

Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nce Dokuz Eylül Yayınları tarafından yayınlanan bu eser, küresel tedarik zinciri ve lojistiğin en önemli ulaştırma alt yapısı olan limanları ele almaktadır.

Dünya ticari taşımalarının yüksek oranda deniz yolu ile gerçekleşmesi sonucunda limanlar, küresel tedarik zincirinin en önemli ulaştırma altyapısıdır. Bu özelliği ile limanlar diğer ulaştırma alt yapılarına göre daha önemli bir konumdadır. Limanlardaki sıkışıklıktan dolayı yükün beklemesi tüm ticari süreci etkileyebilmektedir. Bu noktada performans ölçümünün önemi ortaya çıkmaktadır. Her işletmede olduğu gibi limanlarda da performansın ölçülmesi ve sistem işleğine yönelik iyileştirmelerin yapılması bir zorunluluktur. Performans ölçmenin birçok yöntemi vardır. Simülasyon yöntemi bu yöntemlerin içinde en fazla tercih edilen araçlardan birisidir.

Bu kitap; Lojistik, Deniz Ulaştırma, Konteyner Terminal İşletmeciliği ve Simülasyon ile Optimizasyon konularına ilgi duyan tüm kesimlere faydalanabilecekleri bir kaynak eser kazandırmayı hedeflemektedir.

ISBN 978-975-441-272-7



9 789754 412727

KONTEYNER TERMINALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN OPTİMİZASYONU VE BİR SİMÜLASYON MODELİ

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZCİLİK FAKÜLTESİ

KONTEYNER TERMINALLERİNDE
LOJİSTİK SÜREÇLERİN OPTİMİZASYONU
VE
BİR SİMÜLASYON MODELİ

Dr. Soner ESMER

DOKUZ EYLÜL YAYINLARI

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZCİLİK FAKÜLTESİ**

**KONTEYNER TERMİNALLERİNDE
LOJİSTİK SÜREÇLERİN OPTİMİZASYONU
VE
BİR SİMULASYON MODELİ**

Dr. Soner ESMER

DOKUZ EYLÜL YAYINLARI

Denizcilik – 6

ISBN 978-975-441-272-7

**KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN
OPTİMİZASYONU VE BİR SİMULASYON MODELİ**

Dr. Soner ESMER

Birinci Baskı

Baskı: D.E.Ü. Matbaası

Bütün yayın hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi**

Soner ESMER. 11.08.1976 tarihinde Almanya’da doğmuştur. Evlidir. 2002 yılından bu yana Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi bölümünde akademik personel olarak görev almaktadır. Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimini “Denizcilik İşletmeleri Yönetimi” alanında tamamlamıştır. Liman planlama ve geliştirme, lojistik yönetimi, yöneylem araştırması, istatistik, simülasyon ve optimizasyon konularında uzmandır. Bahsedilen alanlarda birçok makale, bildiri ve sektöre yönelik projeleri bulunmaktadır.

SUNUŞ

Günümüzde işletmelerin rekabetçi pazar ortamında ayakta kalabilmesi ve işletme gelişimini sürdürülebilir bir halde tutabilmesi için küresel düşünmesi gereklidir. Özellikle düşük maliyetli ürünlerin tüketiciye ulaşmasında en önemli maliyet kalemlerinden birisi ulaştırma dır. Denizyolu ulaşımı uluslararası ticaretin en önemli aracı olup bu ulaşım da limanlar başlıca aktörler arasından yer almaktadır. Tüm kurumlar ve işletmeler için olduğu gibi, limanlar için de performans iyileştirmeleri en önemli başarı çıktıları olarak değerlendirilmektedir.

Bir liman kenti olan İzmir’imizde, Denizcilik Fakültemiz liman iletmeciliği ve yönetimi alanındaki eğitim ve araştırmalarını başarıyla sürdürmektedir. Limanlarda performans iyileştirmelerine ışık tutmak amacıyla üniversitemiz tarafından yayınlanan “Konteyner Terminallerinde Lojistik Süreçlerin Optimizasyonu ve Bir Simülasyon Modeli” adlı eser ülkemizin önemli denizcilik konularından birisini ele almaktadır. Dr. Soner ESMER’in Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi yayınları arasında yer alan bu çalışması lojistik ve limancılık konularında bizi bilgilendirmektedir. Kitabın oluşmasında emeği geçen herkesi kutluyor, ülkemize ve denizcilik camiasına hayırlı olmasını diliyorum.

Prof.Dr. Mehmet FÜZÜN
Rektör

ÖNSÖZ

“Konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin optimizasyonu ve bir simülasyon modeli” adlı bu çalışma aynı adla Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalında ve Prof. Dr. Okan TUNA danışmanlığında doktora tezi olarak hazırlanmış; 27 Kasım 2009 tarihinde Prof. Dr. Okan TUNA, Prof. Dr. A. Güldem CERİT, Prof. Dr. Edip TEKER, Doç. Dr. Kaan YARALIOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Ersel Zafer ORAL’dan oluşan jüri tarafından başarılı bulunmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde işletme lojistiği kapsamında limanların konumu ayrıntılı olarak alınmış, işletme lojistiği, işletme lojistiği içinde limanların önemine değinilmiştir. Daha sonra araştırmanın ikinci bölümünde liman simülasyonu hakkında 1980-2009 yılları arasında yayınlanan literatür incelenmiş, liman simülasyonu hakkındaki mevcut literatürün değerlendirilmesi yapılmıştır. Son bölümde ise araştırma kapsamına değinilmiş ve araştırmanın problemi tanımlanarak araştırmanın amacı, araştırmanın nicel ve nitel süreçleri açıklanmıştır. Geliştirilen pilot ve evrensel modellerden elde edilen sonuçlar yine bu başlık altında incelenmektedir.

Araştırma süreci kapsamında Aegean Üniversitesi (Yunanistan), Rotterdam Erasmus Üniversitesi (Hollanda), Antwerp Üniversitesi (Belçika) ve Avrupa Özel Liman Operatörleri Federasyonu’na (FEPORT-Brüksel-Belçika) yaptığım ziyaretlerin yanında, Avrupa’nın en önemli limanları olan Rotterdam, Hamburg ve Antwerp limanlarında incelemelerde bulunmamı ve bu çalışmanın yayınlanmasını sağlayan DEÜ Denizcilik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. A. Güldem CERİT’e öncelikle teşekkürlerimi sunarım.

Avrupa gezilerimi finanse eden ve uygulama limanım olan MARPORT limanının kapılarını açan Arkas Holding Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Lucien ARKAS’a ve Sayın Hakan GENÇ’e teşekkürlerimi borç bilirim.

Son olarak belirtmek isterim ki, bana her zaman güvenen, yol gösteren ve cesaretlendiren danışmanım Prof.Dr. Okan TUNA, limancılık konusunda ufkumu açan Yrd.Doç.Dr. Ersel Zafer ORAL, bana simülasyonu anlatan ve zoru başarmamı sağlayan Yrd.Doç.Dr. Gökalp YILDIZ, bana uygulamada limancılığı öğreten Kpt. Oğuz TÜMİŞ ve sabrını esirgemeyen sevgili eşim Gülsüm TÜTÜNCÜ ESMER bu çalışmanın gerçek mimarlarıdır.

Dr. Soner ESMER

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ	III
ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER	V
KISALTMALAR	VIII
TABLO LİSTESİ	IX
ŞEKİL LİSTESİ	X
GİRİŞ	XII

BİRİNCİ BÖLÜM KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK EVRİM VE LOJİSTİK SÜREÇLER

1.1. İŞLETME LOJİSTİĞİ KAVRAMLARI	1
1.2. TEMEL LİMAN KAVRAMLARI	3
1.3. LİMANLARIN LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ İÇİNDE GELİŞİM SÜRECİ	5
1.4. TEDARİK ZİNCİRİ İÇİNDE LİMANLARIN ÖNEMİ VE LİMANLARI ETKİLEYEN DİNAMİKLER	10
1.4.1. Uluslararası Deniz Taşımacılığındaki Eğilimler	11
1.4.2. Liman Sektöründeki Eğilimler	13
1.4.3. Küresel Liman Operatörleri	13
1.4.4. Limanlar Arası Rekabet	14
1.4.5. Limanlar ve Ekonomik Gelişim	14
1.4.6. Liman Merkezli Lojistik ve Tedarik Zinciri Stratejileri	15
1.5. LOJİSTİK, ULAŞTIRMA VE LİMANLARDAKİ YÜK ELLEÇLEME SİSTEMİNİN İLİŞKİSİ	20
1.6. KONTEYNER TERMİNALLERİNİN ARTAN ÖNEMİ	23
1.7. İŞLETME LOJİSTİĞİ VE LİMANLARIN KONUMU	22
1.8. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN ANALİZİ	29
1.8.1. Konteyner Terminallerinin Temel Fonksiyonları	30
1.8.2. Konteyner Terminallerinin Temel İşlevleri	32
1.8.3. Konteyner Terminallerindeki Yük Elleçlemeye Yönelik	34
Lojistik Süreçler	
1.9. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERE İLİŞKİN ELLEÇLEME SİSTEMLERİ	42
1.9.1. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Yük Elleçleme Ekipmanları	42
1.9.2. Ekipmanların İstif Kapasitelerinin Karşılaştırması	45
1.10. KONTEYNER TERMİNALLERİ YÜK ELLEÇLEME, AKTARMA VE DEPOLAMA SİSTEMLERİ	46
1.10.1. Treyler Sistemi	46
1.10.2. Reach Steacker/Top Loader Sistemi	46

1.10.3. Straddle Taşıyıcı Sistemi	48
1.10.4. Köprülü Vinç Sistemi	49
1.10.5. Karma Sistemler	51
1.11. KONTEYNER ELLEÇLEME SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	51

İKİNCİ BÖLÜM
KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERE
İLİŞKİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ VE SİMÜLASYON
YÖNTEMİ

2.1. LİMAN SİSTEMİ VE ANALİZ YÖNTEMİ	54
2.1.1. Sistemler ve Çevresi	54
2.1.2. Bilgi ve Karar Destek Sistemleri	57
2.2. OPTİMİZASYON VE PERFORMANS KAVRAMLARI	58
2.3. LİMANLARDA TEMEL PERFORMANS GÖSTERGELERİ	63
2.4. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ	68
2.5. LİMAN SİSTEMİ ANALİZİNDE SİMÜLASYON YÖNTEMİNİN YERİ VE ÖNEMİ	73
2.6. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK PERFORMANSIN ÖLÇÜMÜNDE SİMÜLASYON KULLANIMI	75
2.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR: LİMAN SİMÜLASYONU HAKKINDAKİ MEVCUT LİTERATÜRÜN İNCELENMESİ	77
2.7.1. Liman Operasyonları Simülasyon Modelleri	76
2.7.2. Liman Planlaması Simülasyon Modelleri	85
2.7.3. Liman Tasarımı ve Liman Genişlemesi Simülasyon Modelleri	87
2.7.4. Limanlar İçin Matematiksel Modeller	89
2.7.5. Konteyner Terminaleri Simülasyon Modelleri	92
2.8. İNCELENEN LİTERATÜR IŞIĞINDA ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ	103

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA SÜRECİ

3.1. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI	105
3.2. ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ	106
3.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE SÜREÇLERİ	106
3.4. ARAŞTIRMANIN KAVRAMSAL MODELİ	107
3.5. ARAŞTIRMA PLANI	108
3.6. ARAŞTIRMANIN ANA KÜTLESİ	109
3.7. NİTEL ARAŞTIRMA SÜRECİ	112
3.7.1. Nitel Araştırma Kapsamında Simülasyon Modeline İlişkin Veri Toplama Süreci	112

3.7.1.1. Konteyner Terminallerindeki Lojistik Süreçlerin Tespitine Yönelik Veri Toplama Süreci	114
3.7.1.2. Simülasyon Modeline İlişkin Veri Toplama Formunun Tasarımı	119
3.8. NİCEL ARAŞTIRMA SÜRECİ	120
3.8.1. Modelleme Yaklaşımı	121
3.8.2. Bir Simülasyon Programı Olarak ARENA Yazılımının Temel Özellikleri.	123
3.8.3. Uygulama Terminali Lojistik Süreçlerinin Modelleme Yaklaşımı	125
3.8.3.1. Uygulama Terminali Yükleme Modeli ve Ölçülen Değişkenler	126
3.8.3.2. Uygulama Terminali Tahliye Modeli ve Ölçülen Değişkenler	132
3.8.3.3. Modelin Animasyon Desteği	139
3.8.4. Pilot Model ve Geçerlilik\Güvenilirlik Analizleri	140
3.9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	143
3.10. YÜKLEME MODELİ BULGULARI	144
3.11. TAHLİYE MODELİ BULGULARI	146
3.12. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİLİMSEL KATKILAR	148
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	152
KAYNAKÇA	159
EKLER	181

KISALTMALAR

AGV	İnsansız terminal traktörü (Automated guided vehicles)
ASC	İnsansız straddle taşıyıcı (automated straddle carrier)
CFS	Konteyner Yükleme İstasyonu (Container Freight Station)
DEA	Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
FEPOR	Avrupa Özel Liman Operatörleri Federasyonu (Federation of European Private Port Operators)
JICA	Japon Uluslararası İşbirliği Örgütü (Japan International Cooperation Agency)
MTT	Terminal Traktörü
NAVIS	Terminal Yönetim Yazılımı
PG	Performans Göstergesi
RMG	Raylı İstif Vinci (Rail Mounted Gantry)
RTG	Lastik Tekerlekli İstif Vinci (Rubber Tyred Gantry)
s.	Sayfa No
SC	straddle taşıyıcı (straddle carrier)
SSG	Rıhtım Vinci (Shore Side Gantry)
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TDI	Türkiye Denizcilik İşletmeleri
TEU	1 Adet 20ft'lik Konteyner Hacmi (Twenty-Foot Equivalent Unit)
TOS	Terminal İşletim Sistemi (Terminal Operation System)
UNCTAD	Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı United Nations Conference on Trade and Development

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Limanların Evrimi	3
Tablo 2: Farklı Tedarik Zinciri Stratejilerine Karşı Limanlar İçin Önerilen Roller	17
Tablo 3: Liman Kümesi İçinde Yer Alan 5 Temel Faaliyet	21
Tablo 4: UNCTAD Tarafından Önerilen Performans Göstergeleri	67
Tablo 5: 1980-2009 Yılları Arasında Yayımlanan Liman Simülasyonu Literatürü Özeti	102
Tablo 6: Nitel Araştırma Süreci	113
Tablo 7: MARPORT Ana Konteyner Terminali Mesafe Cetveli	118
Tablo 8: SSG'lerin Yükleme ve Tahliye Adetleri	141
Tablo 9: Yüklenen ve Tahliye Edilen Konteynerin Adetleri, İstif Noktaları ve SSG'ye Olan Mesafeleri	141
Tablo 10: SIMAN Dilinde Yük Tipi Aralığının Bulunması İçin Hazırlanan Tablo	142
Tablo 11: Pilot Model Sonuçları	143
Tablo 12: Deneysel Çalışmalar Sonucunda Elde Edilen Bulgular	144
Tablo 13: Araştırma Kapsamında Modellenen Lojistik Faaliyetler, Ekipmanlar ve Performans Göstergeleri	149

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Liman Gelişiminin Kavramsal Modeli	9
Şekil 2: Konteyner Gemilerinin Kapasite Gelişimi (TEU)	12
Şekil 3: Küresel Tedarik Zinciri Stratejilerinin Seçimi İçin Bir Sınıflandırma	18
Şekil 4: Lojistik, Ulaştırma ve Yük Elleçleme İlişkisi	22
Şekil 5: İşletme Lojistiği	26
Şekil 6: Limanlara Yönelik İşletme Lojistiği Yaklaşımı	26
Şekil 7: Bütünleşik Liman Yönetim Sistemi İçinde Dağıtım Kanallarının Etkileşimi	28
Şekil 8: Tedarik Lojistiği İçinde Limanın Yeri	29
Şekil 9: Fiziksel Dağıtım İçinde Limanın Yeri	29
Şekil 10: Liman Lojistik Sisteminin Alt Sistemleri	30
Şekil 11: Gemi Yükleme ve Boşaltma Süreci	34
Şekil 12: Konteyner Terminallerinde İş Akışları	35
Şekil 13: Yüklenen Konteyner Akışı (Dış Dolum)	37
Şekil 14.: Yüklenen Konteyner Akışı (İç Dolum)	38
Şekil 15: Tahliye Konteyner Akışı (Dış Boşaltım)	38
Şekil 16: Tahliye Konteyner Akışı (CFS)	39
Şekil 17: Transit Konteyner Akışı	39
Şekil 18: Terminal İçi Lojistik Akışı Modeli	41
Şekil 19: Rıhtım Vinci	42
Şekil 20: Köprü Vinci	43
Şekil 21: Straddle Taşıyıcı	43
Şekil 22: Boş ve Dolu Konteyner İstifleyicileri	44
Şekil 23: Terminal Traktörleri ve Şasiler	45
Şekil 24: İstifleme Ekipmanları Kapasiteleri	45
Şekil 23: Reach Steacker/Top Loader Sistemi	47
Şekil 26: Straddle Taşıyıcı Sistemi	48
Şekil 27: Köprülü Vinç Sistemi	50
Şekil 28: Sistem ve Sistemin Çevresi	55
Şekil 29: Açık ve Kapalı Sistemler	56
Şekil 30. Optimizasyon Süreci	59
Şekil 31: Limanlarda Rıhtım Sayısının Optimizasyonu	60
Şekil 32: Limanlarda Temel Gemi - Rıhtım Performans Göstergeleri	66
Şekil 33: Sistem Analizi	74
Şekil 34: Araştırmanın Kavramsal Modeli	107
Şekil 35: MARPORT Limanı Coğrafi Konumu	111
Şekil 36: MARPORT Limanı Yük Yerleşimi ve Yol Güzergâhı	115
Şekil 37: MARPORT Terminali Genel Yerleşim Planı ve Olası Tüm Konteyner Hareketleri	117
Şekil 38:Geliştirilen Veri Toplama Formu	119
Şekil 39: Simülasyon Aşamaları	122
Şekil 40: Yükleme Modeli Akış Şeması	127

Şekil 41: Birinci Model Aşaması	129
Şekil 42: Konteynerin Liman İçinde Taşınması	130
Şekil 43: Konteynerin Köprü Vincinin İşini Bitirmesini Bekleten Model Yapısı	131
Şekil 44: Sinyal Bekleyen Konteynerin Model Yapısı	131
Şekil 45: Tahliye Modeli Akış Şeması	133
Şekil 46: Birinci Model Aşaması	135
Şekil 47: 2. Model aşaması	136
Şekil 48: Konteynerin Köprü Vincinin İşini Bitirmesini Bekleten Model Yapısı	137
Şekil 49: Sinyal Bekleyen Konteynerin Model Yapısı	137
Şekil 50: Köprü Vincinde İşlem Gören Konteynerin Model Yapısı	138
Şekil 51: Tahliye Modeli Animasyonundan Bir Görünüm	140
Şekil 52: Atanan MTT Sayısının RTG'ye ve MTT 'ye Etkileri	145
Şekil 53: SSG Elleçleme Hızının Operasyon Zamanına Etkisi	146
Şekil 54: SSG Hızının Faydalı Kullanım Oranlarına ve Operasyon Zamanına Etkileri	147
Şekil 55: SSG Hızının MTT Sayısına Etkisi	148

GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin küresel rekabette yer alabilmeleri için ulaştırma faaliyetlerini en uygun şekilde yerine getirmeleri gerekmektedir. Küresel tedarik zinciri ve lojistiğin alt bileşeni olan deniz ulaştırmasında limanlar en önemli ulaştırma altyapısıdır. Gemilerin kötü hava şartlarından etkilenmemek için limanlarda barınmasının çok ötesinde, limanlar artık temel olarak yüklerin bir taşıma modundan diğerine transfer edildiği, yükün terminal sahasında depolandığı ve yüke katma değer hizmetlerin verildiği lojistik merkezler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ulaştırma, özellikle 1960'lı yıllarda konteynerin bir taşıma kabı olarak kullanılmaya başlamasından sonra ciddi bir evrim geçirmiştir. Dünya ticaretinde konteyner kullanımı, diğer deniz taşımacılık modlarına göre çok hızlı artmaktadır. Konteyner taşımacılığının getirdiği üstünlüklerle birlikte liman art alanları genişlemiş ve liman elleçleme miktarları çok artmıştır. Bunun yanında limanlar, lojistik hizmet vermek için en uygun alanlar olması özelliği sayesinde uluslararası taşıma zincirindeki yerini pekiştirmiştir. Tüm bunlara ek olarak lojistiğin doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yere, zamanında ve hasarsız bir şekilde ulaştırma hedefi limanlara çok ciddi bir yükümlülük getirmektedir.

Günümüzde yük tiplerine göre uzmanlaşmış terminallerin sayısı artmaktadır. Genel amaçlı, başka bir deyişle bütün yük tiplerinin elleçlendiği geleneksel limanlardan öte artık yük tipine göre terminalleşme eğilimi vardır. Buna örnek olarak kuru yük, dökme yük, sıvı dökme yük, yolcu ve konteyner terminalleri verilebilir.

Konteyner yüküne hizmet veren konteyner terminalleri her geçen gün önemini arttırmaktadır. Dünya toplam konteyner elleçlemesi rakamları yıllar bazında TEU adedi olarak incelendiğinde, neredeyse her 7 yılda bir toplam elleçlemenin ikiye katlandığı görülmektedir. Örneğin 2001 yılında dünyadaki tüm konteyner limanlarında gerçekleşen 243 milyon TEU hareket, 2008 yılında 500 milyon TEU'yu aşmıştır. Bu artış konteyner terminal işletmecilerini sürekli gelişime zorlamaktadır.

Dünyada elleçlenen konteyner sayısındaki artışa bağlı olarak konteyner terminalleri zaman içinde evrim geçirmiştir. Ekipman ve yazılım teknolojilerindeki gelişmeler, gemi boylarının büyümesi gibi etkenler ile konteyner terminalleri sürekli bir gelişim içinde olmuştur. Terminallerde kullanılan rıhtım vinçlerinin boyutları ana konteyner gemilerine hizmet verebilecek şekilde büyümüş, operasyon hızları teleskopik ekipmanlarla arttırılmıştır. Rıhtım vincinin hızına yetişmesi için yine geri sahada, liman içi taşımada ve konteyner depolama işlemleri tamamen otomatikleştirilmiştir. Ancak bu hızlı gelişim, konteyner terminallerinde yoğunluktan kaynaklanan

sıkışıklıkların, uzayan gemi bekleme ve sipariş teslim sürelerinin önüne geçememiştir.

Dünyadaki konteyner terminalleri, liman içi lojistik operasyonların en kısa zamanda ve en verimli şekilde tamamlanması konusunda baskı altındadır. Bu nedenle birçok liman işletmesi rekabetçi piyasada varlığını sürdürebilmek, hizmetlerini verimli bir şekilde sunarak müşteri memnuniyetine ulaşmak için gayret göstermektedir. Tüm bu gelişmelerin neticesinde liman performansının ölçülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu ölçümlerin beklenen en önemli sonucu liman içi taşıma, depolama ve yük elleçlemeden oluşan liman içi lojistik süreçlerin optimize edilmesidir.

Liman içi lojistik süreçlerinin herhangi birisinde olacak aksamalar, uluslararası lojistik sistemi dolaylı yada doğrudan etkilemektedir. Örneğin rıhtım vincinin verimsiz çalışması, yükleme ve boşaltma operasyonlarının hızını etkileyecek, gemilerin rıhtımda bekleme süreci artacaktır. Geminin rıhtımda beklemesi liman masraflarının artması ile taşıyana zarar verdiği gibi yük sahiplerinin yüklerini planlanan zamanda almasını engelleyecektir. Bu durumdan zararlı olacak taraf sadece alıcı ve taşıyan değil, tedarik zinciri sürecindeki tüm paydaşlar olacaktır.

Liman işletmecilerinin, işlettikleri limana kolaylıkla uygulayabilecek, limanın yük elleçleme, liman içi taşıma ve depolama ile ilgili lojistik süreçleri içeren, terminal ekipmanlarının performansını ölçen, olan ya da olabilecek sorunlara karşı zamanında bilgi sağlayabilecek, farklı alternatifleri değerlendirebilecek ve sorunlara karşı en iyi çözüm yöntemini seçebilecek esnek bir karar destek aracına ihtiyaçları vardır. Böyle bir araca olan ihtiyaçtan kaynaklanan probleme simülasyon yöntemi, gerekli olan tüm bu özelliklere sahip olmasından dolayı, bir yöntem olarak kullanılabilir.

Simülasyon modelinin bahsedilen amaçlara yönelik olarak kullanılabilmesi için öncelikle liman sisteminin çözümlenmesi, sistemin girdi ve çıktılarının belirlenmesi gerekmektedir. Sistemin performansını ölçen bir araç olarak simülasyon yöntemi, 1980'lerden günümüze limancılıkta bahsedilen problemlerin çözümüne yönelik olarak çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Konteyner terminalleri öncelikle belli amaçlar için bir araya getirilmiş unsurlardan oluşan açık bir sistemdir. Hali hazırda çalışan bir liman üzerinde sistem değişkeni parametreleri üzerinde yapılacak oynamalar risklidir. Bunun yerine sistemin modellenmesi ve o model üzerinden deneyler yapılması çok daha avantajlıdır. Araştırma yöntemi olan simülasyon ile, yapılacak model üzerinde deneyler yapılarak süreç planlaması ve iyileştirmesi yapmak mümkündür.

Bu araştırma “terminal lojistik süreç performansını ölçen ve tüm terminallere uygulanabilir esnek bir simülasyon modeli geliştirmek” amacına yönelik olarak dört bölümden oluşmaktadır.

Araştırmanın birinci bölümünde işletme lojistiği içinde limanların konumu ayrıntılı olarak ele alınmış ve bu kapsamda, konuya öncelikle işletme lojistiği, işletme lojistiği içinde limanların önemi, limancılıkla ilgili temel kavramlar, limanların tedarik zinciri içinde gelişim süreci ve bu süreci etkileyen faktörler ve tedarik zinciri içinde limanların önemi ele alınmıştır. Ayrıca lojistik, ulaştırma ve limanlardaki yük elleçleme sistemlerinin ilişkisi incelenerek limanlardaki temel lojistik süreçlere değinilmiştir. Konteyner terminallerinin artan önemi ve terminal içindeki lojistik süreçler de bu bölüm içinde detaylandırılmıştır. Modelleme çalışmalarına katkısı olması amacıyla ayrıca konteyner terminallerinde kullanılan elleçleme ekipmanları ve elleçleme sistemleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Araştırmanın ikinci bölümünde her sistemde olduğu gibi limanlarda da performansın ölçümünün zorunluluğuna değinilmiştir. Liman performans ölçümünün gerekliliği ve araştırmada kullanılacak yöntemle ilgili detaylar bu bölümde yer almıştır. Yapılan araştırmanın literatürdeki farkını ortaya koymak amacıyla limancılık konusunda yapılan tüm modelleme çalışmaları hakkında literatür ayrıntılı olarak incelenmiştir. 1980'li yıllardan günümüze yapılan araştırmaları beş gruba ayırmak mümkündür, bunlar liman operasyonları simülasyon modelleri, liman planlaması simülasyon modelleri, liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modeller, limanlar için matematiksel modeller ve konteyner terminalleri simülasyon modelleridir. Bu bölümde liman simülasyonu hakkındaki literatür bu beş başlık altında incelenmiş ve genel değerlendirmeleri yapılmıştır. Böylece araştırma kapsamında gerçekleştirilen modelin, literatürdeki modellere göre farkları tespit edilerek araştırmanın gerekçeleri ortaya konmuştur.

Araştırmanın üçüncü bölümünde araştırmanın kapsamı, problemi, ve amacı ele alınmıştır. Araştırma süreci, nitel ve nicel araştırma süreci olarak iki grupta ele alınmıştır. Nitel araştırma sürecinde simülasyon modeline ilişkin veri toplama süreci, konteyner terminallerindeki lojistik süreçlerin tespitine yönelik veri toplama süreci ve simülasyon modeline ilişkin veri toplama formunun tasarımı yapılmıştır. Nicel araştırma sürecinde ise modelleme yaklaşımı ve pilot modelin geçerlilik/güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın son bölümü olan dördüncü bölümünde ise geliştirilen evrensel model ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen sonuçlara değinilmiştir. Bu bulgular “yükleme modeli” ve “tahliye modeli” modelleri başlığı altında hem yükleme hem de tahliye süreçlerini ayrı ayrı ele almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK EVRİM VE LOJİSTİK SÜREÇLER

Ulaştırma zincirinde çok sayıda faaliyetin yerine getirilmesinde düğüm noktasını oluşturan limanlar; yükleme/boşaltma, römorkaj, depolama gibi temel işlevlerinin yanında yükletenler, ihracatçılar, ithalatçılar, lojistik şirketleriyle devlet otoriteleri, bankalar, sigorta şirketleri gibi birçok sayıda örgüt ya da kişilerle ilişki içerisindedirler. Bu özelliğiyle limanlar, yüklerin aktarılmasının yanı sıra birçok ticari ve yasal işlemlerin koordinasyonunu da sağlayarak ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadırlar.

Limanların mikro ve makro açılardan çok farklı ve önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Ulusal ve uluslararası pazarlama fonksiyonlarının yerine getirilmesinde bu fonksiyonların etkin ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu bölümde işletme lojistiği kapsamında limanların konumu ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Bu kapsamda araştırmaya öncelikle işletme lojistiği, işletme lojistiği içinde limanların önemine değinilmiştir. Daha sonra limancılıkla ilgili temel kavramlar, limanların tedarik zinciri içinde gelişim süreci ve bu süreci etkileyen faktörler ele alınmıştır. Son olarak ise tedarik zinciri içinde limanların önemine değinilerek limanlardaki yük elleçleme sistemlerinin lojistikle ilişkisine üzerinde durulmuştur.

1.1. Temel İşletme Lojistiği Kavramları

Askeri bir kökeni olan lojistiğin birçok tanımı mevcuttur. İşletme açısından seçilmiş tanımlar aşağıdaki gibidir:

“Malların, hammadde ve parça olarak bulunduğu tedarik noktasından başlayarak son dağıtım noktasına kadar, ilgili bilgi akışını da içerecek şekilde taşınma ve depolanmasını içermektedir ” (Logistics Consulting Group, 1997; 84). Ancak bunun yanında tüketim noktasından hammaddeye doğru da bir mal, hizmet ve bilgi akışı mevcuttur. “Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi” (Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP) tersine lojistik kavramını ise aşağıdaki şekilde tanımlamaktadır; “nihai ürünün değerini yeniden arttırmak için tüketim noktasından, hammaddenin başlangıç noktasına doğru ürünün, üretimde olan malzemelerin, yarı mamullerin ve hammaddelerin maliyetini düşürecek şekilde hareketinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi işlemidir.”

“Lojistik yönetimi”, doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yere hasarsız bir şekilde ulaştırmayı hedeflemekte, bu bağlamda ürün ya da hizmetler için önemli bir “değer yaratıcı faaliyet” olarak değerlendirilebilir. “Lojistik, malzemelerin, parçaların ve bitmiş ürünlerin ve ilgili bilgi akışının tedariki, nakli ve depolanmasını şirket içerisinde ve pazarlama kanalında şu andaki ve gelecekteki kârlılığı en yüksek düzeye çıkaracak ve siparişleri en uygun maliyetlerle karşılayacak şekilde stratejik olarak yönetme sürecidir” (Christopher, 1998; 3). Başka bir tanıma göre ise lojistik, bir malın doğru yerde, doğru zamanda, doğru miktarda, en yüksek kalitede, en güvenli bir biçimde ve en uygun maliyetlerle bulundurulmasıdır (Kaynak, 2003; 2).

Lojistik kavramı işletme bilimi içerisinde “*İşletme Lojistiği*” bağlamında ele alınmaktadır. Lojistik, yaşam için gerekli bir konudur ve işletme lojistiği; “yönetimin, müşterilere ürün akışını kolaylaştıran taşıma-stoklama faaliyetlerinin etkili biçimde planlanması, organize ve kontrol edilmesi doğrultusunda dağıtım hizmetinin kârlı bir seviyede en iyi nasıl sağlanabileceği konusunda yapılan çalışmalar” (Ballou, 1999; 1).

İşletme lojistiği, tedarik kaynaklarından başlayıp müşteriye kadar uzanan kanal içerisinde ürün ya da hizmetlerin akışı ile ilgili pek çok faaliyeti kapsamaktadır. Bu faaliyetlere, ulaştırma, trafik yönetimi, depolama, envanter yönetimi, koruyucu ambalajlama, elleçleme, tedarik, sipariş yönetimi, satın alma, dokümantasyon, talep tahmini, geri dönen malların yönetimi örnek olarak verilebilir (Ballou, 1999; 8).

İşletme lojistiği, işletmenin hammadde aldıkları kaynaktan, ürünlerini sattığı tüketicilere kadar ürünlerin taşınma, depolanma ve ilgili faaliyetleri içermektedir (Blauwens ve diğerleri, 2002; 179)

“İşletme lojistiği” üç temel süreçten oluşmaktadır; “tedarik lojistiği”, “materyal yönetimi” ve “fiziksel dağıtım” (Johnson ve diğerleri, 1998). Görüldüğü gibi işletme lojistiği; tedarik lojistiği materyal yönetimi ve fiziksel dağıtım faaliyetlerinin kapsamında yer alan tüm fonksiyonları içermektedir. “Tedarik lojistiği” hammadde, yardımcı malzeme vb. girdilerin tedarik kaynaklarından üretim noktalarına kadar akışıyla ilgilenirken, fiziksel dağıtım yönetimi; bitmiş ürünlerin, üretim noktalarından son alıcı veya tüketicilere kadar iletilmesiyle ilgili etkinlikleri kapsamaktadır. “Materyal yönetimi” ise; işletme içerisinde gerçekleştirilen tüm lojistik faaliyetler ile ilgilenmektedir.

İşletme lojistiğinin temel felsefesi bütünlük yaklaşımıdır. İşletme lojistiği; müşterilere ürün akışını kolaylaştıran taşıma ve stoklama faaliyetlerinin etkili bir biçimde planlanması, organize ve kontrol edilmesi ve ayrıca dağıtım hizmetinin en kârlı seviyelerde nasıl tutulacağı konusunda yapılan çalışmalardır.

1.2. TEMEL LİMAN KAVRAMLARI

Limanların tarihsel gelişimi incelendiğinde, ilk olarak deniz ile karanın kesiştiği yerler olarak tanımlandıkları, sonraları ticari ve endüstriyel merkezlere dönüştükleri ve son olarak lojistik ve dağıtım platformları olarak hizmet verdikleri gözlemlenmektedir. Günümüzde ise limanlar; ticari rekabete yön veren uluslararası tedarik zincirleri bağlantılarında intermodal düğüm noktaları haline gelmiştir. Bu anlayışla limanların lojistik sistem içindeki yeni rolü; ürünlerin yalnızca bir taşıma modundan diğerine aktarımının yapıldığı yer olmalarının ötesinde, kesintisiz ulaştırma zinciri içerisinde bütünlükli lojistik merkezler olmalarıdır.

Gemilerin olumsuz deniz ortamında sığınabilecekleri, yaşayabilecekleri, yükler için yükleme-boşaltma, yolcular için indirme-bindirme yapabilecekleri fiziksel ortamı sağlayan ve bunlara ilişkin alt yapılar, açık kapalı mekânlar ve tesisler ile gemi, yük ve yolculara yönelik hizmetleri veren, kontrol ve güvenlik işlemleri için gereken yerleşik birim ve örgütleri içeren, ülkenin belli bölgesi üzerinde (art alan) ekonomik faktör teşkil eden, taşıma sistemleri (modları) arasında dönüşüm noktası olan yerler liman olarak tanımlanmaktadır.

Genel olarak liman tanımlamaları, limanların fonksiyonlarına göre yapılmaktadır (McConville, 1999; 367). Limanlar, gemilerin yanaştığı ve demirlediği, yüklerin gemiden karaya, karadan gemiye transferi için gerekli ekipmanlara sahip alanlardır (Alderton, 1995; 253). Liman; gemilerin girebilmesi için yeterli derinliğe sahip emniyetli su alanı ile buna bağlı kara alanı olup, gemilerin yükleme, boşaltma, tamir v.b. gibi diğer ihtiyaçlarını giderdiği ve tam bir koruma olanağının yanında gerekli gümrük, ambar, liman örgütü ve hizmet tesislerinin bulunduğu alan olarak tanımlanabilir (Yercan, 1996; 13).

Limanlar rıhtım veya iskelelerine gemilerin, deniz taşıma araçlarının yanaşıp bağlayabileceği veya su alanlarına demirleyebileceği imkânları kapsayan, tekneden kıyıya, tekneden tekneye, kıyıda tekneye yük veya insan nakli, teknelerin bağlanıp kaldırılması ya da demirlemesi, eşyanın karada ve denizde teslimine kadar muhafazası için tesisleri ve imkânları bulunan sınırlanmış kara ve deniz alanlarıdır (Altınçubuk, 2000; 9).

Korunmuş bölgelerde eğer gemilerin çeşitli ihtiyaçları karşılanıyorsa, bakım ve onarım yapılıyor ve inşa edilebiliyorsa, yükleme ve boşaltma hizmetleri veriliyor ve depolama olanakları mevcutsa bu tip bölgelere liman denilebilmekte (Agerschou, 1985;2), yine bu tanıma ek olarak liman, içinde yüklerin gemilere yüklendiği ve/veya gemilerden boşaltıldığı, gemilerin sıralarını beklediği ya da beklemelerinin istendiği veya beklemek zorunda bırakıldığı yerleri de içine alan bir terminal ya da saha olarak tanımlanabilmekte ve diğer ulaştırma biçimlerine yönelik olanaklara da sahip olup, bu özelliği ile ulaştırma modları arasında bütünlükli de sağlamaktadır (Branch, 1986;1).

Tüm bu tanımlamalar ışığında limanların başlıca işlevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. **İrtibat:** Yük sahipleri, yetkili makamlar, araçlar ve tüm liman kullanıcıları arasında haberleşme ortamı sağlamak,
2. **Sığınma:** Fırtınalarda ve olumsuz deniz koşullarında geminin limana sığınması, geminin demirlenmesi ve palamar hizmetleri sağlamak,
3. **Seyir Yardımı:** Gemilerin limana emniyetli bir biçimde ulaşabilmesi için pilotaj ve yanaştırma için römorkaj gibi faaliyetleri organize etmek,
4. **İkmal:** Gemi ihtiyaç malzemelerini, yedek parçalarını, gemi yakıtını, temiz suyu ve gemi adamlarını tedarik etmek,
5. **Güvenlik:** Hırsızlık ve korsanlık olaylarına karşı can ve mal güvenliği sağlamak,
6. **Yükleme-Boşaltma, Aktarma:** Limanlarda, gemiden gemiye, gemiden karaya ve karadan gemiye yükleme-boşaltma ve yük transfer faaliyetlerini yürütmek, gemiden gemiye ve modlar arası aktarmayı gerçekleştirmek
7. **Depolama, Dağıtım ve Toplama:** Yük tipine uygun kapalı-açık depolama alanına ve hacmine sahip yapılar bulundurmak, her tipteki farklı yükü elleçleyebilecek vinçlere, yükün vinç-depo-kamyon arasındaki transferini sağlayacak ara taşıyıcı ekipmanlara sahip olmak,
8. **Ulusal Denetimler:** Yükün gümrük işlemlerinin yapılması ve kamu sağlığını güven altına almak,
9. **İnsan Kaynakları:** Liman içi işgücü organizasyonunu sağlamak, gemiler için gemi adamı temin etmek, gemi adamları sertifika ve vinç operatörleri programları organize etmek, uluslararası liman yöneticiliği seminer ve konferans programları yürütmek,
10. **Sosyal-Kültürel Etkinlikler:** Denizcilik fuarları, kültürel etkinlikler ve eğlenceler düzenlemek,
11. **Çevre Koruma:** Gemilerden atık almak, arıtma tesisi bulundurmak.

Yukarıda açıklanan fonksiyonlardan da anlaşılacağı gibi limanlar, bu fonksiyonları en etkin düzeyde yerine getirecek şekilde tasarlanıp işletilmelidir.

Yoğun bir değişim sürecinden geçen limanların deniz ticaretinde ve uluslararası ticarete yeri ve önemi, ekonomik ve teknik açılardan daha önemli hale gelmiştir (Branch, 1998; 169). Limanlarda mal ve/veya yolcuların akışı, kara taşıtlarının yardımı ile daha ufak çaplı akışlara bölünüp karaya dağılmakta ve bunun tam tersi denize dağılımda gerçekleşmektedir. Limanlar, kesişen birçok faaliyetin oluşturduğu karmaşık bir sistem oluşturduğundan, ulaşım sistemi içinde önemli düğüm noktaları olma özelliğini, ekonomik ve ticari sistemlerdeki değişikliklerin yer aldığı noktalar olmasında da göstermektedir. Gelişen teknolojiye ayak uydurmak zorunda olan limanlarda, hizmetlerin en iyi şekilde götürülmesi ve maliyetlerin en alt düzeyde tutulabilmesi için verim oranı yüksek yöntem ve sistemlerin uygulanması gerekmektedir.

Bir ülkede ulaştırma altyapıları ile ekonomik alandaki gelişmeler arasında güçlü bir ilişki söz konusudur (Schürmann ve diğeri, 2001; 2). Limanlar, ticareti geliştirdikleri gibi, ticaret merkezlerinin büyümesine de yardımcı olan, ülke dış ticaretinin kapılarıdır.

Limanların ekonomik önemi, ulusal ve uluslararası bütünleşik ulaştırma sistemleri içindeki bir dağıtım, bir bağlantı ve bir hizmet faaliyetleri kompleksi oluşundan kaynaklanır. İhracata dayalı yeni düzenlemelerle dış ticaret hacmindeki önemli artışlar limanların ulusal ekonomik hedeflere ulaşmada stratejik konumlarını açıkça ortaya çıkarmıştır. İhracatın büyümesi ekonomik gelişme için gereklidir. İthalat ise ulusal gelirin yükselmesiyle artmaktadır. Bu noktada liman kapasitelerinin yeterliliğı hayatidir. Liman kapasiteleri yetersizse malların düzenli akışı engellenecek ve ekonomik gelişmeden çok gerileme noktasına gelinecektir.

Limanlar, sadece taşımacılığın alt yapıları değil, aynı zamanda endüstriyel faaliyetlerin temeli olarak da görev yaparlar. Bu yönleriyle limanlar, yalnızca ulusal ekonomiler için değil, aynı zamanda küresel ticaretteki mal akışlarının ihtiyaç duyulan bölgelere ulaştırılmasında lojistik bir merkez durumundadırlar. Böylelikle limanlar, deniz ticaretinin ana unsurlarından birisi olmalarının yanı sıra deniz ticareti talebinin yaratılmasında etkin rol oynamaktadırlar.

Bunun yanında artık lojistik bir merkez haline gelen limanlarda, yükün düşük maliyetlerle, seri biçimde, güvenli ve kaliteli olarak ulaşım sistemleri arasında aktarılması gereksiniminin yanı sıra, makro ve mikro düzeyde çok önemli sayılan liman fonksiyonlarının gerçekleştirilebilmesi için, limanların belirli bir alt yapı-üst yapı tesislerine ve yük elleçleme standartlarına sahip olması gerekmektedir.

1.3. LİMANLARIN LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ İÇİNDE GELİŞİM SÜRECİ

Günümüzde Dünya yük taşımacılığının % 80'inden fazlası deniz yoluyla taşınmaktadır ve bu anlamda deniz taşımacılığı uluslararası ticaret ve küreselleşmenin belkemiğidir. Son 30 yıla baktığımızda yıllık deniz yolu ticareti büyüme oranı ortalama % 3,1'dir (Review of Maritime Transport, 2008; 8). Bu sürekli artış deniz taşımacılığının en önemli alt yapısı olan limanların önemini pekiştirmektedir.

Tedarik zinciri yönetimi, zincir içinde bulunan üyelerin tüm lojistik faaliyetlerde eşgüdüm ve işbirliğı içinde çalışmasını ve tüm bu faaliyetlerin organizasyonunu kapsamaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, günümüzde tüm iş süreçlerinin merkezinde yer almaktadır. Bu yeni yönetim yaklaşımının

amaçlarından birisi lojistik işletmelerin ve bilgi sistemlerinin kapsamını genişleterek herkesi tedarik zincirinin içine çekmektir.

Tedarik zincirini birbirine bağlayan taşımacılık hizmetleri ve tedarik zincirinin düğüm noktaları olan liman ve terminaller gibi ulaştırma altyapıları verimli bir lojistik sistemin en kilit unsurlarıdır. İşte bu noktada limanlar yük/bilgi akışı yönetimi ve koordinasyonunda, tedarik zincirinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Carbone ve De Martino, 2003; 305). Limanlar, birçok organizasyon kümelerinin toparlandığı, çeşitli lojistik ve ulaştırma faaliyetlerinin yer aldığı alanlar olarak nihai müşteriye değer katmaktadır. Başarıya giden yol ise tedarik zinciri üyeleri arasındaki koordinasyon ve işbirliğinden geçmektedir (De Souza ve diğerleri; 2003; 502)

Tedarik zinciri yönetimi anlayışı, tedarik zinciri içinde her bir üye faaliyetlerinin ve kaynaklarının bütünleşmesi gerektirmektedir (Martino ve Morvillo; 2008; 572). Limanlar; özellikle uluslararası taşımacılık boyutunda, lojistik hizmete ihtiyaç duyanlar ile bu lojistik hizmetleri sunan işletmeler arasında ulaştırma modlarının kesiştiği düğüm noktaları olarak çok önemli bir rol oynamaktadırlar.

Limancılıkta yaşanan değişimi tek bir faktörle açıklamak mümkün değildir. 20. Yüzyılda hayatın hemen hemen her alanında yaşanan teknolojik gelişim deniz taşımacılığını da etkilemiştir. Bu etkiden kaynaklanan değişim 21. Yüzyılda da katlanarak devam etmektedir. Önceleri yalnızca gemilerin barınması için düşünülen limanlar, sonraları hizmet üretim merkezleri durumuna dönüşmüşlerdir. Limanlarda gemilerin barınması kadar yükün düşük maliyetle, seri biçimde, güvenle ve kaliteli (zamanında ve hasarsız olarak alıcısına teslim etme) olarak ulaşım sistemleri arasında aktarabilmek de önemlidir. Bu ise, limanları hem ekonomik düşünmeye hem de ekonomik davranmaya itmiştir. Limanın ekonomik olmayan bir davranışı taşımanın bütününe etkilemektedir. Liman yük açısından toplama ve dağıtma yeri, ulaşım sistemleri açısından ise taşıma sisteminin değişme noktasıdır.

Teknolojinin hızlı gelişimi ve intermodal taşımacılığın öneminin artması, taşıma araçlarında, yük elleçleme teknolojilerinde, terminal faaliyetlerinde ve yüklerin depolanmasında bir devrim yaşanmasına neden olmuş ve tüm bu gelişmeler liman fonksiyonlarında ve liman kullanımında temel değişikliklere yola açmıştır (Frankel, 1987; 1).

Küresel ticaretin yükselişi denizcilik alanında yaşanan teknolojik gelişmelerin öncüsü olmuştur. Bu teknolojik gelişmeler özellikle gemi kapasitelerinin büyümesi, yük elleçleme ekipmanlarının modernleşmesi ve bilgi teknolojilerinin gelişimi olarak özetlenebilir (Chlomodis ve Pallis, 2002; 17).

UNCTAD (1992), “Liman Pazarlaması ve Üçüncü Nesil Limanlar” adlı çalışmasında geliştirdiği bir modelle limanların tarihsel gelişimini üç döneme ayırmaktadır. Bu ayırmda liman hizmetinin kapsamı, geleneksel olarak yükün yüklenip boşaltılması fonksiyonu ile başlamakta ve limanların 1980’lerden sonra geniş ölçekli lojistik merkez ve katma değer hizmetlerin verildiği alanlar olarak tanımlanmasına kadar genişletilmektedir. Bu gelişim modeli dünya ekonomik gelişiminin belirlilik esasına göre tahmin edilmesi durumunda mümkündür.

Üçüncü kuşak limanların gelişiminde dünya ticaretindeki küreselleşmenin ve modlararası taşımanın ve dolayısıyla konteynerizasyonun artan önemi belirleyici etken olmuştur (Beresford ve diğerleri, 2004; 94). 1960’lardan günümüze, özellikle terminallerde, konteynerlerde ve Ro-Ro yüklerinin yükleme ve boşaltma yöntemlerindeki teknolojik değişimler limanlar ile limanları çevreleyen şehirler arasındaki güçlü bağları zayıflatmıştır. Aynı zamanda bu teknolojik gelişimler limanlarla hinterlandları arasındaki bağı güçlendirmiştir. Limanlar bir hizmet sahası ve alt yapısı olarak ulusal ve uluslararası taşıma amacına yönelik olarak evrim geçirmiştir (Teilet, 1996).

Ancak dünya ekonomisi sürekli bir değişim halindedir ve bu yüksek düzeydeki pazar belirsizliği UNCTAD’ın tanımladığı liman modelleriyle uyumsuzdur. İşte bu noktada limanların belirsizlik ortamına uyumlu “çevik” bir yapıda olması gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1’de de limanların bugüne kadar geçirdiği evrim ve özellikleri gösterilmektedir.

Birinci ve ikinci kuşak liman işletmeciliği dönemi, daha çok düşük katma değer hizmetlerle donatılmış ve limanın temel fonksiyonlarını yerine getirildiği bir dönemdir. Üçüncü kuşak limanlar ise günümüzün değişen pazar koşullarına, belirsizliklere ve dış çevre şartlarına uyum sağlamada yetersiz kalmaktadırlar. Bu belirsizliklerle başa çıkmak adına, diğer endüstri dallarında uygulandığı gibi limanlar da daha esnek daha çevik yeni bir lojistik yaklaşıma uyum sağlamalıdır. Bu yeni yaklaşım “*dördüncü kuşak limanlar*” olarak tanımlanmıştır.

Dördüncü kuşak limanlar limanlar bir anlamda pazardaki belirsizliğe uyum gösteren “çevik limanlar”dır (Paixao ve Marlow, 2003; 335).

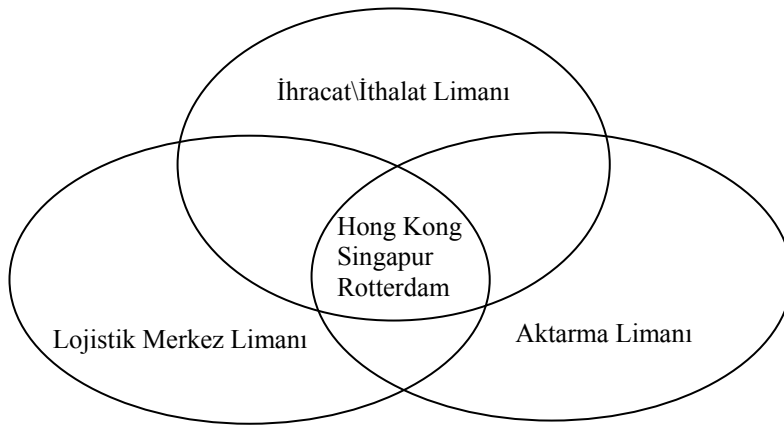
Tablo 1: Limanların Evrimi

	Birinci Nesil	İkinci Nesil	Üçüncü Nesil	Dördüncü Nesil
Gelişim Periyodu	1960'lardan önce	1960'lardan sonra	1980'lerden sonra	2000'li yıllar
Ana yük	Kırkambar yük	Kırkambar, kuru dökme ve sıvı dökme yük	Dökme ve birimleştirilmiş, konteynerize edilmiş yük	Yük türlerinde uzmanlaşma, Dökme yük, konteynerize edilmiş yük, özel yükler
Konum ve liman geliştirme stratejisi	-Geleneksel -Taşıma Modunda değişim fikri	-Yayılmacı -Taşıma, endüstriyel ve ticari merkezi	-Ticari eksenli -Uluslar arası ticaret için bütünleştirilmiş taşıma merkezi ve lojistik platform	-Küresel ticaret eksenli -Küresel ticaret için lojistik ve dağıtım merkezi platformu -Yayılmacı politika -Özel tahsis terminaller -Intermodal terminaller
Faaliyetlerin kapsamı	Kargo yükleme, boşaltma ve seyir hizmeti -İskele ve rıhtım sahası	Kargo dönüşümü, Gemi ile ilgili endüstriyel ve -Genişletilmiş liman alanı	Yük ve bilgi dağıtımı, lojistik hizmetler -Kıyıya doğru terminaller ve dağıtım merkezleri	-Tedarik zinciri ve toplam lojistik hizmetler -Lojistik ve dağıtım merkezi hizmetleri Global liman ağı
Kurum karakteristikleri	-Liman içinde bağımsız faaliyetler -Liman ve liman kullanıcıları arasında gayri resmi ilişkiler	-Liman ve liman kullanıcıları -Liman içi faaliyetleri arasında gevşek ilişkiler -Liman ve belediye arasında resmi olmayan ilişkiler	-Birleşik liman ortaklığı -Taşıma ve ticaret zinciri ile limanın entegrasyonu -Liman ve belediye arasında yakın ilişki -Genişletilmiş liman organizasyonu	-Global liman ve terminal işletmeciliği -Tedarik zinciri ve liman entegrasyonu -Denizyolu taşıyıcıları, taşıtanlar ve liman arasında yakın işbirliği -Genişletilmiş liman organizasyonu
Üretim karakteristikleri	-Yük akışı -Basitleştirilmiş bireysel hizmet -Düşük katma değer	-Yük akışı -Yük dönüşümü -Kombine hizmetler -Attırılmış katma değer	-Yük/bilgi akışı -Yük/bilgi dağıtımı -Çoklu hizmet paketi -Yüksek katma değer	-Yük/bilgi akışı ve dağıtımı -Yüksek değerli lojistik hizmetler -Bütünleşik lojistik hizmetler -Kullanıcılar özel tahsis terminaller -Esneklik, yalnlık ve çeviklik -Yeşil liman
Belirleyici faktörler	İşgücü/sermaye	Sermaye	Teknoloji ve Uzmanlık	Global teknoloji/uzmanlık ve limanlar arası ağ

Kaynak: UNCTAD, 1996; Paixao ve Marlow, 2003

Bundan başka dördüncü kuşak limanlar kavramını doğrudan kullanmasa da bazı kaynaklar, limanların değişen rollünü başka şekilde ifade etmiştir. Özellikle Robinson (2003) makalesinde limanların artık değer odaklı tedarik zinciri sisteminin (value driven chain system) önemli bir üyesi olduğunu vurgulamaktadır

Günümüzde limancılığın ulaşabildiği en uç nokta aşağıdaki Şekil 1’de görüldüğü gibi 3 kümenin kesişim noktasında yer alan limanlar gibidir. Bu model aynı zamanda dördüncü nesil limanların kapsamını da göstermektedir.



Şekil 1: Liman Gelişiminin Kavramsal Modeli
Kaynak: UNCTAD, 2005.

Şekil 1’de görülen 3 özelliği birden barındıran limanlar günümüzde önem kazanmaktadır (Theys ve diğerleri, 2008; 7).

Liman hizmetlerine olan talepler sürekli artmaktadır. Limanın ulaştırma bağlantılarının güçlendirilmesi, bilgi akışının sistematik olarak organize edilmesi, artık liman seçiminde göz önüne alınan en önemli faktörlerden birisi haline gelmiştir. Bir anlamda limanlar sadece verimli yük elleçleme ya da güçlü art bölge bağlantılarıyla rekabet etmemektedirler (Herford ve diğerleri; 2001). Limanlar, değer odaklı zincir sistemi içinde taşıtanlara ve diğer 3. taraf hizmet sunucularına “değer” sunmaktadır. Artık tedarik zincirleri başka tedarik zincirleriyle rekabet halindedir (Robinson, 2003; 252).

Üretim ve yatırım bilgisi önceki dönemlerde üstlendiği erişilmez olma, tek başına bir değer ifade etme özelliğini yitirmiştir (Mahmatlı, 2000; 1). Müşterinin istediği zaman, istediği sayıda ve istediği yerde, rakiplere göre tercih edilecek özelliklerde ürün sunma anlayışı yeni bir değer anlayışı olarak ortaya

çıkıştır. Bu noktada, tedarik ve dağıtım sürecinde kesintisiz ve eksiksiz lojistik hizmetler veren işletmelerin varlığı önem kazanmıştır.

Limanlar; üreticileri, toptancıları, perakendecileri ve tüketicileri buluşturan noktalardır. Yüklemler; uluslararası yüklemeleri için kesintisiz bir dağıtım kanalı arayışı içerisindedirler. Bu çerçevede, limanların önemli bir rolü de mamul veya hammaddelerin dağıtım kanalı içerisinde kesintisiz akışını sağlamalarıdır. Böylelikle, bir bölgedeki ya da ülkedeki üretim ve/veya tüketim faaliyetleri kesintiye uğramamış olmaktadır. Lojistik yönetimi açısından bakıldığında limanlar; kara ve deniz bazlı lojistik faaliyetler arasında hayati bir role sahiptir. Bununla birlikte, limanların diğer önemli lojistik faaliyetleri de yerine getirmeleri önemlidir. Bunlar; depolama için bir merkez olmaları ve hammaddelerin, malların ve diğer parçaların işleme süreçleri içerisinde yer almaları şeklinde değerlendirilebilir. Çağdaş lojistik yönetimi; stok seviyelerini ve lojistik döngü zamanlarını düşürmeye çalışırken, aynı zamanda müşteri hizmetlerini yükseltmeyi amaçlamaktadır. Bunun için de daha kısa süreleri içeren depolamaya faaliyetlerine gereksinim vardır. Günümüzde birçok mal ve ürün, sipariş üzerine üretilmektedir. Bununla birlikte çağdaş dağıtım depoları; birleştirme, paketleme ve/ veya yeniden paketleme, bakım – onarım gibi birtakım katma değer yaratıcı lojistik hizmetleri sağlayabilmektedirler.

1.4. TEDARİK ZİNCİRİ İÇİNDE LİMANLARIN ÖNEMİ VE LİMANLARI ETKİLEYEN DİNAMİKLER

Tedarik zinciri yönetimi, son kullanıcıdan, müşteriler ve ortaklar için katma değerli mal, hizmet ve bilgi yaratan ilk tedarikçiye kadarki süreçteki ana işletme süreçlerinin bütünleşmesidir (Stock ve Lambert, 2001; 54 ; Lambert ve diğerleri, 1998; 504).

İşletmeler rekabet üstünlüğü elde etmek amacıyla tedarikçileri ve müşterileriyle olan ilişkileri yeniden yapılandırmaktadır. Özellikle, tedarikçilerle geliştirilen sıkı işbirliğinin; ürün kalitesinin artırılması, satın alınan ürünlerin maliyetinin düşürülmesi, üretim ve dağıtım esnekliğinin geliştirilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması gibi konularda son derece olumlu katkılar sağladıkları görülmektedir (Şen, 2006; 5). Bu durum, tek bir işletme bünyesinde bütünleşik yapıyı hedefleyen lojistik anlayışın, 1990'lı yıllardan itibaren, hem tedarik kaynaklarına hem de müşterilere doğru yer alan dağıtım kanalı boyunca genişlemeye başladığı görülmektedir. “Tedarik zinciri (supply chain)” olarak adlandırılan bu yaklaşım; sadece tek bir işletme çerçevesinde değil, dağıtım kanalı süreci içerisinde yer alan tüm tedarikçiler, üreticiler, toptancılar, perakendeciler ve hatta müşteriler boyutunda bütünleşik anlayışın uygulanmasını hedeflemektedir (Tuna, 2001; 2008).

Tedarik zinciri, müşteri taleplerinin yerine getirilmesinde doğrudan ya da dolaylı ilgili tüm tarafları bünyesine dâhil eder. Tedarik zinciri, sadece üretici

ve tedarikçileri değil ayrıca ulaştırma, depolama, perakendeci ve hatta tüketicilerin kendilerini bünyesine katar. Tedarik zinciri her bir işletmede, müşterilerin taleplerini yerine getirecek her türlü işlevi içerir. Bu işlevlerden bazıları yeni ürün geliştirme, pazarlama, operasyon, dağıtım, finans ve müşteri hizmetleridir (Chopra ve Meindhl,2007; 3).

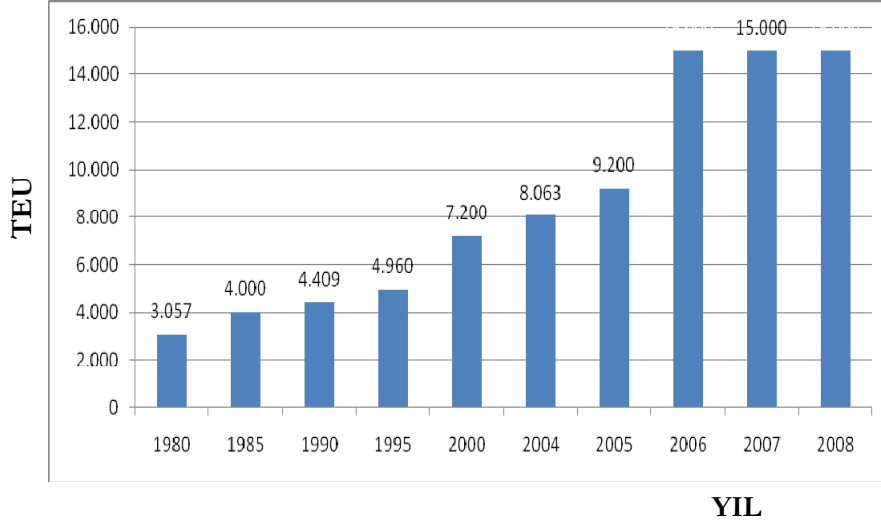
Tedarik zinciri yönetimi, bir dereceye kadar lojistik kavramından daha geniş bir kavram olarak düşünülmektedir, çünkü; üretim için gerekli olan hammadde noktasından nihai tüketicilere kadar olan süreçteki hem materyallerin hem de dağıtım kanalındaki araçlar arasındaki ilişkilerin yönetimidir (Johnson ve diğerleri, 1998; 5). Limanlar tedarik zincirinde önemli roller üstlenmekte ve geleneksel anlamda basit aktarma noktası olmanın ötesinde lojistik merkezler olma konusunda evrim geçirmektedir. Gerçekleşen bu evrim şüphesiz limancılığı etkileyen dinamiklerdeki değişimlerin etkisindedir. Bu dinamikler ve etkileri, Mangan ve diğerleri (2008) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır;

- deniz taşımacılığının etkileri,
- liman sektöründeki eğilimler,
- küresel liman operatörleri ve onların sonucu olarak limanlar arası rekabet,
- limanların ekonomik katkısı ve,
- liman merkezli lojistik ve tedarik zinciri stratejileri

başlığı altında incelemektedir. Bu konular aşağıda ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

1.4.1.Uluslararası Deniz Taşımacılığındaki Eğilimler

Liman verimliliği ve limanların önemi konusu genel olarak dünya ticaretinde ve özel olarak da deniz taşımacılığında her geçen gün önemini arttırmaktadır. Üretimin küreselleşmesi ve ticaretin artması ile günümüzde birçok dünya ekonomisi sürekli yakın ilişki içindedir. Son 25 yılda birçok ülke ihracat paylarını özellikle deniz taşımacılığı hizmetini kullanarak arttırmıştır (Mangan ve diğerleri, 2008). Deniz ticaretini etkileyen en önemli eğilim ise genel olarak verimlilik ve üretkenliği artırma eğilimleridir. Bu durum gemilerin daha hızlı, daha donanımlı ve daha büyük olmasına neden olmaktadır. Bu tip gemilere hizmet verecek liman ihtiyacı ise zorunlu hale gelmiştir. Gemi boyları son yıllarda çarpıcı bir şekilde büyümüştür. Şekil 2'de konteyner gemilerinin kapasite gelişimi sunulmuştur.



Şekil 2.: Konteyner Gemilerinin Kapasite Gelişimi (TEU)
Kaynak: Arduino ve Murillo, 2009.

Emma Mearsk adlı gemi, 15.200 TEU'luk kapasitesi ile konteyner gemi neslinin ulaştığı en son noktası olarak değerlendirilmektedir. Emma Mearsk gemisini 14.000 TEU kapasitesi ile MSC Danit ve Beatrice (http://en.wikipedia.org/wiki/Container_ship) gemileri takip etmektedir. Günümüzde dünya üzerinde sadece birkaç liman (Singapur, Hong Kong, Rotterdam v.b.) sahip oldukları Ultra Post Panamax tipi rıhtım vinçleriyle bu gemilere hizmet verebilmektedir. Bu limanlar ana liman olarak adlandırılmaktadır.

Ana limanlar haricindeki limanlar ise, ana limanlara yük veren besleyici limanlardır. Dünya deniz taşımacılığı ve bu taşımacılığın yapıldığı rotalar bahsedilen ana ve besleyici limanlar arasındaki rotalarda yapılmaktadır. Bu ağ içinde ana gemiler ana aktarma limanları (Rotterdam, Singapur, Hong Kong gibi.) arasında gidip gelmektedir. Bu durumun bazı sonuçları vardır. Günümüzde en önemli gemi operatörleri öncelikle 600 parçanın üzerinde bir filoya sahip Maersk, daha sonra MSC, Evergreen, American President Lines, COSCO ve NYK Line'dır (Containerisation International, 2008). Özellikle küçük limanların başarısı yukarıda bahsedilen büyük gemi operatörlerinin rota stratejisine bağlıdır.

Diğer yandan büyük gemi operatörleri tarafından yapılan rota ağı tasarımı aynı zamanda büyük limanların kaderini çok önemli oranda etkilemektedir. Dünyada en fazla elleçleme yapan bu limanların ortak özellikleri iyi bir coğrafi konuma sahip olmaları, çevre limanlar ile en iyi transit mesafede

olmaları, pazara ve üretim merkezlerine yakınlık, tesis, hizmet ve altyapı mevcudiyeti ve gemi bakım onarım hizmetlerinin olmasıdır.

