

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VAN GÖLÜ ÜZERİNDE KENT İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİMÜLASYONU VE  
PLANLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mustafa Samet ÇETİN**

**HAZİRAN 2017**

**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VAN GÖLÜ ÜZERİNDE KENT İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİMÜLASYONU VE  
PLANLANMASI**

**Mustafa Samet ÇETİN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME YÜKSEK MÜHENDİSİ"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 / 05 / 2017**

**Tezin Savunma Tarihi : 07 / 06 / 2017**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ersan BAŞAR**

**Trabzon 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Mustafa Samet ÇETİN Tarafından Hazırlanan**

**VAN GÖLÜ ÜZERİNDE KENT İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİMÜLASYONU VE  
PLANLANMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 16/ 05/ 2017 gün ve 1702 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Ersan BAŞAR**

**Üye : Doç. Dr. Özkan UĞURLU**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Ünal ÖZDEMİR**

  
.....  
  
.....  
  
.....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmada, simülasyon yönteminin yatırım ve planlama projelerinde ön fikir edilebilmesi için önemi vurgulanmış ve Van İli kent içi ulaşım altyapısı araştırılmıştır. Simülasyon yöntemi kullanılarak Van Gölü üzerinde yolcu taşımacılığının alternatif bir ulaşım çeşidi olarak yapılabilirliği araştırılmış ve buna göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu çalışmada ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman destek olan, vakit ayıran, çalışmalarımda yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, danışman hocam Doç. Dr. Ersan BAŞAR'a, görüş ve katkıları için Van Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı çalışanlarına vermiş oldukları destek ve yardımlardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür eder, bu çalışmanın bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Mustafa Samet ÇETİN  
Trabzon 2017

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Van Gölü Üzerinde Kent İçi Yolcu Taşımacılığı Simülasyonu Ve Planlanması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ersan BAŞAR’ ın 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. 07.06.2017

Mustafa Samet ÇETİN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Van İlinin Genel Yapısı ve Van Gölü Üzerinde Taşımacılık.....	3
1.2.1. Van İlinin Konumu ve Coğrafik Özellikleri.....	4
1.2.2. Van İlinin Fiziksel Yapısı.....	4
1.2.3. Van İlinin Tarihi .....	5
1.2.4. Van İlinin Demografik Yapısı .....	6
1.2.5. Van İlinin Ekonomik Yapısı.....	9
1.2.6. Van İlindeki Dış Ticaret .....	10
1.2.7. Van İlinde Ulaşım Türleri ve Altyapıları.....	11
1.2.7.1. Karayolu .....	12
1.2.7.2. Demiryolu .....	12
1.2.7.3. Havayolu.....	13
1.2.7.4. Denizyolu.....	13
1.2.7.4.1. Van Gölünün Fiziksel Yapısı. ....	14
1.2.7.4.2. Van Gölü Üzerinde Taşımacılıkta Coğrafi Durum.....	15
1.2.7.4.3. Van Gölü Üzerindeki Meteorolojik Durum.....	15
1.2.7.4.4. Van Gölü Üzerinde Taşımacılığın Tarihi Gelişimi .....	16
1.2.7.4.5. Van Gölü Üzerinde Güncel Durumdaki Yük Taşımacılığı .....	17
1.2.7.4.6. Tatvan–Van Arasında 2 Yeni Tren Feribotu Projesi .....	20

1.2.7.4.7.	İç Su Taşımacılığının Van Gölü İçin Değerlendirilmesi.....	22
1.2.7.4.7.1.	İç Su Taşımacılığı Avantajları.....	23
1.2.7.4.7.2.	İç Su Taşımacılığı Avantajlarına Dünyadan Örnekler.....	24
1.2.7.4.8.	Göl Üzerinde Güncel Durumdaki Yolcu Taşımacılığı.....	26
1.2.7.4.9.	Van Gölü Üzerindeki Kıyı Yapıları.....	27
1.2.8.	Van İli Kent İçeri Ulaşımı ve Toplu Taşması.....	30
1.2.8.1.	Şehir İçeri Karayolu Toplu Taşıma Sistemindeki Altyapı Sorunları.....	31
1.2.8.2.	Kent İçerindeki Yol Ağı ve Yol Altyapıları.....	33
1.2.8.3.	Kent İçeri Toplu Taşıma İhtiyacı Doğuran Yeni Yerleşimler.....	36
1.2.8.4.	Van İlindeki Yolcu Kitlelerinin Yolculuk Amaçları ve Toplu Taşıma Memnuniyeti.....	39
1.3.	Modelleme ve Simülasyon.....	40
1.3.1.	Modelleme.....	40
1.3.1.1.	Mantık (Matematiksel) ve Fiziksel Model.....	41
1.3.2.	Simülasyon.....	41
1.3.2.1.	Simülasyon Modelleme Çeşitleri.....	42
1.3.2.1.1.	Deterministik ve Stokastik Simülasyon Modelleri.....	43
1.3.2.1.2.	Kesikli ve Sürekli Simülasyon Modelleri.....	43
1.3.2.1.3.	Statik ve Dinamik Simülasyon Modelleri.....	44
1.3.2.2.	Simülasyon Yönteminin Popürlüğü ve Avantajları.....	44
1.3.2.3.	Bir Problemin Simülasyon Yöntemine Uygunluğu ve Simülasyon Yazılımının Seçilmesi.....	45
1.3.2.4.	Simülasyon Yöntemindeki Bazı Sorunlar.....	46
1.3.2.5.	Simülasyon Sürecinde İzlenmesi Gereken Adımlar.....	47
1.3.2.5.1.	Simülasyon Modeli Geliştirilmesi.....	47
1.3.2.5.2.	Simülasyon Deneyinin Tasarlanması.....	49
1.3.2.5.3.	Simülasyon Analizinin Yapılması.....	49
1.3.2.6.	Simülasyon Sistemi ile İlgili Daha Önce Yapılan Bazı Çalışmalar.....	50
1.3.2.7.	Simio® Simülasyon Yazılımı ve Yazılımının Seçilmesindeki Amaç.....	51
1.3.2.8.	Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne Temeli ve Yaklaşımı.....	53
1.3.2.8.1.	Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne (Model) Yapısı.....	53
1.3.2.8.2.	Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne İfadelerinin (Özellik) Oluşturulması.....	55
1.3.2.8.3.	Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne Sınıfları.....	56

1.3.2.8.4.	Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi (Expression Editor).....	57
1.3.2.8.5.	Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi İçerisindeki Olasılık Dağılım Fonksiyonları .....	58
1.3.2.8.5.1.	Poisson Olasılık Dağılımı .....	59
1.3.2.8.5.2.	Ekspansiyel (Üstel) Olasılık Dağılımı .....	60
1.3.2.8.5.3.	Düzgün (Uniform), Üçgensel (Triangular) ve Normal Olasılık Dağılımları....	61
1.3.2.8.6.	Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi İçerisindeki Matematiksel ve Mantıksal Fonksiyonlar .....	62
2.	YAPILAN ÇALIŞMA.....	64
2.1.	Denizyolu Sistemi Modeli .....	64
2.2.	Karayolu Sistemi Modeli .....	70
2.3.	Deniz Sistemi Kabul Değerleri.....	70
2.3.1.	Deniz Sistemi İçerisindeki Yolcu Sayıları Kabul Değerleri.....	71
2.3.2.	Deniz İskeleleri İşlem ve Çalışma Zamanları Kabul Değerleri.....	72
2.3.3.	Yolcu Gemileri Kabul Değerleri. ....	73
2.3.3.1.	Yolcu Gemileri Maliyet Kabul Değerleri. ....	73
2.3.3.2.	Yolcu Gemileri Çalışma Düzeni, Kapasite ve Saatlik Hız Kabul Değerleri ....	74
2.3.4.	Deniz Yoluna Yardımcı 2 Adet Karayolu Servis Hattı Kabul Değerleri .....	74
2.4.	Karayolu Sistemi Kabul Değerleri .....	75
2.5.	Simülasyon Sistemi Girdi Verilerinin Kayıt Edilmesi .....	77
2.5.1.	Denizyolu Simülasyon Modeli Verilerinin Kayıt Edilmesi .....	77
2.5.1.1.	Yolcu Bilgilerinin Girilmesi .....	80
2.5.1.2.	Yolcu Tercihleri ve Yolcu Davranışlarının Süreç Modelleri .....	83
2.5.1.3.	Deniz İskeleleri İşlem ve Çalışma Zamanları Kabul Değerlerinin Girilmesi...85	
2.5.1.4.	Yolcu Gemileri Kabul Değerlerinin Simülasyon Modeline Girilmesi .....	87
2.5.1.5.	Rota Bacakları Uzunluk Bilgilerinin Girilmesi .....	90
2.6.	Simülasyon Modeli Kontrol Parametrelerinin ve Sonuç Değişkenlerinin Belirlenmesi .....	91
2.7.	Öncelikli Seçim Kriteri Olan Sonuç Değişkeninin Tespit Edilmesi ve Yöntemi .....	93
3.	BULGULAR.....	95
3.1.	Denizyolu Sistem Modeli Sonuçları.....	95
3.1.1.	Filoda 4 Gemi Olması Durumunda En İyi 5 Senaryo için Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve Maliyet Değerleri .....	96



3.1.2.	Filoda 5 Gemi Olması Durumunda En İyi 5 Senaryo için Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve Maliyet Değerleri .....	100
3.1.3.	Filoda 6 Gemi ve Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı Oranının %10 Olması Durumu .....	103
3.1.4.	Denizyoluna Yardımcı Olarak Kurulması Planlanan Karayolu Servis Hatları Sonuç Değerleri .....	105
3.2.	Karayolu Parçaları Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve İşletme Maliyeti Sonuç Değerleri .....	106
3.2.1.	Karayolu Parçası 1 (Edremit İskelesi – Edremit TOKİ Kavşağı) Yolculuk Değerleri .....	107
3.2.2.	Karayolu Parçası 2 (Edremit TOKİ – Edremit TOKİ Kavşağı) Yolculuk Değerleri .....	107
3.2.3.	Karayolu Parçası 3 (Edremit TOKİ Kavşağı – Van İl Merkezi) Yolculuk Değerleri .....	108
3.2.4.	Karayolu Parçası 4 (YYÜ Kampüs–Van İl Merkezi) Yolculuk Değerleri....	109
3.3.	Denizyolu – Karayolu Karşılaştırılması İçin Yolculuk Süreleri ve İşletme Maliyetlerine Ait Toplam Değerler .....	109
3.3.1.	Karşılaştırma 1 .....	110
3.3.2.	Karşılaştırma 2.....	111
3.3.3.	Karşılaştırma 3.....	113
3.3.4.	Karşılaştırma 4.....	115
4.	TARTIŞMA.....	117
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	127
6.	KAYNAKLAR.....	131
7.	EKLER .....	138

## ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

VAN GÖLÜ ÜZERİNDE KENT İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİMÜLASYONU VE  
PLANLANMASI

Mustafa Samet ÇETİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Ersan BAŞAR  
2017, 137 Sayfa, 4 Ek Sayfa

Son yıllarda çeşitli sebeplerden dolayı sayısı hızla artan kent kitleleri kent içi ulaşım altyapılarında kapasite ve kalite açısından önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu sebeple kent içi ulaşım altyapılarında ulaşım seçeneği sayısının ve kalitesinin yükseltileceği yatırımlar önem arz etmektedir. Simülasyon yazılımları ise ulaşım altyapısı gibi büyük maliyetli yatırımların yapılabilirliğinin araştırılmasında planlamacılar için kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çalışmada Van Gölü üzerinde yolcu taşınması seçeneği güncel durumda tek alternatif olan karayoluna karşı yolculuk zamanı ve maliyet kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Öncelikle Van ili kent içi ulaşım altyapısı yerinde incelenmiş ve karayolu araçlarının gün içinde yolcu taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Ardından, hesaplanan bu kapasitelerden belli oranlarındaki yolcular oluşturulması planlanan denizyolu ulaşım seçeneği için oluşturulan simülasyon modelinde denenmiştir. Bu amaçla 12 farklı deney ile her deney için 60 farklı senaryo oluşturulmuş ve sonucunda gemiler için en uygun rota seçenekleri, yolcular için en uygun yolculuk zamanları ve ortaya çıkan işletme maliyetleri belirlenmiştir. Simio® simülasyon yazılımından elde edilen denizyolu değerleri ile yine karayolu ulaşımı için oluşturulan simülasyon modelindeki sonuçlar ilgili destinasyonlar arasında oluşan 4 farklı ulaşım seçeneği dahilinde göre karşılaştırılmıştır. En anlamlı sonuç Edremit merkez ilçesi ile Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsü arasında 43,58 dakika farkla denizyolunun karayoluna üstün gelmesi olmuştur. Yine bu hat üzerinde belediye otobüsleri sadece ₺2723,59 farkla denizyolundan daha az bir işletme maliyetine sahip olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Van Gölü, Kent İçi Ulaşımı, Denizyolu Ulaşımı, Simülasyon, Simio®

Master Thesis

SUMMARY

SIMULATION AND PLANNING OF URBAN TRANSPORT ON VAN LAKE

Mustafa Samet ÇETİN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Maritime Transportation and Management Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Ersan BAŞAR  
2017, 137 Pages, 4 Appendix Pages

Urban masses, which have increased in number due to various reasons in recent years, place considerable pressure on capacity and quality of urban transportation infrastructures. For this reason, the number of transportation options in the urban transport infrastructure and the investments to increase the quality are important. Simulation software provides amenities for planners to explore the feasibility of costly investments such as transportation infrastructure. In this study, the urban transport service option on Van Lake was evaluated in terms of time and cost criteria against the land route in city center. First of all, urban transportation infrastructure of Van city was examined on site and passenger transportation capacities of road vehicles were determined. Then, a certain number of passengers from these calculated capacities have been tested in the simulation model for the proposed sea route transportation option. For this purpose, 12 different tests with 60 different scenarios for these each experiments were created and the most suitable route options for the vessels, the best travel times for the passengers and the resulting operating costs were determined. Simio<sup>®</sup> simulation software results for the sea route model and the results of the simulated model for road transportation were compared according to 4 different transportation options between the related destinations. The most meaningful result was the searoute superiority over the highway with a difference of 43,58 minutes between the central district of Edremit and the campus of Yüzüncü Yıl University. On the other hand, between these destinations again the municipal vehicles merely were able to has cost advantage in contrast with the sea route costs with a difference of only 2,273,59 TRY.

**Key Words:** Van Lake, Urban Transportation, Seaway Transportation, Simulation, Simio<sup>®</sup>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Van İlinin konumu. ....	4
Şekil 2. 1975-2016 Yılları arasında Türkiye nüfus verileri. ....	7
Şekil 3. 1975-2016 Yılları arasında Van İli alt bölgesi nüfus verileri. ....	8
Şekil 4. 1975-2016 Yılları arasında Van İli nüfus verileri. ....	9
Şekil 5. Van-Tatvan arası karayolu ve denizyolu mesafeleri. ....	18
Şekil 6. Orhan Atlıman gemisine ait görüntü. ....	19
Şekil 7. TCDD-1 feribotu. ....	21
Şekil 8. TCDD-1 feribotunun sevk sistemine ait görüntü. ....	22
Şekil 9. Tatvan ve Kapıköy Sınır Kapısı arasındaki mesafe ve süreler. ....	26
Şekil 10. Van Gölü üzerindeki kıyı yapılarının pozisyonları. ....	28
Şekil 11. Edremit Barınağı (AYGM 5. Bölge Müdürlüğü, 2016). ....	29
Şekil 12. Kalıcı konutların konumları ve merkeze kuşbakışı uzaklığı. ....	37
Şekil 13. Karayolları 11. Bölge sürekli sınıflandırma istasyonları. ....	38
Şekil 14. Simülasyon çalışma şeması. ....	42
Şekil 15. Bir servis (server) nesnesinin özellikler bölümündeki ifade biçimleyicisi. ....	58
Şekil 16. İfade biçimleyicisine ait rassal dağılım fonksiyonları. ....	59
Şekil 17. Element model bileşeni içerisinde tanımlanmış bir matematiksel fonksiyon. ....	62
Şekil 18. Tüm sistem modelinin genel yapısı ve istasyonlar. ....	65
Şekil 19. Deniz sistemi modelinin genel yapısı. ....	66
Şekil 20. YYÜ ve Edremit TOKİ istasyonları arasındaki karşılaştırma durumu. ....	69
Şekil 21. Karayolu sistemi modelini oluşturan yol parçaları. ....	70
Şekil 22. Deniz sistemi simülasyon modeli. ....	78
Şekil 23. Deniz sistemi simülasyon modeli içerisindeki tek bit hat için (EK) adımlar. ....	80
Şekil 24. Simülasyon modelinde yolcu nesnesinin özellikler bölümü. ....	81
Şekil 25. Simülasyon modelinde yolcu girişi nesnesinin özellikler bölümü. ....	81
Şekil 26. Simülasyon modelinde yolcu akış tablosu. ....	82
Şekil 27. Deniz sistemi yeni yolcu davranışı işlem süreci modeli. ....	83
Şekil 28. Deniz sistemi gemi bekleyen yolcu davranışı işlem süreci modeli. ....	84

Şekil 29. Deniz Sisteminde Yolcu Davranışı İşlem Süreci Modelinde Özellikler Bölümü.....	84
Şekil 30. Deniz sistemi yolculuk değerleri ölçümü için süreç modeli .....	85
Şekil 31. Simülasyon modelinde deniz iskelesi nesnesinin özellikler bölümü .....	86
Şekil 32. Simülasyon Sistemindeki Çalışma Düzeni Tablosu .....	86
Şekil 33. Simülasyon modelinde yolcu gemisi nesnesinin özellikler bölümü .....	87
Şekil 34. Simülasyon modelinde yolcu gemisi nesnesinin özellikler bölümü .....	88
Şekil 35. Simülasyon modelinde yolcu gemisi için rota tablosu.....	89
Şekil 36. Simülasyon modelinde yol nesnesi için özellikler bölümü.....	90
Şekil 37. Simülasyon modelinde deney sayfası kontrol parametreleri .....	92
Şekil 38. Simülasyon modelinde deney sayfası sonuç değişkenleri .....	92
Şekil 39. Filoda 4 gemi ve yüzde 10 potansiyel yolcu durumunda ortalama yolculuk süresi simülasyon kutu grafiği .....	97
Şekil 40. 4 Gemi ve yüzde 10 potansiyel yolcu durumunda toplam taşımacılık simülasyon kutu grafiği.....	98
Şekil 41. Karşılaştırma 1 için denizyolu ve karayolu bölümleri .....	110
Şekil 42. Karşılaştırma 2 için denizyolu ve karayolu bölümleri .....	112
Şekil 43. Karşılaştırma 3 için denizyolu ve karayolu bölümleri .....	113
Şekil 44. Karşılaştırma 4 için denizyolu ve karayolu bölümleri .....	115

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. 1975 – 2011 yılları arasında ülke, bölge ve Van ili nüfusları.....	7
Tablo 2. Van İli dış ticaret verileri .....	10
Tablo 3. Van İlindeki dış ticaretin sektörel dağılımı.....	11
Tablo 4. TCDD mülkiyetindeki gemilerin özellikleri.....	18
Tablo 5. 2015 yılı tren feribotları ile taşınan yük ve yolcu miktarları .....	20
Tablo 6. Tren feribotları ile son 5 yılda taşınan yük ve yolcu miktarları.....	20
Tablo 7. Tren feribotu ana özellikleri.....	22
Tablo 8. Van Gölü üzerinde kayıtlı yolcu tekneleri .....	27
Tablo 9. Van Gölü sahilinde mevcut kıyı yapıları özellikleri .....	29
Tablo 10. Kent içinde bulunan minibüs ana durakları .....	30
Tablo 11. 2015 yılı aylara göre il merkezindeki trafik kazası sayıları ve yerleri.....	34
Tablo 12. 2015 yılında aylara göre trafik kazası oluşum türleri.....	35
Tablo 13. Şehir içinde oluşan kazaların saat aralıkları.....	35
Tablo 14. Şehir içinde oluşan kazalara karışan araç çeşitleri .....	36
Tablo 15. KGM 11. Bölge sürekli sınıflandırma istasyonları 2016 Yılı Ölçüm Değerleri. 38	
Tablo 16. Simio® yazılımında kullanılabilen mantısal ve matematiksel simgeler.....	63
Tablo 17. Denizyolu rota bacalarının kalkış-varış yerleri ve mesafeleri .....	67
Tablo 18. Denizyolu – karayolu servis hatlarının kalkış-varış yerleri ve mesafeleri.....	67
Tablo 19. Gemi rotalarının kullandıkları rota bacaları.....	67
Tablo 20. Simülasyon deneylerinin yapıldığı durumlar .....	68
Tablo 21. VBB mülkiyetindeki gemilerin özellikleri.....	69
Tablo 22. Karayolu parçalarının güzergahları ve mesafeleri .....	70
Tablo 23. Karayolu toplu taşıma araçları teknik özellikleri .....	71
Tablo 24. Deniz iskeleleri arasında denizyolu potansiyel yolcu sayıları .....	72
Tablo 25. Yolcu gemileri yakıt tüketimleri .....	74
Tablo 26. Denizyolu – karayolu servis hatları araç ve hat bilgileri.....	75
Tablo 27. Karayolu parçaları durak ve trafik ışığı sayıları ile bekleme zamanları .....	76
Tablo 28. Karayolu araç çeşitlerine göre hız ve yakıt tüketim bilgileri .....	76
Tablo 29. Uğrak noktalar arasında çalışan karayolu araçları çeşitleri ve sefer bilgileri .....	77

Tablo 30. Kontrol (girdi) parametreleri ve sonuç (çıkıtı) değişkenleri .....	91
Tablo 31. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda rota seçenekleri.....	96
Tablo 32. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri.....	96
Tablo 33. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda liman bekleme süreleri .....	97
Tablo 34. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri .....	98
Tablo 35. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri.....	99
Tablo 36. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %20 olması durumunda ortalama yolculuk süreleri ve taşımacılık değerleri ...	99
Tablo 37. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %20 olması durumunda maliyet değerleri.....	99
Tablo 38. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda en iyi rota seçenekleri.....	100
Tablo 39. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri.....	100
Tablo 40. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri .....	101
Tablo 41. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri.....	101
Tablo 42. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %25 olması durumunda yeni değerler .....	102
Tablo 43. Denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması ve filoya eklenen yeni geminin diğer rotalarda çalıştırılması durumunda yeni değerler .....	102
Tablo 44. Denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %25 olması ve filoya eklenen yeni geminin diğer rotalarda çalıştırılması durumunda yeni değerler .....	103
Tablo 45. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda en iyi rota seçenekleri.....	103
Tablo 46. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri.....	104
Tablo 47. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri .....	104
Tablo 48. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri.....	105
Tablo 49. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %30 olması durumunda yeni değerler .....	105

Tablo 50. Edremit noktasındaki karayolu servis hattına ait yolculuk ve maliyet değerleri .....	106
Tablo 51. Van İl Merkezi istasyonundaki karayolu servis hattına ait yolculuk ve maliyet değerleri .....	106
Tablo 52. Edremit İskelesi – Edremit TOKİ Kavşağı arasındaki karayolu yolculuk değerleri .....	107
Tablo 53. Edremit TOKİ – Edremit TOKİ Kavşağı arasındaki karayolu yolculuk değerleri .....	108
Tablo 54. Edremit TOKİ Kavşağı – Van İl Merkezi arasındaki karayolu yolculuk değerleri .....	108
Tablo 55. YYÜ kampüsü – Van il merkezi arasındaki karayolu yolculuk değerleri .....	109
Tablo 56. Karşılaştırma 1 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	111
Tablo 57. Karşılaştırma 1 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	111
Tablo 58. Karşılaştırma 2 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	112
Tablo 59. Karşılaştırma 2 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	112
Tablo 60. Karşılaştırma 3 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	114
Tablo 61. Karşılaştırma 3 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	114
Tablo 62. Karşılaştırma 4 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	115
Tablo 63. Karşılaştırma 4 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri .....	116



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AYGM	: UDHB Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
AVM	: Alışveriş Merkezi
CEFIC	: Avrupa Kimya Sanayi Konseyi (The European Chemical Industry Council)
CO <sub>2</sub>	: Karbon Dioksit (Sera Gazı)
ECTA	: Avrupa Kimyasal Taşımacılığı Birliği (European Chemical Transport Association)
GASP®	: Kesikli stokastik sistemlerin incelenmesini sağlayan bir simülasyon programı
GT	: Bir Geminin Kullanılan Bölümünün Ton Birimi Cinsinden Karşılığı. (Gross Tonnage)
GPSS	: Simülasyon Yazılım Dili (General Purpose Simulation System)
KGM	: UDHB Karayolları Genel Müdürlüğü
kW	: Kilovat Saat (1000 watt saat veya 3,6 megajoule eşdeğerinde enerji birimi)
MARPOL	: Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NO <sub>x</sub>	: Azot Oksit Bileşikleri (Sera Gazı)
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
SECA	: Kükürt Emisyonları Kontrol Alanları (Sulphur Emission Control Areas)
SIMAN	: Simülasyon Yazılım Dili (Simulation Analysis)
SLAM	: Simülasyon Yazılım Dili (Simulation Language for Alternative Modelling)
SO <sub>x</sub>	: Kükürt Oksit Bileşikleri (Sera Gazı)
TAO	: İktisadi devlet teşekkülü
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü
TRACECA	: Avrupa Kafkasya Asya Ulaştırma Koridoru (Transport Corridor Europe Caucases Asia)
TRY	: Türk Lirası Uluslararası Kodu
TSO	: Ticaret ve Sanayi Odası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

UDHB	: Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı
UNECE	: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu (United Nations Economic Commission for Europe)
VİKTM	: Van İl Kültür Turizm Müdürlüğü
VBB	: Van Büyükşehir Belediyesi
VBB BİDB	: Van Büyükşehir Belediyesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
VİEM	: Van İl Emniyet Müdürlüğü
YOGD	: KGM Yıllık Ortalama Günlük Değerleri
YYÜ	: Yüzüncü Yıl Üniversitesi
2D	: İkiboyutlu Gösterim
3D	: Üçboyutlu Gösterim
₺	: Türk Lirası
\$	: Amerikan Doları

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Hızla artan nüfus, plansız kentleşme, köyden kente göç, araç sahipliğindeki artış gibi etkenler kent içi ulaşım sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Tüm yerel yönetimlerin çevre, enerji, sürdürülebilirlik, sosyal denge gibi konuları dikkate alarak ulaşım sorunlarını bilimsel yöntemlerle çözümü ve düzenlemesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede kent içi ulaşımın, bugün ve belirlenen hedef yıllar için; kent içi ulaşımın mevcut stratejik fiziki planları dikkate alınarak analiz edilmesi ve düzenlenmesi, mümkün olan en az iş gücü ile en fazla sayıda insanın ulaşım hizmetini alabileceği çevre dostu toplu taşıma sistemlerine öncelik verilmesi gerekmektedir. Nüfusu her geçen gün artan kent merkezleri için ulaşım ve trafik sorunlarına çözümler getirilmesi, bunun yanında toplu taşıma türlerinin entegrasyonu ile bunların durak ve terminal alanlarının düzenlenmesi, çeşitli ulaşım türlerinin aktarma olanaklarının geliştirilmesi, ancak bilimsel yöntemlerle hazırlanmış ulaşım planları ile mümkündür.

Yüksek kapasiteli ve hızlı toplu taşıma yatırımlarına temel oluşturacak kent içi ulaşım planlarının yolculuk kestirim modeli kullanılarak oluşturulması gereği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca belediye sınırları içerisindeki ulaşım ve toplu taşıma sisteminin bir bütün olarak kısa, orta ve uzun vadeli planlamalar doğrultusunda yeniden yapılandırılması önem kazanmaktadır.

Kentlerin fiziki gelişim hızlarının ulaşım planları açısından yeterince hesaba katılmaması ve ulaşım sistemlerinin yapılabirlik araştırmalarındaki teknik ve ekonomik yetersizlikler kent içi ulaşım planlamalarının eksik yapılmasına neden olabilmektedir. Bu sebeptir ki yerel yönetimler tarafından kent içi ulaşımın yükünü hafifletecek raylı sistem ya da denizyolu gibi seçeneklerin etkilerinin önceden net bir şekilde kestirilebilmesi önem arz etmektedir (Ürün, 2015).

Son yıllarda dünya genelinde kullanımı yaygınlaşan simülasyon yazılımları sayesinde kurulması planlanan ulaşım sistemlerinin oluşturacağı etkiler önceden görülebilmekte ve bu işlem düşük bir maliyetle yapılabilmektedir. Bugün dünya genelinde birçok danışmanlık firması yerel yönetimler için bu yöntemi kullanarak hizmet vermektedir (Kresge vd., 1970).

Tüm bu bilgiler ışığında tez araştırmasının yapıldığı Van Kentinin genel yapısına bakıldığında kent tek merkezli olarak gelişmiş ve 1990'lı yılların başına kadar kent makroformu fazla yayılmamıştır. Bu durum kent içi ulaşımda önemli sorunlar yaşanmasına sebep olmuştur. Yine aynı dönemde kent merkezine göçün etkisi ile kentin beklenenin üzerinde büyüme eğilimi göstermesi sonucunda araçlı yolculukların sayısı artmaya başlamış ve kentte ulaşım sorunları baş göstermeye başlamıştır. 2011 yılında yaşanan iki deprem ve hemen ardından kentin çeperlerinde yapılan afet konutları ve yeni imar planı kapsamında kamu kurumlarının yer seçiminin merkez dışındaki alanlara kaydırılması kentte önemli bir hareketlilik meydana getirmiştir. Bu hareketlilik daha çok kentin çeperlerinde inşa edilen afet konutlarından kaynaklı merkezden dışa ve dıştan merkeze doğru gelişse de kamu kurumlarının merkez dışına doğru kaydırılması ile merkez dışı alanda da bir yolcu hareketliliği ortaya çıkmıştır. Bunların dışında yeni yerleşim bölgelerinin konumları ve kentte meydana gelen fazladan yolcu hareketliliği Van Gölü üzerinde kent içi yolcu taşımacılığını zaman zaman akıllara getirmiştir.

Bu amaçla, bu tez çalışmasında Van kent içi ulaşımının mevcut durumuna ilişkin tespit ve değerlendirmeler yapılmış, belediye imkanları ile kurulacak olası bir denizyolu ulaşımının maliyet ve zaman olarak yaratacağı verim ve muhtemel yolcu gemisi filosunun artırılmasının gereği, oluşturulan simülasyon modeli aracılığıyla araştırılmıştır.

Tezin ilk bölümünde Van Kent'ine ait genel bilgiler ve simülasyon modeli kurulması sürecinde izlenmesi gerekli adımlar sebepleri ile verilmiştir. Bunların yanında, kent merkezindeki toplu taşımaya ait altyapı durumu ve yolcu kitlesinin yolculuk tercihlerini etkileyebilecek durumlar anlatılmıştır. Çalışmanın devamında modelleme mantığı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Modelleme aracı olarak kullanılan simülasyon yazılımları ile ilgili bilgiler verilmiş ve kullandıkları yazılım dilleri ve kullanılmaları amaçlanan gerçek sistem mantıklarına göre simülasyon yazılımlarının çeşitleri kronolojik gelişimlerine göre anlatılmıştır. Bu yazılımlar ile ilgili avantajlar ve dezavantajlar sıralanmıştır.

Yapılan çalışmalar kısmında Van Kent'indeki denizyolu ulaşımı için potansiyel yolcu kaynağı tespitleri aktarılmıştır. Bu amaçla Kent içi ulaşımda kullanılan D-300 ve D-975 karayolları bölümlere ayrılmış ve bu bölümlerin mesafeleri, bu bölümler üzerinde çalışan toplu taşıma araçlarının sayıları belirlenmiştir. Buradan yola çıkılarak önemli uğrak noktalar arasında oluşabilecek en fazla yolcu sayıları hesaplanmıştır. Karayolunu kullanan yolcu kitlesinin belli oranlarında denizyoluna aktarılması planlanmıştır. Elde edilen bu verilerin Simio® simülasyon yazılımının ilgili bölümlerine kayıt edilmesi ile kurulan model ortaya

çıkarılmıştır. Problemin ve modelin ortaya konulmasından sonra yapılacak simülasyon deneylerinin mantıklarına dair açıklamalar yapılmıştır.

Daha sonra ise Simio® simülasyon deneyleri sonucunda karayolu ve denizyolu için yolculuk değerleri (yolculuk zamanları ve işletme maliyetleri) tespit edilmiştir. Bu bölümde ayrıca gemi filosunun sayısına göre her gemi için en uygun rota seçenekleri belirlenmiştir.

Devamında ortaya çıkan sonuçlar ile ilgili bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Van ili kent içi ulaşımında denizyolunun ve karayolunun çeşitli kriterlere göre hangi önemli uğrak noktalar arasında birbirine üstün geldikleri sebep ve sonuç ilişkisi ile açıklanmıştır. Son bölümde ise Van İli kent içi ulaşımına dair bazı öneriler sunulmuştur.

## **1.2. Van İlinin Genel Yapısı ve Van Gölü Üzerinde Taşımacılık**

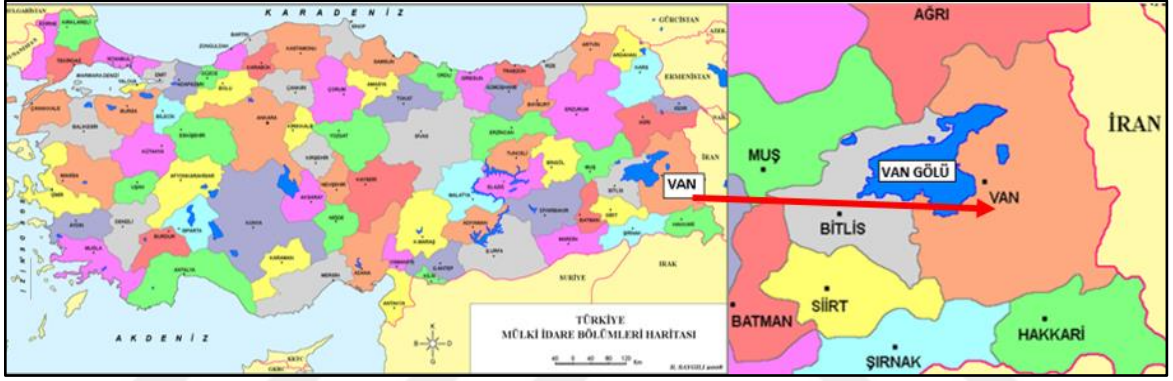
Van kenti Doğu Anadolu Bölgesi'nde, doğuda İran sınırı ile batıda Van Gölü arasındaki bölgede bulunmaktadır. Van'ın çevresinde yer alan diğer iller; kuzeyden güneye doğru Ağrı, Bitlis, Siirt, Şırnak ve Hakkâri olarak sıralanmaktadır. Kent, Erek Dağının yamaçlarından göl kıyısına kadar uzanan Van Ovası üzerinde kurulmuş olup deniz seviyesinden yaklaşık 1725 m yükseklikte bulunmaktadır. 19.069 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile 6. büyük ilimiz olan Van, Türkiye yüzölçümünün %2,6'sını kaplamaktadır.

Önemli ulaşım güzergahları üzerinde bulunan Van kentinden tarihi ipek yolu da geçmektedir. Kentin güneydoğusu ile kuzey batısından gelen iki önemli karayolu (D-975 ve D-300) Van'da birleşerek Özalp ilçesi üzerinden geçmekte Kapıköy Sınır Kapısı'ndan İran'a ulaşmaktadır (VBB, 2013).

Van İlinde en önemli ekonomik sektör tarım ve hayvancılıktır. Bölgede yaklaşık olarak 2.675.683 ha tarım alanı bulunmaktadır (URL-1, 2016). Van Gölü'nde yaşayan endemik bir balık türü olan İnci Kefali balığı balıkçılar için önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Hayvancılığın bu denli gelişmesinde Van İlinde bulunan geniş çayırlar ve meralar etkili olmuştur. Ülkemiz genelindeki küçükbaş hayvan sayısının yaklaşık yüzde 7'sine sahip olan Van İli bu alanda ülke genelinde ilk sırada yer almakla beraber son yirmi yıl içerisinde küçükbaş hayvan sayısında yüzde 29 oranında düşüş yaşamıştır (Van TSO, 2014). Van İli başta kültür turizmi olmak üzere turizm alanında da bölgede önemli bir yere sahiptir. Van ilinin İran sınırında Kapıköy sınır kapısı bulunması nedeniyle bu ülke ile yapılan ticaret ve turizm faaliyetleri kent ekonomisine büyük bir katkı sağlamaktadır.

### 1.2.1. Van İlinin Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Van İli, 42° 40' ve 44° 30' Doğu boylamları ile 37° 43' ve 39° 26' Kuzey enlemleri arasında yer alır. Van, Anadolu'nun en büyük kapalı havzası olan Van Gölü kıyısında toprakları çok verimli, akarsuları bol, iklim koşulları elverişli bir yerleşim yeridir. Kentin kuzeyinde Ağrı İli, doğusunda İran; güneyinde Siirt, Şırnak ve Hakkâri illeri ve batısında ise Van Gölü bulunmaktadır. 2012 yılında çıkarılan 6360 sayılı yasa ile büyükşehir statüsüne kavuşan Van İlinin yeni kurulan İpekyolu ve Tuşba İlçeleri ile ilçe sayısı 14'e çıkmıştır.



Şekil 1. Van İlinin konumu

Van kent merkezine 5 km uzaklıkta bulunan Van Gölü yüksek dağların ortasında bir çöküntü durumundadır. Çevredeki yüksek dağlar Van ilinin sınırını oluşturur. İlin etrafının yüksek dağlarla çevrili olması, yüksek ve engebeli bir arazi yapısına sahip olması ulaşımda arazi kullanımını olumsuz etkilemektedir. Kentlerin biçimlendirilmesini sağlayan nazım imar planlaması yapılırken kentsel ulaşımda arazi kullanımını önemli bir etken olarak hesaba katılmaktadır (Görentaş, 2015).

### 1.2.2. Van İlinin Fiziksel Yapısı

Van Gölü Kapalı Havzası, 16.200km<sup>2</sup> 'lik alanıyla Türkiye'nin en büyük ikinci içe akışlı havzasıdır. Bu havza içerisinde bulunan Van Ovası ise çok verimli topraklara sahip olmakla beraber 150 km karelik bir alanı kaplamakta ve Van Kenti'nin kurulduğu yerde, Van Gölü' nün doğusunda bulunmaktadır. Van Ovası, kuzeydoğuda Sıhke Düzlüğü, kuzeyinde Akköprü Düzlüğü ve güneyinde de Şamranaltı Düzlüğü olmak üzere birkaç

bölümden oluşur (VBB, 2013). Van ili yerleşim alanı dördüncü jeolojik zamanda birbirini takip eden göl, akarsu ve karasal çökeltilerinden oluşan gevşek özellikteki kum, çakıl, mil ve kil gibi toprak fraksiyonlarının devamlı tekrarlanmasından oluşmaktadır. İncelemeler sonucunda toprak zeminin gevşek özellikte, yer altı suyu seviyesinin yüzeye yakın ve Van ovasını oluşturan gevşek özellikteki zeminin sismik hızlarının düşük olduğunu göstermektedir (Özvan vd., 2005). Van ili tektonik bakımdan oldukça aktif bir özellik ve yüksek risk taşımaktadır. M.S. 11 -2017 tarihleri arasında 4 ve daha büyük ölçekte 616 deprem kaydedilmiştir. Bu depremlerin 40 kadarının şiddeti 5.5'den büyük olmuştur. Güneydoğu Anadolu (Bitlis-Zagros) bindirmesi ile Erciş Fayı, Çaldıran Fayı, Malazgirt Fayı, Süphan Fayı ve Hasan- Timur Gölü Fayı gibi fay zonlarının etkisi altında bulunan Van İlinde yakın bölgesindeki fay zonları risk oluşturmaktadır. Bu sebeple Van'ın Doğu Anadolu Bölgesindeki en önemli deprem bölgesi olması, ildeki ulaşım altyapısını olumsuz etkileyebilecek ana unsurlardandır (VBB, 2013).

### 1.2.3. Van İlinin Tarihi

Van Gölü'nün kuzeyindeki Ernis Mezarlıklarında ve Van Kalesinin 6 km güneyinde bulunan Tilki tepe mevkiinde yapılan kazılarda Bakır-Taş, Bronz ve Demir çağına ait arkeolojik kalıntılardan elde edilen bulgular, Van ili bölgesinde ilk kez İ.Ö. 6000 yılında yerleşim olduğunu göstermiştir (Özfirat, 1993).

Van ilinin adı Evliya Çelebi'ye göre Büyük İskender'in Van Kalesi'ndeki Vank adlı bir tapınağın adını şehre vermesinden gelmektedir. Başka bir söylentiye göre de M.Ö. 1900'lerde Asur Melikesi (Semiramis) adına ithafen şehre önce Şahmerimekerd, sonra da Van adındaki bir valinin adı konulmuştur. Fakat şehrin adının kökeni ile ilgili en gerçekçi görüş ise burada hüküm süren Urartu medeniyetinin kendilerini "Biane" veya "Viane" olarak adlandırmaları olarak düşünülmektedir (Nikolski, 1916).

M.Ö. 4000 yıllarından itibaren Doğu Anadolu Bölgesi'ne Hurri menşeli kavimlerin büyük kabileleler halinde göç ettikleri görülür. Hurrilerin M.Ö. 2000'lerden itibaren Van Gölü'nden başlayarak Kızılırmak ve Yeşilirmak'ın Karadeniz'e döküldüğü yerlere kadar uzanan bir bölgeye hakim oldukları görülür. Hurrilerin, Anadolu Hitit Krallığı yıkıldıktan sonra Van Gölü çevresinde Nairi Konfederasyonu'nu oluşturan halkın geldiği soy olduğu düşünülmektedir. Mezopotamya ve Suriye'deki Asur tehlikesine karşı bir araya gelen bu Nairi halkları birleşerek, İ.Ö. 9. yüzyılda Urartu Krallığını kurmuşlardır. Van (Tuşba) 300

yıl boyunca bu krallığın başkenti olarak kalmıştır. Urartu medeniyetinin Van'daki egemenliğinin M.Ö. 6. yüzyılın başlarına kadar sürdüğü ve İ.Ö. 609 tarihinden hemen sonra Urartu ülkesini İskitler'in ele geçirdiği bilinmektedir (Özfirat, 1993).

Daha sonraki Med ve Pers dönemlerinde de Van önemli bir kent olma niteliğini kaybetmemiştir. Helenistik, Roma ve Bizans çağlarında Van, Doğu Anadolu'daki en güçlü sınır kalelerinden biri haline gelmiştir. 645'den sonra birkaç yüzyıl Arap egemenliği altına giren kent, yerel halklarında yardımıyla tekrar Bizans İmparatorluğu'nun egemenliğine girmiştir. Bu durum 11. yüzyılda Selçuklu Devleti'nin Doğu Anadolu'ya yerleşmelerin ile son bulmuştur (Kılıç, 2006).

1335'de İlhanlıların egemenliğinin çözülmesiyle Doğu Anadolu Bölgesi, iki askeri eyalete ayrılmış ve 16. yüzyıl başlarına kadar çeşitli hanedanlar arasında el değiştirdikten sonra, Akkoyunlu Devleti'ni ortadan kaldıran Safeviler'in eline geçmiştir. 16. yüzyılda bölge Osmanlı İmparatorluğu'nun bir eyaleti haline gelmiştir. Osmanlı'nın sorunlu Doğu komşusu İran ile sınırdaş olan Van'ın şehirler arasında stratejik bir yeri vardır (Göyünç, 1986). Van, 1568-1574 yıllarında "Eyalet" statüsü kazanmış olup 1568-1574 yıllarında 12 sancağa (livâ) sahip olmuştur (Van İKTM, 1986).

16. ve 17. yüzyıllarda kent Van Kalesi'nin güney eteğindeki düzlükte ve etrafında da surlar kurulmuştur. Bu surların kapıları doğuda Tebriz Kapısı, güneyde İskele Kapısı ve batıda Yalı Kapısı'dır. Kentin yeri, göle yakınlığı ve kuzey tarafının kapalı olmasından dolayı yerleşmeye elverişliydi. Şehrin etrafı bağlık olup, özellikle 17. yüzyılda sık sık Safevi akınlarından zarara uğramıştır (Levendoglu, 1998).

Tüm bu süreç içinde Van, kale ve güneyindeki aşağı şehirden ibarettir. Bu alan I. Dünya savaşı sırasında çıkan olaylar yüzünden terkedilmiş ve bir harabe haline gelmiştir. Daha sonra giderek Erek Dağı ile Van Gölü arasındaki ovada gelişerek bugünkü konumuna ulaşmıştır (Yıldırım, 1990).

#### **1.2.4. Van İlinin Demografik Yapısı**

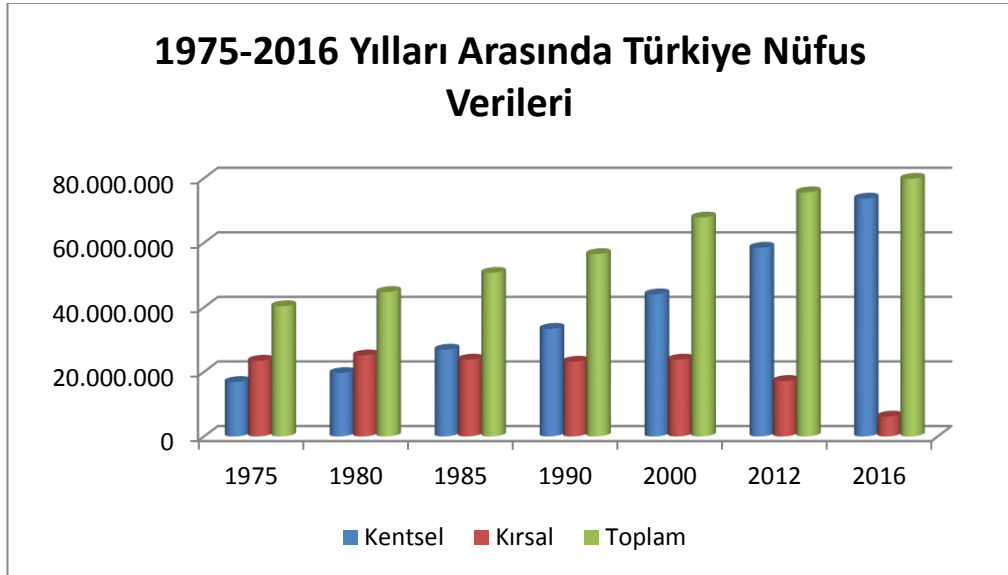
1975 – 2012 yılları arasındaki nüfus sayımları sonuçlarına göre; Türkiye, Van Alt Bölgesi (Van, Muş, Hakkâri ve Bitlis) ve Van İline ait nüfus gelişimleri Tablo 1'de verilmektedir.



Tablo 1. 1975 – 2011 Yılları arasında ülke, bölge ve Van İli nüfusları (URL–2, 2016)

		1975	1980	1985	1990	2000	2012	2016
<b>Türkiye</b>	Kentsel	16.869.068	19.645.007	26.865.757	33.326.351	44.006.184	58.448.431	73.671.748
	Kırsal	23.451.651	25.091.950	23.798.701	23.146.684	23.797.743	17.178.953	6.143.123
	<b>Toplam</b>	<b>40.347.719</b>	<b>44.736.957</b>	<b>50.664.458</b>	<b>56.473.035</b>	<b>67.803.927</b>	<b>75.627.384</b>	<b>79.814.871</b>
<b>Bölge</b>	Kentsel	277.587	365.804	442.935	574.167	965.445	1.077.870	1.050.634
	Kırsal	720.271	818.619	927.261	931.403	990.992	1.106.392	1.065.095
	<b>Toplam</b>	<b>997.858</b>	<b>1.184.423</b>	<b>1.460.413</b>	<b>1.516.570</b>	<b>1.956.437</b>	<b>2.184.262</b>	<b>2.115.729</b>
<b>Van</b>	Kentsel	115.830	156.852	189.269	258.967	446.976	548.717	585.435
	Kırsal	270.484	311.794	357.947	378.466	430.548	503.258	514.755
	<b>Toplam</b>	<b>386.314</b>	<b>468.646</b>	<b>547.216</b>	<b>637.433</b>	<b>877.524</b>	<b>1.051.975</b>	<b>1.100.190</b>

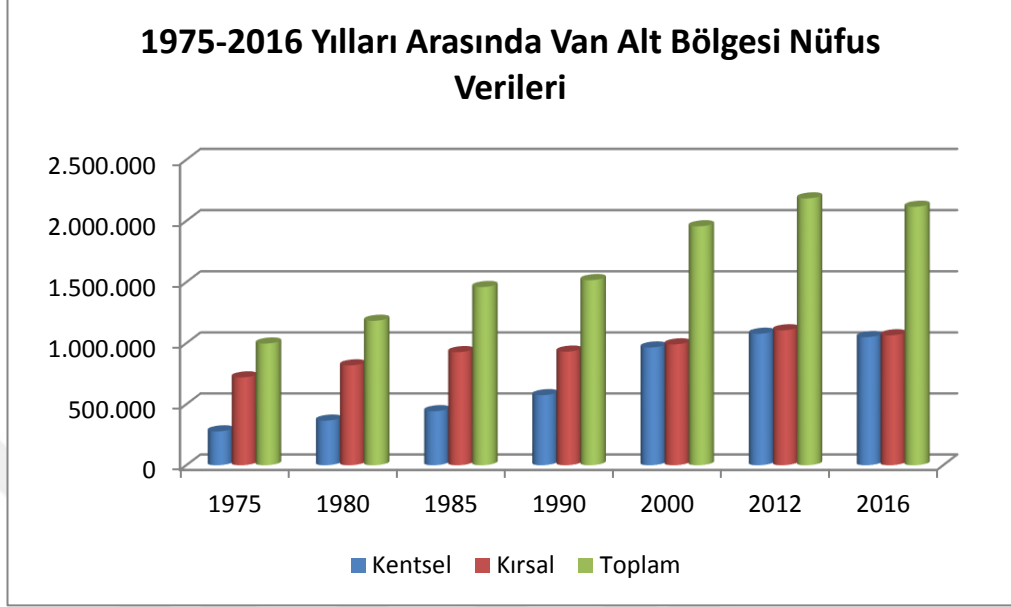
Tablo 1’de sunulan, 1975 – 2012 yılları arasında nüfus verileri sonuçlarına bakıldığında, Türkiye toplam nüfusunun, 1975 – 1990 sayım yılları arasında yüzde 39,97 oranında, 1990 – 2000 sayım yılları arasında yüzde 20,06 oranında ve 2000 – 2012 yılları arasında da yüzde 11,54 oranında arttığı anlaşılmaktadır. 1975 yılından itibaren Türkiye genelinde kırsal nüfusun azaldığı tabloda 1975 yılında kırsal nüfusun kent nüfusundan fazla olduğu, ülke nüfusunun büyüme hızından daha fazla kentsel nüfusun büyüdüğü ve kırsal nüfusun 2012 verilerine göre 1975 yılındaki kırsal nüfustan daha az olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. 1975-2016 Yılları arasında Türkiye nüfus verileri (URL–2, 2016)

Bölge toplam nüfus artış hızı, Türkiye toplam nüfus artış hızının gerisinde kalmaktadır. 1975 – 1990 sayım yılları arasında yüzde 51,98 artış, 1990 – 2000 sayım yılları

arasında yüzde 29 artış, 2000 – 2012 sayım yılları arasında yüzde 11,64 göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 1975-2016 Yılları arasında Van İli alt bölgesi nüfus verileri (URL–2, 2016)

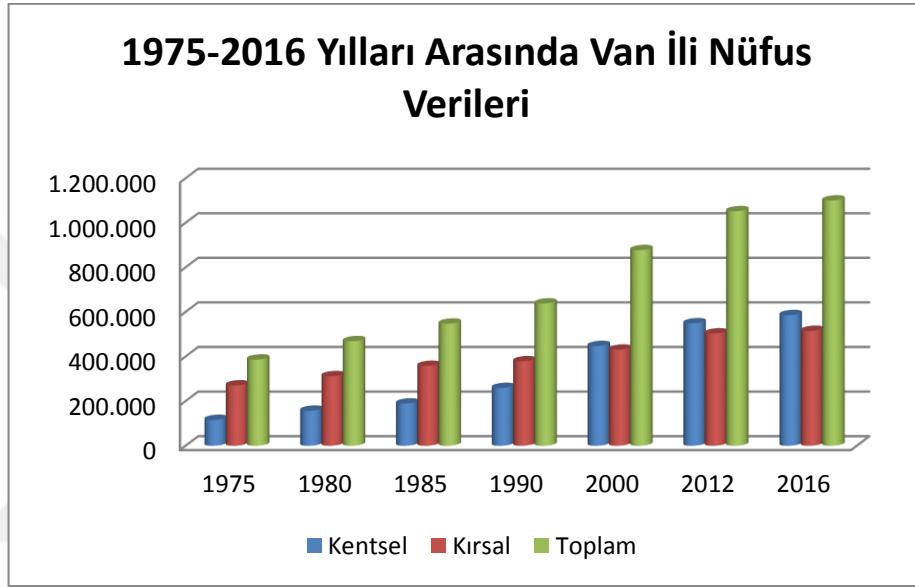
Van İlinde toplam nüfus artışı, 1975 – 1990 yılları arasında yüzde 65, 1990 – 2000 yılları arasında yüzde 37,67 ve 2000 – 2012 yılları arasında ise yüzde 19,88 olarak gerçekleşmiştir. Van İlinde, 1980 – 2000 yılları arasında nüfus artış hızının Türkiye ortalamasının üzerinde olması doğal artış hızının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. İlin ortalama nüfus artış hızının bölge ortalamasının üzerinde olması ise doğal nüfus artışının yanı sıra, Van ilinin bölgesel merkez olması nedeniyle civar illerden ve il içinden aldığı göç ile açıklanabilmektedir. Van ili nüfus değişimleri bölge nüfus değişimi ile benzer bir seyir izlemiştir (Ürün, 2015).

