

**Dokuz Eylül Üniversitesi  
Denizcilik Fakültesi Dergisi  
Cilt: 5 Sayı: 2 Yıl: 2013**

## **LİMAN YAPILARININ TASARIMI İÇİN DALGA TAHMİNİ**

**Lale BALAS<sup>1</sup>  
Aslı NUMANOĞLU GENÇ<sup>2</sup>  
Asu İNAN<sup>3</sup>**

### **ÖZET**

*Ticari limanlar ve yat limanları, deniz taşımacılığı ve tekne turizmi açısından hayati önem taşımaktadırlar. Limanların tasarımında en önemli aşamalardan biri, konaklayan gemi ve teknelere güvenli bir demirleme sağlayacak olan liman koruma yapısının tasarımıdır. Liman koruma yapısı tasarımını etkileyecek dalga özelliklerini belirten dalga iklimi, göz önüne alınması gereken temel unsurdur. Dalga iklimin modellenmesi koruma yapısı tasarımın sağlıklı olabilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bugün dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de dalga tahminleri, rüzgar ölçümlerine ya da modellerine dayanmaktadır. Ancak, Türkiye Kıyılarında dalga iklimi çalışmalarında kullanılacak ölçülmüş dalga verisi bulunmadığından tasarım sürecinde dalga modelleri tercih edilmektedir. Bu çalışmada Türkiye Kıyıları için geliştirilmiş üç boyutlu hidrodinamik taşıma modeli olan HYDROTAM-3D modelinin rüzgar ve dalga iklimi alt modelleri anlatılmakta ve uygulama çalışması olarak Edremit, Balıkesir bölgesinin rüzgar ve dalga iklimi sunulmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** Dalga iklimi, HYDROTAM 3D, rüzgâr iklimi.

---

<sup>1</sup>Prof.Dr., Gazi Üniversitesi, Deniz ve Su Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, lalebal@gazi.edu.tr

<sup>2</sup>Dr., Gazi Üniversitesi, Deniz ve Su Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, aslingenc@yahoo.com

<sup>3</sup>Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Deniz ve Su Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, asuinan@gazi.edu.tr

## USING WAVE PREDICTIONS FOR PORT STRUCTURE DESIGNS

### ABSTRACT

*Ports and marinas have a vital importance in sea transportation and boat tourism. In the design of these areas, one of the most important steps is the design of the coastal defence structure which provides the safe berthing of the ships and the boats calling ports and marinas. Wave climate providing information on the wave characteristics that will affect the design of the defence structure is the basic aspect of the design process. Modelling the wave climate is of great importance in reaching on sound coastal defence structure. Like the overall practice in the world, wave prediction studies in Turkey are based on either the data gained out of wave measurements or models. However, as there is no continuous wave measurement data along the Turkish coasts, models of wave climate are preferred in the design process. In this study, the wind and wave climate sub-models of HYDROTAM-3D, a three dimensional hydrodynamic transport model are used and developed for Turkish coasts, and the results of a case study for Edremit, Balıkesir are discussed.*

**Keywords:** *Wave climate, HYDROTAM 3D, wind climate.*

### 1. GİRİŞ

Ticari liman ya da yat limanı yapılarının tasarımında en önemli adım, liman yapısını etkileyecek olan rüzgar ve dalga özelliklerini içeren rüzgar ve dalga ikliminin belirlenmesidir. Bugün dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de dalga tahminleri, rüzgar ölçümlerine ya da modellerine dayanmaktadır. Bu çalışmada rüzgar ve dalga iklimi alt modelleri anlatılacak olan HYDROTAM-3D Türkiye Kıyıları için geliştirilmiş olan üç boyutlu hidrodinamik taşınım modelidir. HYDROTAM-3D Türkiye kıyılarının tüm Meteoroloji İstasyonlarının kuruluşlarından günümüze saatlik rüzgar (yaklaşık olarak 1970-2011) ölçümlerini içeren veri tabanına sahiptir. Tüm istasyonların yerleri, Türkiye haritası üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında gösterilmektedir. Rüzgâr iklimi modelinde seçilen istasyona ait saatlik rüzgâr verisi analiz edilmekte; aylık, yıllık ve mevsimlik rüzgârgülleri sunulmaktadır. Dalga iklimi modelinde ise hesaplanan derin deniz belirgin dalga yüksekliklerinin “uzun dönem” ve “en yüksek değer” istatistikleri çalışılmaktadır. Hesaplanan derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve dalga periyotları kullanılarak yıllık ve mevsimlik dalga gülleri hazırlanmaktadır. Belirgin dalga yükseklikleri için en büyük değer istatistiği uygulanmakta ve denizel alanda en yüksek dalga yüksekliklerinin genellikle oluştuğu “etken” ve eğer bulunuyorsa “ikincil” yön dilimleri de verilmektedir. Bu

araştırmada HYDROTAM-3D kullanılarak Edremit Körfezi, Balıkesir bölgesi için oluşturulan rüzgâr ve dalga iklimi sunulacaktır. Bu sonuçlar ileride bu bölge için tasarlanabilecek olan liman ya da kıyı koruma yapısı tasarımı için faydalı altlık oluşturmaktadır.