Uluslararası rotalarda faaliyet gösteren gemilerin limanlarda tutulması ve liman yönetimiyle sorunlar yaşamaları sık yaşanan bir durumdur. Gemilerin limanlarda rıhtım kapasitesini etkin kullanması ve olabilecek en kısa sürede operasyonlarını tamamlanması gerekmektedir.

Bundan başka küresel deniz taşımacılığı dikkat çekici bir şekilde büyümeye devam etse de bu büyümenin ayrıntılarına bakmak da gerekmektedir. Bu noktada özellikle ticaretteki bazı dengesizlikler dikkat çeker. Dengesiz taşımacılık günümüzde ana ticari koridorlar arasında mevcuttur. Yönel dengesizlikler çok büyük oranlarda boş konteynerin bir koridor boyunca boş taşınması sonucunu doğurmaktadır (Rodrigue ve Hesse, 2007). Örneğin, Çin'in ihracatı ithalatını karşılamamakta bu ülkeye yoğun boş konteyner taşınması yapılmaktadır.

Diğer yandan aynı koridorun zıt yönünde çok yüksek navlun değerleri uygulanmaktadır. Bu yüksek navlunlar aslında koridor dengesizliğinin doğal bir sonucudur. Bundan başka yeni gemi inşa talepleri ve çevre/güvenlik konularındaki düzenlemeler de denizcilik sektörünü etkileyen faktörlerdir (Psaraftis, 2005).

1.4.2. Liman Sektöründeki Eğilimler

Gemi ve yük tipindeki değişimler limanların tasarımını ve ekipman yapısını etkilemiştir. Zamanla liman içi tesisler "terminal" yapılanmasına gitmiş, yükler kendilerine ayrılan terminallerde elleçlenir olmuştur (konteyner terminali, yolcu terminali gibi). Liman sahipliği ve yönetimi bu terminal yapılanmasından payını almış bu konularda ciddi reformlar yapılmıştır. Son yıllarda liman ve kamu sektörü ilişki önemli düzeyde değişmiştir. Kamu sektörü, liman işletmeciliğinden çekilmekte daha çok kural koyucu ve izleyici rollerine bürünmektedir. Türkiye'de bu eğilimin izleri görülmektedir. Kamuya ait TDİ ve TCDD limanlarının çok büyük kısmı özelleştirilmiştir. Dünyadaki limanların birçoğu kamu ve özel sektörün birlikte faaliyet gösterdiği yönetim biçimine sahiptir (Cullinane ve Song, 2002). Özel sektörün limanlarda etkinliğinin artması, yoğunlukların artmasına neden olmuştur.

1.4.3. Küresel Liman Operatörleri

Ticaretin ve dolayısıyla taşımacılığın küreselleşmesi, limanlar üzerindeki "konteyner elleçleme maliyetlerinin düşürülmesi" ve "operasyon verimliliğinin artırılması" yönündeki baskıları arttırmıştır. Büyük partilerde yük taşıyan işletmeler genel olarak verimli ve maliyet etkin bir şekilde taşımacılık

yapabilecek operatörlerle tek bir sözleşme üzerinden anlaşmaya gitmek eğilimindedirler.

Diğer yandan gemi operatörleri ise liman harcamalarını asgarileştirmek ve liman verimliliğini arttırmak istemektedirler. Bu yöndeki taleplerin bir sonucu olarak dünyada küresel liman işletmecilerinin sayısı artmıştır. Bu tür uygulamalar ülkeler tarafından liman sahasının sahipliği, özelleştirme gibi konulardaki regülasyonlarla desteklenmektedir. Dünyanın en önde gelen küresel liman operatörleri Hutchison (Hong Kong), PSA (Singapur), DPW (Dubai), AP Moller-Maersk ve COSCO'dur. Bu işletmelerin limanları dünya çapında yayılmış durumdadır.

1.4.4. Limanlar Arası Rekabet

Lojistiğin gelişimi açısından limanlar aynı anda birçok alanda faaliyet göstermektedir. Geleneksel yapılarından çok öte günümüzde limanlar sadece denizcilik işletmeleri, terminal operatörleri, nakliye müteahhitleri ile değil aynı zamanda yük alıcısı ve yükleten ile de iş ilişkisi içindedir (Carbone ve De Martino, 2003; 306). Bu kapsam liman rekabetini de şekillendirmektedir. Kuzey Avrupa bölgesinde ve Uzak Doğudaki önemli ana limanlar arasında özellikle aktarma yüklerinde yoğun bir rekabet yaşanmaktadır. Bu rekabet küresel liman operatörlerinin yapılanmalarının da bir sonucudur. Limancılık sektöründe yaşanan yoğun rekabet liman müşterilerine olumlu yönde etkilere sahip olsa da bu durum küçük ölçekli limanları olumsuz etkileyebilmektedir. Son yıllarda artan taşıma taleplerini karşılamak için liman endüstrileri, yeni teknolojilere ve büyük ölçekli yatırımlara uygun hale getirilmiştir. Ortaya çıkan yeni yatırım maliyetleri limanlar arası rekabetin de bir unsurudur. Son on yılda yaşanan diğer önemli bir gelişme ise “tahsis edilmiş terminal” kavramının yaygınlaşmasıdır. Bu kavram limanların ve büyük gemi operatörlerin çıkar çatışmasını tetiklemişse de zamanla bu çatışma “kazan-kazan” stratejisi şeklini almıştır (Bennacchio ve diğerleri, 2001). Şirket evlilikleri, bölgesel ve küresel genişlemeler, liman otoriteleriyle gemi operatörleri arasındaki her türlü ortaklıklar liman endüstrisinde yapısal değişimlere neden olmuştur. Rekabet ve ortaklık stratejileri özellikle konteyner terminallerinin lojistik hizmetlerini geliştirmiştir (Heaver ve diğerleri, 2001). Bu eğilimler liman kullanıcıları ve liman hizmet sağlayıcıları arasında uzun dönemli ilişkileri geliştirmiştir. Bunun bir yan etkisi olarak liman hinterlandlarının doğası, yeri ve genişliği değişmektedir ve bu değişim liman başarısı için önemli bir faktördür (Hayuth, 1996). Örneğin Avrupa'daki Rotterdam, Antwerp ve Hamburg limanları çok geniş bir hinterlanda hizmet vermektedir. Bu durum bu bölgedeki limanlar ile çevresi arasında geçmişten günümüze radikal değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Limanlar bu değişimin öncüsü olarak değerlendirilmektedir.

1.4.5. Limanlar ve Ekonomik Gelişim

Limanların ulusal ekonomilerin rekabet edebilirliği konusuna çok önemli katkıları vardır. Cullinane ve Song (2002) ve Sanchez ve diğerleri (2003) limanları tedarik zincirinin kritik bir bağlantısı olduğunu vurgulayarak limanların performans ve verimlilik seviyesinin çok önemli bir oranda ülkelerin rekabet gücünü etkilediğini vurgulamaktadır. Limanlarda verimliliğin geliştirilmesi düşük yük elleçleme maliyetlerinin elde edilmesi, bütünsel liman hizmetlerinin varlığı ve küresel dağıtım ağının diğer unsurları artık çok önemli bir konu olarak değerlendirilmektedir. Ulusal ekonomiler küreselleştikçe kıtalar arasındaki taşıma talepleri hızla artmaktadır. Bu durum ise liman hizmeti veren ülkeler ve birlikler açısından ekonomik üstünlük olarak değerlendirilmektedir (Anderson ve diğerleri, 2008; 5).

1.4.6. Liman Merkezli Lojistik ve Tedarik Zinciri Stratejileri

Limanlar birçok lojistik hizmet sağlayıcılar ve ulaştırma operatörlerinin bir araya toplandığı ve nihai müşteriye değer kazandırdığı bir tür organizasyon kümeleridir. Bu durumda limanların tedarik zincirinin etkinliğine katkısını iki başlık altında toplayabiliriz (Carbone ve De Martino, 2003; 305) :

- Küresel ulaştırma zincirinin bir parçası olarak verimli ve etkin çalışan bir liman altyapısı ve iç taşıma bağlantısının varlığı,
- Güvenlik, güvenilirlik, bilgiye ulaşılabilirlik, işlem sıklığı, dakiklik gibi müşteri taleplerine bağlı kalite niteliklerinin gerçekleştirildiği ve değer yaratıldığı lojistik hizmet sağlayıcıların ve ulaştırma operatörlerinin varlığı

Limanların tüm bu özelliklere sahip alanlar olması, limanların doğal olarak lojistik merkez olmasına neden olmuştur.

Limanların tedarik zinciri içindeki öneminin artışı konusu Paixao ve Marlow (2003), Marlow ve Paixao (2003), Bichou ve Gray (2004), Song ve Panayides (2008), Lee ve Song (2008), Theys ve diğerleri (2008) ve Tongzon ve diğerleri gibi yazarlar tarafından da ele alınmıştır. Bu yazarlara göre liman performansı maliyetin ve sorumluluğun lojistik yönlü ölçümüyle değerlendirilmelidir. Ek olarak Bichou ve Gray (2004) liman performansını incelerken lojistik süreçlerin de değerlendirilmesi gerektiğini vurgulayarak, limanlarda katma değer yaratma faaliyetlerinin liman verimliliği üzerine etkilerini de incelemektedir.

Çağdaş lojistik yönetiminin ana amacı bir yandan müşteri hizmet düzeyini en yüksek seviyede tutarken bir yandan da stok seviyesini ve ürün

döngü süresini en az seviyede gerçekleştirmektir. Limanlar için de geçerli olan lojistik merkezlerin işlevleri 6 başlık altında toplanmaktadır (Gray ve Kim, 2001; 174):

- a) **Depolama:** Konteynerin saha içinde ihracat/ithalat/boş ve transit olarak belirli alanlarda geçici olarak depolanmasıdır.
- b) **Malzeme (Materyal) Elleçleme:** Ürünler ya da mallar üzerindeki elleçleme miktarlarının, zaman ve mekânın daha etkin bir şekilde kullanılarak malların başka noktalara ya da ulaştırma modlarına daha hızlı bir şekilde aktarımlarının sağlanmasını araştırmaktadır. Materyal yönetiminin amaçları; terminal ya da depo kapasitesinin en yüksek düzeye çıkarmak, stoklama yapılmayan alanları asgariye indirmek, elleçleme sayısını azaltmak, daha güvenli ve etkin çalışma koşulları sağlamak, insan unsurunu daha aza indirmek, böylelikle tüm lojistik döngüyü daha etkin kılmak ve maliyetleri azaltmaktır.
- c) **Konsolidasyon:** Parça eşyanın konteyner yük istasyonlarında (CFS)¹ sahasında ortak gidiş noktalarına göre bir konteyner içinde yerleştirilmesi işlemidir.
- d) **Dekonsolidasyon:** Tahliye edilen parsiyel konteyner içindeki farklı yüklerin alıcılarına teslim edilmesi amacıyla CFS’de boşaltılmasıdır.
- e) **Çapraz Dağıtım (Cross-Docking):** Konteyner ve içindeki yükün bölge nakliyeciliği ve Ring Seferi (Milk Run) sistemleriyle taşıma faaliyetleri
- f) **Katma Değer Yaratıcı Lojistik Hizmetler:** CFS’ye gelen küçük miktarda yüklerin Erteleme İlkesi (Zaman – Biçim – Yer Ertelemeleri) ile gruplandırılması, paketleme ve ambalajlanması gibi uygulamalar.

Limanların geleneksel depolama ve malzeme elleçleme hizmetlerinden başka, bahsedilen diğer lojistik faaliyetleri özellikle konteyner limanlarında CFS’de gerçekleştirilmektedir. Lojistik bir düğüm noktası olarak limanlar, çağdaş lojistik yönetim sürecini gereklerini karşılamak üzere yukarıda bahsedilen lojistik merkezlerin işlevlerini üzerine alarak, lojistik hizmet sunucularına kolaylıklar sağlamaktadırlar. Bu noktada, liman işleticilerinin “müşteri”leri olarak liman kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamak, onların faaliyetlerine değer kazandırmak ve toplam lojistik zincirin bütünlüğünü sağlamak, etkinliğini arttırmak ile lojistik döngü süreçlerini azaltma yönünde faaliyetleri bulunmaktadır.

Limanlar, katma değer yaratıcı lojistik faaliyetlerin yerine getirildiği birer lojistik merkezler olarak değerlendirilebilir. Özellikle kuzey batı Avrupa’da bulunan Rotterdam, Antwerp ve Hamburg limanları, bu türden lojistik hizmetler sunan limanlara en iyi örneklerdir (Gray ve Kim, 2001; 139).

¹ CFS (Container Freight Station): Konteyner yük istasyonları, konteyner terminaleri içinde yer alan sahalardır. Bu sahalarda temelde konteynerin içi doldurularak boşaltılmaktadır. Ancak bunun yanında CFS istasyonunda yükün konsolidasyonu, dekonsolidasyonu, çapraz dağıtım vb. temel lojistik hizmetler de verilmektedir.

Ulaştırma hizmetleri içinde limanları ve deniz taşımacılığı hizmetlerini bünyesinde barındıran deniz taşımacılığı uluslararası yük taşımacılığının en yoğun modu olarak uluslararası ticaret ve aynı zamanda tedarik zincirleri için hayati bir öneme sahiptir. Deniz ulaştırmasında meydana gelen aksamalar doğrudan tedarik zincirini etkilemektedir. Örneğin, 2007 yılında İzmir limanındaki sorunlardan dolayı gemilerin gemide ortalama 5 gün demirde beklemeleri sipariş döngü süresini doğrudan uzatmıştır.

Limanların sipariş teslim ve daha da önemlisi uluslararası tedarik zinciri içindeki bu stratejik önemi lojistik tesislerin limanlar etrafından konuşlanması için en temel sebeptir. Özellikle dünyanın en önemli limanları olan Avrupa ve Uzakdoğu limanlarının etrafında katma değer lojistik hizmetlerinin verildiği lojistik merkezler dikkat çeker. Bu tür yapılanmalar De Langen (2002) tarafından “liman kümesi” olarak adlandırılmıştır.

Literatürde sıkça rastlanan liman kümesi kavramı, içinde birçok limanla ilgili katma değer yaratan kurum ve kuruluşları içinde barındırmaktadır. Liman da dahil bu kurum ve kuruluşların sundukları hizmetler finansman, yük takibi, yükün depolanması, konteyner sahaları, yük elleçleme, taşımacılık, gemi bakım-onarım, liman bilgi sistemleri, gemilerde kullanılan petrol ve türevleri, gemi tedarik ve diğerleri olarak sayılabilir (Roh ve diğerleri, 2007 ;284).

Liman kümesi kavramının da ötesinde günümüzde artık “liman merkezli lojistik” kavramı ortaya çıkmıştır (Falkner, 2006; Wall, 2007; Analytiqa, 2008; Mangan ve diğerleri 2008). Liman merkezli lojistik, katma değer lojistik ve ulaştırma hizmetlerinin bir liman içinde sunulmasıdır. Liman işletmeleri limancılıkta bazı temel olmayan faaliyetlerin yüksek oranda kar payı sağladığını fark etmişler ve limancılığı basit anlamda rıhtım sağlama, yükleme\boşaltma hizmeti vermekten öteye taşımışlardır.

Liman merkezli lojistik hizmetlerinin birçok üstünlüğü vardır. Limana gelen dolu konteyner liman içinde CFS sahasında boşaltılmakta böylece boş konteynerin taşınmasında zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Bu uygulama boş konteynerin pazarda kolayca konumlanmasını sağlamakta ulaştırma süresinin kısılması gibi bir etki saplamaktadır. Mangan ve diğerleri (2008)’e göre İngiltere’de yapılan bir araştırmada her 5000 TEU konteynerin liman içinde boşaltılması toplamda 1.1 milyon km yol tasarrufu sağlamaktadır. Bundan başka kanunlarının öngördüğü karayolları taşıma kapasite kısıtından dolayı konteynerler tam doldurulamamaktadır. Bu kısıt liman merkezli lojistik hizmeti ile çözülmektedir. Tam doldurulmuş konteyner denizyolunda taşındıktan sonra nihai rotasına girmeden önce limanda boşaltılmaktadır. Bu uygulama ile boş konteyner liman sahasında kalmakta böylece konteynerin kullanılmayan kapasitesi kendini amorti etmektedir.

Christopher ve diğerleri (2006) yaptıkları çalışmada ürünlerin sipariş döngüsünü ve sipariş yenilenme süresini göz önüne alarak küresel tedarik zinciri stratejilerinin seçimine yönelik bir sınıflandırma sunmuşlardır. Limanların tedarik zincirindeki öneminden dolayı bu konu doğrudan limanları ilgilendirmektedir. Bu sınıflandırma aynı zamanda “yalın” (lean) ve “çevik” (agile) liman felsefesine de açıklamaktadır. Yalın limanlar pazar koşullarının daha öngörülebilir olduğu durumlarda faaliyet gösterebilen liman işletim stratejisidir. Ancak bu tür limanlar talebin öngörülemez olduğu durumlarda, talebi karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu tür Pazar koşullarında ise limanların talebe hızlı cevap verebilme özelliğine sahip olması başka bir deyişle “çevik” olması gereklidir.

Buna göre bir tek ürün için tedarik zinciri stratejisi geliştirmek doğru değildir. Talebin çeşitliliği göz önünde bulundurularak, talebe göre tedarik zinciri stratejisi geliştirilmelidir.

Uzun teslim süresi	<u>Yalın</u> Planla ve Uygula	<u>Yalın-Çevik</u> Erteleme stratejisi
Kısa teslim süresi	<u>Yalın</u> Sürekli tedarik	<u>Çevik</u> Hızlı tepki
	Öngörülebilir talep	Öngörülemez talep

Şekil 3: Küresel Tedarik Zinciri Stratejilerinin Seçimi İçin Bir Sınıflandırma
Kaynak: Christopher ve diğerleri (2006)

Şekil 3’de önerilen stratejiler talebin tahmin edilmesi ve teslim süresinin uzunluğuna göre şekillenmektedir. Öngörülebilir talep durumunda teslim süresinin uzunluğu çok önemli değildir. Bu durumda uygulanan strateji sürprizlere çok açık olmayan durağan stratejidir. Ancak talebin öngörülmediği durumlarda durum değişir. Özellikle öngörülemeyen talep ve kısa teslim sürelerinde çevik stratejiler geliştirmek gereklidir.

Bu stratejilere dayanarak limanlar için önerilen roller aşağıda Tablo 2’de sunulmuştur.

Limanlar için önemli olan liman müşterilerini ve yaptıkları işleri kapsayan uygulama ve stratejilerin limancılık kapsamına almaktır. Örnek olarak bazı limanlar çok geniş arka alanlara sahiptir ve konteyner limancılığı için bu aranan bir özelliktir.

Tablo 2: Farklı Tedarik Zinciri Stratejilerine Karşı Limanlar İçin Önerilen Roller

Arz\talep yapısı	Tercih edilecek yol	Limanın rolleri
Kısa teslim süresi + öngörülebilir talep	<u>Yalın</u> Sürekli tedarik	İthalat: Ucuz depolama ile limanda satış hizmeti İhracat: Deniz yolu mesafesi kısa ise satıcılar faaliyet gösterebilir
Kısa teslim süresi + öngörülmeyen talep	<u>Çevik</u> Hızlı tepki	İthalat: Depolama hizmeti ve çapraz dağıtım tesisi ile hızlı ithalat, ayrıştırma ve dağıtım hizmeti verilebilir. İhracat: Bu teslim süresi ve talep yapısından dolayı tedarikçiler ürünleri fabrika yerine ihracat sahasında depolamak isteyebilir
Uzun teslim süresi + öngörülebilir talep	<u>Yalın</u> Planla ve Uygula	İthalat: Liman maliyet etkin bir depolama kapasitesine sahip olmalıdır. Uzun sipariş süreleri nedeniyle gemi varış süreleri düzensizdir ve gemilerin limana geldiğinde beklemeksizin rıhtıma yanaşması gerekmektedir. İhracat: Limanlar ihracat yükü için depolama sahası sağlayabilir, özellikle mevsimsellik söz konusuysa ve gemi gelişleri düzensizse bu gereklidir.
Uzun teslim süresi + öngörülmeyen talep	<u>Yalın-Çevik</u> Erteleme stratejisi	İthalat: Düzenli olmayan üretim ve paketleme gibi faaliyetlere izin veren depolama ve üretim kapasitesine izin verilmelidir. İhracat: Markalandırılmamış ürünlerin depolanması ve elleçlenmesi için bir kapasite yaratılmalıdır.

Kaynak: Mangan ve diğerleri, 2008.

Bazı limanlar çok sınırlı bir alana sahiptir ve iyi yapılandırılmış karayolu/demiryolu bağlantıları ile depolama, dağıtım ve küçük ölçekli üretim faaliyetleri için sahasını arttırma stratejisinde olabilirler. Deniz taşımacılığı yapan işletmelerin kendilerine göre istekleri vardır. Örneğin dökme yük taşıyan gemilerin liman zamanları uzundur ve limana geldiklerinde vakit kaybetmeden rıhtıma yanaşmak isterler. Konteyner gibi birleştirilmiş yük taşıyan gemiler ise

liman zamanlarını olabildiğince kısa tutarak hizmet zamanlarını azaltmak istemektedir. Limanların bu farklı müşteri profillerine nasıl hizmet vereceğine karar vermesi ve bu kararı uygulaması gerekir. Bu nedenle terminal yapılanmasının yanında bazı limanlar sadece belirli bir yük grubuna hizmet vermeyi tercih edebilir.

Günümüzde artık bir limanın müşteri kaybetmesi sadece alt/üst yapı/ ekipman gibi fiziksel varlıklarından dolayı değil aynı zamanda tedarik zinciri içindeki müşteri hizmet ağları ve lojistik hizmet sağlayıcıları ile yapılan ortaklık ilişkileri ile de önemli oranda ilgilidir. Dördüncü nesil limanlar sınıfında yer alan Rotterdam, Antwerp ve Hamburg limanlar bölgesinde geleneksel olarak liman hizmetinin yanında son 20 yılda çok ciddi oranda lojistik katma değer yaratan işletmeler liman etrafından konuşlanmış ve limanların eskisinden daha da fazla güçlenmesini sağlamışlardır. Bu gelişimin temelinde limanların lojistik, ulaştırma ve yük elleçleme sistemlerinin yanında daha birçok sistemi de bünyesi içinde barındırması yatmaktadır.

Sonuç olarak limanlar basit aktarma noktası rolünden tedarik zincirini hizmet ve faaliyetlerle destekleyen lojistik merkezlere doğru bir evrim geçirmiştir. Bu durum ile limanlar daha karlı hale gelirken tedarik zincirleri daha verimli ve etkin bir hale gelmiş, maliyetler azaltılmış ve müşteri memnuniyeti artırılmıştır.

1.5. LOJİSTİK, ULAŞTIRMA VE LİMANLARDAKİ YÜK ELLEÇLEME SİSTEMİNİN İLİŞKİSİ

Bütünleşik lojistik bakış açısıyla limanlar birçok role ve boyuta sahiptir. Lojistik açıdan limanlar, intermodal ve multimodal ulaştırma imkânı sağlayan yükün elleçlendiği lojistik merkezlerdir. Bichou ve Gray (2004), liman sisteminin sadece ulaştırma sisteminin bir unsuru değil, aynı zamanda üretim ve lojistik sisteminin de temel alt sistemi olduğunu vurgulamaktadır.

Tedarik zinciri içinde limanların bahsedilen lojistik faaliyetlere ne derece önemli bir katkı sağladığını anlamak için yük elleçleme sistemi, ulaştırma sistemi, lojistik sistem, üretim sistemi ve ticaret sisteminden oluşan 5 temel sistemin limanlarla ilişkisi incelenmelidir. 5 temel sistemin liman çevresindeki faaliyetleri Tablo 3’de sunulmuştur.

Yük elleçleme sistemi, üretim sistemiyle ilişkilidir. Ulaştırma maliyetlerinin üretim maliyetlerini yüksek oranda etkilemesi sonucunda, üretim faaliyetleri limanlara yakın yerlerde konuşlandırılmıştır. Özellikle Avrupa’da ve Uzak Doğu’nun önemli limanlarında bu durum görülmektedir. Yük elleçleme sisteminin üretim işlemleriyle doğrudan ilişkili olduğunu söyleyebileceğimizden yola çıkarsak, yük elleçleme sisteminin ticaret sistemiyle ilişkili olduğunu da söyleyebiliriz.

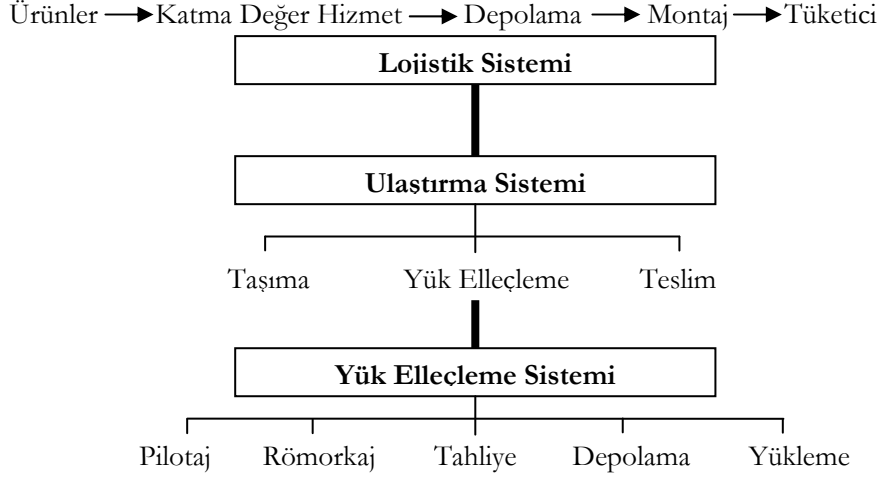
Tablo 3.: Liman Kümesi İçinde Yer Alan 5 Temel Faaliyet

Yük Elleçleme Sistemi	Ulaştırma Sistemi	Lojistik Sistem	Üretim Sistemi	Ticaret Sistemi
<ul style="list-style-type: none"> • Yükleme/boşaltma personeli • Liman işçisi tedarikçileri • Demiryolu terminalleri • Pilotaj ve römorkaj • Depolama • Liman mühendisliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Denizcilik İşletmeleri • Ulaştırma İşletmeleri • Gemi Tedarikçileri • Gemi Acenteleri • Taşıma İşleri Komisyoncusu • Deniz ve Ulaştırma Hizmetleri • Gemi bakım/onarım 	<ul style="list-style-type: none"> • Lojistik hizmet sağlayıcılar • Depolama • Lojistik danışmanlığı • Katma değer hizmetler 	<ul style="list-style-type: none"> • Üretim faaliyetleri • Üretimle ilgili tedarik hizmetleri 	<ul style="list-style-type: none"> • İthalat/ihracat işletmeleri • Ticaret merkezleri • Ticari müzayedeler

Kaynak: De Langen, P.,W. (2001).

Bundan başka ticarete ürünlerin çoğunun liman sahasında depolanma zorunluluğu vardır. Bu zorunluluk ürünün yapısından da kaynaklanabildiği gibi yük elleçleme operasyonlarından kaynaklanan zorunluluklarla da ilgili olabilmektedir. Bu durum ticari faaliyetlerin bir kısmının liman içinde gerçekleşmesi sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Buradan hareketle limanların ticaret sistemi içinde yer aldığı savı güçlendirmektedir.

Yük elleçleme sistemi ulaştırma sisteminin bir parçasıdır. Yük elleçleme sistemi, bu yönüyle lojistiğin ana faaliyetlerinden birisi olan ulaştırmaya olan bağı ile aynı zamanda lojistik sisteminin de bir parçası olmuştur. Şekil 4'te yük elleçleme, ulaştırma ve lojistik sistemlerinin birbirleriyle bağlantısı görülmektedir.



Şekil 4: Lojistik, Ulaştırma ve Yük Elleçleme İlişkisi
Kaynak: De Langen, 2001; 12.

Yük elleçleme sistemleri, ulaştırma ve lojistik sistemleriyle güçlü bir ilişki içerisindedir. Bu ilişki Şekil 4'te görülmektedir. Lojistik sistem içinde ürünlere katma değerler yaratılarak depolanmakta, gerektiğinde montajı yapılmakta ve nihayetinde müşteriye ulaştırılmaktadır. Lojistik sistem temelde katma değer hizmetinin verildiği alanlar olarak tanımlanabilir. Şekilde tüm bu lojistik faaliyetler içinde ulaştırma sistemi ve ulaştırma sistemi içinde de yük elleçleme sistemi gösterilmektedir. Ulaştırma sistemi içinde yükün taşıma modunun değişmesi, depolanması gibi temellere dayanan yük elleçleme fonksiyonu limanlarda yapılan temel işlerdir.

Ulaştırma faaliyetinin lojistik içinde temel bir faaliyet olarak kabul edilmesinden bu yana yük elleçleme sistemi lojistiğin temel bir parçası olarak değerlendirilmektedir (De Langen, 2001; 12). Bu anlamda tedarik zinciri içinde yer alan lojistik, ulaştırma ve yük elleçleme sistemlerinin verimliliği tedarik zincirinin de rekabetçi gücünü yansıtmaktadır.

Yük elleçleme sistemi limanlardaki faaliyetin temelini oluşturur (Teurelinx, 2000; 119). Yük elleçleme sistemi temelde yük elleçleme yani depolama, liman içi taşıma, yükleme ve tahliye faaliyetlerini içermektedir. Yük elleçleme hizmetinin verilmesi için rıhtım, mendirek, ekipman, yaklaşım kanalı gibi limanın alt, üst yapı ve ekipmanları gibi limanlarda bulunan temel olanaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Yük elleçleme sistemi belirli bir kıyı şeridinde ve belirli bir hinterlanda hizmet etmektedir.

Tüm bu açıklamalara dayanarak limanlarda yükün geçici depolanması ihtiyacı ve ulaştırma hizmetlerinin hali hazırda limanlar etrafında konuşlanması limanları; lojistik faaliyetlerin verilmesi için potansiyel cazibe merkezleri haline getirdiği muhakkaktır. Bu noktadan hareketle limanlarda verilen ve yükleme/boşaltma ile ilgili tüm faaliyetleri içeren yük elleçleme hizmetinin, limanların ana lojistik hizmeti olduğu açıktır.

Bahsedilen lojistik hizmetler özellikle konteyner limancılığında en üst seviyeye ulaşmaktadır. Bu nedenle konteyner limanlarında verilen yük elleçleme ile ilgili tüm süreçleri lojistik süreç olarak tanımlamak yerinde olacaktır.

1.6. KONTEYNER TERMİNALLERİNİN ARTAN ÖNEMİ

Konteyner terminalleri, konteynerlerin taşıma modlarının değiştirildiği, ambalajlama hizmetlerinin sunulduğu, konteynerlerin elleçlendiği ve konteynerlerin gemiden demiryolu veya karayoluna akışının sağlandığı (tersi de olabilir) tesislerdir.

Konteynerin standart bir yük oluşu ve diğer taşıma modlarıyla kolayca bütünleşebilmesi gibi nedenlerden dolayı konteyner taşımacılığının önemi ilk konteyner taşınmasının gerçekleştiği 50'li yıllardan günümüze artmaya devam etmektedir. Konteynerin uluslararası ticarete, yükü taşıtana ve taşıyana sağladığı üstünlükler nedeniyle bu artışın gelecekte de sürmesi beklenmektedir.

Konteyner taşımacılığı ulaştırma endüstrisinde bir devrime yol açmıştır. Konteynerler taşıma zinciri boyunca önemli ekonomilere yol açarak yüklerin daha ucuz bir şekilde ve daha uzak noktalara taşınmasına izin vermiştir (Oral ve diğerleri, 2005).

Konteynerin iki nokta arasında taşınması sırasında denizlerde genellikle konteyner gemileri, kara da ise kamyon ve trenler olmak üzere birçok ulaştırma modu kullanılmaktadır. Konteynerin bir taşıma modundan farklı bir moda aktarılması işlemi ise terminallerde yapılmaktadır. Konteyner terminalleri bu anlamda konteynerin denizyolundan karayolu ve demiryolu (ya da tersi) moduna geçtiği, bir anlamda taşıma modunun değiştiği alanlardır.

Bu bölümde öncelikle konteyner taşımacılığının son 20 yılda gelişen ticaret hacmine paralel olarak bu denli önemli atılımlarda bulunmasının nedenlerine bakmak gereklidir. Bu nedenler makro ve mikro dış çevre faktörleriyle açıklanabilir. Makro çevresel faktörler konteyner limanının genel çevresinin analiz edilmesini içermektedir. Bu analiz kapsamında uluslararası / global, ekonomik, politik / yasal, sosyo-kültürel, doğal, teknolojik çevre faktörleri değerlendirilir (Oral ve diğerleri, 2005; Cerit ve Güler, 1998; Peters, 1989).

Oral ve diğerleri (2005), konteyner limanlarına yeni fırsatlar yaratan gelişmeleri ve konteyner limanları için risk ve tehdit yaratan gelişmeleri özetlemiştir. Bu çalışmaya göre yeni fırsatlar yaratan gelişmeler aşağıda belirtildiği gibidir;

- Globalleşme ve uluslararası ticaretin artmasıyla dünya, bölge ve bireysel ülkelerde artan ticaret hacmi, buna bağlı olarak tüm dünyada lojistik, taşımacılık ve deniz taşımacılığı pazarının konteyner taşımacılığı lehinde büyümesi,
- Çoklu taşıma işletmeleri ve operasyonlarının çoğalması,
- Dünya konteyner gemi filosunun büyümesi,
- Ana rotalara yakın olan limanların konum üstünlüğünün artması,
- Limanlarda hizmet olanakları teknolojisinin artması,
- Bilişim alanında sağlanan ilerlemeler ve
- Liman operasyonlarında otomasyona geçilmesidir.

Diğer yandan düzenli hat deniz taşımacılığında faaliyette bulunan dünya çapındaki şirketler, stratejik ittifaklar altında iş birliğine girerek verilen konteyner taşıma hizmetini küreselleştirmektedir. Bunun yanında verilen lojistik hizmetlerin uluslararası düzeye erişmesi ve küresel operatörlerin sadece okyanus taşıma hizmetini vermekten öteye geçerek kapıdan kapıya taşıma ve katma değer lojistiği konularına önem vermeleri yine konteyner limancılığının gelişmesinde etkili olmuştur (Cullinane, 2002, 2005). Bu bahsedilen amaçlara ulaşmak için düzenli hat taşımacılığı yapan operatörler, limanlar ve kara taşıyıcıları dikey bütünleşmeler ile birlikte hareket etmeye başlamışlardır.

Özellikle konteyner taşımacılığında yaşanan bu gelişmeler ile zamanla taşınan konteyner sayısının artması sonucunda ölçek ekonomilerini yakalamak amacıyla konteyner gemileri ve konteyner limanları hacimlerini sürekli arttırma eğilimine girmişlerdir. Gemilerin taşıdıkları yük kapasiteleri sürekli artmış, bu artışın gerektirdiği gemi ölçülerine uygun (derinlik, genişlik, uzunluk) yeni rıhtımlar ve rıhtım vinçleri hizmete girmiştir. Konteyner taşımacılığındaki gelişmelerin etkisi en çok deniz yolunda görülmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içinde Ultra Büyük Konteyner Gemilerinin (Malaca Max) hizmete girmesi beklenmektedir. Bu gemilerin kapasitesi 18.000 TEU, genişliği 60 m ve su derinlikleri 21 m olacaktır.
(<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/container-types.htm>
Erişim tarihi: 08.09.2009)

Konteyner gemilerindeki gelişmelere paralel olarak 1960'lardan günümüze konteyner limanları da ciddi bir gelişim sürecine girmiştir. Bu değişimler daha çok yönetim, organizasyon, operasyon ve ekipman alanlarında yaşanmaktadır.

Konteyner terminallerine olan yoğun talep artışı zaman içinde bu terminallerin tasarımlarını da etkilemiştir. Konteyner yükündeki sürekli artışın karşılanması için verimli bir terminal tasarımının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu tasarımlarda limanda kullanılan personelin ve ekipmanın, ayrıca kullanılan bilişim sisteminin düzeyi ve önemi çok önemli yer tutmaktadır. Özellikle artan yük hacmini takip etmede bilişim alt yapısının kullanımı artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Ancak bilişim alt yapısının verimli çalışması tüm operasyonların kusursuz işlemesi anlamına gelmez. Limanlarda kullanılan bilişim sistemleri, operasyonu destekleyici bir özelliğe sahiptir.

Bahsedilen gelişmeler konteyner limancılığının gelişimine katkı sağlamıştır. Konteyner terminal işletmeciliği, konteynerizasyon oranlarının sürekli artması, yani konteynerin bir taşıma kabı olarak sağladığı üstünlüklerin etkisiyle yüklerin konteyner ile taşınma eğilimi nedeniyle önemini çok uzun yıllar yitirmeyecektir.

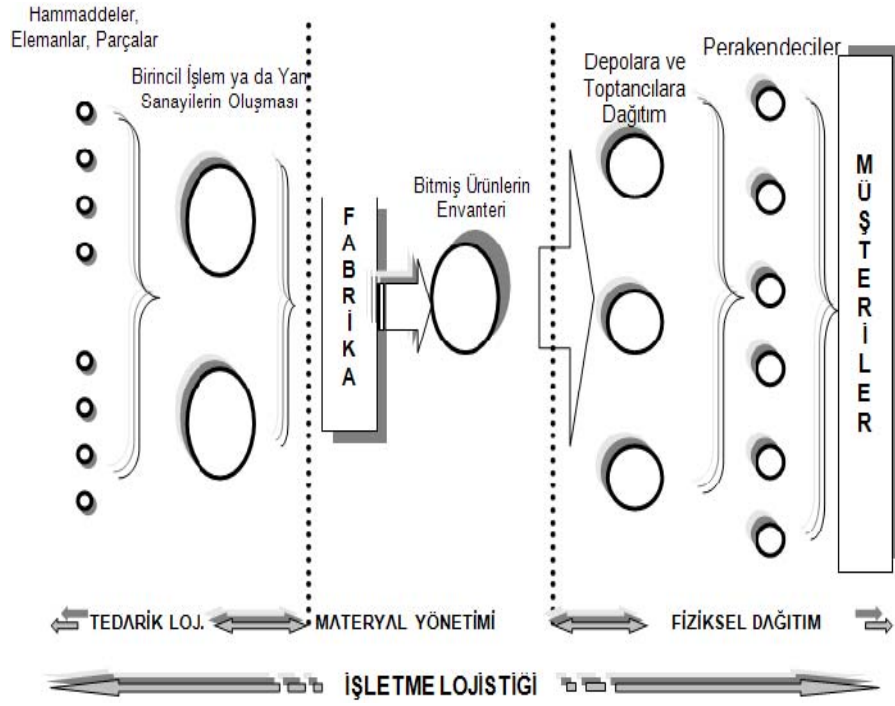
Tüm bunlara ek olarak, limanların tedarik zinciri içinde lojistik hizmetler için sağladığı uygun alt yapının sayesinde bir cazibe merkezi olarak lojistik üs olma eğilimi de göz önüne alınmalıdır. Özellikle konteyner taşımacılığını ilgilendiren bu lojistik faaliyetler doğal olarak doğrudan konteyner limancılığını etkilemektedir. Avrupa’da ve Uzak Doğu’da lojistik hizmet sağlayıcılarının özellikle konteyner terminallerinin etrafında konuşlanmaları da bu yüzdendir. Bu anlamda konteyner terminallerinde verilen tüm hizmetlerin lojistik sistemin en önemli alt dalı olan ulaştırmanın içinde yer aldığını söylediğimizden hareketle, konteyner terminallerinde verilen yük elleçleme hizmetlerini lojistik hizmet olarak tanımlamak ve tüm yük elleçleme süreçlerinden de lojistik süreçler olarak bahsetmek yerinde olacaktır.

1.7. İŞLETME LOJİSTİĞİ VE LİMANLARIN KONUMU

İşletme lojistiği üç temel süreçten oluşmaktadır; “tedarik lojistiği”, “materyal yönetimi” ve “fiziksel dağıtım”. Şekil 5’de çağdaş lojistik yönetimindeki kavramları ve faaliyetleri göstermektedir.

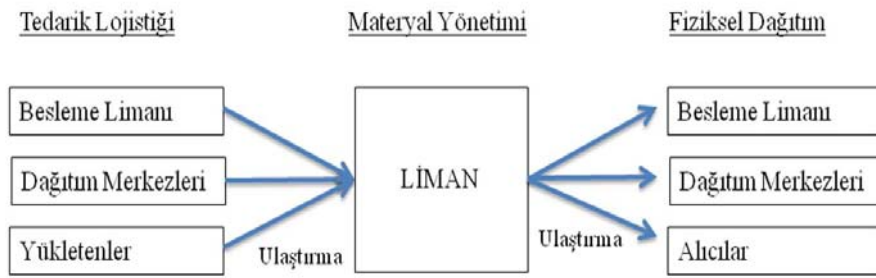
Tedarik lojistiği hammadde, yardımcı malzeme vb. girdilerin tedarik kaynaklarından üretim noktalarına kadar akışıyla ilgilenirken, fiziksel dağıtım yönetimi; bitmiş ürünlerin, üretim noktalarından son alıcı veya tüketicilere kadar iletilmesiyle ilgili etkinlikleri kapsamaktadır. Materyal yönetimi işletme içerisinde gerçekleştirilen tüm lojistik faaliyetler ile ilgilenmektedir. Fiziksel dağıtım ise üretilen ürünlerin nihai tüketiciye ulaştırılması ile ilgili tüm faaliyetleri içermektedir.

Tüm bu açıklamalar dâhilinde limanın işletme lojistiği içindeki konumuna değinilebilir. Şekil 6, limanların işletme lojistiği içindeki konumunu göstermektedir.



Şekil 5: İşletme Lojistiği

Kaynak: Johnson, Wood, Wardlow ve Murphy, 1998; 5



Şekil 6: Limanlara Yönelik İşletme Lojistiği Yaklaşımı

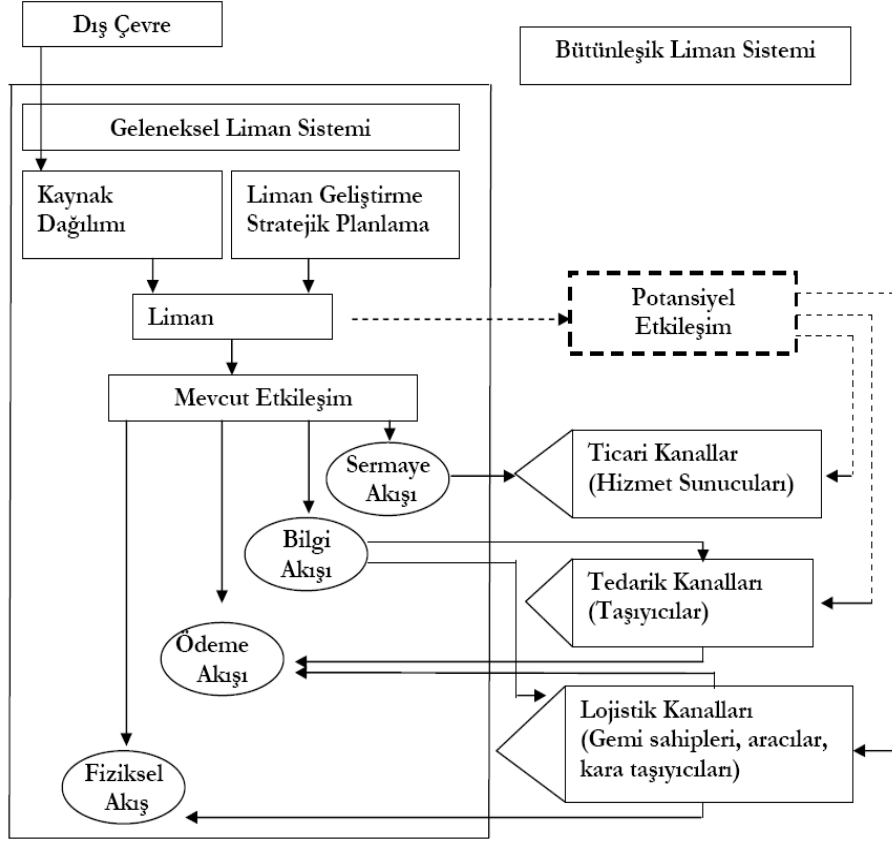
Limana yük tedariki sağlayan ve limanın art bölgesinde yer alan besleme limanlar, dağıtım merkezleri ve yükletenlerden deniz/kara/demir yolu ile limana ulaşıp liman tarafından yük kabulü yapılmaktadır. Bu yükler liman içinde materyal yönetimi kapsamında iç dolun, depolama, iç taşıma, yük elleçleme gibi lojistik süreçlere tabi tutulmakta, daha sonra bu yükler ilgili bölgelerdeki besleme limanları, dağıtım merkezleri ve alıcılara gitmek üzere gemilere yüklenmektedir.

Limanların ticari, tedarik ve lojistik kanallarıyla bir bütün içinde olması gerekir. Bu anlamda limanlar birçok tedarik kanalı üyesinin bulunduğu noktalar, Şekil 7’de bu etkileşim vurgulamaktadır.

Şekil 7, mevcut ve potansiyel etkileşimler gösterilmektedir. Bu etkileşim kanalın 3 üyesinin (ticari-lojistik-tedarik) liman içinde var olan 4 akışına (yükün fiziksel akışı, ödeme, bilgi ve sermaye akışı) belirli aşamalarda bütünleşmesiyle gerçekleşmektedir. Örneğin liman içindeki sermaye akışı ticari kanallarla, bilgi akışı hem tedarik hem de lojistik kanallarla ve fiziksel akış ise yine lojistik kanallar ile sürekli etkileşim halindedir.

Ticaret kanalı bakış açısıyla limanlar, kanal kontrolü ve sahipliğinin tanımlandığı ve ticaretin yapıldığı anahtar merkezleridir. Liman içinde tüm bu etkileşimi genel olarak dünyada liman otoriteleri sağlamaktadır. Özellikle liman yönetimi, taşıyıcılar ve gemi operatörleri ile yapılan dikey entegrasyonlar bu noktada dikkat çekmektedir. Liman sistemi içindeki aktörler ve operatörler (liman işçileri, ulaştırma operatörleri, lojistik hizmet sağlayıcıları vb.) ise liman yönetim sisteminin bir alt üyesi olarak liman dış çevresinde değil limanın iç çevresinde yer almaktadırlar.

Özellikle ürün bedelinin düşük olduğu gıda ürünleri, paketlenmiş kimyasal ürünler vs. gibi ürünlerde lojistik maliyelerin düşük olması çok önemlidir. Yüksek lojistik maliyetler ürün kârlılığını azaltmaktadır. Lojistik sistemlerin tasarımında ve kapsamının belirlenmesinde değiş tokuş dengesi (trade off) en önemli unsurdur. Bu yaklaşım “toplam maliyet kavramı” olarak da adlandırılabilir. Değiş tokuş dengesi, işletme faaliyetlerinin kendi içinde birbirleriyle uyumlu hale getirme ve dengeleme çalışmasıdır. Bu şekilde işletme içindeki faaliyet uyumsuzlukları optimize edilmektedir (Ballou, 1999; 38-39).

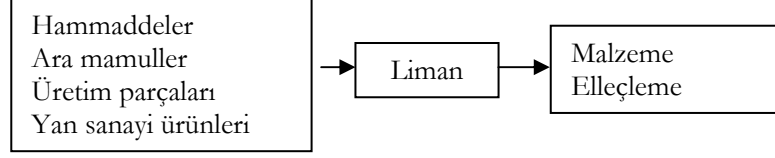


Şekil 7: Bütünleşik Liman Yönetim Sistemi İçinde Dağıtım Kanallarının Etkileşimi

Kaynak : Bihou ve Gray, 2004; 54.

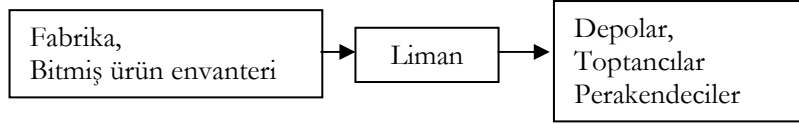
İşletme lojistiğine ilişkin alt süreçler sırasıyla aşağıda açıklanmaktadır;

- **Tedarik Lojistiği İçinde Limanın Yeri:** Deniz taşımacılığının sağladığı maliyet üstünlüğü nedeniyle birçok üretim tesisi liman çevresinde konumlanmaktadır. Tedarikçilerden sağlanan malzemelerin/hammaddelerin depolanması ve bu hareketlerin etkin ve verimli yönetimini kapsayan tedarik lojistiği faaliyetleri bir limanın hinterlandında yer alır. Lojistik sistem akışının tedarik kaynaklarından başladığı gerçeğinden hareketle bu kaynaklardan gelen ürünlerin gerek lojistik merkezlerde toplanarak ya da doğrudan limana ulaşarak deniz taşımacılığı moduna geçişleri sağlanmaktadır.



Şekil 8: Tedarik Lojistiği İçinde Limanın Yeri

- **Materyal Yönetimi:** Yarı mamul ve mamullerin işletme içerisindeki hareketlerini kapsayan lojistik faaliyetlerdir. (Johnson ve diğerleri., 1999). Liman işletmeciliği açısından bakıldığında bir limanın materyal yönetimi yüküne verilen temel hizmetlerin tümünü kapsamaktadır. Çünkü liman içindeki tüm faaliyetler lojistiğin bir alt sistemi olan ulaştırmanın içinde yer alan yük elleçleme faaliyetleridir.
- **Fiziksel Dağıtımda Limanın Yeri:** Limanın konumu tedarik lojistiğinde bahsedildiği şekilden başka fiziksel dağıtım kapsamında da olabilmektedir. İmalat hattından çıkan bitmiş ürünlerin, tüketiciye doğru olan akışını içine alan her türlü dağıtım faaliyeti içinde liman yer alabilmektedir. Bu dağıtım, toptancıya, perakendeciye veya son tüketiciye (nihai müşteriye) doğru olabilir ve her aşamasında liman bu yapı içerisinde yer alabilir. Fiziksel dağıtımda taşımanın yanında depolama da önemli bir faaliyettir. Günümüzde limanlar depolama hizmeti de verir hale gelmiştir.



Şekil 9: Fiziksel Dağıtım İçinde Limanın Yeri

Limanın tedarik zinciri içindeki önemi konusuna değinmeden önce temel liman kavramlarından bahsetmek faydalı olacaktır.

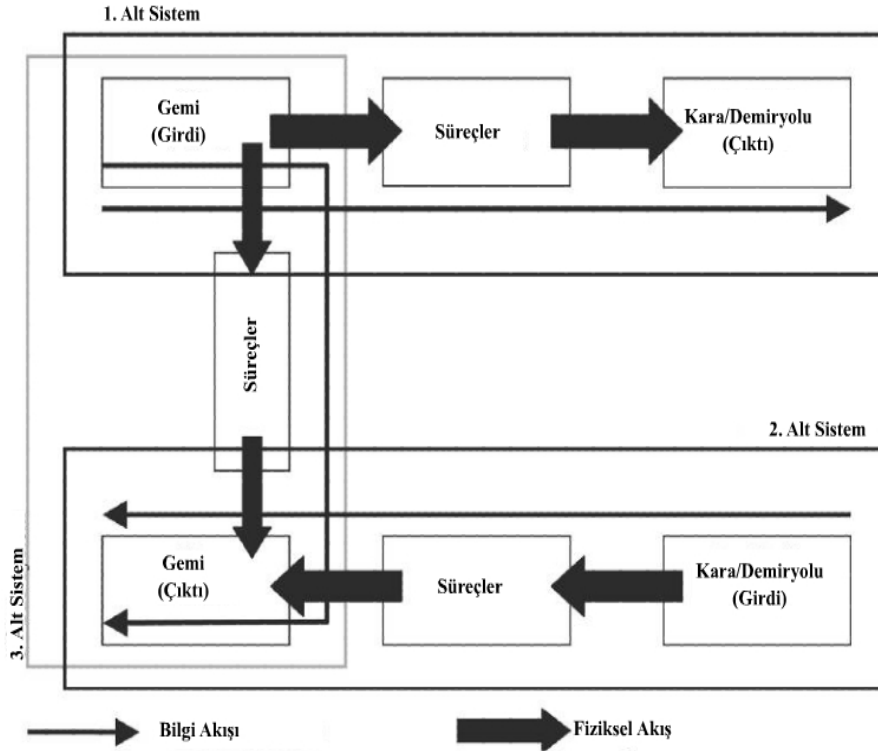
1.8. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN ANALİZİ

Konteyner taşımacılığının dünyada bu denli gelişme göstermesinin en önemli sebeplerinden birisi kuşkusuz lojistik hizmetlerin konteynere uygulanabilirliğidir. Konteyner terminaleri bu noktada tüm tedarik zinciri içinde kilit role sahiptir. Bu başlık altında konteyner terminalerinin temel lojistik fonksiyonları, temel işletim ölçütleri ve hedeflerine değinilmektedir.

1.8.1. Konteyner Terminallerinin Temel Fonksiyonları

Konteyner terminalleri konteyner yükünün taşıma modunu değiştirdiği alanlardır. Yenilenen ya da değişen taşıma modlarının birisi mutlaka denizyoludur. Bir anlamda konteyner denizden ya da karadan terminale ulaşmakta, terminal sahasındaki ekipmanlar ile elleçlenerek denizyolundan tekrar denizyoluna veya kara ya da demir yoluna (ya da tersine) aktarılmaktadır. Konteyner terminalleri konteynerin taşıtandan taşıyana veya taşıyandan taşıtana teslim edildiği; konteynerin gemiye yüklendiği, gemiden tahliye edildiği ve konteynerin geçici olarak depolandığı sahalardır.

Konteyner terminalleri günümüzde temel lojistik fonksiyonların yerine getirildiği sahalardır. Tüm lojistik merkezlerde olduğu gibi konteyner limanlarında da temelde iki türlü akışın olması söz konusudur. Bunlar fiziksel akış ve bilgi akışıdır. Bilgi akışından kasıt gemi ve yükle ilgili tüm bürokratik bilgi akışının gerçekleştirilmesidir. Fiziksel akış ise yükün liman ve/veya terminal içinde elleçlenmesini içeren akışlardır (Bihou ve Gray, 2004; 54).



Şekil 10: Liman Lojistik Sisteminin Alt Sistemleri

Kaynak: Paixao ve Marlow, 2003; 360.

Bahsedilen bu iki temel akış, limanlarda üç farklı alt sistemle gerçekleşmektedir. Bunlar bilgi ve yükün gemiden karaya transferi, bilgi ve yükün karadan gemiye transferi, son olarak da bilgi ve yükün gemiden gemiye (transit) transferidir. Şekil 10.'da bu alt sistemler gösterilmiştir.

Konteyner terminallerinde temelde 3 lojistik fonksiyon vardır, bunlar konteynerin taşınması, depolanması ve konteyner içindeki yüklerle birlikte konteynerin elleçlenmesidir. Bahsedilen temel lojistik fonksiyonlar aşağıda sunulmuştur:

- **Ulaştırma fonksiyonu:** Konteynerlerin terminal sahasına geliş/gidişleri deniz, demir ve karayolu olmak üzere 3 tip taşıma moduyla gerçekleştirilmektedir. Denizyolundan gelen/giden yük ana ve besleyici hatlarla transfer edilmektedir. Genel olarak deniz yolu servisleri periyodik olarak gerçekleştirilmekte ve taşıdıkları yük hacmi diğer modlara göre çok daha fazla olmaktadır. Bu yüzden deniz yolu taşımalarının planlanması bir zorunluluktur. Aynı şekilde demiryolu taşımacılığı deniz yoluna göre daha az ama karayoluna göre daha fazla bir kapasiteye sahiptir. Yine periyodik olarak gerçekleştirilen demiryolu taşımacılığının da planlanması gerekmektedir. Karayolu taşımacılığı ise bireysel yüke hizmet eden taşıma modudur. Karayolu taşımacılığı düzensiz bir hizmet yapısına sahiptir ve yükleme/boşaltma saatlerinde ayrıca bir planlamaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Özellikle deniz yolu ve demiryolu taşımalarının belli bir zaman diliminde yapılma zorunluluğu vardır ve bu zaman dilimi mümkün olduğu kadar kısa olmak zorundadır. Tüm bunlara ek olarak yükün liman sahası içinde taşınması ihtiyacı doğrultusunda liman içinde taşıma faaliyeti bulunmaktadır.
- **Depolama fonksiyonu:** Konteyner terminallerinde kullanılan taşıma modlarındaki zaman sınırları ve düzensizlikler, konteyner terminallerinde yükün depolanması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum lojistik anlamda stok yönetimi ile örtüşmektedir. Konteynerin doğrudan liman sahasına girerek gemiye yüklenmesi ya da gemiden tahliye edilen konteynerin doğrudan çıkış kapısına yönlendirilmesi uygulamada çok az rastlanan bir durumdur. Tüm modların birbiriyle uyumunun sağlanması ve konteynerin olabilecek en kısa sürede terminal sahasından ayrılması her konteyner terminal işletmecisinin temel amacıdır. Ancak yeterli geri sahanın bulunmaması durumunda limanda kalan yük, limana ardiye geliri olarak yansımaktadır. Diğer yandan limanın lojistik hizmet vermesi durumunda yükün liman sahasında daha uzun sürelerle kalması gerekir. Ancak genel olarak, teknik bir terimle konteynerin sahadaki işgal oranının (dwell time) olabilecek en düşük seviyede seyretmesi gereklidir. Terminal sahaları konteynerin özelliğine göre

ihraç/ithal/boş/transit yük ayrımı gözetilerek sahaya istiflenmektedir. Limanın daha çok ithal/ihraç ya da transit yüke hizmet etmesi terminal tasarımını doğrudan etkilemektedir.

- **Yük elleçleme fonksiyonu:** Temel olarak limanlarda verilen elleçleme hizmeti yükün gemiden limana, limandan gemiye, limandan kara vasıtasına ya da kara vasıtasından limana aktarılmasını içerir. Bundan başka konteyner içindeki yükün elleçlenmesi terminal sahasında bulunan “konteyner yük istasyonları”nda (CFS) gerçekleştirilen bir hizmettir. Buna göre yükler CFS sahasında konteyner içine forkliftler yardımıyla istiflenmekte ya da tahliye edilen konteynerlerin içindeki yükler yine CFS’de boşaltılmaktadır. CFS hizmeti günümüzde özellikle önemli oranda yüke hizmet eden terminallerde terk edilmeye başlamıştır. Terminaller sınırlı olan sahalarını geliri nispeten az olan CFS operasyonlarına ayırmak istememektedirler. Özellikle Hamburg, Rotterdam gibi dünyanın önde gelen konteyner limanlarında CFS fonksiyonu, liman sahasının dışında lojistik merkezlerde yerine getirilmektedir. Bundan başka yükün gemi yüklemesi/tahliyesi ve depolama sahasında stoklanmasında yük elleçleme fonksiyonu aktif rol oynar.

Bu temel fonksiyonlara ek olarak konteyner terminallerinde konteyner/ekipman bakım onarım istasyonları, gümrük istasyonları ve karantina gibi fonksiyonlar da bulunmaktadır.

1.8.2. Konteyner Terminallerinin Temel İşlevleri

Her sistemin bir amacının olduğu gerçeğinden yola çıkarsak konteyner terminallerinin de belirli hedefleri vardır. Bu konuya doğrudan geçmeden önce bir lojistik sistem olarak konteyner terminallerinin tasarımında, planlanmasında ve ne tür elleçleme sisteminin kullanılacağına karar verilmesinde göz önüne alınan temel kıstaslardan bahsetmek yerinde olacaktır. Bu ölçütler güvenlik, sadelik, esneklik ve maliyet verimliliğidir (Watanabe, 1998;11);

- **Güvenlik:** En önemli kıstastır. Terminal içindeki trafik hatlarının mümkün olduğu kadar az kesişmesi, yükün ve terminal çalışanlarının güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.
- **Sadelik:** Konteynerin elleçlendiği düğüm noktalarının, dokümantasyonun ve iş akışlarının olabilecek en basit seviyede olması gerekmektedir. Günümüzde milyonlarca konteynerin elleçlendiği terminallerde bu bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu sayede hata oranları düşürülebilmektedir.
- **Esneklik:** Çalışma programlarındaki beklenmeyen değişikliklere uyum sağlayabilecek bir düzen gereklidir. Özellikle acil durum

planlamalarında terminalin çalışma sürekliliğinin sağlanması için bu bir zorunluluktur.

- **Maliyet Verimliliği:** Konteyner elleçleme ekipmanları ve terminal çalışanları uygun bir plana dâhilinde görevlendirilmelidir. Ekipmanın ve çalışanların olabilecek en yüksek seviyede verimli çalışmaları planlama gerektirmektedir.

Konteyner terminallerinde çalışma güvenliliğinin sağlanması en önemli kriterdir. Diğer kriterler doğrudan birbirlerini etkileyen kriterlerdir. Örneğin terminal operasyonlarında esnekliğin sağlanması maliyeti arttırıcı bir unsur olabilmekte ya da süreçlerin basitleştirilmesi esnekliği ve maliyet verimliliğini arttırabilmektedir. Bu kriterlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi ancak terminalde üretilen işle ilgili istatistiklerin değerlendirilmesiyle mümkündür. Bir anlamda bu değerlendirilme kalitatif bir süreçtir.

Konteynerlerin terminal sahası içinde optimal bir şekilde transferi ve depolanması sürecinin gerçekleştirilmesi için bu hedeflere ulaşılması gerekmektedir. Bu hedefler aşağıdaki gibidir;

- **Konteyner Elleçleme Verimliliğini Geliştirmek:** Bu amaca ulaşmak için rıhtım vinçleri, sahada kullanılan ekipmanlar ve terminal çalışanlarının (saha/deniz/kapı) azami verimlilikte çalışması gerekmektedir. Bu gelişim doğrudan terminalin transfer fonksiyonuyla bağlantılıdır.
- **Depolanan Konteynere Ulaşımı Geliştirmek:** Sahada depolanan konteynerin istif yüksekliği limandaki yük hacmi ve yük trafiği ile ilgilidir. Ancak sınırlı depolama alanı var ise yüksek istif zorunlu hale gelir. Fakat yüksek sıralı istiflemeler operasyon verimliliğini azaltmaktadır. Yoğun istiflemeler sadelik ve esneklik kriterleriyle de çalışmaktadır. Bu nedenle depolanan konteynere olan ulaşılabilirliğin geliştirilmesi probleminin, konteyner elleçleme verimliliğinin artırılması ve sahanın azami faydada kullanımı hedefleri göz önüne alınarak çözülmesi gerekir.
- **Sahanın ve Ekipmanın Faydalı Kullanım Oranını Geliştirmek:** Sahanın faydalı kullanımı terminal elleçleme sistemleriyle doğrudan bağlantılıdır. Her bir elleçleme sisteminin kullanımı terminal sahasının ve elleçleme ekipmanlarının verimliliği üzerinde farklı etkilere sahiptir. Ancak temel hedef, sahanın ve ekipmanını azami faydalı şekilde kullanılmasıdır.

Terminal sahasının faydalı kullanımı ve depolanan konteynere ulaşım verimliliği doğrudan terminalin tasarımı ve kullanılan elleçleme sistemi tarafından şekillenmektedir. Diğer yandan konteyner elleçleme verimliliği ise

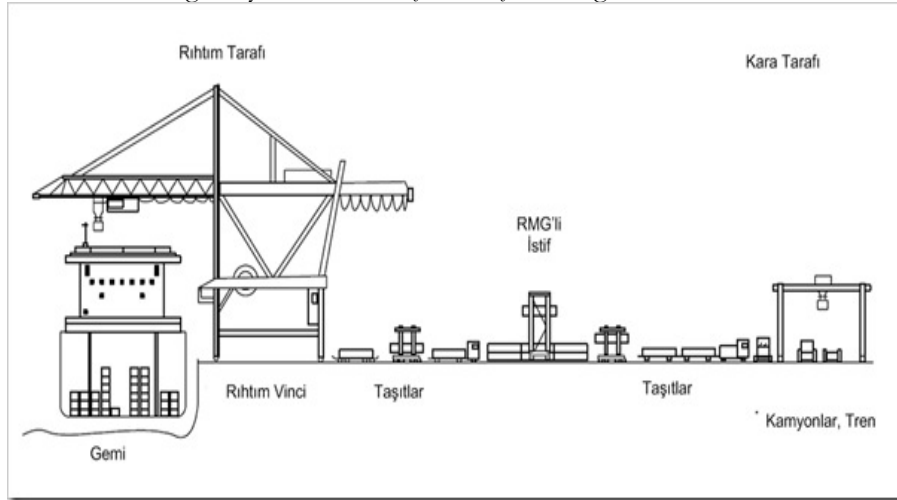
kullanılan ekipmanın verimli çalıştırılması ve operasyon planlamasıyla bağlantılıdır.

Her ne kadar güvenlik en önemli kriter olsa da, alınan güvenlik önlemleri terminal sahasının verimli kullanımını ve yük elleçleme verimliliğini sınırlandırmaktadır. Bu durum diğer hedefler için de benzer etkiyi yaratmaktadır. Terminal işletmecisi en uygun dengeyi kurmak zorundadır. Bu da sonraki bölümlerde bahsedilecek olan lojistik süreçlere hâkim olmaktan geçer.

1.8.3. Konteyner Terminallerinde Yük Elleçlemeye Yönelik Lojistik Süreçler

Konteyner terminallerindeki lojistik süreçleri birçok yazar değişik açılardan ele almıştır. Yun ve Choi'ye göre (1999) konteyner terminal sistemi kapı, konteyner depolama alanı ve rıhtım olmak üzere üç ana alt sistemden oluşmaktadır. Bahsedilen bu üç ana alt sistem içerisinde konteyner akışını sağlayan yükleme, boşaltma, teslim alma ve dağıtım operasyonlarını, konteyner terminallerinin ana operasyonlarıdır.

