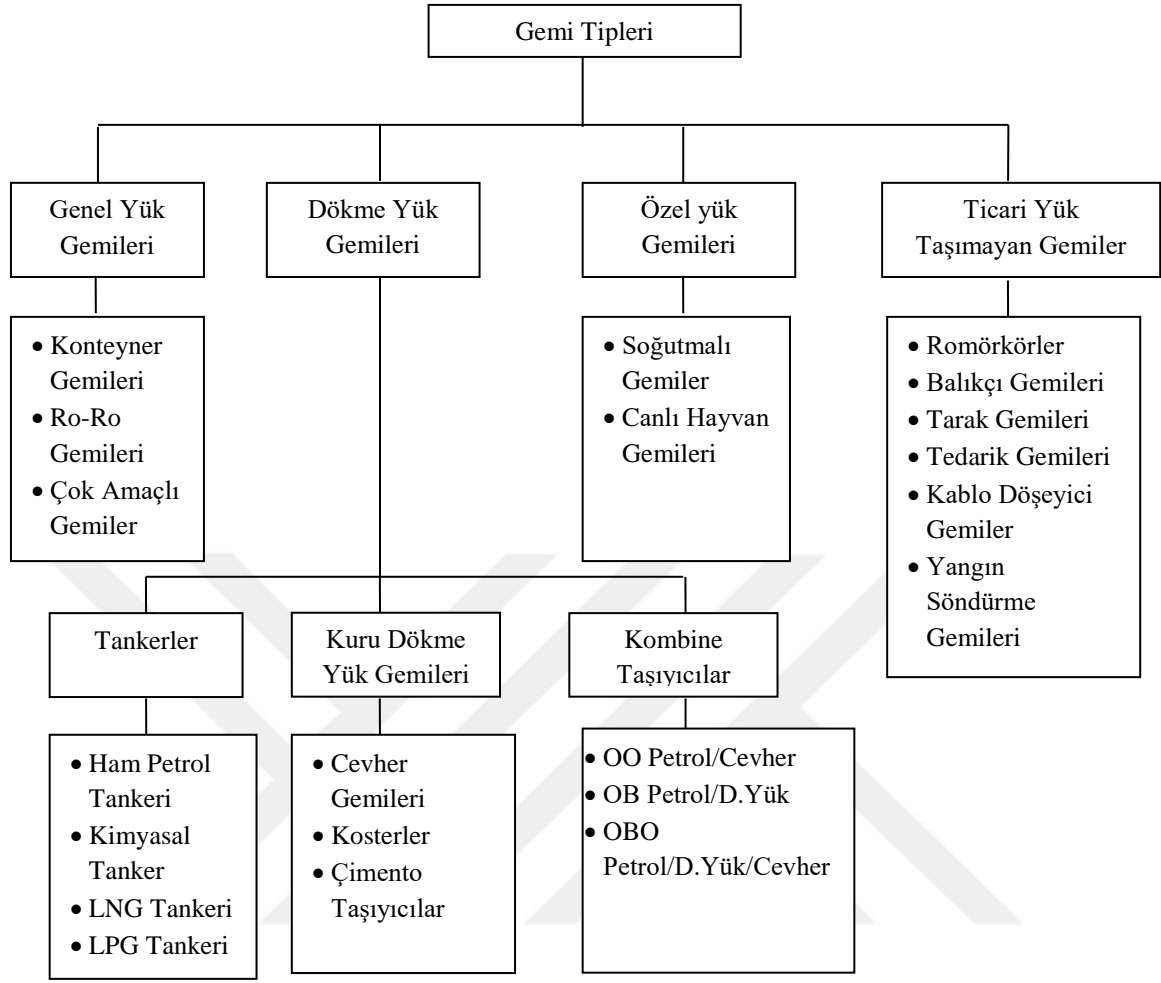
edilmiş, sarılmış ve paket haline getirilmiş yükler bulunmaktadır (Flemming, 2002). Şekil 1’de dökme yük grupları ve genel yük grupları sınıflandırılmış şekilde verilmiştir.



Şekil 1. Deniz yolu taşımacılığında ana yük türleri (Denktaş Şakar, 2013)

1.2.4. Deniz Yolu Taşımacılığında Ana Gemi Türleri

Gemi türleri hakkında bilgi vermeden önce geminin tanımını yapmak gerekmektedir. TTK'nin 816. maddesinin 1. fıkrasına göre “tahsis edildiği gayeye uygun olarak kullanılması, denizde hareket etme imkânına bağlı bulunan ve pek küçük olmayan her türlü tekne” olarak tanımlanmıştır. Ticaret gemisinin tanımı ise TTK'nin m. 816 2. fıkrasında “Denizde kazanç elde etme maksadına tahsis edilen ve fiilen böyle bir maksat için kullanılan her gemi, kimin tarafından ve kimin nam ve hesabına kullanılırsa kullanılsın ticaret gemisi sayılır” olarak yapılmıştır. Şekil 2’de yük gemileri genel yük gemileri, dökme yük gemileri, özel yük gemileri ve ticari yük taşımayan gemiler şeklinde dört ana başlık altında sınıflandırılmıştır (Stapford, 2009).



Şekil 2. Deniz yolu taşımacılığında ana gemi türleri (Stapford, 2009)

Dökme yük gemileri incelediğinde yükün varil, çuval ve konteynerden ziyade dökme olarak taşındığı ve genellikle homojen olarak yüklendiği gemi türü ile karşılaşılmaktadır. Kuru dökme yük taşıyan gemiler, tankerler ve kombine taşıyıcılar bu gemi türü içerisinde değerlendirilmektedir (Denktaş Şakar, 2013). Günümüzde ağır dökme yüklerin tamamı ile hafif dökme yüklerin büyük çoğunluğ dökme yük gemilerinde taşınmaktadır (Stapford, 2009). Kuru dökme yük taşıyan gemiler genellikle hububat, kömür, maden cevheri, hurda, gübre, şeker, tuz, çimento gibi ürünleri dökme halde taşımaktadırlar (Tohumcu, 2019). Tankerler ise dökme haldeki sıvı yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Tankerler genel olarak ham petrol tankerleri, kimyasal tankerler, ürün tankerleri, LPG ve LNG tiplerine göre ayrılmaktadır (Stapford, 2009; Wood 2010). Hem kuru dökme yük hem de sıvı dökme yük taşıyabilecek şekilde tasarlanmış dökme yük gemileri ise kombine taşıyıcılar olarak adlandırılmaktadır. Bu gemiler çok çeşitli biçimlerde üretilmişlerdir. Cevher/Dökme Yük/Petrol, Cevher/Petrol ve Cevher/Dökme

Yük kombine taşıyıcılarıdır. Özellikle 1960 ve 1970'li yıllarda çok yaygın olarak kullanılmışlardır. Bu tür gemiler, kuru dökme yük ve sıvı dökme yük piyasalarında yaşanan dalgalanmalardan yararlanarak, gemilerin dönüş seferinde boş kalmalarını önlemek amacıyla kullanılmışlardır (Collins, 2000).

Genel yük gemileri ise düzenli hat denizyolu taşımacılığında kullanılan gemi türleridir ve dökme olmayan yükleri taşımak için tasarlanmıştır. İçerdiği gemi türleri ise konteyner, Ro-Ro ve çok amaçlı yük gemileridir (Rodrigue, 2013). Konteyner gemileri, konteynerin bulunması ve yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla önemi artan bir gemi türü olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk konteyner gemileri, konteynerin bulunmasının hemen ardından kullanılan ve genellikle tanker veya dökme yük gemilerinden dönüştürülen gemiler olmuştur (Rodrigue, 2013). İlerleyen yıllarda, gemi inşa sanayisinde yaşanan gelişmeler ve konteyner taşımacılığının giderek artış göstermesiyle birlikte, sadece konteyner taşımak için tasarlanmış gemiler kullanılmaya başlanmıştır (Denktaş Şakar, 2013). Bir diğer genel yük gemi türü olan Ro-Ro gemileri Roll/on Roll/off olarak adlandırılan yükleri bir rampa üzerinden tekerlekli araçlarla yürüterek yapılan boşaltma sistemine göre inşa edilen gemilerdir. Ro-Ro gemilerini diğer gemi türlerinden tasarım açısından ayıran en önemli özellik, yükün gemiye ambar kapağı yerine rampalar vasıtasıyla alınmasıdır (Stapford, 2009). Çok amaçlı gemiler esnek liner tonajına sürekli talep olduğunda kullanılır. Bu tip gemiler genelde 8000 ila 22000 DWT ağırlığında olur ve iki katlı ambar da denilen gladora içeren 3 ila 5 ambara sahiptir. Daha önceki liner gemilerinden farkı, tam konteyner yükü ve karışık yük ve ağır yük taşıyacak şekilde tasarlanmış olmalarıdır (Stapford, 2009).

1.2.4.1. Ro-Ro Taşımacılığı ve Özellikleri

Denizyolu taşımacılığında, her yük çeşidi için farklı bir gemi tipi inşa edilmekte ya da gemiler inşa edilirken yüke göre dizayn edilmektedir. Bu açıdan bakıldığında sanayi üretimi sonucu elde edilen, elektronik, hazır giyim, hazır gıda, beyaz eşya, jeneratör, otomobil, iş makineleri, kamyon, tır gibi ürünler genel kargo olarak isimlendirilmekte ve bu yükler çoğunlukla Ro-Ro ve konteyner gemileri ile taşınmaktadır (Baştürk, 2017). Ro-Ro, İngilizce roll on/roll off kelimelerinin kısaltmalarından oluşmaktadır. Kargoların tekerlekler vasıtasıyla elleçlenip, kargo operasyonlarının daha hızlı bir şekilde yapıldığı

gemiler Ro-Ro gemileridir (Başar vd., 2015). Tekerlekli yük taşıma sistemi üzerine taşımacılık yapan Ro-Ro gemilerinin taşıdığı yükler şunlardır (Hülagü, 2007);

- Şasili treylerler (çekicili, çekicisiz)
- Treyler ve semi-treylerler
- Her türlü tekerlek donanımına sahip yükler (kamyon, araba, otobüs vb.)
- Forklift vb. vasıtalarla elleçlenen yükler (konteyner)
- Birleştirilmiş paletli yükler (kereste gibi)
- Uzun ve geniş kargolar

Ro-Ro gemileri birim yük olarak söyleyebileceğimiz orman ürünleri, otomobil, TIR, iş makineleri, konteyner, palet, ağır yükler ve diğer tekerlekli yükleri taşıyabilmek için geliştirilen ilk gemi türlerinden biridir. Bu gemilerin kış, baş ya da yanlarında rampa vardır ve düzenli hat taşımacılığında gelenekseldirler. Orman ürünleri, konteynerler ve paletlenmiş yükler forkliftler vasıtasıyla gemiye yüklenirken, otomobil, kamyon, TIR ve diğer tekerlekli yükler sürülerek gemiye yerleştirilmektedir. Ayrıca, bazı Ro-Ro gemilerinin yüksekliği ayarlanabilir güverteleri vardır. Bütün bu çeşitlilik fiyata yansdığından inşa maliyetleri de biraz yüksektir (Stapford, 2009).

Dünya genelinde yapılan Ro-Ro taşımaları “uzak yol”, “yakın yol” ve “Ro-Pax” olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Uzak yol taşımalar daha çok otomobil taşımalarını ihtiva etmektedir (Çakalöz, 2015). Uzak yol taşımalarının daha çok Uzak Doğu-Avrupa, Uzak Doğu-Amerika hatlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun da sebebi olarak dünya üzerindeki otomobil ve diğer araçların üretim yerlerinden diğer pazarlara ulaştırılması olarak söylenebilir. Yakın yol deniz taşımacılığı ise özellikle Avrupa’da yoğun şekilde kullanıldığı görülmektedir. Özellikle Kuzey Avrupa ve Akdeniz Ro-Ro ve Ro-Pax taşımalarının en çok kullanıldığı bölgelerdir. Karadeniz havzası da Avrupa denizlerinde kısa yol deniz taşımacılığı trafiğinin nispeten yoğun olduğu bir bölge olarak kabul edilmektedir (Stapford, 2009).



Şekil 3. Yakın yol denizyolu taşımacılığı bölgeleri (Faerleys, 2011)

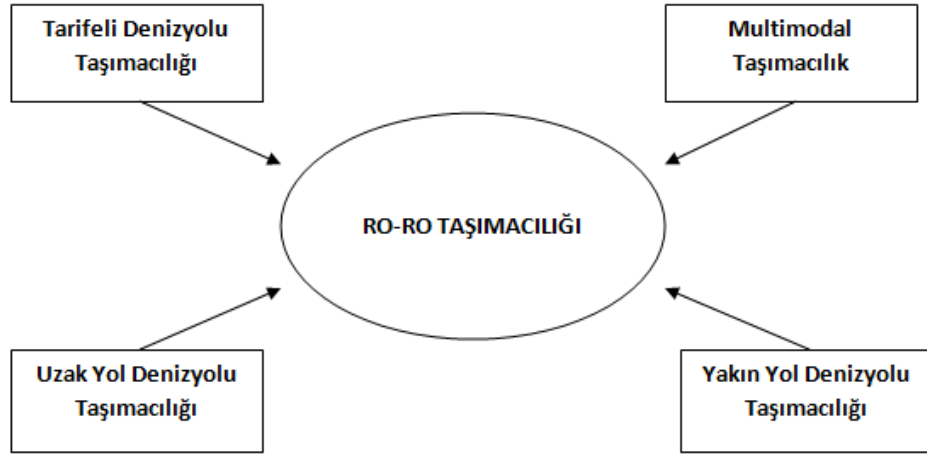
Denizyolu taşımacılığında yapılan tanımlar, coğrafik özellikler, taşıma mesafeleri, gemi tipleri, yükler açısından farklılıklar göstermektedir. Kabotaj taşımacılığı da yakın yol deniz taşımacılığı kapsamında değerlendirilebilmektedir. En genel tanımlamalar çerçevesinde ortak nokta Ro-Ro taşımacılığının okyanus aşırı olmayan bir denizyolu taşımacılığı olmasıdır (Bjornland, 1993). Ro-Ro taşımacılığı Avrupa Ulaştırma Bakanları Konferansı'nda (ECMT) belirtildiği gibi Atlantik geçişi yapmayan kısa mesafeli ve kısa süreli denizyolu taşımacılığı şeklinde kısaca tanımlanmıştır. Yakın yol denizyolu taşımacılığı, sadece karayolu taşımacılığına bir alternatif olarak değerlendirilmemelidir. Yakın yol denizyolu taşımacılığının farklı ulaşım modlarını entegre ederek ortaya çıkan kombine taşımacılık içinde yer alan ve lojistik hizmetlerin optimizasyonunu amaçlayan bir işlevi de bulunmaktadır (URL-1). En önemli belirleyici özelliğın uzak yol olmayan denizyolu taşımalarının karayolu, iç su yolu ve demiryolu bağlantıları ile bütünleşik olması konusunda oluştuğu söylenebilir (Papadimitriou, 2001). Yükleme/boşaltma süresinin daha kısa olması ve tipik bekleme sürelerinin de çok daha düşük olması nedeniyle, standart konteyner gemileri yerine Ro-Ro gemileri kullanılarak taşıma süresi verimli bir şekilde azaltılabilmektedir (Santos ve Suarez, 2017).

Maliyet, zaman ve çevresel etkilerin azaltılması açısından yakın yol denizyolu taşımacılığı karayoluna alternatif olarak da gösterilmektedir. Bu durum özellikle, Ro-Ro veya Ro-Pax taşımalarında gemileri ve her iki limanı birbirine bağlayan deniz otoban güzergahları kullanıldığında doğru olmaktadır (Sauri vd., 2012). Kapıdan kapıya

taşımacılığa olanak vermesi bakımında çoklu ulaştırma sisteminin özelliklerine sahip olan yakın yol denizyolu taşımacılığı, Avrupa ve Dünya’da önemini artırmakta ve desteklenmektedir. Ro-Ro taşımacılığının geleceği, yakın yol taşımacılığı ile yakından ilgilidir (Branch, 2007). Yakın yol deniz taşımacılığı kapsamında Ro-Ro ulaştırması, Trans-Avrupa ulaştırma koridorlarına daha iyi uyum sağlamak için bünyesinde büyük bir potansiyel barındırmaktadır (Casaka ve Marlow, 2007). Türkiye için de Avrupa-Akdeniz ve özellikle Karadeniz ulaştırma ağlarında yakın yol denizyolu taşımacılığı oldukça önemlidir. Coğrafi özelliklerinden dolayı Türkiye, karayolu eşya taşımacılığında karşılaşılan çeşitli siyasi ve politik olumsuzluklardan kaynaklanan engelleri, yakın yol denizyolu taşımacılığını kullanarak aşmayı tercih etmektedir. Türkiye, yakın yol denizyolu taşımacılığı kapsamında Ro-Ro taşımacılığında gelişimini sürdürmektedir (Çakalöz, 2015).

Denizyolu taşımacılığı farklı sınıflandırmalara tabi tutulsa da en çok karşımıza çıkan sınıflandırma düzensiz hat (tramp) ve düzenli hat (layner) denizyolu taşımacılığıdır. Ro-Ro gemileri ile taşımacılık bu iki sınıflandırma içerisinde yoğun olarak düzenli hat denizyolu taşımacılığı içerisinde ele alınmaktadır. Taşımanın ne zaman başlayacağı ve biteceği yani bir programa göre gerçekleşmesi taşıtan açısından çok önemlidir (Drewry, 2006). Ayrıca Ro-Ro gemilerine yüklenen otomobil vb., tır, iş makineleri ve diğer tekerlekli yükler gemilerde emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için özel bağlama (lashing) sistemleri ile hızlı bir şekilde sabitlenebilmektedir. Yüklerin tahliyesi esnasında da bu sistemler kolay bir şekilde sökülebilmekte böylece tüm operasyonlar hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra diğer taşıma sistemlerinde yaşanabilen gümrük ve trafik sorunları Ro-Ro taşımacılığında daha az görülmektedir (Başar vd., 2015).

Düzenli hat denizyolu taşımacılığının Ro-Ro taşımalarında, otomobiller, kamyonlar, tarım makineleri gibi yüklerin ve tekerlek içeren veya römorklara yerleştirilebilecek diğer yük türlerinin taşınması olarak tanımlanabilir. Büyük feribotlara benzeyen Ro-Ro gemileri, farklı yükseklikleri bulunan güverteleriyle tekerlekli yüklerin taşınmasını kolaylaştıran özel yük gemileridir (Fischer vd., 2016).



Şekil 4. Taşımacılık özellikleri açısından Ro-Ro taşımacılığı (Çakalöz, 2015)

1.2.4.2. Ro-Ro Taşımacılığının Dünya'daki Gelişimi

Ro-Ro taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı içerisinde genel yük taşımacılığı kapsamında değerlendirilmektedir. Genel yükler özellikleri gereği dökme yüklere göre daha küçük hacimlerde olmakta, daha az miktarlarda taşınmakta ve yüksek değerli yük gruplarını içermektedir. Tarifeli denizyolu taşımacılığında taşınan yük türünü oluşturan ve genel yük kategorisinde sınıflandırılan yükler birimler halinde taşınmaktadır. Genel yük taşımaları denizyolu taşımacılığında taşınan yüklerin toplam değerleri temelinde %60'lık bir paya sahiptir. Modern Ro-Ro gemileri ilk olarak 1940'larda ABD ordusu için üretilmiş, gemi, tankların karaya indirilmesi, taşınması, güvenli bir yere bırakılması için kullanılmıştır. 1950'li yılların sonlarında İskandinav armatörler küçük Ro-Ro gemilerini oran ürünleri, küspe ve kağıt yüklerini Baltık limanlarından anakaraya, dönüş yolunda ise motorlu taşıtları İskandinavya'ya taşımak için kullanmaya başlamışlardır. Kuzey Atlantik Bölgesi'nde işletilen gemilerin temel amacı, yük elleçleme hızını arttırmak ve liman işçilik maliyetlerini azaltmaktır. O dönemlerde bu iki problem, deniz taşımacılığı endüstrisinin en önemli problemi olmuştur (Stapford, 2009).

1969 yılında Avrupa ve Avustralya arasında bir Ro-Ro servisi kurulmuştur. Gemiler bu hatta güneye giderken orman ürünleri, otomobil ve ağır yükler taşırken, dönüş yolunda yün, koyun derisi, deri, kavanozlara konulmuş ve dondurulmuş gıdalar ile metal külçe ve çubuklar getirmişlerdir (Stapford, 2009).

Ro-Ro taşımacılığı başlangıcı İskandinav ülkelerinde olmuştur. 1960'lı yılların başında, İskandinav ülkeleri arasında mevcut yolcu gemileri yerine, otomobil taşıyabilen yolcu gemileri hizmete girerek bölgedeki turizmin canlandırılması amaçlanmıştır. Yapılan bu girişimle birlikte başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Aksoy, 2011). İlk başlarda kısa sefer niteliğinde ve ayrıca yolcu taşımalarına yönelik olan Ro-Ro taşımacılığı, sonraları yüke de sığramış, kapasite arttırarak açık deniz taşımacılığı haline de dönüşmüştür (Akten, 1982).

Tablo 1. Dünyadaki başlıca Ro-Ro hatları (Drewry Ro-Ro Report, 1998)

Yakın Yol Ro-Ro Taşımacılığı	Uzak Yol Ro-Ro Taşımacılığı
ABD Batı Kıyıları - Alaska	Kuzey Avrupa - ABD- Avusturya/Yeni Zelanda-Uzak Doğu-ABD-Kuzey Avrupa
Baltık - Kuzey Denizi	Kuzey Avrupa- Batı Afrika
ABD Körfez/Karayipler/Orta Amerika	Akdeniz-Güney Amerika'nın Doğu Kıyıları
Doğu Akdeniz	ECNA -Akdeniz- Orta Doğu
Batı Akdeniz	Kuzey Amerika /Karayipler - Kuzey Avrupa/Akdeniz
Japonya	Kuzey Avrupa - ABD- Avusturya/Yeni Zelanda-Uzak Doğu-ABD-Kuzey Avrupa
İngiltere/İrlanda - Kuzey Avrupa	
İngiltere/Kuzey Avrupa - İskandinavya	
İngiltere/Kuzey Avrupa - Akdeniz/Kuzey Afrika	
Uzak Doğu/Güneydoğu Asya	

Ro-Ro taşımacılığında müşterilerden gelen hizmet talebi ve yük çeşitliliği arttıkça buna bağlı yeni Ro-Ro gemileri inşa edilmeye başlanmıştır. Bu talepler içerisinde yalnız otomobil taşımak için dizayn edilmiş olan Ro-Ro gemileri olduğu gibi sadece araç ve konteyner taşımaya yönelik, yolcu taşımacılığı harici dizayn edilmiş farklı çeşit ve büyüklüklerde Ro-Ro gemilerini bulmak da mümkündür.

Buna göre, Ro-Ro pazarının gelişimi şu nedenlere bağlanabilir:

- Gerek taşıyan için gerekse de taşıtan için maliyet avantajlı bir taşımacılık şeklidir.
- Taşıma maliyetleri düşüktür.
- Hizmet kalitesi geliştirilmeye uygundur.

- Hem kapıdan kapıya taşımacılığın hem de kombine taşımacılığının bir bağlantısıdır.
- Konsolidasyona ve grupaja uygundur.
- Elleçleme ekipmanı maliyetleri düşüktür.
- Farklı yük tipleri için uygundur.

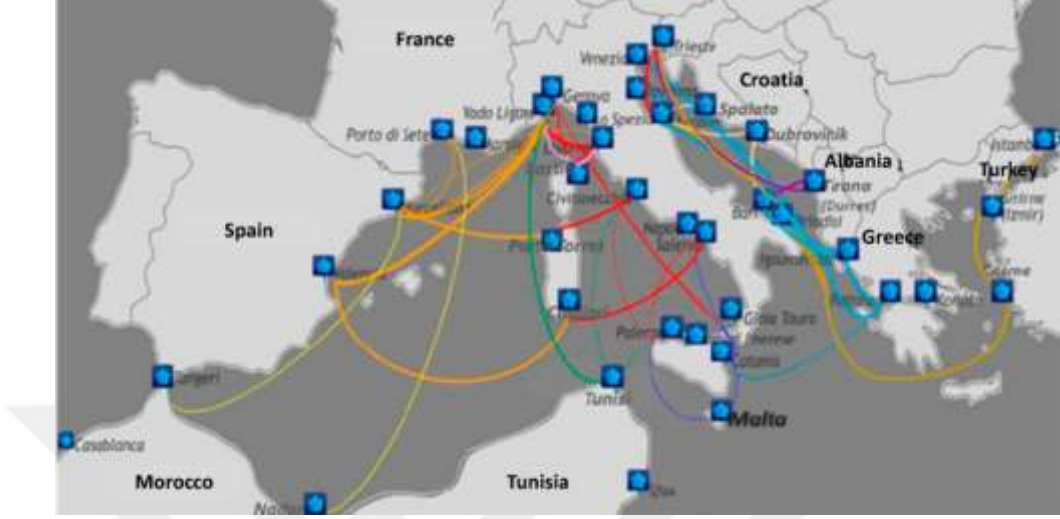
Her ne kadar Ro-Ro taşımacılığı bu kadar esnek ve farklı tipteki yükleri taşıyabilme avantajı sunsa da özellikle istatistiksel olarak değerlendirilmek istendiğinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Yüklerin tekerlekli ve birleştirilmiş olması aynı zamanda bu yükleri birbirinden ayırmanın zorluğu istatistiksel verilerin kayıt altına alınmasını güçleştirmektedir (Branch,1998).

Dünyada üzerinde faaliyet gösteren Ro-Ro pazarı ele alındığında 2009-2014 yılları arasında Ro-Ro yeni inşa oranlarında azalmayla birlikte, buna paralel olarak daha az kiralama oranları ve koşulların daha zor olduğu bir pazar görülmektedir. Genel itibariyle Ro-Ro taşımacılığı birleşmeler şeklinde yürütülmektedir. Filonun % 45'ini işleten en büyük 20 Ro-Ro işletme sahibi, toplam kapasitenin ise %60'ını ellerinde bulundurmaktadır. Her ne kadar günümüzde zorlu pazar koşulları varsa da, Ro-Ro taşımacılığının gelişmeye başladığı gözlemlenmektedir. Ro-Ro pazarı özellikle Avrupa ve Kuzey Afrika'da etkin rol oynamaktadır. Ro-Ro taşımacılığında 2015 yılı aralık ayı itibariyle toplam 9.6 milyon GT veya 7.86 milyon CGT kapasitesinde toplam 624 gemi (100 GT üzeri) mevcuttur. 2003 yılından günümüze, 207 geminin (3.7 milyon CGT) teslim edilmesiyle; bu rakam yıllık ortalama 16 gemi şeklinde oluşmuştur. Mevcut filonun %60'ının 15 yaş üzeri ve %45'inin ise 20 yaş üzerinde olduğu belirtilmektedir. (SEAEurope, 2017).

1.2.4.3. Ro-Ro Taşımacılığının Avrupa'daki Gelişimi

Ro-Ro hizmetleri için donatılmış Akdeniz limanlarının sayısı 56 civarındadır ve bölge ile entegre olan yaklaşık 90 hat yoğun bir şekilde havzanın tamamına yayılmaktadır. Şekil 5'te görüldüğü gibi, Batı Akdeniz'deki yakın yol deniz taşımacılığı hizmetlerinin tümü, ara duraklar olmaksızın, çoğunlukla doğrudan bağlantılarla gerçekleşmektedir. Doğu tarafında, Ro-Ro deniz ulaşım ağının yoğunluğu daha azdır. Balkan Bölgesi ile İtalya

yarımadası arasındaki bağlantılar ile esas olarak Adriyatik Denizi'nde gelişmiştir; ancak Türkiye ile Doğu Avrupa ve İtalya arasında da bağlantılar vardır (Appetecchia, 2015) .



Şekil 5. Akdeniz Bölgesi'ndeki uluslararası Ro-Ro rotaları (Appetecchia, 2015)

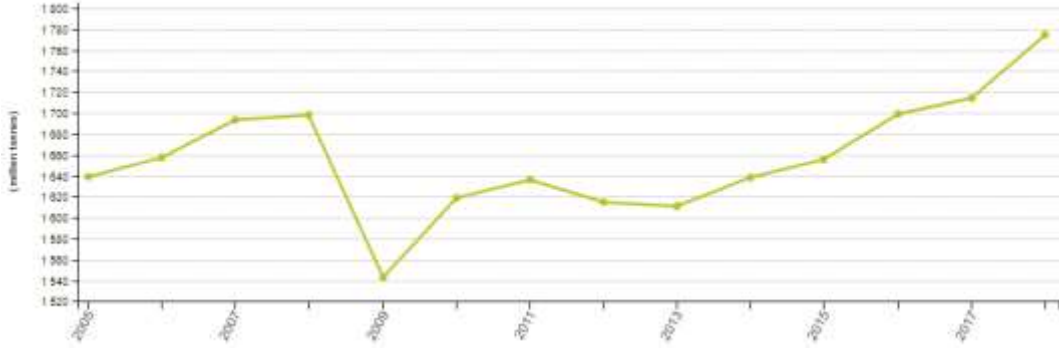
Ro-Ro gemilerinin toplam tonaj içindeki payı İrlanda (% 30.5), Danimarka (% 29.4) ve İsveç (% 27.0) için en yüksek olup, bu ülkeler deniz taşımacılığında Ro-Ro feribot trafiğinin önemini yansıtmaktadır. Tonaj açısından, İtalya (96 milyon ton), 2018'de Ro-Ro gemilerinde taşınan en büyük AB mal hacimlerini kaydetmiştir. Ancak, bu hacimler Birleşik Krallık'ta kaydedilen Ro-Ro taşımaları tonajından (108 milyon ton) daha düşük gerçekleşmiştir (Eurostat, 2020). Rete Autostrade Mediterranee tarafından sağlanan verilere göre, İtalya'nın Ro-Ro/Ro-Pax taşımacılığında kilit bir rol oynadığı 2017'de AB düzeyinde toplam Ro-Ro ticaretinin %21'inden fazla pazar payına sahip olduğu belirtilmektedir. İtalya'daki Ro-Ro navlun akışları 2014'ten 2017'ye %20,7 artmış; bu oran, konteyner hizmetlerinin iki katından fazla (+% 8,9) ve buna karşılık AB Ro-Ro büyümesinin ise (+%7,3) neredeyse üç katı gerçekleşmiştir (Marzano vd., 2020) .

Ro-Ro taşımacılığı, intermodal taşımacılık ve deniz otoyolları politikaları geliştirmek için Avrupa politikasının odaklandığı ana seçeneklerden birisi olmuştur (Fancello vd., 2019). Avrupa ithalat ve ihracatının yaklaşık % 90'ının deniz yoluyla yapılması, denizyoluyla taşınmanın önemine ilişkin bir göstergesi olarak sunulabilmektedir (EC & DG-Tren, 2006). Bununla birlikte, denizyolu taşımacılığı toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 4'üne (Stena AB, 2008) ve iklim değişikliğine sebep olan toplam emisyonların % 3,5'inden daha azına etki etmektedir. Bu da denizyolu taşımacılığının nispeten

sürdürülebilir bir ulaşım modu olduğunu göstermektedir. AB, uluslararası bağlamda önemli bir pazardır ve hem AB'den hem de AB'ye içeriden ulaşım ihtiyacı açıktır. Avrupa Komisyonu (AK), yapmış olduğu birçok toplantı ve buluşmalarda, artan taşıma ihtiyacına rağmen, çevreyi koruyabilen, mevcut ve gelecek nesiller için sağlıklı ekosistemleri sürdürmek ve aynı zamanda ekonomik büyümeyi sürdürmek için sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi konusunu ele almıştır. AK bu amaca ulaşmak için ürünlerin karayolundan kısayol deniz taşımacılığına kaydırılmasını önermektedir.

Yakın yol deniz taşımacılığı, karayolu tıkanıklığını azaltmayı, yük taşımacılığını karayolundan kısayol deniz taşımacılığına kaydırmayı ve ülkeler arasındaki ekonomik ve sosyal uyumu artırmayı amaçladığı için AB taşımacılık politikalarının ana direklerinden birini temsil etmektedir. Yakın yol deniz taşımacılığının teşvik edilmesine yönelik AB stratejisinin özü, doğrudan bir yolla yük trafiğinin önemli bir bölümünü karayolundan denizyolu taşımacılığına geçirmeyi amaçlayan Deniz Otoyolları girişiminde yatmaktadır. AB'de, büyük hacimli kargolar zaten intermodal taşımacılık ile taşınmaktadır ve EC & DG- Tren'e (2006) göre Avrupa içi ticaretin yaklaşık % 40'ı 2006 yılında yakın yol deniz taşımacılığına girmiştir. Amerini'ye (2008) göre, Avrupa deniz ticaretinin % 63'ü 2006 yılında yakın yol deniz taşımacılığı ile taşınmıştır.

İskandinavya ve İngiltere limanları arasındaki yakın yol taşımaları oldukça önemli taşımalarlardır. Avrupa yakın yol deniz taşımacılığı trafiğinin en yoğun olduğu bölgeler Baltık Denizi, Kuzey Denizi ve Akdeniz'dir. Almanya, İtalya, İsveç ve Birleşik Krallık yakın yol Ro-Ro taşımalarının % 84'ünün gerçekleştirildiği ülkelerdir (Musso vd., 2010). Avrupa ülkeleri ile Akdeniz'e ve Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler arasındaki denizyolu taşımacılığı da yakın yol deniz taşımacılığı kapsamında değerlendirilmektedir.



Şekil 6. Avrupa yakın yol denizyolu taşımacılığı 2005-2018 (Milyon Ton) (URL-2)

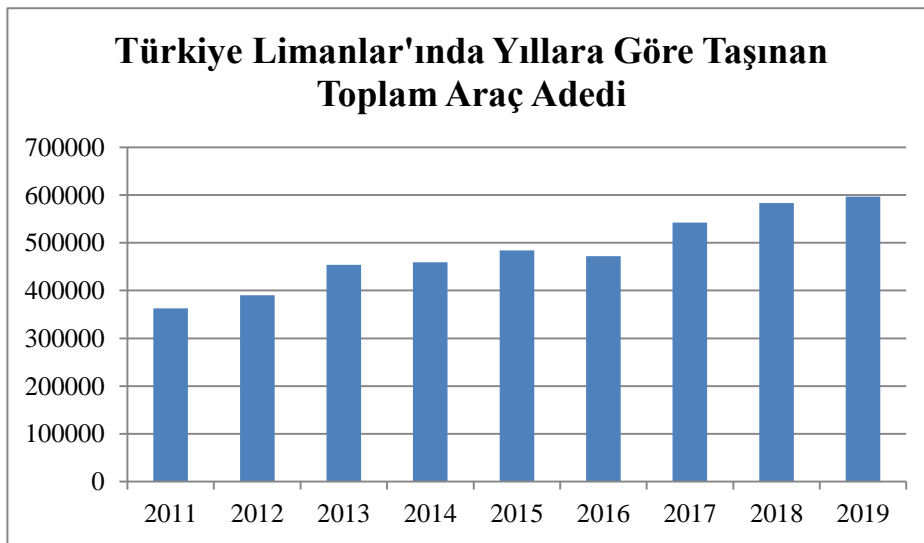
1.2.4.4. Ro-Ro Taşımacılığının Türkiye'deki Gelişimi

Dünya ticaretinde deniz taşımacılığı ekonomik ölçekte çok büyük bir yer tutmaktadır. Deniz taşımacılığının en önemli duraklarından biri olan limanların ulaşım bağlantılarının güvenilir ve hızlı olması limanların rekabet piyasasında daha fazla müşteri bulmasını sağlayacaktır. Böylelikle verimliliklerini ve dolayısıyla kârlılıklarını artıracak olan limanlar buldukları bölgeler başta olmak üzere ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda bu durum politik, askeri ve bölgesel güçler açısından önemi de bulunmaktadır (Başar vd, 2015). Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibariyle bütün taşıma modları açısından bir lojistik merkez konumundadır. Kombine taşımacılığın özelliği gereği taşıma modlarının birbiriyle uyumlu ve bütünleşik çalışması oldukça önemlidir. Özellikle Avrupa Birliği ulaştırma politikaları açısından bakıldığında Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum kombine taşımacılık ve yakın yol deniz taşımacılığında çok önemli bir lojistik merkez olma özelliğine sahiptir. Ro-Ro taşımacılığı deniz ve kara taşımacılığının entegre edildiği ulaştırma sistemlerinde deniz taşımacılığı ayağını oluşturmaktadır. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum ve imkânlar ile Cumhuriyet tarihinde bugüne kadar gelişen kara ve demiryolu ağı yatırımları, Ro-Ro taşımacılığının Türkiye için en uygun taşıma sistemlerinden biri olduğunu gösterir niteliktedir (Günay, 1984).

Türkiye TIR sözleşmesine 1965 yılında müdahil olmuştur. Türkiye'de uluslararası karayolu taşımacılığı, müdahil olduğu bu sözleşme sonrasında daha sistemli bir hal almıştır. Bu sözleşmeyle daha sonrasında diğer uygulamaları da beraberinde getirmiştir (TUSİAD, 2007). Batılı ülkelerde Ro-Ro taşımacılığı, 1960'lı yılların sonlarına doğru

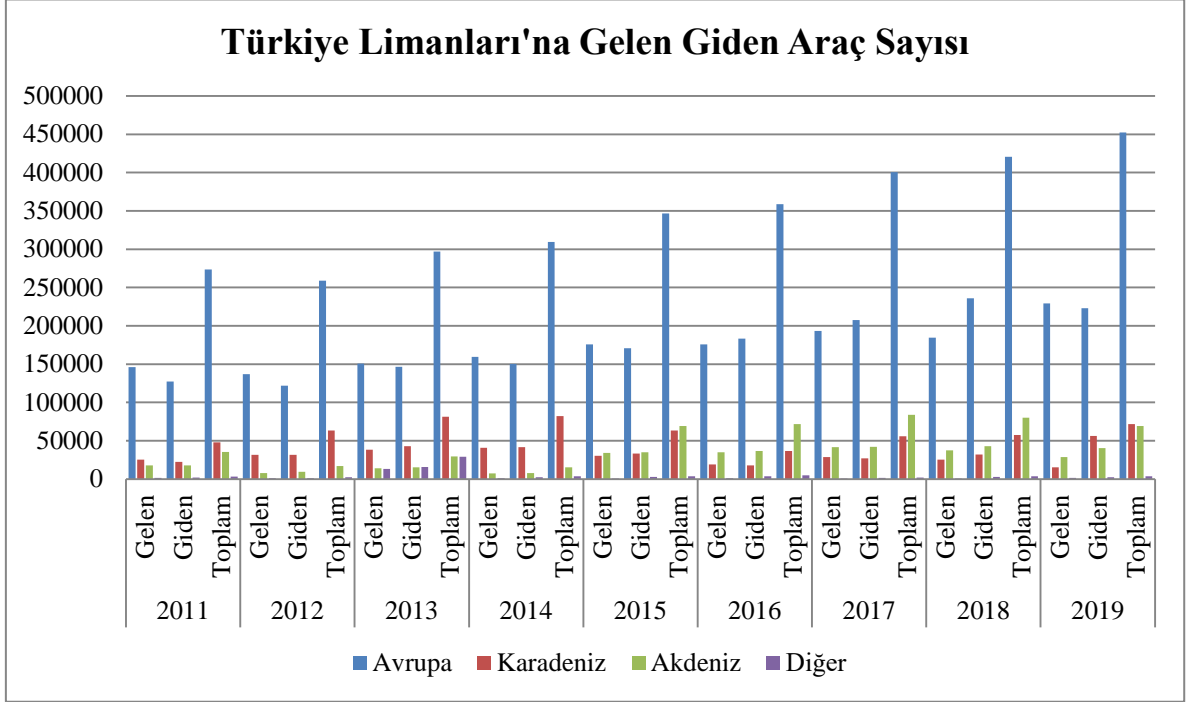
başlatılmışken Türkiye’de bu taşımacılık türü üçüncü beş yıllık kalkınma planı (1973-1977) ile uygulamaya geçmiştir. (Özdemir ve Deniz, 2013).