Bölgedeki kentleşme oranlarına bakıldığında, 1985 yılına kadar kentsel nüfus oranında önemli bir değişim görülmemektedir. 1985 – 1990 yılları arasında yaklaşık yüzde 30 artarak toplam nüfusun yüzde 38'ini, 1990 – 2000 yılları arasında yaklaşık yüzde 68 artış göstererek toplam nüfusun yüzde 49'unu kentsel nüfus oluşturmuştur. 2000 – 2012 yılları arasında kentsel nüfusun toplam nüfus içindeki oranı kayda değer bir değişim gösterememiştir (URL–2, 2016).

2012 yılına gelindiğinde Van İlinde kentleşen nüfusun toplam nüfusa oranı yüzde 52,16 ile bölge demografik değerlerine benzerlik göstermiştir. 2016 yılı demografik verileri

incelendiğinde, ülke genelindeki kırsal nüfus oranının hızlı düşüş göstermesine rağmen Van İlinin ve bölgesinin kırsal nüfus oranında büyük bir düşüş olmadığı görülmektedir (Şekil 4).

Van İlinde meydana gelen hem kentsel hem de toplam nüfus artışları kentte ekonomik değer olarak önemli bir tüketici kitlesi yaratmıştır. Bu durum kentteki ticaret potansiyelini artırmış ve aynı zamanda bölgesel göçün civar illerden Van kentine doğru olması da kısa vadede kentte ekonomik hareketlilikler yaratmıştır (Ürün, 2015).



Şekil 4. 1975-2016 Yılları arasında Van İli nüfus verileri (URL-2, 2016)

### 1.2.5. Van İlinin Ekonomik Yapısı

Van İlinde ekonomik alanda tarım ve hayvancılık sektörü öne çıkmaktadır. Van İli meyve ve sebze üretiminde bölgede önemli bir yere sahip olsa da Bölgedeki topoğrafya ve iklim özellikleri nedeniyle bitkisel üretimde fazla çeşitlilik gösterememektedir. Van'da tarım ürünleri arasında yem bitki üretiminin yoğunluk kazandığı görülmektedir (Van TSO, 2014).

Balıkçılık kentte diğer bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Van Gölü'ne has bir balık olan inci kefali balığı balıkçılar tarafından avlanarak çevre illere satılmaktadır. Türkiye'nin iç su balık üretiminin 3'ünde birini karşılayan Van ilinde çay ve dereler ile göletlerde avcılık yapılmakta ve ayrıca 36 adet su ürünleri yetiştiriciliği tesisi bulunmaktadır. Genelde alabalık olmak üzere bu tesislerdeki su ürünü üretimi yıllık 3694 ton civarındadır (URL-3, 2017).

Bugün ülkemizde alanında en büyük 3. Kuruluş olan Van Et Entegre Tesisleri il arazisinin yüzde 70'inden fazlası çayır-mera olmasıyla özellikle küçükbaş hayvan yetiştiricilerine önemli bir ekonomik potansiyel oluşturur. Bölge halkı için oluşturulan bu potansiyele Et Balık Kurumu Tesisleri de katkı sağlamaktadır.

2013 yılı TUIK verilerine göre Van ilinde işgücüne katılım oranı yüzde 46,2 olarak belirlenmiştir. Kentteki istihdam oranı 2013 yılında yüzde 41,4 ve işsizlik oranı da yüzde 10,3 olarak gerçekleşmiştir (URL-4, 2017).

Van ili ile ilgili makroekonomik verilere göre kentin 2014 yılındaki gayri safi hasılası ₺10.684.919.000 olarak kayıt edilmiştir. Bu hasılanın ₺1.150.266.000'si tarım sektöründen, ₺2.619.988.000'si sanayi (imalat) sektöründen ve ₺5.679.825.000'si da hizmet sektöründen oluşmaktadır.

### 1.2.6. Van İlindeki Dış Ticaret

Van Kenti'nin Anadolu topraklarının Kapıköy sınır kapısı aracılığı İran'a, Çaldıran İlçesi, Ağrı Doğubayazıt İlçesi üzerinden Gürbulak sınır kapısı aracılığıyla Ermenistan'a bağlayan güzergahta yer alan merkezi konumu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sınır ticareti ile gelişmiş hizmetler ve imalat sanayi sektörlerine dayalı bölgesel merkez işlevi öne çıkmaktadır. Bu avantajların etkisiyle Van İlinin ekonomisinde dış ticaret faaliyetleri önemli bir yer teşkil eder (Tablo 2).

Tablo 2. Van İli dış ticaret verileri (Van TSO, 2016)

Yıllar	İhracat (\$)	İthalat (\$)	Dış Ticaret Hacmi (\$)
2013	26.654.532	51.206.477	77.861.009
2014	28.771.192	41.155.701	69.926.893
2015	20.342.152	30.358.767	50.700.919

Van ilindeki son 3 yıla ait dış ticaret verileri incelendiğinde yaşanan düşüşün sebebi uzun yıllardır Van ilinin sınır komşusu olan ülkeye uygulanan ambargoların son yıllarda yaşanan politik risklerden dolayı sık sık genişletilmesi ve ticarete kullanılan döviz cinsi para birimin yine son yıllarda ani yükselmeler yaşamaması olarak sıralanabilmektedir (Ürün, 2015).

Van il merkezinde çalışanların sektörel dağılımı incelendiğinde kamu hizmetleri ilk sırada, toptan ve perakende ticaret ikinci sırada, inşaat sektörü üçüncü sırada ve imalat sanayi dördüncü sırada bulunmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Van İlindeki dış ticaretin sektörel dağılımı (Van TSO, 2016)

Sektörler	İhracat (\$)	İthalat (\$)
Tarım Ormancılık	871.161	7.098.397
Balıkçılık		5.136
Madencilik ve Taş ocakçılığı	115.513	2.921.044
İmalat Sanayi	19.355.123	20.298.588
Toptan ve Perakende Ticaret	355	35.602
Toplam	20.342.152	30.358.767

Van İl merkezi daha çok il sınırları içerisinde olmak üzere, Bitlis, Hakkâri ve Şırnak gibi çevre illerden yoğun şekilde göç almaktadır. Kırsal alandan kent merkezine oluşan bu göçler bölgesel dengesizlikleri derinleştirmiş ve kent merkezi etrafında sosyal donatıları az, altyapı imkanları yetersiz konut alanlarının oluşmasına neden olmuştur. Göç eden kitleler geldikleri yerden gayrimenkul varlıklarını menkul kıymete çevirerek kente geldiklerinde kısa vadeli bir sermaye girişi görülse de uzun vadede işsizlik yaratmıştır (Görentaş, 2015).

Ülkemizde 1960'lı ve 1970'li yıllarda büyük kentlere göç şeklinde gerçekleşen kentleşme tecrübelerinden farklı olarak geniş aile biçiminin küçülmesine rağmen geniş ailelerin göç edilen kentlerde varlığını hala koruduğu görülmektedir. Son yıllarda Van ilinde tek hane içerisinde geniş aile veya ailelerin yaşaması olgusu zayıflasa da ülke ortalamasının üzerindedir (Ürün, 2015).

Van İlinin jeopolitik konumundan dolayı ortaya çıkan dış ticaret potansiyeli ve turizm faaliyetleri dahil olmak üzere gelişen kent ekonomisi kent içinde önemli bir nüfus hareketliliği ortaya çıkarmıştır. Kent içinde sayıları artan bu kitleler yolculuk hizmetleri açısından önemli bir talep oluşturmakta ve yine bu yeni kitleler kent içi ulaşım altyapısı üzerinde bir baskı ortaya çıkarmaktadır.

### 1.2.7. Van İlinde Ulaşım Türleri ve Altyapıları

Bulunduğu stratejik konum nedeniyle Van ili tarihi boyunca çeşitli ulaşım modlarının kullanımına olanak sağlamış ve hem transit hem de aktarma merkezi görevini üstlenmiştir. Bu taşıma modlarından en yoğun olan karayollarıdır. Karayolunun diğer taşımacılık türlerine göre daha etkin olması kent içi taşımacılıkta da görülmektedir. Bu durum karayolunun çoğu zaman daha hızlı ve aktarmasız taşımaya olanak vermesi ile daha esnek olması gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır (Yayla, 2004).

Karayolu ulaşımının ülke genelinde olduğu gibi Van ilinde de hızlı büyüyerek yol ağının geliştirilmesiyle yük ve yolcu taşımacılığında bu taşıma çeşidini üstün konuma getirmiştir. İlde 1950 yılında ilk defa asfalt çalışmalarına başlanmıştır. 1950 – 1965 yılları arasında ancak 68 km asfaltlama yapılabilmektedir. 1990 yılına gelindiğinde Karayollarına ait 999km yolun 643 km'si asfaltlanmış bulunmaktadır. İldeki mevcut karayolu ağının Türkiye'deki mevcut karayolları ağına oranı ise yaklaşık yüzde 1,7 düzeyinde bulunmaktadır. 2000 yılına gelindiğinde 2684 km yolun 2065 km'si asfaltlanmış bulunmaktadır. Ancak karayollarının fiziki standartları ve üstyapısının mevcut trafik yükünün tam anlamıyla kaldırabilecek kapasitede olduğu söylenemez (KGM 11. Bölge, 2015).

### **1.2.7.1. Karayolu**

Bölgede kış mevsiminin uzun sürmesinden kaynaklı karayolları için çalışma mevsimi kısa kalmaktadır. Bunun yanında arazi şartlarının nispeten elverişsiz olması asfaltlama faaliyetlerini kısıtlamış ve aynı zamanda yol yapımı maliyetlerini de artırmıştır. Ayrıca karayolları ile demiryolları ve denizyolu arasında etkin bir uyumun yeterince sağlanamaması karayollarının yükünü arttıran bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Görentaş, 2015).

Bölünmüş yol yapımına ülke genelinde olduğu gibi ağırlık verilmesiyle ilin sınırdaş illerle ve ülkelerle bağlantı kalitesi artmıştır. Aynı durum kent içi ulaşım içinde geçerlidir. Kuzeyde Erciş üzerinden Ağrı ve Erzurum, batıda Muş üzerinden Bingöl, Elazığ ve Malatya, güneyde ise Bitlis üzerinden Diyarbakır ve doğuda Yüksekova ve Saray ilçeleri üzerinden İran ile bağlantısı olan önemli karayolları tesis edilmiştir (Ürün, 2015).

### **1.2.7.2. Demiryolu**

1971 tarihinde işletmeye açılan Van – İran hattı Van İlindeki ilk demiryolu hattıdır. Van-İran hattının açılması ile İran-İstanbul arası yolcu taşımaları haftada üç gün olmak üzere düzenli olarak Ekspres tren seferleri şeklinde bir süre yürütülmüştür. Daha sonraları Kapıköy (İran) sınırında yolcu nakliyatı yapılmadığından söz konusu trenler Van – Kapıköy (İran sınırı) arasında hizmet vermeye başlamıştır.

Van Gölü üzerinde çalışan tren feribotları Trans Asya Demiryolu (İstanbul – Kazakistan) projesinin planlanmış bir parçası olmakla beraber C-E-70 uluslararası demiryolu hattının önemli bir bölümünü teşkil etmektedir. 2006 yılında bu hat üzerinden

gelen 613.000 ton yük Van Gölü üzerinde taşınmıştır (TCDD Van Gölü Feribot Müdürlüğü, 2016).

Van – İran hattının işletmeye açılması ile çeşitli Avrupa ülkelerinden İran’a ve oradan da Pakistan ve Afganistan’a yapılan yük nakliyatı, Türkiye üzerinden transit olarak taşınmaktadır. Türkiye- İran arasında yapılan gerek sınır ticareti ve gerekse ihracat ve ithalat şeklindeki dış ticaret taşımacılığının büyük bölümü demiryolları tarafından sağlanmaktadır.

Van Gölü Ekspresi, İstanbul – Eskişehir – Ankara – Kırıkkale – Kayseri – Sivas – Malatya – Elazığ – Muş – Bitlis – Van hattı üzerinde çalışmaktadır. Bu hat, uluslararası ölçekte Batı ülkelerini Doğu ülkelerine bağlarken Türkiye’yi batısından doğusuna geçmektedir. İstanbul – Ankara – Sivas – Malatya – Elazığ yolu ile Tatvan İskelesine, iskeleden feribotlarla Van’a, Kapıköy sınır kapısından da İran’a (Tebriz ve Tahran) ulaşılmaktadır.

Gelecek planlar dahilinde bulunan TRACECA (Avrupa – Kafkasya – Asya taşımacılık koridoru) ve Birleşmiş Milletler çatısı altındaki Avrupa Ekonomik Komisyonu nezdinde planlanan UNECE EATL (Avrasya taşımacılık bağlantısı) projeleri Van ilindeki bu demiryolu hattı için gelecekte bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

### **1.2.7.3. Havayolu**

Van İl Merkezi’ne 8 km uzaklıkta bulunan ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMİ) tarafından 1943 yılında hizmete açılan Van Ferit Melen Havalimanı, kentin güneybatısında Van Gölü kıyısında bulunmaktadır. Tek piste sahip olan havaalanı Türk Hava Yolları ve Özel taşımacılık şirketleri tarafından haftanın her günü tarifeli uçuşlar düzenlenmektedir. Van Ferit Melen Havalimanı yıllık 1 milyon 300 bin kişilik yolcu kapasitesine sahip olup yılda ortalama 950 bin kişiye hizmet vermektedir. Van’dan İstanbul, Ankara, Antalya, İzmir ve Adana İllerine doğrudan seferler bulunmaktadır (AYGM, 2016).

### **1.2.7.4. Denizyolu**

Günümüzde Van ile Tatvan İlçesi arasında Van Gölü üzerinden iki adet feribot ile deniz taşımacılığı yapılmaktadır. Feribotların tarifeli bir sefer programı bulunmamakta, seferler vagonlu yük durumuna göre düzenlenmektedir. Feribotlarda yolcu taşımacılığı da yapılmaktadır. Van ve Tatvan arasındaki feribot seferleri süresi 4 – 4,5 saat arasında

değişmektedir. Bununla birlikte Göl üzerinde, Akdamar Adası ve Çarpanak Adalarına turistik amaçlı yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Ayrıca daha önce İl Özel İdaresi bünyesinde hizmet veren daha sonra Büyükşehir Belediyesine devredilen iki adet deniz otobüsü ve iki adet gemi ile göl üzerinde yolcu taşımacılığı yapılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Ürün, 2015).

#### **1.2.7.4.1. Van Gölünün Fiziksel Yapısı**

Van Gölü, Türkiye'nin ortalama yükseltisinin en fazla olduğu ve dağlık alanları geniş yer tuttuğu Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde bulunmaktadır. Van Gölü doğal volkanik bariyerlerin çıkışı kapaması ve Muş Ovası ile bağlantısını kesmesi sonucu suların dışa akışının kesilmesiyle oluşmuştur. Bu açıdan Van Gölü "terminal göl" olarak da ifade edilmektedir. Göl 3574 km<sup>2</sup> yüzey alanı, 12.522 km<sup>2</sup> drenaj alanı, 607 km<sup>3</sup> hacmi ve maksimum 451 m Derinliği ile bölgemizin en önemli göllerinden biridir. Bu açıdan Van Gölü su hacmiyle dünyada Hazar, Aral, Baykal gölünden sonra 4. Büyük ve sodalı göller sıralamasında ise birincidir. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü, dünyadaki kapalı göller içerisinde ise 15. sırada yer almaktadır. Kabaca üçgen şeklinde olan Van Gölü'nün uzun eksenini Tatvan' da Tuğ İskelesi ile Erciş körfezindeki Bendimahi Çayı ağzına kadar yaklaşık 125 km, Tatvan-Van arasında ise 90 km dir (Kempe vd., 1978).

Çevresinin karasal iklimini önemli ölçüde yumuşatan Van Gölü, kıyı ovalarında daha iyi bir yaşam ortamı sağlamaktadır. Bu özelliğinden dolayı tarih boyunca göl çevresindeki kıyı ovaları üzerinde yoğunlaşan yerleşim yerlerinin birbirleri ile olan ulaşım bağlantıları, genel olarak bölgenin topoğrafik yapısı ve iklim özelliklerine göre şekillenmiştir. Örnek olarak, Van Gölü çevresinde uzun süre hâkim olan Urartular, merkezi otoriteyi güçlendirmek ve ülkenin her tarafı ile sıkı bir ulaşım bağlantısının kurulması için çeşitli yönlerden başkent Tuşba'ya (Van'a) ulaşan yollar yapmışlardır. Bu dönemde doğudan (Tebriz (İran), Saray, Özalp, Erçek yolu), güneydoğudan (Kuzey Irak, Hakkâri, Yüksekova, Başkale, Hoşap yolu), batı ve güneybatıdan (Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş yolu ile Diyarbakır-Bitlis yolu) gelen yollar, Van Gölü kıyılarında birleşmiştir. Kıyılarıdaki yerleşimler arasında karayolunun yanı sıra göl ulaşımından da faydalanılmıştır. Gölün ulaşımında kullanılması eskiye oranla azalsa da günümüzde hala devam etmektedir (Belli, 1977).



#### 1.2.7.4.2. Van Gölü Üzerinde Taşımacılıkta Coğrafi Durum

Yaklaşık 400 km uzunluğundaki kıyı şeridi boyunca yerleşim merkezleri arasındaki ulaşım uzun yıllar karayolu ile yapılmıştır. Fakat bu yerleşimler arasındaki engebeli arazideki ulaşım zorluğu, ulaşımda zaman kaybı, kış mevsimi yağın karın uzun süre yerde kalması ile dağlık alanların kışın geçilmez hale gelmesi ve güvenlik kaynaklı bazı sorunlar nedeni ile göl üzerinde ulaşım yapılması zorunlu kılınmıştır. Dağlık alanlarda yol yapım ve bakım maliyetlerinin oldukça yüksek olması ile Türkiye – İran Demiryolu' nun Tatvan – Van arasındaki 90 km. lik kısmında vagonların Van Gölü üzerindeki feribotlarla taşınması ulaşımda hala doğa koşullarına uyulduğunu göstermektedir (Çubukçu, 1970). Van Gölü üzerinde ulaşımı etkileyen iki ana doğal faktör mevcuttur. Bunlar fırtınalı hava koşulları ve göl seviyesinde meydana gelen su seviyesi değişiklikleridir. Şiddetli rüzgarların estiği günlerde gölde meydana gelen 2 – 3 m yüksekliğindeki dalgalar ulaşımı kısa süreli de olsa olumsuz etkilemektedir. Daha önce özellikle 1994 – 1995 yıllarında göl seviyesindeki hızlı yükselme feribot iskelelerinde yanaşma manevralarını olumsuz etkilemiştir. Fakat bu durum son zamanlarda yapılan daha yüksek seviyeli kıyı yapıları ile aşılmıştır (Deniz ve Yazıcı, 2003).

#### 1.2.7.4.3. Van Gölü Üzerindeki Meteorolojik Durum

Van ilinde bulunan Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü aracılığıyla elde edilen 1960 ve 2015 yılları arasındaki veriler incelendiğinde Nisan ve Eylül ayları 2,4 m/sn ortalama rüzgar hızlarıyla en rüzgarlı aylardır. Orajlı gün sayısına bakıldığında ortalama 2,9 gün ile Ekim ayı ve fırtınalı gün sayısında ise ortalama 1,7 gün ile Nisan ayı en yüksek değerlere sahiptir. Tüm yıl değerlerine bakıldığında öğlen saatleri ortalama 2,9 m/sn rüzgar hızıyla sabah ve akşam ortalama rüzgar hızlarından (1,9 m/sn) yüksek seyretmektedir. Rüzgar esme sayıları ve yönleri göre rüzgar ortalama hızlarına bakıldığında ise göl üzerinde doğu ve doğu kuzeydoğu yönleri açık ara hakim rüzgar yönü olarak ortaya çıkmaktadır (MGM 14. Bölge Müdürlüğü, 2016). Göl üzerinde coğrafi koşullara ek olarak ortalama meteorolojik veriler göl üzerinde düzenli bir hat kurulması için önem arz etmektedir (Ek Tablo 1-2).

#### 1.2.7.4.4. Van Gölü Üzerinde Taşımacılığın Tarihi Gelişimi

Van Gölü'nde ulaşımın başlaması çok eski tarihlere dayanır. Bu konudaki en eski bilgiler Urartulara aittir. Urartular zamanında (M.Ö. 900 – M.Ö. 600 yılları) Van Gölü çevresindeki yerleşimlerden Van, Yeşilsu (Amik), Adilcevaz, Ahlat, Tatvan, Reşadiye ve Gevaş arasındaki ulaşım yardımcı olmak amacıyla pek çok iskele yapıldığı ve daha sonraki dönemlerde ise bu iskelelerin Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular ve Osmanlılar tarafından da kullanıldığı bilinmektedir (Gürbüz, 1994).

Göl ulaşımı ile ilgili olarak İlhanlılar zamanında yaşamış olan Zekeriya Kazvini'nin "Asur-ul Bilad" adlı eserinden Ahlat, Gevaş, Erciş ve Tatvan limanları arasında büyük teknelerin işletildiği anlaşılmaktadır (Aşan, 1992).

Van Gölü çevresi Osmanlıların eline geçtikten göl ulaşımından faydalanılmaya devam edilmiştir. 16. Yüzyılda İran'a sefer yapmak üzere ordularıyla birlikte Van Gölü kıyılarına gelen Sadrazam İbrahim Paşa, 1568 yılında Tatvan Kalesi önüne bir tersane ve liman inşa ettirerek burayı bir üs haline getirmiştir (Ateşmen, 1968).

Osmanlılar döneminde göl üzerinde çalışan gemi sayısı azımsanmayacak miktardadır. Örneğin 1633 yılında göz üzerinde 50' den fazla gemi çalışmakta idi (Kılıç, 1997). 1650'li yıllarda Van Gölü çevresini gezen Evliya Çelebi (1986), gölde 50 kadar gemi bulunduğunu ve bu gemilerle kaleden kaleye mal taşındığını belirtmektedir. Şemseddin Sami (1898) "Kamus-ul Alam" adlı eserinde göl üzerinde 87 adet yelkenli gemi bulunduğunu fakat henüz büyük gemi işletilmediğini anlatmıştır. 1899 tarihli Van'ın Vilayet Salnamesinde (1899) ise gölde 110 adet kayığın çalıştığı ve bu gemilerle kıyı iskelelerinden şehir merkezine odun ve tahıl ürünleri taşındığı belirtilmiştir. Birinci Dünya Savaşı yıllarına gelindiğinde ise göl üzerindeki hakimiyet Rusların eline geçmiştir. Bu dönemde Ruslar Tatvan, Erciş ve Van'a birer iskele yapmışlar ve göle birkaç adet motorlu tekne getirmişlerdir (Ateşmen, 1968). Daha sonra bu taşıtların yakıt ihtiyacını karşılamak üzere Ruslar, Van Gölü'nün kuzeydoğusunda Kürzot Köyü yakınlarında petrol kuyuları açtıkları bilinmektedir (Genelkurmay Başkanlığı, 1938).

Van Gölü üzerindeki araç varlığına ilişkin bir diğer bilgi ise 1920 yılında 200 kadar mavna ile Ruslardan kalma birkaç motorun mevcudiyetidir (Cemal, 1920). Van Gölü'ne Ruslar tarafından bırakılan gemiler şunlardır:

1. Cumhuriyet Gemisi (Römorkör): Gölde hem yük hem yolcu taşıyan bu gemi 1944 yılında akaryakıt taşırken tamamen yanmıştır.

2. Akdamar Şilebi: 200 ton civarında yük taşıyabilen bu gemi 1958 yılında canlı hayvan taşırken Reşadiye kıyılarında fırtına nedeni ile kayalara çarparak batmıştır.
3. Yayla Dubası: 120 ton civarı yük taşıyabilen bu çıkarma gemisi daha sonra hurdaya ayrılmıştır (Deniz ve Yazıcı, 2003).

Cumhuriyet devriyle birlikte Van Gölü üzerinde çalışan gemiler, 1925'te merkezi Van'ın Erciş ilçesine bağlı Emis bucağında bulunan, Bayındırlık Bakanlığı'na bağlı "Van Gölü Seyr-ü Sefain İdaresi" çatısı altında toplanmıştır (Deniz ve Yazıcı, 2003).

Böylece Van Gölü üzerindeki trafikte ilk defa bir düzenlemeye gidilmiştir. Bu kuruluş 1934 yılında kaldırılarak göl trafiğinin yönetimi Van İl Özel İdaresi'ne, daha sonra da İçişleri Bakanlığı tarafından kurulan Van Gölü Gemi İşletme İdaresi'ne bırakılmıştır. 1936 yılında kurulan Van Gölü İşletmesi ile gölde gemi işletmeciliği bu kuruma bağlanmış ve merkezi Erciş'ten Tatvan'a taşınmıştır. İşletme merkezinin Tatvan'da işletmeye ait olarak kurulan atölyeler, ambarlar, otel, lokanta ve çalışanlara ait lojmanlar ile oluşan istihdam o yıllarda küçük bir köy olan Tatvan'a önemli bir ivme kazandırmıştır. Tatvan'da tersane kurulması ve limanın modernize edilmesi 1964-1967 yılları arasında gerçekleşmiştir.

1953 yılında Denizcilik Bankası TAO Genel Müdürlüğü bünyesine dahil edilen Van Gölü Gemi İşletmesi, Etibank ile de işbirliğine girerek; bölgedeki madenleri işletme, göl üzerindeki vagon, yük ve yolcu taşımacılığı yapma yetkilerini almıştır. İşletme, 1983 yılında 117 sayılı kanun hükmündeki kararname ile Türkiye Denizcilik Kurumu Genel Müdürlüğü'ne, 16.11.1984 tarihinde ise Türkiye Denizcilik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlanmıştır. Van Gölü Gemi İşletmeciliği 1988 yılından itibaren TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyet göstermektedir.

#### **1.2.7.4.5. Van Gölü Üzerinde Güncel Durumdaki Yük Taşımacılığı**

1970'li yıllara kadar gemilere genellikle Tatvan ve Reşadiye'den odun; Ahlat Adilcevaz, Erciş ve Edremit'ten yaş sebze ve meyveler yüklenerek başta Van il merkezi olmak üzere ihtiyaç duyulan diğer yerleşim yerlerine taşınmıştır.

Günümüzde Van Gölü üzerinde taşınan yükün neredeyse tamamı sadece Tatvan (Bitlis)-Van arasındaki hatta 87 km'yi 4,5 saatte alabilen tren feribotları ile 1971 yılından itibaren TCDD ye ait vagonların taşınması şeklinde yapılmaktadır (Şekil 5). Bu feribotlarla taşınan vagonların muhteviyatı genellikle kömür, buğday, gübre, demir, askeri malzeme ve

İran'a taşınan ticari mallardır. Bu yüklerin büyük çoğunluğu İran'ın Avrupa ülkeleri ve Türkiye'den ithal ettiği mallar olmuştur. Bu durum feribotların yük taşımacılığının yönünün genelde Tatvan'dan Van'a doğru yani batıdan doğuya doğru oluşmasına sebep olmuştur.



Şekil 5. Van-Tatvan arası karayolu ve denizyolu mesafeleri.

Van Gölü'nde feribotlarla yapılan yük taşımacılığına bakıldığında taşımacılık oranında düzenli bir seyir olmadığı görülmektedir. Örneğin, ilk defa 1971 yılı Eylül ayında sefere başlayan Orhan Atlıman feribotu aynı yıl içerisinde 512 ton yük taşırken, dört yıl sonra iki feribotun daha devreye girmesiyle taşınan yük miktarı 505.533 tona yükselmiştir. 1980 yılına gelindiğinde ise bu rakam yaklaşık 5 kat azalarak 85.624 tona inmiştir. Bu durumun sebepleri; İran'da meydana gelen rejim değişikliği ve Avrupa ülkelerinin bu ülke ile ilişkileri askıya alması ve Türkiye'de meydana gelen askeri ihtilal olmuştur (TCDD Van Gölü İşletmesi, 2016).

Tablo 4. TCDD mülkiyetindeki gemilerin özellikleri (TCDD Van Gölü İşletmesi, 2016)

GEMİ ADI	GT	BOY	İNŞA YERİ	İNŞA YILI
TATVAN	1766	81,84 m	İstanbul Haliç Tersanesi	1975
VAN	1777	81,84 m	İstanbul Haliç Tersanesi	1976
ORHAN ATLIMAN	1918	81,85 m	İstanbul Haliç Tersanesi	1971
RAFET ÜNAL	1918	81,85 m	İstanbul Haliç Tersanesi	1972

1980 yılından sonra feribotlarla taşınan yük miktarı tekrar artmaya başlamış; 1983 yılında yaklaşık 302 bin tona, 1985 yılında ise 415 bin tona yükselmiştir. 1985-1990 yılları arasında taşınan yük miktarı bir miktar düşse de 300 bin tonun üzerinde seyretmiştir. Bu durumun sebebi ise bahsi geçen tarihler arasında gerçekleşen İran-İrak savaşıdır (Deniz ve Yazıcı, 2003).



Şekil 6. Orhan Atlıman gemisine ait görüntü.

1990 yılında taşınan yük miktarı 339 bin ton seviyesinden 1993 yılında 55 bin ton seviyesine kadar düşmüştür. 2000 yılına kadar yük miktarında sınırlı bir artış görülmüştür. Demiryollarının eskiyen teknolojisi ve demiryollarına karşı oluşan terör eylemleri demiryolları arasında çalışan bu feribotların cazibesini bu dönemde karayoluna karşı yitirmesine sebep olmuştur.

Tablo 5. 2015 yılı tren feribotları ile taşınan yük ve yolcu miktarları (TCDD Van Gölü İşletmesi, 2015)

Yıl	Ay	Sefer Sayısı	Vagon	Net Ton	Brüt Ton	Yolcu Sayısı	Taşıt Sayısı
2015	Ocak	87	1562	21520	50595	933	34
	Şubat	115	1750	27059	61898	828	35
	Mart	115	1828	26582	63335	1186	63
	Nisan	86	1509	19422	48371	1157	61
	Mayıs	73	1309	17470	40560	1106	42
	Haziran	90	1439	20100	45523	425	50
	Temmuz	78	1422	19066	44226	1336	103
	Ağustos	84	1423	22547	48654	221	116
	Eylül	9	161	2239	5056	22	17
	Ekim	38	651	7507	18779	57	32
	Kasım	43	634	9381	21125	32	20
	Aralık	43	648	7155	20864	6	4
	TOPLAM	861	14336	200048	468986	7309	577
	2016	Ocak	28	424	5030	14218	5
Şubat		63	1137	15760	37107	47	29
TOPLAM		91	1561	20790	51325	52	34

Bugüne kadar 4 adet feribotla hizmet veren TCDD, mevcut gemilerin yaşlanması ve kapasitelerinin düşük olmasından dolayı 2011 yılında, Türkiye'nin en büyük feribotu olma özelliğine sahip olan 50 vagon kapasiteli 2 adet feribotun ve iskelenin inşasını ihaleye çıkarmıştır. Bu ihale sonucunda feribotlardan bir tanesi 2015 yılı içerisinde denize indirilmiş ve 2017 yılsonuna kadar feribotların seferlere başlaması öngörülmektedir.

Tablo 6. Tren feribotları ile son 5 yılda taşınan yük ve yolcu miktarları (TCDD Van Gölü İşletmesi, 2015)

Yıl	Sefer Sayısı	Vagon	Net Ton	Brüt Ton	Yolcu Sayısı	Taşıt Sayısı
2011	957	16872	183672	498458	22901	965
2012	1181	19691	259193	618654	16081	1195
2013	920	14707	185204	462728	15200	833
2014	1195	20960	283508	670537	15950	927
2015	861	14336	200048	468986	7309	577

#### 1.2.7.4.6. Tatvan–Van Arasında 2 Yeni Tren Feribotu Projesi

Proje, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü için Van Gölü'nde Tatvan-Van (87 km – 49 deniz mili) arasında vagon ve yolcu taşınmasında kullanılacak 2 Adet 50 vagon kapasiteli feribot kuru havuz ve iskele yapılarının imalat çalışmaları ile Tatvan ve Van' da deniz yapıları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Tatvan Deniz yapıları: Kuru Havuz inşaatı, yeni yapılacak iskele ile 2 adet dolfin inşaatı, yürüme köprüleri, 4 adet kilitleme yapısı, 2

adet yeni ve eski iskele yapıları adaptasyon inşaatı, 2' şer adet rampa ve rampa ayağı inşaatı ile kuru havuz kapağı inşaatları devam etmektedir.

Feribotlar bugüne kadar Türkiye'de yapılan en büyük feribot olması ve ana makinelerinin Türkiye'de üretilmesi bakımından önemlidir. İlk yerli üretim dizel deniz motorları bu feribotlarda kullanılmıştır.

Türkiye'nin en büyük feribotu Nisan 2015 tarihinde suya indirilmiş olup, iç donatım işlemlerinin tamamlanması için iskeleye çekilmiştir. Donatım işleri tamamlanmıştır. 18-24 Kasım tarihleri arasında TÜLOMSAŞ'ın imal ettiği 4 adet ana Jeneratör devreye alınmış olup Türk Loydu gözetiminde yük testleri yapılmıştır. Gemi panolarına güç verilmiş olup devreye alma işlemi tamamlanmıştır. 17 Aralık 2015 de ilk deneme seyirleri başarı ile yapılmıştır. TCDD kurumu tarafından bu gemiye "Sultan Alparslan" ismi verilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. TCDD-1 feribotu

TCDD-2 gemisinin çelik tekne imalatı tamamlanmış olup, 15.09.2015 tarihinde denize indirilmiştir. Daha sonra donatım işlerinin yapılabilmesi için tekrar havuza alınmıştır. TCDD-2 gemisi boru donatımı kısmen yapılmış, donatımı devam etmektedir. Ana makineler gemi içine 14.05.2015 tarihinde yerine alınmıştır. Gemiye "İdris-i Bitlis'i" adı konulmuştur.

Gemilerin yükleme kapasiteleri ise 9,94 m boyundaki bir vagondan 50 adet, 14,02 m boyundaki bir vagondan 35 adet ve 21,7 m boyundaki bir vagondan ise 20 adet olarak hesaplanmıştır. Bu yeni gemilere ait bazı mühendislik bilgileri Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7. Tren feribotu ana özellikleri (TCDD Van Gölü İşletmesi, 2016)

Toplam boy	136,15 m
Su hattı boyu	135,18 m
Toplam genişlik	24,00 m
Toplam derinlik	6,00 m
Tasarım su çekimi (Draft)	4,20 m
Tasarım Hızı	14 Knot
Güverte yükseklikleri	2,60 m
Yolcu Kapasitesi	350 yolcu
Klas Kuruluşu	Türk Loydu

Gemilerin sevk ve manevra (dümen) vazifeleri kombine olarak, baş ve kıç taraflardan her birinde iki adet (toplam 4 adet) konumlanan, ikiz pervaneli, elektrik motor tahrikli, modern ve üstün kabiliyetli “Schottel” iticiler ile sağlanmaktadır (Şekil 8). Ana sevk sistemi, yardımcı makineler ve gemi genel enerji ihtiyacı, 4 adet ve her biri ortalama 1500 kW güç üretebilen dizel jeneratörler ile karşılanmaktadır. Feribotların ana makine gücünü sağlayan dizel marin jeneratörler TULOMSAŞ tarafından Eskişehir’de imal edilmiştir. Yerli Dizel marin motorların tip onay sertifikası Türk Loydu tarafından verilmiştir.



Şekil 8. TCDD-1 feribotunun sevk sistemine ait görüntü

#### 1.2.7.4.7. İç Su Taşımacılığının Van Gölü İçin Değerlendirilmesi

Ülkemizde iç su taşımacılığı denildiğinde daha çok Marmara denizi ve İzmir körfezindeki feribot taşımacılığı dikkati çekmektedir. Ancak Van gölünde de yolcu ve tren feribotları hizmet vermektedir. Bu bölgede yolcu taşımacılığı daha çok mevsimsel olarak turistik ve gezi amaçlı yapılmaktadır. Tren feribotları ise 1971 yılından itibaren TCDD ye



ait vagonların taşımacılığını yapmaktadır. Ancak burada sadece tren feribotu olarak hizmet verilmektedir ve mevcut feribot seferleri sadece Van-Tatvan (Bitlis) arasında yapılmaktadır. Bugüne kadar 4 adet feribotla hizmet veren TCDD, mevcut gemilerin yaşlanması ve kapasitelerinin düşük olmasından dolayı 2011 yılında, Türkiye'nin en büyük feribotu olma özelliğine sahip olan 50 vagon kapasiteli 2 adet feribotun ve iskelenin inşasını ihaleye çıkarmıştır. Van Gölü üzerinde taşımacılığın gelecekte yaygınlaşması durumunda elde edilecek bazı avantajlar mevcuttur (TCDD Van Gölü Feribot Müdürlüğü, 2016).

#### **1.2.7.4.7.1. İç Su Taşımacılığı Avantajları**

Ulaştırma sektörünün büyümesi ile birlikte taşımacılık sektörü kaynaklı çevresel, ekonomik ve sosyal etkiler de artmaktadır. Taşımacılıkla ilgili olarak sera gazları ve emisyonları, trafik tıkanıklığı, gürültü, kazalar, alan sıkıntısı, hava, kara ve su kirliliği genellikle bahsedilen etkilerinden bazılarıdır (Maibach vd., 2004). Günümüzde deniz yolu ile yolcu ve araç taşımacılığındaki artış yüksek süratli feribotların kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Ülkemizde de feribot taşımacılığı artmakta olup, hızlı feribotlar şehirlerarası taşımacılık için çözüm sağlayabilecek etkili ulaşım araçlarıdır. Deniz taşımacılığı dünya üzerinde yadsınamayacak derecede öneme sahiptir.

Tek seferde taşınabilen yük miktarının fazlalığı; 140 metre uzunluğunda ve 20 metre genişliğinde inşa edilecek bir feribot yaklaşık olarak 600 yolcu, 200 otomobil ve büyüklüğüne göre 25 kamyon taşıyabilmektedir. Bu durum Van ili karayolu trafiğinin azaltılması için bir seçenek olarak görülebilmektedir.

Taşıma maliyetlerindeki azalma; 500 GT den büyük 140 metre uzunluğunda ve 20 metre genişliğe sahip bir feribota 2250 kW gücündeki makine ile tahrik sağlanabilir. UDHB'nın "Gemi Cinslerine Göre Yakıt Tüketim Kapasitelerinin Tespiti (2013)" raporunda belirtilen "500 groston ve üzeri gemilerin günlük yakıt harcamaları" formülüne göre bu güçteki dizel bir makinenin saatlik yakıt tüketimi ortalama 207 lt olmaktadır. Buna karşın sadece 200 otomobilin (dizel) saatlik yakıt harcamaları ise 1200 lt olmaktadır. Ayrıca geliştirilen yeni makine tipleri ile yakıt tüketimlerinde %25 gibi göz ardı edilemeyecek tasarruf sağlanabilmektedir.

Geliştirilen çevresel motorlar ile çevreye daha az zehirli gaz emisyonu; Gelişen teknoloji ile üretilen makineler sadece yakıt tasarrufu sağlamakla kalmayıp çevre dostu

olduklarını da göstermektedirler. Bu gelişim daha çok, çevreye salınan NO<sub>x</sub> ile kendini göstermektedir. %80 daha az NO<sub>x</sub> salınımı ile büyük gelişim elde edilmiştir.

Emisyon salınımları hakkında MARPOL 73/78 Bölüm VI ile kuzey Avrupa bölgesinde oluşturulan SECA alanında düşük sülfürlü yakıt kullanımı sonucu SO<sub>x</sub> salınımı 2009 yılında 275000 ton iken, 2013 yılında ise bu değer 175000 tona kadar düşürülmüştür. 2015 sonrasına bu değer 25000 tona düşürülmesi planlanmaktadır. Van ilindeki karayolu yoğunluğu düşünüldüğünde çevre faktörü göl ulaşımının tercih edilmesinde önem arz etmektedir.

Deniz taşımacılığının diğer taşıma modlarına göre güvenilirlik üstünlüğü; TUİK (2013) verilerine göre Türkiye’de 161306 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiştir ve bu kazalar sonucu 3685 kişi yaşamını yitirmiştir. Buna karşın Ulaştırma Bakanlığının 2013 yılı “Ulaştırma Kaza İstatistikleri” raporuna göre 135 gemi kazası meydana gelmiş ve bu kazalarda 92 kişi yaşamını yitirmiştir.

Bölgenin coğrafik şartlarını dikkate alınacak olursa, özellikle zor geçen kış şartlarında yolcu ve ticaret ulaşımının aksamadan devam etmesini sağlayacak bir ulaşım-taşıma yöntemidir. Van İlinde özellikle kış aylarındaki coğrafi şartlar düşünüldüğünde denizyolu, ulaşım çeşidi tercihi açısından öne çıkmaktadır.

#### **1.2.7.4.7.2. İç Su Taşımacılığı Avantajlarına Dünyadan Örnekler**

Ülkemizde deniz taşımacılığı daha çok uluslararası taşımacılıkta kullanılmaktadır. Ancak dünyadaki örnekler incelendiğinde denizyolu taşımacılığı sadece uluslararası ticarete değil, iç su taşımacılığında da önemli bir yere sahiptir. Bu örneklerin başında Amerika, Çin, Rusya, Almanya gibi güçlü ekonomilere sahip ülkeler gelmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan ve kıyı uzunlukları birbirine yakın olan Türkiye ve Brezilya karşılaştırıldığında 80,476 millik su yolu mesafesine karşılık Türkiye’de bu mesafe 1,931 mil olarak kalmıştır.

İç su taşımacılığı sadece yük taşımacılığıyla kalmayıp, geniş bir yelpazede su yollarını kullanarak alışkanlıklarda farkındalığı arttırmayı da amaçlamaktadır. Birçok yük çeşidi, özellikle cevher, kömür tahıl gibi dökme yüklerin taşınmasında iç su taşımacılığı hala diğer taşıma modlarına göre daha ekonomiktir.

Dünyaya bakıldığında, ABD’nin Mid-Lake Michigan, Doğu Afrika’da Lake Victoria, ABD’nin Kuzey Carolina ve Hindistan’ın Hidden Coast bölgelerinde yapılan iç su

taşımacılığı örnekleri verilebilir. ABD' de bulunan Superior Gölü üzerinde ise Twin Ports ve Thunder Bay limanları arasında 26 saat süren ve her bir geminin yılda 162 sefer düzenlediği tekerlekli araç ve yolcu taşımacılığı sistemi mevcuttur (Stewart vd., 2003).

Yukarıda sayılan denizyolu taşımacılığı avantajlarından olan yakıt harcamaları bu bölge için dikkate alındığında 146 km'lik bu yolda bir otomobil ortalama sürat ile ortalama 8,76 litredir. Bu harcamalar feribot kapasitesine göre değerlendirildiğinde 200 otomobilin harcayacağı ortalama yakıt miktarı 1752 lt olacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi, 500 GT üzeri gemilerin saatlik yakıt harcamaları ortalama 207 litredir. 47 deniz milini 3,5 saatte kat edecek bir feribotun bu süre içerisinde harcayacağı yakıt miktarı ise 724 litredir. Görüldüğü üzere Van-Tatvan bölgeleri arasında yapılacak bir feribot taşımacılığında sadece bir seferde 1028 litrelik yakıt tasarrufu sağlanmış olacaktır.

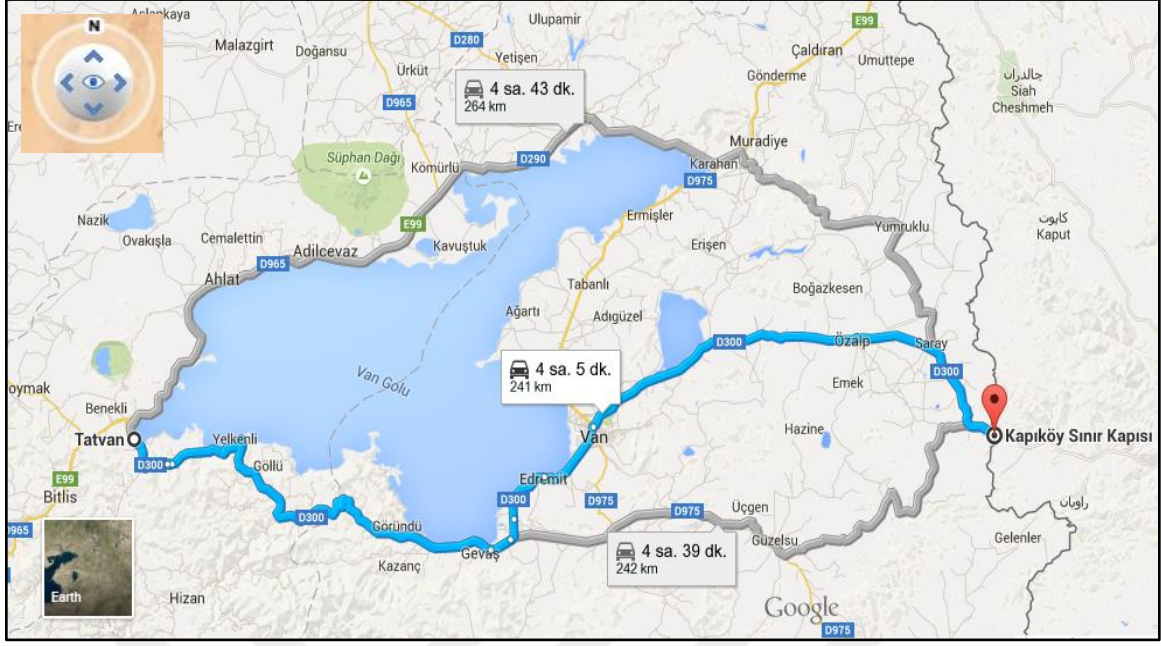
Çevresel etkiler incelendiğinde de karayoluna göre oldukça düşük oranda zehirli gaz emisyonu ile karşılaşmaktadır. Özellikle yanma sonucu çevreye en çok salınım CO<sub>2</sub> gazları olarak oluşmaktadır. Bugün teknolojik-çevre dostu olarak nitelendirdiğimiz otomobillerin ortalama CO<sub>2</sub> emisyon miktarı (dizel araçlar için) ortalama 176 gr/km'dir. CEFIC ve ECTA kuruluşlarının ortaklaşa olarak 2011 yılında yayımladıkları Yük Taşımaları Operasyonlarında CO<sub>2</sub> Emisyonu Yönetimi ve Ölçülmesi Kılavuzu'nda belirtilen

$$\text{CO}_2 \text{ salınımı} = \text{Yakıt tüketimi} \times \text{yakıt kaynaklı gaz salınımı katsayısı} \quad (1)$$

$$[\text{Ton CO}_2\text{-salınımı} = \text{litre} \times \text{litre başına yakıt için kg CO}_2 / 1.000]$$

formülüne göre gerekli değişkenler yerine konulduklarında karayolunda meydana gelecek CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 4,8 ton iken denizyolu taşımacılığında bu değer 1,98 ton olarak karşımıza çıkmaktadır (Stewart vd., 2003).

Yakıt tasarrufunun yanında zaman faktörü dikkate alındığında mevcut rota üzerinde kara yolunda geçen zaman denizyoluna göre daha kısadır. Ancak bölgenin içinde bulunduğu coğrafik konum dikkate alındığında Kapıköy Sınır Kapısı'nı kullanarak Anadolu'dan İran'a veya İran'dan Anadolu'ya yapılacak olan seferlerde özellikle ağır vasıta sürücüleri, feribotları kullandıklarında istirahat sürelerini feribotta geçirerek zamandan da tasarruf edebilecektir (Şekil 9).



Şekil 9. Tatvan ve Kapıköy Sınır Kapısı arasındaki mesafe ve süreler

#### 1.2.7.4.8. Göl Üzerinde Güncel Durumdaki Yolcu Taşımacılığı

Van Gölü'nde çalışan feribotlar yükün yanı sıra yolcu da taşımaktadırlar. Günümüzde mevcut 4 adet geminin yolcu kapasitesi 310 kişidir. Hizmete 2017 yılında alınması planlanan iki yeni geminin kapasitesi ise 350 kişidir. Tatvan – Van arasında feribotların seferlere başladığı ilk yıllarda (1970-1980) çevrede karayollarının yeterince gelişmemiş olması ve kış şartlarında karayolu ile seyahat etmenin zorluğu nedeniyle feribotla yolculuk tercih edilmekteydi. Örneğin 1977 yılında Tatvan – Van arasında taşınan yolcu sayısı 48.485 kişi olmuştur. 1971- 1992 yılları arasında bu su yolu hattında yılda ortalama 25 bin kişi taşınmıştır. Fakat 1993 yılından itibaren bu rakam azalmıştır. Feribot yolculuk süresinin yaklaşık 4,5 saat olması ve aynı istasyonlar arasında karayolu yolculuk süresinin 2 saate düşmesi yolcu taşımacılığı oranını karayolu lehine değiştirmiştir. Bu durumun sebepleri arasında trenlere yönelik terör eylemleri ve Van Gölü Ekspresi tren hattının seferden kaldırılması da söylenebilmektedir.

Fakat 2001 yılından itibaren Türkiye – İran Ekspres tren seferlerinin yeniden tesis edilmesi ile yolcu sayılarında bir miktar artış kaydedilmiştir. Göl üzerinde yolcu taşımacılığının yapıldığı diğer uğrak noktalar ise Van, Edremit, Gevaş kıyılarıdır. Özellikle bahar ve yaz aylarında Gevaş'ın 15 km kadar batısındaki Akdamar iskelesi ve Akdamar Adası arasında yoğun bir yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Turistik yolcu taşımacılığı

yapılan diğ er hatlar ise Van iskelesi – Akdamar Adası, Van iskelesi – Ç arpanak Adası, YYÜ Kampusu – Akdamar Adası arasındadır. Bu hatlardaki yolcu taşımacılığı bahar ve yaz ayları haricinde mevcut değildir. Tablo 8’ de 2016 yılındaki Van Gölü üzerinde kayıtlı bulunan 26 adet yolcu ve gezinti teknelerinin bilgileri verilmiştir.