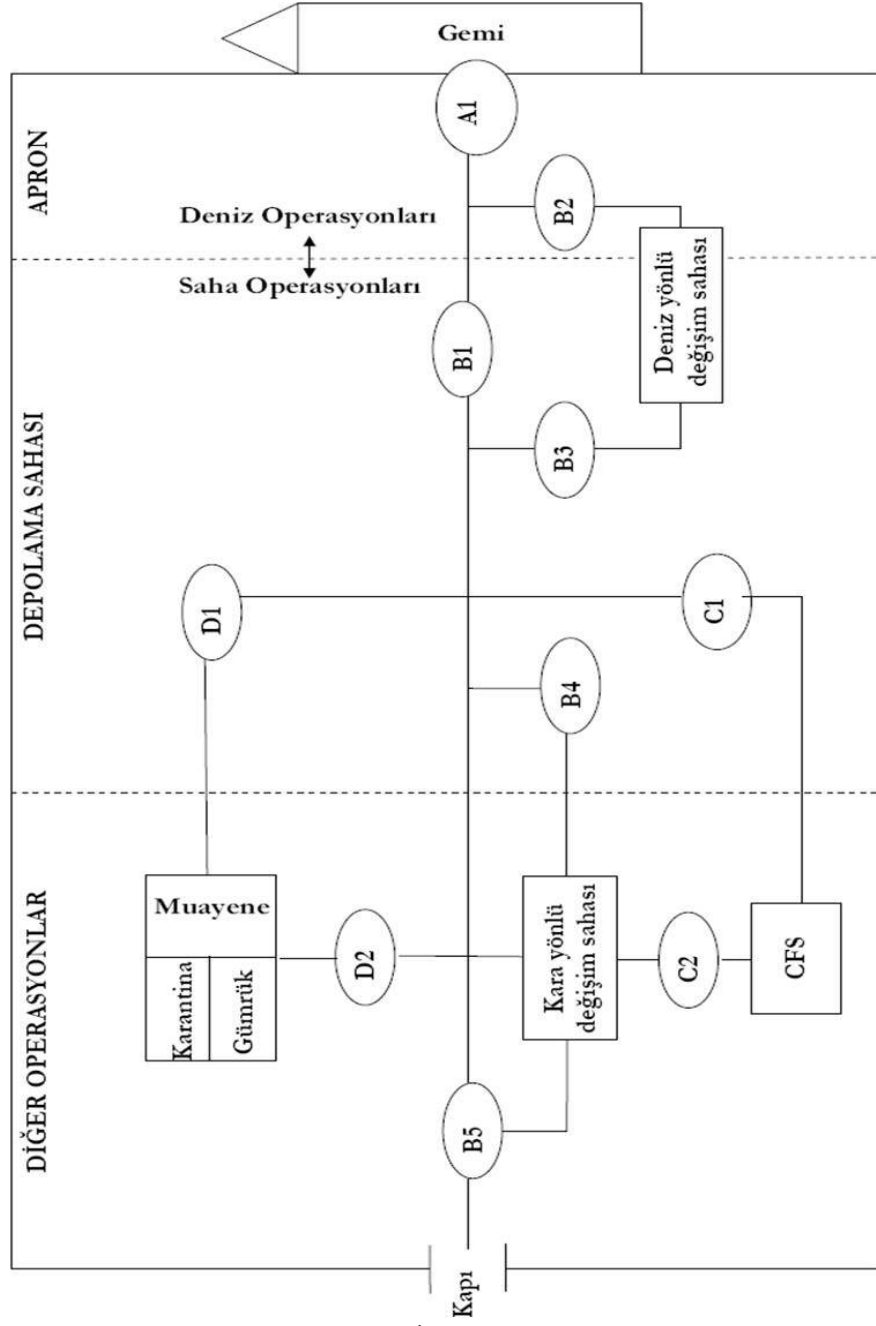
Bundan başka konteyner elleçleme operasyonlarını liman içinde deniz ve kara operasyonları olarak ikiye ayırmak mümkündür. Şekil 11'de konteyner terminallerinde gemi yükleme ve boşaltma işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 11: Gemi Yükleme ve Boşaltma Süreci

Kaynak: Vis ve Coster, 2003.

Şekilde yaşanan gemi üzerinde yer alan köprü vinci gemiye yükleme\taahliye operasyonu yapmakta, diğer yanda yüklenen\boşaltılan yük için geri saha operasyonları gerçekleştirilmektedir. Konteyner terminallerinde iş akışlarının ayrıntıları Şekil 12.'de gösterilmiştir.



Şekil 12: Konteyner Terminallerinde İş Akışları
Kaynak: Watanabe, 1998; 103

(A) Deniz yönlü operasyonlar:

Rıhtımdaki gemi ile apron arasındaki konteyner elleçlemelerini kapsamaktadır. Ek olarak geminin ambar kapaklarının aprona indirilmesi ve hedefteki konteynere ulaşmak için yapılan elleçlemeler (shifting) deniz yönlü operasyonların dâhilindedir. Bu tür elleçlemelerde genellikle rıhtım vinci kullanılmaktadır ancak uygulamada özellikle küçük terminallerde geminin kendi vinçleri ve mobil vinçlerde rıhtım operasyonlarında kullanılabilirlerdir.

(B) Kara yönlü operasyonlar:

Temel olarak deniz tarafı operasyonlarının devamı niteliğindedir. Bu operasyonlar konteynerin rıhtım ile depolama sahası arasında taşınması ve depolama faaliyetleri kapsamında elleçlenmesi operasyonlarını içermektedir. Bu operasyonlara konteynerin taşıyıcı tarafından alımı ya da yükün alıcısı tarafına teslimi de dâhildir.

- B1: Rıhtım ile depolama sahası arasında konteynerin ekipmanlar ile taşınması ve depolanması operasyonlarını içerir.
- B2 ve B3: B1 işlemi B2 ve B3 işlemleri olarak ikiye ayrılır. B-2 operasyonu sadece konteynerin taşınmasını içerirken B-3 operasyonu hem taşınma hem de elleçlemeyi içerir.
- B4: Depolanan konteynerin alıcıya teslimi için nakli ya da kara yönlü gelen ve teslim alınan konteynerin depolama sahasına nakli ve istifini içerir.
- B5: Depolanan konteynerin alıcıya kapıdan teslimi ya da kara yönlü gelen konteynerin kapıdan alımı operasyonlarını içerir.
- Uygulamada çok az rastlanmakla birlikte gemiden tahliye edilen konteynerin doğrudan kapıda alıcıya teslimi ya da gemiye yüklenmek için terminale gelen ve kapıdan teslim alınan konteynerin doğrudan rıhtıma nakli de mümkündür.

(C) Kara yönlü destekleyici operasyonlar:

Dolu konteynerin depolama sahası ve CFS arasındaki hareketleridir.

- C1: Konteynerin depolama sahasından CFS'ye taşınmasıdır.
- C2: CFS'de doldurulan konteynerin depolama sahasına naklidir.

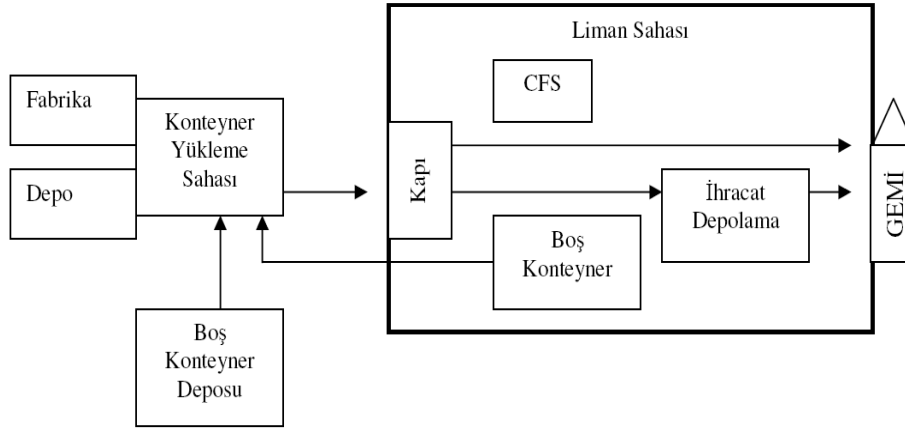
(D) Diğer operasyonlar

Boş konteynerin, boş konteyner sahasında depolanması ya da boş konteyner sahasından konteynerin alınması, zarar gören konteynerin bakım-onarım sahasına nakli, gümrük ve karantina işlemleri için nakil ve teslim işlemlerini içermektedir.

- D1: Bahsedilen işlemler için konteynerin sahadan alınıp getirilmesidir.
- D2: Bahsedilen işlemler tamamlandıktan sonra konteynerin teslim işlemlerini içerir.

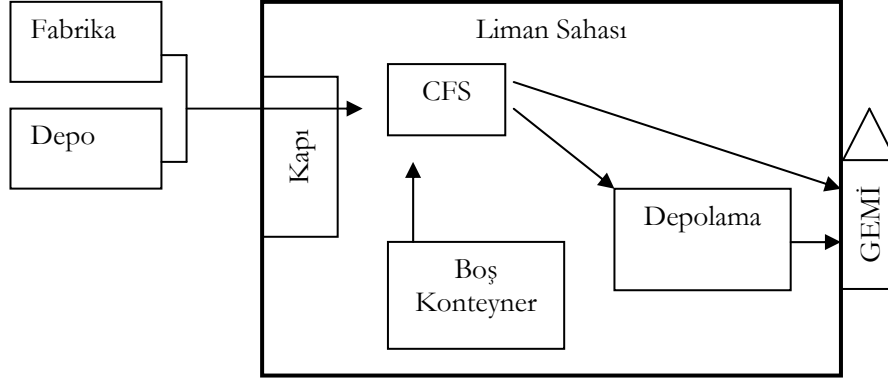
Yukarıda bahsedildiği gibi konteyner terminalerinde temel lojistik operasyonlar gemi operasyonları, terminal içi taşıma, CFS ve boş\dolu konteyner istiflemesinden oluşmaktadır. Bahsedilen lojistik operasyonlar, uygulamada birçok farklılıklar içerir. Bu farklılıklar kullanılan ekipmana, saha genişliğine, kullanılan teknolojinin düzeyine, yük yoğunluğuna ve bunun gibi sayılabilecek birçok nedenlere göre değişebilmektedir.

Konuyu biraz daha netleştirmek adına aşağıda konteyner terminali süreçleri sınıflandırılarak sadeleştirilmiştir. Sınıflandırmada ihrac konteyner için liman içinde doldurulması ve liman sahası dışında, örneğin fabrika, dağıtım merkezi, lojistik merkez, konteyner deposu gibi alanlarda doldurulması ise dış dolun olarak adlandırılmaktadır. Aynı şekilde ithal konteyner için limanda boşaltılması iç boşaltım, liman sahası dışında boşaltılması ise dış boşaltım olarak adlandırılabilir. Ayrıca liman sahasına başka bir gemiye yüklenmek üzere indirilen aktarma konteynerlere de değinilmiştir. Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17'de bu süreçler gösterilmiştir.



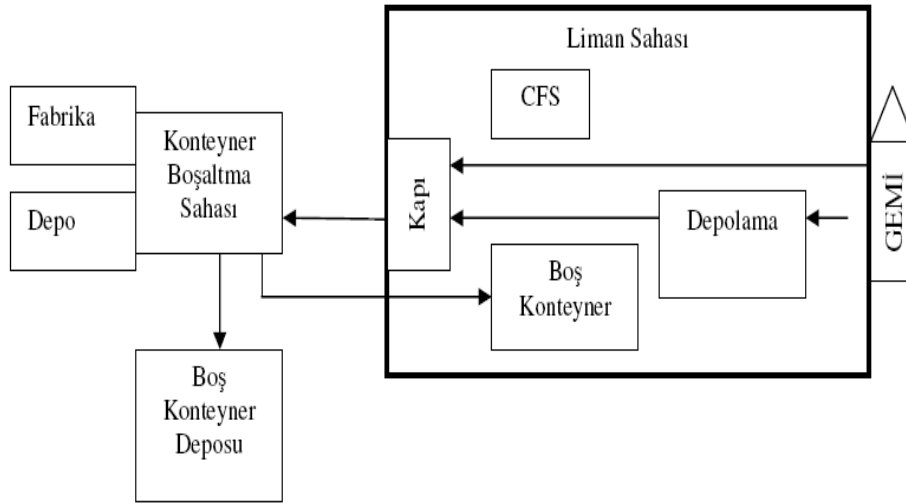
Şekil 13: Yüklenen Konteyner Akışı (Dış Dolun)

Fabrika ya da depodaki ürün terminalden ya da konteyner deposundan gelen boş konteynere liman dışında (fabrika ya da depoda) dolun yapılmakta, terminal kapısında gerekli kayıtlar yapıldıktan sonra (konteyner numarası, gemi adı, tahliye limanı, ağırlık, gemi hattı, ticari bilgiler vb.) önce depolanmakta ardından gemiye yüklenmekte ya da doğrudan gemiye yüklenmektedir.



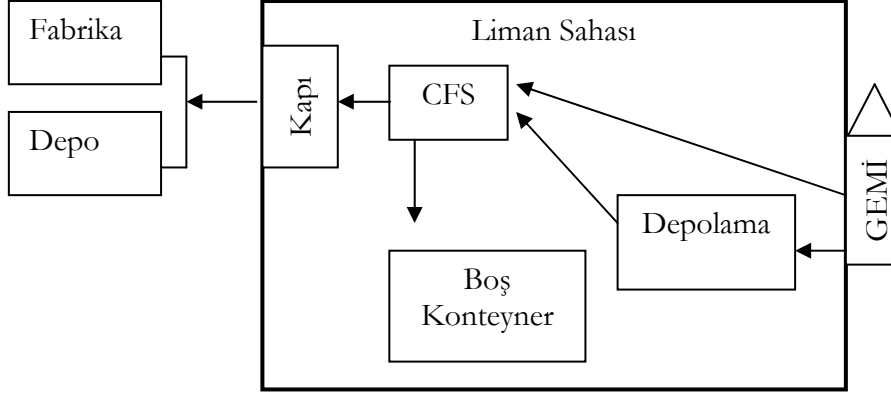
Şekil 14: Yüklenen Konteyner Akışı (İç Dolum)

Fabrika ya da depodan CFS sahasına getirilen ürün burada depolama sahasından alınan boş konteynere yüklenmekte, daha sonra depolanmakta ardından gemiye yüklenmekte ya da doğrudan gemiye yüklenmektedir.



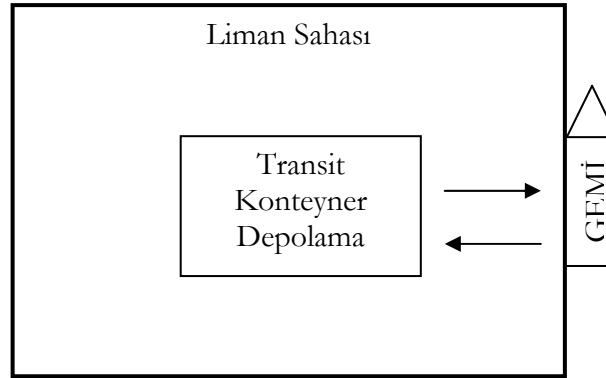
Şekil 15: Tahliye Konteyner Akışı (Dış Boşaltım)

Terminale gemiden tahliye edilen konteyner önce konteyner depolama sahasında depolanmakta ardından kapıdan çıkmakta ya da doğrudan terminalden çıkarak fabrika ya da bir depoda konteynerin içi tahliye edilmektedir. Boş konteyner daha sonra ya liman dışında bir depoda istiflenmekte ya da liman sahasına geri gelmektedir.



Şekil 16.: Tahliye Konteyner Akışı (CFS)

Gemiden tahliye edilen konteyner önce depolama sahasında depolanmakta ardından CFS sahasına götürülmekte ya da doğrudan CFS sahasında konteyner içi tahliye edilmektedir. Boş konteyner ise limandaki boş konteyner istif sahasına götürülmektedir.



Şekil 17: Transit Konteyner Akışı

Gemiden tahliye edilen transit konteyner, transit konteyner depolama sahasında depolanmakta ilgili gemi geldiğinde tekrar gemiye yüklenmektedir.

Bu durumda yükleme/tahliye/transit konteynerin terminal içinde olası hareketleri şu şekilde gruplandırılabilir;

A) İhracat yönlü konteynerin 4 olası hareketi mevcuttur:

1. **CFS+Gemi (iç dolum):** Konteynerin CFS'de doldurulması ve terminal sahasında depolanmadan gemiye transferi
2. **CFS+Depolama+Gemi (iç dolum):** Konteynerin CFS'de doldurulması, depolanması ve gemiye transferi
3. **Kapı+Depolama+Gemi (liman dışı dolum):** Dış dolum yapılan konteynerin terminal sahasında depolanması ve gemiye transferi
4. **Kapı+Gemi (liman dışı dolum):** Dış dolum yapılan konteynerin ve terminal sahasında depolanmadan gemiye transferi

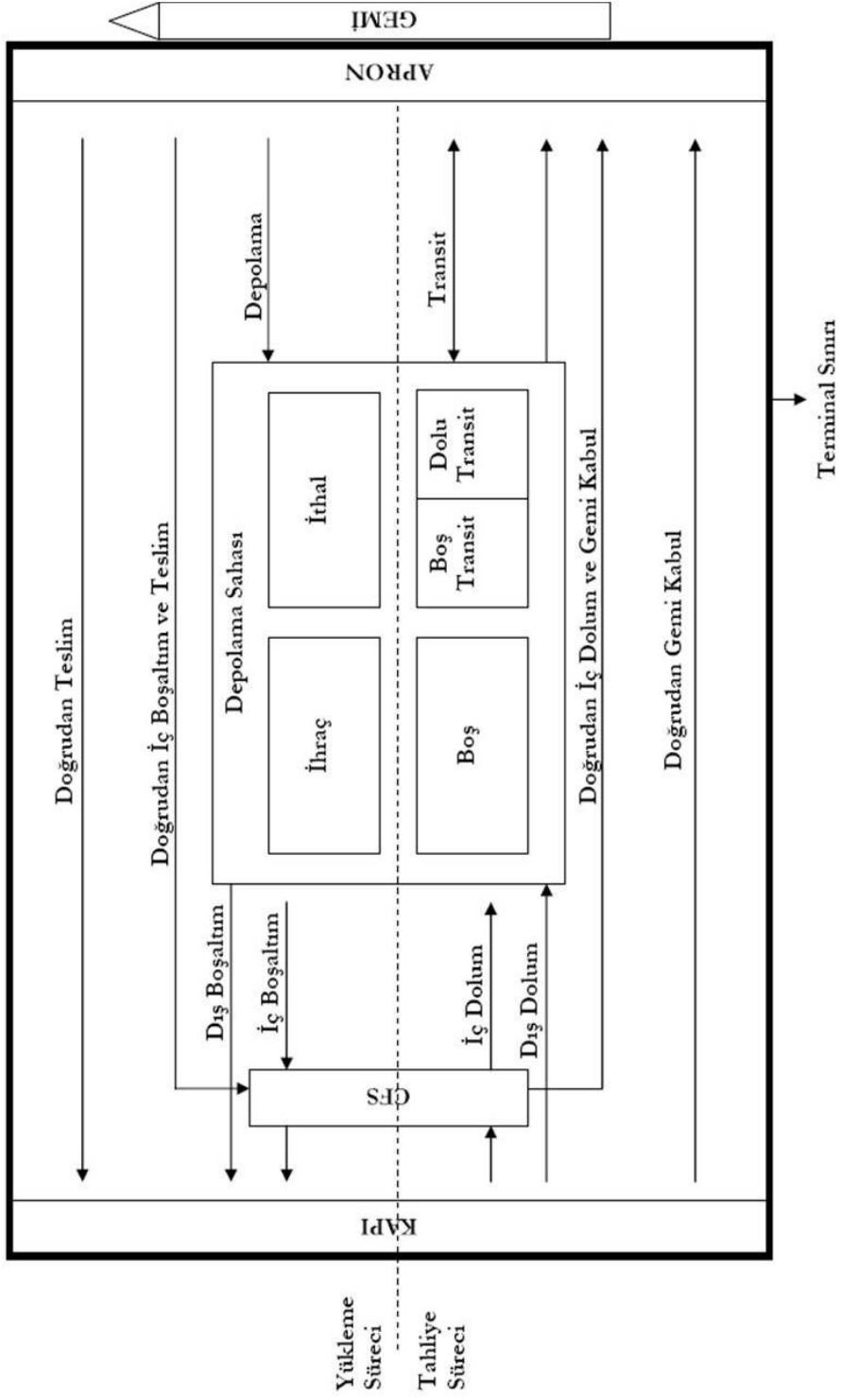
B) İthalat yönlü konteynerin 4 olası hareketi mevcuttur

5. **Gemi+CFS+Boş Konteyner Deposu (liman içi boşaltım):** Gemiden tahliye edilen konteynerin CFS'de içinin boşaltılması ve boş konteyner sahasında stoklanması
6. **Gemi+Depolama+CFS+Boş Konteyner Deposu (liman içi boşaltım):** Gemiden tahliye edilen konteynerin depolama sahasında bir süre bekletildikten sonra CFS'de içinin boşaltılması ve boş konteyner sahasında stoklanması
7. **Gemi+Depolama+Kapı (liman dışı boşaltım):** Gemiden tahliye edilen konteynerin depolama sahasında bir süre depolanması ve doğrudan dış boşaltım yapılmak üzere terminal sahasından çıkarılması
8. **Gemi+Kapı (liman dışı boşaltım):** Gemiden tahliye edilen konteynerin terminal sahası içinde herhangi bir işleme tabi tutmadan doğrudan terminal sahasından çıkarılması

C) Transit konteyner ise 2 olasılıklıdır;

9. **Gemi+Gemi (aktarma gemisi hali hazırda bekliyor ise):** Ana ya da besleme gemisinden tahliye edilen konteynerin terminal sahasında depolanmadan doğrudan rıhtımdaki diğer ana ya da besleme gemisine yüklenmesi işlemi
10. **Gemi+Transit Depolama+Gemi:** Ana ya da besleme gemisinden tahliye edilen konteynerin terminal sahasında öncelikle depolanarak zamanı geldiğinde diğer ana ya da besleme gemisine yüklenmesi işlemi

Tüm bu durumları kapsayan model ise Şekil 18'de gösterilmiştir.



Şekil 18: Terminal İçi Lojistik Akışı Modeli

Konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin gerçekleştirilmesine yönelik kullanılan yük elleçleme sistemleri veya yük elleçleme kombinasyonları ayrıntılı bir konudur.

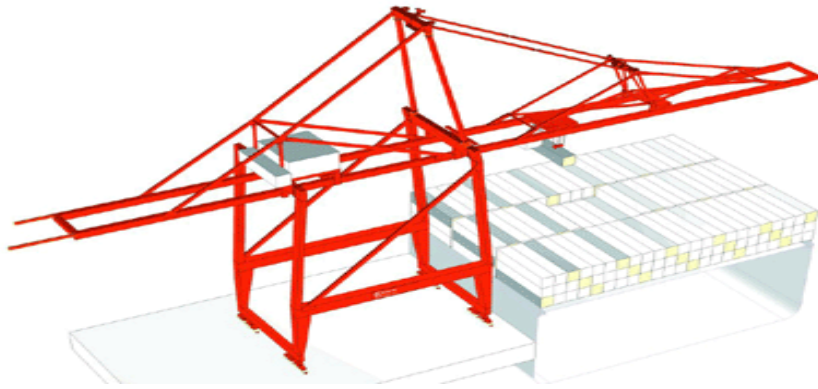
1.9. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERE İLİŞKİN ELLEÇLEME SİSTEMLERİ

Konteyner terminallerini tanımlarken ve sınıflandırılırken sahada kullanılan ekipman ve kullanılan ekipmana bağlı olarak istifleme tipi en önemli ölçüttür. Dünyadaki tüm konteyner terminalleri kullandıkları ekipman kombinasyonlarına göre incelendiğinde 5 temel elleçleme sisteminden bahsedebiliriz fakat genelde üç temel ekipman ve istif sistemi yaygın olarak dünya konteyner terminallerinde kullanılmaktadır.

1.9.1. Konteyner Terminallerinde Kullanılan Yük Elleçleme Ekipmanları

Konteyner terminallerinde kullanılan ekipmanlar aşağıda incelenmiştir. Bu ekipmanlarla ilgili ayrıntılı bilgi elleçleme sistemlerinin anlatımı sırasında verilecektir.

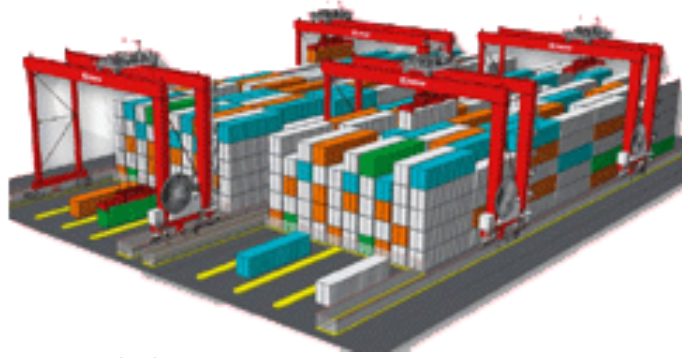
- **Rıhtım Vinci:** Rıhtıma yanaşan gemilere yükleme\boşaltma yapmada kullanılır. Rıhtım vincinin saatteki hareket sayısı önemli bir verimlilik göstergesi olarak tüm dünyada kabul edilmektedir. Hizmet verdikleri gemi boyutlarına göre yükün gemiden limana yüklenmesi ve boşaltılmasında kullanılır. Rıhtım vinçleri hizmet verebildikleri azami gemi büyüklüklerine göre Panamax, Post-Panamax, Super Post-Panamax olarak adlandırılmaktadır. Rıhtımda ayrıca gezer vinçlerde (mobil crane) yoğun olarak kullanılmaktadır. Gezer vinçlerin en önemli özelliği ise rıhtım/iskelenin her noktasında kullanılabilmesidir.



Şekil 19.: Rıhtım Vinci

Kaynak: <http://www.kalmarind.com> Erişim tarihi: 02.04.2009.

- **Köprü Vinci:** Konteynerin sahada istiflenmesi amacıyla kullanılan ekipmandır. Blok halindeki istif sırası boyunca hareket ederler. Lastik tekerlekli mobil (RTG) ve sabit bir demir yolu üzerinde (RMG) istif yapan tipleri mevcuttur. Bundan başka insansız istif yapan köprü vinçleri de (ASC) terminallerde kullanılmaktadır. Konteynerleri, yığının iki tarafından da alabilir. Raylar üzerinde yürür ve merkezi operasyon sistemi tarafından kontrol edilir. Köprü vinçlerinin depolama kapasiteleri yüksektir



Şekil 20.: Köprü Vinci

Kaynak: <http://www.kalmarind.com> Erişim tarihi: 02.04.2009.

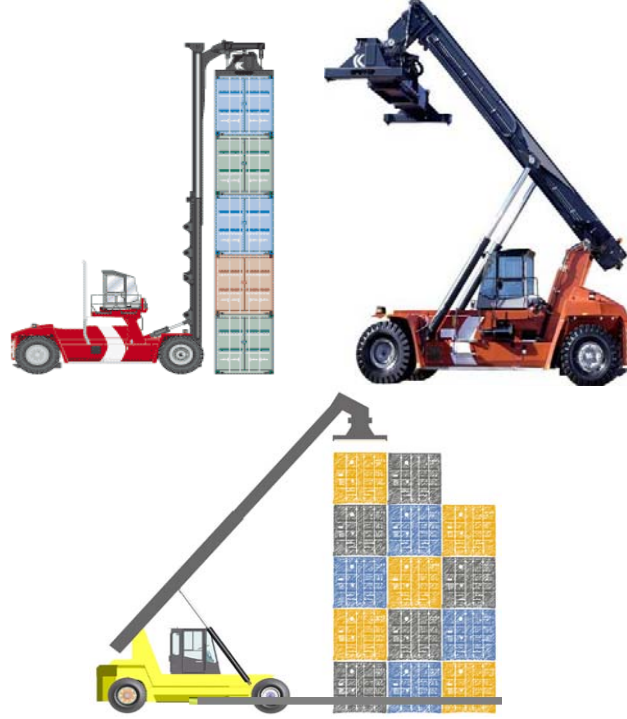
- **Straddle Taşıyıcı (SC):** Konteynerin hem terminal içinde taşınması hem de konteynerin istiflenmesinde kullanılan esnek ve nispeten hızlı bir ekipmandır. Yüksek maliyeti ve geniş istif sahalarını gerektirmesi nedenlerinden dolayı dünyanın birçok limanında olduğu gibi Türkiye’de de kullanılmamaktadır. Ayrıca bu ekipman dünyanın en önemli ve büyük terminallerinde yoğun olarak tercih edilmektedir.



Şekil 21.: Straddle Taşıyıcı

Kaynak: <http://www.kalmarind.com> Erişim tarihi: 02.04.2009.

- **Boş ve Dolu Konteyner İstifleyicileri (Reach Steaker-Top Loader):** Boş ve dolu konteynerin terminal sahası içinde kısa mesafeli taşınması, modlar arasında aktarılması ve istiflenmesi amacıyla kullanılan ekipmanlardır. Birçok çeşidi mevcuttur. Özellikle boş konteyner istifleyicileri (Top loader) yüksek istif özelliklerinden dolayı sahanın verimli kullanılmasını sağlayan nispeten ucuz ve pratik bir ekipmandır.



Şekil 22.: Boş ve Dolu Konteyner İstifleyicileri
Kaynak: <http://www.kalmarind.com> Erişim tarihi: 02.04.2009.

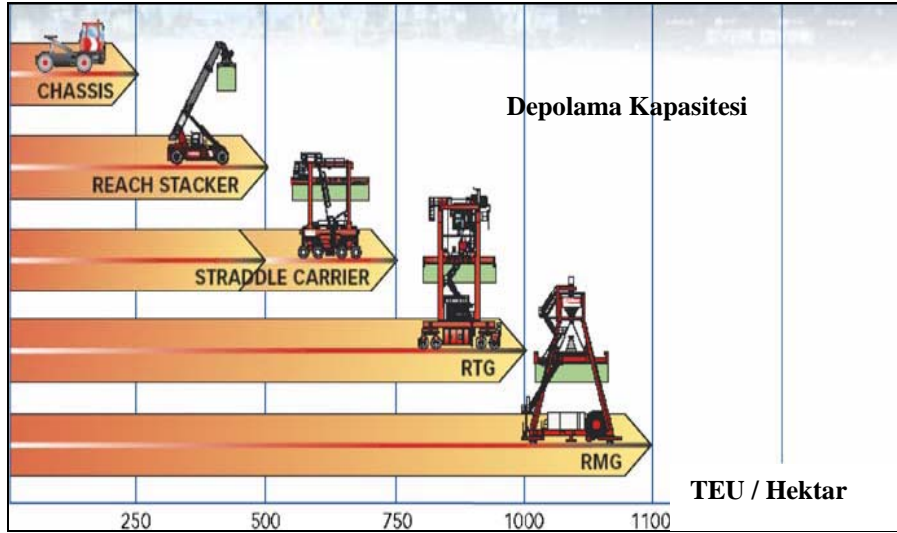
- **Terminal Traktörleri ve Şasiler:** Konteynerin terminal sahası içinde naklinde kullanılan tekerlekli ekipmanlardır. İnsansız modelleri AGV olarak adlandırılır. Kullanılan şasinin kapasitesine göre taşıma miktarları artar. Gelişmiş terminallerde terminal traktörleri özel şasileri sayesinde aynı anda 10 TEU yükü taşıyabilmektedir.



Şekil 23: Terminal Traktörleri ve Şasiler
Kaynak: <http://www.kalmarind.com> Erişim tarihi: 02.04.2009.

1.9.2. Ekipmanların İstif Kapasitelerinin Karşılaştırması

Konteyner istifleme operasyonlarını gerçekleştiren elleçleme ekipmanları arasında performanslarına göre bir karşılaştırma yapıldığında, birim depolama alanı içerisinde en fazla konteyner depolama kapasitesine sahip olan ekipman RMG olmaktadır. Şekil 24'de görüldüğü gibi bu sırayı RTG ve daha sonra straddle taşıyıcı takip etmektedir.



Şekil 24.: İstifleme ekipmanları kapasiteleri
Kaynak: Günther ve Kim, 2006.

Aşağıda bahsedilen konteyner terminalleri yük elleçleme sistemlerinden de anlaşılacağı gibi rıhtım vinçleri aşağıda bahsedilen her tip terminal tasarımının vazgeçilmez bir parçasıdır.

1.10.KONTEYNER TERMİNALLERİ YÜK ELLEÇLEME, AKTARMA VE DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Dünyada faaliyet gösteren tüm konteyner terminalleri ana lojistik faaliyetleri olan yük elleçlemeyi yerine getirirken belirli bir sistem dâhilinde bu işi yerine getirirler. Rıhtım vinci gemi yükleme ve tahliyelerinde kullanılırken konteynerin saha içine taşınmasında ve istiflenmesine göre ya da yüklemelerde konteynerin sahadan alınıp rıhtım vincine kadar taşınmasında kullanılan ekipmanlara göre bu sistemler değişmekte ve yoğun olarak kullanılan ekipmana göre de adlandırılmaktadır.

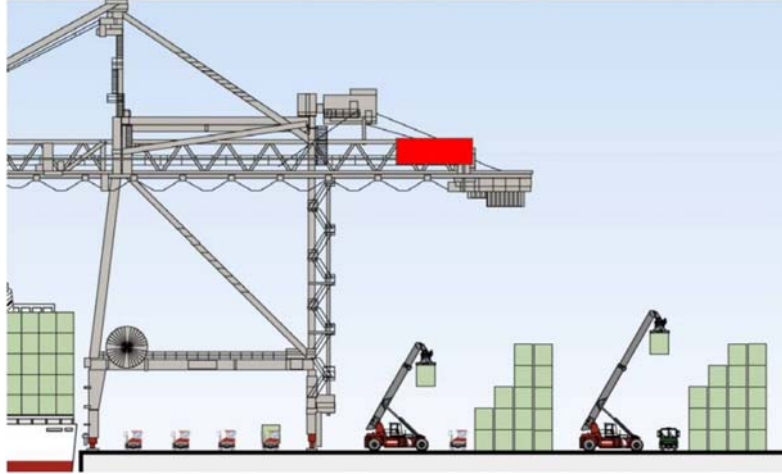
1.10.1. Treyler Sistemi

Gemiden boşaltılan ithal konteynerler treylerlere yüklenerek depolama sahasına götürülür. Burada konteynerler traktörler tarafından alınacağı zamana kadar depolama sahasında treyler üzerinde bekletilirler. İhraç konteyneri taşıyan treylerler ise traktörlerle depolama sahasına istiflenirler. Gemiye yükleme zamanı geldiğinde bu treylerler traktörlerle rıhtım vincinin altına getirilir ve rıhtım vinçleriyle gemiye yüklenirler. Konteynerlerin tek sıra halinde treylerle istiflenmesi ve dolayısıyla üst üste konulamaması gibi sebeplerden dolayı bu sistemin çalışması için çok geniş operasyon sahalarına ihtiyaç vardır. Konteynerin her an hali hazırda yüklemeye ve liman dışarısına çıkarılmaya beklemesi bu sistemi çok etkin kılmıştır. Ancak bu sistemi için çok geniş liman sahalarına ve çok fazla treylere ihtiyaç vardır. Bu sistem günümüzde artık kullanılmamaktadır.

1.10.2. Reach Steacker/Top Loader Sistemi

Bu sistemde gemi ile gelen konteyner rıhtım vinçleri ile terminal traktörlerine aktarılmakta, terminal traktörleri ise konteynerleri depolama sahalarına taşımaktadır.

Depolama sahasındaki reach steaker'lar ise traktörlerden aldıkları konteynerleri istiflemektedir. Her bir rıhtım vincine atanan traktör ve reach steaker sayısı operasyonlardan elde edilmek istenen verimliliğe ve terminal sahasının boyutlarına bağlı olarak 4-5 terminal traktörü ve 3-4 reach steaker olarak belirlenmektedir. Bu sistemle depolama kapasitesi her bir hektar için 3 kat istif yüksekliğiyle 500 TEU olmaktadır. Sistem riskin az olmasından dolayı daha çok küçük ölçekli terminallerde kullanılmaktadır.



Şekil 25: Reach Steaker/Top Loader Sistemi
Kaynak: Pirhonen, 2006.

Reach Steaker sisteminin üstünlükleri ve zayıf yanları aşağıdadır (JICA, 1998; 19);

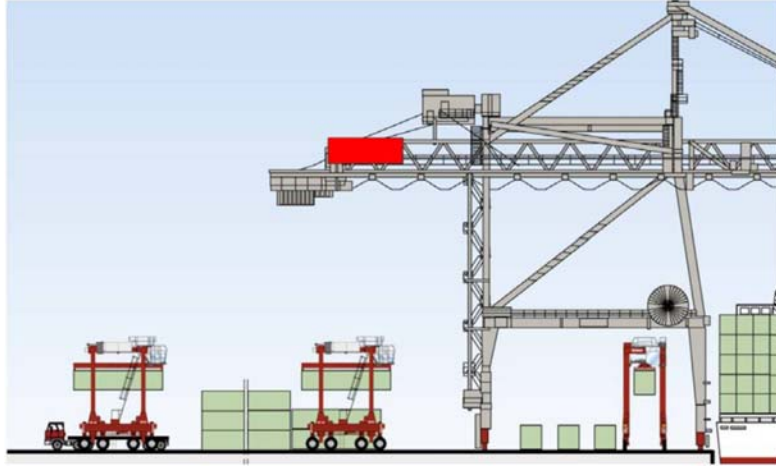
- Bu ekipmanlar forkliftin bir çeşididir ve kullanım ömürleri çok uzun olmakla birlikte arıza yapma oranları çok düşüktür.
- Diğer konteyner taşıma sistemlerine göre birim maliyeti düşüktür ve dolayısıyla ilk yatırım maliyetleri düşüktür.
- Konteynerden başka diğer ağır yüklerin taşınması uygun spreader ve tel sapanlar kullanılması durumunda mümkündür.
- Bu tip ekipmanlar çok güvenlidir, çünkü operasyon hızları çok yavaştır ve straddle taşıyıcılara göre kör noktaları çok daha azdır.
- Bu ekipmanda hareketli parçanın az olmasından dolayı bakım onarım masrafları azdır.
- Ağırlıkları straddle taşıyıcılardan yaklaşık % 15 daha fazladır. Ancak ekipmanın geniş bir alana yayılması, operasyon hızının yavaş olması ve tekerleklerinin kalın olması zemine verdiği zararı azaltmaktadır.

Reach steaker sisteminin zayıf yanları ise aşağıdaki gibidir:

- Diğer ekipman tiplerine göre operasyon sahası daha geniştir.
- Bu ekipmanların ana fonksiyonları konteynerin terminal traktörlerine yüklenmesi, indirilmesi ve istiflenmesidir. Konteynerin saha içinde taşınması için çok uygun değildir.
- Operasyon sırasında sahada çok sık konteyner hareketi yapılmaktadır.
- Yüksek istiflerde ekipmanın gücü çok yetersiz kalabilmektedir.
- Sahada çok fazla elleçleme hareketi olmasından dolayı gerçek zamanlı envanter tutumu zorlaşmaktadır.

1.10.3. Straddle Taşıyıcı Sistemi

Dünyadaki konteyner terminallerinde en çok tercih edilen sistemdir. Straddle taşıyıcı sistemi, konteynerin rıhtım vinciyle sahaya bırakılıp straddle taşıyıcı ile depolama sahasına taşınması ve yine bu ekipman ile istiflenmesi prensibiyle çalışır. Her bir rıhtım vincine atanan straddle taşıyıcı sayısı operasyonlardan elde edilmek istenen verimliliğe ve terminal sahasının boyutlarına bağlı olarak 4-5 adettir. 3 kat istifleme yapabilen straddle taşıyıcılar ile hektar başına 500 TEU, 4 kat istifleme yapabilenler ile hektar başına 625 TEU istifleme yapılabilmektedir. Sistemin en önemli özelliği bu ekipmanın hem taşıma hem de istifleme yapabilmesinden dolayı operasyonların hızlı olmasıdır.



Şekil 26: Straddle Taşıyıcı Sistemi
Kaynak: Pirhonen, 2006.

Straddle taşıyıcıların bakım onarım maliyetlerinin yüksek olması ve operasyon güvenliği zaaflarının olması bu sistemin zayıf yanıdır. Güvenli bir çalışma için straddle taşıyıcıların liman işçilerinin bulunduğu alanların dışında sınırlı bir alanda çalışmalarını ya da terminal sahasında insan bulundurmamak gibi önlemler alınmaktadır. Bu sakıncalarına rağmen straddle taşıyıcıların geniş çapta kullanımı bu ekipmanlarının esnekliğinin ve ihtiyaçları yüksek düzeyde karşılayabildiklerinin bir kanıtıdır.

Straddle taşıyıcı sisteminin üstünlükleri ve zayıf yanları aşağıdadır (JICA, 1998; 18).

- Straddle taşıyıcı konteyneri yüklemek, istiflemek ya da depolamak için başka bir ekipmanın yardımına ihtiyaç duymaz, bu özelliği operasyonların çok hızlı olmasını sağlar.

- Köprü vinçlerinden farklı olarak straddle taşıyıcılar, belirli bir hatta bağlı olmamalarından dolayı konteynerleri terminal sahasının herhangi bir yerine istifleyebilir.
- Terminal operasyonları sadece straddle taşıyıcılarla gerçekleştiği için yatırım maliyetleri düşüktür.
- Depolanan konteyner sayısının az olmasından dolayı, konteynerin köprülü vinç sistemine göre envanteri kolaydır.
- Elleçlemedeki birim maliyeti köprü vinci sistemine göre % 30 daha ekonomiktir.
- Konteyner istifleri tek bir hat olduğundan ve bu hatlar blok olmadığından konteynerin depolama sahasındaki kontrolü kolaydır.

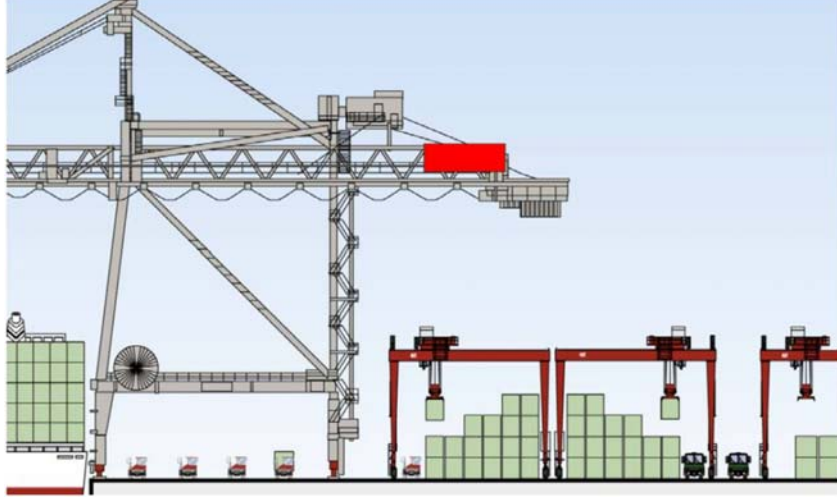
Straddle taşıyıcı sisteminin zayıf yanları aşağıdaki gibidir:

- Straddle taşıyıcıda diğer ekipmanlara göre hareketli parçaların fazla olması bu ekipmanın ömrünün kısa olmasına neden olmaktadır.
- Bu sistemde straddle taşıyıcılar terminal sahasının her noktasına ulaştığı için çok fazla terminal içi yola ihtiyaç vardır.
- Konteyner haricindeki diğer yükler, straddle taşıyıcının taşıma kapasitesi ve tasarımından dolayı mümkün değildir.
- Straddle taşıyıcıda operatör ekipmanın çapraz köşesinde yer almaktadır. Bu yüzden operatörün görmediği kör noktalar çok fazladır ve bu durum sahadaki personel, yük ve diğer ekipmanlar için çok tehlikelidir.
- Straddle taşıyıcıda çok fazla hareketli parça olmasından dolayı bakım onarım masrafları çok yüksektir.
- Tek bir hat istifi yapmasından dolayı zor hava şartlarında konteyner hatlarının devrilme tehlikesi vardır. Bir konteynerin devrilmesi durumunda ise diğer tüm hatların domino taşı gibi zincirleme yıkılması tehlikesi ortaya çıkabilmektedir.
- Belirli bir alanda istiflenen konteyner sayısı diğer sistemlere göre daha azdır.
- Operasyonların sistematikleşmesi güçtür.

1.10.4. Köprülü Vinç Sistemi

Sadece depolama amacıyla kullanılan köprülü vinçlerin lastik tekerlekli ve raylı olmak üzere iki tasarımı mevcuttur. Bu vinçlerin lastik tekerlekli olması, vince istif bloğunu değiştirebilme esnekliğini vermektedir. Raylı köprü vinçlerinde bu esneklik mümkün değildir. Köprülü vinç sistemi aslında doğrudan konteynerin sahada depolanmasıyla ilgili bir sistemdir. Rıhtım vincinden alınan konteyner terminal traktörleri ile depolama sahasında istifleme yapan köprü vinçlerine konteyneri taşımakta, köprü vinci ise traktör üzerinden aldığı konteyneri istiflemektedir. Köprü vinçleri terminal depolama sahasının verimli kullanılması açısından dünyada yaygın olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık bir hektarlık alanda bu sistemle 4 kat yükseklik ve 6 sıra genişlik ile 1.000 TEU

istiflenebilmektedir. Köprülü vinç sisteminin iş gücü maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen diğer sistemlerle karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyetleri ve operasyon maliyetleri düşük kalmaktadır.



Şekil 27: Köprülü Vinç Sistemi
Kaynak: Thoresen, 2003.

Bu sistem bahsedilen yüksek istifleme kapasitesinin yanında özellikle raylı tipleri otomasyona da elverişlidir. Köprülü vinç sistemi straddle taşıyıcı sistemine göre sabit bir hat üzerinde gidip geldiklerinden dolayı daha güvenlidirler. Ayrıca esnekliğinin az olması, bakım onarım masraflarının azlığı, ekipmanın çok az arıza yapması diğer üstünlüğüdür. Köprü vinçlerinin yaptıkları iş hacmine göre çevreye verdikleri zarar da daha azdır (Ulaştırma Bakanlığı, 1987; 52).

Köprü vinci sisteminin üstünlükleri ve zayıf yanları aşağıdadır (JICA, 1998; 17).

- Bu sistem depolama sahasının büyüklüğüyle doğrudan bağlantılı olmasına rağmen belirli bir alanda en fazla depolama kapasitesine sahip sistemdir.
- Hareket yönünün sabit olmasından dolayı bu sisteme ayrılan yol azdır.
- Hareket sisteminin sabit olmasından dolayı diğer ekipmanların köprü vinci ile teması ve saha personelinin güvenliği açısından bir üstünlüktür.
- Bakım onarım masrafları straddle taşıyıcı sisteme göre çok üstündür, örneğin Japonya'da yapılan ölçümlere göre köprü vinci sisteminin bakım onarım masrafları, straddle taşıyıcı sisteminin bakım onarım masraflarının aynı zaman diliminde neredeyse yarısıdır.
- Makinelerinin doğrudan jeneratöre bağlı olmasından dolayı makineler sabit hızda çalışmakta bu da ekipmanının ömrünü ve ekonomikliğini arttırmaktadır.

- Ağır yüklerin metal sapanlarla elleçlenmesi olanağına da sahip bir ekipmandır.
- Terminallerde kullanılan otomasyonlara son derece uyumludur.
- Güvenli bir şekilde 6 sıra ve 4 kat istif yapabilmesi sayesinde konteyner istifleri ağır hava şartlarından etkilenmemektedir.

Köprü vinci sisteminin zayıf yanları aşağıdaki gibidir:

- Diğer konteyner elleçleme ekipmanlarıyla karşılaştırıldığında köprü vincinin boyutları çok büyüktür, bu da operasyon hızını yavaşlatmaktadır.
- Köprü vincinin temel fonksiyonu konteynerin traktörden alınıp istiflenmesi veya istiften alınıp traktöre yüklenmesidir. Dolayısıyla konteynerin saha içindeki hareketlerinde traktörlere ihtiyaç duyulması sistemin maliyetini arttırmaktadır.
- İstif yüksekliğinin fazla olması nedeniyle alt sıralardaki konteynere erişim sorunu sistemin gerçek zamanlı çalışmasını engellemektedir.

1.10.5. Karma Sistemler

Straddle taşıyıcı ve köprü vinci sistemi dünyada yoğun olarak kullanılan sistemlerdir. Bunun yanında birçok sistemin iç içe geçtiği terminallerde mevcuttur. Özellikle Türkiye'deki önemli konteyner limanlarında (Mersin, İzmir, Marport, Kumport) birden fazla sistemin bir arada kullanıldığı görülmektedir.

1.11. KONTEYNER ELLEÇLEME SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Konteyner terminalleri için en uygun konteyner elleçleme sisteminin ve optimal elleçleme ekipman sayısının seçimi ön analizler gerektirmekle birlikte her bir sistemin üstünlükleri ve zayıf yanları göz önüne alınmalıdır. Ancak her terminalin kendine has yapısı olması nedeniyle mutlak doğru bir seçim sisteminden bahsetmek olanaksızdır.

Günümüzde özellikle Avrupa'da ECT Delta gibi önemli terminaller otomasyona geçmiştir. Otomasyona geçişte en önemli etken terminal operasyon verimliliğini en üst seviyeye çıkarmak ve iş gücü maliyetlerini olabilecek en asgari seviyeye indirmektir. Bu tip elleçleme sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksektir.

Her ne kadar treyler sistemi terminal operasyonlarının verimliliği açısından çok uygun görülse de, bu tip elleçleme sisteminde çok geniş terminal sahalarına ihtiyaç duyulması bu sistemin dünyada çok fazla tercih edilmemesine neden olmuştur. Dünya da en fazla tercih edilen sistemler köprü vinci ve straddle taşıyıcı sistemidir. Birbirlerine karşı kesin bir üstünlükten

bahsedilemeyen bu sistemlerden köprü vinci sistemi daha çok Uzak Doğu limanlarında, straddle taşıyıcı sistemi ise Avrupa limanlarında tercih edilmektedir.

Dragovic ve diğerleri (2008) yaptıkları çalışmada Asya'daki konteyner terminallerinin Avrupa'dakilere göre daha verimli çalıştığını iddia etseler de genel olarak straddle taşıyıcı sisteminin özellikle geniş bir hinterlanda hizmet veren, dolu konteyner oranının yüksek ve iç taşımaların daha çok karayolu ile gerçekleştirildiği limanlarda baskın geldiği söylenebilir. Diğer yandan köprülü vinç sistemi, transit yükün fazla ve özellikle boş konteyner elleçlemelerinin ağırlıklı olduğu limanlarda tercih edilmektedir.

Seçilen sistemin ne olduğu, özellikle sistemin performansını ölçerken değişik performans kıstaslarının kullanılması sonucunu doğurur. Bu noktada konteyner terminallerinde performans konusuna değinmek gerekir. Bu konuda açıklamalar 2. bölümde verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERE İLİŞKİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ VE SİMÜLASYON YÖNTEMİ

Daha önce de belirtildiği gibi, deniz ulaştırması, ulusal ve uluslararası ticarete; ekonomik gelişimde temel bir rol oynamaktadır. Liman verimliliği kavramı ise deniz ulaştırması kapsamında önemli bir yere sahiptir. Limanların sahip oldukları alt ve üst yapı elemanlarının satın alınması, inşa edilmesi ve işletilmesi yüksek maliyetli ve zor bir süreçtir. Limanın verimsiz kullanılması liman işletim maliyetlerinin artmasına ve sermaye kaybına sebep olmaktadır. Limanlar karmaşık, dinamik sistemlerdir ve limanlarda birçok faaliyet iç içe geçmiştir. Liman yönetimi çok sayıda karar almayı gerektiren karmaşık sistemler içermektedir. Bu karmaşık sistemlerin değerlendirilmesi ve alınan kararlara destek olması konusunda bir karar destek sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada bilgisayar simülasyonu, liman operasyonlarının analizinde, anlaşılmasında ve tasarlanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Konteyner gemilerinin liman sahasına gelmesinden itibaren; gemilerin demirde bekleme zamanının azaltılması, optimal rıhtım planlamasının yapılması, yükleme ve tahliye süreçlerinin programlanması, terminal kaynaklarının operasyonlara tahsisi, ortalama gemi hizmet zamanının azaltılması, liman ekipmanlarının ve liman sahasının verimli kullanılması, saha istif planlamasının yapılması, liman içi taşımaların planlanması, rıhtım ve saha işgal oranının azaltılması gibi konular konteyner terminallerinin temel problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Liman süreçlerinin herhangi birisinde olacak aksamalar, tüm lojistik sistemi etkileyebilmektedir. Örneğin rıhtım vincinin verimsiz çalışması, yükleme/boşaltma operasyonlarının hızını etkileyecek, gemilerin rıhtımda bekleme süreci artacaktır. Geminin rıhtımda beklemesi liman masraflarının artması ile taşıyana zarar verdiği gibi yük sahiplerinin yüklerini planlanan zamanlarda almamasına neden olacaktır. Bu durumdan zararlı olacak taraf sadece alıcı ve taşıyan değil, tedarik zinciri üzerindeki tüm kurum ve kuruluşlar olacaktır. Görüldüğü gibi liman operasyonlarının herhangi bir sürecinde meydana gelebilecek bir aksaklık, tüm lojistik süreci etkilemekte, dolayısıyla tedarik zinciri de bu durumdan doğrudan zarar görmektedir. Bu anlamda her sistemde olduğu gibi limanlarda da performansın ölçülmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Konteyner terminalleri performans ölçümünde simülasyon yöntemi, literatürde en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir. Liman simülasyonu hakkındaki mevcut literatür incelendiğinde 1980'li yıllardan günümüze kadar yapılan araştırmaları aşağıdaki beş grupta toplamak mümkündür:

- liman operasyonları simülasyon modelleri,
- liman planlaması simülasyon modelleri,
- liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri,

- limanlar için matematiksel modeller ve,
- konteyner terminalleri simülasyon modelleri.

Bu bölümde liman simülasyonu hakkındaki literatür bu beş başlık altında incelenmiş, liman simülasyonu hakkındaki mevcut literatürün değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.1. LİMAN SİSTEMİ VE ANALİZ YÖNTEMİ

Limanlar; girdisi, süreçleri, çıktıları olan açık bir sistemdir. Liman performansını ölçmek bir anlamda liman sisteminin süreçlerini değerlendirmektir.

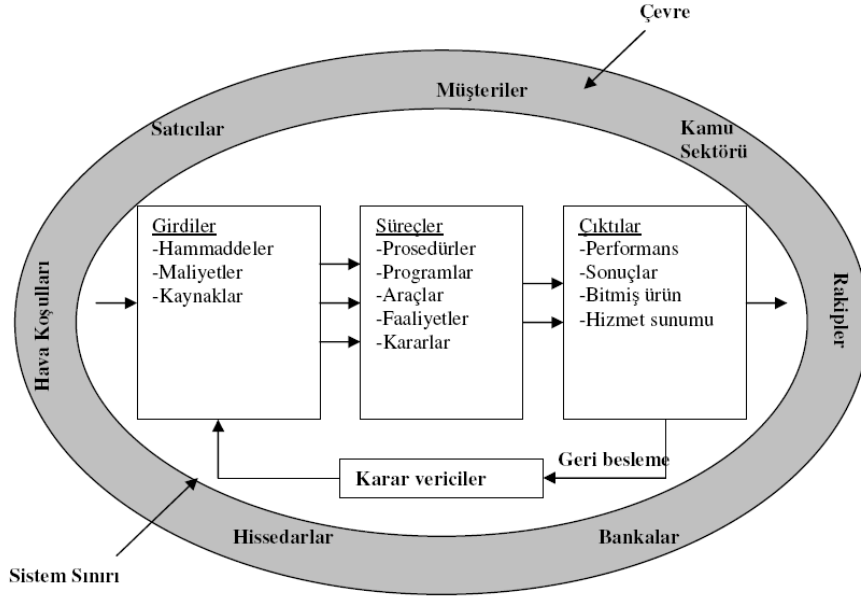
2.1.1. Sistemler ve Çevresi

Licker (1987) sistemi amaçlar ve ilişkiler doğrultusunda öğelerin bir araya gelmesi olarak tanımlamaktadır. Amaçsız bir sistemde bir araya gelmiş öğelerin bir anlamı olmadığı gibi bir şey yapmaları mümkün değildir. Sistemler öğelerin, amaçlarına ve ilişkilerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır.

Bu noktada süreç ve sistemlerin karıştırılmaması gerekir. Süreç, bir veya daha fazla girdiden bir çıktı üreten işlemler topluluğudur. Sistem ise süreci oluşturmak için kullanılan öğelerin toplamıdır. Süreç tasarımında sistemde ne oluşturulacağına odaklanılırken sistem tasarımında sürecin ne zaman, nerede ve nasıl işletileceğinin ayrıntıları üzerinde durulur. Genel olarak önce süreç sonra sistem tasarlanmaktadır (Yeroğlu, 2001; 24).

Başka bir tanıma göre sistem, fonksiyonların tanımlanması ya da amaçların sunulması niyetiyle insanlar, kaynaklar, kavramlar ve iş akışları gibi nesnelerin bir araya gelmesi olarak ifade edilir (Turban ve diğerleri; 2006, 41). Örnek olarak limanlar; ekipmanları, sahası, bilişim alt yapısı, işgücü, alt ve üst yapı elemanlarıyla bir sistemdir.

Bir yönetim destek sisteminin tasarımında sistem amaçlarının iyi tanımlanması çok önemlidir. Bütün sistemler alt sistemlerden oluşmakta ve her sistem başka büyük bir sistem içinde yer almaktadır. Örneğin yük elleçleme sistemi, liman sisteminin bir alt sistemi iken limanlar, lojistik sistemin bir alt sistemidir. Alt sistemler arasındaki tüm bağlantılar bir ara yüzle etkileşimli hale gelmektedir. Sistem ve sistemin içinde bulunduğu çevre Şekil 28'de incelenmektedir.



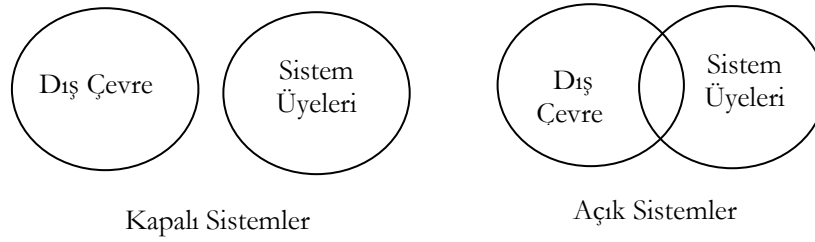
Şekil 28: Sistem ve Sistemin Çevresi
Kaynak : Turban ve diğerleri; 2006, 43

Sistemler girdiler, süreçler ve çıktılar olmak üzere üç ana parçaya ayrılabilir (Şekil 28). Sistemler bir çevre ile kuşatılmakta ve yine sistem içinde bir geri bildirim mekanizması yer almaktadır. Ek olarak karar vericiler de sistemin içinde yer almaktadır. Şekilde kullanılan kavramların ayrıntıları aşağıdaki gibidir:

- **Girdiler:** Sisteme giren tüm unsurlardır. Örnek olarak kimya fabrikasına ham maddenin girmesi, üniversiteye bir öğrencinin kaydolması ya da bir konteynerin liman kapısından içeri girmesi gösterilebilir.
- **Süreçler:** Girdilerin çıktı içinde yer alması ya da çıktı haline gelmesi için gerekli tüm elementlerdir. Örnek olarak bir fabrikada materyallerin elleçleme alt sisteminde yer değiştirmesi, makineler ya da insanlar tarafından işlenmesi süreçleri ifade eder. Aynı şekilde bir konteyner limanında konteynerin elleçlenmesi, depolanması, gemiye yükleme/boşaltma işlemleri yine bu süreçlere örnektir.
- **Çıktılar:** Çıktı bitmiş ürünler ya da sistemin sonuca ulaşması anlamına gelir. Örneğin mezun olan öğrenciler üniversite sisteminin, üretilmiş bir buzdolabı bir beyaz eşya fabrikasının çıktısıdır.
- **Geri Bildirim:** Sistem içinde çıktı unsurlarından karar vericinin sistemin çıktı ve performansını incelemesine doğru bir bilgi akışı olmalıdır. Çıktılara bağlı olarak kontrol sürecinde yer alan karar verici,

girdilerin, süreçlerin ya da her ikisinin tadil edilmesine karar verebilir. Kapalı bir döngü içinde gerçekleşen bu bilgi akışına geri bildirim adı verilir. Sistemlerin gözlemlenmesinin sebebi budur. Karar verici sistemin çıktıları ile arzu edilen çıktıları karşılaştırmakta ve değerlendirmekte ve çıktıyı hedeflere daha yakın hale getirmeye gayret etmektedir.

Sistemler, sistemin yapısı ve davranışlarıyla birbirinden farklılıklar göstermektedir (Zeigler ve diğerleri; 2000, 3). Burada sistemin yapısını sistemin girdileri, sistemin davranışları ise sistemin çıktılarını ifade etmektedir. Her sistemin başka bir sistemin alt sistemi olmasından dolayı, sistem analizi süreci hiçbir zaman bitmez. Bunun yanında bir sistem analistinın yönetilebilen sınırları tanımlayabilmesi gerekmektedir. Bu tür sınırlamaların yapılabildiği sistemler kapalı sistemler olarak ifade edilir. Kapalı ve açık sistemler Şekil 29'da gösterilmektedir.



Şekil 29: Açık ve Kapalı sistemler
Kaynak: Abernathy, 2005

Kapalı sistemler dış dünyadan bağımsızken, açık sistemler çevrelerinden etkilenmektedir. Öyle ki açık sistemler çevreden aldıkları girdileri yine çevreye sunarken, kapalı sistemler çıktılarını çevreye sunmazlar. Kapalı sistemlere örnek olarak bir ülkenin ordusu verilebilir. Açık sistemlerde verilen kararların tesirlerini belirlerken, sistemin çevreyle ve diğer sistemlerle olan ilişkisinin tanımlanması gerekir. Kapalı sistemlerde, sistemin dış dünyaya kapalı olmasından dolayı buna ihtiyaç yoktur.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında limanların açık bir sistem olduğu söylenebilir. Limanların ticari bir açık sistem olarak rekabetçi ortamda ayakta kalabilmeleri için sistem performansının ölçülmesi gerekmektedir. Özellikle çok fazla sistem girdisi ile (alt, üst yapı, ekipman, iş gücü, gemi, yük vs.) faaliyet gösteren limanlarda bilgi sistemlerinin kullanılması, etkin bir karar destek sisteminin aktif bir şekilde kullanılması zorunluluktur. Öncelikle sistemlerin işleyebilmesi için temel gereksinimlerden birisi olan bilgi sistemlerine ve bir bilgi sistemi türü olan karar destek sistemlerine değinmek gereklidir.

2.1.2. Bilgi ve Karar Destek Sistemleri

Fiziksel sistemler, üretim ve bilgi sistemleri gibi sistemlerin işlevlerini sağlayan birçok araç mevcuttur. Ancak günümüzde bilgi sistemleri özellikle önem kazanmıştır. Bilgi sistemleri konumuzla da doğrudan ilgilidir. Çünkü simülasyon, bir bilgi sistemi türü olan karar destek sistemleri dahilinde bir yöntemdir.

Bilgi sistemleri belli bir amaç için bir araya gelmiş süreçler, analizler ve bilgilerden oluşur. Bilgi sistemleri birçok organizasyonun kalbidir. Örneğin bankalar ve hava yolları şirketleri bilgi sistemleri ile faaliyetlerini sürdürebilmektedirler (Turban ve diğerleri; 2006, 46).

Bundan başka işletme ve çevresinde hangi verilerin toplanacağını ve nasıl işleneceğini belirleyen kurallar dizisi olarak tanımlanan bilgi sistemleri, belirli hedefleri karşılamak üzere, verileri karar vericiler için anlamlı bilgilere çeviren insan gücü, programlar ve yönetsel süreçlerden oluşan bir settir (Bensghir, 1996; 41).

İşletme ve çevresi arasında bir köprü görevi gören bilgi sistemleri birçok işletme için vazgeçilmez konumdadır. Bilgi sistemlerinin işletmelerdeki rolleri aşağıdaki gibidir (Turban ve diğerleri, 1996; 5):

- Verimliliği arttırmak,
- Maliyetleri azaltmak,
- Etkinliği arttırmak,
- Kaliteyi arttırmak,
- Rekabetçi üstünlük yaratmak,
- İşletme stratejisini uygulamak,
- Yapısal değişimlerde kullanmak,
- Daha iyi ve etkin kararlar almak,
- Müşteri gereksinimlerine ve dış çevredeki değişimlere hızla ayak uydurmak,
- Doğru bilgiye istenen zamanda ulaşmak ve yaratıcılığı geliştirmek

Yukarıdaki maddeler incelendiğinde aslında tüm bu maddelerin karar vermeye olan ciddi desteği görülebilir. Bu açıdan bilgi sistemlerinin karar verme sürecine destek açısından incelendiklerinde;

- Hareket İşleme Sistemleri
- Yönetim Bilgi Sistemleri,
- Üst Yönetim Bilgi Sistemleri ve
- Karar Destek Sistemleri

olmak üzere dört ana başlık altında sınıflandırılabilir (Tekin ve diğerleri, 2000; 125).

Hareket İşleme Sistemleri, işletmelerin finansman, muhasebe, pazarlama, üretim, dağıtım gibi fonksiyonlarını gerçekleştirirken karşılaştığı günlük ve tekrar eden işlemlerini destekleyen sistemlerdir. Yönetim Bilgi Sistemleri ise işletme içinden Hareket İşleme Sistemleri ile elde edilen verilerin düzenlenerek; yönetim faaliyetlerinde kullanımını sağlamaktadır.

Yönetim Bilgi Sistemleri bir yönetim destek sistemi olup bir işletmenin mevcut faaliyetlerinin planlanması ve kontrolü ile işletmenin gelecekteki performansının tahmin edilmesine olanak sağlayan rutin, özet raporların hazırlanmasını ve sunulmasını sağlamaktadır (Tekin ve diğerleri, 2000; 125).

Üst Yönetim Bilgi Sistemleri ise yöneticilerin görevlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak için tasarlanan, bilgisayar tabanlı bilgi sistemi olarak tanımlanabilir (Rai ve Bajwa, 1997, 940).

