

# İzmir Aliağa Limanında Gemilerin Limanda Bekleme Süresi Boyunca Karbon Salımlarının Hesaplanması ve Bu Salımın Sistem Dinamikleri Yaklaşımıyla İncelenmesi

Murat BAYRAKTAR\*, A. Güldem CERİT

Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi 35160 Buca İZMİR

Tel: (232) 301 88 71

E-Posta: murat.bayraktar@deu.edu.tr\*, guldem.cerit@deu.edu.tr

## Öz

Bu bildiriye limanda bekleyen gemilerin bekleme süresi boyunca çevreye ne kadar karbon salımı yaptığı incelenmiş ve ayrıca bu salıma uygun bir sistem dinamiği modeli hazırlanmıştır. **Giriş-Amaç:** Bu çalışmada denizciliğin karbon salımına etkisi çerçevesinde İzmir Aliağa Limanında bulunan gemilerin çevreye ne kadar karbon salımı yaptığının hesaplanmasına yönelik bir model önerisinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç-Yöntem:** Çalışma sistem dinamikleri yaklaşımı kapsamında kullanılan “Vensim®” yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Öncelikle karbon salımı için uygun bir sistem Vensim® programında hazırlanmıştır. Bu sistemde karbon salımını etkileyecek her farklı etken değerlendirilmiş ve bu sistem İzmir Aliağa Limanına indirgenecek şekilde düzenlenmiştir. Daha sonra genel bir öngörü sağlanması ve oluşturulan sistemin doğruluğunun test edilmesi açısından Türkiye İstatistik Kurumunca açıklanan Türkiye genelinde var olan karbon salımları değerleri sisteme eklenmiştir. **Bulgular:** Bu aşamalardan sonra Aliağa Limanına giriş yapan gemilerin bekleme süresi ve bu bekleme süresi boyunca jeneratörlerinin, gemi makinelerinin karbon salımları hesaplanarak sisteme girilmiştir. Jeneratörlerin ve makinelerin katalogları incelenerek çevreye ne kadar karbon salımı yaptıkları tespit edilmiştir. **Sonuç:** Bu sistem yaklaşımı ile bölgedeki karbon salımı miktarı hesaplanmış ve gelecek yıllarda İzmir Aliağa Limanında karbon salımı miktarının limanda bulunan gemi sayısına göre nasıl değişebileceği hakkında bir öngörü yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İzmir Aliağa Limanı, Sistem dinamikleri, Karbon Salımı

## Giriş

Türkiye’de ekonomik gelişme, artan nüfusun ihtiyaçları, dış ticaretteki büyüme ve bölgede yer alan dinamiklerle birlikte genel olarak ulaştırma ve özel olarak da deniz ulaştırması sektörleri büyümekte, genel olarak araç ve özel olarak da gemi trafiği yoğunluğu artmaktadır. Hizmetteki gemilerin ürünlerini sağlıklı bir şekilde ulaştırmak ve yeni yük alımı yapmak, ülkede liman ihtiyacını doğurmuştur. Türkiye’de bu ihtiyacı gidermek için birçok liman inşası yapılmış ve İzmir Aliağa limanı bunların en önemlilerinden biri haline gelmiştir. Bu limana yıl içinde birçok gemi gelmekte ve belli bir süre bu limanda bekleme yapmaktadır. Bu gemilerin bekleme süreleri yük boşaltma, yük alma ya da bakım onarım sürelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu süreler boyunca gemilerin ana makinelerinden ve yardımcı makinelerinden karbon salımı meydana gelmektedir. Gemi sayısındaki hızlı artış, karbon salım miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Küresel ısınmanın belli bir ölçüde de yavaşlatılması için, yeni inşa edilen gemilerde makine gücünün yanı sıra çevreyle barışık olması da önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

Karbon salımının en büyük etkisi, dünyanın ortalama sıcaklığını normal seviyelerinin üstüne çıkarmasıdır. Bu yüzden dünyanın varlığı devam ettirebilmesi için, kontrol altına alınması

gereken en önemli ölçüttür. Her bir uzman kendi alanında karbon salımını etkileyen faktörleri belirlemekte ve bunları azaltıcı yönde çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmada Ege Bölgesinin önemli limanlarından birisi olan Aliğa Limanında bekleyen gemilerin çevreye karbon salımlarını araştırmak amacıyla uygun bir sistem dinamiği modeli hazırlamış ve bir analiz gerçekleştirilmiştir.

