

## İZMİR LİMANI KONTEYNER TERMINALİ OPTIMUM KAPASİTE ANALİZİ

**Gündüz GÜRHAN**

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ ENSTİTÜSÜ  
e.posta:gunduz@imst.deu.edu.tr

### ÖZET

İzmir Limanı konteyner terminali örneğinde önce gemilerin geliş dağılımlarının Poisson dağılımı, servis süresi dağılımlarının ise Erlang dağılımı ile temsil edildiği gösterilmiştir. Sınırsız kuyruk kabulü ile çözümler için M/M/S kuyruk sistemi seçilmiştir. Limandaki ortalama gemi sayısı, trafik yoğunluğu ve yanaşma yeri sayısına göre hesaplanmıştır. Liman işletme maliyetlerini hesaplamak yerine, buna denk S sayıdaki yanaşma yerinin toplam yıllık maliyetinin, toplam gemi maliyetine oranı, limandaki gemi sayısına göre değişik rıhtım sayısı ve trafik yoğunluğu değerleri ile hesaplanmıştır. Mevcut durum için optimum kapasite eğrisi çizilmiş üst sınır trafik yoğunluk değeri 5.85 bulunmuştur. Artan trafik hacmi gözönüne alındığında ise gemi geliş sayılarının artışına göre en uygun servis hızları mevcut durum için araştırılmış, daha sonra ise yanaşma yeri sayısı artırılarak yeni servis hızları hesaplanmıştır. Burada servis hızı ve yanaşma yeri sayısının etkisi karşılaştırılmıştır.

### 1. GİRİŞ

Günümüzde limanlar yükleme boşaltma depolama gibi işlevleri yerine getiren, kendi içine kapalı işletmeler yerine büyük bir ulaşım ağının parçası olan bilginin kolayca paylaşıldığı, hızlı ve etkin yük akışının sağlandığı hinterlandı ile iç içe olan bilgisayar teknolojisinin kullanıldığı merkezler olma yolundadır. Konteyner limanları ise bu özellikleri içinde topladığından son yıllarda en hızlı gelişen ulaşım şeklidir

Limn planlaması uygulamalarında limanın işletme maliyetlerinin en uygun çözümü içermesi istenir. Liman işletilmesi sırasında boşta kalan rıhtım ve bekleyen gemi maliyetleri en az düzeyde olmalıdır. Bu nedenle en uygun yanaşma yeri sayısı belirlenmelidir. Bu çalışmada İzmir Limanı konteyner terminali için kuyruk modeli uygulaması yapılarak, en uygun liman kapasitesi, artan ticaret hacmide gözönüne alınarak araştırılmıştır. Model uygulaması için önce gemi geliş ve servis süresi dağılımları incelenmiş, verilen trafik yüklerine göre maliyetlerde göz önünde

bulundurulacak en uygun yanaşma yeri sayısı, trafik yoğunlukları ve servis hızları hesaplanmıştır.

İzmir limanı  $38^{\circ}25'00''$  kuzey boylamında ve  $27^{\circ}04'30''$  güney enleminde, Ege Denizinin batı kıyılarında yer alan hızla artan ticaret hacmiyle Türkiye'nin İstanbul'dan sonra dışa açılan en önemli kapısıdır. Hizmet ettiği alan tarımdan sanayi ürünlerini kapsayacak kadar geniştir. Son yıllarda şehir içinde kalması nedeniyle genişleme olanakları oldukça kısıtlı kalmıştır. Bu nedenle yeni bir limanın inşa edilmesi düşünülmektedir. Ancak liman yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olmasından dolayı öncelikle varolan limanın en verimli şekilde kullanılması olanakları araştırılmalı, eğer geliştirme çalışmaları yetersiz kalıyorsa yeni bir limanın yapımı düşünülmelidir.

## 2. EN UYGUN LİMAN KAPASİTESİ HESABI

Bir limanı optimum koşullarda işletebilmek için gemi trafik verileri ve elleçleme kapasitesi miktarı bilinmelidir. Bu bilgilere dayanarak önce varolan durum için ekonomik bir liman işletme performansı hesap edilir daha sonra ise artan ticaret hacmi için bu hesaplar yinelenir.