1980’li yıllarda Avrupa ve Orta Asya ile yapılan ticaretlerin önemli bir kısmı karayolu taşımacılığı ile yapılmaktaydı. Fakat bu bölgelerdeki politik etmenler ve istikrarsızlık, gerek sınır kapılarındaki geçişlerde gerekse sefer sırasında karşılaşılan olumsuzluklar Ro-Ro taşımacılığının Türkiye’de önem kazanmasının en önemli nedenleri olarak gösterilmektedir. Türkiye’nin kullandığı ulaştırma koridorları Balkanlar ve Rusya üzerinden geçmekte ve buralardaki iç savaşlar ile politik gelişmeler ulaştırma açısından problemlere sebep olmaktadır. Ayrıca ilgili bölgelerdeki güvenlik problemleri ile birlikte karayollarındaki altyapı eksiklikleri ve resmi düzenlemeler karayolu ile gerçekleştirilen ticari faaliyetleri olumsuz etkilemiştir. Bu da Türkiye-Avrupa arasındaki karayolu taşımacılık faaliyetlerinin, Balkan ülkeleri üzerinden yapılan taşımaları pas geçerek doğrudan Batı Avrupa’ya ulaşılacak şekilde yapılandırılmasına sebep olmuştur. Ayrıca, 1990’lı yıllarda Türkiye’de Ro-Ro taşımacılığının gelişmesinde Ro-Ro taşımacılığının ulaştırma maliyetleri açısından daha düşük olması, çevreci bir ulaştırma modu olması ve elleçleme işlemlerinde sağlamış olduğu kolaylıklar etkili olmuştur. Kombine taşımacılık sisteminin en çok kullanılan türlerinden biri olan Ro-Ro taşımacılığı Türkiye’nin sahip karayolu ile yapılan uluslararası taşımalara yeni rotalar sunmaktadır. Ayrıca karayolu araçlarının denizyolu ve demiryolunda Ro-Ro gemileri ile taşınması, araçların yıpranma paylarını da azaltmaktadır (TUSIAD, 2007).



Şekil 7. Türkiye Limanları'nda yıllara göre taşınan toplam araç adedi (UAB, 2020)

2019 yılında dönemin Deniz ve İşular Düzenleme Genel Müdürü ile yapılan röportajda 2018 yılı istatistiklerine göre Ro-Ro taşımacılığının büyük bir bölümü %76 ile Türkiye ile Avrupa limanları arasında gerçekleşmiştir. Türk limanları ile Akdeniz limanları arasında yapılan taşımacılık %14, Türk limanları ile Karadeniz limanları arasında yapılan Ro-Ro taşımacılığında %10 olarak gerçekleşmiştir (URL-3).



Şekil 8. Türkiye Limanları'na 2011-2019 yılları arasında gelen giden araç sayısı (UAB, 2020)

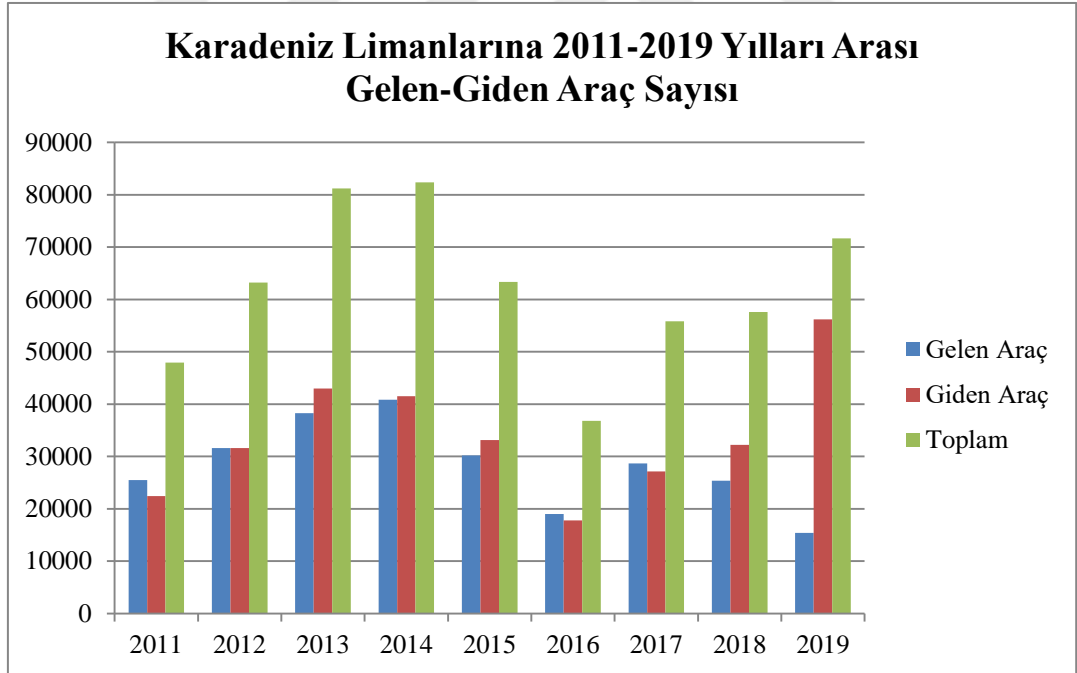
1.2.4.5. Ro-Ro Taşımacılığının Karadeniz Bölgesi'ndeki Gelişimi

Karadeniz limanlarına gelen yüklerin çoğu ya demiryolu ile ya da karayolu ile gelmektedir. Gelen bu farklı yükler farklı tipteki gemilerle taşınmaktadır. Özellikle son dönemde yakın yol deniz taşımacılığının gelişmesiyle birlikte yoğunluk artmış, Türk Boğazları ile dünya denizlerine açılan Karadeniz de bu yoğunluktan etkilenmiştir. Diğer bir ifade ile Karadeniz, Türk Boğazları Sistemi ile Ege Deniz'ine ve oradan da Akdeniz aracılığı ile okyanuslara açılmaktadır (Başar, 2010).

1991 yılında Sovyet Rusya'nın dağılmasıyla birlikte Karadeniz Bölgesi'nde ticaret de artış göstermeye başlamıştır. Sovyetler Birliği'ne bağlı olan ülkelerin kendi aralarındaki

ticaret, ticaretin ve taşıma modlarının bu değişime ayak uydurmaması sonucunda büyük bir kan kaybına sebep olmuştur. Bu da Türkiye ile olan ticari ilişkilerin artmasına ve özellikle narenciye, inşaat malzemeleri, tekstil, sebze gibi birçok ürünün Türkiye’den ithal edilmesine yol açmıştır. Artan bu ticaret hacminin ve yolculuk taleplerinin daha sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için Ro-Ro ve feribot seferlerine başlanılmıştır (Başar vd., 2015).

Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği’nin dağılmasıyla birlikte Karadeniz Limanlarından çıkışlı güney kuzey yönlü taşımalar başlamıştır. Seferlere başlayan ilk gemi M/F Avrasya feribotudur. Bu feribotun devreye girmesiyle yeni gemiler artan sayıyla bu hatta seferlerine başlamıştır. Her geçen yıl artan sayıyla önce Trabzon-Sochi, Samsun-Novorosisky, Samsun-İlichevsky, Rize-Poti, Zonguldak-Odessa, Zonguldak-Skadovsk, Zonguldak-Evpatoria, Zonguldak-İlichevsky, Zonguldak-Novorosisky, Samsun-Tuapse, Samsun-Gelendzik, Samsun-Kavkaz, Samsun-Odessa, İstanbul-İlichevsky ve İstanbul-Odessa gibi hatlar açılmıştır. Fakat bu hatların bazıları ülkelerarası ilişkilere bağlı olarak zamanla ya yön değiştirmiş ya da seferden kalkmıştır (Başar vd., 2015).



Şekil 9. Karadeniz Limanları’na 2011-2019 yılları arası gelen-giden araç sayısı (UAB, 2020)

Karadeniz limanlarındaki yıllara göre gelen ve giden araç trafiğine bakıldığında 2011-2014 yılları arasında ciddi bir yükseliş görülürken, 2015 yılının sonunda yaşanan

uçak krizi sonucunda ticarete bir düşüş yaşansa da tekrar toparlanma eğilimi göstermiştir. Ama grafiğe bakıldığında uçak krizinin üzerinden 4 yıl geçmesine rağmen 2014 verilerine henüz ulaşılamamıştır.

1.2.4.6. Samsun Limanı ve Ro-Ro Taşımacılığının Samsun'daki Gelişimi

Samsun ili Karadeniz'e kıyısı olan ve aynı zamanda Karadeniz Bölgesi'nin orta kısmında yer alan, hinterlant bağlantısı geniş olan bir liman kentidir. Samsun'un liman kenti olma geçmişi M.Ö. 3500'li yıllara kadar dayanmakla birlikte, Cumhuriyet Dönemi'nde yapılan yatırımlar sonucunda 1953 yılında TCDD'ye devredilmiştir (DTO, 2008).

Samsun ili ile birlikte limanı da Karadeniz Bölgesi içinde yer alan limanlar arasında en büyük limandır. Bölgesindeki diğer illere göre önemli bir ulaştırma alt yapısı potansiyeline sahip Samsun stratejik bir öneme sahiptir. Bu önem sadece Karadeniz'in merkezi bir noktasında olmasıyla değil aynı zamanda karayolu ve daha da önemlisi demir yolu bağlantısı ile Akdeniz'deki diğer bir stratejik liman kenti olan Mersin'e olan bağlantısı ile açıklanabilir (Kahveci ve Başar, 2013). Samsun, beş yüz kilometrelik alanda batıda Kastomonu'ya, güneyde Sivas, Nevşehir, Malatya hatta Mersin'le birlikte, orum, Ankara, Konya, Ordu, Eskişehir, Erzincan illerini de karayolu ve demiryolu ağıyla hinterlant kapsamına almaktadır (URL-4). Son dönemde modernizasyonu tamamlanan Samsun-Kalın demiryolu hattı ile daha etkin ve verimli demiryolu taşımacılığı gerçekleştirileceği düşünölmektedir. Dünyadaki büyük limanların yüksek miktardaki yük kapasitelerinin analizi yapıldığında, demiryolu bağlantılarının limanlara etkin bir şekilde katkı yaptığı kanıtlanmaktadır (Köse ve Başar, 2013).



Şekil 10. Samsun Limanı kara hinterlandı (Esmer ve Oral, 2011)

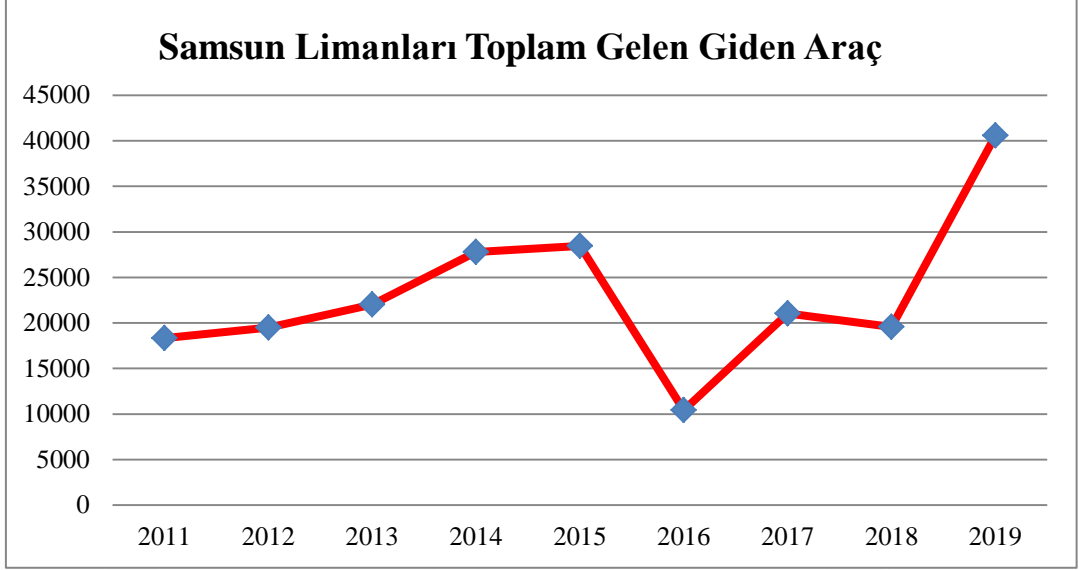
Samsun Limanı, Gürcistan'da Batum, Poti, Sukhumi, Rusya'nın Novorossiysk, Tuapse, Sochi, Gelendzhik, Kırım bölgesinde Yalta, Sevastopol, Todor, Ukrayna'da Odessa, Ilyichevsk, Romanya'da Köstence ve Bulgaristan'da da Varna limanları deniz hinterlandı içerisinde seferler düzenlenmektedir (URL-5).



Şekil 11. Samsun Limanı deniz hinterlandı (Esmer ve Oral, 2011)

Samsun Limanı'nın 2010 yılında özelleştirilmesinden sonra limanın işletme hakkı devredilen firma tarafından yeniden yapılandırılmış ve bununla birlikte ciddi miktarda altyapı ve ekipman yatırımı yapılmış ve çok büyük bir kısmı yenilenmiştir. Yeni depolar yapılarak toplamda 300.000 ton depolama kapasitesine ulaşılmıştır. Liman giriş ve çıkışları

modern hale getirilerek etkin denetim ve güvenlik sağlanmış. Liman içindeki demiryolları yük trafiğine göre planlanarak yenilenmiştir (Kahveci ve Başar, 2013). Toplam 1756 metre rıhtım boyu olan Samsun Limanı'nda neredeyse her türlü yük grubuna hizmet verilebilmektedir. Yıllık 11.000.000 ton kapasitesi ve 250.000 TEU konteyner elleçlemesine kapasitesine sahip olan limanda 7 adet kantar bulunmaktadır. Ayrıca liman sahasında bulunan depoların üzerine yapmış olduğu güneş enerji santraliyle yıllık yaklaşık 2,5 milyon kWh enerji üreterek limanın yıllık enerji tüketiminin yarısını bu enerji santralinden sağlamaktadır (URL-6). Dökme yük, proje kargo yükleri, konteyner ve Ro-Ro yükleri buna örnek verilebilir. Samsun Limanı'ndan yapılan Ro-Ro taşımaları bölgesel konjonktür, Rusya ile olan politik durumlar ve ekonomik etkenlere bağlı olarak dalgalanmalar yaşamaktadır. 2008 küresel ekonomik krizin etkisiyle düşüşe geçen Ro-Ro araç trafiği, Rusya'nın 2014'teki Kış olimpiyatlarına hazırlık amacıyla 2009 yılında Soçi Limanı'nı kapatması ve Trabzon Limanı'ndaki yüklerin Samsun Limanı'na kayması, Rusya ile olan ikili ilişkilerin düzelmesi sonucunda ciddi bir yükseliş trendine girmiştir. Fakat 2015 sonunda yaşanan uçak düşürme krizi ikili ilişkilerde ciddi sorunlara sebep olmuş karşılıklı yaptırımlar sonucunda ticaret ve dolayısıyla ekonomik anlamda bir daralma yaşanmıştır. Bu ekonomik daralma ilk olarak Rusya'ya yapılan Ro-Ro seferlerini etkilemiş ve taşınan araç sayısında ciddi düşüşler meydana gelmiştir.



Şekil 12. Samsun limanları toplam gelen giden araç grafiği (UAB, 2020)

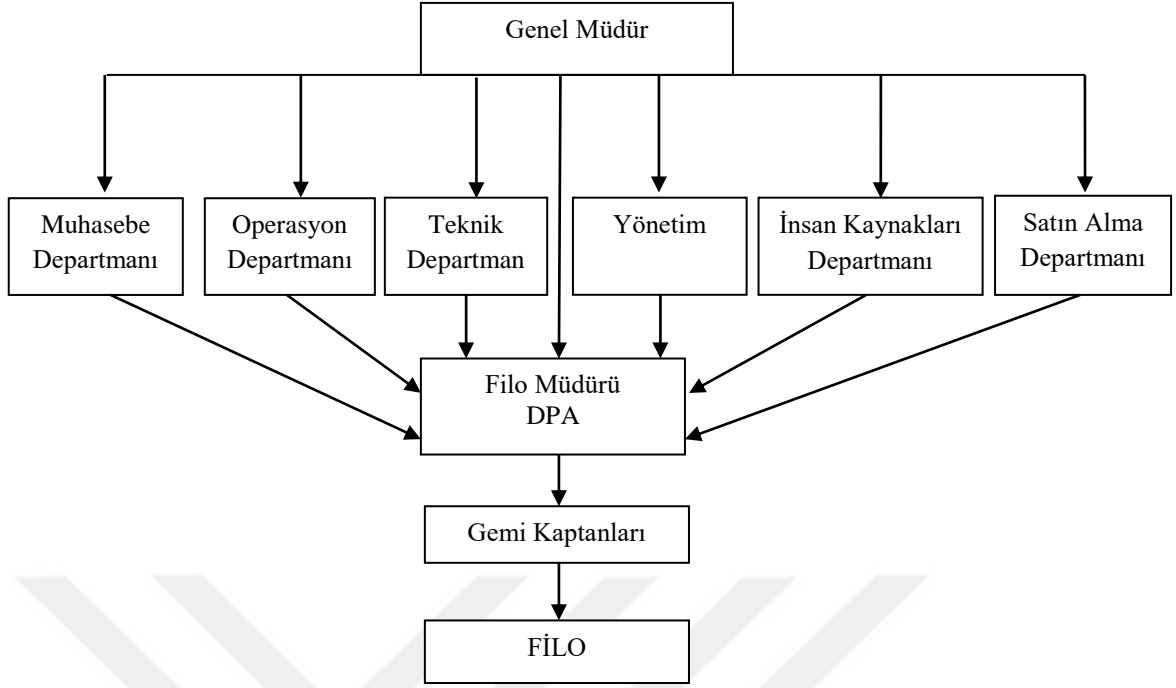
1.3. Deniz Yolu Taşımacılığında İşletme Yönetimi ve Unsurları

Yönetim, belirlenmiş bazı amaçlara ulaşmak adına önceliği insan kaynakları olmak üzere finansal kaynakları, ekipmanı, envanteri, hammaddeleri, diğer yardımcı malzemeleri ve zamanı birbiriyle uyum içerisinde, verimli ve etkin kullanabilme yönünde kararlar alma ve en önemlisi de alınan bu kararları tatbik ettirme süreçlerinin toplamıdır (Şimşek ve Çelik, 2009). Yönetim, insan kaynağını etkin ve verimli bir şekilde değerlendirdiği kadar bunun yanı sıra kullanıma hazır olan tüm kaynakları da ortaya koyduğu hedeflere yönelik doğru bir şekilde yönetmek zorundadır (Eren, 2011).

Bu tanımlar çerçevesinde denizyolu taşımacılığında işletme yönetimi kavramını aşağıdaki gibi ele alabiliriz. Deniz ticaretinin başladığı ilk dönemlerde iletişim imkânlarının çok kısıtlı olması nedeniyle gemi sahipleri gemi kaptanlarına gemi yönetimi ile ilgili sorumluluklar yüklemişlerdir. Gemi kaptanları seferlerin düzenlemesinin yanı sıra gemiye yük bulma, kiralama ve gemi sahibinin gelir elde etmesini sağlamakla sorumlu olmuşlardır. İlerleyen dönemlerde teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan iletişim olanaklarıyla kaptanlar üzerinde bu yoğun işletme sorumluluğu karadaki işletmeye ve personele geçmeye başlamıştır. Dünya üzerinde artan deniz ticaret hacmi ve teknolojinin gelişmesiyle denizyolu taşımacılığında uluslararası yeni yasal düzenlemeler ve konvansiyonlar gemi kaptanlarının gemi yönetimindeki sorumluluğun azalmasına neden olmuştur. Bu durumda gemi kaptanları geminin sevk ve idaresini gerçekleştirmekte

sorumlu olmuş, geminin genel işletimi ile ilgili prosedürler karadan idare edilmeye başlanmıştır. Gemi işletmelerinin karadaki idare işlevlerini uygulayan örgütsel yapı “kara yönetimi”, geminin denizdeki idare işlevlerini uygulayan örgütsel yapı ise “gemi yönetimi” olarak tanımlanmıştır (Nas, 2008).

Kara yönetiminde bulunan ana unsurlar Şekil 13’te verilmiştir. Kara yönetiminde bulunan bu unsurların her birinin ayrı bir görev ve sorumluluğu bulunmaktadır. Genel Müdürler, işletmenin denizcilik operasyonlarının ekonomik olarak yürütülmesi ve ulaştırma ihtiyaçlarından gemi işletmesinin üst yöneticisine karşı sorumludur (Özünan, 1999). Filo müdürü planlama, sefer düzenleme, teknik destek ve acente operasyonları gibi işletme gemilerinin emniyetli, verimli ve ekonomik çalışması ve bakım ve onarımından Genel Müdür’e karşı sorumludur (Kahveci, 2021). Filo yöneticisi aynı zamanda Emniyetli Yönetim Sistemi ve Kalite Güvence Sistemleri doğrultusunda Karada Yetkilendirilmiş Kişi (DPA) olarak genel müdür tarafından atanmaktadır (Özünan, 1999). Operasyon departmanı filo müdürüne bağlı olarak çalışmakta ve gemilerin seferlerini planlama, kontrol etme ve bağlantılarını ayarlama gibi sorumlulukları bulunmaktadır. Satın alma departmanın işlevi verimli çalışma için ihtiyaç duyulan birçok öğenin gemiler için satın alımını gerçekleştirmek ve sonrasında da teslimatını planlayıp uygulamaktır. Geminin ihtiyacı olan kumanya, yakıt, yedek parça vb. gemiye en uygun ve en doğru zamanda ulaştırılması için planlama ve koordinasyon yapması gerekmektedir. Aksi takdirde yanlış bilgilendirmeler ve yönlendirmeler gemi personelinin erzaksız ve susuz veya geminin yakıtsız kalmasına sebep olabilmektedir. İnsan kaynakları departmanı gerek kara işletmesi için gerek gemiler için ihtiyaç duyulan kalifiye personelin seçimi, işe alınması, eğitimlerinin tamamlanması özlük haklarının takibi gibi görev ve sorumluluklara sahiptir. Teknik departman ise diğer departmanlar gibi filo müdürüne bağlı hareket eder ve geminin teknik konularda ulusal ve uluslararası standartlara uygun şekilde makine, teçhizat, donanıma sahip olmasını sağlamak ve bunun takibini yapmaktadır. Ayrıca çevre kirliliğini önlemek için makine ve ekipmanların bakımını yapmaktan da sorumludur.



Şekil 13. Bir deniz yolu taşımacılığı işletmesine ait işlevsel örgüt yapısı (Çetin vd., 2013)

Deniz ticaretinde gemilerin işletilmesindeki “yönetim” kavramı” genel olarak geminin sahipliğinden farklı olarak, bir akite bağlı olarak profesyonel bir şekilde gerçekleştirilen, gemiye sağlanan tedarik hizmetleri ile karada yerine getirilen idare ve kontrollerin bir kurum tarafından yapılması” olarak tanımlanmıştır (Spruyt, 1994). Üçüncü taraf gemi işletmesi olarak da tanımlanan bu kurumlar gemi sahiplerine farklı hizmetler sunmaktadır. Başlıca, personel yönetimi, teknik yönetim, sigorta, navlun yönetimi, muhasebe, kiralama ve bunun gibi hizmetler bu üçüncü taraf gemi yönetimi kapsamında sunulmaktadır (Akman Durgut, 2013). Bu işlemler yapılırken gemi yöneticisinden gemiyi her daim uluslararası konvansiyonlara ve düzenlemelere mutabık olarak, çevreye duyarlı, maliyetleri en uygun ve emniyetli bir şekilde işletmesi beklenmektedir (Willingale ve Spruyt, 1998).

Gemi işletme yönetimi kavramı çok öncelere dayanmasına rağmen bugün hala çok önemli bir kavram olarak nitelendirilmektedir. Her geçen gün önemi daha da artan gemi işletmeciliği, özellikle teknolojiyle birlikte teknik imkanların da çoğalmasıyla daha kompleks bir yapıya bürünmüştür. Gemi işletme yönetimi, bir geminin bakım-tutum ve onarımı, ihtiyaçlarının giderilmesi, gemiadamı ile donatılması, sigorta yapılması, klaslanması, gemiye yük bulunması ve geminin donatanları ve işletenleri açısından

mümkün olan en uzun sürede çalışır halde tutulması olarak tanımlanmaktadır (Downard, 1996). Gemi yönetimi ve işletmeciliği yapan kuruluşlar gemi sahiplerine gemilerinin ulusal ve uluslararası konvansiyonlara uygun olarak teknik, ticari ve personel yönetimi konularında hizmet vermektedirler (Çankırı, 2014). Armatörün operasyon giderlerini azaltma ve ölçek ekonomisinden faydalanma isteği, kolay bayrak uygulamalarına geçme isteğiyle yeni istihdam kaynaklarına ulaşma ihtiyacı gemi işletme yönetiminin bir hizmet dalı haline gelmesinde önemli rol oynamaktadır (Spruyt, 1994).

1.3.1. Gemi İşletmeciliği Kavramı ve Türleri

Gemi işletmeciliği, gemilerin işletilmesinde kazanç sağlamak için lazım olan bütün ihtiyaçların yerine getirilmesidir (Spruyt; 1994). Gemi işletmeciliğini anlatırken özellikle “ticari yönetim” ve “operasyonel yönetim” gibi iki kavramla karşılaşılmaktadır (Spruyt, 1994). Operasyonel ve ticari yönetim geminin gelir elde etmesi için yapılması gereken bütün işlemleri kapsamaktadır. Ayrıca “teknik yönetim” ve “personel yönetimi” gibi iki önemli kavram da gemi işletmeciliği kapsamında incelenecek diğer kavramlardır.

Gemi işletmeciliği, geminin sahipliği ve yönetimi açısından üç farklı tarzda görülmektedir. İlk gruptaki işletmeler, geminin sahipliğini elinde tutan ve bu gemileri kendi hesabına çalıştıran yük sahibi firmalardır. Yani hem yükün hem de geminin sahibi olan ve kendi yükünü kendi gemileriyle taşıyan işletmelerdir. İkinci grupta ise maliki oldukları gemileri kendileri işleten gemi sahibi/armatör işletmelerdir. Bunlar gemilerin teknik ve ticari işletmesini kendileri yaparak gerek düzenli hat taşımacılığında gerekse düzensiz hat taşımacılığında gemilerin işletmesini yaparlar. Son gruptaki işletmeler ise, gemilerin maliki olsalar bile gemileri kendi işletmeyen, yatırım amaçlı olarak almış olduğu geminin işletimini ve yönetimini üçüncü taraf profesyonel gemi işletme firmalarına veren kişilerdir (Llyods Manager, 2002).

Türk Ticaret Kanunu'nda (TTK) da donatan ve gemi işletme müteahhidi ile ilgili tanımlar ve açıklamalar bulunmaktadır. TTK'nin m. 1061/1 göre “donatan, gemisini menfaat sağlamak amacıyla suda kullanan gemi malikine denir.” Gemi işletme müteahhidi, kendisinin olmayan bir gemiyi menfaat sağlamak amacıyla suda kendi adına bizzat veya kaptan marifetiyle kullanan gerçek veya tüzel kişidir. Gemi işletme müteahhidi, üçüncü kişilerle olan ilişkilerinde donatan sayılır. Malik, geminin

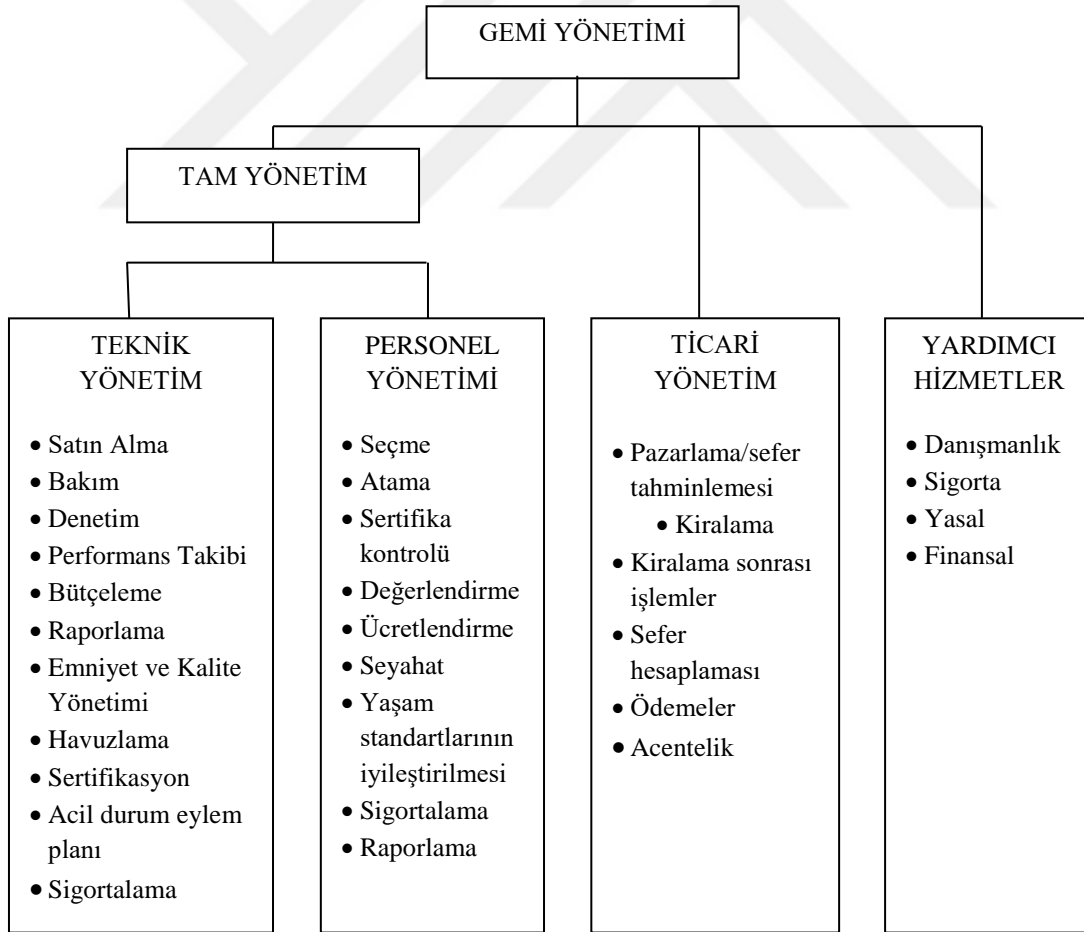
işletilmesinden dolayı gemi alacaklısı sıfatıyla bir istemde bulunan kişiyi, bu işletilme malike karşı haksız ve alacaklı da kötü niyet sahibi olmadıkça, hakkını istemekten engelleyemez (TTK m.1061/2).

Üçüncü taraf işletmeler gemi işletmeciliği uygulamalarında en çok tercih edilen ve literatürde karşılaşılan işletme modelidir. Üçüncü taraf gemi işletmeleri, yönetmek amacıyla sözleşme imzaladığı ve sorumluluğu altına aldığı gemilerin üzerinde herhangi bir finansal müşterekliği bulunmayan, müşteri ile herhangi bir iştiraki olmayan ve üzerinde mutabık kalınan bir ücret karşılığında profesyonel olarak gemi sahibine hizmet veren bağımsız kuruluşlardır (Mitroussi, 2003). Deniz ulaştırmasının uluslararası yapısına bağlı olarak gelişmekte olan geniş ve kompleks yapısı, teknik ve ticari bölümlerin önemli olması ile birlikte üçüncü taraf gemi işletmelerinin devamını sağlamıştır (Mitroussi, 2003). Üçüncü taraf gemi işletmeciliğinin 2000’li yılların ortasından sonra deniz taşımacılığı endüstrisi içinde aldığı pay %35’e varmış, ve vermiş olduğu güvenle, armatörlere sunulan hizmet ve katkılar sayesinde gelişimini sürdürmektedir (Branch, 2007).

Bu yönetim şekilleri birbirinden ayrılabilen ve bu sözleşmelerden en az birini ihtiva edecek şekilde yapılan sözleşmeler “gemi yönetimi sözleşmesi” (ship management agreement) şeklinde tanımlanmaktadır. Sözleşme içeriğinde ne bulunursa bulunsun, gemi yönetimi sözleşmesi “donatan ile yönetici arasında akdedilen, donatana ait gemilerin ticari, teknik veya diğer alanlardaki yönetiminin tümünü veya bir kısmını yöneticiye bırakan ve bu edim karşılığında yöneticiye ücret hakkı kazandıran” sözleşme olarak tanımlanabilir (Şeker Ögüz, 2003). Üçüncü taraf gemi yönetim işletmelerinin artması ve bununla birlikte sözleşmelerin de sayısının artması bu sözleşmenin daha standart bir hale getirilmesini gerekli göstermiştir. BIMCO (The Baltic and International Maritime Council) uluslararası deniz hukukuna ilişkin ortaya koymuş olduğu birçok kural ve düzenlemenin sahibi olarak, 1988 yılında da ilk “SHIPMAN” gemi yönetimi sözleşmesini standart bir sözleşme olarak kullanıma sunmuştur (Spruyt, 1994, Şeker Ögüz, 2003). Bahsedilen sözleşmede, daha sonraları uygulamada ortaya çıkan yeniliklere uyum sağlayabilmesi amacıyla 1998 yılında değişikliğe gidilmiş ve SHIPMAN 98 olarak revize edilmiş, son olarak da 2009 yılında yapılan değişikliklerle şimdiki halini almıştır (Şeker Ögüz, 2003, Hunter, 2012).

1.3.2. Gemi İşletmeciliği Kapsamında Verilen Hizmetler

Gemi işletmeciliğine ve yönetimine yönelik faaliyetler, ister donatan tarafından isterse profesyonel üçüncü taraf gemi işletmesi tarafından gerçekleştirilsin, yapılan bu çok çeşitli faaliyetler ve hizmetler üç ana başlık altında toplanabilir. Bu başlıklar, “teknik yönetim”, “ticari yönetim” ve personel yönetimi” olarak belirlenmiştir (Willingale ve Spruyt, 1998; Spruyt, 1994; Panayides, 2001 ve Bradley; 2012). Bunun yanı sıra üçüncü taraf gemi işletmeleri tarafından “yardımcı hizmetler” olarak adlandırılan bazı ek hizmetler de sunulmaktadır. Sözleşme sonucunda sunulan bütün bu hizmetler Şekil 14’te gösterilmiştir. Teknik yönetim ve personel yönetimi gemi işletmeciliği yönetiminde “tam yönetim” olarak belirtilmektedir. Geminin operasyonel faaliyetlerini içeren ve bununla ilintili olan faaliyetler tam yönetim faaliyetlerini içermektedir (Willingale ve Spruyt, 1998).



Şekil 14. Gemi işletme yönetimi hizmetleri (Willingale ve Spruyt, 1998)

1.3.3. Teknik Yönetim

Gemi yönetiminin teknik fonksiyonları gemiyi bakımlı tutmak, yükü ve gemi personelini korumaktır. Daha geniş bir şekilde açıklamak gerekirse geminin bünyesinin, ana ve yardımcı makinelerinin, yük elleçleme ve taşıma araçlarının, kumanya ve yakıt tedarikinin ve mürettebat ile ilgili diğer konuların, sefer, emniyet ve çevre kirliliğinin önlenmesi ile ilgili tüm sistem ve ekipmanların bakımını ve gözetimini içermektedir (Downard, 1996). Teknik yönetim, geminin uluslararası sözleşmelere, bayrak devleti uygulamalarına ve klas kuruluşunun koymuş olduğu standartlara bağlı olarak gemideki makine ekipman ve donanımların, seyir yardımcı araçların ve geminin denize ve yola elverişli bulunmasını sağlayan diğer tüm donanım, ekipman, yedek parça vs. gemide hazır bulundurulmasını sağlayan yönetimdir (Spruyt, 1994).

Teknik yönetim altında yapılan faaliyetler aşağıdaki unsurlar altında toplanabilir (Downard, 1996):

- İdare ve klas kuruluşlarının gereksinimleri ve donatanın standartları doğrultusunda geminin ve gemi ekipmanlarının bakım ve onarım işlemlerinin yapılması ve ilgili operasyonlarının yürütülmesi
- İş planlarının ve bütçelerin düzenlenmesi ve hedeflenen sonuçlara ulaşmak için periyodik olarak kontrol yapılması,
- Gemiler için gerekli olan ve gemilerden gelen talepler doğrultusunda malzeme, ekipman ve hizmet tedarikinin sağlanması,
- İşletmenin sahip olduğu gemilerde dokümanlarla birlikte teknik bilgi akışının da sağlanması,
- Yasal işlemler için gerek gemi gerek işletme kayıtlarının tutulması,
- Danışmanlık ve acil durum hizmetlerinin sağlanması,
- Geminin emniyetli, verimli ve ekonomik şekilde yönetilip işletildiğinden emin olmak için diğer departman ve birimler ile uyumlu bir şekilde hareket edilmesi.

Teknik yönetim, bünyesinde bulunan gemileri her daim ticareti faaliyete ve sefere hazır tutmakla görevlidir. Bu görevi yerine getirirken gemileri en etkin, en verimli ve emniyetli bir şekilde ve maliyet etkin bir yönetim sergilemesi gerekmektedir. Maliyetlerin

düşürülmesi özellikle gemiler için gerekli olan yasal, bürokratik ve çeşitli sertifikalandırma ve dokümantasyon işlemleri için pek mümkün olmamaktadır. Fakat gemiler için gerekli olan ve gemilerden gelen talepler doğrultusunda malzeme, ekipman ve hizmet tedarikinin sağlanması, bakım, tutum, onarım ve havuzlama gibi işlemlerde maliyetlerin iyileştirilmesi mümkün olmaktadır. SHIPMAN 2009'da da gemi yönetiminde sunulan hizmetlerin en önemlisinin teknik yönetim olduğu vurgusu yapılmış ve daha önceki versiyonda ikinci sırada bulunan teknik yönetim klozu birinci sırada yerini almıştır (Shipman, 2009, Kuyucu, 2013).

1.3.4. Personel Yönetimi

Personel yönetimi gemi işletmeciliği yapan şirketler tarafından sunulan en önemli hizmetlerden biridir ve neredeyse bütün gemi işletmeciliği yapan şirketler bu hizmeti sunmaktadır. Bunun yanı sıra sadece personel yönetimi hizmeti sunan işletmeler de mevcuttur. Burada tanımlanan personel gemilerde çalışan gemiadamlarını belirtmektedir. Gemi işletmeciliği firması personel yönetimini sunarken ulusal ve uluslararası düzenlemeleri esas alarak bu hizmeti vermektedir. Gemi yönetimi ve işletimini yapan şirketlerin sorumlulukları BIMCO tarafından düzenlenen Standart Personel Yönetim Sözleşmesi'nde (CREWMAN) belirlenmiştir (Panyides, 2001).

Personel yönetiminin görevi armatörün ihtiyaçlarına binaen gemiye, uluslararası konvansiyonları baz alarak emniyetli ve etkili operasyon sağlayabilecek yeterlilikte iyi eğitilmiş ve deneyim sahibi personel tedariki yapmaktır (Willingale ve Spruyt, 1998). Personel yönetimi içerisinde çeşitli hizmet unsurları mevcuttur. Buna bağlı olarak bu hizmet unsurları da birbirinden farklı görevler barındırmaktadır. Personel seçimi ve işe alımı, personel kayıtlarının tutulması, başvuru formlarının alınması, verilen eğitimlerin kayıtları, personelin geçmiş bilgileri ve sağlık durumu ile ilgili kayıtları içeren çok miktarda dokümantasyon ve veri işinin yönetimiyle uğraşması örnek olarak verilebilir. Gemi personeli ile yapılan sözleşme süresince performansını ölçmek, gerek eğitim gerekse kariyer gelişimlerini belirlemeye yarayan performans değerlendirme hizmeti de personel yönetimi için önemli bir unsurdur (Akman Durgut, 2013).