Tablo 8. Van Gölü üzerinde kayıtlı yolcu tekneleri (Tatvan Liman Başkanlığı, 2016)

No	Tekne Adı	Yolcu Kapasitesi	Bağlı Bulunan İskele
1	TRUVAN 065	94	GEVAŞ
2	İNTUR 2	40	GEVAŞ
3	YUNUSUM 1	100	GEVAŞ
4	ARMİNA	12	EDREMİT
5	HORHOR	70	VAN
6	VANER	38	GEVAŞ
7	AKDAMAR VARANTUR	150	GEVAŞ
8	EFSANE 65	100	GEVAŞ
9	DENİZ YILDIZI 65	99	GEVAŞ
10	ÇARPANAK TUR	35	GEVAŞ
11	VARANTUR 2	59	GEVAŞ
12	GÜVENTUR	50	GEVAŞ
13	İNTUR	82	GEVAŞ
14	RESCAFE	120	GEVAŞ
15	AHLAT	34	AHLAT
16	ADABAĞ	11	ADİLCEVAZ
17	DENİZTUR 3	12	GEVAŞ
18	DENİZTUR 2	80	GEVAŞ
19	DENİZTUR 1	80	GEVAŞ
20	DENİZTUR 4	35	GEVAŞ
21	TUŞBA	12	AHLAT
22	EREK	70	VAN
23	YÜZÜNCÜ YIL	40	Y.Y.Ü.
24	FATİH 65	38	VAN
25	TURGUT REİS 65	11	EDREMİT
26	RÜZGAR 13	12	TATVAN

#### 1.2.7.4.9. Van Gölü Üzerindeki Kıyı Yapıları

Günümüzde TCDD kullanımında olan Tatvan ve Van iskeleleri dışında Tatvan Liman Başkanlığında kayıtlı yolcu ve balıkçı teknelerinin yanaşabilmeleri için göl kıyılarında 2010 ve 2015 yılları arasında birçok rıhtım inşaatı ve modernizasyonu gerçekleştirilmiştir. Göl kıyısında bulunan tesislerin pozisyonları Şekil 10’ da verilmiştir.



Tablo 9. Van Gölü sahilinde mevcut kıyı yapıları özellikleri (AYGM 5. Bölge Müdürlüğü, 2016)

	Bitiş Yılı	Ana Mendirek Uzunluk (m)	Tali Mendirek Uzunluk (m)	Rıhtım Uzunluk (m)	Barınabilen Tekne Sayısı
VAN EDREMİT KÜÇÜK TEKNE BARINAĞI	2014	385	85	170 +50	100
VAN / GEVAŞ AKDAMAR İSKELESİ	2012	385	85	160	
VAN / GEVAŞ ALTINSAÇ KÖYÜ İSKELESİ	2010	106		30	10
VAN / GEVAŞ İNKÖY İSKELESİ	2010	50		30	10
VAN / ERCİŞ BARINAĞI	2010	106	20	30	10
VAN / ÇARPANAK İSKELESİ	2010	50		30*5	5
VAN / ADIR BARINAĞI	2015	190		25*3	15
VAN / ÇİTÖREN BARINAĞI	2010	210	50	50	15
VAN / GEVAŞ TEKNE BARINAĞI	2014	150		125	20
VAN GEVAŞ DEREAGZI BALIKÇI BARINAĞI	2014	240	70	75+25	30
VAN AKDAMAR ADASI KUZEY SAHİL İSKELE ONARIMI	2014			30	



Şekil 11. Edremit Barınağı (AYGM 5. Bölge Müdürlüğü, 2016)

Van Gölü' nün Van ilinin tarihi boyunca gerek il ekonomisinde gerekse ulaşım altyapısında önemli bir yer aldığı görülmektedir. Van Gölü'nün tarihi, fiziki ve jeopolitik konumu göl üzerinde ulaşımın potansiyelini ortaya koymaktadır. Kent içi ulaşım konusunda ise göl üzerinde modern toplu taşıma hatlarının kurulmasının planlanmasından önce kentin

günümüzde tek ulaşım seçeneği olan karayolu kent içi ulaşım altyapısının durumunun ortaya konulması önem arz etmektedir.

### 1.2.8. Van İli Kent İçi Ulaşımı ve Toplu Taşınması

Şu an itibari ile kentte toplu taşıma sadece karayolu ulaşımı ile sağlanabilmektedir. Belediyenin 30 farklı hat üzerinde kendi işlettiği 32 adet otobüs ve 20 adet midibüs mevcuttur. Ayrıca özel teşebbüs mülkiyetinde kent içi toplu ulaşım hizmeti veren 106 adet özel halk otobüsü ve 268 adet minibüs bulunmaktadır. Tüm bunlara ek olarak Edremit TOKİ bölgesinde ayrı bir kooperatif çatısı altında 107 adet özel minibüs (dolmuş) tek yönde günde 10 sefer yaparak Edremit TOKİ – Van il merkezi arasında çalışmaktadır. Van il merkezinde yedi farklı durakta araç depolama ve durak yerlerinin düzensiz yapılmasından dolayı mevcut trafik yoğunluğunu bir kat daha artıran minibüs durakları incelendiğinde;

- Vali Mithat Bey Mahallesi, Defterdarlık, Zırhlıoğlu AVM arkasında Kampüs-İstasyon Sanayi Hattı
- Vali Mithat bey Mahallesi, Halk Eğitim Merkezi yanı, Şahbağı - Beyüzümü - Düzyol Hattı
- Vali Mithat Bey Mahallesi, Kadınlar Çarşısı Yanı, İskele durağı -Rus Pazarı yanında Kale Hattı
- Şerefiye Mahallesi Japon Pasajı arkası, Yeni mahalle Hattı
- Bahçıvan Mahallesi Hüsrev Paşa İlköğretim Okulu arkası, Hacıbekir Sosyal Meskenler Hattı depolama durakları göze çarpmaktadır.

Tablo 10. Kent içinde bulunan minibüs ana durakları

Duraklar	Toplam Araç Sayısı	Bekleyen Araç Sayısı	Günlük Yolcu Taşıma Toplamı
Kampüs-İstasyon -Sanayi Durağı	54	***	16,200
Şahbağı-Beyüzümü -Düzyol Durağı	18	1	5,400
İskele-Kale Durağı	63	8	18,900
Hacıbekir-Sosyal Meskenler Durağı	21	1	6,300
Yeni Mahalle Durağı	27	***	8,100
Epik-Şabaniye Durağı	22	1	6,600
Şamranaltı-YSE Müdürlüğü-Doğumevi Durağı	63	3	18,900
Toplam ▶	268	14	80,400



Özel teşebbüse ait midibüslerin ve belediye mülkiyetindeki otobüs ve midibüslerin sefer bilgilerine bakıldığında seferlerin özellikle YYÜ Kampüsü (Bardakçı mevki), havalimanı ve Bostaniçi bölgeleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Böylece tüm bu araçlar D-300 (İpekyolu Caddesi) ve D-975 karayollarında YYÜ ve havalimanı arasındaki kısımlarını yoğun olarak kullanmaktadırlar. Kent içinde çalışmakta olan belediye araçları ve özel teşebbüse ait midibüslere ait günlük sefer bilgileri Ek Tablo 3 ve Ek Tablo 4'de verilmiştir. Yine özel teşebbüse ait minibüslerin sefer bilgilerine bakıldığında ise sayıca ağırlığın Edremit ve Van İl merkezi arasında olduğu görülmektedir (Tablo 10).

### 1.2.8.1. Şehir İçi Karayolu Toplu Taşıma Sistemindeki Altyapı Sorunları

Kentte belediye ve özel teşebbüse ait karayolu toplu taşımaya alternatif bir toplu taşıma sistemi bulunmamaktadır. Minibüs ve otobüs güzergahları toplu taşıma tür hiyerarşisi düşünülmeden yolcu kitlesi talebi üzerine oluşturulmuştur. Özel Halk Otobüsleri ihtiyaca cevap veremeyecek kapasite ve özellikle düşük hizmet kalitesine sahiptir. Özel teşebbüs tarafından sağlanan toplu taşıma hizmeti kooperatifler vasıtasıyla verildiği için otorite boşluğu söz konusudur. Belediyenin toplu taşımaya ilişkin yaptırımları kent içi ulaşım hizmetleri arzına göre daha yavaş ilerlemektedir. Minibüsler ile Özel Halk Otobüsleri arasında sürekli bir çekişme bulunmaktadır. Güncel durumda bu araçları kullanan hatlarda yolcu kapma telaşı ile güzergâh ve durak ihlalleri ve hatta korsan taşımacılık bile yapılabilmektedir.

Elektronik bilet sistemi uygulanmadığı için toplu taşıma araçlarında muavin çalıştırılmakta ve sık sık vatandaşa kaba davranışlar sergilendiği doğrultusunda şikayetler oluşmaktadır. Toplu taşımacılıkta yolcu aktarma sisteminin olmaması kent içinde gereksiz dolaşım ile zaman kaybı ve trafik yoğunluğuna sebep olmaktadır. Engelli yolcular için yapılan düzenlemeler yetersizdir (Görentaş, 2015).

Belediye araçları dışında özel teşebbüse ait toplu taşımacılık hizmeti yüzde 76 oranı ile minibüsler tarafından, yüzde 24 oranında da özel halk otobüsü olarak tabir edilen midibüsler tarafından sağlanmaktadır. Toplu taşımada tür hiyerarşisi açısından yüksek kapasiteli araçların taşıma oranı daha yüksek olması gerekirken bu oran Van ilinde tam tersi yönde gelişmiştir. Minibüs yolculuk değerlerinin bu denli yüksek olmasının nedenleri arasında Minibüs sayısının sayıca özel halk otobüsü sayısından fazla olması, minibüslerin ve özel midibüslerin güzergahlarının neredeyse birbirinin aynı olması, minibüslerin

genellikle ayakta yolcu taşımaması ve taşımacılık ücretlerinin her iki türde de aynı olması gösterilebilmektedir (Ürün, 2015).

Minibüs sayısının fazla olması önemli bir fark yaratmamakta, taşıma kapasiteleri göz önüne alındığında bu durum neredeyse dengelenmektedir. İki ulaşım türünün güzergahlarının birbirine yakın olması, manevra yeteneği ve hız olarak üstünlük ve ayakta yolculuk oranının düşük olması özellikleri ile minibüsler özel halk otobüslerine göre tercih edilebilirlikte öne çıkmışlardır. Fakat son birkaç yılda VBB tarafından peyderpey satın alınan yeni nesil kent içi yolcu otobüsleri ile minibüslerin sahip olduğu toplam yolcu taşıma oranı düşürülmektedir. Buna sebep olan bir diğer faktör ise özel halk otobüsleri yolcu ücretlerinde minibüs ücretleri arasında cüzi bir fark konularak minibüslerden özel halk otobüslerine bir miktar yolcu kazandırılmasıdır.

Kent içi toplu ulaşım planlaması yapılmadan (yolculuk sayımları, yürüme mesafeleri vs.) gelişigüzel oluşturulan hatlar toplu taşıma hizmetine ulaşmayan bazı bölgelerin oluşmasına sebep olmuştur (Ürün, 2015). Bunun yanında toplu taşıma araçlarına ait durak cepleri oluşturulmadığından yolcu indirme bindirmeler sırasında trafik olumsuz etkilenmektedir. Toplu taşıma araçları için oluşturulmuş durak cepleri işgal edilmiş veya cep işlevi göremeyecek duruma getirilmiştir. Toplu taşıma araçları belirlenen durak yerleri dışında kavşak vs. gibi noktalarda yolcu indirme bindirme yapmakta trafiğin akışını olumsuz etkilemektedir. Bu durum her şeyden önce yolcu emniyeti açısından da olumsuz bir durum oluşturur.

Van il merkezindeki ana arterlerden Cumhuriyet Caddesi meydan toplanma alanı işlevi gördüğünden ve bu amaç için alternatif alanların bulunmamasından dolayı etkinlik, gösteri gibi faaliyetlerde kent merkezindeki trafik durma noktasına gelmektedir. Bu durum kent içinde bulunan geometrik ve fiziki standartları düşük olan çok sayıda kavşak için de geçerlidir. Kavşak düzenlemeleri trafik sayımları olmadan yapılması ve belediye bünyesindeki ulaşım hizmetleri şubesi ile fen işleri müdürlüğünün uyumsuz çalışması nedeniyle yetersiz kalmıştır. Şehir merkezinde 21 adet Van Büyükşehir Belediyesi ve 21 adet de Karayolları 11.Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanında olmak üzere toplam 42 adet sinyalizasyonlu kavşak bulunmaktadır. Ayrıca şehir içi anayollarda yapılan kasislerin ve refüj aralıklarının standartlara uygun olmaması sürücüler için risk teşkil etmekte trafik akışını ise olumsuz etkilemektedir (Ürün, 2015).

2011 yılında meydana gelen 2 büyük deprem nedeniyle şehir merkezinde yıkılan binalardan kalan boş alanlar il merkezinde yeterli otopark altyapısı olamaması ve yerel

yönetimlerin gerekli denetimleri yapmaması nedeniyle otoparklara dönüşmüştür. Kent merkezinde 17 ruhsatlı otoparka karşı 93 adet ruhsatsız ve dolayısı ile plansız otoparkın bulunması trafik akışını olumsuz etkileyen bir diğer neden olmuştur (VBB, 2016).

### **1.2.8.2. Kent İçindeki Yol Ağı ve Yol Altyapıları**

2015 yılında VBB Ulaşım Dairesi Başkanlığı Van Kent içi Ulaşım Analiz Çalışmaları sonucunda kent içi yol ağının bir bütünlük arz etmediği ve yolların belirli kesimlerde bölünmüş olarak, belli noktalardan sonra ise çift yönlü yol olarak devam etmekte olduğu görülmüştür. Bu durum hem trafik güvenliği hem de trafik akışında olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Tek yön uygulamaları ise kentin tüm yol ağı ve trafik sirkülasyonu düşünülmeden yapıldığından uygun bir çözüm olarak kabul görmemiştir (VBB, 2015).

VBB Ulaşım Dairesi Başkanlığı yürüttüğü analiz çalışmaları sonucunda kent içindeki 186 adet cadde ve sokağın büyük bir kısmının asfalt kaplama olduğu ancak toplu taşıma güzergahı bulunan bazı kısımlarda yol kaplamasının bozuk olduğu bazı noktalarda ise ana arter niteliğindeki bazı yolların ise kilit taşı ile kaplanmış olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu analiz çalışmaları ışığında ayrıca kent içi yol ağının büyük bir kısmının değişkenlik arz ettiği ve yol kapasitelerinin belli noktalarda yükselip düşmesinin kent içi trafiği olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Ürün, 2015).

Trafik akışını olumsuz etkileyen bu yetersizlikler şüphesiz ki şehir içinde meydana gelen trafik kazalarını da tetiklemektedir. Van İl Emniyet Müdürlüğü Trafik Denetleme Şubesi ve Van Bölge Trafik Denetleme Şubesinin kayıtları incelendiğinde son yıllarda hem ana arterler olan D-300 ve D-975 devlet karayollarında hem de il merkezi civarındaki cadde ve sokaklarda trafik kazaları sayıları doğrusal şekilde yükselmektedir (Tablo 11).

Tablo 11. 2015 yılı aylara göre il merkezindeki trafik kazası sayıları ve yerleri (VIEM,2016)

Kaza Yerleri	Aylar (2015)												Toplam
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
B.E.A Hastanesi Kavşağı		1	1			1		3		1	2		9
Havaalanı Kavşağı	1				2						1		4
Tek-İş Kavşağı	1			1		2		1					5
İkinisan Kavşağı		1		2		1	1						5
Kale (Eski Emniyet) Kavşağı			1	2									3
Karayolları Kavşağı		1		1			2	1					5
Otogar Kavşağı		1	1	2	2					1			7
Fatih Işıklı Kavşağı	1												1
Bölge Trafik Kavşağı													0
Sanayi Kavşağı		1		1								1	3
OSB Kavşağı				1				1					2
YYÜ Kavşağı	2			1				2					5
İpekyolu Cd. Üzeri	5	7	11	16	12	21	17	19	15	17	15	11	166
Erciş Yolu Cd. Üzeri	6	1	4	9	14	7	6	1	5	3	4	1	61
Özalp Yolu Cd. Üzeri			3	3		1	2	2	5	5	6	3	30
Yanyollar			1	2	2	2		2	0			1	10
Şehir Merkezi	23	28	38	52	58	70	75	48	61	50	44	14	561
Yeni Toki Yolu	3	2	3	2	3	2	5			3	3	0	26
Edremit Toki	3	1	2	4	2	4	1	1				2	20
İskele Caddesi Karatay K.	1	1											2
Soydan Kavşağı	1			1								2	4
İskele Cd.-Z. Hanım K.	1							14	1	2	3	5	26
Maraş-Z. Hanım K.	1	1				1		1		3	1		7
İskele Cd. -Zeve Cd. K.	1	1		1				1		3	1		8
Bostaniçi	4		4	3	1	2						1	16
Bardakçı	2			1						1			4
<b>Toplam</b>	<b>56</b>	<b>47</b>	<b>69</b>	<b>105</b>	<b>96</b>	<b>114</b>	<b>109</b>	<b>97</b>	<b>87</b>	<b>89</b>	<b>80</b>	<b>41</b>	<b>990</b>

Van ili trafik denetleme şubesi sorumluluğundaki il merkezi ve yakınlarında oluşan kazaların türlerine bakıldığında ilk sırada yayaların karıştığı kazalar bulunmaktadır (Tablo 12). 2015 yılında sadece şehir merkezinde meydana gelen kazalarda 3 kişi ölmüş ve 1457 kişi yaralanmıştır (VIEM, 2016).

Tablo 12. 2015 yılında aylara göre trafik kazası oluşum türleri (VİEM, 2016)

Oluşumuna Göre Kaza Türleri	AYLAR (2015)												TOPLAM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karşılıklı Çarpışma	4	0	3	3	5	8	4	9	6	5	3	2	52
Arkadan Çarpışma	1	2	4	6	2	7	4	4	6	4	8	3	51
Yandan Çarpma Veya Yan Yana Çarpışma	11	16	16	17	19	28	32	51	27	21	20	8	266
Duran Araca Çarpma	1	0	2	1	2	0	1	2	1	2	2	0	14
Zincirleme Çarpışma	0	0	2	2	1	0	1	4	2	0	0	1	13
Çoklu Çarpma	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	1	0	6
Sabit Cisme Çarpma	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3
Yayaya Çarpma	4	3	4	9	0	4	10	9	9	5	2	2	61
Hayvana Çarpma	24	15	34	33	38	53	42	39	33	37	32	18	398
Devrilme	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3
Yoldan Çıkma	1	1	2	6	3	2	3	5	7	5	6	2	43
Araçtan Düşen İnsan	3	2	6	7	3	3	1	5	6	3	4	3	46
Araçtan Düşen Cisim	1	2	2	1	0	1	3	1	3	0	0	0	14
Toplam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Toplam	50	41	76	88	74	107	102	130	100	83	80	41	972

2015 yılında kent merkezi yakınlarında meydana gelen trafik kazaları incelendiğinde en çok sayıda kaza 16:00–18:00 saatleri arasında meydana gelmiştir (Tablo 13). Bu saatlerin gün içinde genelde iş veya eğitim için yolculuk yapan insanların çıkış saatlerine denk geldiği anlaşılmaktadır. Dolayısı ile bu yoğunluk saatlerinde özellikle kent içi ulaşımında yetersizlik olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 13. Şehir içinde oluşan kazaların saat aralıkları (VİEM, 2016)

SAAT	KAZA SAATLERİ												TOPLAM
	AYLAR												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
00:00/02:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	21
02:00/04:00	2	2	1	4	2	2	3	2	2	0	0	1	10
04:00/06:00	0	0	1	0	1	0	1	2	1	2	2		4
06:00/08:00	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	49
08:00/10:00	1	4	4	8	4	2	2	4	4	8	5	3	95
10:00/12:00	6	5	10	7	5	6	12	6	11	13	8	6	93
12:00/14:00	12	3	8	8	7	4	11	10	10	7	10	3	135
14:00/16:00	8	5	17	15	10	18	10	12	9	13	11	7	156
16:00/18:00	11	4	11	15	5	25	12	16	15	15	17	10	165
18:00/20:00	10	11	9	11	19	16	14	23	16	14	13	9	119
20:00/22:00	2	7	10	7	14	18	15	10	10	13	11	2	70
22:00/00:00	1	2	7	12	2	12	12	9	7	2	3	1	55
TOPLAM	55	44	80	92	78	111	105	100	91	88	83	45	972

Aynı yıl içerisinde kazalara karışan araç çeşitleri incelendiğinde ilk sırada otomobiller, ikinci sırada ise kamyonet şeklindeki hafif ticari araçlar bulunmaktadır (Tablo 14). Bu durumun oluşmasında 2011 yılında yaşanan deprem felaketinden sonra toplu taşımının aksamasıyla yolcu kitlelerinin özel araç sahipliğine yönelmeleri de gösterilmektedir.

Tablo 14. Şehir içinde oluşan kazalara karışan araç çeşitleri (VİEM, 2016)

2015	AYLAR												TOPLAM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Kullanım Amacı													
Özel	54	44	76	96	73	134	118	124	54	83	95	43	994
Ticari	12	16	25	28	24	19	18	15	15	28		13	233
Emniyet		1	2	1	2	3	4	2	12	1		1	29
Askeri		1						1	2				4
Diğer	2	1	2	3	3	3	1	3	6	1	2		26
Zirai										1			1
TOPLAM	68	63	105	128	102	159	141	145	89	114	97	57	1268

### 1.2.8.3. Kent İçi Toplu Taşıma İhtiyacı Doğuran Yeni Yerleşimler

Van Merkez’de 12.384, Erciş İlçesinde 4.880 ve köy evleri kapsamında 225 adet olmak üzere toplamda 17.489 kalıcı konut ve 309 sosyal donatı yaşanan depremlerden sonra TOKİ tarafından inşa edilmiştir.

Edremit, 7.812 konutun yanı sıra 11 okul, 12 cami ve 11 ticaret merkezi inşa edilmesiyle Van ili merkezinde en fazla konutun inşa edildiği bölge olmuştur. Edremit ilçesini sırasıyla Kalecik konutları, Bostaniçi konutları, Sıhke konutları, Kevenli konutları ve YYÜ konutları takip etmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Kalıcı konutların konumları ve merkeze kuşbakışı uzaklığı

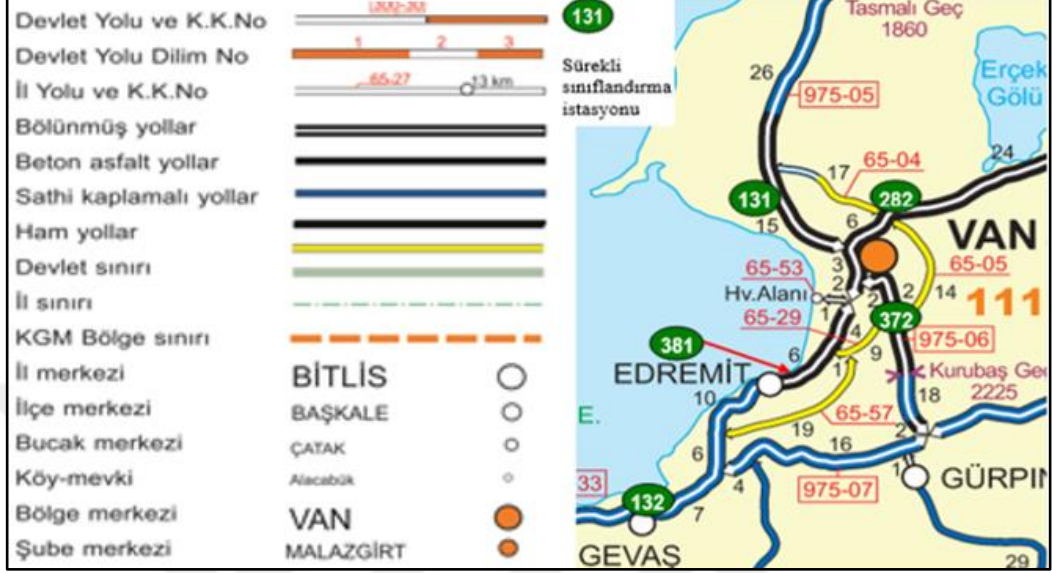
Van İl merkezi ve çevresi için Depremden hemen sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapımına başlanan ilave ve revizyon imar planı ile bu bölgelerde yoğun bir nüfus öngörülmüştür. Planda Edremit bölgesi için 50 bin, Kevenli bölgesi için 30 bin, Bostaniçi bölgesi için 80 bin, Kalecik bölgesi için 50 bin kişi nüfus öngörülmüştür. Yeni kentleşme bölgelerindeki nüfus ile ilgili öngörülerin bu denli yüksek olmasını destekleyecek bir diğer çarpıcı veri ise 2016 yılı içerisinde Van ilinde 14281 adet konutun alınıp satılmış olmasıdır. Kentteki konut satışları 2016 yılından önceki 3 yılda sırasıyla 3066, 2907, 3286 adet olarak kayıt edilmiştir (URL-5, 2016).

Daha önce kent sakinlerinin çok büyük bir kısmı hem kent merkezinde ikamet edip hem de kent merkezinde çalışmakta idi. İkameti şehrin bir miktar dışına çıkan yeni yerleşimlerdeki kitle kültürel ve sosyal ihtiyaçlar ile bazı kamu hizmetleri için de toplu taşımaya ihtiyaç duymaya başlamıştır.

Van ilinde yerel yönetimin merkezden uzak bu yeni yerleşim birimlerine ilk etapta hızlı ve etkin bir ulaşım sistemi sağlanamaması nedeniyle bazı korsan taşımacılık faaliyetleri gözlemlenmiştir. Bu durumdan pek memnun kalmayan yeni yerleşim sakinleri büyük oranda özel araç edinmiştir.

Karayolları 11. Bölge Müdürlüğünden alınan D-300 Karayolu (İpek Yolu Bulvarı) ve D-975 devlet yolları üzerindeki 131, 132, 282, 372 ve 381 numaralı sürekli ölçüm

istasyonlarından alınan YOGT değerlerine bakıldığından depremden sonra il dışından merkeze olan yolculuklarda önemli bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Karayolları 11. Bölge sürekli sınıflandırma istasyonları (KGM, 2016)

Aynı dönemde kente giriş-çıkış yoğunluğunda ilk sıra incelendiğinde güneyde Edremit yönünde oluşan yoğunluğun kuzeyde bardakçı mevkiinde oluşan yoğunluğu geçtiği görülmektedir. Kent merkezine giriş ve çıkışı sağlayan D-300 (İpekyolu Bulvarı) ve D-975 devlet yolları üzerindeki YOGT değerlerinde 2013 yılında 2011 yılına kıyasla yaklaşık olarak yüzde 39 oranında, 2015 yılında ise 2013 yılına göre yüzde 26 artış gözlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Karayolları 11. Bölge sürekli sınıflandırma istasyonları 2016 Yılı Ölçüm Değerleri (KGM, 2016)

2015 Yılı Değerleri	KGM Sürekli Sınıflandırma İstasyonu				
Araç Çeşidi	131	132	282	372	381
Otomobil	3487	3620	2345	3775	15355
Hafif ve Orta Yüklü Ticari taşıt	1390	1218	1322	2229	3506
Otobüs	56	88	83	12	166
Kamyon	402	381	192	406	470
Römorklu Taşıtlar	350	547	48	101	431
Toplam Ortalama	5684	5853	3991	6523	19929

Tüm bu veriler ışığında özellikle Edremit ve YYÜ (Bardakçı) mevki arasındaki yolculuk talebi artışlarına bakıldığında denizyolu ulaşımı mantıklı görülmektedir.



#### 1.2.8.4. Van İlindeki Yolcu Kitlesinin Yolculuk Amaçları ve Toplu Taşıma Memnuniyeti

VBB Ulaşım Dairesi Başkanlığı yürüttüğü analiz çalışmaları sonucunda toplu taşıma kullanan yolcuların meslek dağılımı yüzde 48 öğrenci, yüzde 13 işçi, yüzde 11 memur, yüzde 4 emekli, yüzde 4 ev hanımı ve yüzde 20 oranında diğer meslek kollarından oluşmaktadır. Yolculukların ise yüzde 43 oranında eğitim ve yüzde 32 oranında da ev ve iş amaçlı olduğu belirlenmiştir (Ürün, 2015).

VBB tarafından yapılan araştırmaya göre yolcuların yüzde 94 yolculuklarında toplu taşıma araçlarını kullanmakta ve bu yolcuların da yaklaşık yüzde 60'ı toplu taşıma araçlarını kullanmadan önce veya kullandıktan sonra yaya olarak yolculuk yapmaktadırlar. Belediye mülkiyetindeki karayolu toplu taşıma araçlarının filoya katılmasından önce yapılan bu analizde yolcuların yüzde 55 oranındaki kısmının minibüsleri, yüzde 45 oranındaki kesiminin ise özel halk otobüsü olarak adlandırılan midibüsleri tercih ettikleri belirlenmiştir. Kentteki yolcuların yüzde 74'ünün yolculukları boyunca tek bir toplu taşıma aracı kullandığı ve yüzde 23'ünün ise aktarma yaparak 2 araç kullandığı belirlenmiştir (Görentaş, 2015).

Yolculuk sürelerinin belirlenmesinde ise yolcuların yüzde 43 oranındaki kısmının 15 ila 30 dakika arasında yolculuk yaptığı, yüzde 37 oranındaki kısmının ise 30 dakika ve üzeri yolculuk yaptığı anlaşılmıştır. Yolculukları boyunca duraklarda 15 ve 30 dakika arasında bekleyenlerin oranı yüzde 45, 30 dakika ve üzerinde durakta bekleyerek yolculuk yapanların oranı ise yüzde 21 olarak tespit edilmiştir. Ulaşım şubesinin yaptığı sorgulamada ayrıca yolcuların yüzde 73'ünün toplu taşıma hizmetinden memnun olmadığı belirtilmiştir. Ulaşım şubesi ayrıca yolcuların yüzde 54'ünün otobüs ücretlerinin ve yüzde 50'sinin ise minibüs ücretlerinin yüksek olduğunu düşündüklerini belirlemiştir (Ürün, 2015).

Tüm bu gelişmeler ışığında artan kent nüfusu ile Van İlinde sürekli yükselen bir ulaşım hizmeti talebi olduğu anlaşılmaktadır. Gerek kentin yaşadığı doğal afetler gerekse bölgesindeki illerden kente gelen göç sonucu kent içi ulaşım altyapısının güncel durumdaki kapasitesine fazladan bir baskı oluşturmuştur. Bu sorunun çözümü için geçen yıllarda kent içi ulaşımın çeşitlendirilmesine yönelik düşünceler ortaya konulsa da kent içi karayolu ulaşımına alternatif olarak kalıcı yatırımlar tam olarak yapılamamıştır. Bundan dolayı ihtiyaç duyulan bu yatırımların yapılabilirliği önceden net olarak anlaşılamamıştır.

Son yıllarda simülasyon yazılımları ise bu gibi yatırımların yapılabilirliği hususunda yatırımcılara ve planlamacılara sistem davranışları hakkında önceden fikir verebilmektedir.

Özellikle nesne temelli ve kesikli durum simülasyon yazılımları güçlü grafik modelleme ve yolcu akışları gibi ayırık olay işlem süreci mantığı özellikleri ile kullanıcılara hem görsel hem de hesaplama olarak kolaylıklar sağlamaktadırlar. Bu çalışmada simülasyon yöntemi ile Van Gölü üzerinde kent içi ulaşımı alternatifinin değerlendirilmesi ve bu ulaşım çeşidinin güncel durumdaki ulaşım altyapısı imkanları dahilinde karayolu ulaşımı seçeneği ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

### **1.3. Modelleme ve Simülasyon**

Modelleme ve simülasyon terimleri birbirlerine çok yakın anlamlar içermelerine rağmen genellikle farklı çalışmalar için kullanılırlar. Modelleme bir sistemi incelemek üzere o sistemin basit bir örneği yapılması anlamına gelir. Bu örnek gerçek sistemin yardımcısı ve basitleştirilmiş bir şeklidir. Fakat modelden de gerçek sistemden alınacak sonuçlara izin verecek kadar detaylı olması beklenir. Simülasyon ise bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bilgisayar ortamına aktarılarak sistemin davranışlarının bilgisayarda izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir.

Modelleme yapılırken matematiksel metotlar kullanılırken, simülasyonda ise matematiksel metotlarla birlikte olayların gerçeklikleri bilgisayar ortamına aktararak çözüm bulunmaya çalışılır (Halaç, 1982).

#### **1.3.1. Modelleme**

Model, sistemi incelemek üzere sistemin örneği olarak tanımlanır. Birçok çalışma için, bir sistemin tüm detaylarını göz önüne almak gereksizdir. Bu nedenle model, sadece sistemin bir yardımcısı değil, aynı zamanda sistemin basit bir şeklidir. Diğer yandan model, gerçek sistemden alınan sonuçlara izin verecek şekilde detaylı olmalıdır. Değişik araştırmalar için aynı sistemin farklı modelleri de kurulabilir (Cros vd, 2006).

Pratikte bir model, modellenecek olan gerçek bir sistemin gözlemleri baz alınarak oluşturulur. Bir sistemin bilgi modeli, sistemin yapısının ve fonksiyonlarının doğal veya grafik bir dille formüle edilmesidir. Eğer bir sistem mevcutsa, bir bilgi modeli gözlem safhası esnasında elde edilmiş olan bilgilerin tümünü içermektedir. Eğer bir sistem mevcut değilse, o zaman bir bilgi modeli, topoloji ve tasarımcıların işlem tariflerini kapsar. Faaliyet

modeli ise, bilgi modelinin bir matematiksel formülasyona veya bir programlama diline dönüştürülmesidir (Hill vd., 1996).

Modeller, matematiksel veya fiziksel modeller olarak sınıflandırılabilir. Bir matematiksel model, sistemi temsil etmek için sembolik gösterimleri ve matematiksel denklemleri kullanır (Cros vd., 2006).

### **1.3.1.1. Mantık (Matematiksel) ve Fiziksel Model**

Modeller genellikle uyuşum (iconic) ve benzeşim (analog) çeşitlerinden oluşan fiziksel modeller ile harf, sayı ve diğer sembolleri kullanarak sistemin elemanları, özellikleri arasındaki ilişkileri belirleyen matematiksel modeller olarak iki gruba ayrılmaktadırlar (Yücel, 2008).

Fiziksel modellemede gerçek sistemin ölçekli bir maketi veya kopyası kullanılmaktadır. Bu duruma verilebilecek en açık örnek kapalı bir alan içerisinde bir hazır yemek restoranının tam ölçekli kopyasının yapılmış olmasıdır. Buradaki amaç yeni hizmet ve ürünlerin gerçekçi bir şekilde deneyimlenmesidir (Swart ve Donno, 1981).

Matematiksel model bir sistemin davranışlarının gösterilebilmesi için sembolik notasyonlar ve matematiksel eşitlikler kullanılması olarak ifade edilebilir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin yanı sıra sosyolojik ve ekonomik süreçler de matematiksel modeller aracılığıyla incelenebilir. Doğada karşılaşılan olayların yanı sıra sanayi süreçleri ve insan müdahalesi içeren süreçler de matematiksel olarak modellenabilir (Banks vd, 2005).

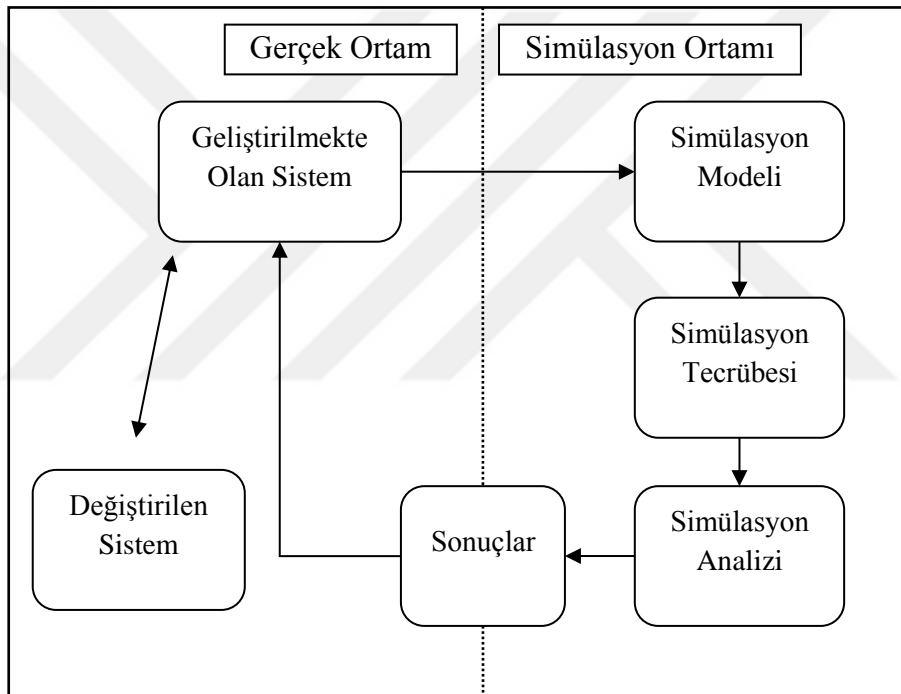
### **1.3.2. Simülasyon**

Simülasyon genellikle bilgisayarlar içerisindeki uygun yazılımlarla gerçek sistemlerin taklit edilmesini sağlayan yöntem ve uygulamaların toplamıdır. Bu uygulama ve yöntemler sistem tasarımı veya değişikli yapacak olan sistem analistleri, yönetim bölümü çalışanları, askeri planlamacılar, mühendisler, finansal analistler, bilgisayar mühendisleri gibi kullanıcılar için yol gösterici nitelik taşımaktadır (Rossetti, 2015).

Sistemin simüle edilmesi gerçek sistemde gerçekleştirilmesi ucuz ve pratik olmayan durumların simülasyon modellerinin yeniden derlenmeleri ile tecrübe edilmesidir. En geniş anlamıyla simülasyon programları var olan veya oluşturulması düşünülen sistemin farklı şekillerde gerçek zamanlı veya daha uzun süreli olarak değerlendirilmesine yarayan

araçlardır. Bu değerlendirmeler sonucunda herhangi bir sistemin ihtiyaç duyulan teknik özelliklerinin tespit edilmesi, kesin bir şekilde öngörülemeyen tıkanık noktalarının belirlenmesi ve fazla veya düşük kullanım oranlarının engellenmesi ve de sistem performansının ölçülmesi sağlanabilmektedir (Kelton, 2002).

Simülasyon çalışması döngüsünde gerçekleştirilecek olan sistemin çalışmasıyla başlar. Şekil 14’de simülasyon çalışması işlem döngüsü içerisinde insan kararları model geliştirilmesi ve tasarlanması, çıktıların analiz edilmesi, sonuç formülizasyonu ve çalışması yapılan sistemin değiştirilmesi gibi tüm adımlarda gereklidir. İnsan kararının önemli olmadığı tek işlem simülasyon programının çalışması durumudur (Maria, 1997).



Şekil 14. Simülasyon çalışma şeması (Maria, 1997)

### 1.3.2.1. Simülasyon Modelleme Çeşitleri

Simülasyon modeli, belirli tipte bir matematiksel sistem modelidir. Simülasyon modelleri deterministik veya stokastik, kesikli veya sürekli, statik veya dinamik olarak sınıflandırılabilirler (Kelton, 2002). Modelleyicinin sistemleri temsil yolları modelin amacına bağlı olarak farklı olabilir. Temel simülasyon algoritmaları seçilen modelleme yaklaşımına özgüdür (Cros vd., 2006).

### 1.3.2.1.1. Determistik ve Stokastik Simülasyon Modelleri

Rassal değişken içermeyen modellere deterministik modeller olarak sınıflandırılırlar. Deterministik modeller, tek bir çıktı kümesi veren girdi kümesine sahiptir. Deterministik modellere örnek olarak, tüm hastaların randevu saatlerine göre geldikleri bir dışı muayenehanesini gösterebiliriz. Stokastik simülasyon modeli ise, girdi olarak bir veya daha fazla rassal değişkeni göz önüne almaktadır (Dahl ve Nygaard, 1966).

Rassal girdiler, rassal çıktılar oluştururlar. Çıktılar rassal olduğu için, bu çıktılar modelin gerçek karakteristiklerinin tahminleri olarak göz önüne alınabilir (Nelson, 2012). Bir bankanın simülasyonu, genellikle rassal gelişler arası süreleri ve rassal servis sürelerini kapsamaktadır. Bu nedenle, stokastik bir simülasyonda, çıktı ölçütleri (bekleyen ortalama müşteri sayısı, bir müşterinin ortalama bekleme zamanı) sistemin gerçek karakteristiklerinin istatistiksel tahminleri olarak ele alınırlar (Nelson, 2012).

### 1.3.2.1.2. Kesikli ve Sürekli Simülasyon Modelleri

Sistemler, kesikli veya sürekli olarak sınıflandırılabilir. Pratikte çok az sayıda sistem tamamen kesikli veya sürekli dir. Çünkü, tek bir değişim tipi sistemde etkili olduğundan, bir sistemi kesikli veya sürekli olarak sınıflandırmak mümkündür. Kesikli sistem, durum değişkeninin (değişkenlerinin) zamana göre sadece kesikli nokta kümesinde değiştiği bir sistemdir. Havalimanları, kesikli sisteme bir örnek olarak gösterilebilir, çünkü durum değişkeni (Havalimanındaki yolcu sayısı), bir yolcu geldiğinde veya yolcuya verilen hizmet tamamlandığında değişmektedir (Hill vd., 1996).

Sürekli sistem ise, durum değişkeninin (değişkenlerinin) zamana göre sürekli olarak değiştiği bir sistemdir. Sürekli sisteme örnek olarak, bir barajdaki su yüksekliği gösterilebilir. Yoğun yağmur yağışından sonra sular, barajın arkasındaki göle akmaktadır. Su baskını kontrol etmek ve elektrik üretmek için sular barajdan çekilmelidir. Burada, buharlaşma da su düzeyini azaltmaktadır. Böylece, durum değişkeni olan barajdaki su yüksekliğinde, bu etkiler altında sürekli bir değişim olmaktadır (Cros vd., 2006).

Kesikli ve sürekli modeller, analog bir şekilde tanımlanmıştır. Ancak, kesikli bir simülasyon modeli kesikli bir sistemi modellemek için; sürekli bir simülasyon modeli de sürekli bir sistemi modellemek için her zaman kullanılmaz. Ayrıca simülasyon modelleri, kesikli ve sürekli şekilde karma modeller olabilirler. Kesikli veya sürekli (veya hem kesikli

hem sürekli) simülasyon modelini kullanma seçimi, sistem karakteristiklerinin ve çalışma amacının bir fonksiyonudur. Bu nedenle, her mesajın karakteristiğinin ve hareketinin çok önemli olduğu bir iletişim kanalı kesikli olarak modellenebilir. Aynı şekilde, kanaldaki mesajların akışı önemli olduğunda, sürekli simülasyon kullanarak sistem modelleme daha uygun olmaktadır (Kelton, 2002). En sık karşılaşılan modeller kesikli, dinamik ve stokastik yapıdadır. (Banks vd, 2005).

### **1.3.2.1.3. Statik ve Dinamik Simülasyon Modelleri**

Monte Carlo Simülasyonu olarak bilinen statik simülasyon modeli, zamanın belirli bir anındaki sistemi temsil etmektedir. Bankacılık sisteminde analitik olarak türetilmesi neredeyse imkânsız olan bazı finansal risklerin olasılıksal dağılımlarının ampirik olarak istenen bilgilerin elde edilmesinde kullanılması bu tür bir modele örnek gösterilebilmektedir. Dinamik simülasyon modelleri ise, zamana göre değişen sistemleri temsil etmektedir (Cros vd., 2006). Saat 8.00 ile 17.00 arasında çalışan bir banka şubesinin simülasyonu, dinamik simülasyona bir örnek olarak verilebilir (Halaç, 1982).

### **1.3.2.2. Simülasyon Yönteminin Popülerliği ve Avantajları**

Geçmiş 40 yıl boyunca simülasyon yöntemi popülaritesini sürekli artıran bir araştırma aracı olmaya devam etmiştir. Rasmussen ve George (1978) yaptıkları araştırmada simülasyon yöntemini yöneylem araştırmalarında kullanılan yöntemler arasında, istatistik analiz, tahminleme, bilişim sistemleri sistem analizinden sonra en popüler 4. yöntem olarak belirlemişlerdir. Bu sıralamada simülasyon yöntemi doğrusal programlama ve kuyruk teorisi yöntemlerini geride bırakmıştır.

Thomas ve DaCosta (1979), yaptıkları sorgulamada 137 firmada kullanılan en popüler 2. Yöntem olarak simülasyon programlarını tespit etmişlerdir. Shannon vd. (1980) yine bir yöneylem araştırmasında kullanılan yöntem karşılaştırmalarında simülasyon yöntemini kullanım ve duyulan ilgi kriterlerine göre birinci, fakat aşinalık kriterinde ise ikinci sırada tespit etmişleridir. Harpell, Lane ve Mansour (1993) yaptıkları çalışmada ise yöneylem araştırmacıları açısından simülasyon tekniğinin istatistiksel analizlerin ardından ikinci sırada popülariteye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Simülasyon tekniğinin geçmişten günümüze popülaritesinin bu denli yüksek olmasının ana nedeninin karmaşık modellerin oluşturulmasında sağladığı kolaylık olduğu söylenebilmektedir (Dengiz, 2000). Son yıllarda gelişen teknoloji ve simülasyon yazılımlarının kabiliyetinin artmasıyla bu tür analizlerin maliyetlerinin düşmesi bir diğer avantaj olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca çok zahmetli ve hata yapmaya açık düşük seviyeli programlamaya karşın hızlı ve geçerli karar verme yeteneğine sahip simülasyon yazılımları araştırmacılar arasında her geçen gün daha çok rağbet görmektedir (Dengiz, 2000).

### **1.3.2.3. Bir Problemin Simülasyon Yöntemine Uygunluğu ve Simülasyon Yazılımın Seçilmesi**

Kural olarak içerisinde rassal değişkenlerin olduğu her sistemin simülasyon modellemesinde deneyi yapılabilmektedir. Örneğin bir sonraki uzay mekiğinin performansın ölçülmesi gibi gerçek şartlarda deneyimlenmesi maliyet kriteri açısından neredeyse imkânsız olan problemler bu yöntem için uygun görülmektedir (Dahl ve Nygaard, 1966). Simülasyon yönteminin çözüm hedefine giren bir diğer durum ise matematik (mantık) modeli formülize edilebilmesine rağmen analitik çözümlemesi yapılamayan problemlerdir. Benzer durum veri eksikliği nedeniyle matematik modeli tasarlanamayan problemler içinde geçerlidir (Cros vd., 2006).

Günümüzde temel olarak simülasyon yazılım paketleri nesneye yönelik ve sürece yönelik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Sürece yönelik paketler herhangi bir animasyon görseline sahip olmamakla beraber nesneye yönelik olarak geliştirilen yazılım paketlerinin temelini oluşturmaktadır. Grafik modelleme teknolojisinin gelişmesiyle nesneye yönelik simülasyon modelleri yaygınlaşmış ve grafik modelinin takip edilmesiyle sistem modelindeki hataların ayıklanması için farklı bir olanak sağlanmıştır (Kelton, 2002). Nesne temelli simülasyonlar, nesnelerin içerisinde işlem süreçlerinin oluşturulması ve bu işlem süreçlerinin nesnelere tanıtılmasıyla oluşturulan modellerin ayrı bir nesne gibi başka modellerin içerisinde kullanılmasına olanak sağlamış ve yazılımın kullanıcı açısından esnekliğini artırmıştır. Sadece işlem süreci modellerini kullanabilen simülasyon yazılımları uygulama açısından daha basit olmasına rağmen aynı çalışma sayfasında nesneye yönelik yazılımlardaki kadar alternatif model sunamamaktadır. Modelin karmaşıklığı ve görsellik kontrolü ihtiyacına göre iki yazılım dili çeşidinden birini kullanan ürün seçilebilir (Maria, 1997).

Kesikli olay simülasyon modelinin baskın olarak kullanıldığı ilk zamanlarda nesne temelli uygulamalar Simscript® (Markowitz vd., 1963) ve GASP® (Pritsker, 1979) gibi araçlarla yapılmıştır.

80'lere gelindiğinde işlem akışı sistem içerisindeki durum değişimlerini gösteren birçok işlem adımlarından (Seize, Delay, Release) meydana gelmekteydi. Bu yaklaşım GPSS® yazılımının ortaya çıkmasıyla görülmüştür (Dietmeyer vd., 1960). GPSS® yazılımının SLAM (Pegden ve Pritsker, 1979) ve SIMAN (Pegden ve Ham, 1982) yazılım dilini kullanmaya başlayarak yeni versiyonlarının ortaya çıkmasıyla geniş kullanım alanı devam etmiştir.

Hiyerarşik işlem süreçlerinin ve grafik modelleme tekniklerinin görülmeye başlamasıyla işlem modellerinin kurulması kolaylaşmış ve simülasyon sonuçları analizlerinin geçerliliği ve kullanıcı tarafından denetlenebilirliği artmıştır. Bu dönemde ProModel® ve Witness® gibi markalar ortaya çıksa da verilebilecek en iyi örnek Arena® yazılımıdır (Pegden ve Davis, 1992).

Arena® yazılımının üretilmesinde yer alan Pegden (1993) kısa bir süre sonra tüm çoklu modelleme kriterlerine uygun olan Simio® simülasyon yazılımını kullanıcılara tanıtmıştır.

#### **1.3.2.4. Simülasyon Yöntemindeki Bazı Sorunlar**

Simülasyon model kurulumundan çıktı analizine kadar zaman alıcı ve karmaşık bir yöntemdir (Maria, 1997). Bu amaçla simülasyon deneyi süreci boyunca yapılabilecek hatalar saptanmıştır;

- Hedefin net olarak ortaya konulamaması
- Analitik çözümlemenin uygun olduğu problemler için simülasyon yöntemi kullanılması
- Kurulan modelin geçersiz olması
- Kurulan modelin ya çok zor ve karmaşık ya da çok basit olması
- Doğru olmayan kabul değerlerinin sistem modeli özelliklerine kayıt edilmesi
- Varsayım ve kabul değerlerinin kayıt edilememesi
- Girdi değişkenleri için yanlış olasılık dağılımlarının tercih edilmesi
- Sonuçlara yanlış performans ölçütünün atanması
- Program yazılımındaki hatalar
- Simülasyon çıktı analizinde standart istatistik formüllerinin kullanılması



- Kullanıcıların sonuç çıktılarına önyargı ile yaklaşımları
- Oluşturulan deney sayfalarının gerekli güven düzeyini sağlayamayacak sayıda çalıştırılması
- Çalışmayı gerçekleştirecek uzman, yorumlayıcı ve kullanıcıların yetersiz iletişimi, yetersiz bütçe ve planlamanın oluşması

### **1.3.2.5. Simülasyon Sürecinde İzlenmesi Gereken Adımlar**

Bir simülasyon modelinde hedef problemin belirlenip deney sonuçlarında analizin bitirilmesine kadarki süreçte atılması gereken adımlar simülasyon modelinin geliştirilmesi, deney çalışmasının oluşturulması ve analizlerin yapılması başlıklarının altında sıralanmıştır. Bir simülasyon modeli geliştirilirken adımlar mantıksal olarak sıralansa da simülasyon çalışması amacı başarılmadan önce adımlar arasında birçok tekrarlama olabilmektedir. Çalışmanın amacına göre bütün adımların yapılması gerekmeyebilir. Diğer yandan fazladan adımlar da çalışma içeriğine göre kullanılabilir (Montgomery, 2008).