Liman kapasitesi hesabı yapılırken, kuyruk modeli uygulaması için sınırsız kuyruk kabulü ile beraber iki temel bileşen önemlidir. Bunlar gemilerin geliş dağılımı ve servis süresi dağılımıdır. Liman kapasite hesabındaki temel formülasyonlar (Ergin 1989, 1990) tarafından çeşitli yayınlarda verilmektedir. Gemilerin geliş dağılımı Poisson dağılımına uyar (1).

$$P(n) = \frac{n_a^n e^{-n_a}}{n!} \quad (1)$$

Burada  $P(n)$ ,  $T$  periyodu süresince  $n$  sayıda geminin belirli sürede limana gelme olasılığını  $n_a$  ise ortalama gemi sayısını temsil eder. ( $n$ ) sayıdaki geminin frekansı ise denklem 2' deki gibi hesaplanır.

$$F(n) = T P(n) \quad (2)$$

Servis süresi ise gemilerin rıhtımda bekleme, yükleme boşaltma işlemleri ve ayrılması arasındaki geçen süredir. Servis süresi dağılımı ise Erlang dağılımı ile temsil edilir (3). Denklemde  $S(\geq t_b)$   $t_b$  servis süresinin olasılığı,  $b$  ortalama servis hızı,  $K$  ise Erlang sayısıdır.

$$S(\geq t_b) = e^{-Kbt_b} \sum_{i=0}^{K-1} (Kbt_b)^i \frac{1}{i!} \quad (3)$$

En uygun liman büyüklüğü hesabında liman parametreleri kullanılarak liman işletmesi değerleri hesaplanır. Bu parametreler,  $\theta$  limanda bağlanma zamanı,  $\psi$  trafik

yoğunluğu,  $n_s$  limandaki ortalama gemi sayısı ve  $W_q$  ortalama bekleme süresidir. Bu bağıntılar ve aralarında ki ilişkiler aşağıda verilmiştir.

$$\theta = \frac{a}{b.s} \quad \psi = \frac{a}{b}$$

$a = T$  periodunda ortalama gemi geliş sayısı

$b = T$  periyodunda ortalama servis süresi,  $S = R$ ıhtım sayısı

Liman yük elleçleme kapasitesi ( $Q$ ) ise sözü edilen parametreler kullanılarak denklem 4 deki gibi hesaplanır Burada  $R$  yanaşma yerinin yıllık elleçleme kapasitesidir

$$Q = S.R.T.\theta = \psi.R.T \quad (4)$$

Limandaki ortalalama gemi sayısı  $n$  ve ortalama gemi bekleme zamanı  $W_q$  ise  $M/M/S$  kuyruk sisteminde  $M$ . Notritake ve  $S$ . Kimura'nın eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

$$n_s = n_w + n_b = \frac{\psi^{S+1}}{(S-1)!(S-\psi)} \sum_{n=0}^{S-1} \left[ \left( \frac{n}{n!} \right) + \frac{\psi^S}{(S-1)!(S-\psi)} \right]^{-1} \quad (5)$$

$n_w$  ortalama bekleyen gemi sayısı,  $n_b$  ortalama hizmet gören gemi sayısı

$$W_q = \frac{\psi^S}{b(S-1)!(S-\psi)^2} \sum_{n=0}^{S-1} \left[ \left( \frac{\psi^n}{n!} \right) + \frac{\psi^S}{(S-1)!(S-\psi)} \right]^{-1} \quad (6)$$

### 3. MALİYET HESABI İLE EN UYGUN LİMAN BÜYÜKLÜĞÜ

Maliyete dayalı liman kapasitesi hesabında optimum çözümü içeren toplam maliyet limandaki rıhtım sayısının en uygun sayıda olmasını sağlamayı gerektirir. Bu da limanın işletilmesi sırasında boşa bekleyen yanaşma yerinin getirdiği maliyetle, hizmet için bekleyen gemilerin getirdiği maliyetin toplamının en uygun olduğu koşuldur Bu optimizasyon metodu Nicalau tarafından denklem (7) de açıklanmıştır (Ergin, 89). Bu maliyet hesabı sırasında oluşturulan seçenekler arasında eldeki olanaklar ve artan ticaret hacmine göre bir karar verilmesi uygun olur.

$$C_T = c_b + c_s \quad (7)$$

Burada  $C_T$  toplam maliyet,  $c_b$  boşa kalan yanaşma yeri maliyeti,  $c_s$  ise boşa kalan gemi maliyetini gösterir.