## 2. HYDROTAM-3D

HYDROTAM-3D, bilimsel kaynaklarda yayınlanan analitik ve deneysel sonuçlarla ve saha çalışmaları ile karşılaştırılarak gerçekleştirilen, Türkiye’de birçok kıyı alanına uyarlanmış bir üç boyutlu hidrodinamik ve taşınım modelidir (Balas, 1998; Balas, 2001, 2004; Balas ve Özhan, 2000, 2001, 2002, 2003; Balas ve İnan, 2005; Balas vd., 2006; Balas ve İnan, 2010; Balas vd., 2011; Balas vd., 2012; İnan ve Balas, 2008, 2009; Yegül, 2005). HYDROTAM-3D, 1990 yılından bugüne dek sürekli olarak kalibre edilerek (saha çalışmaları ile doğrulanarak) geliştirilmiş sayısal model çalışmasının; güncel IT standartları ve teknolojilerini kullanarak modernize edilmesini, güncel gereksinimleri içerecek ek modellerin oluşturulmasını, ilişkisel veri tabanı, Coğrafi Bilgi Sistem entegrasyonunu, üç boyutlu, görsel "Karar Destek" sisteminin oluşturulmasını içermekte olup bulut bilişim mimarisini kullanmaktadır. Yazılımının başlıca özellikleri şunlardır (<http://hydrotam.com>):

- Üç boyutlu, alansal ve derinlik boyunca sayısal modelleme yapar.
- Tüm değişkenlerin, zamana göre değişimlerini içerir. Kullanıcının belirttiği herhangi bir zaman dilimi için sonuç üretebilir.
- Modelin çıktıları coğrafi bilgi sistem temellidir, kolayca yorumlanabilir, anlaşılabilir özelliktedir.
- Model küresel koordinat sistemini kullanır.
- Modele noktasal yoğunluk tanımlanabilir. Model yoğunluk farklılaşmasını dikkate alarak işlem yapar. Baroklinik bir modeldir.
- Modele noktasal su sıcaklıkları, su tuzlulukları tanımlanabilir.
- Model veri tabanında Türkiye Kıyıları Meteoroloji İstasyonları'nın kuruluşlarından bu yana saatlik rüzgar verisi yer almakta ve bunlara dayalı rüzgar iklimi hesaplamaktadır (Rüzgar İklimi Alt Modeli).
- Model, derin deniz belirgin dalga yüksekliklerini ve belirgin dalga dönemlerini, uzun dönem dalga istatistiği ve en yüksek dalga istatistiği kullanarak hesaplar (Dalga İklimi Alt Modeli).
- Model kıyısal deniz, haliç, lagün ve göl ortamlarına uygulanabilir.

### 3. RÜZGÂR İKLİMİ ALT MODELİ

Bir kıyı bölgesini etkileyen rüzgâr özelliklerini belirten rüzgar iklimi, hemen hemen tüm kıyı ve deniz etkinlikleri için göz önüne alınması gereken temel unsurdur. HYDROTAM-3D Rüzgâr İklimi alt modülünde, kullanıcı çalışmak istediği istasyonu harita üzerinden seçebilmektedir. Seçilen istasyona ait saatlik rüzgâr verisi analiz edilmekte, aylık, yıllık ve mevsimlik rüzgârgülleri sunulmaktadır. Rüzgârın hangi yönden hangi yöne doğru esmekte olduğunu gösteren yön dilimleri, coğrafik yönlerle aynı seçilmiştir. Bu yönler Kuzey (N) yönünden başlayarak saat yönünde, N (Kuzey), NNE (KuzeyKuzeyDoğu), NE (KuzeyDoğu), ENE (DoğuKuzeyDoğu), E (Doğu), ESE (DoğuGüneyDoğu), SE (GüneyDoğu), SSE (GüneyGüneyDoğu), S (Güney), SSW (GüneyGüneyBatı), SW (GüneyBatı), WSW (BatıGüneyBatı), W (Batı), WNW (BatıKuzeyBatı), NW (KuzeyBatı), NNW (KuzeyKuzeyBatı) olarak sıralanmaktadır. Modelde ayrıca tüm Kıyı istasyonlarının, aylık ortalama ve en yüksek değer rüzgâr hızları da bir grafik olarak sunulmaktadır. Rüzgar istatistiği olarak, “uzun dönem” ve “en büyük değer (ekstrem)” olmak üzere iki tür istatistiksel dağılım kullanılmıştır. Uzun dönem istatistik zamansal olarak süreklilik gösteren verisi yani meteoroloji istasyonlarının kurulduğu tarihten 2011 yılına dek ölçülen tüm saatlik verisi kullanmaktadır. Uzun dönem rüzgâr hızı, log-normal dağılım istatistiği ile incelenmiştir. Tüm saatlik rüzgar verisinin, yönlere göre aşılma olasılıkları sunulmaktadır. İstenen yönden istenilen rüzgâr hızının yılda kaç saat aştığı hesaplanabilmektedir.