Karar Destek Sistemleri, alternatiflerin formüle edilmesinde, veriye erişimde, model geliştirmede ve sonuçların yorumlanmasında, alternatiflerin seçiminde veya seçimin etkilerinin incelenmesinde yardımcı olmaktadır (Sauter, 1997; 16). Karar destek sistemleri genellikle konumuz olan limanlar gibi açık sistemlerle ilgilidir. Bu sistemler çoğu zaman karışıktır ve incelenme esnasında sorunların çevreye ve sisteme verdiği etkilerinin tanımlanması gerekmektedir. Simülasyon yöntemi bir karar destek sistemi olarak, sistemlerin analizinde kullanılan bir yöntemdir.

Karar destek sistemlerinden simülasyonun özellikle liman performansını ölçmede ne kadar güçlü bir yöntem olduğu konusuna değinmeden önce performans ölçme gereksinimine konumuz olan limanlar kapsamında değinmek gerekir. Bu sayede limanlardaki karmaşıklık ve dolayısıyla simülasyon kullanma ihtiyacı daha iyi anlaşılabilir.

2.2. OPTİMİZASYON VE PERFORMANS KAVRAMLARI

En düşük maliyet ve en yüksek faydayı elde etmek için sorunların matematiksel araçlar yardımıyla çözülmesi optimizasyon olarak tanımlanmaktadır (<http://www.britannica.com/>Erişim tarihi : 05.10.2009). Bu anlamıyla optimizasyon bir problemde belirli koşullar altında mümkün olan alternatifler içinden en iyisini seçmektir.

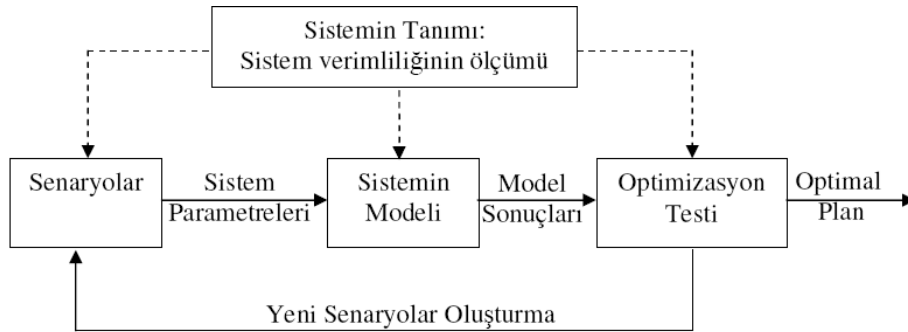
Optimizasyon modelleri, problemlerin hedef fonksiyonunu azami (kâr) ya da asgâri (maliyet) eden çözümler sunmaktadır (Rardin, 1998, 5). Bu tanıma göre optimizasyon belli koşullar altında en elverişli, en iyi olan sonucun elde edilmesi için yapılan çalışmaları ifade etmektedir. Diğer yandan optimizasyon; belirli bir dönemde, belirli bir faaliyet hacmi aralığını temsil eden kapasite sınırları içinde, ortalama maliyeti minimum yapacak çıktı düzeyine (optimum kapasiteye) ulaşmayı hedefler (Özdemir, 2007; 86). Bu nedenle optimizasyonun

ancak atıl kapasiteye sahip bir işletmede verimlilik artışına yol açabileceği ifade edilebilir.

Görüldüğü gibi optimizasyon; verilen şartlar arasında en iyi sonucun elde edilmesi işidir (Gençoğlu, 1999). Örneğin; bir liman işletmesinde mümkün olduğu kadar az işgücü kullanarak, en fazla elleçleme yapma gayreti bir optimizasyon çalışmasıdır. Ya da bu araştırmanın kapsamında olduğu gibi liman lojistik süreçlerinin simülasyon yöntemi ile iyileştirme gayreti yine bir optimizasyon çalışmasıdır.

İşletmelerin en kısa zamanda en az girdi ile en uygun sonuçlara ulaşması hedeflenmektedir. İşletme fonksiyonlarını oluşturan yönetim, pazarlama, üretim, finans-muhasebe, personel, AR-GE ve halkla ilişkilerin, işletme tarafından tam ve açık bir şekilde tanımlanmış bir hedef dahilinde birbiriyle bütünleşik olarak çalışması, ancak her bölümün kendi içinde hedefe yönelik organize bir biçimde optimizasyona ulaşma çabası ile mümkündür (Akal, 2003).

Optimizasyon çalışmalarının süreçleri aşağıdaki Şekil 30'da sunulmuştur.



Şekil: 30: Optimizasyon Süreci

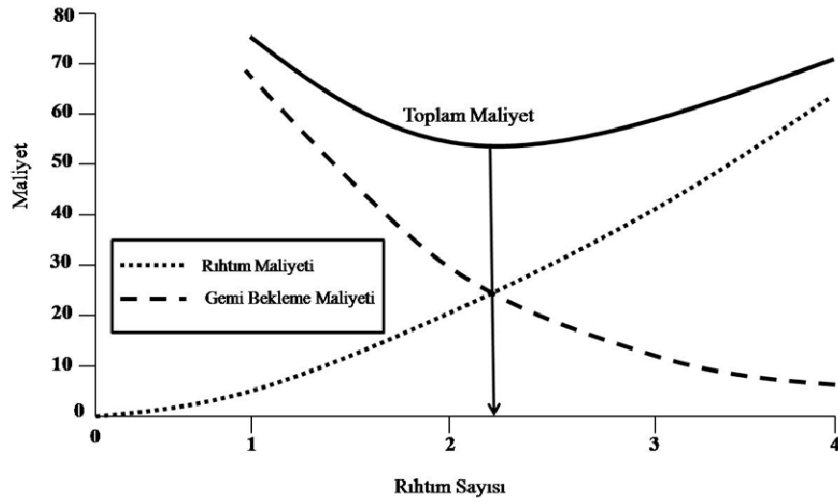
Kaynak: Shapiro, 1984; 5.

Şekil 30'da da sunulduğu gibi optimizasyon sürecinin temeli sistem verimliliğinin ölçülmesine dayanmaktadır. Üretilen senaryolara bağlı olarak sistem parametreleri, geliştirilen model üzerinde denenmektedir. Model çıktıları daha sonra optimizasyon testlerine tabi tutulmaktadır. Bu testler sonucunda sistemin optimize edildiği sonucuna varılırsa elde edilen plan optimum plandır. Testlerin olumsuz sonuçlar vermesi durumunda ise yeni senaryolar denenmeye devam etmektedir. Bu denemeler ise sistemi optimize eden değişkenlerin bulunmasına kadar sürer.

Bu çalışmada kullanılacak olan simülasyon yöntemi ise sistemin davranışlarını anlamada ve sistem süreçlerini optimize etmede kullanılan ve

sanal gerçekliğe sahip bir yöntemdir (Chinbat, 209; 166). Simülasyon modelleri sayesinde sistem performansına etki eden değişkenlerin performansı ölçülebilmekte ve bu sayede sistem süreçleri optimize edilebilmektedir.

Şekil 31'de optimizasyon çalışmasının liman sektöründe kullanım biçimine bir örnek olarak gösterilebilir. Gemi operatörleri gemilerini limanlarda rıhtım yoğunluğundan dolayı bekletmek istemediklerinden bir limana ulaştıklarında rıhtımların boş olmasını isterler. Diğer yandan liman operatörleri ise gemilerin rıhtım önünde kuyrukta beklemesini dolayısıyla rıhtımın hiçbir zaman boş olmamasını, rıhtımların sürekli para kazanmasını isterler. Hem gemi operatörlerinin hem de liman işletmecilerinin asgari maliyetle iş yapabilmeleri için optimal rıhtım sayısının tayin edilmesi gerekir.



Şekil 31.: Limanlarda Rıhtım Sayısının Optimizasyonu
Kaynak: Alderton, 1999; 133.

Limn işletmecilerinin yeni bir rıhtım inşası için katlandıkları maliyeti ile gemilerin bir rıhtıma yanaşmak için demirleme sahasında beklemelerinden kaynaklanan maliyetlerin kesişim noktası optimum rıhtım sayısını ifade etmektedir. Bu kesişim noktası aynı zamanda toplam maliyetin en az olduğu noktadır (Şekil 31).

Görüldüğü gibi sistem optimizasyonunun temelinde performans ölçümü yatmaktadır. Performans kavramının birçok tanımı mevcuttur ve en basit tanımıyla performans, verimliliğin ölçülmesidir. Bazı performans tanımları ve önemli performans terimlerine ilişkin tanımlar aşağıda sunulmuştur.

Performans ölçümü bir işletmenin kullandığı kaynakları, ürettiği ürünleri ve hizmetleri, elde ettiği sonuçları takip etmesi için düzenli ve sistematik biçimde veri toplaması, bunların analiz edilmesi ve raporlanması süreci olarak tanımlanmaktadır (Yenice; 2006; 52). Performans ölçümü bir işletmenin yürüttüğü faaliyetlerde hedeflenen sonuçlara ulaşip ulaşmadığı, hizmetlerin verimli, etkin ve tutumlu bir düzeyde gerçekleşip gerçekleşmediği süreçlerinin değerlendirilmesinde önemli bir yönetim aracı olarak işlev görmektedir (Yörükler, 2002). Başka bir tanımlamaya göre ise kendi başına bir amaç olmayıp gerektiğinde karar alma sürecinde yararlanmaya elverişli ve güvenilir bilgileri sağlamaya yönelik bir faaliyettir (Bayar, 2008; 12).

Performansın ölçülmesinde kullanılacak başlıca göstergeleri ya da boyutları yedi başlık altında toplayabiliriz, bunlar verimlilik, kalite, kârlılık, maliyet, yenilik, müşteri memnuniyeti ve çalışanların memnuniyetidir (Aktan, 2005).

En önemli performans boyutlarından birisi olan verimlilik bir sistemde girdi başına çıktı veya faaliyet düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Bayar, 2008; 12). Başka bir tanımlama ile verimlilik üretim sonucu (çıkıtı) ile üretim faktörleri (girdi) arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Kısaca verimlilik, çıktıların girdilere oranıdır (Geylan, 2007; 10).

Limanlar da dâhil olmak üzere sistemler, iki temel performans ölçümüyle değerlendirilebilir. Bunlar verimlilik ve etkinlik ölçümleridir (Turban ve diğerleri; 2006, 45):

- Verimlilik hangi hedeflere ulaşabildiğimizin bir göstergesidir ve genellikle sistemin çıktısıyla ilgilidir.
- Etkinlik, çıktılara ulaşabilmek için girdi ya da kaynak kullanımının ölçülmesidir.

Etkinlik kavramı ise etkinlik ve mevcut koşullara uyma yeteneğinin birleşimidir. Buna göre etkinlik kavramı mevcut hedeflere ulaşmak için kaynakların kabul edilebilir ölçülerde kullanımınıdır. Bu durumda etkin bir organizasyon hem verimli çalışmakta hem de koşulları kendi amaçları lehine kullanmaktadır (Carnall; 2003).

Verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki sermaye, malzeme, enerji ve bilgi gibi kaynakların etkin kullanımınıdır. Yüksek verimlilik, aynı miktar kaynakla daha çok üretmek ya da daha az kaynak ile aynı çıktı düzeyini yakalamaktır (Gerşil, 2007; 1)

Verimlilik bir üretim biçiminde veya bir ekonomide üretim faktörlerinin ne ölçüde başarıyla kullanıldığını ortaya koyan bir kavramdır. Üretim süreci sonunda elde edilen çıktıların miktar ya da değerlerinin, bu üretimi

gerçekleştirmek amacıyla kullanılan girdilerin miktar veya değerine bölünmesiyle ortaya çıkan oranlar verimlilik düzeyinin göstergesi olarak kabul edilmektedir (İçöz, 2004; 1).

Verimliliği arttırmak demek girdileri tam, doğru ve etkin kullanmak demektir. Doğru işleri doğru zaman ve zeminde, doğru biçimde yapmak demektir. Bu yapılmadığında üretim, istihdam, verim ve verimlilik kayıpları büyük olmakta, bu da firmaların toplumların, ülkelerin gelişme yarışında daha gerilerde kalmasına neden olmaktadır (Suiçmez, 2007).

Caiden (1997), işletmenin sunduğu hizmetleri “tutumluluk” (economy), “verimlilik” (efficiency), “etkililik” (effectiveness), tanımlamalarına göre değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeye göre;

- Tutumluluk, kurumun (belirli bir hizmet düzeyi için) mümkün olan en düşük maliyetle hizmet sunma kapasitesini,
- Verimlilik, girdi olarak kullanılan kaynaklar ile sağlanan çıktılar arasındaki ilişkiyi,
- En az girdi ile mümkün olan en fazla çıktının üretilmesi veya bir birim çıktının en az girdi ile üretilmesini,
- Etkililik ise daha çok sonuç ile ilgili bir kavramı olarak sonuçlara ilişkin hedeflerin ne ölçüde gerçekleştirildiğini ifade etmektedir (Kirmanoglu ve Çak, 2000; 3).

Etkenlik, etkililik ve verimlilik kavramları birbirinin aynısıymış gibi görünmektedir. Ancak arada farklar vardır.

İktisadi olarak, etkililik daha çok planlara ulaşmanın, verimlilik belli bir çıktının en az maliyetle üretilmesinin, etkinlik ise bir girdi-çıktı mekanizması aracılığı ile işleri doğru yapabilme kabiliyetinin; dolayısıyla bir ekonominin rekabet edebilme gücünün bir ölçüsüdür. Etkenlik mevcut kaynakların kullanımı ile ilgili bir kavram olmasına karşın etkililik amaçlarla ve çıktılarla ilgili bir kavramdır (Yaldız, 2009).

Temel olarak verimlilik doğru işi yapmaktır, etkinlik ise yapılan işi doğru yapmaktır. Etkililik ise elde edilen sonuçların belirlenen hedeflere ulaşmaya oranıdır.

2.3. LİMANLARDA TEMEL PERFORMANS GÖSTERGELERİ

Liman endüstrisinde de diğer endüstriler gibi performans ölçümü mümkündür. Bazı ölçümler verimlilik göstergeleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Performans tahmini bütün ekonomik faaliyetler için bir gerekliliktir ve literatürde performans hakkında birçok tanımlama mevcuttur (Marlow ve Casaca, 2003). Mentzer ve Konrad (1991) performans faaliyetlerin başarıyla gerçekleşebilmesi için “verimlilik ve etkinliğin, hedeflere ulaşabilmek için incelenmesi” olarak tanımlamaktadır.

Dünyada bütün limanlar birbirlerinden farklı yapılara sahiptir. Bu farklılıktan dolayı liman performansının ölçümü ve analiz edilmesi çoğu zaman karmaşıktır. Liman veya terminal operasyonlarının önemli faaliyetlerini ölçen tek bir performans göstergesi yoktur. Bu karmaşıklık liman işletmelerinde nelerin performans göstergesi olarak gösterileceği, bu ölçümlerin nasıl yapılacağı ve yine bu ölçümlerin nasıl ifade edileceği konularında sektörel standartların oluşturulmasındaki zorluklardan kaynaklanır. Araştırmanın bu bölümünde limanlar ve konteyner terminallerindeki performans ölçümleri hakkında mevcut literatür incelenmektedir.

Estache ve Rossi (1999) çalışmalarında liman performansını 2 sınıfa ayırmışlardır:

- Liman verimliliği: Konteyner terminaline ait girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Her bir vincin yaptığı hareket sayısı, vincin saatte elleçlediği yük miktarı gibi.
- Liman üretimi: Konteyner terminal operatörlerine ait girdi ve çıktı arasındaki teknik ilişkiyi belirtmektedir.

Limanlar karmaşık dinamik lojistik sistemler olarak birçok sürecin etkileşim halinde olduğu alanlardır. Liman işletmeciliğinde kaynakların faydalı kullanımı ve operasyonların en optimal şekilde yönetilmesi liman planlamasının en önemli iki amacıdır (Tahar ve Hüseyin, 2000). Tu-Chung'a (1992) göre bu iki temel amaç altında terminal verimliliğinin artırılması, kullanılan ekipmanların faydalı kullanım oranlarının iyileştirilmesi, terminal trafiğindeki sıkışıklıkların ve işlem maliyetlerinin en aza indirilmesi konuları ön plana çıkmaktadır.

Verimli çalışan bir liman, iş gücü ve sermaye gibi üretimin temel faktörlerinin üretkenliğini, satılan ürünlerin kârlılığını yükseltmektedir (Walter, A., 1975; 42). Bu durum ise üretimde çıktı, girdi ve işgücünün seviyesini arttırmaktadır (Talley, 1988; 25).

Liman operasyonları gittikçe özelleşmekte ve terminallere ayrılmaktadır. Liman performansı aynı tipteki yavaşlama yerleri için ya da terminaller için

değerlendirilmelidir. Performans göstergeleri genelde şu şekilde ifade edilir (Bartan, 2007; 53);

- **Ortalama limana gelen gemi sayısı:** Belirli bir zaman diliminde limana gelen gemilerin ortalaması.
- **Elleçlenen ortalama yük miktarı:** Belirli bir zaman diliminde ortalama yük hacmi ya da yük ağırlığı.
- **Yılda her bir yanaşma yerine gelen gemi sayısı:** Limana yıllık toplam gelen gemi sayısının toplam yanaşma yeri (rıhtım ve iskele) sayısına oranı.
- **Elleçlenen yük miktarının saatlik veya günlük miktarı:** Yük elleçleyen ekipmanın saat başına elleçleme miktarı.
- **Her bir vincin bir saatte elleçleyebildiği yük hacmi veya ağırlığı**
- **Ortalama gemi dönüşüm süresi;** Gemilerin limanda kaldığı toplam sürenin toplam gemi sayısına oranı.
- **Günlük (veya saatlik) gemi başına elleçlenen ortalama yük miktarı;** toplam elleçlenen yük miktarının günlük toplam gemi sayısına oranı.
- **Yanaşma yerinde harcanan ortalama gemi süresi;** yanaşma yeri boyunca harcanan toplam sürenin yaşanan toplam gemi sayısına oranı.
- **Yanaşma yeri harici harcanan ortalama gemi süresi:** (limandaki toplam süre- yanaşma yerinde harcanan süre) / toplam gemi sayısı.
- **Ortalama bekleme süresi:** Gemilerin limana gelişinden, limandan ayrılışına kadar geçen sürenin ortalaması.
- **Ortalama bekleme oranı:** Geminin yanaşmak için beklediği süre ile yanaşma yerinde geçirdiği sürenin birbirine oranıdır. Aynı zamanda bu oran tıkanıklık göstergesidir.
- **Ekibin saatte elleçlediği yük miktarı:** Elleçlenen toplam yük/(toplam ekip sayısı x çalışma süresi).
- **Limanda kalma süresi:** (toplam yük miktarı x limanda kaldığı gün sayısı)/ Elleçlenen toplam yük miktarı.
- **Yanaşma yeri çıktısı:** Toplam elleçlenen yük miktarının toplam yanaşma yerine sayısına oranı.
- **Yanaşma yeri boyunca bir metrede elde edilen çıktı miktarı:** Yanaşma yerinde elleçlenen toplam yük miktarının rıhtımdaki yanaşma yerlerinin toplam uzunluğuna oranı.
- **Yanaşma yeri kullanım oranı (%):** Limandaki rıhtım/iskelelerin boş durdukları süre ile bir gemiye hizmet verdikleri sürelerin birbirine oranı.
- **Yanaşma yeri faydalanma (yararlanma) oranı (%):** Gemilerin yanaşma yerinde çalıştığı (operasyonun gerçekleştiği) sürenin yanaşma yerinde harcanan toplam süreye oranıdır.
- **Tonaj (GRT veya NRT) başına düşen gelir/gider maliyeti:** Toplam gelir veya gider miktarının toplam gemi tonajına oranı.

Limanın verimli çalışıp çalışmadığı bahsedilen göstergelerin ölçümü ile anlaşılır. Bu kapsamda liman performansını ölçme konusundaki literatürde birçok yayına ulaşmak mümkündür.

Liman verimliliğinin ölçümü, denizcilik sektöründe önemli bir gereksinimdir. Liman alt ve üstyapıları, satın alınması ve işletilmesi çok pahalı ve güçtür. Bu nedenle limanların verimlilik derecesinin düşük olması limanın daha yüksek maliyetlerde işletilmesine ve dolayısıyla müşteri ve sermaye kaybına neden olmaktadır (Tahar ve Hussain, 2000). Ayrıca limanların tedarik zinciri içinde önemli bir yere sahip olmasından dolayı da liman verimliliği, ulusların önemli bir rekabet unsuru olarak karşımıza çıkar (Tongzon, 1989; Chin and Tongzon, 1998).

Limanlar, birçok faktörden etkilenen karşılıklı etkileşim halindeki unsurların karmaşık dinamik sistemlerinden oluşmaktadır. Bu anlamda liman yönetiminde kaynakların olabilecek en yüksek faydada kullanılması ve liman operasyonlarının verimli yönetilmesi iki temel amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu iki temel amaç bünyesinde, limanlarda elleçlemenin arttırılması, rıhtım-vinç-saha gibi kaynakların faydalı kullanılması, elleçleme zamanının azaltılması, liman sıkışıklığının giderilmesi, taşıma sözleşmesi gereği tanımlanmış olan yükleme/boşaltma süresinin aşılması sonucu taşıtanın taşıyana ödediği sürastarya'nın ve operasyon maliyetlerinin en aza indirilmesi gibi alt başlıkları barındırmaktadır (Tu-Chang, 1992).

Liman yöneticileri, liman alt ve üst yapılarını gemi operasyonları, yükleme boşaltma, geçici depolama ve liman içi operasyonlar için en uygun hale getirme çabası içindedir. Bu nedenle liman performansını ve verimliliğini geliştirme konusuna yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Culliane ve diğerleri, 2002; 125). Liman performansının düşük olmasının getirdiği olumsuzluklar çok açıktır. Thomas ve Monie'ye (2000) göre liman ve terminalerin performanslarının ölçülmesi bir zorunluluktur. Liman ya da terminalin verimliliğinin ölçülmesi özel bir öneme sahiptir çünkü bu göstergeler ülke ekonomisi, ülke vatandaşlarının refahı ve ticari hayatın düzeni açısından önemlidir.

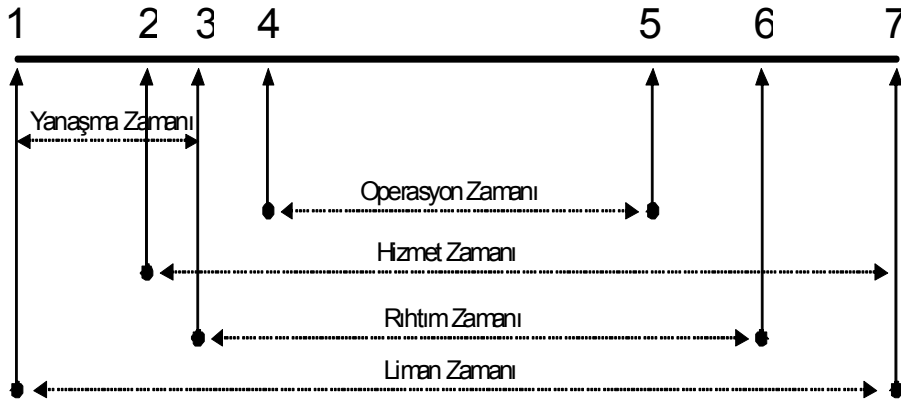
Tüm bu sebeplerden dolayı liman ya da terminal yöneticilerinin performanslarını ölçmeleri, performans hedeflerinin tespiti ve bu hedeflerin tutturulması için bir zorunluluk haline gelmiştir.

Limanlar karmaşık, birçok girdi ve çıktudan oluşan bir iş koludur ve her liman homojen bir yapıya sahip değildir, bu da performans ölçümünde güçlükler neden olmaktadır (Valentine ve Gray, 2002).

UNCTAD'ın (1999) limanlardaki operasyon performansının ölçülmesi için belirlediği kriterler Şekil 32'de görüldüğü gibidir. Bu kriterler her çeşit

limanda gemi-rıhtım operasyonları için kabul edilen temel performans göstergeleridir. Şekil 32'de bahsedilen açıklamalara dayanarak aşağıdaki temel operasyon performans göstergeleri tanımlanabilir:

- Geminin limanda geçirdiği süre = Geminin limana gelmesi ve ayrılması arasındaki süre (7 – 1)
- Geminin hizmet aldığı toplam süre = Gemiye rıhtıma yanaştırmak için pilotun gemiye çıkması ve geminin limandan ayrılması arasındaki süre (7– 2)
- Geminin rıhtımda geçirdiği süre = Geminin rıhtıma yanaşması ve ayrılması arasındaki süre (6 – 3)
- Yükleme/tahliye operasyonunun yapıldığı süre = Yükleme/tahliye operasyonlarının başlaması ve bitmesi arasındaki süre (5 – 4)
-



Açıklamalar	
1	Geminin Liman Demirleme Sahasına Varışı
2	Pilotun gemiye alınması
3	Geminin rıhtıma yanaştırılması
4	Yükleme/tahliye operasyonunun başlaması
5	Yükleme/tahliye operasyonunun bitmesi
6	Geminin rıhtımdan ayrılması
7	Geminin liman sahasından pilotu bırakarak ayrılması

Şekil 32: Limanlarda Temel Gemi - Rıhtım Performans Göstergeleri
Kaynak: UNCTAD, 1999.

Tongzon (1995) özellikle liman geliştirmesi konusunda liman performansının ölçümünün önemine değinerek verimlilik ve etkinliğin iyi ayırt edilmesinin savunmaktadır. Bu ayırmadan yola çıkarak liman performans göstergeleri iki başlık altında incelenebilmektedir, bu ayırımı Tablo 4'te gösterildiği gibi UNCTAD finansal ve operasyonel olarak incelemektedir.

Tablo 4: UNCTAD Tarafından Önerilen Performans Göstergeleri

Finansal Göstergeler	Operasyonel Göstergeler
Toplam elleçlenen tonaj	Gemi geliş zamanı
Her bir ton için rıhtım işgaliye geliri	Gemi bekleme zamanı
Her bir ton için yük elleçleme geliri	Hizmet zamanı
İşgücü harcamaları	Gemi döngü zamanı
Her bir yük için sermaye ekipman harcamaları	Her bir geminin tonajı
Her bir ton yükün katkısı	Elleçlenen geminin rıhtımda geçirdiği süre
Toplam katkı payı	Her bir geminin elleçlemesinde kullanılan posta sayısı
	Limanda her bir gemiden saatte yapılan elleçleme
	Rıhtımda her bir gemiden saatte yapılan elleçleme
	Postaların saatte elleçledikleri yük miktarı
	Postaların elleçlemeye harcadıkları zaman

Tablo 4'te geleneksel liman performans göstergeleri gösterilmektedir. Bu göstergeler UNCTAD (1976) tarafından önerilmekte ve referans noktası olarak kabul edilmektedir (Marlow and Casaca, 2003).

Güler (1996), her tip limanda kullanılabilir 12 performans değışkenlerinden bahsetmiştir, bunlardan bazıları aynı zamanda performans ölçümü için kullanılan göstergelerdir. Bu göstergeler; yıllık yük elleçleme kapasitesi, rıhtım sayısı, gelen gemi büyüklüğü, kuyruk uzunluğu, toplam gelen gemi sayısı, gemilerin geliş sıklığı, gemi geliş dağılımları, hizmet zamanı, hizmet zamanı dağılımları, bekleme zamanı, geminin limanda geçirdiği toplam süre ve rıhtımın faydalı kullanım oranıdır.

Trujillo ve Nombela (1999) ise liman verimlilik ölçümünü üç ana başlık altında incelemişlerdir, bunlar:

1. Fiziksel göstergeler,
2. Faktör verimliliği göstergeleri ve
3. Ekonomik ve finansal göstergelerdir.

Fiziksel göstergeler genellikle gemiyle ilgili zaman ölçümlerini içermektedir. Bunlar gemi döngü zamanı, gemi bekleme zamanı, rıhtım işgaliye oranı ve rıhtımda çalışma zamanıdır. Bazı durumlarda kara ulaştırma modlarıyla koordinasyonda ölçülebilmekte, bunlar da yük bekleme zamanı ya da yükün liman sahasına indirilmesinden limanı terk etmesi arasındaki süre olarak hesaplanır. Faktör verimliliği göstergeleri limanın deniz tarafıyla ilgili ölçümleri içermekte, örnek olarak gemiden yükün indirilmesi için gerekli iş gücü ve sermaye ölçümlerini içerir.

Bundan başka ekonomik ve finansal göstergeler ise deniz yaklaşımı ile ilgilidir, bunlar da operasyon ve toplam gelirin ölçümü ve toplam elleçlenen yükün maliyet ölçümüyle ilgilidir (Bichou and Gray, 2004).

Geleneksel olarak liman performansı çoğunlukla rıhtımdaki yük elleçlemesi üzerine (Bendall and Stent, 1987; Tabernacle, 1995; Ashar, 1997), tek faktör verimliliğinin ölçülmesine (De Monie, 1987) veya belli bir zaman periyodunda optimal elleçleme ve gerçekleşen elleçlemenin karşılaştırılmasına yoğunlaşmaktadır (Talley, 1998). Günümüzde ise faaliyetleri karlı hale getirmeye yönelik verimlilik ölçümleri önem kazanmaktadır.

2.4. KONTEYNER TERMİNALERİNDE LOJİSTİK SÜREÇLERİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Temel olarak konteyner terminalinin operasyonları aşağıdaki alt başlıklar altında incelenebilir (Koh ve Ng, 1994):

- **Rıhtım Tahsis Operasyonu:** Rıhtım işgaliyesi gemilerin geliş programları ve iskele alanı ve rıhtım vinci kaynaklarının, hizmet vermek için gemilere tahsisini içermektedir. Liman, tüm çeşit gemilerin elleçlenebilmesi için donatılmış olabilir fakat rıhtım operasyonlarının en önemli yanı, gemilerinin toplam döngü süresidir.
- **Gemi Operasyonu:** Gemi operasyonu konteynerlerin yükleme boşaltma faaliyetlerini içerir. Bu elleçleme faaliyeti rıhtım vinçleri tarafından senkronize bir şekilde yapılmakta, her bir konteynerin güvenli elleçleme süreci gerçekleştirilmelidir. Yüksek vinç oranlarına erişimde (saat başı elleçlenen konteyner sayısı), planlayıcı vinci çalışma düzenini (vinç hareketlerinin) optimize etmesi, yan tarafta bulunan vinçle hiçbir şekilde çarpışmanın olmaması ve ana taşıyıcıların rıhtımda yükleme/boşaltma işlemlerinde rıhtım vincine düzgün bir besleme düzenine sahip olması gerekmektedir.
- **Saha Operasyonu:** Saha operasyonu terminallerdeki bütün faaliyetler içinde en yoğun olan operasyondur. Bu operasyonlar gemilerden yüklerin boşaltılması, gemilere konteynerlerin yüklenmesi, sırada bekleyen konteynerlerin işleme sokulması, konteynerlerin saha

bloklarında gemilere daha verimli yükleme yapılabilmeler için sahaya dağıtılması, terminaller arası taşımaları içermektedir.

- **Kapı Operasyonu:** Kapı operasyonu iki faaliyetten oluşmaktadır. Birinci faaliyet limana gemiye yüklemek için getirilen konteyner için giriş işlemleridir. İkinci faaliyet ise limana tahliye edilen konteynerin alıcısına teslim etmek için yaptırdığı çıkış işlemleridir.
- **Programlama:** Liman sahasındaki ana konteyner taşıyıcıları, saha vinçleri ve diğer konteyner elleçleme ekipmanlarının kısıtlarının ve özelliklerinin bilinmesiyle verimliliklerinin arttırmasına yönelik programlama faaliyetleridir.

Fourgeaud (2000) yaptığı çalışmada konteyner terminallerinin performansının aşağıdaki özelliklere dayandığını vurgulamaktadır:

- **Boş konteynerlerin yükleme ve boşaltma oranı:** Boş konteynerler her zaman liman istatistikleri içinde yer almaz fakat elleçleme işlemi gerçekleşir,
- **Verimsiz taşımalar:** Elleçlenen tüm konteynerler boş, hafif veya güverteye veya en üste yüklenen tehlikeli yükler olabilir, fakat bunlar da elleçlenmekte ve istatistiklere girmektedir.
- **Rıhtım vinçlerinin otomatikleşme seviyesi:** Elleçleme sırasında terminal içinde konteyner taşıyan araçlar manevraları sırasında ciddi zaman kayıplarına uğrayabilir. Ancak günümüzde otomatikleştirilmiş araçlarla bu problem büyük oranda çözümlenerek konteyner yükleme ve boşaltma işlemleri daha yüksek kapasitelerde gerçekleştirilmektedir.
- **Konteynerlerin ortalama ağırlıkları ve orantıları:** Yük tipine göre konteyner boyut ve biçimleri değişebilmekte bu da elleçleme ekipmanları ve elleçleme manevralarının değiştirilmesine neden olmaktadır.
- **Ticari kısıtlar:** liman gelen birçok gemi hattı benzer ticari kısıtlara sahiptir. Özellikle önceliklerin tespiti konusu buna bir örnektir.

Konteyner terminali ulaştırmada deniz ve kara modları arasında bir fiziksel bağlantı ve konteynerizasyon sisteminde önemli bir unsurdur. Konteyner terminali verimliliği; iş gücü, ekipman, gemi, yük ve saha gibi liman girdilerinin etkin kullanılmasını hedefler. Terminal verimliliği ölçümü ise bu kaynaklarının verimliliğinin hesaplanmasıdır.

Deniz Terminallerinin Verimliliği Komisyonunun Amerika'daki konteyner terminallerinin verimliliğinin geliştirilmesi adlı çalışmasında terminal operasyonlarının verimliliğinde kilit rol oynayan unsurları 5 ayrı bölümde incelemektedir. Bunlar; terminal saha verimliliği, vinç verimliliği, iş gücü verimliliği, kapı verimliliği ve rıhtım verimliliğidir (Sayre, 1986; 15).

Hassan ve diğeri (1993) ve Hassan (1993) karmaşık iç içe geçmiş konteyner terminali operasyonlarını dört kategoriye ayırmayı önermişlerdir:

1. Gemi Operasyonları
2. Yük Elleçleme Operasyonları
3. Depolama Operasyonları
4. İç Taşıma Operasyonları

Bahsedilen bu sınıflandırma limanın gelişim analizlerini yapmak, liman genişleme olanaklarını araştırmak, limanın gelecekte durumunu tahminlemek ve limanın ekonomik etki değerlendirmelerini yapmak için farklı performans göstergelerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Thomas ve Monie'e göre (2000) konteyner terminali performans ölçümleri dört kategori altında incelenebilmektedir. Bunlar hizmet üretimi, verimlilik, kullanım katsayısı ve hizmet ölçümüdür. Bu konu aşağıda açıklanmaktadır:

- **Hizmet Üretimi Ölçümleri:** Hizmet üretimi ölçümleri işletme faaliyetlerinin seviyesini gösterir. Liman sektöründe birkaç farklı ölçüm ifadesi bu kategoriyi ifade etmek için kullanılmaktadır. Bunlar; ticaret, trafik, üretilen iş ve çıktıdır. Trafik ölçümleri birim zamanda liman ya da terminalde elleçlenen yükün ölçümlerini ifade eden bir terimdir ve yükün liman içinde hareketindeki gayreti temsil eder. Bu ifadeler elleçlenen yükün tonu, her bir konteynerin hareketleri olarak gösterilebilir. Üretilen işin ölçümleri ise 4 başlık altında incelenebilir, bunlar:
 - **Gemilerde Üretilen İş:** Günlük, aylık veya yıllık olarak verilen zaman dilimlerinde geminin boşaltılması veya yükletilmesi faaliyetleriyle ilgili ölçümlerdir.
 - **Rıhtımdan Transfer İşlemleri:** Rıhtım ve depolama arasında taşınan konteyner sayısı ve tonajının ölçümüyle ilgili işlemlerdir.
 - **Konteyner Sahasında Üretilen İş:** Depolama sahasında yapılan iş ile ilgili ölçümlerdir.
 - **Kabul ve Sunumla ilgili Üretilen İş:** Liman gelen ve limandan çıkan konteynerlerin kabulü ve sunumuyla ilgili ölçüm işlemleridir.

Her bir ölçüm konteyner hareketi ve birim zaman olarak ifade edilmektedir. Bu ölçümlerin değeri kaynak ihtiyaçlarının tahmin edilmesinde ve elleçlenen yükün gerçek maliyetinin tespit edilmesinde önem kazanmaktadır.

Bu noktada konteyner terminallerinde kullanılan performans göstergelerine de değinmek gerekir. Verimlilik ölçümleri terminallerde operasyon maliyetleriyle doğrudan ilgili olduğundan terminal operatörleri için önem arz eder. Verimliliğin gözlemlenmesi için birçok yol olmasına rağmen, terminal operatörlerinin hesaplamaya ihtiyaç duyduğu yedi farklı verimlilik ölçümünden bahsedilebilir. Bu temel verimlilik ölçümleri aşağıdaki gibidir (UNCTAD; 1976):

- **Gemi Verimliliği:** Belli bir zaman diliminde gemiye verilen hizmetle ilgili verimlilik ölçümleridir. Konteyner elleçleme oranlarıyla ilgili olan gemi verimliliğinin çok geniş bir ölçüm sahası mevcuttur.
- **Vinç Verimliliği:** Vinç verimliliği net değer ve tonaj olarak ifade edilen ve her bir vinç için hesaplanan bir ölçümdür.
- **Rıhtım Verimliliği:** Rıhtım ve hizmet üretimi ilişkisini tanımlar. Verilen birim zaman diliminde, rıhtımın uzunluğu veya rıhtımın her bir metresi için ölçümler kullanılabilir.
- **Terminal Saha Verimliliği:** Rıhtım verimliliği ölçümleriyle benzer olarak terminal saha verimliliğinin ölçümü terminal hizmet üretimi ve birim zamanda toplam terminal sahası arasındaki oranlamayı ifade eden bir ölçümdür.
- **Ekipman Verimliliği:** Bir çalışma saatinde elleçlenen konteyner sayısının her bir makine için ölçümüdür.
- **İşgücü Verimliliği:** Limanda çalışan personelin verimliliği ile ilgilidir. Makineleşmenin yüksek seviyelere çıkmasına rağmen iş gücü halen maliyetleri en yüksek maliyet kalemlerini oluşturmaktadır. Bu anlamda yine belli zaman periyodunda işgücünün izlenmesi ve her iş gücünün saat başı verimlilik oranının bilinmesi önem arz etmektedir.
- **Maliyet Etkinliği:** Bu performans göstergesi tüm verimlilik ölçümlerini bir denklem içinde değerlendirmektedir. Terminal verimliliğinin ölçümünde beklide en kolay ve açık ölçümü belirli bir zaman diliminde (genellikle ay ve yıl olarak ifade edilir) elleçleme maliyetlerinin belirlenmesiyle ilgilidir.

Brooks ve Pallis (2008) yaptıkları çalışmada konteyner terminalindeki operasyon ile ilgili performans göstergelerini aşağıdaki gibi tanımlamışlardır (Brooks ve Pallis, 2008; 426):

A) Konteyner Operasyonları

- **Yıllık elleçlenen toplam konteyner içinde 20'lik konteyner yüzdesi:** Limanda bir yıl boyunca elleçlenen konteyner içinde 20'lik konteynerin oranı.
- **Her bir TEU'dan elde edilen ortalama gelir:** Yıllık liman gelirinin, yıllık elleçleme miktarına oranı.

- **Her bir 100 harekette ortalama geminin rıhtımda bekleme zamanı (saat):** Rıhtımda elleçlenen her 100 konteyner için geminin rıhtımda bekleme zamanı yükleme ve tahliye için ayrı ayrı hesaplanır.
- **Ortalama saha işgaliye zamanı (saat):** Konteynerin sahada depolanma süresinin saha büyüklüğüne oranı.
- **Konteyner elleçleme adedi (TEU / Rıhtım uzunluğu (m) / Yıl):** Toplam bir yıl içinde elleçlenen konteyner sayısının rıhtım uzunluğuna oranı.
- **Limandan ayrılma zamanı (saat):** Gemilerin limana girdikten sonra limandan ayrılana kadar geçirdikleri süre.
- **Yıllık TEU elleçleme gelişimi (%):** Limanda elleçlenen konteynerin bir önceki yıla göre gelişim oranı.
- **Toplam konteyner içinde ithal konteyner oranı (%):** Elleçlenen toplam konteyner içinde ithal konteynerin oranı.
- **Her bir vincin saatteki hareket sayısı:** Terminal sahasında çalışan her bir vincin saat başına hareket miktarı.
- **Aktarmadaki güvenilirlik (Demiryolu-denizyolu /Denizyolu-Karayolu vb.):** Konteynerin ulaştırma modunun değiştirilmesi işlemlerinin tutarlılığının hesaplanması.
- **Saha (hektar) ile rıhtım (metre) oranı:** Toplam liman sahasının rıhtım uzunluğuna oranı.

B) Gemi Operasyonları

- **Her bir gemi için ortalama döngü süresi:** Limana gelen geminin limandan ayrılana kadar geçirdiği süre.
- **Haftada limana gelen gemi sayısı:** Bir limana bir hafta boyunca gelen gemi sayısı.
- **Gemilerin demirde ortalama bekleme süresi:** Limana gelip demir atan geminin, rıhtıma yanaşana kadar demirde geçirdiği sürenin tüm gemiler için ortalaması.
- **Rıhtımın faydalı kullanım oranı (%):** Rıhtıma yanaşan geminin toplam rıhtım süresi ve operasyon gördüğü rıhtım süresi arasındaki oran.
- **Aylık ekipman durdurma saati:** Limanda yük elleçleme hizmeti veren ekipmanın bir ay boyunca tamir/bakım gibi nedenlerle durdurulma zamanı.
- **Rıhtım uzunluğu (m):** Limandaki toplam rıhtım uzunluğu.
- **Elleçlenen her bir tondan elde edilen kazanç:** Yıl boyunca limanın elde ettiği gelirin limanda elleçlenen konteyner sayısına oranı.

Araştırmanın bu bölümünde konteyner terminallerinde kullanılan performans ölçümleri hakkında mevcut literatür incelenmiştir. Limanlar, limanla ilgili uluslararası organizasyonlar ve uzmanlar arasında liman performans

ölçümleri konusunda çok fazla bir fikir birliği bulunmamakla birlikte, bu konuda yukarıda bahsedilen ortak noktalara da ulaşılabilmektedir.

Tüm bu açıklamalardan hareketle bahsedilen performans göstergelerinin ölçümü, tüm liman faaliyetlerinin optimize edilmesi ve alınan kararlara destek olması amacıyla bir performans ölçüm aracına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu aracın liman gibi karmaşık yapılarda da kullanılması gerekmektedir. Simülasyon yöntemi bu gereksinimi en iyi karşılayan araçtır.

2.5. LİMAN SİSTEMİ ANALİZİNDE SİMÜLASYON YÖNTEMİNİN YERİ VE ÖNEMİ

Birçok yönetim sisteminde performans ölçümü temel bir sorundur. Yine de birçok karar destek sistemi karar vericilere, verilen kararların verimlilik ve etkinliğini ölçmede hizmet etmektedir. Yönetime destek olması ve kaynakların geliştirilmesi için bu bir ihtiyaçtır.

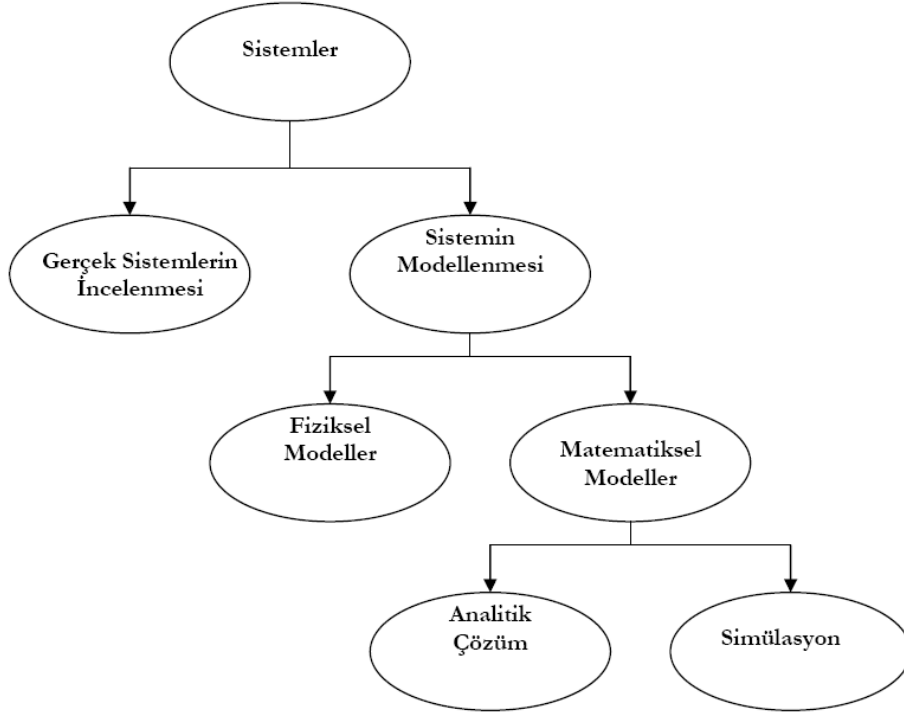
Law ve Kelton'a (2000) göre sistemler iki temel yöntem ile incelenebilir, bunlar:

- Gerçek sistem üzerinde inceleme
- Modelleme ile sistemi inceleme yöntemleridir.

Deneme yanılma yöntemi ile sistem sorunlarını çözmek her sistem için mümkün değildir. Ancak sistemin çalışmasının durdurulmasında önemli bir maliyet kaybı yoksa gerçek sistemler üzerinde doğrudan inceleme yapılabilir. Ama önemle belirtmek gerekir ki fiziksel olarak gerçek sistemlerin incelenmesinin, sistemin işletilme maliyetlerini önemli oranda da etkilememesi gereklidir. Aksi halde sistemin modellenmesi devreye girmektedir.

Şekil 33'te sistem analizinin mümkün olan yolları incelenmekte ve sistemlerin analizine ilişkin bahsedilen bu süreç şekillendirilmektedir.

Sistemin performans izleme amaçlı modellenmesi ise kendi içinde fiziksel ve matematiksel modeller olarak iki ana kısma ayrılır. Simülatörler, baraj modelleri, rüzgâr tünelleri fiziksel modellere örnektir. Matematiksel modeller ise doğrusal programlamanın kullanıldığı, amaç ve kısıt fonksiyonlarına sahip modellerdir ve kendi içinde analitik modeller ve simülasyon modelleri olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 33: Sistem Analizi
Kaynak: Law ve Kelton, 2000; 4.

Analitik çözüm; yöneylem, doğrusal programlama, optimizasyon modeli çözüm yöntemlerini kullanır. Çalışmamıza konu olan simülasyon ise sistemin performansını ölçen, performans ölçüm modellerini içerir. Simülasyon modelinden elde edilen sonuçlar optimumdur diyemeyiz, çünkü sisteme ilişkin parametreler değiştirilerek, sistem performansı ölçülmekte, sistemle ilgili tüm olasılıklar (senaryolar) incelenmektedir. Başka bir deyişle simülasyon, sistemi doğrudan optimize eden bir araç değil, fakat sistemin optimizasyonunu sağlamaya ve bulmaya çalışan bir araçtır.

Bilgisayar simülasyonu gerçek sistemlerin yazılımlar yardımıyla modellenmesi ile sistemin operasyon karakterini tanımlamaya ve sistemin performansını ölçmeye yarayan bir araçtır (Kelton ve diğerleri, 2003; 7). Simülasyon modelleri ile bir sistemin işleyişini incelemek ve/veya farklı operasyonel alternatiflerin değerlendirilmek amacıyla bilgisayarda modeller yaratılmakta ve sistemi optimize etmek için alternatifler sunulmaktadır.

Simülasyon kullanmak aşağıdaki durumlarda gerekli değildir (Kelton ve diğerleri, 2003; 8, Yıldız; 2009):

- Gerçek sistem basitse ve gerçek sistem üzerinde problem çözülebiliyorsa

- Sistemin bir formülü veya analitik bir modeli varsa
- Projenin uygulanması için yeterli para, donanım, yazılım ve insan yoksa,
- Projenin maliyeti elde edilecek gelirden yüksekse,
- Yeterli uzunlukta zaman yoksa
- Gerekli veriler yoksa ya da veriler yanlışsa,

simülasyona gerek duyulmaz. Bu anlamda simülasyon yöntemi bu çalışma için en doğru yöntem olacaktır. Bu noktada simülasyon yöntemi ile ölçülmesi planlanan performans göstergelerine değinmek yerinde olacaktır.

2.6. KONTEYNER TERMINALLERİNDE LOJİSTİK PERFORMANSIN ÖLÇÜMÜNDE SİMÜLASYON KULLANIMI

Simülasyon yöntemi performans değerlendirme tekniklerinden sadece bir tanesidir. Ancak limanların karmaşık dinamik bir yapıya sahip olması ve liman faaliyetlerinin içi içe geçmesi bu yöntemin liman performans ölçümünde yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır.

Konteyner terminallerinde operasyonla ilgili en önemli sorunların başında terminal sahasında yükün, ekipmanının ya da geminin arzu edilenden fazla beklemeye maruz kalması gelmektedir. Alderton (1999) bekleme zamanlarının azaltılması için üç öneri sunmuştur. Bunlar;

- Rıhtım sayısının arttırılması,
- Rıhtımda çalışma zamanlarının arttırılması,
- Terminal yük elleçleme verimliliğinin arttırılmasıdır.

Bahsedilen bu tespit, günümüzde de geçerlidir. Rıhtım sayısının ya da terminal çalışma zamanlarının arttırılması ancak liman altyapısının genişleme imkânıyla ilgilidir. Limanının rıhtım sayısının artması ihtiyacı belirlendikten sonra geri kalan konu limanın genişleme potansiyeli ve finansal kaynakların yeterliliğiyle ilgilidir. Ancak limanlarda rıhtım sayısı, geri saha büyüklüğü gibi mevcut fiziksel altyapıyı değiştirmek çoğu zaman zor ve bazen imkânsızdır. Diğer yandan rıhtım çalışma zamanlarının arttırılması kararı verildikten sonra bu iş gücünün organizasyonu, vardiya düzenlemeleriyle ilgilidir. Özellikle genişleme imkânı olmayan limanlarda kapasite artırımının verimlilikle sağlanması gerekmektedir. Ancak limanlarda yük elleçleme verimliliğini arttırmak, ölçülmesi gereken değişkenlerin çokluğundan dolayı özel teknikleri gerektirir.

Günümüzde liman performans ölçümünde birçok teknik kullanılmaktadır, en yaygın kullanılan teknikler aşağıdaki şekildedir (Korea Maritime Institute, 2005):

- **Regresyon Analizi:** Bir veya daha fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi belirleyen istatistikî bir modeldir. Bağımsız değişkende meydana gelen değişim sonucunda bağımlı değişkenin nasıl etkilendiğini açıklamaktadır.
- **Fayda Maliyet ve Verim Maliyet Analizi (Cost benefit & cost effectiveness analysis):** Maliyet yarar analizi yatırım maliyetlerinin üretim kazançlarına oranı sayesinde örgüt performansını ölçmeye yarayan bir yöntemdir.
- **Stokastik Sınır Analizi (Stochastic frontier analysis):** Bugünkü üretim faktörleri ile sağlanabilir maksimum çıktı seviyesini gösteren fonksiyonel bir formüldür.
- **Veri Zarflama Yöntemi (Data Envelopment Analysis -DEA):** Esas olarak belirli bir organizasyona ya da operasyona ait verimsizliği ölçmektedir. DEA yöntemi liman performansını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu konuda literatürde yer alan bazı çalışmalar şunlardır: Panayides, 2008; Tongozon ve diğerleri, 2008; Culliane ve diğerleri, 2004; Sanches ve diğerleri, 2002.
- **Simülasyon:** Sistem girdi, süreç ve çıktılarının, özel yazılım dilleriyle sanal ortama aktarılması ve sistemin sanal ortamda çalıştırılması esasına dayanan performans ölçüm yöntemidir.

Simülasyon, karar destek sistemleri içinde en fazla kullanılan yöntemdir (Turban ve Aronson, 1998). Simülasyon, karmaşık çevrelerin incelenmesi ve araştırılması için kullanılan bilimsel bir araçtır ve bir simülasyon dili ile yazılan sistem koşullarına bağlı olarak sistemin özelliklerini açıklamakta ya da sistemin geleceği hakkında bilgiler verebilmektedir. Bu sayede incelenen sistemin sorunlarına çözüm olacak alternatiflerin içinden en iyisi seçilebilmektedir (Hassan ve diğerleri, 1993).

Simülasyon yöntemi sisteme ilişkin senaryoların incelenmesine olanak sağlamaktadır. Senaryolar karar destek sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü bu sayede potansiyel fırsatlar, problemler alanları tanımlamakta, planlamada esneklik sağlanmakta ve önerilen çözümlerin duyarlılığını kontrol etmektedir (Turban ve Aronson, 1998).

Liman operasyonlarının karmaşıklığı, analitik yöntemlerin liman optimizasyonu için kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Bu tür durumlarda bilgisayar simülasyonu, limanların analizinde, anlaşılmasında ve tasarlanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Simülasyon modellemesi, ekonomi, üretim, ulaştırma ve denizcilik alanlarında kullanılmaktadır (Hassan, 1993).

Özellikle denizcilik alanında simülasyon yöntemi terminal çıktılarının analizinde ve liman ekipman yatırımlarının optimize edilmesinde tercih edilmektedir (Hayuth ve diğerleri, 1994). Liman süreçlerinin simülasyonundan; liman tasarımı, liman planlaması, limanlarda kapasite ve verimlilik artırma gibi

farklı amaçlar doğrultusunda yararlanılabilmektedir (Demirci, 2003). Liman operasyonlarının en önemli süreçlerinden birisi olan gemi-rıhtım bağlantısının analizi ve planlanması konusunda simülasyon modelleri yaygın olarak tercih edilmekte (Dragovic ve diğerleri, 2005) bunun yanında liman operasyonlarıyla ilgili farklı yapıda modellere Gambardella (1998; 2001), Legato ve Mazza (2000), Tahar ve Hussain (2000), Nam ve Ha (2001), Nam (2002), Shabayek ve Yeung (2002), Kia (2002), Pachakis ve Kiremidjian (2003) ve Sgouridies (2003) gibi yazarların yayınlarında rastlanmaktadır. Simülasyon modellerinin, limanda karar vericiler için çok elverişli ve güvenilir bir karar destek aracı olduğu artık ispatlanmış durumdadır (Hayulth ve diğerleri, 1994).

Bu araştırmada;

- Limanın yıllık elleçleme miktarını arttırmak,
- Ekipmanların faydalı kullanım oranlarını arttırmak
- Liman sistemindeki bekleme zamanlarını ve kuyruk miktarlarını azaltmak
- Limandaki darboğazları azaltmak
- İş gücünün kaynaklara verimli bir şekilde dağıtmak

gibi performans amaçlarına ulaşabilmek amacıyla bir simülasyon modeli geliştirmek hedeflenmiştir. Ancak bu konuda literatürde çok fazla çalışma mevcuttur ve öncelikle bu çalışmaların sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sayede yapılan çalışmanın literatüre katkısı anlaşılacaktır.

Sonuçlar; incelenen 63 makale, 35 farklı jurnalin 1980 ve 2009 yılları arasındaki yayınları taranarak elde edilmiştir.

2.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR: LİMAN SİMÜLASYONU HAKKINDAKİ MEVCUT LİTERATÜRÜN İNCELENMESİ

Deniz taşımacılığı sektörü, yöneylem araştırması tekniklerinin kullanılması için çok uygun bir sahadır. Limanlar, denizcilik yatırımları içinde önemli bir paya sahiptir. Bilgisayar simülasyonları ile liman operasyonlarının, liman teknolojilerinin ve liman altyapılarının incelenmesi, analiz edilmesi ve performanslarının ölçülmesi mümkün olmaktadır.

Limanlarda simülasyon modellerinin kullanılmasının geçmişi son 30 yıla kadar uzanmaktadır. Bu bölümde, bu süre zarfı içinde yapılan bilimsel çalışmalar incelenecek ve tarihsel süreç içinde değerlendirilecektir.

Yapılan yayınları genelleştirmek adına başlangıcından günümüze değin, limanların simülasyon ile modellenmesi hakkındaki tüm çalışmaları 5 ana başlıkta toplamak mümkündür:

1. Liman operasyonları simülasyon modelleri
2. Liman planlama simülasyon modelleri

3. Liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri
4. Limanlar için matematiksel modeller
5. Konteyner terminalleri simülasyon modelleri

Bu bölümde bu alt başlıkların dâhilindeki yayınlar incelenecektir.

Belirlenen gruplar dâhilinde yayınlanan makalelerin içerikleri her başlık altında sunulacak, bu yayınlar hakkında genel değerlendirmeler ise başka bir başlık altında sunulacaktır.

2.7.1. Liman Operasyonları Simülasyon Modelleri

Collier (1980) liman sistemini karayolu veya demir yolu ile gelen yükün uygun koşullarda depolandığı ve rıhtımdan gemiye yük elleçleme işleminin yapıldığı alanlar olarak tanımlamıştır. Collier; liman sisteminin içinde mühendislik, iş gücü, ulaştırma ve dokümantasyon ve kaynak dağılımı işlemlerin olduğunu ve tüm bu işlemlerin birbiriyle uyumlu olması gerektiğini belirtmektedir.

Liman sistemini liman varlıklarına göre tanımlayan Francisco'ya (1984) göre bu varlıklar bazı niteliklere sahiptir. Francisco'nun liman sistemi tanımında 6 varlık mevcuttur, bu varlıklar nitelikleriyle birlikte aşağıda verilmiştir:

1. Yük: Limana geliş zamanı, orijini ve hedef varış yeri, ağırlığı, geliş ve gidiş ulaştırma modu, azami bekleme süresi, kırılabilirliği ve dayanıklılığı.
2. Gemi: Derinliği, uzunluğu, geliş zamanı, geliş ve gidiş limanı, tipi, ambar sayısı, yükün ambarlarda dağılımı, tonajı, kapasitesi.
3. Rıhtım ve İskeleler: Uzunluk, derinlik, üzerinde elleçlenen yükün çeşidi, istifleme alanı, üzerindeki ekipmanlar.
4. Depolama Alanı: Kapasitesi, içindeki ekipmanlar, depolanabilecek yük tipleri
5. Kara Taşınması: Kapasitesi, yük tonajı, yükün geldiği ve gittiği yer, geliş zamanı, yük tipi ve taşıma şekli.
6. Elleçleme Ekipmanları ve Çalışanlar: Ekipman operasyonları ve kapasiteleri, elleçlenebilecek yük tipleri, posta sayısı.

Bu çalışmada limanlardaki performans göstergelerine de değinilmiştir. Bu göstergeler 2 ana başlık altında incelenmektedir. Birinci bölümde daha çok maliyetleri inceleyen Francisco, elleçlenen her bir ton yük için rıhtım işgaliye geliri, yük elleçleme işlemleri gelirleri, iş gücü maliyetleri, toplam katkı gibi kalemleri kullanmıştır. İkinci tür performans göstergeleri ise fiziksel göstergeleri içermektedir. Bunlar:

- Gemi geliş sıklığı (Gemi gelişleri arasındaki süre)
- Bekleme zamanı (Geminin limana gelmesi ve rıhtıma yanaşması arasındaki süre)
- Gemi devir zamanı (Geminin gelişi ve gidişi arasındaki süre)
- Gemide elleçlenen yükün toplam tonajı

- Geminin rıhtıma yanaşması ve tüm işlemlerinin bitmesi arasındaki süre
- Her bir gemide çalışan posta sayısı
- Saat başına elleçlenen yükün tonajı

Francisco (1984) ayrıca liman sistemlerinin üç araçla idare edilebileceğini vurgulamaktadır, bunlar:

1. Veri Analizi: Bu tekniğin amacı gelecekteki liman operasyonlarının nasıl olacağı konusunda tanımlamalar yapmak ve bu amaçla istatistikler tutmaktır. Bu istatistikler aynı zamanda liman performans göstergesi olarak da kullanılacaktır.
2. Kuyruk Teorisi: Bu teknik sadece basit liman sistemlerinin analizinde kullanılabilir. Dolayısıyla karmaşık liman sistemleri için uygun değildir. Karmaşık çok amaçlı liman sistemlerinde kuyruk modellerini kullanmak, teoremin matematiksel karmaşıklığından dolayı zorluklara neden olmaktadır.
3. Simülasyon Modeli: Simülasyon karmaşık dinamik sistemlerin performans ölçümünde çok güçlü bir araçtır.

Esa (1984), limanların gelecekteki gelişimini tahminlemek için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Esa'nın geliştirdiği bu model limanlar için geliştirilen simülasyon modellerinin ilk kuşağı olan PORTSIM'dir. PORTSIM Kanada'daki Thunder Körfezi limanındaki tahıl terminali operasyonlarını kapsamaktadır.

PORTSIM, 5 temel performans göstergesini ölçmektedir:

1. Geminin ortalama bekleme zamanı,
2. Ortalama kuyruk uzunluğu,
3. Rıhtım faydalı kullanım oranı,
4. Rıhtım elleçleme oranı
5. Azami rıhtım uzunluğu

Bu ölçümler limanda gelecekte olabilecek gelişmelerin tayininde faydalı olmaktadır. Bu çalışmada simülasyon yapısının ayrıntıları sunulmuş ve ayrıca çalışmada yapılan deneylerin tasarımı, performans ölçümleri ve girdi/çıkış analizlerine değinilmiştir.

Esa (1986), 2 tip veri üzerinde durmaktadır. Bunlar girdi ve performans verileridir. Girdi verileri, gemi gelişler arası süreleri, rıhtım ve rıhtım yükleme kapasitesi arasındaki gemi hareketlerinin birbirine oranını temsil etmektedir. Bu verilerden de performans göstergelerine ulaşılmaktadır. Model mevcut koşullarda geçerliliğini ispatlamış ve tahminlemelerde kullanılabilmiştir.

Elzing (1986), insan-gemi-sistem üçlüsü kapsayan bir simülasyonu farklı kategorilerde tanımlamıştır. Bu kategoriler:

1. Gemi-insan kontrollü fiziksel ölçek modelleri
2. Oto pilotlu gemilerin fiziksel ölçek modelleri
3. Gemi manevra simülatörleri
4. Sayısal simülasyon modelleridir.

En sonda yer alan 4. kategori çalışmamızla uygunluk göstermektedir. İlk üç tip model bir mikro bilgisayar, görüntü ekranı ve kontrol ünitesini içeren fiziksel simülatörlerdir. Bu tür simülatörler sınırlı kullanım alanına sahiptir. Bunun nedeni dönemin görüntü teknolojilerindeki yetersizliklerdir. Ancak günümüzde bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişim ve teknolojinin günümüzde geldiği konum ile bu tip simülatörlerin kullanımı artmakta ve yaygınlaşmaktadır.

Sheikh ve diğerleri (1987), bir mikro bilgisayar tabanlı simülasyon modeli geliştirerek bu modeli üçüncü dünya limanları için en uygun rıhtım sayısını hesaplamada kullanmışlardır. Çalışmaya göre rıhtım sayısı 3 faktöre bağlı olarak belirlenebilmektedir, bunlar;

1. Limana olan talep
2. Limanda elleçlenen farklı yüklerin elleçleme oranı
3. Geminin limanı faydalı kullanabilmesi için kabul edilebilecek hizmet seviyesine göre rıhtım sayısı.

Bu çalışmada, gemi geliş ve hizmet modeli analiz edilmektedir. Gelişler arası süre ve hizmet zamanının dağılımı Erlang dağılımının özelliklerini taşımaktadır. Geliştirilen modelden elde edilen en önemli çıktı, rıhtım faydası faktörü ve her bir yıl için toplam gemi bekleme süresinin bulunabilmesidir. Model geçmiş verilerle de test edilmiş ve 22 kez çalıştırılmış, her bir çalıştırma bir yıllık süreci içermiştir.

McCall (1989), petrol terminali ve liman faaliyetleri için kesikli olay simülasyon modeli geliştirmiştir. Simüle edilen faaliyetler aşağıda sıralanmıştır:

- Tanker planlaması,
- Rıhtım tayini,
- Rıhtım yaklaşım kanalındaki gemi trafiği,
- Kiralanmış tanker alanlarının kullanımı,
- Gemi operasyon süreçlerinin çeşitli aşamalarındaki gecikmeler,
- Gece, hava, kanal sınırlandırılması, tankların kurulumu ve sitilinden kaynaklanan gecikmeler,
- Petrol tipinin değişiminden kaynaklanan gecikmeler.

Modelin çıktıları ise aşağıdaki gibidir:

- Her bir tanker sınıfı için tanker performansı özeti, ortalama bekleme zamanı, yük transfer süresi ve sürestarya,
- Tanker faaliyet özeti, süreçlerin her bir aşaması için gözlemlenen gemi performansının ayrıntılı hesaplaması,
- Mavnaların faydalı kullanım oranı,
- Tankların kullanım histogramları, gözlemlenen tankın seviyesini kullanım sıklığına göre tanımlanması,
- Rıhtım faydası,
- Boru hattı faydalı kullanım oranı ve
- Sistem içinde elleçlemenin tablo halinde gösterilmesidir.

Wadha ve diğerleri (1991), çok amaçlı limanlar için geliştirilmiş bir operasyonel dinamik bilgisayar simülasyonu modeli geliştirmiştir. Bu model aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Model, genel liman yapısı ve liman operasyonlarının kavramsal çerçevesini vermekte, bilgi akışı ve karar amaç fonksiyonlarına değinmektedir.
- Liman tasarımı, düzeni ve regülasyonlar gibi spesifik bilgiler modele girildiğinde, her hangi bir limanın operasyonları simüle edilebilmektedir.
- Kullanıcının veri analizine ihtiyacı yoktur, ilgili model parametreleri ile olasılık dağılımlarının tahmini değerleri model sayesinde tespit edilebilmektedir.