Notritake ve Kimura (1983) ise toplam maliyet optimizasyonu limandaki mevcut yanaşma yeri sayısı ve gemi sayısı göz önüne alınarak hesaplamıştır. Limanda  $T$  periodunda  $S$  sayıdaki yanaşma yeri ile hesaplanan toplam maliyet iki farklı

maliyetin toplamıdır (Ergin, 1989).  $C_S^T$  toplam maliyeti, T periyodu,  $n_s$  ise ortalama gemi sayısını gösterir.

$$C_S^T = c_b.T.S + c_s.T.n_s$$

En uygun maliyet çözümünü elde etmek için denklem düzenlendiğinde (9) eşitliği elde edilir. Burada hesaplanan ( $R_S^T$ ), S sayıdaki yanaşma yerinin toplam yıllık maliyetinin toplam yıllık gemi maliyetine oranı ve  $r_b$  ise yanaşma yeri-gemi maliyeti oranıdır. Yine bu konudaki temel formülasyonlar (Ergin 89, 90) da verilmiştir.

$$rt(S) = \frac{C_S^T}{c_s} = \left(\frac{c_b}{c_s}\right)S + ns = rbS + ns \quad (8)$$

Toplam maliyeti veren (7) eşitliğindeki minimizasyon (8) eşitliğindeki minizasyona denk olduğundan, optimum maliyet çözümü sağlayan ilişki ise S sayıdaki yanaşma yerinin optimum olduğu varsayıldığında eşitlik (9) ve (10) da verilmiştir.

$$rt(S) < rt(S+1), \quad rt(S) < rt(S-1) \quad (9)$$

$$n(s-1) - ns > rb = \frac{c_b}{c_s} > ns - n(s+1) \quad (10)$$

#### 4. İZMİR LİMANI İÇİN ÖRNEK ÇALIŞMA

İzmir Limanı toplam 22 yanaşma yerine sahip, 1.666.200 ton/yıl genel yük ve 1.540.600 ton/yıl konteyner yükleri için olmak üzere toplam 3.206.800 ton/yıl yükleme boşaltma kapasitesine sahiptir. Liman içindeki konteyner terminali toplam uzunluğu 1050m olan -13m derinliğinde yedi yanaşma yerinden oluşmaktadır. Kapladığı toplam alan ise 152000 m<sup>2</sup>, elleçleme kapasitesi ise 7047 TEU dur (Turkish Ports Operated by TCDD, 1993). Yıllara göre İzmir limanına gelen konteyner gemilerini sayısı ise Tablo 1' de gösterilmiştir

Tablo 1 Yıllara Göre Gelen Konteyner Gemisi Sayısı

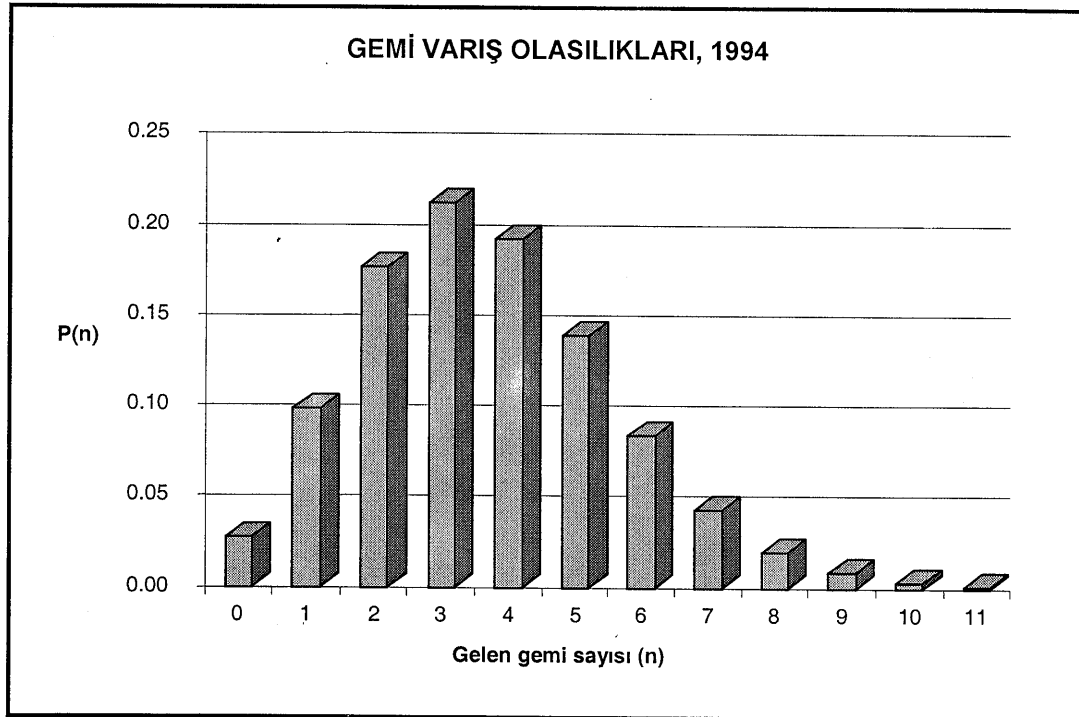
Yıl	Gemi sayısı
1991	774
1992	823
1993	908
<b>1994</b>	<b>1319</b>
1995	1201

