İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTEYNER TERMİNALİ PLANAMASI VE KAPASİTE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. A. Avni BÜYÜKÖZER
517031001

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Prof Dr. Sedat KABDAŞLI
Diğer Jüri Üyeleri Prof Dr. İlhan AVCI (İ.T.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Yeşim ÇELİKOĞLU (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmasının tamamlanmasında ve her aşamasında değerli desteklerini, bilgilerini ve tavsiyelerini esirgemeyen, engin bilgilerinden ve desteklerinden yaralanmamı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya, ve sayın hocam Prof. Dr. Ali Rıza GÜNBAK'a; çalışmam boyunca yardımlarını eksik etmeyen İTÜ Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Araştırma Grubu'ndaki tüm arkadaşlarıma, verdikleri değerli bilgiler ve ayırdıkları zaman için YILPORT Konteyner Terminali çalışanlarından Sn. Evren ÖZTÜRK'e ve Refik DEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu günlere gelmemde büyük emeği geçen, beni teşvik eden ve hep benimle birlikte olan aileme de ayrıca müteşekkirim.

Mayıs 2006 A. Avni BÜYÜKÖZER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR iv

TABLO LİSTESİ v

ŞEKİL LİSTESİ vi

ÖZET viii

SUMMARY ix

1. GİRİŞ 1

2. KONTEYNERLEŞMENİN TARİHÇESİ VE KONTEYNER GEMİLERİ 2
2.1. Panamax 5
2.2. Post-Panamax 6
2.3. Suezmax 13
2.4. Post-Suezmax 14
2.5. Malaccamax 14

3. KONTEYNER TERMİNALİNİN İŞLEVİ 17

4. KONTEYNER TERMİNALİ TASARIMI 22
4.1. Temel Kriterler 22
4.2. Konteyner Terminali Ekipmanları ve Elleçleme Sistemleri 26
4.2.1. STS rıhtım vinci 26
4.2.2. Saha vinçleri 30
4.3. Konteyner Terminalinin Planlama Aşamaları 34
4.3.1. Genel planlama esasları 43
4.4. Teorik Yaklaşımlar 46
4.4.1. Kapasite analizi için yaklaşım 48

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 67

KAYNAKLAR 68

ÖZGEÇMİŞ 70

KISALTMALAR

TEU : İngilizce, Twenty Feet Equivalent
FEU : İngilizce, Forty Feet Equivalent
STS : İngilizce, Ship to Shore
RTG : İngilizce, Rubber Tyred Gantry
SC : İngilizce, Straddle Carrier
Y/B : Yükleme/Boşaltma

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Dünya Trafik Hacmindeki Yıllık Değişim (Birim: Milyon TEU) 9

Tablo 2.2 Gemi boyutlarının yıllar içinde gelişimi 11

Tablo 2.3 İsimlendirmeye göre gemi özellikleri 15

Tablo 3.1 Konteyner Terminaline bağlanan Taşımacılık Tiplerinin Özellikleri 18

Tablo 3.2 Konteyner Terminalinin fonksiyonları ve hizmetler arasındaki ilişki 20

Tablo 4.1 Konteyner Terminalinin amaçları ve kriterleri arasındaki ilişki 25

Tablo 4.2 STS Rıhtım Vinçlerinin boyut özellikleri 28

Tablo 4.3 Elleçleme sistemlerinin karşılaştırması 35

Tablo 4.4 Rıhtım işgali 44

Tablo 4.5 Farklı ekipman sistemlerinin özellikleri 45

Tablo 4.6 Bir gemi için Y/B hallerinde limandaki yükün farklı ardiye süreleri için dağılımı 52

Tablo 4.7 Bir ziyaret için o ziyarete ait konteynerlerin farklı ardiye sürelerinde terminali işgal etmeleri 55

Tablo 4.8 Ardiye süresi 5 gün için sadece bir gün gemi ziyareti halinde işgal katsayıları 56

Tablo 4.9 Örnek verilere ait yükleme değerleri 62

Tablo 4.10 Örnek verilere ait boşaltma değerleri 62

Tablo 4.11 Örnek verilere ait toplam Y/B değerleri 63

Tablo 4.12 Boşaltma değerleri için Ki-kare testi hesaplaması 65

Tablo 4.13 Boşaltma değerleri için Ki-kare testi hesaplaması 65

Tablo 4.14 Toplam Y/B değerleri için Ki-kare testi hesaplaması 65

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Konteynerlerin istif düzeninden bir görüntü ve detay 3

Şekil 2.2 İlk kez konteyner taşımacılığında kullanılan gemi, Ideal-X 4

Şekil 2.3 Panama Kanalı kesit görüntüsü 6

Şekil 2.4 Regina Mærsk gemisi Y/B esnasında 7

Şekil 2.5 Ortalama Yıllık Konteyner Trafiği Hacmi Büyüme Oranı, 2003-2008 9

Şekil 2.6 2004 yılı için Dünya filosunun kapasiteye göre dağılımı 12

Şekil 2.7 İnşa halindeki gemilerin kapasiteye göre dağılımı 12

Şekil 2.8 2008'de tahmin edilen kullanımdaki gemilerin kapasiteye göre dağılımı 13

Şekil 3.1 Konteyner Terminallerinin fonksiyonları arasındaki ilişkiler 20

Şekil 4.1 STS vincin genel görünümü 27

Şekil 4.2 STS vincin kesit görünümü 27

Şekil 4.3 Vincin saatlik hareketi için kabul edilen ortalama rota 30

Şekil 4.4 Straddle Carrier genel vaziyet çizimi 31

Şekil 4.5 Tipik SC operasyon döngüsü 32

Şekil 4.6 Tipik RTG Vinç 33

Şekil 4.7 RTG vinçlerin saha yerleşimi 33

Şekil 4.8 Konteyner Terminali tasarım prosedürü akış diyagramı 42

Şekil 4.9 Y/B hallerinde limandaki yükün farklı ardiye süreleri için dağılımı 53

Şekil 4.10 Terminale gelen ve giden konteynerlerin yer işgal katsayıları (a=5 gün) 53

Şekil 4.11 Pazartesi gemi ziyareti halindeki katsayılar (a=5 gün) 56

Şekil 4.12 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=5 gün) 57

Şekil 4.13 Pazartesi günü gemi ziyareti halindeki katsayılar (diğer ardiye süreleri için) 58

Şekil 4.14 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=7 gün) 58

Şekil 4.15 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=10 gün) 59
Şekil 4.16 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=15 gün) 59
Şekil 4.17 Teorik ardiye süresiyle pratik ardiye süresi ilişkisi..... 60
Şekil 4.18 Örnek verilere ait yükleme histogramı ve gamma dağılımı..... 63
Şekil 4.19 Örnek verilere ait boşaltma histogramı ve gamma dağılımı 64
Şekil 4.20 Örnek verilere ait toplam Y/B histogramı ve gamma dağılımı..... 64

ÖZET

KONTEYNER TERMİNALİ PLANLAMASI VE KAPASİTE ANALİZİ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında konteyner terminali planlamasının temelleri anlatılmış ve ardından terminal kapasitesi hesaplamalarında kullanılmak üzere konteynerlerin limana giriş adetlerinin zaman çizgisi üzerinde eksponansiyel olarak dağıldığı kabulüyle bir inceleme yapılmıştır.

Öncelikle konteyner terminali planlamasında önemli bir faktör olan konteyner gemilerinin geometrileri ve özellikleri hakkında özet bir bilgi derlenmiştir. Ardından, konteyner terminalinin temel işlevleri anlatılmış, konteyner terminalinin tasarımı aşamaları tariflenmiştir. Terminalin en önemli unsurlarından olan ekipmanlar hakkında tasarım ölçütlerini belirleyen özellikler belirtilmiş, sonrasında ise kapasite kavramı ve hesap yöntemi tariflenmiştir. Son olarak, hesaplama yöntemi ve belli ölçütler için yapılan hesaplama gösterilmiştir.

SUMMARY

CONTAINER TERMINAL PLANNING AND CAPACITY ANALYSIS

In this study, the basics of container terminal planning are introduced and in order to calculate the terminal capacity, an approach has been made assuming the number of containers along time is to be exponentially distributed.

Initially, brief information about container ships and their geometry which is an important influence on design process is compiled from various sources. Afterwards, basic functions of a container terminal are explained and planning procedures of a container terminal are specified. Being one of the main actors of a container terminal, handling equipments are introduced focusing on the properties which mainly affect the design and planning. And then, the capacity concept is defined along with an approach to a calculation method. Finally, the method of calculation is demonstrated with a simple example.

1. GİRİŞ

Dünya çapında taşımacılığın son 10 yılda büyük bir hızla konteynerciliğe doğru yöneldiği göz önüne alındığında, ilk ortaya çıktığı 1950'li yıllardan beri devamlı büyüme eğilimi göstermekte olan konteynercilik ve konteyner taşımacılığı günümüz için büyük önem arz etmektedir. Özellikle taşımacılık maliyetlerini en aza indirgemek için gemi geometrileri gün geçtikçe büyüdükçe, konsepti devamlı bir evrim içinde olan konteyner terminali ve konteyner limanı tasarımı ve planlamasının önemi, bu bağlamda çok ve çeşitli araştırma konusuyla güncelliğini sürdürmektedir.

Dünyayla paralel bir şekilde, ülkemizde de konteyner taşımacılığına olan rağbetin artması karşısında kurulumu ve operasyonu için ciddi bir bütçe ve alana ihtiyaç duyan konteyner terminalleri, bu kısıtlamalardan ötürü kurulumu ve işletmesi sırasında hiç durmayan bir planlama ve gelişim süreci içinde olması şart olan tesisler olacaktır. Çalışmaların hassasiyeti ne kadar yüksek olursa, herhangi bir tasarım veya planlama projesinde olduğu gibi, konteyner limanı için de yatırım ve işletme maliyetleri en aza indirgenmiş olacaktır. Sonuç olarak, bir konteyner terminalinin tasarımını ve planlamasını en iyi şekilde yapabilmek için emniyet ve esneklik gibi özellikleri de göz ardı etmeden belli başlı kalıplar geliştirilmelidir. Ayrıca, gün geçtikçe ilerleyen teknoloji de, liman ve terminal ekipmanlarının daha verimli çalışmasını sağlayarak bahsedilen maliyet/kazanç oranını düşürmekte yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmanın temel gayesi ve içeriği, konteyner planlamasına detaylı bir yaklaşım yapmaktan ziyade, konteyner terminallerinin fiziksel tasarımında en büyük etkiye sahip olan konteyner gemilerinin gelişimini irdelemek, planlamanın temel aşamalarına değinmek, çalışmanın yapıldığı tarihteki güncel ekipman ve teknolojileri kısaca belirtmek ve bunlardan öte, yapılan sayısız ve tatminkar sonuçlar edinilmiş çalışmanın yanında terminal kapasitesinin tayini problemine makroskopik bir yaklaşım getirmektir.

2. KONTEYNERLEŞMENİN TARİHÇESİ VE KONTEYNER GEMİLERİ

"Konteyner", hemen hemen her türlü kargonun güvenli bir şekilde istiflenmesine, depolanmasına ve taşınmasına olanak sağlayan uluslar arası standartlaşmış paketleme kutusuna verilen isimdir. Konteyner, en verimli yer kullanımı için ve karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığında kullanılmak amacıyla tasarlanmıştır. Değişik boyutlarda kullanılıyor olmasına rağmen boyutları, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından sınırlandırılmıştır. Bu sınıflandırmalardan başlıcası olan 20-fitlik konteynerin boyu 20 fit (6,096 metre), genişliği 8 fit (2,438 metre) ve yüksekliği ise 8 fit 6 inç (2,591 metre)'dir. Bu tipteki konteynere genellikle 15 ton ile 20 ton arası yükleme yapılır ve genel kullanımda TEU[1] olarak adlandırılır. Bir diğer boyutlandırma ise 40-fitlik konteynerdir ve bir FEU[2] 30 tona kadar yüklenebilmektedir.

Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi, aslında bir konteynerin gerçek taşıma kapasitesi yukarıda belirtildiğinden daha fazladır. Fakat gerek konteyner gemilerinin tasarlanmış boyutları yüzünden, gerekse liman ekipmanlarının kapasite sınırlamaları gereği yüklemelerin belli değerlerin altında tutulmasına gayret edilmektedir. Bununla birlikte günümüz limanlarındaki modern konteyner elleçleme ekipmanları 40 tona kadar taşıma kapasitesiyle tasarlanmakta ve bu birim kapasite artışı da gerek son dönem konteyner gemisi tasarımlarının, gerekse üst üste 5 adede kadar istiflenerek kendi ağırlıklarını da taşıyan konteynerlerin tasarım dayanımlarının artan bir eğilim içinde olduğunu işaret etmektedir.

---

[1] İng. Twenty-feet Equivalent

[2] İng. Forty-feet Equivalent



Şekil 2.1 Konteynerlerin istif düzeninden bir görüntü ve detay

Bir konteynerin genişliği yaklaşık olarak 2,5 metre kabul edilebilir. Buna göre, konteynerlerin taşındıkları gemilerin boyutları da güvertenin üzerine ve altına yerleştirilebilecek konteyner adediyle doğrudan ilişkilidir. Yani, bir konteyner gemisi tasarlanırken, güverte üzerine yerleştirilmek istenen bir tane fazla konteyner için geminin genişliği yaklaşık 2,8 metre artacak demektir. Ortalama yüklü bir konteynerin ağırlığı 10–12 ton gelmekle birlikte bu değer değişkendir ve modern konteyner gemileri TEU başına 12–14 DWT[1] gelecek şekilde tasarlanırlar.

Konteynerlerin kullanımı 2. Dünya Savaşı zamanlarına dayanıyor olsa da ticari amaçlı ilk konteyner kullanımı ABD ile Porto Riko arasında 1956 yılında servise açılan hatla başlamıştır. Kuzey Carolina'da kamyonculukla uğraşan Malcom McLean isimli

[1] İng. Dead Weight Tonnage. Genellikler gemiler için yük taşıma kapasitesi.

girişimci, 1955 yılında kargo yüklü kamyon treylerlerini taşıma fikriyle bir buharlı gemi hattı satın almıştır. McLean'in bu girişimi, bir petrol tankerinin güvertesinin konteynerleri taşıma amacıyla güçlendirilmesiyle Ideal-X (Şekil 2.2) isimli dünyanın ilk konteyner gemisine dönüşmüştür. Ideal-X ilk yolculuğuna, 26 Nisan 1956'da New Jersey'den Texas'a gitmek üzere güvertesindeki 58 treylerle (konteyner) demir almıştır. Bu öncü konteyner gemileri yaklaşık 11 metre uzunluğundaki iki kat istiflenmiş treylerlerden 59 adet taşıyabiliyorlardı. Sonraları, McLean'in girişimi uluslar arası bir gemicilik şirketi olan Sea-Land Services adını aldı ve yeni teknolojiler geliştirilmesi konusunda önemli bir pay sahibi oldu [1].



Şekil 2.2 İlk kez konteyner taşımacılığında kullanılan gemi, Ideal-X [2]

Kutuların gemiyle taşınması her ne kadar zamanına göre radikal bir fikir olsa da, bu olgu kendini yeterince kanıtladıktan sonra, konteynerlerin vinçler aracılığıyla hücresel bölmelere yüklendiği ilk gerçek konteyner gemileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Başlangıçta, 200 TEU civarı olan kapasiteleriyle servis vermeye başlayan gemilerin ardından 1960 yılında Supanya isimli 610 TEU kapasiteli gemi, sadece konteyner taşımacılığı için tasarlanmış ilk gemi olarak hizmet vermeye başlamıştır. ABD'deki bu gelişmelere karşın ilk kez bir Avrupa limanında yükleme/boşaltma yapan gemi de 1966 yılında yine ABD'den demir almıştır.

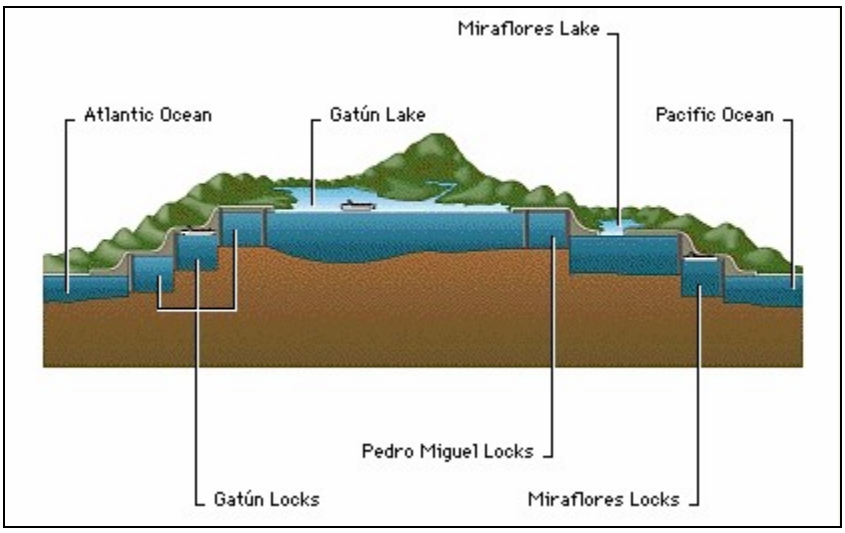
Konteynerleşmenin ve konteyner gemilerinin başarısının sebebi, yük taşımacılığını standartlaştırmasındandır ve yine bu sebeptendir ki dünya çapında sanayi üretim de bu yönelimle aynı paralelde artış göstermiştir. Dolayısıyla konteynerleşme, taşımacılığa olan talebi arttırmış ve bu talep de konteynerleşmeye eğilimi hızlandırmıştır. Geleneksel bir gemi 10000 ton genel kargo yükleme/boşaltması için 8 ile 10 güne ihtiyaç duyarken, bir konteyner gemisinin aynı miktarda malla yüklenme/boşaltması gelişmiş ülkelerde 2 gün, gelişmekte olan ülkelerde ise en fazla 4 günü bulmaktadır.

Konteyner pazarındaki büyüme 1968 yılına kadar yavaş ilerlemişken, bu yıl 10 tanesi 1000–1500 TEU kapasiteli olmak üzere 18 adet konteyner gemisi üretilmiştir. 1969 yılında ise kapasiteleri maksimum 1500-2000 TEU'ya ulaşan 25 gemi daha tersanelerden çıkartılmıştır. 1972 yılında ise kapasitesi 3000 TEU'nun üzerinde olan ilk geminin üretimi, Alman Howaldtwerke tersanesinde tamamlanmıştır [3].

2.1. Panamax

1980 senesinde yapımı tamamlanan 4100 TEU'luk Neptune Garnet o zamanın en büyük konteyner gemisi unvanıyla suya indirilmiştir. Artık sevkıyatlar senede 60-70 gemi seviyesine ulaşmış ve bazı ufak iniş çıkışlar olmakla birlikte, 143 adet sevkıyat seviyesini gören 1994 yılına kadar aynı şekilde devam etmiştir. 1984 senesinde denize indirilen Amerikan New York gemisi ile konteyner gemilerinin boyutu 4600 TEU'yu geçmiştir ve takip eden 12 yıl boyunca maksimum konteyner gemisi kapasitesi (Panama kanalındaki genişlik ve boy sınırlaması yüzünden) 4500-5000 TEU olarak kalmıştır.

O güne dek okyanuslarda yüzen en büyük konteyner gemilerinin omurga boyutları, Panama Kanalı'nın havuz odalarının genişliği ve uzunluğuyla sınırlanmışlardı (bkz. Şekil 2.3). Panamax-ebatlı olarak anılan bu gemilerin maksimum genişliği 32,3 m, maksimum boyu 294,1 m ve maksimum su kesimleri ise 12.0 m olabilmektedir. Panama Kanalı'nın havuz odaları 305 m boyunda ve 33,5 m genişliğinde olup kanalın en derin yeri 12,5-13,7 m'dir. Kanal 86 km uzunluğunda olup geçişi yaklaşık 8 saat sürmektedir.



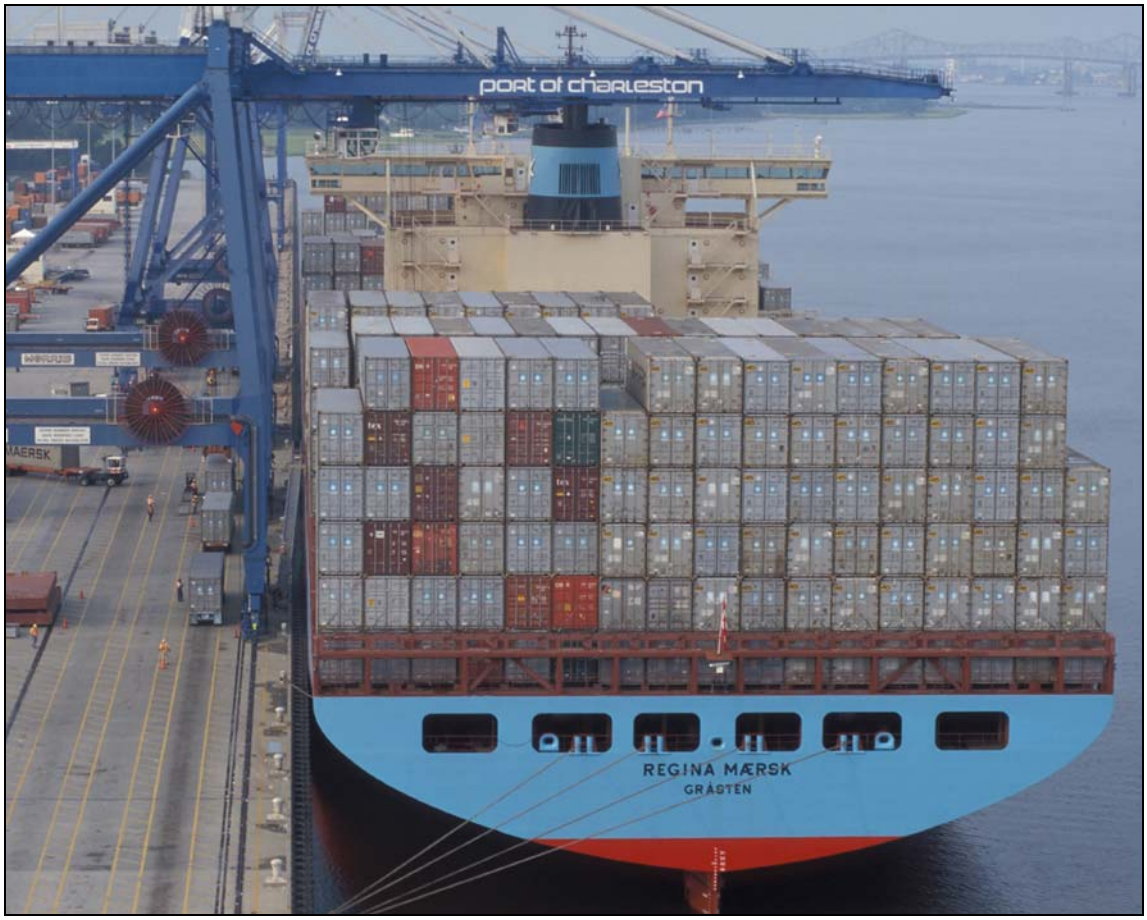
Şekil 2.3 Panama Kanalı kesit görüntüsü [4]

Buna tekabül eden kargo kapasitesi ise o gün için, 4500 ve 5000 TEU arasındaydı. Bu maksimum ebatlar yolcu gemileri için de geçerliydi ancak diğer gemiler için maksimum uzunluk 289,6 m'ydi. Bununla beraber, şu da belirtilmelidir ki, örneğin kuru yük gemileri ve tankerler için Panamax-ebatlı kavramı 32,2/32,3m (106 ft) genişlik, 228,6m (750 ft) tüm uzunluk ve maksimum 12,0m (39,5 ft) su kesimi olarak tanımlanmaktadır. Bu tür gemiler için uzunluk sınırının daha düşük olmasının nedeni dünyanın büyük bölümünde limanların ve bunlarla ilişkin imkanların bu uzunluğu esas almış olmalarıdır. Günümüzde kanalda iki rota/yol bulunmaktadır ancak yaklaşık 12,000 TEU'ya kadar olan gelecek kuşak konteyner gemilerini de buraya çekebilmek için yükseltilmiş havuz kısmı ebatlarıyla muhtemel bir üçüncü rota/yol da düşünce aşamasındadır [5].