En büyük değer istatistiğinde ise, meteoroloji istasyonlarının kurulduğu tarihten 2011 yılına dek ölçülen tüm saatlik verisinin içinden yıllık en büyük rüzgâr hızları kullanılmıştır. Yıllık en büyük rüzgâr hızları Gumbel olasılık dağılımı ile incelenmiş ve Gumbel dağılım kâğıdına yerleştirilerek sunulmuştur. Noktalara en iyi uyan doğru çizilmiş ve verisinin kapsadığı süre dışına da uzatılmıştır. Herhangi bir yineleme dönemiyle oluşması beklenen rüzgâr hızları, çizimin üst yatay ekseninde gösterilmektedir.

### 4. DALGA İKLİMİ ALT MODELİ

Daha önce de belirtildiği üzere, Türkiye Kıyılarında dalga iklimi çalışmalarında kullanılabilecek ölçülmüş dalga verisi bulunmamaktadır. Rüzgar dalgalarının modellenmesinde, iki türlü yaklaşım bulunmaktadır; ampirik modeller ve sayısal modeller. Birçok sayısal model, batimetrik, topografik ve çözümlene ağı uzunluğu ve kara sınırları problemleri nedeni ile kıyısal alanlarda doğru sonuçlar

üretmemektedir. Özellikle, Türkiye'nin Ege Denizi ve Marmara Denizi kıyılarında sayısal modellerin çözüm ağları ve kara sınırı uyarlamalarında hata oranları yükselmektedir. Birçok kıyı mühendisliği tasarımlarında, doğruluğu kanıtlanmış ampirik modeller kullanımı tercih edilmektedir. Dünyada en çok kullanılan, ölçümlerle test edilmiş ampirik modeller SMB (Bretschneider, 1970), JONSWAP (Hasselmann vd. 1976), SPM (1984), CEM (2006). Bu çalışmada, dünyada da yaygın olarak kullanılan, CEM ampirik modeli kullanılmıştır. Rüzgar hızları deniz yüzeyinden 10 m. yükseklikteki rüzgar hızlarına dönüştürülmektedir. Seçilen denizel noktadan, tüm yönlerde, noktanın karşısındaki karayı kesen dikmenin uzunluğu, o yöndeki dalga kabarma mesafesi (feç) dir. Tüm yönlerdeki etkin dalga kabarma uzunluğunun (etkin feç uzunluğu) belirlenmesi için cosinüs ortalama metodu uygulanmıştır. Tüm ana yönler için  $\pm 22,5$  derece aralığında,  $\theta=7,5$  derecelik açılarla dalga kabarma uzunluklarının ortalamaları alınmaktadır. Burada X dalga kabarma uzunluğu,  $X_{ef}$  etkin dalga kabarma uzunluğudur.

$$X_{ef} = \frac{\sum X_i \cos^2 \theta_i}{\sum \cos \theta_i} \quad (1)$$

Hesaplanan derin deniz belirgin dalga yüksekliklerinin “uzun dönem” ve “en yüksek değer” istatistikleri çalışılmıştır. Uzun-dönem dalga istatistiği zamansal olarak süreklilik gösteren verisi içermektedir. Bir denizel alanda oluşan dalga yüksekliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi için değişik olasılık dağılımları üretilmiştir. Bu dağılımlardan en çok uygulanmakta olanı tüm fırtınalarda yaratılan belirgin dalga yükseklikleri ile bunların oluşma olasılıkları arasındaki ilişkiyi gösteren “Log-lineer dağılım”dır. Uzun dönem dalga istatistiği log-lineer dağılım ile incelenmiştir. Böylelikle, iskele ya da yanaşma yerlerinde ya da limanlarda dalgaların yol açtığı çalkantıların ne sürelerde olduğu bulunabilmektedir. Log-lineer olasılık dağılım denklemi aşağıda verilmektedir:

$$Q(H_{1/3}) = e^{2,3(H_{1/3}-B)/A} \quad (2)$$

Denklemden;  $Q(H_{1/3})$  fırtınalarda oluşan belirgin dalga yüksekliğinin  $H_{1/3}$  değerine eşit ya da daha büyük olma olasılığı,  $H_{1/3}$  belirgin dalga yüksekliğinin değeri, A ve B dağılım parametreleridir.

Log-lineer olasılık dağılım denklemi aşağıdaki şekilde de yazılabilir:

$$H_{1/3}=A*\text{Log}Q(H_{1/3})+B \quad (3)$$

Seçilen denizel alanın uzun dönem dalga istatistikleri yönlere göre sunulmakta, istenilen dalga yüksekliğinin yılda kaç saat aşılma olasılığı olduğu hesaplanabilmektedir. Hesaplanan derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve dalga periyotları kullanılarak yıllık ve mevsimlik dalga gülleri hazırlanmaktadır. Yıllık dalga gülleri, belirgin dalga yüksekliğinin tüm yıl boyunca değişik yönlerden oluşma oranlarını göstermektedir. Dalgaların nereden geldiğini gösteren yön dilimleri, coğrafik yönlerle aynı seçilmiştir. Dalga yüksekliği 0.5 metreden küçükse, denizin durumu “sakin” olarak kabul edilmektedir. Bu durumda herhangi bir dalga yönü belirtilmemekte ve oluşma oranı gülün ortasındaki çember içinde verilmektedir.