Konteyner terminalini içeren yedi yanaşma yeri için kuyruk modeli uygulamasında 1994 yılı istatistikleri kullanılmıştır. İlk olarak gemi geliş dağılımlarının rastgele olduğu ve Poisson dağılımına uyduğu gösterilmiş, frekansları hesaplanmıştır. 1994

yılı istatistiklerine göre yılda 1319 gemi gelmiş buna göre ortalama günlük gelen gemi sayısı 3.61 ise hesaplarda kullanılmıştır (Tablo 2, Şekil 1).

Tablo 2 1994 Yılı Gemi Geliş Olasılıkları (Gürhan, 1996)

(n)	P(n)	F(n)
0	0.0270	9.84
1	0.0974	35.55
2	0.1760	64.23
3	0.2120	77.37
4	0.1915	69.90
5	0.1384	50.52
6	0.0834	30.43
7	0.0430	15.71
8	0.0194	7.10
9	0.0078	2.85
10	0.0028	1.03
11	0.0009	0.34
<b>Toplam</b>	<b>0.9996</b>	<b>364.87</b>

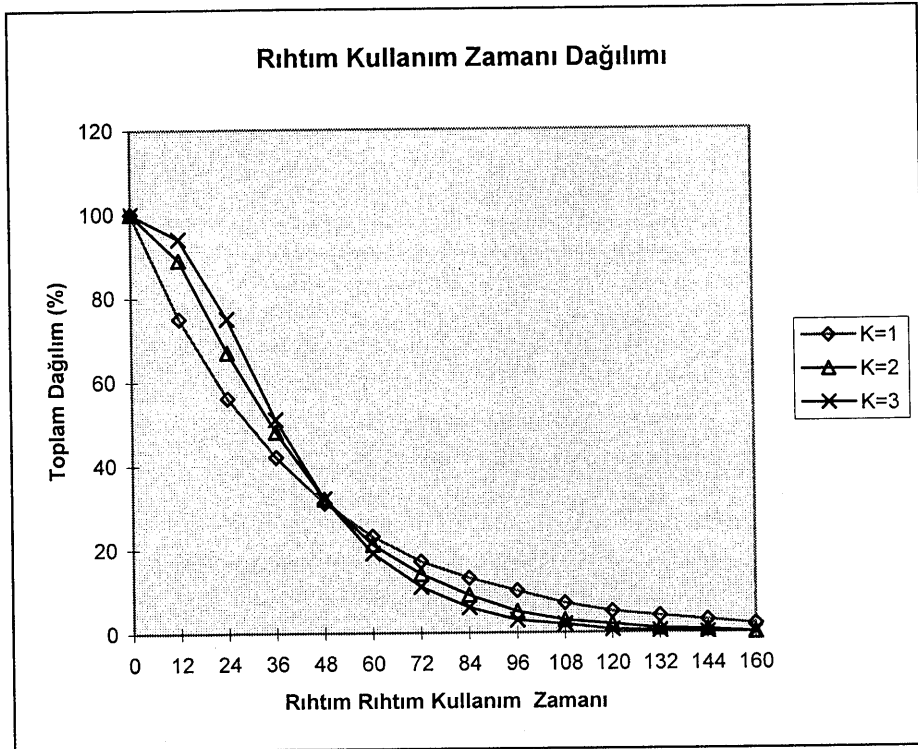


Şekil 1 1994 Yılı Konteyner Gemisi Geliş Dağılımı, (Gürhan, 1996)

İkinci olarak servis süresi dağılımları incelenmiştir. Erlang sayıları  $K=1$ ,  $K=2$ ,  $K=3$  sırasıyla alınarak ve ortalama servis süresi 0.585 gemi/gün kullanılarak denklem 3 hesaplanmış, sonuçlar Tablo 3, Şekil 2' de gösterilmiştir. Buna göre Erlang dağılımı  $K=1$ , ki kare testi sonucunda  $K=2$  ve  $K=3$  göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. M/M/S kuyruk sistemi seçilmiştir.