2.2. Post-Panamax

Daha sonraları, APL (American President Lines) isimli gemicilik hattı, taşımacılık ağına Panama kanalını kullanmadığı bir rota ekledi. Bu rota sayesinde, deniz taşımacılığı literatürüne "Post-Panamax" (Panamax üstü) isimli terim de girmiş oldu. 1996 yılında Regina Mærsk (Şekil 2.4) isimli gemi, 6400 TEU kapasitesiyle bu limiti aşan ilk gemi oldu ve böylelikle konteyner gemisi pazarında yeni bir çığır açılmıştı. 1996 yılından sonra, konteyner gemilerinin boyutları 1997 yılında 6600 TEU iken 1998 yılında 7200 TEU'ya ve 1999 yılında 8700 TEU'ya kadar çıkarak çok hızlı bir gelişim gösterdi.

İnşası tamamlanmış ya da yapım halinde olan yaklaşık 9000 TEU kapasiteli gemiler ise Panamax genişliğinin yaklaşık 10 m üzerine çıkmışlardır. Post-Panamax gemilerin sayısı son yıllarda göz ardı edilemeyecek miktarda artmıştır ve günümüz gemi filosunun %30'u bu gemilerden oluşmaktadır.



Şekil 2.4 Regina Mærsk gemisi Y/B esnasında

Gemi İşletmecisi açısından bakıldığında, mega gemilerin ilk göze çarpan çekiciliği işletme maliyetine getirdiği ekonomikliktir. 6000 TEU kapasiteli bir geminin işletme maliyeti 4000 TEU'luk gemininkine göre aynı oranda fazlalık göstermemektedir. Bununla birlikte, taşımacılık ağının bütününe bakıldığında, böyle gemilerin operasyonu gerçekten de yüksek maliyetlere sebep olabilmektedir. Bir Süper Post Panamax geminin sebep olduğu problemler arasında boşaltma yaptığı limanda bir anda çok yüksek miktarda yük akışına sebep olacak olması, geminin yüklenmesi için periyodik olarak ve büyük çapta yükün bir arada toplanması gerekliliği ve bu büyüklükte bir gemiye hizmet verecek navigasyon kanalı, rıhtım derinliği, terminal sahası, yeterince modern ve uygun

boyutlarda rıhtım vinçleri ve diğer ekipman ve altyapı için gerekli giderler bulunmaktadır. Bu sorunlara rağmen 1999 yılında tersaneler, bu sınıf gemilerden 50 adedinin inşası için sipariş almışlardır.

2000 yılına gelindiğinde tüm dünyadaki konteyner filosu yaklaşık 6800 gemiyle 5,8 milyon TEU kapasiteyi bulmuş ve bu gemilerin %71'i tamamen hücreli yani sadece konteyner taşımak için tasarlanmış özel düşey yarıklarla inşa edilmişlerdi. Gemilerin adet olarak yaklaşık %75'i 1000 TEU'nun altında kapasiteleriyle küçük gemilerden oluşuyor olsa da 4500 TEU ya da daha büyük kapasiteleriyle Süper Post-Panamax gemilerin sayısı gün geçtikçe artmaktaydı. 2001'in sonlarında, dünya gemi filosunun kapasite olarak %10'u Süper Post-Panamax gemilerden oluşuyordu.

2004 yılının başında, neredeyse 100 adet 8000 TEU kapasiteli gemi kullanımdaydı. 9200 TEU kapasiteli bir gemi 2005 yılında, 9600 TEU kapasiteli bir diğer gemi ise 2006 yılında Kore'de Samsung Heavy Industries'e (SHI) ait tersanede inşa edilip denize indirildi. Gün geçtikçe öncekinden daha büyük ve fazla kapasiteli gemiyi inşa etme yarışı artarken ve bu gemilere olan talep sürerken, küçük besleme gemilerine olan talep de, tahmin edilenin aksine artmaktadır. Geçen 10 yıl içinde inşa edilen gemilerin %50'sinden fazlası 2000 TEU ve daha az kapasiteli gemilerden oluşmaktadır. Bunun en büyük sebebi olarak, Türkiye'de henüz yaygınlaşmamış bir taşımacılık biçimi olsa da dünyada kara taşımacılığında önemli bir rol oynayan demiryolu konteyner taşımacılığı gelmektedir. Bir trenin fiziksel olarak 240 adet 40'lık konteynerle limitli olduğu düşünülecek olursa, çift istifle yüklendikleri varsayımıyla, 9000 TEU'luk gemiden inen konteynerleri kara tarafında taşımak için yaklaşık 10 adet tren gerekecektir. Türkiye için düşünüldüğünde, trenle taşımacılık çok yüksek bir altyapı yatırımı gerekliliğini ortaya koysa da bu açıdan düşünüldüğünde, 400 ila 3000 TEU kapasiteli konteyner gemileri taşımacılık sektörü için büyük önem arz etmektedirler.

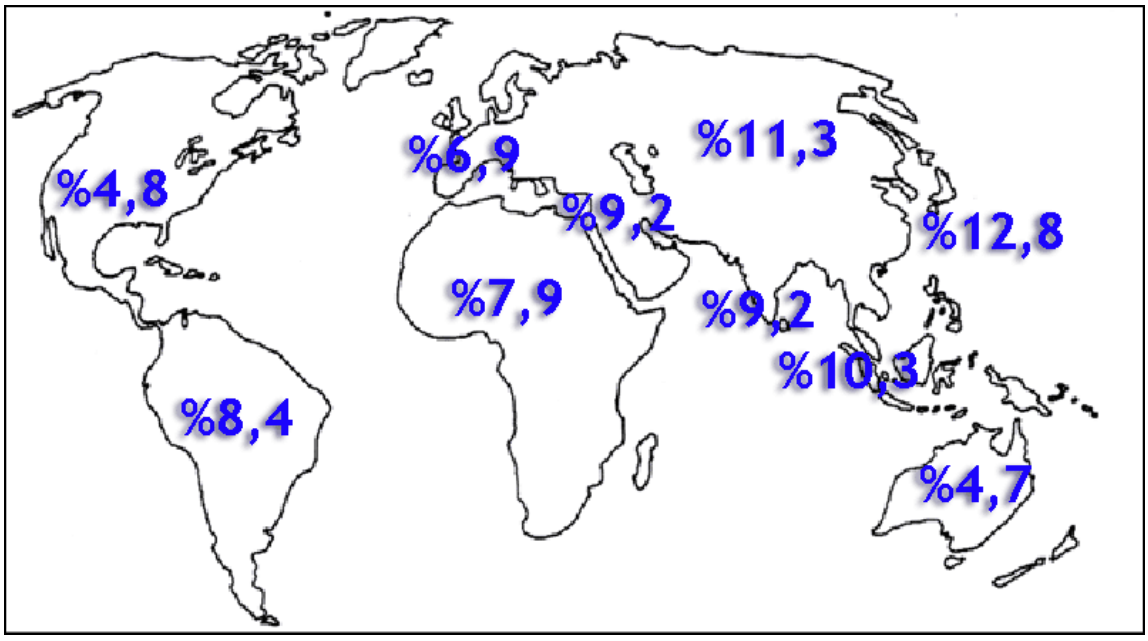
Bir konteyner gemisinin boyutu ne kadar büyükse, yükleme/boşaltma için o kadar fazla zaman gerekli olacağı aşikardır. Uzun süren Y/B operasyonları, konteyner hatlarının tarifelerinin çok sıkışık oluşu göz önünde tutulduğunda, gemilerin seyir hızlarında bir artışın gerekliliğini doğurmuştur. Kapasitesi 1500 TEU'ya kadar olan gemiler için, seyir hızı 9 ila 25 deniz mili arasında değişmekte ve bu gemilerin çoğunluğu (%58) 15 ila 19

deniz mili hızına çıkabilmektedirler. 1500 ile 2500 TEU kapasiteli gemilerin hızları ise 18-21 deniz mili arasında değişmekte ve bu tipteki gemilerin %70'ini kapsamaktadır. 2500-4000 TEU aralığındaki gemilerin ise %90'ı 20-24 deniz milidir. 6000 TEU'dan büyük kapasiteli gemilerin %80'i ise 24-26 deniz mili hızla seyredebilmektedirler. Gelecekteki Ultra-Mega gemiler için ise 25-26 deniz mili hız kapasitesi öngörülmekle birlikte gittikçe yükselen seyir hızlarının yüksek yakıt tüketimlerine ve dolayısıyla işletme maliyetlerinin artmasına sebep oldukları gözden kaçırılmaması gereken bir unsurdur.

Tablo 2.1 Dünya Trafik Hacmindeki Yıllık Değişim (Birim: Milyon TEU) [6]

Sene	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Trafik Hacmi	36	56	61	67	72	78	87	90	99
Büyüme Oranı	1,00	1,57	1,69	1,86	1,99	2,17	2,42	2,50	2,75
Yıllık Büyüme Yüzdesi		%9,82	%7,62	%10,1	%7,25	%8,92	%11,3	%3,62	%9,82

2005 yılında Drewry Consultants Inc. tarafından yapılan tahminlere göre ise, 2003 ile 2008 yılları arası yıllık ortalama büyüme oranı %9,5 olarak verilmiştir. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 Ortalama Yıllık Konteyner Trafiği Hacmi Büyüme Oranı, 2003-2008 [7]

Konteyner gemileri veya konteynerler sadece genel kargo gemilerinin değil bozulabilecek/çürüyebilecek yüklerin taşınmasında kullanılan soğutmalı ambarlı gemilerin de (Reefership) yerlerini almışlardır. Günümüzde, konteynerle veya konteyner gemisiyle taşınabilecek yüklerin çeşitliliğinin sınırı zorlanmaktadır. Bu sebeptendir ki konteyner pazarının, dünya ticaretinden ve ekonomisinden daha hızlı büyüyeceği öngörülmektedir. Bazı otomobil üreticileri halihazırda 4 adet aracı 45-fitlik konteyner içinde taşımanın olası yönteminin çalışmasını yapmaktadırlar.

Dünya çapında elleçlenen konteyner trafiği ancak ana deniz rotalarındaki trafik hacminin istatistiğinden elde edilebilir durumdadır çünkü bu hacmin limanlarda elleçlenen yükün miktarından elde edilmesi çok zordur. Dünya çapındaki tahmini toplam konteyner trafiği (boş konteynerler de dahil olmak üzere) yıllık %8,8 civarında bir büyüme göstererek 1999 yılında 36 milyon TEU'dan 2000 yılında 99 milyon TEU'yu bulmuştur. (Tablo 2.1)

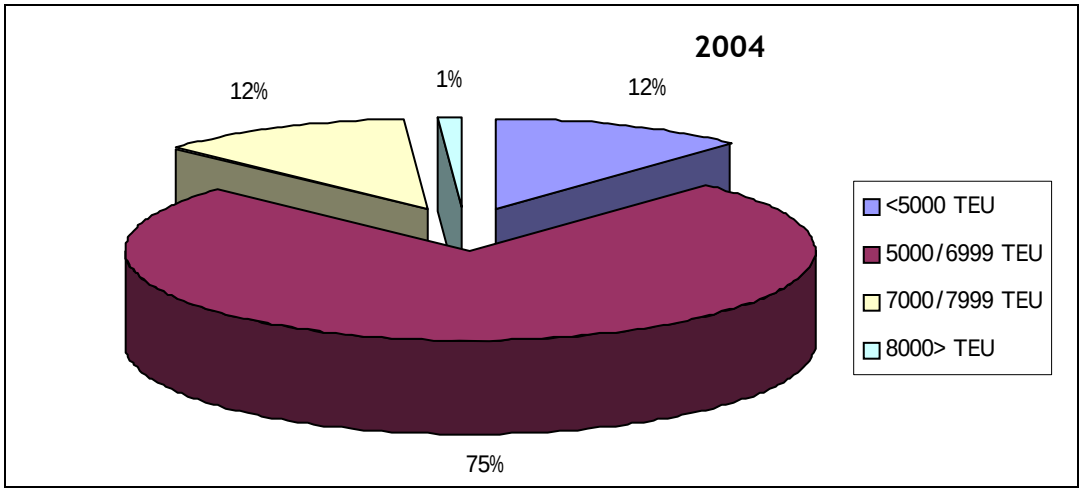
Etken olan tüm faktörler göz önüne alındığında, taşımacılık kapasitesine olan talep yılda %9,5 artarken, tersanelere gelen konteyner gemisi siparişlerinin sayısıyla konteyner taşımacılığı pazarının artış oranı arasında bir denge söz konusudur. Toplamda 1994 yılı için 150 adet gemi inşa edilmiş iken, bu sayı 1998 yılında 250'yi bulmuştur fakat 2000'li yıllarda, bu sektöre en fazla etkiye sahip endüstrileşmiş Doğu Asya ülkelerindeki finansal krizlerden ötürü, yıllık üretim 115'e düşmüştür.

Şubat 2005'te Lloyd's Register tarafından yapılan bir açıklamayla Çin Okyanus Gemicilik Şirketi (COSCO) için Kore Hyundai Heavy Industries tersanelerinde 10000 TEU kapasiteli 4 geminin - dünyanın en büyük konteyner gemilerinin - yapımı başlamıştı. 2007'nin sonunda ve 2008'in ortasında teslim edilecek olan bu gemiler, 45,6 metre genişliğe ve 27,2 metre su kesimine sahip olup ve 25,8 deniz mili hıza çıkabileceklerdir.

Tablo 2.2 Gemi boyutlarının yıllar içinde gelişimi [7]

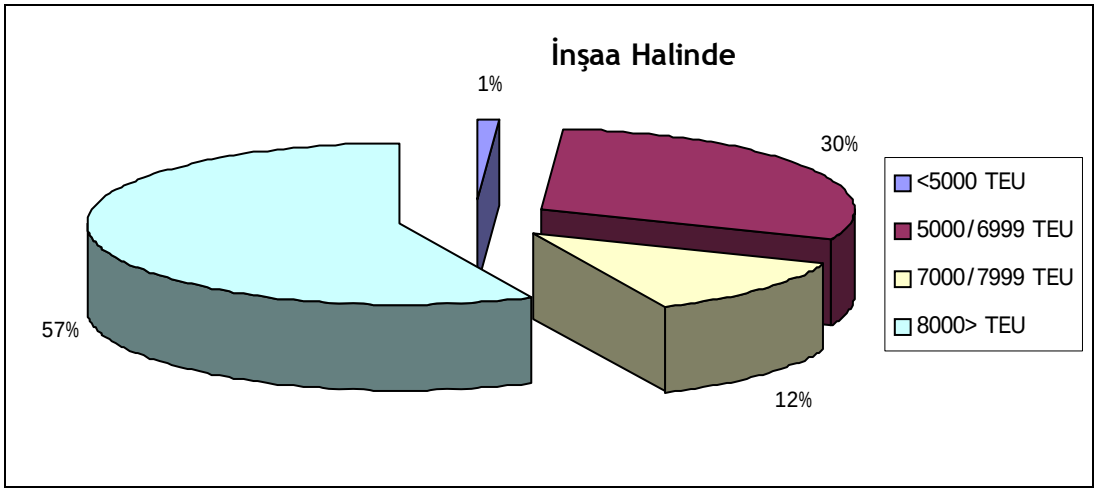
Gemi Uzunluğu	Nesil/Tarih	Tanım	Kapasite/Su kesimi
 140~190 m	1. Nesil (1960~1970 arası)	Dönüştürülmüş Gemiler	500 ila 1000 TEU SÇ = 9,0 metre
 200~225 m	2. Nesil (1970~1980 arası)	Hücresel Konteyner Gemisi	1500 ila 2500 TEU SÇ = 10,0 metre
 240~290 m	3. Nesil (1985)	Hücresel, Panamax	2500 ila 3500 TEU SÇ = 12,0 metre
 275~300 m	4. Nesil (1988)	Post-Panamax	3500 ila 5000 TEU SÇ = 12,5 metre
 300 m	5. Nesil (1996)	Ultra Büyük Gemiler	5000 ila 6000 TEU SÇ = 14,0 metre
 320 m+	6. Nesil (1998)	Mega Gemiler	6000 ila 7000 TEU SÇ = 14,5 metre
 350 m	7. Nesil	Ultra-Mega Gemiler	6000 ila 13000 TEU SÇ = 15,0 metre

Lloyd's Register tarafından sınıflandırılan ve kayıtlara geçen büyük gemiler arasında 8500 TEU kapasiteli ve SHI tarafından Kanadalı, Çinli ve Yunan sahiplerine teslim edilmek üzere inşası henüz tamamlanmış gemiler bulunmaktadır. Lloyd's Register'ın kayıtlarına geçen diğer gemiler arasında SHI tarafından inşa edilen 9200 ve 9600 TEU'luk gemiler, Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering tarafından inşa edilen 8400 TEU'luk gemiler ve Hanjin Heavy Industries tarafından inşa edilen 6400 TEU'luk gemiler bulunmaktadır. COSCO tarafından siparişi verilmiş 10000 TEU'luk gemiler ise 13000 TEU sınırına doğru atılan ilk adım olmuştur.

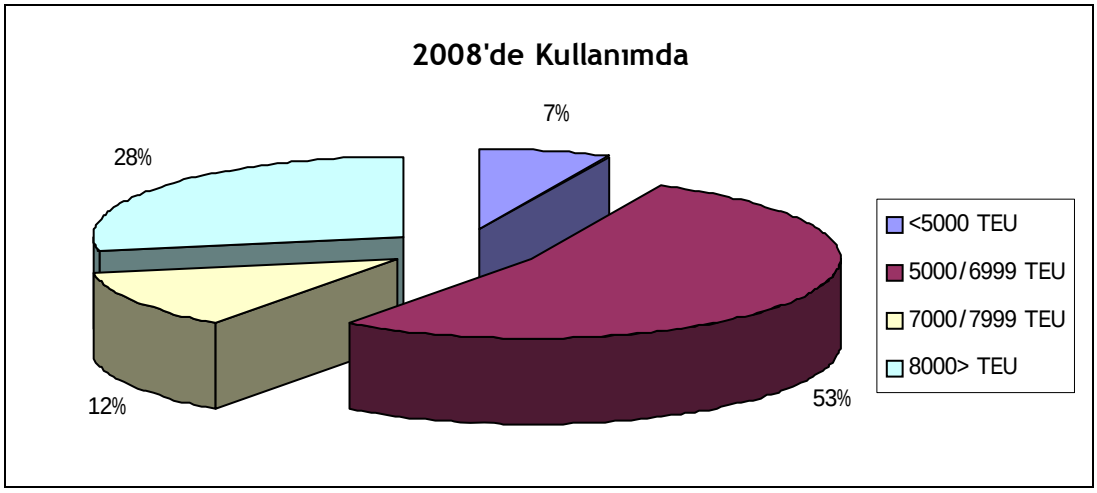


Şekil 2.6 2004 yılı için Dünya filosunun kapasiteye göre dağılımı [7]

Konteyner gemilerinin yıllar içinde geçirdikleri evrim ve günümüze gelişte aldıkları yeni boyutlar Tablo 2.2'de verilmiş, ayrıca günümüz ve yakın gelecek için operasyonel olacak konteyner gemilerinin öngörülen kapasiteleri de Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 İnşa halindeki gemilerin kapasiteye göre dağılımı [7]



Şekil 2.8 2008'de tahmin edilen kullanımdaki gemilerin kapasiteye göre dağılımı [7]

2.3. Suezmax

Süveyş kanalı, yaklaşık 163 kilometre uzunluğu ve 80 ile 135 metre arasında değişen genişliğiyle Akdeniz ve Kızıldeniz'i bağlar ve derinliği 11 ile 12 metre arasında değişmektedir. Su kesimi 10,36 metreden büyük olan gemilerin geçemeyeceği bu kanal, tek şeritte birden fazla gemi trafik geçişine izin verebilmektedir.

Yakın gelecekte, bu kanalda yapılacak deniz dibi kazı çalışmaları sayesinde 50 ile 57 metre genişlikleri ve 14,4 ile 16,4 metre su kesimleriyle 12,000 TEU kapasiteli gemilerin bu kanaldan seyri mümkün olabilecektir.

1999 yılında Lloyd's Register ve Ocean Shipping Consultants Ltd. tarafından yapılan çalışma sonucunda 12500 TEU kapasiteye kadar olan gemilerin kullanımının makul olduğu ve bu tip gemilerin 2010 yılı itibarıyla hizmet vermeye başlayabileceği ortaya konmuştur [8].

Yapılan çalışmaya göre gemi boyutu büyüdükçe, limanda geçen sürenin artışı da göz önüne alınsa dahi, işletme masrafları azalan bir eğilim göstermektedir. Bu hesaplamalar, bahsedilen aralıktaki gemi boyutu için 25 deniz mili seyir hızına sahip olabilecekleri varsayımıyla yapılmıştır ve bu sebeple 10000 TEU ve üzeri kapasitelere sahip gemilerin çift motorlu olmaları kaçınılmaz olarak görünmektedir. Gemi omurgasının büyük yüklere maruz kalışı probleminin yakın gelecekte bir çözüme ulaştırılabileceği varsayımıyla 18000 TEU kapasiteli gemilerin 470 m boyunda olacağı söylenebilir. Bu

durumda geminin su kesimi azaltılarak günümüz limanlarının derinlik problemleri sebebiyle bu tür gemileri elleçleme sıkıntıları ortadan kalkmış olacaktır.

Bütün bu büyük gemiye olan eğilime rağmen, 12500 TEU kapasite ve üzeri gemiler için hem gemilerde, hem de konteyner terminalleri tasarımlarında belirgin değişikliklere gidilmek zorunda kalınması kaçınılmazdır. Konteyner gemileri için, geminin boyutu büyüdükçe mürettebat sayısındaki belirgin artış da, yatırım maliyetindeki artışa sebep olacaktır.

2005'in Eylül ayında, Germanischer Lloyd ve Hyundai Heavy Industries (HHI) tarafından 13000 TEU kapasiteli yeni bir gemi tasarımı duyuruldu. İki ana motora ve pervaneye sahip olan gemi, 382 metre uzunluğunda, 54,2 metre genişliğinde ve 13,5 metre su çekimiyle 6230 adet güverte altında, 7210 adet güverte üzerinde konteyner taşıma kapasitesiyle tasarlandı. İki adet 45000 kW motorla donanmış olacak olan gemi, 25,5 deniz mili hızla seyir etme kabiliyetine sahip olacak [9].

2.4. Post-Suezmax

Önümüzdeki 10 yıllık süre içinde, denize indirilecek gemilerin Süveyş kanalının fiziksel sınırlamalarının üzerine çıkacağı öngörülmektedir. O günün gemileri, 18000 TEU kapasiteye ulaşarak genişliklerini 60 metreye su kesimlerini ise 21 metreye dek çıkartacaklardır. Bugün için ise, bu boyutlardaki gemilerin kesitleri Süveyş kanalını aştığı için, Post-Suezmax olarak adlandırılmaktadır. Öngörülere göre, bu büyüklükteki bir gemiyle bir konteynerin taşıma maliyeti tipik bir 5000-6000 TEU kapasiteli gemininkine oranla %30 daha az olabilecektir [3].