Ayrıca 2013 yılında yürürlüğe giren Denizcilik Çalışma Sözleşmesi (MLC) 2006 ile de denizcilik sektöründe uygulamada olan birçok çalışma kuralı daha uygun şekle

getirilmiş ve bir araya toplanmıştır. Bu sözleşme ile denizcilik sektöründe çalışmak için ihtiyaç duyulan minimum gereklilikler, çalışma koşulları, barınma ve dinlenme alanları, kumanya hizmetleri, sağlık, tıbbi bakım, sosyal yardım ve sosyal güvenlik konuları ile uygunluk – uygulama esasları ile ilgili kurallar bulunmaktadır (Göksu, 2014).

1.3.5. Ticari Yönetim

Ticari yönetim, gemi işletmeciliğinin geminin gelir sağlamasına yönelik yaptığı operasyonel yönetimin en önemli faaliyet alanlarına sahiptir. Geminin kiralanması, sefer tahminlemesinin ve sefer hesaplamasının yapılmasının yanı sıra acentelik faaliyetlerini de ticari yönetim gerçekleştirebilir. Üçüncü taraf gemi yönetiminde ticari yönetim için yapılan anlaşmalarda yine SHIPMAN 2009 standart sözleşmesi kullanılmaktadır. Bu sözleşme kapsamında oluşturulan klozlarda kira, ücret ve diğer ödemelere ilişkin ifadeler, yakıt sağlayıcılara ilişkin planlama hususları, sefer talimatı verme, acente atama gibi hususlar ele alınmıştır (SHIPMAN, 2009).

Ticari yönetici, vermiş olduğu hizmetleri özellikle gemi sahibinin istekleri doğrultusunda aşağıdaki şekilde gerçekleştirmektedir (Willingale ve Spruyt, 1998):

- Gemi seferde iken geminin sonraki seferi için yük aranması, zaman esaslı kiralama veya çıplak gemi kiralama piyasalarıyla ilgili verilerin elde edilmesi ve armatörün en tercih edilebilir teklifi seçmesine yardımcı olmak için sefer tahminlemesinin yapılması.

- Taraflarca kabul edilen ana koşullar teyit edildikten sonra karşılıklı olarak istenen özel şartlar üzerinde müzakerelere başlanması, bağlantının yapılması ve kaptanın bu konuda bilgilendirilmesi.

- Takip aşamasında, ilgili birim ve kişilere geminin tahmini varış zamanının bildirimini yapılması, yükleme ve boşaltma operasyonları, starya hesaplarının yapılması, navlunun hesaplanması, faturalama işlemleri gibi hizmetlerin gerçekleştirilmesi.

- Kiralama ile ilgili oluşabilecek herhangi bir dava ya da anlaşmazlığın çözülmesi.

Ticari yönetici, yönetimi altındaki gemiler için tüm bu işlemleri gerçekleştirirken, geminin kazanç sağlama gücünü en üst seviyeye çıkarmaya, alım-satım durumunda ise işlemi en rekabetçi fiyat üzerinden yapmaya çalışır. Bunu gerçekleştirebilmek için de yöneticinin, geminin günlük operasyonlarıyla alakalı olan diğer kişilerle de irtibat halinde olması gerekmektedir (Willingale ve Spruyt, 1998).

1.3.6. Yardımcı Hizmetler

Gemi işletmeciliği ve yönetiminde teknik, ticari ve personel yönetiminin yanı sıra sigorta, danışmanlık, yasal işlemler ve finansal konularda da hizmetler verilmektedir (Willingale, 1998). Gemiler için oldukça önemli olan sigorta konusunda farklı sigorta şirketlerinin yapmış olduğu teklifler içerisinde en uygun ve maliyet noktasında gemi sahibinin en tercih edilebilir teklifi seçmesine yardımcı olmaktadır. Danışmanlık hizmetleri içerisinde ise yeni gemi yatırımları, gemi alım satımı, gemilerin bakım tutum onarımları için havuza alınması gibi konularda danışmanlık yapmaktadırlar (Panayides, 2001). Finansal ve yasal işlerde de gemi işletmeciliği firmaları gemi sahiplerine yardımcı olmaktadır. Özellikle yeni gemi yatırımları için bankaların sunmuş olduğu finansal desteklerin analizini yaparak gemi sahiplerinin bu konularda karar vermesini destekleyici hizmetler sunmaktadırlar (Çakalöz, 2015).

1.3.7. Deniz Yolu Taşımacılığında Filo Yönetimi ve Planlaması

Deniz yolu taşımacılığında gemilerin işletilmesi, bünyelerinde bulunan gemileri bir limandan bir başka limana veya bir noktadan başka bir noktaya seferini tamamlamak amacıyla yapılan işler olarak tanımlanabilmektedir (Yıldız, 2008). Gemi işletmesinin başarılı olma ölçütü, gemi filosunu en etkili şekilde kullanarak uzun dönemde maliyetlerini muntazaman düşürerek filodaki gemilerin boşa bekleme sürelerini en az seviyede tutmaktır. Buna bağlı olarak filo planlamasında ne filo yönetimi ne de gemi işletmeciliği ayrı tutulmamalıdır. Bir filo planlamasının etkin şekilde yapılması bütün maliyetler hakkında bilgi sahibi olunmasıyla gerçekleşebilir. Bütün detaylarıyla ele alınmamış maliyetler, uzun vadede maliyetlerin artmasına ve karlılığın azalmasına neden olacaktır (Yıldız, 2008).

Gemi işletmeciliği yapan şirketlerin filo büyüklüğü zaman içinde değişebilir ve filo çeşitli tipte gemiler, farklı büyüklükteki gemiler, farklı maliyet yapılarına sahip gemiler ve farklı gemiye özgü özelliklere sahip olabilir. Filo büyüklüğü ve nakliye şirketlerinin karması önemli ölçüde farklılık gösterse de, gemi işletmeciliği yapan şirketlerin ortak amacı filolarını (sabit veya değişken) en iyi şekilde kullanmaktır (Christiansen vd., 2004).

Filo yönetimi, denizcilik işletmelerinde çok önemli bir role sahiptir ve odaklanma noktası müşteri ve finansal pazarlama olmalıdır. Filo yönetiminde önemli bazı başlıklar şöyledir (Branch, 2007);

- Yönetim kadrosu ilk olarak iş planını tanımlamalı ve filo yöneticisiyle denizcilik piyasası ve tüm yasal düzenlemeler ışığında hareket etmelidir.
- Yapılan plan yönetimin hedefleriyle bağlantılı olmalıdır.
- Filo kapasitesi yapılan pazar analizleri sonucunda çıkan tahminleri karşılayabilecek düzeyde olmalı. Bunun yanı sıra bütçe ve sefer programlarına elverişli olmalıdır, talebin yoğun olduğu dönemlerde bile hizmet edebilmeli, eğer kapasite artırımı ihtiyacı oluşursa bunu daha hızlı seferlerle yerine getirebilmelidir.
- Yapılan sefer planlarının maliyetleri optimum düzeyde olmalı ve beklenen kazançlar elde edilebilmelidir.
- Yapılan sefer programlarında liman masrafları, yakıt giderleri, liman ve yük bilgileri gibi birçok konu üzerinde çalışılmış olunmalıdır.
- ISM Kod ve diğer ilgili sözleşmeler çerçevesinde toplam kalite yönetimi ve çevre korumaya yönelik düzenlemeleri yerine getirmelidir.
- Karşılaşılacak liman masrafları, acente masrafları ve sigortalar için en uygun fiyat teklifleri alınmalıdır.
- Gerek gemilerdeki gerek işletmedeki tüm personelin sertifika ve eğitim işlemleri eksiksiz olarak yerine getirilmelidir.
- Sefer planlamalarına azami ölçüde önem verilmelidir.
- Gemi mürettebatı, yapılan planlara ve bunları uygulama süreçlerine katılım sağlamalıdır.
- Yakıt, kumanya gibi ikmaller, bakım-onarım ve denetlemeler, stratejik açıdan önemli olan liman ve tersanelerde de daha önce planlandığı gibi uygulanmalı ve sefer programları plan dışına çıkılmadan mali açıdan fayda sağlanmalıdır.
- Liman seçimleri çok özenli yapılmalıdır.

Gemi işletmeciliğinin ana faaliyet alanı filo yönetimidir. Gemi yönetimi faaliyetleri ile filo yönetimi ana hatlarıyla beraber yürütülmektedir. Filo yönetiminde, işletme bünyesinde bulunan diğer bölümlerle uyumlu olmak ve oluşturulan ortak hedeflere yönelik çeşitli planlamalar yapmak gerekmektedir. Bu ihtiyaç sonucunda da “filo planlaması” gibi

önemli bir konu karşımıza çıkmaktadır. Filo planlaması, pazarı ve kazanç düzeyini göz önünde bulundurarak, yönetim altındaki filonun hedeflenen sonuçlara ulaşmasını gözetmektir (Branch, 2007). Bu süreçte yapılacak araştırma ve uygulamaların çok geniş ve beceri isteyen bir durum olduğu da göz ardı edilmemelidir. Bununla birlikte piyasadaki arz - talep dengesinin iyi analiz edilmesi, geleceğe yönelik tahmin belirlemelerine, işletme iç çevre ve dış çevre faktörlerinin analizinden gemilere, yüklere, seferlere, limanlara ilişkin tüm işlemlere kadar uzanır. Filo planlama aşamasında karar verme sürecini etkileyen etmenlerin bazıları şunlardır (Branch, 1988; Branch, 2007);

- Büyük gemiler ölçek ekonomisinin avantajından faydalanarak daha ekonomik olabilmekte fakat bu durum çok büyük gemilerin limanlara yanaşma noktasında sorun oluşturabilmektedir.
- Küçük gemiler operasyonel anlamda daha esnektirler. Bu esneklik gerek limanlara yanaşma gerekse yük bulma konularında avantajlar sağlamaktadır.
- Konteyner piyasasındaki büyüme gemilerin de boyutlarının artmasına ve sefer sıklıklarına sebep olmaktadır.
- Aynı tip ve özelliklerde inşa edilen kardeş (sister) gemilerin yönetimleri de daha kolay olmaktadır.
- Oluşturulan sefer programları, yönetimdeki filonun kapasitesine elverişli olarak düzenlenmelidir.
- Yüksek, orta veya düşük piyasa taleplerine uygun filo ihtiyaçları planlanmalıdır.

Deniz işletmeciliği firmalarının filo yöneticileri talep daralması olduğu zamanlarda kapasitenin fazla olması sebebiyle mevcut gemilerden hangilerinin hizmet vereceği, hangi gemilerinin hizmetten çekileceği konusunda karar vermek zorunda kalmaktadırlar (Perakis, Papadakis, 1987).

Gemi işletmeciliği yapan firmalar alacakları kararlarda genel olarak daha önce edindikleri tecrübelerden faydalanmaktadırlar. Filolarında bulunan gemi sayısı az olan firmalar için analitik yöntemler yerine, tecrübelerle alınan kararların daha kolay olmasının yanı sıra, gemi adedi ve hat sayısı çoğaldıkça filonun planlanması çok daha karmaşık faktörler ortaya koymaktır. Bu da problemlerin çözümünü zorlaştırmaktadır (Cho ve Perakis, 1996).

Özellikle yük ile alakalı işlemler ve yük operasyonlarında yüklerin, tüm kısıtları yerine getirecek elverişli gemiye atanması sırasında kompleks operasyonel problemler

ortaya çıkmaktadır. Yerine getirilmesi gerekli kısıtları, yüklere ait zaman çizelgesi, gemilerin taşıyabileceği yük kapasitesi, gidilecek limanların gemilerin draftına ve boylarına uygun olup olmadığı şeklinde sıralamak mümkündür. Büyük düzenli hat yük taşımacılığı yapan şirketlerin dışında kalan orta ölçekli az sayıda firma, optimizasyona dayalı analitik karar destek sistemleri kullanmaktadır (Fagerholt, 2002).

1.3.8. Gemi İşletmeciliğinde Filo Planlama Süreçleri

Planlama prosedürleri, daha belirgin ve net şekilde kategorize edilmeye ihtiyaç duymaktadır. Her planlama aşaması farklı uzmanlık ve farklı etkinlikler barındırır. Filo büyüklüğüne ilişkin yapılan planlamalar uzun vadeli planlama süreçleri iken, filo yönetimine yönelik yapılan planlamalar ise kısa vadeli planlama olarak kabul edilir (Imai ve Rivera, 2001). Denizyolu taşımacılığında planlama süreçleri, planlama ufkuna göre geleneksel şekilde stratejik, taktik ve operasyonel süreçler olarak sınıflandırılabilir (Christiansen vd., 2007).

1.3.8.1. Stratejik Planlama

Stratejik kararlar, taktik kararlar ve operasyonel kararlar için zemin hazırlayan uzun vadeli kararlardır. Deniz taşımacılığında stratejik kararlar, ulaşım hizmetlerinin tasarımından uzun süreli anlaşmaların kabulüne kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Stratejik kararların büyük bölümü arz tarafında bulunur ve bunlar pazar seçimi, filo genişliği ve karması, ulaşım sistemi / hizmet ağı tasarımı, denizcilik tedarik zinciri / denizcilik lojistik sistemi tasarımı ve gemi tasarımı şeklindedir (Christiansen vd., 2007). Filo büyüklüğü ve karması stratejik planlamaların temelini oluşturur (Agarwal ve Ergun, 2008). Deniz taşımacılığında iki önemli stratejik planlama sorunu filo boyutlandırması ve deniz lojistik sistemlerinin tasarımıdır. Stratejik kararlar alabilmek için genellikle taktiksel ve hatta operasyonel bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Gemi işletmeciliği yapan firmalar veya armatörler stratejik planlama yaparken pazar seçimi, işletecekleri gemilerin tasarımı, filonun büyüklüğü ve hangi tip gemilerin işletileceği, liman-terminal tasarımlarının ve boyutlarının nasıl olması gerektiği gibi konularda karar vermek zorundadırlar (Christiansen vd., 2007).

1.3.8.2. Taktiksel Planlama

Taktiksel planlamada gemi işletmeciliği veya armatör firmalar orta vadeli kararlara odaklanırlar ve bu kararların deniz taşımacılığındaki odak noktası rotalama ve seferlerin programlanmasıdır (Christiansen vd., 2007). Stratejik plan kapsamında bünyelerinde bulunan varlıkların ki bunlar gemiler ve filolar, limanlar ve yükler olarak söylenebilir, etkin ve verimli şekilde kullanılmasına ilişkin optimizasyon faaliyetlerinin uygulamaya geçirilmesi taktiksel plan aşamasında gerçekleştirilir. Taktiksel planlamada verilen hizmet, gemilerin sefer programlarının yani rotalara limanlara atanmasıdır (Agarwal ve Ergun, 2008). Taktiksel planlama ile yapılan araştırmalar incelendiğinde en çok karşılaşılan konuların gemilerin sefer programlaması, filoların konuşlama ve gemi atama ile alakalı olduğu görülmektedir. Christiansen ve diğerlerinin (2007) yapmış oldukları çalışmada denizcilik işletmeleri kapsamında filonun büyüklüğünün ve karmasının, filonun konuşlanmasının, mevcut gemilerin rotalama ve sefer programlarının yapılmasının, limanlarda ise rıhtım ve vinç programlanması, konteyner alanı ve işgücünün planlaması gibi taktiksel planlamaya ilişkin konular mevcuttur.

1.3.8.3. Operasyonel Planlama

Operasyonel planlama, işletmelerin yüklere ve seferlere yönelik yapmış oldukları kısa dönemli planların fiilen oluşmasına ilişkin faktörleri içeren bir süreçtir. Yapılacak taşıma sözleşmelerinde yük seçiminin yapılması, yüklerin rotalamasının yapılması problemleri operasyonel planlamalarla ortaya konulur (Argarwal ve Ergun, 2008). Operasyonel ortamdaki belirsizlik yüksek olduğunda ve durum dinamik olduğunda veya kararların sadece kısa vadeli etkisi olduğunda, kısa vadeli operasyonel planlamaya başvurulur. Operasyonel planlamada da diğer planlama türlerinde olduğu gibi bazı problemlerle karşı karşıya kalınmaktadır. Gemilerin seyir hızının belirlenmesi, yüklerin elleçleme programlarının yapılması, seyir sırasında karşılaşılabilecek hava koşullarına göre rotanın belirlenmesi, düzenli hat taşımacılığında yük rezervasyonlarının yapılması başlıca karşılaşılan problemlerdir (Christiansen vd., 2007).

Yukarıda yapılan açıklamaları daha kısa şekilde anlatmak gerekirse (Christiansen vd., 2004);

- Rotalama ve sefer programlaması: Bu bir stratejik planlama sorunu olarak düşünülebilir ve havayolu endüstrisindeki ağ tasarımı ile çeşitli benzerlikler içerir.
- Filo büyüklüğü ve karması: Liner hatlarda stratejik planlama problemidir.
- Filo konuşlama (dağıtım): Gemilerin rotalara tahsis edilmesi taktiksel planlama problemidir.
- Yük rezervasyonu: Yani belirli bir sefer için hangi kargoların kabul edileceğini veya reddedileceğini seçme. Bu operasyonel bir planlama problemidir.

1.4. Gemi İşletmeciliğinde Filo Maliyet Analizi

Ekonomik bir analizin en önemli parçası maliyetlerdir. Maliyet için farklı tanımlar yapılmasına karşın; genel anlamda maliyetler, ürün ya da hizmet oluşturmak için üretici ya da hizmet sağlayıcı tarafından yapılan harcamalardır (Chrzanowski,1989). Maliyetleri azaltmak için ortaya konan en önemli argüman ise doğru bir maliyet bilgisine sahip olmaktır (Yaşar, 2017). Literatürde farklı maliyet analizleri olmakla birlikte en çok bilinenlerden ve uygulananlardan biri Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM)'dir (Yaşar, 2017). FTM, temel maliyet unsurları olarak faaliyetlere odaklanmaktadır. FTM, işletme kaynaklarının gerçekleştirilen faaliyetler tarafından kullanımını modellemekte ve bu faaliyetlerin maliyetlerini mamuller, müşteriler ve hizmetler gibi çıktılarla ilintilendirmektedir (Yaşar, 2017). Bir diğer maliyet analiz yöntemi ise Zaman Esaslı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (ZEFTM) yöntemidir. ZEFTM, FTM ile karşılaştırıldığında daha basit ve maliyeti daha az, alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. ZEFTM, geleneksel FTM metodolojisini esas almış, fakat geleneksel FTM uygulamalarından daha kârlı ve daha güçlü yeni bir araç olarak görülmektedir (Yılmaz, 2008).

Denizyolu taşımacılığında artan rekabet işletmelerin maliyetleri azaltmak ve operasyonel verimliliği arttırmak için çaba sarf etmelerine neden olmaktadır. Deniz taşımacılığında maliyetler iki farklı kaynaktan çıkmaktadır (Chrzanowski,1989). Bunlar;

- Denizyolu taşımacılık hizmet üretim maliyetleri.
- Taşımacılık hizmetini kullanan kullanıcı tarafından ortaya çıkan yani yükle ilgili maliyetlerdir.

Denizyolu taşımacılığı yapan işletmeler sefer esasına göre kurdukları maliyet sistemiyle diğer taşımacılık şekillerinden farklılık oluşturmaktadır. Denizyolu taşımacılığı

yapan firmalar maliyet muhasebesi sistemini, günler hatta haftalar süren ve özellikle de ne zaman tamamlanacağı noktasında kesin bir tarihin belli olmaması nedeniyle farklı bir muhasebe uygulaması kullanmaktadırlar (Altuğ, 1973).

Denizyolu taşımacılığında karşılaşılan maliyetlerin çoğu gemiler için katlanılan maliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. Denizyolu taşımacılığı yapan her bir geminin farklı özellikleri, yük taşıma kapasiteleri ve rotaları olduğundan maliyet yapıları da farklı olmaktadır. Örneğin düzensiz hat denizyolu taşımacılığında tüm maliyetler her bir sefer için ayrı ayrı hesaplanmakta, bu da iş yükünün artmasına neden olmakta ve her bir geminin yapacağı her sefer için muhasebe ve masraf kayıtlarını farklı bir girdi olarak tutmak zorundadır (Özdemir, 2009). Genel olarak maliyetler hesaplanırken daha önceden oluşturulmuş standart değerlerden faydalanılmaktadır. Standart değerler, bazen deniz taşımacılığı işletmelerinde son dönemlerde oluşan ulaşım maliyetlerinin ortalaması alınarak, bazen de en verimli şekilde tamamlanan son sefer göz önünde bulundurularak belirlenmektedir (Altuğ, 1973). Fakat denizyolu taşımacılığı yapan işletmelerde kurulan maliyet sistemleri, dolaysız ya da dolaylı olarak yapılan giderlerin ayrımını sağlayabilmelidir.

Gemi işletmeciliği ve yönetimi bünyesinde gerçekleştirilen faaliyetlerin bir bölümü gemi işletmeciliği ve yönetiminde maliyet öğelerini de içinde barındıran bir grup yönetsel süreci de ihtiva etmektedir. Önceki bölümlerde bahsedilen yönetsel faaliyetlerin büyük bir kısmı, gemi işletmeciliğindeki maliyet unsurlarının düzenlenmesi ve daha iyi bir hale getirilmesini amaçlamaktadır. İşletmeler sahada daha rekabetçi bir konum elde edebilmek için bu alana özel bir gayret sarf etmektedirler (Panayides ve Gray, 1999). Maliyetlerin düşürülmesi şirketlerin rekabet üstünlüğü elde edebilmeleri açısından önemli bir konudur ve şirketler bu konuda çalışmalar yapmalıdır.

Deniz işletmeciliği açısından maliyetler taşımacılık servisinin verilmesinden doğan hizmet üretim maliyetleri olarak belirtilmektedir. Bu maliyetler, işletme tarafından tam olarak ortaya konulmalı ve yönetilmelidir. Denizcilik taşımacılığı sektöründeki maliyetlerin bölümlendirmesine ilişkin herhangi bir uluslararası bölümlendirme olmamakla birlikte genel anlamda beş ana bölümlendirmeden bahsedilir (Stapford, 2009). Bunlar;

- Operasyon maliyetleri, geminin ticari faaliyetini devam ettirebilmesi için yapılması gereken harcamalar olarak söylenebilir. Bakım-onarım, denetlemeler, sigorta, personel masrafları, kumanya gibi masraflardan oluşur.

- Periyodik bakım maliyetleri, geminin belirli periyotlarda veya olağanüstü durumlarda havuza alınması ile ortaya çıkan geniş çaplı bakım masraflarını ihtiva eder. Operasyon maliyetleri içinde bahsedilen bakım maliyetlerinden farklıdır.
- Sefer maliyetleri, geminin gerçekleştirdiği sefere ilişkin ortaya çıkan maliyetlerdir. Yakıt maliyetleri, limanlardaki rıhtım, fener, pilotaj, römorkaj gibi hizmetler için ödenen masraflar, kanal geçiş masrafları, acente masrafları gibi maliyetlerdir.
- Sermaye maliyeti, geminin alımı için finans edilmesi sonucu oluşan maliyetler,
- Yük elleçleme maliyetleri, yüklerin boşaltma, yükleme, istifleme, tartım, sayım, depolama, bağlama gibi maliyetlerinden oluşmaktadır. Yük elleçleme maliyetleri de yükün türüne göre değişkenlik göstermektedir.

Bu sınıflandırmanın dışında literatürde farklı şekillerde de sınıflandırmaların yapıldığı görülmüştür. Örneğin Liu (2012), gemilere yönelik maliyetleri sermaye, işletme ve sefer maliyetleri olarak üçe ayırmıştır. McConville (1999) ise, Stapford (1997)'den farklı olarak periyodik bakım maliyetleri yerine genel yönetim maliyetlerini eklemiştir.

Chrzanowski (1989) de denizyolu taşımacılığında ortaya çıkan maliyetleri dört ana grupta ele almıştır. İşletme genel gider harcamalarını sabit maliyetler olarak ele alan Chrzanowski, gemi genel giderlerini (bakım-onarım, sürveyler, sigorta, personel, vs.) operasyon maliyetleri olarak değerlendirmiştir. Bunların dışında sefer maliyetlerini ve yük maliyetlerini de diğer ana başlıklar olarak belirlemiştir.

Denizyolu taşımacılığı işletmelerinde genel olarak iyi bir maliyet sistemini işletebilmek için maliyetleri sabit maliyetler ve değişken maliyetler şeklinde iki gruba ayırmak gerekmektedir (Cheng, 1969). Yapılan literatür araştırmalarında ve uygulamalarda gemi işletme maliyetleri değerlendirilen sınıflandırmalara bağlı olarak “sabit maliyetler” ve “değişken maliyetler” şeklinde iki farklı grup olarak toplanabilir (Chrzanowski, 1989; McConville, 1999; Esmer vd., 2005; Saban ve Güğercin, 2009 ve ICS, 2012). Tüm bu maliyetler gemi işletmeciliği açısından değerlendirildiğinde şöyle bir tablo ile karşılaşılmaktadır;

- Sabit Maliyetler
 - Sermaye Maliyetleri (Capital Costs)
 - İşletme Maliyetleri (Running Costs)

- Değişken Maliyetler
 - Sefer Maliyetleri (Voyage Costs)

Sabit maliyetler ve değişken maliyetler belirlenirken hangi maliyetin hangi grubun altında yer alacağını saptanması çok önemlidir. Diğer bir ifadeyle “sefer maliyetleri” ve “işletme maliyetleri” ifadelerinin arasındaki farkların belirlenmiş olması çok önemlidir (Packard, 2000). Sabit maliyet içerisinde yer alan bazı maliyetlerin, değişken maliyetler bünyesinde bulunan sefer maliyetlerine de etkisi bulunabilmektedir. Bu sebepten dolayı sabit maliyetlerin ve değişken maliyetlerin gerek deniz işletmeciliği literatüründe gerekse uygulamada nasıl sınıflandırılması ve tanımlanması gerektiği incelenmelidir (Çakalöz, 2015). Bununla ilgili maliyet sınıflandırılması Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Gemi işletme maliyetleri (Gorton vd., 2010; Akten ve Albayrak, 1988)

Gemi İşletme Maliyetleri		
Sabit Maliyetler		Değişken Maliyetler
Sermaye Maliyetleri	İşletme Maliyetleri	Sefer Maliyetleri
(Capital Costs)	(Running/ Operation Costs)	(Voyage Costs)
Anapara	Personel Ücretleri	Yakıt
Faiz+Geri Ödemeler	Kumanya	Liman Ücretleri
Komisyonlar	Yedek Parça	Kanal Masrafları
Kar Payı Ödemeleri	Yağlama Yağı	Boğaz Geçiş Masrafları
Amortismanlar	Sigorta	Yükleme - Boşaltma
	Tamir-Bakım	Komisyon
	Sörvey (Denetleme)	Ekstra Sigortalar
	Klaslama	Sürastarya -Dispeç
	Sertifikalar	
	Havuzlama	
	Büro Masrafları	

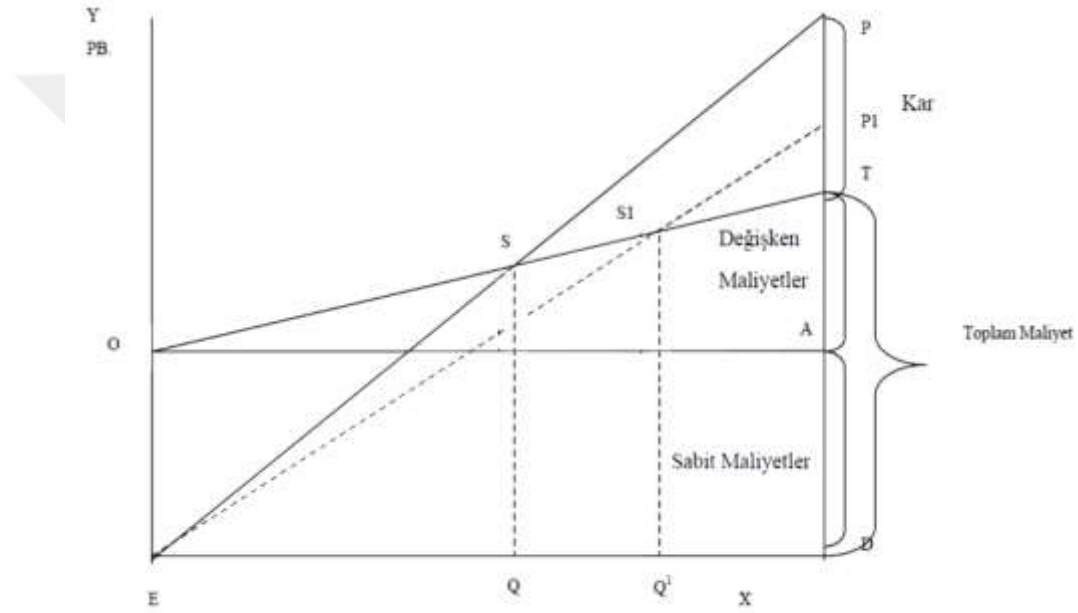
Gemi işletmeciliğinde yapılan maliyet sınıflandırmalarında genel olarak sabit ve değişken maliyetlerden bahsedilmiştir. Fakat deniz taşımacılığının doğası gereği bazı özel durumlarla karşılaşılabilen ve bu maliyetlere farklı maliyet kalemleri eklenebilmektedir. En çok karşılaşılan durumlardan biri olan sigorta masrafları bunlardan biridir. Normal şartlarda sigorta masrafları yıllık hesaplanırken, geminin sefer yapacağı bölgeye göre ek sigorta masrafı değişken maliyet olarak sefer giderlerine eklenebilmektedir. Ayrıca sefer yapılan personele yönelik ek ücretler de yine değişken maliyet kalemleri arasında yazılabilmektedir (Çakalöz, 2015).

McConville (1999), yapmış olduğu çalışmada toplam sabit maliyet (TSM) ile toplam değişken maliyetin (TDM) toplam maliyeti (TM) verdiğini belirtmiştir.

$$TM = TSM + TDM$$

Liu (2012) ise çalışmasında toplam maliyeti aşağıdaki matematiksel ifadeyle belirtmiştir,

$$\text{Toplam Maliyet} = \text{Sermaye Maliyeti} + \text{İşletme Maliyeti} + \text{Sefer Maliyeti}$$



Şekil 15. Gemi sabit ve değişken maliyetleri ile navlun gelirleri arasındaki ilişki (Chrzanowski,1989)

Şekil 15'te sadeleştirilmiş şekilde sabit ve değişken maliyetler ile navlun gelirleri arasındaki ilişki gösterilmektedir. (OA) işlevi, sabit maliyetleri göstermektedir. Bu grafikte görüldüğü gibi sabit maliyet, yük ya da hizmet düzeyinin artması ya da azalmasıyla değişmemektedir (Yıldız, 2008).

(OT) işlevi ise, değişken maliyet fonksiyonu olup, servis düzeyi ve yük miktarıyla ilişkili olarak doğru orantılı olacak şekilde değişmektedir. (OT) işlevinin doğrusal olması grafiği daha basit hale getirmek içindir. Fakat bu durum değişken maliyet ifadesinin mantığını değiştirmemektedir. Toplam maliyet, şekilde (OS) doğrusu ile gösterilmektedir.

(OT) toplam maliyet işlevi, (OA) sabit maliyet ve (OT) değişken maliyet işlevlerinin toplamını göstermektedir (Yıldız, 2008).

Şekilde, (EP) ve (EP1) eksenleri gelir eksenleridir. (EP) eksenini servisin birim fiyatının P olduğu halde EP1 ise servis birim fiyatının P1 olması durumunda geçerlidir. Değişken maliyet işlevinin gelir eksenlerini kestiği S ve S1 noktaları, gelirin ve maliyetlerin birbirine eşit olduğu noktalardır (Yıldız, 2008).

Buna göre TP1 ve TP aralıkları talebin D kadar olması halinde kâr miktarını vermektedir. Gelirin EP ve Q miktarının başabaş olması halinde (ESO) bölgesi zararı gösterirken; (ETP) bölgesi da kârı göstermektedir. Gelir doğrusunun P1'e çekilmesi halinde; başabaş noktası S1 noktasına gelirken, kâr bölgesi (S1P1T) küçülerek kârlılığın azaldığı görülmektedir. İkinci halde, başabaş noktası da Q1 noktasına gelmektedir (Yıldız, 2008).

Uygulamada maliyetler doğrusal olarak değil eğrisel biçimde yükseliş göstermektedir. Şekil 15, doğrusal bir gelir gider ilişkisini gösterdiğinden; uygulamadaki durumu tam olarak karşılamamaktadır. Fakat buna rağmen sabit ve değişken maliyetler ile gelir ve kâr arasındaki ilişkileri daha da basitleştirilmiş olarak göstermektedir (Yıldız, 2008).

Marjinal maliyet kavramı filo maliyet analizinde, üstünde durulması ihtiyaç duyulan önemli bir konudur. Marjinal maliyet, bir birimlik üretim ya da servis artışının toplam maliyet üstündeki net artışını göstermektedir. Taşımacılık sektöründe bu bir birimlik servis ya da yük artışını ölçmek için; ton, konteyner adet, 1 ton/mil şeklinde birimler kullanılabilir (Chrzanowski,1989).

Denizyolu taşımacılığı yapan işletmelerde maliyet giderleri ise muhasebe açısından üç temel başlık altında incelenebilir. Bunlar direkt maliyetler, endirekt maliyetler ve genel yönetim giderleridir. Yapılan bu ayırımla geminin yaptığı seferlerle doğrudan bağlantı kurulabilen giderler ile dolaylı olarak yer alan giderlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Fakat diğer önemli bir konu da taşıma maliyetlerinin sınıflandırılmasında maliyetlerin sabit ve değişkenlik açısından ayrımıdır. Bu ayırım fiyatlama ve atıl kapasiteyi değerlendirme gibi kararlar için önemli olduğu kadar maliyetleme süreci için de ayrı bir önem arz etmektedir. Çünkü ulaştırma sektöründe ortak maliyet olarak nitelendirilen maliyetlerin birçoğu sabit maliyet olup, bir dağıtım sorunu oluşturabilirler (Orhon, 1983). Bu sınıflamadan farklı olarak maliyetler, ulaştırma işletmelerinde, fonksiyonlarına göre; sefer maliyetleri, operasyon maliyetleri ve sermaye maliyetleri şeklinde de sınıflandırılma yapılabilmektedir.

1.5. Gemi İşletmeciliği Yönetiminde Maliyetleri Etkileyen Faktörler

Denizyolu taşımacılığı yapan işletmelerin diğer işletmeler gibi asıl amacı kârını en yüksek seviyede tutarken aynı zamanda daha verimli ve daha ucuz yük hareketi sağlamaktır. Daha fazla kâr elde etmek isteyen işletmeler ya navlun oranlarını arttıracaklar ya da maliyetlerini minimum seviyeye indireceklerdir. Navlunlar piyasa şartlarına göre belirlendiği için karı arttırmanın tercih edilebilecek yolu maliyetlerin azaltılması olacaktır (Saban ve Güğercin, 2009).

Gemilere ve seferlere ilişkin olan ve maliyetleri etkileyen faktörler, hem gemiye ilişkin özellikler hem de sefere ilişkin özellikler çerçevesinde değerlendirilebilir (Çakalöz, 2015). Literatürde maliyetleri etkileyen çeşitli faktörlere ilişkin tanımlamalar mevcuttur. McConville (1999), bu maliyetleri geminin boyutu, hızı, sefer mesafesi ve limanda geçirilen süreler olarak sınıflandırmıştır.

ICS (2012) ise yükün ulaştırılmasında oluşan toplam maliyetleri etkileyen faktörleri, yük hacmi, geminin sefer sırasındaki hızı ve mesafesi, yük elleçleme süresi, geminin balastta geçirdiği süre ve geminin boyutu olarak incelemiştir.

Saban ve Güğercin (2009) yaptıkları çalışmada denizyolu ulaştırmasında, yüklere ait fiziksel özellikler, planlanan seferin türü, taşıma kapasitesinin tam olarak kullanılmaması, geminin imalat yılı ve kayıtlı olduğu ülke sicili gibi faktörlerin maliyetleri etkilediğini belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak işletmecinin gider kalemlerini bu faktörleri göz önünde bulundurarak kontrol altında tutması gerektiğini söylemişlerdir. Bu faktörler kısaca aşağıda açıklanmaktadır.

1.5.1. Taşınacak Yüklerin Fiziksel Özellikleri

Taşımacılık maliyetleri taşınacak yüklerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı yüklerin taşınmasında ek önlemler almak gerektiği gibi bazı yüklerde de ambalajlamanın özel olması, uzmanlaşmış personel veya hızlı taşımaya ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu da taşıma maliyetlerinin daha da yükselmesine neden olmaktadır (Başer, 2004). Örnek verilmek istenirse, hayvansal gıdalar için reefer yani soğutmalı gemiler inşa edilmiştir. Bu gemilerde ambarların izolasyonu yapılmış ve özel makineler vasıtasıyla soğutma işlemi yapılmaktadır.

1.5.2. Gemiye Ait Özelliklere İlişkin Faktörler

Marfin Management Company'nin, gemilerin operasyonel maliyetleri ve günlük genel giderleri üzerine yaptığı çalışmaya ilişkin bilgiler Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. İşletme maliyetleri oranları (Albertini, 2011)

Maliyetler	Oranlar
Personel Giderleri	%48
Yönetim Giderleri	% 18
Kumanya	% 16
Sigorta	% 13
Yedek Parça & Onarım	%5

Operasyonel maliyetler içinde en büyük maliyet mürettebat kısmıdır ve bu maliyeti düşürmek pek de mümkün değildir. Aynı şekilde sigorta maliyetinde de düşürülme şansı en az olan maliyet türüdür. Şirket personelinin maaşları dışında, diğer tüm idari kısımlar (ofis kirası, ulaşım ve iletişim, sabit) tedarik ve satın alma aşamasındadır. Kumanya ve Yedek Parça & Onarım maliyetleri işletme giderlerinin yaklaşık % 21'dir (Albertini, 2011).

Denizyolu taşımacılığında gerek gemiye ilişkin gerekse sefere ilişkin maliyetleri etkileyen unsurlar aşağıdaki gibi değerlendirilebilir;

- Gemiye ilişkin maliyet unsurları
 - Geminin tipi
 - Geminin boyutu ve kargo kapasitesi
 - Geminin yaşı
 - Geminin hızı
 - Geminin sicil limanı
- Sefere ilişkin unsurlar
 - Sefer mesafesi
 - Limanda geçirilen zaman

Gemilerin büyüklükleri, ihtiyaçlar doğrultusunda değişmiştir. Gemilerin boyutundaki artış ölçek ekonomisinin oluşmasını sağlamaktadır. Büyüklük arttıkça tonaj başına inşa

maliyetleri de düşmektedir. Böylece, tam kapasitede taşınan tonaj başına yatırım giderleri –amortisman, faiz ve sigorta payında – düşüş sağlanabilmektedir. Ayrıca istenen makine büyüklüğü tonaj kapasitesine oranlandığında daha az yakıt tüketimi elde edilebilmektedir. Bütün bunların sonucunda ortalama maliyet daha da düşecektir (Başer, 2013).