Tablo 3 Servis Süresi Dağılımı, (Gürhan, 1996)

Rihtim Kullanım Zamanı	K=1	K=2	K=3
0	100	100	100
12	75	89	94
24	56	67	75
36	42	48	51
48	31	32	32
60	23	21	19
72	17	14	11
84	13	9	6
96	10	5	3
108	7	3	2
120	5	2	0.7
132	4	1	0.4
144	3	0.7	0
160	2	0	0
ki kare	4.26	47.58	48.01



Şekil 2 İzmir Limanı Konteyner Terminali Teorik Servis Süresi Dağılımı (Gürhan, 1996)

Maliyete göre en uygun liman kapasitesi hesaplarında toplam maliyeti bağıntısı yerine buna denk olan toplam maliyet oranının minimizasyonu bağıntıları (7), (8), (9) kullanılmıştır. Hesaplarda kullanılan İzmir limanı konteyner terminali işletme parametreleri ise sırasıyla, limanda bağlanma zamanı 0.8, trafik yoğunluğu 5.65, ortalama servis hızı 0.585 gemi/gün olarak seçilmiştir. Hesaplar önce limandaki gemi sayısını bulan eşitlik (5) için trafik yoğunlukları 1 den 10'a ve yanaşma yeri sayısı 3 den 11'e dek, yapılmış sonuçlar Tablo 4' de gösterilmiştir. İkinci aşamada ise S sayıdaki yanaşma yerinin toplam yıllık maliyetinin toplam yıllık gemi maliyetine oranı veren bağıntı (8) hesaplanmış (Tablo 5.) de gösterilmiştir.

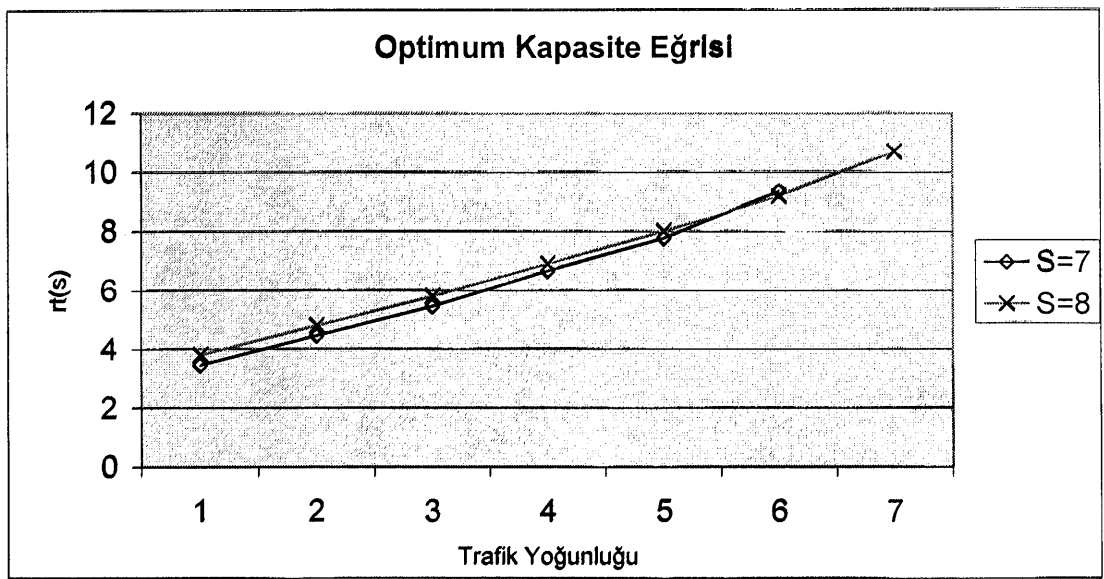
Tablo 4 Limandaki Ortalama Gemi Sayısı ( $n_s$ )

$\psi/S$	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.5	<b>2.1</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3		3.7	<b>3.2</b>	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4			4.8	<b>4.3</b>	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0
5				5.8	<b>5.3</b>	5.2	5.1	5.1	5.1
6					6.9	<b>6.4</b>	6.2	6.1	6.1
7						7.9	<b>7.4</b>	7.2	7.2
8							8.9	<b>8.4</b>	8.2
9								9.9	9.4
10									10.9

Tablo 5 S Sayıdaki Yanaşma Yerinin Toplam Yıllık Maliyetinin Toplam Gemi Maliyetine Oranı