2.5. Malaccamax

Malacca boğazı, Malezya yarımadasıyla Endonezya'ya bağlı adalardan olan Sumatra adası arasındaki dar geçide verilen isimdir. Ekonomik ve stratejik açıdan, Panama kanalı ya da Süveyş kanalı kadar önemli gemicilik hatlarından biri olan boğaz, Hint Okyanusu'yla Pasifik Okyanusu'nu birbirine bağlar. Dünyanın en fazla ülkelerinden Hindistan, Endonezya ve Çin'i birbirine bağlayan boğaz, yılda 50.000 kadar geminin geçit rotası olmuş ve tüm dünyadaki kargo taşımacılığının yaklaşık dörtte biri her yıl bu

boğazdan geçmektedir. Singapur yakınlarındaki Phillips kanalı, 805 km uzunluğu ve 2.8 km genişliğiyle en dar bölgesini teşkil eder ve bu dünya gemi trafiğinin önemli darboğazlarından biridir [10].

Tablo 2.3 İsimlendirmeye göre gemi özellikleri

Gemi Tipi	Boyutlar	Taşıma Kapasitesi
Küçük Besleme (Feeder)		1000 TEU'ya kadar
Panamax'dan küçük *En fazla genişlik*	32,2 m	1000 – 2000 TEU
Panamax *Genişlik* *Su kesimi* *Uzunluk*	32,2 / 32,3 m 12,0 m 294,1 m	2000 – 5000 TEU
Post-Panamax *En az genişlik*	32,3 m	4500 – 10000 TEU
Suezmax *En fazla genişlik* *En fazla su kesimi* *En fazla uzunluk*	70 m 21,3 m 500 m	10000 – 12000 TEU
Post-Suezmax	Bir ya da birden fazla Suezmax özelliği sağlanmıyorsa	12000 TEU'dan fazla

Malaccamax terimi ise, bu boğazdan geçebilecek geminin sahip olabileceği su kesiminin en fazla 21 metre olabileceğini ifade eder. Süveyş kanalındaki derinleştirme ve genişletme çalışmalarının ardından 18000 TEU kapasiteli gemilerin seyri için bir sıkıntı kalmayacak gibi görünse de, 21 metre su çekimine sahip gemilerin günümüz limanlarına yanaşabilmeleri ancak liman yönetimlerinin rıhtım önlerine ve navigasyon kanallarına yapacakları derinleştirme çalışmalarıyla mümkün olabilecektir. Günümüzde sadece

Rotterdam ve Singapur limanlarının rıhtımları belirtilen su kesimindeki gemilere hizmet verebilecek derinliklere sahiptir [3].

Bu sınıflandırmaya göre konteyner gemilerinin temel özellikleri Tablo 2.3'de verilmiştir.

3. KONTEYNER TERMİNALİNİN İŞLEVİ

"Terminal" kelimesi, taşımacılık endüstrisinde genellikle taşınmakta olan kargo için başlama veya bitiş noktası anlamına gelmektedir. Ancak intermodal[1] taşımacılık için çoğu zaman, kargo taşınması sürecinin bitişi, bir başka taraftan başlangıcı ifade edebilmektedir. Yani konteyner terminali, bir başlangıç veya bitiş noktasından ziyade bir bağlantı noktası olarak tanımlanmalıdır.

İntermodal taşımacılık, kapıdan kapıya taşımacılığı esas alan uluslar arası konteyner trafiği için, bir ucunda deniz ayağı diğer ucunda ise karayolu ve/veya demir yolu ayağından oluşur. Bu durumda taşımacılık tipinin denizden karayolu veya demiryoluna dönüştüğü (veya tersi), veya transit yükler için gemiler arası olduğu hizmet ortamına Konteyner Terminali denebilir. Buna göre bir konteyner terminalinin birincil işlevi, birbirine bağladığı farklı taşımacılık araçları arasında konteyneri doğru, vaktinde ve güvenli bir şekilde aktarmaktır. Konteyner terminalleri intermodal konteyner taşımacılığı sisteminin tamamı için bağlantı noktalarıdır. Bu, konteyner terminallerinin transfer fonksiyonları olarak tanımlanabilir.

Konteyner terminalleri genel olarak konteynerlerin ana hat gemileri ile besleme (feeder) gemileri veya kara/demir yolu arasında aktarımını sağlarlar. Tablo 3.1'de konteyner terminallerine bağlanan her bir taşımacılık tipinin farklı özellikleri gösterilmiştir.

[1] İng. Farklı taşımacılık biçimlerini içeren ve birbirine bağlayan taşımacılık sistemi.

Tablo 3.1 Konteyner Terminaline bağlanan Taşımacılık Tiplerinin Özellikleri

	Deniz Taşımacılığı		***Demiryolu Taşımacılığı***	***Karayolu Taşımacılığı***
	Ana Hatlar	***Besleme Hatlar (Feeder)***		
Bir arada Taşınan Konteyner Miktarı	Büyük Yığın	Orta Büyüklükte Yığın	Küçük Yığın	Tekil
Servis Sıklığı	Düzenli, Periyodik			Düzensiz, Süreksiz
Elleçleme Süresi	Sınırlı			Sınırlı değil ama mümkün olduğunca kısa
Elleçleme Ön Planlaması	Mümkün			Neredeyse mümkün değil

Ana hat gemileri, konteyner taşımacılığının toplu taşımacılık görevini üstlenirler. Bununla birlikte, besleme (feeder) servisleri orta büyüklükte yığınlarla taşıma sağlarken, demiryolu taşımacılığı konteynerlerin nispeten küçük yığınlar halinde taşınmasında kullanılırlar. Karayolu taşımacılığı ise tekil konteynerlerin kapıdan kapıya taşımacılığında hızlı ve sıkça kullanılabilen teslim alma ve etme servisini sağlar. Karayolu taşımacılığını deniz ve demiryolu taşımacılığından ayıran en önemli özelliği, diğerleri gibi düzenli, periyodik ve katı bir tarifeye sahip olmamasıdır. Fakat deniz ve demiryolu taşımacılığında, karayolu taşımacılığının aksine, elleçleme prosedürü önceden planlanabilir.

Yine de elleçleme planlamasını yapmak kolay değildir çünkü nakliyeci ve alıcıların elverişli olup olmamaları, karayollarındaki trafik koşulları vb. faktörlere bağımlıdır ve bu tür geciktirici etkenlere rağmen elleçleme süresinin her koşulda olabildiğince kısa tutulması gerekmektedir. Terminal operatörlerinin kontrolleri dışındaki bu etkenler yüzünden, karayolu taşımacılığının ön planlamasını yapmak genellikle zordur ve hatta bazen imkansızdır. Taşımacılığın değişik biçimlerinin sahip olduğu değişken özellikler, konteyner terminalinin bir başka fonksiyonunu ortaya çıkartırlar. Konteynerleri belirli bir süre içinde tarifeleri önceden belirlenmiş ve bu tarifelerin değişmesi büyük mali zararlara sebep olacak büyük yığınlı konteyner servisleri, nispeten küçük yığınlı raylı taşıma sistemleri ve tekil ve süreksiz karayolu

taşımacılık servisleri arasında taşınmasını sağlamak için geçici konteyner depolama imkanlarının sağlanması gerekliliği kaçınılmazdır. Bu depolama alanları, konteyner taşıma biçimlerinin değişken etkilerini karşılamak üzere tampon görevi görürler. Bu depolama fonksiyonu, depolanan yükün zaman içinde değerini arttıran ambarların fonksiyonundan farklıdır.

Konteyner içindeki yükler, Tam Yüklü Konteyner (FCL[1]) veya içindeki yüklerin kaynak ya da varış noktalarının birden fazla olması halinde Tamdan az Yüklü Konteyner (LCL[2]) olarak taşınırlar. Her terminalde olması şart olmamakla birlikte konteynerler içindeki bu farklı orijinli ya da varışlı yüklerin birleştirilmesi ya da ayrıştırılması gerçekleştirilir. Terminalin tanımlanmış sınır koşullarına bağlı olmakla birlikte, bu işlem, terminal dışında üçüncü kişiler tarafından da gerçekleştirilebilmektedir.

Diğer üç işlevin başarımını destekleyen bir diğer fonksiyon ise yedekleme fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Örneğin, terminalde ve CFS'de[3] çalışan elleçleme ekipmanlarının denetim, kontrol ve tamir işleri, bir bakım atölyesince yürütülmelidir.

Tipik bir konteyner terminalinde olması gereken hizmet birimleri, yukarıda anlatılan dört fonksiyona göre sınıflandırılmış ve Tablo 3.2'de verilmiştir. Rıhtım ve apron, stok sahası, kapı sistemi ve kontrol kulesi gibi sistemler arası transfer fonksiyonunu ve kısmen istifleme fonksiyonunu sağlayan elemanlar ve; bakım atölyesi, yakıt istasyonu, trafo merkezi ve konteyner temizleme alanı gibi yedekleme fonksiyonunu sağlayan elemanlar, her konteyner terminalinin vazgeçilmezleridir.

Bunun yanında, boş konteyner sahası, konteyner tamir atölyesi ve yük birleştirme/ayrıştırmasının yapılacağı konteyner nakliye istasyonu (CFS) gibi hizmetler, bir konteyner terminalinde olması şart olan elemanlar değildirler. Bu servisler, konteyner terminalinin dışında ve terminalin alanına ve şekline dayanan ve Şekil 3.1'de gösterildiği gibi, sınır koşullarına bağlı olarak, tercihen terminale yakın bir yerde konumlandırılmalıdırlar.

---

[1] İng. "Full Container Load" kısaltması.

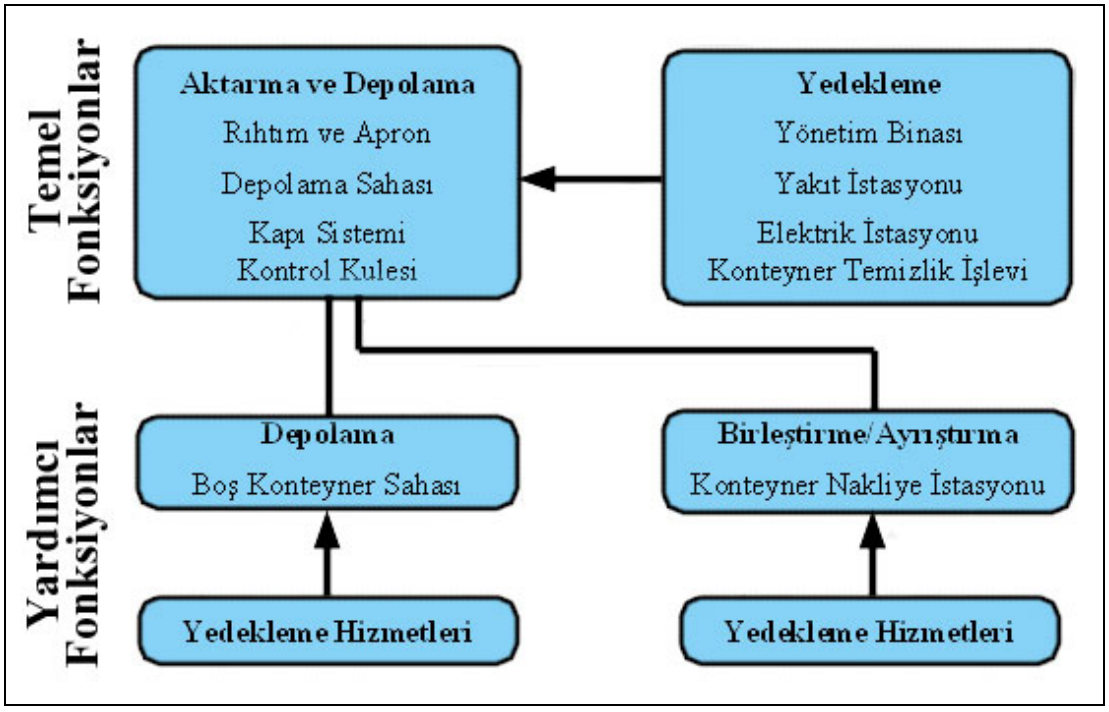
[2] İng. "Less than Container Load" kısaltması.

[3] İng. "Container Freight Station" kısaltması.

Tablo 3.2 Konteyner Terminalinin fonksiyonları ve hizmetler arasındaki ilişki

HİZMETLER	FONKSİYONLAR		
	Aktarma	Depolama	Birleştirme/Ayrıştırma
Rıhtım ve Apron	O		
Depolama Sahası	O	O	
Kapı Sistemi	O		
Kontrol Kulesi	O		
Yönetim Binası	Δ	Δ	Δ
Boş Konteyner Sahası		O	
Konteyner Nakliye İstasyonu (CFS)			O
Bakım Atölyesi	Δ	Δ	Δ
Yakıt İstasyonu	Δ	Δ	Δ
Elektrik İstasyonu	Δ	Δ	Δ
Konteyner Temizlik Hizmetleri	Δ	Δ	
Konteyner Tamir Hizmetleri		Δ	

Δ işareti, yedekleme fonksiyonunu gösterir.



Şekil 3.1 Konteyner Terminallerinin fonksiyonları arasındaki ilişkiler

Transfer fonksiyonu, konteyner terminalinin verimliliğiyle doğrudan ilgilidir ve istifleme fonksiyonu ise imkan dahilinde verimliliği destekler. Bir diğer deyişle, transfer fonksiyonu, konteyner terminalindeki dinamik aktiviteleri ifade ederken, istifleme fonksiyonu ise statik aktiviteleri kapsamaktadır.

4. KONTEYNER TERMİNALİ TASARIMI

4.1. Temel Kriterler

Konteyner terminali tasarımında, planlamasında ve elleçleme sisteminin seçiminde dikkat edilmesi gereken ana kriterler,

- Emniyet
- Basitlik
- Esneklik
- Maliyet verimi

olarak sıralanabilir. Belli başlı örnekler aşağıda verilmiştir.

Emniyet

- Liman içi trafik hatları olabildiğince tek yönlü olmalı ve kavşak oluşumları mümkün olduğunca önlenmelidir.
- Kara sahası konteyner elleçleme ekipmanlarına hizmet eden taşıma araçlarının trafiğiyle karayolu trafiği olabildiğince birbirinden ayrılmalıdır.
- Yayaların kullanımı için yol kenarlarında belli genişlikler bırakılmalıdır.

Basitlik

- Konteynerlerin elleçlendiği düğüm noktaları olabildiğince az tutulmalıdır, fazladan taşıyıcı değişikliğine meydan veren tasarımlardan kaçınılmalıdır.
- Kara sahası içindeki konteyner trafiği ve döngüsü olabildiğince basit olmalıdır.
- Evrak ve iş emri sistemleri basitleştirilmelidir.
- Her türlü elleçleme işlemi insan hatasına ve fazladan ekipman hareketine karşı olabildiğince basit olmalıdır.

Esneklik

- Çalışma programlarındaki beklenmedik değişiklikler olabildiğince çabuk düzene bindirilebilmelidir.
- İnsan hatalarına ve ekipman arızalarından doğabilecek kazalara karşı acil hareket planları düşünülmelidir.

Maliyet verimi

- Çalışanlar ve konteyner elleçleme ekipmanları sayısı dikkatli belirlenmelidir.
- Yanlış iş emri planlaması sebebiyle çalışanlar ve ekipmanların boş kalması olabildiğince aza indirgenmelidir.

Birincil derecedeki önem her zaman diğerlerinden bağımsız ve mutlak ihtiyaç olan emniyete verilmelidir. Trafik hatlarının genişliği, yaya yürüme boşlukları, vinçler arası mesafe, aydınlatma direklerinin ve yangın musluklarının yerleşimi vb. tasarım ayrıntıları bu başlık altında önem taşımaktadır. Sonuç olarak elleçleme masraflarında bir artışa sebep olsa dahi, emniyet maliyet açısından efektifliğin üzerinde durmalıdır. Diğer taraftan, basitlik, maliyet açısından efektiflik ve esneklik birbiriyle yakından ilişkide olan kriterlerdir. Fakat buna rağmen bazen, esneklik kriteri, basitlik ve mali efektiflik kriterleriyle ters düşebilmektedir.

Bu dört kriter, konteyner terminali planlaması ve operasyonunda büyük önem taşımaktadır. Fakat bu dördü karşısında, tasarımın performansının değerlendirmesini yapmak bir hayli zordur. Çoğu tasarım ve planlama probleminde olduğu gibi, terminal planlamasında da birden fazla alternatifi değerlendirip optimum çözümü seçmek yapılabileceklerin en doğrusudur.

Bu kriterler baz alındığında terminal operasyon sistemi, konteynerlerin taşınması ve istiflenmesi işlevlerinin optimize edilmesi yönünde kurulmalıdır. Bu durumda amaç, verimli bir elleçleme ve istiflenmiş konteynerlere kolay ulaşım olmalıdır.

Elleçleme sisteminin veriminden kasıt, rıhtımda ve sahada çalışmakta olan vinçlerin, bu ekipmanlarla beraber çalışan personelin ve kara tarafındaki kapı operasyonlarının verimi olmalıdır. Bu özellik, terminalin transfer fonksiyonunu doğrudan etkileyen bir faktördür.

Sahanın uygunluğuyla doğrudan alakalı olan, konteynerlerin istiflenmesinin optimizasyonu için konteynerlerin olabildiğince yüksek istiflenmesi gerektiği çok açıktır. Fakat konteynerlerin üst üste istif yüksekliğinin arttırılması beraberinde kara sahası ekipmanları için düşük verimi getirmektedir. Çünkü özellikle terminale kara tarafından gelen ve terminalden kara tarafına çıkartılacak konteynerler bir yığından çıkartılacaktır ve bu yığın ne kadar yüksek olursa yığını deşme operasyonu o kadar yüksek olasılıklı bir problemi de beraberinde getirecektir. Yoğun istifleme, aynı zamanda basitlik ve esneklik kriterleriyle çelişen bir durum ortaya koyacaktır. Günümüzde konteyner sahası istiflemesinde en gelişmiş ve yüksek hızlarda çalışan ve katta üst üste istif yüksekliği 6 konteynere kadar çıkan vinçler için bile optimum istif yüksekliği 4 katı geçmeyecek şekilde planlanmaktadır.

İstif sahası ihtiyacı ve yan hizmetlerin de gerekliği sebebiyle, günümüz konteyner terminalleri çok geniş bir alana ihtiyaç duyarlar. Fakat hiçbir zaman tasarımcının önüne konteyner terminali inşası için uygun miktarda alan geçmeyebilir. Özellikle günümüzde inşaat maliyetlerinin de durmaksızın artışı göz önüne alındığında yeterli miktarda alan elde etmek için deniz dolgusu yapılması ve büyüyen konteyner gemileri eğilimini karşılayabilmek için yeteri kadar derin rıhtımlar ve navigasyon kanalları hazırlamak gerekliliği karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple terminal sahasını olabildiğince optimum planlamak ve saha kullanımını maksimumda tutmak, hem yatırım maliyetlerini sınırlamak açısından hem de terminalin istifleme fonksiyonu açısından büyük önem arz etmektedir.

Yukarıda belirtilen hedefler arasından saha elverişliliği ve istiflenmiş konteynerlere erişim oranı, genellikle terminalin yerleşim planıyla ve konteyner elleçleme sistemiyle sınırlıdır, operasyon verimindeki artıştan olumlu yönde etkilenmeleri gözle görünür değildir. Diğer taraftan, terminalin konteyner elleçleme verimi, başlangıç planlamasından ziyade konteyner elleçleme ekipmanlarının boyutları ve üretkenlikleri, konteyner elleçleme prosedürünün iyi planlanmış olması gibi pratik hususlardan etkilenmektedir. Saha kullanımı ve konteynerlere erişim ise büyük ölçüde başlangıç planlamasına bağlıyken, konteyner elleçlemesinin verimi dinamik bir aktivite olup operasyona bağlıdır. Konteyner terminallerinin hedefleri ve temel elemanlarının

birbirine bağımlılığı kaçınılmazdır ve bu bağımlılık bazen birbirine faydalı bazen ise birbirine zarar veren etkiler göstermektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Konteyner Terminalinin amaçları ve kriterleri arasındaki ilişki

		Emniyet	Basitlik	Esneklik	Maliyet verimi
KT'nin Ana Kriterleri	Emniyet	-	↑	↘	↘
	Basitlik	↑	-	↘	↑
	Esneklik	↘	↘	-	↘
	Maliyet verimi	↓	↑	↘	-
KT'nin Hedefleri	Elleçleme verimi	↘	↑	↘	↑
	Konteyner Erişilebilirliği	↑	↑	↑	↘
	Saha kullanımı	↓	↘	↓	↑

↑ Birbirine genellikle olumlu etkisi olan

↓ Birbirine genellikle olumsuz etkisi olan

↘ Birbirine nadiren olumsuz etkisi olan

Daha önce de belirtildiği gibi emniyet her zaman birincil derecede öncelikli olmakla birlikte düşük saha kullanımına sebep olur ve bazen elleçleme verimiyle çelişir. Örneğin, kara sahası iç trafiği ile dışarıdan gelen kamyon trafiğini birbirinden ayırmak için tahsis edilen fazladan yollar konteyner istif alanında bir azalmaya sebep olur. Basitlik, genellikle diğer elemanlar ve hedeflerle olumlu etkileşim içindedir fakat bazı durumlarda saha kullanımına ters etki yapabilmektedir. Örneğin, saha içi trafik döngüsünü basitleştirmek için ekstradan bir yol düzenlenmesi konteyner istif alanından kayba yol açar. Esneklik, konteyner terminal operasyonlarında büyük önem arz eden bir eleman olsa da diğer kriterlerle ve elleçleme verimi ve saha kullanımıyla ters düşmeye müsait bir kriterdir.

Planlama aşamasında veya operasyonel halde olsun, konteyner terminallerinde esneklik konusunda aşırıya kaçmamak gerekmektedir. Maliyet verimi, konteyner elleçleme

verimini ve saha kullanımını iyileştirilerek elde edilebilecek bir kıstas olmakla birlikte, maliyet veriminde de aşırıya kaçmak emniyet ve esneklikten feragat etme yoluna doğru gidecek bir karar olacaktır. Aynı zamanda istifteki konteynerlere erişimde zayıflamaya sebep olacağı için konteyner elleçleme veriminde de düşüşe sebep olacaktır [11].