## Literatür Taraması

Enerji sektörü, ülkelerin ilerleme politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik bir alan niteliğindedir. Enerjiye olan ihtiyacın sürekli arttığı, ancak kaynakların giderek azaldığı bir ortamda, enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır. Enerji verimliliği kavramı, enerjinin üretim ve tüketimi anlamında yapılan çalışmaların tümünü içerir. Bu çalışmalar en az kaynak kullanımıyla en fazla enerji üretmeyi ve aynı miktar enerji kullanılarak daha fazla üretim gerçekleştirmeyi amaçlar (Narin ve Akdemir, 2006).

Enerji verimliliğindeki tüm gelişmelere rağmen 2050 yılında küresel enerji talebinin bugünkünün 2 katı olması beklenmektedir. Bu küresel nüfus artışı ve ekonomik büyümenin, süregelen kentleşmenin olduğu kadar hareketlilik ve enerjiye bağlı hizmetlere olan talep artışının kaçınılmaz sonucudur. Bu süre zarfında eğer küresel ısınma 2°C'nin altında tutulmak isteniyorsa küresel sera gazı emisyonlarının yarıya düşürülmesi gerekmektedir (WEC, 2013).

Enerji üretimine yatırım yapan ülkelerin karbon salım miktarları yatırımlarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Karbon salımı dünya için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu konu hakkında çeşitli ülkeler birçok istatistiksel veri hazırlamakta ve bunları kamuoyuna sunmaktadır. Bu çalışmaların en önemlilerinden birisi de Hollanda'da çevresel istatistikleri değerlendirme grubunun 2013 yılında yayınladığı rapordur. Bu raporda dünyanın önemli ülkelerinin 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 ve 2012 yıllarında çevreye ne kadar salım yaptığını göstermektedir (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2013).

Tablo1'de 1990 yılında ABD'nin karbon salımında en önemli payı oluşturduğu görülmektedir. İlerleyen yıllarda Çin karbon salımında etkisini artırıp 2010 yılından sonra ABD'nin önüne geçmiştir. Avrupa birliği ülkelerinde ve Rusya'da 1990 ve 2012 yıllarında çok büyük değişim olmamakta ve var olan küçük değişiklikler ise karbon salımını azaltıcı yöndedir.

Tablo 1 Dünyadaki Gelişmiş Ülkelerin Belirli Yıllarda Karbon Salımı

Milyar ton Co <sub>2</sub>	1990	1995	2000	2005	2010	2012
<b>ABD</b>	4.99	5.26	5.87	5.94	5.5	5.19
<b>Almanya</b>	1.02	0.92	0.87	0.85	0.82	0.81
<b>İngiltere</b>	0.59	0.56	0.55	0.55	0.51	0.49
<b>Çin</b>	2,51	3,52	3,56	5,85	8,74	9,86
<b>Rusya</b>	2,44	1,75	1,66	1,72	1,71	1,77
<b>Toplam</b>	22.7	23.6	25.4	29.3	33	34.5

Kaynak: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2013.