$\psi/S$	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2.05	2.40	2.75	3.10	3.45	3.80	4.15	4.50	4.85
2	3.80	<b>3.50</b>	3.75	4.10	4.45	4.80	5.15	5.50	5.85
3		5.10	<b>4.95</b>	5.20	5.45	5.80	6.15	6.50	6.85
4			6.55	<b>6.40</b>	6.65	6.90	7.25	7.50	7.85
5				7.90	<b>7.75</b>	8.00	8.25	8.60	8.95
6					9.35	<b>9.20</b>	9.35	9.60	9.95
7						10.70	<b>10.55</b>	10.70	11.05
8							12.05	<b>11.90</b>	12.05
9								12.90	13.25
10									14.75

Tablo 5 ve 6' da koyu olarak gösterilen rakamlar S sayıdaki yanaşma yerinin optimum olduğu varsayımı ile 9, 10 eşitliklerinin sağlandığı en uygun maliyet çözümlerini gösterir. Bu sonuçlar liman işletmesi sırasında en uygun trafik yoğunluğunu S sayıdaki yanaşma yeri için verir. Tablo 6' daki varolan durum için 7 yanaşma yeri için 8 sayıdaki yanaşma yeri ile çizilen optimum kapasite eğrisinin kesim noktası üst sınır trafik yükünü verir buradan okunan trafik yoğunluğu ( $\psi_{opt} = 5.85$ ) optimum koşul olarak değerlendirilir.



Şekil 3 Yedi Yanaşma Yeri İçin Optimum Kapasite Eğrisi

## 5. KAPASİTE HESABINDA SEÇENEKLERİN İRDELENMESİ

Gemi trafiği artışıyla beraber gelişen trafik hacmi göz önünde bulundurulduğunda değişik koşullarda en uygun rıhtım sayısına göre, en uygun servis sürelerinin belirlenmesi liman işletme maliyetkerinin optimum düzeyde olmasını sağlar.

Bu aşamada ilk olarak yıllık gelen konteyner gemisi sayısındaki artışa göre varolan yedi yanaşma için optimum trafik yoğunluğunun 5.85 olduğu koşulu sağlamak için gerekli trafik servis hızları araştırılmış, yanaşma yeri sayısı artırıldığında, artan günlük ortalama gemi trafiğiyle birlikte Tablo5 de gösterilen her yanaşma yeri sayısı için optimum trafik yoğunluğunu sağlayan servis hızları hesaplanmış sonuçlar Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6 S=7,8,9,10 İçin Ortalama Servis Hızları (Gürhan, 2000)

Toplam Gelen Gemi Sayısı (n)	Günlük Ort. Gelen Gemi Sayısı ( $n_a$ )	Ortalama Servis Hızı (b)			
		S=7	S=8	S=9	S=10
1319	3.61	0.62	0.54	0.46	0.45
1390	3.80	0.65	0.57	0.48	0.47
1460	4.0	0.68	0.59	0.51	0.50
1530	4.2	0.72	0.62	0.54	0.52
1640	4.5	0.77	0.67	0.57	0.56
1830	5.0	0.85	0.75	0.65	0.62
2190	6.0	1.025	0.89	0.77	0.75

Konteyner Terminali toplam elleçleme kapasitesinin 1.540.000 ton/yıl için 7 yanaşma yeri sayısına göre bir yanaşma yerinin optimum trafik yoğunluğu 5.85 sağlaması için gerekli günlük elleçleme hızı (R ) hesabı ise aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;



$$Q_{opt} = S.R.T. \theta \text{ ve } \theta = a/(b.S) \text{ ve } Q_{opt} = \psi.R.T \text{ olur}$$

$$1.540.000 = R.365.5.85 \text{ — } R = 721 \text{ ton/rıhtım}$$

Hesaplar 1.540.000 ton/yıllık elleçleme kapasitesi için aynı koşullarda 8 yanaşma yeri ile yapıldığında günlük elleçleme hızı 630ton/rıhtım, optimum trafik yoğunlukları kullanılarak 9 yanaşma yeri için 541ton/rıhtım, 10 yanaşma yeri için 527 ton/rıhtım olarak hesaplanmıştır.

Liman toplam kapasitesi 1.750.000 ton/yıl ve 2.000.000 ton/yıl düzeyine çıkartıldığında her bir rıhtımının günlük elleçleme hızı (ton/rıhtım) , optimum trafik yoğunlukları alınarak değişik yanaşma yeri sayısına göre hesaplanmış sonuçlar Tablo 9' da gösterilmiştir.