4.2. Konteyner Terminali Ekipmanları ve Elleçleme Sistemleri

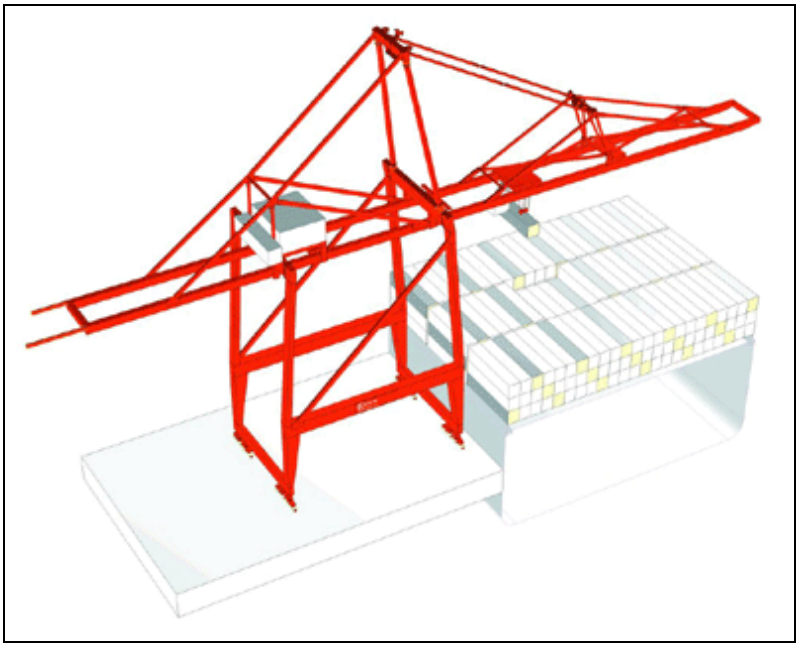
4.2.1. STS rıhtım vinci

STS[1] rıhtım vinçleri konteyner terminallerinin vazgeçilmez ekipmanlarıdır. QGC[2] veya Portainer[3] olarak da bilinen bu vinçlerin temel özelliği, gemiye doğru uzanan bomlarının üzerindeki raya monte ve rıhtıma dik doğrultuda hareket edebilen operatör kabinleri ve bu kabinle birlikte harekete eden vagona bağlı, konteyner indirme bindirme amacıyla özel olarak tasarlanmış spreader denilen cihazdır. Aynı zamanda bu vinçler rıhtım boyunca döşenmiş raylar üzerinde rıhtıma paralel hareket etmek üzere tasarlanmışlardır. Konvansiyonel mobil vinçlerden farklı olarak sadece konteyner elleçlemek için tasarlanmış olan bu vinçler elleçleme işlemini basite indirgeyerek saate ortalama 25 kutu yükleyip boşaltabilmektedirler (Şekil 4.1).

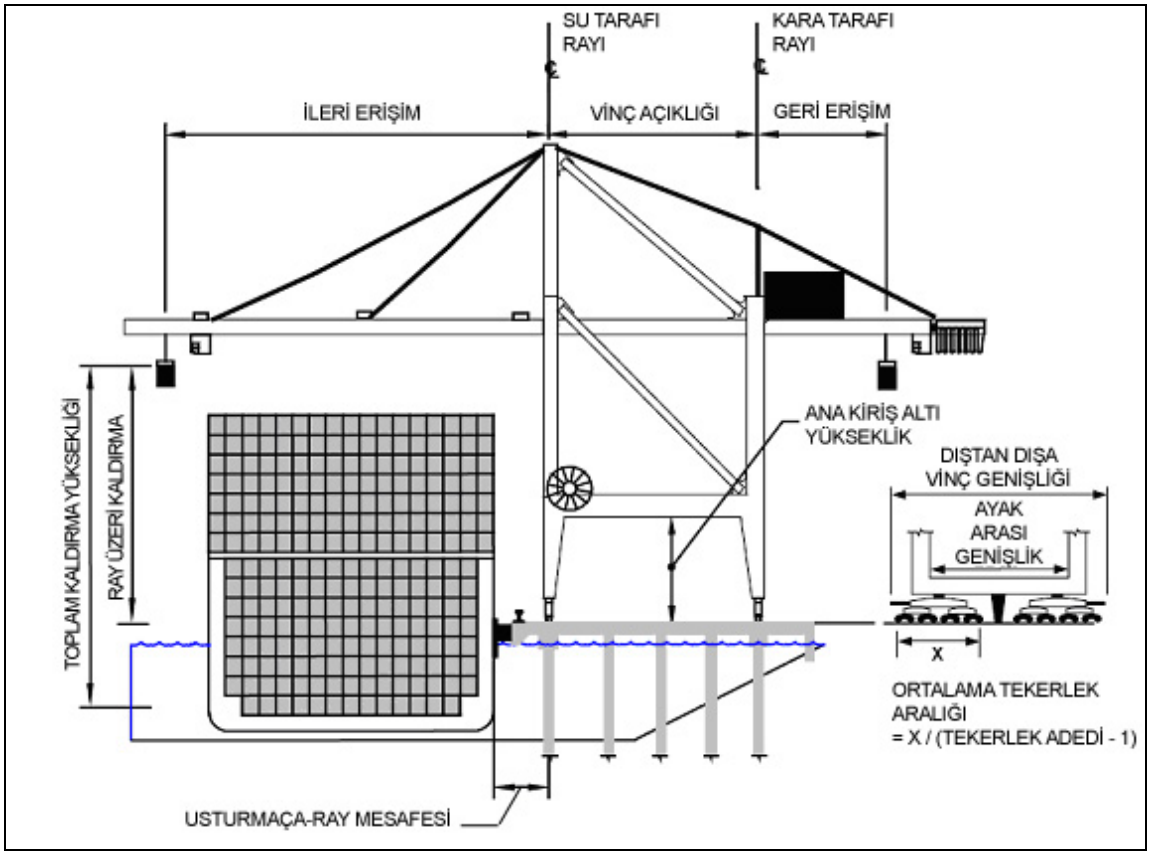
[1] İng. “Ship to Shore” kısaltması

[2] İng. “Quayside Gantry Crane” kısaltması

[3] Dünyanın ilk STS vinci üreten Paceco firmasının tescilli markası



Şekil 4.1 STS vincin genel görünümü [12]



Şekil 4.2 STS vincin kesit görünümü

STS vincinin temel özellikleri çoğunlukla terminalin kapasitesiyle yakından ilgili şartlara bağlıdır. Terminalin en can alıcı ve önemli noktasında en vazgeçilmez görevini üstlenen bu vinçlerin genel özellikleri terminalin planlanan kapasitesiyle doğrudan ilgili olarak belirlenirler (Şekil 4.2).

İleri erişim mesafesi olarak adlandırılan ve vincin gemiye dik doğrultuda elleçleme operasyonu yapmak için spreader'ın bağlı bulunduğu vagonun seyahat ettiği kısım, terminal planlaması sırasında öngörülen ziyaret edebilecek gemi boyutlarına bağlıdır. Panamax tipi gemiler için bu boyut en faza 30 metre civarında yani 12 konteyner boyunda olabilmektedir. Günümüz mega gemilerinin 18 ila 21 sıra konteyner istifleyebildikleri göz önüne alındığında son teknoloji bir STS vincin böyle bir gemiyi elleçlemek için yaklaşık 56 metre ileri erişim mesafesi olması gerekmektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 STS Rıhtım Vinçlerinin boyut özellikleri [12]

	İleri Erişim Mesafesi (Konteyner Sırası)			
	16	18	20	22
Vinç Açıklığı (m)	30.5	30.5	30.5	30.5
Ayak arası genişlik (m)	18.3	18.3	18.3	18.3
Ray üzeri kaldırma (m)	34	34	36	36+
Toplam kaldırma yüksekliği (m)	50	52	54	60+
Ana kiriş altı yüksekliği (m)	12	12-15	15	12-18
Dıştan dışa vinç genişliği (m)	27	24-27	24-27	24-27
İleri erişim (m)	45-47	50-52	56	60-65

Bununla birlikte, gemi boyutunun büyümesi, liman ve STS vinci açısından bir başka problemi de beraberinde getirmektedir. Konteyner gemilerinin boyutlarındaki artış beraberinde geminin servis gördüğü vakit, daha fazla konteyner yükleyip boşaltacağı manasına gelmektedir. Bu yük talebi artışı, beraberinde servis gören geminin rıhtımda kalma süresinin uzamasını getirmiştir. Fakat işletme maliyetleri çok yüksek olan bu gemiler, yine de düşük servis zamanları talep etmekte, dolayısıyla bu durum, STS vinçlerini her geçen gün daha hızlı ve efektif çalışmak zorunda olan can alıcı ekipmanlar haline getirmektedir.

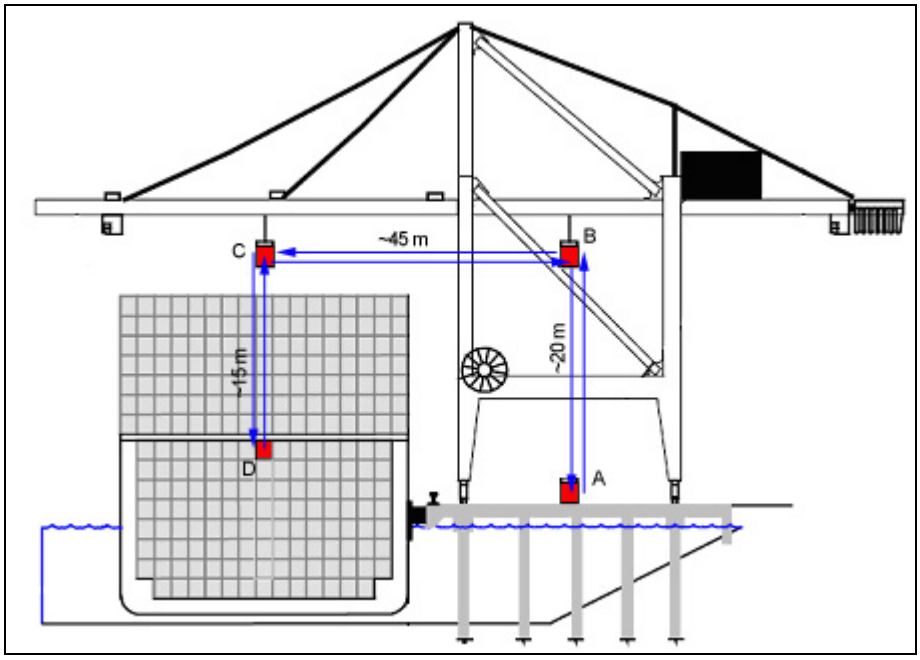
Vinç açıklığı, STS vincin statik olarak dengede duruşuyla ilgilidir. Hizmet verilecek gemi boyutu arttıkça ileri erişim mesafesinin de artmasıyla birlikte vincin dengesini sağlamak ve ayak yüklerini azaltmak adına bu açıklık da artmaktadır. Aynı zamanda, yüklenen/boşaltılan konteynerlerin elleçlendiği alan olan bu açıklık önceleri yaklaşık 18 metre civarında iken şimdilerde 30 metre kadar büyümüştür. Bu açıklığın içindeki ana kiriş altı yüksekliği ise doğrudan doğruya limanın istifleme sistemiyle alakalıdır. Eğer ki terminalde istifleme için Straddle Carrier tipi ekipmanlar kullanılıyorlarsa, bu ekipmanların yükseklikleri, hesaba katılarak STS vincin ana kiriş yüksekliği belirlenir. Esas olarak vincin statik yapısının en önemli elemanlarından biridir.

STS vincin geri erişimi ise normalde konteyner elleçlemek için kullanılmamalıdır. Bu bölgeye sadece gemilerin ambarlarıyla güverteleri arasında, güverte üzerindeki konteynerlerin ambar içindeki konteynerlere uyguladığı statik baskıyı hafifletmek üzere konulan ambar kapaklarını istiflemek gerekir. Ambar kapakları, alternatif olarak vincin üzerine monte edilecek bir tabla üzerinde de istiflenebilir fakat bu halde operasyonun esnekliği azaltılmış olur çünkü ambar kapağını kendi üzerinde istifleyen vinç, üzerindeki ambar kapağını tekrar yerine koymadan bir başka kapağın bulunduğu kısımda çalışmaya geçemez.

Daha önce de belirtildiği gibi gün geçtikçe daha hızlı konteyner elleçlemesi beklenen STS vinçleri, bununla paralel olarak teknolojik gelişmelerden nasibini almakta, çok detaylı çalışmalar yapılarak optimum seviyede konteyner terminaline hizmet verecek halde üretilmektedirler. STS vinci, spreader'a kilitlenerek gemiden sahaya ve sahadan gemiye taşınan konteynerlerin daha fazla üretkenlikle elleçlenmesi için, taşıyıcı kablolarıyla ileri geri hareket eden vagonun altında bir sarkaç gibi davranan konteynerin sallanmasını engelleyecek "anti-sway" sistemiyle donanmıştır.

STS vincin verimliliği konteyner terminalinin verimliliğidir. Terminalin tasarımında vincin hareket miktarının hesaplanması, vinç adedinin belirlenmesinde ve terminalin yıllık hedeflenen hacmini karşılayabilmesinde büyük rol oynar.

Vincin saat başına yapacağı hareket aşağıdaki şekil yardımıyla yapılır.



Şekil 4.3 Vincin saatlik hareketi için kabul edilen ortalama rota

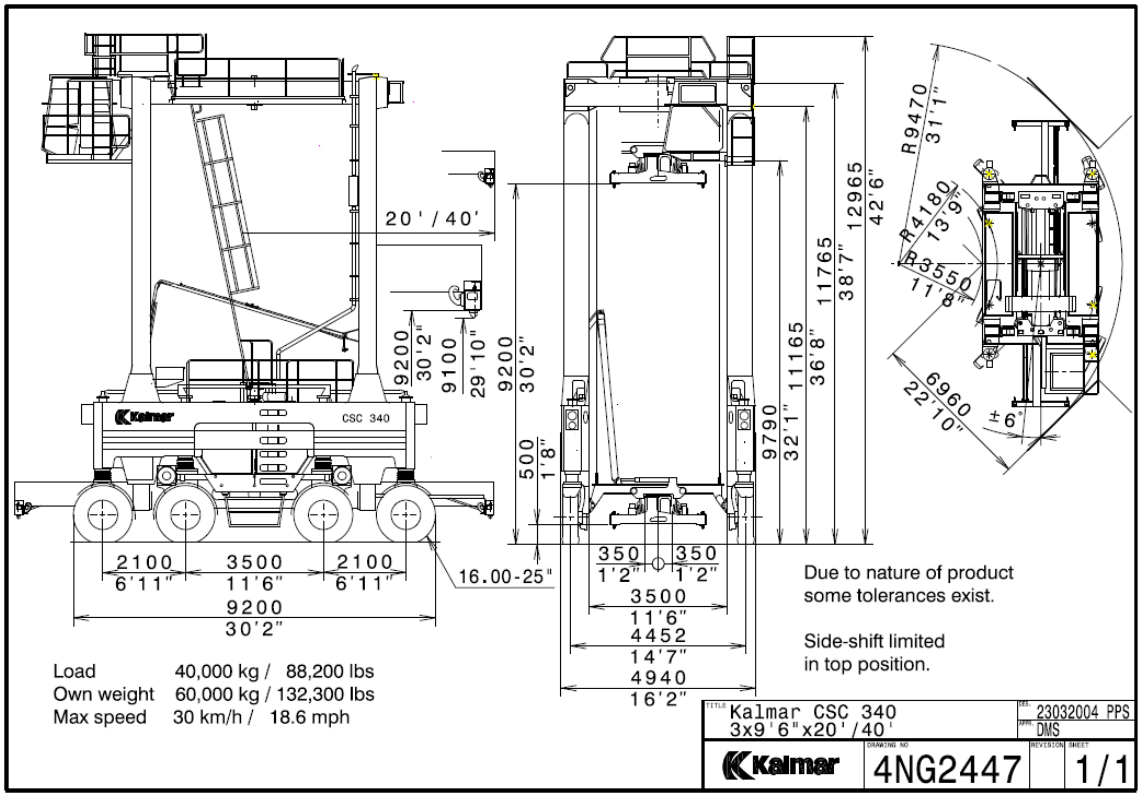
Şekle göre bir yükleme/boşaltma turu için vagon, A-B-C-D yolunu konteynerle beraber, D-C-B-A yolunu ise boş halde alacaktır. Vincin kaldırma hızı doluyken 75 m/dak, boş iken 150 m/dak ve vagonun seyahat hızı 200 m/dak olarak alındığında hesaplanan hareket sayısı, yaklaşık 30 hareket/dak olmaktadır.

Fakat bu hesaptan ortaya çıkan değer, limanın rıhtım elleçleme kapasitesinde kullanılamaz. Rıhtımda elleçlenecek konteyner adedinin hesabında, ambar kapağı elleçleme hareketleri, vincin gemi doğrultusunda pozisyon alma hareketleri vb. Kayıplar göz önüne alınmalıdır. Bu konuya Bölüm 4.3.1'de tekrar dönülecektir.

4.2.2. Saha vinçleri

Günümüzde tüm dünya konteyner terminalleri, çok büyük olan ve işçilik maliyetlerinin gelişmekte olan ülkelere nazaran yüksek olduğu Avrupa ülkelerinde son 5 yılda kullanılmaya başlanmış olan otomatik yönlendirilen araçlar haricinde, sahada konteyner istiflemesinde kullanılmak üzere iki ana operatörlü ekipmanı tercih etmeye başlamıştır.

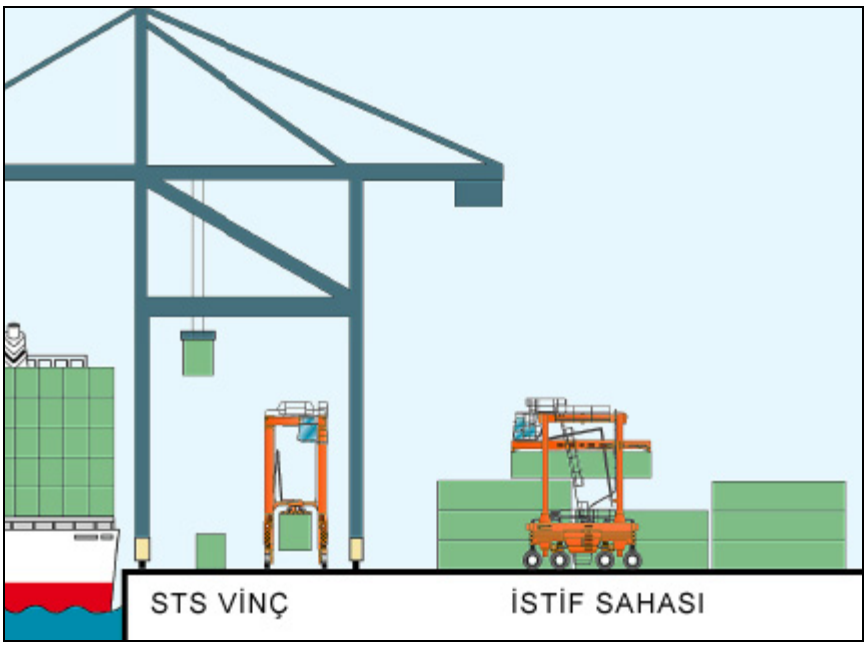
Bunlardan birincisi "Straddle Carrier" denen ve genel görünüşü şekilde verilen ekipmandır.



Şekil 4.4 Straddle Carrier teknik çizimi [13]

Bu sistemde, STS vinç, rıhtımda konteyneri direk olarak yere bırakır ve SC'ler konteynerleri buradan alıp stok sahasına götürürler. İhraç konteyneri için ise bu akışın tersi gerçekleşir. Hem STS vinç, hem de SC bu sistemde birbirinden bağımsız olarak çalışır ve birbirini beklemek zorunda değildir. Konteynerlerin STS vinçten treylerlere yüklenmesi için treylerin üzerine yerleştirme sırasında kaybolan zaman bu sistemde STS vincin maksimum hızda çalışmasına olanak sağlayacak şekildedir. Normal olarak saatte 15 konteyner elleçleyebilen bu sistemde her STS vinç başına 2–3 adet SC düşer.

Stok sahasında operasyonu için en fazla 3 tane üst üste istif yapabilen bu ekipman, konteyner sıraları arasında yaklaşık 2 metrelik koridorlara ihtiyaç duyar ve optimum olarak boyuna dizilmiş 10-20 TEU'luk konteyner sırasında ve 40-50 konteyner genişliğinde bloklarda çalışır.

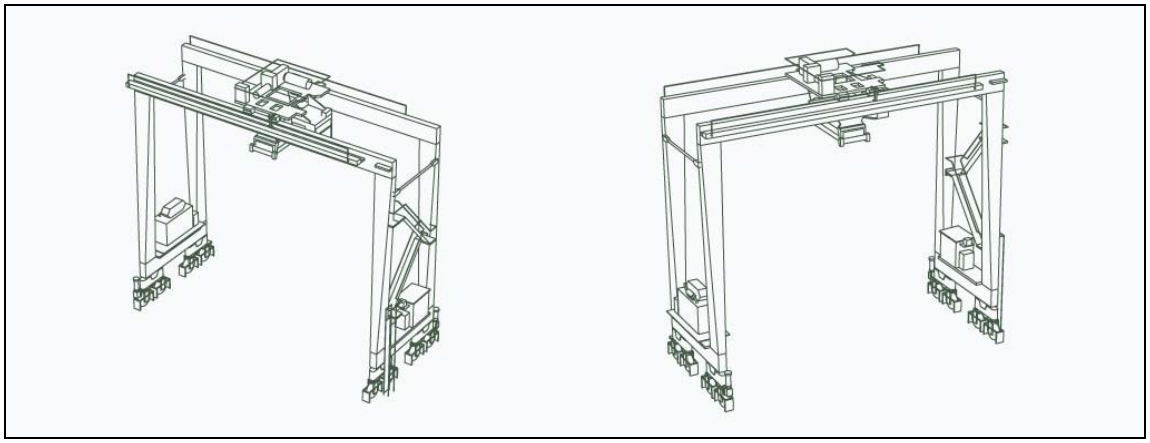


Şekil 4.5 Tipik SC operasyon döngüsü

Bir diğer yaygın depolama ekipmanı ise RTG[1] olarak anılan, SC'ye konsept olarak çok benzeyen fakat farklı olarak sadece istif sahasında doğrusal hareket yapan ve SC'ye göre daha yüksek ve geniş blokları bacakları arasına alarak alan kullanımını arttıran vinçlerdir (Şekil 4.6).

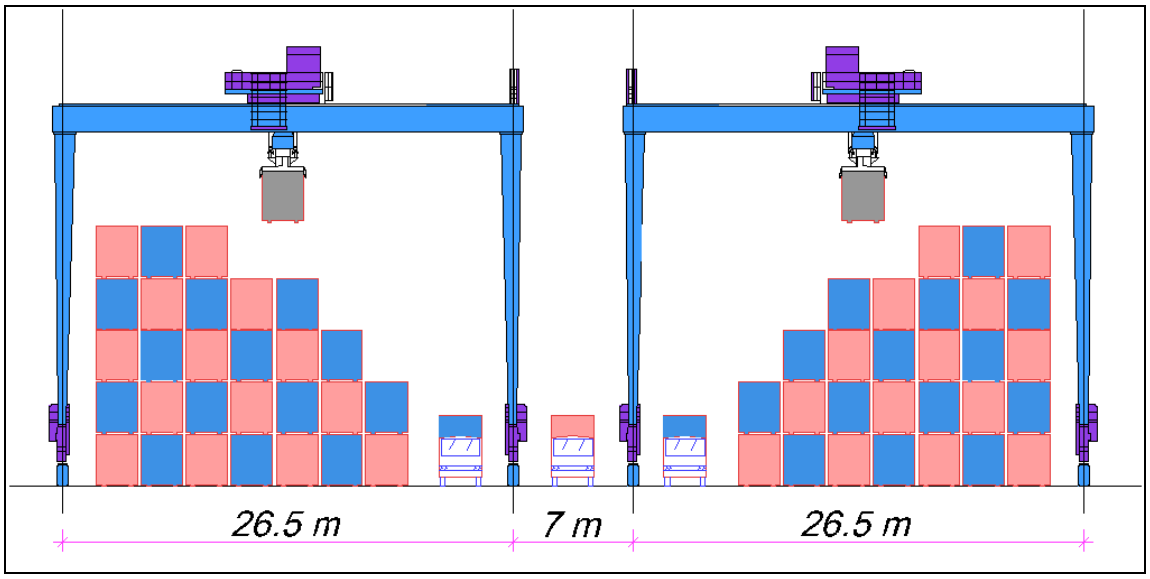
Bu vinçlerin operasyonunda konteynerleri rıhtımla istif sahası arasında taşıyan treylerler görev alırlar. STS vinci, ithal konteyneri rıhtımda kendisini bekleyen treylerin üzerine bırakır ve bu treyler de konteyneri istif sahasına götürerek RTG'nin altında park eder. RTG konteyneri istif bloğuna yerleştirir. İhraç konteyner için ise bloktan treylere RTG tarafından yüklenen konteyner, rıhtıma giderek, konteynerin STS tarafından gemiye yüklenmesi için sıraya girer.

