

KIYI VE LİMAN YAPILARI

INS-449

DR. ÖĞR. ÜYESİ KAĞAN CEBE

DERS-10

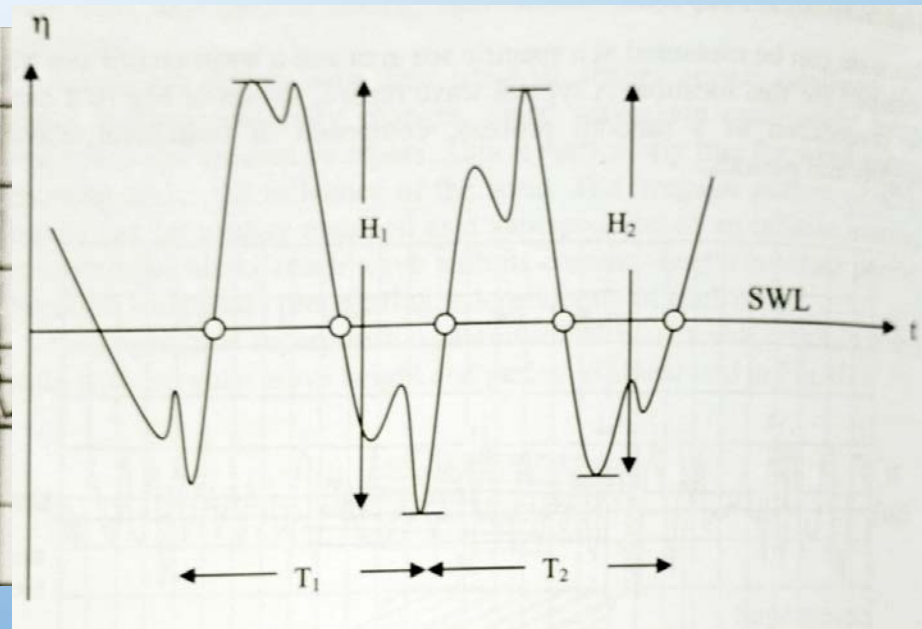
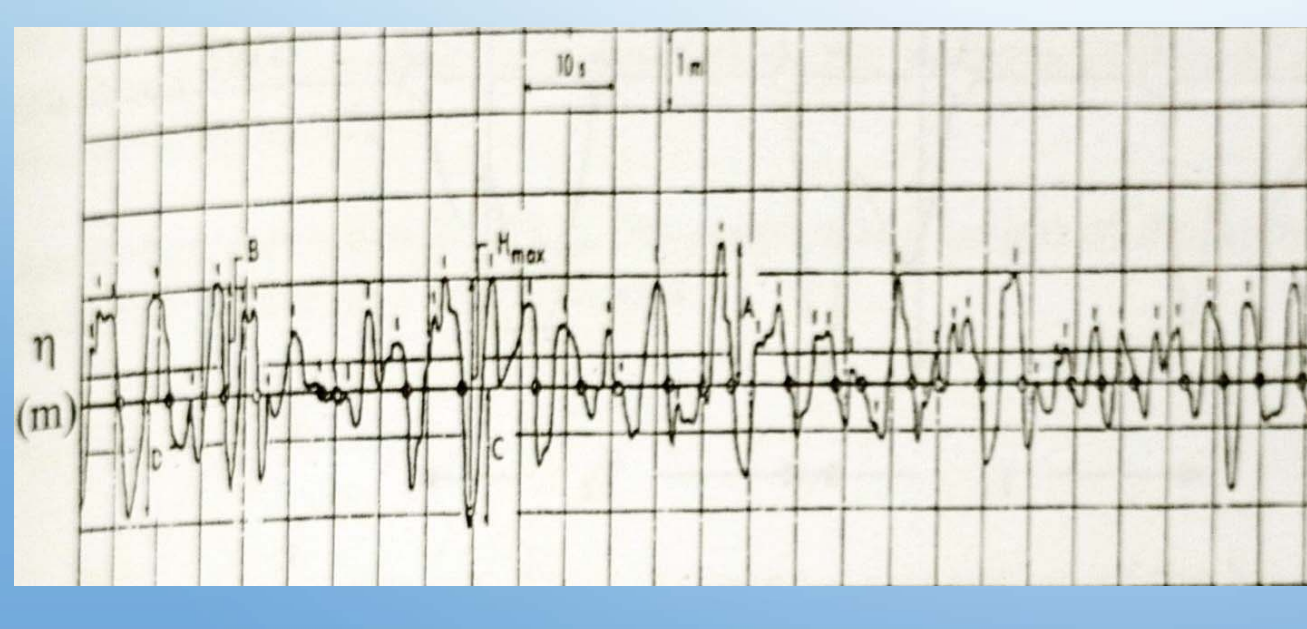
- DALGA İSTATİSTİĞİ
- RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

