

**KONTEYNER TERMİNALLERİNDE DEPOLAMA SAHALARININ  
BOYUTLANDIRILMASI İÇİN BİR YÖNTEM**

**Haluk İbrahim ÖZMEN\*, Sadettin ÖZEN\*\***

*\*Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı 4. Bölge Müdürlüğü Haydarpaşa-İSTANBUL*

*\*\*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Bölümü,  
Avcılar-İSTANBUL*

**Geliş Tarihi: 19.01.2001**

**A METHOD TO DIMENSION STORAGE AREAS IN THE CONTAINER TERMINALS**

**SUMMARY**

In this study inventory theory has been used to dimension the container storage areas from the beginning of the accumulation of loads coming to the storage area. With this model it has been aimed to minimize the sum of profit loss due to excessive demand of container in the storage area and the cost of unoccupied periods. Data obtained from the container terminals of Haydarpaşa and Derince ports have been used in the implementation of the model. According to the results obtained, as the amount of the container loads increases profit loss and total cost including the idle time cost decreases and minimum costs come out at maximum occupancy. Therefore it has been concluded that the maximum container load for a certain period should be taken as the design criteria. A simple formulation has been proposed to determine the economical size of container storage areas in the design phase of port. The design value has been calibrated with a constant value called "optimality factor" which expresses the relation between average and optimum container loads. It is found out that this ratio is between 0.8-0.9 for Haydarpaşa and Derince container terminals.

**ÖZET**

Limanlarda konteyner depolama alanlarının optimum boyutlandırılmasını sağlamak üzere bu çalışma ile ortaya konulan bu modelde envanter teorisinden yararlanılmıştır. Geliştirilen model ile konteyner depolama sahasında belirli bir dönemde ölçülen konteyner yüklerinin yarattığı kâr kayıplarının ve boş kalma maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen modelin işletilmesi sırasında Haydarpaşa limanı konteyner terminali ile Derince limanı konteyner terminaline ait veriler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre konteyner depolama alanlarında konteyner yükleri arttıkça, kâr kayıpları ile boş kalma maliyetlerini içeren toplam maliyetlerin azalmakta olduğu, minimum maliyetlerin maksimum yük değerinde yada bu değere çok yakın noktalarda belirdiği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca optimum konteyner yükü ile ortalama konteyner yükü arasındaki oranı ifade eden ve optimalite faktörü olarak isimlendirilen bir katsayı ile dizayn değerinin kalibre edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu katsayının Haydarpaşa ve Derince konteyner terminaleri için yapılan değerlendirmeler sonucunda 0,8-0,9 arasında değişebileceği ortaya konmuştur.

**1. GİRİŞ**

Konteyner terminaleri içinde önemli unsurlardan biri de konteyner depolama ve tutma alanlarıdır. Konteyner trafiği gelişimine uygun planlanmayan depolama alanlarında önemli sıkışıklıklar meydana gelebilmekte ve tıkanmalar olmaktadır. Meydana gelen tıkanıklık ve sıkışıklıklar terminal sistemlerindeki verimi ve kapasite kullanımını bazı hallerde önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Genellikle ekipman ve transfer araçlarının verimlerini düşüren bu oluşumlar,

ekipman transfer ve taşıma kapasitelerinin istif ve depolama kapasitelerinin üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır. Bazı hallerde de terminalerin alt bileşenlerindeki atıl kapasite kullanımları, yatırım olanaklarının da atıl kullanımına sebep olabilmektedir [1]. Bu yönde konteyner terminalerinde depolama ve tutma alanlarının optimum olarak boyutlandırılması; elleçleme ekipmanlarının, rıhtımların, ekonomik kullanımını, liman trafiğinin depolama ve tutma sahalarında uygun sürede tutulmasını, atıl veya yetersiz depolama alanları yaratılmamasını ve bu doğrultuda ülke ekonomisine katkı yapmasını sağlamaktadır. Bu nedenle konteyner trafiğinin gelişimine bağlı olarak, limanlarımızda mevcut olan veya yeni inşa edilmekte olan konteyner terminalerindeki rıhtım, ekipman, saha, elleçleme servis sistemlerinin yeterli bir şekilde ekonomik olarak planlanması ve düzenlenmesi önemli bir amaç ve uğraşı olmaktadır.

Çalışmada; bu yönde konteyner terminalerinde konteyner trafiği dalgalanmaları, konteyner terminali rıhtım ve ekipman kapasiteleri ile uyumlu olarak konteyner depolama, tutma sahalarının ekonomik ve optimum olarak belirlenmesi yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için stok planlama teorisinden hareketle; bir konteyner terminalinde belli bir zaman aralığındaki yük talebindeki dalgalanmalara bağlı beklemleri ve talep kayıplarını dikkate alarak birim TEU başına kâr kaybı ve terminal boş kalma birim maliyetleri ile toplam maliyeti minimize eden konteyner yük talep değerini belirleyecek bir matematik model geliştirilmiş, modelde maliyeti minimum kılan dönemsel ortalama yük değerinin optimum konteyner yük değerine oranı olarak tanımlanan bir optimalite faktörü belirlenmiştir. Bu doğrultuda da depolama alanı için bu düzeltme yada optimalite faktörüne bağlı kullanışlı ve basit bir bağıntı önerilmiştir.