[1] İng. "Rubber Tyred Gantry" kısaltması



Şekil 4.6 Tipik RTG Vinç

RTG vinçler ile 5–8 arası genişlikte ve 4–8 arası yükseklikte konteyner bloğu istiflenebilmektedir (Şekil 4.7). Bu şekilde bir yerleşim SC'den daha yüksek bir saha kullanım oranı vermekte fakat bunun yanında SC'nin rıhtımda vinçlerin bağımsız çalışmasına olanak sağlıyor olması avantajı kaybedilmektedir. RTG bloklarının arasında yaklaşık 300-400 mm mesafe konulmakta, yerleşim ise tipik olarak ortalama 500 TEU'luk bir bloğa bir RTG vinç düşecek şekilde düzenlenmektedir.



Şekil 4.7 RTG vinçlerin saha yerleşimi

RTG'lerin temel avantajı, alanı çok verimli kullanıyor olmaları ve özellikle ihraç oranı yüksek terminallerde 5-7 konteyner kadar yüksek istifleme yapılmasına olanak

sağlamasındadır. Bu şekilde RTG sisteminin yıllık istif kapasitesi, 30.000 TEU/ha/yıl olabilmektedir.

Bir başka yaklaşım ise her iki sistemin iyi yönlerini bir arada toplayan yani istif sahasında RTG kullanılan fakat konteynerleri rıhtım ile saha arasında taşımak için de treyler yerine "Shuttle Carrier" kullanan sistemdir. Shuttle Carrier, SC'ye çok benzeyen fakat sadece tek konteyner yüksekliğinde olan bir ekipmandır ve SC sistemi gibi kurulum maliyeti RTG sisteminkinden düşüktür. Bunun yanında bu şekilde, rıhtım vinçlerinin saha ekipmanlarından bağımsızlığı ve operasyonun ve kapasitenin maksimum verimi elde edilmiş olur.

Son yıllarda tüm dünyadaki konteyner terminalleri bu iki sisteme geçmeye başladıysa da hala forkliftler ve benzer görevi gören Reach-Stacker ekipmanları da kullanılmaktadır. Tablo 4.3'de RTG ve SC sistemleriyle birlikte tamamen Forklift kullanan sistemin de karşılaştırması verilmiştir.

4.3. Konteyner Terminalinin Planlama Aşamaları

Konteyner terminali planlaması süreci genellikle liman otoritesince yürütülen ve tüm limanın planlama süreci içinde yer alan bir prosedürdür. En önemli nokta, toplam rıhtım uzunluğunun ve terminal için ihtiyaç duyulan toplam alanın tayini işleridir. Bunun için öncelikle limanın bulunduğu bölgedeki kargo trafiğinin geçmiş yıllara dayanan verilerle tahmininin yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla, konteyner trafiği tahmini işi, ekonominin makroskopik analizi ve hinterlandın ticaret hacmi gibi faktörlerle doğrudan ilintilidir.

Konteyner terminali planlamasına temel yaklaşım, genellikle "Master Plan"lama veya açıklanmış adıyla kısa dönem gelişim planlarının birleştirilmiş olduğu bütünleşik planlamayla başlar. Bu yaklaşımın detaylandırma derecesi genellikle tasarımı yapılan tesisler bütününün fonksiyonları dolayısıyla liman otoritesince öngörülmüş temel hedeflere bağlıdır. Bu detaylandırma, limanın sektörle rekabet derecesi ve finansal kaynakların etkileri gibi faktörlere bağlıdır. Eğer limanın detaylı planlaması sonucunda limanın bir gelişme projesine ihtiyaç duyduğu ortaya çıkarsa, limanın detaylı planlamasının (uzun dönem gelişim planlaması) gerekliliği ortaya çıkacaktır.

Tablo 4.3 Elleçleme sistemlerinin karşılaştırması

Elleçleme Sistemi	**Avantajlar**	**Dezavantajlar**	**Kullanım Alanı**
RTG Sistemi	-Yüksek saha kullanımı verimi -Yüksek istif kapasitesi Emniyetli	-Az esneklik ve basitlik -Yüksek yatırım maliyeti -İstenen konteynere erişim zorluğu	-İthal/ihraç konteyner dağılımı dengesizken -Ana terminaller için uygun
SC Sistemi	-Esnek operasyon -Düşük kurulum maliyeti -Erişilebilirlik ve saha kullanımı arasında dengeli	-Emniyeti az -Bakım onarım masrafları yüksek -Zemin inşaat maliyeti yüksek	-İthal/ihraç konteyner dağılımı dengeli iken -Büyük hinterlandlı tali gemi hattı kabul eden terminal için
FLT Sistemi	-Düşük başlangıç maliyeti Düşük bakım onarım maliyeti	-operasyon basit, esnek ve emniyetli değil Zemin iyi olmalı	-İthal/ihraç konteyner dağılımı dengesizken Küçük terminaller için

Planlama hazırlık çalışmaları genel hatlarıyla aşağıda belirtilmiştir [14].

1. *Piyasa Araştırması.* Limanın hizmet sunduğu/sunacağı hinterlanda ait piyasalarla, çevre halkla ve son kullanıcılarla, endüstriyel gelişimle ve tarımsal alakayla ilişkisinin araştırılması başlığını kapsar. Ayrıca limanın çevreye getireceği değişiklik ve etkiyle birlikte talep değerlendirmesi ve öngörü çalışmaları da bu kapsam içine girer. Genellikle liman otoritesince yürütülen ve geliştirilen bir adımdır.

2. *Liman Ara yüz Envanteri ve Kapasite Çalışması.* Halihazırdaki tesislerin ve ekipman envanteri geliştirme çalışmalarını kapsar. İntermodal hizmet tesisleriyle birlikte var olan işletme sistemlerinin incelenmesi ve bir liman operasyon modelinin ortaya çıkarılmasıyla birlikte öngörülen liman kapasitesinin tespiti çalışmaları da bu başlığın takip eden adımlarıdır.

3. *Taşımacılık Çalışması.* Kara ve demir yolu bağlantılarının ve aynı zamanda besleme gemi taşımacılığı hatlarının tespitiyle birlikte bu taşımacılık ağlarının incelenmesi ve gelecek öngörüleri çalışmasını ifade eder.

4. *Teknoloji Değerlendirmesi.* Halihazırdaki liman elleçleme sistemlerinin incelenmesi, özellikle intermodal kargo transfer ekipmanlarında teknolojik eksikliklerin ortaya çıkartılması ve ekipman teknolojisindeki gelişmelerin tahminleriyle ilgili bir başlıktır.

5. *Liman Talep Çalışması.* Bölgedeki geçmiş yıllara ait kargo trafiğinin istatistiği yardımıyla ekonomik ve diğer belirgin etkenlerin hesaba katılarak planlanan limanın kargo talebinin tahmini çalışmasıdır.

6. *Mühendislik Çalışmaları.* Saha incelemeleri, hidrografik, meteorolojik, topoğrafik ve diğer etken olabilecek çalışmaların yapılması işlerini kapsar. Proje sıfırdan yapılıyor ya da halihazır bir liman üzerinde bir gelişme planlanıyor olsa da yapılacak bir saha kullanım ve çevresel etki değerlendirme çalışması bu başlığın son fakat en önemli adımlarıdır.

7. *Kısa Dönem Gelişim Planı.* Genellikle 3 ila 5 yıl aralığındaki ekipman teknolojisindeki ve operasyon sistemindeki gelişimin öngörüldüğü, tesis

sistemlerindeki olası değişimlerin adapte edildiği ve birden fazla alternatifin el verilen bütçe dahilinde kağıda döküldüğü bir adımdır.

8. *Uzun Dönem Gelişim Planı.* Kısa dönem için yapılmış olan plan sonucunda elde edilmesi gereken birden fazla alternatifle birlikte bu alternatifler veya zamanı geldiğinde çalışması yapılarak daha makul değerlendirilebilecek başka alternatiflere geçişe olanak sağlayabilecek esneklikte ve daha uzun bir dönem içinde ortaya konulan karar verme noktaları ortaya koyabilen bir planlama çalışmasıdır.

Bu hazırlık aşamasından sonra, yapılacak herhangi bir gelişim veya yeniden planlama sürecinin de tabi olduğu gibi liman planlama süreci de Frankel'in belirttiği şekliyle aşağıdaki ana başlıklardan oluşur. Bu başlıklar genel olarak günümüz konteyner terminali planlama adımlarının temelini oluşturmaktadır.

1. *Liman Gelişimi için Ekonomik Anket.* Planlanan limana ve çevredeki limanlara ait ekonomik ve taşımacılıkla ilgili bir veritabanının oluşturulması. Bu veritabanı sayesinde bölgedeki kargo trafiğinin hacmi, taşınan yüklerin çeşitleri ve biçimlerinin sınıflandırılması yapılır. Bu sayede bölgenin kargo trafiği talebinin tahmini yapılabilir ve ekonomik yönlenmeler izlenebilir.

   a. *Ekonomik yük trafiği veritabanı.* Halihazırdaki çevre limanların kapasite, kullanım vb gibi verilerinin bir araya toplanması.

   b. *Ekonomik hareketliliğin gelişimi.* Ekonomik gelişimi etkileyen faktörlerin belirlenmesi.

   c. *Ticaret gelişimi analizi.* Dünya, ülke ve bölge ticaretinin geçmiş yıllardaki değişimi ve politikalar; arz/talep analizi; ticaret rekabetini de hesaba katarak yapılabilecek ticaret hacmi gelişimi ve etkileşimi analizi; önemli mallar ve servislerinin ticaret rotaları; hinterlanddaki ekonomik gelişme; arz/talep dengesinin bu faktörlere göre yorumu.

   d. *Ürün akışı analizi.* Çıkış/varış analizi, halihazırdaki ürünlerin taşımacılık biçimleri ve hangi biçimin ne kadar oranda olduğu (konteynerizasyon); taşımacılık hacmine bu oranların etkisi.

2. *Taşımacılık Sistemi.* Taşımacılık sistemlerindeki kompozisyonun analizi, operasyon yöntemi, verimlilik ve var olan taşımacılık sistemlerinin maliyet analizi bu başlığa ait olan çalışmaların ana fikrini özetlemek için kullanılabilir.

   a. *Su taşımacılık sistemi.* Açık deniz ve yakın deniz taşımacılığı; nehir taşımacılığı; ara yüzler; teknoloji; kapasite; hizmet seviyesi; maliyetler; servis frekansı vb.

   b. *Demiryolu taşımacılığı.* Demiryolu ağı; rotalar; ekipmanlar; hizmet seviyesi; maliyetler; servis alanları; ara yüzler; kapasite.

   c. *Karayolu taşımacılığı.* Karayolu ağı; taşıyıcı araç sayısı ve istatistiği; taşıyıcı servis rotaları; şebekeler arası bağlantı kullanımı; rota ve halihazır karayolu kapasitesi; taşınan yük hacmi ve kullanım oranı; kalkış/varış noktaları; maliyet

3. *Gemi Nakliyeciliği Seyrindeki Değişimler.* Gemi nakliyeciliği, yük elleçleme teknolojilerindeki ve operasyon yöntemlerindeki değişimlerin incelenmesi ve bunların gemiciliğin gidişatına dolayısıyla gemi trafiğine olan etkileri bu başlık altında incelenmelidir.

   a. *Ürün akışı ve ürünün taşınma şekli.* Taşınan malların tipleri; fiziksel biçimleri; özellikleri; elleçleme gereksinimleri; değerleri; akışları; kullanımları

4. *Deniz ve kara taşımacılığı teknolojilerindeki değişimler.*

   a. Gemi tiplerindeki ve karakteristiklerindeki değişimler, gemi boyutları, gemi hızları, su kesimleri, navigasyon ve kontroller, operasyon yöntemleri, işçilik, işletme maliyetleri, yatırım maliyetleri, sektördeki hiyerarşik yönetim, kara taşımacılığı için de benzer özellikler

5. *Yük Elleçleme, Aktarım ve Depolama.* Kargo elleçlemesi için fiziksel ve operasyonel yöntemler; kargo elleçleme teknolojisindeki değişimler, maliyetler; kapasite

   a. *Yük elleçleme ve depolama teknolojisi.* Kullanımdaki ve gelecekten kullanımda olması olası liman projelerine ait teknolojinin incelenmesi

   b. *Yük elleçlemesi için güncel yöntemlerin incelenmesi.* Rıhtım işçiliği; depolama; aktarım; yük emniyeti

c. Gümrükleme, dokümantasyon ve yük bilgileri. Veri tabanı ve dokümantasyon; gümrükleme ve diğer formaliteler; denetim işlemleri; yük kodlaması ve işaretlemesi; bilgi işlem sistemleri; yük akış kontrolü

d. Komisyoncu, banka ve pazarlama işlemleri. Hali hazırdaki yöntemler; uygun komisyoncular; standart yüzdeler; pazarlama stratejileri; finansman

6. *Liman Tesislerinin Envanteri ve Operasyon Analizi.* Her türlü ekipmanın, operasyon yöntemi ve bakım prosedürleri dahil tüm tesislerin analizi; var olan problemlerin ayrıştırılması ve çözümleri için kısa dönemli önerilerin geliştirilmesi

a. Liman tesisleri ve ekipman envanteri. Rıhtımlar; iskeleler; yükler; mobil ekipmanlar; usturmaça sistemi; haberleşme sistemi; açık ve kapalı istif alanları; liman içi trafik sirkülasyon anayolları; bakım tesisleri; işçi eğitim tesisleri; kapılar gibi. Bu tesislerin ve ekipmanların durum analizleri

b. Operasyon yöntemleri ve bakım prosedürleri. Çalışma kuralları; işgücü bölümlendirmesi; operasyon prosedürleri; işletme kontrolleri; bakım prosedürleri; işgücünün varlığı; organizasyon gibi

c. Üretkenlik ve kapasite. Üretkenlik; tesislerin kullanımı ve kapasiteleri; ekipmanların kullanım ve kapasiteleri; ekipmanların teknolojisini ilerletmenin kapasite ve üretkenliği etkisi; maliyet analizli hedeflenen trafiği yakalamak için yapılan kısa dönemli öneriler

7. *Halihazırdaki tesislerin analizi ve gelecek ihtiyacı.* Var olan tesislerin yeterliliğinin araştırılması ve gelecekteki gereksinimlere ve hedeflenen trafik hacmine yetip yetmeyeceğinin araştırılması

a. Halihazırdaki tesislerin yeterliliği. Detaylı üretkenlik; bugünkü tesislerin ve ekipmanların gelecekteki taleplerin değişen değerlerine karşı durumlarının maliyet ve kapasite yönünden analizi

b. Kısa dönemli gelişme önerisi. Yakın dönem ihtiyaçlara cevap verebilmek için tesislerde ve ekipmanlarda yapılabilecek iyileştirmelerin gözden geçirilmesi ve alt yapıda büyük değişiklik yapmadan sadece ekipman yenilemesi veya güncellemesiyle bu hedeflerin ulaşılabilirliğinin incelenmesi

8. *Mühendislik çalışması.* Uygun yerin, konfigürasyonun ve genel yerleşim planlarının tespiti için ön mühendislik çalışması

   a. *Hidrografik değerlendirme.* Liman ve çevresi için hidrografik verilerin incelenmesi; dalga; rüzgar; akıntı ve gelgit etkileri; kıyı sürüklenmeleri; sediment birikmesi ve akışı; deprem gibi

   b. *Alan kullanımı ve erişilebilirlik çalışması.* Potansiyel teknik gelişimler için topoğrafik verilerin incelenmesi; alan kullanımı çalışması; erişilebilirlik çalışması; varsa var olan zemin etütlerinin incelenmesi; alan kullanımına dair ön çalışma

   c. *Gemi navigasyonel kısıtlamaları ve gereksinimleri.* Gemi manevra karakteristikleri; gemilerin öncelikleri ve trafik kontrolü; navigasyon kanallarının tespiti gibi

9. *Liman Gelişim Alternatiflerinin Belirlenmesi.* Alternatif gelişim planlarının ve bu alternatiflerin kendi içlerindeki sıralamalarının belirlenmesi.

   a. *Halihazırdaki tesislerin genişletilmesi*

   b. *Yeni tesisler*

   c. *Yeni gelişim alanları*

   d. *Alternatif gelişimlerin fayda/zarar analizi*

10. *Finansal Çalışma.* Limanın operasyon ve yönetim departmanlarının finansal yönlerinin incelenmesi; fiyatlandırma ve derecelendirme değerlendirmesi; ücretlendirme yönleri; yönetimsel prosedürler

    a. *Operasyon departmanının giderlerinin analizi.* Servislerin maliyetleri; iç transferler; bütçelendirme

    b. *Operasyon departmanının gelirlerinin analizi.* Gelirlerin kaynakları; fiyatlandırma esasları; ödeme yöntemleri

    c. *Ücretlendirme politikası.* Hizmetlerin ücretlendirmesi; indirim politikaları ve belirli taraflara fiyatlandırma yöntemleri; rekabet ve diğer faktörler

    d. *Nakit akışı analizi.* Nakit akışı, kar, yatırımın geri dönüşü ve iç verim oranı

e. *Rekabet analizi.* Alternatif ücretlendirmeler; alternatif finans yöntemleri; finansal gelişim programı için kapasite

11. Çevresel Etki Değerlendirme. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi; liman gelişiminin ve gemicilik sisteminin etkileri; beklenen ticari hacmin etkileri

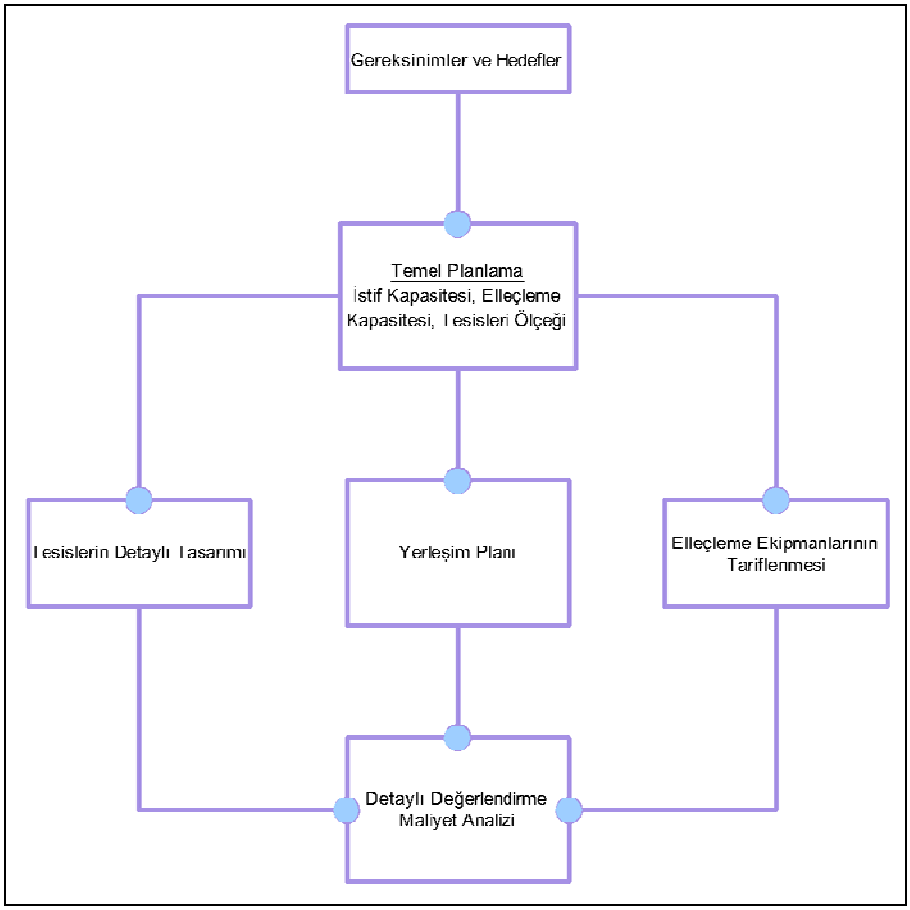
a. *Çevresel etki, koruma ve korunma.* Su, hava ve ses kirliliği (büyüklük derecesi, kontrolü, etkilenen kaynaklar, endüstriye ve topluma etkileri vb); sedimantasyon ve deniz ekolojisi; tarihi ve doğal yerlerin belirlenmesi; suyolu etkileşimleri ve kıyı rekreasyonlarıyla ilişkisi

b. *Toplumsal etkileri.* Kültürel karakter ve denge; yerleşim yerleriyle ilişki; koruma, sağlık ve emniyet; kamu hizmetleri; estetik yapı ve uyumluluk; çevreye ters etkiler; koruyucu önlemlerin belirlenmesi

c. *Kaynak ayrımı.* Halihazır kaynakların envanteri; geri döndürülemez etkilerin analizi; doğal kaynakların dengesi

Burada belirtilen maddeler, liman planlama prosesinde yer alan ana araştırma konularının başlıklarıdır. Her ne kadar, belirtilen adımlar genel olarak tüm limanlar için verilmiş olsa da, konteyner limanları için belli başlı planlama prosedürlerinin kapsamı da bunların içindedir.

Bir kere temel planlama adımları ve dayanak noktaları belirlendikten sonra, detaylı planlama ve tasarım işi, .Şekil 4.8'da gösterildiği gibi olmalıdır.



Şekil 4.8 Konteyner Terminali tasarım prosedürü akış diyagramı

Temel planlama, içinde ihtiyaç duyulan depolama kapasitesinin hesabını, ihtiyaç duyulan yıllık elleçleme kapasitesinin hesabını, konteyner elleçleme sisteminin seçilmesini, konteyner elleçleyecek ekipmanların sayılarının belirlenmesini ve kapı gibi tesislerin ölçeklendirilmesini barındıran bir grup çalışmadır. Ardından devam edilmesi gereken üç farklı iş kolu vardır ki, bunlar terminalin yerleşim planının belirlenmesi, CFS, bakım atölyesi, kapılar gibi tesislerin detaylı tasarımı ve rıhtım ve depolama vinçlerinin özelliklerinin belirlenmesi işleridir.

Bu aşama tamamlandıktan sonra taslak tasarımın, başlangıçtaki şart koşulan hedeflere ve gereksinimlere uygunluğu kontrol edilir ve bu onaylandıktan sonra konteyner elleçleme işlemlerinin çok detaylı bir maliyet analizi yapılarak gerekirse taslak tasarım yeniden şekillendirilip optimum halini almalıdır.

İstifleme kapasitesi (TEU) ve yıllık elleçleme kapasitesi (TEU/yıl) değerleri, konteyner gemilerinin varsayılan ziyaret davranışlarına, bu ziyarette yüklenen/boşaltılan konteyner adedine ve kara tarafından konteyner geliş kalıplarına göre hesaplanarak terminalin anahtar özellikleri belirlenmiş olur.

4.3.1. Genel planlama esasları

Detaylı kapasite analizine geçmeden önce, belli başlı ampirik ve yaklaşık kapasite hesabı yöntemlerine değinmek gereklidir. Bu yöntemler avam planlama sırasında kapasitenin veya diğer belirteçlerin dereceleri hakkında fikir vermesi açısından önemlidir.