Belirgin dalga yükseklikleri için en büyük değer istatistiği uygulanmıştır. Belirgin dalga yüksekliğinin yıllık en büyük değerleri, Gumbel dağılımına uydukları varsayımıyla, Gumbel çizim kağıdına yerleştirilmiştir. Noktalara en iyi uyan doğru da çizilmiş ve verisinin kapsadığı sürenin dışına da uzatılmıştır. Herhangi bir yenileme dönemiyle oluşması beklenen belirgin dalga yükseklikleri, çizimin üst yatay eksenini yardımıyla elde edilebilir. Denizel alanda en yüksek dalga yüksekliklerinin genellikle oluştuğu “etken” ve eğer bulunuyorsa “ikincil” yön dilimleri de verilmektedir.

## **5. EDREMİT DENİZEL ALANI**

### **5.1 Rüzgâr İklimi**

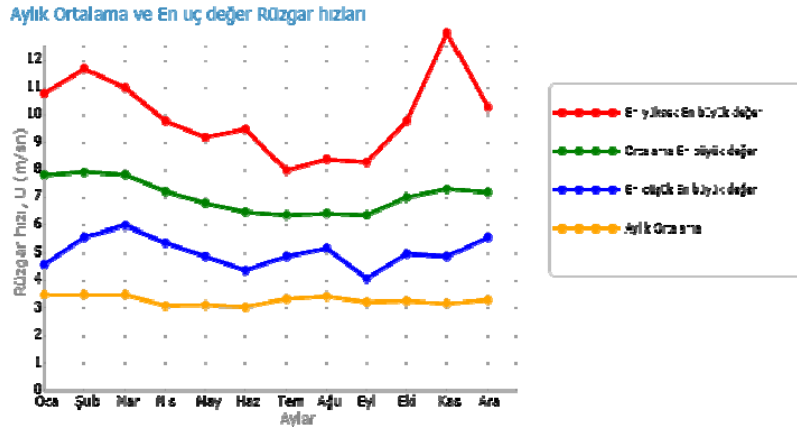
HYDROTAM-3D rüzgâr ve dalga iklimi alt modeli uygulama alanı olarak seçilen Edremit (Balıkesir) denizel alanı konum olarak Edremit Körfezi kuzey batısında yer alan alanını kapsamaktadır. Çalışma bölgesinin rüzgâr ikliminin belirlenebilmesi için, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden elde edilen Edremit (1970-2011) Meteoroloji İstasyonuna ait rüzgâr verisi incelenmiştir (Şekil 1).



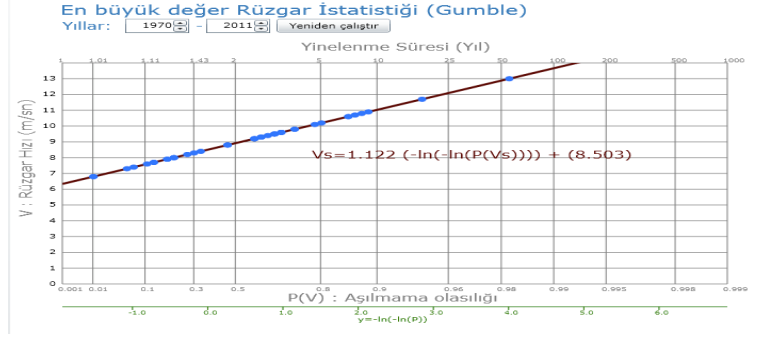
Şekil 1. Meteoroloji İstasyonlarının Konumları

Kaynak: Google Earth, 2012

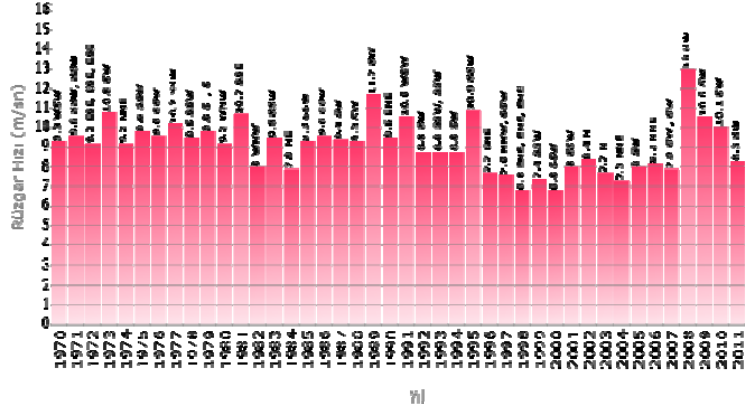
Model çalışmalarında, Edremit Meteoroloji İstasyonu 1970-2011 yılları arası saatlik ortalama rüzgâr hızlarına göre rüzgâr oluşum sayıları belirlenerek, yıllık ve mevsimsel rüzgârgülleri ve rüzgâr analizleri oluşturulmuştur. Aylık ortalama ve en büyük değer rüzgâr hızları Şekil 2'de, en büyük değer rüzgâr istatistiği Şekil 3'de verilmektedir. Rüzgâr hızlarının aylık ortalamaları, meteoroloji istasyonunun kurulduğu tarihten 2011 yılına dek, o ay içindeki tüm rüzgâr hızlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Aylık en yüksek değerler olarak, aynı sürelerde o ay içerisinde gözlenen en yüksek, en düşük ve ortalama en büyük değerler (herhangi bir ay için, her yılın en yüksek değerlerinin ortalaması) verilmektedir. Yıllara göre en yüksek rüzgâr hızları ve esme yönleri Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 2. Edremit Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama ve En Büyük Değer Rüzgâr Hızları