KAYNAKLAR:

- YÜKSEL, Y. & ÇEVİK, E. KIYI MÜHENDİSLİĞİ, BETA YAY.
- ERGİN, A. COASTAL ENGINEERING, METU PRESS.
- BURSA ULUDAĞ ÜN. KIYI VE LİMAN YAPILARI DERS NOTLARI

DALGA İSTATİSLİĞİ

Rüzgar tarafından oluşturulan dalgaların boylarının ve frekanslarının oldukça geniş bir değişim aralığı bulunmaktadır. Deniz üzerinde ölçülen rüzgar dalgaları yönsel olarak da dağılım özelliği bulunmaktadır. Rüzgarın deniz yüzeyinde farklı yönlerden esmesi ve doğrultusunu sürekli değiştirmesi sebebiyle deniz yüzeyinde farklı yönlerden gelen birçok dalga'nın süperpozisyonu söz konusudur. Gerçek deniz dalgalarının profilinde düzenli, periyodik bir hareket gözlemlenemez, profil zamana göre rasgele değişim göstermektedir. Gerçek deniz dalgaları ölçümüne **dalga kaydı** adı verilir.



DALGA İSTATİSLİĞİ

Temel dalga parametreleri:

Ortalama Dalga Yüksekliği:

$$\bar{H} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} H_i$$

Ortalama Dalga Periyodu:

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} T_i$$

Belirgin Dalga Yüksekliği:

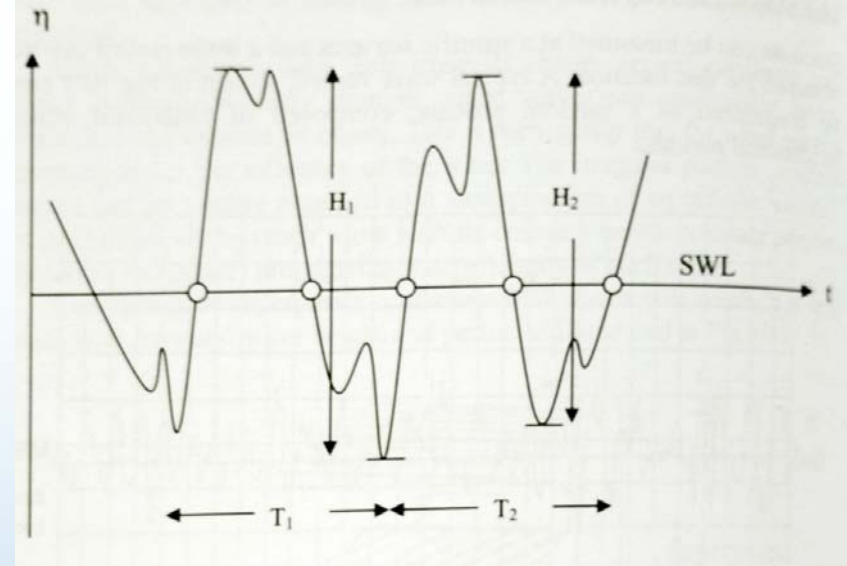
Dalga kaydındaki dalgalar en yüksek olandan başlayarak azalan biçimde sıralanır ve toplam dalga sayısının 1/3'ne kadar olan dalgaların yükseklikleri ve buna karşılık gelen periyodlarının ortalaması alınır.

Belirgin Dalga Periyodu:

$$T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{1}^{N/3} T_i$$

Belirgin Dalga Yüksekliği:

$$H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{1}^{N/3} H_i$$



DALGA İSTATİSLİĞİ

Temel dalga parametreleri:

En Yüksek 1/10 Dalga:

Dalgalar en yüksek olandan başlayarak azalan biçimde sıralanır. Belirgin dalga yüksekliği ve periyodunun hesaplanmasında olduğu gibi bu sefer dalga kaydındaki toplam dalga sayısının 1/10'na kadar olan dalgaların yükseklikleri ve buna karşılık gelen periyodlarının ortalaması alınır.