Rıhtım Kapasitesi

Bölüm 4.2.1'de anlatılan STS konteyner vinçlerinin elleçleme oranlarının tüm terminalin elleçleme kapasitesini belirlemekte kullanılabilecek önemli bir belirteç olduğu söylenebilir. Daha önce de belirtildiği gibi yaklaşık 30 hareket/saat kabiliyeti olan bu vinçlerin rıhtımda geçirdikleri süre boyunca verimlerinde düşüşe sebep olan bazı operasyonel zorunluluklar veya keyfi etkenler vardır. Bunların etkisini, bir örnek olay incelemesiyle irdeleyelim.[15]

24 saat 365 gün çalışan bir limanda rıhtımların bütün bu süre boyunca dolu olması muhtemel değildir. Örnek limanda bütün bir yıl boyunca gemilerin yanaşmış olduğu zamanların yüzdesi (rıhtım işgal oranı) incelendiğinde %71 olduğu saptanmıştır. Fakat bu süre boyunca gemi rıhtımda bulunuyor olsa da, bu sürenin bir kısmında bağlama işlemleri, yanaşma prosedürleri gereği de bir miktar zaman kaybı oluşmaktadır. Bu zaman kaybı sebebiyle gemi operasyon süresi %62'ye düşmektedir. Gemi'nin vinçler tarafından servis gördüğü süre bu değere inmişken hesaba katılacak bir verim kaybı da, geminin ambar kapaklarının elleçlenmesi olmaktadır. Bu kayıp yüzünden brüt kullanım oranı olarak adlandırılan değer %53 olmaktadır. Vinçlerin geminin farklı yerlerindeki konteynerleri elleçlemek için yapacağı seyahatler de hesaba katıldığında son olarak net kullanım oranı %41 olarak gözlenmiştir.

Bu durumda gerçekte 30 hareket/saat olan vincin brüt üretkenliği, net üretkenliğin denklemine şu şekilde dahil olmaktadır:

30 hareket/saat * 0,41 = Net üretkenlik * 0,71 **(4.1a)**

Net üretkenlik = 17,32 hareket/saat (Cn = 0,58) **(4.1b)**

Burada gözlemlenen net üretkenlik katsayısı (Cn) tasarım sırasında terminalin yıllık rıhtım elleçleme kapasitesini hesaplamak için bir başlangıç noktası oluşturabilir.

Buradan hareketle yıllık rıhtım elleçleme kapasitesi aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

Qb=n*Cn*q*H*f [TEU/yıl] **(4.2)**

Burada;

n: Rıhtımda bulunan STS vinç adedi

Cn: Bir vinç için net üretkenlik katsayısı (veya Rıhtım işgal faktörü)

q: Bir vinç için teorik elleçleme kapasitesi [hareket/saat]

H: Bir yıl içindeki toplam çalışma saati; genellikle 20 saat/gün ve 300 gün/yıl alınabilir. [saat]

f: TEU faktörü $f = (N_{20}+2*N_{40})/ (N_{20}+N_{40})$

Burada TEU faktörü, 20'lik ve 40'lık konteynerlerden oluşan bir grup konteynerin miktarının birimini TEU'ya çevirmek için kullanılan katsayıdır ve 1 FEU'nun 2 TEU'ya eşit olmasından dolayı yukarıdaki denklem yazılabilir.

Tablo 4.4 Rıhtım işgali [16]

Rıhtım adedi	Rıhtım İşgal Faktörü (Yüzde olarak) Geminin rıhtıma varışının kontrollü oluşu		
	Yok	Orta	Yüksek
1	25	35	45
2	40	45	50
3	45	50	55
4	55	60	65
5	60	65	70
6	65	70	75

Alternatif olarak Thoresen, rıhtım işgal faktörünü yukarıdaki tabloda gösterildiği gibi vermiştir (Tablo 4.4). Bu faktörün yanaşacak geminin boyutuna, rıhtımın boyutuna, durumuna ve hava koşullarına da bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Saha Depolama Kapasitesi

Sahada depolama kapasitesi farklı ekipman seçimleri için değişken bir değerdir. Fakat esasen liman sahasındaki zemin stok boşlukları elleçleme sistemlerine göre farklılık göstermekte ve depolama kapasitesi, konteynerlerin istifleneceği yüksekliğe göre değişmektedir. Yani seçilecek ekipmana göre istif yüksekliği değişmekte ve bununla birlikte depolama kapasitesi de farklı değerler alabilmektedir.

Farklı elleçleme sistemleri için zemin stok boşlukları değişimi ve ekipman adetleri Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Farklı ekipman sistemlerinin özellikleri [16,17]

	Forklift Sistemi	SC Sistemi	RTG Sistemi
Zemin Stok Boşluğu (TEU/hektar)	125	200	250
Ekipman Adedi (adet/rıhtım vinci)	5	5,5	3~3,5
Treyler Adedi (adet/rıhtım vinci)	3	-	5

Bu değerler haricinde hesaplanması gereken yıllık saha depolama kapasitesi (TEU/yıl) ise şu şekilde hesaplanır:

$$Qy = Sz*h*365*a*0.77 \quad \textbf{(4.3)}$$

Sz: Zemin stok boşluğu [TEU]

h: Sahadaki maksimum istif yüksekliği

a: Kabul edilen ardiye süresi [gün]

Buradaki 0.77 ile küçültme faktörü, tüm istif sahasının tam anlamıyla kullanılamayacağını ifade eder [16].

4.4. Teorik Yaklaşımlar

Terminal kapasitesini ve optimizasyonu için çok sayıda ve değişik yaklaşımlarla sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunlardan bir tanesi olan kuyruk teorisi, günlük hayatta karşılaştığımız banka kuyruğu bekleme veya marketlerde kasa kuyruğu bekleme gibi problemlere analitik bir çözüm getirme arayışıdır. Agner Krarup Erlang tarafından 1900'lü yılların başlarında yayınlamış olduğu makaleyle kuyruk teorisi çalışmaları başlamış oldu.

Kuyruk durumunda, temel aktörler müşteri ve hizmet verendir. Müşteriler bir kaynaktan türetilir. Müşteri hizmet yerine vardığında hemen hizmet görür veya tesis meşgulse kuyrukta bekler. Bir hizmet yeri hizmetini tamamladığında eğer varsa bekleyen müşteriyi kuyruktan çeker. Kuyruk boşsa hizmet yeri yeni müşteri gelinceye kadar boş kalır.

Kuyrukları analiz etme düşüncesinde müşterilerin gelişi ve gelişler arası süre ile gösterilirken, hizmet müşteri başına hizmet süresi ile ifade edilir. Genellikle gelişler arası süre ve hizmet süreleri postanenin çalışmasındaki gibi olasılıklı veya iş görüşmeleri için adayların gelişinde olduğu gibi deterministik olabilir.

Kuyruktan seçilen müşterilerin sırasını gösteren kuyruk disiplini, kuyruk modellerinin analizinde önemli bir faktördür. En yaygın kuyruk disiplini İlk Gelen İlk Hizmet Görür (FCFS[1]) disiplinidir. Diğer disiplinlerden bazıları ise Son Gelen İlk Hizmet Görür (LCFS[2]) ve Rasgele Sırada Hizmet Verme (SIRO[3]) disiplinleridir. Bazen müşteriler öncelik sırasına göre kuyruğun herhangi bir yerinden seçilerek hizmet yerine getirilebilirler. Örneğin, atölyelerdeki acil işler normal işlerden daha önce gerçekleştirilir [17].

[1] İng. "First Come First Served" kısaltması.

[2] İng. "Last Come First Served" kısaltması.

[3] İng. "Service In Random Order" kısaltması.

Bu kısımdan sonra kuyruk teorisi hakkında daha fazla detaya girilmeyecek, sadece yaygın kuyruk modelleri hakkında özet bilgiler verilerek özellikle liman planlamasına uygun olan yanları irdelenecektir.

1. *Tek kanallı, varış aralıkları eksponansiyel dağılmış ve eksponansiyel hizmet oranı modeli:* Bu durumda, bir tek bekleme kuyruğu ve tek hizmet tesisi vardır. Kuyruktaki varışlar arasındaki süreler ve onlara hizmet etmek için gerekli zaman eksponansiyel dağılımlı varsayımı yapılmıştır. Eksponansiyel dağılıma göre, çok kısa veya çok uzun servis süreleri teorik olarak olasıdır fakat yine de çok uzun servis süresi ihtimali, zaman arttıkça uzun zaman süren servisin olasılığı hızla düştüğü için, çok yoktur. Eksponansiyel dağılım için ortalamanın varyansa eşit olduğu da hatırlanmalıdır.

2. *Tek kanallı, varış aralıkları eksponansiyel dağılmış ve keyfi hizmet modeli:* Bu modelin kuyruğu da bir önceki gibi basittir fakat tek farkı herhangi bir hizmet zamanı dağılımı kullanılabilir. Bu dağılıma hizmet süresinin sabit olması da dahildir. Keyfiyeti belirlemek için kullanılan parametre, standart sapmayı etkiler ve bu değer sıfır iken servis süresi sabit, 1 iken ise eksponansiyel dağılımlı servis zamanı elde edilir.

3. *Sınırlı kuyruk uzunluğu model:* Bu da birincisi gibi tek kanallı bir kuyruk olup kuyruğun sadece belirli miktarda elemanı barındırabildiği durumdur. Kuyruk kapasite sınırına ulaştığı vakit, kuyruğa gelen elemanlar kuyruğu hiç dönmemek üzere terk ederler.

4. *Tek bir kuyruk için sınırlı sayıda hizmet bekleyen modeli:* Bu model, öreğin bakım atölyelerindeki ekipmanların tamiri için kullanılabilir. Bu örnekte birkaç makine rasgele bir şekilde arızalanmakta ve bir kişi tarafından tamir edilmektedirler.

5. *Tek bir kuyruğa hizmet veren çok kanallı model:* Bu modele örnek olarak otoban gişeleri gösterilebilir.

6. *Tek kanallı, varış aralıkları Erlang'a göre dağılmış, Poisson hizmet oranı modeli:* Bu modeli ikinci modelden ayıran özelliği, parametrenin hizmet zamanı yerine varış aralıkları zamanının dağılımı olmasıdır. Erlang dağılımının iki parametresi vardır. Bunlar ortalama ve K değeridir. K, 1 olduğu zaman Erlang dağılımı eksponansiyel dağılım olur. K arttıkça, varış aralıklarının değişkenliği azalmaktadır. K'nın büyük değerleri için varışlar arası geçen zaman neredeyse sabittir.

Kuyruk teorisi limanların planlanmasında çok sıklıkla kullanılan bir araç haline gelmiştir. Temel olarak, limanı kullanan değişik araçların (gemi, tırlar vb.) gelişler arası süresi ve hizmet sürelerinin rasgele olduğu, dolayısıyla bir Poisson dağılımının gelişler arası sürenin ve hizmet süresinin dağılımını tariflemede kullanılabileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu konudaki farklı bir yaklaşım için lütfen Bölüm 4.4.1'e bakınız.

Poisson dağılımının bu dağılımları tariflemede kullanılabileceği kabulünden yola çıkılarak tek ya da çok kanallı bir model kurulabilir ve bu modelde hizmet veren rıhtım ya da rıhtımlar olacaktır. Bu şekilde bir rıhtım tahsis etme usulüyle rıhtım kullanım oranı, ortalama gemi bekleme süresi, bekleyen gemilerin sayısının ortalama ve maksimum değerleri ve diğer birçok rıhtım işletme başarım ölçütleri elde edilebilir. Aynı sistem benzer bir araç/hizmet veren kombinasyonuyla limana giriş yapan kamyonlar için de yapılabilir.

Kuyruk teorisi aynı zamanda, seri hizmet verenler ve bu elemanlar arasında tampon bölgeler olduğu kabul edilerek de bu tip liman problemlerine uygulanabilirler. Örneğin, belirli bir gemi yükleme/boşaltma oranı olduğu kabul edilen bir rıhtım ve rıhtım gerisinde tampon bölge görevini görecek apron alanı; devam eden zincirde, rıhtımdan depolama sahasında giden ve kendi taşıma oranıyla yine bir hizmet yeri olarak modele konulabilecek transfer bağlantısı gibi devam edebilecek hizmet noktalarıyla bahsedilen şekilde bir zincir tanımlanabilir. Buna ek olarak, paralel hizmet noktası olarak davranan birden fazla rıhtım ve bu rıhtımların da hepsinin aynı ve tek rıhtım-depolama sahası transfer bağlantısını kullandığı düşünülebilir veya bir tek rıhtımın birden fazla rıhtım-depolama sahası transfer bağlantısı kullandığı bir model de adapte edilebilir.

4.4.1. Kapasite analizi için yaklaşım

Konteyner Terminallerinde yüklenen/boşaltılan gemilerin periyodik ziyaretlerle servis verdiği ve kara tarafındaki alıcıların talep ettikleri hizmet göz önüne alındığında, konteyner terminallerinin depolama kapasitesi çok önemli bir sorun arz etmektedir. Dolayısıyla konteyner terminallerinin, yükleme boşaltma için terminale yanaşan gemilerin kapasitelerinin çok değişken oluşuna ve kara tarafı taşımacılık şekillerine ayak uydurabiliyor olması gerekmektedir. Bu kapasitenin analizinde kuyruk teoreminin kullanılması mümkün görünse de aşağıda bahsedilen ve kuyruk teoreminin

varsayımlarıyla çelişen özelliklerinden ötürü, konteyner terminali durumunda farklı bir çözüm arayışına gidilmiştir.

İthal konteynerler gemiden indikleri için, terminale büyük yığınlar halinde ve belirli aralıklarla ulaşır ve alıcılarına belli bir zaman içinde –terminalde "ardiye süresi"nce ikamet ettikten sonra- teker teker ulaştırılırlar. Gemi ziyaretlerinin sıklığı çok önemli bir faktördür. Birçok servis haftalık, sabit günlere dayalı, fakat yine de geminin hızına bağlı olarak kısa bir gecikme payı da hesaba katılarak çalışmaktadır. Günümüzde gemicilik şirketleri çok dakik ve gecikmeye tahammülsüz hizmet vermektedir. İhraç konteynerler için ise durum tam tersi bir hal almakta, belirli bir gün gemiye yüklenecek ihraç konteynerler birer birer veya çok küçük yığınlar halinde terminale gelip, burada ardiye süresince yer işgal etmektedirler.

Kuyruk teoremine göre böyle bir sistem incelenmek istendiğinde, hizmet veren birimin, terminalin kendisi, daha doğrusu rıhtımda yükleme/boşaltma yapan vinçlerin olduğu söylenebilir. Servis görmek için limana gelen gemiler ise kuyruk teoremine göre hizmet görmeyi bekleyen kuyruğun kendisini oluşturur. Kuyruk teoreminin en önemli aksiyomlarından biri olan kuyruğa giren bireylerin varış zamanlarının dağılımının eksponansiyel oluşu, konteyner terminalleri incelenmek istendiğinde çok doğru bir yaklaşım olamaz. Çünkü kuyruk teoreminin ön şart koştuğu bu varış aralığı dağılımlarının, varışlar arası geçen süreye bağlı olmayışı durumu, konteyner terminalleri için geçerli değildir.

Bundan da öte, kuyruk teoremi yaklaşımında, gemilerle yığınlar halinde taşınan konteynerlerin limana varış dağılımından ziyade gemilerin limana varış dağılımı incelenebilir. Bu problemin temel kaynağı, aynı gemiyle limana indirilen konteynerlerden her birinin varış noktasının farklı olma olasılığının yüksekliği sebebiyle her birinin liman sahasını işgal edeceği süre birbirinden farklı olabilir. Örneğin, bir gemiyle birlikte A ve B alıcılarına iletilmek üzere farklı adetlerde konteyner aynı boşaltmada limana giriş yapmış oldukları halde, liman yönetiminin yaptığı anlaşmaya veya alıcıların malı kabul edebilirliklerinin farklılığına göre bu iki grup konteynerin konteyner sahasında geçirecekleri süre birbirinden farklı olacaktır.

Sonuç olarak, konteyner terminalindeki depolama kapasitesi, varışların ve teslimlerin aralıklarının dağılımını kullanarak kuyruk teorisi yardımıyla incelenmekten ziyade, hinterlanddan teslim edilen ihraç ve alıcılara teslim edilen ithal konteynerlerin miktarlarının dağılımlarının analizi yardımıyla incelenmelidir.

Konteyner Varış/Teslimat Seyrine göre Analiz

İhtiyaç duyulan konteyner depolama kapasitesi analizi aşağıda belirtilen varsayımlara göre yapılmıştır.

- Terminale gelen konteyner gemileri ziyaretlerini haftanın belirli sabit günlerinde düzenli olarak yaparlar.

- Gelen gemilerin yükledikleri konteyner miktarı Q_Y, boşalttıkları konteyner miktarı ise Q_B ile ifade edilip birimleri TEU'dur. Q_Y adet konteyner geminin ziyaretinden bir gün önce limana teker teker ve tamamen gelmiş olur. Aynı şekilde, Q_B adet konteyner ise geminin limanı terk edişinden bir gün sonra alıcılara teslim edilmeye başlanır.

- Her bir geminin izin verilen rıhtımda kalma süresi 1 günü geçemez.

- Gelen her bir gemi genellikle her ziyaretinde aynı alıcılara ait konteyner yığınlarını getirir/götürür. Dolayısıyla aynı geminin periyodik tekrar eden her ziyaretinde yüklediği/boşalttığı konteynerlerin ardiye süresi özellikleri aynıdır.

- Boş konteynerler de hesaba katıldığında, Q_Y ve Q_B neredeyse birbirine eşit değerdedir ve Q ile ifade edilecektir.

Bu yaklaşımda, terminale gelen her bir gemiden boşaltılan ve her bir gemiye yüklenen konteynerlerin istif sahasında geçirdikleri ardiye süresine göre dağılımları eksponansiyel dağılıma uyduğu kabulü yapılmıştır. Bu kabule göre Q_Y adet konteyner, gemiye yükleneceği günden önce limana gelmeye başlar ve yüklenecek güne gelinceye kadar geçen her gün bu miktarın eksponansiyel dağılımla elde edilen kadarlık bir yüzdesi limana giriş yapar. Aynı şekilde, geminin ziyaret ettiği gün, gemiden boşaltılan Q_B adet konteyner, takip eden günlerde bu miktarın eksponansiyel dağılımla azalan yüzdeleriyle limandan çıkış yapar.

Eksponansiyel dağılımın aşağıda belirtilen olasılık dağılım fonksiyonuna göre,

$$f(x;\lambda) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda / x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \qquad \textbf{(4.4)}$$

formülasyonundan bağımsız λ değişkeninin ardiye süresi (a) olması ve bu teorik ardiye süresinin 5, 7, 10 ve 15 gün için olan değerleri için aşağıdaki tabloda ve şekilde dağılım değerleri verilmiştir. Bu değerler için yapılan bir başka kabul ise, dağılımın 0'ıncı gün için olan değeri, yükleme durumu için geminin ziyaretinden bir gün önceki günü; boşaltma durumu için ise geminin ziyaretinden bir gün sonraki günü ifade etmelidir.

Eksponansiyel dağılımda dağılımın fonksiyonu, *f(x,λ)* değeri tanımlı olduğu aralıkta her zaman 1'den küçüktür ve bu yaklaşımda, terminal tarafından kabul edilen ya da terminalden çıkartılan konteynerlerin miktarı Q**f(x,a)* olarak kabul edilmiştir. Burada *a,* Q kadar konteynerin terminalde geçirdiği toplam sürenin gün cinsinden ifadesidir ve ardiye süresi olarak adlandırılmaktadır.

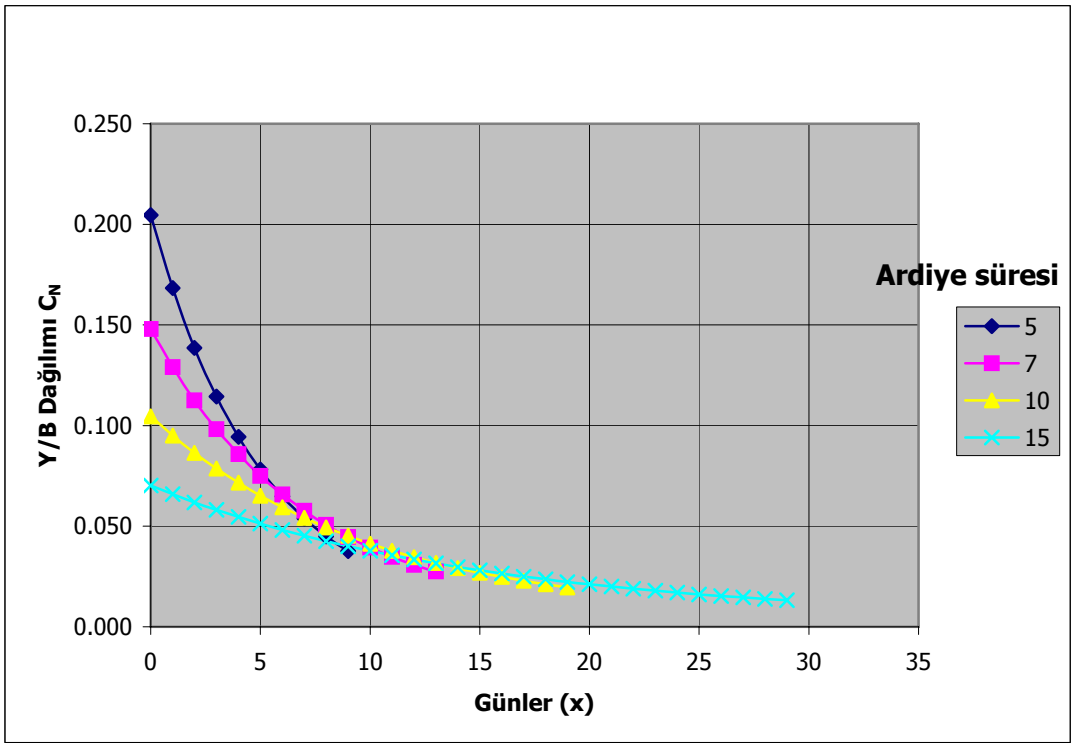
Şekil 4.9 ve Tablo 4.6'de görülen değerler için yapılan kabule göre bir tek gemi ziyareti için ise yükleme durumunda istif sahasında toplanmaya başlayan konteynerler ve boşaltma durumunda istif sahasından o ziyarete ait bütün konteynerin gidişi x=2a gün için sınırlanmıştır. Bu kabulün gerekliliği,

$$\sum_{0}^{\infty} e^{-x/a} / a = 1 \qquad \textbf{(4.5)}$$

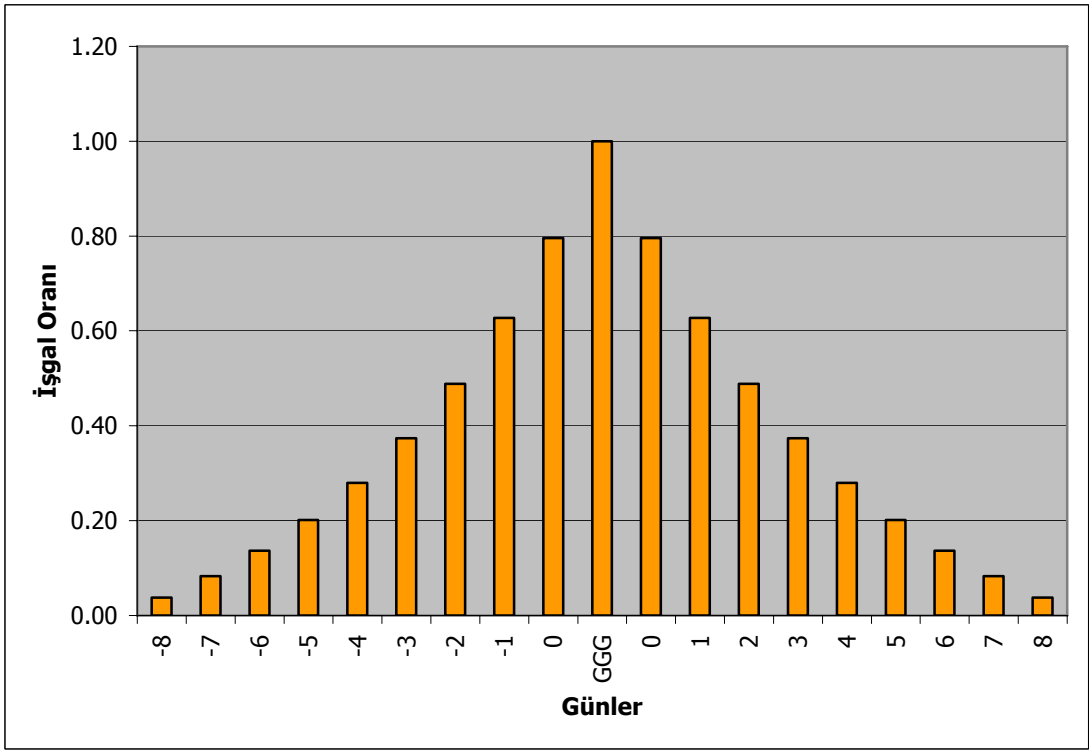
yani bir ziyarette yüklenecek veya boşaltılacak konteynerlerin çok uzun bir süre önce gelmeye başladığı veya ziyaretten çok uzun süre sonra da limanda kalacak olduğu halde gerçekte böyle olmasının mümkün olmayışındandır. Bu kabulden yola çıkarak her gün için bir gemi ziyaretinin limanda sebep olduğu konteyner hacminin katsayısı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 4.6 Bir gemi için Y/B hallerinde limandaki yükün farklı ardiye süreleri için dağılımı