Şekil 3. Edremit Meteoroloji İstasyonu En Büyük Değer Rüzgar İstatistiği



Şekil 4. Edremit Meteoroloji İstasyonu Yıllara (1970-2011) Göre En Yüksek Rüzgâr Hızları ve Esmeye Yönleri

Edremit istasyonunun rüzgar hızı ölçümlerinin incelemeleri sonucunda, bölgede esme sıklığı en yüksek olan hâkim rüzgar yön aralığının KuzeyKuzeyDoğu-Doğu (NNE-E) aralığı olduğu görülmüştür. Bu yön aralığından esen rüzgârların yıllık ortalama değeri yaklaşık 1 m/s olup, maksimum rüzgâr hızının 9,5 m/s ile DoğuKuzeydoğu (ENE) yönünden estiği görülmüştür. İkincil rüzgâr yön aralığı BatıGüneyBatı-BatıKuzeyBatı (WSW-WNW) yön aralığıdır. Bu yön aralığından esen rüzgârların yıllık ortalama değeri yaklaşık 1,1 m/s olup, maksimum rüzgâr hızının 10,6 m/s ile BatıGüneyBatı (WSW) yönünden estiği görülmektedir. Yineleme süresi 50 yıl olan rüzgâr hızı yaklaşık 13 m/s olarak bulunmuştur.



## 5.2 Dalga İklimi

Dalga istatistikleri için gereken etkin dalga kabarma mesafeleri ("fetch"; rüzgârın estiği doğrultuda, bir karadan diğer karaya uzanan deniz alanının uzunluğu) (Şekil 5) belirlenmiş ve Tablo 1'de sunulmuştur. Edremit denizel alanında konumu itibarıyla en fazla dalga kabarmasına yol açabilecek dalga kabarma mesafeleri BatıKuzeyBatı (WNW) - Güney(S) yönleri aralığındadır (Şekil 5 ve Tablo 1). Diğer yönler için mesafeler 2 km nin altındadır. Bu çalışma kapsamında, yörenin log-normal uzun dönem dalga istatistiği çalışılmıştır. Çalışma sahası denizel alanında, konum olarak en çok BatıKuzeyBatı (WNW) - Güney(S) yönleri aralığından gelecek dalgalar etkili olan dalgalardır. Bu aralık içinde en kritik yönlerden biri olan BatıGüneyBatı(WSW) yönü için uzun dönem dalga istatistiği Şekil 6'de sunulmaktadır. Belirgin dalga yükseklikleri aşılma süreleri ve olasılık dağılımları Tablo 2'de verilmektedir.



Şekil 5. Yönlere Göre Dalga Kabarma Mesafeleri (feç)

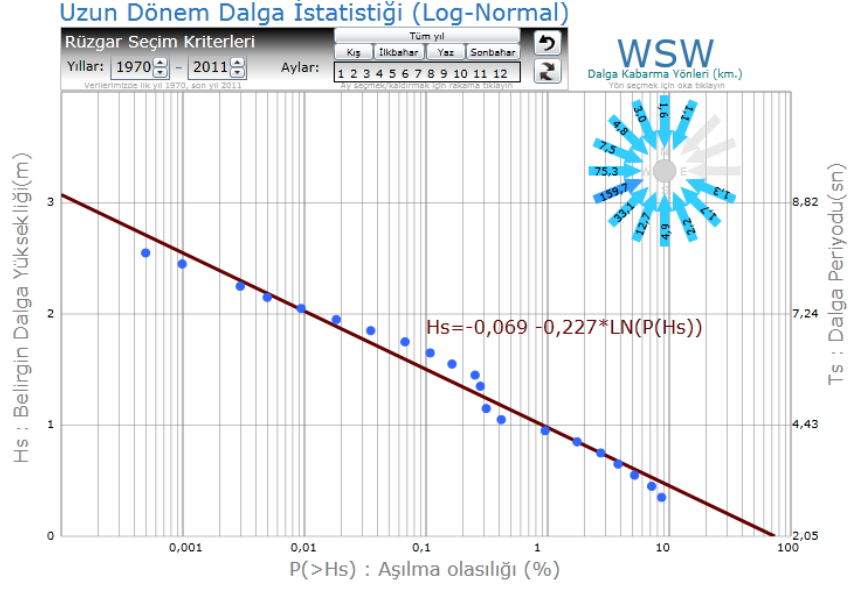
**Tablo 1.** Etkin Dalga Kabarma Mesafeleri (feç) (km)