#### **1.3.2.5.1. Simülasyon Modeli Geliştirilmesi**

Simülasyon modelleri; sistem varlıkları, girdi değişkenleri, performans ölçütleri ve bunların işlevsel ilişkilerinden oluşmaktadır. Örneğin bir kuyruk sisteminde servis ve sıra nesnesi sistem varlığını, akış ve servis oranları girdi değişkenini, ortalama bekleme zamanı ve sıra uzunluğu performans ölçütünü ve her bir varlık için sistemdeki zaman, bekleme zamanı, servis zamanı işlevsel ilişkiyi temsil etmektedir. Neredeyse bütün simülasyon yazılımları bu model bileşenlerini kapsamaktadır. Bu nedenle kurulan model ne kadar etkili olursa simülasyon çalışması da o kadar kuvvetli olmaktadır. Modelin geliştirilmesindeki ilk adım problemin belirlenmesidir (Maria ve Zhang, 1997).

Problemin belirlenmesi; var olan sistemin eksikliklerinin her bir bileşen için teker teker tespit edilmesi ve buna karşın önerilen sistemin gerekliliklerinin belirlenmesi problemin ortaya konulmasını sağlamaktadır.

Problemin formülize edilmesi; problemin çözülebilmesi için sistemin sınırları belirlenmelidir. Bu doğrultuda çalışmanın asıl amacı ve özel olarak belirlenmiş birtakım sorunlar belirlenmelidir (Nelson, 2008). Oluşturulan sistem konfigürasyonlarının karşılaştırılabilmesi ve sıralanabilmesi için performans ölçütlerinin ve bu ölçütlerin

sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmanın zaman çerçevesinin belirlenmesi ve değerlendirmeye yönelik insan kararının verileceği son kullanıcı ile formülizasyon gerçekleştirilebilir (Maria, 1997).

Gerçek sistem verilerinin toplanması ve işlenmesi; sistemin tanımına uygun performans verilerin elde edilmesi bu aşamada önemlidir. Sistemde olasılıksal giriş değişkenlerinin rastsallık kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamadaki en önemli nokta, girdi değişkenlerine ve bunlara karşılık sistemin cevap verdiği parametrelere ait olasılık dağılımlarının tespit edilmesidir (Rossetti, 2015).

Normal, üstel, hiperüstel ve poisson dağılımı gibi standart dağılımlar model kurulması ve simülasyonun çalıştırılmasında daha kolay yollardır. Tekdüze dağılım, üçgensel dağılım gibi deneysel dağılımlar ise standart dağılımların uygun olmadığı sisteme ait veri eksikliği durumlarında kullanılmaktadır. Hem deneysel hem de standart dağılım kullanan rasgele sayı üretici yazılım paketleri simülasyon programı paketleri içerisinde hazır olarak bulunabilmektedir (Maria ve Zhang, 1997).

Modelin formülize edilmesi ve geliştirilmesi; kurulması planlanan sistemin şematığı ve ağ diyagramı gibi kavramsal modelleri program içerisinde tesis edilmesi bu adımda gerçekleştirilmektedir. Bu işlemden sonra yapılması gereken simülasyon programının bu modeli istenildiği gibi yürütmesinin doğrulanmasıdır. Bu doğrulama işleminin yapılabilmesi modelin çalışırken akış göstergelerinin izlenmesi, girdi değişkeninin değiştirilip parametredeki değişimin gözlenmesi, rastgele değer alan değişkenlere sabit değerlerin atanmasıyla oluşan değişikliklerin gözlemlenmesi, simülasyon çalışma zamanı sonunda ortaya çıkan sonuç sayfalarının incelenmesi ve doğrudan sadece model sayfasındaki animasyonun takip edilmesi şeklinde yapılabilmektedir (Bradley vd., 2011).

Modelin geçerliliği; bu adımda bilinen durumdaki modeli performansının gerçek sistem performansı ile karşılaştırılması ve anlamlı fark çıkaran istatistik değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Burada simülasyon modelinin geçerliliği açısından hem yazılım hem de model mantığı için uzman görüşleri önemlidir (Naylor, 1966).

Modelin sonraki kullanımlar için kayıt edilmesi; yapılan simülasyon çalışmasında hedeflerin, kabul değerlerinin, giriş değişkenlerinin kayıtlı tutulması modelin daha sonra geliştirilebilmesi için önemlidir.

### 1.3.2.5.2. Simülasyon Deneyinin Tasarlanması

Simülasyon deney sayfaları girdi değişkenleri içerisinde yapılan değişikliklerin sonuç parametrelerinde yarattığı anlamlı değişikliklerin anlaşılmasını sağlayan testlerdir. Simülasyon modeli içerisinde yapılan deney sayısı model hakkında hedef soru sayısına göre fazla ya da eşit olabilmektedir. Simülasyon programında yapılacak deney tasarlanırken hangi verinin elde edilmesi gerektiği, bu verilerin ne kadar kapsamda ve hangi yapıda olması gerektiği sorularına cevap verilmelidir. Bu hususta atılacak ilk adım uygun deneysel tasarımın tespit edilmesidir (Montgomery, 2008).

Uygun deneysel tasarımın belirlenmesi; deneysel tasarım olarak da bilinen istatistiksel tasarım, en az sayıda deneyle en fazla sonuca ulaşılmasını amaçlamaktadır. Deneysel tasarım değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmakta ve önemli olanların belirlenmesini sağlamaktadır. Girdi değişkenlerinin sayısı ve kapsamı arttıkça muhtemel konfigürasyon sayısı artmakta ve 2 düzeyli deney tasarımlarından merkez kompozit tasarımı, Box-Behnken tasarımı ve tam faktöriyel tasarımın kullanılması düşünülebilmektedir (Lazic ve Velasevic, 2004).

Simülasyon modelinin işletilmesinde deneysel şartların kurulması; deney sonuçlarına sorular yöneltmesi ve en fazla seviyede bilgi elde edilmesidir. Simülasyon modelindeki performans parametrelerinin zamanla değiştiği ya da sabit kaldığı gözlemlenmelidir. Simülasyon deneyindeki tepki değişkeninin kararlı durumu Genelde sistemin sabit kalmasına neden olmaktadır. Bu açıdan simülasyon deneyinin belli bir zaman aralığı veya belli bir durum oluştuğunda sonlandırılması gereği belirlenmelidir. Modeldeki deneyin çalışması için uygun başlama koşullarının eğer varsa ısınma periyodunun belirlenmesi önemlidir. Örnek boyutunu teşkil eden deneylerin birbirinden bağımsız olarak çalıştırılma sayısı istatistiksel olarak gerekli güven düzeyinin sağlanması için önem teşkil etmektedir. İstatistiksel tasarım koşulları belirlenip deney yapısına girildikten sonra deney sayfalarının ve simülasyon modelinin önceden atanan zaman süresince çalıştırılmasına geçilmektedir (Montgomery, 2008).

### 1.3.2.5.3. Simülasyon Analizinin Yapılması

Birçok simülasyon yazılım paketinde, çalışma sonuçlarından elde edilen istatistiksel bilgiler performans ölçütlerinde gösterilmektedir. Örneğin bir sıradaki bekleme zamanı olan  $T$ 'nin simülasyon modelinin  $n$  kadar çalıştırılmasıyla elde edilen  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$  değerlerine

göre simülasyon çıktı analizi yapılırken amaç  $T$ 'nin istatistiksel ortalama değeri olan  $T_0$ ' ya göre değişkenliğinin ölçülmesidir (Maria, 1997).

Simülasyon çalışması sırasında veri alınması eksikliğinde model kullanıcı kontrollüne geçmekte ve yorumlanması güçleşmektedir. Gözlemler sistem karakteristiğine bağlı olarak anlık yapılmaktadır. Normalde istatistiksel çıkarımlar izlenen bir olayın anlamlılığını hesaba katarken çoğu çıkarım teknikleri varsayım için bağımsız ve aynı şekilde dağıtılan öz ilintili verileri kullanmaktadır. Analizlerin yapılmasında ilk adım çıkan sonuçların yorumlanmasıdır (Bratley, 2011).

Sonuçların yorumlanması ve sunulması; sonuçların elde edilmesiyle alakalı her bir konfigürasyon için performans ölçütlerinin sayısal çıktıları hesaplanmasıdır. Birbiriyle ilişik verilerin güven aralıklarının belirlenmesinde ortalamalar grubu kullanılabilir. Ortalama grubu yöntemi simülasyon içerisinde gerçek gözlemlerden elde edilmiş daha küçük bir veri setinin kullanılmasını sağlar. Performans sonuçları ile test kullanıcı hipotezlerini değerlendirebilmekte ve grafiksel gösterimleri elde edebilmektedir (Bratley, 2011).

Sonraki eylem planının belirlenmesi ve gelecek planlara yönelik tavsiyelerin verilmesi; ileriki deney planlarında belirginliğin artırılması ve tahmin edicilerin tarafsızlığının azaltılmasının sağlanmasıdır. Ayrıca analizlerin daha duyarlı hale gelmesini sağlayacak öneriler sunulmalıdır. Kısacası simülasyon modelinin daha da geliştirilmesi için gereklilikler belirlenmelidir (Bratley, 2011).

### **1.3.2.6. Simülasyon Sistemi ile İlgili Daha Önce Yapılan Bazı Çalışmalar**

Simülasyon yöntemi hiç şüphesiz ki maliyeti çok yüksek olan deniz ulaştırma sektörü altyapı yatırımları öncesinde yatırımcılara ve planlamacılara önemli fikirler vermektedir Möller (2014), simülasyon ve modelleme ile ilgili eserinde özellikle trafik akışı ve kuyruk sistemi modellerinin taşımacılık analizlerinde nasıl kullanıldığını anlatmıştır. Örneğin, Demirci (2003) yaptığı çalışmada liman yatırımlarında karşılaşılan tıkanık noktaları tespit etmiştir.

Ayrıca var olan tesislerin gelecekteki kapasite artışlarında ve genişletme çalışmalarında karşılaşılabilecek verimlilik analiz edilmeye çalışılmıştır. Esmer vd. (2007), yaptıkları çalışmada ise liman içerisinde en uygun gemi-rıhtım seçeneklerini belirlemiştir. Bunun yanında Özkan vd. (2016) bir Ro-ro terminalinin bütün parametreleri ile kapasite analizini gerçekleştirmiştir.

Benzer bir hedefle Uğurlu vd. (2014) yaptıkları çalışmada sadece belli gemi tipine ait limanların gemi – iskele optimizasyonlarının yapılabileceğini göstermişlerdir. Köse ve Başar (2003)'ın gemi trafik yoğunluklarını tespit ettikleri çalışma, deniz ulaştırma sektöründe problem tespiti ve çözümünde simülasyon kullanımına örnek verilebilmektedir.

Yolcu ve yolculuk seçimi ile ilgili simülasyon çalışmalarına bakıldığında denizyolundan ziyade havayolu ve özellikle karayolu üzerine yoğunlaşıldığı görülmektedir. Örnek olarak Rexfelt vd. (2014), yolcu akışlarındaki artış durumunda en uygun otobüs ve durak dizaynını simülasyon yöntemi ile belirlemişlerdir. Havayolu ulaşımı ile ilgili simülasyon çalışmaları ise genel olarak Stolletz'in (2011) yaptığı çalışmaya benzer şekilde havalimanı tesislerinin verimliliklerinin belirlenmesi yönündedir.

Simülasyon yöntemi ile yapılan analiz çalışmalarının tümü incelendiğinde en çok sayıda çalışmanın Zhang vd. (2016) 'nin çalışmalarına paralel olarak emisyon ve çevre kirliliği alanlarında yapıldığı görülmüştür. Fakat bu alanlarda kullanılan simülasyon çeşidi sürekli durum simülasyonudur. Bu tez çalışmasında olduğu gibi fiziki modellerin tasarlandığı durumlarda ise gerekli yöntem kesikli durum simülasyonudur.

Bu çalışmada çeşitli avantajlarından dolayı yöntem olarak seçilen Simio® simülasyon programı ile yapılmış yolcu – araç, araç rotaları ve yolculuk zamanları ve maliyetleri gibi karmaşık parametreleri içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

### **1.3.2.7. Simio® Simülasyon Yazılımı ve Yazılımın Seçilmesindeki Amaç**

Oluşturulan modellerin kurulması, çalıştırılması, analiz edilmesi ve görüntülenmesi açısından kesikli olay yaklaşımı yaklaşık 25 yıldır önemli önemli ilerleme kaydetmiştir. Bu gelişmeler, simülasyon modellerinin olay temelli yazılımlardan işlem ve süreç temelli simülasyon yazılımlara geçilmesi ile programlama temelinden grafik modellemeye geçilmesi yönünde olmuştur. Ayrıca model çalışmasının izlenmesi ve denetlenmesi açısından da yeni yerleşen 2D/3D animasyon temeline geçilmesi önem arz etmektedir (Sturrock vd., 2011).

Simio® tüm bu gelişmeler ışığında model kurulmasını kolaylaştırmış ve geliştirilmesine imkân sağlamış nesne (obje) temelli bir simülasyon yazılımıdır. Bu program hem kesikli hem de sürekli modellemeler için uygundur (Pegden, 2007).

Simio LCC adı altında ABD Pittsburgh Pennsylvania’ da kurulan şirketin icra kurulu başkanı Dr. C. Dennis Pegden, SIMAN® and Arena® gibi sektör lideri yazılım şirketlerinin kurulmasında da ışık tutmuştur (Joines ve Roberts, 2015).

Simio® programı içerisinde modeller akıllı nesnelere birbirine bağlanması ve bu nesnelere işlem süreçlerinin çizgesel olarak oluşturulup atanması ile oluşmaktadır (Pegden, 2007). Gerçek hayatta kurulması planlanan modelin parçalarını program içerisinde canlandıran nesnelere ait ölçülecek istatistiksel parametreler için olay ve durum özellikleri eklenmektedir. Örneğin program içerisinde bir yolcu temsil eden “entity” nesnesinin giriş yapacağı kapıyı seçebilmesi için bir işlem oluşturulmalı ve bu nesneye atanmalıdır. Simio® programındaki nesnelere akıllı nesne özelliği kazandıran onlara atanan işlem süreçleridir. Bu yolcuların yolculuk sürelerinin ölçülebilmesi için ise onlara durum özellikleri zaman birimi ile atanmakta ve geçen zaman bu özellik sayesinde ölçülebilmektedir. Aynı yolcunun tesise geldiği anda bir işlem gerçekleştirilecekse bu yolcuya (nesneye) “event” yani olay özelliği atanarak bir sonraki işlemin yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Kabaca belirtmek gerekirse sistem içerisindeki nesne, işlem, olay, durum gibi bileşenlerin arasında haberleşmeyi jeton anlamına gelen “token” birimleri gerçekleştirir. Bu sebeple Simio® ajan temelli modelleme özelliği kazanmaktadır (Joines ve Roberts, 2015).

Simio® kullanıcıları için programlama becerisi gerektirmeden nesne temelli görsel modelleme temel ilkelerine sahiptir. Ayrıca Simio® internet üzerinden temin edilen sembollerle üç boyutlu ve gerçekçi görsellik sağlayabilmektedir. Nesnelere için oluşturulan işlem süreçleri ile karmaşık davranışların canlandırılabilmesi Simio® bu nesnelere birçok farklı uygulama için kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır (Sturrock vd., 2011).

Simio® bu avantajların tümü dikkate alındığında çoklu modelleme açısından öne çıkmaktadır. Bu tezde ortaya konulmaya çalışılan denizyolu ve karayolu ulaşım hatları gibi karmaşık bir model için Simio® simülasyon programı en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın amacı Van İli kent içi ulaşımına bir alternatif olarak denizyolu seçeneğinin Simio® simülasyon yazılımı ile yolculuk süreleri, işletme maliyeti ve en uygun rota seçeneklerini belirlemek ve bu değerleri karayolu seçeneği ile kıyaslamaktır. Bu amaçla kent içinde en uğrak noktalar arasındaki 4 adet karayolu parçası için Simio®’da model oluşturulmuş ve yolculuk değerleri elde edilmiştir. Karayolu değerleri açısından olay yerinde toplanan verilere paralel sonuçlar veren Simio®’da daha sonra karayolundaki yolcu kitlesinin belli oranlarda denizyolu modeline dahil edilmesiyle denizyolu yolculuk değerleri tespit edilmiştir.

### 1.3.2.8. Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne Temeli ve Yaklaşımı

Simio® simülasyon yazılımı içerisindeki nesne çerçevesi, nesne temelli programlama dilleri ile aynı temel ilkeler üzerine kurulmuştur. Bununla birlikte bu temel ilkeler programlama çerçevesi bünyesinde değil, modelleme çerçevesi dahilindedir. Örnek verilecek olursa Microsoft® yazılım şirketi program geliştiricileri C# programlamasını modelleme yaklaşımı ilkelerine uygun olarak geliştirmişleridir. Bu ilkeler Simio® programının şekillenmesinde de izlenmiştir. Fakat önemli nokta programlama dilinden çok grafik modelleme sisteminin oluşturulmasıdır. Bu ayrım Simio® yazılımının oluşturulmasını anlayabilmek için önemlidir (Pegden, 2007).

Simio®, OOP yazılım dilinde oluşturulmasına rağmen C# 'de programlanmasıyla basitçe dizayn edilmiş bir simülasyon modelleme aracı değildir. Simülasyon modelleme yazılımlarının oluşturulmasında daha kullanışlı olduğu düşünülen Java ve C++ programlama araçlarından farklı olarak OOP yazılım dilinde sınıflandırma sırasının kolay olmaması Simio® yazılımının oluşturulmasındaki zorluk olarak görülmektedir. Nesne temelli simülasyon ilkeleri çerçevesinde tasarlanan Simio®, simülasyon modellerinin oluşturulmasını desteklemek için grafik modelleme özelliklerini taşımaktadır. Örneğin Simio® yazılımı içerisinde bir makineyi temsil eden nesne oluşturulduğunda, yazılım dilindeki kalıtım ilkesi gereğince bu objeye atanan davranışların ve özelliklerin bu nesne ile oluşturulan daha büyük boyutlardaki nesne veya tüm modelde aynı şekilde korunmasına olanak sağlanmıştır. Diğer programlama dillerinden farklı olarak nesnelere genişletilebilmesi ve başka nesnelere içerisinde kullanılabilmesi için tekrar kodlama gerekmemekte ve nesnelere atanmış grafik olarak şekillendirilen işlem süreci modelleri ile nesnelere ayrıca farklı şekillerde kullanılabilir (Pegden ve Davis, 1992).

Nesne temelli simülasyon modellemesi ve nesne temelli programlama arasındaki bu farklar önem arz etmektedir. Simio® içerisinde nesne oluşturulması veya başka modelden nesne eklenmesi özellikleri programlama becerisinden hariç olarak modelleme becerisindeki artı olarak görülmektedir (Pegden, 2007).

#### 1.3.2.8.1. Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne (Model) Yapısı

Simio® içerisinde bir model oluşturulduğunda nesne çeşitlerinden (6) sayısız şekilde modele eklenebilmesi özelliği “somutlaştırma” özelliği olarak anılmaktadır. Model

içerisinde dış dünyadaki bir maddeyi temsil eden bir nesne somutlaştırıldığında bu belirli nesnenin davranışlarını yöneten “özellikler (properties)” bölümündeki ifadeler belirlenmelidir. Örneğin yine bir makinayı canlandıran nesnenin özellikleri kurulum, işlem ve tekrar sökülme zamanları yanında kullandığı malzeme ve kullanan operatör gibi maddeler olabilmektedir. Model kurucusu bu özellikleri sayısal ve mantıksal ifadelerle (Boolean mantığı, sayı dizileri, nesne referansları, tarihler ve zaman aralıkları) kararlaştırabilmekte ve ilgili alana fazlasıyla kayıt edebilmektedir. Kullanıcı tarafından nesnelerin ifade (object definition) edilmesi ile oluşturulan modeller, özellikler (properties) sekmesi ile parametreler ile de açıklanabilme imkanına sahiptir (Pegden, 2007).

Somutlaştırma ilkesi ile unutulmaması gereken bir diğer husus ise bir modelin başka bir model için bileşen olarak kullanılabilmesinin ilk modelin kopyalaması anlamına gelmemesidir. Başka bir modelde yapı taşı olarak kullanılan alt modelin tekrar kullanılabilmesi için nesne referansları ve özellik değerleri alt model içerisinde kendine mahsus şekilde tutulmaktadır. Başka modelde kullanılan her bir modelin ya da nesnenin özellik değerleri içinde bulunduğu modele göre değişse de nesnenin ya da modelin temelinde yatan davranışlarının çözümlenebilmesi için parça olarak kullanılan nesne ilk modeldeki (nesnedeki) tanımlamalar (definitions) alanından bilgi alır.

Simio® yazılımında akıllı nesnelerdeki özellik kısımlarına ek olarak durum değişkenleri (states) bulunmaktadır. Bu durum değişkenleri program içerisinde hazır halde yazılmış olmasıyla birlikte sayısal değerlere işaret etmektedirler. Örneğin bu ifadelerde kullanılan Boolean mantığı “doğru” için 1 ve “yanlış” için 0 rakamlarını işaret etmektedir. Ayrıca numaralandırılmış bir listedeki durum (state) isimleri, dizin konumlarına (0, 1, 2.....N) işaret etmektedir. Program içerisindeki modelin yapı taşları olan nesnelere atanmış özellikler (properties) girdi değerleri olarak, durum değişkenleri (states) ise nesnenin çalışma mantığının yerine getirilmesindeki süreçte sürekli değişen çıktı yanıtları olarak düşünülebilmektedir. Bir durum değişkeni üretilen toplam parça sayısını, numaralandırılmış durum listesine daha önce atanan değerlere göre bir makinanın durumunu, endüstriyel fırında bulunan bir tomruğun sıcaklığını, tanker terminalindeki bir tankerin tanklarında bulunan kargo seviyesini veya bir konveyördeki birikinti miktarını temsil edebilmektedir. Durum değişkenleri daha önce belirtildiği gibi temsil ettiği olay çeşidine göre “kesikli” ve “sürekli” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Pegden ve Ham, 1982).

Simio® simülasyon programındaki önem teşkil eden bir diğer tasarım özelliği ise üç aşamalı nesne yapısına sahip olmasıdır. Bu üç aşama bir nesneyi sırasıyla nesne ifadesi,



nesne oluşumu (somutlaştırması) ve nesne gerçekleşmesi ile oluşmasını sağlamaktadır. Nesne ifadesi (definition) nesnenin davranışlarını tanımlamakta ve başka modellerde kullanılması halinde bu özelliklerin paylaşılmasını sağlamaktadır. Nesne somutlaştırması ise ilgili nesnenin ana nesne (model) içerisinde örneklenmesini sağlamaktadır. Nesne örnekleme (somutlaştırması) nesnenin özellik değerlerinin tanımlanmasını sağlar ve bu örneklenmiş nesne verileri sırasıyla örneklenen tüm nesnelerin gerçekleşmesi aşamasıyla paylaşılmaktadır. Nesne gerçekleşmesi aşaması, ilgili nesnenin genişletilmiş bir model hiyerarşisi dahilindeki örneğinin özel olarak doğrulanmasını sağlamaktadır. Örneğin bir üretim hattını temsil eden ana nesne içerisine yine içerisinde torna makinelerini temsil eden nesnelerin olduğu bir çalışma hücresi eklendiğinde hücrenin içerisindeki makinelerin tanımlanabilmesi için yeni “gerçekleşme” adımı gerekmektedir. Fakat çalışma hücresi ifadeleri (definition) tek bir torna makinasından oluşturulduğunda, bu tek olan makine çoklu çalışma hücreleri örnekleme aşaması sonucunda oluşan çoklu torna makinesi gerçekleşmesi aşamasına karşılık gelen durum değişkeni değerlerini tutamamaktadır. Nesne gerçekleşmesi sadece model çalıştırıldığında meydana gelir ve sadece model durum değişkeni değerlerini tutmaktadırlar. Bu durum binlerce gerçekleşme aşaması içeren geniş çaplı modellerin oluşturulmasında verimin alınması adına önem arz etmektedir (Pegden, 2007).

#### **1.3.2.8.2. Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne İfadelerinin (Özellik) Oluşturulması**

Yukarıdaki örnekte belirtildiği gibi nesnelerin diğer nesnelere bağlanarak hiyerarşik yapıda daha büyük nesnelerin oluşturulması yöntemi birleşmiş nesne (composed object) olarak anılmaktadır. Nesne ifadelerinin oluşturulmasındaki en temel yöntem ise model çalışırken oluşan olaylara (event) karşılık olarak nesnelerin durum değişkenlerini değiştirebilecek olan mantık işlem süreçlerinin oluşturularak ilgili nesnelere tanımlanmasıdır. Örneğin model sayfası içerisinde bir makineyi temsil eden nesne oluşturulduğunda bu makinenin tükettiği bir malzemenin gelmesi durumunda veya parçasının bozulması durumunda makinenin durum değişkenini (state) değiştirecek olan işlem süreci modeli bu nesneye tanımlanabilmektedir. Geleneksel olarak kullanılan bu tür simülasyon modellemesi Arena® ve GPSS® gibi programlarla benzerlik göstermektedir. Grafik olarak oluşturularak atandığı nesnenin kuruluş özelliklerini belirten işlem süreci modelleri ile tanımlanan nesnelere temel nesne olarak anılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan

temel nesne daha yüksek seviyeli nesnelerin oluşturulmasında kullanılarak bileşen nesne adıyla anılmaktadır (Schriber vd., 2012).

Bu ifade ve tanımlamaların oluşturulmasındaki son yöntem ise kalıtım kavramına dayanmaktadır. Bu durumda halihazırda var olan bir nesne dahilinde bir veya daha fazla işlem süreci modeli eklenerek nesnenin davranış mantığı genişletilebilmektedir. Bir başka deyişle neredeyse istenilene yakın ifadelere sahip bir nesne (obje) ile modellemeye başlanılarak daha sonra bu nesnenin asıl amaca hizmet edecek şekilde değiştirilebilmesi ve genişletilebilmesi sağlanabilmektedir. Örneğin belirli bir amaç için üretilen matkap genelmiş bir makine nesnesinden oluşturulabilmekte ve ilave işlem süreci modelleri ile arızaların giderilmesi ve matkap ucunun değiştirilmesi sağlanabilmektedir. Bu yöntemle oluşturulan nesne “türetilmiş nesne” olarak adlandırılmaktadır (Pegden, 2007).

### **1.3.2.8.3. Simio® Simülasyon Yazılımı İçerisindeki Nesne Sınıfları**

Simio® içerisinde 6 adet nesne sınıfı bulunmaktadır. Bu 6 adet sınıf akıllı nesnelerin yaratılmasında bir başlangıç noktası oluşturmaktadır. Varsayılan şekilde bu 6 adet nesne çeşidi akıllılık açısından çok az kabiliyete sahip olmakla beraber akıllı nesne açısından kullanıcı vasıtasıyla geliştirilebilmesi için üstün özelliklere sahiptir. Bir dizi olay güdümlü işlem süreci modeli ile bu nesnelere akıllı hale getirilebilmektedir (URL- 6, 2017).

İlk nesne sınıfı sabit nesnelere aittir. Model içerisinde bu tür nesnelere sabit bir konuma sahiptirler ve gerçek sistemde bir yerden başka bir yere hareket etmeyen varlıkların temsil edilmesinde kullanılmaktadırlar. Örnek olarak üretim makineleri ve benzin istasyonları gibi sabit ekipmanlar verilebilmektedir.

Ajan (Agent) nesnesi 3 boyutlu ortamda serbestçe hareket edebilmektedir. Genellikle ajan temelli modellerin geliştirilmesinde kullanılmaktadırlar. Bu modelleme sınıfı birbirinden bağımsız hareket ederek birbirini etkileyen çok sayıda akıllı objeden oluşmasıyla tüm davranışları şekillenen sistemlerin çalıştırılmasında kullanışlıdır.

Varlık (entity) nesnesi, ajan nesne sınıfının alt sınıfı olarak çıkmış ve tek önemli davranış eklenmiştir. Varlık (entity) nesnesi bir nesneden diğer bir nesneye bağlantı ve noktalardan oluşan bir ağ üzerinden hareket edebilmektedirler. Örnek verilecek olursa, bir banka sistemindeki müşteriler, bir taşımacılık sistemindeki gemiler, bir sağlık kuruluşundaki doktorlar ve hemşireler varlık nesnesi olarak temsil edilebilirler. Arena® ve GPSS® gibi geleneksel programlarda varlık nesnelere pasif konumda bulunmakta ve işlem süreci modeli

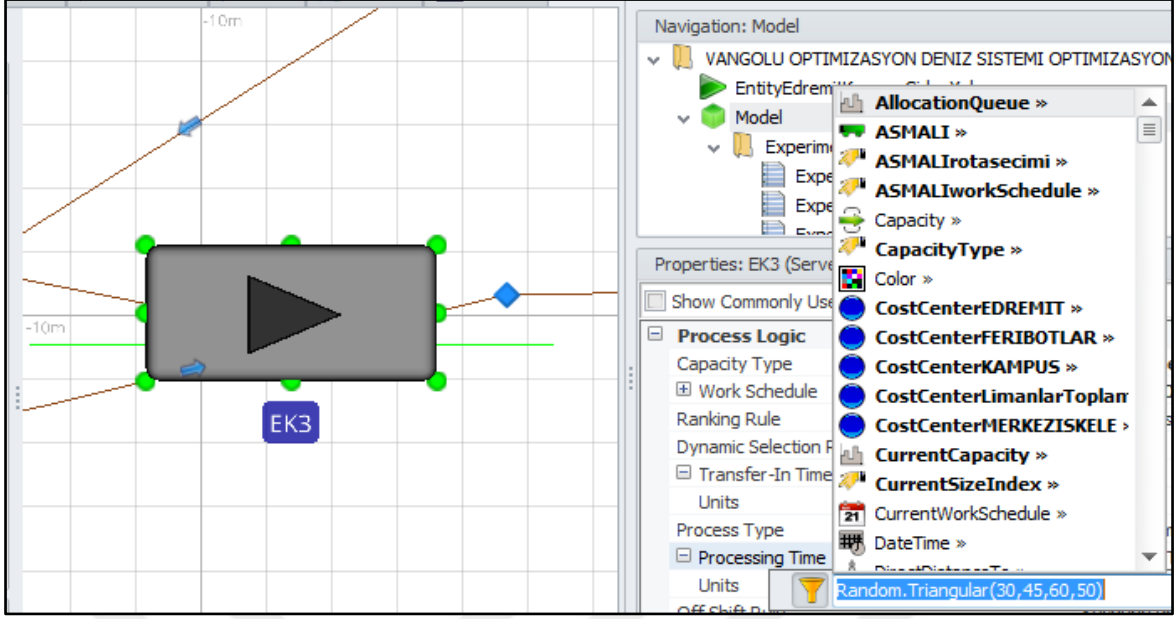
ile çalışırken Simio® içerisinde bu nesnelere akıllı konumda bulunmakta ve kendi sistem davranışlarını kendileri kontrol edebilmektedirler. Simio® simülasyon yazılımının bu tez çalışmasında yöntem olarak seçilmesinde bu özellik önem arz etmektedir (Joines ve Roberts, 2015).

Yol ve düğüm nesnelere, varlık (entity) nesnelere üzerinde hareket edebileceği ağların oluşturulmasında kullanılmaktadırlar. Yol nesnesi varlık nesnesinin diğer nesnelere arasında hareket edebileceği yol olarak tanımlanmaktadır. Düğüm (node) nesnesi ise bir yol nesnesinin başlangıç veya bitiş konumunu belirtmektedir. Temel yol nesnesi az oranda akıllılık özelliğine sahipken bu nesneye fazladan davranış özellikleri eklenebilmektedir. Bu şekilde sınırsız madde akışı, sıkışık trafik akışı, karmaşık malzeme yönlendirme sistemleri, enerji nakil hatları modellenmektedirler (Kelton vd., 2011).

Son nesne sınıfı ise varlık (entity) nesnesinin alt sınıfı olan taşıyıcı (transporter) nesnesidir. Bir taşıyıcı nesnesi; içerisine varlık (entity) nesnesi almak, varlık nesnesini taşımak ve taşıdığı nesneyi belirlenmiş yerde bırakmak gibi ek özellikler tanımlanmış ayrı bir varlık nesnesidir. Varsayılan yani henüz yeni oluşturulan bir taşıyıcı nesnesi bu özelliklerin hiçbirine sahip değildir. Fakat modelleme mantığının tanımlanmasıyla bu nesnelere taksi, otobüs, metro vagonu veya forklift gibi bir varlık nesnesinin bir yerden diğerine taşınmasını sağlayabilmektedirler. Bu tez çalışmasının yapılan çalışma bölümünde daha önce kurulan deniz ve kara sistemi modellerinde 6 çeşit nesne sınıfı görsel olarak sergilenmiştir.

#### **1.3.2.8.4. Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi (Expression Editor)**

İfade biçimleyicisi (Expression Editor) Simio® nesnelere ve işlem süreci modellerinin özellikler ve durumlar (states) kısımlarında yoğun şekilde kullanılmaktadır. Nesnenin özellikler sayfasındaki değer ifade biçimleyicisi kullanmakta ise ilgili özellik satırının sağ tarafında çıkan aşağı yönlü ok işareti kullanıcı tarafından tıklanarak Simio® içerisinde halihazırda bulunan ifadeler listesine ulaşılabilir (Şekil 15).



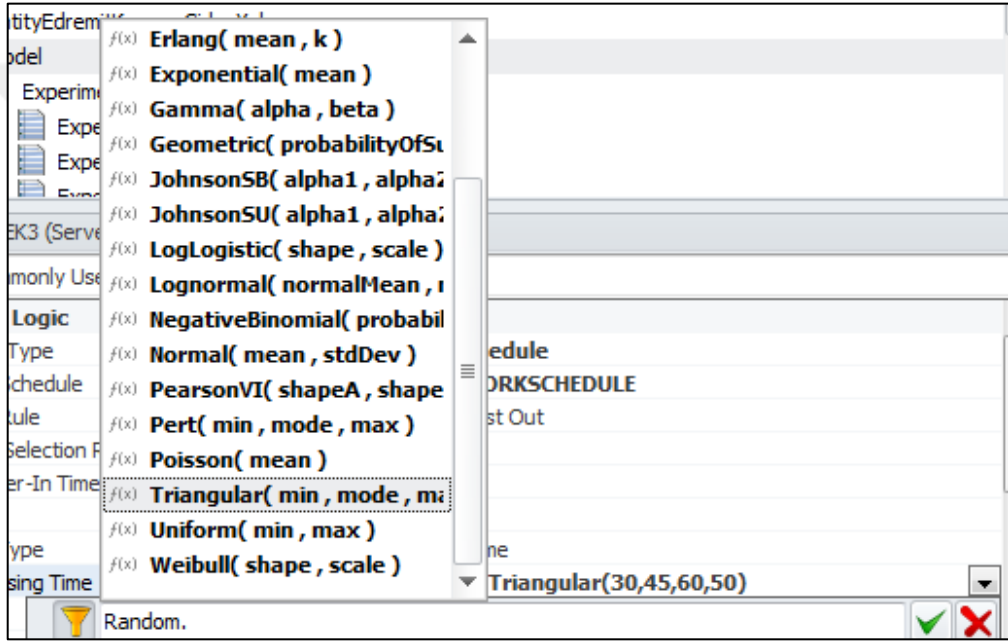
Şekil 15. Bir servis (server) nesnesinin özellikler bölümündeki ifade biçimleyicisi

Ayrıca açılmış olan yatay şekildeki girdi verisi kutusunun sağ tarafında yeşil renkli onay kutucuğu ve kırmızı işaretli çarpı işaretinin olduğu kutucuk görülmektedir. İfade kutusunda oluşturulacak olan özellik değeri, açılan listeden her defasında seçilerek araya nokta işareti konulması ve listede seçenek kalmayıncaya kadar yeni ifade seçilmesi ile genişletilebilmektedir (URL -6, 2007).

#### 1.3.2.8.5. Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi İçerisindeki Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Süreç modelleme, gerçek sistemler üzerinde denemeler veya performans tahminleri yapmanın pahalı veya riskli olduğu durumlarda başvurulan bir yöntemdir. Modellerde sürece giren nesnelerin geliş aralıkları ve üzerlerinde yapılan işlemlerin zaman ve para maliyetleri tahminlere veya gözlemlere dayalı olasılık dağılımlarına göre rastgele belirlenebilmekte ve gerçek hayatta muhtemelen aylar içinde gelebilecek sayıda nesne dakikalar içinde modelden geçirilerek gerçek sistemin performansı hakkında ön bilgi edinilebilmektedir (Nelson, 2008). Buradaki amaç olasılık dağılımlarını teknik hesaplamalarının incelenmesi yerine belli model öğelerinde sıkça kullanılan bazı olasılık dağılımları hakkında çok basit düzeyde bazı bilgiler verilmesidir.

İfade biçimleyicisi içerisinde girdi verileri Simio® içerisindeki rastgele sayı üretici program sayesinde rassal değişken olarak girilebilmektedir. Bu bağlamda nesne, işlem süreci modeli ve durumlar gibi simülasyon bileşenlerinin özellikler bölümündeki ifade biçimleyicileri kutuları açıldığında ilk olarak “Random” ifadesi yazılabilmekte veya seçilebilmektedir (Şekil 16). “Random” ifadesi ifade biçimleyicide görüldükten sonra kelime sonuna nokta (.) işareti konularak ardından açılan yeni listeden hangi yöntemle rassal sayı üretileceğine karar verilebilmektedir (URL-6, 2017). Olasılık dağılımları birer fonksiyon ifadesi olduğu için liste içerisinde  $f(x)$  sembolü ile gösterilmektedir.



Şekil 16. İfade biçimleyicisine ait rassal dağılım fonksiyonları

#### 1.3.2.8.5.1. Poisson Olasılık Dağılımı

Uzunca bir süre gözlemlenebilen bağımsız nesnelere için belli bir olayın birim zaman diliminde ortalama kaç kez gerçekleştiği bulunabilmişse ve bu ortalama sayının da ( $\mu$ ) zamandan bağımsız olduğu kesinlik arz ederse, Poisson dağılımıyla herhangi bir zaman diliminde olayın  $n$  kez gerçekleşme olasılığı bulunabilmektedir (Aslan, 2007).

$$P(n) = \frac{\mu^n e^{-\mu}}{n!} \quad (2)$$

Bir diğ er ifade ile çok sayıda nesnenin her biri için olayın gerçekleşme olasılığı, eşit süreler için aynı olmalıdır. Bu olasılık da oldukça küçük olabilmeli ve ortalama olay sayısı buna paralel şekilde az olabilmelidir. Örneğ in, aynı modelden 100 eşdeğ er cihazdan her birinin bir gün içinde bozulma olasılığı %1 ise, cihaz sahiplerine hizmet veren teknik servise bir gün içinde gelmesi beklenen ortalama cihaz sayısı  $\mu = 100 \times 0,01 = 1,0$  şeklinde hesaplanabilmektedir. Bu değ eri “Poisson” dağı lımında kullanarak, gün içinde iki cihazın servise gelme olasılığı 0,346 (yani %34,6) olarak bulunmaktadır. Bu teknik servis sürecinin modellenmesinde nesne giriş öğ esinde nesnenin günlük ortalama geliş sayısı 1 olan Poisson dağı lımını seçilebilmektedir (Aslan, 2007).

#### 1.3.2.8.5.2. Ekspansiyel (Üstel) Olasılık Dağı lımı

Çok sayıda bağı msız nesne için bir olayın belli bir zaman diliminde gerçekleşme sayılarının olasılıkları “Poisson” dağı lımıyla bulunabilmekte ise ardış ık olaylar arasında t kadar süre geçmesi olasılığı ekspansiyel (üstel) dağı lım fonksiyonu ile bulunur:

$$P(t) = \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau} \quad (3)$$

Bu formülde “ $\tau$ ” ifadesi ardış ık olaylar arasında geçen ortalama süredir ve ortalama olay sayısının çarpmaya göre tersinden bulunabilmektedir. Bir diğ er ifadeyle,  $\mu = 1/\tau$ . Fakat bu fonksiyon iki olay arasında kesin olarak belli bir değ erdeki saniye veya gün geçmesi olasılığ ını bulmakta kullanılamamaktadır. Herhangi bir olayın belli bir anlık sürede olması olasılığ ı ancak sıfır olabilmektedir. Bu fonksiyon bir "olasılık yoğunluk fonksiyonu" olduğ u için, iki olay arasında en az veya en fazla belli bir süre geçmesi olasılığ ını hesaplamak için kullanılabilir. Bu sebeple fonksiyonun integrali alınmaktadır. “0” ve “t” değ erleri arasında integral alınarak iki ardış ık olay arasında geçen “ $\Delta t$ ” süresinin “t” den az olması olasılığ ı:

$$P(\Delta t < t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

formülü ile bulunabilmektedir. Sadece üstel terim de olaylar arasında geçen sürenin  $t'$  den daha uzun olması olasılığını verir. Üstel dağılım simülasyon yazılımında daha çok nesnelere gelişler arası zamanının verilerinin rassal olarak üretilmesi için uygundur. Bu tez çalışmasında yolcuları temsil eden varlık (entity) nesnesi için atanan saatlik geliş tablosu model içerisinde için referans gösterilmiş ve her bir yolcu arasındaki zaman üstel olarak yazılım tarafından otomatik olarak üretilmiştir (Aslan, 2007).

### **1.3.2.8.5.3. Düzgün (Uniform), Üçgensel (Triangular) ve Normal Olasılık Dağılımları**

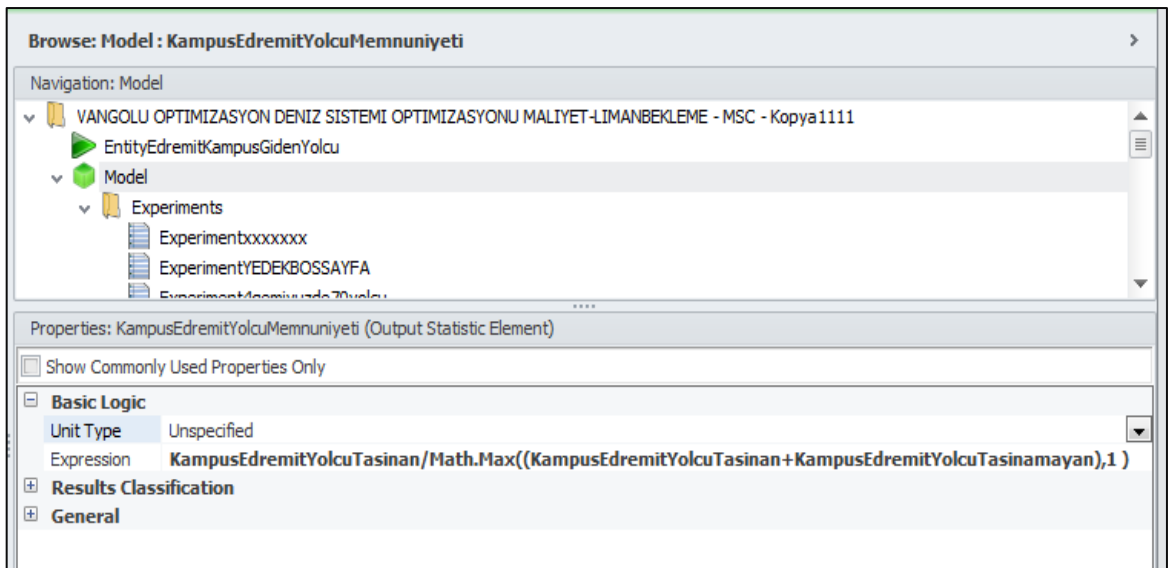
Süreç modellerindeki işlemci ögeleri, gerçek hayattaki sistemlerde dosya doldurma, kayıt yapma, malzeme işleme, cihaz tamiri gibi işlemlerin yapıldığı birimleri temsil edebilmektedirler. Bu tür birimlerde işlem süresi (processing time), seri üretim bantlarındaki gibi neredeyse sabit olabildiği gibi, belli minimum ve maksimum değerler arasında değişkenlik gösteriyor da olabilmektedir. Yalnızca en küçük ve en yüksek değerler bilindiğinde, işlem süresinin bu iki sınır değeri arasındaki her değeri alma olasılığının aynı olduğu varsayılarak, düzgün dağılım kullanılabilir (Aslan, 2007).

İşlem süresinin en muhtemel değeri (mod değeri) de bilinmekte ise minimum ve maksimum arasında mod değerinde tepe yapan üçgensel dağılım kullanılabilir. İşlem süresi için ortalama bir değer ve standart sapma belirlenmişse ve ayrıca değişim aralığının da oldukça geniş olması durumunda, normal dağılım (çan eğrisindeki dağılım) kullanılabilir. Normal dağılım model kurucunun elinde ortalamalardan ortalama üretebilecek kadar fazla veri olması durumunda uygun görülmektedir (URL-6, 2017).

Ayrıca bu tez çalışmasında deniz iskelelerini, karayolu araçlarının durak ve trafik ışıklarını temsil eden servis (işlemci) nesnelere işlem zamanları için kesin (deterministik) verilerin alınmaması nedeniyle işlem süreleri bu durum için daha uygun bir yöntem olan üçgensel dağılımla rastgele olarak üretilmiştir. Benzer durum taşıyıcı nesnesinin temsil ettiği yolcu gemilerinin sistem içerisindeki ortalama hız değerlerinin belirlenmesinde de kullanılmıştır. Tüm bunların haricinde Simio® yazılımı içerisinde rassal sayı üreticisi tarafından 16 adet daha olasılık dağılımı kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın şekilde kullanılan Bernoulli, Binom, Poisson ve Geometrik dağılımlar kesikli olasılık; düzgün (uniform), üstel ve normal dağılımları ise sürekli olasılık dağılımı olarak sınıflandırılmaktadır (Aslan, 2007).

### 1.3.2.8.6. Simio® Nesne Özellikleri İfade Biçimleyicisi İçerisindeki Matematiksel ve Mantıksal Fonksiyonlar

Simio® yazılımında nesnelere, özellikler bölümüne, durum değişkenlerine ve istatistik elemanı olan elementlere ait ifade biçimlendiricileri için program içerisinde halihazırda otomatik olarak veya kullanıcı tarafından yazılabilen matematik fonksiyonları mevcut bulunmaktadır. Herhangi bir sistem bileşenine ait ifade kutucuğu açıldığında program içerisinde otomatik olarak bir matematik fonksiyonu oluşturulmak istenirse ilk kelime olarak “Math” yazılmaktadır. “Math” kelimesi yazıldıktan sonra nokta işareti (.) konulduktan sonra açılan her yeni listeden amaca uygun fonksiyon ifadeleri seçilebilmektedir. Örneğin bir ifade biçimlendirici içerisindeki “Math.Round(value[,digits])” fonksiyonu, simülasyon modelinin çalışması esnasında ölçmek istediğimiz herhangi bir değer (element, state) ondalık sayı kısmındaki hangi basamağından sonra sayı değerinin bir anlam ifade edip edemeyeceğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Daha basit bir ifade ile simülasyon modelinin element veya durum (state) değişkeni bileşenlerine atanan bir ölçüm değeri ( $X_n+Y_n$ ) olursa, deney sonuç sayfasında veya başka bir hesaplamada bu değer modelin çalışması süresince görülen en yüksek değerini “Math.Max([ $X_1+Y_1$ ], [ $X_2+Y_2$ ], [ $X_n+Y_n$ ])” fonksiyonu ile programın hesaplaması sağlanabilmektedir. Şekil 17’ de bu tez çalışmasındaki denizyolu sistem modeli içerisinde YYÜ Kampüsü ve Edremit destinasyonları arasındaki taşınabilen yolcu sayısının istatistiksel olarak oranının hesaplanabilmesi için oluşturulan matematiksel fonksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 17. Element model bileşeni içerisinde tanımlanmış bir matematiksel fonksiyon



Simio<sup>®</sup> yazılımında herhangi bir bileşen içerisindeki ifade biçimleyici (expression editor) içerisinde matematiksel fonksiyon kullanıcı tarafından oluşturulurken program içerisinde halihazırda kayıtlı bulunan matematiksel simgelerin bilinmesi gerekmektedir (Tablo 16).

Tablo 16. Simio<sup>®</sup> yazılımında kullanılabilen mantısal ve matematiksel simgeler

Mantıksal Simgeler		Matematiksel Simgeler	
= =	Eşittir	+	Toplama
>	Büyüktür	-	Çıkarma
<	Küçüktür	*	Çarpma
>=	Büyük Eşit	/	Bölme
<=	Küçük Eşit	^	Sayı üstü / kuvveti ( $2^3 = 8$ )
&&	Ve		
	Veya		
!	Değil (!Is.Object)		
!=	Eşit Değil		
1.0-0.0	Boolean (Doğru/Yanlış)		

Bunların dışında Simio<sup>®</sup> yazılımında ifade biçimleyici (expression editor) içerisinde “enumerations” adıyla sayısal ifadeleri temsil eden yazılı ifadeler mevcuttur. Bu ifadelere ulaşabilmek için ifade biçimleyici kutusuna “Enum” kelimesi yazılarak ardından nokta işareti (.) konulmasıyla yeni çıkan listeden işlem mantığına uygun ifade seçilebilmektedir. Örneğin bir yol (path) nesnesi kendinden sonra birkaç yol nesnesine ayrıldığında bu yol nesnesini kullanan nesneye (entity) referans olarak önündeki yol seçenekleri atanmış bulunmaktadır. Bu seçimin yapılacağı işlem süreci modelindeki ifade biçimlendiricinin durum değişkeni (state variable name) hanesine “Enum.TrafficDirection.Forward” ifadesi yazılarak her zaman bir öncekinden sonra gelen yol nesnesinin seçilmesi sağlanabilmektedir. İfadenin sonundaki “Forward” kelimesi yazılım içerisinde sayısal bir mantığı işaret etmektedir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMA

Son yıllarda hızlı yükselen kentleşme oranı ile kent merkezlerinde oluşan trafik darboğazları kent içi ulaşım altyapı olumsuz etkilemiş ve alternatif ulaşım modlarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple yapılan çalışmada Van İlinin son yıllarda ortaya çıkan ulaşım altyapısının geliştirilmesi gereği için Van Gölü üzerinde ulaşım hatlarının kurulabilmesi ve değerlendirilmesi gibi bir problem ortaya konulmuş, sonucunda simülasyon yazılımı (Simio®) ile bu problemin çözümlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca simülasyon yöntemi ile daha önce ulaşım hatları kurulması ve irdelenmesi ile kent içi ulaşım sistemlerinin optimizasyonu gibi konularda kısıtlı sayıda çalışma bulunması nedeniyle denizcilik ve ulaşım endüstrilerinin problemlerinin ileride daha detaylı ele alınabileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

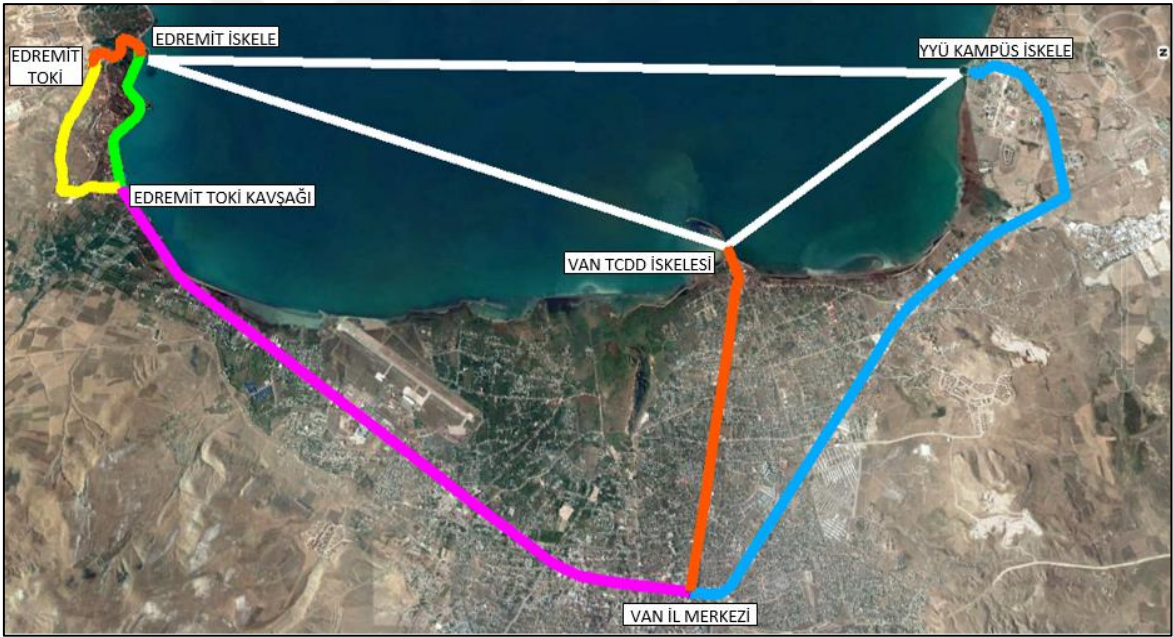
Özellikle nesne temelli ve kesikli durum simülasyon yazılımlarının karmaşık problemlerin çözümlenmesinde büyük zaman ve maliyet avantajı sağladığı bilinmektedir (Maibach vd., 2004). Simülasyon yöntemi ile kurulacak denizyoluna yolcu potansiyeli oluşturan karayolu kent içi yolcu kapasitesi hesaplanmış, bu yolcu kitlelerinin denizyolunu tercih etmeleri durumunda yolcular için yolculuk süreleri ve yolcu gemileri açısından da en uygun rota seçenekleri ile maliyetler belirlenmiştir. Sonrasında ise hem karayolu hem de denizyolu yolculuk süreleri ve işletme maliyetleri değerleri karşılaştırılarak denizyolunun bu kriterlere göre avantajlı olduğu hatlar belirlenmiştir. Belediye mülkiyetindeki gemilerin her hâlükârda çalışması durumunda ise filo sayısına ve yolcu sayısı oranlarına göre an uygun rotalar belirlenmiştir.