		Gün Başına Yüklenecek/Boşaltılacak Yük Dağılımı C_N			
Teorik Ardiye Süresi (a) [gün]		**5**	**7**	**10**	**15**
Gerçek Ardiye Süresi (a_0) [gün]		**4.02**	**5.48**	**7.66**	**11.31**
Günler (x)	0	0.205	0.148	0.105	0.070
	1	0.168	0.129	0.095	0.066
	2	0.139	0.113	0.086	0.062
	3	0.114	0.098	0.079	0.058
	4	0.094	0.086	0.072	0.055
	5	0.078	0.075	0.065	0.051
	6	0.065	0.066	0.059	0.048
	7	0.054	0.058	0.054	0.045
	8	0.045	0.051	0.050	0.043
	9	0.038	0.045	0.045	0.040
	10		0.039	0.041	0.038
	11		0.035	0.038	0.036
	12		0.031	0.035	0.033
	13		0.027	0.032	0.032
	14			0.029	0.030
	15			0.027	0.028
	16			0.025	0.026
	17			0.023	0.025
	18			0.021	0.024
	19			0.020	0.022
	20				0.021
	21				0.020
	22				0.019
	23				0.018
	24				0.017
	25				0.016
	26				0.015
	27				0.015
	28				0.014
	29				0.013



Şekil 4.9 Y/B hallerinde limandaki yükün farklı ardiye süreleri için dağılımı



Şekil 4.10 Terminale gelen ve giden konteynerlerin yer işgal katsayıları (a=5 gün)

$$C_{0,a} = \sum_{0}^{2a-1} e^{-x/a} / a \qquad \textbf{(4.6a)}$$

olmak üzere,

$$C_{N,a} = \left(e^{-x/a} / a\right) + \left(1 - C_{0,a}\right) / 2a \qquad \textbf{(4.6b)}$$

olarak hesaplanmıştır.

Bu noktadan sonra, belirli bir ardiye süresi için bir gemi ziyaretinde o ziyarete ait konteynerlerin limanda kaplayacağı yer tespit edilmelidir. Kümülatif eksponansiyel dağılıma göre hesaplanan bu değer için de yukarıda belirtilen x=2a sınırlandırması yapılmıştır.

Bu dağılımlara göre geminin ziyaretinden önce terminale gelmeye başlayan yüklenecek konteynerler ve ziyaretten sonra alıcılara teslim edilecek olan boşaltılmış konteynerlerin dağılımı aşağıdaki şekilde verildiği gibi olacaktır (Şekil 4.10).

Tablo 4.7 Bir ziyaret için o ziyarete ait konteynerlerin farklı ardiye sürelerinde terminali işgal etmeleri

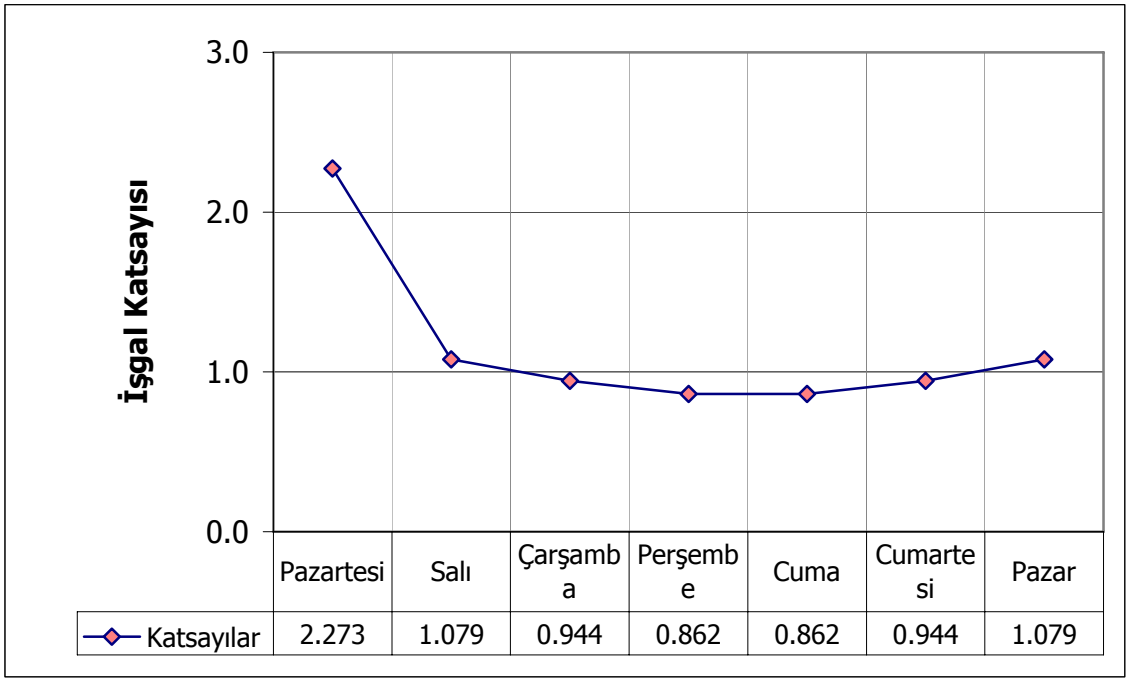
		Terminalde Bulunan Konteyner adedi katsayıları $1 - C_N$			
Teorik Ardiye Süresi (a) [gün]		5	7	10	15
Günler (x)	GGG*	1.000	1.000	1.000	1.000
	0	0.795	0.852	0.895	0.930
	1	0.627	0.723	0.800	0.864
	2	0.488	0.610	0.714	0.802
	3	0.374	0.512	0.635	0.744
	4	0.280	0.426	0.564	0.689
	5	0.201	0.351	0.498	0.638
	6	0.137	0.286	0.439	0.590
	7	0.083	0.228	0.385	0.544
	8	0.038	0.177	0.335	0.502
	9		0.133	0.290	0.462
	10		0.093	0.249	0.424
	11		0.058	0.211	0.388
	12		0.027	0.176	0.355
	13			0.144	0.323
	14			0.115	0.293
	15			0.088	0.265
	16			0.063	0.239
	17			0.041	0.214
	18			0.020	0.190
	19				0.168
	20				0.147
	21				0.127
	22				0.108
	23				0.090
	24				0.073
	25				0.057
	26				0.042
	27				0.027
	28				0.013

*Geminin geldiği gün

Farklı ardiye süreleri için haftanın sadece bir günü (Pazartesi) gemi ziyareti olması durumunda yüklenen/boşaltılan konteynerlerin terminalde ihtiyaç duyacakları alan aşağıdaki şekilde verilmiştir (Tablo 4.8 ve Şekil 4.11).

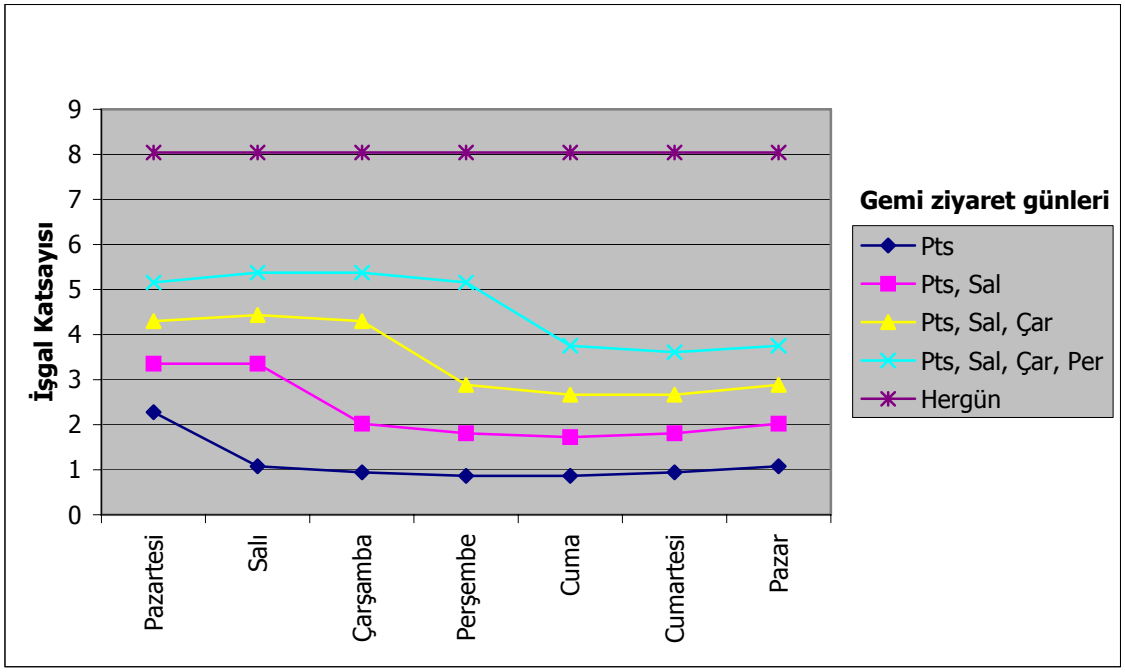
Tablo 4.8 Ardiye süresi 5 gün için sadece bir gün gemi ziyareti halinde işgal katsayıları

		Günlere düşen Katsayılar (a=5)						
		Pazartesi	*Salı*	*Çarşamba*	*Perşembe*	*Cuma*	*Cumartesi*	*Pazar*
Geminin Ziyaret Günü	***Pazartesi***	2.273	1.079	0.944	0.862	0.862	0.944	1.079
	Salı	1.079	2.273	1.079	0.944	0.862	0.862	0.944
	Çarşamba	0.944	1.079	2.273	1.079	0.944	0.862	0.862
	Perşembe	0.862	0.944	1.079	2.273	1.079	0.944	0.862
	Cuma	0.862	0.862	0.944	1.079	2.273	1.079	0.944
	Cumartesi	0.944	0.862	0.862	0.944	1.079	2.273	1.079
	Pazar	1.079	0.944	0.862	0.862	0.944	1.079	2.273



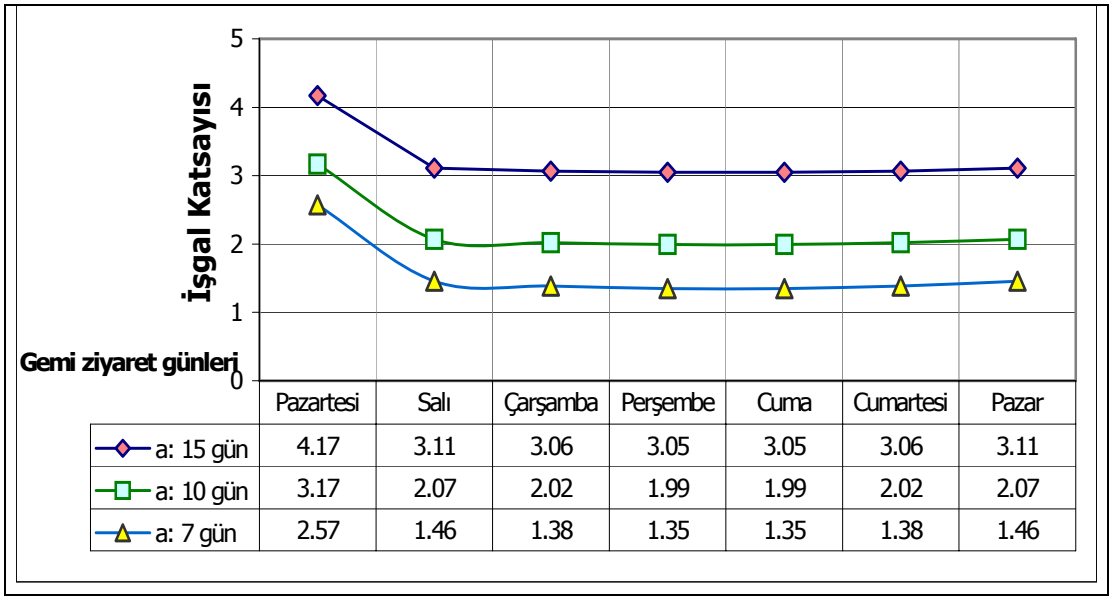
Şekil 4.11 Pazartesi gemi ziyareti halindeki işgal katsayıları (a=5 gün)

Sadece bir geminin tek ziyareti için yapılmış bu incelemelerin ardından temel varsayımlarımızdan bir diğeri olan gemilerin genellikle haftalık ve periyodik olan ziyaretlerinden ötürü, sahada bir önceki ziyaretten arta kalan istiflenmiş konteynerlerin de işgal ettikleri alanı hesaba katarak farklı günlerde birden fazla gemi ziyaretleri için bu katsayılar süperpoze edilmiştir. (Şekil 4.12)



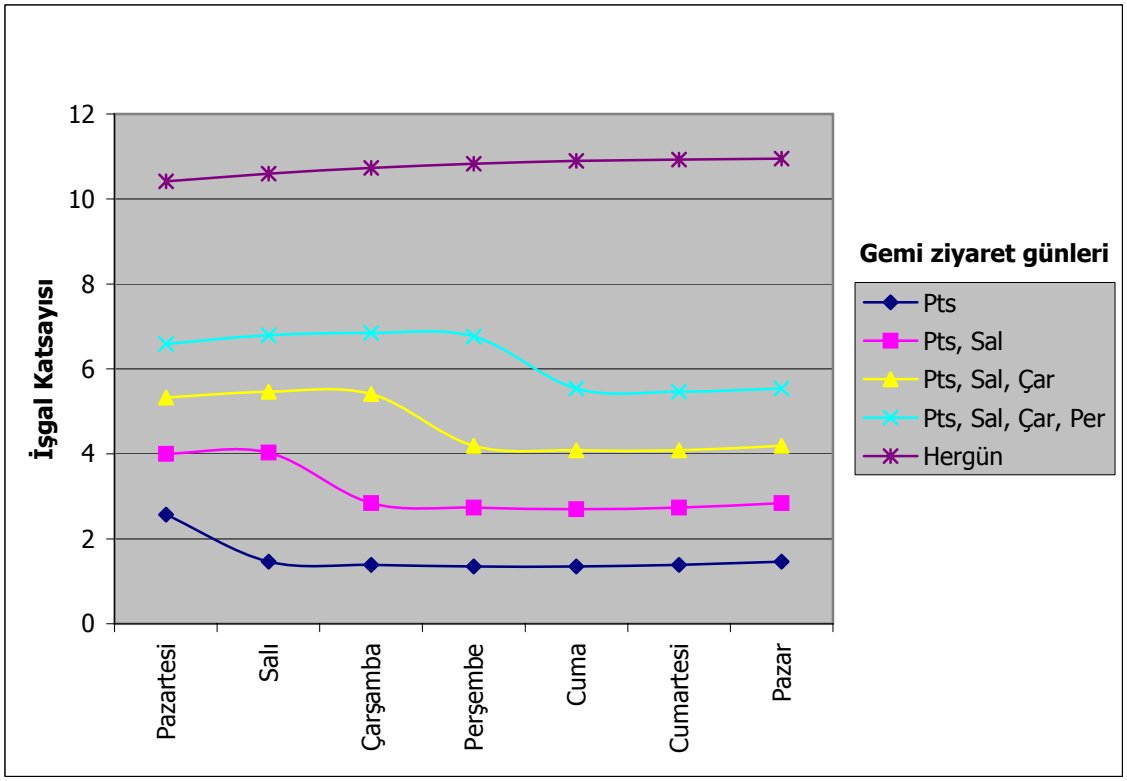
Şekil 4.12 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=5 gün)

Ardiye süresinin 5 gün olması için verilen tablolar ve şekillerde görüldüğü gibi geminin limanda bulunduğu gün en fazla konteyner istif kapasitesine ihtiyaç duyulan gün olmaktadır. Benzer şekilde a= 7, 10 ve 15 gün için de gerekli hesaplamalar yapılmış ve şekillerde gösterilmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

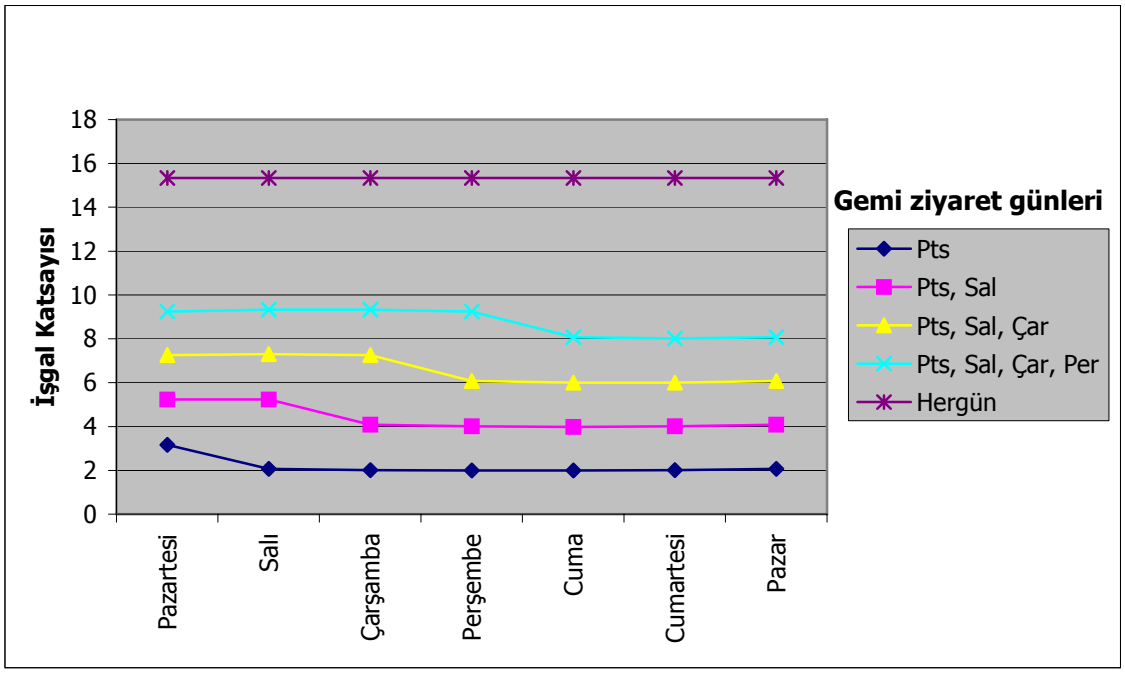


Gemi ziyaret günleri	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
a: 15 gün	4.17	3.11	3.06	3.05	3.05	3.06	3.11
a: 10 gün	3.17	2.07	2.02	1.99	1.99	2.02	2.07
a: 7 gün	2.57	1.46	1.38	1.35	1.35	1.38	1.46

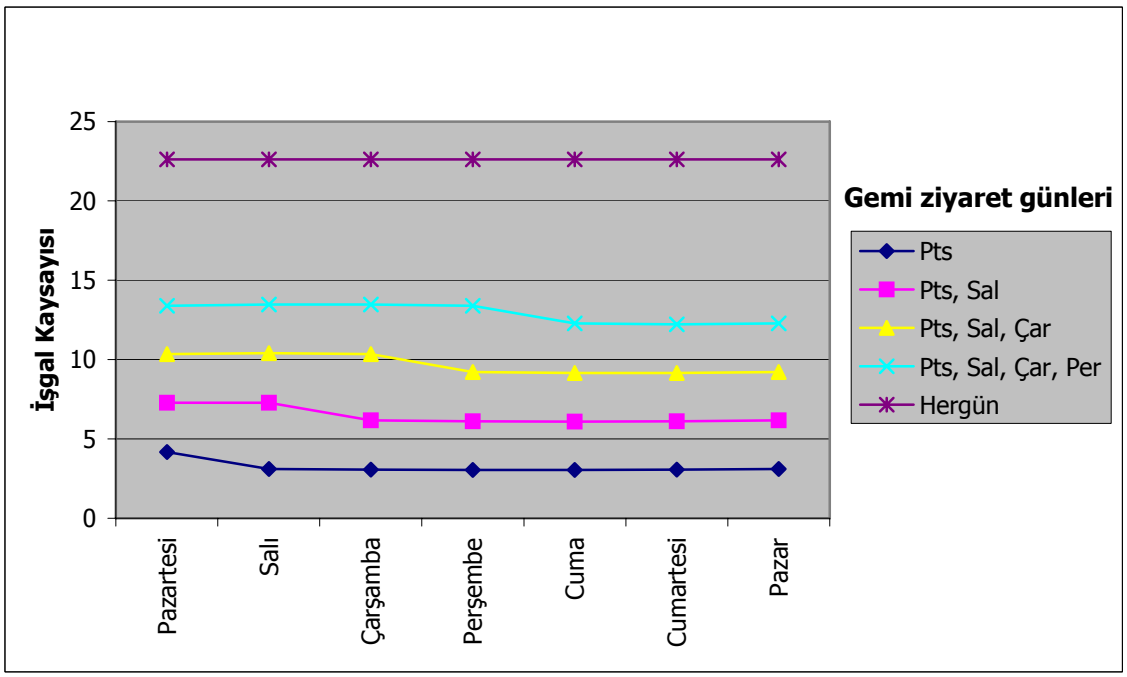
Şekil 4.13 Pazartesi günü gemi ziyareti halindeki işgal katsayıları (diğer ardiye süreleri için)



Şekil 4.14 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=7 gün)



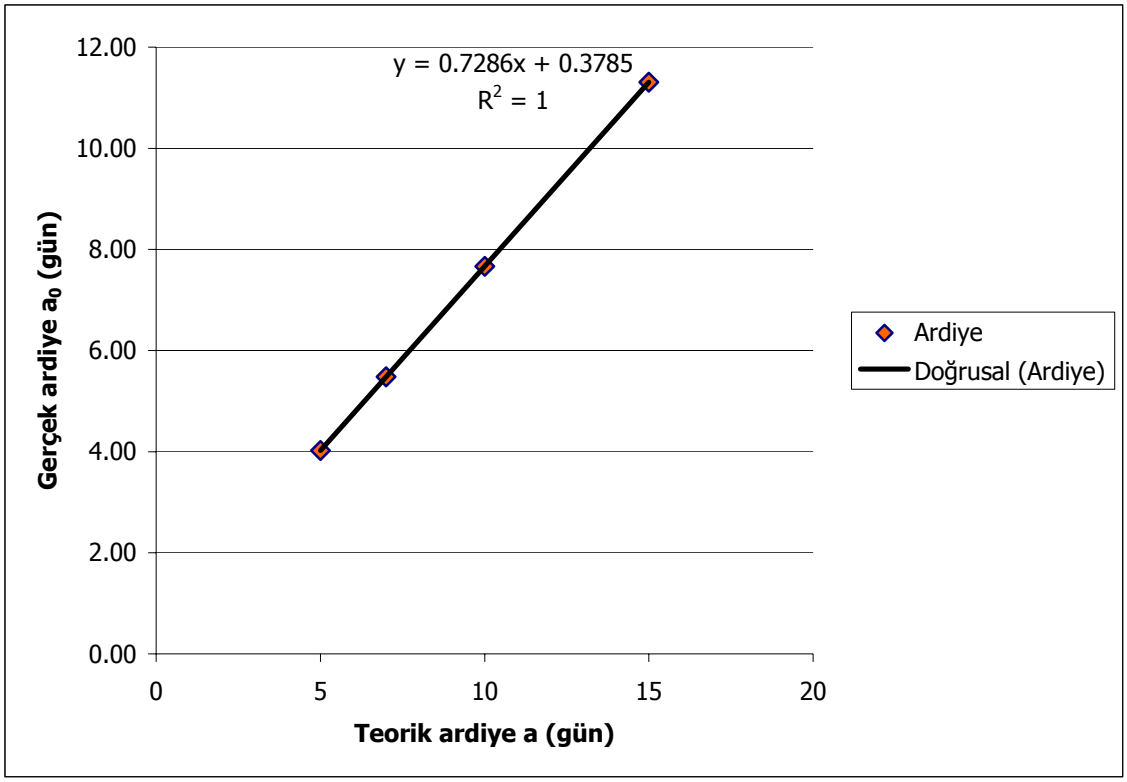
Şekil 4.15 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=10 gün)



Şekil 4.16 Farklı günlerdeki gemi ziyaretleri için işgal katsayıları (a=15 gün)

Farklı ardiye süreleri için bu değerler hesaplanmış olsa da unutulmamalıdır ki hem eksponansiyel dağılımın doğası hem de yapılan ek kabuller gereği, elde edilen grafiklerin ortalama değerleri yani pratik ardiye süresi a_0, daha düşük bir değer alacaktır.