## 2. MODEL ARAŞTIRMASI

Limanlardaki konteyner terminalerinin depolama sahalarının optimum olarak planlama yönteminin belirlenmesine yönelik bu model ve metod; konteyner yüklerinin dağılımlarına uygun bir stokastik stok planlama modelinin geliştirilmesine dayanmaktadır.

### 2.1. Stokastik Envanter Modelleri

Deterministik modellerde, talebin ve birim maliyet verilerinin kesin olarak bilindiği varsayılır. Gerçekte bu değerlerin tam ve kesin olarak belirlenmesi oldukça güçtür. Stokastik envanter modellerinde ise talebin ve birim maliyet parametrelerinin olasılık dağılımlarının bilindiği kabul edilir. Bu modelde, planlama dönemindeki belirli talep miktarının süresiz ve dönem içinde olasılık dağılımının bilinmekte olduğu kabul edilir. Modelin amacı, geçmişteki deneyimlerden elde edilen talep değerlerini kullanarak elde bulundurulması gereken envanterin optimum değerini bulmaktır [2,3].

Bu modelde depoda başlangıçta  $S$  miktarda malzeme bulunması ve belirli bir süre sonra  $r$  adet kullanıldığının düşünülmesi durumunda, bu süre boyunca  $r < S$  için  $(S-r)$  birim ürünü stokta tutma maliyeti oluşur ve

$$(S - r).C_1 \quad (2.1)$$

şeklinde tanımlanır. Yine bu süre içinde  $r > S$  ise elde bulundurmama maliyeti oluşur ve

$$(r - S).C_2 \quad (2.2)$$

şeklinde tanımlanır. Bu modelde  $r$ 'nin değerinin kesin olarak bilinmediği ancak  $P(r)$  olasılık dağılımının belirli olduğu kabul edilir.  $P(r)$  olasılık fonksiyonu, geçmişte ürüne duyulan ihtiyaç değerlerinin istatistikî değerlerinden elde edilir. Bu olasılık dağılımının gelecekte de geçerli olacağı; gelecekte ve ele alınan dönemde de bu olasılık dağılımına uygun değişim göstereceği kabul edilir.

Buna göre,  $r < S$  olması halinde  $(S-r)$  kadar malzemenin depoda bulunması (elde tutulması) maliyeti;

## Konteyner Terminallerinde Depolama...

$$\sum_{r=0}^S P(r).(S-r).C_1 \quad (2.3)$$

şeklinde,  $r > S$  olması halinde ise  $(r-S)$  kadar parçanın bulunmamasının getirdiği maliyet ;

$$\sum_{r=S+1}^{\infty} P(r).(r-S).C_2 \quad (2.4)$$

şeklinde tanımlanır. Buradan (2.3) ve (2.4) denklemlerinden stok seviyesinin  $S$  olması durumunda olası toplam maliyet şöyle olur;

$$TOM = \sum_{r=0}^S P(r).(S-r).C_1 + \sum_{r=S+1}^{\infty} P(r).(r-S).C_2 \quad (2.5)$$

Burada,

- $r$  = her bir zaman aralığında talep edilen ürün/mal,
- $S$  = zaman aralığında öngörülen envanter / stok seviyesi
- $TOM$  = toplam olası maliyet
- $C_1$  = malın elde bulundurulma birim maliyeti
- $C_2$  = malın elde bulundurulmama birim maliyeti
- $P(r)$  =  $r$  ürününün / talebin ortaya çıkma olasılığı

dır.