1.5.3. Yapılacak Seferin Türü

Gemilerin düzensiz hat ya da düzenli hat denizyolu taşımacılığına yönelik seferleri taşımacılık maliyetlerine etki etmektedir. Düzensiz hat denizyolu taşımacılığı yapan gemilerin, belirli bir rotaları olmadığından dolayı tam kapasiteyle çalışabilecekleri rotaları tercih etme ve daha uygun bir navlunla, hiç bekleme yapmadan yükünü yükleyebileceği bir limanı seçerek birim maliyetleri azaltabilme imkânları vardır. Fakat balast sefer oranının yüksek olduğu düzensiz hat denizyolu taşımacılığında, özellikle talebin düşük olduğu dönemlerde balast sefer miktarı daha da yükseleceğinden, maliyetlerdeki artış düzenli hat taşımacılık yapan gemilere kıyasla çok daha hızlı olur (Orhon, 1983)

Düzenli hat denizyolu taşımacılığı yapan gemiler, belirli bir rotası ve uğrak limanları olduğu için acente ve temsilci ağı açısından geniştir, ayrıca daha sık sefer yaptığı limanlarda kendilerine ait terminaller ve personeller bulunabilir. Bunun yanı sıra limanda belirlenen süreden fazla beklemek zorunda kalacağı durumlarda liman maliyetleri de artabilir (Orhon, 1983).

1.5.4. Kullanılmayan Taşıma Kapasitesi

Ulaştırma sistemlerinde kapasiteyi tam olarak kullanamama bir nevi ortak özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da ulaştırma sistemlerinde maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Buna sebep olan durum ise, sabit maliyetlerin toplam maliyetler içindeki payında bir değişiklik olmamasına karşın, kapasite kullanım oranının azalması sonucunda birim maliyetlerin artmasıdır.

Özellikle yüklerini tahliye limanında boşaltıp tekrar balast olarak geri dönen kömür ve demir cevheri taşıyan gemiler eksik kapasite kullanımına örnek olarak verilebilir. Bu tipteki gemiler, yüklerini tahliye ettikten sonra tahliye limanında veya tahliye limanına yakın bir limanda yük bulamadıklarında boş olarak geri dönmek zorunda kalmaktadır. Bu

da taşıma sistemlerindeki yetersizliği göstermektedir. Bunun yanı sıra taşıma sistemindeki özellikli yapı ve donanım kapasite kullanım oranının daha düşük olmasına neden olmaktadır (Stapford, 1997). Kömür ya da demir cevheri taşıyan gemiler, özellikle tankerler, seferlerinin bir bölümünü yüksüz yani balast yapmak zorunda kalmaktadır. Bu tür kapasite altı kullanım, taşımacılık sistemlerinde finansal kaybın temel kaynağıdır (Başer, 2013).

1.5.5. Geminin Yaşı

Gemilerin eski olması maliyet yapılarına da yansımaktadır. Gemiler yaşlandıkça sermaye maliyetleri azalır ama buna karşılık yeni gemilere göre sefer ve operasyon maliyetleri yükselir. Eski gemilerin bakım onarım ihtiyacı artmakta, makine ve teçhizatlarındaki eski teknoloji yakıt sarfiyatının da çok olmasına, bu da günlük maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Yeni inşa gemilerde ise, yeni teknolojilerin kullanımıyla mürettebat sayısında azalma, daha düşük yakıt harcayan makine sistemlerinin kullanılması ve daha az bakım onarım isteği sayesinde maliyetlerde ciddi oranda azalma olmaktadır (İnal, 2004).

1.5.6. Bayrak Seçimi

Gemi sahibi ya da gemiyi işleten bağlı olduğu ülkesinin siciline kayıtlı olması gereken gemisini, kendisine çeşitli kolaylıklar gösteren farklı bir ülkenin gemi siciline kayıt olmayı ve o ülkenin bayrağını çekmeyi yeğleyebilir. Yapılan bu seçime kolay bayrak yani elverişli bayrak seçimi denir (Akten, 2007). Üçüncü bayrak türü olan kolay bayrak uygulamalarında, kolay bayrak ülkeleri, başka ülkelerde ikamet eden yabancı gemi sahiplerinin gemilerinin kolay bayrak ülkesinde tescil edilmesi ve kolay bayrak ülkesi kuralları altında çalışmasına imkan tanımaktadır. Bu ülkelerde gemi tescil ücreti oldukça düşüktür, geminin mülkiyetliği anonimdir, tescili yapılan gemilerin denetimi bayrak devleti adına klas kuruluşlarına veya bağımsız sörveylere verilmektedir (Llyods Manager, 2002).

1.5.7. Diğer Faktörler

Denizyolu ulaştırmasında maliyetlere etki eden diğer faktörler aşağıda verilmiştir (Başer, 2004; Orhon, 1983).

- Yükleme ve tahliye ekipmanlarının yüksek verimlilikte kullanılması, yükleme ve tahliyede birim maliyetlerin düşmesini sağlar, geminin yüklerin elleçlenmesi sırasında harcaacağı zamanı en aza indirir, depolama için yapılan harcama kalemlerinde tasarruf sağlar ve operasyonun bütününde maliyet verimliliği noktasında katkıda bulunur.

- Yükün taşıma boyunca bütün süreçlerde daha kolay elleçlenebilmesi için birimleştirilmesi, yükleme boşaltma masraflarını azaltır ve bunun sonucunda toplam maliyetleri düşürür.

- Geminin rotası ve bağlı olduğu sicil limanı, vardığı limanlar, iklim koşulları da maliyetlere etki eden diğer etmenler arasında yer almaktadır. Bir geminin aynı yük miktarı ile aynı rotayı farklı iklim koşullarında gittiğinde dahi oluşan maliyetler farklılık gösterebilmektedir.

- Gemilerde taşıma maliyetleri ton/kilometre üzerinden hesaplandığında seferin mesafesi arttıkça maliyetlerin de düştüğü görülmektedir. Sefer maliyetleri incelendiğinde sabit ve değişken maliyetlerden oluştuğu görülmektedir. Sefer süresince sabit maliyetlerde değişiklik olmaz fakat toplam maliyetlerin içindeki payı mesafe arttıkça azalır. Değişken maliyetlerde ise mesafenin artmasıyla maliyetlerin azalan bir hızla yükseldiği görülmektedir.

1.6. Optimizasyon ve Modelleme Kavramları

İşletmelerde eldeki kaynakları daha etkin ve verimli kullanılmasına yönelik bazı kararların alınması ve bu kararların uygulanması gerekmektedir. Bu kararlar ya yeni bir durum üzerinden ya da mevcut durumun iyileştirilmesi üzerinden alınmaktadır. Karar alma sürecinde hem optimizasyon hem de modelleme yaklaşımları yöneticiler için kolaylıklar sağlamaktadır. Çalışmada filo planlaması dahilinde optimum çözümlerin elde edilmesi amaçlandığı için optimizasyon ve modelleme kavramlarına değinilmesi faydalı olacaktır.

1.6.1. Optimizasyon Kavramı

Optimum kelime karşılığı olarak en iyi, en uygun olarak söylenebileceği gibi optimizasyon kavramı ise en iyileştirme, en uygun hale getirme anlamı taşımaktadır. Optimizasyon, günlük yaşamımızda ortaya çıkan birçok sorunu matematiksel modeller haline dönüştürerek en iyi çözümü bulmayı amaçlamaktadır (Yücenur, 2011).

“En iyileme” anlamı taşıyan optimizasyon aynı sektörde faaliyet gösteren benzer hizmetleri, benzer kalitede sunabilen işletmelerin içinde buldukları rekabet ortamında bir adım öne geçebilmelerini sağlayacak önemli bir kavramdır. Optimizasyon teknikleri de yapılmış veya yapılmakta olan işin en iyi çözümünü ortaya koymak için kullanıldığından küreselleşen dünya pazarı ve buna bağlı olarak artan rekabet ortamında işletmelere problemlerini çözmede yardımcı olacaktır (Yücenur, 2011). En iyilemeden anlatılmak istenen ise farklı hedeflere ulaşmada beklenen sonuçların hangi manada en iyi olması gerektiğiyle alakalıdır. Hedefler ile alakalı beklentilerin maksimizasyonu olabileceği gibi minimizasyonu da olabilir. Örneğin kâr maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu hedeflenebilirken, zamansal birimlerin de maksimizasyonu veya minimizasyonu hedeflenebilir. Optimizasyon modelleri, problemlerin amaç fonksiyonunu kârı maksimize ya da maliyeti minimize eden çözümler sunmaktadır (Rardin, 1998). Optimizasyon, bir sistem içerisinde mevcut olan işgücü, zaman, süreçler, sermaye, hammadde, araçlar vb. gibi kaynakların en etkin ve verimli bir şekilde kullanıma sunulması maliyeti en aza indirme, karı maksimize etme ve kapasiteyi en yüksek seviyede kullanma gibi amaçlara ulaşmayı sağlayan bir teknolojidir (Gass, 2000). Ayrıca optimizasyon yani en iyileme, üretim faktörlerinin, en çok verim sağlayacak biçimde tahsis edilmesi ve uygulanması olarak tanımlanmıştır Özkan (2005).

1.6.2. Model ve Modelleme Kavramı

Ulaştırma sektöründe önemli bir yer teşkil eden model kavramının tanımı farklı şekillerde yapılmıştır. Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğü’nde model kavramı “Tasarlanan ürünün tanıtım veya deneme amacıyla üretilen ilk örneği, prototip” şeklinde açıklanmıştır (TDK, 2019). Bir başka tanımda model, karmaşık sistemleri ve bu karmaşık sistemlerin yapılarını yorumlamak ve anlamak için zihinde var olan kavramsal oluşumlar ile bu oluşumların dış temsilcilerinin bütünü olarak belirtilmiştir (Lesh ve Doerr, 2003). Bir

model sistemin hareketlerini mümkün olduğunca kontrol etme, o sistem içerisindeki süreci tahmin etme ve süreci anlama becerilerimizi geliştirmek amacıyla sistemin basit hale getirilmiş bir sunumudur (Neelamkavil, 1987). Model, değişkenlerin tümünün ya da bazılarının değerinin tam sayılı olma koşuluna bağlı olarak tüm ya da karışık tam sayılı model olarak adlandırılmaktadır (Özkan, 2005). Modelleme ise durumları ve problemleri yorumlama (tanımlama, açıklama veya oluşturma) sürecinde problem durumlarını zihinde düzenleme, koordinasyonunu sağlama, sistemleştirme ve organize edip bir örüntü bulma, zihinde farklı tablolar ve modeller kullanma ve oluşturma sürecidir (Lesh ve Doerr, 2003). Modelleme ve çözümlenme optimizasyon içerisinde iki önemli bileşen olarak nitelendirilmektedir. Modelleme gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin matematiksel olarak ifade edilmesi; çözümlenme ise bu modeli sağlayan en iyi çözümün elde edilmesini kapsamaktadır (Türkay, 2003). Optimizasyon modellerinde ise matematiksel ifadeler bulunmaktadır ve bunlar bize sistemin nasıl işlediğini ve sistemin özelliklerini yansıtmaktadır. Aynı zamanda bu matematiksel ifadeler sistemin içindeki ve çevresindeki diğer sistemlerle olan etkileşimleri kapsamaktadır (Williams, 1999). Genel olarak özetlemek istersek; model ve modelleme zihnimizde oluşturduğumuz temsilleri ve şemaları kapsayan kavramlardır.

1.6.3. Model Kurma Yöntemi

Model kurulurken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. İlk olarak modelin formüllerle gösterilebilmesi için değişkenler belirlenmelidir. Doğru belirlenmiş değişkenler problemin çözümünde gerçek cevaplara ulaşmamızı sağlar. Daha sonrasında değişkenler arası ilişkiler doğru kurulmalıdır ve kısıtlar varsa bunlar iyi belirlenmeli, yani problem denklemlerinde yalnız uygun değerleri alacak değişkenlere kısıtlar konulmalıdır (Özkan, 2005)

Yöneylem araştırması ile ilgili aşamalar genellikle şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Problemin tanımlanması: Karar verme sürecinde karşılaşılan ilk en önemli adımdır. Çözüm aranan problem yönetici veya karar verici tarafından net ve ayrıntılı olarak bu noktada tanımlanmalıdır. Bu ilk adım karar verme sürecinde diğer aşamaların oluşumunu etkilemekte, sonuç ve çıktılar doğrudan bu problemi ilgilendirmektedir. Bu aşamanın sonunda karar verici, iyi tanımlanmış bir problemi artık ifade edebilmektedir

(Ulucan, 2004). Problemin tanımı yapılırken ilk aşama çalışmanın amacının ve hedeflerinin belirlenmesi olacaktır. Daha sonrasında sistemdeki alternatif kararlar belirlenecektir. Son olarak da sistem içindeki sınırlandırmalar, kısıtlar ya da istekler ortaya konulacaktır (Özkan, 2005).

2. Modelin kurulması: Modelin kurulmasında en önemli adım, modelin açıklanması için uygun kararın belirlenerek problemin tanımlanmasıdır. Karar değişkenleri terimi açısından problem kısıtlayıcıları ile amacın sayısal değerlerle ifade edilmesi gerekir. Karar probleminin şekillendirilmesi aşağıdaki hususların yerine getirilmesi ile mümkündür (Özkan, 2005):

1. Karar seçenekleri (alternatifler) tanımlanır,
2. Her seçeneğin değerlendirilmesine yardımcı olacak bir kriter belirlenir,
3. Seçenekler arasında en iyisini bulmak için temel olacak bir kriter geliştirilir ve kullanılır.

Karar problemlerini çözmek için her zaman olmasa bile bazı durumlarda, matematiksel modeller, sezgisel modeller ve simülasyon modelleri birleştirilebilir (Taha, 2000).

3. Modelin çözümü: Yapısal olarak probleme uygun kurulmuş bir modelin çözüm aşaması oldukça kolay bir aşamadır. Model çözümü aşamasında eğer matematiksel model kullanılmışsa optimum çözümün elde edildiği söylenir. Bununla birlikte matematiksel modelin optimum çözümünün çok güvenilir olması gerekir (Özkan, 2005). Operasyon yönetimi kapsamında matematiksel model olarak oluşturulmuş bir modelde çok iyi bilinen ve sıklıkla kullanılan çeşitli optimizasyon algoritmaları kullanılır. Model değişkenlerinin (parametre) tam olarak tahmin edilemediği durumlarda ‘‘duyarlılık analizi’’ne başvurulur (Taha, 2000). Duyarlılık analizi, parametrelerin değiştiği durumlarda modelin optimum çözümden ne kadar uzaklaştığına, yani modelin optimum çözüm sonucuna verdiği tepkiyi ölçmemize ilişkin bilgi verir. Çözüm elde edildiğinde bunu doğrudan karar vermede kullanmak yerine, modeldeki parametreler değiştirilerek varsayılan koşullar değişirse modelin nasıl planlar üreteceği de belirlenmelidir (Ulucan, 2004).

4. Modelin geçerliliğinin test edilmesi: Modelin geçerliliğini sınama aşamasında geliştirilmiş olan modelle sistemin çalışması karşılaştırılır ve modelin beklenen davranışları sergileyip sergilemediği incelenir (Taha, 2000). Modelin geçerliliğinin test

edilmesinde en genel metot, eldeki geçmiş verilerin güvenilirliğini tespit etmek olup, sistemin şimdiki durumu ile karşılaştırmalıdır (Özkan, 2005). Ancak önerilen model daha önce var olmayan yeni bir sistemi temsil edecekse, matematiksel modelin çıktılarını doğrulamak için tarafsız bir araç olarak sık sık simülasyona başvurulur (Taha, 2000).

5. Sonuçların açıklanması: Elde edilen sonuçlar uygulayıcılara detaylı olarak önerilir. Tabi bu durumda araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında uyum olması gerektiği göz ardı edilmemelidir (Özkan, 2005). Karar vericiler ilgili modelin sürekliliğine de önem vermelidirler. Gelecekte meydana gelebilecek değişiklikleri de tanımlamaya uygun bir model tercih edilmelidir. Mevcut modelin beklentileri karşılayamadığı sonucuna varılır ise, model kurma aşamaları tekrar gözden geçirilmeli ve hangi aşamada hangi değişikliklerin yapılması gerektiği belirlenmelidir. Gerekirse model sık sık çalıştırılmalı ve sonuçlar incelenmelidir. Modelin başarısı, uygulamaya verdiği cevaplarla değerlendirilir. Modeller, örgütün amaçlarını karşılaması için çevresel değişimler de göz önünde bulundurularak güncelleştirilmelidir (Öztürk, 2013).

1.6.4. Modellerin Sınıflandırılması

Modeller, temel bilimler ve mühendislik alanlarında yoğun olarak kullanılan, geniş kapsamlı bir sistemin bütün özelliklerini ortaya koyacak daha küçük boyutlardaki yapılardır. Modellerde, genel olarak sistemin temel özelliklerini yansıtan ve modelin kullanım gayelerini gerçekçi olarak içinde barındıran detaylar bulunur (Türkay, 2003). Otomobil, gemi, uçak gibi üzerinde deneyler yapılabilecek tasarımlar oluşturulur, veriler analiz edilir ve sonrasında üretimi gerçekleştirilir.

Optimizasyon modelleri ise ortaya konan sistemin işleyişini ve o sistemin özelliklerini yansıtan, sistemin içindeki ve çevresindeki diğer sistemlerle olan etkileşimleri kapsayan matematiksel ifadelerden oluşmaktadır (Williams, 1999).

Matematiksel modeller temel olarak deterministik yani kesin modeller ve stokastik yani olasılıklı modellerden oluşmaktadır. Matematiksel modellerin çözemeyeceği daha karmaşık problemlerde ise sezgisel yani heuristic modellerden faydalanılmaktadır. Deterministik modellerde parametreler kesin verileri içermektedir. Stokastik modellerde ise parametrelerin bir kısmı veya tamamı olasılıklı değişkenlerle tanımlanmıştır. Sezgisel modellerde ise sadece iyi bir çözümü arama yoluna gidilir ve bu sezgisel yöntemlerde,

genel olarak 'olsa olsa' mantığı uygulanarak probleme iyi bir çözüm arayan yöntemlerdir (Taha, 2000).

1.6.5. Matematiksel Modelleme Kavramı

Günümüzde, bilim insanları çevremizdeki dünyayı daha iyi bir seviyede anlayabilmek ve daha sonrasında dünyadaki teknik sorunlara çözümler bulabilmek için, neredeyse her şeyi matematiksel terimlerle temsil etmektedirler. Başka bir ifadeyle bilim insanları, gerçeği matematiksel bir dille ifade etmeye çalışmaktadırlar. Gerçeği matematiksel bir dille ifade etmeye yardım eden bu yapı ve düşünce biçimine, matematiksel modelleme adı verilmektedir.

Modelleme, bir bakıma matematiğin bilimsel bilgi üretme yöntemidir. Matematiksel modelleme gerçek hayatta karşılaşılan olayların matematiksel olarak ifade edilmesidir (Ulucan, 2004). Matematiksel modelleme sürecinde matematikten farklı bir konu ele alınmakta ve bu konu matematiksel olarak ifade edilmektedir. Böylece matematiksel yöntemler orijinal konuya ışık tutmak için kullanılabilir. Bu bağlamda modelleme, çok yönlü bir problem çözme sürecidir (Blum ve Niss, 1991). Bununla birlikte matematiksel modelleme yukarıda bahsedilen anlamın ötesinde, bir fenomenin gözlemlenmesi, ilişkilerin ortaya çıkarılması, matematiksel analizlerin yapılması, sonuçların elde edilmesi ve modelin tekrar yorumlanması süreçlerini içermektedir (Lingefjard, 2002).

Matematiksel modelleme en temel anlamıyla matematik veya matematikten farklı bir olayı, durumu ve olaylar arasındaki ilişkileri matematiksel olarak ifade etmeye çalışma, bu olaylar ve durumlar içerisinde matematiksel örüntüler ortaya çıkarma sürecidir. Matematiksel modellemenin en genel ve liberal tanımı bu olarak ifade edilmektedir. (Verschaffel vd., 2002).

1.7. Doğrusal Programlama

Doğrusal (Lineer) Programlama (LP) cebirsel programlama modelleri arasında yer alır ve sınırlı üretim kaynaklarını en etkin şekilde kullanarak kar maksimizasyonu (en çoklaması) ya da maliyet minimizasyonu (en aza indirgenmesi) gibi amaçlara ulaşmayı

hedefleyen bir modeldir. Modelin en ayırıcı özelliklerinin önde geleni; hem amaç fonksiyonunun hem de kısıtlayıcı koşulların (sınırlı şartların) doğrusal denklemlerle ifade edilmesidir (Özkan, 2005).

Hedeflenen amacın gerçekleşmesini etkileyen kısıtların bulunması ve bu kısıtların doğrusal eşitlik veya eşitsizlik durumunda eldeki sınırlı kaynakları en verimli şekilde değerlendirerek, hedeflenen amaca ulaşmayı sağlayan bir matematiksel yöntemdir (Tulunay 1991). İşletmelerin üretimlerini gerçekleştirirken ellerindeki kaynakları farklı alternatiflere uygun şekilde tahsis etmesi, işletmelerin amaçladıkları hedefler doğrultusunda gerçekleştirilmelidir (Timor, 2001).

1.7.1. Doğrusal Programlama Modelinin Varsayımları

Bir problemin Doğrusal Programlama (DP) modeli olarak uygulanabilmesi için problemde bulunması gereken unsurlar vardır. Bu unsurlar;

- a. Amaçlanmış ve ifade edilmiş bir kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu.
- b. Faaliyet/faaliyetler ile eş anlamlı sayabileceğimiz alternatif süreçler ya da alternatif üretim teknikleri.
- c. Üretim faktörlerinin ve üretimi etkileyen diğer koşulların fiziki durumlarının veya mevcut kapasitelerinin üretilen ürün üzerindeki etkilerini ve kısıtlarının matematiksel ifadesi olarak tanımlanan kısıtlayıcı (sınırlayıcı) koşullar.

Bu unsurlara ek olarak bir problemin doğrusal programlama olarak ifade edilebilmesi için bazı varsayımların kabul edilmesi gereklidir. Bu varsayımlar şu şekilde ifade edilebilir (Özkan, 2005);

1. Doğrusallık: Modeldeki girdi ve çıktı ilişkilerinin doğrusal nitelikte olduğu, bir başka deyişle modelin amacını ve kısıtlayıcı koşullarını belirleyen fonksiyonların doğrusal denklemler olduğu varsayılır.
2. Eşitsizlik: Üretim süreçleri tarafından kullanılan üretim faktörleri toplamının sifıra eşit, büyük ya da küçük olması koşuludur. Bu ifade, tüm üretim kaynakları arzının kullanımının gerekmediği durumların da (atıl kapasite) söz konusu olabileceğini, ancak üretilen herhangi bir ürün miktarının sifirdan büyük ya da eşit olması gerektiğini ortaya koyar.

3. Pozitiflik koşulu: Ekonomide negatif üretimden söz edilemeyeceği, yani negatif değerlerin olamayacağı gerçeğinden hareketle, üretim düzeyinin ya da karar değişkenlerinin pozitif veya sifıra eşit olması gerekliliğinden ortaya çıkan varsayımdır.
4. Kaynakların sınırlılığı ve sonluluk: Üretim süreçlerinin, üretim faktörlerinin, alternatif faaliyet sayısının ve kaynak sınırlamalarının sonlu olduğu varsayımdır.
5. Bölünebilirlik: Üretim faktörlerinin ve ürünlerin bölünebilir yapıda olmaları, yani kesirli olabilecekleri varsayımdır.
6. Toplanabilirlik: Faaliyetlerin birbirini etkilemedikleri varsayımdır. Yani tüm faaliyetlerden elde edilecek kazanç her bir faaliyetten ayrı ayrı elde edilecek kazançların toplamına eşittir. Oysa gerçekte, faaliyetlerden bir ya da daha çoğunda ortaya çıkabilecek arazi bir durum, öteki faaliyetleri de etkileyerek kazanç üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler yapabilecektir.
7. Belirlilik: DP de birim başına kâr, her faaliyet için gerekli faktör miktarı ve elde edilecek ürün miktarı gibi ekonomik değerlerin belirli ve sabit olduğu varsayılr.
8. Tek değerli beklentiler: Kaynak arzı, gelir gider katsayıları ve fiyatların kesin olarak bilindiği varsayılr.

1.7.2. Doğrusal Programlamanın Kullanım Alanları

Doğrusal programlama günümüzde endüstrileşmiş ekonomilerde, çeşitli alanlarda faaliyet gösteren büyük, hatta orta ölçekli işletmelerde üretim yönetimi alanında, üretim planlaması problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Özkan, 2005). Ayrıca, ulaştırma problemlerinin çözümünde, işletmelerin kuruluş yerinin belirlenmesinde, diyet problemlerinde ve işletmelerin görev ve işbaşı eğitimlerinin programlanmasında doğrusal programlama yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Tarımda, gıda sanayisinde, petrol endüstrisinde, kimya endüstrisinde, imalat sanayisinde, ulaşım ve dağıtım sistemlerinde, finansmanda, sağlık sektöründe, madencilikte, iş gücü planlamasında, eczacılıkta, enerji ve sivil savunma alanlarında doğrusal programlama kullanılmaktadır (Williams, 1999).

1.7.3. Doğrusal Programlama Modelinin Matematiksel Unsurları

Bir DP probleminin modeli, kısıt denklemlerle oluşturulan ve gerek doğrusal eşitlikler ve/veya gerekse eşitsizlikler çerçevesinde optimum hale getirilecek bir doğrusal amaç fonksiyonu içerir. Bu durumda bir DP problemi genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir (Hillier ve Lieberman, 1995):

$$Z_{max/min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) x_j \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Z : optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonu

x_j : j . karar değişkenine atanacak değer ya da belirlenecek değişken

c_j : 1 br j . karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı

a_{ij} : Sınır matrisi A 'yı oluşturan teknoloji katsayıları

b_i : i . kaynak için gerekli olan miktar sağ taraf sabiti

1.7.4. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

Genel olarak doğrusal programlama problemlerinin çözümü için grafik yöntem ve simplex yöntem olmak üzere iki tür çözüm metodu vardır (Özkan, 2005).

1. Grafik Yöntem: Doğrusal Programlama modelinin çözümünde kullanılan yöntemlerinden en basit olanı iki veya üç değişkenli modeller için grafik yöntemdir. İlk önce kısıtlayıcıların belirlediği uygun çözüm bölgesi bu yöntemde belirlenmektedir. Bu bölge konveks bir bölgedir. Konveks bölgenin amaç fonksiyonunu maksimize veya minimize eden noktaları en uç noktalar olduğu gerçeği göz önünde bulundurularak bu bölgedeki tüm uç noktalar için amaç fonksiyonunun aldığı değeri belirleyerek bu değerlerden amaca uygun olanı seçilir ve optimal çözüme ulaşılmış olunmaktadır. Kısıtlayıcıların grafiğini çizmek, sonrasında uygun bölgeyi belirleyip son olarak köşe noktalar incelenerek optimal çözümün bulunması iki değişkenli doğrusal programlama

problemlerinin grafik yöntemle çözümünde yapılacak işlemler biçiminde özetlenebilmektedir (Öztürk, 2013).

2. Simplex Yöntem: Bu yöntemde öncelikle problem değişkenleri belirlenmekte, yani problemdeki her bir değişken tanımlanmakta ve adlandırılmaktadır. Problemde mevcut olan maliyet, gelir, zaman gibi parametrelere ait sayısal değerler tespit edilmektedir. Daha sonra ise doğrusal denklem olarak ifade edilen amaç fonksiyonu ile yine doğrusal denklemlerle ifade edilen kısıtları belirleyen fonksiyonlar matematiksel olarak ifade edilmektedir (Özkan, 2005). Doğrusal bir amaç fonksiyonu ve doğrusal eşitsizlik ya da eşitliklerden oluşan modelin çözümü simpleks metotla yapılabilir (Alan ve Yeşilyurt, 2012). Simpleks yöntem,

- Tek bir noktada en iyi çözüm,
- Birden fazla uç noktada en iyi çözüm (seçenek çözüm),
- Sınırsız çözüm,
- Uygun olmayan çözüm, gibi durumlara cevap vermektedir. Bu çözümlerin yanı sıra, modelin yapısında veya parametrelerinde oluşabilecek muhtemel değişimlerin en iyi çözümü nasıl etkileyebileceği de bu algoritma ile analiz edilebilmektedir (Kara, 2000).

1.7.5 AMPL Matematiksel Modelleme Dili

AMPL modelleme sistemi, kısıtlı optimizasyon problemlerini geleneksel matematiğe yakın bir cebirsel gösterimde ifade etmemize izin vermektedir. AMPL'nin çözme komutu, AMPL'nin mevcut sorunu somutlaştırmasını, bunu bir çözücüye göndermesini ve çözücü tarafından hesaplanan bir çözümü okumaya çalışmasını sağlamaktadır (Gay, 1997). AMPL, sürekli ve ayrık değişkenler içeren doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için kapsamlı bir cebirsel modelleme dilidir. AMPL, bir optimizasyon problemini bildirim dayalı bir şekilde ifade etmeye izin verirken, koşullu ifadeler ve döngüler gibi yapılar, modelleyicinin sorunu belirleyen veya tek bir çalıştırmada birden çok sorunu çözen bir program akışını tanımlamasını sağlamaktadır (Olzsak ve Karbowski, 2018).

GNU Doğrusal Programlama Kiti (GLPK) paketi, büyük ölçekli doğrusal programlama (LP), karma tam sayılı programlama (MIP) ve diğer ilgili sorunları çözmek için tasarlanmıştır (URL-6).

GLPK, özellikle öğretim ve araştırma amaçları için çok uygun olan çok yönlü bir Karma Tam Sayı Doğrusal Programlama çözücüsüdür. Çözücünün performansı CPLEX, Gurobi, scip veya CBC'nin performansı ile eşleşemese de, bu çözücülerin birçoğundan daha uzun bir süreden beri geliştirilmekte olup büyük ölçekli araştırma ve uygulama problem durumlarında kendisini ispat etmiştir. Öte yandan GLPK ile gelen GNU MathProg söz konusu çözücüler için bir modelleme dili olarak kullanılabilir (URL-7).

GLPK, AMPL'nin bir alt kümesi olan kendi modelleme dili olan GNU MathProg dili (GMPL) ile birlikte gelmektedir. Modelleyiciler için birçok matematiksel programlama durumunu kolaylıkla ifade edebilecek yapıları barındırmaktadır. Ayrıca GLPK, GNU MathProg'da optimizasyon problemlerinin nasıl formüle edileceğine dair oldukça iyi bir genel bakış sağlayan birçok örnekle birlikte gelmektedir. GLPK, bir kitaplık olarak veya glpsol adı verilen bağımsız bir çözücü olarak kullanılabilir. Bu çözücü; mps ve cplex-lp gibi yaygın bir biçimde kabul edilen dosya formatlarını okuyabilir. Bunun yanı sıra model GNU MathProg'da oluşturulup mod ve dat uzantılı model ve veri dosyalarını doğrudan GLPK çözücüsüne göndermek suretiyle de modelleme ve çözme aşamaları sırasıyla gerçekleştirilebilir. GLPK çözücüsü bütün yaygın işletim sistemlerinde komut satırından çalıştırılabilir gibi Windows ortamı için geliştirilen GUSEK olarak bilinen grafik arabirime (GUI) sahip bir entegre geliştirme ortamı (IDE) da bulunmaktadır. (URL 6).

1.8. Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Deniz yolu taşımacılığı uzun mesafe kargo taşımacılık yöntemlerinden en önemlisidir. Uluslararası ticarete taşınan ürünlerin %85'i deniz yoluyla gerçekleştirilmektedir. Dünya üzerinde 90 binin üzerinde gemi ve 1,4 milyon gemi adamı bulunmaktadır. Bu gemilerin ve gemi adamlarının yönetimi için ortaya çıkan pazar yıllık 3 ila 5 milyar dolar arasında değişmektedir (Jahn vd., 2013). Ayrıca, deniz yolu taşımacılığı da operasyonel araştırmaların aktif bir araştırma alanıdır. Christiansen ve diğerleri, gemi dizaynı, layner ağ dizaynı, gemi rotalama ve çizelgeleme, hız seçimi, çevresel rotalama, gemi yükleme ve

gemi yönetimini içeren deniz taşımacılığında artan farklı operasyonel araştırmaları özetlemiştir (Christiansen ve diğ., 2007). Deniz işletmeciliğinde optimum filo planlaması ile alakalı olarak gerek ulusal gerekse uluslararası anlamda birçok çalışma ve yayın yapılmıştır. Optimum filo planlaması sadece deniz yolu taşımacılığı için değil aynı zamanda karayolu ve özellikle de havayolu taşımacılığı için de önemli bir planlamadır. Filo planlama ve optimizasyonu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Rana ve Vickson (1991) gemi rotalama problemi için gerçekleştirilen çalışmada karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama yaklaşımı çerçevesinde Lagranj (Lagrange) çarpanı yöntemi kullanılarak deniz ulaştırmasında kazanç maksimizasyonu gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. 5 farklı uğraklı liman için 3 adet geminin kullanıldığı çalışmada, liman talepleri, gemi kapasiteleri, gemilerin operasyon maliyetleri, gemilerin çalışma süreleri, yükleme boşaltma süreleri, sefer süreleri ve ilgili ulaştırmalara ait gelirler gibi verilerden yararlanılmıştır. Oldukça basit ve genel bir çerçevede kurulan senaryo kapsamında, her bir gemi için sefer programı oluşturulmuş ve sonuçlar tartışılmıştır. Sonuç olarak maksimum gelirin elde edildiği sefer programı belirlenmiştir.

Perakis ve Jaramillo (1991) liner taşımacılıkta optimal filo büyüklüğü, karması ve dağıtımı ile birlikte detaylı bir maliyet tahmini için doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Öncelikle bir tur sefer için ortaya konulan liman masrafları, kanal ve boğaz geçiş ücretleri, yakıt maliyetleri, bakım onarım maliyetleri, sigorta maliyetleri, yönetim giderleri, personel gideri ve diğer çeşitli giderlerin tanımlaması yapılması gerektiğini sonrasında da sefer maliyeti için seyir hızının ne olması gerektiği ile ilgili bir formül uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Powell ve Perakis (1997) filo atama ve konuşlandırma problemine yönelik yapılan çalışmada, tam sayılı doğrusal programlama ve doğrusal programlama modellerini kullanarak maliyet minimizasyonu hedefli sonuçlar ortaya koymuşlardır. Çalışmada 11 adet gemi ve 7 adet rota mevcuttur. Gemiler iki sınıfa ayrılmıştır. 6 adet gemi işletmenin kendi gemisi ve 5 tanesi de kiralık gemidir. Modelde kullanılan maliyet kalemleri operasyon maliyetleri (sefer ve liman maliyetleri) ve lay-up (bekleme) maliyetleri olarak belirlenmiştir. Çözümleme sonucunda işletmenin mevcut maliyetleri, geliştirilen tam sayılı doğrusal programlama modeli ile %1,5'lik bir iyileştirme sağlamıştır ve tüm seferler gerçekleştirilmiştir.

Xinlian ve diğerkleri (2000) denizcilik işletmelerinde filo planlama ve karar verme konusunda gerçekleştirdikleri bir çalışmada, dinamik modelleme ve algoritma kullanılarak 8 tip gemi 6 taşıma hattında kullanılmıştır. İlgili atamalar, maliyetler ve kapasiteler temelli gerçekleştirilmiştir. Mevcut 6 adet gemi ile başlayan ve 3 yıllık bir zaman dilimini kapsayan ulaştırma faaliyeti içerisinde, filoya katılması gereken 2 adet gemi modele dâhil edilmiş ve liman talepleri maliyet minimizasyonu temelli karşılanmaya çalışılmıştır. Modelde kullanılan değişkenler ve parametreler, gemilerin her bir hat için yıllık taşıyabileceği yük kapasitesi, yıllık işletme giderleri, lay-up maliyetleri, filoya katılması planlanan gemilerin satın alma maliyetleri, gerekirse filodan çıkacak gemilerin hurda değerleri şeklinde oluşturulmuştur.

Karaoğlan (2007), optimizasyon tekniklerini kullanarak tanker çizelgelemesi ve bununla ilgili yapmış olduğu bir uygulama çalışmasında bir denizcilik firmasına ait gemileri incelemiştir. Gemilerin daha optimal çizelgelemesinin nasıl yapılması gerektiğini ve kâr maksimizasyonunun nasıl sağlanabileceğini araştırmıştır. Çalışmada firmanın dört gemisinin olduğu ve her geminin ayrı limanlarda bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca taşınması gereken altı farklı kargo türünden bahsedilmiş ve bu kargoların farklı limanlara ulaştırılacağı belirtilmiştir. Her geminin farklı karakteristik yapıya sahip olduğu ve bu farklılıkların da firma için ulaştırma problemleri doğurduğu söylenmiştir. Firmanın ulaşım problemini optimize etmek için gemilerin, kargoların ve limanların özelliklerini göz önünde bulundurarak program belirlenmiş ve her programın maliyeti hesaplanmıştır. Firma için literatür ve optimizasyon paket programlar kullanılarak hesaplanan en optimal tanker çizelgelemesi çözümü geliştirilmiştir.

Yıldız (2008), düzenli hat taşımacılığı bir diğer adıyla layner taşımacılık için yapmış olduğu optimum filo planlaması modeli çalışmasında bir layner işletmesi açısından uzun dönemli filo planlaması stratejileri ve önemi konusunda bilgiler verilerek uzun dönemli ve belirli talep koşullarında talebi karşılayabilecek, gelecekte yapılacak filo yatırım, işletme ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değerini toplamda en aza indirecek dinamik bir yapıda iki aşamalı bir filo planlama modeli geliştirilmesini amaçlamıştır.

Üç aşamada derlediği çalışmasının birinci aşamasında tam sayılı karma doğrusal programlama ve dinamik programlama yöntemleri kullanarak, yatırım yapılabilecek farklı kapasitede farklı maliyetlerde bir gemi seti içerisinde, planlama dönemi boyunca oluşan yatırım, işletme ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değerini en aza indiren uygun

taşıma kapasitelerinde ve uygun sayıda gemilerden oluşacak bir filo yapısına ve daha önceden belirlenmiş güzergâhlar üzerindeki seferlerin yıllık sayısına karar verilmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise birinci aşamada oluşturulmuş olan uzun dönemli filo yapısı ve yıllık sefer sayıları dikkate alınarak gemiler güzergâhlara en az işletme maliyeti oluşacak şekilde atanmıştır. Bunun yanı sıra ikinci aşamada daha önce tahmin edilemeyen talepler nedeniyle artabilecek yıllık sefer sayılarını gerçekleştirebilmek için spot piyasadan kiralanacak en az işletme maliyetlerinde uygun gemi kapasitesi ve sayıları da belirlenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde geliştirilmiş olan bir filo planlama modelinin bir uygulaması yapılmıştır. Uygulamada bir işletmenin farklı başlangıç durumları göz önüne alınarak dört farklı senaryo geliştirilmiş ve sonuçları incelenmiştir. Daha sonra modelin geçerliliği tartışılmıştır.

Modelin çözümünde Microsoft Excel Tabloları ve Frontline Systems Firmasına ait Microsoft Excel Premium Solver Programı kullanılmıştır. Excel tablolarının kolay hazırlanması, Excel tablolarına uyumlu olması ve oldukça esnek bir yapıda olması sebebiyle Premium Solver optimizasyon eklentisi tercih edildiğini belirtmiştir.

Fagerhold ve diğerleri (2009), filo dağıtım problemi ile ilgili yaptıkları çalışmada filodaki mevcut gemilere en uygun seferleri tahsis etmek ve gemi rotalarını ve programlarını maliyetleri en aza indirecek veya karı maksimize edecek şekilde belirlemeyi amaçlamışlardır. Bunun için optimizasyon ile modelleme yaklaşımı kapsamında sezgisel yaklaşımlar (heuristic) ve karar destek sistemi uygulaması beraber kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Sezgisel yaklaşımları ve karar destek uygulamasını küresel bazda büyük bir Ro-Ro işletmesine ait veriler kullanılarak optimum sefer - gemi atamaları yük miktarları ve gemilerin sefere uygunluğu temelinde yapılmıştır. 4 – 6 aylık bir planlama ufkunda 55'ten fazla gemi ve 150 sefer ataması uygulanan sezgisel yaklaşımlarla çok kısa bir sürede çözülmüş ve manuel planlama ile elde edilen çözümlere kıyasla % 2-10 arasında bir iyileştirme yapıldığı görülmüştür. Buradaki iyileştirme sefer programlarının oluşturulmasında harcanan zaman ile ilgilidir.