### 2.1. Denizyolu Sistemi Modeli

Bugün itibari ile Van Büyükşehir Belediyesi Deniz Ulaşım Dairesi Başkanlığı mülkiyetinde bulunan dört adet yolcu gemisi mevcuttur. Düzenli hat taşımacılığı için atılan adımlara rağmen bu gemilerin kent içi ulaştırma sistemi olarak işletilmesinde oluşan işletme maliyeti nedeniyle başarısız olunmuş ve kısa sürede gemiler seferden kaldırılmıştır. Günümüzde belediye mülkiyetindeki bu gemiler bahar ve yaz dönemlerinde turistik amaçlı kullanılmaktadır. Bu gemiler Van Büyükşehir Belediyesi'ne İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hibe edilmiştir. Gelecekte ise bir adeti opsiyonlu olmak kaydıyla iki adet gemi

daha hibe edilebileceği belirtilmiştir. Belediye mülkiyetinde bulunan dört gemi şu anda Edremit deniz iskelesinde atıl vaziyette beklemekte ve sadece özel hizmet talebi ile Gevaş, Akdamar Adası, Tatvan, Ağın Kalesi, Çarpanak Adası, Deveboynu Burnu arasında turizm amaçlı çalışmaktadır. Ayrıca bu gemilerin 03.04.2015-08.11.2015 tarihleri arası sefer bilgileri güverte jurnali incelenerek elde edilmiştir. Gemilerin saatlik yakıt tüketimleri ise yağ kayıt defterleri incelenerek elde edilmiştir.

Sistem, Edremit TOKİ, Edremit TOKİ Kavşağı, Edremit İskele, Van İl Merkezi, Van TCDD İskele, YYÜ İskele olmak üzere 6 ana istasyondan oluşmaktadır. Bunlardan 3 adeti (Edremit İskelesi, Van TCDD İskelesi ve YYÜ Kampüs İskelesi) denizyolu-karayolu geçişinin sağlamaktadır. Yani her bir denizyolu istasyonu aynı zamanda bir kara istasyonu olduğu kabul edilmiştir. Şekil 18’ de 6 ana deniz-kara istasyonu gösterilmiştir. Deniz istasyonları arasındaki mesafeler beyaz renk ile çizilmiştir.



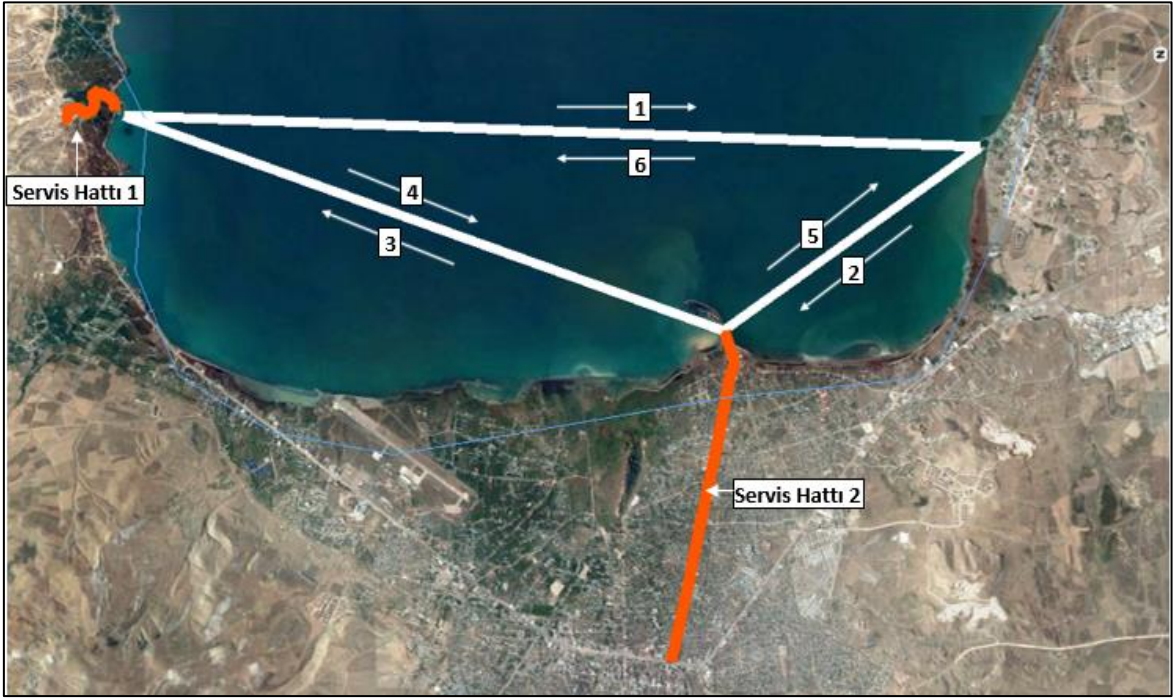
Şekil 18. Tüm sistem modelinin genel yapısı ve istasyonlar

Çalışmada geliş-gidiş yönlerinde belediye mülkiyetindeki gemilerin gün içi çalışma periyodu, muhtemel gemi sayısı, yolcu sayısı ve muhtemel rota değişkenlerine göre toplam yolcu taşımacılık oranı, toplam taşınan yolcu sayısı, ortalama yolculuk süresi, taşınan yolcuların ortalama gemi bekleme süresi, her bir deniz iskelesi için ulaştırma hizmeti alabilen yolcu oranı, deniz sistemi toplam maliyeti ve ulaştırma hizmeti alan yolcuların

oluşturduğu kişi başı maliyet (kişi başı en az ücret) gibi kriterlerinin nasıl tepki verdiği ölçülmeye çalışılmıştır. Bu durumda daha önceden oluşturulmuş senaryolardan en iyi seçenekler sıralanmaya çalışılmıştır.

SIMIO® da simule edilen sistem iki ayrı ana durum olarak incelenmiştir. Birinci kısım; dört adet yolcu gemisi, üç adet deniz iskelesi ve ulaştırma hizmeti alabilecek yolculardan ve karayolu-deniz iskelesi arası çalışan 2 adet servis aracı hattından meydana gelmektedir. İkinci kısım ise deniz sistemine paralel uzanan devlet karayolu (D-300, D-975) üzerinde dört adet karayolu parçasından oluşmaktadır. Denizyolu sistemi yolculuk değerleri 3 iskele arasında geliş – gidiş yönünde 6 farklı rota bacağına göre, karayolu sistemi ise 4 adet karayolu parçasının tek yön olarak düşünülmesine göre değerlendirilmiştir.

Diğer dört adet karayolu parçası ise belediye otobüsü, belediye midibüsü, özel midibüs ve özel minibüsler tarafından düzenli hat yolcu taşımacılığında kullanılan yol parçalarıdır. Denizyolu sisteminde 3 deniz iskelesi arasında geliş-gidiş yönleri Şekil 16 üzerinde 1 ve 6 arasında numaralandırılmıştır. Bu numaralar her bir rota bacağına ifade etmekte ve altı farklı rota seçeneği bu rota bacaklarından oluşmaktadır. Tablo 17’ de bu rota bacaklarına ve deniz sistemine yardımcı karayolu servis aracına ait kalkış-varış istasyonları ve mesafe değerleri verilmiştir.



Şekil 19. Deniz sistemi modelinin genel yapısı

Tablo 17. Denizyolu rota bacaklarının kalkış – varış yerleri ve mesafeleri

Rota Bacağı	Kalkış	Variş	Mesafe (m)
1	Edremit İskelesi	YYÜ Kampüs İskelesi	15030
2	YYÜ Kampüs İskelesi	Van İl Merkezi	6500
3	Van İl Merkezi	Edremit İskelesi	10630
4	Edremit İskelesi	Van İl Merkezi	10630
5	Van İl Merkezi	YYÜ Kampüs İskelesi	6500
6	YYÜ Kampüs İskelesi	Edremit İskelesi	15030

Bu denizyolu rota seçeneklerine destek olarak iki adet karayolu servis hattı kurulması düşünülmüştür. Bu servis hatları Şekil 19 üzerinde turuncu renk ile işaretlenmiştir. Hat güzergahları ve mesafeleri Tablo 18’de belirtilmiştir.

Tablo 18. Denizyolu -karayolu servis hatlarının kalkış – varış yerleri ve mesafeleri

Karayolu Servis Hattı	Servis İstasyonları	Mesafe (m)
1	Edremit TOKİ – Edremit İskelesi YYÜ Kampüs İskelesi	1370
2	Van İl Merkezi– Van TCDD İskelesi	5120

Denizyolu üzerinde karşılıklı sefer ilkesine dayanan 6 farklı rota seçeneği ortaya konulmuştur. Bu 6 farklı rota 3 deniz iskelesi arasında geliş-gidiş yönlerinde 6 farklı rota bacağı sıralaması ile oluşturulmuştur. Tablo 19’da 6 farklı rota için gerekli 6 rota bacağı gösterilmiştir.

Tablo 19. Gemi rotalarının kullandıkları rota bacakları

Rota	Birinci Rota Bacağı	İkinci Rota Bacağı	Üçüncü Rota Bacağı	Dördüncü Rota Bacağı
Rota 1	4	5	2	3
Rota 2	4	5	6	
Rota 3	1	2	3	
Rota 4	1	2	5	6
Rota 5	4	3	1	6
Rota 6	1	6		

Daha sonra bu 6 rota çeşidi 4 gemi tarafından 60 farklı ve mantıklı (karşılıklı sefer ilkesine dayanan) senaryo ile denenmiş ve en iyi 5 rota seçeneği farklı durumlar için seçilmiştir. Üzerinde değerlendirme yapılan 12 farklı durum Tablo 20’ de gösterilmiştir.

Tablo 20. Simülasyon deneylerinin yapıldığı durumlar

Tüm Sistem Maksimum Yolcu Sayısı Oranı	% 10	%20	%25	%30	Yeni Gemi (1) Rota	Yeni Gemi (2) Rota
Filodaki Gemi Sayısı						
4 Gemi	X	X				
5 Gemi	X		X		1	
5 Gemi	X		X		2	
5 Gemi	X		X		3	
5 Gemi	X		X		4	
5 Gemi	X		X		5	
5 Gemi	X		X		6	
6 Gemi	X			X	1	4
6 Gemi	X			X	1	5
6 Gemi	X			X	1	6
6 Gemi	X			X	2	3
6 Gemi	X			X	4	5

Birinci kısımda çalışacak dört adet geminin üç farklı deniz iskelesi arasında karşılıklı sefer mantığına dayanan altmış farklı rota arasından en uygun olanının seçilmesi ve toplamda taşınan yolcu sayısının en fazla değer alması amaçlanmıştır. Fakat bu şartlar sağlanmadan önce simülasyon programı içerisinde Harata (2005)'nin çalışmasında olduğu gibi bazı yolcu davranışları canlandırılmaya çalışılmıştır. Bu davranışlar; eğer deniz iskelesinde 100 kişiden fazla yolcu bekliyorsa ve iskeleye gelecek olan ilk deniz taşıtının gelmesine 1 saat veya üzerinde süre varsa yeni gelen yolcunun deniz yolunu tercih etmeyip sisteme hiç girmemesi ve deniz iskelesine girmesine rağmen 30 dakikadan fazla beklemiş olan yolcunun vazgeçip sistemden geri çıkması olarak sıralanabilir.

Birinci kısımda daha sonra filoya muhtemel yeni bir gemi eklenmesi durumunda girdi parametrelerinin çıktı değişkenlerine nasıl tepki verdiği ölçülmeye çalışılmıştır. Ve son olarak filoya ikinci yeni gemi katılmasında kriterlerin nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. Filoya eklenmesi düşünülen gemilerin tüm teknik özellikleri “Asmalı” gemisi ile eşdeğerdir.

Üç adet deniz iskelesine yolculuk için gelen yolcu sayısının belirlenmesi için karayolu parçalarında çalışan tüm toplu taşıma araçlarının (belediye otobüsü, belediye midibüsü, özel midibüs ve özel minibüsler) yolcu kapasiteleri ve sefer sayıları hesaba katılarak en yüksek değer hesaplanmıştır. Bu en yüksek yolcu sayısı belirli yüzdelerinde deniz yoluna entegre edildiğinde denizyolu kriterlerinin nasıl tepki verdiği ölçülmeye çalışılmıştır.

Birinci kısımda çalışacak olan dört adet geminin bazı teknik özellikleri belirlenerek simülasyon içerisine her bir deniz aracını temsil eden “vehicle” nesnesine özellik olarak girilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. VBB mülkiyetindeki gemilerin özellikleri

Gemi Adı	Yolcu Kapasitesi (Kişi)	Boy*En (m)	GT	Makine Gücü (bhp)	Dizel Yakıt Tüketimi (Litre/Saat)
Asmalı	130	26,82*5,2	77	235*2	55,46
Kağıthane	92	25,08*5,2	58,43	256*2	60,416
Hezil Tamara	70	15,8*5,3	30,34	600*2	141,6
Lim Çarpanak	70	15,8*5,3	30,34	550*2	129,8

Çalışmanın amacı bu 6 ana istasyon arasındaki denizyolu veya karayolu ulaşımındaki sonuç değerleri karşılaştırmalarının ortaya konulmasıdır. Örnek bir karşılaştırma Şekil 20 üzerinde Edremit TOKİ ve YYÜ Kampüsü arasında kullanılan yol parçaları ile gösterilmiştir.

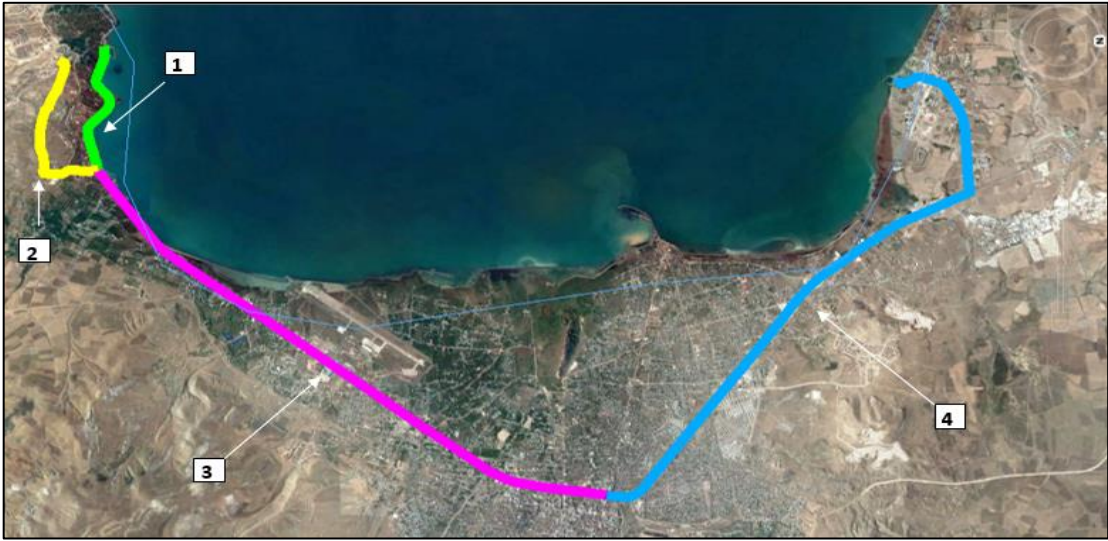


Şekil 20. YYÜ ve Edremit TOKİ istasyonları arasındaki karşılaştırma durumu

Edremit Toplu Konutlarından hareket edecek bir yolcu denizyolunu tercih ederse, denizyolu sistemi parça 7 (karayolu servis aracı) ve parça 1 (rota bacağı 1) yollarını takip ederek Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'ne varabilir. Tercihini karayolundan kullanan yolcu ise karayolu sisteminin 2, 3 ve 4 numaralı parçalarını kullanarak gideceği yere varabilir. Denizyolu ve karayolundaki bu parçaların kendi grupları içerisinde yolculuk zamanı, toplam taşınan yolcu sayısı ve maliyet kriterleri hesaba katılarak karşılaştırma yapılması hedeflenmiştir.

## 2.2. Karayolu Sistemi Modeli

İkinci kısımda incelenen karayolu parçaları ise Şekil 21 ile gösterilmiştir. Buradaki hesaplamalarda yol parçalarının geliş-gidiş yönleri dikkate alınmamıştır. Örnek verilecek olursa 3 numaralı parça, Edremit TOKİ Kavşağı-Van İl Merkezi arasındaki yolculuk değerlerini kapsamış ve geliş-gidiş yönleri ortalama değerle tek yön gibi düşünülmüştür.



Şekil 21. Karayolu sistemi modelini oluşturan yol parçaları

Karayolu sistemi modelini meydana getiren yol parçalarının hangi istasyonlar arasında buldukları ve bu yol parçalarının uzunlukları Tablo 22 ile gösterilmiştir.

Tablo 22. Karayolu parçalarının güzergahları ve mesafeleri

Karayolu Parçası	İstasyonlar (Çift Yön)	Mesafe (m)
1	Edremit İskelesi-Edremit TOKİ Kavşağı YYÜ Kampüs İskelesi	3150
2	Edremit TOKİ- Edremit TOKİ Kavşağı	3550
3	Edremit TOKİ Kavşağı-Van İl Merkezi Edremit İskelesi	12000
4	Van İl Merkezi-YYÜ Kampus (Bardakçı) Van İl Merkezi	13380

## 2.3. Deniz Sistemi Kabul Değerleri

Deniz sisteminin simülasyon modelinin kurulabilmesi için saatlik yolcu sayısı ya da gerçekte çalışmayan deniz iskelesi çalışma saatleri gibi bazı sayısal değerlerin belli aralıklarda kabul edilerek simülasyon modeline kayıt edilmesi gerekmektedir.



### 2.3.1. Deniz Sistemi İçerisindeki Yolcu Sayıları Kabul Değerleri

Deniz sistemine potansiyel oluşturacak yolcu kitlesi saha araştırmasıyla tespit edilememiştir. Bu sebeptendir ki simülasyon sistemi içerisine bu sayı olay yeri araştırması yapılmaksızın önceden kabul değerleri ile girilmiştir. Buna rağmen bu sayılar denizyolu sistemine potansiyel oluşturacak olan karayolu sistemi üzerinde aynı uğrak noktalar arasında çalışan toplu taşıma araçlarının kapasiteleri hesaplanarak ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır (Tablo 23).

Tablo 23. Karayolu toplu taşıma araçları teknik özellikleri (VBB, 2016)

Araç eşidi	Otobüs – 12,5 m (Belediye)	Midibüs – 9,5 m (Belediye)	Midibüs – 7,7 m (Özel Teşebbüs)	Minibüs – 5,6 m (Özel Teşebbüs)
Araç Kapasitesi				
Oturan	25	24	24	14
Ayakta	84	36	30	-
TOPLAM	109	60	54	14

Edremit İskelesi – Van il merkezi hattı için potansiyel oluşturulan karayolu parçaları, Şekil 16’ da gösterildiği gibi 1, 2 ve 3 numaralı karayolu parçalarıdır. 1 numaralı karayolu parçasını kullanan hedef toplu taşıma araçları, GV1 ve 112 numaralı belediye otobüsleridir. Bu karayolu parçasında tek yönde taşınan kitle 2289 kişidir. 2 numaralı karayolu parçası ise Edremit TOKİ yerleşim bölgesi ile ulaşımı sağlamakta ve bu karayolu parçasını 131, 121, E1 sefer numaralı belediye otobüsleri ve 107 adet özel teşebbüse bağlı minibüs kullanmaktadır. Karayolu 1. ve 2. parçalarında çalışan araçlar aynı zamanda 3. Karayolu parçasında da çalışmaktadır. Bu araçların tam dolu iken yolcu kapasiteleri (ayakta ve oturan) ve gün içindeki sefer sayıları hesaplanarak bu denizyolu istasyonuna potansiyel oluşturulan yolcu sayısı günlük ortalama 17142 olarak hesaplanmıştır.

YYÜ – Van il merkezi hattı için potansiyel yolcu kaynağı olan 4 numaralı yol parçasıdır. Bu karayolu parçasında çalışan karayolu toplu taşıma araçlarının kapasiteleri ve günlük sefer sayılarına bağlı olarak gün içi toplam taşınan ortalama yolcu sayısı tespit edilmiştir. Bu araçlardan Van Büyükşehir Belediyesi mülkiyetinde bulunanlar E1, 631, 611, MR1 ve L1 sefer numaralı belediye mülkiyetindeki otobüsler ve 541, 542, 543, 641, 611 sefer numaralı midibüslerdir. Bu karayolu parçası üzerinde Van Büyükşehir Belediyesi kontrolünde özel teşebbüs mülkiyetinde olarak alışan “Kampüs – Sıhke” ve “Kampüs – Maraş” sefer isimleri olan 2 hat mevcuttur. Bunlara ek olarak bu karayolu parçasını kullanan

ve yine özel teşebbüse ait olan 54 adet minibüs mevcuttur. Buradan elde edilen potansiyel yolcu sayısı günlük ortalama 30125 kişidir.

YYÜ Kampüsü ve Edremit İskelesi arasındaki potansiyel yolcu sayısı ise Edremit İskelesi – Van il merkezi ve Van il merkezi – YYÜ Kampüsü arasındaki yolcu sayısı değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Bu durumun sebebi Edremit İskelesi ve YYÜ Kampüsü arasında bir başka uğrak nokta olan Van il merkezinin bulunmasıdır. Arada kalan bu önemli uğrak noktadaki yolcu transferi değerleri tespit edilememiştir. Ayrıca üniversitenin oluşturduğu potansiyel yolcu kitlesi eğitim sezonu dışında büyük azalmalar göstermektedir. Ortalama değer 24780 olarak hesaba katılmıştır.

Daha önce belirtilen deniz araçlarının kapasiteleri dikkate alındığında tek seferde taşınabilecek yolcu sayısı 362 kişidir. Ayrıca bu gemiler simülasyon modelinde gün içerisinde en fazla 13,5 saat hizmet vermek üzere programlanmıştır. Yapılan hesaplamada güncel durumda belediye mülkiyetindeki 4 adet geminin gün içi çalışma programına göre en fazla taşıyabileceği yolcu sayısı 13939 kişidir. Bu değer karayolu parçalarındaki toplu taşıma araçlarından türetilen potansiyel yolcu sayılarının çok altında kaldığı görülmektedir. Bu nedenle denizyolunu tercih edebilme imkânı olabilecek kitle karayolu potansiyel yolcu sayılarının yüzde 25 oranındaki kısmı kabul edilmiştir. İlgili karayolu parçalarında hesaplanan gün içi taşınan ve denizyolu için potansiyel oluşturan toplam yolcu sayısı değerleri Tablo 24’de gösterilmiştir.

Tablo 24. Deniz iskeleleri arasında denizyolu potansiyel yolcu sayıları

Rota Bacağı	Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı (Tek Yön)			
	%100	%70	%30	%10
3 ve 4	4860	3402	1458	486
2 ve 5	7531	5272	2259	753
1 ve 6	6195	4337	1858	620

### 2.3.2. Deniz İskeleleri İşlem ve Çalışma Zamanları Kabul Değerleri

Her bir deniz iskelesi gün içerisinde 06:30 – 21:30 saatleri arasında hizmet verecek şekilde kabul edilmiştir. Deniz iskeleleri için günlük çalışma düzeni haftanın her günü için aynı kabul edilmiştir. Ayrıca her bir deniz iskelesine giren yolcunun iskeleye girişte kaybettiği zaman (deniz iskelesi işlem zamanı) rastgele üçgensel dağılım olarak 30, 45 ve 60 saniye aralığında kabul edilmiştir. Deniz iskelelerin tümünde beşer adet yolcu turnikesi

olduğu ve böylece deniz iskelesi işlem zamanının aynı anda 5 yolcuya uygulanması kabul edilmiştir. Bunun yanında her bir deniz iskelesi içerisinde yolcuların yürümesi gereken mesafe 50 m ve yolcuların yürüme hızları da saatte ortalama 4 km olarak kabul edilmiştir.

### **2.3.3. Yolcu Gemileri Kabul Değerleri**

Belediye mülkiyetindeki iki adet deniz otobüsü ve iki adet yolcu gemisine ait gerçek ortamda gözlemlenemeyen bazı değerler simülasyon sistemine kayıt edilmesi için önceden kabul ile belirlenmiştir. Örnek verilecek olursa gerçek ortamda düzenli hat yolcu taşımacılığında hiç çalışmayan bu gemilerin iskelelerde yolcu indirip bindirmesi için gereken süren önceden kabul edilmiştir.

Bilindiği üzere sistemde güncel durumda 4 adet gemi mevcuttur. Bu gemilerin her birinin deniz iskelelerinde en 15 dakika beklenmeden iskeleden ayrılmaması kabul edilmiştir. Bu gemilere her bir yolcunun binişinde ve inişinde harcanan zaman 5 saniye olarak kabul edilmiştir.

#### **2.3.3.1. Yolcu Gemileri Maliyet Kabul Değerleri**

Gemilerin maliyet girdilerindeki kabul ise her birinin daha önce belirtilen saatlik yakıt tüketim miktarı ve güncel ÖTV' siz yakıt (dizel) litre fiyatıyla çarpılması sonucu deniz araçlarının saatlik yakıt tüketim masrafları bulunmuştur (Tablo 25). Günlük yakıt masraflarının bulunmasının simülasyon içerisinde en kısa yolu her bir geminin günlük katettiği mesafenin günlük ortalama sürata bölünerek gün içinde hareket halindeki zamanın bulunması ve bu zaman değeri ile saatlik yakıt masrafının çarpılmasıdır. Bu arada ÖTV' siz akaryakıt (dizel) litre fiyatı 1,7945 Türk lirası olarak belirlenmiştir. Bunlara ek 4 adet gemi için 500, deniz iskeleleri için 500 olmak üzere deniz sistemine her gün 1000 yakıt hariç işletme maliyeti eklenmiştir.

Tablo 25. Yolcu gemileri yakıt tüketimleri (VBB, 2016)

Gemi Adı	Makine Gücü (Bhp)	Dizel Yakıt Tüketimi (Litre/Saat)	Akaryakıt Litre Fiyatı (₺)	Saatlik Yakıt Masrafı (₺)
Asmalı	235*2	55,46	1,7945	99,523
Kağıthane	256*2	60,416	1,7945	108,416
Hezil Tamara	600*2	141,6	1,7945	254,101
Lim Çarpanak	550*2	129,8	1,7945	232,926

### 2.3.3.2. Yolcu Gemileri Çalışma Düzeni, Kapasite ve Saatlik Hız Kabul Değerleri

Yolcu gemilerinden “Asmalı” ve “Kağıthane” çelik tekneye sahip ve “Hezil Tamara” ve “Lim Çarpanak” gemilerinden daha az saatlik hıza sahiptir. Bunun sebepleri arasında Hezil Tamara ve Lim Çarpanak gemilerinin fiber yapılı katamaran tipi tekneye sahip olmaları ve de sevk sistemlerindeki makine güçlerinin Asmalı ve Kağıthane gemilerinin makine güçlerinin yaklaşık iki katı olması gösterilebilir. Yolcu gemilerinden Asmalı ve Kağıthane için saatlik hız mod değeri 13 deniz mili olmak üzere rastgele üçgensel dağılım ile 11 ve 14 deniz mili arasından seçilmesi kabul edilmiştir. Hezil Tamara ve Lim Çarpanak gemileri saatlik hız değerleri ise rastgele üçgensel dağılım ile mod değeri 17 deniz mili olmak üzere 15 ve 20 deniz mili arasından seçilmesi kabul edilmiştir. Bunların dışında yolcu gemilerinin gerçek yolcu kapasitelerinin sisteme girilmesi kabul edilmiştir.

Simülasyon programı içerisinde çalışma periyodu olan 24 saatlik dönem içerisinde gemilerin 07:00-20:30 saatleri arasında 13,5 saat çalışması kabul edilmiştir. Bu seçeneğin belirlenmesinin en önemli sebebi gemilerin gün içi çalışma periyotlarının çeşitli tecrübelerle denenmesidir. Örnek verilecek olursa program her bir geminin günün farklı saat dilimlerinde beklemeye geçirilmesi şeklinde denenmiş fakat sistemde büyük tıkanıklıklar ve gemilerin taşıma kapasitelerinde yetersizlik gözlemlenmiştir.

### 2.3.4. Deniz Yoluna Yardımcı 2 Adet Karayolu Servis Hattı Kabul Değerleri

Deniz yolu sisteminin yolcu kaynağı potansiyeli olan Edremit ilçesindeki toplu konutlar ile Van il merkezi kendilerine en yakın deniz iskelelerine belli mesafede bulunmaktadır. Kurulacak ilk hattın Edremit TOKİ ile Edremit deniz iskelesi arasında ikincisinin ise Van il merkezi ve Van TCDD iskelesi arasında olması farz edilmiştir. Bu hatlar üzerinde çalışan karayolu araçlarının hız değerlerinin mod değeri 35 kilometre/saat olmak üzere 30 ve 40 kilometre/saat arasındaki bir değerden rastgele üçgensel dağılımla

seçilmesi kabul edilmiştir. Bu hatlarda çalışan araçların günlük sefer sayıları, dakika birimi ile sefer aralıkları, durak sayıları, trafik ışığı sayıları ve bu duraklarda ve trafik ışıklarında bekleme süreleri Tablo 26' da verilmiştir.

Tablo 26. Denizyolu – karayolu servis hatları araç ve yol bilgileri

	Araç Çeşidi	Araç Sayısı	Günlük Sefer Sayısı	Sefer Aralığı (Dakika)	Durak Sayısı	Trafik Işığı Sayısı
Servis Hattı 1	Belediye Otobüsü	1	14	60	3	2
	Belediye Midibüsü	2	28	30		
Servis Hattı 2	Belediye Otobüsü	1	14	60	10	7
	Belediye Midibüsü	2	28	30		
Bekleme Zamanı (Saniye) Rastgele Üçgensel Dağılım (minimum, mod, maksimum.)					(1,45,60)	(1,30,60)

#### 2.4. Karayolu Sistemi Kabul Değerleri

Karayolu sisteminde 1 numaralı karayolu parçası olan bu hatta 5 adet durak ve 3 adet trafik ışığı tespit edilmiştir. Karayolu araçlarının bu durak ve trafik ışıklarından geçerken kaybettikleri zamanı simule etmek amacıyla önceden kabul edilen değerler sisteme girilmiştir. Trafik ışıkları için kayıp zaman mod değeri 30 saniye olmak üzere 1 ve 60 saniye arasındaki bir değerden rastgele üçgensel dağılımla seçilmesi kabul edilmiştir. Araçların uğradığı duraklar için bu değerler mod değeri 45 saniye olmak kaydıyla 1 ve 60 saniye arasındaki bir değerde rastgele üçgensel dağılımla seçilmesi kabul edilmiştir. Buradaki önemli husus duraklar ve trafik ışıklarında bekleme süreleri için üçgensel dağılım minimum değeri 1 saniyedir. Bunun sebebi bazı duraklarda inen ya da binen yolcu olmaması ve bazı trafik ışıklarında araçların beklemeye yakalanmaması ihtimalinin simule edilmesidir. Her bir trafik ışığı ve durak için bekleme zamanı diğer karayolu modelleri için de aynı kabul edilmiştir. Fakat trafik ışığı ve durak sayısı değiştikçe modellerdeki toplam bekleme zamanları değişebilmektedir.

Her bir karayolu parçası için oluşturulan 4 adet simülasyon modelinde bekleme zamanlarını ifade eden trafik ışıkları ve durak sayıları Tablo 27 içerisinde verilmiştir.

Tablo 27. Karayolu parçaları durak ve trafik ışığı sayıları ile bekleme zamanları

	Durak Sayısı	Trafik Işığı Sayısı
Karayolu Parçası 1	5	3
Karayolu Parçası 2	7	2
Karayolu Parçası 3	25	23
Karayolu Parçası 4	28	16
Bekleme Zamanı (saniye) Rastgele Üçgensel Dağılım (min., mod, maks.)	(1,45,60)	(1,30,60)

Del Mistro ve Aucamp (2000) ‘ın yaptıkları toplu taşımada maliyet modeli kurulması çalışmasından şehir içi ulaşımda kullanılan karayolu araç çeşitlerinin şehir içi yol kademelenmesine göre ortalama yakıt tüketimleri ve ortalama saatlik hızları tespit edilmiştir (Del Mistro ve Aucamp, 2000). Tablo 28’ de karayolu araç çeşitlerinin saatlik ortalama hız ve 100 km yolculukta yakıt tüketimi litre olarak verilmiştir. Ortalama hız değerleri sırasıyla minimum, mod, maksimum ve akış sayısı verilmiştir.

Tablo 28. Karayolu araç çeşitlerine göre hız ve yakıt tüketim bilgileri

	Ortalama Hız (km/saat)		Yakıt Tüketimi (litre/100 km)
	Yüksek Trafik Yoğunluğu	Düşük Trafik Yoğunluğu	
Belediye Otobüsü	(25,30,35,30)	(30,35,40,30)	35
Belediye Midibüsü	(25,30,35,30)	(30,35,40,30)	22
Özel Midibüs	(30,35,40,30)	(35,40,45,30)	22
Minibüs	(35,40,45,30)	(40,45,50,30)	14

Karayolu sistemindeki araçların maliyet formülünde akaryakıt litre fiyatı ₺4,77 olarak kabul edilmiştir. Buradaki önemli bir hususu belirtmek gerekirse, bazı karayolu araçları seferleri boyunca birden fazla karayolu parçasını kullanmaktadır. Her bir karayolu parçası için ayrı model oluşturulduğu için bazı karayolu toplu taşıma araçları birden fazla modelde görülmektedir. Bu nedenle araçlara model içerisinde sabit bir maliyet girilememiştir. Sonuç olarak araçların yakıt hariç işletme maliyetleri dakika başına hesaplanarak farklı modeller içerisinde geçirdiği sefer süreleri ile çarpılarak aracın seferi boyunca toplam sabit maliyeti hesaplanmıştır. Yakıt hariç işletme maliyetlerinin miktarları belediye mülkiyetindeki otobüs ve midibüs çeşidindeki araçlar için dakikada ₺0,2 özel teşebbüse ait midibüs ve minibüsler için sabit işletme maliyetleri dakika başına 0,15 Türk Lirasıdır.

Tablo 29’ da karayolu parçaları üzerinde çalışan araçların çeşitlerine göre sayıları ve sefer sayıları verilmiştir. Karayolu araçları simülasyon modeli içerisinde “entity” objesi

olarak kayıt edildiği için önceden kabul edilen bu sefer sayıları model içerisine akış tablosu olarak girilmiştir.

Tablo 29. Uğrak noktalar arasında çalışan karayolu araçları çeşitleri ve sefer bilgileri

İstasyonlar	Edremit İskele	Edremit TOKİ Kavşağı	Edremit TOKİ	Edremit TOKİ Kavşağı	Edremit TOKİ Kavşağı	Van İl Merkezi	YYÜ Kampüsü	Van İl Merkezi
	Karayolu Parçası 1		Karayolu Parçası 2		Karayolu Parçası 3		Karayolu Parçası 4	
Araç Çeşitleri	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı
Belediye Otobüsü	4	42	10	86	14	128	6	50
Belediye Midibüsü							10	87
Özel Midibüs							32	288
Minibüs			107	1070	107	1070	54	810

## 2.5. Simülasyon Sistemi Girdi Verilerinin Kayıt Edilmesi

Karayolu ve denizyolu simülasyon modelleri ayrı sayfalarda oluşturulmuş ve gerçek sistem elemanlarını temsil eden yazılım elemanları seçilerek bağlantıları oluşturulmuştur. Bu adımdan sonra bu elemanların değerlerinin üzerlerindeki özellik bölümlerine ve işlem süreci modellerine kayıt edilmesidir.

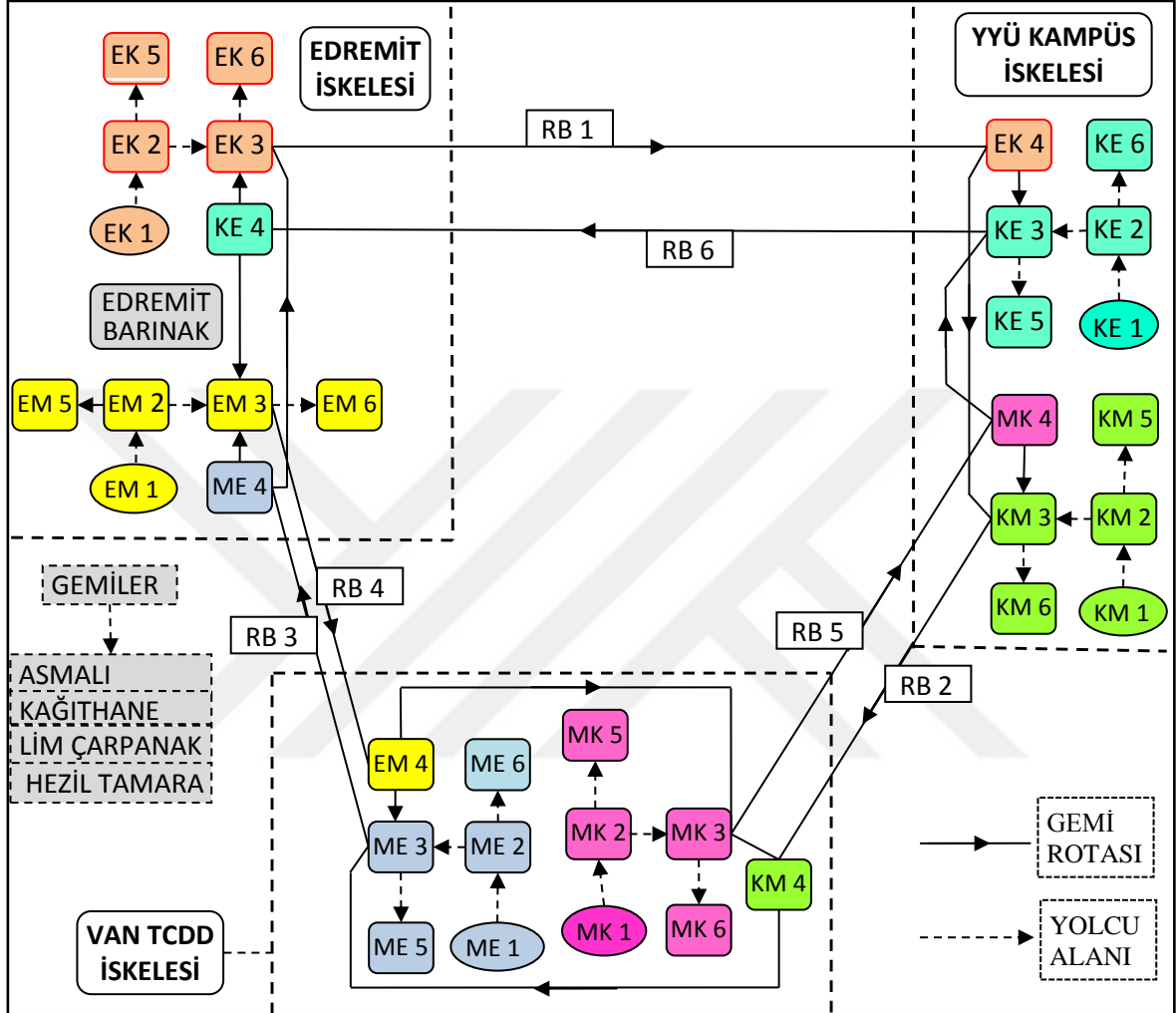
Hatırlanacağı üzere deniz sistemi 3 adet deniz iskelesi, 6 adet rota bacağı, yolcu taşımacılığında kullanılan gemiler ve yolculardan oluşmaktadır. Deniz iskelelerinde geliş ve gidiş olmak üzere ikişer tesisin program içerisinde kurulması düşünülmüştür.

Aynı şekilde, daha önce belirtilen 4 adet karayolu parçası için modeller oluşturulmuş ve oluşturulan her modelde araçların giriş-çıkış yaptığı terminaller, trafik ışıkları ve yol boyunca uğradığı duraklar gerekli bilgilerin girilmesiyle tesis edilmiştir.

### 2.5.1. Denizyolu Simülasyon Modeli Verilerinin Kayıt Edilmesi

Simio® simülasyon programının “model” sayfasında oluşturulan deniz sistemine ait ana model Şekil 22’ de gösterilmiştir. Sistem içerisindeki bölümler birer harf ve rakamla kodlanmıştır. Her bir objenin adlandırılmasında kullanılan bu kodun ilk harfi bulunduğu

deniz iskelesinin ilk harfini, ikinci harf ise gideceği yöndeki deniz iskelesinin ilk harfini temsil etmektedir.



Şekil 22. Deniz sistemi simülasyon modeli

Deniz iskelelerinin hangi harflerle kodlandığı aşağıdaki gibidir;

- E harfi, Edremit deniz iskelesi
- M harfi, Van il merkezi
- K harfi, YYÜ kampüsü deniz iskelesi

Örnek verilecek olursa “EK1” kodlu “entity” nesnesi Edremit deniz iskelesinden YYÜ kampüsü deniz iskelesine seyahat edecek olan yolcuyu canlandırmaktadır.

Harflerden sonra gelen rakamlar ise sırası ile ilgili rota bacağındaki obje sırasını belirtmektedir. Kodlar içerisindeki rakamların sırası ile hangi objeyi temsil ettiği aşağıda belirtilmiştir;

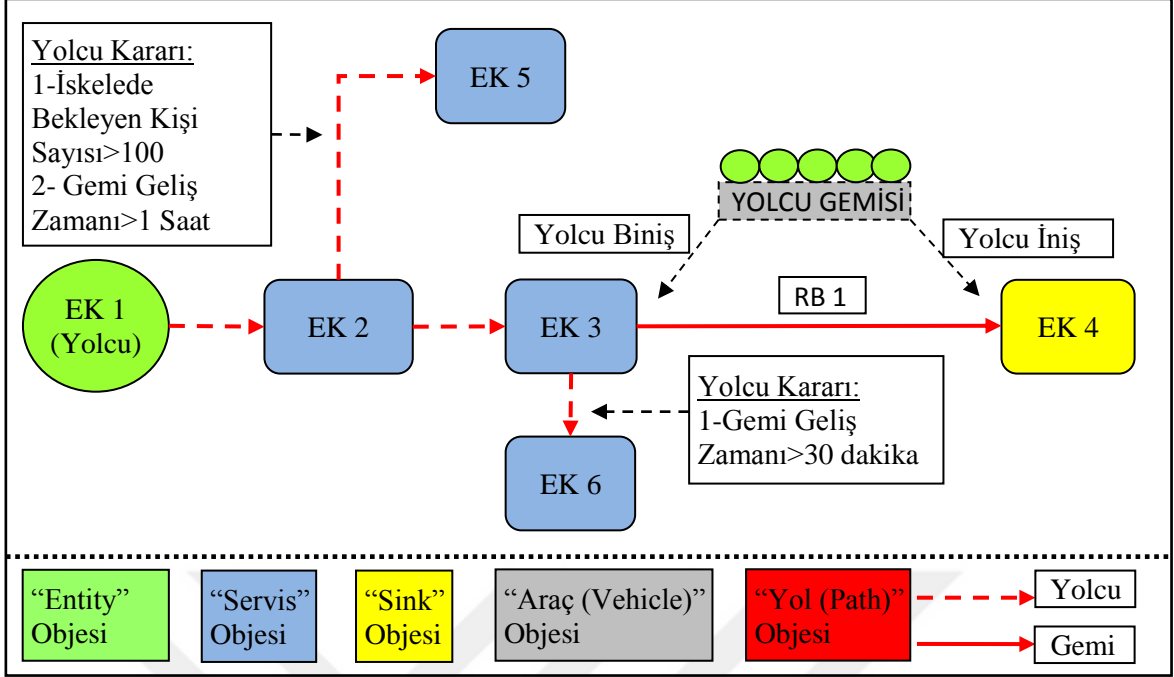


- 1 rakamı, ilgili rota bacağında seyahat edecek olan yolcu (entity objesi)
- 2 rakamı, yolcunun program tarafından üretildiği ve sisteme giriş yaptığı “kaynak” objesi
- 3 rakamı, yolcuların deniz iskelesine girdiği ve gişeleri geçip yolcu gemilerini bekledikleri “servis” objesi
- 4 rakamı, yolcuların varış istasyonundaki geliş iskelesinin canlandırıldığı ve yolcuların bu obje ile sistemi terk ettiği “sink” objesi
- 5 rakamı, yolcuların daha önceden belirlenen kabul değerleri nedeni ile sisteme girmeyi tercih etmeyip doğrudan sistemi terk ettikleri “sink” objesi
- 6 rakamı, yolcuların sisteme giriş yapıp deniz iskelesi servis objesinden geçerek yolcu gemisi için sıra bekledikten sonra daha önceden belirlenmiş kabul değerleri nedeniyle yolculuktan vazgeçerek sistemi terk ettiği “sink” objesi

Tekrar örnek verilecek olursa “MK4” kodlu simülasyon objesi, yolcuların Merkez-Kampüs yönündeki rota bacağı (5) kullanıp YYÜ kampüsü deniz iskelesine vardıkları ve sistemi terk ettikleri “sink” objesidir.

Model resmindeki gemilerin adları üzerlerinde görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere kod sonundaki rakamı 4 olan objelerin ilk harfi değil, ikinci harfleri buldukları deniz iskelesinin harfidir.

Diğer yandan deniz sistemi modeli içerisinde bir yolcunun sisteme giriş ve sistemden çıkış yaptığı süreçte yolcu kararları ve izlenen adımlar Şekil 23’de gösterilmiştir. Şekil üzerindeki süreçler 6 adet hattan Edremit-YYÜ Kampüsü arasındaki hat üzerinden örneklenmiştir.

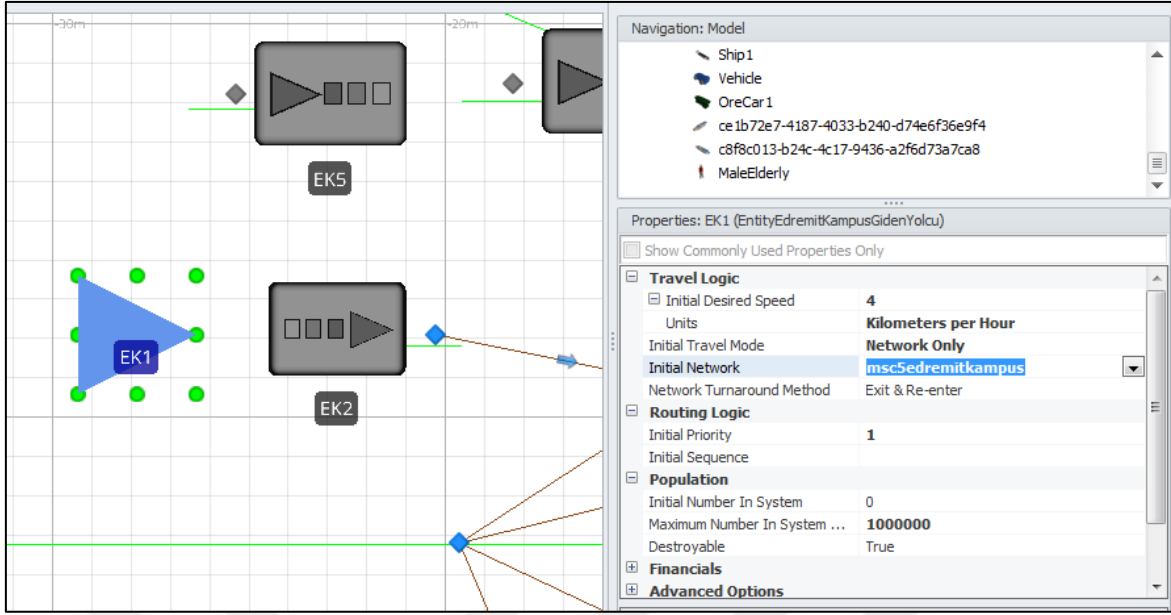


Şekil 23. Deniz sistemi simülasyon modeli içerisindeki tek bit hat için (EK) adımlar

Ayrıca gemilerin çalışma programları dışında ertesi günü bekledikleri ve seferlere ilk başladıkları barınak “EDREMIT BARINAK” isimli bağlantı noktasıdır (Şekil 19). Bunların dışında gemilerin çalıştıkları hatlar “RB” harfleri ve sonlarında hangi rota bacağı olduğunu belirten rakamlarla kodlanmışlardır.

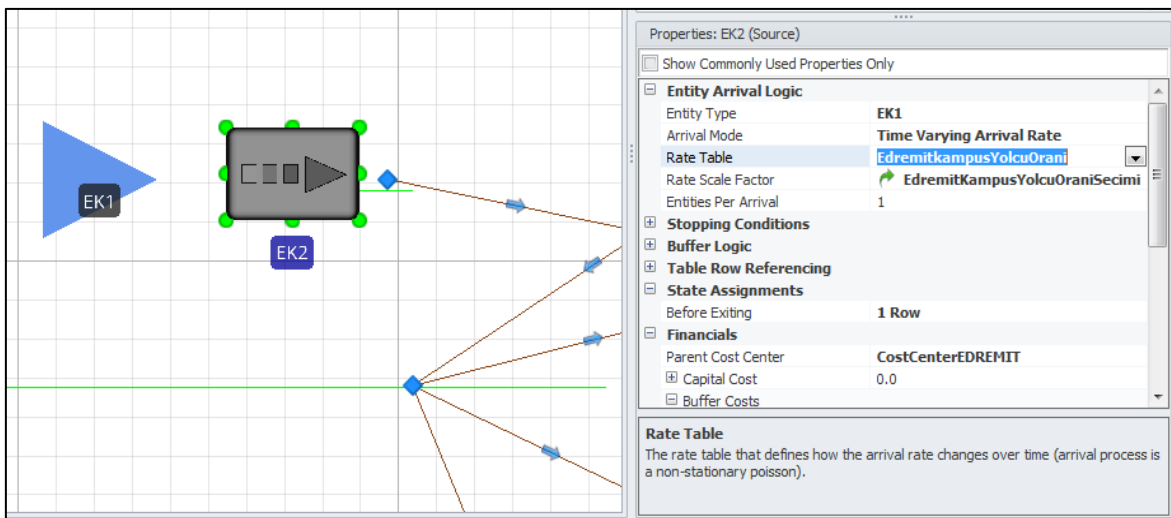
### 2.5.1.1. Yolcu Bilgilerinin Girilmesi

Simülasyon programı model sayfası zerindeki herhangi bir objenin üzerine işaretlendiğinde sayfanın sağ tarafında ilgili obje ile ilgili özellikler kısmı açılmaktadır. Yolcuları temsil eden “entity” objesi için açılan özellikler kısmına yolcu hızı 4 km/saat olarak girilmiştir. Ayrıca yolcuların gemilerle taşınarak varacakları “sink” objeleri dışında başka bir rota bacağına geçmemeleri için her bir “entity” objesine (yolcuya) bir ağ (initial network) atanmıştır. Atanan bu ağlar her bir yolcunun ilgili olduğu rota bacağı güzergahının aynıdır. Şekil 24’ de “EK1” objesi Edremit iskelesinden YYÜ Kampüs iskelesine gidecek olan yolcu temsil eder.