1/10 Dalga Periyodu:

1/10 Dalga Yüksekliği:

$$T_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_1^{N/3} T_i$$

$$H_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_1^{N/3} H_i$$

DALGA İSTATİSLİĞİ

Örnek: a) H_{max} , T_{max} bulunuz. b) $H_{1/10}$, $T_{1/10}$ bulunuz. c) $H_{1/3}$, $T_{1/3}$ bulunuz. d) \bar{H} , \bar{T} bulunuz.

Wave Number	Wave height H(m)	Wave Period T(s)	Order number m
1	0.54	4.2	21
2	2.01	8.0	12
3	4.52	6.9	2
4	2.58	11.9	8
5	3.20	7.3	4
6	1.87	5.4	17
7	1.90	4.4	16
8	1.00	5.2	20
9	2.05	6.3	13
10	2.37	4.3	10
11	1.03	6.1	19
12	1.95	8.0	15
13	1.97	7.6	14
14	1.62	7.0	18
15	4.08	8.2	3
16	4.89	8.0	1
17	2.43	9.0	9
18	2.83	9.2	7
19	2.94	7.9	6
20	2.23	5.3	11
21	2.98	6.9	5

a) Tablodan $H_{max} = 4.89m$ ona karşılık gelen $T_{max} = 8.0s$

b) $21/10 \approx 2$, en yüksek 2 H değeri kullanılır.

$$H_{1/10} = (4.89 + 4.52)/2 = 4.70m$$

$$T_{1/10} = (8.0 + 6.9)/2 = 7.5s$$

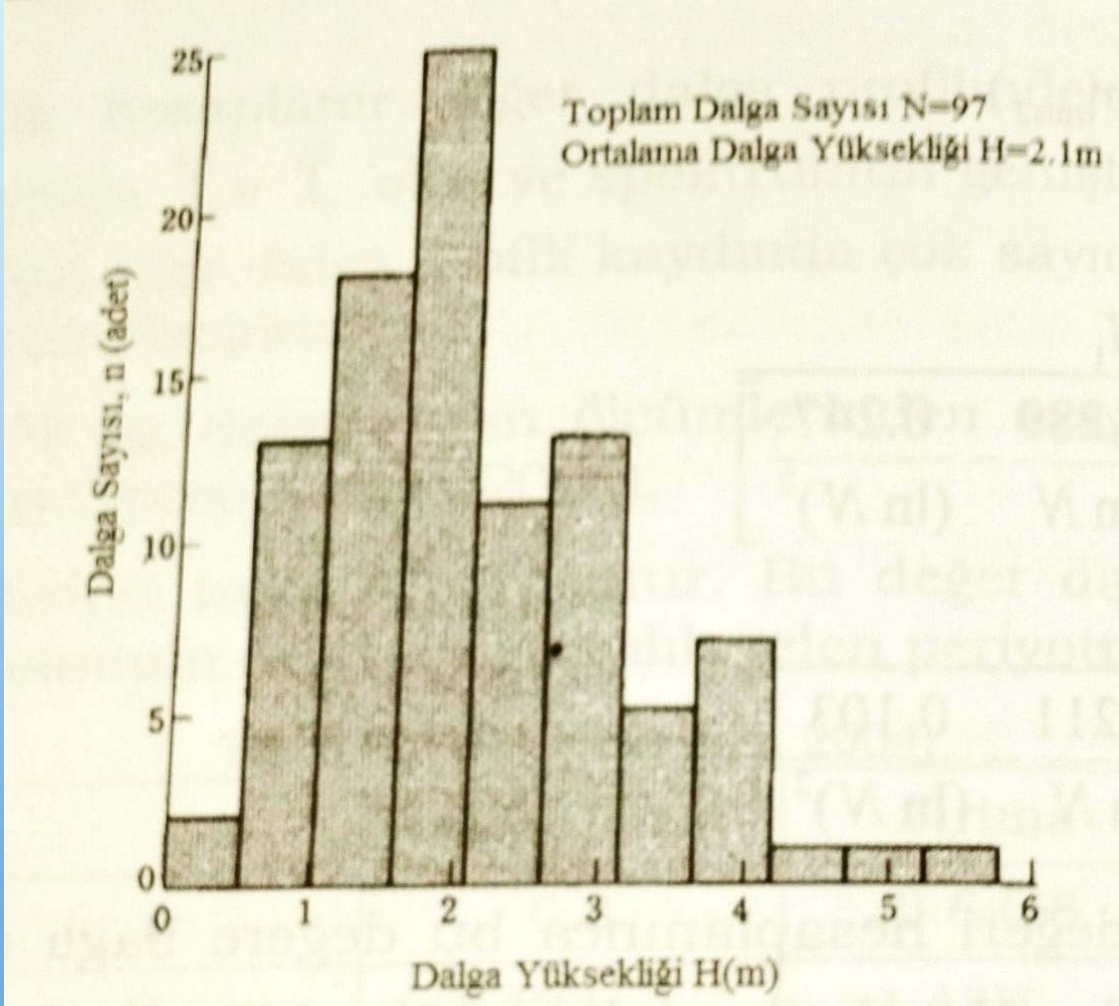
c) $21/3 = 7$, en yüksek 7 H değeri kullanılır.