## 2.2. Konteyner Depolama Sahalarının Optimum Tasarım Modeli

### 2.2.1. Genel bakış

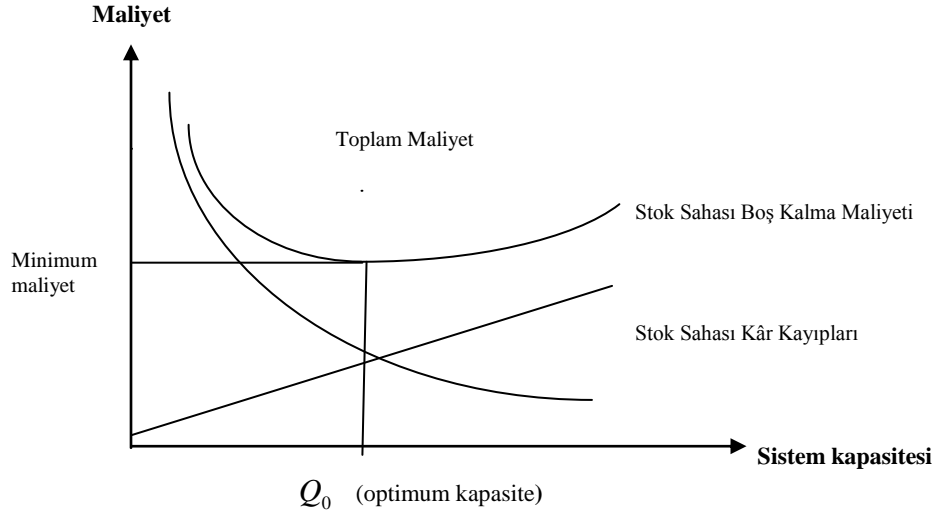
Bir limanda trafik dalgalanmalarına bağlı olarak rıhtımların, elleçleme ve yük istif makinelerinin, kapalı ve açık depoların, antrepoların, ikmal ve alma tesislerinin boş kalma kayıpları ile trafiğin, kullanıcı ve işletme araçlarının bekleme kayıpları dengeli ve toplamaları minimum olmalıdır. Bir limanın servis sistemi ve tesislerinin maksimum trafik değerine göre planlanması halinde trafik ve kullanıcılar beklemeyeceklerdir; buna karşın sistemde boş kalma kayıpları oluşacak bunun sonucunda da sistemin sabit yatırım ve işletme sermayesinin belirli bir kısmı atıl kalabilecektir. Bu durumda, dalgalanan trafiğin yapısına uygun liman servis sistemlerinin, alt yapı, araç ve tesislerinin, elleçleme postalarının ekonomik, optimum olarak belirlenmesine aracılık eden bir hesaplama tekniği problemi ortaya çıkar [4,5]. Bir limanda alt sistemlerin kapasitelerinin artımı ile alt servis sistemlerinin ve liman birimlerinin bekleme zamanı ve maliyetlerinde azalmalar olurken; sistemin yatırım ve sabit bakım onarım işletme sermayesine bağlı boş kalma maliyetlerinde de artmalar olur. Sistemdeki trafik birimlerinin bekleme ve servis sisteminin boş kalma maliyetleri; belirli bir zaman periyodun da birimlerin servis için geliş aralık olasılık dağılımı ile servis sürelerinin olasılık dağılım fonksiyonları karakterine ya da bir diğer deyişle trafik birimlerinin geliş aralığı dağılımının istatistiksel değerlerine bağlı olarak oluşurlar [6]. Problemin çözümü, belirli bir periyot da liman servis sistemlerine gelmesi beklenen birimlerin, servis sistemlerinde oluşturduğu kuyruk uzunluğuna bağlı bekleme kayıpları ile servis sistemlerinde yol açtığı atıl kapasite kalma kayıpları toplamının minimum olması ölçütüne dayanır [5,7]. Benzer şekilde bir konteyner terminalinde alt servis sistemlerinden ve en önemlilerinden biri olan konteyner stok sahası içinde; sahanın boş kalma kayıpları ile sahanın belirli bir periyottaki dalgalanmalarda ortaya çıkan taleplere cevap verememesinden dolayı oluşacak kayıplar dengeli ve toplamaları da minimum olmalıdır.

Bu durumda ortaya çıkan iki maliyet;

- Stok sahası boş kalma yada elde bulundurma maliyeti

- Stok sahası kâr kaybı yada elde bulundurmama maliyeti olarak sınıflandırılabilir.

Şekil 2.1'den de görüldüğü üzere alt yapı servis sistemlerinden biri olan konteyner stok sahasının da yük taleplerindeki dalgalanmalar dikkate alınarak maksimum talebe göre boyutlandırılıp inşa edilmesi durumunda alt yapıya harcanan maliyeti artacak ve sahada beklenen talebin gerçekleşmemesi durumunda yapılan yatırımın belirli bir bölümü atıl halde kalacaktır. Bu durumda stok sahasının boş kalmasından dolayı ortaya çıkan maliyetler de artacaktır.



Şekil 2.1. Konteyner terminali stok sahası kapasite-maliyet fonksiyonu

Diğer taraftan sahanın beklenen talebe cevap veremeyecek kapasitede boyutlandırılması da sistemden elde edilecek gelirlerin azalması, bir başka deyişle kâr kayıplarının artmasına neden olacaktır. Bu ilişki içinde terminallerde stoklama sahaslarının boş kalma maliyetleri ile kâr kayıpları maliyetleri dengeli ve toplamaları minimum olmalıdır.