Şekil 24. Simülasyon modelinde yolcu (entity) nesnesinin özellikler bölümü

Model içinde yolcuları canlandıran bu entity objesinin ne sayıda ve oranda model içerisine gireceği “EK2” isimli kaynak objesinin özellikler kısmından belirlenmektedir. Kaynak objesi entity objelerini üreterek sisteme girmesini sağlayan simülasyon elemanıdır. Aynı örnek ile devam edecek olursak “EK2” kaynak objesine girilecek ilk özellik hangi “entity” objesinin bu kaynak objesi tarafından üretileceği bilgisinin girilmesidir. Bu bilgi “Entity Type” hanesine “EK1” olarak girilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Simülasyon modelinde yolcu girişi (source) nesnesinin özellikler bölümü

İkinci olarak bu yolcuların hangi oranda sisteme sokulacağı ise özellikler kısmındaki “Rate Table” hanesinden daha önceden sisteme veri olarak girilmiş olan akış tablosunun adının seçilmesi ile belirlenir. Akış oranı tablosu model sayfası açıkken görünen “Data” penceresi seçilerek ve daha sonra da ekranın sol tarafındaki “Rate Table” sekmesi seçilerek gün içi belirli zaman aralıklarında akış oranları girilerek belirlenir (Şekil 26).

Starting Offset	Ending Offset	Rate (events per hour)
Day 1, 04:00:00	Day 1, 05:00:00	0
Day 1, 05:00:00	Day 1, 06:00:00	0
Day 1, 06:00:00	Day 1, 07:00:00	620
Day 1, 07:00:00	Day 1, 08:00:00	620
Day 1, 08:00:00	Day 1, 09:00:00	620
Day 1, 09:00:00	Day 1, 10:00:00	310
Day 1, 10:00:00	Day 1, 11:00:00	310
Day 1, 11:00:00	Day 1, 12:00:00	310
Day 1, 12:00:00	Day 1, 13:00:00	310
Day 1, 13:00:00	Day 1, 14:00:00	310
Day 1, 14:00:00	Day 1, 15:00:00	310
Day 1, 15:00:00	Day 1, 16:00:00	310
Day 1, 16:00:00	Day 1, 17:00:00	620
Day 1, 17:00:00	Day 1, 18:00:00	620
Day 1, 18:00:00	Day 1, 19:00:00	620
Day 1, 19:00:00	Day 1, 20:00:00	305
Day 1, 20:00:00	Day 1, 21:00:00	0
Day 1, 21:00:00	Day 1, 22:00:00	0
Day 1, 22:00:00	Day 1, 23:00:00	0
Day 1, 23:00:00	Day 2, 00:00:00	0

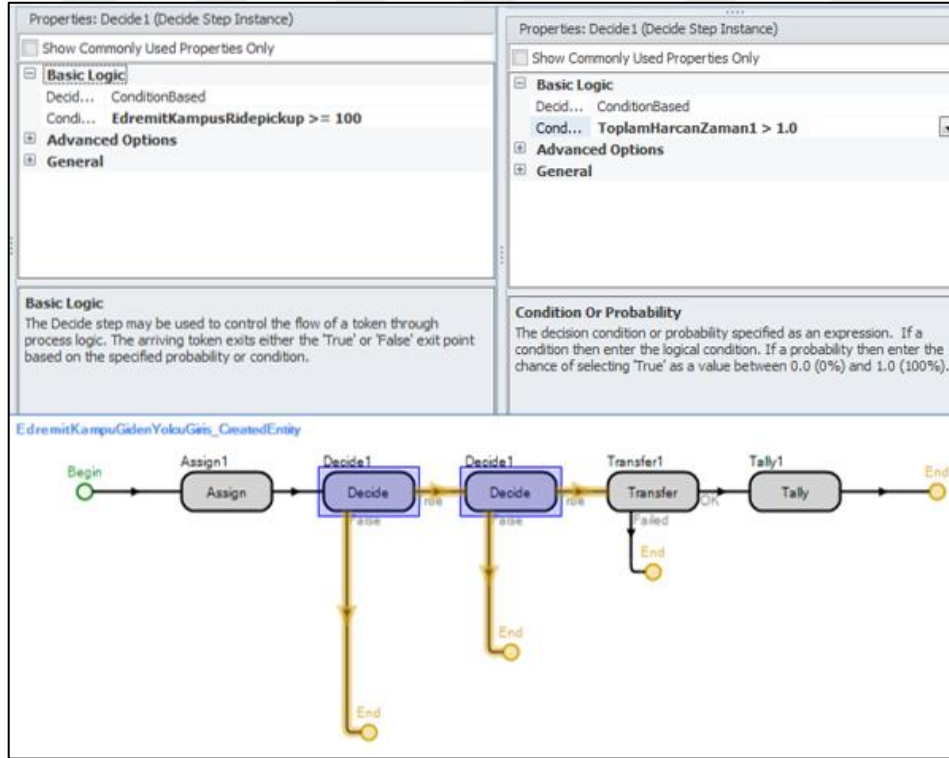
Şekil 26. Simülasyon modelinde yolcu akış tablosu

Daha önce hatırlanacağı gibi karayolu parçalarında çalışan toplu taşıma araçlarının kapasite ve sefer sayılarından hesaplanan potansiyel yolcu sayıları ilgili hatlardaki tüm “entity” ve “source” objelerine saatlik akım tablosu olarak girilmiştir (Şekil 21). Sistem içerisinde yolcuları temsil eden “entity” objeleri gün içerisinde 06:00–21:00 saatleri arasında saatlik düzen şeklinde gelmesi sağlanmıştır. Buradaki önemli husus ise sabah ve akşam yoğunluk saatleri önceden kabul edilmiş ve bu saatlerdeki ortalama yolcu sayısı bu saatler

dışındaki saatlerdeki yolcu sayısının iki katı olarak girilmiştir. Sabah yoğunluk saatleri 06:00-09:00, akşam yoğunluk saatleri ise 16:00-19:00 arasında kabul edilmiştir.

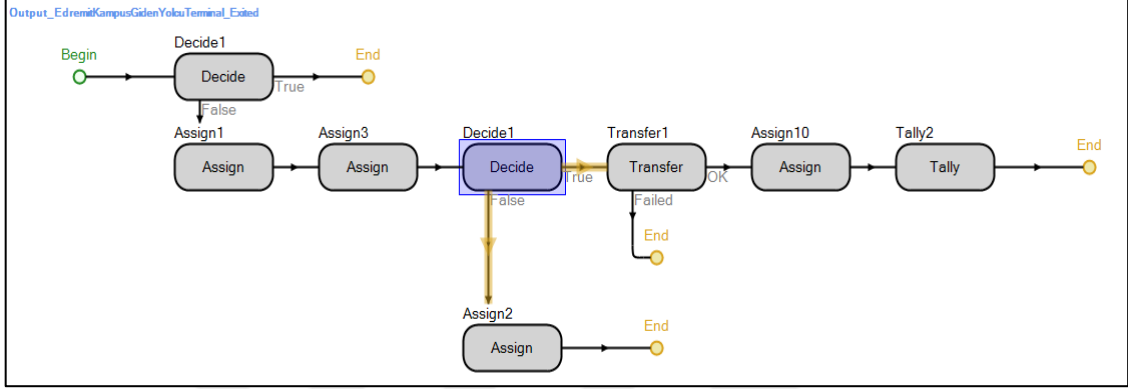
### 2.5.1.2. Yolcu Tercihleri ve Yolcu Davranışlarının Süreç Modelleri

Simülasyon model ara yüzünden “Process” penceresine girilerek ana modelin herhangi bir parçasında simülasyon programına belli bir mantığa dayanan sistem davranışı ve işlem eklenebilir. Örnek proses modelde Edremit-Kampüs yönünde seyir edecek olan bir “entity” (yolcu) objesinin “EK2” kaynak objesi tarafından henüz oluşturulmuş oluşturulmaz bazı tercihleri yapması sağlanmıştır. Şekil 27’ de koyu renkle işaretlenmiş ve model şeridinde “decide” adıyla eklenmiş yolcu tercihleri görülmektedir. Bu tercihler sırasıyla deniz iskelesini canlandırarak EK3 servis objesinde 100’den fazla yolcu olması ve yolcunun sistem tarafından üretilmesinden iskeleye herhangi bir gemi gelmesi süresine kadar geçecek olan süre 1 saatten fazla olması durumlarında yolcunun sisteme girmeyip EK5 “sink” objesine giderek sistemi direkt olarak terk ettiğini göstermektedirler.



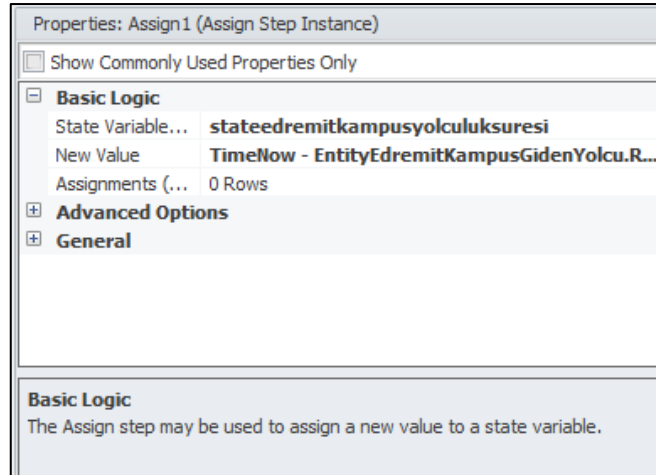
Şekil 27. Deniz sistemi yeni yolcu davranışı işlem süreci modeli

Şekil 28’de gösterilen işlem modelinde ise EK1 kaynak objesi tarafından üretilip EK3 servis objesine gelmiş olan ve gemi gelmesini bekleyen bir yolcunun bu süreçte toplam harcadığı zamanın 30 dakikadan fazla olması durumunda yolculuk etmekten vazgeçerek EK6 “sink” objesine gönderilmesi, aksi halde gemi beklemeye devam edip taşımacılık hizmeti alması gösterilmiştir.



Şekil 28. Deniz sistemi gemi bekleyen yolcu davranışı işlem süreci modeli

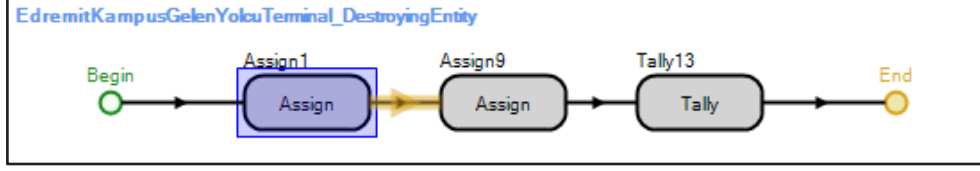
Yolcunun limanda beklediği zaman yine bu işlem modeli ile istatistiksel kayıtların tutulması sağlanmıştır (Şekil 29).



Şekil 29. Deniz Sistemi Gemi Bekleyen Yolcu Davranışı İşlem Süreci Modelinde Özellikler Bölümü

Son olarak yolcunun (entity) rastgele gelen bir gemi vasıtasıyla yolculuğu tamamlayarak EK4 “sink” objesine ulaşması sürecinde her bir yolcu için yolculuk süresinin

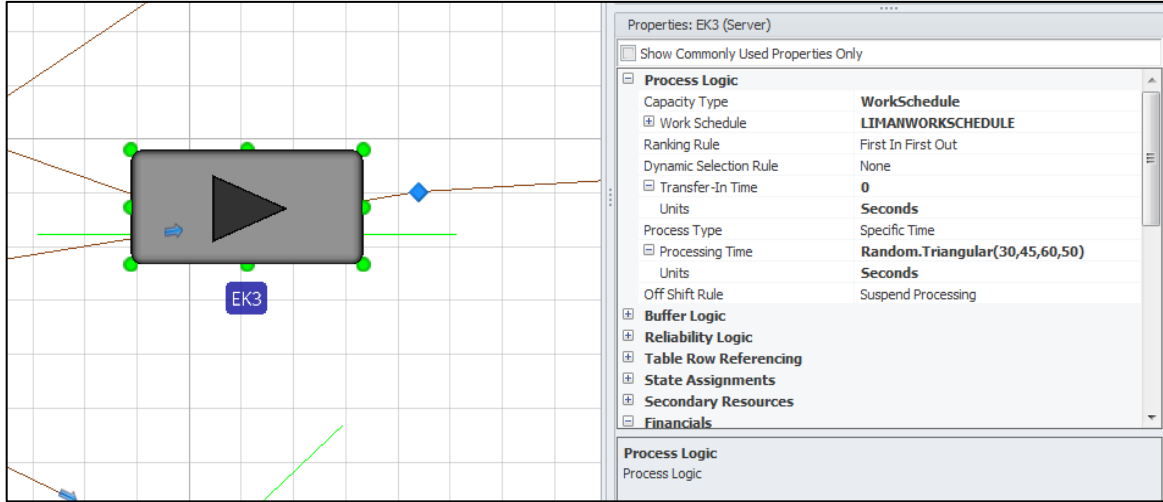
ölçülmesi ve taşınan yolcu sayısının simülasyon çalışma zamanı süresince sayılmasını sağlayan süreç modeli Şekil 30'daki gibidir.



Şekil 30. Deniz sistemi yolculuk değerleri ölçümü için süreç modeli

### 2.5.1.3. Deniz İskeleleri İşlem ve Çalışma Zamanları Kabul Değerlerinin Girilmesi

Edremit deniz iskelesinden üniversite kampüsü yönünde gidecek olan bir yolcu EK3 objesini Edremit deniz iskelesi olarak kullanacaktır. İlgili verilerin girilmesini bu örnek üzerinden gösterecek olursak simülasyon programı üzerinde model sayfası açıkken ilgili objenin üzerine işaretleme yapılır ve ekranın sağ tarafında açılan özellikler kısmına daha önceden kabul değerleri girilir. Simülasyon programı içerisinde bir servis objesi olan bu program elemanının “Work Shedule” yani çalışma düzeni anlamına gelen hanesine daha önceden deniz iskeleleri için hazırlanan çalışma düzeni bilgisi girilir. Her bir yolcunun bu deniz iskelesine girişte daha önce kabul değeri olarak belirlenen işlem süreleri ise “Processing Time” hanesine saniye birimi olarak rastgele üçgensel dağılım (tepe noktası 45 saniye olmak üzere 30 ve 60 saniye arası) ile girildiği görülmektedir. Bu veriler diğer 5 adet deniz iskelesine aynı şekilde girilmiştir (Şekil 31).



Şekil 31. Simülasyon modelinde deniz iskelesi (server) nesnesinin özellikler bölümü

Model sayfası menü şeridinde yer alan data sayfası içerisindeki çalışma düzeni tablosundan tüm deniz iskelelerine atanan çalışma düzeni saat aralıkları ve ayrıca “Value” hanesine 5 yazılarak belirlenen aynı anda hizmet verilen yolcu sayısı simülasyon sistemime kayıt edilmiştir (Şekil 32).

Name	Start Date	Description	Days	Day 1	Day 2	Day 3
SIRA1WORKSCHEDULE	01.01.2015		7	SIRA1DAYPATTERNTamGun	SIRA1DAYPATTERNTamGun	SIRA1DAYPATTERN
SIRA2WORKSCHEDULE	01.01.2015		7	SIRA2DAYPATTERNTamGun	SIRA2DAYPATTERNTamGun	SIRA2DAYPATTERN
SIRA3WORKSCHEDULE	01.01.2015		7	SIRA3DAYPATTERNTamGun	SIRA3DAYPATTERNTamGun	SIRA3DAYPATTERN
SIRA4WORKSCHEDULE	01.01.2015		7	SIRA4DAYPATTERNTamGun	SIRA4DAYPATTERNTamGun	SIRA4DAYPATTERN
DENIZISKELESIWORKSCHEDULE	01.01.2015		7	DayPatternDenizIskelesi	DayPatternDenizIskelesi	DayPatternDenizIske
TAMGUNBUTUNGEMILER	05.01.2015		7	TAMGUNDAYPATTERN	TAMGUNDAYPATTERN	TAMGUNDAYPATTER

Name	Description
SIRA2DAYPATTERNTamGun	
SIRA3DAYPATTERNTamGun	
SIRA4DAYPATTERNTamGun	
DayPatternDenizIskelesi	
TAMGUNDAYPATTERN	
DayPatternSabahOffShift	
DayPattern2OglenOffShift	
DayPattern3AkşamOffShift	

Start Time	Duration	End Time	Value	Cost Multiplier	Description
06:30	15 hours	21:30	5	1	

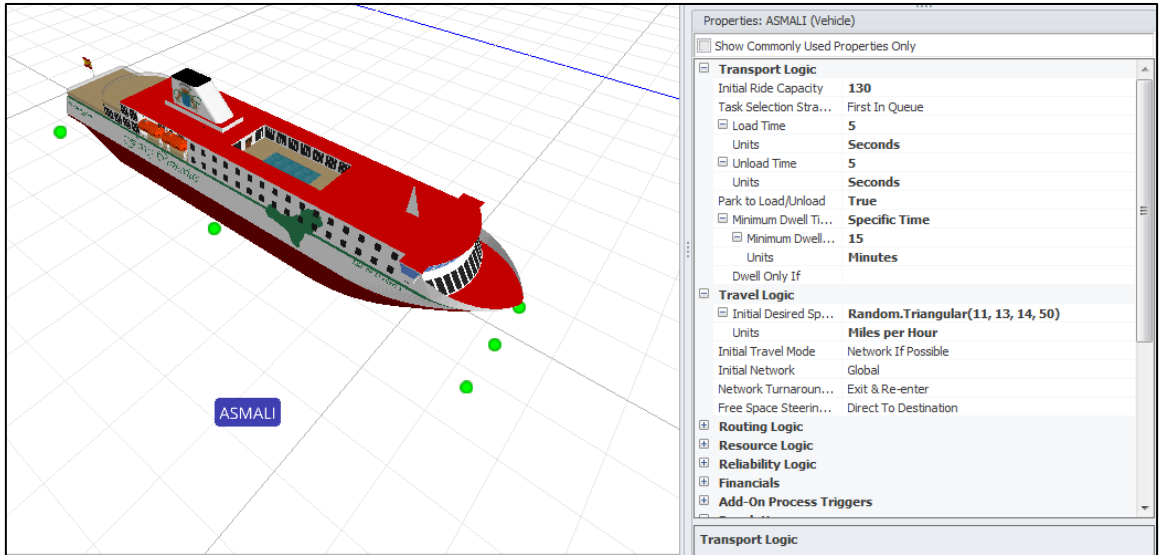
Şekil 32. Simülasyon Sistemindeki Çalışma Düzeni Tablosu



#### 2.5.1.4. Yolcu Gemileri Kabul Değerlerinin Simülasyon Modeline Girilmesi

Öncelikle simülasyon modeli içerisinde gemiler “Vehicle” obje çeşidi ile temsil edilmiştir. Simülasyon programında bu çeşit bir eleman araç çeşitlerinin canlandırılmasında kullanılmaktadır. Simülasyon model sayfası üzerinde ilgili gemiyi temsil eden objenin üzerine işaretlendiğinde ekranın sağ tarafında beliren özellikler sütununda sırasıyla taşımacılık, yolculuk, güzergâh, kaynak bilgileri direk olarak girilmiştir. Bir örnek verecek olursak Asmalı yolcu gemisinin yolcu kapasitesi olan 130 sayısı “Initial Ride Capacity” hanesine girilmiştir. Her bir yolcunun gemiye binişinde ve inişinde harcadığı zaman saniye birimi ile 5 olarak “Load Time” ve “Unload Time” hanelerine kayıt edilmiştir. Ayrıca geminin herhangi bir deniz iskelesinden 15 dakika dolmadan kalkamayacağı bilgisi ise “Minimum Dwell Time” hanesine kayıt edilmiştir.

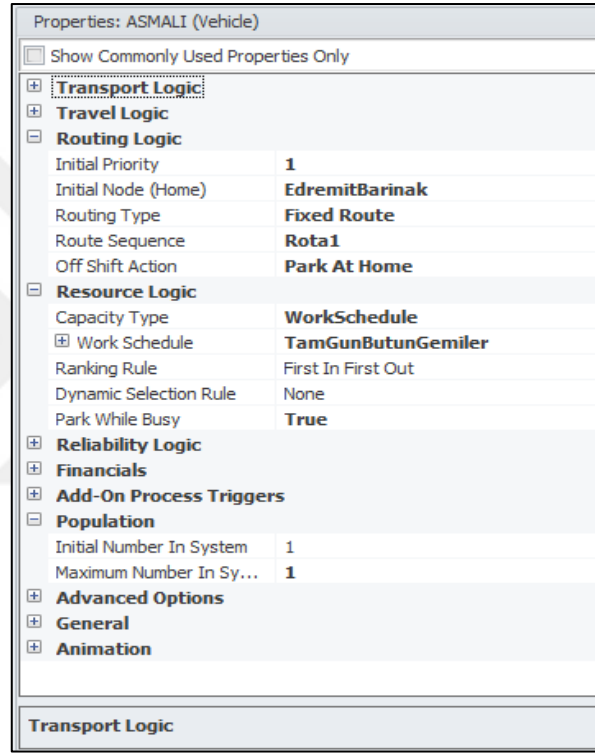
Ayrıca geminin önceden kabul değeri olan hız bilgisi sistem içerisindeki dolaşım bilgilerinin olduğu “Travel Logic” bölümüne kayıt edilmiştir. Bu kısımdaki “Initial Desired Speed” hanesine gemi hızının üçgensel dağılım ile tepe değeri 13 olmak üzere 11 ve 14 arasında deniz mili birimi ile kayıt edilmesi görülmektedir (Şekil 33).



Şekil 33. Simülasyon modelinde yolcu gemisi (vehicle) nesnesinin özellikler bölümü

Bu bilgilerden sonra gemilerin güzergâh bilgilerinin “Routing Logic” bölümüne girilmesi gerekmektedir. Bu kısımdaki ilk hane olan “Initial Priority” hanesine bu tür araç objelerinin öncelik sırası girilmektedir. Bu haneye 1 rakamı yazılarak bütün gemilerin

herhangi bir yolcu çeşidi açısından öncelikli olmaması sağlanmış ve her araç (gemi) objesinin yolcu (entity) objelerinin ayırt etmeden taşınması sağlanmıştır. Bu bilginin girilmesinden sonra her bir gemi (araç) objesinin sisteme gireceği ilk noktayı belirlemek gerekmektedir. Gerçek sistemde bu nokta Edremit deniz iskelesidir. Yani gemiler çalışma saatleri dışında Edremit deniz iskelesi içerisinde bir sonraki çalışma periyodunu beklemektedirler. Bu haneye ana model üzerinde “EdremitBarinak” adıyla yerleştirilen nokta objesi seçilmiştir (Şekil 34).



Şekil 34. Simülasyon modelinde yolcu gemisi (vehicle) nesnesinin özellikler bölümü

Ayrıca “Off Shift Action” hanesinde “Park While Busy” seçeneği seçilerek simülasyon programı içerisinde gemilerin çalışma saatleri başlayınca bu noktadan hareket etmesi ve çalışma saatleri bitince yine bu noktaya dönüp beklemeleri sağlanmıştır. Güzergah bölümü içerisinde 3. sırada yer alan “Routing Type” hanesi ise geminin yada bu tür bir araç objesinin belli bir rotada mı yoksa sadece talep gelen noktaya mı hareket edeceğinin belirlendiği yerdir. Bu çalışmada bu haneye her gemi için “Fixed Route” yani sabit rota anlamına gelen seçenek atanmıştır. Bu durum gerçek sistemde muhtemel 6 çeşit rota olduğu hatırlanırsa simülasyon sistemi içerisinde yine 6 çeşit rota seçeneği hazırlanmasını

gerektirmektedir. Bu altı rota çeşidi simülasyon sistemi içerisinde her senaryoda gemilere farklı olarak atanmıştır.

Model sayfasından Data penceresine girilerek sol taraftaki görüntüler sütunundan tablolar seçeneğine girilerek hazırlanan 6 çeşit rota seçeneği kayıt edilmiştir. Şekil 35’de seçili olan tablodaki rota, kurulması planlanan gerçek sistemde 1. Rotayı ifade etmektedir. Bu rota sırasıyla Edremit iskelesi, Van il merkezi ve üniversite kampüsüne giderek aynı noktalar üzerinden Edremit iskelesine geri dönmektedir. Her bir iskelede önce iniş sonra biniş işlemlerinin olduğu sink ve servis nesnelere uğranıldığı düşünülürse rota listesi hazırlanırken bu rota çeşidi için 9 adet noktadan geçildiği anlaşılabilmektedir. Hazırlanan bu rotalar model penceresine geri dönülerek ve yine ilgili araç objesi üzerine işaretlenerek özellikler kısmındaki “Route Sequence” hanesinden rota adının seçilmesiyle kayıt edilir.

Views	Rota1	Rota2	Rota3	Rota4	Rota5	Rota6
Tables	Sequence					
Lookup Tables	1 EDREMITBARINAK					
Rate Tables	2 Output@EM3					
Work Schedules	3 Input@EM4					
	4 Output@MK3					
	5 Input@MK4					
	6 Output@KM3					
	7 Input@KM4					
	8 Output@ME3					
	9 Input@ME4					

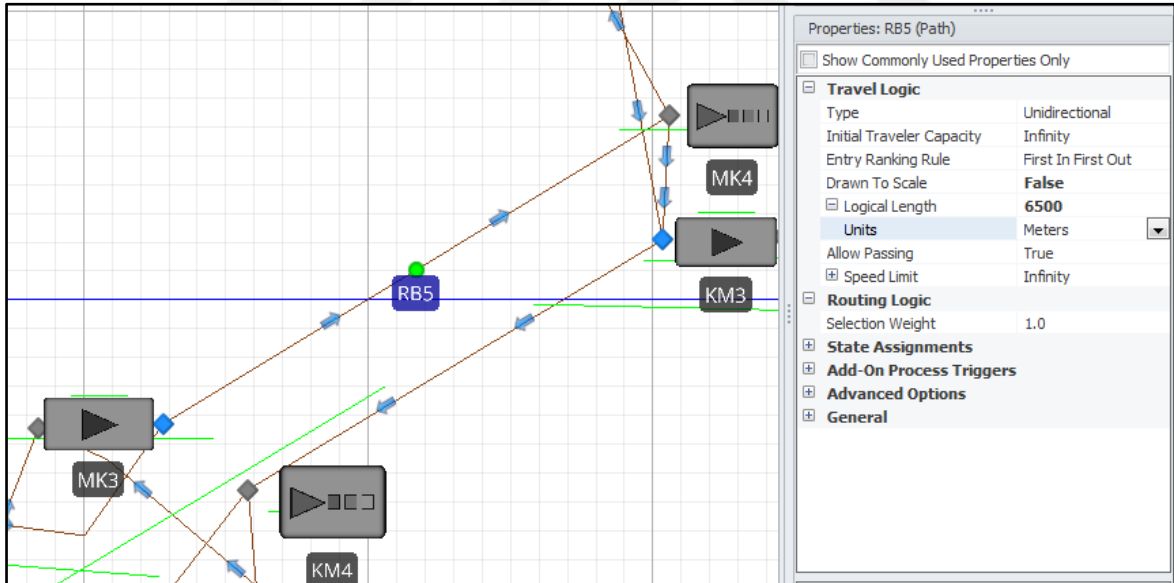
Şekil 35. Simülasyon modelinde yolcu gemisi için rota tablosu

Gemi (vehicle) objelerinin bilgilerinin kayıt edilmesine devam edecek olursak sırada kaynak bilgilerin girilmesi bulunmaktadır. Bu hanede geminin gün içerisinde hangi çalışma periyodu ve düzeninde kullanılacağı bilgileri vardır. Daha önceden kabul değerleri belirlenen gemilerin günlük çalışma periyotlarının olduğu haftalık çalışma düzenleri “Capacity Type” hanesinden seçilebilmektedir. Bu haneye daha önce kabul değerleri belirlenen ve gün içinde 07:00–20:30 saatleri arasındaki çalışma periyodunu belirten “TamGunButunGemiler” adındaki çalışma düzeni tablosu seçilerek kaydedilmiştir (Şekil 30).

Önemli bölümlerden biri olan “Population” kısmında bu tür bir aracın (vehicle objesi) sistemdeki ilk sayısı ve simülasyon çalışma periyodu boyunca sistemin içinde aktif olarak en fazla kaç olacağı bilgilerinin kaydı mevcuttur. Her iki haneye de 1 rakamı yazılarak simülasyon modeli çalışırken sistem içerisinde her gemiden aynı anda birden fazla bulunması engellenmiştir (Şekil 34).

### 2.5.1.5. Rota Bacakları Uzunluk Bilgilerinin Girilmesi

3 adet deniz istasyonu arasındaki direk mesafeler ölçülmüştür. Daha sonra simülasyon modeli içerisinde ilgili rota bacağına canlandıran yol (path) objesi üzerine işaretlenerek ekranın sağ tarafında çıkan özellikler kısmındaki yolculuk mantığı bölümüne bu bilgiler girilmiştir. “Drawn To Scale” hanesi yol parçası simülasyon objesinin bir uzunluk mantığıyla ölçeklendirilmesi anlamına gelir. Bu hane “False” seçeneğine çevrilerek “Logical Length” hanesine de gerekli uzunluk bilgisi birimi ile girilmiştir (Şekil 36).



Şekil 36. Simülasyon modelinde yol nesnesi için özellikler bölümü

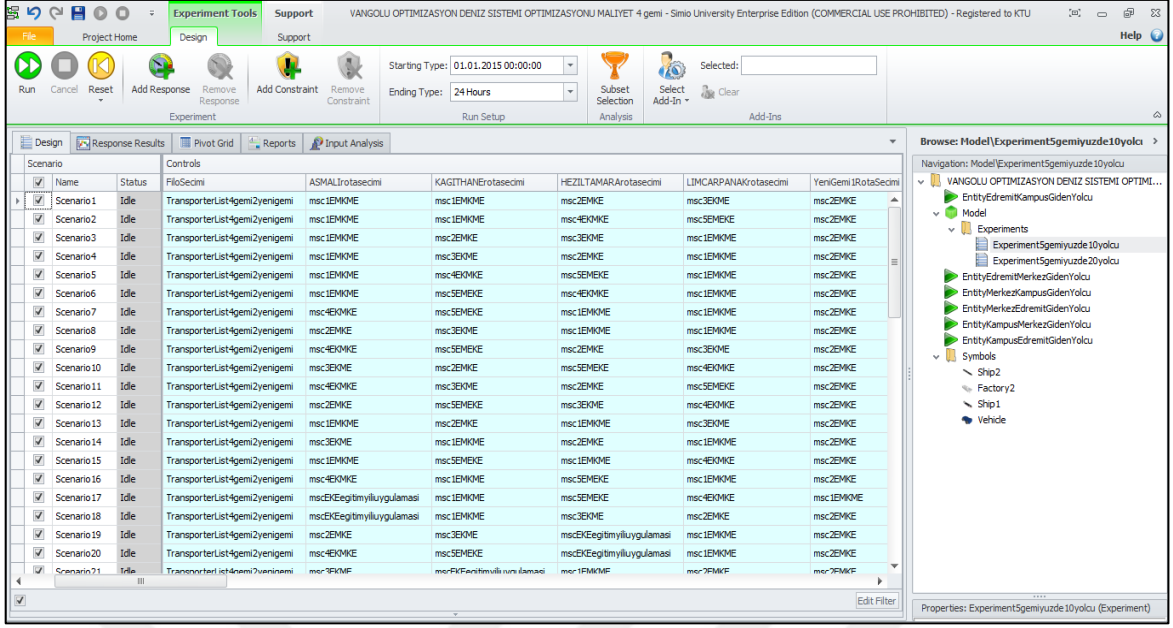
## 2.6. Simülasyon Modeli Kontrol Parametrelerinin ve Sonuç Değişkenlerinin Belirlenmesi

Simülasyon programı içerisinde model oluşturulduktan sonra sonuç değerlerinin ölçülmeye çalışıldığı değişkenler ve bu değişkenler üzerinde etkileri araştırılan kontrol parametreleri belirlenmiştir. Kontrol değerleri önceden farklı durumlara göre oluşturulan senaryolar içerisinde farklılık oluşturan parametrelerdir. Bunun için öncelikle model sayfası açıkken kontrol değeri yapılması istenen ve etkilerinin araştırıldığı obje özellikleri belirlenmiştir. Kısaca özetlemek gerekirse Tablo 30'da sonuç değişkenleri ve bu değişkenleri etkileyen kontrol parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 30. Kontrol (girdi) parametreleri ve sonuç (çıkıtı) değişkenleri

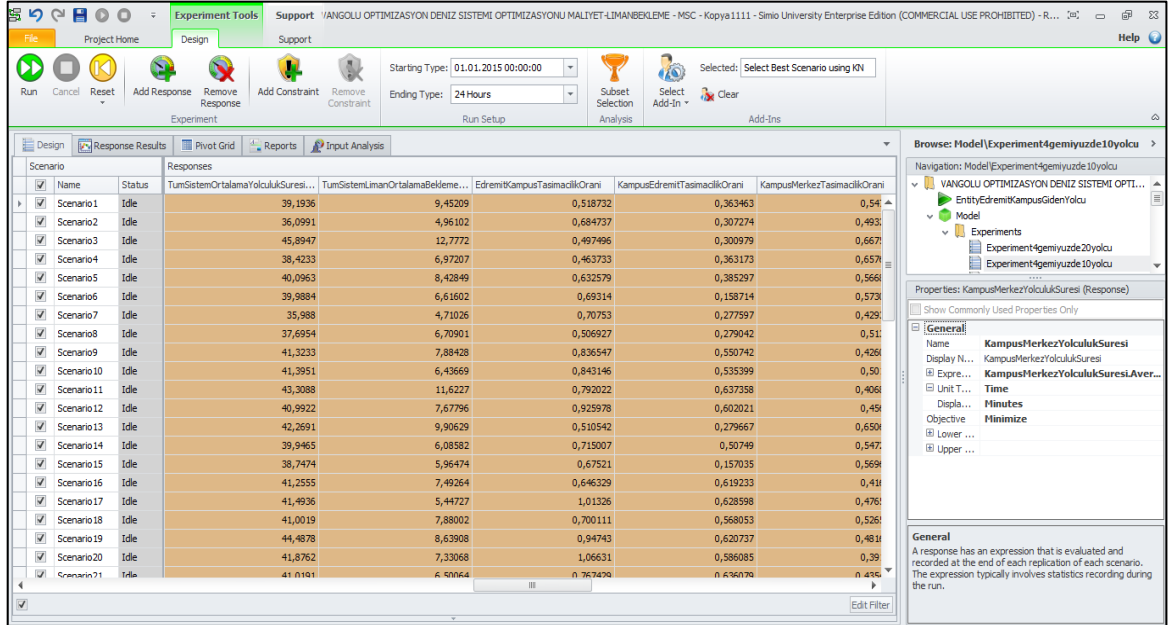
Kontrol Parametreleri	Sonuç Değişkenleri
Sistem içerisindeki gemi sayısı (Filo)	Tüm sistemin taşıma oranı
Her bir gemi için kullanılan rota	Tüm sistemin ortalama yolculuk süresi
Her bir rota bacağı yönünde sisteme giren yolcu sayısı oranı (%)	Tüm sistemin yolcularının ortalama iskelede bekleme süresi
	Her bir rota bacağı yönünde yolcu taşıma oranı
	Her bir rota bacağı yönünde yolculuk süresi
	Her bir rota bacağı yönünde toplam taşınan yolcu sayısı

Daha önce belirlenen 4 geminin 6 farklı rotayı 60 farklı senaryoda paylaştığı bilinmektedir. Senaryolar simülasyon programı içerisinde farklı deney (experiment) sayfalarında sıralanmaktadır. Her bir deney sayfasında 60 farklı senaryo ve bu senaryolara karşılık gelen rota seçenekleri sabit bırakılmıştır. Fakat sistem içerisindeki gemi sayısı ve her bir rota bacağı yönündeki yolcu sayısı oranları parametreleri için farklı deney sayfalarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeptendir ki her birinde yolcu sayıları oranının değiştirildiği 2 deney sayfası bulunan ve yine her deney sayfasında 60 değişik senaryonun olduğu 12 farklı model hazırlanmıştır. Şekil 37'de 12 farklı testten sadece biri olan güncel durumdaki yani 4 gemili filo durumunda ve model içerisine giren yolcu sayısı oranlarının değiştirildiği 2 farklı durumdan ilki olan deney sayfasının kontrol parametrelerinin olduğu bir kesim gösterilmiştir.



Şekil 37. Simülasyon modelinde deney sayfası kontrol parametreleri

Kontrol parametrelerinin olduğu kesit üzerinde ekran görüntüsü sağ tarafa kaydırılarak aynı deney sayfasının simülasyon çalışma zamanı (24 saat) sonunda sonuç değişkenlerinin her bir senaryo için verdiği değerler görülebilmektedir (Şekil 38).



Şekil 38. Simülasyon modelinde deney sayfası sonuç değişkenleri

## 2.7. Öncelikli Seçim Kriteri Olan Sonuç Değişkeninin Tespit Edilmesi ve Yöntemi

Bir sonuç değişkeninin Simio® simülasyon programı tarafından ölçülebilmesi için bir dizi işlem yapılmalıdır. Öncelikle model sayfası üzerinden Tanımlamalar (Definition) penceresindeki görüntüler sütununda bulunan Durumlar (States) sayfasına girilerek bir durum değişkeni oluşturulur ve daha sonra yine model sayfasında ilgili objenin ilgili parçasının özellikler bölümüne bu durum değişkeni ilgili objeye atanmalıdır. Böylece ölçülmesi istenen değer simülasyon modelinin çalışma zamanı boyunca anlık olarak ölçülmesi sağlanmaktadır. Fakat bu defa ölçme değerinin istatistiksel olarak sonuç sayfasına yansıtılabilmesi için yine model sayfası üzerinden “Tanımlamalar” penceresindeki görüntüler sütununda bulunan “Durumlar” sayfasına girilerek bir çıktı istatistiği elementi oluşturulmalı ve bu elementin özellikler kısmına daha önce atanan durum değişkeni işlenmelidir. Bu durumda ölçülecek değer istatistiksel olarak biriktirilir ve deney sayfasında sonuç değişkeni oluşturulurken programın hafızasında tuttuğu bu istatistik elementi sonuç değişkeninin özellikler sütununa tanımlayıcı olarak girilir.

Her bir deney sayfasında 60 senaryo için çıkan sonuçların belli seçim kriterlerine göre seçilebilmesi veya sıralanabilmesi için bu kriterlerin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriter deney sayfasındaki sonuç değişkenlerinden biri veya hepsi olabilmektedir. Bunun için kriter olarak seçilen sonuç değişkeninin özellikler kısmına maksimize veya minimize olma seçeneklerinden biri kaydedilerek esnasında hangi duruma göre seçim ve sıralama yapılacağı belirlenmektedir. Örneğin sonuç değişkeni maliyetle ilgili bir değişkense seçim esnasında minimize olması mantıklıdır.

Model sayfası içerisinde yolcuların sistemi yolculuk hizmeti alsa da almasa da terk ettiği model elemanı olan “sink” objesine atanan her bir durum değişkeni (state) ile sistem içerisinde taşınan, yolculuk etmekten vazgeçen veya deniz sistemini tercih etmeyen bütün yolcuların simülasyon modeli çalışma süresi boyunca her an sayılması ve çıktı istatistiği elementi sayesinde de modelin çalışma sayısına (100 kez) göre ortalamasının alınarak kayıt edilmesi sağlanmıştır. Bu istatistik sayesinde her yönde taşınan yolcu ve bu yolcuların tüm yolculara olan oranı yani toplam taşımacılık oranı belirlenmiştir. Yolculuk ve iskelede bekleme süreleri için de aynı yöntem izlenmiştir.

Bu çalışmada seçim ve sıralama kriteri olarak tüm sistemin toplam taşımacılık oranı adıyla oluşturulan sonuç değişkeni belirlenmiştir. Yani en iyi senaryolar bu kritere göre

belirlenmiştir. Bunun sebebi bu sonuç değişkeninin diğer tüm sonuç değişkenleri ile paralel bir seyir izlemesi olmuştur.

Tüm sistemin toplam taşımacılık oranı olarak belirlenen sonuç değişkeni yolculuk hizmetini alarak taşınan yolcuların tüm sistemdeki yolcu sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu sebeple bu değer maksimum olması ve en yüksek değere sahip senaryoların sıralanması mantıklıdır.

Bu değişkenin seçim kriteri olarak belirlenmesindeki diğer önemli bir sebep ise güncel durumda gemilerin tarifeli yolcu taşımacılığı yapmamasından dolayı sistemin çalışma saatleri hususunda bilinçli bir yolcu kitlesinin olmamasıdır. Yani bu çalışma modelinde yolcular belli saatlerde değil rastgele olarak yolculuk fırsatı kovalamaktadır. Bu durum yolculuk sürelerinin ölçülmesinde sadece en uygun yolcu sayısı oranlarında belirlenebilmiştir. Yolculuk sürelerinin ölçümü denizyolu potansiyel yolcu kitlesinin %10 oranında sisteme girmesiyle ölçülmüştür. Bunun sebepleri arasında Bütün rota bacakları yönlerinde gemilerin sefer saatlerinden haberdar olan yolcu bilincinin gerçek sistemde henüz mevcut olmaması bulunmaktadır. Dolayısıyla bu durumda da sonuç değişkenlerinden tüm sistem taşımacılık oranı en büyük olan bir diğer deyişle en fazla yolcunun taşındığı senaryo en ideal senaryo olarak düşünülmüştür.



### 3. BULGULAR

Dünya genelindeki kent nüfuslarındaki artış ve yükselen ekonomik hareketlilik kent merkezlerinde önemli bir yolculuk faaliyeti meydana getirmiştir. Ülkemizde de son yıllarda gerek kırsaldan kent merkezlerine göç gerekse doğal nüfus artışları nedeniyle kent merkezleri ulaşım sistemleri üzerinde baskı oluşmuştur. Ülkemizin güneydoğusunda bulunan Van İli için de bu durum aynıdır. Fakat ilin komşusu durumunda bulunan Van Gölü zaman zaman kent içi ulaşımında bir alternatif olarak akıllara gelmektedir. Bugün itibari ile göl üzerinde ulaşım hatları kurabilecek imkanlara sahip yerel yönetimin elinde 4 adet deniz otobüsü olmasına rağmen kalıcı hatlar kurulamamıştır. Bu çalışmada ise göl üzerinde karayoluna alternatif bir ulaşım sisteminin kurulabilirliği ve sistem davranışlarının nasıl olacağı hususu simülasyon yöntemi ile araştırılmıştır.

Yaklaşık 30 yıldır simülasyon yöntemi özellikle kapalı tesislerin planlanması ve verimliliklerinin yükseltilmesi için ön fikir edinilmesinde kullanılmaktadır. Ulaştırma sektöründe ise terminal ve liman sistemlerinin analiz edildiği simülasyon yöntemi (Simio®) bu çalışmada örnek bir ulaşım sisteminin bütün olarak analiz edilmesinde kullanılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen bulgular iki ana gruba ayrılmaktadır. Birincisi deniz sisteminde 6 farklı yönde yolculuk sürelerinin uygun olduğu yolcu sayısı oranlarında en ideal gemi rotalarının belirlenmesidir. İkinci kısım ise 6 farklı rota bacağı yönünde toplam yolculuk sürelerinin ve oluşan maliyetlerin aynı yönlerdeki karayolu sistemi ile karşılaştırılmasıdır.

#### 3.1. Denizyolu Sistem Modeli Sonuçları

Çalışmada yolculuk sürelerinin tespiti ve karayolu yolculuk süreleri ile karşılaştırılması gerçek durumda olduğu gibi filoda 4 gemi olması durumundaki değerlerle yapılmıştır. Fakat gelecek durumun araştırılması için filoya sırasıyla 1 ve 2 gemi eklenmesi durumları da simülasyon deneylerinde analiz edilmiştir.

Güncel durumdaki gemi sayısı (4) ve daha önce hesaplanan denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10'u ile yapılan deneyde rota seçenekleri açısından en iyi 5 senaryo belirlenmiştir (Tablo 32). Bu en iyi senaryolar için yolculuk ve bekleme süreleri, taşımacılık ve maliyet değerleri ile en iyi rota seçenekleri tespit edilmiştir.

### 3.1.1. Filoda 4 Gemi Olması Durumunda En İyi 5 Senaryo için Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve Maliyet Değerleri

25. senaryo en iyi senaryo olarak sonuçlanmış ve bu durumda Asmalı gemisi 1, Kağıthane gemisi 3, Hezil Tamara gemisi 6 ve Lim Çarpanak gemisi ise 2 numaralı rotaları kullanmıştır (Tablo 31). Bu senaryoyu daha da açıklayacak olursak Asmalı gemisinin 1 numaralı rotada olması durumu, sırası ile 4., 5., 2. ve 3. rota bacaklarını kullanması anlamına gelmektedir.

Tablo 31. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda rota seçenekleri

Senaryo No	Tüm Sistemdeki Taşımacılık Oranı (Seçim Kriteri)	Gemi Adı-Rota No			
		Asmalı	Kağıthane	Hezil Tamara	Lim Çarpanak
25	0,57288	1	3	6	2
48	0,571272	3	1	6	2
31	0,570033	3	1	2	1
26	0,565791	1	2	6	3
47	0,563069	2	1	6	3

Bu senaryolardaki ortalama yolculuk süreleri ise her rota bacağı (6 yön) için Tablo 32’ de verilmiştir.

Tablo 32. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri

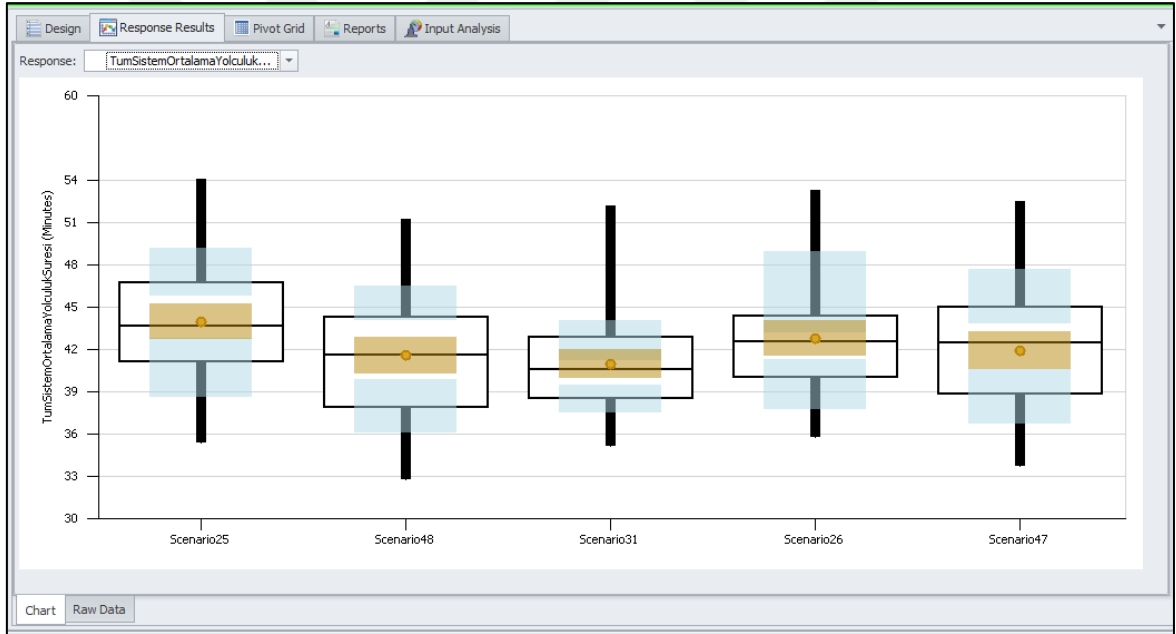
Senaryo No	Rota Bacağı Numarası – Ortalama Yolculuk Süreleri (Dakika)					
	1	2	3	4	5	6
25	32,0525	18,3492	22,7982	23,3543	18,8312	27,0865
48	31,1134	18,154	22,8833	23,1624	18,4436	27,051
31	32,2822	18,1897	25,0155	21,7236	18,8821	24,1036
26	26,8776	17,6462	20,9712	28,1094	19,217	28,1776
47	26,8724	17,6466	20,6499	27,3296	18,7533	28,3768

Yolculuk sürelerine dahil edilmiş olan ortalama yolcu gemi (tarifelendirilmiş) bekleme süreleri ise Tablo 33’ de her yön (6 adet) için belirtilmiştir.

Tablo 33. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda liman bekleme süreleri

Senaryo No	Rota Bacağı Numarası – Yolcuların İskelede Bekleme Süreleri (Dakika)					
	1	2	3	4	5	6
25	3,58541	2,18386	1,59179	1,50912	3,58541	3,60841
48	3,28191	1,99796	1,57469	1,50748	3,28191	3,60332
31	3,27907	2,03861	2,79466	1,68009	3,27907	3,22025
26	3,15503	4,02949	2,28434	3,21061	3,15503	2,77692
47	2,83252	4,1594	2,29246	2,77314	2,83252	2,77692

Simio® simülasyon programı deney sayfaları için belirlenen çıktı değişkenleri için bazı istatistiksel grafikler verebilmektedir. Bu amaçla ilk deneydeki en iyi 5 senaryo için tüm yönlerdeki ortalama yolculuk süresini gösteren kutu grafiği elde edilmiştir (Şekil 39).

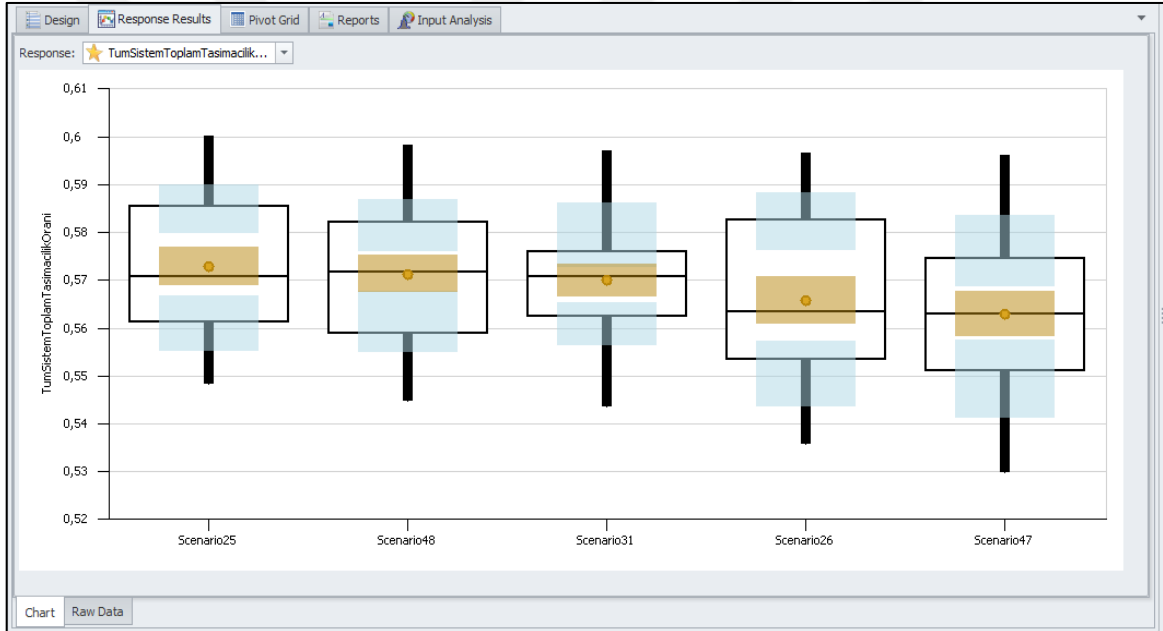


Şekil 39. Filoda 4 gemi ve yüzde 10 potansiyel yolcu durumunda ortalama yolculuk süresi simülasyon kutu grafiği

Her yöndeki taşımacılık hizmeti alan ortalama yolcu sayıları ve bu sayıların yine her yöndeki toplam taşınan, sistemi tercih etmeyen ve sisteme girip yolculuk etmekten vazgeçen yolcuların toplamına (denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10'u) bölünmesiyle bulunan taşımacılık oranları Tablo 34'deki gibidir.