$$H_{1/3} = (4.89 + 4.52 + 4.08 + 3.20 + 2.98 + 2.94 + 2.83)/7 = 3.6m$$

$$T_{1/3} = (8 + 6.9 + 8.2 + 7.3 + 6.9 + 7.9 + 9.2)/7 = 7.7s$$

d) $\bar{H} = 2.4m$, $\bar{T} = 7s$

DALGA İSTATİSLİĞİ



Uzun süreli dalga kayıtlarında çok fazla sayıda veri bulunduğundan tüm tekil dalga yüksekliklerini kullanmak yerine çeşitli yükseklik aralığında kaydedilmiş dalga sayılarını göstermek daha uygundur. Bu tür gösterimlere istatistikte histogram adı verilir.

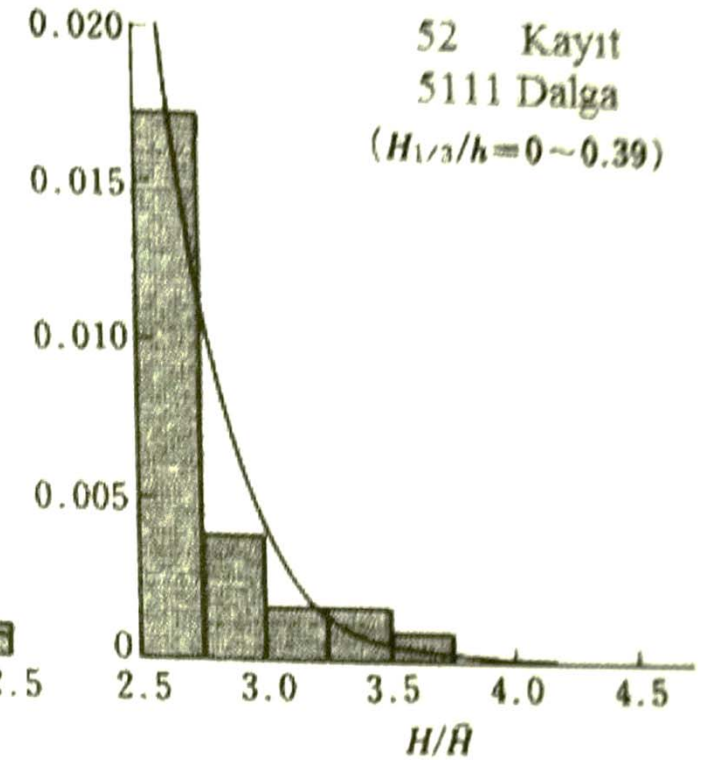
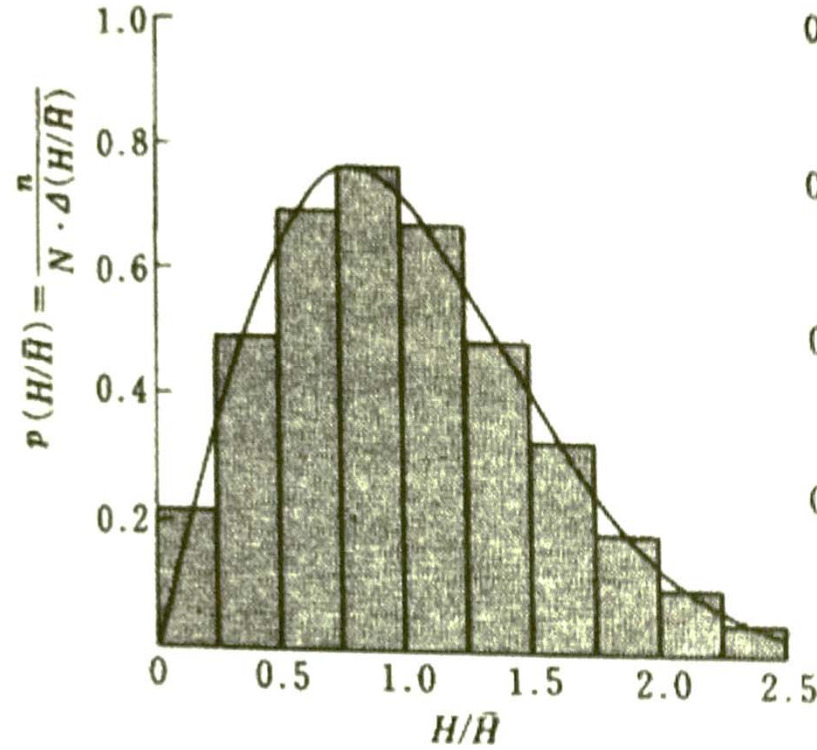
97 ölçümden elde edilen yandaki histogram örneği için ortalama dalga yüksekliği 2.1m'dir..