Teorik ardiye süresiyle pratik ardiye süresi arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Teorik ardiye süresiyle pratik ardiye süresi ilişkisi

Pratikte uygulanması açısından örnek terminaldeki verilerden elde edilen ortalama ardiye süresi, bu bağıntı yardımıyla teorik ardiye süresine dönüştürülmeli, bunun ardından kapasite hesaplamasına geçilmelidir.

Yöntemin Uygulaması

Örneğin evvelki verilerini de ortalama ardiye süresi a_0=8 gün olan bir terminal için bu dönüşüm yapıldığında teorik ardiye süresi a=10 gün için kapasite hesaplamaları yapılmalıdır.

Bu örnek terminal için haftanın 3 günü, Pazartesi, Salı ve Çarşamba günü Qy=Qb=1000 TEU yükleyip boşaltan gemilerin geldiği düşünülürse, terminalde ihtiyaç duyulacak konteyner kapasitesi, bu şablon için olan en büyük değerden aşağıdaki gibi hesaplanır.

K = Q * C = 1000 * 7,307 = 7307 TEU

Bu örnek terminalde elleçlenecek yıllık konteyner hacmi ise,

TP = 2 * Q * 3 [gün/hafta] * 50 [hafta/yıl] = 2*1000*3*50 = 300.000 TEU/yıl

olarak hesaplanır.

Bu durumda rıhtım elleçleme kapasitesinin de bu değerle örtüşmesi gerekeceği için (4.2) formülünden ihtiyaç duyulacak STS vinç adedini hesaplamak istersek;

Qb=n*Cn*q*H*f

300.000 = n * 0,5 * 30 [hareket/saat] * 20 [saat/gün] * 300 [gün/yıl] * 1,5

n = 2,22 → 3 adet STS rıhtım vinci seçilebilir.

Eğer terminalde üst üste 5 adet konteyner stoklayan RTG istif sistemini kullanmayı seçersek o zaman yapmamız gereken ihtiyaç duyulan zemin stok kapasitesini bulmaktır. 4.3 formülündeki katsayılar yardımıyla;

Sz = K * 1,3 / h = 7307 * 1,3 / 5 = 1900 TEU zemin stok kapasitesi elde edilmiş olur.

Tablo 4.5'deki bilgiler ışığında böyle bir tasarımda 10 adet RTG vinci seçilmesi uygundur.

Gemi ziyaretinde Y/B konteynerlerin dağılımı

Bu yaklaşımdaki temel varsayımlardan biri olan yüklenen/boşaltılan konteynerlerin (Q) her bir gemi için aynı değere sahip olması yerine bu dağılımın herhangi bir olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğu da örnek verilerle incelenmiştir. Örnek limandaki bir yıllık Y/B verileri incelenmiş ve hem yüklenen ve boşaltılan konteyner adedi ayrı ayrı, hem de her bir gemi ziyareti için toplam Y/B verilerinin dağılım uygunluğu çalışılmıştır.

Bu değerlendirme için toplanan örnek verilerin incelenmesinde, 2005 yılı boyunca örnek liman rıhtımında her bir gemi ziyaretinde yüklenen ve boşaltılan konteyner adedi tutulmuş, dağılımın frekans analizinin yapılması için yükleme ve boşaltma adetleri ayrı ayrı incelenirken 70, toplam Y/B incelenirken ise 140 kutuluk basamaklı aralıklar belirlenmiştir. Bir limanın rıhtımında elleçlenen konteyner adedi, o limanda elleçlenen konteyner adedi olarak düşünülmelidir çünkü henüz Türkiye'de gümrük düzenlemeleri sebebiyle transit konteyner yük trafiği gerçekleşmiyor olsa da, tüm dünyadaki konteyner

terminalleri ithalat ve ihracat dışında rıhtımlarına indirilen konteynerlerin bir başka gemiye yüklendiği transit kargo taşımacılığını da gerçekleştirmektedirler.

Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de sadece yükleme, sadece boşaltma ve Y/B toplam değerleri verilerinin sınıflandırması ve frekansları elde edilmiş, bu değerlere göre elde edilen ortalama ve varyans değerlerine karşılık gelen gamma dağılımı değerleri de verilmiştir. Bu tablolarda "Aralık" kolonu konteyner adetlerinin her gemi ziyaretindeki miktarlarının sınıflandırma aralıklarını, "No" kolonu her aralığa verilmiş numaralandırmaları, "Ortaya çıkma" kolonu her aralık için miktarların o aralık içinde kaç kere gözlendiğini, "Frekans" kolonu her aralıktaki ortaya çıkma sayısının toplam veri kümesinin içindeki frekansını, "Gamma dağılımı" kolonu ise gözlenen verilerin ortalama ve varyans değerlerine göre hesaplanan gamma dağılımı değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 4.9 Örnek verilere ait yükleme değerleri

Aralık	No	Ortaya çıkma	Frekans	Gamma dağılımı
1–70	1	13	0.14	0.09
71–140	2	21	0.23	0.33
141–210	3	29	0.32	0.31
211–280	4	20	0.22	0.17
281–350	5	7	0.08	0.07
351–420	6	2	0.02	0.02
421–490	7	0	0.00	0.01
491–560	8	0	0.00	0.00
561–630	9	0	0.00	0.00
631–700	10	0	0.00	0.00

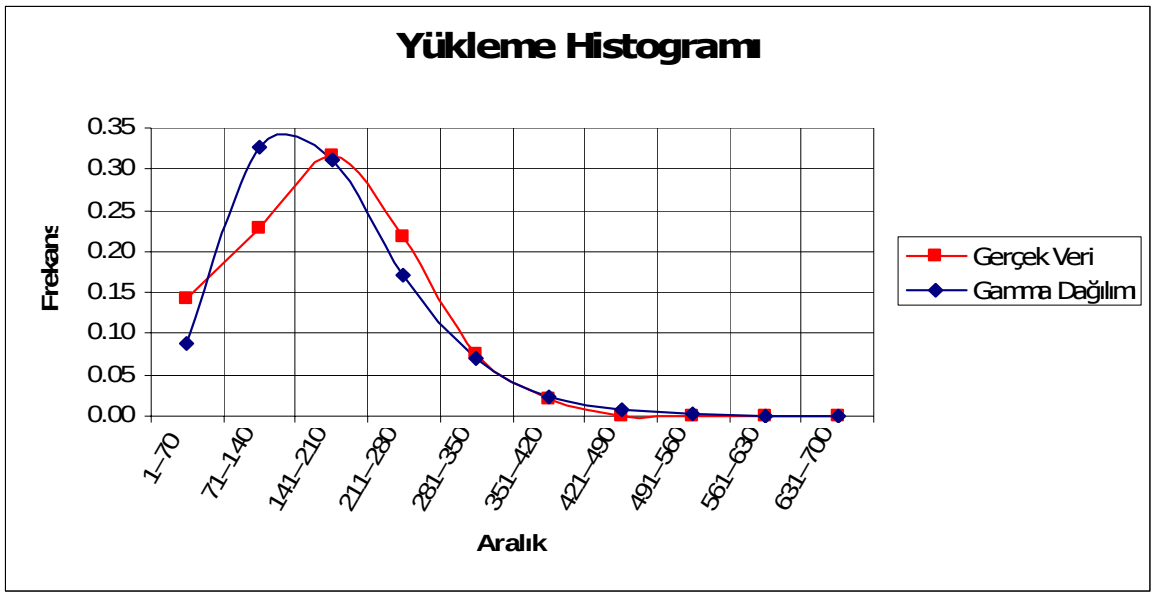
Tablo 4.10 Örnek verilere ait boşaltma değerleri

Aralık	No	Ortaya çıkma	Frekans	Gamma dağılımı
1–70	1	14	0.15	0.14
71–140	2	20	0.22	0.25
141–210	3	23	0.25	0.23
211–280	4	12	0.13	0.17
281–350	5	14	0.15	0.10
351–420	6	5	0.05	0.06
421–490	7	1	0.01	0.03
491–560	8	1	0.01	0.02
561–630	9	1	0.01	0.01
631–700	10	1	0.01	0.00

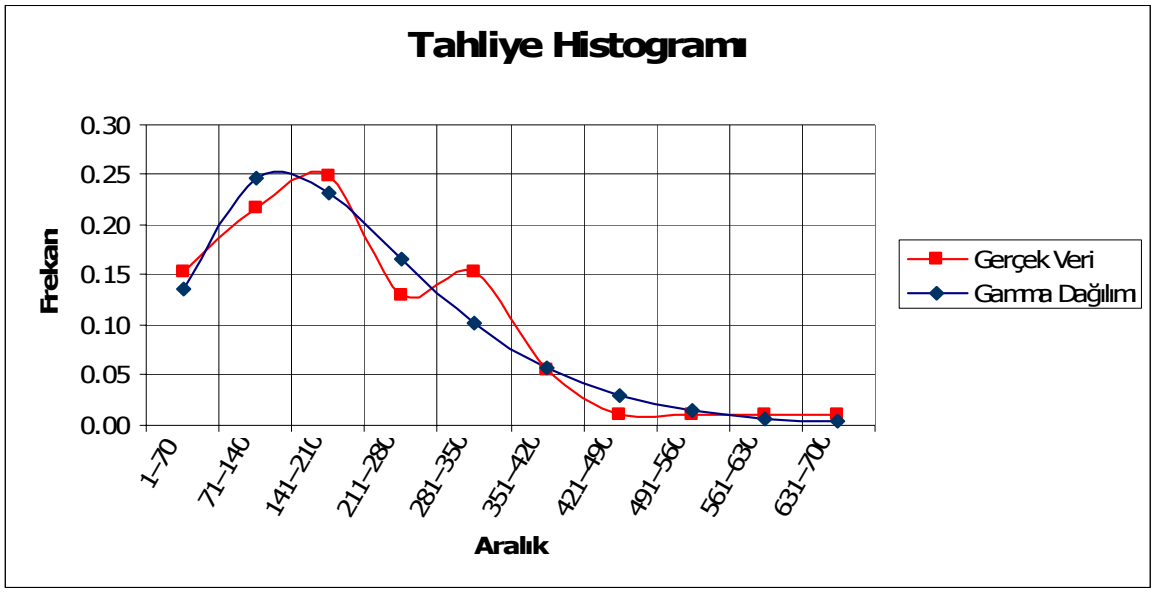
Tablo 4.11 Örnek verilere ait toplam Y/B değerleri

Aralık	No	Ortaya çıkma	Frekans	Gamma dağılımı
1–140	1	9	0.10	0.09
141–280	2	25	0.27	0.28
281–420	3	22	0.24	0.29
421–560	4	24	0.26	0.18
561–700	5	10	0.11	0.09
701–840	6	0	0.00	0.04
841–980	7	0	0.00	0.02
981–1120	8	1	0.01	0.01
1121–1260	9	1	0.01	0.00
1261–1400	10	0	0.00	0.00

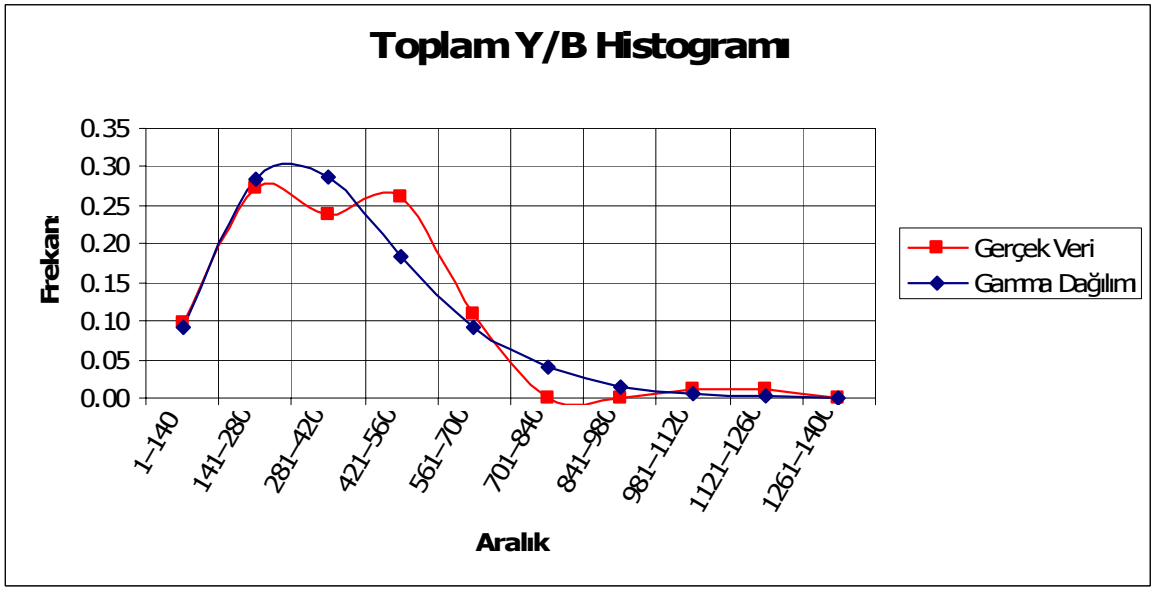
Bu tablolarda verilen değerlerin grafik ifadeleri ise, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Örnek veri için dikkat çeken nokta, toplam Y/B verilerinin ortalamasının 366,96 olması yani 3 numaralı aralıkta iken verilerin en yüksek frekans değerinin 2 numaralı aralıkta görülmesidir.



Şekil 4.18 Örnek verilere ait yükleme histogramı ve gamma dağılımı



Şekil 4.19 Örnek verilere ait boşaltma histogramı ve gamma dağılımı



Şekil 4.20 Örnek verilere ait toplam Y/B histogramı ve gamma dağılımı

Gözlenen verilerin frekanslarının ve bu verilere dayanarak elde edilen gamma dağılımı değerlerinin benzerliği ve özdeşliğinin incelenmesi için Ki-kare testi uygulanmıştır. Yapılan testler için Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'e bakınız.

Tablo 4.12 Boşaltma değerleri için Ki-kare testi hesaplaması

Aralık No.	Gözlenen Değerler	Tahmin Edilen Değerler	Chi değerleri
1	13.00	8.16	2.8641
2	21.00	30.00	2.7000
3	29.00	28.68	0.0036
4	20.00	15.80	1.1173
5	7.00	6.43	0.0498
6	2.00	2.16	0.0125
7	0.00	0.64	0.6383
8	0.00	0.17	0.1709
9	0.00	0.04	0.0425
10	0.00	0.01	0.0100

Ki-kareler toplamı: 7,61

Tablo 4.13 Boşaltma değerleri için Ki-kare testi hesaplaması

Aralık No.	Gözlenen Değerler	Tahmin Edilen Değerler	Chi değerleri
1	14.00	12.45	0.1918
2	20.00	22.72	0.3255
3	23.00	21.35	0.1277
4	12.00	15.29	0.7078
5	14.00	9.44	2.2075
6	5.00	5.30	0.0170
7	1.00	2.79	1.1484
8	1.00	1.40	0.1145
9	1.00	0.68	0.1531
10	1.00	0.32	1.4553

Ki-kareler toplamı: 6,45

Tablo 4.14 Toplam Y/B değerleri için Ki-kare testi hesaplaması

Aralık No.	Gözlenen Değerler	Tahmin Edilen Değerler	Chi değerleri
1	9.00	8.39	0.0436
2	25.00	26.08	0.0449
3	22.00	26.48	0.7569
4	24.00	17.00	2.8805
5	10.00	8.49	0.2668
6	0.00	3.62	3.6213
7	0.00	1.38	1.3836
8	1.00	0.49	0.5375
9	1.00	0.16	4.3411
10	0.00	0.05	0.0511

Ki-kareler toplamı: 13,93

H_0 hipotezi verilerin Gama dağılımına uyduğu olmak üzere, bu hipotezin kabul edilebilir olduğu sonucuna aşağıdaki kritik değerle Ki-kareler toplamı karşılaştırılarak varılmıştır.

Aralık Adedi:.....10

Tahmin edilen parametre adedi:.....2

Testin yapılacağı serbestlik derecesi.....7

0.05 belirginlik seviyesi için kritik değer:.....14.067

Her üç toplam değeri de bu kritik değerden küçük olduğu için verilerin Gama dağılımına uyduğu hipotezi kabul edilebilir bir hipotezdir.

Elde edilen bu sonuçlar gösteriyor ki, bu çalışmada önerilen konteyner terminali kapasite hesaplaması yönteminde kullanılmak üzere sabit bir Q değeri kullanmak yerine yazar tarafından bu yöntemin bir sonraki adımı olarak görülen simulasyon yönteminde kullanmak üzere Gama dağılımına uyan bir Q değeri kabul etmek uygundur. Fakat yine de bu çalışmada anlatılan hesap yöntemi kullanılırken ortalama bir Q değeri kullanmanın sonuçlarda devasa bir değişikliğe sebep olmayacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında konteyner terminallerinin tasarımı ve planlamasıyla ilgili bir çalışma yapılmıştır. Öncelikle, konteyner terminallerinin tasarımında büyük rol oynayan konteyner gemilerinin günümüze dek olan değişimleri incelenmiş, bu gemiler geometrik özelliklerinin yakın gelecekte nasıl bir eğilim gösterdikleri vurgulanmıştır.

Daha sonra konteyner terminalinin işlevleri tanımlanmış, tasarımındaki temel kriterler vurgulanmıştır. Konteyner terminalinin anahtar ekipmanları tanımlanmış ve bunların önemli özellikleri ve tasarıma olan etkileri irdelenmiştir.

Konteyner terminalinin kapasitesinin analizi için kuyruk teorisi analizinden ziyade bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda konteynerlerin terminale varış miktarlarının eksponansiyel dağılıma uyduğu kabulü yapıldıktan sonra tanımlanmış olan bir ardiye süresine ve terminale olan gemi ziyaretlerinin davranışına göre terminalde ihtiyaç duyulacak anlık konteyner kapasitesi elde edilmiştir. Terminali ziyaret eden gemilerin yükledikleri/boşalttıkları konteynerler birbirine eşit kabul edilmiş, bu varsayıma göre hesaplamanın yükü hafifletilerek probleme bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

Terminale yüklenen/boşaltılan konteynerlerin her gemi ziyaretindeki dağılımı da sabit değil, bir olasılık dağılım fonksiyonunda olacağı aşikardır. Fakat bu durum göze alındığında bu çalışmada, terminalin konteyner kapasitesi hesaplaması açısından güvenli tarafta kalındığı söylenmelidir.

KAYNAKLAR

[1] http://www.pbs.org/wgbh/theymadeamerica/whomade/mclean_hi.html

[2] http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch1en/conc1en/idealx.html

[3] **MAN B&W Research Group,** Propulsion Trends in Container Vessels, http://www.manbw.com/files/news/filesof4672/P9028.pdf, 2004

[4] http://www.panamacanal-cruises.com/panama-canal-pictures/crosssections.htm

[5] **Panama Kanalı Otoritesi internet sayfası**, http://www.pancanal.com

[6] **Ueda et al**, 2005. An Analysis of Marine Container Transportation in the Asian Region, Proceedings of Eastern Asia Society of Transportation Studies, Bangkok, Thailand, September 2005, 617-630.

[7] **Mervin Chetty,** 2006. Stepping up the pace in Container Terminal efficiencies supported by integrated investment planning in supply chains, 4th Intermodal Africa Conference, Swakopmund, Nambia, February 2-3.

[8] **David Tozer**, 2003. Ultra-large container ships: the green ships of the future?, Shipping World & Shipbuilder, http://www.lr.org/news/articles/shipping_world_&_shpbdlr_oct03_2.htm

[9] http://www.marinetalk.com/articles-marine-companies/art/Mega-Container-Carrier-GER022102610TU.html

[10] http://en.wikipedia.org/wiki/Malacca_Straits

[11] **Cengiz Ergürsel**, 2005. Kişisel görüşme.

[12] **Morris, C. A. and McCarthy P. W.,** 2001. The Impact of Jumbo Cranes on Wharves, Proceedings of Ports 2001 Conference, Norfolk, Virginia, April 29-May2, 2001.

[13] **Kalmar,** www.kalmarind.com

[14] **Frankel, E. G.,** 1987. Port Planning and Development, Wiley Interscience Publication, New York.

[15] **Yuzo Shimizu,** 2005. Kişisel görüşme.

[16] **Thoresen, C. A.,** 2003. Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines, Thomas Telford Publishing, London.

[17] **Drewry Shipping Consultants Ltd.,** 1998. World Container Terminals Global Growth and Profit, Drewry, London.

[18] **Taha, H. A.,** 2000. Yöneylem Araştırması, Literatür Yayınları, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Temmuz 1979'da İstanbul'da doğan Avni Büyüközer, ilk ve orta öğrenimini Ceyhan Anadolu Lisesi, Adana'da tamamladıktan sonra 2003 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Aynı yıl, İ.T.Ü.'de Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği yüksek lisans programına başladıktan sonra eğitimiyle birlikte Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI liderliğindeki çalışma grubunda görev almıştır. Şu anda YILPORT Konteyner Terminali ve Lim. İşl. A.Ş.'de İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.