Tablo 7 Günlük Elleçleme Hızı (R = ton/rıhtım), (Gürhan, 2000)

Q=1.750.000ton/yıl		Q=2.000.000ton/yıl	
S	R	S	R
7	819	7	936
8	715	8	817
9	615	9	702
10	519	10	685

İzmir Limanı konteyner terminalinde varolan duruma göre günlük bir yanaşma yerinin elleçme kapasitesi olan 500 ton/rıhtım hızını elde etmek üzere artan toplam yıllık elleçleme miktarı göz önüne alındığında, bu kez hesaplar 1.540.000, 1.750.000, 2.000.000 ton/yıl için yenilenir ve bu değerlere karşılık gelen optimum trafik yoğunluğu değerleri araştırılır. En uygun yanaşma yeri sayısı için denklem, trafik yoğunluğu eşitliğin sol tarafına çekilerek yeniden düzenlenir.

$$Q = \psi.R.T \quad \psi(opt) = Q/(R.T) < S$$

Buna göre 500 ton/rıhtım değeri sabit tutulduğunda 1.540.000 ton/yıl için optimum trafik yoğunluğu 8.43 ve yanaşma yeri sayısı dokuz, 1.750.000 ton/yıl için 9.58 ve on, 2.000.000 ton/yıl için ise 10.95 ve 11 değerleri bulunmuştur.

## 6. SONUÇ

Liman planlaması uygulamalarında limanın işletme maliyetlerinin en uygun çözümü içermesi beklenir. Limanın işletilmesi sırasında boşta kalan rıhtım ve bekleyen gemi maliyelerinin en az olması istenir. Bu iki maliyet birbirine ters orantılıdır. Bu nedenle en uygun yanaşma yeri sayısının belirlenmesi gerekir.

Gemilerin rıhtıma yanaşmaları, bekleme ve yükleme boşaltma işlemleri için geçen servis süresi planlama sırasında koşulların gerektirdiği en üst düzeyde olmalıdır. Bu faktör daha az yanaşma yeri ile daha hızlı hizmet verilmesini sağlar. Yeni bir rıhtımın limana eklenmesi ise trafik yoğunluğu gözönüne alındığında servis sürelerinin en uygun çözümlerin sağlanmadığı durumlarda seçenek olarak sunulmalıdır.

İzmir Limanı konteyner terminali örneğinde önce gemilerin geliş dağılımlarının Poisson dağılımına ve servis süresi dağılımlarının ise Erlang dağılımı ile temsil edildiği gösterilmiştir. Sınırsız kuyruk kabulü ile çözümler için M/M/S kuyruk sistemi seçilmiştir. Limandaki ortalama gemi sayısı trafik yoğunluğu ve yanaşma yeri sayısına

göre hesaplanmıştır. Liman işletme maliyetlerini hesaplamak yerine buna denk S sayıdaki yanaşma yerinin toplam yıllık maliyetinin toplam gemi maliyetine oranları limandaki gemi sayısına göre değişik rıhtım sayısına ve trafik yoğunluğu değerleri ile hesaplanmıştır. Her yanaşma yeri için optimum trafik yoğunluğu değerleri bulunmuştur. Mevcut durum için optimum kapasite eğrisi çizilmiş üst sınır trafik yoğunluk değeri 5.85 bulunmuştur. Bu değer en uygun trafik yoğunluğu olarak değerlendirilmiştir.

Artan trafik hacmi gözönüne alındığında ise gemi geliş sayılarının artışına göre en uygun servis hızları mevcut durum için araştırılmış, daha sonra ise yanaşma yeri sayısı 7,8, 9, 10 alınarak yeni servis hızları hesaplanmıştır. Burada servis hızının ve yanaşma yeri sayısının etkisi karşılaştırılması yapılmıştır. Bir rıhtımın günlük elleçleme hızı, trafik yoğunluğu artan ticaret hacmi ve yanaşma yeri sayısına gözönüne alınarak hesaplanmıştır. Örneğin Tablo 6 daki sonuçlara göre yedi yanaşma yeri için günlük ortalama gelen gemi sayısı ( $n_a$ ) 3.61 olduğunda servis hızı 0.62 gemi/gün olmalı, gemi sayısı 3.80 gemi/gün olduğunda ise servis hızı 0.65'e çıkarılmalıdır. Bir rıhtım ilave edildiğinde ise 3.61 gemi için 0.54 gemi/gün servis hızı ile liman işletilmelidir. Benzer şekilde rıhtım sayısı dokuz ve on'a çıkarıldığında servis hızlarının düştüğü, 0.46 ve 0.45 gemi/gün değerlerini aldığı hesaplanmıştır. Öte yandan 0.62 gemi/gün'lük servis hızı ile 3.61 gemiye yedi rıhtımla hizmet verilebilirken, aynı servis hızı ile günlük ortalama gelen 4.2 sayıda gemiye hizmet rıhtım sayısını sekize çıkararak elde edilebilir. Rıhtım sayısı sabit kalsaydı servis hızını 0.77 gemi/güne çıkarmak gerekirdi.