Tablo 34. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri

Senaryo No	Rota Bacağı (Yön)						
		1	2	3	4	5	6
25	Taşıman Sayı	408,08	401,16	238,38	256,44	368,46	380,82
	Oran	0,676375	0,589282	0,509534	0,543821	0,493802	0,621068
48	Taşıman Sayı	405,06	398,88	237,4	257,32	370,64	380,94
	Oran	0,680829	0,577413	0,504194	0,547195	0,496366	0,621238
31	Taşıman Sayı	328,14	398,78	331,46	270,98	369,64	292,5
	Oran	0,628178	0,57692	0,695623	0,564575	0,495125	0,508756
26	Taşıman Sayı	407,5	379	218,2	269,94	356,3	393,56
	Oran	0,682512	0,520455	0,506374	0,563118	0,489756	0,641932
47	Taşıman Sayı	407,38	379,86	219,6	266,56	350,7	389,9
	Oran	0,682261	0,521442	0,511504	0,561561	0,479828	0,636014



Şekil 40. 4 Gemi ve yüzde 10 potansiyel yolcu durumunda toplam taşımacılık simülasyon kutu grafiği

Modeldeki gemi sayısının 4 ve yolcu sayısının da denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10'u kadar olduğu durumda simülasyon modelinin çalışma aralığı olan bir gün (24 saat) içerisinde taşıman toplam yolcu, gemilerden kaynaklanan maliyet, tüm deniz sisteminin oluşturduğu maliyet ve bu maliyetin yolcu başına paylaşılması sonucu elde edilen değerler Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri

Gemilerin Ortalama Doluluk Oranı: %14,73	Senaryo 25	Senaryo 48	Senaryo 31	Senaryo 26	Senaryo 47
Toplam Taşınan Yolcu Sayısı (Ortalama)	2053,34	2050,24	1991,5	2024,5	2014
Gemi Maliyetleri (₺)	7669,19	7618,02	7521,84	7632,17	7599,13
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	8169,19	8118,02	8021,84	8132,17	8099,13
Yolcu Başına Maliyet (₺)	3,9785	3,9595	4,0280	4,0169	4,0214

Denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10 olması durumundaki ideal yolculuk ve bekleme sürelerinde hizmet verilebilen yolcu oranı açısından en iyi senaryo olan 25. senaryonun model içerisinde yolcu sayılarının %10'dan %20'ye çıkarılması durumunda sonuç değişkenleri açısından nasıl tepkiler verdiği ölçülmüştür (Tablo 36).

Tablo 36. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %20 olması durumunda ortalama yolculuk süreleri ve taşımacılık değerleri

Senaryo 25	Rota Bacağı (Yön)					
	1	2	3	4	5	6
Ortalama Yolculuk Süresi (Dakika)	39,5533	26,4161	23,8844	25,6062	26,1046	32,7204
Yolcuların İşkelede Bekleme Süreleri (Dakika)	10,2021	10,1347	2,97351	2,65982	9,98272	7,38705
Ortalama Taşınan Yolcu sayısı	656,74	567,54	368,08	470,72	573,94	614,58
Taşımacılık Oranı	0,57100	0,42136	0,39755	0,50806	0,40037	0,52895

Sisteme giren yolcu sayısının iki katına çıkarılması durumunda karşımıza çıkabilecek maliyet değerleri tespit edilmiştir (Tablo 37).

Tablo 37. Filoda 4 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %20 olması durumunda maliyet değerleri

Gemilerin Ortalama Doluluk Oranı: %23,16	Senaryo 25
Tüm Sistemdeki Taşımacılık Oranı (Seçim Kriteri)	0,46764
Toplam Taşınan Günlük Ortalama Yolcu Sayısı	3251,6
Gemi Maliyetleri (₺)	7669,19
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	8169,19
Yolcu Başına Maliyet (₺)	2,5124
%100 Dolulukta Yolcu Başına Maliyet (₺)	0,5860

### 3.1.2. Filoda 5 Gemi Olması Durumunda En İyi 5 Senaryo İçin Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve Maliyet Değerleri

Filoya Asmalı gemisine eş bir gemi eklenmesi durumunda taşımacılık değerleri simülasyon modelinde denenmiştir. Filoya yeni eklenen geminin “Asmalı” gemisi ile eşdeğer teknik özelliklere sahip olması kabul edilmiştir. Filoda 4 gemi olması durumundaki senaryolar yeni geminin 6 farklı rotada denenmesiyle tekrar edilmiştir.

Filoda 5 gemi olması durumunda denizyolu potansiyel yolcu sayısının yüzde 10’u sisteme sokulduğunda toplam taşımacılık kriteri açısından en iyi 5 senaryo belirlenmiştir (Tablo 38).

Tablo 38. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda en iyi rota seçenekleri

Senaryo No	Tüm Sistemdeki Taşımacılık Oranı (Seçim Kriteri)	Gemi Adı-Rota No				
		Asmalı	Kağıthane	Hezil Tamara	Lim Çarpanak	Yeni Gemi
17	0,684692	6	1	5	4	1
40	0,678683	1	6	4	5	1
28	0,676265	1	4	6	5	1
49	0,673054	4	1	6	5	1
47	0,661629	2	1	6	3	1

Simülasyon deneyinde 5 gemili filo için elde edilen en iyi senaryolarda 6 farklı rota bacağına oluşan yolculuk süreleri tespit edilmiştir (Tablo 39).

Tablo 39. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri

Senaryo No	Rota Bacağı Numarası – Ortalama Yolculuk Süreleri (Dakika)						Ortalama Yolculuk Süresi
	1	2	3	4	5	6	
17	32,2353	19,8091	24,8724	24,9553	20,1395	28,0961	23,5968
40	31,6652	16,773	25,1608	25,1749	20,6718	27,6059	23,5087
28	27,5021	18,5553	25,2762	24,6563	20,6071	27,4649	23,5572
49	28,3409	19,2554	25,5795	25,1025	20,1703	27,7015	23,86
47	26,7985	19,0285	22,0993	27,1911	19,7505	28,4052	23,2569

Filoda 5 gemi olması ve bu geminin 1 numaralı rotada çalışması durumunda her yöndeki taşımacılık hizmeti alan ortalama yolcu sayıları ve bu sayıların yine her yöndeki toplam yolcu aday sayısına bölünerek bulunan taşımacılık oranları Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri

Senaryo No	Rota Bacağı (Yön)						
	1	2	3	4	5	6	
17	Taşınan Sayı	458,58	459,16	343,52	271,72	497,42	373,6
	Oran	0,784586	0,646146	0,749177	0,592595	0,700201	0,639206
40	Taşınan Sayı	457,13	456,20	338,34	261,83	501,12	373,98
	Oran	0,780248	0,640619	0,736222	0,569741	0,703697	0,6384
28	Taşınan Sayı	463,25	476,52	344,30	268,44	449,07	423,26
	Oran	0,776358	0,656944	0,735507	0,573451	0,619075	0,709325
49	Taşınan Sayı	465,28	473,79	352,41	279,66	431,26	426,62
	Oran	0,774639	0,648989	0,747997	0,593601	0,590722	0,71039
47	Taşınan Sayı	412,30	503,85	293,6	321,55	484,83	383,55
	Oran	0,681735	0,685489	0,618962	0,677909	0,659611	0,634348

Modeldeki gemi sayısının 5 ve yolcu sayısının da denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10'u kadar olduğu durumda simülasyon modelinin çalışma aralığı olan bir çalışma günü içerisinde taşınan toplam yolcu, gemilerden kaynaklanan maliyet, tüm deniz sisteminin oluşturduğu maliyet ve yolcu başına oluşan maliyet sonuç değerleri simülasyon deneyi ile elde edilmiştir (Tablo 41).

Tablo 41. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri

Gemilerin Doluluk Oranı: %14,15	Senaryo 17	Senaryo 40	Senaryo 28	Senaryo 49	Senaryo 47
Toplam Taşınan Yolcu Sayısı (Ortalama)	2404	2388,6	2424,84	2429,02	2399,68
Tercih Etmeyen Yolcu Sayısı (Ortalama)	144,07	137,35	92,66	76,6	58,91
Gemi Maliyetleri (₺)	9413,66	9431,29	9393,8	9331,36	8905,66
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	9913,66	9931,29	9893,8	9828,36	9405,66
Yolcu Başına Maliyet (₺)	4,1238	4,1577	4,0801	4,0462	3,9195
%100 Doluluk Durumunda Yolcu Başına Maliyet (₺)	0,5835	0,5846	0,5823	0,5785	0,5536

Filoda 5 gemi olması ve denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10 olması durumundaki ideal yolculuk ve bekleme sürelerinde hizmet verilebilen yolcu oranı açısından en iyi senaryo olan 17. senaryonun model içerisinde yolcu sayılarının %25 oranına çıkarılması durumunda sonuç değişkenleri açısından nasıl yanıtlar verdiği ölçülmüştür (Tablo 42).

Tablo 42. Filoda 5 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %25 olması durumunda yeni değerler

Gemilerin Doluluk Oranı: %24,63	Senaryo 17
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşımacılık Oranı	0,487702
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşınan Yolcu sayısı	4184,84
Tüm Sistem Ortalama Yolculuk Süresi (Dakika)	32,0783
Tüm Sistem Ortalama İskelede Bekleme Süresi (Dakika)	20,235
Gemi Maliyetleri (₺)	9413,66
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	9913,66
Yolcu Başına Maliyet (₺)	2,3689

Bu noktaya kadar filoya yeni bir gemi eklendiğinde ve bu gemi 1 numaralı rotada çalıştırıldığında en ideal durum olduğu ortaya çıkmıştır. Fakat bulgular arasında yeni geminin diğer 5 rotaya konulması durumunda sonuç değişkenlerine verilen cevaplar da belirlenmiştir (Tablo 43). Denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10 ve %25 oranlarındaki sisteme verilerek alınan yeni değerler tespit edilmiştir (Tablo 43). Ayırt edici kriter her zamanki gibi tüm sistemin ortalama taşımacılık oranıdır.

Tablo 43. Denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması ve filoya eklenen yeni geminin diğer rotalarda çalıştırılması durumunda yeni değerler

%10 * Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı					
Senaryo Numarası	25	26	4	31	4
Yeni Gemi Rota Numarası	3	2	6	4	5
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşımacılık Oranı	0,656136	0,652449	0,646497	0,645926	0,645664
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşınan Yolcu sayısı	2442,49	2416,62	2404,29	2410,37	2395,49
Tüm Sistem Ortalama Yolculuk Süresi (Dakika)	23,9548	23,348	23,8303	23,348	22,9407
Tüm Sistem Ortalama İskelede Bekleme Süresi (Dakika)	8,82113	8,35114	7,29767	5,35601	5,89645
Gemi Maliyetleri (₺)	9067,4439	9027,1006	8603,6551	9175,2071	8577,2632
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	9567,4439	9527,1006	9103,6551	9675,2071	9077,2632
Yolcu Başına Maliyet (₺)	3,9170	3,9423	3,7864	4,014	3,7893

Denizyolu potansiyel yolcu sayısının %25'i sisteme dahil edildiğinde en iyi senaryoların kriterlere verdiği cevaplar ölçülmüştür. Burada anlamlı fark oluşturan tek durum yeni geminin 5 numaralı rotada çalışması durumudur. Daha önce yeni geminin 5 numaralı rotada çalışması ve denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10 olması durumu ile yapılan testte 4 numaralı senaryo en iyi olarak sonuçlanmışken, yolcu oranı %25 olan durumda 26 numaralı senaryo anlamlı bir şekilde öne geçmiştir (Tablo 44).



Tablo 44. Denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %25 olması ve filoya eklenen yeni geminin diğer rotalarda çalıştırılması durumunda yeni değerler

%25 * Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı					
Senaryo Numarası	25	26	4	31	26
Yeni Gemi Rota Numarası	3	2	6	4	5
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşımacılık Oranı	0,518646	0,503964	0,489642	0,503693	0,510096
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşınan Yolcu sayısı	4437,82	4244,58	4268,24	4213,56	4366,14
Tüm Sistem Ortalama Yolculuk Süresi (Dakika)	30,2881	30,7527	29,3215	28,9694	31,8493
Tüm Sistem Ortalama İşkelede Bekleme Süresi (Dakika)	17,2379	15,5136	14,0291	14,9681	16,8262
Gemi Maliyetleri (₺)	9067,4439	9027,1006	8603,6551	9175,2071	8577,2632
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	9567,4439	9527,1006	9103,6551	9675,2071	9077,2632
Yolcu Başına Maliyet (₺)	2,1559	2,2445	2,1329	2,2962	2,0790

### 3.1.3. Filoda 6 Gemi ve Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı Oranının %10 Olması Durumu

VBB mülkiyetinde bulunan 4 adet deniz taşıtı filosuna ek olarak şu anki araçların temin edilmesinde olduğu gibi hibe yoluyla 2 adet daha deniz taşıtı temin edilmesi ihtimali simülasyon deneylerinde incelenmiştir.

Gelecekte filoya Asmalı gemisi ile eşdeğer özellikte muhtemel iki yeni gemi eklenmesi durumunda bir yolcunun rastgele olarak sisteme girmesi ile ulaştırma hizmeti alabileceği en iyi 5 senaryo ve bu senaryolarda gemilerin çalıştıkları rotalar belirlenmiştir (Tablo 45).

Tablo 45. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda en iyi rota seçenekleri

Senaryo No	Tüm Sistemdeki Taşımacılık Oranı (Seçim Kriteri)	Gemi Adı-Rota No					
		Asmalı	Kağıthane	Hezil Tamara	Lim Çarpanak	1. Yeni Gemi	2. Yeni Gemi
10	0,735146	3	2	5	4	3	2
37	0,732213	2	3	5	4	3	2
5	0,72793	1	4	5	1	1	6
47	0,719025	2	1	6	3	1	5
16	0,717915	4	1	5	1	1	6

Daha sonra simülasyon deneyinde 6 gemili filo için elde edilen en iyi senaryolarda 6 farklı rota bacağına oluşan yolculuk süreleri tespit edilmiştir (Tablo 46).

Tablo 46. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda yolculuk süreleri

Senaryo No	Rota Bacağı Numarası – Ortalama Yolculuk Süreleri (Dakika)						Ortalama Yolculuk Süresi
	1	2	3	4	5	6	
10	32,7959	18,6612	24,3951	26,4093	17,9833	28,2055	24,4884
37	33,0804	18,687	24,3864	25,4904	18,0441	28,4959	24,3459
5	32,0743	17,6846	23,9589	24,3916	20,2744	30,7353	24,0042
47	28,4894	18,5904	24,2841	27,2926	19,4711	27,9387	23,2569
16	32,1614	17,6795	23,9393	25,0504	20,1066	30,5022	24,182

Filoya eklenen 2 gemi ile elde edilen en iyi senaryolarda 6 farklı yönde taşımacılık oranları belirlenmiştir (Tablo 47).

Tablo 47. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda taşımacılık değerleri

Senaryo No		Rota Bacağı (Yön)					
		1	2	3	4	5	6
10	Taşınan Sayı	508,50	521,85	317,10	342,47	518,33	447,77
	Oran	0,845667	0,7139	0,672217	0,725995	0,709092	0,744662
37	Taşınan Sayı	501,32	525,63	321,45	339,63	515,87	449,43
	Oran	0,830659	0,716436	0,678932	0,717338	0,703129	0,744677
5	Taşınan Sayı	468,47	529,82	368,22	341,61	521,46	419,11
	Oran	0,772825	0,718967	0,774307	0,718343	0,707634	0,691391
47	Taşınan Sayı	482,85	512,33	370,63	334,82	482,75	446,38
	Oran	0,792335	0,691558	0,775254	0,70035	0,651636	0,732479
16	Taşınan Sayı	451,67	527,77	363,93	342,08	527,52	402,37
	Oran	0,74405	0,715179	0,76421	0,71832	0,714848	0,662843

Filodaki gemi sayısı 6' ya çıktığında taşınan toplam yolcu ve oluşan maliyet değerleri belirlenmiştir. Maliyet tablolarında sistemin eğer tam doluluk oranında çalışması durumunda yolcu başına düşen maliyetler tespit edilmeye çalışılmıştır (Tablo 48).

Tablo 48. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %10 olması durumunda maliyet değerleri

%10 * Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı					
Gemilerin Doluluk Oranı: %11,81	Senaryo 10	Senaryo 37	Senaryo 5	Senaryo 47	Senaryo 16
Toplam Taşınan Yolcu Sayısı (Ortalama)	2656,02	2653,32	2648,7	2629,76	2615,34
Tercih Etmeyen Yolcu Sayısı (Günlük Ortalama)	80,38	70,26	58,18	43,57	53,69
Gemi Maliyetleri (₺)	10868,9547	10885,2547	10346,3863	10454,5694	10293,4668
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	11368,9547	11385,2547	10846,3863	10954,5694	10793,4668
Yolcu Başına Maliyet (₺)	4,1863	4,1967	4,0006	4,0705	4,0314
%100 Doluluk Durumunda Yolcu Başına Maliyet (₺)	0,5089	0,5098	0,4849	0,4824	0,4886

Filoya 2 yeni gemi eklenmesi ve toplam 6 gemi ile sistemin ilgili kriterlere verdiği cevaplar tespit edilmiştir (Tablo 49).

Tablo 49. Filoda 6 gemi ve denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranının %30 olması durumunda yeni değerler

Gemilerin Doluluk Oranı: %23,7	%30 * Denizyolu Potansiyel Yolcu Sayısı				
	10	37	5	47	16
Senaryo Numarası	10	37	5	47	16
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşımacılık Oranı	0,511407	0,511167	0,510513	0,521561	0,507993
Tüm Sistem Günlük Ortalama Taşınan Yolcu sayısı	5228,5	5217,74	5305,9	5431,94	5291,22
Tüm Sistem Ortalama Yolculuk Süresi (Dakika)	30,7937	30,6185	30,1535	32,7865	30,4302
Tüm Sistem Ortalama İskelede Bekleme Süresi (Dakika)	20,7862	18,8381	14,4921	19,3708	16,8638
Gemi Maliyetleri (₺)	10868,954	10885,254	10346,386	10454,569	10293,466
Tüm Sistemin Maliyeti (₺)	11368,954	11385,254	10846,386	10954,569	10793,466
Yolcu Başına Maliyet (₺)	2,1744	2,1820	2,0442	2,0167	2,0399

### 3.1.4. Denizyoluna Yardımcı Olarak Kurulması Planlanan Karayolu Servis Hatları

Daha önce belirlenen 6 adet ana istasyon içerisinde Edremit TOKİ ve Van il merkezinin deniz sistemine belli bir mesafede olduğu bilinmektedir. Deniz sistemini tercih edebilecek yolcuların bu istasyonlar için deniz sistemine yardımcı olabilecek karayolu sabit servis hatları kurulması ve model içerisinde simüle edilmesi düşünülmüştür.

Edremit TOKİ ve Edremit deniz iskelesi arasındaki 1370 m uzunluğa sahip 1. Karayolu servis hattında saat başı belediye otobüsü ve saatte iki kere belediye midibüsü

seferi kabul edilerek oluşturulan modele ait yolculuk bilgileri saptanmıştır (Tablo 50). Her iki araç çeşidinin de hızı rastgele üçgensel dağılım ile 30, 35, 40 kilometre/saat olarak sisteme girilmiştir.

Tablo 50. Edremit noktasındaki karayolu servis hattına ait yolculuk ve maliyet değerleri

	Belediye Otobüsü	Belediye Midibüsü
Yolculuk Süresi (Dakika)	4,27492	4,366
Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	1550,34	1643,74
Günlük Maliyet (₺)	44,8028	58,3909
Kişi Başı Maliyet (₺)	0,02889	0,0355

Van il merkezi ve Van TCDD iskelesi arasındaki 5120 m uzunluğa sahip olan ve üzerinde 10 adet durak ile 7 adet trafik ışığı bulunan 2 numaralı karayolu servis hattına ait yolculuk değerleri tespit edilmiştir (Tablo 51). Araçların sefer düzenlerinin 1. Servis hattı ile aynı olması kabul edilmiştir.

Tablo 51. Van İl Merkezi istasyonundaki karayolu servis hattına ait yolculuk ve maliyet değerleri

	Belediye Otobüsü	Belediye Midibüsü
Yolculuk Süresi (Dakika)	13,702	14,1098
Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	1516,86	1634,89
Günlük Maliyet (₺)	158,4196	227,8989
Kişi Başı Maliyet (₺)	0,1044	0,1394

Buradaki önemli husus belediye otobüsü boyutundaki bir aracın midibüs boyutundaki bir araca göre yolculuk süresi, günlük ortalama maliyet ve yolcu başına maliyet kriterlerine göre önde çıkmasıdır.

### 3.2. Karayolu Parçaları Yolculuk Süreleri, Taşımacılık ve İşletme Maliyeti Sonuç Değerleri

Daha önce Şekil 18 üzerinde gösterilen ve önemli uğrak noktalar arasında uzanan 4 adet karayolu parçasına ait yolculuk değerleri simülasyon deneyi ile tespit edilmiştir. Bunlardan ilki Edremit deniz iskelesi ve Edremit TOKİ Kavşağı arasındaki 3150 m uzunluğundaki karayolu parçasıdır. İkinci karayolu parçası ise sahilden bir miktar içeride bulunan Edremit TOKİ ile Edremit TOKİ Kavşağı arasında 3550 m uzunluğundaki parçadır.

Son iki parça ise sırasıyla 12000 m ve 13380 m uzunluğa sahip Edremit TOKİ Kavşağı, Van İl merkezi ve YYÜ Kampüsü arasında uzanan yol parçalarıdır. Bu karayolu parçaları üzerinde çalışan toplu taşıma araçlarına ait yolculuk değerleri, sefer başına yolculuk süreleri, günlük ortalama taşınan yolcu, günlük işletme maliyeti ve kişi başına düşen maliyet olarak sıralanmıştır.

### 3.2.1. Karayolu Parçası 1 (Edremit İskelesi-Edremit TOKİ Kavşağı) Yolculuk Değerleri

Bu karayolu parçası üzerinde sadece otobüs sınıfından iki araç GV1 ve 121 sefer numaraları ile tek yönde günde toplam 42 sefer yaparak çalışmaktadır. Bu karayolu parçasını kullanan ve belediye mülkiyetinde bulunan araçlara ait yolculuk değerler Tablo 52’de gösterilmiştir.

Tablo 52. Edremit İskelesi – Edremit TOKİ Kavşağı arasındaki karayolu yolculuk değerleri

	Yüksek Trafik Yoğunluğu	Düşük Trafik Yoğunluğu
Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (25,30,35)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)
Yolculuk Süresi (Dakika)	8,33771	7,69659
Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	1855,56	1866,94
Günlük Maliyet (₺)	291,9638	287,3404
Kişi Başı Maliyet (₺)	0,1564	0,1539

### 3.2.2. Karayolu Parçası 2 (Edremit TOKİ – Edremit TOKİ Kavşağı) Yolculuk Değerleri

Bu karayolu parçası üzerinde çalışan belediye mülkiyetindeki otobüsler ve özel teşebbüse ait minibüslere ait yolculuk değerleri saptanmıştır (Tablo 53).

Tablo 53. Edremit TOKİ – Edremit TOKİ Kavşağı arasındaki karayolu yolculuk değerleri

		Yüksek Trafik Yoğunluğu	Düşük Trafik Yoğunluğu
Belediye Otobüsü	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (25,30,35)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	9,73732	8,98995
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	9393,84	9269,64
	Günlük Maliyet (₺)	682,9889	663,3181
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,0727	0,0715
Özel Minibüs	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (35,40,45)	Rastgele Üçgensel Dağılım (40,45,50)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	8,57673	8,14502
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	15039,2	14978,2
	Günlük Maliyet (₺)	3923,2352	3843,6057
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,2608	0,2566

### 3.2.3. Karayolu Parçası 3 (Edremit TOKİ Kavşağı-Van İl Merkezi) Yolculuk Değerleri

Toplam uzunluğu 12000 m olan ve üzerinde 23 adet durak ve 25 adet trafik ışığı bulunan bu karayolu parçası üzerinde faaliyet gösteren belediye mülkiyetindeki otobüs ve özel teşebbüse ait minibüslere ait yolculuk değerleri tespit edilmiştir (Tablo 54).

Tablo 54. Edremit TOKİ Kavşağı – Van İl Merkezi arasındaki karayolu yolculuk değerleri

		Yüksek Trafik Yoğunluğu	Düşük Trafik Yoğunluğu
Belediye Otobüsü	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (25,30,35)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	36,6864	34,2096
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	13700,9	13813,2
	Günlük Maliyet (₺)	3480,6818	3438,1158
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,2540	0,2489
Özel Minibüs	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (35,40,45)	Rastgele Üçgensel Dağılım (40,45,50)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	33,2374	31,8225
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	14979,4	15013,4
	Günlük Maliyet (₺)	13908,7927	13701,1613
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,9285	0,9126

### 3.2.4. Karayolu Parçası 4 (YYÜ Kampüs – Van İl Merkezi) Yolculuk Değerleri

Üzerinde 16 adet trafik ışığı ve 28 adet durak bulunan bu karayolu üzerinde 4 çeşit yolcu taşıma kapasitesine sahip bütün araçların yolculuk değerleri trafik yoğunluklarına göre tespit edilmiştir (Tablo 55).

Tablo 55. YYÜ Kampüs – Van İl Merkezi arasındaki karayolu yolculuk değerleri

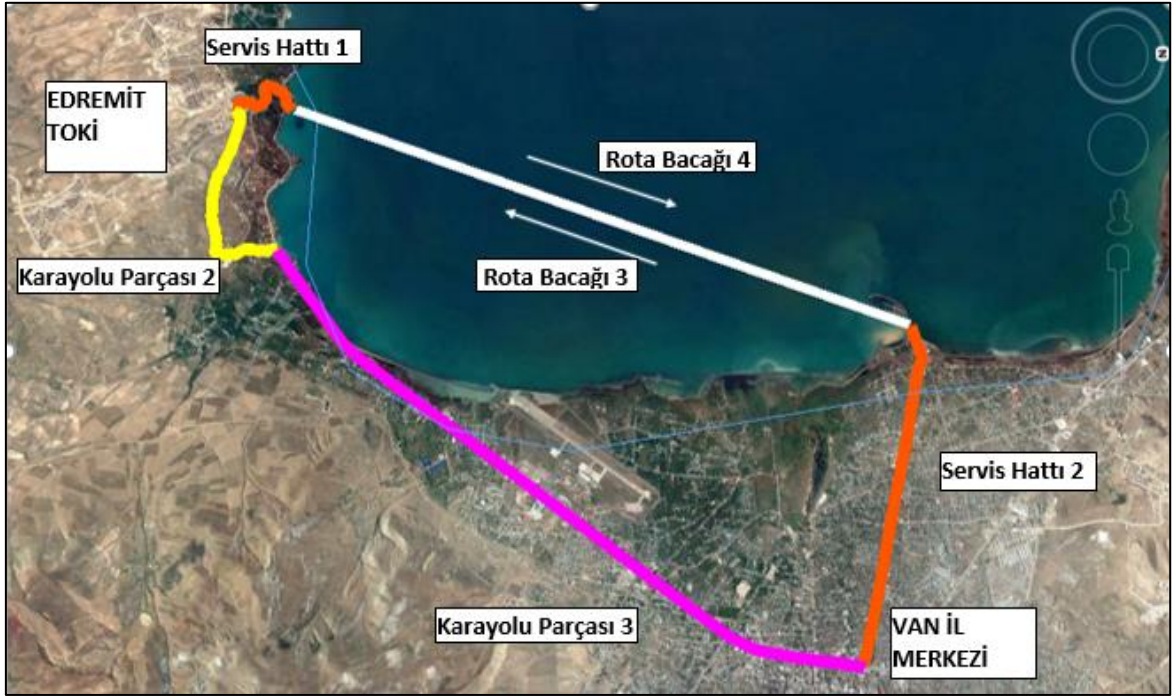
		Yüksek Trafik Yoğunluğu	Düşük Trafik Yoğunluğu
Belediye Otobüsü	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (25,30,35)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	36,3415	33,7949
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	5458,32	5363,82
	Günlük Maliyet (₺)	1492,3750	1447,3590
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,2734	0,2698
Belediye Midibüsü	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (25,30,35)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	36,9836	34,2795
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	5150,7	5157,49
	Günlük Maliyet (₺)	1869,2946	1823,8533
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,3629	0,3536
Özel Midibüs	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (30,35,40)	Rastgele Üçgensel Dağılım (35,40,45)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	34,9551	32,9428
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	15492,1	15471
	Günlük Maliyet (₺)	5538,2703	5445,8690
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,3575	0,3520
Özel Minibüs	Hız (km/saat)	Rastgele Üçgensel Dağılım (35,40,45)	Rastgele Üçgensel Dağılım (40,45,50)
	Yolculuk Süresi (Dakika)	33,2273	31,7431
	Günlük Ortalama Taşınan Yolcu Sayısı (%100 doluluk)	11366	11383,1
	Günlük Maliyet (₺)	11291,1770	11121,7467
	Kişi Başı Maliyet (₺)	0,9934	0,9770

### 3.3. Denizyolu – Karayolu Karşılaştırılması İçin Yolculuk Süreleri ve İşletme Maliyetlerine Ait Toplam Değerler

Edremit, Van il merkezi ve YYÜ Bardakçı mevki arasında 4 farklı denizyolu – karayolu yolcu taşımacılığı seçeneğinin kullandığı ilgili yol parçaları ve rota bacakları toplam değerleri karşılaştırılmıştır.

### 3.3.1. Karşılaştırma 1

Karşılaştırılmanın yapılacağı hatlar ve kullanılan yol parçaları ve rota bacakları Şekil 41’de gösterilmiştir. Edremit TOKİ ve Van İl merkezi arasındaki mesafede yapılacak olan karşılaştırmayı gösteren şekil üzerinde turuncu ve beyaz renkle çizilen bölümler denizyoluna, sarı ve mor renkle çizilen bölümler ise karayoluna ait bölümlerdir.



Şekil 41. Karşılaştırma 1 için denizyolu – karayolu bölümleri

Edremit TOKİ ve Van il Merkezi istasyonları arasında geliş-gidiş yönlerinde yolculuk süreleri ve maliyetlere ilişkin elde edilen bulgular kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır (Tablo 56-57).



Tablo 56. Karşılaştırma 1 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri

Trafik Yoğunluğu	Kullanılan Araç		Karayolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Toplam İşletme Maliyeti (₺)
	Karayolu Parçası 2	Karayolu Parçası 3		
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	46,4237	4163,6707
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	43,1995	4101,4339
Yüksek	Minibüs	Minibüs	41,8141	17832,0279
Düşük	Minibüs	Minibüs	39,9675	17544,767

Edremit TOKİ ve Van il Merkezi istasyonları arasında geliş-gidiş yönlerinde yolculuk süreleri ve maliyetlere ilişkin elde edilen bulgularda denizyolu değerleri kullanılan 2 adet servis hattı dolayısı ile zaman kriteri açısından anlamlı bir fark yaratamamıştır (Tablo 57). Ayrıca karayolu araç çeşidi olan minibüslerin günlük ortalama maliyet değerleri diğer araç çeşitlerine göre yüksek çıksa da filo sayısının yüksek olmasından dolayı taşınan yolcu başına maliyet düşük değerlerde kalmıştır.

Tablo 57. Karşılaştırma 1 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri

Kullanılan Araç			Edremit TOKİ- Van İl Merkezi Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Van İl Merkezi- Edremit TOKİ Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Günlük Ortalama İşletme Maliyeti (₺)
Servis Hattı 1	Denizyolu Rota Bacağı 3 veya 4	Servis Hattı 2			
Belediye Otobüsü	Gemi	Belediye Otobüsü	41,33122	40,77512	8658,7017
Belediye Midibüsü	Gemi	Belediye Midibüsü	41,8301	41,274	
Belediye Otobüsü	Gemi	Belediye Midibüsü	41,73902	41,18292	
Belediye Midibüsü	Gemi	Belediye Otobüsü	41,4223	40,8662	

### 3.3.2. Karşılaştırma 2

Karşılaştırma ve analiz yapılacak denizyolu-karayolu ulaşım seçenekleri Edremit deniz iskelesi ve Van İl merkezi arasında olmak üzere Şekil 42’de gösterilmiştir. Şekil üzerinde turuncu ve beyaz renkle çizilen bölümler denizyoluna, yeşil ve mor renkle çizilen bölümler ise karayoluna ait bölümlerdir.



Şekil 42. Karşılaştırma 2 için denizyolu – karayolu bölümleri

Edremit İskelesi ve Van il Merkezi istasyonları arasında geliş-gidiş yönlerinde yolculuk süreleri ve maliyetlere ilişkin elde edilen bulgular karayolu ve denizyolu araçları için sırasıyla Tablo 58’de ve Tablo 59’da verilmiştir.

Tablo 58. Karşılaştırma 2 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri

Trafik Yoğunluğu	Kullanılan Araç		Karayolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Toplam İşletme Maliyeti (₺)
	Karayolu Parçası 1	Karayolu Parçası 3		
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	45,0241	3772,6456
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	41,9062	3725,4562

Tablo 59. Karşılaştırma 2 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri

Kullanılan Araç		Edremit İskelesi-Van İl Merkezi Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Van İl Merkezi-Edremit İskelesi Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Günlük Ortalama İşletme Maliyeti (₺)
Denizyolu Rota Bacağı 3 veya 4	Servis Hattı 2			
Gemi	Belediye Otobüsü	37,0563	36,5002	8555,5085
Gemi	Belediye Midibüsü	37,4641	36,908	

### 3.3.3. Karşılaştırma 3

Karşılaştırma ve analiz yapılacak Edremit TOKİ ve YYÜ Kampüsü istasyonları arasında çalışan denizyolu-karayolu ulaşımı için kullanılan bölümler Şekil 43'de gösterilmiştir. Şekil üzerinde turuncu ve beyaz renkle çizilen bölümler denizyoluna; sarı, mor ve mavi renkle çizilen bölümler ise karayoluna ait bölümlerdir.



Şekil 43. Karşılaştırma 3 için denizyolu – karayolu bölümleri

Daha önce karayolu parçaları ve denizyolu hatlarından elde edilen yolculuk ve maliyet değerleri Edremit TOKİ ve YYÜ Kampüsü istasyonları arasında tekrar ele alınarak 2 ulaşım çeşidinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Tablo 60 Edremit TOKİ ve YYÜ Kampüsü noktaları arasındaki karayolu değerlerini, Tablo 61 ise aynı yerler arasındaki denizyolu değerlerini göstermektedir.

Tablo 60. Karşılaştırma 3 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri

Trafik Yoğunluğu	Kullanılan Araç			Karayolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Toplam İşletme Maliyeti (₺)
	Karayolu Parçası 2	Karayolu Parçası 3	Karayolu Parçası 4		
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	82,7652	5656,0457
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	76,9944	5548,7929
Yüksek	Minibüs	Minibüs	Belediye Otobüsü	78,1556	19324,4029
Düşük	Minibüs	Minibüs	Belediye Otobüsü	73,7624	18992,126
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Belediye Midibüsü	83,4073	6032,9653
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Belediye Midibüsü	77,479	5925,2872
Yüksek	Minibüs	Minibüs	Belediye Midibüsü	78,7977	19701,3225
Düşük	Minibüs	Minibüs	Belediye Midibüsü	74,247	19368,6203
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Özel Midibüs	81,3788	9701,941
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Özel Midibüs	76,1423	9547,3029
Yüksek	Minibüs	Minibüs	Özel Midibüs	76,7692	23370,2982
Düşük	Minibüs	Minibüs	Özel Midibüs	72,9103	22990,636
Yüksek	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Minibüs	79,651	15454,8477
Düşük	Belediye Otobüsü	Belediye Otobüsü	Minibüs	74,9426	15223,1806
Yüksek	Minibüs	Minibüs	Minibüs	75,0414	29123,2049
Düşük	Minibüs	Minibüs	Minibüs	71,7106	28666,5137

Edremit TOKİ ve YYÜ Kampüsü istasyonları arasında geliş-gidiş yönlerinde yolculuk süreleri ve maliyetlere ilişkin elde edilen bulgularda karayolu ve denizyolu araçları için zaman kriteri açısından anlamlı farklar olduğu görülmektedir.

Tablo 61. Karşılaştırma 3 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri

Kullanılan Araç		Edremit TOKİ-YYÜ Kampüsü Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	YYÜ Kampüsü-Edremit TOKİ Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Günlük Ortalama İşletme Maliyeti (₺)
Servis Hattı 1	Denizyolu Rota Bacağı 1 veya 6			
Belediye Otobüsü	Gemi	36,3274	31,3614	8272,3832
Belediye Midibüsü	Gemi	36,4185	31,4525	

### 3.3.4. Karşılaştırma 4

Karşılaştırma yapılacak Van il merkezi ve YYÜ Kampüsü istasyonları arasında çalışan denizyolu ve karayolu ulaşımları ile bunların kullandıkları karayolu parçaları ve denizyolu rota bacakları Şekil 44'de gösterilmiştir. Şekil üzerinde turuncu ve beyaz renkle çizilen bölümler denizyoluna, mavi renkle çizilen bölümler ise karayoluna ait bölümlerdir.



Şekil 44. Karşılaştırma 4 için denizyolu – karayolu bölümleri

Tablo 62 Van il merkezi ve YYÜ Kampüsü uğrak noktaları arasındaki karayolu değerlerini, Tablo 63 ise aynı noktalar arasındaki denizyolu değerlerini göstermektedir.

Tablo 62. Karşılaştırma 4 için karayolu yolculuk ve maliyet değerleri

Trafik Yoğunluğu	Karayolu Parçası 4 Kullanılan Araç	Toplam Karayolu Yolculuk Zamanı (Dakika)	Toplam İşletme Maliyeti (₺)
Yüksek	Belediye Otobüsü	36,3415	1492,3750
Düşük	Belediye Otobüsü	33,7949	1447,3590
Yüksek	Belediye Midibüsü	36,9836	1869,2946
Düşük	Belediye Midibüsü	34,2795	1823,8533
Yüksek	Özel Midibüs	34,9551	5538,2703
Düşük	Özel Midibüs	32,9428	5445,8690
Yüksek	Minibüs	33,2273	11291,1770
Düşük	Minibüs	31,7431	11121,7467

Tablo 63. Karşılaştırma 4 için denizyolu yolculuk ve maliyet değerleri

Kullanılan Araç		Van İl Merkezi- YYÜ Kampüsü Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	YYÜ Kampüsü- Van İl Merkezi Denizyolu Toplam Yolculuk Zamanı (Dakika)	Günlük Ortalama İşletme Maliyeti (₺)
Servis Hattı 2	Denizyolu Rota Bacağı 2 veya 5			
Belediye Otobüsü	Gemi	32,5332	32,0512	8555,5085
Belediye Midibüsü	Gemi	32,941	32,459	

Karşılaştırması yapılan Van il merkezi ve YYÜ Kampüsü istasyonları arasında çalışan denizyolu ve karayolu ulaşimleri ile bunların kullandıkları karayolu parçaları ve denizyolu rota bacakları arasında anlamlı bir zaman farkı çıkmamıştır. Günlük ortalama maliyet kriterinde ise karayolu araç çeşitlerinin filo sayısına göre anlamlı farklar olduğu görülmektedir (Tablo 62).

#### 4. TARTIŞMA

Ekonomik, sosyal, siyasal, kültürel ve belki de bunlardan daha da önemli olarak teknolojik gelişmelerin sonucunda bugün tüm dünyanın paralelinde ülkemizde de sürdürülebilir kent içi ulaşım oldukça kompleks ve karmaşık bir hale gelmiştir. Sürdürülebilir bir kent içi ulaştırma planlamasında, öncelikler ve tercihler tespit edilirken; ekonomik ve kültürel önceliklerin yanı sıra, diğer birtakım özelliklerin de mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Diğer taraftan kent içi ulaştırma sistemleri oluşturulurken gürültü, hava kirliliği, güvenlik, enerji tüketimi ve arazi kullanımının da dikkate alınması gerekmektedir.

Yoğun göçlerle nüfusu çok hızlı bir şekilde artan Van'ın önemli düzeyde bir ulaşım sorunuyla karşı karşıya bulunduğu bilinmektedir. Bu amaçla günümüzde Van İli kent içi ulaşımında tek seçenek olan lastik tekerlekli karayolu araçlarına bir alternatif olarak Van Gölü üzerinde kent içi yolcu taşınması seçeneğinin oluşturulan simülasyon modelleri ile yapılabilirliği bu çalışma ile araştırılmıştır. Fakat yine bu çalışmada Atasoy (2008)' un yaptığı araştırmadaki gibi kent içinde denizyolu ulaşımı sağlayan gemilerin rotalandırılmasında trafik yoğunlukları ve risk analizleri yapılmamıştır.

Elde edilen sonuçlara göre sisteme rastgele giren yolcuların taşınma oranı ve yolculuk süresi kriterlerine göre belediye mülkiyetindeki filoda 4 gemi bulunması ve daha önce karayolu değerlerinden hesaplanan denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10 oranındaki yolcunun sisteme girmesi durumunda en iyi seçenek 25 numaralı senaryodur. Taşınan yolcu oranının 0,57288 olarak tespit edildiği bu senaryoya göre filodaki en fazla yolcu kapasitesine sahip gemi olan Asmalı gemisinin 1 numaralı rota üzerinde çalışması en iyi seçenek olmuştur. Asmalı gemisinin izlediği rota üzerinde sırası ile Edremit iskelesi, Van TCDD iskelesi, YYÜ kampüsü, Van TCDD iskelesi ve başlangıç noktası olan Edremit iskelesi limanları vardır. Filodaki ikinci en fazla yolcu kapasitesine sahip gemi olan Kağıthane gemisinin en iyi senaryoya göre uğraması gereken limanlar ise 3 numaralı rota üzerinde sırasıyla Edremit iskelesi, YYÜ kampüsü, Van TCDD iskelesi ve tekrar Edremit iskelesidir. Hezil Tamara gemisi 25. Senaryo içerisinde Edremit iskelesi ve YYÜ kampüsü arasında 6 numaralı rota üzerinde çalışmaktadır. Son olarak Lim Çarpanak gemisi en iyi senaryoya göre Kağıthane gemisinin izlediği rotanın tam tersi istikamette olan 2 numaralı rotada

çalışmalıdır. En iyi senaryo olan 25. Senaryoya yakın diğer 4 senaryo ise sırası ile 48, 31, 26, 47 numaralı senaryolar olarak belirlenmiştir.

Deniz sistemi içerisinde 4 gemi olması durumunda en ideal yolculuk sürelerini tespit etmek için gemiler %14,73 ortalama doluluk oranı ile çalışmış ve günlük ortalama 2053,34 kişi taşınmıştır. Böylelikle tek seferde 362 kişi olan filo kapasitesi ile gün içinde 13,5 saat çalışan gemilerin en fazla 13939 yolcu taşıyabildiği anlaşılmaktadır.

Model içerisindeki yolcu oranlarını ifade eden denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranını %10'dan %20'ye çıkarıldığında bir diğer deyişle sisteme rastgele giren yolcu sayısı 2 katına çıkınca tüm sistemin ortalama taşımacılık oranı bu senaryoda "0,46764" değerini alarak düşüş kaydetmiştir. Bunun sebebi taşınan yolcu sayısının yanında gemilere binemeyerek geri dönen yolcu sayılarının da artmış olması ve toplam taşımacılık oranını düşürmesidir. Bu durumda günlük ortalama taşınan yolcu sayısı 3251,6 olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen yolculuk sürelerine gelecek olursak model içerisinde 1 numaralı rota bacağı olarak ifade edilen Edremit deniz iskelesinden YYÜ kampüsüne giden bir yolcu limanda bekleme süresi dâhil olmak üzere ortalama 32,0525 dakikada yolculuğunu tamamlamıştır. 2 numaralı rota bacağı olarak ifade edilen YYÜ kampüsünden Van TCDD iskelesine olan mesafe ortalama 18,3492 dakikada katedilmiştir. Van TCDD iskelesinden Edremit iskelesine ortalama 22,7982 dakikada gidilmiştir. Edremit iskelesinden Van TCDD iskelesi yönünde yani 4 numaralı rota bacağına ise ortalama yolculuk süresi 23,3543 dakika olmuştur. Van TCDD iskelesinden YYÜ kampüsüne ve oradan da Edremit iskelesine olan ortalama yolculuk süreleri sırasıyla 18,8312 ve 27,0865 dakika olmuştur. Dikkat edilecek olursa bu durumda 1 ve 6 numaralı rota bacakları Edremit iskelesi ve YYÜ kampüsü arasında geliş-gidiş yönlerini ifade eder. Aynı durum 2 ve 3 numaralı rota bacakları ve uğrak limanları için de geçerlidir. Fakat görülmektedir ki Edremit iskelesinden YYÜ kampüsüne olan yolculuk süresi aynı hat üzerinde Edremit iskelesine dönüşteki yolculuk süresinden 4,9657 dakika daha azdır. Az da olsa bu gibi bir farkın oluşmasının sebebi farklı kapasitede ve hızdaki gemilerin farklı sefer sayıları ile karşılıklı yönlerde denk gelmesi durumudur.

Deniz sisteminde 4 gemi olması durumunda günlük ortalama ₺8021,84 ve ₺8169,19 arasında bir maliyet üretilmektedir. Bu maliyetler ışığında karayolundaki araçların tek hat için ₺1,5 hizmet bedeli olduğu düşünülürse belediyenin zarar etmemek için mülkiyetindeki gemilerle günde en az ortalama 5397 kişiyi taşınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Fakat son birkaç yılda yapılan kısa süreli göl üzerinde yolcu taşınmasına yönelik denemelerde



gemilerin doluluk oranları %10-15 arasında bir değerde kalmıştır (VBB BİDB, 2015). Bu ulaştırma hizmeti arzına karşılık gelen dūřuk talebin birkaç sebebi olduğu dūřunılmektedir. Van ilindeki yolcuların deniz taşıtlarına çekince ile bakmaları muhtemel sebepler arasında gösterilmektedir. Buna ek olarak Edremit iskelesi ve Van TCDD iskelesinin önemli bir yerleşim birimi olan Edremit toplu konutlarına ve Van il merkezine olan mesafelerinden dolayı yolculuk boyunca ek taşıt kullanılması durumu yolculuk tercihleri üzerinde olumsuz bir etki yaratmıştır. Anlaşılmaktadır ki belediyenin 4 adet gemiyi düzenli hat yolcu taşımacılığından kaldırmasının sebebi dūřuk yolcu sayılarından dolayı yüksek oranda zarar etmesidir.

Gelecekte Van Büyükşehir Belediyesi için İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından muhtemel bir yeni gemi hibesi dūřünüldüęünde simülasyon modeline Asmalı gemisi ile eř bir gemi eklenmesinin ve sistemin nasıl tepki verdiğinin ölçülmesi ihtiyacı doğmuştur. Yapılan testler sonucunda yeni geminin 1 numaralı rotada çalışması durumu diğer rotalarda çalışması durumundan taşımacılık değerleri kriterleri açasından oldukça ileride çıkmıştır. Bu durumda 17 numaralı senaryo 0,684692 taşımacılık oranı ile en iyi olarak belirlenmiştir. Bu senaryoda Asmalı gemisi 6 numaralı rotada Edremit iskelesi ile YYÜ kampüsü arasında sefer yapmaktadır. Aynı senaryoya göre Kağıthane gemisi ile filoya yeni eklenmesi dūřünülen gemi 1 numaralı rota üzerinde sırası ile Edremit iskelesi, Van TCDD iskelesi ve YYÜ kampüsü iskelesine uğrayıp ardından Van TCDD iskelesi uğrayarak Edremit iskelesine geri dönmektedir. Hezil Tamara gemisi için en iyi senaryo iğerisinde rota seçeneği 5 numaralı rota olarak belirlenmiş ve seferi boyunca uğradığı deniz iskeleleri sırası ile Edremit, Van TCDD, Edremit, YYÜ kampüsü ve tekrar Edremit olarak belirlenmiştir. Lim Çarpanak gemisi ise Hezil Tamara gemisinin rota seçeneğinin simetriği olarak Edremit iskelesinden sefere başlayarak önce YYÜ kampüsüne sonra da Van TCDD iskelesine uğraması ve aynı hat üzerinden Edremit iskelesine geri dönmesi ile seferini tamamlayarak 4 numaralı rotayı kullanmıştır.

Deniz sistemi içerisinde 5 gemi olması durumunda en ideal yolculuk sürelerini tespit etmek için gemiler %14,15 ortalama doluluk oranı ile çalışmış ve günlük ortalama 2404 kişi taşınmıştır. Böylelikle tek seferde 492 kişi olan filo kapasitesi ile gün içinde 13,5 saat çalışan gemilerin tek bir boş yolcu koltuğu kalmadan ve hiç aksamadan çalışması halinde taşıyabilecekleri en fazla yolcu sayısı 16989 kişi olarak hesaplanmıştır.

Model içerisindeki yolcu oranlarını ifade eden denizyolu potansiyel yolcu sayısı oranını %10'dan %25'e çıkarıldığında tüm sistemin ortalama taşımacılık oranı bu senaryoda

“0,487702” değerini alarak düşüş kaydetmiştir. Bu durumda günlük ortalama taşınan yolcu sayısı 4184,84 ve gemilerin gün içinde doluluk oranı %24,63 olarak tespit edilmiştir. 40, 28, 49, 47 numaralı senaryoların değerleri 17 numaralı senaryoya en yakın olarak tespit edilmiştir.

Filoda 5 gemi bulunması halinde tespit edilen yolculuk süreleri ortalama olarak Edremit deniz iskelesinden YYÜ kampüsüne giden bir yolcu için limanda bekleme süresi dahil olmak üzere 32,2353 dakika, YYÜ kampüsünden Van TCDD iskelesi yönünde 19,8091 dakika, Van TCDD iskelesinden Edremit iskelesine olan yönde 24,8724 dakika, Edremit iskelesinden Van TCDD iskelesi yönünde 24,9553 dakika olmuştur. Van TCDD iskelesinden YYÜ kampüsüne ve YYÜ kampüsünden de Edremit iskelesine olan ortalama yolculuk süreleri ise sırasıyla 20,1395 ve 28,0961 dakika olmuştur.

Deniz sisteminde 5 gemi olması durumunda günlük ortalama ₺9405,66 ve ₺9913,66 arasında bir maliyet oluşmaktadır. Günlük ortalama 6439 yolcu taşınması durumunda belediyeye bağlı denizyolu işletmesinin zarar etmeyeceği düşünülmektedir.

Filoya Asmalı gemisi ile eş 2 gemi eklenmesi durumunda 10 numaralı senaryo en iyi olarak tespit edilmiştir. Bu senaryoya göre Asmalı gemisi ve Asmalı gemisine eş özelliklere sahip yeni bir gemi 1 numaralı rota üzerinde, Kağıthane ve filoya eklenen ikinci gemi 2 numaralı rota üzerinde, Hezil Tamara ve Lim Çarpanak gemileri de sırası ile 5 ve 4 numaralı rota üzerinde çalışması planlanmıştır.

Denizyolu potansiyel yolcu sayısının %10'u sisteme rastgele girdiğinde toplam taşımacılık oranı 0,735146, toplam taşınan yolcu sayısı günde ortalama 2656,02 kişi ve 6 geminin doluluk oranı %11,81 olarak belirlenmiştir. Filoya 2 yeni gemi eklenmesi durumunda gemilerin simülasyon modelindeki çalışma periyodu olan bir günlük çalışma düzeni içerisinde yarattığı toplam taşıma kapasitesi günlük ortalama 22366 kişi olmuştur.