Yön	Mesafe (Km)	Yön	Mesafe (Km)
KuzeyKuzeyBatı (NNW)	3,0	GüneyBatı (SW)	33,1
KuzeyBatı (NW)	4,8	GüneyGüneyBatı(SSW)	12,7
Batı KuzeyBatı (WNW)	7,5	Güney(S)	4,9
Batı (W)	75,3	GüneyGüneyDoğu(SSE)	2,2
Batı GüneyBatı (WSW)	159,7		

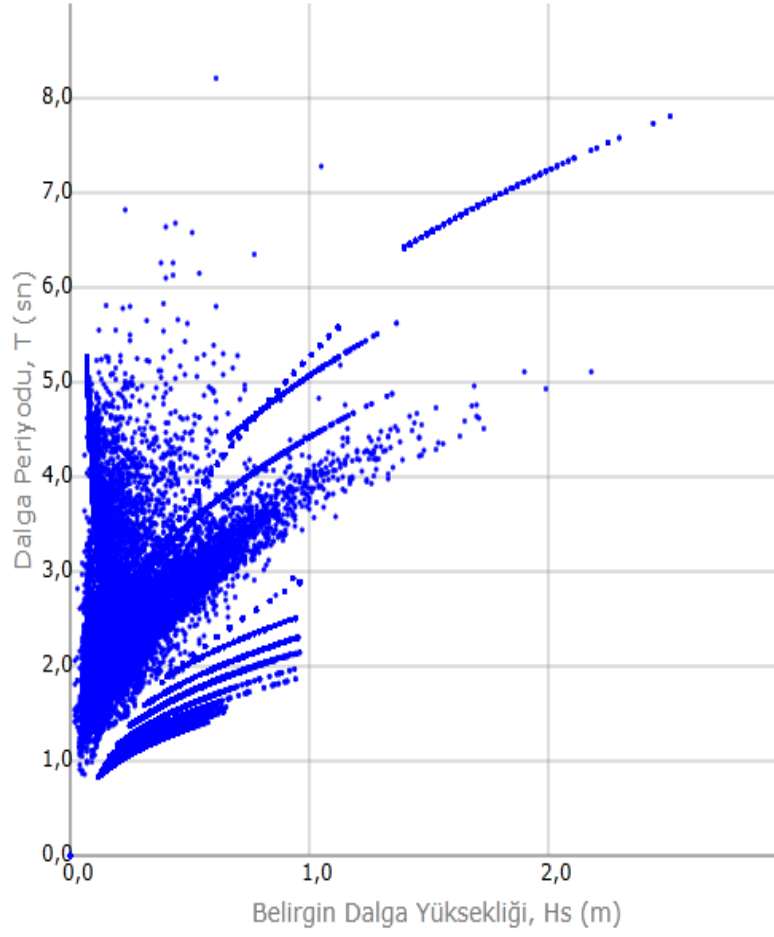
Uzun dönem dalga istatistiği belirgin derin deniz dalga yüksekliği  $H_s$  ile dalga periyodu  $T_s$  ilişkisi Şekil 7’de, dalga gücü Şekil 8’de sunulmaktadır. Yıllara göre elde edilen en yüksek dalga yüksekliklerinden belirli yinelenme süreleri için elde edilen ekstrem(en yüksek değer) tasarım dalgası değerleri ve aşılmama olasılıkları Şekil 9’ da verilmiş ve Tablo 3’de özetlenmiştir.

**Tablo 2.** Belirgin Dalga Yükseklikleri Aşılma Süreleri

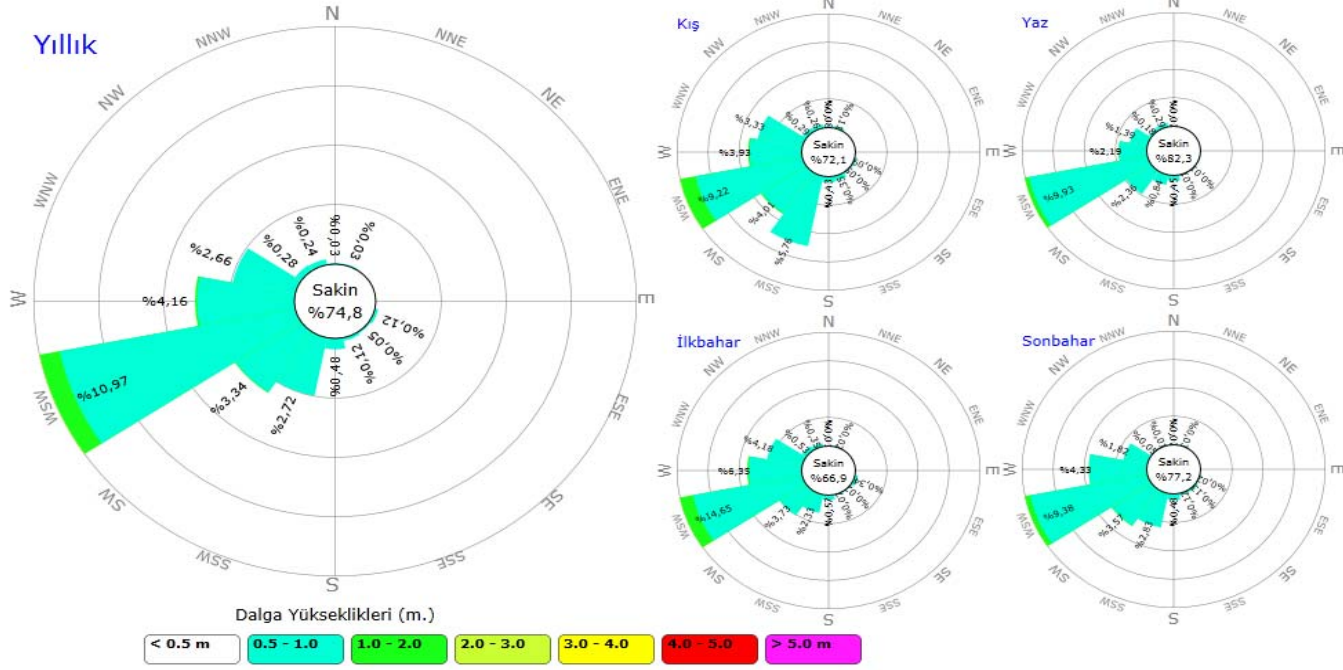
Yön	1 saat/yıl	5 saat/yıl	10 saat/yıl
	$H_s$ (m)	$H_s$ (m)	$H_s$ (m)
WNW	1,1	0,9	0,8
W	1,1	1,0	0,9
WSW	2,0	1,6	1,5
SW	1,1	0,9	0,8
SSW	1,3	1,1	1,0
S	0,8	0,6	0,5