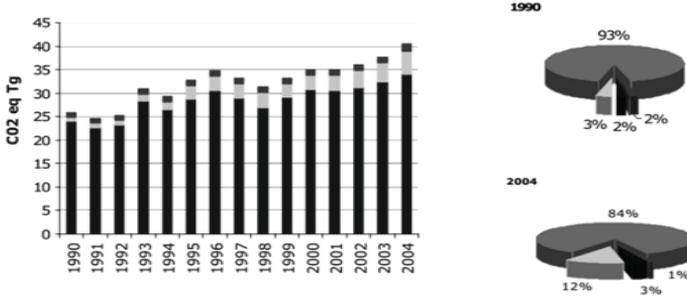
Tablo2'de görüldüğü gibi TÜİK Türkiye için karbon salım miktarlarını gösteren bir rapor yayınlamıştır. Bu rapora göre 1990 ve 2011 yılları arasındaki süreçte Türkiye karbon salımında artan bir eğilim göstermiştir. Türkiye karbon salımında büyük bir artış olmasına rağmen diğer büyük devletlerle kıyaslayınca karbon salım miktarı oldukça azdır (TÜİK, 2012).

Tablo 2 Türkiye'de Belirli Yıllarda Karbon Salımını

Milyon ton CO <sub>2</sub>	1990	1995	2000	2005	2010	2011
<b>Türkiye</b>	188.43	238.82	298.21	330.98	402.1	422.42

Kaynak: TÜİK, 2012.

Şekil 1’de 1990 ve 2004 yılları arasında ulaştırma sektörünün karbon salımında ki dağılımı gösterilmiştir. Bu şekle göre karayolu ulaşımı karbon salımının büyük bir parçasını oluşturmaktadır. Denizcilik sektörü ise karbon salımında 1990 yılında %2 ve 2004 yılında ise %3 lük bir pay oluşturmuştur (TÜİK, 2006).

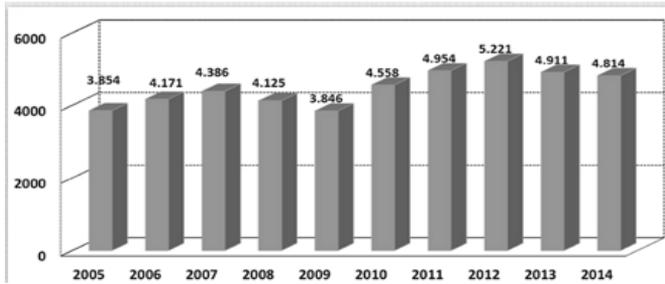


Şekil 1 Türkiye’de Belirli Yıllarda Ulaştırma Sektörünün Karbon Salımı Dağılımı  
Kaynak: TÜİK, 2006.

Bugünün uluslararası deniz işletmeciliğinde, petrol türevi ağır yakıtlar (HFO-Heavy Fuel Oil) gemi sevk sistemlerinde ana enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca damıtılmış deniz dizel yakıtları (MDO -Marine Diesel Oil-/ MGO –Marine Gas Oil-) yardımcı dizel makineler için ve liman operasyonları sırasında kullanılmaktadır (IEA, 2013).

Bu yakıtlara ek olarak son zamanlarda gemilerde biyodizel yakıt kullanımına ilişkin çalışmalar da yapılmaktadır. Bu çalışmalarda biyodizel yakıtın karbon salımının diğer yakıtlara göre daha az olduğu saptanarak biyodizelin maliyet ve lojistik açıdan kullanımı incelenmektedir (Nuran, 2014).

Türkiye’de denizciliğe verilen önemin artmasıyla beraber, Türkiye’de bulunan limanlarda farklı hizmetlerde birçok gemi bulunmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi bu limanların başlıcaları arasında yer alan Aliağa Limanında bir yıllık süre içinde 14 farklı terminaline toplamda binlerce gemi giriş-çıkış yapmaktadır. Şekil 2’de 2005 ve 2014 yılları arasında hangi yılda ne kadar gemi bulunduğu gösterilmiştir. Bu yıllar arasında gemi sayısında çok büyük dalgalanmalar olmamasına rağmen en fazla gemi sayısına 2012 yılında ulaşılmıştır (Aliağa Liman Başkanlığı, 2015).