Denizyolu potansiyel yolcu sayısının %30'u sisteme rastgele girdiğinde toplam taşımacılık oranı 0,511407, toplam taşınan yolcu sayısı günde ortalama 5228,5 kişi ve 6 geminin ortalama doluluk oranı %23,7 olarak belirlenmiştir. En iyi senaryoya en yakın senaryolar sırasıyla 37, 5, 47, ve 16 numaralı senaryolardır.

Deniz sistemine yardımcı olarak karayolunda kurulması planlanan iki servis hattından ilki olan Edremit TOKİ ve Edremit iskelesi arasındaki yolculuk süreleri belediye otobüsü için 4,27492 dakika belediye midibüsü için ise 4,366 dakika olarak belirlenmiştir. İkinci servis hattından olan Van il merkezi ve Van TCDD iskelesi arasındaki yolculuk süreleri belediye otobüsü için yolculuk başına 13,702 dakika belediye midibüsü için ise 14,1098

dakika olarak belirlenmiştir. Günlük yolcu taşıma kapasiteleri birinci servis hattı için günlük ortalama 3194,08 olarak ikinci servis hattı için 3151,75 olarak belirlenmiştir. Günlük maliyet ise birinci hat için ₺103,1932, ikinci hat için ₺386,3185 olarak tespit edilmiştir.

Karayolu sistemindeki taşımacılık değerleri sonuçlarına bakıldığında 1 numaralı karayolu parçası üzerinde çalışan belediye otobüsleri için yolculuk süresi 7,69659 ve 8,33771 dakika arasında, günlük ortalama taşınan yolcu sayısı 1855,56 ve 1866,94 kişi arasında ve günlük oluşan maliyet ise ₺287,3404 ve ₺291,9638 arasında değişmektedir.

Edremit iskelesinden D-300 karayolu üzerinde yer alan Edremit TOKİ kavşağına kadar olan 2 numaralı karayolu parçası üzerinde çalışan belediye otobüsleri ve özel minibüsler için yolculuk süresi yolculuk başına 8,14502 ve 9,73732 dakika arasında, günlük ortalama taşınan yolcu sayısı belediye otobüsleri için 9269,64 ve 9393,84 kişi arasında, minibüsler için 14978,2 ve 15039,2 kişi arasında ve günlük oluşan maliyet ise belediye otobüsleri için ₺663,3181 ve ₺682,9889 arasında, minibüsler için oluşan maliyet ise ₺3843,6057 ve ₺3923,2352 arasında değişmektedir.

Edremit TOKİ kavşağından Van il merkezine kadar olan 3 numaralı karayolu parçası üzerinde çalışan belediye otobüsleri ve özel minibüsler için yolculuk süresi 31,8225 ve 36,6864 dakika arasında, günlük ortalama taşınan yolcu sayısı belediye otobüsleri için 13700,9 ve 13813,2 kişi arasında, minibüsler için 14978,2 ve 15039,2 kişi arasında ve günlük oluşan maliyet ise belediye otobüsleri için ₺3438,1158 ve ₺3480,6818 arasında, minibüsler için oluşan maliyet ise ₺13701,1613 ve ₺13908,7927 arasında değişmektedir.

Van il merkezinden YYÜ kampüsüne kadar olan 13380 m ile en fazla uzunluğa sahip olan 4 numaralı karayolu parçası üzerinde belediye otobüsleri trafik yoğunluğuna göre 33,7949 ve 36,3415 dakika arasında yolculuk süresi ile günlük ortalama 5363,82 – 5458,32 arasında yolcu taşıyarak günlük ₺1447,3590 – ₺1492,3750 arasında bir maliyetle çalışmaktadır. Aynı hat üzerinde çalışan belediye midibüsleri 34,2795 ve 36,9836 arasında bir yolculuk süresi ile trafik durumuna göre ortalama 5150,7 ve 5157,49 arasında yolcu taşıyarak günlük ₺1823,8533 ve ₺1869,2946 arasında bir maliyetle çalışmaktadır. Bu karayolu parçası üzerinde çalışan özel midibüsler ise 32,9428 ve 34,9551 dakika arasında bir yolculuk süresi ile ortalama 15471 ve 15492,1 arasında yolcu taşıyarak günlük ₺5445,8690 – ₺5538,2703 arasında bir maliyetle çalışmaktadırlar. Van il merkezi ve YYÜ kampüsü arasında çalışan minibüsler için ortalama yolculuk süresi 31,7431 ve 33,2273 dakika arasında günlük ortalama taşınan yolcu sayısı ise 11366 ve 11383,1 arasında değişmekte

ayrıca minibüslerin bu hatta çalışırken günlük maliyeti ise ₺11121,7467 ve ₺11291,1770 arasında değişmektedir.

Kentin en önemli yolculuk noktalarından olan Edremit TOKİ ve Van il merkezi arasındaki yolculuk sürelerinin karşılaştırılması (Karşılaştırma 1) sonuçlarına göre bu hat üzerinde geliş-gidiş yönünde belediye otobüsü kullanan bir yolcu trafik yoğunluğu durumuna göre 43,1995 ve 46,4237 dakika arasında bir yolculuk süresi ile karşılaşmaktadır. Aynı durumda diğer karayolu ulaşımı alternatifi olan özel teşebbüse ait minibüs kullanan bir yolcu ise 39,9675 ve 41,8141 dakika arasında bir yolculuk süresi geçirmektedir. Edremit TOKİ ve Van il merkezi arasında denizyolu ulaşımını tercih edecek bir yolcu ise 41,33122 ve 41,8301 dakika arasında bir yolculuk süresi ile karşılaşmaktadır. Van il merkezi ve Edremit TOKİ arasında denizyolu ulaşımını tercih edecek bir yolcuyu da 40,77512 ve 41,274 dakika arasında bir yolculuk süresi beklemektedir. Buradan çıkan değerlerle Oral (2008)'in yaptığı analizlerdeki gibi denizyolu-karayolu ulaşım çeşitlerinin birbirlerini destekler vaziyette çalışmasına uygun olarak çıkmıştır.

Bu hat üzerinde ortalama değerlerle denizyolu ulaşımı karayolu ulaşımı alternatiflerinden belediye otobüslerine göre yolculuk süresi kriteri açısından az bir farkla üstün gelmiştir. Özel teşebbüse bağlı minibüsler ise karayolunda trafik yoğunluğu olmadığına göre denizyoluna göre üstün gelmiştir. Bir diğer ayrıntı da karayolu servis hatlarında belediye midibüsü kullanan ve Edremit TOKİ yönünden Van il merkezine giden bir denizyolu yolcusunun yoğun karayolu trafiğindeki bir minibüs yolcusuyla çok yakın yolculuk sürelerine sahip olmasıdır. Burada unutulmaması gereken ayrıntı özel minibüslerin çalıştığı kent içi hız yolu olan D-300 karayolunda hız limitlerine uyma ihtimali belediye mülkiyetindeki araçlara göre çok daha azdır. Gerçek durumda minibüslerin daha hızlı seyir etme ihtimalleri yolcu tercihlerini anlık olarak etkileyerek yolculuk zamanı kriterine göre minibüslerin denizyoluna üstünlüğünü daha anlamlı bir hale getirebilmektedir. Ayrıca unutulmamalıdır ki bu hat üzerinde denizyolunu tercih edecek bir yolcu hem Edremit iskelesine hem de Van il merkezine karayolu servis aracı kullanmak zorunda olduğu için yolculuk konforu açısından yolcu tercihlerini etkileyebilmektedir. Bu durum Kahraman (2015)'in İstanbul İli için yaptığı çalışmadaki gibi minibüslerin her zaman önemli bir tercih olarak kalacağı ihtimalini güçlendirmektedir. Bunun sebebi yolcuların yolculuk boyunca en az aktarma sayısı ile ulaşım hizmeti almak istemeleridir (Ürün, 2015). Bu hat üzerindeki ulaşım modu karşılaştırmasına işletme maliyetleri açısından denizyolunun oluşturduğu günlük ortalama ₺8658,7017 maliyet, belediye otobüslerinin tek yönde oluşturduğu

₺4163,6707 ve ₺4101,4339 arasında değişen maliyetten oldukça fazladır. Minibüslerin tek yönde oluşturduğu ₺17832,0279 – ₺17544,767 arasındaki maliyet burada minibüsleri maliyet kriteri açısından öne çıkarmaktadır. Bir diğer karşılaştırma kriteri ise iki ulaştırma çeşidinin yolcu kitlesine sunduğu kapasite arzıdır. Edremit TOKİ ve Van il merkezi arasında karayolu araçları trafik yoğunluğu durumuna göre 24248 ve 24433 arasında bir kapasite sunmaktadır. Denizyolu ulaşımı ise 4 adet geminin tarifeli çalışması ile yine tek yönde 1679,63 adetlik bir kapasite sunabilmektedir. Deniz (2009)' in ortaya koyduğu Van İline düzensiz göçün kent içi ulaşım olumsuz etkisi düşünülürse bu düşük ulaşım kapasitelerinin kent içi ulaşımı olumsuz etkilemeye devam edeceği anlaşılmaktadır.

Edremit deniz iskelesinden Van il merkezine sadece D-300 karayolu kullanarak geliş-gidiş yönünde tek araç kullanarak yolculuk yapan bir yolcu sadece belediye otobüsü alternatifine sahiptir. Bu hat üzerindeki karşılaştırmalara (Karşılaştırma 2) gelecek olursak çalışmada oluşturulan model içerisinde 2 ve 3 numaralı karayolu parçasını kullanan yolcular trafik yoğunluğuna göre 41,9062 ve 45,0241 dakika arasında bir süre geçirmektedirler. Denizyolunu tercih eden bir yolcu ise Van il merkezinden Edremit iskelesine 36,5002 ve 36,908 dakika arasında bir yolculuk süresi ile karşılaşmaktadır. Edremit iskelesinden Van il merkezine ise bu süreler 37,0563 ve 37,4641 dakika arasında değişmektedir. Burada zaman farkının bir miktar açılmasının sebebi Edremit iskelesine yolcu aktarılmasında yardımcı olan 1 numaralı karayolu servis hattının karşılaştırma yapmak için toplam değerlere eklenmesine gerek kalmamasıdır. İşletme maliyeti kriterine gelecek olursak bu hatta da denizyolu sistemi olumsuz şekilde öne çıkmaktadır. Karayolunda tek yönde günlük maliyet ₺3772,6456 ve ₺3725,4562 arasındadır. Denizyolu maliyeti ise günlük ortalama ₺8555,5085 olarak belirlenmiştir. Bununla beraber karayolu seçeneği Edremit iskelesi civarına D-300 karayolu üzerinde ortalama 1855,56 ve 1866,94 arasında bir yolcu taşıma kapasitesi arz etmektedir. Denizyolunun bu yönlerde yarattığı günlük kapasite ise ortalama 1679,63 yolcudur. Bu rakamlar denizyolu sisteminin Ürün (2015) ve Görentaş (2015)'ın yaptıkları kent içi karayolu ulaşımı değerlendirmelerine paralel olarak Edremit iskelesi yakınlarında bulunan az yoğunluktaki yerleşim birimleri için karayolu taşıtları ile rekabet edebileceğini göstermektedir.

Kent içi ulaşımında en önemli noktalardan olan Edremit TOKİ ve YYÜ kampüsü arasında yapılan karşılaştırmalarında (Karşılaştırma 3) ise denizyolu ulaşımı yolculuk zamanı kriteri açısından anlamlı bir farkla öne çıkmıştır. Bu iki nokta arasında en yüksek yolculuk süresine sahip karayolu ulaştırma alternatifi ortalama 82,7652 dakika ile Edremit

TOKİ istasyonundan Van il merkezine ve buradan da yolcu aktarması yapılarak YYÜ kampüsüne belediye otobüsleriyle gidilmesi durumudur. Simülasyon modeli deneylerinde bu hat üzerinde elde edilen en düşük yolculuk süresine sahip durum ise ortalama 71,7106 dakika ile yine Van il merkezinde yolcu aktarması yapılarak bütün yolculuğun özel teşebbüs mülkiyetindeki minibüslerle yapılmasıdır. Minibüslerin bağlı oldukları kooperatifler gibi çeşitli otoritelerce belirlenen kent içi hız yolu hız limitlerine uymaması durumlarında bile olay yeri gözlemlerinde bu yolculuğun hiçbir zaman 1 saatin altında tamamlanamayacağı belirlenmiştir. Edremit TOKİ yönünden YYÜ kampüsüne yolculuk yapacak bir yolcu ise karayolu servis hattı ve limanda bekleme süreleri dahil 36,3274 ve 36,4185 dakika arasında bir yolculuk süresi ile karşılaşmaktadır. Bunun tam tersi istikamette ise bu süreler 31,3614 ve 31,4525 dakika arasında tespit edilmiştir. Bu hatta oluşan işletme maliyetlerini karşıladığımızda mülkiyetinde hem otobüsler ve midibüsler hem de gemiler bulunan belediye açısından belediye kara araçları trafik yoğunluğuna göre günlük ₺7372,6462 ve ₺7525,3403 arasında oluşan maliyetle günlük ortalama ₺8272,3832 maliyet yaratan deniz sistemine karşı üstün gelmiştir. Bunun yanında belediye karayolu araçları günlük ortalama 13700,9 ve 13813,2 arasında yolcu taşıyabilme kapasitesine sahip iken gemilerle bu iki uğrak nokta arasında tek yönde yaratılan kapasite günlük ortalama 2677,86 yolcu olarak hesaplanmıştır. Buradan anlaşılan yolcu başına düşen maliyet karayolu araçlarında çok daha azdır. Bu hat üzerinde yolcu taşımacılığı özel teşebbüs mülkiyetindeki araçlarla yapıldığında ise yüksek maliyetlerin yanında yüksek taşıma kapasitesi ortaya çıkmaktadır. Edremit TOKİ yönünden Van il merkezine minibüslerle ulaşıp özel midibüslerle YYÜ kampüsüne ulaşım sağlandığında ortaya çıkan maliyet trafik yoğunluğu seviyesine göre ₺22990,636 ve ₺23370,2982 arasında değişmektedir. Bu durumda ortaya çıkan yolcu taşıma kapasitesi 15471 ve 15492,1 arasında değişmektedir. Yolculuk süreleri ise 72,9103 ve 76,7692 dakika arasında değişmektedir. Aynı yolcu taşımacılığı Van il merkezinde aktarma yapılmak üzere sadece minibüslerle yapılsaydı oluşacak maliyet ₺28666,5137 ve ₺29123,2049 arasında, yolcu kapasitesi ise 14978,2 ve 15039,2 arasında değişmektedir. Özel teşebbüse ait araçların bu hat üzerinde üstlendiği bütün maliyet ise ₺34112,3827 ve ₺34661,4752 arasında değişmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus minibüs araçlarının yolcu taşıma kapasitesi sınırlı olması ve araç sayısı olarak ise diğer taşıtlardan fazla olması yolcu başına maliyeti bu araç çeşidi için artırmıştır. Bu yolculuk süresince bir yolcu Edremit TOKİ ve Van il merkezi için ₺2, Van il merkezi ve YYÜ kampüsü yolculuğu için de ₺1,75 bilet ücreti vermek durumundadır. Böylece deniz sistemi içerisinde günlük ortalama 2281,46 ve

üzerinde yolcunun bu hat üzerinde taşınması durumunda deniz sisteminin maliyet açısından karayolu sistemi ile rekabet edebileceği görülmektedir. Fakat bu hat için de denizyolu sistemi arz edilen yolcu taşıma kapasitesi ve esneklik açısından karayolu sistemine göre zayıftır.

Van il merkezi ve YYÜ kampüsü arasında yolculuk değerleri karşılaştırıldığında (Karşılaştırma 4) yolculuk zamanı kriteri açısından denizyolu ve karayolu birbirlerine çok uzak olmayan sonuçlar vermiştir. Bu hat üzerinde çalışan belediye otobüslerinin yolculuk süreleri trafik yoğunluğuna göre 33,7949 ve 36,3415 dakika arasında değişmektedir. Belediye midibüsleri ise bu yolu 34,2795 ve 36,9836 dakika arasında katetmiştir. Özel halk otobüsü olarak adlandırılan midibüsleri kullanan yolcu için yolculuk süresi 32,9428 ve 34,9551 dakika arasında değişmektedir. Minibüsler için yolculuk süresinin 31,7431 ve 33,2273 dakika arasında değiştiği anlaşılmıştır. Denizyolunu tercih eden bir yolcu Van il merkezinden YYÜ kampüsüne 32,5332 ve 32,941 dakika arasında değişen bir yolculuk süresi ilke karşılaşmıştır. Tam tersi istikamette ise bu süreler 32,0512 ve 32,459 dakika arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre karayolu araçlarından sadece özel minibüsler karayolu trafik yoğunluğu az olması şartıyla denizyolu yolculuk sürelerine geliş-gidiş yönlerinde üstün gelmiştir. Yine bu hat üzerinde çalışan özel teşebbüs mülkiyetindeki midibüsleri kullanan bir yolcunun ve karayolu servis hattında midibüs kullanmış olan bir denizyolu yolcusunun yolculuk sürelerinin birbirlerine çok yakın oldukları tespit edilmiştir. Van il merkezi ve YYÜ kampüsü arasındaki mesafede belediye otobüslerinin günlük ₺1447,3590 ve ₺1492,3750 arasında bir maliyetle, belediye midibüslerinin ise ₺1823,8533 ve ₺1869,2946 arasında değişen bir maliyetle çalıştığı belirlenmiştir. Özel teşebbüse ait araçlardan midibüslerin ise bu yolda ₺5445,8690 ve ₺5538,2703 arasında değişen bir maliyetle günü tamamladığı belirlenmiştir. Minibüsler için maliyet değerlerinin ₺11121,7467 ve ₺11291,1770 arasında değiştiği görülmüştür. Bu durumda denizyolunda oluşan maliyetin günlük ortalama ₺8555,5085 olduğu düşünülürse özel teşebbüse ait minibüslerin oluşturduğu maliyetin daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak üretilen yolcu taşıma kapasitesine bakıldığında 11366 ve 11383,1 arasında değişen yolcu kapasitesi arz eden minibüslerin bu hatta yine tek yönde günlük ortalama 2612,42 yolcu kapasitesi sunan denizyoluna ezici şekilde üstün geldiği görülmektedir. Bu ulaşım hattında çalışan hem otobüs ve midibüslere hem de gemilere sahip olan belediye açısından maliyet karşılaştırması yapıldığında ₺3271,2123 ve ₺3361,6696 arasında değişen maliyetle karayolu araçlarının denizyolu araçlarına karşı cazip geldiği görülmektedir. Bunu destekleyen bir diğer parametre

ise arz edilen yolcu taşıma kapasitesidir. Belediye mülkiyetindeki karayolu araçları bu ulaşım hattı üzerinde tek yönde günde ortalama 10521,31 ve 10609,02 arasında değişen bir kapasite sunmaktadır. Böylelikle yolcu başına düşen maliyet hesaplandığında belediye açısından Van il merkezi ve YYÜ kampüsü arasında denizyolunun karayolu ile rekabet edemeyeceği anlaşılmaktadır.





## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarihsel olarak kent içi ulaşım arz ve talep değişimleri, günümüzde hızlı, güvenli, ekonomik, konforlu sürdürülebilir ulaşım boyutları ile karşımızdadır. Ekonomik, çevresel, teknolojik, hukuksal ve sosyal etkilerle ulaşım tür ve araçları yeniden şekillendirilmektedir. Yeniden şekillendirici etkilerden sadece ulaşım tür ve araçları değil, yaya-yolcu-sürücü olarak diğer bütün kullanıcılar da etkilenmektedir.

Kent içi nüfus ile beraber artan ulaşım ihtiyacı, değişik ulaşım araçları kullanarak kamu ve özel sektör temsilcileri tarafından karşılanmaya çalışılmaktadır. Hatlı karayolu araçları ile yolcu taşımacılığı, kent içi yolcu taşımacılığının özel sektör tarafından uygulanmakta olan taşımacılık içinde yaygın ve bilinen bir türüdür. Fakat bu ulaşım modu kent içi ulaşım ihtiyacını karşılarırken aynı zamanda yeni ulaşım ve trafik sorunlarının gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu sebeple kent içi ulaşımında hizmet çeşitliliğinin artırılması önemi ortaya çıkmaktadır.

Van ili ulaşım altyapısının ortaya konularak simülasyon yöntemi ile alternatif bir ulaşım çeşidinin araştırıldığı bu çalışmada kentin ulaşım altyapısının kentin nüfusuna göre yetersiz kaldığı ve de toplu taşımaya ilişkin doğru politikalar oluşturulmadığından kişisel araç kullanımının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Van kenti özel otomobil sahipliğinde Türkiye ortalamasının çok altında kalmasına rağmen kent merkezinde yoğun trafik sorununun yaşanmaya başlanması aslında önümüzdeki yakın tarihte gerekli önlemlerin alınmaması halinde kentin çok daha büyük ulaşım sorunları ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir.

Kentte acil olarak şehir içi ulaşımında özel araç kullanımını azaltmaya ve toplu ulaşım sisteminin geliştirilerek alternatif ulaşım sistemlerinin (denizyolu, bisiklet, vb.) kente kazandırılmasına yönelik politikalara ağırlık verilmelidir.

Bunların haricinde Van ilinin deprem kuşağı üzerinde yer aldığı ve bu doğal afet sebebiyle daha önce birçok yıkım yaşadığı unutulmamalıdır. Bu sebeple kentlerin ulaşım planları yapılırken afet anındaki kaos ortamı düşünülerek afetin etkisinin en aza indirgenmesi sağlanmalıdır. Ulaşım açısından büyük önem taşıyan kara ve demiryolları deprem ve diğer doğal afetler açısından düşük riskli alanlardan geçirilmeye çalışılmalı buna olanak yok ise alternatif yolların yapılması sağlanmalıdır.

Van ilinde 2011 yılında meydana gelen deprem afetinden dolayı T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi tarafından kentin dış kesimlerine yapılan ve büyük kitlelere yeni yerleşim sağlayan konutlar ve kamunun yoğun hizmet verdiği tesislerin yeni mevkileri kentte yeni ulaşım hatları oluşmasına sebep olmuştur. Özellikle Kent içinde kalan D-300 Karayolu (İpekyolu Bulvarı) üzerindeki trafik yoğunluğunun ve trafik kazalarının ciddi oranda arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum deprem öncesinde kentte halihazırda yetersiz olan toplu taşıma hizmetini daha kompleks bir hale getirmiştir. Bu sebeple Van kentinde farklı ulaşım türlerinin (karayolu, demiryolu, denizyolu) birbiri ile kesişim noktalarının bulunduğu bir ulaşım ana planı ile bu türlerin entegrasyonu ve bütünleşik bir kent içi toplu ulaşım hizmeti geliştirilmelidir.

Son yıllarda farklı ulaşım türü olarak akla gelen ilk seçenek göl üzerinde yolcu taşınmasıdır. Bu durumda yolcu hareketliliğinin en fazla olduğu 3 uğrak nokta Edremit, Van il merkezi ve YYÜ Bardakçı mevki olarak ortaya çıkmaktadır. Fakat bu noktalar arasında denizyolu ulaşımı tesis edilmeden önce yolcu eğilimleri ölçülmelidir. Böylece gün içinde yolcu akışının az oranda olduğu zamanlarda gemi seferleri azaltılıp yolcu akışının yükseldiği zamanlarda ise seferler artırılıp verimlilik sağlanabilmelidir.

Yapılan çalışmada Edremit iskelesi, Van TCDD iskelesi ve YYÜ kampüsü noktaları arasında denizyolu yolcu taşımacılığı tesis edilmesi durumunda en faydalı seçeneğin Edremit iskelesi ve YYÜ kampüsü arasında taşıma yapıldığı görülmüştür. Bu sebeple şu an sınırlı sayıdaki gemiye sahip belediye filosu ilk etapta bu hat üzerinde çalışmalıdır.

Denizyolu sistemi bu çalışmada kurulan modeldeki gibi 3 liman arasında çalıştırıldığında Edremit iskelesine Edremit toplu konutlarından ve D-300 karayolu üzerinde bulunan Edremit TOKİ kavşağı yönünden karayolu servis hattı sağlanması önem arz etmektedir. Benzer bir uygulama Van il merkezinden Van TCDD iskelesine İskele Caddesi üzerinden denizyoluna yolcu aktarılması için gereklidir. Bir diğer alternatif olarak eğer Van Büyükşehir Belediyesi nezdinde toplu taşıma araçlarında taşıma ücreti tahsilatı için elektronik bilet sistemlerine geçilirse Edremit iskelesine D-300 karayolu üzerinde önemli bir karayolu kavşağı olan Edremit TOKİ kavşağından binen yolculardan süre sınırlı olarak sınırlı ücret alınmasıyla Edremit iskelesine aktarılacak yolcu sayısı artırılabilir. İskele Caddesi üzerinde çalışan halihazırdaki karayolu toplu taşıma araçlarında benzer uygulama kullanılırsa Van il merkezi ve Van TCDD iskelesi arasında fazladan bir servis hattına gerek kalmayabilir. Yolculuk ücreti alınmasında elektronik biletin kullanılmasıyla YYÜ yakınlarında bulunan Kalecik toplu konutları Van OSB gibi önemli yolcu hareketlerinin

olduğu yerlerden YYÜ deniz iskelesine yolcular sadece aktarma ücreti tahsil edilerek aktarılabilir. Bu öneriler denizyoluna hem maliyet hem de potansiyel yolcu kazandırılması açısından önem arz etmektedir.

Edremit, Van TCDD iskelesi ve Bardakçı mevki (YYÜ kampüsü) arasında planlı ve devamlılık arz eden bir denizyolu ulaşımı tesis edilmesi durumunda karayolundaki yolcu kitlesini taşıyabilme kapasitesine ulaşılabilmesi ve yolcuların karayolu araçlarında olduğu gibi anlık kararlar yolculuk hizmetine ulaşabilme esnekliğine kavuşabilmesi için denizyolu filosuna Asmalı gemisi ile eş özelliklere sahip 10 ila 14 arasında gemi katılmalıdır. İlk yatırım maliyeti yüksek olan filodaki gemi sayısının artırılması şu anki 4 gemide olduğu İBB Şehir Hatları A.Ş. tarafından filodan çıkarılması planlanan küçük kapasiteli gemilerin hibe edilmesi ile sağlanabilir. Muhtemel bir gemi alımı bu gemilerin taşınabilmesi için sökülüp Van iline geldiğinde tekrar montaj edilmesi işini doğurur. Bu iş için de Bitlis ilinin Tatvan ilçesindeki yeni kurulan özel teşebbüse bağlı tersanelerin avantajı unutulmamalıdır.

Van Gölü üzerinde denizyolu ile yolcu taşınmasında aşılması gereken bir diğer engel ise Van kenti yolcu kitlesinin önemli bölümünün denizyolu ulaşımına çekince ve korku ile bakmalarıdır. Bu tür irrasyonel insan davranışlarını gidermek için yolculara büyükşehir belediyesi nezdinde uygulanabilecek çeşitli promosyon ve kampanyalarla yolcuların denizyolunu tercih etme konusunda cesaretlendirilmesi sağlanabilmelidir.

Van ilinin ulaşım altyapısını etkileyebilecek bir diğer faktör ilin jeopolitik konumu ve dış ticarete alabileceği önemli rollerdir. Gelecekte oluşabilecek bu ihtimal Van ilinin sadece ulaşım altyapısı değil bütün fiziki ve sosyal altyapı ihtiyacını etkileyebilir. Önemli bir sınır kapısına sahip olan ilin dış ticarete hak ettiği seviyelere gelmesi ile şehirdeki sanayileşme, kentleşme, nüfus, il halkının refah seviyesi artacak ve kent içi yolcu taşınması ihtiyacını artırması ihtimali kent içi ulaşım planlamalarına dahil edilmelidir.

Önemli bir husus olarak bu çalışmada denizyoluna potansiyel oluşturan karayolu parçalarının YOGD'i alınmasına rağmen taşıt tiplerinin bu karayollarına yaptıkları baskı oranı sayısal değer olarak belirlenememiştir. Başar vd. (2015)'nin Doğu Karadeniz için yaptıkları çalışmaya benzer yöntemle otobüs ve diğer ağır taşıtların Van İli D-300 ve D-975 karayollarına çeşitli araç tiplerinin yaptıkları trafik baskısı bulunarak gelecekte karayolu ulaşımı için kapasite tahminleri yapılmalıdır.

Son olarak bu çalışmada simülasyon programı kullanılarak ulaştırma sistemleri veya projeleri oluşturulmadan önce muhtemel sistemin uygulanabilirliği hususunda ön fikir edinilebileceği kanıtlanmıştır. Simülasyon programlarının bu gibi projelerde denenmesiyle

işletmeler ve proje mühendisleri büyük yatırım kararları vermeden büyük mali sorumluluklardan kurtulabilirler. Simülasyon programları daha önce yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda kapalı tesisler veya sabit tesisler için uygulanmıştır. Ulaştırma sistemlerine ait modellerin oluşturulduğu çalışma sayısı azdır. Bunun sebepleri arasında bu yazılımları üreten kurumların daha çok gelen taleplere göre bu yazılımları güncellemeleri söylenebilir. Bu sebeple program içeriğine yönelik verilebilecek önerilerle Simio® gibi yazılım üreticilerinin ulaştırma mantığına daha yakın işlem süreçlerinin olduğu versiyonları üretmeleri sağlanabilir.

Bu çalışmadan anlaşılan bir diğer husus ise ulaştırma sistemleri modelleri simülasyon programları aracılığı ile test edildiğinde olay yeri araştırmaları ve kullanılacak veriler program kullanıcılarına olabildiğince az oranda kabul değeri kullandırmalıdır. Örnek verilecek olursa bu çalışmadaki gibi yolcunun simülasyon modelinde bir obje olması durumunda hem rasyonel hem de irrasyonel insan modeli davranışları net bir şekilde ölçülmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Aslan, H., 2007. An Object Oriented Framework for Customizable Physics Education Software. In AIP Conference Proceedings, 899, 1, 475-476.
- Aşan, M. B., 1992. XIV. Yüzyılda Van ve Yöresi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Atasoy, C., 2008. İstanbul Boğazı'nda Yerel Trafiğin İncelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ateşmen, M., 1968. Tatvan'ın Beşeri Coğrafya Etüdü, Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- AYGM, 2016. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Altyapı Yatırımları 5. Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Adana.
- Banks , J., Carson, I. I., Nelson , B. L., ve Nicol, D. M., 2005. Discrete-Event System Simulation, International Series in Industrial and Systems Engineering, Prentice Hall, New Jersey.
- Başar, E., Erol, S. ve Kurt, H. İ., 2015. Doğu Karadeniz Limanlarının Karayolu Ağına Uyguladığı Trafik Baskısı, II. Ulusal Liman Kongresi “Sürdürülebilirlik ve İnovasyon”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 5-6 Kasım, 1-15.
- Bratley, P., Fox, B. L., ve Schrage, L. E., 2011. A guide to simulation, Springer Science ve Business Media, NewYork.
- Belli, O., 1977. XIV. Urartular Çağında Van Bölgesi Yol Şebekesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Cemal, M., 1920. Anadolu İstatistikleri: İktisadi, Askeri, Coğrafya, Dersaadet, Matbaa-i Askeriye, İstanbul.
- Cros, M. J., Garcia, F., Martin-Clouaire, R., ve Rellier, J. P., 2006. 3 Methods, Algorithms, and Software. CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Information technology, 6, 109.
- Çelebi, E., 1986. Evliya Çelebi Seyahatnamesi, Üçdal Neşriyat, İstanbul.
- Çubukçu, İ., 1970. Demiryolu Ulaşımında Van – Kotur Hattı, Demiryolu Dergisi, 539, 5-6.

- Dahl, O. J., ve Nygaard, K., 1966. SIMULA: an ALGOL-based simulation language. *Communications of the ACM*, 9, 9, 671-678.
- Del Mistro, R. F., 2000. Development of a public transport cost model, 19th Annual South African Transport Conference, Conference Papers, 539-542.
- Demirci, E., 2003, Simulation modelling and analysis of a port investment, *Simulation*, 79, 2, 94-105.
- Dengiz, B., ve Alabas, C., 2000. Simulation optimization using tabu search, In *Simulation Conference IEEE, Proceedings*, 1, 805-810.
- Deniz, O., 2009. Mülteci Hareketleri Açısından Van Kentinin Durumu Ve Kentteki Mültecilerin Demografik Profili, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14, 22, 187-204.
- Dietmeyer, D. L., Gordon, G., Runyon, J. P., ve Tague, B. A., 1960. An interpretive simulation program for estimating occupancy and delay in traffic-handling systems which are incompletely detailed, *AIEE Conference Paper*, 60, 1090.
- Esmer, S. T., 2007. Liman İşletmeciliğinde Bir Karar Destek Sistemi Olarak Simülasyon Yöntemi ile Analiz, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9, 4, 120-134.
- Genelkurmay Başkanlığı, 1938. *Doğu Anadolu Coğrafyası: Tabii Zırai, Beşeri, Baytari*. Ankara, 81.
- Görentaş, G., 2015. Van'ın büyükşehir olma sürecinde ulaşım planlaması politika ve ilkeler, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Göyünç, N., 1986. *Van İslam Ansiklopedisi*, 13, İstanbul.
- Halaç, O., *İşletmelerde Simülasyon Teknikleri*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1982.
- Harata, N., 2005. Consistency of Traffic Simulation and Travel Behaviour Choice Theory. *Simulation Approaches in Transportation Analysis*, Springer, New York, ABD, 31, 325-339.
- Hill, P. W., ve Rowe, K. J., 1996. Multilevel modelling in school effectiveness research. *School effectiveness and school improvement*, 7, 1, 1-34.

- Joines, J., ve Roberts, S., 2015. Simulation Modeling with SIMIO: A Workbook V4, NC: SIMIO LLC, Raleigh.
- Kahraman, R., 2010. Kent içi trafiğinde minibüs ve İstanbul örneği analizi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kelton, W. D., 2002, Simulation with ARENA, McGraw-Hill, New York.
- Kelton, W. D., Smith, J. S., ve Sturrock, D. T., 2011. Simio & simulation: Modeling, analysis, applications. Learning Solutions.
- Kempe, S., Khoo, F., ve Gürleyik, Y., 1978. Hydrography of Lake Van and Its Drainage Area, The Geology of Lake Van, M.T.A. Yayınları, 169, 30.
- KGM, 2015. Van İli D-300 ve D-975 Karayollarına Ait Yıllık Ortalama Günlük Değerler. Van: Karayolları Genel Müdürlüğü 11. Bölge Müdürlüğü Kurum Kayıtları.
- Kılıç, O., 1997. 16. ve 17. Yüzyılda Van, Van Belediyesi Yayınları, 6, 280-288.
- Kılıç, S., 2006. "Van 2006 Kültür ve Turizm Envanteri I" Tarihsel değerler, Van Valiliği, İstanbul, 173.
- Kresge, D. T., ve Roberts, P. O., 1970. Techniques Of Transport Planning; Volume 2 Systems Analysis And Simulation Models, Brooking Institution, Washington.
- Köse, E. ve Başar, E., 2003. Simulation of marine traffic in Istanbul Strait, Simulation Modelling Practice and Theory, 11, 7, 597-608.
- Lane, M. S., Mansour, A. H., ve Harpell, J. L., 1993. Operations research techniques: A longitudinal update 1973–1988, Interfaces, 23, 2, 63-68.
- Lazić, L., ve Velašević, D., 2004. Applying simulation and design of experiments to the embedded software testing process, Software Testing, Verification and Reliability, 14, 4, 257-282.
- Levendoğlu, F., 1998. Vanımız, Van Kültür ve Dayanışma Vakfı Yayını, İstanbul, 1998.
- Maibach, M. R., Schreyer, C. ve Sutter, D., 2007, Handbook on estimation of external cost in the transport sector, CE Delft, Oude Delft.
- Maria, A., 1997. Introduction to modeling and simulation. In Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, IEEE Computer Society, 7-13.

- Maria, A., ve Zhang, L., 1997. Probability Distributions, Version 1.0, Monograph, Department of Systems Science and Industrial Engineering, SUNY at Binghamton, July 1997, Binghamton, NY 13902.
- Markowitz, H. M., 1963. Technical Appendix on the SIMSCRIPT Simulation Programming Language, RAND Corporation, Santa Monica.
- Montgomery, D. C., 2008. Design and analysis of experiments, John Wiley ve Sons, New Jersey.
- Möller, D. P., 2014. Introduction to transportation analysis, modeling and simulation, Springer London, Londra.
- Nelson, B. L., 2012. Stochastic modeling: analysis and simulation, Courier Corporation, New York.
- Nelson, B. L., 2008. The more plot: displaying measures of risk & error from simulation output. IEEE In Simulation Conference, December, Miami, ABD, 413-416.
- Naylor, T. H., Balintfy, J. L. ve Burdick, D. S., and Chu, K., 1966. Computer Simulation Techniques, John Wiley, New Jersey.
- Nikolski, M. N., 1916. Van Gölü'nün Eski Adı ve Ardjis Şehrinin Yeni Adına Dair, SbornikStatej v Čest Gr. P.S. Uvarovoj, Moskova, 67-175.
- Oral, M., 2008. İstanbul Denizyolu Ulaşımının Değerlendirilmesi ve Öneriler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özfirat, A., 1993. Doğu'nun Aekolojik Gizemi Dünya'da Van, Van Valiliği Kültür ve Sanat Dergisi, 4, 8-9.
- Özkan, E. D., 2016. Capacity Analysis of Ro-Ro Terminals by Using Simulation Modeling Method, The Asian Journal of Shipping and Logistics, 32, 3, 139-147.
- Özvan, A., Akkaya, İ., Tapan, M., ve Şengül, M. A., 2005. Van Yerleşkesinin Deprem Tehlikesi Ve Olası Bir Depremin Sonuçları. Kocaeli Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 1386-1392.
- Pegden, C. D., Alan, A. ve Pritsker, B., 1979. SLAM: Simulation language for alternative modeling, Simulation, 33, 5, 145-157.



- Pegden, D. ve Ham, I., 1982. Simulation of manufacturing systems using SIMAN, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 31, 1, 365-369.
- Pegden, C. D., ve Davis, D. A., 1992. Arena: a SIMAN/Cinema-based hierarchical modeling system, In Proceedings of the 24th conference on Winter simulation, ACM, 390-399.
- Pegden, C. D., 2007. SIMIO: A new simulation system based on intelligent objects, In Simulation Conference, Winter IEEE, 2293-2300.
- Pritsker, A. A., 1979. Compilation of definitions of simulation, Simulation, 33, 2, 61-63.
- Rasmussen, J. J., ve George, T., 1978. After 25 years: A survey of operations research alumni, Case Western Reserve University. Interfaces, 8, 3, 48-52.
- Rexfelt, O., Schelenz, T., Karlsson, M., ve Suescun, A., 2014. Evaluating the effects of bus design on passenger flow: Is agent-based simulation a feasible approach?. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 38, 16-27.
- Rossetti, M. D., 2015. Simulation modeling and Arena, John Wiley ve Sons, New Jersey.
- Sami, Ş., 1898. Kamus-ul Alam, Van Gölü Maddesi, İstanbul, 6, 467.
- Shannon, R. E., Long, S. S., ve Buckles, B. P., 1980. Operation research methodologies in industrial engineering: A survey, AIIE Transactions, 12, 4, 364-367.
- Schriber, T. J., Brunner, D. T., ve Smith, J. S., 2012. How discrete-event simulation software works and why it matters. In Proceedings of the Winter Simulation Conference, Winter Simulation Conference, 3.
- Stewart, R. L., 2003. Parameters for a roll on-roll off marine intermodal service on Lake Superior, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1820, 46-54.
- Stolletz, R., 2011. Analysis of passenger queues at airport terminals, Research in Transportation Business ve Management, 1, 1, 144-149.
- Sturrock, D. T., 2011. Recent innovations in Simio. In Proceedings of the Winter Simulation Conference, 52-62.
- Sturrock, D. T. Success in Simulation. Ongoing blog and discussion at < <http://simio.com/blog/about-this-blog>, 15 Nisan 2017.

Swart, W., ve Donno, L., 1981. Simulation modeling improves operations, planning, and productivity of fast food restaurants, Interfaces, 11, 6, 35-47.

Thomas, G., ve DaCosta, J. A., 1979. A sample survey of corporate operations research, Interfaces, 102-111.

Uğurlu, O., Yüksek yıldız, E., ve Köse, E., 2014. Simulation model on determining of port capacity and queue size: a case study for BOTAS Ceyhan Marine Terminal, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 8, 1, 143-150.

URL-1, <http://www.tuik.gov.tr>: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), Türkiye İstatistik Kurumu, 15 Ağustos 2016.

URL-2, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1587-1590](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1587-1590), Türkiye İstatistik Kurumu, 15 Mart 2017.

URL-3, <http://www.tarim.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Yeti5%9Ftiricili%C4%9Fi/Su-%C3%9Cr%C3%BCnleri-Tesisleri-2017.pdf>, Van İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şubesi, 24 Nisan 2017.

URL-4, [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?.istab\\_id=2520](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?.istab_id=2520), Türkiye İstatistik Kurumu, 23.04.2017.

URL-5, [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?.istab\\_id=1482](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?.istab_id=1482), Türkiye İstatistik Kurumu, 23.04.2017.

URL-6, <https://www.simio.com/academics/simio-academic-resources.php>, Simio LLC, 28.05.2017.

Ürün, U., 2015. Van Kentinin Deprem Sonrası Yeniden Yapılandırılması Sürecinde Ulaşım Sorunları ve Geliştirilebilecek Ulaşım Politikaları, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Van TSO, 2016. 2013-2016 Dış Ticaret İstatistikleri, Van: Van Ticaret ve Sanayi Odası kayıtları.

Van TSO, 2014. Van İli Tarım ve Hayvancılık Sektörü Değerlendirme Raporu, Van Ticaret ve Sanayi Odası kayıtları.

Van Vilayeti Salnamesi, 1899, 156-169.

- VBB, 2013. Van (Merkez) ve Çevresi İlave+Revizyon 1/5000 Nazım İmar Planı, Van Büyükşehir Belediyesi.
- VBB BİDB, 2015. Van Büyükşehir Belediyesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı Raporu.
- VİKTM, 1989. Kültür ve Turizm Envanteri, Van İl Kültür Turizm Müdürlüğü.
- VIEM, 2016. Van İl Emniyet Müdürlüğü Trafik Denetleme Şubesi Kayıtları, Van İl Emniyet Müdürlüğü Trafik Denetleme Şubesi.
- Yayla, N., 2004. Karayolu Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Yıldırım, H., 1990. Rusların Van Üzerindeki Emelleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü, Yakın Tarihimizde Van Uluslararası Sempozyumu, Nisan, Van, 243-249.
- Yücel, Y., 2008. Üretim Planlaması ve Optimizasyonunda Kullanılan Yöntemlerden Şans Sınırlandırılmış Programlama, Trakya Univ J Sci, 9, 2, 105-117.
- Zhang, S., Wu, Y., Un, P., Fu, L., ve Hao, J., 2016. Modeling real-world fuel consumption and carbon dioxide emissions with high resolution for light-duty passenger vehicles in a traffic populated city. Energy, 113, 461-471.

## 7. EKLER

Ek Tablo 1. Van İli kıyısındaki kuzey yönünden güney güneydoğu yönüne kadar ortalama rüzgâr hızları ve esme sayıları

Enlem-Boylam	38-43												Yıllık Ort.	
	17172-VAN						1960 - 2015							
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Yükseklik	1671													
Parametre	Rasat S.(Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ort.
Toplam Orajlı Günler Sayısı Ortalaması	51	0.1	0.1	0.3	1.5	5.5	4.7	2.1	1.5	2.0	2.9	1.1	0.4	
07 Lokal Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	56	2.3	2.3	2.0	1.9	1.7	1.5	1.5	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	1.9
14 Lokal Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	56	2.2	2.2	3.0	3.4	3.3	3.4	3.6	3.6	3.4	2.8	2.3	2.1	2.9
21 Lokal Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)_sec	56	2.2	2.0	1.8	1.9	1.9	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	2.0	2.1	1.9
Ortalama Rüzgâr Hızı (m_sec)	56	2.2	2.2	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	2.4	2.2	2.2	2.2	2.3
Maksimum Rüzgâr Hızı (m/s) ve Yönü	56	31.9 SE	32.0 S	36.0 SSW	26.6 S	32.2 SW	26.7 S	24.8 ENE	24.2 SSW	25.0 WNW	27.6 SSW	29.7 SSE	29.7 SE	
Fırtınalı Günler Sayısı Ortalaması	56	0.8	0.8	1.4	1.7	1.4	0.8	0.3	0.3	0.6	1.0	0.8	0.8	
Kuvvetli Rüzgârlı Günler Sayısı Ortalaması	56	3.6	3.6	4.8	6.9	7.5	5.0	3.6	2.4	3.0	4.7	4.0	3.8	
N Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	796	824	905	810	871	816	918	884	775	979	829	987	
N Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.5
NNE Yöntünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1350	1059	1196	1129	1254	1291	1672	1577	1240	1417	1245	1545	
NNE Yöntünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.5	1.6	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5
NE Yöntünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	4932	3473	2875	2194	2561	2972	3423	3725	3632	4303	4888	5213	
NE Yöntünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.8	1.8	1.6	1.5	1.5	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7
ENE Yöntünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	6987	5279	4329	2843	3368	4119	4532	4942	4438	4699	5359	6477	
ENE Yöntünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7
E Yöntünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	7012	6637	4568	3139	3393	3579	4608	4520	5023	5236	5665	6292	
E Yöntünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
ESE Yöntünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	4490	3627	3095	2251	2452	2593	2792	2889	2934	2904	2944	4093	
ESE Yöntünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.9	1.9	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9

Ek Tablo 2. Van İli kıyısındaki güney güneydoğu yönünden kuzey kuzeybatı yönüne kadar ortalama rüzgâr hızları ve esme sayıları

Enlem-Boylam	1960-2015												Yıllık Ort.	
	17172-VAN						1960-2015							
Yükseklik	1671	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Parametre	Rasat S. (YIL)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ort.
SE Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	2658	2491	2522	2670	2663	1998	1532	1701	1747	2208	2442	2958	
SE Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	2.1	2.1	2.1	2.4	2.4	2.2	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.2	2.1
SSE Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	3086	2774	3024	3144	2547	1645	1047	1084	1898	2748	2909	3628	
SSE Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	2.6	2.6	2.7	3.0	2.8	2.5	2.0	2.0	2.3	2.6	2.6	2.6	2.5
S Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1596	1559	1760	1846	1465	948	574	667	1105	1573	1858	1797	
S Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	2.5	2.4	2.6	2.9	2.8	2.4	2.0	1.9	2.3	2.6	2.6	2.4	2.4
SSW Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1101	1295	1690	1733	1474	1019	787	663	922	1285	1214	1063	
SSW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	2.0	2.0	2.2	2.5	2.5	2.3	2.0	1.9	2.2	2.3	2.1	2.0	2.2
SW Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	797	945	1559	1368	1505	1584	1765	1685	1132	1123	1185	791	
SW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.8	1.7	2.0	2.1	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	1.8	1.6	2
WSW Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1201	1767	3631	4346	5029	5314	5597	4520	2851	2903	2394	1394	
WSW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.7	1.8	2.2	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.2	2.3	1.9	1.6	2.2
W Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1163	1705	3423	4563	4761	5137	4977	4557	4096	3340	2474	1474	
W Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.9	2.0	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.1	2.0	1.8	2.2
Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	1122	1454	2995	4472	4394	3905	4188	4643	4776	3334	2171	1356	
WNW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	2.0	2.1	2.4	2.6	2.5	2.5	2.4	2.5	2.6	2.2	2.0	1.9	2.3
NW Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	752	852	1315	1578	1677	1428	1309	1646	2052	1777	1214	924	
NW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.7	1.9	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.3	2.4	2.1	1.9	1.9	2.1
NNW Yönünde Rüzgârın Esme Sayıları Toplamı	56	746	635	1066	930	920	826	688	693	832	990	801	746	
NNW Yönünde Rüzgârın Ortalama Hızı (m/s)	56	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7
Ortalama 5 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-1.3	-0.6	4.4	11.3	17.9	24.8	29.6	29.1	22.6	13.3	5.5	0.8	
Minimum 5 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-20.9	-17.9	-10.9	-3.0	0.8	8.6	10.5	12.2	3.8	-3.2	-10.4	-13.8	
Ortalama 10 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-1.1	-0.7	3.9	10.7	16.8	23.2	27.7	27.9	22.3	13.6	5.9	1.2	
Minimum 10 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-13.6	-11.9	-10.2	-2.4	1.5	7.4	13.4	13.3	4.2	-3.0	-4.0	-9.7	
Ortalama 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-0.2	0.0	3.9	10.2	16.0	22.0	26.5	26.8	22.3	14.3	6.9	2.3	
Minimum 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	56	-9.4	-9.3	-3.8	0.0	4.9	11.9	15.8	15.2	8.0	2.8	-0.1	-4.4	



Ek Tablo 4. Kent içinde çalışan belediye otobüs ve midibüslerinin sefer bilgileri

No	Hat No	Hat Adı	Araç Sayısı (12 m)	Araç Sayısı (9,5 m)	Günlük Sefer Sayısı	Sefer Süresi (Dk.)
1	131	Edremit Toki-Merkez	4		8	60
2	121	Edremit Yeni Toki 1-Merkez	4		8	60
3	541	Merkez (Sihke)-Yyü		3	10	50
4	542	Merkez (Maraş) Yyü		2	8	60
				1	9	60
5	543	Merkez (İskele Cad.) Yyü		2	8	60
6	E1	Yyü-Edremit Toki	2		11	90
7	641	Merkez-F Tipi Cezaevi		2	8	40
8	112	Merkez-Edremit Çiçekli	2		13	70
9	631	Merkez / Şemsibey	1		11	80
10	231	Telbaşı / Merkez	1		11	80
11	352	Eminpaşa / Merkez	1		13	35
12	221	Memursen Toki-Merkez	1		16	30
			1		15	30
13	741	Merkez-Sihke Toki		1	17	30
14	421	Bostaniçi Toki-Merkez		1	20	25
15	431	Merkez-Kevenli Toki		1	24	20
16	611	Merkez-Kalecik Toki	1		11	45
				2	12	45
17	351	Havalimanı-Merkez	1	1	13	45
18	32 İB	Merkez- Bölge Hastanesi	1		8	60
19	42A	Merkez-Şabaniye- H.Bekir	1		11	40
20	721	Merkez-Seyrantepe	1		14	30
21	211	Erek-Şabaniye		1	19	25
22	521	Merkez-Altıntepe	1		14	65
23	441	Merkez-Hacıbekir		1	18	45
24	442	Merkez-Kurubaş		1	15	55
25	GR 1	Van-Gürpınar	2		14	60
26	GV 1	Van-Gevaş	2		8	130
27	MR 1	Van-Muradiye	1		3	150
28	SR 1	Van-Saray	1		3	170
29	ÇL 1	Van-Çaldıran	1		3	170
30	ÖZ 1	Van-Özalp	1		3	140
***	341	Merkez-Eminpaşa(Plan)	1			
***	432	Merkez-Kevenli Toki (Plan)		1		

## ÖZGEÇMİŞ

16.07.1986 tarihinde Amasya ilinde doğdu. Liseyi Ankara Alparslan Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Lisans eğitimi süresinde 12 aylık staj süresini tamamlayarak 2010 yılında Uzakyol Vardiya Zabiti unvanını aldı. Aynı yıl lisans eğitimini tamamlayarak mezun oldu. 2010 – 2014 yılları arasında çeşitli tanker gemilerinde Uzakyol Vardiya Zabiti ve Uzakyol 1. Zabiti olarak görev yaptı. 2015 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak atandı. Aynı yıl YÖK tarafından Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamlamak üzere görevlendirildi. Mart 2015' de Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir. Çetin, iyi derecede İngilizce bilmektedir.