Limn modeli, bazı temel elementler ve kavramlar üzerine yapılandırılabilir. Modelde kullanılan fiziksel elementler aşağıdaki gibidir:

- Rıhtım
- Yaklaşım kanalı
- Gemi
- Yük
- Ekipman
- İşgücü

Model operasyonları ise aşağıdaki gibidir:

- Öncelik sistemi (genel liman önceliği, yaklaşım kanalı önceliği, gemi önceliği vb.)
- Gemi gelişleri ve hizmet oranları hakkındaki veriler
- Gecikmeler (hizmet, liman tasarımından kaynaklanan, mevcut operasyon şartlarından kaynaklanan gecikmeler vb.)

gibi değişkenlerle ifade edilmektedir.

Hassan ve diğerkleri (1993) ve Hassan (1993), liman faaliyetleri simülasyon modelleri için yeni bir görüş önermişlerdir. Bu model aşağıdaki özellikleri taşımaktadır:

- Liman gelişim analizlerini yapmak,
 - Liman genişleme olanaklarını incelemek,
 - Limanın geleceği hakkında görüş vermek ve
 - Limanın gelecekteki ekonomik katkısını değerlendirmek
- gibi farklı performans kriterlerini değerlendirebilmektedir.

Nevins ve diğerkleri (1995), askeri konularda seçilmiş iki sürecin kesin tanımlaması ile bir nesne yönelimli (object oriented) liman simülasyon modeli geliştirmişlerdir (PORTSIM).

Bu simülasyon kullanıcılarına aşağıdaki olanakları sağlamaktadır:

- Kullanıcı ara yüzü
- Spesifik bir limanda her türlü yükün temsil edildiği askeri birimleri simüle etme yeteneği
- Limana gelen gemilerin istatistiklerini tutma
- Darboğazları tespit edebilen ve muhtemel senaryoların denenmesine izin veren bir animasyon içermesi

Çalışmada simülasyon modelinin girdileri 3 bölüme ayrılmıştır:

1. Liman yapılandırması: Kapı sayısı, rıhtım/iskele sayısı ve uzunluğu, depo sayısı ve kapasitesi vb.
2. Askeri ekipmanlar: Ekipman karakterleri ve kullanıcının tanımladığı gelişler arası süre
3. Gemiler: gemilerin gelişler arası süresi, uzunluğu, derinliği vb.

PORTSIM'in çıktıları liman planlamacılarına geminin ve askeri ekipmanların ayrıntılı analizini yapabilmeye olanağını vermektedir. İstatistiksel raporlar üç ana başlık altında incelenebilir.

1. Yük Raporu: Yük kalemlerinin limana gelmesi, yükleme için hazır olması ve kuyrukta beklemesini içerir.
2. Liman Kaynak Raporu: Kapının, rıhtımları, yük elleçleme ekipmanlarının, insan gücünün faydalı kullanımı bilgilerini içerir.
3. Gemi Raporu: Rıhtıma yanaşma zamanı, rıhtım numarası, yük içeriği, rıhtımın doluluk oranı gibi verileri içerir.

Nevin ve diğerkleri (1998), kritik kaynakların faydalı kullanımı, liman elleçleme kapasitesinin tanımlanması ve liman seçimi/karşılaştırması

konularında planlayıcıya yardım eden bir kesikli olay simülasyon modeli geliştirmiştir. Model aşağıdaki soruları cevaplayabilmektedir:

- Limanda ekipmanların ve tedarik malzemelerinin taşınması ne kadar sürmektedir?
- Liman içinde potansiyel darboğazlar nereleridir ve kısıtlı kaynaklar nerelerde yoğunlaşmaktadır?
- Operasyonlar planlanan zamanda neden bitirilememektedir?
- Liman kaynaklarına ulaşmada zorluklar var ise nedenleri nelerdir?
- Varlıklar, kaynaklar ve olası senaryolara göre limanın elleçleme kapasitesi nedir?

Geliştirilen bu simülasyon modeli kullanıcıya çok gerçekçi simülasyon olanağı sağlamada, liman kaynaklarının önceliğini ve ulaşılabilirliğini tanımlamada yeni açılımlar vermektedir. Bu, spesifik gemi tipine göre en uygun rıhtım tanımlanmasında, başka bir deyişle gemi-rıhtım elleçlemede ayrıntılı inceleme yapabilme anlamına gelmektedir. Model, ortalama kuyruk büyüklüğü ve faydalı kullanım oranı üzerine ayrıntılı istatistiksel veri sunmaktadır. Model ayrıca; yük ulaştırma faaliyetleri, liman kaynakları ve gemiler ile ilgili birçok rapor hazırlamaktadır. Modelin geçerliliği, simülasyon süreç zamanı ile gerçek zamanın karşılaştırılması ile ölçülmüş, karşılaştırma sonuçları tutarlı bulunmuştur.

Thiers ve Janssens (1998), Antwerp limanının deniz yönlü ulaşımına yönelik bir matematiksel trafik simülasyon modeli geliştirmiştir.

Bu çalışmanın amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Antwerp limanında planlanan Kuzey rıhtımı hizmete sunulduğunda, gemilerin dönüş manevralarındaki sorunların tahmin edilebilmesi
- Antwerp limanı yaklaşım kanalının üzerindeki deniz trafiğinin simülasyon modellemesi.

Model, liman planlaması ve geliştirmesi amacıyla güncelleştirilebilir bir özelliğe sahiptir. Modüler yapıdaki model ile buna olanak sağlanmıştır. Sadece bir çıktı değişkeni göz önüne alınmıştır o da çeşitli sebeplerden kaynaklanan gemi bekleme zamanına ilişkin verilerdir.

Nevins ve diğerleri (1998), PORTSIM'e iki boyutlu animasyon ve üç boyutlu canlandırma yeteneği eklemişler ve bu programın kapasitesindeki bu artışın faydalarını çalışmalarında tartışmışlardır. Eklenen animasyon, liman simülasyonu tarafından türetilen objelerin ve olayların iki boyutlu düzlem içinde görselleşmesini sağlamıştır. Canlandırma ile bazı obje ve olaylar üç boyutlu görselleştirilmekte ve ekranda izleyiciye hareketleri izleme fırsatı sumaktadır.

İki boyutlu animasyonun temel faydası liman süreçlerinin görsel olarak incelenebilmesidir. Üç boyutlu animasyonun temel faydası ise liman altyapısındaki bireysel elemanların potansiyel etkileşimlerinin ve limanda dolaşan nesnelere gözlemlenebilmesidir.

Animasyon ve canlandırma, simülasyon modelin tutarlılık ve geçerliliğinin tespitinde önemli bir unsur haline gelmiştir. Model aşağıdaki özelliklerle daha kullanışlı bir hale gelmiştir:

- Yeniden oynatma modu: Simülasyon modeli bir kez çalıştırıldığında, olay ve zaman listelerinin oluşturulduğu dosyalar hazırlanmakta ve bu dosyalar daha sonra animasyon ve canlandırma için temel teşkil etmektedir.
- Tekrar arama modu: Animasyon ve canlandırma simülasyonunda meydana gelen her türlü olay canlandırılmaktadır.

Asperen ve diğerleri (2003), limanlarda gemilerin yüklerini yükleme ve boşaltmaları için iskele olanaklarını sağlayan, farklı gemi geliş biçimlerinin etkilerini çalışmışlardır. Üç gemi geliş dağılımı ele alınmıştır, bu dağılımlar aşağıdaki gibidir:

- Stok kontrolü
- Her bir gemi tipinin eşit uzaklıkta olması
- Poisson süreci

olarak incelenmiştir.

Stok kontrollü gemi gelişlerinin amacı, tanklardaki bitmiş yükün ve ham maddelerin stok seviyelerini bir hedef noktasında sürekli tutmak amacını güder. Bu da bir sonraki gelecek olan geminin tank stok seviyesine göre planlanmasını ifade etmektedir.

Eşit aralıklı gemi geliş modelinde ise gemilerin limana haftada bir, ayda bir gelmesi gibi düzenli aralıklarla gelmesini ifade etmektedir.

Son olarak poisson sürecinde de, belirli bir zaman diliminde gemilerin poisson dağılımına göre gelmesi ve gelişler arası sürenin üssel dağılımla uygunluk göstermesi özellikleri hâkimdir. Çalışma sonuçlarına göre incelenen üç varış düzeninden bekleme zamanı ve beklenen depolama kapasitesi açısından en kötü düzene poisson süreci sahip olurken, stok kontrollü süreç en optimal sonuçları vermiştir.

Franzede ve diğerleri (2004), ARENA yazılımı ile bir simülasyon modeli geliştirmişler ve bu modeli aşağıdaki unsurları ölçmek için kullanmıştır:

- Panama kanalının kapasitesinin tayin edilmesi

- Müşteri hizmet düzeyinin farklı pazar stratejileri ile tespit edilmesi
- Sermaye yatırım opsiyonlarının tespit edilmesi
- Operasyon kurallarının düzenlenmesi

Simülasyon modeli üç modülden oluşmaktadır. Bunlar senaryo girdisi, model mantığı ve senaryo çıktısıdır.

Girdi modülü gemi varış karması, trafik kuralları ve gemi ön dizilimi olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Trafik kuralları geminin kanaldan güvenle seyredip geçmesiyle ilgili kuralları tanımlamaktadır. Son olarak modelin çıktısı ise Kuzey ve Güney'den limana giren gemilerin aylık ve yıllık geçişlerindeki önemli performans parametrelerinin standart sapma ve ortalamalarından oluşmaktadır. Bu performans göstergelerinden denizde bekleme süresi, ana kaynaklardan önceki kuyruk uzunlukları örnek olarak verilebilir.

Bu simülasyon projesi, Panama kanal otoritesine, kanal kaynaklarının bir çok davranışını 2025 yılına kadar inceleyebilme ve yönetebilmesine izin vermiştir. Simülasyon ve tecrübelerle bağlı olarak Panama Kanal otoritesi önlerindeki 5-10 yıl içinde çok önemli bir kapasite sorunu yaşayacağını tespit etmiştir. Bu Panama kanalının hizmet seviyesini ve uzun dönemli rekabet gücü için olumsuz bir etkidir.

2.7.2. Liman Planlaması Simülasyon Modelleri

Macknight ve Mackay (1986), liman planlaması için iki tür simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bunlar sürekli simülasyon modelleri ve kesikli olay simülasyon modelleridir. Kesikli olay modelleri kuyruk ve ulaştırma modelleri ile ilgilidir ve bu modeller olayların sıralarına göre tanımlanmasını içerir. Örneğin bir liman örneğinde geminin gelmesi, yükleme/boşaltmanın başlaması, daha sonra bitmesi, geminin rıhtımdan ayrılması gibi süreçlerin modellenmesi kesikli olay simülasyon yapısını temsil edebilir.

Sürekli modeller ise tek bir süreçtir ve olaylar sürekli. Sistem bir denklemler serisi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma, Gladstone limanı için tasarlanmıştır. Çalışmada liman trafiği için kesikli olay simülasyon modeli uygulanmış, gemi manevraları içinse sürekli olay modeli uygun görülmüştür.

Park ve Chiu (1989), özellikle liman operasyonları için analiz ve planlama aracı olarak bir grafik simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu simülatör, bilgisayar ekranında elle hareket ettirilebilen grafik semboller ile modellerin kolayca kullanılmasına izin vermektedir. Model aşağıdaki beş temel unsura sahiptir:

1. Grafikselleştirme

2. Mantıksal modelleme
3. Kesikli olay süreci
4. Grafik animasyon
5. İstatistiklerin toplamı

Wadhwa (1992), liman planlama ve yönetimi için uygun bir simülasyon modeli uygulaması geliştirmiştir. Bu çalışmanın büyük bir bölümü, büyük gemilerin yüksek oranlı gelgitler haricinde yetersiz su derinliğinden kaynaklanan ertelemelerin etkileri incelenmektedir. Çalışmada aşağıdaki konulara değinilmiştir:

- Elleçleme ile çeşitli performans ölçütlerinin arasındaki ilişkinin tanımlanması
- Bir spesifik kuru yük terminalinin kapasitesini tanımlamak
- Alternatif operasyon ve yatırım stratejilerinin yük elleçleme ve liman performansına olan etkilerini tanımlamak

Bu modelde PASCAL yazılım dili kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan performans göstergeleri aşağıdaki gibidir:

- Kuyruğun uzunluğu
- Rıhtım işgaliye oranı
- Limanın boş kullanım yüzdesi
- Gemilerin ortalama rıhtımda kalma yüzdesi
- Bir geminin ortalama kuyrukta bekleme süresi

Gibson ve diğerleri (1992), ABD Kaliforniya'daki Long Beach limanı için, gelecekteki gelişim planlamasına yardımcı olacak, kapsamlı bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Model, kamyon, otomobil ve tren trafiğinin tek bir model içinde SIMAN dilini kullanarak simüle etmektedir. Model aynı zamanda limandaki trafik ile ilgili performans göstergelerini üretmektedir.

Güler (1996), geliştirdiği SIMPORT'96 adlı model ile gemi gelişleri, yük tipleri ve gemi boyutları türeterek bir liman planlaması modeli geliştirmiştir. Bu model ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ortalama gemi büyüklüğü (DWT)
- Ortalama gemi hizmet zamanı
- Ortalama gemi bekleme zamanı
- Rıhtım işgaliye oranı
- Ortalama kuyrukta bekleyen gemi sayısı
- Kuyrukta bekleyen maksimum gemi sayısı
- Limanın yıllık toplam maliyeti (rıhtım ve ekipman maliyetleri)

- Yıllık gemi rıhtım maliyeti.

Bruzzone ve Signorile (1998) adlı yazarların liman simülasyonu konusuna iki katkısı vardır. Birinci katkı aşağıdaki konularda iki tür genetik algoritmanın kullanılmasıyla ilgilidir;

1. Gelen geminin oluşturduğu akıntının elden geçmesi
2. Tersane planlaması

Bundan başka çalışmada, iyi bir planlamanın limanlarda verimli bir operasyona olan katkısı vurgulanmaktadır.

Bu çalışma, geleneksel operasyon modellerindeki, hem kara hem deniz tesislerindeki düzensizlikleri incelemekte ve sorunun çözümü için genetik algoritmayla yeni bir yaklaşım getirmektedir. Çalışmada genetik algoritmayla ilgili genel bir bilgide yer almaktadır. Kısaca genetik algoritma, kromozom olarak adlandırılan bir yapıyla problemleri çözmeye çalışmaktadır.

Genetik algoritma, geminin geliş zamanı, bir kromozomdaki konteyner sayısı ve konteyner tipi, değişim operasyonları gibi değişkenleri çözümleyerek, operasyon planlamasını gerçekleştirebilmektedir.

Soman ve Raghuram (2008) çalışmalarında petrol elleçleyen terminallerin önemli sorunlarından birisi olan iskelelerin optimal kullanımı problemlerini ele almışlardır. Bu problem aynı zamanda diğer yük iskele/rıhtımları için de bir problemdir. Yapılan simülasyon modelinde iskelenin operasyon kapasitesi ölçümlenmeye çalışılmıştır.

2.7.3. Liman Tasarımı ve Liman Genişlemesi Simülasyon Modelleri

McCallum (1986); seyir işaretlerini, gemi yanaşma planlamalarını, romörkaj operasyonlarını içeren bir liman tasarımı simülasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmada farklı tip gemi rüzgâr aralıklarında, azami med cezir seviyelerinde rıhtımlama manevraları incelenmektedir. Ayrıca çalışmada liman tasarımı sürecinde simülasyon kullanımının avantajlarına değinilmektedir. Bu simülasyon modeliyle güvenli operasyonlar liman açılmadan önce çalıştırılmış ve liman faaliyete geçmeden önce simülasyon ile alternatif stratejiler uygulanabilmiştir.

Teo (1993), konteynerleri hareket ettirmek için otomatik klavuzlar kullanan tam otomatik kara operasyonlu bir konteyner terminalini temsil eden bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmaya göre liman operasyonları iki temel aktiviteye ayrılmaktadır, bunlar kara ve deniz operasyonlarıdır. Yazar kara operasyonlarına yoğunlaşarak özellikle animasyonları modelin kabul edilebilirliğini desteklemek ve kullanıcıların algılamalarını kolaylaştırmak için

kullanmıştır. Animasyon aynı zamanda simülasyon çalışması için kapsamlı bir kullanıcı ara yüzü sağlamaktadır.

Dagget (1995), deniz simülatörlerinin nasıl anlaşılacağını ve seyir tasarımlarının nasıl olacağını ayrıca bu simülatör tekniklerinin nasıl kullanılacağı hakkında kapsamlı bir araştırma yapmıştır. Bir navigasyon kanalı tasarımının hazırlanmasında temel fonksiyonlardan biri, kanalın taslak ve boyutlarının hazırlanmasıdır. Bu tasarım aşağıda bahsedilecek tasarım elemanlarını içermek durumundadır:

- Yer,
- Ön tanıtım ya da işlem sıralaması,
- Derinlik,
- Genişlik,
- Her bir dönemeç için eğim ya da genişliğin yarıçapları,
- Dönemeçler arası tanjant mesafeleri,
- Seyir yardımlarının tespiti.

Kia ve diğerleri (2002), limanların elleçleme teknikleri ve bu tekniklerin terminal kapasitesi üzerine etkilerinin ölçülmesiyle ilgili olarak bir konteyner terminali performansının değerlendirilmesi ve bilgisayar simülasyonlarının rolü üzerine incelemelerde bulunmuştur.

Çalışmada simülasyon ile iki farklı operasyon sistemi (mevcut operasyon ve önerilen operasyon) istatistiksel olarak araştırılmaktadır. Bu simülasyon modeline göre incelenen gemilerin doğrudan demiryoluna yüklemenin rıhtımda bekleme süresini % 8 oranında azalttığı ve yaklaşık olarak 2.7 milyon dolarlık tasarruf sağladığı ispatlanmıştır. Yapılan istatistiksel analiz ile gelişler arası sürenin üssel, saat başı limana gelen gemi sayısının ise poisson dağılımıyla uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Hizmet zamanı ise K-erlang dağılımıyla ifade edilmektedir.

2.7.4. Limanlar İçin Matematiksel Modeller

Bronzi ve Stammer (1980), iç su yolu liman olanaklarının operasyon özelliklerini araştırmak amacıyla matematiksel bir model geliştirmiştir. Farklı olarak model yük elleçlemesinin değişik seviyelerinde liman operasyonlarının maliyet ve zamanını, ayrıca liman kapasitesini tahmin etmeye yöneliktir. Modelde operasyonlarda yapılan değişikliklerin liman kapasite ve gecikmeleri üzerine etkilerini de araştırmaktadır.

Matematiksel modeldeki alt modüller kuyruk teorisine göre geliştirilmiştir. Hizmet zamanı üssel dağılım olarak bulunurken, gemi geliş düzeni poisson dağılımıyla uygunluk göstermektedir. Alt modüllerin her

birisinin matematiksel ilişkisi, basit dengelerden karmaşık algoritmalara ve kuyruk teorisi eşitliğine doğru sıralanmaktadır.

Notritake ve Kimura (1983), genel yükün optimal kapasitesini bulmaya yönelik bir metodoloji önermektedir. Bu metodolojide yükler belli sayıdaki rıhtımlarda ve optimal rıhtım kapasitesinde elleçlenmektedir. Bu çalışmada üç özel alan ele alınmaktadır:

1. Gemiden liman boşaltılan ve limandan gemiye yüklenen yükün toplam tonajı,
2. Türetilen rıhtım sayısının optimalliğinin araştırılması
3. Geminin liman içindeki seyri

Çalışmada ele alınan liman sisteminin analizinde kuyruk teorisi kullanılmaktadır.

Poiyamozhi ve Somasundaram (1984), Hindistan'daki Madras limanı yağ rıhtımını yine kuyruk modeliyle analiz etmiştir. Öncelikle, gemilerin gelişler arası süresi poisson dağılımına göre tespit edilmiş, aralıklar 10 ve 15 saat olarak tespit edilmiştir. İkinci olarak hizmet zamanı negatif üssel dağılım olarak bulunurken yine aralıklar 10 ve 24 saat olarak tespit edilmiştir. Limanlarda kuyruk teorisinin kullanılmasındaki önemli zorluklardan birisi gemi geliş düzeni ve hizmet zamanının birlikte poisson ve negatif üssel dağılımdan gelmiş olmasıdır.

Noritake ve Kimura (1990), bir ülkedeki liman büyüklüğünün ve optimal dağılımının tanımlanması konusunda ayrılabilir programlama tekniğini kullanmıştır. Bu amaca yönelik olarak yükün ulaştırılmasında harcanan toplam liman maliyeti, iki unsurdan oluşmaktadır, bunlar aşağıdaki gibidir:

- Toplam iç taşıma maliyeti ve
- Toplam liman maliyetidir.

Toplam iç taşıma maliyeti çeşidi doğrusal fonksiyon olma özelliğine sahipken toplam liman maliyeti bu özelliğe sahip değildir. Neticede toplam maliyet yaklaşık olarak doğrusal fonksiyona çok uygunken, ayrılabilir programlama bu çalışmada kullanılabilmıştır.

Vea (1994), düzenli hat konteyner gemilerinin zamanlama performansını optimize etmek için doğrusal olmayan programlama modeli önermektedir. Model aşağıdaki optimizasyon kriterini ele almaktadır;

- Zamanında gelişlerinin yüzdesinin azami hale getirmek ve
- Gecikmelerin önem derecesini asgari hale getirmek

Geminin zamanında gelmesinde birçok etkenden dolayı gecikmeler yaşanabilmektedir, gecikme nedenleri aşağıdaki gibidir:

- yük miktarının çokluğu,
- liman verimliliği,
- denizdeki hava şartları,
- limandaki hava şartları,
- geminin bozulması veya durması,
- gemi çatmaları
- yangın,
- yapısal hasarlar,
- grevler ve,
- rıhtım ulaşılabilirliği.

Bu çalışmada sadece ilk üç gecikme sebebi ele alınmış ve sadece iki tür sınırlama getirilmiştir:

1. Programlanmış seyir zamanı toplamı ve programlanmış tüm liman zamanı toplamı tur zamanına eşit olmak zorundadır.
2. Zamanında geliş yüzdesi ya da gemi geliş modelinin ortalaması kesin bir seviyede tutulmalıdır.

Zrinc ve diğerleri (1999), terminallere yönelik genel bir gemi trafiği modeli önermişlerdir. Model demirleme ve gemi rıhtım bağlantısına odaklanmıştır. Süreç hareketli, çok kanallı kuyruk sistemi olarak tanımlanmıştır. Demirleme ve gemi-rıhtım bağlantısı geminin demirleme sahasında beklemesi, geminin demirden rıhtıma doğru hareketi, rıhtımda yükleme/boşaltma faaliyetleri, mavnaların demirleme alına götürülmesi ya da limandan ayrılması olarak bu süreçler içinde ele alınmakta ve bu sürecin tamamına “gemi döngü süresi” adı verilmektedir.

Roach (1999), konteyner istifleme problemine otomatikleştirilmiş çözümler üretmiştir. Bu yöntem, birleştirilmiş optimizasyon prensiplerini ve Tabu araştırma algoritmasını kullanmaktadır. Yöntem Tabu araştırma unsurunu kullanarak konteynerleri yerleştirmekte, gemi boşalana kadar her bir konteynere bir istif alanı tespit etmektedir.

Bruzzone (2002), kimyasal sektöründe deniz taşımacılığının lojistik yönetimine yönelik otomatik ve interaktif bir karar destek sistemini genetik algoritma tabanlı optimizasyon modülüyle önermektedir. Çalışmada optimizasyon modülü ve genetik algoritma arasındaki etkileşim, optimizasyon sürecini hızlandırmak amacıyla incelenmektedir.

Genetik algoritma, problemlerin optimizasyonunda birçok avantaj sunmaktadır. Bunlar optimal çözüm için yapılan araştırmada çözümün tüm

popülasyondan başlaması ve mümkün olan çözümlerin sunulmasıyla çoklu sonuçlara ulaşılmasıdır. Böylece optimal çözüm seçenekleri artmaktadır.

Kim ve diğerleri (2003), liman kamyon gelişleri gibi statik ardışık problemler için dinamik bir programlama modeli önermektedir. Bu çalışma, konteyner sahası nakil operasyonları için kamyonların optimal bir şekilde sıralanmasının sıkışıklıkları azalttığını vurgulamaktadır. Dinamik programlama modeli aşağıdaki varsayımları ele almaktadır:

- Tek bir transfer vinci ele alınmaktadır.
- Gelen kamyonların transfer zamanları sabitlenmiştir.
- Her bir kamyon ve saha vinci hizmet süreci için kendi makul zamanına sahiptir.

Ayrıca çalışmada bazı karşılaştırmalara da yer verilmiştir. Bu bilinen diğer sıralama kuralları ile dinamik programlama sıralaması arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ilişkiler “ilk gelen ilk hizmeti alır” (FCFS), “tek istikametli seyir” (UT), “en yakın kamyon önce hizmet alır” (NT) ve “en kısa sürece sahip kamyon en önce hizmet alır” (SPT) kuralları olarak adlandırılmıştır. Bahsedilen simülasyon modeli ile aşağıdaki bilgilere ulaşılmaktadır; önerilen dinamik programlama modelinin, diğer sıralama programlarına göre performansı düşük değildir ve en iyi hizmet performansı “en kısa sürece sahip kamyon en önce hizmet alır” (SPT) kuralına göre elde edilmiştir.

Cuilian ve diğerleri (2008), çok değişkenli fonksiyon kullanarak gemi operasyonlarının programlanması probleminin bir çözüm bulmaya çalışmışlardır. Yazarlar geleneksel gemi operasyonu modellerinin her zaman tek değişkenli fonksiyonlar olduğunu belirterek, kendi geliştirdikleri çok değişkenli fonksiyon yönteminin daha tutarlı sonuçlar verdiğini iddia etmektedirler. Geliştirilen matematiksel model “geminin limanda olabilecek en az zamanı geçirmesi” ve “en az liman maliyetine ulaşma” problemlerine alternatif çözümler sunmaktadır.

Zeng ve Yang (2008), genetik algoritma ile yaptıkları modelde ritim vincinin optimal çalışma düzeninin belirlenmesi temel amaçtır. Bunun yanında ek modellerle çalışmada istif problemlerine de değinilmektedir.

Alessandri ve diğerleri (2009), yaptıkları dinamik model ile doğrusal olmayan programlama kullanarak limanla ilgili lojistik faaliyetlerin optimizasyonunu hedeflemişlerdir. Makalede önerilen yöntem ise taşıma faaliyetlerini “önceden tahmin etme ve kontrol” yöntemiyle elleçleme ekipmanlarının verimli dağıtılmasını sağlamaktır. Konteyner nakil ekipmanlarının tahsisinin, taşıyıcıların taşıma zamanlarını minimize edecek ve ekonomik faydayı maksimize şekilde olması çalışmanın ulaşmak istediği noktadır ve geliştirilen model bu hedef doğrultusunda şekillenmektedir.

Monacco ve diğerleri (2009), Akdeniz'in en önemli aktarma limanlarından birisi olan Gioia Tauro konteyner limanının rıhtım ataması, vinç programlanması, saha ile ilgili taktiksel ve operasyonel sorunlar, araç rotalama sorunları ve insan kaynakları yönetimi konusuna ilişkin yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Çalışmanın temel amacı ise verimliliği ve limanın rekabetçi gücünü arttırmaktır. Çalışmanın aktarma ağırlıklı bir limana uygulanması önemli bir katkıdır çünkü aktarma limanları diğer konteyner limanlarından daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

2.7.5. Konteyner Terminaleri Simülasyon Modelleri

Konteyner terminalerine ilişkin modeller literatürde önemli bir yer kaplamaktadır. Konteyner terminal işletmeciliğinin özellikle diğer yük terminalerine göre daha karmaşık olması simülasyon yönteminin bu alanda kullanılmasını daha cazip hale getirmiştir. Bu bölümde konu hakkında literatür incelenmiştir.

Silberhole ve diğerleri (1991) liman personeli çalışma programının konteyner terminalerinin verimliliği üzerine etkilerini araştırmak için bir konteyner terminali simülasyon modeli geliştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çalışma düzen ve programının liman verimliliği analizinde önemli bir unsur olduğu görülmektedir. Düzensiz personel hareketlerinin ve verilen çalışma aralarındaki düzensizliğin, farklı terminaler arasında önemli maliyet farklılıklarına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Bu durum özellikle az sayıda vince sahip olan limanlar için geçerli olurken, çok fazla vince sahip olan limanlar içinde doğruluğu az da olsa kanıtlanmıştır.

Koh ve diğerleri (1994a, 1994b), konteyner terminaleri operasyonlarında öncelikli planların tespiti ve uygulanması için bir karar destek sistemi tanımlamışlardır. Bir nesne yönelimli (object-oriented) simülasyon modeli, önceki planları tanımlayabilmek ve terminaldeki faaliyetleri simüle edebilmek için geliştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, gemi döngü zamanları, vinç ve ana taşıyıcıların faydalı kullanım oranları ve terminalde meydana gelen sıkışıklıklar gibi göstergelerin incelenmesine bu karar destek sistemi olanak sağlamaktadır.

Geliştirilen bu karar destek sistemi aynı zamanda kullanıcıya, bazı planların yeniden değerlendirilmesi, terminal performansının optimize edilmesi ve gemilerin bekleme sebeplerinin tespit edilmesi, saha sıkışıklığı ve verimsiz kaynak kullanımının nedenlerini araştırmak gibi konularda bilgiler sağlamakta, senaryolar yaratılarak muhtemel olayların incelenmesine olanak vermektedir.

Hutchins (1995), terminal operasyonlarını geliştirmek ve daha düşük maliyetlerle operasyonları gerçekleştirmek amacıyla liman olanaklarının analiz edilmesi ve liman sahasının tanımlanmasına yönelik bir kesikli olay simülasyon metodu geliştirmiştir. Model planlayıcıya, konteyner terminalinin tüm

operasyonlarını planlamasına ve sermaye gelişimi için yeni fikirlerin geliştirilmesine, politika değişiklikleri, ekipman yenileme, fiziksel yapının değişimi gibi konularda yardımcı olmaktadır. Simülasyon modeli için gereken veri genellikle aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Tesis Tipi: Terminal tesislerinin tipi, büyüklüğü, pozisyonları ve operasyon zamanları
- Ekipman Özellikleri: Ekipmanların kapasiteleri, operasyon zamanları gibi teknik özellikleri
- Trafik Talebi: Gemi geliş programı, gemi kapasiteleri ve kamyon gelişlerini içeren trafik talebi
- Maliyetler: sabit maliyetler ve ekipman/tesisler için operasyon maliyetleri

Modelin üç üstünlüğü bulunmaktadır, bunlar aşağıdaki gibidir:

1. Kullanıcı sermaye harcamalarında (ekipman alımı vb.) ya da prosedür değişikliklerinde yazılımdan destek alabilmektedir.
2. Yönetici, mevcut operasyonlara yeni bir düzen getirilebilir ya da terminal operasyonlarını düzeltici önlemler alınabilir.
3. Bilgisayar simülasyonu sayesinde birkaç dakikada, birkaç haftalık, aylık hatta yıllık operasyon süreleri incelenebilmekte ve analiz yapılabilmektedir.

Ramani (1996), konteyner terminallerinin lojistik planlamasını destekleyen interaktif bir simülasyon model tasarlamıştır. Bu model, konteyner operasyonlarının lojistik planlamasındaki çeşitli operasyon stratejileri için, rıhtım işgaliyesi, gemi hareketleri ve gemi bekleme zamanı gibi liman performans göstergelerini tahminlemektedir. Bu simülasyon modeli bir menü ile çalıştırılmakta ve bu menü veri girdi menüsü, simülasyon çalıştırma menüsü, çıktı istatistik menüsü ve çıkış menüsünden oluşmaktadır. Girdi modeli iki grupta incelenebilir, liman ve gemi özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Liman özellikler aşağıdaki verileri içermektedir:
 - Günlük gemi operasyonlarının sayısı,
 - Her bir hareketteki çalışma saatleri,
 - Rıhtım sayısı, gemiye tahsis edilen rıhtımın özellikleri,
 - Her bir gemi tipi için tahsis edilen rıhtım vincinin sayısı,
 - Her tip saha vincinin sayısı, ana taşıyıcıların sayısı,
 - Geminin liman sahasından rıhtıma yanaşma zamanlarının olasılık dağılımları,
 - Konteyner operasyonlarının başlamasından sonraki gemi bekleme zamanlarının olasılık dağılımları

2. Gemi özellikleri aşağıdaki verileri içermektedir:
 - Gelişler arası sürelerin olasılık dağılımları
 - Limana gelen gemi tiplerinin olasılık dağılımları
 - Her tip gelen gemi için yük tipi dağılımları
 - Her tip gelen gemi için ihraç ve ithal yük oranı

Model sonuçları incelendiğinde rıhtım işgaliye oranı ve gemi bekleme zamanının tespiti ön plana çıkmaktadır. Gemi bekleme zamanı ise aşağıdaki gibi bölümlendirilebilir:

- Rıhtıma yanaşmak için demirde beklenen süre
- Rıhtımda yükleme/boşaltma operasyonlarının başlamasına kadar beklenen süre
- Tüm operasyonların başlaması ve bitmesi arasında geminin rıhtımda geçirdiği süre
- Operasyonların bitmesinden sonra rıhtımdan ayrılmak için geminin beklediği süre

Görüldüğü gibi gemi bekleme süreleri tüm yönleriyle bu çalışmada ele alınmıştır.

Gambardella ve diğerleri (1998), intermodal taşımacılık ile uyumlu konteyner terminallerinin yönetimine yönelik bir karar destek sistemi modellemiştir. Modelde çözülen problemler aşağıda verilmiştir:

- Sahadaki konteyner taşımacılığının uzamsal dağılımının incelenmesi
- Kaynakların dağılımı sorunu
- Bazı ekonomik göstergelere bağlı olarak performans fonksiyonunu azami hale getirmek için operasyonların programlanması.

Karar destek sistemi her ne kadar üç modülden oluşsa da aslında bu modüller birbiriyle tam anlamda etkileşim halindedir. Bu modüller aşağıda incelenmiştir:

1. Terminal simülasyon modülü: Varlıklara göre sıralama mevcuttur, bu varlıklar içinde iş gücü, ulaştırma ortalamaları, depolama alanı, gemi yükleme/boşaltma hareketleri, kamyon hareketleri, vinç operasyonları gibi süreçler gösterilebilir.
2. Tahmin etme modülü: Geçmişteki verileri analiz ederek bir tahmin modülü seti hazırlama ve beklenen ihraç/ithal akışın gelecekteki miktarını tahmin etmede kullanılmaktadır.
3. Planlama sistemi modülü: Yükleme/boşaltma operasyonlarını, kaynak dağılımlarını ve sahadaki konteyner istifini optimize etmeye yönelik kullanılmaktadır.

Bahsedilen bu araştırma daha çok konteyner limanlarında kaynak tahsisine ve kaynakların verimli kullanılmasına yoğunlaşmaktadır. Kaynakların tahsisi problemi, job-shop algoritması, genetik algoritma ya da aynı ve sınırlandırılmış zaman aralıklarında kârın azami hale getirilmesi amacıyla yönelik karma entegre doğrusal programlama gibi bir çok tekniğin kullanılmasıyla çözümlenmektedir. Her bir operasyon için hedef fonksiyonu, kaynak kullanım maliyeti, gemi yükleme/boşaltma operasyonlarındaki gecikmeler ve terminal gelirlerine dayanmaktadır.

Merkuryev ve diğerleri (1998), Riga limanı konteyner terminaline yönelik modelleme ve simülasyonun yönelik çalışmalarda bulunmuşlardır. Çalışmada simülasyon modeli makro ve mikro seviye olarak iki seviyede incelenmektedir:

- Mikro seviyede birbirinden ayrılmış teknolojik operasyonlar ve bu operasyonların sürelerinin olasılık dağılımlarının araştırılması için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir.
- Makro modülde mikro modülün sonuçları konteyner terminalinin modelinde kullanılmaktadır. Terminal operasyonlarının farklı durumlarını araştırmada kullanılan makro model ile bu durumlar, şimdiki zaman durumu, dokümantasyon yönetim sistemi operasyonlarının düzeltilmesi durumu, teknolojik süreç uygulamalarının düzelmesi durumu olarak ifade edilmektedir.

Bahsedilen bu simülasyon modeli konteyner terminallerinde operasyonların geliştirilmesine yönelik kullanılmakta, bu amaçla verilen kararların verimliliğini ölçmede, analiz etmede ve başka ihtimalleri değerlendirmede bir karar destek sistemi olarak değerlendirilmektedir. Modelde ARENA programlama dili kullanılmıştır.

Kulich ve Sawyer (1999), simülasyon tabanlı kapasite analiz platformunu (SIMCAP) ayrıntılı olarak tanımlamıştır. SIMCAP sadece bir simülasyon modeli değildir, aynı zamanda iç içe geçmiş bir çok unsuru birleştiren bir model sistemidir, bunlar aşağıdaki gibidir:

- SIMCAP kontrol merkezi,
- Veritabanı,
- Tren manifesto üretici,
- Tren programı,
- Tren mesafeleri,
- Yük gelişlerinin tarihçesi,
- Ray tahsis planlaması,
- Simülasyon senaryo verisi,

- Simülasyon modeli,
- Simülasyon raporu
- Animasyon.

Bu modüler sürecin faydaları, projelerin tekrar kullanılabilirliği, model unsurlarının kolayca değiştirilebilirliği, verimliliğin maliyeti, uygulama çevresini seçebilme yeteneği, gelişme çabasının dağılımı gibi konuları incelemeye olanak vermesidir.

Tahar ve Hussein (2000), limanlardaki lojistik süreçlerin geliştirilmesi ve incelenmesine yönelik ARENA dilinde bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. İncelemede Kelang konteyner terminali ele alınmıştır. Model limanın verimli yönetilmesi için gerekli tüm süreçleri simüle etmekte ve liman hareketleri ve karakteri hakkındaki istatistikleri yüksek bir doğruluk oranıyla tutturmaktadır. Rıhtım vinci tahsisi, kaynak tahsisi ve farklı operasyonların programlanması, liman performansını azami hale getirmek için modellenmiştir. Geliştirilen simülasyon modeli liman operasyonlarını analiz etmekte ve aşağıdaki liman performans göstergelerini üretmektedir:

- Gemi döngü zamanı
- Rıhtım işgaliye oranı
- Gemi çıktıları
- Vinçlerin faydalı kullanım oranları
- Ana taşıyıcıların faydalı kullanım oranları.

Çalışmada ayrıca aşağıdaki konular tartışılmaktadır:

- Rıhtım tahsis süreci
- Rıhtım modeli için girdi verileri
- Gemi tipine göre öncelik
- Konteyner sayısına göre öncelik
- Vinç tahsis kuralları
- Modeli geçerli kılmak için simülasyon çıktıları ile gerçek verilerin karşılaştırılması

Bu simülasyon modeli Kelang konteyner terminal operasyonlarının yönetimine yardımcı olması amacıyla geliştirilmiş başarılı bir uygulamadır.

Nam ve diğerleri (2000), liman ekipmanlarının ve sahasının farklı modlarda verimlilik değişikliklerinin araştırılması amacıyla bir simülasyon modeli tasarlamışlardır. Simülasyon modeli aşağıdaki unsurları içermektedir:

- Ortalama bir geminin liman zamanı
- Ortalama rıhtım işgaliye oranı
- Ortalama gemi bekleme zamanı
- Her bir gemi için ortalama konteyner vinci

Bu performans göstergelerinin kullanıldığı dört senaryo karşılaştırmalı olarak simülasyon modelinde incelenmektedir. Modelin ana girdileri aşağıda verilmiştir, bunlar:

- Gemi geliş düzeni
- Gelen her bir gemideki yük hareketi sayısı
- Tahsis edilen rıhtım vinci sayısı (her bir gemi için)
- Vinç verimliliği girdileri

Model AweSim programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Shabayek ve Yeung (2002), Kwai Chung konteyner terminalini simüle etmek amacıyla WITNESS yazılımını kullanmıştır. Çalışmanın amacı, yüksek doğruluk oranıyla, gerçek bir konteyner terminalinin operasyonlarını önceden tahmin edebilmek için hangi boyutta bir simülasyon modeline ihtiyaç duyulduğunun araştırılmasıdır.

Bu model, ihtiyaç duyulabilecek ek bir rıhtım talebini değerlendirebilecek niteliktedir. Bunun yanında model maliyet analizi ve terminal operatörlerinin performans geliştirme tahminlerini de yapabilmektedir. Bu çalışmada gemi gelişler arası süre negatif üssel dağılım olarak tespit edilmiştir. Model % 5 hata payıyla gerçek zamana yaklaşmıştır.

Segouridis ve Angelides (2002) terminal içindeki konteynerleri inceleyen bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, konteyner terminali sahasının çalışma günlerinin güvenilir bir modelde incelenmesidir. Bu model, seçilen konteyner terminalinin ithal sahası fonksiyonlarının dinamiklerini anlamaya yardımcı olmaktadır. Bu model sayesinde kamyon döngü zamanı ve ekipman faydası faktörleri gibi performans göstergelerini ölçmek mümkündür. Ayrıca model, konteyner terminallerinde kabul edilebilir hizmet seviyesini ölçmek için straddle taşıyıcıların talep sayısı ve trafik limitlerinin tahminlenmesini de gerçekleştirmektedir. EXTEND yazılımı programlama dili olarak kullanılmıştır. Simülasyon modeli aşağıdaki modülleri içermektedir:

- Kamyon üretici
- Konteyner üretici
- Kapı ve liman dışındaki kuyruğun ölçülmesi
- Kamyon yolu modülü
- İstif sahası modülü
- Rota modülü
- Gecikmelere yönelik modül

Sgouridis (2003), konteyner terminallerinin orta dönemli planlaması için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Model günlük ayrıntılarla iç içe girmiş bir planlama aracıdır.

Geliştirilen model aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- straddle taşıyıcı sayısının farklı yükleme senaryoları için optimize edilmesi,
- değişik taslak çözümler,
- yer değiştirme tekniklerinin değerlendirilmesi,
- kuyruk uzunluğunun tahmin edilmesi,
- ekipman-sistem yatırımlarının ya da çalışma prensiplerinin araştırılması.

Simülasyon modeli, önerilen planın hizmet seviyesini geliştirmesi üzerine etkilerini değerlendirmek için ya da yarı otomatik saha yönetim sisteminin ayrıntılarını incelemek için kullanılmaktadır. Modelin girdi verileri saha, hız ve genetik formattaki giriş frekansından ve çıktılar ise hizmet seviyesi, hizmet zamanı, faydalı kullanım faktörü ve kuyruklardan oluşmaktadır.

Vis ve Harika (2004), ARENA program dilini kullanarak konteyner terminallerinde saha içi taşımayı otomatik olarak gerçekleştiren ekipmanların karşılaştırılmasına yönelik bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Makalede ALV (automated lifting vehicles) ve AGV (Automated guided vehicles) olarak adlandırılan ekipmanlar arasında straddle taşıyıcı ve terminal kamyonlarının otomatikleştirilmiş biçimleridir. Çalışmada her iki ekipmanın gösterdikleri taşıma performansları ölçümlenmiştir.

Dragovic ve diğerleri (2005, 2006), GPSS/H program dilini kullanarak bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Çalışmasında Pusan doğu konteyner terminalindeki rıhtım faaliyetlerinin optimizasyonu amaçlamıştır. Dolayısıyla model sadece rıhtım faaliyetlerine yönelik sınırlı bir modeldir.

Casaca, A.P. (2005), yaptığı çalışmada konteyner terminallerinde simülasyon kullanımının artan öneminden bahsetmekte, konuya teorik olarak değinmektedir.

Huang ve diğeri (2007), kuyruk modelini konteyner terminallerin uyguladıkları çalışmalarında gerçek veriler kullanmışlardır. Rıhtım ve gemi planlaması amacıyla yapılan modelde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilmektedir:

- Bir rıhtım için ortalama gemi bekleme zamanı,
- Ortalama hizmet zamanı,
- Rıhtımın faydalı kullanım oranı,
- Değerlendirme endeksi.

Esmer ve diğeri (2008a ve 2008b), İzmir Alsancak limanı verileriyle ARENA programını kullanarak yaptıkları simülasyon modelinde, kaynak olarak atanmış rıhtımların ne kadar küçük parçalara ayırıp ölçülürse o kadar hassas performans ölçümü yapılabileceği sonucunu tespit etmişlerdir. Modelde 3 aylık gerçek liman verilerinden elde edilen olasılık dağılımlarıyla İzmir Alsancak Limanının rıhtım verimliliği ölçümü yapılmıştır.

Chan ve diğeri (2008), doğrudan bir simülasyon modeli geliştirmeye de bir simülasyon modeli geliştirmede en önemli aşama olan gemi, yük, taşıyıcı gibi varlıkların gelişer arası sürelerinin olasılık dağılımlarının bulunmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu anlamda bu çalışma simülasyon modelleri için hazırlık aşamalarına değinen çok az sayıda çalışmadan birisidir. Çalışmada Çin'deki konteyner terminallerine bağlanan kara yolu trafiğine olan talebin dağılımları tespit edildiği gibi geliştirilen model ile bu yönde tahminler de yapılmıştır.

Wany ve Li (2008), WITNESS yazılımını kullanarak konteyner istif istasyonlarındaki kapasite problemlerini çözmeye yönelik bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın tanımlanan problemi konteyner istif istasyonlarının sınırlı bir sahada ve sınırlı ekipmanlarla optimum çalışma için ne yapılabileceğinin tespitidir.

Zanen ve diğeri (2008), konteyner terminallerinde konteynerlerin istiflendiği alanlar üzerine yoğunlaşmışlardır. Konteyner istif sahalarının yoğunluğunun tahmini liman idaresi için önemli bir problem olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada bir konteynerin istif sahasında kalma süresi (dwell time) ile saha işgaliye oranı arasındaki ilişki modellenmiş ve bu ilişkinin ayrıntılarına yer verilmiştir.

Ma ve Hadjiconstantinou (2008), kesikli olay simülasyonu kullanarak konteyner terminallerinde saha operasyonlarının değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmada gemi ve yük geliş süreci, terminaldeki malzeme elleçleme süreci ve vinçler ile terminal traktörlerinin rotalanmasına ilişkin planlamalara yönelik İngiltere'deki Felixstowe limanından elde edilen verilerle bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Model, alternatif planlama senaryolarının test edilmesine imkân sağlamaktadır.

Legato ve diğeri (2009), yaptıkları çalışmada kesikli olay simülasyonu kullanarak konteyner terminallerinde sahada yer alan vinçleri modellemişlerdir. Özellikle lastik tekerlekli köprülü vinçlerin operasyonlarını hedef alan makalede bir optimizasyon modeli önerilmektedir. Bu kapsamda vincin en az hareketiyle en uygun konteyner yerleşim düzeni yakalanmaya çalışılmıştır. Senaryo analizlerinin de kullanıldığı çalışmada “öncelik sırasına koyma ve seçme” prensibi temel olarak uygulanmıştır. Tüm bu açıklamalar dâhilinde bahsedilen makalenin nihai amacı ise liman içi organizasyon ve operasyon yönetiminin geliştirilerek, limanın rekabetçi gücünü arttırmaya yönelik olarak konteyner terminallerinde “terminal saha kullanımı” ve “verimli planlama” konularını irdelemektir.

Dragovic ve diğeri (2009), konteyner terminallerinde alınan operasyona yönelik kararları destekleyici optimizasyon ve simülasyon tekniklerinin birlikte kullanıldığı bir model geliştirmişlerdir. Modelde terminal operasyonları, liman ekipmanlarının verimliliği ve geminin limanda geçirdiği süreyi tahmin eden senaryolar kullanılmıştır. Bu modelin stratejik ve taktiksel kararların alınmasında karar vericiye kolaylık sağlayacağı ifade edilmiştir. Model Kore’deki konteyner limanlarının verileriyle geliştirilmiş ve doğrulanmıştır.

Tüm bu açıklamalara ek olarak, literatürü toparlaması açısından yapılan çalışmaların özeti ve modellemeye konu olan lojistik süreçler Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5’te 1980 ve 2009 yılları arasında yayımlanan toplam 63 makale/bildiri incelenmiştir. Bu yayınlarda geliştirilen modellerin kapsamlarına göre yapılan sınıflandırmalar sonucunda aşağıdaki istatistiklere ulaşılmıştır:

- Liman simülasyonlarında en fazla değerlendirilen konu yük elleçleme ve ekipman verimliliği konusudur. Bu konu 32 farklı yayında ele alınmıştır.
- Gemi manevra ve operasyonları konusu 30 yayında simülasyona konu olmuştur. Bu konu en fazla simüle edilen konulardan birisidir.
- Liman planlama ve rıhtım atama konuları sırasıyla 13 ve 12 yayında işlenmiştir.
- Kuyruk modelleri ve rıhtım atama konusu sadece 2 yayında ele alınmıştır.
- Simülasyon yönteminin liman yeri seçimi için kullanımı konusu ise sadece bir yayında ele alınmıştır.

Görüldüğü liman simülasyon modellerinin en fazla cevap aradığı sorular yük elleçleme ve gemi operasyonlarının optimizasyonudur.

Tablo Tablo 5'te incelenen literatür kronolojik olarak sıralandığı gibi modellemeye konu olan kapsam da gösterilmiştir. Bu kapsamlar;

- Yer seçimi,
 - Yük elleçleme/ekipman verimliliği,
 - Gemi manevra ve operasyonları
 - Rıhtım atama/planlama
 - Kuyruk modeli
 - Liman planlama ve
 - Literatür taraması
- olarak belirlenmiştir.

Tablo 5: 1980-2009 Yılları Arasında Yayımlanan Liman Simülasyonu Literatürü Özeti

		Modellemeye Konu Olan Kapsam						
Yıl	Yazar(lar)	Yer Seçimi	Yük Elleçleme/Ekipman Verimliliği	Gemi Manevra ve Operasyonları	Rıhtım Atama/Planlama	Kuyruk Modeli	Liman Planlama	Literatür Taraması
1980	Bronzi ve Stammer (1980)	+						
1983	Noritake ve Kimura (1983)		+	+	+			
1984	Francisco (1984)			+				
1984	Poijamozhi ve Somasundaram (1984)				+	+		
1985	Esa (1985)			+	+			
1986	Elzing (1986)		+	+				
1986	Macknight ve Mackay (1986)			+				
1986	McCallum (1986)		+		+			
1987	Sheikh ve diğerleri (1987)		+		+			
1989	McCall (1989)			+	+			
1989	Park ve Chiu (1989)		+				+	
1990	Noritake ve Kimura (1990)						+	
1991	Wadhwa ve diğerleri (1991)		+	+				
1991	Silberholz ve diğerleri (1991)		+				+	
1992	Wadhwa (1992)				+	+		
1992	Gibson ve diğerleri (1992)						+	
1993	Hassan ve diğerleri (1993) ve Hassan (1993)						+	
1993	Teo (1993)		+					
1994	Vea (1994)			+				
1994	Koh ve diğerleri (1994a, 1994b)		+	+				
1995	Nevins ve diğerleri (1995)		+					
1995	Dagget (1995)			+				
1995	Hutchins (1995)		+				+	
1996	Ramani (1996)			+	+			
1996	Güler (1996)		+	+			+	
1998	Nevin ve diğerleri (1998)		+					
1998	Thiers ve Janssens (1998)			+				
1998	Bruzzone ve Signorile (1998)			+				
1998	Gambardella ve diğerleri (1998)		+				+	
1998	Merkuryev ve diğerleri (1998)		+					
1999	Zinc ve diğerleri (1999)		+	+				
1999	Roach ve Wilson (1999)		+					
1999	Kulich ve Sawyer (1999)						+	
2000	Tahar ve Hussein (2000)		+	+				
2000	Nam ve diğerleri (2000)			+				
2002	Kia ve diğerleri (2002)							+
2002	Bruzzone (2002)		+					
2002	Shabayek ve Yeung (2002)		+				+	
2002	Segouridis ve Angelides (2002)		+					
2003	Asperen ve diğerleri (2003)			+				
2003	Kim ve diğerleri (2003)		+					
2003	Spouridis (2003)		+					
2004	Franzese ve diğerleri (2004)			+				
2004	Vis ve Harika (2004)		+					
2005	Dragovic ve diğerleri (2005a)		+	+				
2005	Dragovic ve diğerleri (2005b)			+				
2005	Casaca, A.P. (2005)		+					
2006	Dragovic ve diğerleri (2006)		+	+				
2006	Dragovic ve diğerleri (2006)		+	+				
2007	Huang ve diğerleri (2007)		+	+				
2008	Soman ve Raghuram (2008)				+			
2008	Zeng ve Yang (2008)		+		+			
2008	Ma ve Hadjiconstantinou (2008)		+	+				
2008	Esmer ve diğerleri (2008)			+	+			
2008	Wany ve Li (2008)		+					
2008	Zanen ve diğerleri (2008)						+	
2008	Chan ve diğerleri (2008)							
2009	Cuilian ve diğerleri (2008)			+				
2009	Ma ve Hadjiconstantinou (2008)		+	+			+	
2009	Alessandri ve diğerleri (2009)			+				
2009	Monacco ve diğerleri (2009)				+		+	
2009	Legato ve diğerleri (2009)			+			+	
2009	Dragovic ve diğerleri (2009)		+	+				
2009	Angeloudis ve Bell (2009)							+

Tüm bu incelenen literatür ışığında araştırmanın gerekçesi ve literatürden farkı bir sonraki bölümde verilmiştir.

2.8. İNCELENEN LİTERATÜR IŞIĞINDA ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ

Simülasyon ile modelleme tekniğinin bu kadar yaygın kullanılması, kuşkusuz konu hakkında önemli bir literatürün de oluşmasına katkı sağlamıştır. Tüm bu sınıflandırmalar dahilinde yapılan çalışmalarda kullanılan simülasyon teknikleri incelenmiş, simülasyon yapılarının ayrıntıları sunulmuş ve ayrıca çalışmada yapılan deneylerin tasarımı, performans ölçümleri ve girdi/çıkış analizlerine değinilmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde, liman simülasyon modellemesi hakkındaki tüm çalışmaları 5 ana başlıkta toplanmıştır. Bunlar daha önce de bahsedildiği gibi aşağıdaki konuları kapsamaktadır;

1. Liman operasyonları simülasyon modelleri,
2. Liman planlaması simülasyon modelleri,
3. Liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri,
4. limanlar için matematiksel modelleri ve
5. Konteyner terminaleri simülasyon modelleri.

Araştırma kapsamında geliştirilen modelde uygulama limanı bir konteyner terminalidir. Bu nedenle yapılan çalışmanın orijinalliğini değerlendirilirken “konteyner terminali simülasyon modelleri” başlığı altında sunulan literatürü incelemek gerekir. Konteyner terminalerine ilişkin modeller literatürde önemli bir yer kaplamaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmaların genellikle konteyner terminal işletmeciliği ile ilgili olduğu görülmektedir. Konteyner terminal işletmeciliğinin özellikle diğer yük terminalerine göre daha karmaşık olması simülasyon yönteminin bu alanda kullanılmasını daha cazip hale getirmiştir.

Literatürdeki konteyner terminali simülasyon modelleri değerlendirildiğinde bazı ortak yargılara ulaşılabilmektedir. Yapılan modeller aşağıdaki ihtiyaçları karşılamaktadır;

- liman yöneticilerinin verdikleri kararlara destek olmak,
- farklı alternatifleri değerlendirmek,
- liman yöneticilerine en iyi çözümü sunabilecek esnek bir araca duydukları ihtiyaç.

Konteyner limanları simülasyon modelleri hakkında yazılan makaleler 1990'lı yılların başından itibaren literatürde yer almaya başlamıştır. İncelenen

makalelerde bir çok simülasyon dilinin ve yazılımının kullanıldığı tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan ARENA yazılımı ise literatürde ilk kez Markuryev ve diğerleri (1998) tarafından Riga limanı konteyner terminali operasyonlarını geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Bundan başka ARENA yazılımı Tahar ve Husseyin (2000)'in Kelang konteyner terminali çalışmasında kullanılmıştır. Bu çalışmada simülasyon modeli daha çok gemi ve rıhtım operasyonlarını modellemede kullanmıştır. Via ve Harika (2004) ise ARENA yazılımını kullanarak otomatikleştirilmiş konteyner terminallerindeki insansız taşıma araçlarını modellemiştir. Bu çalışmada amaç insansız terminal traktörlerinin performans ölçümüdür.

Sadece konteyner terminalleri simülasyon modelleri değil tüm liman simülasyonu modellerinden farklı olarak, araştırma kapsamında geliştirilen modelde aşağıdaki temel farklılıkların ortaya çıkması hedeflenmektedir:

- **Evrensellik:** Geliştirilen model evrensel bir model olması ve dünyadaki tüm konteyner terminallerine uyarlanabilir nitelikte olması,
- **Uyarılma kolaylığı:** Modelin uyarılma süreci için gerekli tüm alt yapı ve veri toplama formlarının hazırlanması,
- **Maliyet:** Model için yazılım maliyetini asgari seviyede tutulması,
- **Lojistik yaklaşım:** Konteyner terminallerindeki faaliyetler lojistik bakış açısıyla değerlendirilmesi ve
- **Değiş tokuş dengesi:** Model çıktılarından kullanılan ekipmanlar arasında değiş tokuş dengesi kurulabilmesi, böylece optimizasyon elde edilmesi temel hedeflerdir.

Hedeflenen bu farklılıklar aynı zamanda geliştirilen simülasyon modeline neden ihtiyaç duyulduğunu ve araştırmanın gerekçesini belirtmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA SÜRECİ

Bu bölümde, araştırma süreci tüm ayrıntılarıyla ele alınmaktadır. Öncelikle araştırma kapsamına değinilmiş ve araştırmanın problemi tanımlanmıştır. Daha sonra araştırmanın amacı, araştırmanın nicel ve nitel süreçleri açıklanmıştır. Yapılan pilot ve evrensel modellerden elde edilen sonuçlar yine bu başlık altında incelenmektedir.

3.1. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Dünya ticaretinin yüksek oranlarda denizyoluyla gerçekleşmesi bir tesadüf değildir. Yeryüzünün büyük oranda sularla kaplı olması ve ana kıtalar arasında okyanuslar olması nedeniyle büyük hacimli ve ağır yüklerin taşınmasında deniz yolu üstün konuma gelmektedir. Bur anlamda limanlar, deni taşımacılığının bir alt yapısı olarak yüklerin taşıma modunu değiştirdiği alanlardır. Başka bir deyişle limanlar, ülkelerin denizlere açılan kapılarıdır. Küresel ticaretin artışı sonucunda küresel tedarik zinciri içinde limanların önemi daha da artmıştır.

Araştırma kapsamında limanların küresel tedarik zinciri içindeki yeri ve önemi tanımlanmış, konteyner terminallerindeki lojistik süreçler tespit edilmiş ve ayrıca bu süreçlerin iyileştirilmesine yönelik ARENA simülasyon programı ile SIMAN simülasyon dili tabanlı bir karar destek modeli tasarlanmıştır. Modelin geçerlilik/güvenilirlik analizleri için Türkiye’de faaliyet gösteren bir konteyner limanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Yapılan pilot modellerin çıktıları ile modelde düzeltmeler yapılarak model blokları iyileştirilmiş, böylece simülasyon çıktılarından tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

Bundan başka geliştirilen modelin dünyadaki tüm konteyner terminallerine uygulanabilecek şekilde esnek bloklara sahip evrensel bir model olması hedeflenmiştir. Bu anlamda uygulama, test etme ve değerlendirme amaçlı bir simülasyon modeli yapılmış ve daha sonra bu model “terminal lojistik süreç performansını ölçen tüm terminallere uygulanabilir esnek bir simülasyon modeli” olarak geliştirilmiştir.

Araştırma kapsamında simülasyon modeli çıktıları ile gerçek sistemin davranışları karşılaştırılarak modelin güvenilirlik analizleri de yapılmıştır. Bundan başka simülasyon modeli sayesinde limanda gelen gemiye yapılacak yükleme/tahliye planlamaları önceden yapılabilecektir. Ayrıca limanın optimum yatırım stratejileri de tespit edilebilecektir.

3.2. ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ

Konteyner gemilerinin liman sahasına gelmesinden itibaren liman yöneticileri aşağıdaki problemlerle yüz yüze gelmektedir;

- gemilerin demirde bekleme zamanının azaltılması,
- optimal rıhtım planlamasının yapılması,
- yükleme/boşalma süreçlerinin programlanması,
- terminal kaynaklarının operasyonlara optimal tahsisi,
- gemilerin rıhtımda bekledikleri zamanının azaltılması,
- liman ekipmanlarının ve liman sahasının verimli kullanılması,
- saha istif planlamasının yapılması,
- liman içi taşımaların planlanması,
- rıhtım ve saha işgal oranının azaltılması.

Görüldüğü gibi konteyner terminallerinin yönetimi, çok sayıda karar almayı gerektiren karmaşık sistemler içermektedir. Liman operasyonlarının karmaşıklığı, analitik yöntemlerin liman optimizasyonu için kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Diğer yandan karmaşık yapıların matematiksel modellemesi zahmetli, hatta bazı durumlarda imkânsızdır. Bu tür durumlarda bilgisayar simülasyonu, limanların analizinde, anlaşılmasında ve tasarımılanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araştırmada yukarıda tanımlanan bu problemlerin dolaylı ya da doğrudan çözümüne yönelik bir simülasyon modeli geliştirilmiştir.

3.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE SÜREÇLERİ

Araştırmanın amacı; liman yönetimine karar destek aracı olarak aşağıdaki konulara yardımcı olan, lojistik yönlü bir karar destek modeli geliştirmektir. Bu çerçevede çalışmanın amaçları aşağıda belirtildiği gibidir;

- limanın lojistik yapısını ve liman performans göstergelerini anlama, analiz etme ve değerlendirme,
- liman kapasitesini belirleme,
- liman verimliliğini artırma,
- liman içi lojistik süreçleri geliştirme,
- limanın gelecekteki ihtiyaçlarını tahmin etme.

Bu amaca ulaşmak için aşağıdaki nicel ve nitel araştırma süreçleri doğrultusunda araştırma yürütülmüştür: Nitel araştırma süreci aşağıdaki süreçleri kapsamaktadır:

- Limanların tedarik zinciri yönetimi ve lojistik içindeki önemi ve yerinin tespiti,
- Konteyner terminallerindeki lojistik süreçlerin tanımlanması,

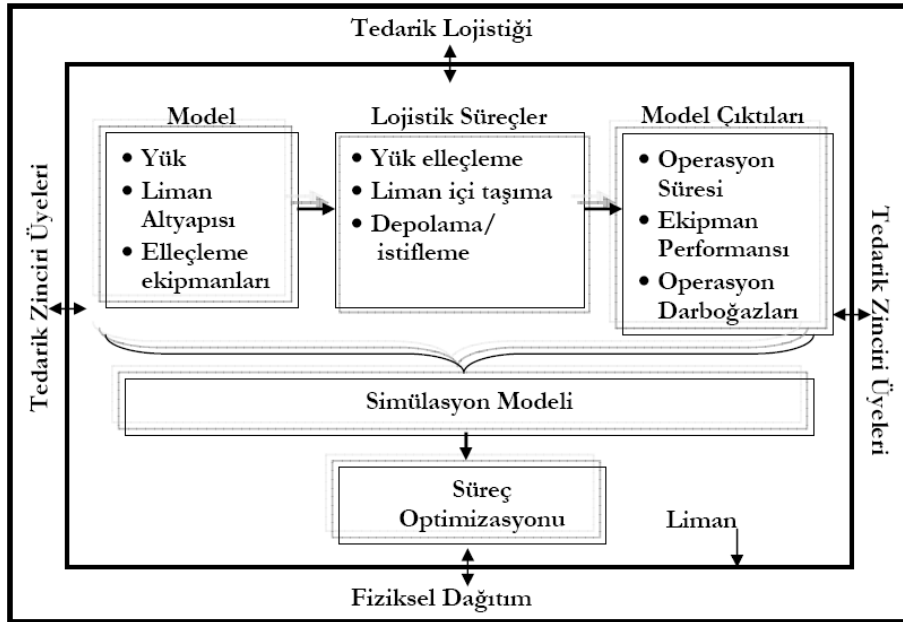
- Liman performans ölçümünde kullanılan simülasyon yöntemi hakkında literatür taramasının yapılması,
- Simülasyon modeline ilişkin uygulama terminali verilerinin toplanması ve veri toplama formunun tasarımı.

Nicel araştırma ise aşağıdaki süreçleri kapsamaktadır:

- Simülasyon modeli için verilerin simülasyon modeline hazır hale getirilmesi,
- Pilot simülasyon modelinin geliştirilmesi,
- Pilot modelin geçerlilik ve güvenilirlik analizlerinin yapılarak modelin doğrulanması,
- Evrensel simülasyon modelinin geliştirilmesi ve,
- Deneysel çalışmalar ile bulgulara ulaşılması.

3.4. ARAŞTIRMANIN KAVRAMSAL MODELİ

Araştırma kapsamının anlaşılması amacıyla bir kavramsal model geliştirilmiştir. Geliştirilen kavramsal modelde simüle edilen konteyner terminal sisteminin girdi, süreç ve çıktıları genel hatlarıyla gösterilmiş ayrıca terminallerdeki süreçlerin tüm uluslararası tedarik zincirini etkilemesinden dolayı terminal sisteminden etkilenen unsurlara da “tedarik zinciri üyeleri” adı altında değinilmiştir. Araştırmanın kavramsal modeli Şekil 34’te sunulmuştur.



Şekil 34: Araştırmanın Kavramsal Modeli

Araştırma kapsamında geliştirilen simülasyon modeli teorik olarak bir geminin rıhtıma yanaşması faaliyetinin tamamlanmasından sonraki yük elleçleme, liman içi taşıma ve depolama süreçlerini kapsamaktadır. Bu anlamda modelin girdileri gemiden alınan yük (konteyner), kullanılan rıhtım, istif sahası gibi altyapılar ve yükleme, tahliye, taşıma ve istifleme operasyonları için kullanılan ekipmanlardır. Ele alınan yükün liman içinde üç olası lojistik süreci mevcuttur. Bunlar; yükün gemiye yüklenmesi ya da gemiden tahliyesini içeren yük elleçleme süreci, yükün liman içinde taşınmasını ifade eden liman içi taşıma süreci ve son olarak yükün depolanması faaliyetlerini içeren depolama ve istifleme sürecidir. Modelden elde edilen çıktılar ise aşağıdaki 3 kategoride incelenmiştir:

- Toplam operasyon süresi ile ilgili veriler,
- Yükleme, boşaltma için kullanılan SSG'lere, terminal içi taşımada kullanılan MTT'lere ve konteynerin depolama sahasında depolanmasında kullanılan RTG'lere ilişkin süre ve faydalı kullanım verileri ve
- Yük elleçleme, iç taşıma ve depolama operasyonları sırasında gerçekleşecek dar boğazların tespitine ilişkin verilerdir.