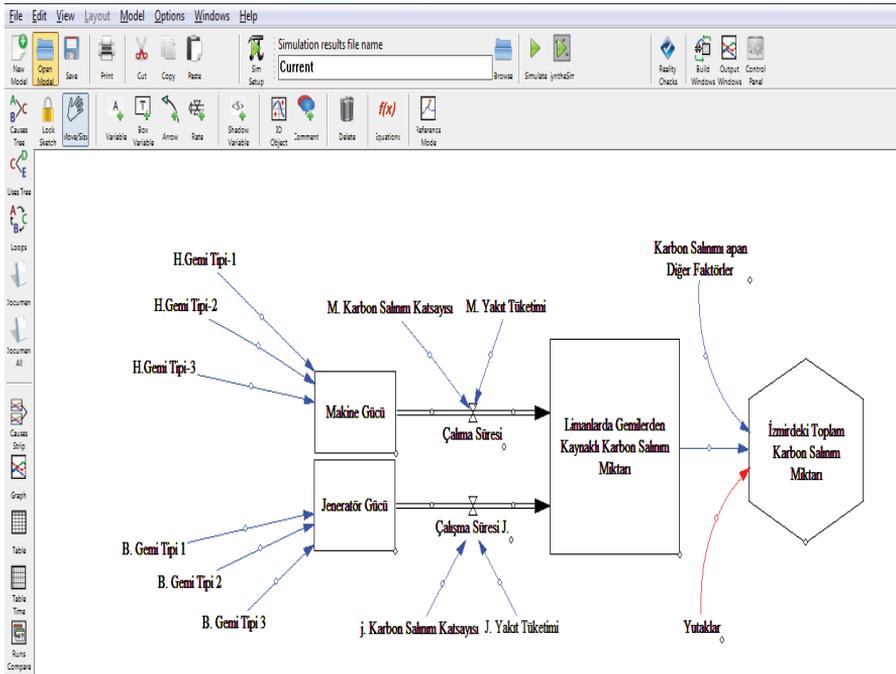
Şekil 2 Gemi Hareketleri (Adet/Yıl)  
Kaynak: Aliağa Liman Başkanlığı, 2015.

## Metot

Bu araştırmada sistem dinamikleri yaklaşımı uygulanmıştır. Sistem dinamikleri çok ciddi yönetim problemlerinde yardım oluşturan bir yaklaşımdır. Sistem dinamikleri şirket stratejilerinden insanların bağışıklık sistemlerine kadar birçok konuyu ele almaktadır ve herhangi bir dinamik sistem için kullanılabilir. Her durum için kendine özgü bir sistem dinamiği modeli oluşturulur. Bu modellerin kullanılmasıyla sistemlerde oluşan değişiklikler kolaylıkla belirlenir ve en kısa sürede müdahale edilebilir. Bu sayede zaman ve maliyet açısından fayda sağlanır. Özetle bu yaklaşımın ana amacı daha büyük başarı sağlayan yönetim politikalarını ve organizasyon yapılarını oluşturmaktır (Sterman, 2000).

## Model ve Uygulama

Bu aşamada Aliğa Limanında gemilerden kaynaklı karbon salımını bulmak için uygun bir model oluşturulmaktadır. Uygun modelin oluşturulması için sistem yaklaşımı ve bu yöntemde geliştirilen Vensim® yazılımı kullanılmaktadır. Bu programda verilerin yerleştirebileceği çeşitli başlıklar eklenmiştir. Şekil 3'teki sistemde geminin makine gücünden faydalanarak ne kadar yakıt tükettiğini ve bu yakıt tktiminin, limanda bekleme süresine bağlı olarak çevreye ne kadar salım yaptığı modellenmiştir.