### 2.2.2. Geliştirilen Model

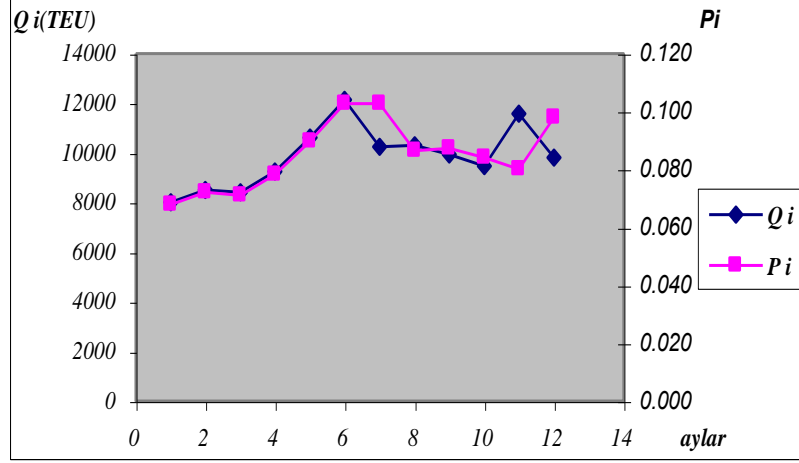
Konteyner terminallerinde depolama alanları terminaldeki trafik akışı içinde çok önemli bir görev üstlenmektedir. Bu trafik akışı içinde stok sahasında belli bir dönem için tutulan konteyner yüklerine ilişkin dalgalanmalar şekil 2.2'deki gibi olsun.

Şekil 2.2'de

$Q_i$  = i. sürede konteyner terminali depolama sahasında kaydedilen konteyner yükünü (TEU),

$P_i = Q_i$  konteyner yükünün depolama sahasında bulunma yüzdesi yada olasılığını ifade etmektedir.

### Konteyner Terminallerinde Depolama...



Şekil 2.2. Bir konteyner terminalinde belli bir sürede stok sahasına gelen konteyner yüklerindeki dalgalanmalar

Diğer taraftan,

$Q_s$  = belirli bir dönem için terminal depolama alanı hesabına esas olan günlük konteyner yükünü ( TEU / gün ),  
İfade etmektedir.

Ayrıca;

$C_s$  , birim konteyner - gün başına USD olarak terminal maliyeti yada boş kalma maliyeti,

$C_b$  , terminal tutma sahasında birim yük başına terminal kâr kaybı maliyeti(USD/TEU) olarak tarif edilerek,

Eğer,  $Q_s > Q_i$  olursa, konteyner terminali depolama sahasında boş kalma maliyeti oluşur ve birim gün için toplam boş kalma maliyeti;

$$C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \quad (2.6)$$

ile ifade edilir.

Belirli bir tutma süresi  $t_0$  için oluşacak boş kalma maliyeti ise,

$$t_0 \cdot C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \quad (2.7)$$

olur.

Eğer,  $Q_i > Q_s$  olur ise, bu kez terminal depolama sahasında kâr kaybı meydana gelecektir, ve toplam kâr kaybı maliyeti,

$$C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s) \quad (2.8)$$

şeklinde yazılır.

Bu doğrultuda terminal depolama sahasında oluşan maliyetler toplamını ifade eden, amaç fonksiyonu,

$$C(Q_i, Q_s) = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \cdot t_o + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s) \quad (2.9)$$

ile ifade edilir [8].

### 3. HESAPLAMALAR

#### 3.1. Modelde Kullanılacak Birim Maliyetler

Modelde kullanılacak birim maliyetler için Haydarpaşa ve Derince limanları örneklerinden yararlanılmıştır.

##### 3.1.1. Bir konteyner terminalinde birim kâr kaybı maliyeti ( $C_b$ )

- Bir terminal sahasındaki faaliyetleri etkileyen
- yükleme boşaltma hizmetlerine
  - terminal hizmetlerine
  - ardiye hizmetlerine
  - romörkaj hizmetlerine
- dikkate alan ücret tarifelerinden yararlanılarak birim kar kaybı maliyeti belirlenmiş ve

$$C_b = 39.64 \text{ USD/TEU}$$

olarak bulunmuştur [8].

##### 3.1.2. Konteyner terminali depolama sahası boş kalma birim maliyetleri

Bir konteyner terminalinde stok sahası boş kalma birim maliyeti ( $C_s$ );

Birim alan için stok sahası yatırım maliyeti ( $C$ ),

Terminal stok sahasının yıllık amortisman ve faiz oranına bağlı katsayı ( $C_{rf}$ ), ve

birim konteyner yükü için gerekli depolama alanına ( $f_0$ )

bağlı olarak

$$C_s = \frac{C_{rf} \cdot C \cdot f_0}{365} \quad (3.1)$$

olarak ifade edilir [8].

#### Haydarpaşa Limanı

1998 yılı birim fiyatları ile maliyeti 3 354 390 267 000 TL olarak hesaplanan konteyner terminal tutma sahasının 1998 yılı başlangıcındaki döviz kuru 200 000 TL olarak alındığında yaklaşık maliyeti olarak 12 milyon USD olarak belirlenmiştir.

Terminal sahası 300\*(350~295)m boyutlarındadır. Yaklaşık olarak 96.750 m<sup>2</sup> olarak bir sahaya tekabül etmektedir.

Bu durumda terminal sahasının 1 m<sup>2</sup>'sinin maliyeti yaklaşık olarak;

### ***Konteyner Terminallerinde Depolama...***

$$C = 12\ 000\ 000 / 96\ 750$$

$$C = 124\ \text{USD} / \text{m}^2$$

olarak bulunur[8].