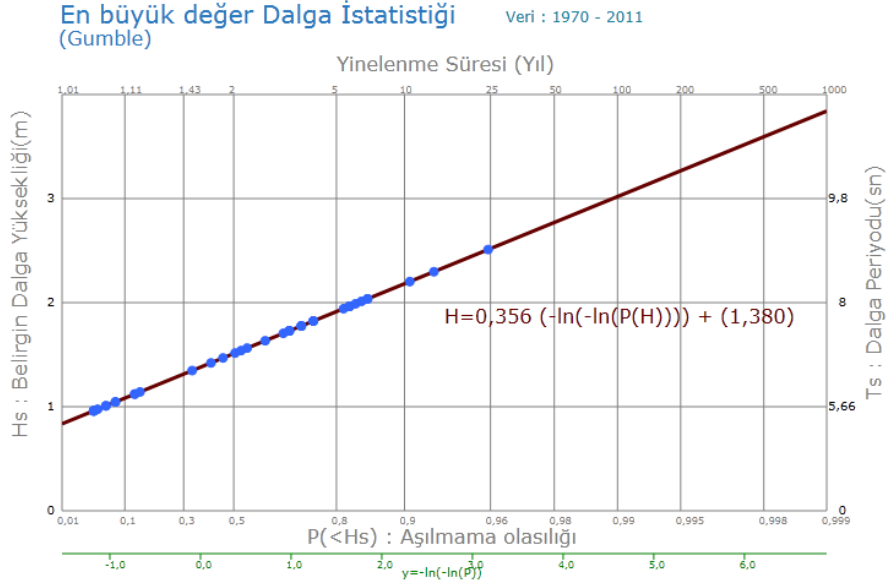
Şekil 6. BatıGüneyBatı (WSW) Yönü İçin Uzun Dönem Belirgin Dalga İstatistiği



**Şekil 7.** Uzun Dönem Dalga İstatistiği  $H_s$ – $T_s$  Grafiği



Şekil 8. Dalgı Gülü



Şekil 9. Ekstrem (En yüksek değer) Dalga İstatistiği (Gumble Dağılımı)

Tablo 3. Yineleme Sürelerine Göre Belirgin Dalga Yüksekliği

	Yineleme Süresi (yıl)				
	5	10	25	50	100
<b>H<sub>s</sub> (m)</b>	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0
<b>T<sub>s</sub> (sn)</b>	7,8	8,4	9,0	9,4	9,8

## 6. SONUÇLAR

Türkiye Kıyılarında dalga iklimi çalışmalarında kullanılabilir ölçülmüş dalga verisi bulunmamaktadır. Bugün dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de dalga tahminleri, rüzgâr ölçümlerine ya da modellerine dayanmaktadır. Bu çalışmada Türkiye Kıyıları için geliştirilmiş olan HYDROTAM-3D modelinin rüzgâr ve dalga iklimi modelleri anlatılmış ve uygulama çalışması olarak Edremit, Balıkesir denizel alanının rüzgâr ve dalga iklimi sunulmuştur.

HYDROTAM-3D Türkiye kıyılarının tüm Meteoroloji İstasyonlarının kuruluşlarından günümüze saatlik rüzgâr (yaklaşık olarak 1970-2011) ölçümlerini içeren ve CBS tabanlı bir programdır. Edremit, Balıkesir denizel alanının HYDROTAM-3D alt modülleri kullanılarak oluşturulan rüzgâr ve dalga iklimi çalışması sonuçları aşağıda verilmektedir.