Bu performans göstergelerini inceleyen yönetici terminal içi yük elleçleme, iç taşıma ve depolama ile ilgili lojistik süreçlerin hangi şartlarda nasıl tepki verdiğini belirleyebilmekte, tüm bu performans göstergelerinin değerlendirilmesi ile süreç optimizasyonuna ulaşılmaktadır.

3.5. ARAŞTIRMA PLANI

Literatür taraması araştırma sürecinin tamamına yayılmış, böylece araştırma sürecinde yayınlanan ikinci elden veri kaynakları takip edilmiştir. Araştırmanın yapıldığı bölgeye en yakın konteyner terminali olan İzmir Alsancak limanı belirli aralıklarla ziyaret edilmiş, mülakat ve görüşmelerle terminal operasyonları incelenmiştir.

Araştırma kapsamında yurt dışı araştırma ve inceleme seyahatleri de düzenlenmiştir. Bu kapsamda araştırmaya yönelik mülakatlar, literatür incelemeleri ve liman gezileri yapılmıştır. Yurt dışında yapılan faaliyetler aşağıdaki gibidir:

- Yunanistan Aegean Üniversitesi Denizcilik, Ticaret ve Ulaştırma Bölümü'nde 3 ay süreli Araştırma ve İnceleme,

- Hollanda Erasmus Üniversitesi Rotterdam'da "Regional, Port and Transport Economics" bölümünde "Konteyner Terminallerinde Operasyonel Performansın Ölçümü ve Simülasyon Uygulamaları" konusunda 1 ay süreli inceleme araştırma,
- Hollanda Rotterdam limanında incelemeler,
- Belçika, FEPORT'da görüşme ve Antwerp limanında incelemeler,
- Almanya Hamburg limanında inceleme.

3.6. Araştırmanın Ana Kütlesi

Araştırmanın ana kütlesi MARPORT ana konteyner terminalidir. Bu terminalin seçimini etkileyen iki temel neden aşağıda ifade edilmiştir;

- Terminal tasarımının ve kullanılan ekipmanın dünyanın modern konteyner terminalleri seviyesinde olması ile müşteri memnuniyeti ve maliyet faydasının sağlanabilmesi,
- Karadeniz ülkeleri için aktarma trafiği ve Marmara Bölgesi yerel yükü için kritik konumu nedeniyle limanın hem tedarik lojistiği hem de fiziksel dağıtım kanalındaki önemi.

1990'lı yılların başında Türkiye'nin en önemli şehri olan İstanbul'da sadece bir konteyner terminali faaliyet göstermekte idi. Haydarpaşa limanının bölgede sürekli artan konteyner trafiğine hizmet etmekten uzak olması sonucunda Ambarlı limanlar bölgesinde ilk özel konteyner terminal yapılıması başlamış, ARMAPORT adı altında hizmet veren konteyner terminali 2000'li yılların başında MARPORT ana terminali olarak faaliyetine devam etmiştir. MARPORT limanı öncelikli olarak İstanbul'un Avrupa yakasından Tekirdağ'a uzanan art bölgeye hizmet vermektedir (birincil art bölge). Limanın hizmet verdiği ikincil art bölge ise İstanbul'un Anadolu yakası ve İzmit ilidir. Limandaki güvenlik hizmeti ve CFS'de verilen hizmetler taşeronlar tarafından gerçekleştirilmektedir. CFS'ye hinterlandtan gelen konteyner en fazla seramik gıda ve bor yükü içermektedir.

MARPORT terminali ile ilgili diğer ayrıntılar aşağıdaki gibidir:

- Liman, Mersin limanından sonra Türkiye'nin en fazla konteyner elleçleme kapasitesine sahip limanıdır (1,5 milyon TEU/Yıl),
- Terminal operasyonlarında elde edilen SSG elleçleme hızları Türkiye'nin iyi dereceleridir,
- 14,5 m su derinliği ile Türkiye'nin en derin konteyner terminalidir.

Bahsedilen bu unsurlardan dolayı MARPORT limanının Marmara bölgesindeki diğer konteyner terminallerinden birçok farkı vardır. Bu fark özellikle limanın işleyişiyle ilgilidir. Liman alt yapısının elden geçirilerek modern bir konteyner terminali inşa edilmesi Türkiye’de ilk kez olmuştur. Liman alt yapısının yanında üst yapısı ve ekipmanları da doğrudan konteyner elleçlemeye yöneliktir. MARPORT limanı köprülü vinç (RTG) sistemini kullanan bir terminaldir. Bu fiziki yapılara ek olarak terminal NAVIS Express² ve TOS³ gibi dünyanın birçok konteyner terminalinde kullanılan yazılımlar MARPORT’ta kullanılmaktadır.

MARPORT konteyner terminalinin kıtalararası hizmet veren gemilerin uğrak limanı olmasının yanında transit liman olma özelliği de mevcuttur. Türkiye’nin transit yük trafiğinden çok az pay alması çözülmesi gereken bir problem olarak yerini uzun yıllardır korumaktadır. 2008 yılında elleçlenen yaklaşık 1.2 milyon TEU transit yükün, 732.000 TEU’sunu MARPORT tek başına elleçlemiştir. Bu oran Türkiye’de elleçlenen topla transit yükünün % 61’idir. MARPORT’ta 2008 yılında elleçlenen konteyner sayısı ise 1.252.936 TEU’dur. Bu rakam Türkiye’de bir limanın elleçlediği en yüksek rakamı ifade etmektedir.

Sadece karayolu ile art alana ulaşılması liman için bir dezavantaj olsa da liman geçen zamanda çok önemli bir ivme ile büyümüştür. MARPORT çok kısa bir zamanda Türkiye’nin en önemli ve en modern konteyner terminallerinden biri olmuştur.

MARPORT ülkemizin en önemli sanayi şehirleri olan İstanbul’un içinde, İzmit’in de çok yakınındadır. MARPORT konum itibarıyla Karadeniz’in girişindedir. Bu konum ana ticari rotalar üzerinden gelen büyük gemilerin MARPORT’u Karadeniz yükleri için aktarma noktası seçmesi için çok uygundur. Bu anlamda dünyanın en önemli gemi operatörlerinden birisi olan MSC’nin MARPORT’u Karadeniz aktarma üssü olarak kullanması özellikle Türkiye’de transit yük hacminin çok büyümesine yol açmıştır.

Türkiye’de ki diğer konteyner limanlarına göre derinlik, rıhtım ve ekipman problemi olmayan MARPORT limanı, 6.500TEU kapasitenin üzerinde, Türk limanlarına gelmiş en büyük konteyner gemilerine hizmet vermektedir.

² TOS (Terminal Operating System): Terminal işletim sistemi, sahanın ve ekipmanların daha faydalı kullanılmasına olanak sağlayan bir yazılımdır. TOS yazılım ile limanda gemi planları, saha tahsisi ve ekipman dağıtımını optimize edilmektedir. Ayrıca liman müşterileri konteynerlerine ait hareketleri bu uygulama sayesinde takip edebilmektedir.

³ NAVIS Express: Kapı operasyonlarını hızlandırmak amacıyla kullanılan bir yazılımdır. Bu program terminal ve müşteriler arasında etkin bir iletişim ortamı sağlayan geniş çaplı bir veri iletim kapasitesine sahiptir.

MARPORT limanı Kuzey Avrupa Limanları, Uzakdoğu, Akdeniz limanlarına çok sayıda gemi hattı ile bağlıdır. MARPORT'un coğrafi konumu Şekil 35'te ve bağlı olduğu limanlar Şekil 36'da gösterilmiştir.

Ana gemi niteliğindeki gemilerin MARPORT'u tercih etmesi sayesinde MARPORT limanı, Türkiye'nin en önemli sanayi bölgesi olan Marmara Bölgesi için önemli bir limandır.



Şekil 35: MARPORT Limanı Coğrafi Konumu
Kaynak: www.marport.com.tr Erişim: 15.05.2009.

Marport konteyner limanı, Doğu, Batı ve Ana terminal olarak üç ana terminalden oluşmaktadır. Bu çalışmada yıllık bazda en fazla yükün elleçlendiği Ana terminal uygulama terminali olarak seçilmiş ve limanın tüm fiziki alt yapı ve ekipmanları modellenmiştir. Limanın ekipmanları ve alt yapı özellikleri modelleme ile ilgili ilerleyen bölümlerde sunulacaktır.

3.7. NİTEL ARAŞTIRMA SÜRECİ

Araştırmanın nitel araştırma süreci dört amaç kapsamında gerçekleştirilmiş ve bu amaçlar nitel araştırma sürecinin çerçevesini belirlemiştir. Bu amaçlar şu şekildedir:

- **Amaç 1-Limanların tedarik zinciri yönetimi ve lojistik içindeki öneminin belirlenmesi:** Bu amaca yönelik olarak literatür taraması ve yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Bu araştırmaya ilişkin bulgular çalışmanın ikinci bölümünde sunulmuştur.
- **Amaç 2-Konteyner terminallerindeki lojistik süreçlerin önemi:** Bu amaca yönelik olarak literatür taraması, gözlemler ve yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Bu araştırmaya ilişkin bulgular çalışmanın üçüncü bölümünde sunulmuştur.
- **Amaç 3-Liman performans ölçümünde simülasyonun yöntem olarak literatürdeki yeri:** Bu amaca yönelik olarak literatür taraması gerçekleştirilmiş ve bu araştırmaya ilişkin bulgular çalışmanın üçüncü bölümünde sunulmuştur.
- **Amaç 4-Simülasyon modeline ilişkin uygulama terminali yerleşim planı ve veri toplama formunun tasarımı:** Bu amaca yönelik olarak yüz yüze görüşmeler ve gözlemler yapılmıştır. Bu araştırmaya ilişkin bulgular çalışmanın üçüncü bölümünde sunulmuştur.

Bahsedilen amaçlara yönelik gerçekleştirilen faaliyetlerin kiminle, nerede ve ne zaman yapıldığına ilişkin ayrıntılar Tablo 6'da verilmektedir.

3.7.1. Nitel Araştırma Kapsamında Simülasyon Modeline İlişkin Veri Toplama Süreci

Simülasyon modeline ilişkin nitel araştırma süreci geçerli ve güvenilir bir model geliştirmek için gerekli, modelin alt yapısını oluşturmaya yönelik veri toplama süreçlerini içermektedir. Bu kapsamda öncelikle uygulama limanının yerleşim planı belirlenmiş daha sonra terminal içi lojistik süreçler bu plan üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 6: Nitel Araştırma Süreci

Amaç 1: Limanların TZY ve lojistik içindeki önemini tespiti					
Gözlemler	1. Ziyaret	2. Ziyaret	3. Ziyaret	4. Ziyaret	5. Ziyaret
Marport Limanı Konteyner Operasyonları	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
ECT Home Terminal (Rotterdam)	03.Şub.08				
ECT City Terminal (Rotterdam)	06.Şub.08				
ECT Delta Terminal (Rotterdam)	07.Şub.08				
DP World, MSC Home ve PSA Konteyner Terminali (Antwerp)	10.Şub.08				
Burchardkai Konteyner Terminal (Hamburg)	12.Şub.08				
Amaç 2: Konteyner terminallerindeki lojistik süreçlerin tespiti					
Gözlemler	1. Ziyaret	2. Ziyaret	3. Ziyaret	4. Ziyaret	5. Ziyaret
Marport Limanı Konteyner Operasyonları	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
İzmir Limanı Konteyner Operasyonları	15.Eki.05	21.Ara.06	09.Şub.07	28.Ara.07	06.May.09
Mersin Limanı Konteyner Operasyonları	26.Tem.08				
ECT Delta Terminal (Rotterdam)	07.Şub.08				
Burchardkai Konteyner Terminal (Hamburg)	12.Şub.08				
Yüz Yüze Görüşmeler	1. Görüşme	2. Görüşme	3. Görüşme	4. Görüşme	5. Görüşme
-Kpt. Oğuz TÜMİŞ - İş Geliştirme Departmanı Müdürü, MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
-Tolga ÖZBEY- İş Geliştirme Uzmanı, MARPORT				27.Mar.09	08.Ağu.09
-Ömer BOZDAĞ - İş Geliştirme Uzmanı (End. Müh.), MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
-Burcu CANPOLAT- İş Geliştirme Uzmanı, MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07		27.Mar.09	
-Erik Nijhuis, ECT Delta Terminal Rotterdam (Rotterdam Hollanda)	07.Şub.08				
-Diego Teurelinx, FEPORT Genel Sekreteri (Brüksel/Belçika)	08.Şub.08				
-Thierry Vanelstander-University of Antwerp (Antwerp/Belçika)	09.Şub.08				
-Peter W. Cardebring,HPC Hamburg Port Consulting (Hamburg/Almanya)	12.Şub.08				
Amaç 3: Liman performans ölçümünde simülasyonun yöntem olarak literatürdeki yerinin tespiti					
Literatür Taraması	Ocak 2005- Ekim 2009 tarihleri arasında yapılmıştır.				
Amaç 4: Simülasyon modeline ilişkin uygulama terminali yerleşim planının tespiti ve veri toplama formunun tasarımı					
Gözlemler	1. Ziyaret	2. Ziyaret	3. Ziyaret	4. Ziyaret	5. Ziyaret
Marport Limanı Konteyner Operasyonları	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
Yüz Yüze Görüşmeler	1. Görüşme	2. Görüşme	3. Görüşme	4. Görüşme	5. Görüşme
-Kpt. Oğuz TÜMİŞ - İş Geliştirme Departmanı Müdürü, MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
-Tolga ÖZBEY- İş Geliştirme Uzmanı, MARPORT				27.Mar.09	08.Ağu.09
-Ömer BOZDAĞ - İş Geliştirme Uzmanı (End. Müh.), MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07	27.Ara.07	27.Mar.09	08.Ağu.09
-Burcu CANPOLAT- İş Geliştirme Uzmanı, MARPORT	13.Şub.07	24.Ağu.07		27.Mar.09	

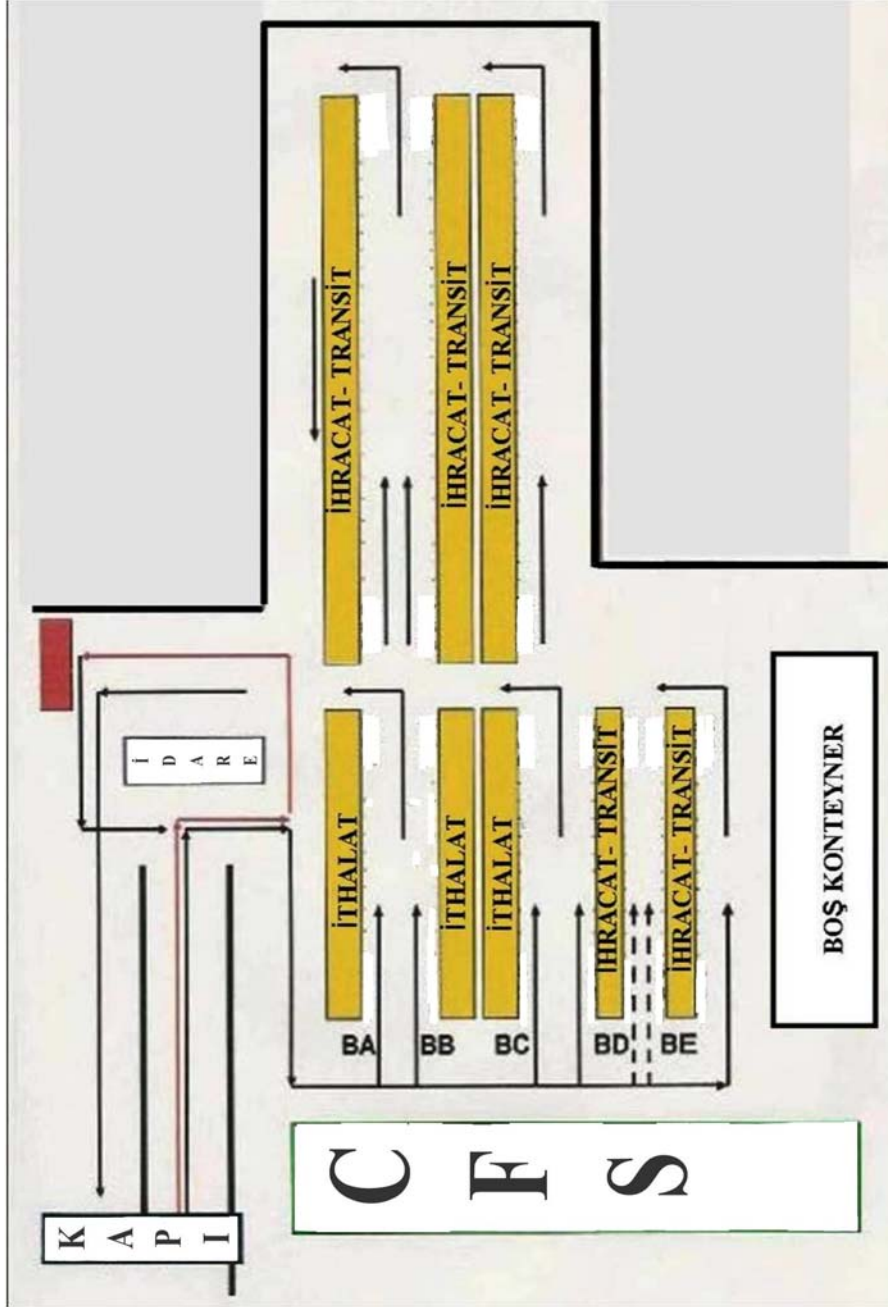
Pilot modeli çalıştırılırken gerçek verilere ihtiyaç vardır. Çünkü gerçek veriler ile model verileri karşılaştırılarak modelin geçerlilik ve güvenilirlik analizleri yapılabilmektedir. Bu amaca yönelik olarak bir veri formu geliştirilmiştir (Şekil 38) ve bu form ile gerekli veriler toplanmıştır.

3.7.1.1. Konteyner Terminallerindeki Lojistik Süreçlerin Tespitine Yönelik Veri Toplama Süreci

Araştırma kapsamında yapılan simülasyon modellerinde 3 temel konteyner tipi ele alınmıştır. Bunlar gemiden tahliye edilen veya gemiye yüklenen dolu, boş ve transit konteynerlerdir. Bu konteyner tipleri araştırmanın kavramsal modelinde yer alan üç temel liman süreci (yük elleçleme- iç taşıma-depolama-) simülasyon modelinde aşağıdaki şekilde yer almaktadır:

- **Yük elleçleme süreci:** Gemiden tahliye edilen ya da gemiye yüklenen dolu, boş ve transit konteynerin yükleme ve tahliye süreci.
- **İç taşıma süreci:** Dolu, Boş ve transit konteynerin liman içindeki taşınma süreci.
- **Depolama süreci:** Dolu, boş ve transit konteynerin liman sahasında depolanma süreci.

MARPORT limanı dış ticarete yönelik bir liman olduğundan istif bloklarında “ihracat” ve “ithalat” terimleri kullanılmıştır. Şekil 36’da MARPORT limanın krokisi mevcuttur. Bu çizimde MTT’lerin hareket yönleri ve ithal/ihracat/boş/transit konteynerin nerelerde depolandığı görülmektedir. Buna göre Şekil 36’da “ithalat” adı verilen istif bloğunda sadece ithal yükler, “ihracat-transit” yazan istif bloğunda ise hem ihracat yüklerin hem de transit yüklerin depolanması yapılmaktadır. “Boş konteyner” istif bloğunda ise sadece boş konteynerler istiflenmektedir.



Şekil 36: MARPORT Limanı Yük Yerleşimi ve Liman İçi Yol Güzergâhı

Kaynak: MARPORT'tan alınan kroki üzerine yazar tarafından eklemeler yapılarak hazırlanmıştır.

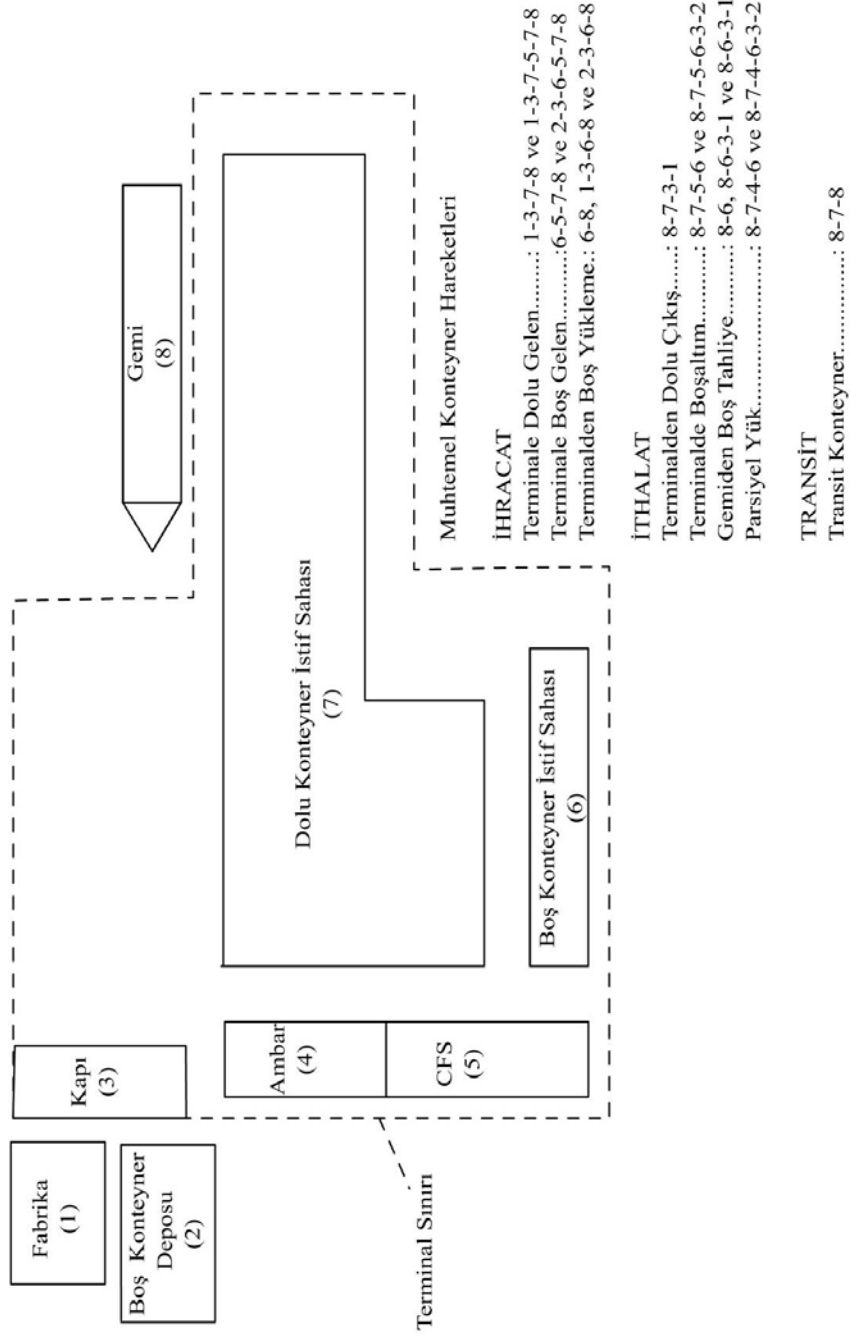
Performans ölçümünde simülasyon yöntemini kullanabilmek için simüle edilecek sistemin tüm ayrıntılarıyla bilinmesi gerekmektedir. Bu anlamda sadece simülasyon programı bilgisi yeterli değildir. Program bilgisi yanında modellenecek sistemin ayrıntılarını da bilmek gereklidir. Araştırmanın uygulama limanı olan MARPORT konteyner terminalini modellemek için öncelikle iş süreçleri tanımlanmıştır.

Yapılan simülasyon modelinin ana iskeletini oluşturan süreçler terminal çalışanları ile yapılan görüşmeler sonucunda tasarlanmıştır. Şekil 38'de konteynerin terminal içinde olası tüm hareketler, ilgili birimlere verilen numaralara atıf yapılarak gösterilmiştir. Açıklamalarda kullanılan tahliye konteyner ifadesi “gemiden indirilen konteyner”, yükleme ifadesi “gemiye yüklenen konteyner”, boş konteyner ifadesi “içinde yük olmayan konteyner” ve transit konteyner ifadesi ise “başka bir gemiye yüklenmek üzere terminal sahasında geçici depolanan konteyner” anlamına gelmektedir.

Şekil 37'de konteynerin liman içinde hareket olasılıkları işlenmiştir. Örneğin limana fabrikada dolmuş (1) yapılarak dolu gelen bir konteyner kapıdan (3) geçmekte ve dolu istif sahasında (7) depolanmakta ve zamanı geldiğinde gemiye (8) taşınmaktadır. Bahsedilen 1-3-7-8 süreci yüklemede en temel terminal sürecidir.

Tahliyede ise konteyner akışı 8-7-3-1 şeklinde sıralanmaktadır. Bundan başka en önemli süreç transit konteyner sürecidir ve o da 8-7-8 (gemi-depolama-gemi) şeklinde işlem görmektedir. Bu 3 sürecin dışında şekilde gösterilen tüm ihtimallerin uygulamada yüzdesi dikkate alınmayacak kadar çok düşüktür (% 2'in altında).

Şekil 36'de ve Tablo 7'de görüldüğü gibi terminalde depolama sahaları harflerle isimlendirilmiştir. BA, BB ve BC blokları aslında iki bloktan oluşmaktadır ve bu bloklar kara ve deniz blokları olarak adlandırılmaktadır. Buna göre BA bloğu kara tarafında tahliye, deniz tarafında ise yükleme/transit yükler depolanmaktadır. Aynı prensip BB ve BC blokları için de geçerlidir. BD ve BE bloklarının deniz uzantısı yoktur ve bu bloklarda ihracat/transit yükler depolanmaktadır.



Şekil 37: MARPORT Terminali Genel Yerleşim Planı ve Olası Tüm Konteyner Hareketleri

Tablo 7: MARPORT Ana Konteyner Terminali Mesafe Cetveli

Güzergâh	İstif Kategorileri	Mesafe (M)
SSG-BA Kara Tarafı	Tahliye	560
BA Kara Tarafı-SSG	Tahliye	660
SSG-BA Deniz Tarafı	Transit ve Yükleme	835
BA Deniz Tarafı-SSG	Transit ve Yükleme	390
SSG-BB Kara Tarafı	Tahliye	560
BB Kara Tarafı-SSG	Tahliye	660
SSG-BB Deniz Tarafı	Transit ve Yükleme	835
BB Deniz Tarafı-SSG	Transit ve Yükleme	390
SSG-BC Kara Tarafı	Tahliye	630
BC Kara Tarafı-SSG	Tahliye	720
SSG-BC Deniz Tarafı	Transit ve Yükleme	905
BC Deniz Tarafı-SSG	Transit ve Yükleme	445
SSG-BD	Transit ve Yükleme	630
BD-SSG	Transit ve Yükleme	720
SSG-BE	Transit ve Yükleme	710
BE-SSG	Transit ve Yükleme	805
SSG-Boş Sahası	Boş (Tahliye)	730
Boş Sahası-SSG	Boş (Yükleme)	800
Gemideki Tahliyelerinde Araç Tur Mesafeleri (Gidiş+Dönüş);		
NOKTALAR	ÇEVİRİM UZUNLUĞU (metre)	
SSG-BA KARA-SSG	1220	
SSG-BA DENİZ-SSG	1225	
SSG-BB KARA-SSG	1220	
SSG-BB DENİZ-SSG	1225	
SSG-BC KARA-SSG	1350	
SSG-BC DENİZ-SSG	1350	
SSG-BD-SSG	1350	
SSG-BE-SSG	1515	

Kaynak: MARPORT

Rıhtımda 3 adet rıhtım vinci (SSG) ve her bir blokta ikişer adet köprülü vinç (RTG) bulunmakta ve yükler terminal traktörleri vasıtası ile şekilde gösterilen güzergâhlarda hareket etmektedir.

Terminal traktörleri aldıkları konteynerleri 20 km/s hızla ilgili yere iletmektedir. Dolayısıyla modelde gerçek mesafeler ile gerçek hızlar yardımıyla gerçek taşıma süreleri elde edilecektir.

3.7.1.2. Simülasyon Modeline İlişkin Veri Toplama Formunun Tasarımı

Bahsedilen süreç analizlerinden de anlaşıldığı gibi, MARPORT konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin performansını ölçmek için, liman sahasında geminin rıhtıma yanaşma-yükleme-boşaltma, her bir gemi için vinç tahsisi ve vinç dağılımı, yük istifleme sahası için vinç dağılımı, liman içi taşıyıcı özellikleri gibi limana ilişkin tüm süreçlerin ayrıntılı incelenmesi ve istatistiklerinin tutulması gerekmektedir.

Hali hazırda bu tür verileri toplamaya yönelik bir veri toplama düzeni olmadığından araştırma kapsamında bu amaca yönelik bir veri toplama formunun geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu amaca yönelik yapılan görüşmeler sonucunda geliştirilen veri toplama formu Şekil 38'de sunulmuştur.

MARPORT ANA TERMINALİ PİLOT MODEL VERİ TOPLAMA FORMU			
Gemi Adı: _____		Rıhtım Vinci Hareketi (Adet)	
Atanan Rıhtım Vinci Sayısı: _____		SSG 1	
Atanan Terminal Traktörü Sayısı: _____		Yükleme Tahliye Toplam	
Atanan Köprülü Vinç Sayısı: _____			
Toplam Hareket (shifting dahil): _____		SSG 2	
Toplam Tahliye Hareketi (adet): _____		Yükleme Tahliye Toplam	
Dolu: _____			
Boş: _____		SSG 3	
Transit: _____		Yükleme Tahliye Toplam	
Toplam Yükleme Hareketi (adet): _____			
Dolu: _____		SSG 1 SSG 2 SSG 3	
Boş: _____		Toplam Operasyon Zamanı (saat)	
Transit: _____			
Yükleme Yerleşim Planı (Adet)		Tahliye Yerleşim Planı (Adet)	
BA Deniz: _____		BA Kara: _____	
BB Deniz: _____		BA Deniz: _____	
BC Deniz: _____		BB Kara: _____	
BD: _____		BB Deniz: _____	
BE: _____		BC Kara: _____	
Boş: _____		BC Deniz: _____	
		BD: _____	
		BE: _____	
		Boş: _____	

Şekil 38:Geliştirilen Veri Toplama Formu

Şekilde gösterilen veri toplama formunda araştırmanın kavramsal modelinde “Model Girdileri” başlığı altında gösterilen veriler formda bulunan

gemi adı, atanan rıhtım sayısı, atanan terminal traktörü sayısı, atanan köprülü vinç sayısı, toplam hareket ve tahliye yerleşim planı ifadeleri ile elde edilmektedir.

Kavramsal modelde bulunan “Lojistik Süreçler” hakkında veri toplanmasına yönelik veri toplama formunda yer alan ifadeler ise; “toplam tahliye hareketi”, “toplam yükleme hareketi” ve “rıhtım vinci hareketinden oluşmaktadır.

Kavramsal modelde bulunan “Model Çıktıları” hakkında veri toplanmasına yönelik veri toplama formunda yer alan ifade ise “Toplam Operasyon Zamanı”dır. Sadece toplam operasyon zamanının veri toplama formunda yer almasının nedeni, limanda performans kapsamında sadece bu konuda toplanabilecek veri olmasından kaynaklanmaktadır.

Geliştirilen bu formda bulunan “Yükleme ve Tahliye Yerleşim Planları” başlığı altında belirtilen harfler daha öncede belirtildiği gibi MARPORT’un mevcut konteyner istif bloklarını göstermektedir. Sadece bu alanda yapılacak değişiklik ile geliştirilen bu form tüm limanlar için kullanılabilir hale gelebilmektedir.

3.8. NİCEL ARAŞTIRMA SÜRECİ

Araştırmanın nicel araştırma süreci simülasyon modeli için verilerin simülasyon modeline hazır hale getirilmesi, modelin geliştirilmesi ve pilot model uygulamaları ile modelin geçerlilik ve güvenilirliğinin analizi aşamalarını kapsamaktadır.

Nicel araştırma süreci temelde iki simülasyon modeli çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Pilot model ve evrensel model adı altında geliştirilen iki modelin temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- **Pilot Model:** Evrensel modele hazırlık amacıyla tasarlanmış, uygulama limanı olan MARPORT’un fiziki yapısı, terminal içi lojistik süreçleri ve terminalde kullanılan ekipmanlar modellenmiştir. Oluşturulan veri toplama formu ile toplanan örnekler modelde denenmiş ve modelin geçerlilik güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Geçerlilik ve güvenilirliği doğrulanan yük elleçleme yapısı, dünyadaki önemli konteyner terminallerinde kullanılan “köprülü vinç elleçleme sistemi”dir. Modelin temel unsurları tüm dünya terminalleri ile benzerdir ancak fiziki alt yapı ve ekipman bilgileri MARPORT Ana Konteyner terminaline göre uyarlanmıştır.
- **Evrensel Model:** Uygulama limanı olan MARPORT pilot modeliyle geçerliliği ve güvenilirliği doğrulanmıştır. Farklı olarak evrensel

modelde tüm alt yapı ve ekipman ile ilgili veri girişleri esnek haline getirilerek dünyadaki tüm limanlara adapte edilebilir bir şekilde sokulmuştur. Oluşturulan senaryolar ile konteyner terminalleri süreçleri hakkında tespitler yapılmıştır.

3.8.1. Modelleme Yaklaşımı

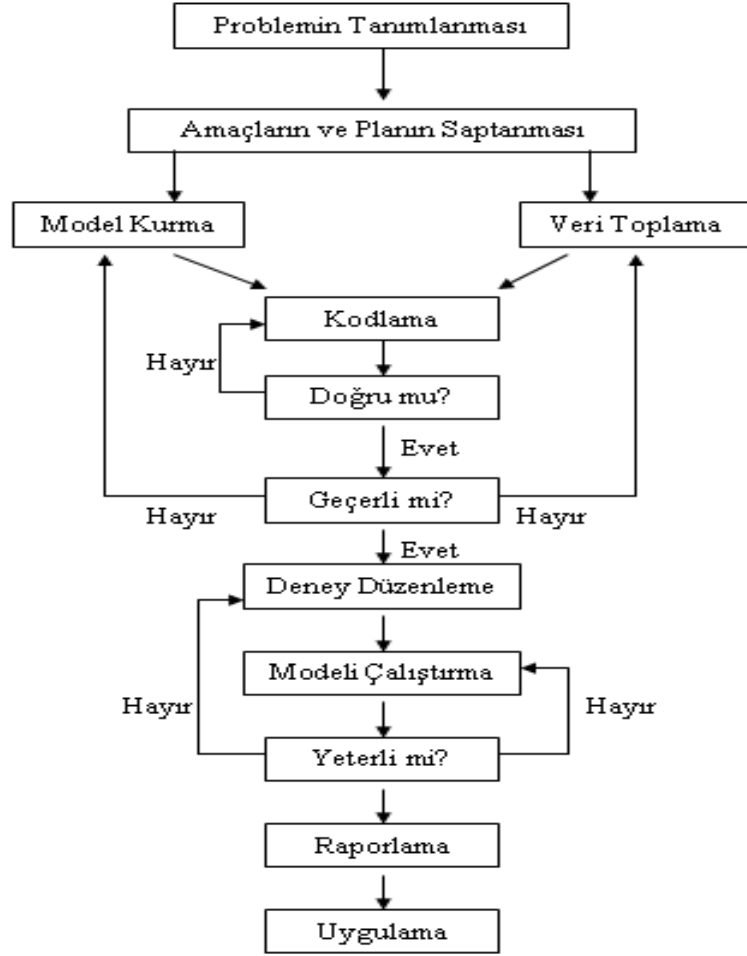
Araştırmada kullanılan yöntem simülasyondur. Marport Ana Konteyner Terminali'nin modellenmesinde ARENA simülasyon yazılımı kullanılmıştır.

Literatürdeki simülasyon modelleri incelendiğinde farklı simülasyon dillerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu dillerden bazıları AweSIM, EXTEND, SIMAN, Witness software, Taylor II olarak sıralanabilir (Kelton ve diğerleri, 2003; 11).

Farklı simülasyon dilleri farklı simülasyon programlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak olan ARENA programı SIMAN dilini kullanmaktadır. Çalışmada ARENA yazılımının tercih edilmesinin nedeni, gemilerin gelmesi, kuyruğa girmesi, konteyner elleçlemesi, vinç ve saha traktör hizmet süreçlerinin ve buna benzer birçok lojistik süreçlerin modellenmesi için ARENA yazılımının gerekli bloklara ve donanıma sahip olmasından ve tüm bu bahsedilen işlemlere olanak sağlamasından kaynaklanmaktadır. Nitekim ARENA yazılımı literatürde sıkça kullanılan bir yazılımdır. İlk kez Markuryev ve diğerleri (1998) tarafından Riga limanı konteyner terminali operasyonlarını geliştirmek amacıyla ARENA yazılımı kullanılmış, daha sonra Tahar ve Husseyin (2000) tarafından Kelang konteyner terminali gemi ve rıhtım operasyonlarını modellemede kullanmıştır. Franzede ve diğerleri (2004) Panama kanalı performans ölçümü için yine ARENA yazılımını kullanırken, Via ve Harika (2004) ise ARENA yazılımını kullanarak otomatikleştirilmiş konteyner terminallerindeki insansız taşıma araçlarını modellemiştir.

Araştırma sürecinde temel olarak Şekil 40'da gösterilen süreç kullanılmıştır. Bu aşamalar kısaca aşağıda açıklanmıştır:

- **Problemin Tanımı ve Çalışma Planı:** Simülasyon çalışması, araştırma probleminin ve araştırma amacının açık olarak tanımlanması ile başlamalıdır.
- **Veri Toplama ve Model Tanımı:** Üzerinde çalışılan sistemden bilgi ve veri toplanır. Bu veriler, modelde var olan olasılıklı (rassal) süreçlerin olasılık dağılımlarının ve çalışma yöntemlerinin belirlenmesi için kullanılır.



Şekil 39: Simülasyon Aşamaları
Kaynak: Dragovic ve diğerleri, 2009; 6.

- **Yapılan Simülasyon Modelinin Geçerlilik Analizi:** Modelin kurulması aşamasında, modeli kuran kişinin sistem hakkında bilgi sahibi olan kişilerle birlikte çalışması önemlidir. Aynı zamanda, model kurucunun karar verici ile iletişim halinde olması gerekir.
- **Bilgisayar Programının Kodlanması ve Doğrulama:** Model, genel amaçlı bir dil (FORTRAN, PASCAL, C v.b.) veya uygun bir benzetim dili (SIMAN, GPSS, SLAM, v.b.) kullanılarak kodlanır. Programın doğru çalışıp çalışmadığı çeşitli yöntemler kullanılarak test edilir. Kullanılan programın animasyon desteği bu noktada önemlidir.
- **Modelin Pilot Deneyleri:** Doğrulanmış modelin pilot denemeleri, bir sonraki adımda geçerlilik testi için kullanılır.

- **Yapılan Simülasyon Modeli Güvenilirlik Analizi:** Pilot deneylerle, girdi verilerinde değişiklikler yapılarak modelin duyarlılığı test edilir. Model çıktısında çok fazla değişiklik elde edilirse, girdi verisinin tahmini yeniden, doğru bir şekilde yapılmalıdır. Pilot deneyler ile elde edilen çıktılar ile gerçek sistemden toplanan veriler istatistiksel metotlar yardımı ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu anlamlı bir farklılık bulunmaz ise, modelin doğru olduğu söylenebilir. Değilse, model üzerinde gerekli düzenlemeler yeniden yapılmalıdır.
- **Deney Tasarımı:** Model kurulduktan sonra, alternatif senaryolar ayrıntılı olarak belirlenir. Bu aşamada deney sayısı, modeli çalıştırma süresi, deneyin tekrarlanma sayısı belirlenmelidir.
- **Çıktı Analizi:** Yapılan deneylerden elde edilen çıktıların istatistiksel analizi yapılır. Çıktı analizinde amaç; bir sistem için performans ölçüsünün güven aralığını oluşturmak ve birden fazla sistem için en iyi performans ölçütüne sahip olan alternatif sistemi belirlemektir.
- **Raporlar, Sonuçlar:** Modelin çalıştırılması ve sonuçlarının elde edilmesinden sonra, toplanan bilgilerin ve varılan sonuçların karar vericiye sunulması gereklidir.
- **Uygulama:** Karar vericinin uygun görmesi ile alınan karar doğrudan gerçek sistem üzerine uygulanır.

3.8.2. Bir Simülasyon Programı Olarak ARENA Yazılımının Temel Özellikleri

Araştırmada “yükleme modeli” ve tahliye modeli” olarak iki model geliştirilmiştir. Tahliye modeli yükleme modeline göre daha karmaşık bir model yapısına sahiptir. Bu karmaşıklığın en önemli nedeni gemiden tahliye edilen konteynerin, sahada bulunan birçok istif sahasında stoklanabilmesi ihtimalinden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan ihracat modelinde konteynerin başlangıç istif bloğu belli olduğu için daha sade bir model yapısı vardır. Modelin ana hatlarını göstermeden önce, modelde kullanılan model blokları (blocks) ve elementleri (elements) açıklamak gerekmektedir. ARENA programının tanıtımı ise EK 1’de sunulmuştur.

ARENA’da model yaparken temelde iki tür öge kullanılmaktadır. Bunlar modelin ana çatısını oluşturan ve modelle ilgili tüm ana hatların işlendiği bloklar ve blokların işleyişi ile ilgili ayrıntıların programa tanıtıldığı elementlerdir. ARENA versiyon 12’de toplam 70 blok ve bu blokların bazılarının açıklandığı 55 element yer almaktadır. Modeli kurulan sistemin yapısına göre bu blok ve elementlere ihtiyaç duyulmaktadır. Modelin anlaşılması açısından araştırma modelinde kullanılan blok ve elementler ile anlamları aşağıda verilmiştir:

A) Modelde Kullanılan Bloklar

- **CREATE:** Sisteme giren varlığın (entity) yaratıldığı bloktur. Bu çalışmada yaratılan varlık konteynerdir. Sisteme giren varlığın kaç tane gireceği (batch size), hangi zaman aralığında (interval) ve en fazla kaç adet gireceği (maximum batches) bu blokta belirlenir.
- **ASSIGN:** Sisteme giren varlığın niteliklerinin belirlendiği bloktur. Modelde yaratılan varlığın sisteme nereden giriş yapacağı bu blokta belirlenmiştir. Bunun yanında sisteme giren konteynerin hangi istif bloğuna istifleneceği yine bu blokta konteyner tipleri yaratılarak belirlenir. Son olarak her tip konteynerin animasyonda yer alması için gerekli komut girişi (Picture) yapılır.
- **DUBPLICATE:** Bu blok içine girdiği varlığı ikiye çoğaltmaktadır. Bu blok özellikle kısıtlı sayıda taşıyıcının olması nedeniyle yığılmaları engellemek için geliştirilen kontrol mekanizmasının bir parçasıdır.
- **DELAY:** Bu blok içine giren varlığı istenilen süre de blok içinde tutmaktadır. Süre bitiminde ise SINYAL bloğundan aldığı sinyal ile varlığı serbest bırakmaktadır.
- **BRANCH:** Model için gerekli şartların sağlandığı ayırım bloğudur. Bu bloğa giren varlık özelliklerine ve gittikleri yerlere göre farklı bloklara yönlendirilebilir.
- **QUEUE:** Kuyruk bloğudur. Genelde bir kaynağın öncesinde yer alır. Eğer bu kaynak bir makine ise kapasitesi oranında çalıştığı sürece yeni varlık kabul etmemektedir. Bu blok makineyi sürekli kontrol etmekte ve çalışmadığı durumlarda kuyrukta beklettiği varlığı makineye yollamaktadır. Bu blok sayesinde sistem içinde oluşan kuyruklar ve dolayısıyla darboğazlar hakkında istatistikî veri elde edilmektedir.
- **REQUEST:** Bu bloğa gelen varlık belirli bir noktaya taşınma için otomatik olarak araç talebinde bulunmaktadır.
- **TRANSPORT:** Bu bloğa giren varlık araca yüklenmiş ve yola çıkmış demektir. Varlığın gideceği mesafe ve gidiş sürati ilgili elementlerde ayrıca tanımlanmaktadır.
- **WAIT:** Bazı durumlarda varlığın sistemde bekletilmesi gerekebilir (araç bekleyen konteyner gibi). Bu blok model içinde gezinen varlıkların belirli koşullarda bekletilmesini sağlar.
- **SIGNAL:** WAIT bloğu ile durdurulan varlık gerekli şartların sağlanmasından sonra bu bloktan aldığı sinyal ile beklettiği varlığı serbest bırakmaktadır.
- **STATION:** Modellenen sistemdeki istasyonlara karşılık gelen bloktur. Özellikle taşınan yükler belirli istasyonlara doğru hareket etmektedir. Modelde tanımlanan istasyonlar rıhtımlar ve yük rejimlerine göre depolama sahalarıdır.

- **FREE:** Varlığı taşıyan aracın, taşıma işini bitirdikten sonra varlıkla birlikte sistemden çıkmasını (dispose) engelleyen ve aracı çağrılan istasyona geri dönmek üzere serbest bırakan bloktur.
- **SIEZE:** Varlığın bir makinede işlem görme sırası geldiğinde kuyruktan alıp makineye yerleştiren bloktur.
- **RELEASE:** Bir varlığın makinede işlem görmesi sona erdiğinde varlığı makineden alıp sisteme tekrar dâhil eden bloktur.
- **DISPOSE:** Varlığın sistemden ayrılmasını sağlayan ve genellikle modelin en sonunda yer alan bloktur.

B) Modelde Kullanılan Unsurlar

- **VARIABLES:** Modelde kullanılan değişkenlerin adlandırıldığı ve değişkenlerle ilgili sayısal değerlerin programa tanıtıldığı elementtir.
- **ATTRIBUTES:** Modelde kullanılan varlıklarla ilgili zaman ve tip gibi niteliklerin tanımlandığı elementtir.
- **RESOURCES:** Modelde kullanılan vinç, iş gücü gibi kaynakların programa tanıtıldığı elementtir. Genellikle DELAY bloğundaki kaynaklar burada tanımlanmaktadır.
- **TRANSPORTES:** REQUEST bloğu ile çağrılan ve TRANSPORT bloğu ile taşıma işini yapan taşıyıcı araçların sayısı, kapasitesi, hızı ve başlangıç istasyonunun tanımlandığı elementtir.
- **DISTANCES:** Modeldeki istasyonlar arasındaki mesafelerin programa tanıtıldığı elementtir. Araçlar bu mesafeler üzerinde belirli bir hızda yol almakta ve neticede program taşıma süresini bu sayede ölçmektedir. Tablo 8'de gösterilen mesafe cetvelinin tamamı bu element içinde tanımlanmıştır.
- **STATIONS:** STATION bloğuyla modelde kullanılan istasyonların programa tanıtıldığı elementtir.
- **PICTURES:** Modelde kullanılan animasyonların programa tanıtıldığı elementtir.
- **QUEUES:** QUEUE bloğu ile modelde kullanılan kuyrukların modele programa elementtir.
- **FREQUENCIES:** Modelde kullanılan taşıyıcıların ayrı ayrı kullanım sıklıklarını ve zamanlarını ölçen elementtir.

Burada bahsedilen bloklar ve unsurlar sadece modelde kullanılanlardan oluşmaktadır.

3.8.3. Uygulama Terminali Lojistik Süreçlerinin Modelleme Yaklaşımı

Modelde ele alınan 1 nolu rıhtımda 3 SSG çalışmaktadır. NAVIS sisteminden elde edilen veriler ile yapılan araştırmada SSG'nin bir konteyneri

yükleme/tahliye operasyonu ortalama saatte 24 harekettir. Başka bir deyişle her bir SSG hareketi ortalama 2,5 dk'da tamamlanmaktadır.

Liman sahasında toplam 18 RTG olmasına rağmen sahada aktif olarak çalışan RTG sayısı 16'dır. Kalan 2 RTG yedektir ve gerektiğinde kullanılmaktadır. RTG'lerin konteyneri elleçleme süresi NAVIS sisteminden ve operatör tecrübelerinden elde edilen verilere göre saatte ortalama 15 harekettir. Başka bir deyişle her bir RTG hareketi ortalama 4 dk'da tamamlanmaktadır.

MTT sayısı terminal içinde 35'dir. Ancak uygulamada ortalama her bir SSG'ye 5 MTT atanmaktadır. MTT'lerin hızları terminal içinde 20 km/s ile sınırlandırılmıştır.

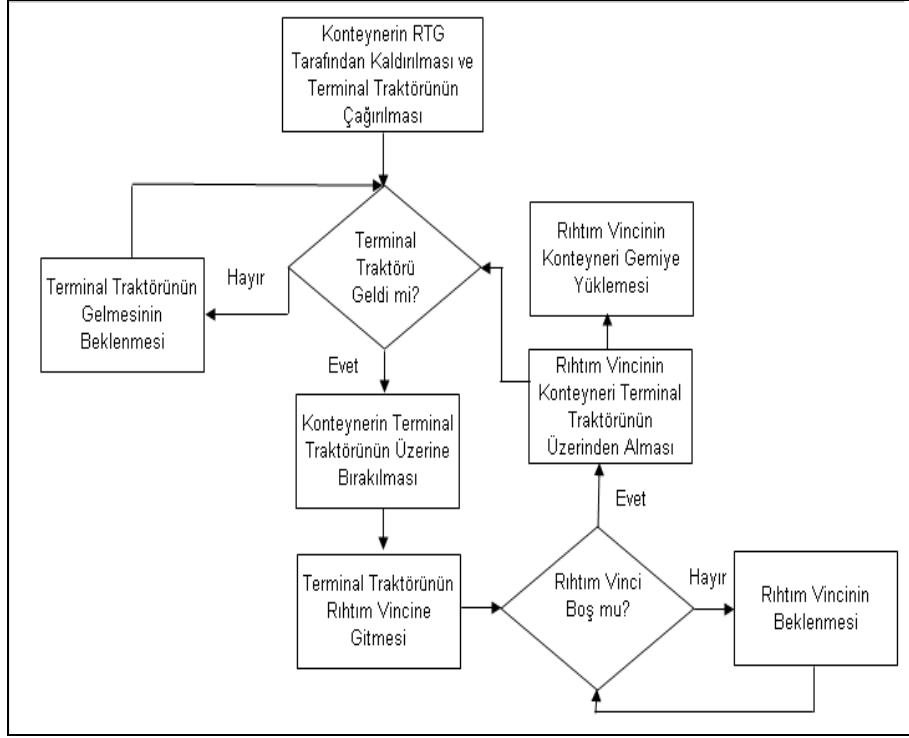
Prensip olarak uygulamada 1 SSG'ye 5 MTT ve 2 RTG atanmaktadır. Bu durumda 3 SSG'nin çalıştığı bir gemi için 15 MTT ve 6 RTG'ye ihtiyaç vardır.

Araştırma kapsamı sadece terminal içi lojistik süreçler olarak sınırlandırılmıştır. Bu nedenle dış dolun merkezleri (fabrika-boş konteyner deposu) ile birlikte kullanım oranlarının araştırma sonucunu etkilemeyecek kadar düşük olmasından dolayı CFS ve ambar da modele dâhil edilmemiştir.

Yapılan pilot modelde 3 temel konteyner tipi olan dolu, boş ve transit konteyner süreçlerine ilişkin bloklar mevcuttur. Terminaldeki süreçlerin simülasyonda modellenmesini kolaylaştırılması ve sürecin daha iyi anlaşılması için iş akış şemaları oluşturulmuştur. MARPORT köprülü vinç (RTG) elleçleme sistemini kullanmaktadır. İstif alanından alınan konteynerin gemiye yüklenmesi süreci ile geminin yanaşması ile birlikte gemiden boşaltılan konteynerlerin istif alanına götürülmesi süreçlerine ait iş akış şemaları aşağıda sunulmuştur. Bu iş akış şemaları aynı zamanda kurulan modellerin çatısıdır. Fonksiyonel olması amacıyla yükleme ve tahliye modelleri ayrı ayrı kurulmuştur.

3.8.3.1. Uygulama Terminali Yükeme Modeli ve Ölçülen Değişkenler

Temel olarak yükün sahadan alınıp rıhtımda bekleyen gemiye ilgili ekipmanlar vasıtasıyla yüklenmesi sürecini kapsayan yükeme modelinin akış şeması Şekil 40'de gösterilmiştir.



Şekil 40: Yükleme Modeli Akış Şeması

Şekil 40'a göre gemi yükleme sürecinin temel aşamaları şu şekildedir: depolama sahasındaki konteyner, köprülü vinç vasıtasıyla terminal traktörlerine yüklenir, terminal traktörü ilgili rıhtım vincine gider, rıhtım vinci ise terminal traktöründen aldığı konteyneri gemiye yükler.

Ancak modelleme açısından bu cümle yetersizdir, bazı sorulara yanıt bulmak gerekir, aşağıdaki açıklamalarda köprülü vinç RTG olarak, terminal traktörü MTT olarak ve rıhtım vinci ise SSG olarak adlandırılacaktır.

Model çalıştırılmadan önce modele girilmesi gereken veriler şunlardır:

- Toplam kaç konteyner gemiye yüklenecektir?
- Yüklenen konteynerin rejimleri nedir?
- Konteyner hangi depodan alınmıştır?
- Konteyneri hangi RTG elleçleyecektir?
- RTG konteyneri ne kadar sürede MTT'ye yükleyecektir?
- SSG konteyneri ne kadar sürede MTT'nin üzerinden alıp gemiye yükleyecektir?
- Operasyona kaç posta/vardiya atanmalıdır?

Yanıt aranan sorular ise aşağıdaki gibidir. Bu sorular aynı zamanda cevapları aranan performans göstergeleridir ve her biri modelde ölçülmektedir:

- Toplam operasyon süresi nedir?
- MTT'nin bekleme zamanı nedir?
- SSG'nin bekleme zamanı nedir?
- MTT ne kadar sürede SSG'ye ulaşacaktır?
- Her bir RTG, MTT ve SSG'nin faydalı kullanım oranı nedir?
- Kaç adet MTT/RTG ve SSG gereklidir?

Araştırma kapsamında geliştirilen yükleme modeli belirli aşamalardan oluşmaktadır. Yükleme modelindeki bu aşamaların temelinde:

- Terminal sahasında istifli bulunan konteynerin köprü vinci ile alınarak terminal traktörüne yüklenmek üzere hazırlanması (Aşama 1),
- Terminal traktörünün konteyneri alarak rıhtım vincine taşınması (Aşama 2) ve,
- Rıhtım vincinin konteyneri terminal traktöründen alarak gemiye yüklemesi (Aşama 3)

süreçleri bulunmaktadır. Bu aşamaların ayrıntıları aşağıdaki gibidir:

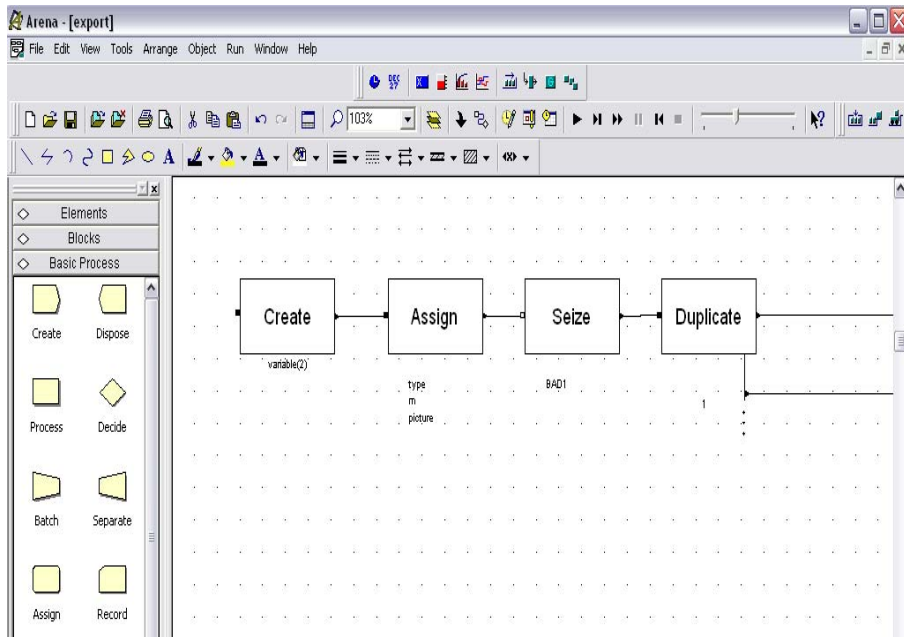
1. Aşama: Konteyner yaratma ve niteliklerini tanımlama

Uygulama ile ilgili veriler gerçek bir operasyondan alınmıştır. Rıhtıma yanaşan gemiden 428 adet değişik tiplerdeki konteyner atanan 10 köprü vinciyle (RTG) tahliye edilecek, 3 rıhtım vincine terminal traktörü ile taşınacak ve son olarak gemiye yüklenecektir.

10 adet köprü vinci bulunduğu için modelde 10 ayrı CREATE bloğu yer almaktadır. Her bir CREATE bloğu, bir köprü vincini ifade etmektedir. CREATE blokları VARIABLE elementinde tanımlanan sıklıkta, başka bir deyişle rıhtım vincinin çalışma hızında sisteme toplam 428 adet konteyner yollamaktadır. Tahliye edilen konteynerin vinçlere göre dağılımı şu şekildedir:

- **RTG 1:** 27
- **RTG 2:** 27
- **RTG 3:** 1
- **RTG 4:** 1
- **RTG 5:** 1
- **RTG 6:** 1
- **RTG 7:** 75
- **RTG 8:** 75
- **RTG 9:** 110
- **RTG 10:** 110

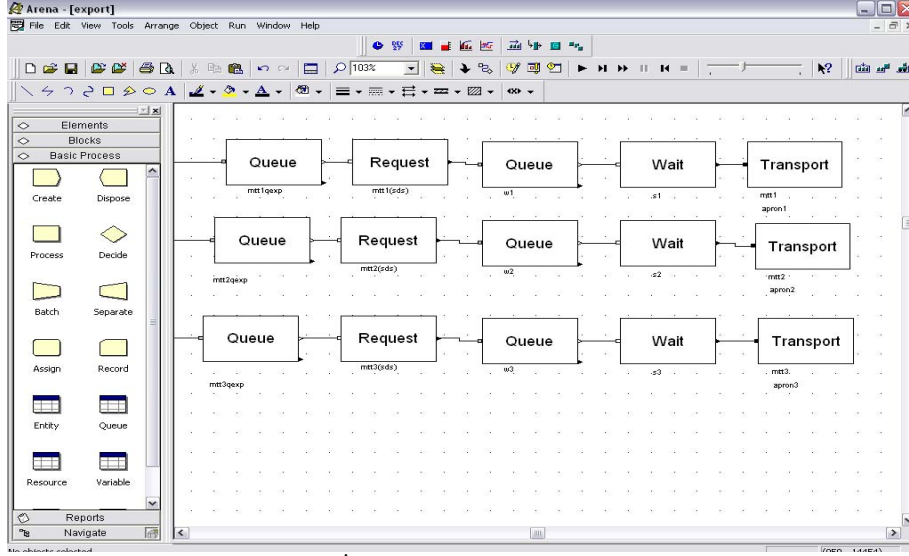
CREATE bloğuyla sisteme giriş yapan konteynerin giriş yaptığı ilk blok ASSIGNMENT bloğudur. Burada konteynerlerin öncelikle hangi istasyonda olduğu tanımlanmakta ve konteyner tipi belirlenmektedir. Son olarak animasyonda her bir tipe ayrı bir konteyner rengi ataması yapılmaktadır. Bu şekilde konteyner tipleri farklı renkleriyle animasyonda ayrıt edilebilmektedir. Daha sonra bu konteyner DUBPLICATE bloğu ile ikiye çoğaltılmakta, çoğaltılan bir konteyner taşıyıcı kuyruğuna girmekte diğer ise taşıyıcının boş olduğunu kontrol ederek sinyal vermekte, böylece diğer konteyneri uyarılmaktadır. Bu konteyner daha sonra sistemden atılmaktadır. Sinyal alan diğer konteyner ise terminal traktörüne yüklenmektedir.



şekil 41: Birinci Model Aşaması

2. Aşama: Konteynerin taşınması

Taşıyıcının boş olduğu durumda köprü vinci terminal traktörüne yüklenmekte, daha sonra terminal traktörü konteyneri daha önce atanan rıhtım vincine belirli bir hızda (20 km/saat) taşımaktadır. Araç sayısı her bir vinç için 5 adet ile sınırlandırıldığından dolayı araç gelişlerinde gecikmeler yaşanabilmektedir.

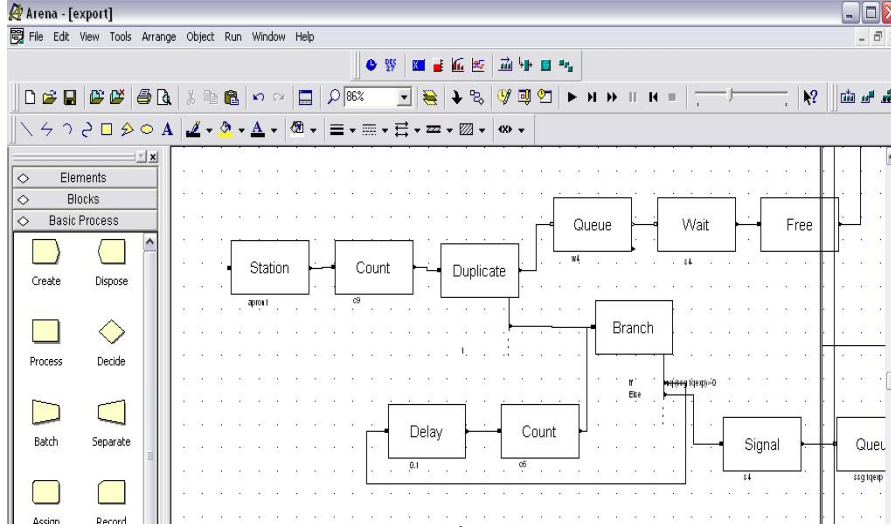


Şekil 42: Konteynerin Liman İçinde Taşınması

Aşama 3: Konteynerin gemiye yüklenmesi

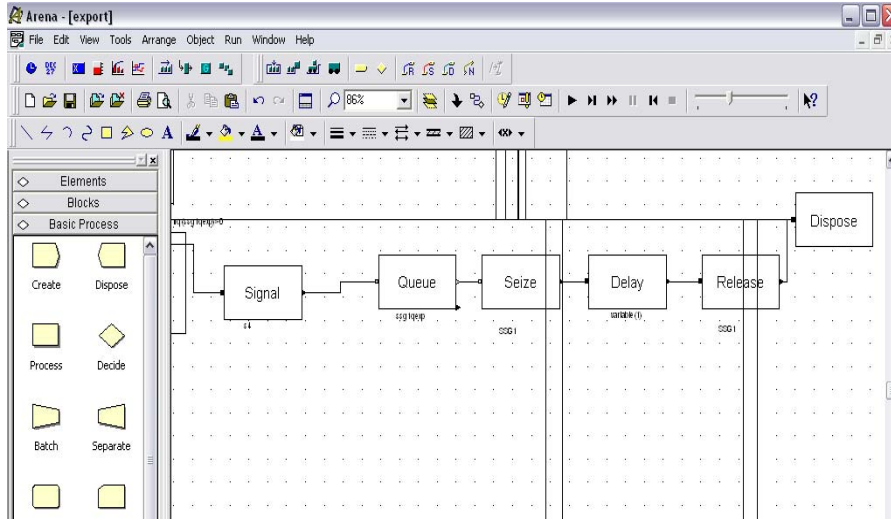
Terminal traktörü tarafından taşınan konteyner rıhtım vincine ulaştığında, gelen konteyner yüklü araç DUBPLICATE bloğunda ikiye çoğaltılmakta aynı karakterdeki araçlardan birisi WAIT bloğunda bekletilirken, ikincisi BRANCH bloğunda rıhtım vincinin boş olduğunu belirten sinyal bekleyen bir döngü içine girmektedir. Rıhtım vinci işini bitirdiğinde ve araçtan konteyneri almaya hazır olduğunda SIGNAL bloğundan bir sinyal yayınlanmaktadır.

Bu sinyal ile WAIT bloğunda bekletilen araç FREE bloğuna doğru hareket etmekte, böylece konteyner sistem dışına atılırken araç tekrar çağrılmak üzere başlangıç istasyonuna doğru yola çıkmaktadır (Şekil43).



Şekil 43: Konteynerin Köprü Vincinin İşini Bitirmesini Bekleten Model Yapısı

Diğer konteyner ise köprü vinci tarafından belirli bir süre işlem görerek (ortalama 2,5 dk) gemiye istiflenmektedir. Şekil 44'te bu süreçle ilgili model yapısı gösterilmiştir.



Şekil 44: Sinyal Bekleyen Konteynerin Model Yapısı

Ek 1'de yer alan örnek simülasyon çıktısından elde edilen veriler ile aşağıdaki performans göstergelerinin karşılıkları bulunmuştur.

- **Toplam operasyon süresi nedir?** 492 dk'da, başka bir ifadeyle 8,2 saatte 428 adet konteyner yüklenmiştir.