#### **Derince Limanı**

Terminal alanı yaklaşık olarak  $369\ 000\ \text{m}^2$  ve toplam inşaat maliyetinin  $84.033.321\ \text{USD}$  olduğu dikkate alınarak birim alan maliyeti;

$$C = 84\ 033\ 321 / 369\ 000$$

$$C = 228\ \text{USD} / \text{m}^2$$

olarak bulunur[8].

$$f_0 = 3,72\text{m}^2 \text{ (birim TEU için gerekli alan)}$$

$$C_{rf} = 0,1339 \text{ (stok sahası amortisman ve faiz oranı)}$$

alınarak

Konteyner terminali depolama sahası boş kalma birim maliyetleri sırası ile, Haydarpaşa limanı konteyner terminali için ;

$$C_s = 0,169\ \text{USD/gün*TEU}$$

Derince terminali için;

$$C_s = 0,311\ \text{USD/gün*TEU}$$

olarak hesaplanır.

### **3.2. Modelde kullanılacak veriler**

Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilecek değerlerden güvenilir bir sonuca varılabilmesi için modelin çalıştırılması sırasında, terminal sahasına gelen konteyner yüklerindeki dalgalanmaları (değişimleri) anlamlı bir şekilde karakterize edecek değerlerin kullanılması gerekir.

Çalışmada veri istasyonu olarak kabul edilen Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında ölçülen yük değerlerindeki dalgalanmaların karakteristik değerlerinin belirgin olması gerekir. Bunun için depolama sahasında yapılan ölçümlerin belirli bir periyotta ve belirli bir saatte yapılmış olanları tercih edilmiştir. Haydarpaşa limanı İşletme Müdürlüğüne 1997 ve 1998 yılı her ayın 15 inde ve belirli bir saatte yapılan konteyner yük kayıt değerleri çizelge 3.1' de gösterilmiştir. Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğünden temin edilen veriler dikkate alınarak (12 aylık ve 17 aylık döneme ait) ölçüm değerlerin ölçüm periyodundaki genel ve tabii dizilişini bozmadan 12 ve 17 aylık dönem için yazılabilecek yükleme tipleri belirlenmiştir. Bunların içinden modelde kullanılacak şekilde tipik ve değişimleri anlamlı şekilde karakterize eden yük gruplarının neler olabileceği araştırılmış ve bunlar içinden de 3 değişik yükleme grubu belirlenmiştir[8]. Çünkü diğer yüklemelerde ölçüm değerlerinin dizilişi incelendiğinde tipik 3 adet yüklemedeki yük diziliminin diğer yüklemelerdeki dizilimleri kapsayacak şekilde oluştuğu gözlenmiştir[8].

**Çizelge 3.1.** Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasındaki konteyner yük değerleri[8]

Tarih	Konteyner yükü		Tarih	Konteyner yükü	
	Adet	TEU		Adet	TEU
15.01.1997	8022	14955	15.10.1997	9471	16735
15.02.1997	8518	15906	15.11.1997	11575	19711
15.03.1997	8399	14960	15.12.1997	9796	18037
15.04.1997	9237	15306	15.01.1998	9672	17031
15.05.1997	10608	17566	15.02.1998	8814	16185
15.06.1997	12150	18403	15.03.1998	6680	10840
15.07.1998	10232	15356	15.04.1998	7785	12002
15.08.1999	10321	16044	15.05.1998	7741	12502
15.09.1997	9931	17841			

**Çizelge 3.2.** Yükleme grupları[8]

Yükleme durumu I		Yükleme durumu II		Yükleme durumu III			
Q1	14955	Q1	10840	Q1	10840	Q13	17566
Q2	14960	Q2	12002	Q2	12002	Q14	17841
Q3	15306	Q3	12502	Q3	12502	Q15	18037
Q4	15356	Q4	15356	Q4	14955	Q16	18403
Q5	15906	Q5	16044	Q5	14960	Q17	19711
Q6	16044	Q6	16185	Q6	15306		
Q7	16735	Q7	16735	Q7	15356		
Q8	17566	Q8	17031	Q8	15906		
Q9	17841	Q9	17841	Q9	16044		
Q10	18037	Q10	18037	Q10	16185		
Q11	18403	Q11	18403	Q11	16735		
Q12	19711	Q12	19711	Q12	17031		

**3.3. Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında bekleme süresinin tahmini**

TCDD tarafından Haydarpaşa limanındaki konteyner elleçleme kapasitesi depolama kapasitesi, tutma süresi ve kreyn sayısına bağlı olarak aşağıdaki formül kullanılarak tahmin edilmiştir[8].

$$Y_c = M_1 \cdot YOR \cdot (D_y / D_w) \cdot N_c \quad (3.2)$$

Burada

$Y_c$  = yıllık konteyner elleçleme kapasitesi (TEU)

$M_1$  = konteyner sahasının depolama kapasitesi(TEU)

$YOR$  = saha işgal oranı

$D_y$  = bir yılda işlem yapılan gün sayısı

$D_w$  = ortalama bekleme süresi(tutma süresi)(gün)