DALGA İSTATİSLİĞİ

Eğer çok daha fazla sayıda ve farklı yerlerde yapılmış ölçümler ile çalışma yapılıyorsa histogramı boyutsuz olarak kullanmak uygun olacaktır. Düşey eksen, dalga sayısı / toplam dalga sayısı (n/N), yatay eksen dalga yüksekliği / ortalama dalga yüksekliği olarak ifade edilir.

Histogramda $\Delta(H/\bar{H})$ sıfıra yaklaştıkça histogram olasılık/yoğunluk eğrisine dönüşür. Eğri altında kalan alanın toplamı ise 1 olur.

Bu tür eğrilere dağılım fonksiyonu adı verilir. Rüzgar etkisi altında oluşan dalgaların dağılımı, **Rayleigh olasılık dağılımı**'na uyduğu kabul edilir.



DALGA İSTATİSLİĞİ

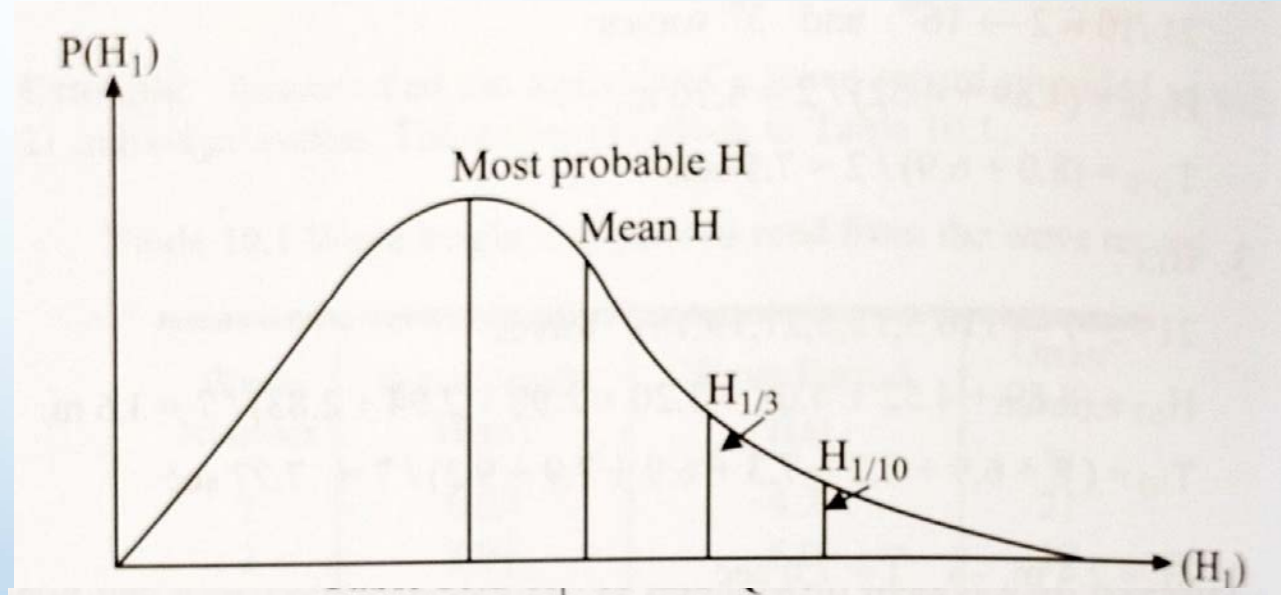
Rayleigh dağılımına ait olasılık/yoğunluk eğrisi aşağıda gösterilmektedir.