Meng ve Mang (2010), Kısa vadeli layner gemi filo planlama problemleri için bir kısıtlama programlama modeli ile ilgili çalışmada tek bir konteyner nakliye şirketi için kargo sevkiyat talebi belirsizliği ile kısa vadeli bir Layner Gemi Filo Planlama (LSFP) sorunu ele alınmıştır. Kısa vadeli bir planlama ufkunda, bir konteyner gemisi nakliye şirketi (operatör) genellikle sabit güzergâhlarda düzenli tarifeli nakliye hizmetleri sağlar.

Filosunun toplam işletme maliyetini belirli bir hizmet seviyesinde tabi tutarak en aza indirmek için, şirketin gemi filo büyüklüğünü (gemi sayısı) ve filo türünü (gemi tiplerini), konuşlandırmayı (rotadan gemiye atama) ve rota hizmetini verilen kısa vadeli planlama ufkunun sıklığında belirlemişlerdir. Sunum amacıyla, bu optimal karar sorununu, kısa vadeli Layner Gemi Filo Planlama (LSFP) problemi olarak adlandırmışlardır.

Layner taşımacılık yapan denizcilik firmalarının Filo Büyüklüğü & Karışım Problemi (FB&KP), Filo Dağıtım Problemi (FDP), layner yükleme ağ tasarım problemi ve kargo rezervasyon gibi birbiriyle ilişkili karar alma problemleri vardır. Bu çalışmada FB & KP ve FDP ile kısa dönemli Layner Gemi Filo Planlaması birlikte incelenmiştir. Bir planlama ufku içinde, FB & KP, toplam işletme maliyetini en aza indirmek için, belirli bir rota seti için gerekli sefer aralıklarını, filo boyutunu ve karışımını belirlemeyi amaçlamışlardır. 8 ticaret yolu üzerinde işletilen 5 gemi sınıfından oluşan bir filo için bir yıllık bir planlama yapmışlardır. Gemi tipleri, kiralanan gemiler, yapılan sefer sayıları, gemilerin lay-upta kaldığı süreler ve rotalar üzerinde 3 farklı tablo değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda bu üç tablonun, güven parametresinin optimal filo büyüklüğü ve dağıtımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ima ettiğini belirtmişlerdir. Daha fazla hizmet seviyesinin sağlanması için daha fazla gemiye ihtiyaç duyulduğunu ve daha fazla maliyete katlanıldığını da tespit etmişlerdir.

Gelareh ve Meng (2010), denizyolu taşımacılığında kısa dönemli filo planlaması kapsamında tarifeli denizyolu taşımacılığı operasyonları için karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama modeli oluşturmuş ve model CPLEX programıyla tam sayılı doğrusal programlama şekline dönüştürülerek çözülmüştür. Araştırmada farklı kapasitelerdeki konteyner gemileri, farklı hatlara atanmış ve seyir hızları ve yakıt tüketimleri temelinde maliyetlerin düşürülmesi amaçlanmıştır. Seyir süreleri, hatların talepleri, gemilerin kapasiteleri, sefer maliyetleri, lay-up maliyetleri ve sefer sıklıkları gibi parametreler kullanılarak atamalara ilişkin karar değişkenleri oluşturulmuş ve gemi hat atamaları gerçekleştirilmiştir. 5 farklı yük kapasitesindeki gemi 3 farklı ana rota üzerinde yer alan 7-14 arasında değişen hatlarda taşıma yapmaktadır. İlgili matematik modelleme kullanılarak yük taleplerinin karşılanması, seyir hızı ve sefer tarifeleri senaryoları çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Talebin en yoğun olduğu hatlarda büyük-orta boy ve kapasitedeki gemilerin yüksek hızlarda seyir yaparak işletilmesi, 90 günlük kısa dönemli planlama kapsamında değerlendirilmiş ve modele göre en uygun çözümü vermiştir.

Meng ve arkadaşları (2012), yapmış oldukları bir diğer çalışmada, kısa dönemli filo planlama problemine olasılıklı (stokastik) tam sayılı doğrusal programlama yöntemiyle optimum çözüm aramışlardır. Lagranj çarpanı yaklaşımının da kullanıldığı çalışmada, belirsiz konteyner talebi ortamında Asya-Güneydoğu Asya-Avrupa-Amerika ve Okyanusya kıtalarında seçilmiş 36 liman, 8 rota ve 5 farklı özellikte 34 konteyner gemisi kullanılmıştır ve kâr maksimizasyonu hedeflenmiştir. Modelde kullanılan veriler, gemilere ilişkin özellikler ve maliyetler (yakıt tüketimi, yönetim giderleri, günlük operasyon maliyeti, liman masrafları, kanal ücretleri), limanlar ve hatlar arasındaki mesafeler, konteyner elleçleme masrafları ve gemi kiralama maliyetleri gibi maliyetlerden oluşmaktadır. Kullanılan 2 farklı çözüm yönteminin sonuçları karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

Meng ve arkadaşları (2013), konteyner rotalaması ve çizelgelemesi çalışmasında konteyner taşımacılığına yönelik son 30 yıldaki stratejik, taktiksel ve operasyonel planlama düzeyindeki rotalama ve çizelgeleme problemlerini ortaya koyan akademik çalışmalarını operasyon araştırma yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Bilgisayar üzerinden literatür taraması yaptıkları çalışmada stratejik planlama konusunda hız optimizasyonu, filo dağıtımı, transit süresi gibi konularda araştırmalar keşfetmişler ve bunları tablolar halinde sunmuşlardır.

Branchini (2013), liner seferler yapan birçok denizcilik şirketi tarafından orta vadeli ufukta gelirlerini arttırmak için opsiyonel spot seferler yapmaya çalışırken karşılaştıkları taktiksel planlama sorununu ele almıştır. Optimizasyon problemi, düğümleri sözleşme ve nokta seferlerini temsil eden yönlendirilmiş bir grafik üzerinde tanımlanan karma bir tam sayı programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Kârı maksimize etmek için verilen kararlar gemi adedi ve tipi, kontrat ve spot seferler ile gemilerin rotaları ve çizelgelerinin belirlenmesini içermektedir. Bir aday listesi ve bir elit ve çeşitli çözümler havuzu olan bir tabu arama algoritması, sorunun bir dizi referans örneğini çözmek için önerilmiştir. 6 farklı büyüklükte ve çeşitte gemi türünü farklı rotalara göre çizelgelemesi yapılmıştır. Tabu araştırması ile elde edilen sonuçlar, CPLEX çözücüsünün problemin karma tam sayı programlama formülasyonuna verdiği optimal çözümlerle karşılaştırılmıştır.

Meng ve diğerleri (2013) tarifeli denizyolu taşımacılığında konteyner taşımacılığına ilişkin yapılan çalışmada ileri doğrusal programlama ve olasılıklı modelleme yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmada hem konteyner talep tahminlemesi hem de ilgili taleplerin filo ve rotalar temelinde optimum ulaşım modeli ele alınmış kar maksimizasyonunu

hedeflemişlerdir. Talep öngörüsü yapılan 3 yıl için çeşitli özelliklerdeki 5 tipteki 27 adet gemi ve 36 liman ve 8 adet uğraklı hatta taşımalar gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veriler, her hattın ve limanlar arası mesafenin uzunluğu, gemilere ait hız, kapasite, sefer maliyetleri, lay-up maliyetleri, gemilerin kiralama ve alım satım fiyatları gibi maliyetlerdir. Tarifeli denizyolu taşımacılığı kapsamında, gemiler ve sayılarının planlaması konusunda yapılan çalışmada, belli sayıda gemiden oluşan bir konteyner filosu ile belli bir süre zarfı içinde en fazla sefer sayısının gerçekleştirilmesi matematiksel modelleme yaklaşımıyla karma tam sayılı programlama modeliyle incelenmiştir.

Al-Yakoob ve Sherali (2013), karma tam sayılı programlama yöntemi çerçevesinde sütun oluşturma yaklaşımı kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, çoklu kaynaklardan çoklu hedeflere farklı özelliklerdeki gemiler ile Kuveyt'te faaliyet gösteren bir işletmenin ham petrol taşımacılığı için bir model oluşturulmuştur. Maliyet minimizasyonu hedeflenen çalışmada, kiralık gemiler ile sahip olunan gemilere ilişkin veriler, operasyon maliyetleri, bakım onarım maliyetleri, kapasiteler, ceza maliyetleri gibi verilerden yararlanılmış ve oluşturulan matematiksel model, CPLEX yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Çözüm için oluşturulan 14 adet test problemi söz konusudur. Bu test problemlerinden 8 adedi, maliyetlerde % 19-32 arasında bir iyileştirme gerçekleştirmiştir.

Şeremet (2014) havayolu kargo taşımacılığı ile ilgili optimizasyon çalışmasında öncelikli olarak tek-bacaklı uçuşlar için teklif-fiyat mekanizması üreten bir model üzerine çalışılmıştır. Bu kapsamda geliştirilen model, gelen bir talebin kabul edildiği durumda elde edilecek olan kâr oranı teklif-fiyat politikası ile belirlenmiş olan fırsat maliyetini aşarsa gelen talebin otomatik olarak kabul edilmesi üzerine kurulmuştur. Bu bağlamda, her zaman biriminde farklı olarak ayarlanabilen dinamik alışı-fiyatlarını hesaplamak için Karışık Tam sayılı Doğrusal Olmayan Programlama geliştirilerek dinamik bir ortamda çözülmüştür. Kalkış saatine yakın zamanda ulaşan rezervasyonların daha acil olduğu varsayılır ve bu tip rezervasyonlar için teklif-fiyatları diğer rezervasyonlardan daha yüksek tahsil edilerek hesaplanır. Ancak uçağın kalkış saatine yakın zamanda ulaşan bazı rezervasyonların ücretlendirilmesi, uçağın gereğinden az kapasite ile kalkmasını önlemek amacıyla normal rezervasyon teklif-fiyatlarıyla yapılabilir. Bu modelden elde edilen sonuçlar, tüm karar periyodu boyunca bir kez hesaplanan statik teklif-fiyatları ve önce gelen önce sunulur politikası uygulanarak elde edilen sonuçlar ile kararlılık açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre uçuşun daha az yük ile gerçekleşmesi ihtimaline karşılık ilk dönemlerde gelen taleplerin kabul edilmesi daha olasıdır. Ancak fiyatların uçakların kalkış saatine

yakın gelen teklifler daha yüksek olduğu için son dakika rezervasyonları için de kapasitenin bir kısmı boş bırakılabilmektedir. Karşılaştırma problemleri ile optimal gelir yönetimi modelinin bir kısmı, statik model ve First Come First Served (FCFS) ilkesi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, dinamik model, statik modele ve FCFS'ye göre % 30 daha yüksek gelire kıyasla yaklaşık % 2,6 daha yüksek gelir elde edilmektedir.

Ro-Ro taşımacılığına yönelik çalışmada Çakalöz (2015), Türkiye'deki Ro-Ro Taşımacılığı üzerine bir analiz yapmış ve optimum filo planlamasının nasıl olması gerektiği konusunda bir tez sunmuştur. Gemi işletmeciliğinde filo optimizasyonuna yönelik yapmış olduğu çalışmada makro açıdan gerçekleştirilen ve Türk dış ticaretine konu olan tüm Ro-Ro hatlarını ve gemilerini analiz etmiştir. Çakalöz çalışmada optimizasyon tekniklerinden olan ve ulaştırma alanında sıklıkla kullanılan matematiksel modelleme yöntemlerinden 0-1 karma tam sayılı doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve maliyet minimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında Türk dış ticaretinde Ro-Ro taşımacılığı ele alınmış ve bununla ilgili bir analiz ortaya konulmuştur. Limanlar, hatlar, hatlara ilişkin kapasiteler ve mevcut filoya ait veriler araştırmalar sonunda derlenmiş ve bu veriler matematiksel model için kullanılmıştır. Mevcut duruma ilişkin taşıma işlemlerinde maliyet minimizasyonu hedefli bir matematiksel model oluşturulmuş.

Fischer ve arkadaşları (2016), Ro-Ro liner taşımacılıkta zorlu planlama ve aksaklık yönetimi ile ilgili yaptıkları çalışmada Ro-Ro segmentindeki en güçlü firmalardan birini ele almışlardır. Firmanın planlama sürecini stratejik, taktiksel ve operasyonel süreçler olarak bölmüşlerdir. Stratejik düzeyde hangi ticaret yollarının hizmet vermesi gerektiğine dair kararlar, bu ticaret yolları üzerindeki hizmet sıklığı ve filonun bileşimi ele alınmıştır. Buna karar verildiğinde, şirket, her bir geminin bir dizi ticaret yoluna hizmet vermek üzere tayin edildiği taktik seviyesinde bir filo dağıtım problemiyle (FDP) karşı karşıya kalırken, sıklık şartlarını hesaba katmışlardır. Son olarak, operasyonel seviyede, gemilerde istifleme ile ilgili kararlar, hava durumu yönlendirme ve dağıtım yönetimi ele alınmıştır.

Fischer ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bu çalışmada, operasyonel düzensizliklerin etkisini en aza indirmek için, FDP'ne taktik düzeyde sağlam çözümler üretmeye odaklanılmıştır. Ek olarak, mevcut planı istenmeyen hale getiren bir bozulma meydana geldiğinde kullanılacak kurtarma stratejileri üzerinde çalışılmıştır. Şirketin karşı karşıya kaldığı FDP, birkaç aydan bir yıla kadar uzanan bir planlama ufku sırasında ticaret seferlerine ticaret gemilerine en uygun şekilde tek tek gemiler tahsis etmek olarak tanımlanmıştır.

Bir Ro-Ro gemisi nakliye şirketinin filo dağıtım planlamasında sağlamlık ve aksaklıkların üstesinden gelmek için bir dizi strateji sunulmuştur. Problemin yeni bir matematiksel modeli ile ortaya çıkan planın aksamalara karşı daha az savunmasız olmasını sağlayan bir dizi sağlam planlama stratejisi önerilmiştir. Problemin gerçek hayattaki örneklerini çözmek için bir yatay ufuk sezgisi sunulmuştur. Sağlamlık stratejilerinin etkisini test etmek için bir hesaplama çalışması yapılmıştır. Önerilen sağlamlık stratejilerinin etkisini test etmek için, aksaklıkları uygulamaya koyarken bir filo dağıtım planının uygulaması simüle edilmiştir. Hesaplamalı sonuçlar, sağlamlık stratejilerinin hiçbirinin, filo dağıtımının planlanan maliyetlerine tek başına %5'ten daha fazla ilave olmadığını göstermektedir. Ancak, planların yürütülmesi simüle edildiğinde, sonuçlar, sağlamlık stratejilerini hız ayarlamalarıyla birleştirirken, maliyetlerin önemli ölçüde daha düşük, bazen de % 7'ye kadar düştüğünü ve toplam gecikme sürelerinin % 61'e kadar azaldığını göstermektedir. Yeniden planlama prosedürü de dâhil edildiğinde, kesintilerin etkisi maliyetlerde yaklaşık % 0,4 ve toplam gecikmelerde % 13 daha da azaltılabildiği ortaya konmuştur (Fischer vd, 2016).

Fancello ve arkadaşları (2019) bir Ro-Ro gemi filosunda filo gemi çizelgelemesi sorunu üzerine çalışma yapmışlardır. Bu sorunun özellikle mevcut denizcilik işletmeleri için sıklıkla ele alındığını belirtmişlerdir. Problemi, Tiren bölgesindeki tüm denizcilik ağının performansını artırmak için mevcut bağlantıları yeniden planlayarak ada ve çevre bölgelerin gelişimi için temel ulaşım hizmetlerini iyileştirme ihtiyacına cevap vermek olarak belirlemişlerdir. Mevcut literatürle ilgili olarak, bu çalışmanın sunduğu ana yeniliği, hem sefer ağında harcanan zamanın hem de maliyetin dikkate alındığı hiyerarşik bir işlevi optimize etmek için iki amaçlı bir işlevin benimsenmesiyle ilgili olduğunu açıklamışlardır. İki farklı hedefin hiyerarşik olarak ele alınmasına izin veren, sefer sürelerinin ve taşıma tarifesinin minimizasyonu gibi iki tek hedefin ağırlıklı toplamından oluşan bir amaç fonksiyonu geliştirmiştir. Çalışmada esnek ve alternatif ağ ayarlarını araştırmak için kolayca genişletilebilen bir Karma Tam sayılı Programlama modeli önerilmiştir. Uygulamada, Cagliari, Cenova, Leghorn ve Palermo gibi dört bölgenin dört çekirdek liman arasındaki deniz bağlantılarının optimizasyonu üzerine bir çalışma yapılmıştır. Maliyet minimizasyonun hedeflendiği çalışma sonucunda bu dört limanın 2013-2016 yıllarındaki karşılıklı trafik hacimleri ele alınmıştır. Ortalama sefer süreleri ve ortalama tarifeleri hem mevcut durum hem de optimizasyon gerçekleştirilerek iki senaryo halinde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak birinci senaryo ve ikinci senaryo karşılaştırıldığında

mevcut durum ve optimizasyon senaryosu arasında minimum tarife kriteri kullanıldığında -%38 (-17 saat), minimum zaman kriteri kullanılarak -%41 (-17 saat) iyileştirme sağlanmıştır. Uygulamada zaman kriteri tarife kriterinden daha fazla iyileştirme sağlandığı görülmüştür. Aslında, minimum süre kriterinin kullanılması, iki senaryoda aynı ortalama tarifeyi vermiştir. Buna karşın, ortalama seyahat süresi çok farklı görünmekte, bu da akıllı ve koordineli bir zamanlama planının faydalarını doğrulamış bulunmaktadır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmanın Aşamaları

Denizyolu taşımacılık şirketlerinin filo yöneticileri talep daralması yaşandığı dönemlerde aşırı kapasite sebebiyle hangi gemilerini serviste tutup hangi gemilerini seferden çekeceklerine karar vermek zorunda kalmaktadır (Perakis ve Papadakis, 1987). Yöneticiler alacakları kararlarda genelde kişisel tecrübelerinden faydalanmaktadır. Filolarındaki gemi sayısı az olan şirketler için analitik yöntemler kullanmadan, tecrübelerle alınan kararlar kolay olmakla beraber, gemi ve hat sayısı arttıkça filo planlaması çok daha karmaşık faktörler oluşturarak problemlerin çözümü zorlaşmaktadır (Cho ve Perakis, 1996).

Özellikle yük işlem ve operasyonlarında yüklerin, tüm kısıtları sağlayacak uygun gemiye atanması sırasında karmaşık operasyonel problemler ortaya çıkmaktadır. Sağlanması gerekli kısıtlar, yükün zaman çizelgesi, gemi taşıma kapasitesi, limanların gemilerin draft ve boylarına uygunluğu şeklinde sıralanabilmektedir. Büyük layner şirketlerin dışındaki orta ölçekli az sayıda şirket, optimizasyon temelli analitik karar destek sistemleri kullanmaktadır. Şirketlerin çoğu halen kalem, kağıt ve ofis programları ile problemlerini çözmeye çalışmaktadırlar (Fagerholt, 2002).

Denizyolu taşımacılığında filo planlaması ve optimizasyon ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak maliyet minimizasyonu üzerine olmakla birlikte kâr maksimizasyonuna yönelik de çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemler ve alınması gereken temel karar durumları genelde sefer programlama, rotalama, filo konuşlama, filo boyutu ve karması şeklinde oluşmaktadır. Bu temel karar durumlarını araştırırken kullanılan yöntemlere baktığımızda ise tam sayılı programlama, doğrusal programlama, karma tam sayılı programlama, dinamik programlama, doğrusal olmayan programlama yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Optimizasyon çalışmalarında seçilecek matematiksel program oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra seçeceğimiz program amaç fonksiyonuna uygun olmalıdır. Daha önce

yapılan çalışmalar ya maliyet minimizasyonu ya da kâr maksimizasyonu amaçlanarak yapılmıştır.

Bu çalışma 4 aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında problem tanımlanmıştır. Karadeniz Bölgesi'nde Ro-Ro taşımacılığının Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dağılmasıyla birlikte yükselişe geçtiği görülmektedir. Karşılıklı artan ticaret hacmi bunda etkili olmuştur. Özellikle narenciye ürünlerinin çok yoğun bir şekilde Türkiye tarafından ihraç edilmesi Ro-Ro trafiğinin de mevsimsel olarak yoğunluk yaşamasına neden olmaktadır. Filodaki gemilerin yılın belirli döneminde neredeyse tam kapasite çalışmasına rağmen diğer dönemlerde neredeyse üçte bir hatta daha düşük oranda çalıştığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da gemilerin bir kısmı çalıştırılmamakta, limanda bekletilmektedir. Şirket yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda filonun etkin ve verimli çalıştırılmadığı, bunun sonucunda da şirketin yıllık gelirinin olması gerekenden daha az olduğu izlenimi elde edilmiştir.

Deniz taşımacılığı şirketleri filolarında bulunan gemileri ya kendileri çalıştırmakta ya da seferlik veya uzun dönemli kiralama yöntemleriyle başka şirketlere kiralamaktadırlar. Burada amaç filodaki gemilerin boşta beklemesini engellemek ve daha fazla gelir dolayısıyla daha fazla kâr elde etmektir. Şirketin muhasebe ve kiralama departmanlarından elde edilen verilerle Microsoft EXCEL[®] programında veri tabloları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri tabloları, gemilere ait yaş, yakıt tüketimi, kapasite, günlük işletme maliyetleri, kiralama oranları, yıllık kiralama bilgileri, amortisman bilgileri, limanda bekletme maliyetleri, 2018 yılına ait yük taşıma ve elde edilen gelir bilgileri, 2014-2018 yılları arasındaki taşıdıkları araç adetleri vb. bilgileri içermektedir. Oluşturulan bu veri tablolarıyla amaç elde edilen gelir ve giderin analizini yapmaktır. Çalışmanın ikinci aşamasında gemilere ve taşımalara ait verilere ulaşıldıktan sonra gemilerin şirket tarafından çalıştırıldıklarında elde edilen gelir bilgileri ve gemilerin kiralandıkları zaman elde edilen gelir bilgilerine de ulaşılmıştır.

Bir olay, bir durum, gerçek hayatta yaşanan problemler veya olaylar arasındaki ilişkileri matematiksel olarak ortaya konulması ve ifade edilmesi matematiksel model olarak tanımlanmaktadır (Verschaffel ve diğerleri, 2002). Gerçek hayatta matematik dışında kalan olaylar veya problemler matematiksel olarak ele alınmakta ve problem bir modelleme ortaya konularak çözülmeye çalışılmaktadır. Çalışmanın üçüncü aşamasında tanımlanmış olan problemin matematiksel modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel modelde temsil edilen simgeler ve açıklamalar, parametreler, değişkenler,

modelin kısıtları, modelin varsayımları belirlenmiş ve modelin çözülmesi için ön hazırlık yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son aşamasında ise A Mathematical Programming Language (AMPL) matematik programlama dilinde oluşturulan model, GNU Doğrusal Programlama Kiti (GLPK) karma tam-sayıli program çözücüsü ile de çözülmüştür. Daha sonra ortaya çıkan sonuçlar tartışılmış ve öneriler yapılmıştır.

2.2. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması

Çalışmada yapılacak uygulamada Karadeniz’de Ro-Ro taşımacılığı yapan yerel bir gemi işletme şirketi ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Şirketin ismi talep üzerine çalışmada belirtilmemiş ve bu konuda gerekli hassasiyet gözetilmiştir. Uygulama yapılan şirketten veriler yüz yüze görüşmeler sonucunda muhasebe ve kiralama departmanlarından alınmış ve çalışmada kullanılmıştır. Uygulama yapılan şirketin bünyesinde 2018 yılının ortalarına kadar 10 adet gemi bulunurken daha sonra 2 gemi satılmış ve toplam gemi adetleri 8’e düşmüştür. Bu gemilerden 1 tanesi konteyner gemisi, diğer 7 gemi ise Ro-Ro gemisidir. Mevcut 7 Ro-Ro gemisinden 1 tanesi Akdeniz’de, konteyner gemisi ise Mersin-Haifa arasında seferler yapmaktadır. İkinci varsayımda da belirtildiği gibi, model Karadeniz’de Samsun Limanı’nda faaliyet gösteren 6 adet Ro-Ro gemisinin operasyonel planı kapsamında geliştirilmiştir.

Firma Samsun’dan Rusya limanlarına daha çok narenciye, sebze ve meyve taşımaları yapmaktadır. Bu taşımalar mevsimsel taşımalar olduğu için de yoğunluk belli dönemlerde olmaktadır. Özellikle ekim ayı ortalarından ocak ayı ortalarına kadar narenciye taşımacılığında yoğunluk yaşanmaktadır. Yaklaşık üç ay süren bu dönemde gemiler neredeyse tam kapasite çalışmakta diğer aylarda ise gemilerin bir kısmı kiraya verilmekte, kiraya verilmeyen gemiler ise limanda bekletilmektedir. Firmadan alınan veriler çerçevesinde son iki yıla ait kiralama durumlarına bakıldığında filodaki gemiler daha çok Akdeniz ve Karadeniz Bölgesi’nde kiralanmaktadır. Gemilerin kiralanma talepleri daha çok Arabistan Körfezi ve Akdeniz limanlarından gelmektedir. Kiracılar gemileri genelde kısa dönemli kiralamakta, uzun dönemli kiralama yapmak istediklerinde ise firmanın yoğun geçen üç aylık dönemi buna engel olmaktadır. Geri kalan dokuz ayda firma gemilerinin kullanımı konusunda problemler yaşamakta gemilerden maksimum kârı elde

edememektedir. Bu problemlerin temel nedenlerinden biri de gemilerin yıl içerisinde filo planlamasının yapılmamasıdır.

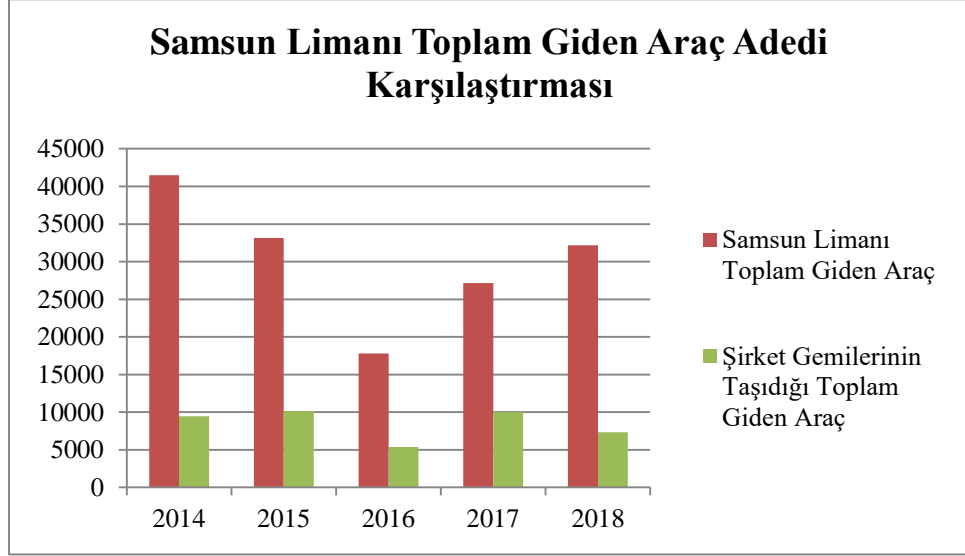
2.3. Uygulama Yapılan İşletmenin Taşıma Hizmeti Süreci ve Aşamaları

Çalışmada filo planlaması için ele alınan, “i” sembolü ile gösterilen gemilerin 2014-2018 yılları arasında Samsun Limanı çıkışlı taşıdıkları araç adetleri Tablo 4’te verilmiştir. 2014 ve 2015 yıllarında yükseliş eğiliminde olan araç taşıma adedi 2015 sonunda Rusya ile yaşanan uçak düşürme krizi nedeniyle 2016 yılını çok büyük bir kayıpla geçirmiştir. 2017 yılında toparlanma görülse de 2018 yılında yeniden düşüş eğilimine girildiği tespit edilmiştir.

Tablo 4. Gemilerin 2014-2018 yılları arasında Samsun çıkışlı taşıdıkları araç adetleri (Samsun Liman Başkanlığı, 2019)

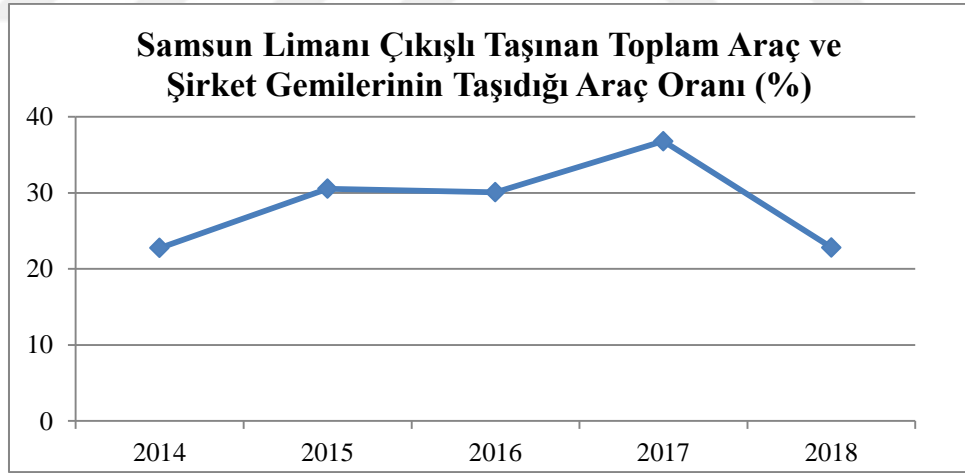
Yıllar	i1	i2	i3	i4	i5	i6	Toplam
2014	483	904	1981	1467	2468	2150	9453
2015	1620	2186	858	2564	1990	910	10128
2016	324	1440	1607	594	379	1013	5357
2017	1490	1831	2800	2083	768	1023	9995
2018	1115	1956	1559	1857	208	651	7346
Toplam	5032	8317	8805	8565	5813	5747	42279

Şekil 16’da verilen bilgilerde ise 2014-2018 yılları arasında Samsun Limanı çıkışlı şirket gemilerinin ve bütün gemilerin araç taşımalarına ait karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 16. Samsun Limanı toplam giden araç karşılaştırması (UAB, 2019)

Çalışmada yer alan firma gemilerinin 2014-2018 yılları arasındaki Samsun Limanı'ndan çıkışlı araç taşıma adedi ile Samsun Limanı'ndan çıkışlı toplam taşınan araç oranları Şekil 17'de verilmiştir. Şirketin çalışmada yer alan gemilerinin taşıdığı araç oranları 2017 yılında %35'in üzerindeyken bu oran 2018 yılında %21'e kadar gerilemiştir.



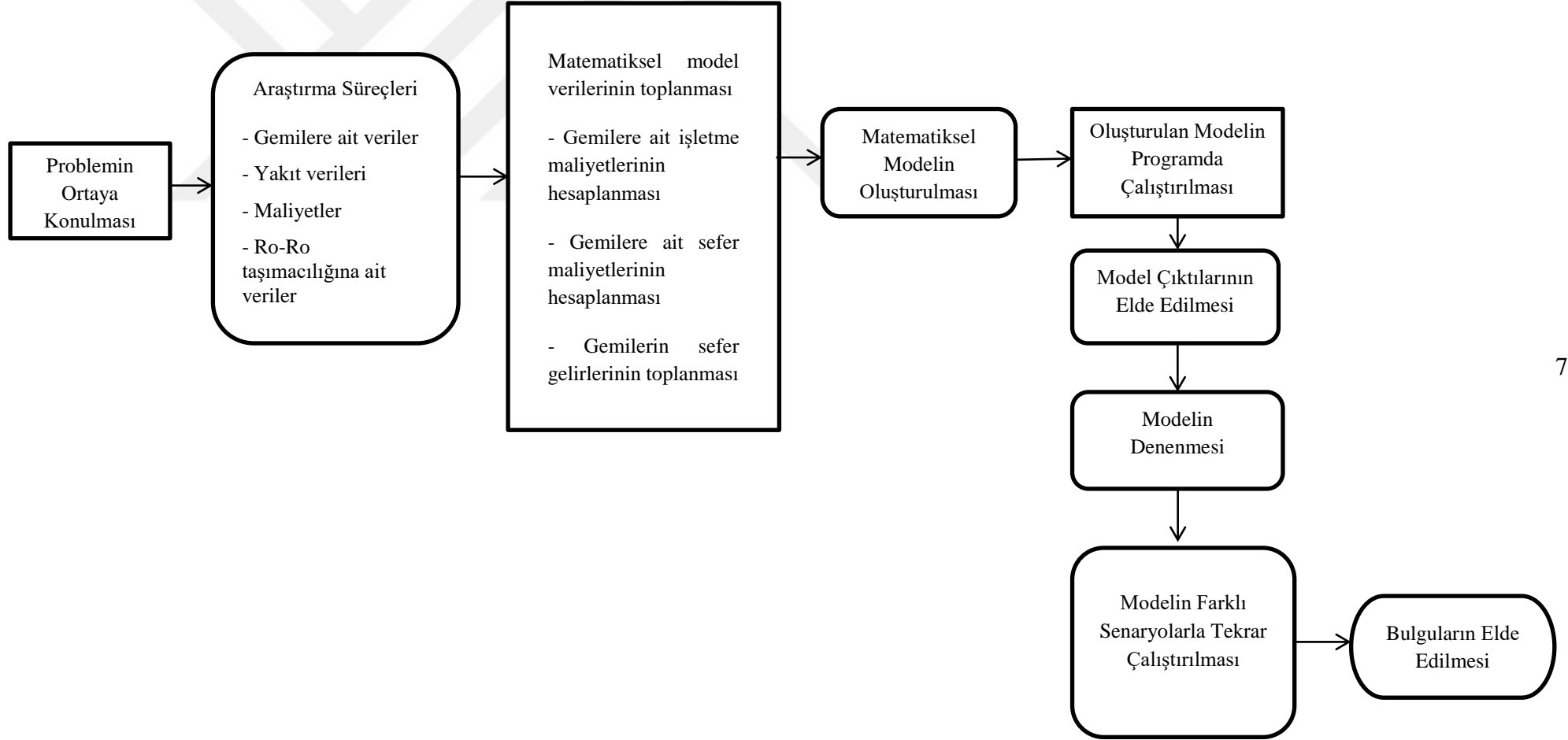
Şekil 17. Samsun Limanı çıkışlı taşınan toplam araç ile şirket gemilerinin taşıdığı araç oranı (UAB, 2019)

2.4. Uygulama Yapılan İşletme İçin Model Oluşturulması

Çalışmada daha önce yapılan araştırmaların farklı kaynaklardan incelenmesinin yanı sıra şirket çalışanları, sektördeki uzman görüşleri de değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında oluşturulan matematiksel model karma tam sayılı doğrusal

programlama modelidir ve modelde gelir maksimizasyonu hedeflenmiştir. Veri setinde, şirketin bünyesinde bulunan gemilerin işletme ve sefer maliyetleri, teknik özellikleri, 2018 yılında yaptıkları seferler sonucunda elde ettikleri gelirler ve 2018 yılı yakıt fiyatları gibi veriler kullanılmıştır. Araştırmanın matematiksel modelinde izlenen yöntem Şekil 18’de verilmiştir. Araştırmanın süreçlerinin belirtildiği yöntemde öncelikle problem ortaya konulmuştur. Daha sonra araştırma süreçlerinde veriler elde edilmiş, bu veriler matematiksel model verileri haline dönüştürülerek nitel araştırma süreçlerini meydana getirmiştir. Matematiksel modelin oluşturulması ve sonraki aşamada filo planlaması sonrasında kar maksimizasyonunun elde edildiği uygulama kısmı nicel araştırma sürecini meydana getirmiştir.





Şekil 18. Matematiksel modelde izlenen yöntem

2.5. Uygulama Yapılan İşletmede Maliyetlerin Hesaplanması

Gemiler bir haftadan beş aya kadar farklı dönemlerde farklı zaman aralıklarında kiralanmaktadır. Herhangi bir planlamanın olmayışı gemilerin daha etkin ve verimli çalıştırılmasını engellemektedir. Filodaki konteyner gemisinin ortalama günlük işletme maliyeti 1700 USD iken diğer Ro-Ro gemilerinin ortalama günlük işletme maliyetleri ise 1900 USD - 2200 USD arasında değişmektedir. Gemilerin firmanın yoğun olduğu Ekim-Ocak dönemi dışında çalıştırılmadıkları ve limanda bekletildikleri her gün ortalama 1400 USD gibi bir işletme maliyeti ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık gemilerin günlük zaman esaslı kiralama (T/C) bedelleri ise 4200 USD ile 4750 USD arasında değişmektedir.

Tablo 5. Gemilerin özellikleri ve işletme maliyetleri (USD)

Gemilerin Özellikleri ve İşletme Maliyetleri	i1	i2	i3	i4	i5	i6
Tır / Yarı Römork / Dorse Kapasitesi	81	81	66	66	54	54
Sigorta (\$ / yıl)	40000	40000	35000	35000	30000	30000
Kumanya (\$ / yıl)	71.000	71.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Amortisman (\$ /yıl)	177.600	177.600	133.200	133.200	111.000	111.000
Personel (\$ / yıl)	379.400	379.400	361.800	361.800	357.500	357.500
Tamir-Bakım-Tutum (\$ / yıl)	135.000	135.000	130.000	130.000	125.000	125.000
İşletme Maliyeti (\$ /gün)	2.200	2.200	2.000	2.000	1.900	1.900
Hız (knot / saat)	10	10	11	11	11	11
Seyirde Yakıt Tüketimi (ton /saat)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4
Limanda Yakıt Tüketimi (ton/saat)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Gemilerin Mali Değeri \$	3.200.000	3.200.000	2.400.000	2.400.000	2.000.000	2.000.000

Gemilerin günlük işletme maliyetleri hesaplanırken farklı maliyet kalemleri değerlendirilerek bir sonuca ulaşılmaktadır. Bu maliyet kalemleri de şirket yetkilileri ile yapılan yüz yüze müzakereler sonucunda elde edilmiş olan sabit maliyetlerdir. Bu maliyetler sigorta, personel, kumanya, amortisman ve tamir-bakım-tutum maliyetleridir. Gemilerin günlük işletme maliyeti Tablo 5'te verilen maliyetlerin toplamının 365'e

bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Tablo 5' te verilen değerler şirket yetkililerin vermiş olduğu değerler olup amortisman dışında kalan işletme maliyetlerinde herhangi bir hesaplama yoluna gidilmemiştir.

Yapılan çalışmada ortaya konan matematiksel model her ne kadar kâr maksimizasyonu üzerinden olsa da oluşan maliyetin düşürülmesi de kârın maksimize edilebilmesi için önem arz etmektedir. Oluşturulan matematiksel modelde kâr maksimizasyonu haftalık bazda değerlendirildiği için oluşan günlük maliyetler 7 ile çarpılarak haftalık olarak hesaplanmıştır. Günlük işletme maliyetleri içerisinde yer alan amortisman maliyeti kalemi hesaplanırken normal amortisman yöntemi kullanılmıştır. Normal amortisman maddi duran varlığın amortismanına tabi değerinin yani maliyetinin o varlığın yararlı yani ekonomik ömrüne bölünmesi ile bulunur. Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu Vergi Usul Kanunu Genel Tebliğince gemiler için belirlenen ekonomik ömür 18 yıldır.