$N_c$  = konteyner eleçlemede kullanılan gantry kreyn sayısı(adet)

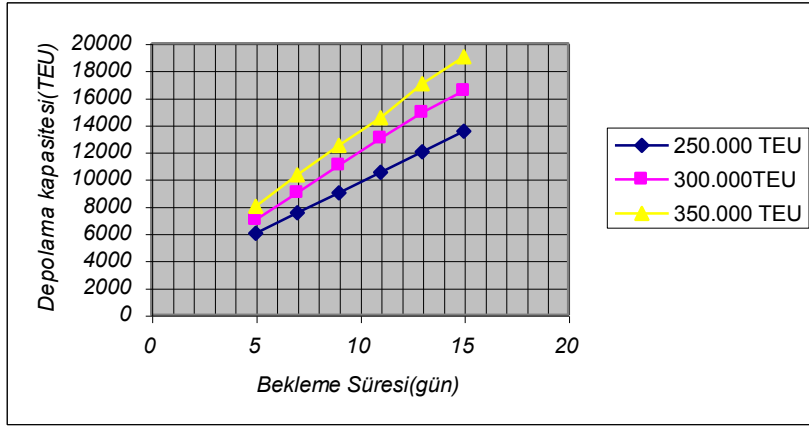


### Konteyner Terminallerinde Depolama...

dır.

Yıllık elleçleme kapasitesinin sırasıyla 250.000, 300.000 ve 350.000 TEU olması durumunda (3.2) ifadesine bağlı olarak depolama kapasitesi ve tutma süresi arasındaki ilişkiyi veren grafik Şekil 3.3 de gösterilmiştir[8].

Bölüm 3.2 deki konteyner yük değerleri dikkate alınarak ortalama bir değer için günlük depolama kapasitesi  $Q_o = 14.000$  TEU ve yıllık toplam 300.000 TEU'luk yük elleçlendiği kabul edilerek ortalama tutma süresi Şekil 3.3 den yaklaşık 12 gün olarak tahmin edilir.



Şekil 3.3. Haydarpaşa limanı konteyner terminalinde depolama kapasitesi ile tutma süresi arasındaki ilişki[8]

#### 3.4. Modelin Birim Maliyetler İçin Çalıştırılması

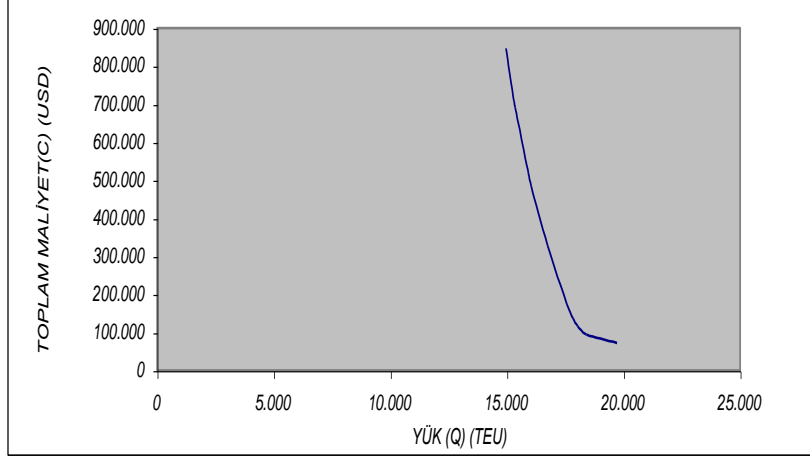
Bu çalışmada stok planlama teorisi ışığında oluşturulan ve bir konteyner terminalinde oluşan maliyetlerin toplamını ifade eden amaç fonksiyonu (2.9) ifadesi Haydarpaşa ve Derince limanı konteyner terminallerine ait veriler kullanılarak işletilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tipik yük-toplam maliyet eğrileri ile gösterilmiştir.

1.  $C_b = 39.64$  USD/TEU,  $C_s = 0.169$  USD/TEU.gün,  $t_o = 12$  gün için modelden elde edilen sonuçlar

Modelin işletilmesi ile elde edilen verileri karakterize eden Şekil 3.4 ve Şekil 3.5 deki eğrilerin değerlendirilmesi sonucunda; Terminal stok sahası boş kalma maliyetlerini belirleyen  $\sum [Q_s - Q_i] \cdot t_o \cdot C_s$  terimi,  $t_o \cdot C_s$  sabit çarpanının çok küçük olması nedeniyle bu terimin