Şekil 3 Aliğa Limanında Bekleyen Gemilerin Karbon Salımının Vensim® Yazılımı ile Modellenmesi

### Limanda Bekleyen Gemilerin Makine Kataloglarının İncelenmesi

Limanda bekleyen gemilerin IMO numarasından gemilerin ayrıntılı bilgisine erişilebilmektedir. Bu sayede geminin hangi marka ana makine ve jeneratör kullanıldığı

bilgisine ulaşılmaktadır. Ulaşılan makine ve jeneratör bilgilerin katalogları üretici firmadan tedarik edilmektedir. Bu kataloglarda farklı devir hızlarında makineden elde edilen güce göre yakıt ve yağ tüketimi verileri alınmaktadır.

Tablo 4'te MAN firmasının ürettiği S60MC-C8 model ana makinenin devir hızına bağlı olarak ürettiği güç gösterilmiştir. Ayrıca devir hızına bağlı oluşacak efektif basınç ve silindir sayısına göre üretilen güç değerleri belirtilmiştir (MAN, 2015).

Tablo 4 MAN B&W S60MC-C8 Model Gemi Ana Makinesi Güç ve Hız Değerleri

Yerleştirme Noktaları	Makine Devir Hızı (devir/dakika)	Ortalama Efektif Basınç (bar)	Güç(kw)			
			Silindir Sayısı			
			5	6	7	8
L1	105	20	11900	14280	16660	19040
L2	105	16	9500	11400	13300	15200
L3	89	20	10050	12060	14070	16080
L4	89	16	8050	9660	11270	12880

Kaynak: MAN B&W S60MC-C8 Makine Kataloğu, 2015.

Tablo 5'te aynı model ana makinenin özgül yakıt tüketim değerleri gösterilmiştir. Bu sayede farklı güç değerlerine göre saatlik yakıt tüketim değerleri hesaplanabilmektedir.

Tablo 5 MAN B&W S60MC-C8 Model Gemi Makine Yakıt ve Yağlama Yağı Tüketim Miktarı

Yükteki Yerleşim Noktası	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)				Makine Yağı Tüketimi		
	Yüksek Verimli Turboşarjla		Klasik Turboşarjla		Yaklaşık sistem yağı (g/kwh)	Silindir Yağı	
	100%	80%	100%	80%		Mekanik Silindir Yağlaması	MAN B&W Alpha Silindir Yağlaması
L1	170	167	172	169	0,15	1-1,5	0,7
L2	163	160	165	162			
L3	170	167	172	169			
L4	163	160	165	162			

Kaynak: MAN B&W S60MC-C8 Makine Kataloğu, 2015.

Tablo 6'da jeneratörlerin çalışma kapasitelerine ve güç değerlerine göre ortalama yakıt tüketimleri belirtilmiştir. Bu tablodan yararlanılarak gemideki jeneratörlerin güçlerine göre saatlik yakıt tüketimleri hesaplanabilmektedir.

Tablo 6. Jeneratör Kapasitesine göre ortalama yakıt tüketimi

Jeneratör Kapasitesi(kw)	%25(galon/saat)	%50(galon/saat)	%75(galon/saat)	%100(galon/saat)
40	1.6	2.3	3.2	4
75	2,4	3,4	4,6	6,1
150	3.6	5.9	8.4	10.9
250	5.7	9.5	13.6	18
600	13.2	22	31.5	42.8
750	16.3	27.4	39.3	53.4
1000	21.6	36.4	52.1	71.1

Kaynak: Diesel Service and Supply Inc., 2015.

Tablo 7’de IMO MEPC (Deniz Çevresini Koruma Komitesi) ‘nin verilerine göre yakılan yakıtın tipine bağlı olarak, doğaya ne kadar karbondioksit salımı yapıldığını göstermektedir.