- **MTT'nin bekleme zamanı nedir?** MTT'nin bekleme zamanları Ek 1'de bulunan model çıktıları içinde TALLY VARIABLES başlığı altında yer almakta ve mtt1qexp.waitingtime ifadesiyle hesaplanmaktadır. Her bir SSG'ye 5 adet MTT atandığı için mtt1qimp ifadesi 1. grup araçları ifade etmektedir. Bekleme süresinin yanında azami bekleme süresi ve gözlem sayısı da görülebilmektedir. Her bir MTT grubunun ortalama gecikme zamanları şu şekildedir:

mttqexp1.waitingtime: Ortalama 0,2 dk, azami 1,8 dk bekleme süresi ve toplam 54 konteyner taşıması.

mttqexp2.waitingtime: Ortalama 1,3 dk, azami 2,4 dk bekleme süresi ve toplam 152 konteyner taşıması.

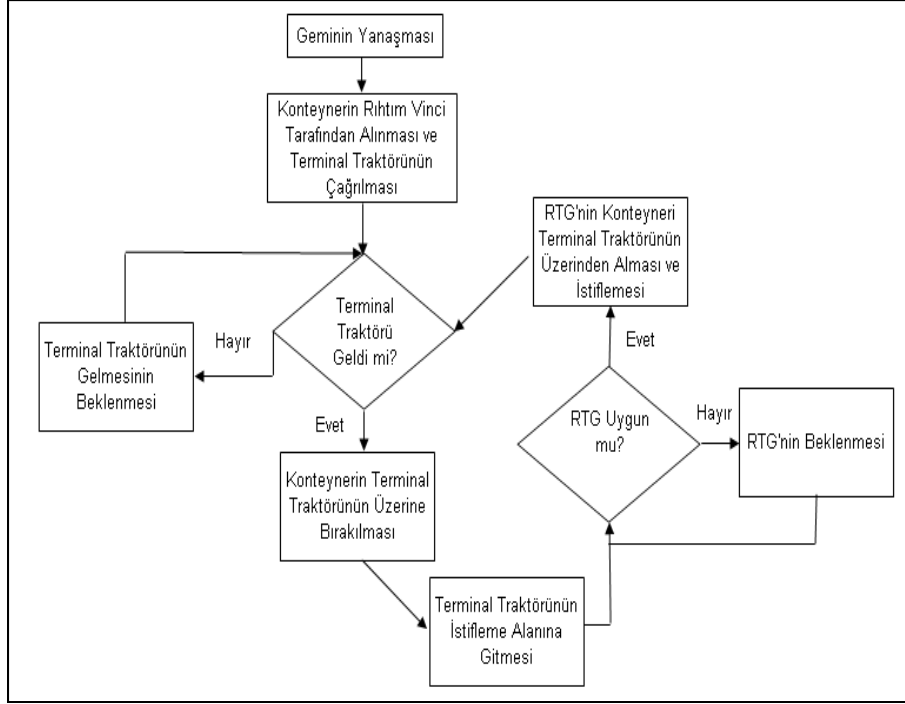
mttqexp3. waitingtime: Ortalama 1 dk, azami 2,2 dk bekleme süresi ve toplam 222 konteyner taşıması.

- **SSG'nin bekleme zamanı nedir?** SSG'nin bekleme zamanları Ek 1'de bulunan model çıktıları içinde TALLY VARIABLES başlığı altında yer almaktadır. Toplam 3 SSG model içinde ssg1qexp, ssg2qexp ve ssg3qexp olarak adlandırılmıştır. Bekleme süresinin yanında azami bekleme süresi ve gözlem sayısı da görülebilmektedir. Örneğin SSG1'in 2 dk ortalama bekleme süresine sahipken, bu süre azami 2,2 dk olmuştur. Bu RTG'nin toplam elleçlediği konteyner sayısı ise 54'tür.
- **MTT konteyneri ilgili bloğa ne kadar zamanda taşıyacaktır?** Ek 1'te yer alan simülasyon çıktıları içinde FREQUENCIES başlığı altında bulunan veriler bu soruyu yanıtlamaktadır. Her MTT grubu içinde yer alan 5 araç için ayrı ayrı taşıma adetleri ve ortalama taşıma zamanları verilmiştir. Örneğin 1. Grup MTT içindeki ilk araç 11 konteyneri ortalama 9,3 dk'da taşımıştır. Aynı aracın ortalama bekleme zamanı ise 35 dk'dır.
- **Her bir RTG, MTT ve SSG'nin faydalı kullanım oranı nedir?** Faydalı kullanım oranları Ek 1'de yer alan OUTPUTS başlığı altında görülmektedir. Örneğin SSG1 olarak adlandırılan köprü vincinin faydalı kullanım oranı (utilization) % 24'tür.
- **Kaç adet MTT/RTG ve SSG gereklidir?** Tespit edilen ortalama çalışma süreleri ve bekleme zamanları sistematik olarak incelenerek bu veriye ulaşılabilmektedir.

EK 1'de yer alan OUTPUTS başlığı altında her bir RTG'nin kaç konteyner elleçlediği ve faydalı kullanım oranı ayrıca görülmektedir.

3.8.3.2. Uygulama Terminali Tahliye Modeli ve Ölçülen Değişkenler

Temel olarak yükün gemiden alınıp ilgili ekipmanlar vasıtasıyla terminal sahasına depolanmasını kapsayan tahliye modelinin akış şeması Şekil 45'te gösterilmiştir.



Şekil 45: Tahliye Modeli Akış Şeması

Bu süreç gemiden SSG ile indirilen konteynerin MTT vasıtasıyla ilgili depoya taşınmasını ve RTG vasıtasıyla depolanmasını içeren süreçtir.

Model çalıştırılmadan önce modele girilmesi gereken veriler şunlardır:

- Gemiden kaç konteyner tahliye edilecektir?
- Tahliye edilen konteynerlerin rejimleri nedir?
- SSG ne kadar sürede konteyneri MTT'ye yükleyecektir?
- MTT konteyneri hangi bloğa taşıyacaktır?
- RTG konteyneri ne kadar sürede MTT'den alıp depoya istifleyecektir?

Yanıt aranan sorular ise aşağıdaki gibidir. Bu sorular aynı zamanda cevapları aranan performans göstergeleridir ve her biri modelde ölçülmektedir:

- Toplam operasyon süresi nedir? (PG)
- MTT'nin bekleme süresi nedir? (PG)
- RTG'nin bekleme süresi nedir? (PG)

- MTT konteyneri ilgili bloğa ne kadar zamanda taşıyacaktır? (PG)
- Her bir RTG, MTT ve SSG'nin faydalı kullanım oranı nedir? (PG)
- Kaç adet MTT/RTG ve SSG gereklidir? (PG)
- Operasyona kaç posta/vardiya atanmalıdır?

Araştırma kapsamında geliştirilen tahliye modeli belirli aşamalardan oluşmaktadır. Tahliye modelindeki bu aşamaların temelinde aşağıdaki unsurlar yer almaktadır:

- Konteynerin gemiden rıhtım vinci vasıtasıyla tahliyesi ve konteynerin niteliklerinin tanımlanması (Aşama 1),
- Tahliye edilen konteynerin terminal traktörüne yüklenmesi ve terminal traktörünün belirli bir hızda ve konteyner tipine göre belirli bir rota üzerinde giderek istif sahasındaki ilgili köprü vincine ulaşılması (Aşama 2) ve,
- Köprü vincinin konteyneri terminal traktöründen alarak istiflemesi (Aşama 3).

Bu aşamaların ayrıntıları aşağıdaki gibidir:

1. Aşama: Konteyner yaratma ve niteliklerini tanımlama

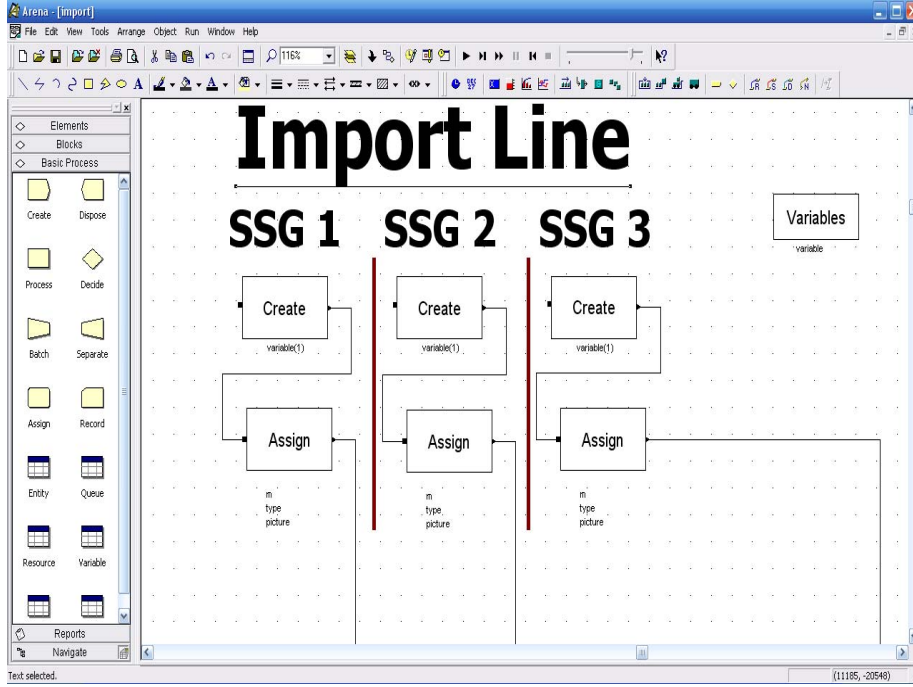
Uygulama ile ilgili veriler gerçek bir operasyondan alınmıştır. Rıhtıma yanaşan gemiden 1780 adet konteyner atanan 3 rıhtım vinciyle (SSG) tahliye edilecek, toplam 15 terminal traktörü ile ilgili istif bloklarına taşınacak ve son olarak köprü vinçleriyle sahada istiflenecektir.

3 adet rıhtım vinci bulunduğu için modelde 3 ayrı CREATE bloğu yer almaktadır. Her bir CREATE bloğu, bir rıhtım vincini ifade etmektedir. CREATE blokları VARIABLE elementinde tanımlanan sıklıkta, başka bir deyişle rıhtım vincinin çalışma hızında sisteme toplam 1780 adet konteyner yollamaktadır. Tahliye edilen konteynerin vinçlere göre dağılımı şu şekildedir:

- SSG 1: 665 konteyner
- SSG 2: 465 konteyner
- SSG 3: 650 konteyner

CREATE bloğuyla sisteme giriş yapan konteynerin giriş yaptığı ilk blok ASSIGNMENT bloğudur. Burada konteynerlerin boş, dolu ve transit istif bloklarına yönlendirilmesi için bir matematiksel formül kullanılmakta, bir anlamda konteynerler tiplere ayrılmaktadır. Bundan başka bu blokta konteynerlerin başlangıç istasyonu olan 1, 2 ve 3 numaralı apronlar bu aşamada tanımlanmaktadır. Son olarak animasyonda her bir tipe ayrı bir konteyner rengi

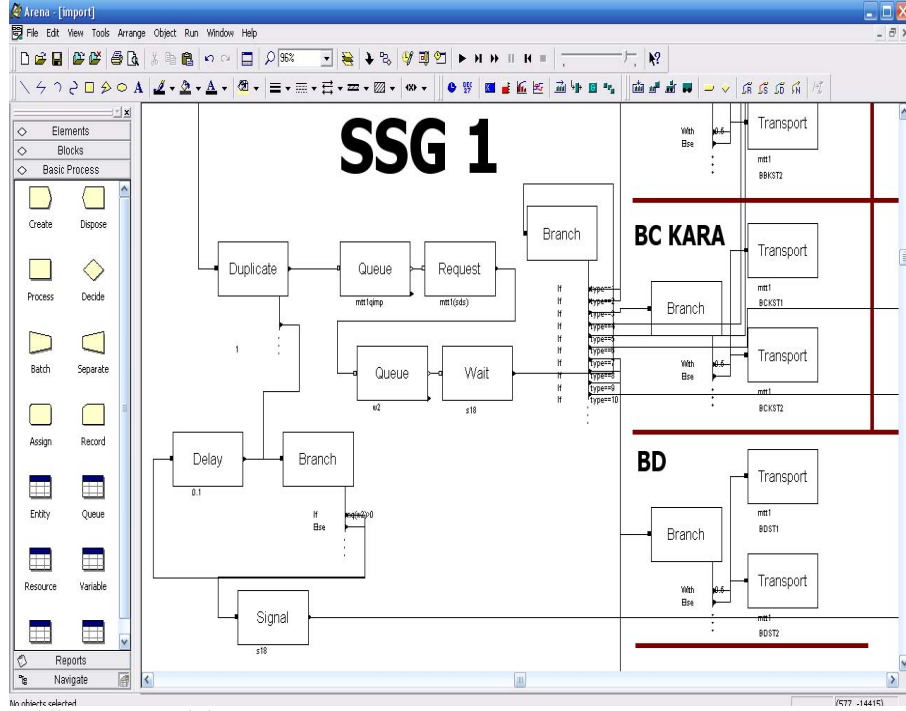
ataması yapılmaktadır. Bu şekilde konteyner tipleri farklı renkleriyle animasyonda ayrıt edilebilmektedir.



Şekil 46: Birinci Model Aşaması

2. Aşama: Tiplere göre ayrıştırma ve istasyonlara taşınmak üzere taşıyıcı talep etme

1. Aşamada gemiden tahliye edilen konteynerler belirli tiplere ayrılmaktadır. Sonraki aşamada ise bu konteynerleri ilgili istasyonlara taşıyacak araçların çağırılması gerekmektedir. Ancak araç sayısı her bir vinç için 5 adet ile sınırlandırıldığından araç gelişlerinde gecikmeler yaşanabilmektedir. Bu noktada araç bekleyen konteyner WAIT bloğunda beklemeye başlamaktadır. Aracın gelmesiyle alınan sinyal ile WAIT bloğunda bekletilen konteyner araca yüklenerek, daha önce ASSIGN bloğunda tanımlanan istifleme sahasına doğru harekete geçmektedir.

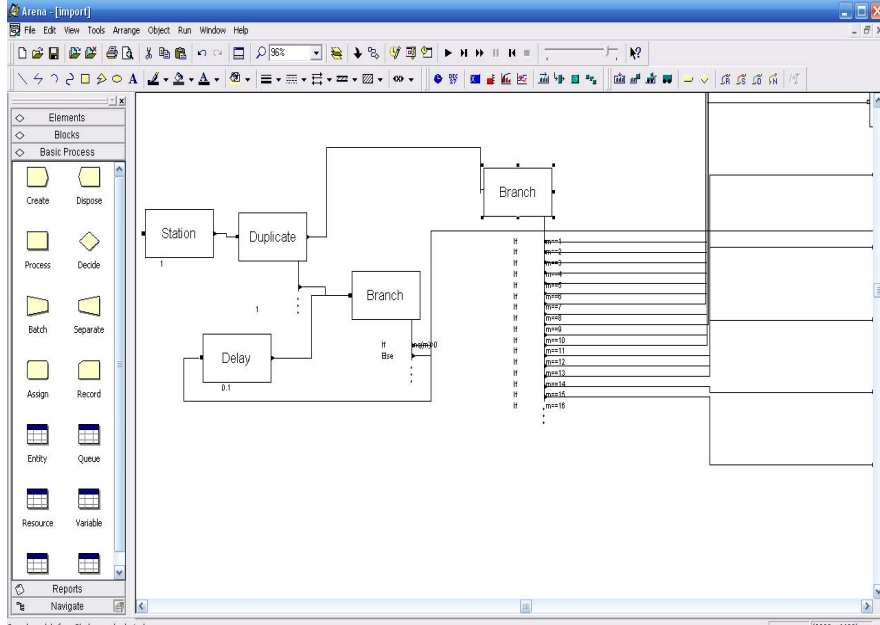


Şekil 47: 2. Model Aşaması

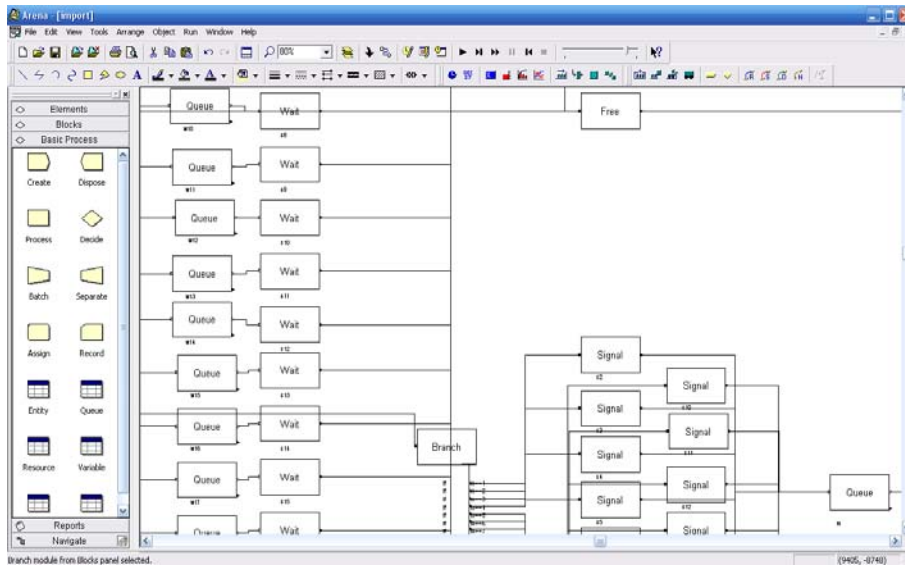
Aşama 3: İlgili istasyona taşınan konteynerin köprü vinçleriyle araçtan tahliye edilip istiflenmesi

Geliştirilen modelde 8 adet saha istasyonu tanımlanmıştır. Bu istasyonlar yükün tiplerine göre istiflendiği sahalardan oluşmaktadır. Her bir istif istasyonuna 2 adet, toplamda 16 adet köprü vinci (RTG) atanmıştır. İlgili istasyona gelen konteyner yüklü araç DUBPLICATE bloğunda ikiye çoğaltılmakta aynı karakterdeki araçlardan birisi WAIT bloğunda bekletilirken, ikincisi BRANCH bloğunda RTG'nin boş olduğunu belirten sinyali bekleyen bir döngü içine girmektedir. RTG işini bitirdiğinde ve araçtan konteyneri almaya hazır olduğunda SIGNAL bloğundan bir sinyal yayınlanmaktadır. Bu sinyal ile WAIT bloğunda bekletilen araç FREE bloğuna doğru hareket etmekte, konteyner sistem dışına atılırken araç tekrar çağrılmak üzere başlangıç istasyonuna doğru yola çıkmaktadır. Böylece ikilenen konteynerlerden birisi sistemden atılmaktadır.

Diğer konteyner ise RTG tarafından belirli bir süre işlem görerek (ortalama 4 dk) sahada istiflenmektedir. Şekil 48'de ikilenen konteynerin birisinin girdiği döngü, Şekil 49'da ise sinyal gelmesini bekleyen model bloklar gösterilmektedir.

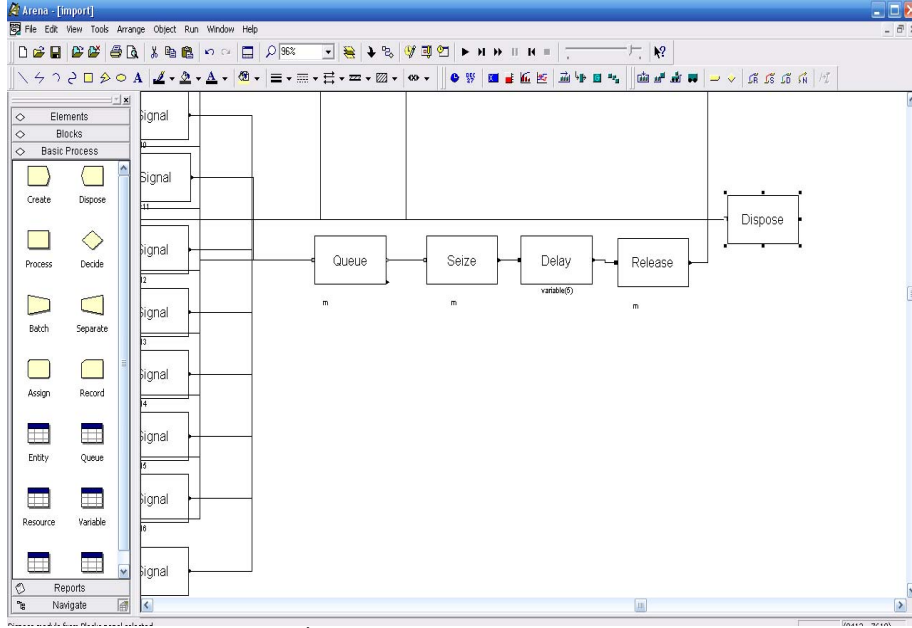


Şekil 48: Konteynerin Köprü Vincinin İşini Bitirmesini Bekleten Model Yapısı



Şekil 49: Sinyal Bekleyen Konteynerin Model Yapısı

Şekil 50'de ise köprü vincinin hazır olduğunu belirten sinyali aldıktan sonra harekete geçen konteynerin köprü vinci kuyruğuna girmesi, işlem görmesi ve serbest bırakılıp sistemden çıkmasını sağlayan model yapısı gösterilmektedir.



Şekil 50: Köprü Vincinde İşlem Gören Konteynerin Model Yapısı

Ek 2’te yer alan örnek simülasyon çıktısından elde edilen veriler ile aşağıdaki performans göstergelerinin karşılıkları bulunmuştur.

- **Toplam operasyon süresi nedir?** 1536 dk’da başka bir ifadeyle 25,6 saatte 1780 adet konteyner tahliye edilmiştir.
- **MTT’nin bekleme süresi nedir?** Ek 2’de bulunan model çıktıları içinde TALLY VARIABLES başlığı altında yer almaktadır ve mtt1qimp.waitingtime ifadesiyle hesaplanmıştır. Her bir SSG’ye 5 adet MTT atandığı için mtt1qimp ifadesi 1. grup araçları karşılamaktadır. Bekleme süresinin yanında azami bekleme süresi ve gözlem sayısı da görülebilmektedir. Buna her bir MTT grubunun ortalama gecikme zamanları şu şekildedir:

mttqimp1.waitingtime: Ortalama 4,3 dk, azami 38 dk bekleme süresi ve toplam 665 konteyner taşıması.

mttqimp2.waitingtime: Ortalama 9,9 dk, azami 39 dk bekleme süresi ve toplam 465 konteyner taşıması.

mttqimp3. waitingtime: Ortalama 6,1 dk, azami 36 dk bekleme süresi ve toplam 650 konteyner taşıması.

- **RTG’nin bekleme süresi nedir?** Bu veriler Ek 2’de bulunan model çıktıları içinde TALLY VARIABLES başlığı altında yer almaktadır. Her bir RTG hizmet ettiği istif bloğunun MARPORT tarafından verilen isimleriyle ifade edilmektedir. Bekleme süresinin yanında azami bekleme süresi ve

gözlem sayısı da görülebilmektedir. Örneğin BA Kara bloğunda yer alan ve “bak1” olarak adlandırılan RTG, 0,2 dk ortalama bekleme süresine sahipken, bu süre azami 3,5 dk. olmuştur. Bu RTG'nin toplam elleçlediği konteyner sayısı ise 56'dır.

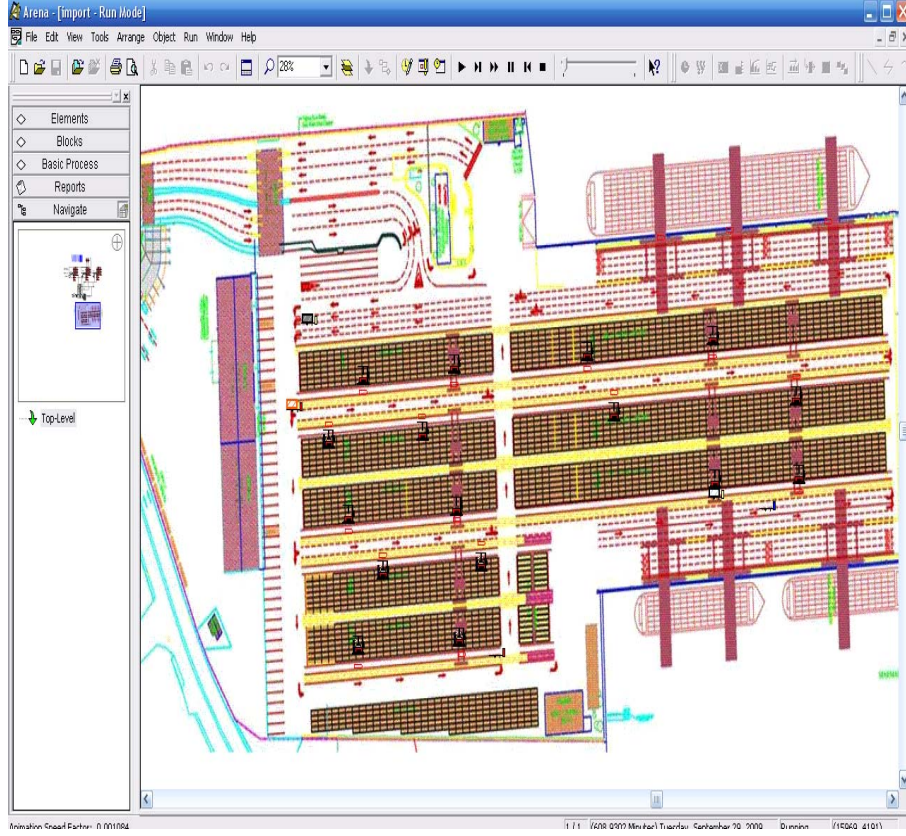
- **MTT konteyneri ilgili bloğa ne kadar zamanda taşıyacaktır?** Ek 2'te yer alan simülasyon çıktıları içinde FREQUENCIES başlığı altında bulunan veriler bu soruyu yanıtlamaktadır. Her MTT grubu içinde yer alan 5 araç için ayrı ayrı taşıma adetleri ve ortalama taşıma zamanları verilmiştir. Örneğin 1. Grup MTT içindeki ilk araç 137 konteyneri ortalama 9,1 dk'da taşımıştır. Aynı aracın ortalama bekleme zamanı ise 2,1 dk'dır.
- **Her bir RTG, MTT ve SSG'nin faydalı kullanım oranı nedir?** Faydalı kullanım oranları Ek 2'te yer alan OUTPUTS başlığı altında görülmektedir. Örneğin BA Kara bloğunda yer alan bak1 olarak adlandırılan RTG'nin faydalı kullanım oranı (utilization) % 14'tür.
- **Kaç adet MTT/RTG ve SSG gereklidir?** Tespit edilen ortalama çalışma süreleri ve bekleme zamanları sistematik olarak incelenerek bu veriye ulaşılabilmektedir.

EK 2'te yer alan OUTPUTS başlığı altında her bir RTG'nin kaç konteyner elleçlediği ve faydalı kullanım oranı ayrıca görülmektedir.

3.8.3.3. Modelin Animasyon Desteği

ARENA programı animasyon desteği sağlamaktadır. Bu çok önemlidir bir özelliktir çünkü özellikle karmaşık model yapılarında yapılan hatalar animasyon sayesinde kolayca tespit edilebilmektedir. Bundan başka animasyon özelliği konunun başka kişilere aktarılmasında çok önemli bir görsel destek sağlamaktadır. Şekil 51'de tahliye modelinin animasyonundan bir kesit görülmektedir.

Model animasyonu MARPORT limanından elde edilen AutoCad çizimi üzerine yerleştirilmiştir. Araç yönleri ve hızları terminaldeki gerçek işleyişle aynıdır. İstasyonlar arası mesafeler ise yine gerçeği yansıtmaktadır.



Şekil 51: Tahliye Modeli Animasyonundan Bir Görünüm

3.8.4. Pilot Model ve Geçerlilik/Güvenilirlik Analizleri

Veri toplama formu ile elde edilen gemi yükleme/tahliye operasyonu verisi ile yapılan pilot model ile geçerlilik güvenilirlik testleri yapılmıştır. Modelin geçerlilik ve güvenilirliğinin ölçülmesi amacıyla yapılan deneysel çalışmada gerçek bir gemi operasyonu ele alınmıştır. Operasyon ayrıntıları aşağıdaki gibidir:

- Toplam hareket 2267 konteynerdir ancak bu hareket toplamıdır, işlem gören konteyner sayısı 2142'dir. Aradaki 125 hareket farkı asıl konteynere ulaşmak için aprona indirilip tekrar gemiye yüklenen konteyner sayısını göstermektedir (62 tahliye 63 yükleme).
- 2267 hareketin 1780 adedi tahliye, 487 adedi yüklemedir.

- Gemiye 3 adet SSG atanmıştır. SSG'lerin tahliye yükleme sayıları Tablo 10'da sunulmuştur:

Tablo 8: SSG'lerin Yükleme ve Tahliye Adetleri

SSG 1			SSG 2			SSG 3		
Yükleme	Tahliye	Toplam	Yükleme	Tahliye	Toplam	Yükleme	Tahliye	Toplam
665	58	723	465	300	765	650	129	779

- Tahliye edilen konteynerin nerede depolanacağını ve yüklenen konteynerin nereden alınacağı Tablo 9'da görülmektedir. Ayrıca mesafe de eklenmiştir.

Tablo 9: Yüklenen ve Tahliye Edilen Konteynerin Adetleri, İstif Noktaları ve SSG'ye Olan Mesafeleri

NOKTALAR	ÇEVİRİM UZUNLUĞU (metre)	TAHLİYE ADETLERİ	YÜKLEME ADETLERİ
SSG-BA KARA-SSG	1220	127	1
SSG-BA DENİZ-SSG	1225	9	54
SSG-BB KARA-SSG	1220	207	1
SSG-BB DENİZ-SSG	1225	2	1
SSG-BC KARA-SSG	1350	87	1
SSG-BC DENİZ-SSG	1350	305	1
SSG-BD-SSG	1350	283	150
SSG-BE-SSG	1515	698	219
		1718	428

Buraya kadar olan veriler modelin girdi verileridir ve düzenlenen veri toplama formuyla elde edilmiştir. Ancak bu veriler modelleme için ham verilerdir. Yüklenen yükün nerden alınacağı ve gemide nereye yükleneceği bellidir. Bu anlamda bir çalışmaya ihtiyaç yoktur ancak tahliye edilen yükün nerede depolanacağına ilişkin niteliklerin modele tanımlanması gerekir. Bu tanımlamalar ARENA'nın kullandığı SIMAN diline uygun yapılmalıdır. Bu nedenle model kullanıcılarına kolaylık olması nedeniyle bu tanımlamaları yapan excel sayfası hazırlanmıştır.

Örnek tablo aşağıda yer alan Tablo 10'da sunulmuştur. Kullanıcı sadece hangi istif alanına kaç adet konteyner istifleneceği bilgisini tabloya girerek dağılımı elde etmektedir.

Tablo 10: SIMAN Dilinde Yük Tipi Aralığının Bulunması İçin Hazırlanan Tablo

Tipler	İstif Bloğu	Tahliye adedi (TEU)	%	Kmltif
Tip1	BA Kara	127	0,07135	0,07135
Tip 2	BB Kara	207	0,11629	0,18764
Tip 3	BC Kara	87	0,04888	0,23652
Tip 4	BA Deniz	9	0,00506	0,24157
Tip 5	BB Deniz	2	0,00112	0,24270
Tip 6	BC Deniz	305	0,17135	0,41404
Tip 7	BD	283	0,15899	0,57303
Tip 8	BE	698	0,39213	0,96517
Tip 9	Boş	0	0,00000	0,96517
Tip 10	Apron	62	0,03483	1
Toplam Tahliye		1.780		

MARPORT uygulamasında tahliye için 10 tip konteyner mevcuttur. Bu tipler istifleneceği yere göre adlandırılmıştır. Kullanıcı sadece konteyner sayısını değiştirerek aşağıdaki dağılıma otomatik olarak ulaşmaktadır. İhraç konteynerde bu dağılıma ihtiyaç yoktur. Oluşturulan tablonun model tarafından kullanılan SIMAN dili ise şu şekildedir:

disc(0.07135,1,0.18764,2,0.23652,3,0.24157,4,0.24270,5,0.41405,6,0.57303,7,0.96517,8,0.96517,9,1,10)

Bu dağılıma göre model tahliye edilen konteyneri 10 tipe ayırmakta, birinci tip toplam tahliye edilen konteynerin % 7'sini, ikinci tip % 18'ini oluşturmakta ve tip dağılımları tablodaki gibi devam etmektedir.

Tablo 11'de ise her bir nıştım vinci çalışma istatistiklerinden elde edilen toplam çalışma zamanı, bekleme zamanı ve yüzdeleri sunulmuştur. Model sonucunda elde edilen veriler ile bu veriler örtüşmektedir.

Tablo 11: Pilot Model Sonuçları

	SSG 1		SSG 2		SSG 3	
	Gerçek	Sim.	Gerçek	Sim.	Gerçek	Sim.
Toplam Operasyon Zamani (saat)	35,0	33,8	34,8	33,8	35,1	33,8
Toplam Hareket (adet)	723	723	765	765	779	779

Model hem yükleme hem de tahliye yönlü olarak 10 kez çalıştırılmış ve toplam operasyon süresi aşağıdaki tablodaki toplam operasyon süreleriyle karşılaştırılmıştır, hata payı % 5'in altındadır. Konteyner atamaları ise % 100 doğruluk oranıyla gerçekleşmiştir.

Yapılan bu pilot çalışma ile modelin geçerliliği ve güvenilirliği doğrulanmıştır.

3.9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Pilot modeller ile test edilen, geçerlilik ve güvenilirlik analizleri yapılan modelin evrensel bir boyut kazanması amacıyla yeni bir model geliştirilmiştir ve bu model “evrensel model” olarak adlandırılmıştır.

Araştırmanın “terminal lojistik süreç performansını ölçen tüm terminallere uygulanabilir esnek bir simülasyon modeli geliştirmek” amacına yönelik hazırlanan evrensel model aynı zamanda planlama aşamasında olan terminaller için de kullanılabilir. Bu sayede terminal sisteminin tasarımı da test edilebilir. Konteyner terminallerindeki yük elleçleme, liman içi taşıma ve depolama ile ilgili faaliyetleri kapsayan simülasyon modeli tüm limanlara kolaylıkla uyarlanabilmesi amacıyla esnek olarak geliştirilmiştir. Bu model ile yapılan deneysel çalışmalar neticesinde tüm dünya limanlarında geçerliliği olan evrensel bulgulara ulaşılması hedeflenmiştir.

Esnek simülasyon modeli oluşturmaya yönelik olarak geliştirilen ve üzerinde bir dizi deneysel çalışmalar gerçekleştirilen modelde köprülü vinç sistemi ve tek elleçleme hattı kullanılmış, 1 SSG ile 2 RTG aynı anda modelde yer almıştır. Modelde kullanılan MTT sayısında ise senaryolar üretilmiştir. Model hem yükleme hem de tahliye yönlü çalıştırılmış ve her bir denemede 1000 konteyner sisteme gönderilmiştir. Tablo 12’de denenen farklı yükleme ve tahliye model senaryolarının girdileri ve elde edilen çıktıları sunulmuştur. Temel olarak MTT sayısındaki ve SSG hızındaki değişikliklerin sisteme olan etkileri incelenmiştir.

Tablo 12’de ifade edildiği gibi hem yükleme hem de tahliye modellerinde RTG elleçleme hızları saatte 15 hareket ile sınırlandırılmıştır. Bu oran RTG’nin her 4 dakikada bir konteyner istiflediği ya da istiflenen konteyneri

MTT'ye yüklemeye hazır hale geldiğini göstermektedir. RTG elleçleme süresinin hem tahliye hem de yükleme modelinde sabit tutulmasının nedeni, bu süreçteki değişikliklerin sistemin işleyişine olan etkisinin dikkate alınmayacak kadar az olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde SSG elleçleme hızı ve iç taşımada kullanılan MTT sayısındaki değişikliklerin sistem performansı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak bahsedilen bu etkiler yükleme ve tahliye modellerinde farklı neticelerle sonuçlanmıştır. Bu anlamda tabloyu yorumlarken “yükleme modeli bulguları” ve “tahliye modeli bulguları” adı altında ayırım yapmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Tablo 12: Deneysel Çalışmalar Sonucunda Elde Edilen Bulgular

GİRDİLER			YÜKLEME					
Atanan MTT sayısı (adet)	SSG elleçleme hızı (h/dk)	RTG elleçleme hızı (h/dk)	Operasyon Süresi (s)	SSG faydalı kullanım oranı (%)	RTG faydalı kullanım oranı (%)	Ortalama çalışan MTT sayısı (adet)	SSG altında MTT kuyruğu (adet)	MTT'nin apronda ort. bek. zamanı (dk)
2	2,2	4	36,9	99,0	58,9	1,7	0,2	0,5
2	2,3	4	38,7	99,0	82,5	1,9	0,3	0,7
2	2,4	4	40,0	99,0	84,0	1,9	0,4	1,0
2	2,45	4	41,7	99,0	84,0	1,9	0,5	1,2
2	2,5	4	41,7	99,0	85,0	1,9	0,5	1,2
3	2,5	4	41,7	99,0	84,0	2,9	1,4	3,7
4	2,5	4	41,7	99,0	83,0	3,9	2,4	6,1
5	2,5	4	41,7	99,0	82,5	4,9	3,4	8,5
TAHLİYE								
Atanan MTT Sayısı (Adet)	SSG elleçleme hızı (h/dk)	RTG elleçleme hızı (h/dk)	Operasyon Süresi (s)	SSG faydalı kullanım oranı (%)	RTG faydalı kullanım oranı (%)	Ortalama çalışan MTT sayısı (Adet)	RTG Altında MTT kuyruğu (adet)	MTT nin RTG altında ort. bek. Zamanı (dk)
5	2,5	4	41,7	79,4	79,5	1,9	0,2	1,1
5	2,4	4	40,3	82,8	82,0	2,2	0,3	1,6
5	2,3	4	38,7	87,9	85,5	2,7	0,4	2,6
5	2,2	4	37,9	93,6	87,0	3,4	0,9	4,1
5	2,1	4	36,3	98,2	91,0	3,9	1,1	4,9
5	2	4	36,3	98,9	91,0	4,1	1,2	5,3

3.10. YÜKLEME MODELİ BULGULARI

Yükleme modelinden elde edilen ve Tablo 12'de gösterilen çıktılar incelendiğinde ulaşılan bulgular aşağıda özetlenmiştir.

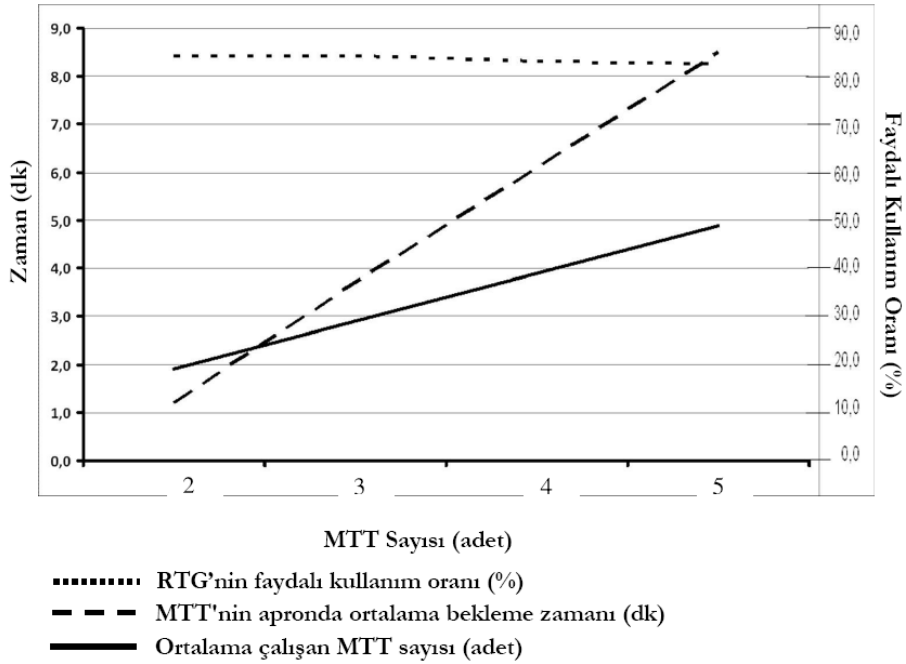
Bulgu 1: Atanan 2 MTT'den sonraki MTT sayısındaki artışın operasyon bitiş zamanı üzerinde bir etkisi yoktur. Bu koşul SSG hızının saatte 24 hareket (2,5 h/dk) ile sınırlandırılması durumunda geçerlidir.

Başka bir deyişle MTT sayısındaki artışın operasyon zamanı üzerinde bir etkisi yoktur.

Bulgu 2: MTT sayısındaki artışın SSG verimli kullanım oranları üzerine bir etkisi olmadığı da tespit edilmiştir. SSG, 2-5 arasındaki MTT sayısındaki ve SSG elleçleme hızındaki değişimlerden etkilenmemektedir.

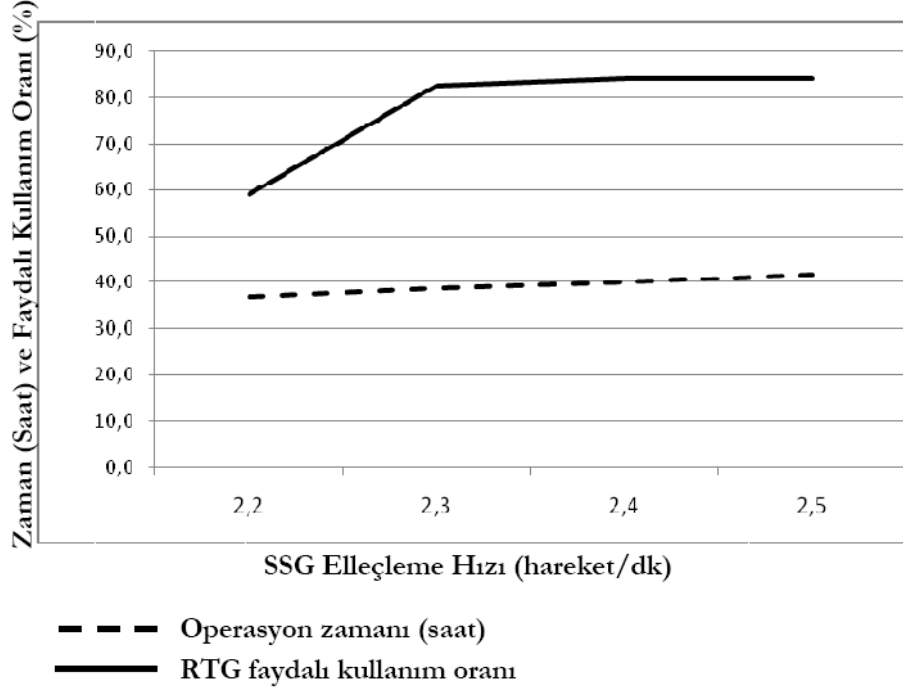
Bulgu 3: Atanan MTT sayısının artması, MTT'lerin sistemde bekleme süresini arttırıcı ve RTG verimliliği düşürücü bir etkiye sahiptir.

Bu durum Şekil 52'de gösterilmiştir. Şekil 52'den de anlaşıldığı gibi optimal MTT sayısı, operasyonda 1 SSG ve 2 RTG kullanılması durumunda 3'tür. Bu anlamda MTT sayısındaki artışın operasyon zamanına hiçbir etkisi yoktur.



Şekil 52: Atanan MTT Sayısının RTG'ye ve MTT Bekleme Süresine Etkileri

Bulgu 4: Tablo 12'ye göre SSG hızındaki değişimlerin SSG faydalı kullanım oranına etkisi yoktur. Aslında bu durum doğaldır, çünkü sahadaki tüm ekipman SSG'nin kesintisiz çalışması için emek sarf etmektedir. Atanan MTT sayısı "3"de tutulduğunda SSG elleçleme hızındaki değişiklikler sistemin çıktılarını değiştirmektedir. 4. bulguya ilişkin veriler Şekil 53'te gösterilmiştir.



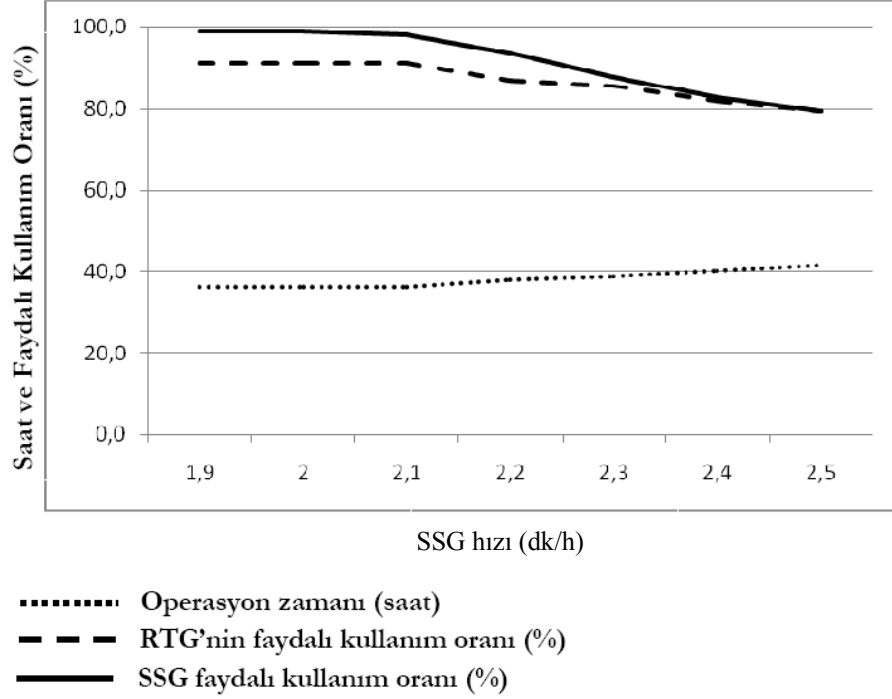
Şekil 53: SSG Elleçleme Hızının Operasyon Zamanına Etkisi

Şekil 53'e göre SSG hızının yavaşlaması RTG'nin faydalı kullanım oranını arttırıcı etkiye sahipken operasyon süresini uzatıcı etkiye sahiptir. Buradan ulaşılabilecek en önemli bulgu ise şudur: SSG hızı, yükleme modelinde zamana ve ekipmanların faydalı kullanım oranlarına bağlı performans göstergelerini etkileyen en önemli unsurdur.

3.11. TAHLİYE MODELİ BULGULARI

Tahliye modelinde RTG elleçleme hızına ek olarak atanan MTT sayısı da 5 ile sabitlenmiştir. Bunun nedeni ortalama çalışan MTT sayısının SSG çalışma hızından doğrudan etkilenmesidir. Tablo 12'deki tahliye girdilerinde görüldüğü gibi atanan MTT sayısı sabit tutulmasına rağmen "Ortalama çalışan MTT sayısı (adet)" değişmektedir. Bu nedenle modelde ayrıca MTT sayısında değişiklik yapılmasına gerek kalmamaktadır. Tahliye modelinden elde edilen ve Tablo14'den yorumlanan bulgular ise şu şekildedir:

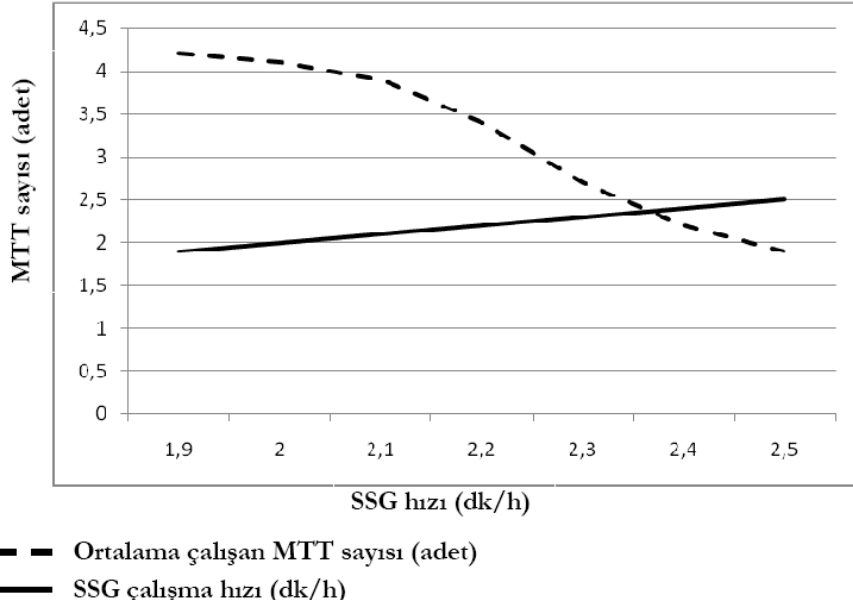
Bulgu 1: SSG hızındaki değişikliklerin RTG'nin faydalı kullanım oranları ve toplam operasyon zamanı üzerindeki etkileri tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 54'te gösterilmektedir.



Şekil 54: SSG Hızının Faydalı Kullanım Oranlarına ve Operasyon Zamanına Etkileri

Şekil 54'e göre SSG'nin 2,5 dk'da bir hareketten 1,9 dk'da bir harekete doğru hızlanması toplam operasyon zamanını azaltmakta, SSG ve RTG'lerin faydalı kullanım oranları da arttırmaktadır. SSG'nin 2,1 dk ve altında elleçleme yaptığı durumda ise faydalı kullanım oranları SSG'de % 98,9, RTG'de % 91 oranında olmaktadır. Operasyon zamanı ise bu durumda 36,3 saat seviyesinde sabitlemektedir. Bu hız (2,1 dk/hareket) tahliye operasyonunda optimal hızı temsil etmektedir.

Bulgu 2: Yukarıdaki bilgilere ek olarak MTT sayısındaki değişimler de gözlemlenmiştir. Buna göre SSG'nin çalışma hızı arttıkça gerekli MTT ihtiyacı da artmakta bunun sonucunda da operasyon zamanı azalmaktadır. Bu durum Şekil 55'te gösterilmiştir.



Şekil 55: SSG hızının MTT sayısına etkisi

Şekil 55'den anlaşılacağı gibi SSG hızı 2,5 dakikada bir hareketten 1,9 dk'da bir harekete doğru arttığında gerekli MTT sayısı da 2'den 5'e doğru artmaktadır. Her iki artışın neticesinde de toplam operasyon süresinin 41,7 saatten 36,3 saate doğru azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 12).

3.12. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİLİMSEL KATKILAR

Yapılan araştırma tedarik zinciri yönetimi ve lojistik kapsamı içinde en önemli lojistik alt yapılardan birisi olan konteyner terminallerinde gerçekleştirilen ulaştırma, yük elleçleme ve depolama ile ilgili lojistik faaliyetler modellenmiştir. Modellemede ölçülmeye çalışılan lojistik süreçlerde ölçülmesi çalışılan konu, kullanılan ekipmanların hız ve performans göstergeleridir. Ölçüme konu olan terminal içi lojistik faaliyetler ve ilgili ekipmanlar ölçülen performans göstergeleriyle Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13: Araştırma Kapsamında Modellenen Lojistik Faaliyetler, Ekipmanlar ve Performans Göstergeleri

Lojistik Faaliyet	Ekipman Adı	Performans Göstergesi
Yük Elleçleme	SSG	<ul style="list-style-type: none">• Hız• Zaman• Faydalı kullanım oranı• Elleçleme miktarı
Liman İçi Ulaştırma	MTT	<ul style="list-style-type: none">• Hız• Zaman• Faydalı kullanım oranı• Ortalama MTT sayısı• Taşınan yük miktarı• Ulaştırma darboğazları
Depolama	RTG	<ul style="list-style-type: none">• Hız• Zaman• Faydalı kullanım oranı• Depolanan yük miktarı

Tablo 15'deki sınıflandırma literatürde yer almayan bir sınıflandırmadır.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde SSG hızının en önemli sistem performans göstergesi olduğu ispatlanmıştır. Ek olarak MTT sayısının da terminal performansı üzerine ciddi etkileri görülmüştür. SSG hızının ve MTT sayısının terminal performansı üzerine etkilerinin ölçülmesi bu çalışmanın bilimsel bir katkısıdır.

Bundan başka literatürde yer alan modeller belirli bir liman için tasarlanmış ve belirli bir liman verisi üzerinden çalıştırılmıştır. Örneğin Merkuryev ve diğerleri (1998) Riga konteyner terminali, Tahar ve Hussein (2000) Kelang konteyner terminali, Dragovic ve diğerleri (2005, 2006) Pusan konteyner terminali, Esmer ve diğerleri (2008a ve 2008b) İzmir Alsancak konteyner terminali ve Ma ve Hadjiconstantinou (2008) Felixstowe konteyner terminali verilerini kullanarak sadece bu limanlara yönelik modeller geliştirmektedir.

Araştırmanın pilot modeli de belirli bir liman bilgisi ile yapılmıştır. Bu anlamda pilot modelin amacı yapılacak evrensel modelin geçerlilik ve güvenilirliğinin doğrulanmasıdır. Bu araştırma kapsamında yapılan model evrensel sonuçların elde edildiği bir model olmasının yanı sıra dünyadaki tüm limanlara kolaylıkla uyarlanabilecek esnek bir yapıya sahiptir. Bu nedenle geliştirilen evrensel model bu araştırmanın başka bir bilimsel katkısıdır.

Literatürde ele alınan yirmi altı adet konteyner terminaleri simülasyon modeli çalışması genel itibariyle farklı konuları ele almaktadır. Ancak bazı çalışmaların girdi ve çıktıları yapılan araştırma ile temel noktalarda benzerlik göstermekte fakat araştırma model çıktıları ve model amacında bazı farklılıklara rastlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında yapılan çalışmayla benzerlik gösteren dokuz araştırma tespit edilmiştir. Literatürdeki bu dokuz araştırma ve bu araştırmaların sonuçları aşağıdaki gibidir;

- **Koh ve diğerleri (1994a, 1994b):** Gemi döngü zamanları, vinç ve ana taşıyıcıların faydalı kullanım oranları ölçülmüş ve terminalde meydana gelen sıkışıklıklar tespit edilmiştir.
- **Hutchins (1995):** Planlamaya yönelik bir araştırmadır. Geliştirilen model ile konteyner terminali operasyonlarını planlaması mümkündür. Özellikle yatırım kararlarına destek amaçlıdır.
- **Ramani (1996):** Modelde farklı olarak temel amaç rıhtım işgaliye oranlarının ölçülmesidir. Bu amaca yönelik bulunan bazı sonuçlarda benzerlikler vardır. Örneğin gemi hizmet zamanlarının ölçümü yapılmıştır.
- **Tahar ve Hussein (2000):** Gemi döngü zamanı, rıhtım işgaliye, vinçlerin faydalı kullanım oranı, ana taşıyıcıların faydalı kullanım oranı ölçülmüştür.
- **Nam ve diğerleri (2000):** Ortalama bir geminin liman zamanı, ortalama rıhtım işgaliye oranı, ortalama gemi bekleme zamanı, her bir gemi için ortalama konteyner vinci ataması ölçülmüş ve tespit edilmiştir.
- **Segouridis ve Angelides (2002):** Terminal traktörü döngü zamanı ve faydalı kullanım oranları ölçülmüştür.
- **Sgouridis (2003):** Gemi hizmet zamanı, ekipman faydalı kullanım oranları ölçülmüş ve darboğazlar tespit edilmiştir.
- **Vis ve Harika (2004):** Otomatikleştirilmiş liman içi ekipmanlarının (ALV, AGV) performansını ölçmek amacıyla geliştirilmiş bir modeldir.
- **Dragovic ve diğerleri (2009):** Liman yük elleçleme ekipmanlarının verimliliği ve geminin limanda geçirdiği süreyi tahmin eden senaryolar kullanarak ölçümler yapmıştır.

Bu araştırma kapsamında geliştirilen modelin yukarıda bahsedilen dokuz modelden farklılıkları ise aşağıdaki gibidir:

- Terminal ekipmanlarının birbirleriyle ilişkileri değiş tokuş dengesi içinde değerlendirilmiş ve optimizasyon çalışması yapılmıştır. Sonuç olarak ekipmanlar hakkında tüm konteyner terminallerine yönelik temel yargılara ulaşılmıştır.

- Model çıktıları sadece ölçüme yönelik değil çözüme yönelik ele alınmıştır.
- Tüm liman içi işlemler “lojistik süreç” olarak değerlendirilmiş ve konuya lojistikçi bakış açısıyla bakılmıştır.

Geliştirilen simülasyon modeli liman yöneticilerinin; verdikleri kararlara destek olacak, farklı işlevsel alternatifleri değerlendirebilecek, en iyi çözümü sunabilecek esnek bir araca duydukları ihtiyacı karşılayacaktır. Bu sayede liman içi lojistik süreçler iyileştirilecek ve yükleme/tahliye planlamaları yapılabilecektir. Ayrıca model sayesinde limanın çıktıları hakkında istatistiki veri elde edilebilecektir. Model sonucunda ekipmanların faydalı kullanımı, optimal taşıyıcı sayısı, istifleme verimliliği, operasyon zamanları, liman içi ulaştırma hizmetinin verimliliği gibi konular incelenebilmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lojistik yönetimi içinde önemli bir yeri olan deniz ulaştırmasının ekonomik gelişmedeki katkısı açıktır. Bu kapsamda, liman verimliliği kavramı karşımıza önemli bir olgu olarak çıkmaktadır. Limanların sahip oldukları alt ve üst yapı elemanlarının inşa edilmesi, satın alınması ve limanın işletilmesi yüksek maliyetlidir ve profesyonellik gerektirmektedir. Limanın verimsiz kullanılması liman işletim maliyetlerinin artması, sermaye kaybı ve küresel lojistik sistemin aksaması gibi birbirlerini etkileyen sonuçlara neden olur.

Limanlar, özellikle son 25 yıldan bu yana, geleneksel kimliklerinden sıyrılmışlardır. Bu değişimi tek bir faktörle açıklamak mümkün değildir. 20. yüzyılda hayatın hemen hemen her alanında yaşanan teknolojik gelişim deniz taşımacılığını da etkilemiştir. Bu değişim 21. yüzyılda da katlanarak devam etmektedir. Denizyolu taşımacılığının sağladığı kapasite üstünlüğü, dünyanın doğal olarak 3/4'ünün sularla kaplı olması, bir defada taşınan yükün çok yüksek miktarlarda olması gibi etkenler deniz yolu taşımacılığının hiçbir zaman önemini yitirmeyeceği anlamına gelmektedir.

Rakiplere göre tercih edilecek özelliklerdeki ürünü pazara sunma felsefesi yeni bir değer anlayışı olarak ortaya çıkmıştır. Bu noktada, tedarik ve dağıtım sürecinde kesintisiz ve eksiksiz lojistik hizmetler veren işletmelerin varlığı önem kazanmıştır. Bu gelişmelerin etkisiyle limanlar geleneksel “barınak” kimliğinden çok öte günümüzde artık lojistik merkez olarak adlandırılmaktadır. Limanlar deniz taşımacılığının çok önemli bir altyapısı olarak gemi ve yüklerle birlikte lojistik alanında da hizmet vermektedir.

Bu araştırma kapsamında, genel olarak limanların tedarik zinciri içindeki önemi, liman verimliliği konusu, simülasyon modeli için veri toplama formu ve yapılan simülasyon modelinin çıktıları konusunda sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıntılar ise aşağıdaki gibidir;

Limanların işletme lojistiği içindeki yeri araştırma kapsamında tanımlanmıştır. Uluslararası lojistik açısından bakıldığında, ticarete konu malların en çok elleçlendiği yer limanlardır. Limanlar işletme lojistiği içindeki önemi özellikle tedarik lojistiği ve fiziksel dağıtım içinde daha çok hissedilir. Deniz taşımacılığının sağladığı maliyet üstünlüğü nedeniyle birçok üretim tesisi liman çevresinde konuşlanmaktadır. Tedarikçilerden sağlanan malzemelerin/hammaddelerin depolanması ve bu hareketlerin etkin ve verimli yönetimini kapsayan tedarik lojistiği faaliyetleri limanın hinterlandında yer almaktadır. Lojistik sistem akışının tedarik kaynaklarından başladığı gerçeğinden hareketle bu kaynaklardan gelen ürünlerin gerek lojistik merkezlerde toplanarak ya da doğrudan limana ulaşarak deniz ulaştırması moduna geçişleri sağlanmaktadır. Diğer yandan imalat hattından çıkan bitmiş ürünlerin, tüketiciye doğru olan akışında her türlü dağıtım faaliyeti sürecinde limanlar yer

alabilmektedir. Bu dağıtım, toptancıya, perakendeciye veya son tüketiciye (nihai müşteriye) doğru olabilir ve her aşamasında limanlar bu yapı içerisinde yer alabilir. Fiziksel dağıtımda taşımanın yanında depolama da önemli bir faaliyettir ve günümüzde limanlar depolama hizmeti de verir hale gelmiştir.

Limanlar tedarik zincirinde önemli roller üstlenmekte ve geleneksel anlamda basit aktarma noktası olmanın ötesinde lojistik merkezler olma konusunda evrim geçirmektedir. Bu evrime göre bir limanın müşteri kaybetmesi sadece alt/üst yapı/ ekipman gibi fiziksel varlıklarından dolayı değil aynı zamanda tedarik zinciri içindeki müşteri hizmet ağları ve lojistik hizmet sağlayıcıları ile yapılan ortaklık ilişkileri ile de önemli oranda ilgilidir. Nitekim 4. nesil limanlar sınıfında yer alan Rotterdam, Antwerp ve Hamburg gibi limanların çevresinde son 20 yılda lojistik katma değer yaratan işletmeler konuşlanmış ve limanların eskisinden daha da fazla güçlenmesini sağlamışlardır. Bu gelişimin temelinde limanların lojistik, ulaştırma ve yük elleçleme sistemlerinin yanında daha birçok sistemi de bünyesi içinde barındırması yatmaktadır. Bu durum ile limanlar daha kârlı hale gelirken tedarik zincirleri daha verimli ve etkin bir hale gelmiş, maliyetler azaltılmış ve müşteri memnuniyeti artırılmıştır.

Limanlarda yükün geçici depolanması ihtiyacı ve ulaştırma hizmetlerinin hali hazırda limanlar etrafında konuşlanması, limanları lojistik faaliyetlerin verilmesi için potansiyel cazibe merkezleri haline getirdiği muhakkaktır. Bu noktadan hareketle limanlarda verilen ve yükleme/boşaltma ile ilgili tüm faaliyetleri içeren yük elleçleme hizmetinin, limanların ana lojistik hizmeti olduğu açıktır. Avrupa'da ve Uzak Doğu'da gelişmiş konteyner terminallerinin çevresinde lojistik hizmet sağlayıcılarının konuşlanmaları bu yüzdendir. Bu anlamda konteyner terminallerinde verilen tüm hizmetlerin lojistik sistemin en önemli alt dalı olan ulaştırmanın içinde yer aldığını söylediğimizden hareketle, konteyner terminallerinde verilen yük elleçleme hizmetlerini lojistik hizmet olarak tanımlamak ve tüm yük elleçleme sistemlerinden de lojistik süreçler olarak bahsetmek yerinde olacaktır.

Limanlarda verilen lojistik hizmetler özellikle konteyner limancılığında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle konteyner limanlarında verilen yük ile ilgili tüm süreçleri lojistik süreç olarak tanımlamak yerinde olacaktır. Konteyner taşımacılığının dünyada bu denli gelişme göstermesinin en önemli sebeplerinden birisi kuşkusuz lojistik hizmetlerin konteyner taşımacılığına kolaylıkla uygulanabilirliğidir. Konteyner terminalleri bu noktada tüm tedarik zinciri içinde kilit role sahiptir.

Limanlar girdisi, süreçleri çıktıları olan açık bir sistemdir. Liman performansını ölçmek bir anlamda liman sisteminin süreçlerini değerlendirmektir. Seçilen yük elleçleme sisteminin ne olduğu, özellikle sistemin

performansını ölçerken değişik performans kıstaslarının kullanılması sonucunu doğurur. Bu noktada konteyner terminallerinde performans konusu çalışmada ayrıntılı olarak incelenmiştir. Araştırmada limanlar bir sistem olarak ele alınmış ve sistem yaklaşımına göre değerlendirilmiştir.

Limanların ticari bir açık sistem olarak rekabetçi ortamda ayakta kalabilmeleri için liman sistemi performansının ölçülmesi gerekmektedir. Özellikle çok fazla sistem girdisi ile (alt, üst yapı, ekipman, iş gücü, gemi, yük vb.) faaliyet gösteren limanlarda bilgi sistemlerinin kullanılması, etkin bir karar destek sisteminin aktif bir şekilde kullanılması zorunluluktur. Sistemlerin sağlıklı işleyebilmesi için bilgi sistemlerine ve bir bilgi sistemi türü olan karar destek sistemlerine ihtiyaçları vardır. Simülasyon yöntemi bir karar destek sistemi olarak, sistemlerin analizinde kullanılan bir yöntemdir. Dünyada bütün limanların birbirinden farklı yapıda oluşu, liman performansı ölçümünün ve analizinin çoğu zaman karmaşıklığı, alınan kararlara destek olacak bir mekanizmaya duyulan gereksinim gibi nedenlerle limanlarda bir performans ölçüm aracına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu noktada simülasyon yöntemi bu gereksinimi en iyi karşılayan araçlardan birisidir.