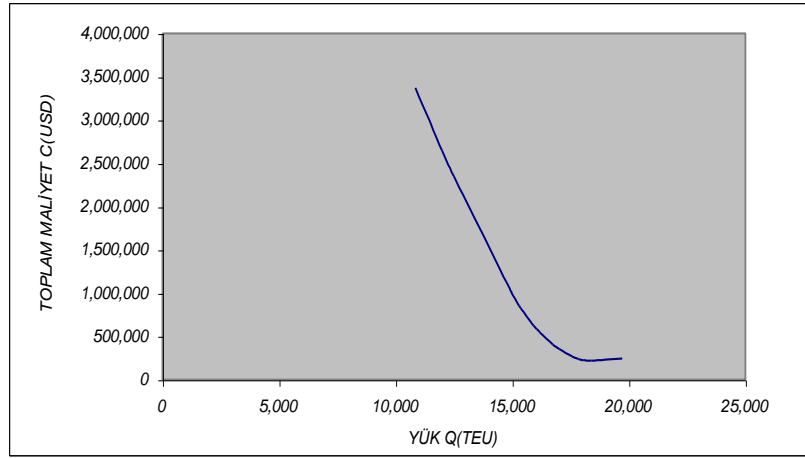
toplam maliyet fonksiyonunda küçük değerler olarak belirdiği anlaşılmaktadır. Bu terim aynı zamanda eğrinin eğiminin küçük olmasına bağlı olmaktadır.

Diğer taraftan kâr kaybı birim maliyet değerinin (birim TEU başına) ( $C_s$ ),  $t_o \cdot C_s$  çarpanı yanında çok çok büyük olması nedeniyle ( $C_b \gg C_s \cdot t_o$ ) kâr kaybı maliyetini ifade eden



Şekil 3.4. Yükleme durumu I, II, III ve  $C_b = 39.64$ ,  $C_s = 0.169$ ,  $t_0 = 12$  için tipik yük- toplam maliyet ilişkisi

1.  $C_b = 39.64$  USD/TEU,  $C_s = 0.311$  USD/TEU.gün,  $t_0 = 12$  gün için modelden elde edilen sonuçlar



Şekil 3.5. Yükleme durumu I, II, III ve  $C_b = 39.64$ ,  $C_s = 0.311$ ,  $t_0 = 12$  için tipik yük- toplam maliyet ilişkisi

$\sum[Q_i - Q_s]$  teriminin toplam maliyet içinde çok büyük değerler olarak belirmesine yol açmaktadır.

Eğrilerin genel karakterlerinin oluşmasında konteyner terminali stok sahasında oluşan kâr kayıplarının boş kalma maliyetlerine nazaran daha etken olduğu söylenebilir. Yani stok sahasında

### ***Konteyner Terminallerinde Depolama...***

konteyner yük değerleri en az iken toplam maliyetler en fazla olmakta, konteyner yük değerleri arttıkça toplam maliyetler düşmekte ve minimum maliyetin maksimum konteyner yük değerine ya da bu değere çok yakın noktalarda belirdiği görülmektedir.

Bunu pratik olarak yorumlarsak bir konteyner terminalinde stok sahaları ne kadar büyük yapılırsa yapılırsa istenilen yüklerin gelmemesinden dolayı ortaya çıkacak boş kalma maliyetleri sahanın yeterince büyük planlanmaması nedeniyle yük talebine cevap verememekten ötürü doğacak kâr kayıpları yanında fazla etkili olamamaktadırlar.

#### **3.5. Tasarım İçin Önerilen Metot**

Planlama çalışmalarında liman altyapı tesislerinin boyutlandırılması için basit, kullanışlı ve güvenli yaklaşımların dikkate alınması önemlidir.

Model çerçevesinde elde edilen sonuçlara dayanılarak konteyner terminaleri depolama sahalarının boyutlandırılmasında basit, kullanışlı ve ekonomik bir metot önerilebilir. Bunun için günlük ortalama konteyner yükünün  $Q_m$ , günlük optimum konteyner yüküne  $Q_0$  oranını optimalite faktörü olarak tanımlayalım. Bu durumda  $\beta$  optimalite faktörü,

$$\beta = \frac{Q_m}{Q_0} = \frac{Q_y / 365}{Q_s / t_o} \quad (3.3)$$

olarak ifade edilir.

Optimum konteyner tutma alanı

$$F = \frac{f_o \cdot t_o \cdot Q_y}{365 \cdot \beta} \quad (3.4)$$

şeklinde tanımlanır. Bu ifadede

$t_o$  = Ortalama tutma (bekleme) süresi (gün),

$f_o$  = Birim konteyner için gerekli depolama alanı ( $m^2/teu$ ),

$F$  = Ortalama tutma süresinde gerekli depolama alanı ( $m^2$ ),

$Q_0$  = Depolama sahası boyutlandırılmasına esas optimum konteyner yükü (teu/gün),

$Q_y$  = Depolama sahası yıllık konteyner yükü (teu/yıl)

dır[8].

Modelin her bir yük grubu için işletilmesi sonucu elde edilen optimum yük değerleri ile yükleme gruplarındaki ortalama konteyner yük değerleri arasındaki oranlar ayrı ayrı belirlenmiş olup optimalite faktörü ( $\beta$ ) olarak adlandırılan bu değer Haydarpaşa ve Derince limanları için 0.80-0.90 arasında değişebileceği ortaya konmuştur[8].