Gemiler için en büyük maliyetler kalemlerinden biri de yakıt maliyetleridir. Ronen (2011), Golias ve diğerleri (2009) ve Notteboom (2006)'e göre gemilerin yakıt maliyetleri genel olarak toplam işletme maliyetinin %50'sini oluşturmakta hatta bu oran bazen %75'i de geçmektedir. Yakıt fiyatlarının değişkenliği ya da gemilerin hızına bağlı olarak yakıt tüketimindeki küçük değişiklikler gemilerin yakıt maliyetlerinde daha büyük değişikliklere sebep olabilmektedir (Wang ve diğerleri, 2019). Gemiler gerek seyir sırasında gerekse liman operasyonlarında iki farklı yakıt tüketimi gerçekleştirmektedir. Bu yakıtlar IFO 180 ve IFO 380 tipi yakıtlar olarak adlandırılmakta ve bu yakıtlarda farklı fiyat politikası uygulanmaktaydı. Fakat Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Deniz Çevresini Koruma Komitesi'nin (MEPC) 280(70) sayılı kararı ile gemilerde kullanılacak yakıtın kükürt içeriğinin en fazla %0,5 olması belirlenmiş ve bu karar 01.01.2020 tarihi itibarıyla de uygulanmaya başlanmıştır. Modelimizde ele aldığımız şirket gemilerinde ise yakıt olarak Marine Gas Oil (MGO) tipi yakıt tercih edilmektedir. Şirket kısa ve orta vadede maliyeti artıran fakat uzun vadede hem ağır bakımlar hem de IFO'nun çıkaracağı diğer masraflar sebebiyle gemilerinde MGO tipi yakıt kullanmayı tercih etmiştir. Dolayısıyla modelimizde gemilerin gerek seyir halinde gerek limanlarda kullanacakları yakıt MGO tipi yakıt olarak belirlenmiştir. Gemilere yakıt tedariki sağlayan uluslararası bir bunker firmasından alınan MGO tipi yakıtın 2018 yılındaki haftalık kapanış fiyatları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. 2018 yılı MGO fiyatları (USD)

Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat
1	640	14	639	27	696	40	776
2	656	15	668	28	675	41	751
3	640	16	680	29	672	42	752
4	650	17	690	30	690	43	740
5	643	18	672	31	680	44	722
6	600	19	703	32	679	45	710
7	598	20	725	33	690	46	685
8	612	21	712	34	710	47	658
9	607	22	702	35	724	48	643
10	602	23	698	36	725	49	638
11	600	24	687	37	719	50	612
12	644	25	670	38	728	51	586
13	647	26	694	39	754	52	583

Firmanın gemilerine ait hem seyir esnasında hem de liman operasyonları sırasında tükettikleri yakıt miktarları Tablo 5’te verilmişti. Firma gemileri, seferlerini ağırlıklı olarak Rusya’nın Gelendzhik limanına düzenlemekte ve bu limanın Samsun Limanı’na uzaklığı 210 deniz mili mesafededir. Gemilerin seyir süresi alınan hız verileri doğrultusunda hesaplanmış ve buna göre gemilerin seyir süresi i1 ve i2 gemileri için 21 saat diğer gemiler için 19 saat olarak belirlenmiştir. Gemilerin atama planı haftalık olarak değerlendirildiği için seyir süresi dışında kalan süreler liman süreleri, bekleme, sıkışıklık vb. süreler olarak hesaplanmıştır. Liman süreleri gemilerin kapasitelerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. i1 ve i2 gemileri için 35 saat, i3 ve i4 gemileri için 32 saat, i5 ve i6 gemileri için ise 30 saat olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra gemiler yükleme veya tahliye bitirdikten hemen sonra seyre başlayacaklardır. Bu bilgilere göre gemilerin haftalık yakıt maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama gemilerin seferleri gidiş-geliş olarak ele alınmış ve hesaplamada $2C_{bit}$ olarak kullanılmıştır. Böylelikle C_{bit} ilgili geminin ilgili hafta tek yön sefer sonucu ortaya çıkan yakıt maliyetini içermektedir.

$$C_{bit} = [(i_{ss} \times i_{syt}) + (i_{ls} \times i_{lyt})] \times t_{byf}$$

Burada;

C_{bit} = i gemisinin t haftasındaki yakıt maliyeti

i_{ss} = i gemisinin seyir süresi

i_{syt} = i gemisinin seyirdeki yakıt tüketimini ($ton/saat$)

$i_l s$ = i gemisinin limanda bekleme süresi

i_{lyt} = i gemisinin limandaki yakıt tüketimi (*ton/saat*)

t_{byf} = t haftasında MGO fiyatlarını (*ton/\$*) temsil etmektedir.

Yukarıda verilen formülün hesaplanması sonucunda her bir gemi için 2018 yılına ait ortaya çıkan haftalık yakıt maliyeti Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık yakıt maliyetleri (USD)

Hafta	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	15322	15322	13440	13440	12224	12224
2. Hafta	15705	15705	13776	13776	12530	12530
3. Hafta	15322	15322	13440	13440	12224	12224
4. Hafta	15561	15561	13650	13650	12415	12415
5. Hafta	15393	15393	13503	13503	12281	12281
6. Hafta	14364	14364	12600	12600	11460	11460
7. Hafta	14316	14316	12558	12558	11422	11422
8. Hafta	14651	14651	12852	12852	11689	11689
9. Hafta	14532	14532	12747	12747	11594	11594
10. Hafta	14412	14412	12642	12642	11498	11498
11. Hafta	14364	14364	12600	12600	11460	11460
12. Hafta	15417	15417	13524	13524	12300	12300
13. Hafta	15489	15489	13587	13587	12358	12358
14. Hafta	15298	15298	13419	13419	12205	12205
15. Hafta	15992	15992	14028	14028	12759	12759
16. Hafta	16279	16279	14280	14280	12988	12988
17. Hafta	16519	16519	14490	14490	13179	13179
18. Hafta	16088	16088	14112	14112	12835	12835
19. Hafta	16830	16830	14763	14763	13427	13427
20. Hafta	17357	17357	15225	15225	13848	13848
21. Hafta	17045	17045	14952	14952	13599	13599
22. Hafta	16806	16806	14742	14742	13408	13408
23. Hafta	16710	16710	14658	14658	13332	13332
24. Hafta	16447	16447	14427	14427	13122	13122
25. Hafta	16040	16040	14070	14070	12797	12797
26. Hafta	16614	16614	14574	14574	13255	13255
27. Hafta	16662	16662	14616	14616	13294	13294
28. Hafta	16160	16160	14175	14175	12893	12893
29. Hafta	16088	16088	14112	14112	12835	12835
30. Hafta	16519	16519	14490	14490	13179	13179
31. Hafta	16279	16279	14280	14280	12988	12988
32. Hafta	16255	16255	14259	14259	12969	12969
33. Hafta	16519	16519	14490	14490	13179	13179
34. Hafta	16997	16997	14910	14910	13561	13561
35. Hafta	17333	17333	15204	15204	13828	13828
36. Hafta	17357	17357	15225	15225	13848	13848
37. Hafta	17213	17213	15099	15099	13733	13733
38. Hafta	17428	17428	15288	15288	13905	13905
39. Hafta	18051	18051	15834	15834	14401	14401

Tablo 7'nin devamı

40. Hafta	18577	18577	16296	16296	14822	14822
41. Hafta	17979	17979	15771	15771	14344	14344
42. Hafta	18003	18003	15792	15792	14363	14363
43. Hafta	17716	17716	15540	15540	14134	14134
44. Hafta	17285	17285	15162	15162	13790	13790
45. Hafta	16997	16997	14910	14910	13561	13561
46. Hafta	16399	16399	14385	14385	13084	13084
47. Hafta	15753	15753	13818	13818	12568	12568
48. Hafta	15393	15393	13503	13503	12281	12281
49. Hafta	15274	15274	13398	13398	12186	12186
50. Hafta	14651	14651	12852	12852	11689	11689
51. Hafta	14029	14029	12306	12306	11193	11193
52. Hafta	13957	13957	12243	12243	11135	11135

Gemilerin haftalık sefer maliyetleri hesaplanırken günlük işletme giderleri, yakıt maliyetleri ve liman masraflarının toplamı ele alınmıştır. Modelimizde gemilerin seferleri haftalık bazda değerlendirildiği için Tablo 5'te verilen günlük işletme maliyetleri 7 ile çarpılmıştır. Liman masrafları gemilerin boyutuna göre değişmekle birlikte ortalama i1 ve i2 gemileri için 7500 USD, i3 ve i4 gemileri için 7000 USD, i5 ve i6 gemileri için ise 6500 USD olarak belirlenmiştir.

Firma, rotalama vb. bir ağ optimizasyonu probleminden ziyade bünyesinde bulunan filoyu etkin olarak kullanamama sorunuyla karşı karşıyadır. Etkin bir filo planlamasıyla firmanın filosundaki gemileri kendi operasyonlarına veya kiralamak suretiyle kira piyasasına tahsis edebilmesini sağlamak firmanın mevcut durumda kaynaklarını en etkin şekilde kullanıp operasyonel kârını en üst seviyeye çıkarabilmesinin yegâne yolu olarak görünmektedir.

2.6. Oluşturulan Matematiksel Modelin Varsayımları ve Parametreleri

Şirketin durumu göz önüne alındığında, filo planlaması için geliştirilecek matematiksel modelde temel olarak üç farklı karar değişkeni grubunun uygun olduğu görülmüştür. Bunlardan birincisi ilgili gemiyi ilgili hafta kendi operasyonlarında kullanıp kullanmama kararı, ikincisi ilgili geminin ilgili hafta kiraya verilip verilmeyeceği, üçüncüsü ise ilgili geminin hangi haftalarda tersaneye gönderileceği kararıdır. Oluşturulan model, karar değişkenlerinin doğası gereği ikili bir matematiksel program olarak ortaya çıkmaktadır. Oluşturulan maksimizasyon modeli ile firmanın kendi faaliyetlerinden elde ettiği kâr ile kiralama piyasasından elde ettiği kârı toplayarak toplam operasyonel kârın

maksimize edilmesi amaçlanmaktadır. Modelin çözümü ve sonuçların değerlendirilmesinden sonra modelde yeni senaryolar üretilerek farklı durumlarda elde edilecek sonuçlar yeniden yorumlanacaktır. Senaryolarda, gemi adedini azaltma, gemilere gelen yük taşıma talebini azaltma ve artırma vb. gibi farklı durumlar ele alınacaktır.

Bu bağlamda ilgili cebirsel model geliştirildikten sonra, GLPK çözücüsüyle beraber gelen ve AMPL cebirsel modelleme dilinin açık kaynak kodlu/özgür bir gerçekleştirimi olan GMPL (GNU MathProg) dilinde bilgisayar modeli geliştirilecek, ardından GLPK doğrusal ve tam-sayı program çözücüsünde problemin optimum çözümü elde edilecektir.

Oluşturulacak modelin varsayımları ise;

1. Planlama ufku bir (1) yıllık olup haftalık bazdadır. Bir senede 52 hafta boyunca çalışıldığı varsayılmaktadır. Dolayısıyla kesikli bir optimizasyon modeli ortaya çıkacaktır.

2. Şirket yalnızca bir limandan operasyonlarını yürütmektedir. Başka bir ifadeyle burada herhangi bir rotalama vd. problemi oluşmamaktadır.

3. Bir gemi belli bir haftada ya şirketin operasyonları için atanmıştır ya kiradadır ya da bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderilmiştir.

4. Bir gemi şirketin bir operasyonuna atandığında izleyen hafta için yine operasyona atanmaya, kiralanmaya ya da bakım-onarım vb. işlemler için tersaneye gönderilmeye hazırdır.

5. Bir gemi kiralama piyasasında kiralanmak istendiğinde hemen kiralanabilir.

6. Bir gemi kiralandıktan sonra ardışık olarak en az 4 hafta boyunca kirada kalır.

7. Gemiler şirketin kendi operasyonlarına atandığında tam kapasite ile çalışır.

8. Gemilerin bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderildiği durumlarda bu işlemler için 1 senede 2 haftaya ihtiyaçları olduğu ve bu iki haftanın ardışık olarak belirlenmesi zorunluluğu bulunmaktadır.

9. Gemilerin periyodik bakım-onarım işlemleri belirli periyotlarda yapılıyor olmasına rağmen kurulan model devamlılığı olmayan 1 yıllık süreyi kapsadığı için ilgili yılda herhangi bir haftada, üst üste 2 haftalık bir zaman dilimini kapsayacak şekilde bakıma gönderilir.

10. Şirketin en az haftalık yük talebini karşılayabilecek kapasitede geminin kendi operasyonlarına ayrılması zorunludur.

Model ile ilgili olarak ortaya konulan bu varsayımlar neticesinde elde edilecek sonuçlar ise aşağıda verilmiştir;

1. Şirketin hangi gemiyi hangi haftalarda kendi operasyonlarında kullanabileceği.
2. Şirketin hangi gemiyi hangi haftalarda kiraya verebileceği.
3. Şirketin gemilerini hangi haftalarda bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye göndereceği.
4. Yapılan filo optimizasyonu sonucunda elde edilecek maksimum kârın ne olacağı.

Oluşturulan matematiksel modelin notasyonu ve ilgili değişken ve parametre tanımlamaları aşağıdaki gibidir:

$i \in I$; gemi kümesi

$t \in T$; haftalar kümesi

$x_{it} \in \{0,1\}$ “i” gemisinin şirket tarafından “t” haftasında kendi operasyonları için kullanılması gerekip gerekmediğini gösteren ikili karar değişkeni

$y_{it} \in \{0,1\}$ “i” gemisinin “t” haftasında kiralanması gerekip gerekmediğini gösteren ikili karar değişkeni

$z_{it} \in \{0,1\}$ “i” gemisinin “t” haftasında bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderilmesi gerekip gerekmediğini gösteren ikili karar değişkeni

Modele ilişkin parametreler aşağıda verilmiştir.

K_i : “i” gemisinin kapasitesi

λ_t : firmanın kendi operasyonlarından kaynaklanan haftalık yük talebi miktarı

r_{it}^o : “i” gemisinin “t” haftasında şirketin faaliyetinde kullanılması durumunda elde edeceği operasyonel gelir

c_{it}^o : “i” gemisinin “t” haftasında şirketin faaliyetinde kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet

r_{it}^R : “i” gemisinin “t” haftasında kiralanması sonucu elde edilecek kira geliri

c_{it}^R : “i” gemisinin “t” haftasında kiralanması sonucu ortaya çıkacak kira maliyeti

c_{it}^L : “i” gemisinin “t” haftasında bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet

s_t : “t” haftasındaki toplam atıl kapasite

μ : birim atıl kapasite için ceza katsayısı

2.7. Oluşturulan Matematiksel Modelin Amaç Fonksiyonu ve Kısıtları

$$Z \max = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n (x_{it}(r_{it}^o - c_{it}^o) + y_{it}(r_{it}^R - c_{it}^R) - z_{it}c_{it}^L) - \mu \sum_{t=1}^n s_t$$

s. t

$$\sum_{i=1}^m x_{it} K_i - \lambda_t - s_t = 0; \forall t \in T \quad (1)$$

$$x_{it} + y_{it} + z_{it} = 1; i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$(1 - y_{i(t-1)}) + y_{it} + (1 - y_{i(t+1)}) \leq 2; i = 1, \dots, m; t = 2, \dots, n - 1 \quad (3)$$

$$(1 - y_{i(t-1)}) + y_{it} + y_{i(t+1)} + (1 - y_{i(t+2)}) \leq 3; i = 1, \dots, m; t = 2, \dots, n - 2 \quad (4)$$

$$(1 - y_{i(t-1)}) + y_{it} + y_{i(t+1)} + y_{i(t+2)} + (1 - y_{i(t+3)}) \leq 4; i = 1, \dots, m; t = 2, \dots, n - 3 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n z_{it} = 2; \forall i \in I \quad (6)$$

$$(1 - z_{i(t-1)}) + z_{it} + (1 - z_{i(t+1)}) \leq 2; i = 1, \dots, m; t = 2, \dots, n - 1 \quad (7)$$

$$x_{it} \in \{0,1\}; y_{it} \in \{0,1\}; z_{it} \in \{0,1\}; s_t \geq 0; \forall i \in I; \forall t \in T$$

Oluşturulan modelde kullanılacak kısıtlar ise şöyledir;

Birinci kısıt, planlama haftasındaki firmanın kendi operasyonlarına ayırdığı gemilerin kapasiteleri toplamının firmanın taşıması gereken yük miktarından büyük ya da

eşit olması gerektiğini ifade etmektedir. Burada dolgu değişkenle bu kısıt eşitlik şeklinde yazılmıştır (1).

İkinci kısıt, bir geminin ilgili haftada firmanın kendi operasyonları için kullanıldığı ya kirada olduğu ya da bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderilmiş olduğunu ifade etmektedir (2).

Üçüncü, dördüncü ve beşinci kısıtlarda, bir geminin art arda en az 4 haftalık süre boyunca kiralanabilmesi için belli örüntülerin engellenmesi yoluyla bunun modele empoze edilmesi sağlanmaktadır (3), (4), (5).

Altıncı kısıt, planlama yılı içerisinde bir geminin yılda toplam 2 hafta boyunca bakım-onarım vb. işlemler için tersaneye gönderilmesi gerekliliğini ifade etmektedir (6).

Yedinci kısıt ise (3), (4) ve (5). Kısıtlara benzer şekilde (6). kısıttaki tersaneye ayrılan iki haftalık zaman diliminin ardışık bir biçimde olabilmesi için belli bir örüntünün engellenmesi kısıtıdır (7).

3. BULGULAR

3.1. Matematiksel Modelin Çözümü

Oluşturulan model, AMPL matematiksel programlama dilinin açık kaynak kodlu/özgür bir gerçekleştirimi olan GMPL (GNU Mathprog) dilinde geliştirilmiş ve GLPK integer optimizer v4.65 doğrusal ve tam-sayı program çözücüsünde AMD® Ryzen 5 3500u işlemciye sahip, 8GB bellek kapasiteli, Ubuntu GNU/Linux 20.04 64Bit işletim sistemli bir dizüstü bilgisayar ile çözülmüştür. AMPL modelleme sistemi, GAMS ile beraber en eski ve en yaygın kullanılan cebirsel modelleme sistemlerinden birisi olup çok çeşitli optimizasyon problemlerin cebirsel modellerini ifade etmemize izin vermektedir. AMPL'nin çözüme komutu, AMPL'nin mevcut sorunu somutlaştırmasını, bunu bir çözücüye göndermesini ve çözücü tarafından hesaplanan bir çözümü okumaya çalışmasını sağlamaktadır (Gay, 1997). AMPL, sürekli ve ayrık değişkenler içeren doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için kapsamlı bir cebirsel modelleme dilidir. AMPL, bir optimizasyon problemini bildirim dayalı bir şekilde ifade etmeye izin verirken, koşullu ifadeler ve döngüler gibi yapılar, modelleyicinin sorunu belirleyen veya tek bir çalıştırmada birden çok sorunu çözen bir program akışını tanımlamasını sağlar (Olzsak ve Karbowski, 2018). Diğer matematiksel modelleme dilleri (GAMS, MGG, vb.) ile karşılaştırıldığında, AMPL sözdiziminin genelliği ve ifadelerinin modelleyicinin biçiminde geleneksel olarak kullanılan cebirsel gösterime benzerliği açısından dikkate değerdir. Dizin oluşturma kümelerinin tanımlanması için çeşitli türler ve işlemler ve ayrıca bir dizi mantıksal ifade sunar. AMPL, XML prototip dilinden önemli ölçüde ilham alır, ancak birçok değişiklik ve uzantı içerir (Fourer 1983).

Çalışma kapsamında AMPL modelleme diliyle oluşturulan matematiksel modelde işlem süreci model verilerinin kodlanmasıyla başlamıştır. Daha sonraki süreçte amaç fonksiyonu modele tanımlanmış, model çalıştırılmış ve model çıktıları elde edilmiştir.

Şekil 19'da gemiler ve haftalara ilişkin modelde yer alan tanımlar gösterilmiştir. Modelde bir yıl 52 haftalık planlama ufku ve 6 adet gemi modele bu aşamada tanımlanmıştır.

```

param T := 52; # Planning horizon i.e 52 weeks
set SHIP; # Set of ships in the fleet
set WEEK := 1 .. T; # Set of working weeks

```

Şekil 19. Modellemede belirtilen veri setleri

Şekil 20’de modelde tanımlanan parametrelere ilişkin görsel yer almaktadır. Gemilerin şirketin kendi operasyonlarında kullanıldığı zaman elde ettiği gelir, operasyon gideri, kiralama durumundaki gelir ve gideri ve tersaneye gönderildiği zaman dilimindeki gideri belirtilmiştir. Ayrıca tersane süresinin de 2 hafta olacağı gösterilmiştir.

```

# Weekly cost and revenues of ships
# working for company operations or
# being rented
param op_rev {SHIP, WEEK} >= 0;
param op_cost {SHIP, WEEK} >= 0;
param rent_rev {SHIP, WEEK} >= 0;
param rent_cost {SHIP, WEEK} >= 0;
param waiting_cost {SHIP, WEEK} >= 0;

param minimum_waiting_duration := 2;

```

Şekil 20. Parametrelere ilişkin yazılım görseli

Modelde tanımlanmış olan değişkenlere ilişkin görsel Şekil 21’de verilmiştir. Modelde “i” gemisinin “t” ilgili haftasında şirketin operasyonlarına mı atanacağı, kiraya mı verileceği yoksa tersaneye mi gönderileceğine ilişkin değişkenler modelde belirtilmiştir.

```

# Binary decision variable representing
# whether ship "i" should be utilized by the company
# at week "t" for its own operations
var x {SHIP, WEEK} binary;

# Binary decision variable representing
# whether ship "i" should be rented at week "t"
var y {SHIP, WEEK} binary;

# Binary decision variable representing
# whether ship "i" should be on waiting at week "t"
var z {SHIP, WEEK} binary;

```

Şekil 21. Modelde tanımlanan değişkenlere ilişkin yazılım görseli

Gemi adedi ve gemilerin dorse kapasitelerine ilişkin görsel Şekil 22’de verilmiştir. Gemilerin adları yerine gizlilik prensibine uyum açısından numaralandırma yapılmış ve her bir geminin kapasitesi belirtilmiştir.

```
# DATA BLOCK
data;
set SHIP := i1 i2 i3 i4 i5 i6;

param cap :=
i1 81
i2 81
i3 66
i4 66
i5 54
i6 54;
```

Şekil 22. Gemiler ve kapasitelerine ilişkin yazılım görseli

Tablo 8’de 2018 yılında gemilere gelen haftalık taşıma talebi verileri yer almaktadır. Şirketin 6 adet gemisine gelen haftalık bazda taşıma talebi dönemsel olarak farklılık göstermektedir.

Tablo 8. 2018 yılında şirket gemilerine gelen haftalık taşıma talebi

Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat	Hafta	Fiyat
1	146	14	227	27	0	40	59
2	79	15	192	28	65	41	73
3	199	16	134	29	36	42	166
4	157	17	196	30	0	43	175
5	134	18	199	31	46	44	185
6	126	19	100	32	0	45	263
7	125	20	50	33	25	46	319
8	120	21	50	34	0	47	398
9	120	22	154	35	52	48	348
10	112	23	209	36	45	49	280
11	165	24	272	37	0	50	345
12	163	25	140	38	97	51	345
13	183	26	45	39	76	52	343

Tablo 9’da gemilerin şirketin kendi operasyonları sonucunda elde ettiği navlun verileri bulunmaktadır. Bu verilerde gemilerin gelirleri hesaplanan aylık ortalama navlun değerlerine göre belirlenmiştir. Alınan verilerde navlun gelirleri dönemsel olarak farklılık göstermektedir. Modelde aylık olarak ortalama navlun geliri hesaplaması yapılmış ve bu hesaplamaya göre gemilerin tam kapasite ile sefer yaptıkları zaman elde edilecek navlun geliri modele tanımlanmıştır.

Tablo 9. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık navlun oranları (USD)

Hafta	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	164307	163436	132096	132632	108189	107339
2. Hafta	164307	163436	132096	132632	108189	107339
3. Hafta	164307	163436	132096	132632	108189	107339
4. Hafta	164307	163436	132096	132632	108189	107339
5. Hafta	164307	163436	132096	132632	108189	107339
6. Hafta	159855	159371	128424	128025	105972	103646
7. Hafta	159855	159371	128424	128025	105972	103646
8. Hafta	159855	159371	128424	128025	105972	103646
9. Hafta	159855	159371	128424	128025	105972	103646
10. Hafta	158051	157847	128027	127554	104077	100755
11. Hafta	158051	157847	128027	127554	104077	100755
12. Hafta	158051	157847	128027	127554	104077	100755
13. Hafta	158051	157847	128027	127554	104077	100755
14. Hafta	158051	157847	128027	127554	104077	100755
15. Hafta	157424	158813	126677	126170	102824	102435
16. Hafta	157424	158813	126677	126170	102824	102435
17. Hafta	157424	158813	126677	126170	102824	102435
18. Hafta	157424	158813	126677	126170	102824	102435
19. Hafta	156951	155805	126402	127620	105447	103747
20. Hafta	156951	155805	126402	127620	105447	103747
21. Hafta	156951	155805	126402	127620	105447	103747
22. Hafta	156951	155805	126402	127620	105447	103747
23. Hafta	156608	156077	126328	126980	103505	103393
24. Hafta	156608	156077	126328	126980	103505	103393
25. Hafta	156608	156077	126328	126980	103505	103393
26. Hafta	156608	156077	126328	126980	103505	103393
27. Hafta	155945	155746	125583	125830	102792	102672
28. Hafta	155945	155746	125583	125830	102792	102672
29. Hafta	155945	155746	125583	125830	102792	102672
30. Hafta	155945	155746	125583	125830	102792	102672
31. Hafta	155945	155746	125583	125830	102792	102672
32. Hafta	158583	158249	126873	126802	103922	103811
33. Hafta	158583	158249	126873	126802	103922	103811
34. Hafta	158583	158249	126873	126802	103922	103811
35. Hafta	158583	158249	126873	126802	103922	103811
36. Hafta	158583	158249	126873	126802	103922	103811
37. Hafta	160895	160831	129224	128953	105391	105537
38. Hafta	160895	160831	129224	128953	105391	105537
39. Hafta	160895	160831	129224	128953	105391	105537
40. Hafta	160895	160831	129224	128953	105391	105537
41. Hafta	164095	163392	132008	132967	108520	108370

Tablo 9'un devamı

42. Hafta	164095	163392	132008	132967	108520	108370
43. Hafta	164095	163392	132008	132967	108520	108370
44. Hafta	164095	163392	132008	132967	108520	108370
45. Hafta	165524	165244	133029	132908	108854	109056
46. Hafta	165524	165244	133029	132908	108854	109056
47. Hafta	165524	165244	133029	132908	108854	109056
48. Hafta	165524	165244	133029	132908	108854	109056
49. Hafta	165941	165714	132960	133086	108989	108920
50. Hafta	165941	165714	132960	133086	108989	108920
51. Hafta	165941	165714	132960	133086	108989	108920
52. Hafta	165941	165714	132960	133086	108989	108920

Tablo 10'da verilen sefer maliyetleri ise yakıt, günlük işletme maliyeti ve liman masrafları baz alınarak modele tanımlanmıştır. Değişken bir maliyet olan yakıt maliyetlerine ilişkin hesaplamalar ve veriler Tablo 7'de verilmişti. Ortaya çıkan bu veriler modele tanımlanmıştır.

Tablo 10. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık sefer maliyetleri (USD)

Hafta	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	45722	45722	41440	41440	38824	38824
2. Hafta	46105	46105	41776	41776	39130	39130
3. Hafta	45722	45722	41440	41440	38824	38824
4. Hafta	45961	45961	41650	41650	39015	39015
5. Hafta	45793	45793	41503	41503	38881	38881
6. Hafta	44764	44764	40600	40600	38060	38060
7. Hafta	44716	44716	40558	40558	38022	38022
8. Hafta	45051	45051	40852	40852	38289	38289
9. Hafta	44932	44932	40747	40747	38194	38194
10. Hafta	44812	44812	40642	40642	38098	38098
11. Hafta	44764	44764	40600	40600	38060	38060
12. Hafta	45817	45817	41524	41524	38900	38900
13. Hafta	45889	45889	41587	41587	38958	38958
14. Hafta	45698	45698	41419	41419	38805	38805
15. Hafta	46392	46392	42028	42028	39359	39359
16. Hafta	46679	46679	42280	42280	39588	39588
17. Hafta	46919	46919	42490	42490	39779	39779
18. Hafta	46488	46488	42112	42112	39435	39435
19. Hafta	47230	47230	42763	42763	40027	40027
20. Hafta	47757	47757	43225	43225	40448	40448
21. Hafta	47445	47445	42952	42952	40199	40199
22. Hafta	47206	47206	42742	42742	40008	40008
23. Hafta	47110	47110	42658	42658	39932	39932
24. Hafta	46847	46847	42427	42427	39722	39722
25. Hafta	46440	46440	42070	42070	39397	39397
26. Hafta	47014	47014	42574	42574	39855	39855
27. Hafta	47062	47062	42616	42616	39894	39894
28. Hafta	46560	46560	42175	42175	39493	39493
29. Hafta	46488	46488	42112	42112	39435	39435
30. Hafta	46919	46919	42490	42490	39779	39779

Tablo 10'un devamı

31. Hafta	46679	46679	42280	42280	39588	39588
32. Hafta	46655	46655	42259	42259	39569	39569
33. Hafta	46919	46919	42490	42490	39779	39779
34. Hafta	47397	47397	42910	42910	40161	40161
35. Hafta	47733	47733	43204	43204	40428	40428
36. Hafta	47757	47757	43225	43225	40448	40448
37. Hafta	47613	47613	43099	43099	40333	40333
38. Hafta	47828	47828	43288	43288	40505	40505
39. Hafta	48451	48451	43834	43834	41001	41001
40. Hafta	48977	48977	44296	44296	41422	41422
41. Hafta	48379	48379	43771	43771	40944	40944
42. Hafta	48403	48403	43792	43792	40963	40963
43. Hafta	48116	48116	43540	43540	40734	40734
44. Hafta	47685	47685	43162	43162	40390	40390
45. Hafta	47397	47397	42910	42910	40161	40161
46. Hafta	46799	46799	42385	42385	39684	39684
47. Hafta	46153	46153	41818	41818	39168	39168
48. Hafta	45793	45793	41503	41503	38881	38881
49. Hafta	45674	45674	41398	41398	38786	38786
50. Hafta	45051	45051	40852	40852	38289	38289
51. Hafta	44429	44429	40306	40306	37793	37793
52. Hafta	44357	44357	40243	40243	37735	37735

Gemiler şirket tarafından yılın belli dönemlerinde kısa süreli de olsa kiraya verilmekte ama bu kiralama durumları herhangi bir planlama dâhilinde gerçekleşmemektedir. Şirketten alınan veriler doğrultusunda 2018 yılında gemilerin kiraya verilmesi sonucunda elde edeceği haftalık kiralama bedelleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık kira geliri (USD)

Hafta	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
2. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
3. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
4. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
5. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
6. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
7. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
8. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
9. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
10. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
11. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
12. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
13. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
14. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
15. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
16. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
17. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800

Tablo 11'in devamı

18. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
19. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
20. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
21. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
22. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
23. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
24. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
25. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
26. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
27. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
28. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
29. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
30. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
31. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
32. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
33. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
34. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
35. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
36. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
37. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
38. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
39. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
40. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
41. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
42. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
43. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
44. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
45. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
46. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
47. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
48. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
49. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
50. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
51. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800
52. Hafta	33110	33250	32200	32200	30912	30800

Gemilerin zaman esaslı kiralama yöntemiyle kiraya verilmesi veya bakım-onarım vb. işlemler için tersaneye gönderilmesi sonucunda oluşacak maliyet günlük işletme maliyetleri üzerinden hesaplanmıştır ve bu maliyetler Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Gemilerin 2018 yılına ait haftalık işletme maliyetleri (USD)

Hafta	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
2. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
3. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
4. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
5. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
6. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
7. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
8. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
9. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
10. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
11. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
12. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
13. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
14. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
15. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
16. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
17. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
18. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
19. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
20. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
21. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
22. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
23. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
24. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
25. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
26. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
27. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
28. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
29. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
30. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
31. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
32. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
33. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
34. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
35. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
36. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
37. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
38. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
39. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
40. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
41. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
42. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
43. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
44. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
45. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
46. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
47. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
48. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300

Tablo 12'nin devamı

49. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
50. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
51. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300
52. Hafta	15400	15400	14000	14000	13300	13300

3.2. Modelin Çıktıları

AMPL cebirsel modelleme dilinin açık kaynak kodlu/özgür bir gerçekleştirimi olan GMPL (GNU MathProg) dilinde geliştirilen bilgisayar modeli GLPK çözücüsünde global tam sayılı optimum çözüm elde edilmiştir. GMPL dilinde gerçekleştirilmiş olan bilgisayar modelinin çıktıları derlenmiştir. Gemilerin hangi haftalarda şirketin kendi operasyonlarına atanması, kiraya verilmesi veya tersaneye gönderilmesi ilişkin çıktılar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Oluşturulan modelin amaç fonksiyonuna ait gelir maksimizasyonu, oluşturulan tüm parametreler, kısıtlar ve karar değişkenleri bünyesinde ortaya konulmuş ve elde edilen optimum çözüm ile ilgili sonuçlar Tablo 13'te gösterilmiştir. Şirket bünyesindeki 6 adet farklı boyut ve kapasitedeki Ro-Ro gemisi haftalık olarak ortaya konan 3 değişkenden birine atanmıştır. Gemiler yıl içerisinde en uygun 2 haftada bakım onarım için tersaneye gönderilmiş, diğer haftalarda ise kârı maksimize edecek şekilde ya şirketin kendi operasyonlarına atanmış ya da kiraya verilmiştir. Modellemede ceza terimi kullanılmıştır. Ceza terimi global optimum çözümün makul bir zamanda ve pratik bir biçimde elde edilebilmesi için eklenmiş olup varsayımsal değerlere dayanmaktadır. Şirketin mevcut durumu bu terimin amaç fonksiyonundan çıkarılmasıyla bulunur. Finansal kayıtlardakine yakın ve karşılaştırılması bakımından mantıklı bir hali bu terimin çıkarılmasıyla bulunur. Modelleme sonrası yapılan tüm atamalardan sonra şirketin yıllık elde edebileceği kâr maksimum 13.749.450 USD olarak belirlenmiştir. Tabloda gösterilen x sembolü geminin işletmenin kendi operasyonlarına atanacağını, y sembolü geminin kiraya verileceğini ve z sembolü ise geminin tersaneye gönderileceğini ifade etmektedir.

Tablo 13. Modelleme sonucunda gemilerin haftalık atanma durumu

Haftalar	2018 YILI MODEL SONUCU					
	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta	X	Y	X	Y	Y	Y
2. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y
3. Hafta	X	Y	Y	X	X	Y
4. Hafta	X	X	Y	Z	Y	Y
5. Hafta	X	Y	Y	Z	Y	X
6. Hafta	Y	Y	X	X	Y	Y
7. Hafta	Y	Y	X	X	Y	Y
8. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y
9. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y
10. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y
11. Hafta	Y	Y	X	Y	X	X
12. Hafta	Y	Y	X	Y	X	X
13. Hafta	Y	Y	X	X	X	Z
14. Hafta	X	X	X	Y	Y	Z
15. Hafta	X	X	Z	Y	Y	X
16. Hafta	Y	X	Z	Y	Y	X
17. Hafta	Y	X	X	Y	Y	X
18. Hafta	Y	X	X	Y	X	Y
19. Hafta	Y	X	Y	Y	X	Y
20. Hafta	Y	Z	Y	Y	X	Y
21. Hafta	Y	Z	Y	Y	X	Y
22. Hafta	X	X	Y	Y	Y	Y
23. Hafta	X	X	Y	Y	Y	X
24. Hafta	X	X	Y	X	Y	X
25. Hafta	X	Y	Y	X	Y	Y
26. Hafta	Y	Y	Y	Y	X	Y
27. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y
28. Hafta	Y	Y	X	Y	Y	Y
29. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X
30. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y
31. Hafta	Y	Y	Y	X	Y	Y
32. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y
33. Hafta	Y	Y	Y	Y	X	Y
34. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y
35. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X
36. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X
37. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y
38. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y
39. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y
40. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y
41. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y
42. Hafta	X	Y	Y	X	Y	X
43. Hafta	Z	Y	X	X	Y	X
44. Hafta	Z	Y	X	X	Y	X
45. Hafta	X	Y	X	X	Y	X
46. Hafta	X	Y	X	X	X	X
47. Hafta	X	X	X	X	X	X
48. Hafta	X	X	X	X	Z	X
49. Hafta	X	X	X	X	Z	Y

Tablo 13'ün devamı

50. Hafta	X	X	X	X	X	Y
51. Hafta	X	X	X	X	X	Y
52. Hafta	X	X	X	X	X	Y

Mevcut durum ve modelleme çıktısının karşılaştırıldığı Tablo 14'te belli haftalarda benzerlik görülse de genel itibariyle atamalarda farklılıklar bulunmaktadır. Şirket mevcut durumda kendi operasyonları için daha çok i2, i3 ve i4 gemilerini çalıştırırken, model çıktısında i1 ve i3 gemileri şirketin kendi operasyonlarında en çok çalıştırılan gemiler olsa da genel itibariyle gemilerin atanmasında homojen bir dağılım ortaya çıkmıştır. Sefer yoğunluğunun arttığı Ekim ayının ortasından yılsonuna kadar olan dönemde mevcut durumda eldeki bütün gemiler şirket operasyonları için tahsis edilmiş fakat model çıktısında bu durum biraz farklılık göstermiştir. Özellikle i6 gemisi yılın son 4 haftasında kiraya verilmiş, i5 gemisi ise 48. ve 49. haftalarda kiraya gönderilmiştir. Şirketin kendi operasyonlarında en sık kullandığı gemilerden biri olan i2 gemisinde mevcut durum ve model çıktısı çok farklı oluşmuştur. Mevcut durumda 28 hafta şirketin kendi operasyonlarına atanmışken bu sayı model çıktısında 16 hafta olmuştur. Şirketin mevcut durumda kendi operasyonlarında yoğun olarak kullandığı bir diğer gemi olan i3 gemisi de model çıktısında farklı değerlendirilmiştir. Mevcut durumda i3 gemisi yıl içerisinde toplam 9 hafta kiralanmışken model çıktısında toplam 26 hafta kiralanmıştır. Şirket mevcut durumda i3 gemisini kendi operasyonları için 29 hafta atama yapmışken model sadece 24 hafta atama yapmış ve bunun 10 haftası yılın son döneminde gerçekleşmiştir. Kiralama piyasasına en çok atanan gemilerinden biri olan i4 gemisi model çıktısında 32 hafta kiralamaya atanmıştır. Model i4 gemisini seferlerin yoğun olduğu dönemde kesintisiz 11 hafta olmak üzere toplam 18 hafta şirketin kendi operasyonlarına atama yapmıştır.