Tablo 7 IMO MEPC (Deniz Çevresini Koruma Komitesi) ne Göre Kullanılan Yakıtta Göre Ortalama Karbon Salım Oranları

Yakıt Tipi	Hidrokarbon Karbon Miktarı	Saflığı	Net Karbon Miktarı	Kg CO <sub>2</sub> /Yakıt (ton)
Gemi Dizel Yakıtı (MDO)	0,85	1%	0,842	3,09
Ağır Yakıt (HFO)	0,853	3,50%	0,825	3,02
LNG	0,75	0	-	2,75 (kg/tonne LNG)

Kaynak: IMO MEPC (Deniz Çevresini Koruma Komitesi), 2015

Aliağa Limanının 14 farklı terminaline gelen gemilerin isimleri, hangi bayraklı oldukları, IMO numaralarını, durumlarını ve diğer bilgilerini Aliağa Limanının web sayfasından görüntülenmektedir. Şekil 4’te iki önemli terminal olan Batıçim ve Ege Gübre’de bulunan gemilerin 27.04.2015 tarihindeki durumları liste şeklinde gösterilmiştir (Aliağa Liman Başkanlığı, 2015).

Şekil 4 Aliağa Limanında Bulunan Gemilerin Güncel Listesi (27.04.2015)

Kaynak: Aliağa Limanı Online Gemii Takip Sistemi, 2015

### Sahm Hesabı

Tablo 8’de 3 farklı türden 18 gemii incelenmiştir. Bu gemilerin IMO numaralarına bakılarak gemilerin ana makine ve jeneratör değerleri bulunmuştur.

Tablo 8 Limandaki Gemilerin Ana Makine ve Jeneratör Güçleri

Klas Numarası	IMO Numarası	İsim	Tip	Ana Makine(kw)	Jeneratör(kw)
9733012	9127459	ALLEGRI	Konteyner	9668	3*560
7165547	9366445	ASIATIC CLOUD	Konteyner	10500	3*570
9217605	9415959	BERNARD A	Konteyner	13280	4*740
9165554	9366512	BERRA K	Konteyner	10500	3*570
2112373	9260536	BURAK BAYRAKTAR	Konteyner	5920	3*500
9234868	8820016	CLARA MÆRSK	Konteyner	10623.04	3*1250
9733011	9126766	CORELLI	Konteyner	9698	3*560
4187724	9297577	KARLA A	Konteyner	11060	4*740
6147141	9319117	YM INTELLIGENT	Konteyner	15805	3*1200
5136643	9289154	BURGOS	Kimyasal Tanker	8561	3*760
14260653	9689146	HIGH FIDELITY	Kimyasal Tanker	7180	3*850
3113486	9260081	MOUNT OLYMPUS	Kimyasal Tanker	7980	3*600
3112435	9246463	PORT STANLEY	Kimyasal Tanker	8580	3*740
141008	9215103	TORM CECILIE	Kimyasal Tanker	8288.06	3*740
8302127	8304983	ARMADA 4	Römorkör	1044.4	3*150+40
8172868	9466685	BES PIONEER	Römorkör	1920	3*245
9529666	9127215	JACKIE B	Römorkör	1454.7	2*75

Kaynak: ABS Vessel Record, 2015.

Tablo 8’de klas numaraları verilen gemilerin 1 saat boyunca Aliğa Limanı içinde ana makinelerin çalışması durumunda ortalama karbon salımları tablo 4, 5 ve 6’dan faydalanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Toplam Ana Makine Gücü (Kw)  $\approx$ 142000 kw (Tablo 8).

Ortalama Yakıt Tüketimleri  $\approx$ 165 g/kwh (Tablo 5).

Tüm Makinelerin Çalışması Durumunda 1 Saat İçinde Toplam Yakıt Kullanımı  $\approx$ 23450kg  $\approx$ 23,5 ton

Harcanan Yakıt Miktarına Göre Karbon Salımı 18 gemi için 23 ton yakıt yanması  $\approx$ 70 kg karbon salımı ortaya çıkmaktadır (Tablo 7).

Tablo 8’de limanda bekleyen gemilerin kullandıkları jeneratörlerin güç değerleri belirtilmektedir.