Limanları karmaşık dinamik sistemler olarak incelediğimizde, birçok faaliyetin iç içe geçtiği görülebilir. Bu faaliyetlere ilişkin fiziksel varlıkların içinde; liman sahası, rıhtımlar, yaklaşım kanalları, demirleme alanı, gemiler, yükler, ekipmanlar, depolar, ulaştırma elemanları ve giriş/çıkış kapısı sayılabilir. Bir liman uygulaması olarak konteyner terminallerinin yönetimi, çok sayıda karar almayı gerektiren karmaşık sistemler içermektedir. Liman operasyonlarının karmaşıklığı, analitik yöntemlerin liman optimizasyonu için kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Diğer yandan karmaşık yapıların matematiksel modellemesi zahmetli, hatta bazı durumlarda imkânsızdır. Bu tür durumlarda bilgisayar simülasyonu, limanların analizinde, anlaşılmasında ve tasarlanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Konteyner gemilerinin liman sahasına gelmesinden itibaren; gemilerin demirde bekleme zamanının azaltılması, optimal rıhtım planlamasının yapılması, yükleme/boşalma süreçlerinin programlanması, terminal kaynaklarının operasyonlara tahsisi, ortalama gemi hizmet zamanının azaltılması, liman ekipmanlarının ve liman sahasının verimli kullanılması, saha istif planlamasının yapılması, liman içi taşımaların planlanması, rıhtım ve saha işgal oranının azaltılması gibi konular konteyner terminallerinin temel problemleridir. Liman süreçlerinin herhangi birisinde olacak aksamalar, o limanla ilgili uluslararası tüm lojistik akışı etkileyebilmektedir. Örneğin rıhtım vincinin verimsiz çalışması, yükleme/boşaltma operasyonlarının hızını etkileyecek, gemilerin rıhtımda bekleme süreci artacaktır. Geminin rıhtımda beklemesi ise liman masraflarının artması ile taşıyana zarar verdiği gibi yük sahiplerinin yüklerini planlanan zamanlarda almamasına neden olacaktır. Bu durumdan zararlı olacak taraf

sadece alıcı ve taşıyan değil, tedarik zinciri üzerindeki birçok kurum ve kuruluşlar olacaktır.

Simülasyon yöntemi performans değerlendirme tekniklerinden sadece bir tanesidir. Ancak limanların karmaşık dinamik bir yapıya sahip olması ve liman faaliyetlerinin içi içe geçmesi bu yöntemin liman performans ölçümünde yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Simülasyon ile modelleme tekniğinin bu kadar yaygın kullanılması, kuşkusuz konu hakkında önemli bir literatürün de oluşmasına katkı sağlamıştır. Limanlarda simülasyon modellerinin kullanılmasının geçmişi son 30 yıla kadar uzanmaktadır. Bu süre zarfı içinde yapılan bilimsel çalışmalar incelenerek bir tarihsel süreç içinde değerlendirilmiş, liman simülasyon modellemesi hakkındaki tüm çalışmaları liman operasyonları simülasyon modelleri, liman planlama simülasyon modelleri, liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri, limanlar için matematiksel modeller ve konteyner terminalleri simülasyon modelleri olarak beş başlık altında sınıflandırılmıştır.

İncelenen modeller değerlendirildiğinde bazı ortak yargılara ulaşılabilmektedir. Oluşturulan model yukarıda bahsedilen beş kapsamdan hangisine hizmet ederse etsin liman yöneticilerinin verdikleri kararlara destek olmakta, farklı işlevsel alternatifleri değerlendirilmekte, liman yöneticilerine en iyi çözümü sunabilecek esnek bir araca duydukları ihtiyacı karşılamaktadır. Literatür incelendiğinde dikkat çeken en önemli nokta ise konteyner terminallerine ilişkin modellerin literatürde önemli bir yer kapladığı gerçeğidir. Özellikle son yıllarda yapılan simülasyon çalışmalarının genellikle konteyner terminal işletmeciliği ile ilgili olduğu görülmektedir. Konteyner terminal işletmeciliğinin özellikle diğer yük terminallerine göre daha karmaşık olması simülasyon yönteminin bu alanda kullanılmasını daha cazip hale getirmiştir.

Araştırmada yapılan simülasyon modeli sadece liman yönetimine karar destek aracı olarak limanın lojistik yapısını ve liman performans göstergelerini anlama, analiz etme ve değerlendirme, liman kapasitesini planlama, liman verimliliğini artırma, liman geliştirme ve limanın gelecekteki ihtiyaçlarını tahmin etme konularına yardımcı, kesikli-olay simülasyon metodunu kullanan bir karar destek modeli değil aynı zamanda terminal lojistik süreç performansını ölçen tüm terminallere uygulanabilir esnek bir simülasyon modelidir. Bu sayede liman işletmecileri, liman içi lojistik süreçler iyileştirebilmekte, yükleme/tahliye planlamaları yapabilmekte ve limanın çıktıları hakkında istatistikî veri elde edebilmektedir. Model sonucunda ekipmanların faydalı kullanımı, optimal taşıyıcı sayısı, istifleme verimliliği, operasyon zamanları, liman içi ulaştırma hizmetinin verimliliği gibi konular incelenebilmektedir.

Araştırmanın amacına yönelik hazırlanan simülasyon modelinin bir konteyner terminaline uygulanabilmesi için iki temel veriye ihtiyaç vardır,

bunlar: Terminalin proje çizimi (Autocad vb.) ve limanda kullanılan ekipman sayısı/özellikleri/kapasitesidir. Bu veriler planlanan, başka bir deyişle hali hazırda çalışmayan bir terminalin modellenmesi durumunda da gerekli verilerdir. Terminal proje çizimlerinde terminal alt yapısı, konteyner istif planı, mesafeler gibi veriler elde edilmektedir. Bunun yanında ekipmanlar ile ilgili veriler eğer mevcut bir terminal ise geçmiş verilerden elde edilmekte, planlanan bir terminal ise kabullere ve tahminlere başvurulmaktadır. Ekipman bilgisi aynı zamanda kullanılan elleçleme sistemini açıklamaktadır.

Tüm bu verileri elde etmek simülasyon yönteminin uygulanmasında en önemli aşamalardan birisi olan veri toplama sürecinin içindedir. Konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin performansını ölçmek ve simüle etmek için, liman sahasında geminin rıhtıma yanaşma-yükleme-boşaltma, her bir gemi için vinç tahsisi ve vinç dağılımı, yük istifleme sahası için vinç dağılımı, liman içi taşıyıcı özellikleri gibi limana ilişkin tüm süreçlerin ayrıntılı incelenmesi ve istatistiklerinin tutulması gerekmektedir. Bu sorunu çözebilmek adına çalışma kapsamında yeni bir veri toplama formu geliştirilerek veriler toplanmıştır. Terminaldeki süreçlerin modellenmesini kolaylaştırmak ve süreci daha iyi anlamak için iş akış şemaları oluşturulmuştur. Ayrıca modelin fonksiyonel olması amacıyla ihracat ve ithalat modelleri ayrı ayrı kurulmuştur. Elde edilen gerçek bir gemi yükleme/tahliye operasyonu verisi ile yapılan pilot model ile geçerlilik güvenilirlik testleri yapılmıştır.

Çalışmada simülasyon modeli üzerinde bir dizi deneysel çalışmalar gerçekleştirilerek, sistem üzerindeki değişikliklerin etkileri hem yükleme hem de tahliye yönlü incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde SSG elleçleme hızı ve iç taşımada kullanılan MTT sayısındaki değişikliklerin sistem performansı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalar hem tahliye hem de yükleme yönlü yapılmıştır.

Yükleme modeli sonuçları aşağıdaki gibidir:

- MTT sayısındaki artışın operasyon zamanı üzerinde bir etkisi yoktur.
- MTT sayısındaki artışın SSG verimli kullanım oranları üzerine bir etkisi yoktur.
- Atanan MTT sayısının artması, MTT'lerin sistemde bekleme süresini arttırıcı ve RTG verimliliği düşürücü bir etkiye sahiptir.
- SSG hızındaki değişimlerin SSG faydalı kullanım oranına etkisi yoktur.

Tahliye modeli bulguları ise aşağıdaki gibidir:

- SSG'nin hızlanması toplam operasyon zamanını azaltmakta, SSG ve RTG'lerin faydalı kullanım oranlarını da arttırmaktadır.
- SSG'lere optimal elleçleme hızından daha hızlı elleçleme yaptırılması durumunda SSG ve RTG faydalı kullanım oranlarıyla birlikte operasyon zamanı belirli bir noktada sabitlenmektedir.

- SSG'nin çalışma hızı arttıkça gerekli MTT ihtiyacı da artmakta bunun sonucunda da operasyon zamanı belirli bir noktaya kadar azalmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde SSG hızının en önemli sistem performans göstergesi olduğu ispatlanmıştır. Ek olarak MTT sayısının da terminal performansı üzerine ciddi etkileri görülmüştür. SSG hızının ve MTT sayısının terminal performansı üzerine etkilerinin ölçülmesi bu çalışmanın bilimsel bir katkısıdır.

Çalışma kapsamında geliştirilen simülasyon modelinin literatürdeki diğer modellerden temel farklılıkları; modelin değişik limanlara kolaylıkla uyarlanabilmesi, modelleme için yazılım maliyetini asgari seviyede olması, konteyner terminallerindeki faaliyetlerin lojistik bakış açısıyla değerlendirilmesi ve model çıktıları ile kullanılan ekipmanlar arasında değiş tokuş dengesi kurulabilmesi ile optimizasyon elde edilmesidir.

Araştırma kapsamında tanımlanan liman değişkenleri, “işletme lojistiği” içinde sadece “materyal yönetimi” fonksiyonunun en önemli unsurları olarak modele dahil edilmiştir. Bu değişkenler ise yük elleçleme, terminal içi taşıma ve depolamadır. Diğer lojistik süreçler modele dâhil edilmemiştir.

Bunun dışında araştırmanın diğer kısıtları aşağıdaki şekildedir:

- Liman sınırı dışında kalan yük ile ilgili dış dolun ve boşaltım merkezleri (fabrika-boş konteyner deposu) model kapsamı dışındadır.
- Araştırma sonucunu etkilemeyecek kadar düşük oranlara sahip olan (% 2'nin altında) CFS ve ambar operasyonları modele dâhil edilmemiştir.
- Kullanılan yazılımındaki sınırlandırmalar nedeniyle gemi geliş, rıhtımlama, gemiye yüklenen yükün planlanması ve model dâhilinde gemi planlaması gibi unsurlar modele dâhil edilememiştir. Bunun yerine geminin limana yanaştığı farz edilmiş ve modelde kaynak olarak atanan SSG vasıtasıyla sisteme konteyner girişi sağlanmıştır.
- Yine programdaki kısıtlardan dolayı yükün sahadaki depolanma süreci de RTG operasyonları ve RTG ile ilgili verimlilik göstergelerinin elde edilmesiyle sınırlandırılmıştır.
- Liman simülasyonu hakkında literatür bilgisayar kullanımının olmadığı ve daha çok el simülasyonlarının yapıldığı 1980'li yıllardan önceki dönemi kapsamamaktadır.

Yeni araştırmalar için öneriler de şu şekildedir; Dünyanın gelişmiş limanlarında yoğun olarak kullanılan simülasyon yöntemi Türkiye'de tercih edilmemektedir. Bunun en önemli nedeni ülkemizde bu konuda yetişmiş elemanın çok az olmasıdır. Liman işletmeleri özellikle endüstri mühendisliği bölümlerinden istihdam edecekleri mezunlarla bu konu üzerine eğilmelidir. Uzun dönemli bir öneri olarak ilgili eğitim kurumlarının, özellikle liman

operasyon kapsamında verilen dersleri temel simülasyon bilgisi ile desteklemesi ve simülasyon uygulamaları ile bu dersleri zenginleştirmesi gerekmektedir.

Araştırmada örnek olarak alınan limanda CFS ve Ambar operasyonları taşeron işletmeler tarafından yapılmaktadır. Toplam konteyner hareketi içinde CFS'de işlem gören konteynerin sayısı %'de 2'nin altındadır. Bu nedenle modelde CFS operasyonları kapsam dışı bırakılmıştır, ileriki çalışmalarda CFS operasyonları da modele dâhil edilebilir.

Model genel amaçlı bir simülasyon yazılımı ile hazırlanmıştır. Bunun yerine müstakil olarak sadece bahsedilen amaca yönelik bir program geliştirilebilir. Böyle bir çalışma “kısıtlara bağlı kalmama” özgürlüğü verecektir.

KAYNAKÇA

Abernathy, B. (2005) *A Four Phase Process for Transforming Organizations from Closed Bureaucratic Systems to Open Network Behavior Systems*. Aubrey Daniels International.

Agerschou, H. (1985). *Planning, Design of Ports and Marine Terminals*. John Wiley and Sons Ltd: London.

Ainsworth, S.A. (1992) *The impact of information technology on warehouse operations*. Cardiff University, Cardiff.

Akdoğan, Refik. (1988). *Deniz Ticareti*. Zihni Yayınları: İstanbul.

Alderton, Patrick M. (1999). *Port Management and Operation*. LLP: London.

Alderton, Patrick M. (1995). *Sea Transportation: Operation and Economics*. Fourth Edition. Thomas Reed Publications: London.

Alessandri, A., Carveller, C., Cuneo, M., Gaggero, M. Ve Soncin, G. (2009) Management of logistics operations in intermodal terminals by using dynamic modelling and nonlinear programming. *Maritime Economics and Logistics*. Vol: 11, No: 1., S:58-76.

Alptekin, Esin (1988) *Yöneylem Arastirmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri*. Gazi Üniversitesi Yayın No:126, Ankara.

Altınçubuk, Fikret. (2000). *Liman İdare ve İletmesi*. Deniz Ticaret Odası Yayınları: İstanbul.

Akal, Zühal (2003) *Performans Kavramı ve Performans Yönetimi*. Milli Prodüktivite Merkezi: Ankara.

Aktan, Coşkun Can (2005) *Değişim Çağında Yönetim*. 2.bs, Sistem Yayıncılık: İstanbul

Analytiqa (2007), "Portcentric logistics – the supply chain of the future", www.analytiqa.com (12 Mayıs 2009).

Anderson, Christopher M., Park, Yong-An, Chang, Young-Tae, Chang-Ho Yang, Tae-Woo Lee ve Luo, Meifeng. (2008) A game-theoretic analysis of competition among container port hubs: the case of Busan and Shanghai. *Maritime Policy & Management*, vol. 35, no. 1, 5–26.

- Arduino, G. ve Murillo, D.G.C. (2009) Economics of scale in mega containership at a port authority level. *World Conference on Research Society-Special Interest Group 2: Maritime Transport and Ports (WCTRS-SIG2)*. 7-8 Mayıs, Antwerp, Belçika.
- Asperen, E. V., Dekker, R., Ploman, M., Arons, S., Modeling Ship Arrivals in Ports. *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 2003: 1737- 1744.
- Aşıcı, Ömer Zeki. ve Tek, Ömer Baybars. (1985). *Fiziksel Dağıtım Yönetimi*. Bilgehan basımevi: İzmir.
- Ayhan, Necati. (2005) *Kıyı-Liman Planlama ve Tasarımı*. Arıkan Yayınları: İstanbul.
- Backx, J.P. (1929): “*De Haven van Rotterdam*, Rotterdam University. Unpublished thesis, Rotterdam.
- Ballou, Ronald H. (1999). *Business Logistic Management*. Third Edition. Prentice Hall, Inc: New Jersey.
- Barber, Elizabeth. (2001). *Strategic Transport Corridors In Indochina*. World Conference on Transport Research, 2001 (WCTR): Seul.
- Bayar, E. (2007) *Kamu Kesiminde Performans Ölçümü*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi: İstanbul
- Bendall, H. ve Stent, A. (1987) On Measuring Cargo Handling Productivity. *Maritime Policy & Management*, 14(4), 337–343.
- Bennacchio, M., Cariou, P. ve Haralambides, H. (2001) Dedicated Container Terminals: Costs and Benefits from a port perspective. *9th World Conference on Transport Research*, Seoul, July 2001.
- Bensghir, Türksel, K. (1996). *Bilgi Teknolojileri ve Örgütsel Değişim*. TODİE Yayın No: 274. Takav Matbaası: Ankara.
- Beresford, A.K., Naniopoulos, A. ve Wooldridge, C.F. (2004) The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? *Maritime Policy & Management*. April-June, Vol. 31, No.2, 93-107.
- Bichou K. ve Gray R. (2004) A Logistics And Supply Chain Management Approach To Port Performance Measurement. *Maritime Policy & Management*, January–March 2004, Vol. 31, No. 1, 47–67

Bichou, K. ve Bell, M.G. (2007) Internationalisation and consolidation of the Container port industry: assessment of channel structure and relationships. *Maritime Economics and Logistics*. Vol. 9, s: 35-51.

Blauwens, G. ve P. De Baere, E. V. de Voorde. (2002). *Transport Economics*, Third edition, Duculot.

Blumel, E., (1997) *Managing and Controlling Growing Harbour Terminals: Application of Modern Concepts in the Automated Information Management in Harbors by Using Advanced IT-Solutions*, SCSEuropean Publishing House, 1997.

Blumel, E., ve Novitsky, L., *Simulation and Information System Design: Applications in Latvian Ports*. JUMI Ltd., 2000

Borovits, L. ve Ein-Dor, P. (1990) Computer Simulation of A Seaport Container Terminal. *Simulation Today*, ss. 141-4.

Bowersox, D.J. ve D.J. Closs, (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill.

Branch, Alan E. (1988). *Economics of Shipping Practice and Management*. Second Edition. Chapman and Hall, Ltd: London.

Branch, Alan E. (1986). *Elements of Port Operation and Management*. Chapman and Hall, Ltd: London.

Bronzi, M.S. ve Stammer, R., Mathematical Model of Inland Waterway Port Operations. *Transportation Research Record*, 880 (1980): 16-21.

Brooks, Mary R., ve Pallis, Athanasios A. (2008) Assessing port governance models: process and performance components. *Maritime Policy & Management*, Vol. 35, NO. 4, 411-432.

Bruzzone A., ve Singonle, K., (1998) Simulation and Genetic Algorithms for Ship Planning and Shipyard Layout. *Simulation*, 71(2) (1998):74-83.

Bruzzone A., Mosca, R., Orsoni, A. ve Revetria, R., Ai-Based Optimization for Fleet Management in Maritime Logistics. *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 2002: 1174-1182.

Bruzzone, A., Giribone, R., Revetria, R. (1999) Perative Requirements and Advances for New Generation Simulation in Multimodal Container Terminals." *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 1999: 1243-1252.

Caiden, Naomi. (1997) *Public Service Professionalism for Performance Measurement and Evaluation*. Regional Conference on the Public Service in Transition: Enhancing its Role, Professionalism, Ethical Standards and Values, Greece, November 17-20, s. 1-16.

Carbone, V. ve De Martino, M. (2003) The changing role of ports in supply chain management: an empirical Analysis. *Maritime Policy & Management*, Volum 30 (4), 7305-320.

Carnal, C.A. (2003) *Managing Change in Organization*. 4th Edition. *Perason Education*: UK.

Casaca, A.P. (2005) Simulation and the Lean Port Environment. *Maritime Economics & Logistics*, 2005, 7, (262–280)

Cerit A.G. ve N. Güler (1998) *Denizcilik Sektörü ve Pazar Yönlü Stratejik Planlama, Çağdaş Denizcilik Stratejileri* (eds. A.G.Cerit, H.Kişi, H.F. Yercan, A.Ö. Dedeoğlu), İzmir, Dokuz Eylül Yayınları.

Chang, Y.T., Tongzon, J., Luo, M. ve Lee, P. (2008) Estimation of Optimal Handling Capacity of a Container Port: An Economic Approach. *LAME 2008: Dalian*.

Charlier, J. (1994): *Sur le Concept de Tonnages Ponderes en Economie Portuaire*. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 29: 75-84.

Chin, A., Tongzon, J. (1998) *Maintaining Singapore As A Major Shipping And Air Transport Hub*. In: *Tob, T.* (Ed.) *Competitiveness of the Singapore Economy*. Singapore University Press, Singapore, Pp. 83±114.

Chinbat, U. (2009) Using Simulation for Reducing Risk of a Mining Optimization Project. *International Journal of Simulation Model*. 8 (2009) 3, s:166-177.

Chlomodis, C,I., ve Pallis, A. A. (2002) *European Union Port Policy*. Edward Elgar. Cheltenham,UK.

Christopher, M. (1992) *Logistics and Supply Chain Management*, 1st edition. Financial Times/Pitman, London.

Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management, Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, Second Edition, Pearson Education. Frazelle, Edward H., 2002, *Supply Chain Strategy*, McGraw-Hill

Christopher, M., Peck, H. ve Towill, D. (2006) A taxonomy for selecting global supply chain strategies. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 17 No. 2, pp. 277-87.

Chopra, S. ve P.Meindl. (2007) *Supply Chain Management, Strategy, Planning, and Operation*, 3rd edition, Pearson Prentice Hall, 130

Churchman, C. W. (1975). *The System Approaches*. Rev. Ed. New York:Delacorte.

Collier, P.I. (1980) Simulation as an Aid to the Study of Port as a System, Ship Operation Automation 111.” *Proceedings of the Third IFIP/IFA C Symposium*, Netherlands, 1980: 51-56.

Containerisational International Year Book (2008) *National Magazine Co. Ltd*: London.

Sayre, C.M (1986) *Improving Productivity in U.S. Marine Container Terminals*. *Committee on Productivity of Marine Terminals Marine Boards*. National Academy Pres. Wasgington, D.C.

Comtois, C. ve Slack, B. (2005) Sustainable Development and Corporate Strategies of the Maritime Industry. *International Workshop on New Generation Port Cities and their Role in Global Supply Chains*, Hong Kong, December 12-14.

Cuilian, L., Lin, Y., Xiaolan, L. ve Jian, W. (2008) Study On The Scheduling Problem Of Ship Operations Based On The Multi-Objective Function. IAME, 2008, Dalian: Çin.

Culliane, K., Song, D., Ji, P., ve Wang, T. (2004) Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of Dea and Sfa Approaches. *WCTR2004*, Istanbul.

Cullinane, K., Song, D.W. ve Gray, R. (2002) A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: assessing the influence of administrative and ownership structures. *Transportation Research A*, 36, 743–762.

Cullinane, Kevin ve Khanna, Mahim. (2000) Economies of scale in large containerships: optimal size and geographical implication. *Journal of Transport Geography* vol. 8, s: 181-195.

Cullinane, K. ve Song, D. (2002), “Port privatisation policy and practice”, *Transport Reviews*, Vol. 22 Issue 1, s:55-75.

- Cushing, CR. (1999) *Containerization: the next thirty years*. Halifax Port Days, September.
- Dagget, L.L. (1995) Maritime Simulation Capabilities for Channel Design. *Ports'95*, 1. S: 617-628.
- De Langen, P.,W. (2001) A framework for analysing seaport clusters. *WCTR 2001*, Seoul.
- De Langen, P.W. (2001). The performance of seaport clusters. *World Conference on Transport Research, 2001 (WCTR)*: Seul.
- De Langen, P. (2002), Clustering and performance: the case of maritime clustering in The Netherlands. *Maritime Policy & Management*, Vol. 29 (3),s. 209-21.
- De Monie, G. (1987) *Measuring and Evaluating Port Performance And Productivity*. Unctad Monographs On Port Management No. 6 On Port Management (Geneva, Unctad).
- De Souza, De, G. A., Beresford, A. K. C ve Pettit, S. J. (2003) Liner shipping companies and terminal operators: internationalization or globalization? *Maritime Economics & Logistics*, 5, 393–412.
- Deniz Ticaret Odası. (2002). *Deniz Sektörü Raporu 2001*. Yayın No: DTO Yayınları: İstanbul.
- Dowd Thomas J. Ve Leschine M. (1996) Container Terminal Productivity: A Perspective.
- Dragovic, Branislav, Park, Nam Kyu, Meštrovic, Romeo ve Mihaljevic, Nikola. (2009) “Container terminals modeling: New approaches to investigation” *LAME 2009*.
- Dragovic, B., Park, N.K. ve Radmilovic, Z. (2008) *Container port capacity performance –Case study: major european and asian ports*. *LAME*, 2008, Dalian, Çin.
- Dragovic, Branislav, Nam Kyu Park, Radmilovic, Zoran ve Vladislav Maraš. (2005). Simulation Modelling of Ship-Berth Link With Priority Service. *Maritime Economics & Logistics*, 2005, 7, (316–335).
- Dragovic, Branislav, Nam Kyu Park, Vladislav Maraš. (2005a) Simulation Modeling Of Ship-Berth Link In Container Port. *LAME 2005*, Cyprus.

Dragovic, B. M., Zrnic, D. N. ve Radmilovic, Z. R. (2006) *Ports&Container Terinals Modellings*. Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade: Belgrad.

Ducruet, C. (2005): Approche Comparee du Developpement des Villes-Ports a l'Echelle Mondiale. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 48: 59-79.

Ducruet, C., Dumay, B ve Langen, P.W. (2007) "Average wage level as a new port performance indicator: a method and illustration of U.S. port counties". *LAME*, 2007.

Ducruet, C. (2007): A Mategeography of Port-city Relationships in Wang, J.J., Olivier, D., Notteboom, T. ve Slack, B. (eds) *Inserting Port Cities in Global Supply Chains*, Ashgate (forthcoming).

Ducruet, C. and Lee, W. (2006): Frontline Soldiers of Globalization: Port-city Evolution and Regional Competition. *Geojournal*, 67(2): 107-122.

Ducruet, C. ve Lee, S.W. (2007) Measuring intermodalism at European Port Cities: An Employment-based Approach. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.

Esa, S.M., (1984) Development of Simulation Model for the Port of Thunder Bay, Canada. *Journal of Civil Engineering*, 13 (1986): 59-65.

Erşil, M. (2007) Apc (Amerikan Verimlilik Merkezi) Çok Faktörlü Verimlilik Ölçme Modeli ve Bir Uygulama. *Ege Akademik Bakış* 7(2) 2007: 527-542 .

Esmer S., Yıldız G., Tuna O., (2008a) Konteyner terminallerinde gemi-rihtım bağlantısının benzetim yöntemi ile modellenmesi. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XXVII. Ulusal Kongresi*, İzmir.

Esmer, Soner., Yıldız, Gökalp., ve Tuna Okan. (2008b) Modelling ship berthing at Izmir port container terminal through simulation method. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.

Esmer, S. ve Tuna, O. (2007) Liman İşletmeciliğinde Bir Karar Desetk Sistemi Olarak Simülasyon Yönteminin Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* Cilt 9, Sayı: 4.

Estache, A. ve Rossi, A. M. (1999) *Comparing the Performance of Public and Private Water Companies in Asia and Pacific Region What a Stochastic Costs Frontier Shows*. World Bank.

- Falkner, J. (2006) A better place to do logistics? *Logistics Manager*, May. Vol. 22 No. 1.
- Fourgeaud, Patrick. (2000) *Measuring Port Performance*. The World Bank Pf/Twutd 08/11/2000.
- Francisco, L., Vierra, M. ve Mora-Camino, F., (1984) Port Operations: Some New Considerations for Modelling and Simulation. *Modelling, Simulation Control*, 1(2) (1984): 29-38.
- Frankel, Ernst. G. (1987). *Port Planning and Development*. John Wiley&Sons: New York.
- Franzese, G., Botter, R., Starks, D., Cano, A., (2004) Simulating the Panama Canal: Present and Future. *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 2004: 1835-1838.
- Gambardella, L.M, Rizzoli, A.E. Ve Zaffalon, M. (1998), Simulation And Planning Of An Intermodal Container Terminal. *Simulation*, Yol. 71 No. 2, Pp. 107-116.
- Gambardella, L.M., Rizzoli, A. E. ve Zaffalon, M., (1998) Simulation and Planning of an International Container Terminal. *Simulation*, 71(2) 107- 116.
- Geert, F.T. Ve Ianssens, G.K. (1998), A Port Simulation Model As A Permanent Decision Instrument. *Simulation*, Vol. 71 No. 2, Pp. 117-25.
- Gençoğlu, Efe Nejat (1999) *Karton Ve Oluklu Mukavva Ambalaj Üretiminde Optimizasyon*. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi: İstanbul.
- Geylan, F. (2007) *Kurumsal Performans Analizi ve Bir Uygulama*. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler, Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi: İstanbul
- Gharajedaghi, J. (1999). *Systems Thinking*. Woburn, MA: Butterworth-Heinemann.
- Gibson, R., Carpenter, C., ve Seeburger, P., A Flexible Port Traffic Planning Model. *Proceeding of Winter Simulation Conference*, 1992: 1296- 1306.
- Gilman, S. (2000) An Evolutionary Approach to Large Container Ships. *The World of Cargo Handling -Annual Review 2000*, International Cargo Handling Association, Rumford, Essex, United Kingdom, s. 41-44.

Gilmour, Peter. (1999). Benchmarking supply chain operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 5 No. 4, 1999, pp. 259-266,

Gökırmak, U. (2006) *Endüstri işletmelerinde maliyet optimizasyonu ve Performans yükseltimi*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi: İstanbul

Gray, R. ve G. Kim (2001). *Logistics and International Shipping*. Institute of International Maritime Affairs, Korea Maritime University.

Gripaios, R. (1999) *Ports and Their Influence on Local Economies: A UK Perspective*. The Dock and Harbour Authority, 79: 235-241.

Gripaios, P. and Gripaios, R. (1995) The Impact of a Port on Its Local Economy: the Case of Plymouth. *Maritime Policy and Management*, 22(1): 13-23.

Gordon, R. and McCann, P. (2000): Industrial Clusters: Complexes, Agglomeration and/or Social Networks?. *Urban Studies*, 37: 513-532.

Günther, H ve Kim, K. (2006). Container terminals and terminal operations. *OR Spectrum*, 28 (4), 437-445.

Güler, Işıkhhan. (1996). *A Computer Simulation Model for Port Planning*. ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, yayınlanmamış doktora tezi.

Haezendonck, E. (2001) *Essays on Strategy Analysis for Seaports*. Garant, Leuven Apeldoorn.

Hassan, S. (1993) Port Activity Simulation: An Overview. *Simulation Digest*, Pp. 17-36.

Hassan, S. A., Saber, M. M, and Ragheb, M. A., *Port Simulation Report: Initial Study*. Maritime Research and Consultation Center, Arab Academy for Science and Technology, Alexandria, Egypt 1993.

Hayuth, Y. (1996) *Container Traffic in Ocean Shipping policy*. Bekemans, W. L. ve Bekwith S. (editörler), Ports for Europe: Europe's Maritime Future in a Changing Environment, Brussels: European Interuniversity Press.

Heaver, T. D., Meersman, H. ve Van de Voorde, E. (2001) Co-operation and Competition in International Container Transport Strategies for Ports. *Maritime Policy & Management*, 28 (3), 293-306.

- Heaver, T.D. (1995) The implications of increased competition among ports for port policy. *Maritime Policy & Management*, 22(2), 125-133.
- Herfort, R., Lagoudis, I. N. ve Laiwani, C. S. (2001) Port selection for integration in logistics supply chains in Europe: a case study of automobile transport through ports. *Logistics Research Network*, 6th Annual Conference.
- Huang, Wen-Chih, Kuo, Tu-Cheng ve Wu, Sheng-Chieh. (2007) A comparison of analytical methods and Simulation for container terminal planning. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 24, No. 3, pp. 200-209 .
- Hutchins, J.L., Aicap, P.E. and Akalin, M.T. (1995) Use of Simulation Models at Container and Bulk Liquid Terminal Facilities. *Ports Conference*, 1995: 665-676.
- Ircha, M. C. (2001) Serving Tomorrow's Mega-Size Containerships: The Canadian Solution. *International Journal of Maritime Economics*, Vol. 3, s: 318-332.
- JICA (1998) *Container Terminal Planning. Port and Harbour Engineering II*, Training Course: Japan.
- İçöz, Y.(2004) *Verimlilik*. T.E.A.E. Bakış, Tarımsal Ekonomik Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 5.
- Johnson, James C., Wood, Donald F., Wardlow, Daniel L. ve Murphy, Paul R. (1998). *Contemporary Logistics. Seventh Edition*. Prentice Hall, Inc: New Jersey.
- Joly, O. (1999): La Structuration des Réseaux de Circulation Maritime. *Unpublished PhD dissertation in Territorial Management*, Le Havre University.
- Juhel, M. H. (1999) Global challenges for ports and terminal in the new era. *Ports and Harbors*, March, 17–27.
- Kaynak, M. (2003). *Ulaştırımda Yeni Eğilimler ve Türkiye'nin Bölgesel Lojistik Güç Olma Potansiyeli*, Tika Yayınları "Avrasya Etüdüleri" 24 İlkbahar Yaz 2003 Dergisinden Alınmıştır .
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P. ve Sadowski, D.A. (2003) *Simulation with arena*. McGrawHill:Boston.
- Kendal, K.E. ve Kendal J.E. (2005) *System Analysis and Design*. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall: New Jersey.

Kia, M., Shayan, E., and Ghotb, F., (2002) Investigation of Port Capacity under a New Approach by Computer Simulation. *Computers and Industrial Engineering*, 42 (4) : 533-540.

Kim K.H., Lee, K.M. Hwang, H. (2003) Sequencing Delivery and Receiving Operations for Yard Cranes in Port Container Terminals. *International Journal of Production Economics*, 84 283-292.

Kim, Gyeong S. (2001). Analysis of Competitiveness for the Logistics of Port Cities in Northeast Asia. *World Conference on Transport Research*, 2001 (WCTR): Seul.

Kirmanoglu, H. ve Çak, M. (2000) Kamu Kesiminde Performans Ölçümü. *XV. Maliye Sempozyumu* , Antalya, 15-17 Mayıs, s.1-23.

Kişi, Hakkı. (1992). *Türkiye’de Deniz Ulaştırıcılığında Başlıca Kara, Tesis, Kurum ve Kuruluşların Rolü*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Kişi, Hakkı., Zorba Yusuf ve Kalkan Mustafa. (1999). *Assessment of Port Performance: Application on Port of İzmir Strategic Approaches for Maritime Industries in Poland and Turkey*, Eds: Mustafa Ergün, Janusz Zurek. Dokuz Eylül Publications: İzmir.

Kleijnen, J.P.C. (1995) Sensitivity Analysis and Optimization in Simulation: Design of Experiments and Case Studies. *Proceedings of Winter Simulation Conference, 1995*: 133-140.

Koh, P.H., Ng, H.S., Goh, J.K. and Ng, H.C. (1994a) Using Simulation to Preview Plans of Container Port Operations. *Proceedings of Winter Simulation Conference, 1994*: 1109-1115.

Koh, P.H., Tan, S.L., Goh, L.K. and Ng, K.L. (1994b) A Decision Support System for Container Port Operations. *New Directions in Simulation for Manufacturing and Communications Conference, 1994*: 451-457.

Koh, Peng-Hong, Goh, Jimmy L.K., Ng, Hak-Soon ve Ng, Hwei-Chiat. (1994) Using Simulation To Preview Plans Of A Container Port Operations. *Proceedings of The 1994 Winter Simulation, Conference*. J. D. Tew, S. Manivannan, D. A. Sadowski, and A. F. Seila

Kulick B.C., ve Sawyer, J.T. (1999) A flexible Interface and Architecture for Container and Intermodal Freight Simulations. *Proceedings of Winter Simulation Conference, 1238-1242*.

Lambert D. M., J. R. Stock, L. M. Ellram, (1998) *Fundamentals of Logistics Management*, McGraw-Hill International Editions.

Langen, P.W. de (2004) *The Performance of Seaport Clusters: A Framework to Analyze Cluster Performance and An Application to the Seaport Clusters of Durban, Rotterdam and the Lower Mississippi*. TRAIL Thesis Series, Delft.

Langley Jr., C. John. (1986). *The Evolution of Logistics Concept*. Journal of Business Logistics, September.

Law, A.,M. ve Kelton, W., D. (1982) *Simulation Modelling Analysis*. Mc. Graw Hill.

Lee, E.S. ve Song, D.W. (2008) Knowledge Acquisition on Port Competition Global Logistics and Supply Chain. *LAME, 2008*, Dalian, Çin.

Lee, Tae-Woo., Park., Nam-Kyu. ve Lee, Dong-Won. (2003) A Simulation Study for the Logistics Planning of a Container Terminal in View of SCM. *Maritime Policy & Management*. 30 (3) 2003, 243-254

Legato, P., Canonaco, P. Ve Maza, R.M. (2009) Yard crane management by simulation and optimization. *Maritime Policy & Management*. Vol: 11, No: 1.

Legato, P., ve Mazza, R., M., (2001) Berth planning and resources optimization at a container terminal via discrete event simulation. *European Journal of Operational Research*, 133, 537-547.

Lejk, M., ve Deeks, D. (2002) *Systems Analysis Techniques*. Second Edition. Addison Wesley.

Licker, Paul. S. (1987) *Fundamentals of Systems Analysis with Application Design*. Boyd Fraser Publishing Company: Boston.

Logistics Consulting Group. (1997). *Logistics Index*, Estonia Ministry of Economy, Tallinn

Ma, Nang Laik ve Hadjiconstantinou, Eleni (2008) Evaluation of yard operational plans using Discrete-Event Simulation. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.

Macknight, A., Mackay, P., (1986) Simulation Models and Port Planning. *First Australasian Port, Harbour Offshore Engineering Conference*, 1986.

- Mahmath, M.Vahit. (2000). *3D Lojistik*. Ağustos – Eylül, Maya Basım, İstanbul.
- Mangan, J., Lalwani, C. ve Fynes, B. (2008) Port centric logistics. *The international journal of logistics management*. Vol:19. No: 1. Sayfa: 29-41.
- Marlow, PB ve Paixaõ, AC. (2004) Measuring lean ports' performance. *International Journal of Transport Management* 1: 189–202.
- Martino, Marcella De., ve Alfonso Morvillo. (2008) Activities, resources and inter-organizational relationships: key factors in port competitiveness. *Maritime Policy & Management*, Vol. 35, NO. 6, 571–589.
- McCallum, L. (1986) Port Design and Ship Operational Studies Using Microcomputer Based Simulation Aids. *The Dock and Harbour Authority*, 1986: 34- 36.
- McConville, James. (1999). *Economics of Maritime Transport: Theory and Practice*. Witherby & Co. Ltd: London.
- McLellan, R.G. (1997) Bigger Vessels; How big is too big? *Maritime Policy & Management*. Vol. 24, No.2, s: 193-211.
- McCali, D.C. (1989) Discrete Event Simulation of Oil Terminal and Port Activity. *Society for Computer Simulation International*, 1989: 40-45.
- Meersman, H. ve Van de Voorde, E. (1997) *Transforming the Port Industry*, Leuven: Amersfoort.
- Mentzer, J.T., Konrad, B.P., 1991. An Efficiency/Effectiveness Approach To Logistics Performance Analysis. *Journal of Business Logistics* 12 (1), 33–62.
- Merkuryev, Y., Tolujew, I., Blumel, B., Novitsky, L. and Ginters, E. (1998) A Modeling And Simulation Methodology For Managing The Riga Harbour Container Terminal. *Simulation*, Vol. 71 No. 2, Pp. 84-95.
- Monaco, M.F., Moccia, L. ve Sammara, M. (2009) Operations research for the management a transshipment container terminal: The Gioia Tauro case. *Maritime Economics and Logistics*. Vol: 11, No: 1., S:7-35.
- Mosca, R., Giribone, P. ve Bruzzone, A.G., (1994) Graphic, Analog and Statistical Verification of Computer Simulation of Port Operations. *Proceedings of the Conference on High Performance Computing*, 1994: 363-369.

- MRCC (1993) *Designing an Information System to Calculate the Performance Indicators in Egyptian Ports*. Maritime Research and Consultation Center, AAST.
- Musso, E., & Benacchio, M., & Ferrari, C., & Haralambides, H.E. (2001). On the Economic Impact of Ports: Local vs. National Costs and Benefits. *World Conference on Transport Research, 2001 (WCTR)*: Seoul.
- Musso, E., Benacchio, M. ve Ferrari, C. (2000): Ports and Employment in Port Cities. *International Journal of Maritime Economics*, 2(4): 283-312.
- Nam, K., C., ve Ha, W., I., (2001) Evaluation of handling systems for container terminals. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE 127(3), 171-175.
- Nam, K.C., Kwak, K.S. ve Yu, M.S. (2002) Simulation Study of Container Terminal Performance. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 128 (3): 126-132.
- Nevins, M.R. (1998) A discrete-Event Simulation Model for Seaport Operations. *Simulation*, 70 (4) 213-223.
- Nevins, M.R., Macal C.M. ve Joins J. (1995) PORTSIM: An Object-Oriented Port Simulation. *Proceedings of the SCSC'95, 1995*: 160-165.
- Nevins, M.R., Macal, C.M, Love, R.J. and Bragen, M.J. (1986) Simulation, Animation and Visualization of Seaport Operation. *Simulation*, 72 (2) (1998): 96-106.
- Nijdam, M.H. ve Van der Lugt, L.M. (2005) The Changing Role of Ports as Locations for Logistics Activities, SUTRANET WP3. *Positioning Paper for Case Studies on Logistics*, Erasmus University Rotterdam.
- Noh, Y.D. ve Park, C.S. (1987) An Interactive Port Capacity Expansion Simulation Model. *Engineering Cost and Production Economics*, 11 109-124.
- Noritake M. ve Kimura S. (1990) Optimum Allocation and Size of Seaports. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 116 (2) 287-299.
- Noritake, M. ve Kimura, S. (1983) Optimum Number and Capacity of Seaport Berths. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 109 (3) 323-339.
- Notteboom, T.E ve Winkelmans, W. (2001) Structural Changes in the Logistics: how will port authorities face the challenge. *Maritime Policy & Management*, Volum 28 (1), 71-89.

- Oral, E.Z., Deveci, D.A. ve Çetin İ. B. (2005) Konteyner Limanlarındaki Gelişme ve Değişmeleri Etkileyen Faktörler. 5. *Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2.Cilt, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ed. Ahmet Cevdet Yalçın, Kardelen Ofset, Bodrum, 5-7 Mayıs 2005, ss: 137-155.
- Pachakis, D., ve Kiremidjian, A., S. (2003) Ship traffic modeling methodology for ports. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE 129(5), 193-202.
- Paixao, A.C., ve Marlow, P.B. (2003) Fourth Generation Ports – a question of agility? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 33 No. 4. S: 335-376.
- Panayides, P.M. (2008) Measuring Seaport Economic Efficiency: A Comparative Dea Study. *LAME, 2008*, Dalian, Çin.
- Park, C.S. ve Chiu, C., (1989) The Graphic Simulator for Port Planning. *Coastal Zone*. 1989:4498-4507.
- Park, R., ve De P. (2004) An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports. *Maritime Economics and Logistics*, 2004, 6, (53–69)
- Peters, H.J. (1989) *Seatrade Logistics and Transport.*, World Bank Policy Research Series, No 6, Washington DC: World Bank.
- Poiyamozhi, B. ve Somasundaram, M.V. (1984) Queue Model for Oil Berth of Madras Port . *IE (1) Journal-CI*, 64 (May 1984): 377-382.
- Pritsker Corporation, (1997) *AweSim Total Simulation Project Support User 's Guide*. Prentice Hall, 1997.
- Psaraftis, H. (2005) EU Ports Policy: Where Do We Go From Here? *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 7 No. 1, s. 73-82.
- Rai, A., Bajwa, D.S. (1997) An Emprical Investigation into Factors Relating to the Adoption of Executive Information Systems: An Analysis of EIS for Collaboration and Decision Support. *Decision Sciences*, Vol.28, No.4.
- Ramani, K. V. (1996) An Interactive Simulation Model for the Logistic Planning of Container Operations in Seaports. *Simulation* 66 (5) 29 1-300.
- Rardin, L., R. (1998) Optimization in Operations Research. *Prentice Hall*.

Rayan, N.K., (1998) The Future of Maritime Facility Design and Operations. *Proceedings of Winter Simulation Conference 1998*: 1223-1227.

Review of Maritime Transport (2008) UNCTAD.

Roach, P.A. ve Wilson, L.D. (1999) Principle of Combinatory Optimization Applied to Container Ship Stowage Planning. *Journal of Heuristics*, 5. S:403-418.

Robinson, R. (2002) Ports as elements in value-driven chain systems: The new paradigm. *Maritime Policy & Management* 29: 241–255.

Robinson, R. (2003) Port authorities: Defining functionality within a value-driven chain paradigm. *Proceedings of International Association of Maritime Economists Annual Conference*, Busan, September, pp. 654–674.

Robinson, R. (2005) Capturing value in port-oriented landside logistics pathways: Critical issues for an effective policy framework. *Proceedings of International Association of Maritime Economists Annual Conference*, Limassol, 22–25 June.

Rodrigue, J. ve Hesse, M.T. ve Capineri, C. (Eds) (2007) *Globalized Freight Transport*. Edward Elgar, London.

Roh, H. S., Lalwani, C.S. ve Naim, M.M. (2007) Modelling a port logistics using the structured analysis and design technique. *International Journals of Logistics: Research and Applications*. Vol.10, No.3. s: 283-302.

Rozenblat, C. (2004) *Les Villes Portuaires en Europe: Analyse Comparative*. Research Report, Maison de la Géographie, Montpellier.

Sanchez, R., Hoffmann, J., Micco, A., Pizzolitto, G., Sgut, M. ve Wilmsweier, G. (2003) Port efficiency and international trade: port efficiency as a determinant of maritime transport costs. *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 5, pp. 199-218.

Sauter, Vicki L. (1997) *Decision Support Systems: An Applied Managerial Approach*, John Wiley & Sons, America.

Schürmann, C. & Spiekermann K. & Wegener, M. (2001). Regional Economic Impacts of Trans-European Transport Networks. *World Conference on Transport Research, 2001 (WCTR)*: Seoul.

- Sgouridis, S.P. ve Angelides, D.C. (2002) **Simulation Based Analysis of Handling Inbound Containers in a Terminal.** *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.*
- Shabayek, A.A. ve Yeung, W.W. (2002) A Simulation Model for the Kwai Chung Container Terminal: Case Study. *European Journal of Operational Research*, 1(140) (2002): 1-11.
- Shapiro, R., D. (1984) Optimization Models For Planning And Allocation: Text and cases in Mathematical Programming. *John Wileys & Sons*: New York.
- Sheikh, A.R., Paul, R.J., Harding, A.S. ve Balmer, D.W. (1987) A MicrocomputerBased Simulation Study of A Port. *Operational Research Society*, 38 (8) 673-681.
- Sheila J.Costello. (1994) *Effective Performance Management.* New York: McGraw-Hill.
- Silberholz, M.B., Golden, B.L. ve Baker, E.K. (1991) Using Simulation to Study the Impact of Work Rules on Productivity at Marine Container Terminals. *Computers and Operations Research*, 18 (5) 433- 452.
- Simon, H. (1977). *The New Science of Management Decision.* Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall.
- Slack, B., Comtois, C. ve Sletmo, G. (1996) Shipping lines as agents of change in the port industry. *Maritime Policy & Management*, 23 (3), 289-300.
- Slack, B. (2005) *The Terminalisation of Ports: An Academic Question*, International Workshop on New Generation Port Cities and their Role in Global Supply Chains, Hong Kong, December 12-14.
- Soman, C. ve Raghuram, G. (2008) Simulation modelling and analysis of jetty operations: a case study. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.
- Song, D. W., Panayides, P.M. (2008) Global supply chain and port/terminal: integration and competitiveness. *Maritime Policy & Management.*, Vol. 35, no. 1, 73–87.
- Stainer, Alan. (1997) A productivity and performance perspective. *Supply Chain Management* . Volume 2 · Number 2 · s. 53–62.

Suiçmez, H.(2007) *Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Verimlilik Artış Performansı İşğında Nasıl bir Kalkınma Politikası Benimsenmeli*. İşveren Dergisi, Ocak 2007.

Suykens, F., ve Van de Voorde, E. (1988) A quarter of century of port management in Europe: Objectives and tools. *Maritime Policy & Management*, 25 (3), 251-262.

Stock, J.R. ve D. M. Lambert (2001) *Strategic Logistics Management*, 4. Baskı, 2001, McGraw-Hill Higher Education.

Svensso, Goran (2002). Supply chain management: the re-integration of marketing issues in logistics theory and practice. *European Business Review Volume 14 . Number 6 . 2002 . pp. 426±436*

Şen, E. (2006) *Kobilerin Uluslar Arası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi*, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Gözden Geçirilmiş, 2. Baskı.

Tabernacle, J. B. (1995), A Study Of The Changes In Performance Of Quayside Container Cranes, *Maritime Policy & Management*, Vol. 22, No. 2, 115-124.

Tahar, R. M. ve Hussain, K., (2000) “Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations.” *Logistic Information Management*, 13 (1) 2000: 14-20.

Tahar, R. M. ve Hussain, K., (2000) Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations. *Logistic Information Management*, 13 (1) 2000: 14-20.

Talley, W. K., (1998) Optimum Throughput and Performance Evaluation Of Marine Terminals. *Maritime Policy & Management*, Vol. 15, No. 4, 327-331.

Teilet, B. (1996) *Intermodal traffic in International Seatrade* Bekemans, W. L. ve Bekwith S. (editörler), Ports for Europe: Europe’s Maritime Future in a Changing Environment, Brussels: European Interuniversity Press.

Tek, Ömer Baybars (1997). *Pazarlama İlkeleri Global Yönetimsel Yaklaşım Türkiye Uygulamaları*. Yedinci Baskı. Cem Ofset Matbaacılık Snayi A.Ş: İstanbul.

Tek, Ömer Baybars. (1990). *Pazarlama, İlkeler ve Uygulamalar*. Mopak: İzmir.

Tekin, M., Güleş, H., Burgess, T. (2000). *Değişen Dünyada Teknoloji Yönetimi*. Damla Ofset: Konya.

- Teurelinx, D. (2000) Functional Analysis of Port Performance as a Strategic Tool for Strengthening a Port's Competitive and Economic Potential. *International Journal of of Maritime Economics* (2000) 2, s:119–140.
- Teo, Y.Mç (1993) Simulation and Graphic Animation in Port Design. Modelling and Simulation. *Proceeding of the European Conference*.
- Theys, C., Ryoo, D.K. ve Notteboom, T. (2008) *Developing Logistics in Ports: Creating a Global Framework*. LAME, 2008, Dalian, Çin.
- Thiers, G.F. ve Janssens, G.K. (1998) A Port Simulation Model as a Permanent Decision Instrument. *Simulation* 71 (2). S: 117-125.
- Thoresen, C.A.(2003) *Port Designers hand book: Recommendations, and Guidelines*. Thomas Telford.
- Thomas B. J. Ve Monie, G.(2000) *The Measurement Of Port Performance: With Particular Reference 10 Container Terminal Operations*. International Labour Organization 'S (Ilo 'S) Porth'orker Development Programine (Pdp). Cardiff/Antwerp. January, 2000.
- Tongzon, J., Chang, Y.T. ve Lee, S.Y. (2008) Efficiency Measurement of Selected Korean and Other International Ports Using Stepwise Data Envelopment Analysis. *LAME, 2008*, Dalian, Çin.
- Tongzon, J., Chang, Y.T. ve Lee, S.Y. (2008) How Supply Chain Oriented is the Port Sector? *LAME, 2008*, Dalian, Çin.
- Tongzon, J. (2001) Efficiency Measurement Of Selected Australian And Other International Ports Using Data Envelopment Analysis. *Transportation Research Part A* 35 (2001) 107±122.
- Tongzon, J.L., 1995. Determinants of Port Performance and Efficiency. *Transport Research* 29 (3), 245–352.
- Tongzon, J.L. (1995) Systematizing International Benchmarking for Ports. *Maritime Policy & Management* 22(2): 171-177.
- Tongzon, J. (1989) The Impact of Wharfage Costs On Victoria's Export-Oriented Industries. *Economic Papers*. 8, 58±64.
- Trocine, L. (2001) *An Effective, and Robust Procedure for Screening More Than 20 Independent Variables Employing a Genetic Algorithm*. PhD dissertation, University of Central Florida, 2001.

Tu-Chang, K. (1992) *Development of a Container Terminal Simulation Model and its Application in and Analysis of Terminal 18, port of Seattle*. Ph.D. Thesis, University of Washington 1992.

Tuna, Okan (2002) The Impact Of Hub Ports on The Logistics Strategies of Turkey. *LAME 2002 Congress*, Busan, South Korea.

Tuna, O. (2001) *Türkiye İçin Lojistik ve Denizcilik Stratejileri: Uluslararası ve Bölgesel Belirleyiciler*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 3, Sayı:2, 2001

Tuna, Okan. (1998) “Lojistik Bir Hizmet Aracı Olarak Konteyner Taşımacılığı ve Dağıtım Kanalı Yapısının Analizi”. *Çağdaş Denizcilik Stratejileri İşletme Yönetimi Yaklaşımı*, ed. A. G. Cerit, H. Kişi, H. F. Yercan, A. Ö. Dedeoğlu. Dokuz Eylül Yayınları: İzmir.

Turban, E. ve Aronson, J. (2001) *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Prentice-Hall, mc., New Jersey.

Turban, E., McLean, E., Wetherbe, J. (1996) *Information Technology for Management Improving Quality and Productivity*. John Wiley&Sons Publishing, America.

Ulaştırma Bakanlığı (1987) *Liman Geliştirme, Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Planlar İçin Bir El Kitabı*. Başbakanlık Basımevi: Ankara.

UNCTAD (2005) *Free Trade Zone and Port Hinterland Development*, Research report of the Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, New York.

UNCTAD (1976) *Port Performance Indicators*, Td/B/C.4/131/Supp.1/Rev.1, United Nations Conference On Trade And Development, New York, Us.

UNCTAD (1999) *Technical note: the fourth generation port*. UNCTAD Ports Newsletter, 19, 9–12.

UNCTAD (1992) *Port Marketing and the Third Generation Port*, TD/B C.4/AC.7/14, UNCTAD, Genova.

UNCTAD (1976) *Port Performance indicators*. United Nations, New York
Valentine, V.F. Ve Gray, R. An Organizational Approach to Port Efficiency. IAME 2002, Panama.

- Vea, R. (1994) A Model to Optimize the On-Time Performance of Containerships. *Marine Technology*, 31 (1). S: 52-65.
- Vis, Iris F. A. ve Harika, Ismael. (2004) Comparison of vehicle types at an automated container terminal. *OR Spectrum* Volume: 26: 117–143.
- Vis, Iris F.A. ve Koster, Ren_E De. (2003) Invited Review Transshipment Of Containers At A Container Terminal: An Overview. *European Journal of Operational Research* 147 (2003) 1–16.
- Wadhwa, L.C. (1992) Planning Operations of Bulk Loading Terminals by Simulation. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*. 11(3) (1992): 300-315.
- Wall, G. (2007) *Heading for the coast: is port-centric logistics the way forward*. Focus, October, pp. 42-4.
- Walter, A., (1975) Marginal cost pricing in ports. *The Logistics and Transportation Review*, 11, 297–308.
- Wang, T.F. ve Cullinane, K. (2006) The efficiency of European Container Terminals and Implications for supply chain management. *Maritime Economics and Logistics*. Vol.8. s: 82-99.
- Wang, J.J. ve Olivier, D. (2003) La Gouvernance des Ports et la Relation Ville-Port en Chine. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 44: 25-54.
- Wany, Xin-ying ve Li, Xiang-wen. (2008) Study on the container station work schedule simulation and optimization based on witness. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.
- Watanabe, Itsuro. (1998) *Container Terminal Planning, A Theoretical Approach*. Ministry of Transport Japan International Cooperation Agency, Training Course in Port and Harbour Engineering.
- Weston, R ve Robinson, R. (2005) Value migration and profit pools in port-oriented freight systems: The implications for new patterns of efficiency. *International Association of Maritime Economists Annual Conference*, Cyprus, 22–25 June.
- Yeni, Kazım. (2001). *Konteyner Terminallerinde Yönetim ve Organizasyon: İzmir Limanı Uygulaması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Yeni, Kazım. (2003) Lojistik Bir Düğüm Noktası olarak Limanlar. *Ege Denizcilik & Lojistik Kongresi ve Fuarı-1*. İzmir.
- Yenice, Ebru. (2006) Kamu Kesiminde Performans Ölçümü ve Bütçe _liskisi. *Sayıstay Dergisi*, Sayı 61, s. 57-68.
- Yercan, Funda. (1996). *Liman işletmeciliği ve Yönetimi*. Mersin Deniz Ticaret Odası Yayınları: Mersin.
- Yaldız, E. (2009) Kavramsal düzeyde Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Olgularına bir bakış, www.ceterisparibus.net, Erişim tarihi: 25 Haziran 2009.
- Yıldız, Gökalp. (2009) *Simülasyona Giriş*. Ders Notları. DEÜ Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Yörüker, Sacit (2002) *Sayıstayın Performansın Ölçümüne İlişkin Önarastırma Raporu*, Ankara.
- Yüksel, Y. Ve Çevik, E.Ö. (2006) *Liman Mühendisliği*. Deniz Mühendisliği Serisi No:3. Arıkan Yayınları; İstanbul.
- Zanen, M., Dekker, Sander ve Ligteringen, Han. (2008) Modelling container terminal capacity: *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.
- Zeigler, B. P., Praehofer, H. ve Kim, T. G. (2000) *Theory of Modeling and Simulation*. Second Edition, Academic Press: San Diego.
- Zeng, Qingcheng ve Yang, Zhongzhen (2008) Models and algorithms for quay crane dual cycling scheduling problem in container terminals. *LAME Annual Conference*, 2-4 April, Dalian, China.
- Zorba, Yusuf. (1998). *Gemi teknolojisindeki değişmeler ve limanlar üzerine etkileri*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir.
- Zrnic, D.N., Dragovic, B.M. and Radmilovic, Z.R. (1999) Anchorage Ship-Berth Link as Multiple Servers Queuing System. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 125 (5) (1999): 232-240.
- <http://www.kalmarind.com>. Erişim tarihi: 15.08.2008.
- <http://www.marport.com.tr> Erişim: 15.05.2009.
- <http://www.britannica.com/>Erişim tarihi : 05.10.2009.

EKLER

EK 1 Tahliye Modeli Program Çıktısı Örneği

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: user

Run execution date : 9/29/2009
Model revision date: 9/29/2009

Replication ended at time : 1536.4153 Minutes
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
bak1qimp.waitingTime	.20357	(Insuf)	.00000	3.5000	56
bak2qimp.waitingTime	.14444	(Insuf)	.00000	4.0000	72
bad1qimp.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	7
bad2qimp.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
bbk1qimp.waitingTime	.69035	(Insuf)	.00000	4.0000	114
bbk2qimp.waitingTime	.53853	(Insuf)	.00000	4.0000	109
bbd1qimp.waitingTime	--	--	--	--	0
bbd2qimp.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	3
bck1qimp.waitingTime	.18529	(Insuf)	.00000	3.4000	34
bck2qimp.waitingTime	.18936	(Insuf)	.00000	4.0000	47
bcd1qimp.waitingTime	.98333	(Insuf)	.00000	4.0000	162
bcd2qimp.waitingTime	1.0444	(Insuf)	.00000	4.0000	162
bd1qimp.waitingTime	1.1231	(Insuf)	.00000	4.0000	138
bd2qimp.waitingTime	.71789	(Insuf)	.00000	4.0000	123
bel1qimp.waitingTime	3.5045	(Corr)	.00000	4.0000	354
be2qimp.waitingTime	3.0922	(Corr)	.00000	4.0000	336
mtt1qimp.waitingTime	4.3393	(Corr)	.00000	38.130	665
mtt2qimp.waitingTime	9.9199	(Corr)	.00000	39.130	465
mtt3qimp.waitingTime	6.1196	(Corr)	.00000	36.715	650
w1.waitingTime	.04978	.00187	.00000	.08476	465
w2.waitingTime	.05111	.00272	.00000	.08476	665
w3.waitingTime	.05168	.00213	.00000	.08476	650
w4.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	56
w5.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	72
w6.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	7
w7.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
w8.waitingTime	.04123	(Insuf)	.00000	3.5000	114
w9.waitingTime	.03486	(Insuf)	.00000	3.6000	109
w10.waitingTime	--	--	--	--	0
w11.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	3
w12.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	34
w13.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	47
w14.waitingTime	.16481	(Insuf)	.00000	7.4000	162
w15.waitingTime	.10309	(Insuf)	.00000	3.5000	162
w16.waitingTime	.27464	(Insuf)	.00000	7.2000	138
w17.waitingTime	.04390	(Insuf)	.00000	3.6000	123
w18.waitingTime	16.054	(Corr)	.00000	40.100	354

Identifier	FREQUENCIES				
	Category	--Occurrences--		Standard Percent	Restricted Percent
		Number	AvgTime		
value(it(mtt1,1))	Constant(0)	137	2.1039	18.76	18.76
	Constant(1)	137	9.1107	81.24	81.24
value(it(mtt1,2))	Constant(0)	105	3.3345	22.79	22.79
	Constant(1)	104	11.406	77.21	77.21
value(it(mtt1,3))	Constant(0)	97	4.4847	28.31	28.31
	Constant(1)	96	11.472	71.69	71.69
value(it(mtt1,4))	Constant(0)	63	8.7819	36.01	36.01
	Constant(1)	62	15.857	63.99	63.99
value(it(mtt1,5))	Constant(0)	42	16.690	45.62	45.62
	Constant(1)	41	20.376	54.38	54.38
value(it(mtt2,1))	Constant(0)	54	10.235	35.97	35.97
	Constant(1)	54	18.216	64.03	64.03
value(it(mtt2,2))	Constant(0)	46	12.242	36.65	36.65
	Constant(1)	45	21.627	63.35	63.35
value(it(mtt2,3))	Constant(0)	50	11.052	35.97	35.97
	Constant(1)	49	20.077	64.03	64.03
value(it(mtt2,4))	Constant(0)	29	23.295	43.97	43.97
	Constant(1)	28	30.744	56.03	56.03
value(it(mtt2,5))	Constant(0)	13	56.495	47.80	47.80
	Constant(1)	12	66.831	52.20	52.20
value(it(mtt3,1))	Constant(0)	105	2.6061	17.81	17.81
	Constant(1)	105	12.026	82.19	82.19
value(it(mtt3,2))	Constant(0)	97	3.1346	19.79	19.79
	Constant(1)	96	12.837	80.21	80.21
value(it(mtt3,3))	Constant(0)	82	5.1861	27.68	27.68
	Constant(1)	81	13.717	72.32	72.32

EK 2 Yükleme Modeli Program Çıktısı Örneği

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: user

Run execution date :10/ 4/2009
Model revision date:10/ 4/2009

Replication ended at time : 492.75038 Minutes
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
ssg1qexp.waitingTime	2.0185	(Insuf)	.00000	2.2000	54
ssg2qexp.waitingTime	2.0932	(Insuf)	.00000	2.2000	152
ssg3qexp.waitingTime	2.1171	(Insuf)	.00000	2.2000	222
mtt1qexp.waitingTime	.25632	(Insuf)	.00000	1.8701	54
mtt2qexp.waitingTime	1.3900	(Insuf)	.00000	2.4602	152
mtt3qexp.waitingTime	1.0611	(Insuf)	.00000	2.2152	222
w1.waitingTime	.07917	(Insuf)	.02463	.09475	54
w2.waitingTime	.03998	(Insuf)	.00981	.09475	152
w3.waitingTime	.05743	(Insuf)	.05455	.08473	222
w4.waitingTime	3.9814	(Insuf)	.00000	7.3000	54
w5.waitingTime	5.8217	(Insuf)	.00000	6.9000	152
w6.waitingTime	5.6964	(Insuf)	.00000	6.4000	222
w7.waitingTime	3.7701	(Insuf)	3.7701	3.7701	1
w8.waitingTime	3.7701	(Insuf)	3.7701	3.7701	1
w9.waitingTime	4.1351	(Insuf)	4.1351	4.1351	1
w10.waitingTime	4.1351	(Insuf)	4.1351	4.1351	1

FREQUENCIES

Identifier	Category	--Occurrences-- Number	AvgTime	Standard Percent	Restricted Percent
Value(it(mtt1,1))	Constant(0)	11	35.416	79.06	79.06
	Constant(1)	11	9.3792	20.94	20.94
Value(it(mtt1,2))	Constant(0)	10	40.154	81.49	81.49
	Constant(1)	10	9.1201	18.51	18.51
Value(it(mtt1,3))	Constant(0)	13	30.877	81.46	81.46
	Constant(1)	12	7.6117	18.54	18.54
Value(it(mtt1,4))	Constant(0)	7	60.318	85.69	85.69
	Constant(1)	6	11.753	14.31	14.31
Value(it(mtt1,5))	Constant(0)	4	107.81	87.52	87.52
	Constant(1)	3	20.503	12.48	12.48
Value(it(mtt2,1))	Constant(0)	9	20.359	37.19	37.19
	Constant(1)	9	34.390	62.81	62.81
Value(it(mtt2,2))	Constant(0)	9	20.426	37.31	37.31
	Constant(1)	9	34.323	62.69	62.69
Value(it(mtt2,3))	Constant(0)	9	20.652	37.72	37.72
	Constant(1)	8	38.360	62.28	62.28
Value(it(mtt2,4))	Constant(0)	10	18.680	37.91	37.91
	Constant(1)	9	33.993	62.09	62.09
Value(it(mtt2,5))	Constant(0)	5	43.621	44.26	44.26
	Constant(1)	4	68.660	55.74	55.74
Value(it(mtt3,1))	Constant(0)	9	3.3309	6.08	6.08
	Constant(1)	9	51.419	93.92	93.92
Value(it(mtt3,2))	Constant(0)	9	2.8420	5.19	5.19
	Constant(1)	9	51.908	94.81	94.81
Value(it(mtt3,3))	Constant(0)	9	3.3142	6.05	6.05
	Constant(1)	8	57.865	93.95	93.95
Value(it(mtt3,4))	Constant(0)	9	3.2809	5.99	5.99
	Constant(1)	8	57.902	94.01	94.01
Value(it(mtt3,5))	Constant(0)	5	12.677	12.86	12.86
	Constant(1)	4	107.34	87.14	87.14

Identifier	OUTPUTS Value
SSG1.NumberSeized	54.000
SSG1.scheduledutilization	.24110
SSG2.NumberSeized	152.00
SSG2.scheduledutilization	.67864
SSG3.NumberSeized	222.00
SSG3.scheduledutilization	.99117
BAD1.NumberSeized	27.000
BAD1.scheduledutilization	.15302
BAD2.NumberSeized	27.000
BAD2.scheduledutilization	.15830
BBD1.NumberSeized	1.0000
BBD1.scheduledutilization	.00528
BBD2.NumberSeized	1.0000
BBD2.scheduledutilization	.00528
BCD1.NumberSeized	1.0000
BCD1.scheduledutilization	.00568
BCD2.NumberSeized	1.0000
BCD2.scheduledutilization	.00568
BD1.NumberSeized	75.000
BD1.scheduledutilization	.55424
BD2.NumberSeized	75.000
BD2.scheduledutilization	.46190
BE1.NumberSeized	110.00
BE1.scheduledutilization	.87894
BE2.NumberSeized	110.00
BE2.scheduledutilization	.57575
System.NumberOut	.00000