Tablo 14. 2018 yılı mevcut durum ve modelleme sonrası durum karşılaştırması

Haftalar	2018 YILI MEVCUT DURUM						2018 YILI MODEL SONUCU					
	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y	Y	Y
2. Hafta	X		Y		Y		X	Y	Y	Y	Y	Y
3. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	X	Y	Y	X	X	Y
4. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	X	X	Y	Z	Y	Y
5. Hafta	Y	X		X	Y		X	Y	Y	Z	Y	X
6. Hafta	Y	X		X	Y		Y	Y	X	X	Y	Y
7. Hafta	Y	X		X	Y		Y	Y	X	X	Y	Y

Tablo 14'ün devamı

8. Hafta	Y	X	X	Y		Y	Y	X	Y	X	Y
9. Hafta	Y	X	X			Y	Y	X	Y	X	Y
10. Hafta	Y	X	X			Y	Y	X	Y	X	Y
11. Hafta		X	X	X		Y	Y	X	Y	X	X
12. Hafta			X	X	X	Y	Y	X	Y	X	X
13. Hafta	X	X	X		Y	Y	Y	X	X	X	Z
14. Hafta	X	X	X	X	Y	X	X	X	Y	Y	Z
15. Hafta	X	X	X		Y	X	X	Z	Y	Y	X
16. Hafta		X	X		Y	Y	X	Z	Y	Y	X
17. Hafta		X	X	X	Y	Y	X	X	Y	Y	X
18. Hafta	X		X	X		Y	X	X	Y	X	Y
19. Hafta			X	X		Y	X	Y	Y	X	Y
20. Hafta			X			Y	Z	Y	Y	X	Y
21. Hafta			X			Y	Z	Y	Y	X	Y
22. Hafta		X	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y
23. Hafta	X	X	X			X	X	Y	Y	Y	X
24. Hafta	X	X	X	X		X	X	Y	X	Y	X
25. Hafta	X	Y		X		X	Y	Y	X	Y	Y
26. Hafta	Y	Y	X	Y		Y	Y	Y	Y	X	Y
27. Hafta	Y	Y		Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y
28. Hafta	Y	Y	X	Y		Y	Y	X	Y	Y	Y
29. Hafta	Y	Y	X	Y		Y	Y	Y	Y	Y	X
30. Hafta	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y
31. Hafta	Y	Y	Y	X		Y	Y	Y	X	Y	Y
32. Hafta	Y	Y	Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
33. Hafta	Y	Y	Y	X		Y	Y	Y	Y	X	Y
34. Hafta	Y	Y	Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
35. Hafta	Y	Y		X		Y	Y	Y	Y	Y	X
36. Hafta	Y	Y	X			Y	Y	Y	Y	Y	X
37. Hafta	Y	Y				Y	Y	Y	Y	Y	Y
38. Hafta	Y	Y	X	X		Y	Y	X	Y	X	Y
39. Hafta	Y	Y	X	X		X	Y	Y	Y	Y	Y
40. Hafta			X	X		X	Y	Y	Y	Y	Y
41. Hafta	X				X	X	Y	Y	Y	Y	Y
42. Hafta			X	X	X	X	Y	Y	X	Y	X
43. Hafta		X	X	X	X	Z	Y	X	X	Y	X
44. Hafta		X	X		X	Z	Y	X	X	Y	X
45. Hafta		X		X	X	X	Y	X	X	Y	X
46. Hafta		X	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
47. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Z	X
49. Hafta	X	X	X		X	X	X	X	X	Z	Y
50. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y
51. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y
52. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y

Modelin sınanması ve yıllık net gelirin karşılaştırılabilmesi için mevcut duruma ilişkin operasyon, kiralama ve boşa bekleme durumlarında oluşan gelir gider dengesi Tablo 15'te elde edilen verilerle hesaplanmış bir şekilde sunulmuştur. 2018 yılındaki verilere göre yıllık net kâr 9.415.087 USD olarak hesaplanmış, bu değer model çıktısında

ceza terimini çıkardıktan sonra 13.749.450 USD olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla şirketin kârında %46 oranında bir artış ortaya çıkmıştır.

Tablo 15. Mevcut duruma (2018) ilişkin yıllık net kar

	Gelir (USD)	Gider (USD)
Operasyon	14.773.941	5.334.984
Kiralama	2.111.930	952.000
Bekleme Maliyeti	---	1.185.800
Toplam	16.887.871	8.333.775
Net Kar	9.415.087 USD	

3.3. Modelin Senaryo Temelli Çözümleri

Deniz ulaştırması ve filo planlaması optimizasyonu temelli oluşturulan kâr maksimizasyonuna ilişkin model sınanmış, güvenilirliği test edilmiş onaylanmıştır. Bundan sonraki aşamada model parametrelerde yapılacak değişikliklerle yeniden çalıştırılmıştır. Matematiksel modelde tanımlanmış olan parametrelerden “yük talepleri” ve “gemi sayıları” modelde yeniden senaryo temelli olarak değiştirilmiş ve model yeniden çalıştırılmıştır. Oluşturulan senaryolar yük taleplerine ilişkin iyimser, kötümser senaryolar ve filodaki gemilerin azaltılmasına yönelik olmuştur. Farklı senaryoların oluşturulmasındaki amaç, çalışmaya konu olan işletmenin oluşabilecek talep değişimleri ve bunlara yönelik alabileceği önlemleri belirlemektir.

Model için oluşturulan ilk senaryo iyimser durum olarak ele alınmış ve liman başkanlığından alınan veriler esas alınarak oluşturulmuştur. 2014-2018 yılları arasında taşımanın en çok gerçekleştiği 2015 yılındaki haftalık araç taşıma durumu modele tanımlanmış ve model çözülmüştür. Mevcut durum ve iyimser senaryo sonucu Tablo 16’da gösterilmiştir. Çözüm sonucunda 16.784.977 USD toplam kara ulaşılmıştır. Gemi atamalarına bakıldığında ise iyimser senaryo sonucunda i1 ve i4 gemileri modelleme çıktısında şirketin operasyonlarına en çok atanan iki gemi olmuştur. Gemilerden i2 26 hafta, i3 gemisi 21 hafta şirketin kendi operasyonlarına atanırken, i5 ve i6 gemileri ise sırasıyla toplam 23 hafta ve 21 hafta şirketin kendi operasyonlarına atanmıştır. Bütün

gemiler taşımanın yoğun olduğu yılın son 7 haftasında aynı anda şirketin kendi operasyonları için atanmıştır. 2018 yılındaki mevcut durum ve iyimser senaryonun toplam karları karşılaştırıldığında %78,27 oranında bir kâr artış ortaya çıkmıştır.

Tablo 16. Modelin iyimser senaryo sonucu ve 2018 yılı ile karşılaştırılması

Haftalar	2018 YILI MEVCUT DURUM						İYİMSER SENARYO SONUCU					
	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta		X	Y	X	Y		Y	Y	Y	X	X	Y
2. Hafta	X		Y		Y		Y	Y	Y	X	X	Y
3. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	X	Y	Y	X	X	Y
4. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	X	Y	Y	Y	X	X
5. Hafta	Y	X		X	Y		X	Z	X	Y	X	X
6. Hafta	Y	X		X	Y		X	Z	X	Y	X	X
7. Hafta	Y	X		X	Y		X	X	X	Y	Z	Y
8. Hafta	Y	X		X	Y		X	X	Z	X	Z	Y
9. Hafta	Y	X		X			X	X	Z	Y	X	Y
10. Hafta	Y	X		X			X	X	X	Y	Y	Y
11. Hafta		X	X	X			X	X	X	Y	Y	Y
12. Hafta			X	X	X	Y	X	X	X	Y	Y	Y
13. Hafta	X	X	X			Y	X	Y	X	Y	Y	Y
14. Hafta	X	X	X	X		Y	X	Y	X	Y	Y	Y
15. Hafta	X	X	X			Y	Y	Y	X	X	X	Y
16. Hafta		X		X		Y	Y	Y	X	Y	X	Y
17. Hafta		X	X	X		Y	Y	Y	X	Y	X	X
18. Hafta	X		X	X			Y	X	X	Y	X	Y
19. Hafta			X	X			X	X	Y	Y	X	Y
20. Hafta				X			X	X	Y	X	Y	Y
21. Hafta			X				X	X	Y	X	Y	Y
22. Hafta		X	X	X	X		X	X	Y	X	Y	Y
23. Hafta	X	X	X				X	X	Y	X	Y	Y
24. Hafta	X	X	X	X			X	X	Y	X	Y	Y
25. Hafta	X	Y		X			X	X	Y	X	Y	Y
26. Hafta	Y	Y	X	Y			X	X	Y	X	Y	Y
27. Hafta	Y	Y		Y			X	Y	Y	Y	Y	Y
28. Hafta	Y	Y	X	Y			Y	Y	Y	Y	X	Y
29. Hafta	Y	Y	X	Y			Y	Y	Y	Y	X	Y
30. Hafta	Y	Y	Y	Y			Y	Y	Y	Y	X	Y
31. Hafta	Y	Y	Y	X			Y	Y	Y	Y	X	Y
32. Hafta	Y	Y	Y				Y	Y	Y	X	Y	X
33. Hafta	Y	Y	Y	X			Y	Y	Y	X	Y	X
34. Hafta	Y	Y	Y				Y	Y	Y	X	Y	X
35. Hafta	Y	Y		X			Y	Y	Y	X	Y	X
36. Hafta	Y	Y	X				Z	Y	Y	X	Y	X
37. Hafta	Y	Y					Z	Y	Y	Z	X	X
38. Hafta	Y	Y	X	X			Y	Y	X	Z	X	Z
39. Hafta	Y	Y	X	X			Y	Y	X	X	Y	Z
40. Hafta			X	X			Y	Y	Y	X	Y	X
41. Hafta	X					X	Y	Y	Y	X	Y	X
42. Hafta			X	X		X	X	X	Y	X	Y	X
43. Hafta		X	X	X		X	X	X	Y	X	Y	X

Tablo 16'nın devamı

44. Hafta	X	X			X	X	X	Y	X	Y	X
45. Hafta	X		X	X	X	X	X	Y	X	Y	X
46. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48. Hafta	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
49. Hafta	X	X	X			X	X	X	X	X	X
50. Hafta	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
51. Hafta	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
52. Hafta	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X

Çalışmada oluşturulan ikinci senaryo kötümser senaryo olarak modele tanımlanmıştır. Kötümser senaryoda yine 2014-2018 yılları arasında şirketin en az araç taşıması gerçekleştirdiği 2016 yılı esas alınmıştır. 2016 yılı uçak düşürme krizi sonucunda Türkiye – Rusya ilişkilerinin sekteye uğradığı bir yıl olmuş ve bu siyasi kriz iki ülke arasındaki ticareti çok etkilemiştir. Kötümser senaryonun çalıştırılması sonrasında ortaya çıkan gemi atamaları Tablo 17’de verilmiştir. Kötümser senaryo modellemesi sonrasında ortaya çıkan toplam kâr 11.451.743 USD olmuştur. Kötümser senaryo sonucunda ortaya çıkan tabloda model i2 gemisini sadece 8 hafta kendi operasyonları için atama yapmış, geri kalan haftalarda kiralamaya atanmıştır. Filonun diğer büyük gemisi olan i1 gemisi ve filonun en küçük gemilerinden olan i5 gemisi 17’şer hafta şirketin kendi operasyonları için atanmıştır. Filonun aynı kapasiteye sahip i3 ve i4 gemileri model tarafından 16’şar hafta şirketin kendi operasyonlarına atanmıştır. Filonun en küçük gemilerinden birisi olan i6 gemisi ise toplam 14 hafta şirketin kendi operasyonlarına atanmış, tersaneye gönderilen iki hafta haricinde geri kalan haftalarda model tarafından kiraya verilmesi uygun görülmüştür. Genel olarak bakıldığında model tarafından i2 gemisi hariç diğer gemiler yıl boyunca şirketin kendi operasyonları için homojen bir şekilde ataması gerçekleştirilmiştir. 2018 yılı mevcut durum ve kötümser senaryo toplam kâr durumu karşılaştırıldığında %21,63’lük bir kâr artışı görülmüştür. Kötümser senaryo sonucunda bile model mevcut durumdan daha fazla kâr elde edilebileceğini göstermiştir.

Tablo 17. Modelin kötümser senaryo temelli çözüm sonucu ve 2018 yılı ile karşılaştırılması

Haftalar	2018 YILI MEVCUT DURUM						KÖTÜMSER SENARYO SONUCU					
	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i1	i2	i3	i4	i5	i6
1. Hafta		X	Y	X	Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y
2. Hafta	X		Y		Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y
3. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	Y
4. Hafta	Y	X	Y	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	Y
5. Hafta	Y	X		X	Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y
6. Hafta	Y	X		X	Y		X	Y	X	Y	Y	Y
7. Hafta	Y	X		X	Y		X	Y	X	Y	Y	Y
8. Hafta	Y	X		X	Y		X	Y	X	Y	X	Y
9. Hafta	Y	X		X			Y	X	Y	Y	X	Y
10. Hafta	Y	X		X			Y	Z	Y	X	X	Y
11. Hafta		X	X	X			Y	Z	Y	Y	X	Y
12. Hafta			X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y
13. Hafta	X	X	X			Y	X	Y	Y	Y	X	Y
14. Hafta	X	X	X	X		Y	Y	Y	Y	Y	X	Y
15. Hafta	X	X	X			Y	Y	Y	X	Y	Y	Y
16. Hafta		X		X		Y	Y	Y	X	Y	Y	Y
17. Hafta		X	X	X		Y	Y	X	X	Y	Y	X
18. Hafta	X		X	X			Y	Y	X	X	Y	Y
19. Hafta			X	X			Y	Y	Y	Z	X	Y
20. Hafta				X			X	Y	Y	Z	Z	Y
21. Hafta			X				Z	Y	Y	X	Z	Y
22. Hafta		X	X	X	X		Z	Y	Y	Y	X	X
23. Hafta	X	X	X				X	Y	Y	Y	X	Y
24. Hafta	X	X	X	X			Y	Y	Y	Y	X	Y
25. Hafta	X	Y		X			Y	Y	Y	Y	X	Y
26. Hafta	Y	Y	X	Y			Y	Y	Y	Y	X	Y
27. Hafta	Y	Y		Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
28. Hafta	Y	Y	X	Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
29. Hafta	Y	Y	X	Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
30. Hafta	Y	Y	Y	Y			Y	Y	Y	Y	Y	Y
31. Hafta	Y	Y	Y	X			Y	Y	Y	Y	Y	Y
32. Hafta	Y	Y	Y				Y	Y	Y	Y	Y	Y
33. Hafta	Y	Y	Y	X			Y	Y	Y	Y	Y	Y
34. Hafta	Y	Y	Y				Y	Y	Y	Y	Y	Y
35. Hafta	Y	Y		X			Y	Y	Y	Y	Y	Y
36. Hafta	Y	Y	X				Y	Y	Y	Y	Y	Y
37. Hafta	Y	Y					Y	Y	Y	Y	Y	Y
38. Hafta	Y	Y	X	X			X	Y	Y	Y	Y	Y
39. Hafta	Y	Y	X	X			Y	Y	Y	Y	X	X
40. Hafta			X	X			Y	X	Y	Y	Y	Z
41. Hafta	X					X	Y	X	Y	Y	Y	Z
42. Hafta			X	X		X	Y	Y	Z	X	Y	X
43. Hafta		X	X	X		X	X	Y	Z	X	Y	X
44. Hafta		X	X			X	X	Y	X	X	X	X
45. Hafta		X		X	X	X	X	Y	X	X	X	X
46. Hafta		X	X	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
47. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	Y	X	X	Y	X
48. Hafta	X	X	X	X		X	X	Y	X	X	Y	X
49. Hafta	X	X	X			X	X	X	X	X	Y	X

Tablo 17'nin devamı

50. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y	X
51. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y	X
52. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y	X

Mevcut durum, kötümser senaryo ve iyimser senaryonun çıktı sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Bu problem, üç senaryo şeklinde karşılaştırabilmek adına GLPK integer optimizer v4.65 doğrusal ve tam-sayı program çözücüsünde AMD® Ryzen 5 3500u işlemciye sahip, 8GB bellek kapasiteli, Ubuntu GNU/Linux 20.04 64Bit işletim sistemli bir dizüstü bilgisayar ile çözülmüştür. Senaryolar belirlenirken şirketin 2014-2018 yılları içerisinde en fazla araç taşınması yaptığı 2015 yılı iyimser senaryo, en az araç taşınması yaptığı 2016 yılı kötümser senaryo ve mevcut durum olarak da 2018 yılı baz alınmıştır. Bu problem durumunun GLPK çözücüsündeki MIR (mixed integer rounding) kesme algoritmaları kullanılmadan çözülememiş, çözücü bellek/zaman limitine takıldığı için senaryoların çözümü mümkün olmamıştır Dolayısıyla GLPK çözücüsünün MIR seçeneği etkinleştirilerek bu problem durumunun çözülmesi hesaplama performansı bakımından kritik bir fark yaratmıştır. Senaryolar yük bazlı olduğu için oluşan amaç fonksiyonları beklendiği gibi oluşmuş ve iyimser senaryo mevcut duruma göre daha çok, kötümser senaryo ise mevcut durum modellemesine göre daha az çıkmıştır.

Tablo 18. Yük bazlı senaryo karşılaştırması

	Kötümser Senaryo	Mevcut Durum	İyimser Senaryo
Problem	Kötümser	Mevcut	İyimser
Satır	1553	1553	1553
Sütun	988 (936 integer, 936 binary)	988 (936 integer, 936 binary)	988 (936 integer, 936 binary)
0'dan farklı katsayı	7016	7016	7016
MIR (Mixed Integer Rounding) Kesmeleri ile Birlikte			
Çalıştırma sonundaki problem durumu	Integer Optimal	Integer Optimal	Integer Optimal
Amaç fonksiyonu	-187548257 (Max) (11451743 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)	-377250550 (Max) (13.749.450 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)	-160215023 (Max) (16784977 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)
Kullanılan zaman	213.3 sec.	17063.2 sec.	67.0 sec.
Kullanılan bellek	23.0 Mb	499.1 Mb	11.0 Mb

Oluşturulan diğer senaryolar ise gemi sayısında azaltmaya yönelik olmuştur. Şirketin mevcut durumda kendi operasyonlarında en az çalıştırılan iki gemi olan 54 dorse kapasiteli i5 ve i6 gemileri senaryo kapsamında sırasıyla filodan çıkarılmıştır. Bunun da amacı, eğer işletme filosunu küçültmeye giderse öncelikle hangi gemiyi elden çıkartırsa bu filo küçültmeden en az etkilenir sorusuna cevap bulmaktır. Mevcut durum ve senaryo çıktılarının karşılaştırılmış hali Tablo 19’da verilmiştir. Tablo 18’deki senaryo karşılaştırmasında olduğu gibi MIR kesme algoritmaları kullanılarak çözüme ulaşılmıştır. Her iki geminin de özellikleri aynı olmasına yani kardeş gemi olmasına rağmen gerek günlük kiralama bedellerindeki farklılık gerekse aylık ortalama gelirleri farklı amaç fonksiyonu elde etmemize sebep olmuştur.

Tablo 19. Gemi çıkarma bazlı senaryo karşılaştırması

	Mevcut Durum	i5 Gemisi Satıldığında	i6 Gemisi Satıldığında
Problem Satır	Mevcut Durum 1553	i5 Satıldığında 1303	i6 Satıldığında 1303
Sütun	988 (936 integer, 936 binary)	832 (780 integer, 780 binary)	832 (780 integer, 780 binary)
0’dan farklı katsayı	7016	5864	5864
MIR (Mixed Integer Rounding) Kesmeleri ile Birlikte	Çalıştırma sonundaki problem durumu Integer Optimal	Integer Optimal	Integer Optimal
Amaç fonksiyonu	-377250550 (Max) (13.749.450 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)	-530868119 (Max) (13131881 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)	-530832567 (Max) (13167433 Slack değişkeni çıkarıldıktan sonra elde edilen max. kar)
Kullanılan zaman	17063.2 sec.	864.1 sec.	957.2 sec.
Kullanılan bellek	499.1 Mb	66.1 Mb	83.3 Mb

Filodan çıkarıldıktan sonra kalan beş gemi ile model yeniden çalıştırılmış ve sonuç Tablo 20’de verilmiştir. Ortaya çıkan sonuçta Tablo 8’ten farklı olarak i5 ve i6 gemilerinin haftalık atamalarında bazı değişiklikler meydana gelmiştir. i5 ve i6 gemilerinin kendi arasında yapılan karşılaştırmada sadece tersaneye gönderildikleri haftalarda bir değişiklik görülmüştür. Ayrıca i4 gemisinin de tersaneye gönderildiği haftalar değişmiş, i5 gemisi

filodan çıkarıldığı senaryoda 22. ve 23. haftalarda tersaneye gönderilirken i6 gemisinin filodan çıkarıldığı haftalarda 4. ve 5. haftalarda tersaneye gönderilmiştir.

Tablo 20. 2018 yılı model sonucu ile gemi çıkarma senaryosu karşılaştırılması

Haftalar	2018 YILI MODEL SONUCU						i5 GEMİSİNİN FİLODAN ÇIKARILMASI					i6 GEMİSİNİN FİLODAN ÇIKARILMASI				
	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i1	i2	i3	i4	i6	i1	i2	i3	i4	i5
1. Hafta	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X	Y	Y
2. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y
3. Hafta	X	Y	Y	X	X	Y	X	X	Y	X	Y	X	X	Y	X	Y
4. Hafta	X	X	Y	Z	Y	Y	X	X	Y	Y	Y	X	X	Y	Z	Y
5. Hafta	X	Y	Y	Z	Y	X	X	Y	Y	Y	X	X	Y	Y	Z	X
6. Hafta	Y	Y	X	X	Y	Y	X	Y	Y	Y	X	X	Y	Y	Y	X
7. Hafta	Y	Y	X	X	Y	Y	X	Y	Y	Y	X	X	Y	Y	Y	X
8. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X
9. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X
10. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X
11. Hafta	Y	Y	X	Y	X	X	Y	Y	X	X	X	Y	Y	X	X	X
12. Hafta	Y	Y	X	Y	X	X	Y	Y	X	X	X	Y	Y	X	X	X
13. Hafta	Y	Y	X	X	X	Z	Y	Y	X	X	X	Y	Y	X	X	X
14. Hafta	X	X	X	Y	Y	Z	X	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X
15. Hafta	X	X	Z	Y	Y	X	Y	X	Z	X	X	Y	X	Z	X	X
16. Hafta	Y	X	Z	Y	Y	X	Y	X	Z	Y	X	Y	X	Z	Y	X
17. Hafta	Y	X	X	Y	Y	X	Y	X	X	Y	X	Y	X	X	Y	X
18. Hafta	Y	X	X	Y	X	Y	Y	X	X	Y	X	Y	X	X	Y	X
19. Hafta	Y	X	Y	Y	X	Y	Y	X	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X
20. Hafta	Y	Z	Y	Y	X	Y	Y	Z	Y	Y	X	Y	Z	Y	Y	X
21. Hafta	Y	Z	Y	Y	X	Y	Y	Z	Y	Y	Z	Y	Z	Y	Y	X
22. Hafta	X	X	Y	Y	Y	Y	X	X	Y	Z	Z	X	X	Y	Y	Z
23. Hafta	X	X	Y	Y	Y	X	X	X	Y	Z	X	X	X	Y	X	Z
24. Hafta	X	X	Y	X	Y	X	X	X	Y	X	X	X	X	Y	X	X
25. Hafta	X	Y	Y	X	Y	Y	X	Y	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y
26. Hafta	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y
27. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
28. Hafta	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y
29. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X
30. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
31. Hafta	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y
32. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
33. Hafta	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y
34. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
35. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X
36. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X
37. Hafta	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
38. Hafta	Y	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X	Y	Y
39. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y
40. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y
41. Hafta	X	Y	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y
42. Hafta	X	Y	Y	X	Y	X	X	Y	Y	X	X	X	Y	Y	X	X
43. Hafta	Z	Y	X	X	Y	X	Z	Y	X	X	X	Z	Y	X	X	X
44. Hafta	Z	Y	X	X	Y	X	Z	Y	X	X	X	Z	Y	X	X	X

Tablo 20'nin devamı

45. Hafta	X	Y	X	X	Y	X	X	Y	X	X	X	X	X	X
46. Hafta	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47. Hafta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48. Hafta	X	X	X	X	Z	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49. Hafta	X	X	X	X	Z	Y	X	X	X	X	X	X	X	X
50. Hafta	X	X	X	X	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X
51. Hafta	X	X	X	X	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X
52. Hafta	X	X	X	X	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X

Oluşturulan son senaryolar sonucunda gemilerinin haftalık atamalarında mevcut durum modellemesi ve senaryolar arasında farklılıklar oluşmuştur. Sadece gemilerin tersaneye gönderilmesi gereken haftalar i1, i2 ve i3 gemileri için her üç durumda da aynıdır. Ayrıca i5 ve i6 gemisinin sırayla filodan çıkarılması sonucu elde edilecek kâr durumunda da farklılık görülmektedir. i5 gemisinin filodan çıkarılması durumunda maksimum kâr 13.131.881 USD olarak hesaplanmış, i6 gemisinin filodan çıkarılması durumunda ise bu kâr 13.167.433 USD olarak belirlenmiştir. Aradaki fark yaklaşık 34 bin USD olmuştur. Senaryolar, modelin mevcut durum çıktısıyla karşılaştırıldığında ortalama %4,3'lik kâr oranında azalma olduğu görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ulaştırma faaliyetleri dünya ticareti için oldukça büyük öneme sahiptir. Denizyolu taşımacılığı da bu ulaştırma faaliyetleri içerisinde ortalama % 85'lik payı ile dünya ticaretinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Dünya üzerindeki hammadde, yarı mamul, mamul ve hizmetler küreselleşme ile birlikte daha kolay alınıp satılmaya başlanmıştır. Bu durum ulaştırma sektöründe de rekabet seviyesini arttırmıştır. Yük sahipleri yüklerinin bir an önce müşterisine ulaştırmayı hedeflemekte, denizcilik şirketleri de müşteri talep ve beklentileri doğrultusunda farklı taşıma sistemlerine entegre olarak verimliliklerini artırma yoluna gitmektedir. Bu entegrasyonun en önemli sebepleri ürünleri daha hızlı ve daha ekonomik bir şekilde müşteriye ulaştırma çabası olarak açıklanmaktadır.

Deniz ulaştırması yatırım maliyetleri yüksek bir yapıya sahiptir ve küresel ticaretten en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Yatırım için alınacak kararlarda gerek kısa vadeli gerekse uzun vadeli bir planlama yapılması gerekmektedir. Yatırım maliyetlerinin yüksekliği filo planlama süreçlerine de etki etmektedir. Bu bağlamda denizyolu taşımacılığı veya işletmeciliğini yapanlar oluşacak arz-talep dengesini iyi analiz ederek filo yatırımlarını yapmalıdırlar.

Deniz ulaştırmasının ekonomi tarafında işletmeler ya maliyet minimizasyonu ya da kâr maksimizasyonu yapmak istemektedirler. İşletmeler artan rekabet ortamında bünyelerindeki filoyu nasıl daha etkin ve verimli kullanacakları konusunda arayış içerisinde olmaktadır. Bunun için de etkili filo planlaması ve filo optimizasyonuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Optimizasyon kelimesinin Türkçe karşılığı en “en iyileme” olarak belirtilmiştir. En iyilemeden kasıt ortaya konacak maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonudur. (Çakalöz, 2015). Literatürde farklı optimizasyon teknikleri olmakla birlikte en çok kullanılanlardan biri kâr maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu gibi bir amaç fonksiyonu karşılaştığında, sınırlı kaynakların en etkin biçimde dağıtılmasını inceleyen doğrusal programlamadır. Bir diğer optimizasyon tekniği ise doğrusal programlama modellerinde yer alan değişkenlerin çözüm sonunda tümünün ya da bazılarının tam sayılı değerler aldığı tam sayılı doğrusal programlama modelidir. Model, değişkenlerin tümünün

ya da bazılarının değerinin tam sayılı olma koşuluna bağlı olarak tüm ya da karışık (mixed-karma) tam sayılı model olarak adlandırılır. Minimum maliyetle tüm taleplerin yerine getirilmesini sağlayan bir dağıtım planının amaçlandığı ulaştırma modellerinde ise problemin karar değişkenlerinden; arz merkezinden tüketim merkezine kaç birim yük taşındığı ya da gönderildiği sonucuna ulaşılır. Bu deterministik modeller dışında stokastik olarak da en iyi ve tam bilgilerin elde edildiği varsayımına dayanan karar modelleri yardımı ile işletme ve üretim problemlerinin nasıl çözüleceği karar teorisi altında incelenmektedir. Ayrıca bekleme hattı ve kuyruk teorisi, olasılıklı stok modelleri ve tahmin modelleri de stokastik modeller içinde yer almaktadır (Özkan, 2005).

Çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde Ro-Ro taşımacılığı yapan yerel bir denizcilik firmasının 6 adet gemiden oluşan Ro-Ro filosu için filo planlaması yapılarak daha etkin ve verimli kullanılmalarına yönelik bir karışık tam sayılı cebirsel model geliştirilmiştir.

Çalışmada oluşturulan matematiksel modelin amaç fonksiyonunda kâr maksimizasyonu hedeflenmektedir. Üç temel karar değişkeni ikili değer alabilen değişkenler olup sırasıyla gemi kümesi ve planlama haftaları üzerinde tanımlı değişkenlerdir. Bunlar x , y , z harfleriyle tanımlanmış ve x karar değişkeninde gemiler ya şirketin kendi operasyonlarına atanacaktır, y karar değişkeninde kiraya verilecektir, z karar değişkeninde ise bakım-onarım için tersaneye gönderilecektir. Bunların dışında bir de reel sayı değer alan dolgu değişkeni amaç fonksiyonundaki ceza terimini eklemede kullanılmıştır. Modelin kısıtları ele alındığında karşımıza genellikle kira kontratı ve tersane/bakım rutinlerinden kaynaklı zaman bazlı kısıtlar ve elbette şirket operasyonlarının doğası gereği yük taşıma taleplerinin karşılanması esasında temel kısıt ortaya çıkmaktadır. Ortaya konan kısıtlar ise, planlama haftasındaki firmanın kendi operasyonlarına ayırdığı gemilerin kapasiteleri toplamı firmanın taşıması gereken yük miktarından büyük ya da eşit olmalıdır, bir gemi bir haftada ya kiradadır ya firma kendi operasyonları için kullanıyordur ya da bakım-onarım vb. diğer işlemler için tersaneye gönderilmiştir, bir gemi art arda en az 4 haftalık süre boyunca kiralanabilir, yıl içerisinde gemiler ardışık olarak toplam 2 hafta bakım-onarım için tersaneye gidecektir şeklinde belirlenmiştir. Bahse konu tüm bu karar değişkenlerinin ve kısıtların amacı filoyu daha etkin ve verimli kullanarak elde edilecek kârı maksimize etmektir.

Çakalöz (2015) Türk dış ticaretine konu olan Ro-Ro taşımalarında filo optimizasyonuna ilişkin yapmış olduğu çalışmada maliyet minimizasyonuna yönelik

matematiksel modelleme oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel modellemede mevcut gemilerin, taktik filo planlaması kapsamında hali hazırdaki mevcut hatlara gelen talepleri karşılayacak şekilde taşıma maliyetlerini minimize ederek atamaları amaçlanmıştır. Bunun için ikili karar değişkeni ve altı adet kısıt belirlenmiştir. Optimizasyon tekniklerinden biri olan ve gerek ulaştırma gerekse taşımacılık alanlarında sıklıkla kullanılan matematiksel modellemede gemi işletmeciliğinde filo optimizasyonuna yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada mevcut durum, model çıktısı ve tahminleme senaryosu yapılmış, bunlar arasındaki maliyet farklılıkları değerlendirilmiştir. Mevcut durum ve model çıktısı karşılaştırıldığında mevcut duruma ilişkin maliyet 15.094.025 USD iken model çıktısında 15.403.276 USD olarak hesaplanmış ve mevcut durumun daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Çakalöz, bu durumun nedenini mevcut durumda gerçekleşen gemi-hat atamalarının bazı hatların taleplerini karşılayamayacak şekilde gerçekleştiğinden kaynaklı olduğunu belirtmiştir. Oluşturmuş olduğu modelde ise tüm hatların tüm talepleri karşılayacak şekilde atama yaptığını açıklamıştır. Çalışmanın asıl amacının maliyet minimizasyonu hedefleyen bir optimizasyon çalışması olduğu için ortaya çıkan maliyetlerin değerlendirilmesinden ziyade filolardaki gemi tiplerinin ve sayılarının en iyi gemi-hat atama sonuçları temelinde değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda ise ele alınan firmanın filo optimizasyonuna yönelik matematiksel model geliştirilmiş ve kâr maksimizasyonu hedeflenmiştir. Çalışmamızda oluşturulan matematiksel model üçlü karar değişkeni ve dört adet kısıttan oluşmuştur. Mevcut durum, modelleme çıktısı ve farklı senaryolar oluşturularak elde edilen karlar karşılaştırılmıştır. Oluşturulan matematiksel model sonucu yılın iki haftası hariç filodaki bütün gemilerin her hafta şirketin operasyonlarına atanması veya kiraya verilmesi suretiyle elde edilebilecek maksimum kâr 13.749.450 USD olarak hesaplanmış ve bu durum mevcut duruma göre % 46 artış göstermiştir.

Fischer ve arkadaşlarının (2016) Ro-Ro taşımacılığında dünyanın en büyük operatörlerinden biri üzerinde yaptıkları çalışmada operasyonel düzeyde karmaşıklığın en aza indirilmesi için taktiksel planlama seviyesinde filo konuşlandırma problemine çözüm bulmaya çalışmıştır. Ayrıca mevcut planda istenmeyen karmaşıklıklar meydana geldiğinde uygulanabilecek farklı stratejiler de incelenmiştir. Ro-Ro operatörünün karşılaştığı filo konuşlandırma problemi, birkaç aydan bir yıla kadar uzanan planlama ufkunda filosundaki gemileri tek tek seferlere en uygun şekilde atamak olarak belirlenmiştir. Çalışmada amaç

fonksiyonu maliyet minimizasyonuna yönelik oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model simülasyonunda sefer giderleri, balast seyir giderleri, gecikme maliyetleri, boş kiralama maliyetleri ve sefere çıkamama maliyetleri minimize edilmek istenmiştir. Problemin gerçek hayattaki örneklerini çözmek için kayan planlama ufku sezgiseli yönetimi kullanılmıştır. Sezgisel ve güçlülük stratejilerinin etkilerini test etmek için modelleme çalışmaları yapılmıştır. Önerilen güçlülük stratejilerinin etkisini test etmek için, kesintilere neden olan bir filo dağıtım planının uygulanması hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda, güçlülük stratejilerinin hiçbirinin, filo dağıtımının planlanan maliyetlerine % 5'ten fazlasını ekmediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, planların uygulanması simüle edildiğinde, güçlülük stratejileri ile hız ayarlamalarını birleştirirken, maliyetlerin bazen % 7'ye kadar önemli ölçüde daha düşük olduğu ve toplam gecikme günlerinin % 61'e kadar azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Yeniden planlama prosedürünü de dâhil ettiklerinde, kesintilerin etkisi maliyetlerde yaklaşık % 0,4 ve toplam gecikmelerde % 13 oranında daha da azaltılabileceği açıklanmıştır. Çalışmamızda ise bir yıllık planlama ufku çerçevesinde firma bünyesinde bulunan filodaki gemilerin optimizasyonu yapılmıştır. Yapılan optimizasyon sonucunda filo planlaması oluşturulmuş ve kâr marjının maksimum %46'ya kadar artış gösterebileceği sonucuna varılmıştır.

Yıldız (2008) Layner ulaştırma sistemlerinde optimum filo planlaması modeli adlı çalışmasında bir layner işletmesi açısından uzun dönemli filo planlaması stratejileri ve önemi konusunda bilgiler verilerek uzun dönemli ve belirli talep koşullarında talebi karşılayabilecek, gelecekte yapılacak filo yatırım, işletme ve amortisman maliyetlerinin Net Bugünkü Değerini toplamda en aza indirecek dinamik bir yapıda iki aşamalı bir filo planlama modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Filosunda 8 adet eş konteyner gemisi bulunan bir şirketin incelendiği çalışmada maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Çalışmada dört farklı senaryo üzerinde çalışılmış ve bu senaryolarda elde edilen çıktılar değerlendirilmiştir. Senaryolar stratejik ve taktik filo planlaması üzerine kurulmuştur. Stratejik filo planlamasına göre modelin oluşturduğu filo dağılımı sonucunda mevcut duruma göre çok daha az maliyetli filo planlaması oluşturulduğu görülmüştür. Çalışmada senaryolar arasındaki karşılaştırmalar sonucunda sefer sayısına bağlı olarak senaryo 1 ve 2 arasında yıllık işletme maliyetinde 50 milyon USD fark oluşmuş, senaryo 3 ve 4'te ise 60 milyon USD fark ortaya çıkmıştır. Yaptığımız çalışmada ise Karadeniz Bölgesi'nde altı adet Ro-Ro gemisi çalıştıran bir şirket ele alınmıştır. Kâr maksimizasyonu

amaçlanan modelde filo planlaması üç farklı duruma göre senaryolaştırılmıştır. Mevcut durum, iyimser ve kötümser durumlar şeklinde senaryoların yanı sıra filodan bir gemi eksiltildiğinde oluşacak durum incelenmiştir. Modelleme sonucunda mevcut durumda 13.749.450 USD toplam kâr elde edilebilecekken, iyimser senaryoda bu kârlar 16.784.977 USD, kötümser senaryoda ise 11.451.743 USD olmuştur. Filodan bir gemi eksiltildiğinde elde edilecek maksimum kâr ise gemiye göre değişmektedir. i5 gemisi filodan çıkartıldığında 13.131.881 USD, i6 gemisi filodan çıkartıldığında ise 13.167.433 USD modelleme sonucu tarafından hesaplanmıştır.

Fagerholt ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada küresel olarak Ro-Ro araç taşımacılığı yapan büyük bir gemi tedarikçisini ele almışlardır. Çalışmada daha önce literatürde sunulan modellere kıyasla daha fazla planlama esnekliği sağlayan, gemi taşımacılığında filo dağıtım sorunu için yeni bir model sunulmuştur. Oluşturdukları matematiksel modelde amaç fonksiyonu hem maliyet minimizasyonu hem de kâr maksimizasyonu üzerine yapılmıştır. Filo dağıtım sorununu çözmek için çok başlangıçlı yerel sezgisel arama önerilmiştir. Sezgisel yöntem Ro-Ro taşımacılığı yapan operatörde uygulanan ve test edilen prototip karar destek sistemine (KDS) yerleştirilmiştir. Bu sezgisel yöntem operatörün filo planlama sorununa birkaç dakika içerisinde 4 ila 6 aylık planlama ufku boyunca 55'ten fazla gemi ve 150'den fazla seferle yüksek kaliteli çözümler üretmeyi başardığı belirtilmiştir. KDS'yi kullanarak planlamayı iyileştirmek için büyük bir potansiyelin testte gösterildiği anlatılmıştır. Çözümlerde, KDS tarafından önerilen çözümlerin, manuel planlama sonucu elde edilen çözümlere kıyasla % 2 ila % 10 iyileştirme sağladığı belirtilmiştir. KDS'nin kullanılmasının filo planlama sürecini kolaylaştırdığına vurgu yapılmıştır. Ancak bu çalışmadan çıkarılacak sonuçlardan birinin de soruna bir model ve çözüm yöntemi içeren bir KDS geliştirmenin yeterli olmayacağı düşüncesi benimsenmiştir. Bir KDS geliştirirken ve uygularken bazı insani ve organizasyonel zorlukların da var olduğunu belirtmişlerdir. Bu zorlukları, KDS'nin organizasyonda nasıl uygulandığı ve organizasyon yapısının KDS'den fayda sağlayabilmek için nasıl ayarlanması gerektiği ile ilgili olduğunu açıklamıştır.