#### **4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada ortaya konulan sonuçlar aşağıda açıklandığı gibi özetlenebilir.

1. Çalışmada stok planlama teorisi ışığında oluşturulan ve bir konteyner terminalinde oluşan maliyetlerin toplamını ifade eden amaç fonksiyonu

$$C(Q_i, Q_s) = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \cdot t_o + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s)$$

matematik modeli ile ifade edilmiş ve bu model Haydarpaşa ve Derince limanı konteyner terminallerine ait veriler kullanılarak işletilmiştir.

Modelde kullanılan boş kalma maliyetlerinin belirlenmesi için esas alınan terminal inşa sistemleri Türkiye’de mevcut limanlardaki konteyner terminallerinde görebileğimiz normal ve ekstrem örneklerdir. Bu doğrultuda elde edilen boş kalma maliyetleri de normal ve ekstrem örnekleri karakterize edecektir.

2. Terminal kâr kayıplarının belirlenmesi sırasında Türkiye limanları için belirlenen hizmet tarifeleri kullanılmıştır. Ancak yüksek fiyat politikaları nedeniyle kâr kayıpları çok büyük değerler olarak belirmiştir.

3. Derince limanı konteyner terminali için öngörülen inşa sistemi, Haydarpaşa limanı konteyner terminali inşa sistemine nazaran %84 oranında daha pahalıdır. Ancak aşırı değerli kâr kayıplarının, amortisman ve faiz maliyetlerinin sonucu olan boş kalma maliyetleri yanında çok fazla etkili olduğu ve toplam maliyetin belirlenmesinde öne çıktığı belirlenmiştir.

4. Bu çalışmanın ortaya koyduğu en önemli sonuçlardan birisi de, bir konteyner terminalindeki depolama sahasının belli bir dönemde beklenen yüklerin en büyük değeri dikkate alınarak belirlenmesi gerektiği şeklinde özetlenebilir ki bu sonuç gerek [1], gerekse [9] tarafından verilen “konteyner terminallerinde stok sahaları gerekenden daha büyük planlanmalıdır” şeklinde verilen öneriyle uyumaktadır[8].

5. Bu çalışmada oluşturulan model ile ortaya konulan pratik basit yöntemde, konteyner depolama sahası; giren ve çıkan toplam konteyner yüklerine, ortalama bekleme süresine, birim konteyner için gerekli alana ve optimalite faktörüne bağlı olarak

$$F = \frac{f_o \cdot t_o \cdot Q_y}{365 \cdot \beta}$$

ifadesiyle belirlenebilmektedir[8]. Bu yöntem optimum depolama alanı boyutlarının basit olarak belirlenebilmesi bakımından uygun bir çözüm olarak değerlendirilebilir.

6. Haydarpaşa ve Derince limanları konteyner terminaleri için yapılan çalışma sonucunda istifli durumlar için optimum konteyner yükü ile ortalama konteyner yükü arasındaki optimalite faktörünün 0.80-0.90 arasında değiştiği ortaya konmuştur. Yapılacak makro planlamalarda konteyner stok sahası boyutlarının bu oran nispetinde daha büyük belirlenmesi halinde ekonomik planlama hedeflerinin yakalanmasının mümkün olabileceği düşünülmektedir.

7. İşçilik ve malzeme fiyatlarının daha pahalı olduğu ve işletme sırasında uygulanan fiyat tarifeleri ülkemizden farklı olan diğer ülkeler için bu çalışma ile ortaya konan modelin değerlendirilmesi durumunda; Türkiye’deki mevcut limanlardaki konteyner terminaleri için ortaya konan bu sonuçları karakterize eden yük-toplam maliyet eğrisinin genel karakteristiğinin farklı olabileceği beklenmelidir[8].

#### KAYNAKLAR

- [1] Frankel, E.G., (1987), Port Planning And Development, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Churchman, C.W., Ackoff, R.L., Arnoff, E.L., (1957), Operation Research, John Wiley & Sons, Inc, New York, London.
- [3] Kaufmann, A., (1964), Methods And Models Of Operations Research, Prentice-Halls, Inc. UK. Englewood Cliffs, NJ.
- [4] Karayalçın, İ. İ., (1979), Harekat Araştırması, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul.
- [5] Salman, G., (1980), Liman Ve Deniz İşletmeciliği, YDO, Yayınları, No:3, İstanbul.

***Konteyner Terminallerinde Depolama...***

- [6] Özen, S., (1994), Limanlarda Optimum İşletme Ve Kapasite Koşulları, Mersin Deniz Ticareti Sayı:22-25, Mart- Haziran 1994, Mersin.
- [7] Hillier, F.S., Liberman, G.V., (1974), Operation Research, Holdenday Inc, San Francisco, U.S.A.
- [8] Özmen, H.İ., (1999), Limanlarda Konteyner Depolama Sahalarının Optimum Boyutlandırılmasında Yeni Bir Yöntem Araştırması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] UNCTAD.,TD/B/C.4/175,(1978), Port Development.

PDF Source : [Sigma](#)