Tablo 8’deki değerler kullanılarak ve jeneratörlerin %50 kapasiteyle çalıştığı kabul edilerek aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

Jeneratörler için Toplam Güç (Kw) için yakıt miktarı  $\approx$  1000 galon (1 galon=4,54609 litre) Toplamda jeneratörlerin yakıt harcama miktarı  $\approx$ 4600kg  $\approx$ 4,6 ton (Tablo 6).

Harcanan yakıt miktarına göre karbon salımı 4,6 ton yakıt yanması  $\approx$ 13 kg karbon salımı ortaya çıkmaktadır (Tablo 7).

## Sonuç

Literatür taramasında dünyanın sanayi alanında önde gelen ülkelerinin karbon salımları gösterilmiş ve Türkiye'nin karbon salımındaki konumu görülmüştür. Araştırma çerçevesinde hizmetteki gemiler belirlenmiş ve bunların makine katalogları incelenip çevreye ne kadar karbon salımı yaptıkları gösterilmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak uygun bir model Aliğa limanı için uyarlanmıştır.

Aliğa limandan alınan verilere göre yıllık ortalama 4000 gemi Aliğa limanına uğramaktadır. Aynı zamanda 27.04.2015 tarihinde alınan güncel bilgilere göre Aliğa Limanında 90 adet gemi bulunmaktadır. Uygulanan metodun sonucunda 18 geminin,1 saat içinde çalışması durumunda  $70+13 \approx 83$  kg karbon salımı yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan modelden faydalanılarak Aliğa limanı için yıllık ortalama karbondioksit salım miktarı  $\approx 25$  ton'dur. Denizcilik sektörünün karbondioksit salımına etkisi yaklaşık olarak 1,2 milyon ton'dur. Bu bulgular ile Aliğa limanının Türkiye'deki karbon salımına etkisinin saptanması amacıyla bir yaklaşım gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak limanlarda bulunan gemilerin bir yıl içinde karbon salımına önemli ölçüde etki ettiği görülmektedir.

## Kaynaklar

- ABS Vessel Record.(2015) [www.eagle.org/safenet/record/record\\_vesselsearch](http://www.eagle.org/safenet/record/record_vesselsearch)
- Aliğa Liman Başkanlığı.(2015) [www.aliagadenizcilik.gov.tr/haber\\_detay.aspx?id=36](http://www.aliagadenizcilik.gov.tr/haber_detay.aspx?id=36)
- Diesel Service & Supply Company.(2015)  
[www.dieselserviceandsupply.com/temp/fuel\\_consumption\\_chart.pdf](http://www.dieselserviceandsupply.com/temp/fuel_consumption_chart.pdf)
- IEA (International Energy Agency). (2012) World Energy Outlook. A.B.D.
- IMO MEPC.(2015) Deniz Çevresini Koruma Komitesi Karbon Emisyonu Raporu
- Sterman, J. D. (2000) Business Dynamics Thinking and Modeling for a Complex World, Massachusetts Institute of Technology, U.S.
- MAN Marine Engine.(2015)  
[www.mandieselturbo.com/download/project\\_guides\\_tier2/printed/s60mcc8.pdf](http://www.mandieselturbo.com/download/project_guides_tier2/printed/s60mcc8.pdf)
- Nuran, M.(2014) Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Ekonomisi: Alternatif Enerji Kaynakları İçin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Narin, M., Akdemir S. (2006) Enerji Verimliliği ve Türkiye, Türkiye Ekonomik Kurumu.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.(2013)  
[http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news\\_docs/pbl-2013-trends-in-global-co2-emissions-2013-report-1148.pdf](http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/pbl-2013-trends-in-global-co2-emissions-2013-report-1148.pdf)
- TÜİK.( 2012, 2006) Seragazi Emisyonları Raporu, Türkiye
- W.E.C. (World Energy Comitee).(2013) World Energy Issues Monitor Report. A.B.D.