Bu çalışmada liman işletme koşullarının en uygun olduğu seçenekler üretilmiş, temelde hesaplar iki yaklaşım üzerinde yoğunlaştırılmıştır, bunlardan birincisi Artan ticaret hacmine göre en uygun liman kasitesini belirlerken rıhtım sayısını artırmak diğeri ise liman elleçleme araçlarının kapasitesini artırıp servis hızlarını arttırmaktır. Burada analitik metodlarla S sayıdaki yanaşma yeri için servis hızları ve optimum trafik yoğunlukları araştırılmıştır. Karar aşaması için ise seçeneklerin mali ve teknik olanakları araştırılarak, limanın genişletilmesi veya yeni bir limanın inşasından önce eldeki imkanların en üst düzeyde kullanılması gerekliliği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Aoki Y., (1990), *Container Terminal Planning*, *Asahi Kaiyo Corporation*, Japan.
- Agershou H., Lundgren H., Sorensen T., Ernst T., Korsgaard J., Schmidt R.L., Chi W.K. (1985), *Planning and Design of Ports and Marine Terminals*, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons.
- Ergin A. & Yücel F., (1983), *A Port Capacity Study For Iskenderun Port*, Antwerp: 8th. Int. Harbor Congress.
- Ergin A. Cantekin, E., A.C. (1988), *Analysis of Port Congestion and Design Criteria for Optimum Port Planning*, 9<sup>th</sup> Int Harbour Congress, Antwerp.
- Ergin A., (1989), *Queuing Model Applications in the Optimum Size Seaport Studies*, Ankara : O.D.T.Ü. Temel Uygulamalı Bilimler Dergisi.
- Ergin A. Yalçın A.C., (1990), *Computer Simulation for Optimum Seaport Planning*, Antalya: International Seminer for Port Planning.
- Ergin A. & Yalçın A.C., (1990), *Kargo Taşımacılık Tenolojisinin Liman Planlamasına Etkileri*. Isparta: Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi.

Ergin A. Yalçiner A.C., (1992), *Computer Simulation For a Container Terminal*. Surabaya Indonesia: PIANC Permanent Committee for Developing Countries co-sponsored by the Worldbank and the Asian Development Bank. Second Seminar on Ports and Inland Waterways.

Frankel, E., G., (1987), *Port Planning and Development*. Canada: A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons.

Güler I., (1996), *Computer Simulation Method for Optimum Sea Port Size* Ankara Ph.D Thesis.

Gürhan G., (1996), *Planning and Operation of Container Terminals\_ Izmir*. Msc Thesis.

Gürhan G., (2000), *Optimum Port Study –A Case Study For Izmir Harbour*, International Symposium Marine Technologies and Management Technonav 2000.

Japan International Cooperation Agency, (1994), *System Analysis For Port Planning*. Japan.

Turkish State Railways, (1993), *Turkish Port Operated By T.C.D.D*. Ankara.

T.C.D.D İzmir Liman İşletmesi Müdürlüğü, (1994), *1994 Yılı İzmir Limanı Gemi ve Yük Trafiği İstatistikleri*. İzmir.

T.C.D.D İzmir Liman İşletmesi Müdürlüğü, (1995), *1995 Yılı İzmir Limanı Gemi ve Yük Trafiği İstatistikleri*. İzmir.

T.C.D.D İzmir Liman İşletmesi Müdürlüğü, (1995), *Brifing Dosyası*. İzmir.

## ABSTRACT

Marine transportation and ports have an important role in the world trade and considered to be the most important parameter with its effect on development of the countries. Besides these facts the port investments needs high costs both for constructing new ports or developing the existing ones. In this study queuing model application is carried out to determine the optimum port capacity for the container terminal at the port of İzmir. The aim of this study is to achieve the conditions that the port is operated optimally related to cost. In the planning process alternatives have been produced among the increasing number of berths and increasing handling the capacity of each berth. Several port parameters have been calculated such as berth occupancy rate, traffic intensity, average number of ships in port, average waiting time of ships. The existing and future cargo handling capacity also has been calculated and optimum solutions have been shown.