- Edremit istasyonun rüzgar hızı ölçümlerinin incelemeleri, sonucunda, bölgede esme sıklığı en yüksek olan hâkim rüzgar yön aralığının KuzeyKuzeyDoğu-Doğu (NNE-E) aralığı olduğu görülmüştür. İkincil rüzgâr yön aralığı BatıGüneyBatı-BatıKuzeyBatı (WSW-WNW) yön aralığıdır.
- Edremit denizel alanında konumu itibarıyla en fazla dalga kabarmasına yol açabilecek dalga kabarma mesafeleri BatıKuzeyBatı (WNW) - Güney(S) yönleri aralığındadır.
- Bölgenin log-normal uzun dönem dalga istatistiği sonucunda konum olarak en çok BatıKuzeyBatı (WNW) - Güney(S) yönleri aralığından gelecek dalgalar etkili olan dalgalardır. Bu aralık içinde en yüksek dalga BatıGüneyBatı(WSW) yönünden 1 saat/yıl olasılıkla 2 m. olarak bulunmuştur.
- Dalga gülü incelendiğinde yılın %75'lik bir bölümünde belirgin dalga yüksekliği 0,5 m'den daha azdır.
- Yıllara göre elde edilen en yüksek dalga yüksekliklerinden belirli yinelenme süreleri için elde edilen ekstrem (en yüksek değer) tasarım dalgası değerlerine göre 100 yıllık yinelenme süresi için belirgin dalga yüksekliği 3 m.'dir.

## **KAYNAKLAR**

BALAS L., NUMANOĞLU GENÇ A., İNAN A. (2012) *HYDROTAM: 3D Model for Hydrodynamic and Transport Processes in Coastal Waters*, International Environmental Modelling and Software Society (IEMSS) International Congress on Environmental Modelling and Software Leipzig, Almanya.

BALAS, L., İNAN, A., YILMAZ, E. (2011) Modelling of Sediment Transport of Akyaka Beach, *Journal of Coastal Research*, Vol.64, pp. 460-463.

BALAS, L., İNAN, A. (2010) Modeling of Induced Circulation, *WSEAS Transactions on Fluid Mechanics*, Vol.5, No.3, pp. 132-143

BALAS L., İNAN A., YILDIZ İ. (2006) Numerical Modelling of Coastal Currents, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3980, pp. 547-555.

BALAS L., İNAN A. (2005) Three Dimensional Modelling of Turbulence, *Advances in Computational Methods in Sciences and Engineering*, pp. 48-58.

BALAS L. (2004) Modelling of Interaction Between Surface Waves and Mud Layer, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.3037, pp. 618-621.

BALAS L., ÖZHAN E., (2003) A Baroclinic Three Dimensional Numerical Model Applied to Coastal Lagoons, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.2658, pp. 205-212.

BALAS L., ÖZHAN E. (2002) Three Dimensional Modelling of Stratified Coastal Waters”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Academic Press, UK, Vol.56, pp. 75-87.

BALAS L. (2001) Simulation of Pollutant Transport in Marmaris Bay, *China Ocean Engineering*, Nanjing Hydraulics Research Institute (NHRI), Vol.15, No.4, pp. 565-578.

BALAS L., ÖZHAN E. (2001) Applications of a 3-D Numerical Model to Circulations in Coastal Waters, *Coastal Engineering Journal*, Japan Society of Civil Engineers and World Scientific Publications, Vol.43, No.2, pp. 99-120.

BALAS L., ÖZHAN E. (2000) Three Dimensional Numerical Modelling of the Marmaris Bay, *Offshore and Polar Engineering Society (ISOPE)*, Vol.3, pp. 547-551.

BALAS L., ÖZHAN E. (2000) An Implicit Three Dimensional Numerical Model to Simulate Transport Processes in Coastal Water Bodies”, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol.34, pp. 307-339.

BALAS L. (1998) *Three-Dimensional Numerical Modelling of Transport Processes in Coastal Water Bodies*, Phd Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, pp. 1-45.



BRETSCHNEIDER, C. L. (1970) *Forecasting Relations for Wave Generation*, Look Lab/Hawaii, Vol.1, No. 3, Honolulu: Department of Ocean Engineering, University of Hawaii.

CEM, *Coastal Engineering Manual* (2006) Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington DC, USA.

HASSELMANN, K., ROSS, D. B., MULLER, P., SELL, W. (1976) A Parametric Wave Prediction Model, *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 6, pp. 200-228.

HYDROTAM-3D *Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım Modeli*, <http://hydrotam.com>, Erişim tarihi: 12 Haziran 2013.

İNAN, A., BALAS, L. (2008) Numerical Modeling of Extended Mild Slope Equation with Finite Volume Method, *Computational Methods And Applied Computing*, Vol.3, pp.222-227.

İNAN, A., BALAS L. (2009) Numerical Modeling of Extended Mild Slope Equation with Mac Cormack Method, *Mathematics and Computers in Science and Engineering* , No.1, pp. 195-210.

SPM (1984) *Shore Protection Manual*, U.S. Army Corps of Engineers.

YEGÜL, U. (2005) *Kıyusal Alanlarda Askı Maddesi Taşınımının Modellenmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.