Plum ve arkadaşları (2011) yaptıkları çalışmada düzenli hat taşımacılığında sıklıkla karşılaşılan konteyner akışını ve filo konuşlandırması problemlerini nasıl yönetebileceğini taktiksel planlama seviyesinde incelemiştir. Mevcut problemleri çözmek için sıralı bir matematiksel model ve optimizasyon modeli formüle edilmiştir. Formüle edilen

matematiksel modelde ve optmizasyon modelin amaç fonksiyonu kâr maksimizasyonu üzerine kurulmuştur. Çalışmada taktik planlama ufku içinde, stratejik düzeyde karar verilen tüm olguların sabitlendiği varsayılmıştır. Taktik planlama modelinde gemi sayısını, mevcut toplam gemi kapasitesini, nakliye firmasının faaliyet gösterdiği limanları ve limanları birbirine bağlayan bağlantılar belirlenmiştir. Ayrıca stratejik karar düzeyine göre seçilen limanlar ve bağlantılar, konteyner akışının yönlendirileceği ve gemilerin konuşlandırılacağı ulaşım ağını oluşturmuşlardır. Çalışmada konteyner akış problemi ve gemi konuşlandırma problemleri hem ortak (joint container flow and ship deployment-JSC) olarak hem de sıralı (squential container flow and ship deployment-SCS) olarak ele alınmıştır. JSC ve SCS modellerine göre üç liman ve üç gemi bağlantılı bir ağ kurulmuştur. Bu matematiksel modeller IBM ILOG CPLEX Optimizer aracılığıyla AMPL modelleme dili kullanılarak çözülmüştür. Çözüm sonucunda SCS modeli için toplam kâr 10.744.730 USD olurken beklenen kapasite kullanım oranı $\alpha = 0.8$ olmuştur. JSC modeli için ise toplam kâr 11.664.730 USD olurken beklenen kapasite kullanım oranı $\alpha = 0.94$ olarak gerçekleşmiştir. Yapılan analiz ve sayısal çalışmalar sonucunda, konteyner akış yönetimi ve gemi konuşlandırma sorununun birlikte düşünülmesinin, nakliye kapasitesinin kullanımını ve nakliye firmasının kârlılığını artırdığı görüşüne varılmıştır. Çalışmamızda ise oluşturulan matematiksel model ve çözümü sonucunda filo planlaması optimum düzeyde yapılmış ve mevcut durumda toplam kâr 13.749.450 USD olarak hesaplanmıştır. Böylece iki çalışmada da kullanılan benzer modelleme dilleri sonucunda kâr maksimizasyonu sağlanmış ve ortak sonuca ulaşılmıştır.

Laake ve Zhang (2015) düzensiz hat deniz yolu taşımacılığında stratejik filo planlaması ve kontrat analizinin ortak optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada karma tam sayılı bir model geliştirerek düzensiz hat taşımacılıkta stratejik filo planlaması ve uzun vadeli spot sözleşmelerin seçimlerini birlikte optimize etmişlerdir. Modelin, belirli bir filo ve/veya optimal filo boyutu ve seri sözleşmeler için uzun vadeli ve spot sözleşmelerin kararlaştırılmasında kullanılabileceği belirtilmiştir. Oluşturulan matematiksel modelde düzensiz hat taşımacılıkta karşılaşılan filonun yenilenip yenilenmeyeceği, filodaki gemilerin satılıp satılmayacağı veya filoya ikinci el bir gemi mi yoksa yeni gemi mi alınacağı ve ne zaman dışardan gemi kiralanacağı veya dışarıya gemi kiraya verileceği gibi sorulara en uygun sonuca ulaşmayı hedeflemişlerdir. Bu problemler için oluşturulan matematiksel modelde amaç fonksiyonu kâr maksimizasyonu üzerine

kurulmuştur. Farklı durum ve senaryolar modele uyarlanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Filodaki gemiler kendilerine ait olmadığında yapılan modellemede kârın %4 oranında düştüğü sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda ise filodaki gemilerden en az kapasiteli gemileri sırasıyla tek tek filodan çıkardığımızda kâr oranında ortalama %4,3'lik bir azalma olduğu görülmüştür.

Karadeniz Bölgesi'nde Ro-Ro taşımacılığı faaliyeti gösteren bir işletmenin incelendiği çalışmamızda oluşturulan modelde filo planlaması problemi elde edilen gelirler ve oluşan maliyetler dikkate alınarak kâr maksimizasyonu amaç fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Literatürde her ne kadar birim maliyetler kullanılarak maliyet minizasyonuna yönelik daha çok çalışma olsa da gelir-gider durumlarının incelendiği ve kar maksimizasyonuna yönelik modellerin geliştirildiği çalışmalar da yapılmıştır. Kâr maksimizasyonuna yönelik çalışmalarda gelir durumuna ilişkin veriler işletmeler tarafından verilerin gizli olduğu belirtilerek verilmek istenmemektedir. Ancak çalışmamızda işletmenin 2018 yılına ait Samsun çıkışlı gemi hareketlerine ilişkin gelir kayıtları çalışmaya konu olan işletme tarafından verilmiş bu da modelin amaç fonksiyonunun geliştirilmesinde büyük katkı sağlamıştır. Ayrıca işletmeden maliyet kalemlerine ilişkin alınan veriler yaklaşık maliyetler olarak verilmiş, işletme gizlilik politikası gereği tam değerleri vermemiştir. Yapılan araştırmalar ve uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda işletmeden alınan verilerin gerçek işletme verilerine çok yakın olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hem işletme çalışanları tarafından hem de sektördeki uzman kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen maliyet kalemleri ve bunlarla ilgili hesaplamalar belirtilen nedenlerden dolayı elle hesaplanmıştır.

Çalışmaya konu olan işletmenin personeliyle yapılan görüşmelerde filodaki gemilerin narenciye taşımacılığının yoğun olduğu Ekim-Ocak dönemi haricinde genel olarak boşta bekletildiği, bazı gemilerin kısa dönemli kiraya verildiği ve gemilerin herhangi planlama yapılmadan işletilmekte olduğu üzerinde durulmuştur. Planlama eksikliğinden kaynaklı olarak da gemilerin etkin ve verimli işletilmemesinden dolayı şirketin zarar ettiği ve filodaki gemi sayısında azalmaya gidildiğinden bahsedilmiştir. Çalışmamız yapılan bu görüşmeler ve elde edilen verilerle reel bir problem üzerine modellenmiş ve çözülmüştür.

Çalışmada oluşturulan matematiksel modelde amaç fonksiyonu kar maksimizasyonu üzerine kurulmuş ve filo planlaması buna göre yapılmıştır. Filo planlama modeli

uygulamasında firmanın Samsun-Rusya hattında çalışan 6 adet Ro-Ro gemisi planlamaya dahil edilmiş optimum filo planı ve gemi atama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Model çalıştırılıp elde edilen verilere bakıldığında gemiler optimum düzeyde değerlendirilmiş ve kar maksimizasyonu sağlanmıştır. Model, filodaki gemilerin taşımının yoğun olduğu dönemler haricinde kiraya verilerek daha çok kâr elde etme yoluna gitmiş ve gemileri planlama ufku içerisinde hiç boşa bekletmemiştir. Mevcut durum dışında oluşturulan iyimser ve kötümser senaryo ve filodan gemi eksiltme senaryosu sonucunda modelin geçerliliği de kanıtlanmıştır.

Çalışmanın sonucunda elde edilen bir diğer önemli husus da sürdürülebilir denizcilik kapsamında çevreye olan etkisi üzerine olmuştur. Denizyolu taşımacılığı, diğer taşımacılık türlerine kıyasla daha güvenli ve temiz olmasına karşın toplum ve çevre üzerindeki etkisi büyüktür (Yuen vd., 2017). Çevre açısından sürdürülebilir yönetim veya bir diğer deyişle yeşil yönetim ise, bir taraftan firmaların kâr ve pazar payı elde etmesi ve diğer taraftan çevreyi korumaya yönelik önemli bir yönetim anlayışı ortaya koyması şeklinde tanımlanabilir (Van Hock ve Erasmus, 2000). Bu doğrultuda denizcilik piyasalarının bileşenleri sürdürülebilirlik konsepti çerçevesinde işletme maliyetlerini düşürmek ve hava kirliliğine sebebiyet veren gemilerin egzoz gazı emisyonlarını en az düzeye çekmek için çalışmalar yapmakta ve standartlar ortaya koymaktadır (Öztürk, 2020). Sürdürülebilir denizcilik kavramı ile birlikte son yıllarda, hem mevzuatlarda hem de araştırmalarda görülebilen, gemilerin enerji verimliliği konusuna artan bir ilgi olmuştur (Rasmussen vd., 2018). Enerji verimliliği kavramı, yakıt sarfiyatı optimizasyonu ve diğer birçok uygulama, problemleri ve çözümleri aynı şekilde değerlendirmek için eş anlamlı bir şekilde kullanılmıştır (Armstrong ve Banks, 2015). Çalışmamızda filo optimizasyonu yapılarak gemilerin daha etkin ve verimli kullanılması için bir filo planı ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda kullanılacak enerji ve yakıt sarfiyatında bir etkinlik ve verimlilik ortaya çıkacak bu da gemilerin çevreye olan olumsuz etkilerini en optimum düzeye indirilmesine katkı sağlayacaktır.

5. ÖNERİLER

Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir Ro-Ro işletmesinin incelendiği çalışmada gerçek bir problem durumu üzerinden değerlendirme yapılmış ve çözüm arayışına gidilmiştir. Genel olarak Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren diğer Ro-Ro işletmelerinin de karşı karşıya kaldığı bu problemde filonun daha etkin ve verimli kullanılması yönünde bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu optimizasyon çalışmasında filodaki gemilerin bir planlama dahilinde çalıştırıldığında mevcut kârdan daha fazla bir kâr elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Filo planlaması Ro-Ro taşımacılığı şirketleri için hayati derecedir önemlidir. Yalnız operasyon değil şirketin gemi kiralama piyasasına hangi düzeyde açılması gerektiğini de belirlemesine yardımcı olur. Bakım-onarım vb. operasyon dışı faaliyetlerin maliyetleri doğrudan etkilediğinin bir gerçek olduğu göz önüne alınırsa bunların da filo planlamasının bir parçası olduğu değerlendirilmelidir.

Yapılan filo planlamasında, filodaki 6 geminin hangi dönemlerde işletmenin kendi operasyonları için kullanılacağı, hangi dönemlerde hangi gemilerin kiraya verileceği ve gemilerin hangi dönemlerde bakım onarım için tersaneye gönderileceği konularında öneriler sunulmuştur. Filodaki gemilerden i1 gemisi modelleme sonucunda toplam 23 hafta şirketin kendi operasyonlarında atanırken geri kalan haftalarda kiraya verilebileceği belirtilmektedir. Kiraya verilecek hafta sayısı kendi operasyonlarına atandığı haftalardan daha fazla olmuştur. Yıllık bakımlar için tersaneye gönderileceği en uygun haftalar ise 43 ve 44. haftalar olarak belirlenmiştir. i1 gemisi ile kardeş olan i2 gemisi ise modelleme sonucunda 16 hafta ile şirketin kendi operasyonlarına en az atanan gemi olmuştur. Buna karşılık 34 haftalık bir kiralama periyodu sunulan i2 gemisinin tersaneye 20 ve 21. haftalarda gönderilmesi önerilmiştir.

Filoda bulunan diğer kardeş gemiler 66 dorse kapasiteli olan i3 ve i4 gemilerindeyse birbirinden çok farklı atamalar gerçekleşmiştir. Modelleme sonucunda i3 gemisinin 24 hafta şirketin kendi operasyonlarına atanması önerilirken, kiralama piyasasına toplam 26 hafta verilebileceği belirtilmiştir. Bakım-onarım vs. için tersaneye gönderilebileceği haftalar ise 15 ve 16. haftalar olarak tayin edilmiştir. i4 gemisi ise tersaneye en erken gönderilmesi uygun görülen gemi olmuştur. 4. ve 5. haftalarda tersaneye gönderilen gemi

modelleme sonucunda 18 hafta ile şirketin kendi operasyonlarına en az atanan ikinci gemisi olmuş ve kiralama piyasasında toplam 32 hafta tutulabileceği önerilmiştir. İşletmenin kendi operasyonlarında en az kullanmış olduğu i5 ve i6 gemilerinin yapılan çalışma sonucunda sırasıyla toplam 31 ve 32 hafta kiralama piyasasına sunulabileceği belirtilmiştir. Gemiler oluşturulan model tarafından taşımanın yoğun olduğu haftalarda bile ya kiraya verilmiş ya da tersaneye gönderilmiştir. i5 gemisi 48. ve 49. haftalarda tersaneye gönderilirken i6 gemisinin ise yılın son dört haftasında kiraya verilebileceği model tarafından ortaya konmuştur. Ayrıca i6 gemisinin 13 ve 14. haftalarda yani daha erken bir dönemde tersaneye gönderilmesi uygun görülmüştür. Modelleme sonucunda da mevcut durum gibi i5 ve i6 gemileri şirketin kendi operasyonları için en az kullanılan gemilerden ikisi olmuştur. İşletmenin bu iki gemi üzerindeki tasarrufunu gemileri satarak filodan çıkarmak yönünde değerlendirilebilir. Böylelikle filo küçültülerek işletme maliyetlerinin düşürülmesi önerilmektedir. Şirket gemi kiralama piyasasını daha yoğun bir biçimde kullanabilir. Filo planı şirkete kiralama piyasasına gemilerini kiralamak veya başka şirketlerden gemi kiralamak için çok değerli bilgiler sunmaktadır. Taşımanın yoğun olduğu Ekim-Ocak ayları arasında kısa dönemli olarak işletmenin zaman esaslı gemi kiralama yolu ile filosuna gemi katabileceği bir diğer alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde hem atıl durumda kalabilecek gemilerin işletme maliyetlerden kurtulacak hem de işletme elindeki sermaye ile daha yeni ve verimli gemi yatırımı yapabilecektir.

Gemi işletmeciliği firmalarının, özellikle düzenli hat taşımacılığında, filo planlamalarını kişisel tecrübelerinden yararlanarak yaptıkları görülmüştür. Küçük filoya sahip yani gemi adedi sayıca az olan firmalarda matematiksel yöntemler kullanılmadan yapılan planlamalar kazanılan tecrübeler sayesinde daha doğru yapılabilirken, filodaki gemi ve güzergâh sayısı arttıkça bu durum daha karmaşık bir hal almakta ve ortaya çıkan problemlerin çözümünü zorlaştırmaktadır.

Karar destek sistemleri veya matematiksel yöntemler gemi işletmeciliği firmaları tarafından son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle daha geniş filolara sahip işletmeler ve bunlarla çalışan lojistik firmalar bu sistemlere aile şirketlerine oranla daha çok ilgi göstermektedirler. Gemi işletmeciliği firmalarının yukarıda bahsettiğimiz zorluklar karşısında karar destek sistemlerini veya matematiksel yöntemleri kullanmaları hem maliyetlerini düşürmelerine hem de daha fazla kâr elde etmelerine olanak sağlayacaktır. Çalışmada oluşturulan matematiksel model her ne kadar

Karadeniz Bölgesi içinde Ro-Ro taşımacılığı yapan bir gemi işletme firmasına ait filo için oluşturulmuş olsa da denizcilik sektöründe özellikle de düzenli hat taşımacılık alanında bütün filolar için uygulanabilir bir modeldir. Bölgesel ve işletme anlamında oluşacak farklılık modelin geçerliliği ve uygulanabilirliğini değiştirmeyecek aksine modele zenginlik katacaktır. Gemi işletmeciliği firmalarından alınabilecek çok daha farklı veriler ve bilgiler doğrultusunda yeni parametreler ve kısıtlar eklenerek model geliştirilebilir. Böylelikle model gemi işletmeciliği yapan her türlü işletmeye uyarlanabilir ve uygulamaya konabilir.

Araştırmamızın işletme kârlılığı üzerinde etkili olan faktörlerden maliyet odaklılık-maliyet liderliği ya da diğer bir ifadeyle maliyet minimizasyonu üzerine yapılmış olması sınırlılığını oluşturmaktadır. İşletmelere rekabet avantajı sağlama ve dolayısıyla karlılık üzerinde etkili olan faktörlerden biri de farklılaştırma stratejileridir. Farklılaştırma stratejileri; fiyat, mal, hizmet, imaj ve insan kaynakları farklılaştırması olarak ele alınabilmektedir. Maliyet odaklılık ya da maliyet liderliği denizcilik işletmesinin uzmanlık gerektiren ve/veya rakiplerin pazara girişlerinin güç olduğu, büyük yatırımlar ve uzman kadrolara ihtiyaç duyulduğu bazı durumlarda tek başına yeterli olabilir. Örneğin LNG, kruvaziyer taşımacılığı ve sipariş üzerine gulet tekne, süper yat, mega yat inşa eden işletmeler vb. gibi bunun için örnek verilebilir. Ancak böyle durumlarda da müşteri istek ve ihtiyaçlarına uygun şekilde hizmet üretilmeli ve müşteri memnuniyetinden ödün verilmemeli ve uzun süreli ilişkiler kurulmaya çalışılmalıdır. Çünkü değişen pazar dinamikleri, teknolojik gelişmeler ve kıyaslama (benchmarking) rakip ve yeni girişimci işletmelerin bu pazarlara girmesini her geçen gün kolaylaştırabilmektedir. Ayrıca küresel ekonomik kriz, iklim değişiklikleri, pandemi ve ülkelerin ithal yüklere uyguladığı kotalar ve kontrol edilemeyen diğer faktörlerden elde edilen tecrübeler sadece maliyete, tek bir gemi türü ve/veya yük türüne odaklanmanın uygun bir strateji olamayacağını da göstermektedir. Çünkü bu tür dönemlerde işletmenin faaliyet gösterdiği yük ve/veya gemi türü en olumsuz etkilenen alanlardan biri olabilir. Dolayısıyla denizcilik işletmelerine pazar bölümlendirme, hedef pazarların tayini ve konumlandırma stratejilerinde doğru kararlar almalarının yanı sıra mevcut ve potansiyel müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının analiz edilerek yük ve/veya gemi türlerinde çeşitlendirme yapmaları önerilir. Ayrıca kârlılığı artırma adına hizmet kalitesinden ödün verilerek maliyetlerin düşürülmeye

çalışılması deniz işletmeciliğinin her alanında faaliyet gösteren firmaların uzun vadede önemli müşteri ve pazar kayıplarına sebep olabileceği de göz ardı edilmemelidir.



6. KAYNAKLAR

- Agarwal, R. ve Ergün, Ö., 2008. Ship Scheduling and Network Design for Cargo Routing in Liner Shipping. *Transportation Science*. 42, 2, 175-196.
- Akman Durgut, İ., Gemi Yönetiminde dış Kaynak Kullanımı: Türk Donatanlarının Üçüncü Taraf Gemi Yönetim İşletmelerine Yönelik Tutumları, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2013
- Aksoy, S., 2011. Ro-Ro Terminalleri İçin Simülasyon Modellemesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Akten, N., 1982. "Ro-Ro Taşımacılığı", İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Akten, N. ve Albayrak, M. A., 1988. Deniz Taşımacılığı Kılavuzu. İstanbul: Ekim Matbaası.
- Akten, N. "Türk Loydu: Türkiye'yi Dünyaya Taşıyan Yıldızımız" http://www.denizhaber.com.tr/index.php?sayfa=yazar&id=9&yazi_id=37, 20.05.2020
- Al Yakoob, S.M. ve Sherali, H.D., 2013. A Column Generation Approach for Determining Optimal Fleet Mix, Schedules and Transshipment Facility Locations for a Vessel Transportation Problem. *Applied Mathematical Modelling*. 37, 4, 2347-2387.
- Alan, M. A. ve Yeşilyurt, C., 2012. Doğrusal Programlamada Kullanılan Simpleks Yöntemin Excel İle Çözümü, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 409.
- Albertini A., 2011. "Managing the Financial Crises", A Ship Owners Perspective, *Marfin Management*
- Altuğ, O., 1973. Deniz Taşıt İşletmelerinde Maliyetler ve Maliyetlerin Yönetim Yönünden İncelenmesi, İstanbul İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi, s. 32.
- Amerini, G., 2008. Statistics in focus: Short-Sea Shipping of Goods 2000-2006, Prepared for Eurostat and the European Communities,
- Andreas F., Håkon N., Henrik O., Kjetil F., Jørgen G. ve R., Magnus S., 2016. Robust Planning and Disruption Management in Roll-On Roll-Off Liner Shipping, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, July, 51-67
- Appetecchia, A., 2015 Destabilizzazione dell'area del Mediterraneo e i nuovi scenari del traffico delle merci. In Proceedings of the MercInTreno Conference, Rome, Italy
- Armstrong, V., N. ve Banks, C., 2015. Integrated Approach to Vessel Energy Efficiency, *Ocean Engineering*, 110, B, 39-48.

- Başar, E., 2010. Environmental Impact of the Ro-Ro Traffic in the Port of Trabzon . The First Global Conference on Innovation in Marine Technology and the Future of Maritime Transportation, 103-109. İstanbul, Türkiye
- Başar, E., Erol, S., ve Yılmaz, H., 2015. Karadeniz Limanlarında Ro-Ro Taşımacılığı Ve Gelişimi. Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, No.12, 71-82.
- Başar, E., Erol, S., ve Kurt, H. İ., 2015. Doğu Karadeniz Limanların Karayolu Ağına Uyguladığı Trafik Baskısı . II. Ulusal Liman Kongresi “Sürdürülebilirlik ve İnovasyon” , 1-15. İzmir, Turkey
- Başar, S. Ö., 2004. “Türkiye’nin Uluslararası Denizlerdeki Tarifersiz Gemi Taşımacılığının Ekonomik Analizi,” Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 6, Sayı 2.
- Başar, S. Ö., 2013. Denizcilik İşletmeleri Yönetimi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi Öğretim Üyeleri, Beta Yayıncılık, İstanbul
- Baştürk, S., Geminin Taşıdığı Yük Miktarına Göre En Uygun Gemi Hızının Ve Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi: Ro-Ro Gemileri Üzerine Bir Uygulama, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2017
- Benamara, H., Hoffman, J., Youssef F., 2010. Maritime Transport: The Sustainability Imperative, Springer.
- Branch, A.E., 1998. Maritime Economics Management And Marketing, Stenley Thornes Publishers Ltd. England.
- Branch, A.E., 2007.Elements of Shipping, Eight Edition. London and New York: Routledge.
- Branchini, R., M., 2013. Fleet Deployment Optimization in Liner Shipping, Unicamp, Campinas
- Carlos, J., Ole, J., Dania, H., Torsten, B., Kevin, B., Torsten K., John, C. O., ve Dominic N., 2013. Best PracticeShip Management Study 2013. Fraunhofer CML, Hamburg
- Cho, S. C., ve Perakis, A. N., 1996. Optimal Liner Fleet Routing Strategies, Maritime Policy and Management, 23, 3, 249-259
- Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B. ve Ronen, D., 2007. Maritime Transportation In Cynthia Barnhart and Gilbert Laporte, editors, Transportation, volume 14 of Handbooks in Operations Research and Management Science, 189-284.
- Chrzanowski, I., 1989, An Introduction to Shipping Economics, Fairplay Publication L.T.D, United Kingdom
- Collins, N., 2000. The Essential Guide to Chartering and Dry Freight Market, London, Clarkson Research Studies

- Çakalöz, B. Gemi İşletmelerinde Optimum Filo Planlaması: Ro-Ro Taşımacılığı Açısından Bir Analiz. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir, 2015
- Çankırı, N. 2014. Gemi Yönetimi ve İşletmeciliği. Meslek Yüksekokulları İçin Deniz İşletmeciliğinde Gemi Yönetimi: Temel Unsurlar, Kavramlar ve Bileşenler, Editör Nesli Çankırı. İstanbul: Beykoz Lojistik Meslek Yüksekokulu Yayınları, 1-38.
- Çetin, İ.B., Ayan, S. ve Deveci, D.A., 2013. Gemi İşletme Yönetimi. Denizcilik İşletmeleri Yönetimi, Editörler A. Güldem Cerit, Ali Deveci ve Soner Esmer. Beta Yayınları, İzmir, 345-376.
- Denktaş, G., Kuru Dökme Yük Taşımacılığında Türk Deniz Ticaret Filosunun Rekabet Gücü Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2005
- Denktaş Şakar, G., 2013. Denizcilik İşletmeleri Yönetimi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi Öğretim Üyeleri, Beta Yayıncılık, İstanbul
- Downard, J.M. 1996. Managing Ships, Coulsdon, Surrey: Fairplay Publications.
- Drewry, 1998. Ro-Ro Shipping: "The Flexibility Alternative To Containerisation", Drewry Consultants Ltd. London, England.
- EC & DG-Tren 2006. Maritime Transport Policy, Commission of European Communities, Belgium
- Eren, E., 2011. Yönetim ve Organizasyon(Çağdaş ve Küresel Yaklaşımlar), Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, İstanbul
- Erol, S. ve Dursun, A., 2016. Düzensiz Hat Denizyolu Taşımacılığının Piyasa Yapısı Ve Değerlendirilmesi, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 16, 153-170 ISSN 1307-9832
- Esmer, S. ve Oral, Z., (2011), Samsun Limanı'nın Deniz Ticaretindeki Pazar Payını Arttırma Koşullarının İncelenmesi
- Eurostat, 2020. Maritime Ports Freight And Passenger Statistics
- Faerlyns., Ro-Ro Market from a Shipbrokers Perspective. http://www.sjofart.ax/files/henrik_tidblad_roro_market_from_a_brokers_perspective.pdf. 15.04.2020
- Fagerholt K., 2002. A Computer-Based Decision Support System For Vessel Fleet Scheduling –Experience And Future Research, Working paper, Marintek and the Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 18.
- Fagerholt, K., Johnsen, T.A.V. ve Lindstad, H., 2009. Fleet Deployment in Liner Shipping: a Case Study. Maritime Policy and Management. 36, 5, 397-409.

- Fancello, G., Serra, P. ve Mancini, S., 2019. A Network Design Optimization Problem For Ro-Ro Freight Transport In The Tyrrhenian Area,
- Fischer A., Nokhart H., Olsen H., Fagerholt K., Rakke J. G. Ve Stålhane M., 2016. Robust Planning and Disruption Management in Roll-on Roll-off Liner Shipping, Elsevier
- Fulser, B. 2015. Kombine Taşımacılık ve Türkiye Uygulamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gelareh, S. ve Gass, S.I., 2000. Making Decisions with Precision, Business Week October 30
- Gelareh, S. ve Meng, Q., 2010. A Novel Modeling Approach for the Fleet Deployment Problem within a Short-term Planning Horizon. Transportation Research. 46, 76-89.
- Gay, D.M., 1997. Hooking Your Solver to AMPL, Lucent Technologies, New Jersey
- Golias, M.M., Saharidis, G.K., Boile, M. , Theofanis, S., V., ve Ierapetritou, M.G., 2009. The Berth Allocation Problem: Optimizing Vessel Arrival Time. Maritime Economics & Logistics, 11, 4, 358-377.
- Gorton, L., Hillenius, P., Ihre, R. ve Varn, A.S., 2009. Ship Broking and Chartering Practice. London: Informa.
- Göksu, S., Türk Deniz Ticaret Filosunun Denizcilik Çalışma Sözleşmesi (MLC) 2006 Koşullarına Uygunluğunun Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014
- Günay, M., 1984. Ro-Ro İşletmeciliği: Kara ve Deniz Taşımacılığımızda Döviz Tasarrufuna Yönelik Entegrasyon Modeli. İstanbul: İstanbul Deniz Ticaret Odası Yayınları.
- Hillier, F.S. ve Lieberman, G.J., 1995. Introduction to Mathematical Programming, McGraw-Hill Publishing Company
- Hülagü, S.E., Ro-Ro Taşımacılığı ve Türkiye'deki Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007
- ICS (Institute of Chartered Shipbrokers), 2012. Economics of Sea Transport and International Trade. U.K., Witherby Publishing.
- Imai, A. ve F. Rivera., 2001. Strategic Fleet Size Planning for Maritime Refrigerated Containers. Maritime Policy and Management. 28, 4, 361-374.
- İnal, S., 2004. Deniz İşletmeciliğinde Planlama, Körfez Gazetecilik Matbaacılık, Balıkesir.
- Kahveci, S., ve Başar, E., 2013. Özelleştirme Öncesi ve Sonrası: Samsun Limanı . I. Ulusal Liman Kongresi, 87-96. İzmir, Türkiye

- Kara, İ., 2000. Doğrusal Programlama, Bilim Teknik Yayınevi, Ankara, 56.
- Karaoğlan, A. D., 2007. Tanker Scheduling By Using Optimization Techniques And A Case Study, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 48-62
- Köse, S., ve Başar, E., 2013. The Impact Of The Prospective Railway Link On The Port Capacity: The South Black Sea. *Journal of Maritime Transport And Engineering*, 2, 2, 14-21.
- Kumar, S. ve Hoffmann, J., 2002. The Hand book of Maritime Economics and Business, Grammenos, C. TH. (Ed.), ISBN: 1-84311-195-0, LLP Informa Professional, UK.
- Kuyucu, A. S., 2013. BIMCO'nun Gemi Yönetimi Sözleşmesine İlişkin 2009 Değişiklikleri, İÜHFM C. LXXI, S. 2, 361-382,
- Lawrence, S.A., 1972. International Sea Transport: The Years Ahead. Lexington MA: Lexington Books.
- Lesh , R.A., ve Doerr, H., 2003 Foundations of model and modeling perspectives on mathematic teaching and learning. In R.A. Leshand H. Doerr (Eds.), Beyond Constructivism: A models and modeling perspectives on mathematics teaching, learning, and problem solving. Mahwah, NJ:Lawrance Erlbaum.
- Lingefjard, T., 2002. Teaching and assessing mathematical modeling. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 21, 2, 75-83.
- Lloyds Manager., 2002. Diploma in Ship Management, The Structure of The Maritime Industry, London
- Liu, J.J., 2012. Supply Chain Management and Transport Logistics. London: Routledge.
- Marzano, V., Tocchia, D., Fiori, C., Tinessa, F., Simonelli, F., Cascetta, E., 2020. Ro-Ro/Ro-Pax Maritime Transport in Italy: A Policy-Oriented Market Analysis, Case Studies on Transport Policy, Elsevier, 1201-1211
- McConville, J., 1999. Economics of Maritime Transport: Theory and Practice. London: Witherby and Co. Ltd.
- Meng, Q. ve Wang, T., 2010. A Chance Constrained Programming Model For Short-Term Liner Ship Fleet Planning Problems, *Marit. Pol. Mgmt.*, 37, 4, 329-346
- Meng, Q., 2010. A Novel Modeling Approach for the Fleet Deployment Problem Within a Short-term Planning Horizon. *Transportation Research*, 46, 76-89.
- Meng, Q., Wang, T. ve Wang, S., 2012. Short-term Liner Ship Fleet Planning with Container Transshipment and Uncertain Container Shipment Demand. *European Journal of Operational Research*. 223, 1, 96-105.

- Meng, Q., Wang, T. ve Wang, S., 2013. Multi-period Liner Ship Fleet Planning with Dependent Uncertain Container Shipment Demand. *Maritime Policy and Management*. doi10.1080/03088839.2013.865848, 43-67.
- Mitroussi, K., 2003. Third Party Ship Management: The Case of Separation of Ownership and Management in the Shipping Context. *Maritime Policy & Management*, 30, 1, 77-90.
- Musso, E., Casaca, A.C.P. and Lynce, A.R., 2010. Economics of Short Sea Shipping. *The Handbook of Maritime Economics and Business*, Second Edition, 391-429.
- Neelamkavil, F., 1987. *Computer Simulation and Modelling*. NY: Wiley and Sons.
- Notteboom, T.E., 2006. The Time Factor in Liner Shipping Services. *Maritime Economics & Logistics*, 8, 1, 19-39
- Olzsak, A. ve Karbowski, A., 2018. Parampl: A Simple Tool for Parallel and Distributed Execution of AMPL Programs, *IEEE Access*, 10.1109/ACCESS.2018.2868222, Polonya
- Orhon, F., 1983. Ulaştırma İşletmelerinde Maliyet Muhasebesi, *Ekonomi ve Bilimsel Yayınlar*, Yayın No:7, İstanbul, 141.
- Özdemir, Ö., *Denizyolu Yük Taşımacılığında Maliyetler ve Bir Uygulama*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009
- Özdemir, Ü. ve Deniz, T., 2013. Zonguldak Limanında Ro-Ro Taşımacılığı. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 18, 30.
- Özkan, Ş., 2005. *Yöneylem Araştırması*, ISBN: 9755918523, Nobel Yayınları
- Öztürk, A., 2013. *Yöneylem Araştırmasına Giriş*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Öztürk, O., B., *Konteyner Taşımacılığında Yeşil Gemi Uygulamaları*, Doktora, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2020.
- Özünan, B., 1999. *Organizational Structure and Impacts of ISM Code to The Shipping Companies*, Diploma Project. The School of Maritime Business And Management, İzmir
- Panayides, P.M. ve Gray, R., 1997. Marketing the Professional Ship Management Service. *Maritime Policy & Management*. 24, 3, 233-244.
- Panayides, P.M. ve Gray, R., 1999. An Emprical Assesment of Relational Competitive Advantage in Professional Ship Management. *Maritime Policy and Management*. 26, 2, 111-125.
- Perakis, A. N. ve Papadakis, N., 1987. Fleet Deployment Optimization Models Part 1, *Maritime Policy and Management*, 14, 2, 127-144

- Plum, C. E. M., Pisinger, D., ve Mühldorff Sigurd, M. 2013. Optimization of Container Line Networks with Flexible Demands. Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, 89-104
- Powell, B. ve Perakis, A. N., 1997. Fleet Deployment Optimization for Liner Shipping: An Integer Programming Model. *Maritime Policy and Management*. 24, 2, 183-192.
- Rana, K. ve Vickson, R.G., 1991. Routing Container Ships Using Lagrangean Relaxation and Decomposition. *Transportation Science*. 25, 3, 201-214.
- Rardin, L., R., 1998. Optimization in Operations Research, Prentice Hall.
- Rasmussen, H., B., Lützen, M., Jensen, S., 2018. Energy Efficiency at Sea: Knowledge, Communication, and Situational Awareness at Offshore Oil Supply and Wind Turbine Vessels, *Energy Research & Social Science*, 44, 50-60.
- Robert F., David M.G., Brian W.K., 1993. AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming), The Scientific Press Series.
- Rodrigue, J. P., 2013. The Geography of Transport System, New York, Routledge.
- Ronen, D., 2011. The Effect of Oil Price on Containership Speed and Fleet Size. *Journal of the Operational Research Society*, 62, 1, 211-216.
- Saatçioğlu, C., Saygılı, M.S., 2013. İntermodal Taşımacılıkta Denizyolu – Demiryolu Entegrasyonunun Ekonomik ve Çevresel Açından Değerlendirilmesi, *Journal Of ETA Maritime Science*, 1, 2, 19-26.
- Saban, M, Güğərçin, G., 2009. Deniz Taşımacılığı İşletmelerinde Maliyetleri Etkileyen Faktörler ve Sefer Maliyetleri. *D.E.Ü. Denizcilik Dergisi*. 1, 1, 1-16.
- Samsun Liman Başkanlığı, 2020. Gemi İstatistikleri
- Santos, T., Soares, C., 2017. Modeling Transportation Demand In Short Sea Shipping. *Marit Econ Logist* 19, 695-722
- Shipman 1998, Revised Standart Ship Management Aggrement, BimcoBull. Volume 93.
- Shipman 2009, Standart Ship Management Aggrement, Bimco
- Sezer, H., Düzenli Hat Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek Sistemi Yaklaşımı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2008
- Spruyt, J., 1994. Ship Management, 2nd Edition. London: LLP.
- Stapford, M., 1997. Maritime Economics, Second Edition. London and New York: Routletge.

- Stapford, M., 2009. Maritime Economics, Third Edition. London and New York: Routledge.
- Şakar, Ü. S. ve Erdoğan N K., 2000. Markowitz Modelinin Ayrılabilir Şeklinin Cebirsel Modelleme Dilinde (AMPL) İfadesi ve LOQO Programı İle Analizi: İMKB’de Bir Uygulama, Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16, 1, 59-80
- Şeker Öğüz, Z., 2003. Gemi Yönetimi Sözleşmesi, Filiz Kitabevi, İstanbul, 13 vd.
- Şeremet, E., A Multi-Period Dynamic Optimization Approach for Revenue and Capacity Management in Air Cargo Transportation, Yüksek Lisans Tezi, Koç Üniversitesi, İstanbul, 2014.
- Şimşek, Ş. ve Çelik, A., 2009. Yönetim ve Organizasyon, Eğitim Akademi Yayınları, Konya
- Taha, A.H., 2000. Yöneylem Araştırması. 6. Baskı. Çeviren: Baray, S. A. ve Esnaf, Ş. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Taşlıyan, M., Çiçeklioğlu, H., Yılmaz, Ö.M., 2016. Lojistik Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımının Önemi, 2, 5, 35-55.
- Tohumcu, Ö. K., Uluslararası Gemi Ve Liman Tesisi Güvenlik Kodu (Ispk Kod) Çerçevesinde Limanlarda Hazırlanan Diğer Güvenlik Planları İle Liman Tesisi Güvenlik Planının Entegrasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2019.
- TÜSİAD (Türk Sanayici ve İşadamları Derneği), 2007. Kurumsal Yapısı Yasal Çerçevesi ve Göstergeleriyle Ulaştırma Sektörü. İstanbul: TÜSİAD Yayınları.
- UAB., 2019. Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, Denizcilik İstatistikleri
- UNCTAD, 2019. Review of Maritime Transport, Newyork
- UNCTAD, 2020. Review of Maritime Transport, Newyork
- Ulucan, A., 2004. Yöneylem Araştırması. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Van Hock, R., I. ve Erasmus. 2000. From Reversed Logistics to Green Supply Chains, Logistics Solutions, 2, 28-33.
- Verschaffel, L., Greer, B. ve De Corte, E., 2002. Everyday Knowledge And Mathematical Modeling Of School Word Problems.
- Wang, S., Gao, S., Tan, T., ve Yang, W., 2019. Bunker Fuel Cost and Freight Revenue Optimization for a Single Liner Shipping Service. Computers and Operations Research, 111, 67-83.

Williams, H.P., 1999. Model Building in Mathematical Programming, 4. baskı, Wiley, New York, NY.

Willingale, M. ve Spruyt, J. 1998. Ship Management, 3rd Edition. London: LLP Business of Shipping Series.

Wood, P., 2010. Tanker Chartering, Scotland: Witherby Seamanship International

Xinlian, X. , Tengfei, W. ve Daisong, C., 2000. A Dynamic Model and Algorithm for Fleet Planning. Maritime Policy and Management. 27, 1, 53- 63.

Yaşar, R. Ş., 2017. Zaman Esaslı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Yöntemi ile Konteyner Terminallerinde Maliyet Analizi, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 73, 203-228.

Yıldız, M., Layner Ulaştırma Sistemlerinde Optimum Filo Planlaması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği ABD, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2008

Yuen, K., F., Wang, X., Wong, Y.D. ve Zhou, Q., 2017. Antecedents and Outcomes of Sustainable Shipping Practices: The Integration of Stakeholder and Behavioural Theories, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 108, 18-35.

URL 1: http://shortsea.org.tr/tr_tr/hakkimizda/ 19.12.2021

URL 2: <https://www.kamyonum.com.tr/haber/Tum-Dunya-Limanlarini-BirbirineBaglayan-Tasimacilik-Ro-Ro-Seferleri/33124> 26.04.2020

URL 3: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport> 05.05.2020

URL 4: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Maritime_transport_statistics_-_short_sea_shipping_of_goods 12.05.2020

URL 5: <https://www.samsunport.com.tr/tr/kurumsal/liman-konumu> 20.11.2020

URL 6: <https://www.gnu.org/software/glpk/> 21.12.2020

URL 7: <https://spokutta.wordpress.com/the-gnu-linear-programming-kit-glpk/> 21.12.2020

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Samsun'da tamamladı. Samsun Anadolu Lisesi'nden 2000 yılında mezun oldu. 2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Bölümünde lisans eğitimine başladı ve buradan 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında askerlik görevini tamamladıktan sonra 2010 yılına kadar farklı şirket ve projelerde görev aldı. 2010-2014 yılları arasında Ordu Üniversitesi Fatsa Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalıştı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Alaçam Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilen Selçuk Kahveci evli ve 1 çocuk babasıdır.