Kümülatif Aşma Olasılığı:

$$Q(H \geq \hat{H}) = e^{-2\left(\frac{\hat{H}}{H_{1/3}}\right)^2}$$

$$Q(T \geq \hat{T}) = e^{-0.675\left(\frac{\hat{T}}{T_{1/3}}\right)^4}$$

Rayleigh dağılımına uyan dalgalar için dalga parametreleri ve aşma olasılıkları tabloda özetlenmiştir:



H_i	$\frac{H_i}{\bar{H}}$	Q % ($H \geq H'$)
Most probable, H_p	0.8	60.7
Mean height, \bar{H}	1.00	45.6
Significant, H_s	1.60	13.6
$H_{1/10}$	2.04	3.6

DALGA İSTATİSLİĞİ

Rayleigh dağılımına uyan dalgalar için istatistiksel parametreler arasındaki ilişkiler:

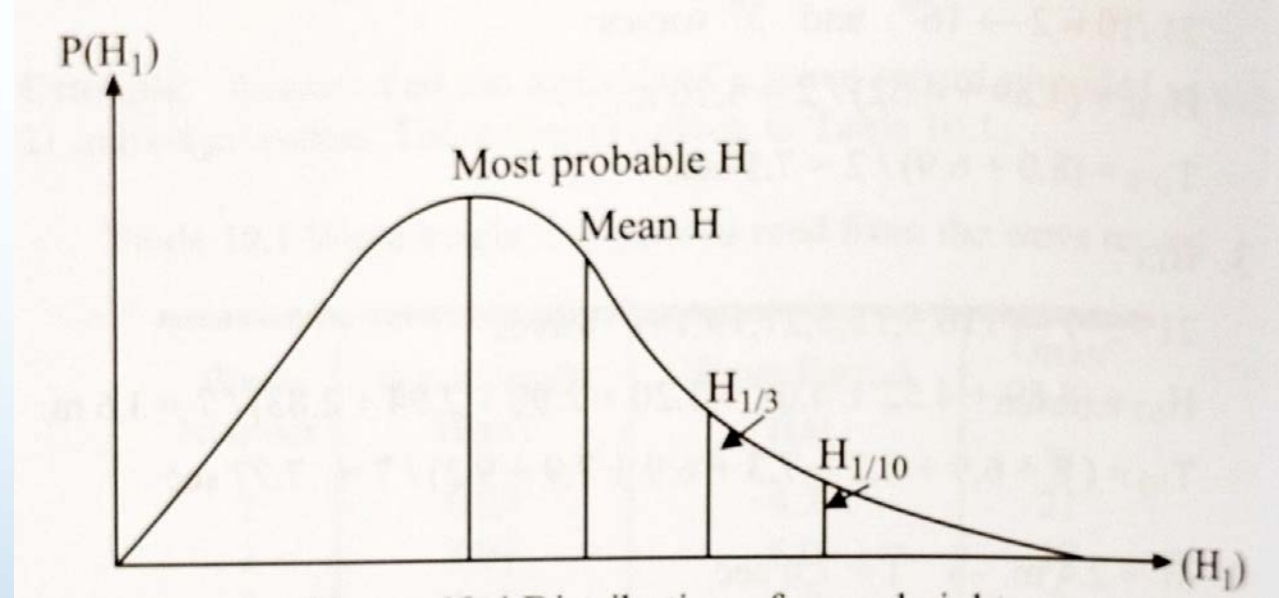
$$\bar{H} = 0.625 H_{1/3}$$

$$H_{1/10} = 1.27 H_{1/3}$$

$$H_{1/100} = 1.67 H_{1/3}$$

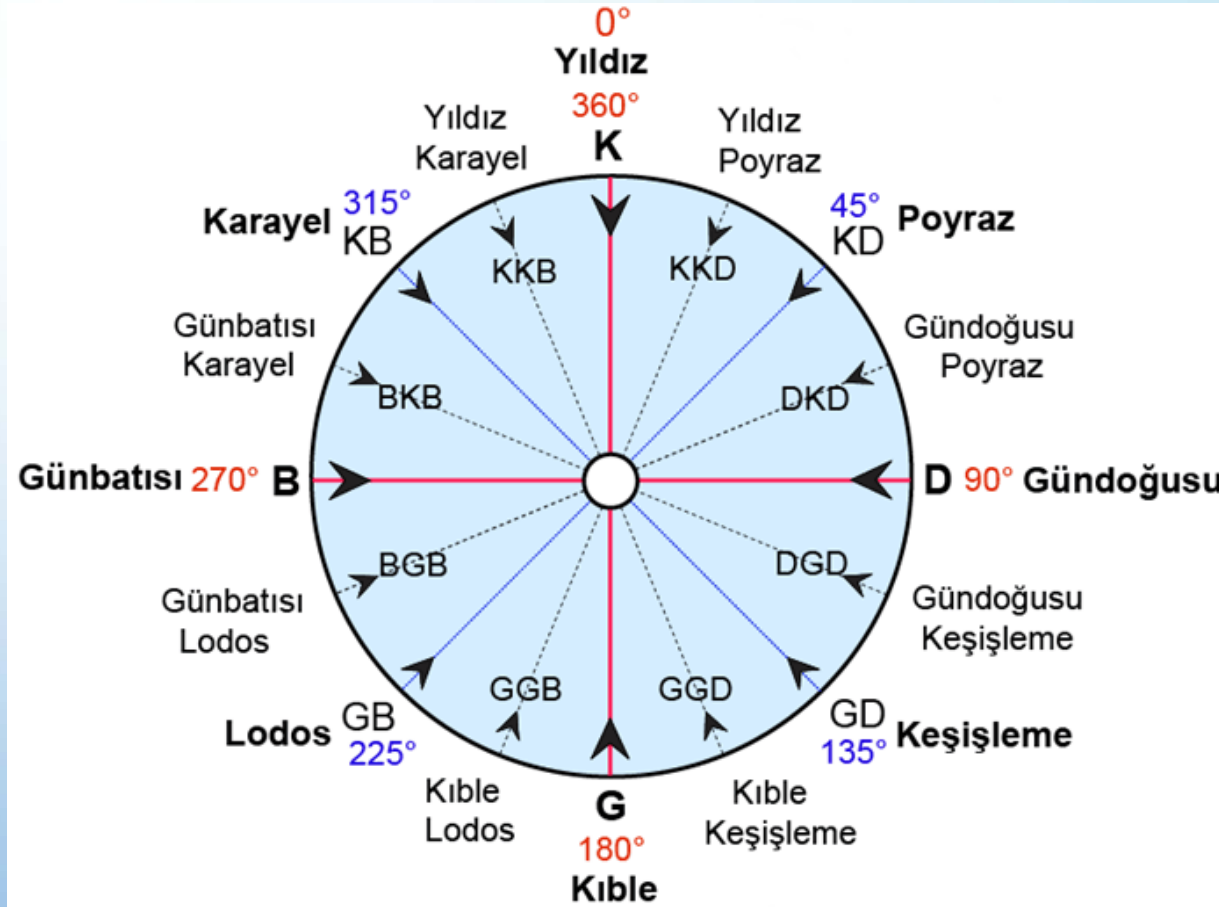
Olası En Yüksek Dalga:

$$H_{max} = H_{1/3} \sqrt{\frac{\ln N}{2}}$$



RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

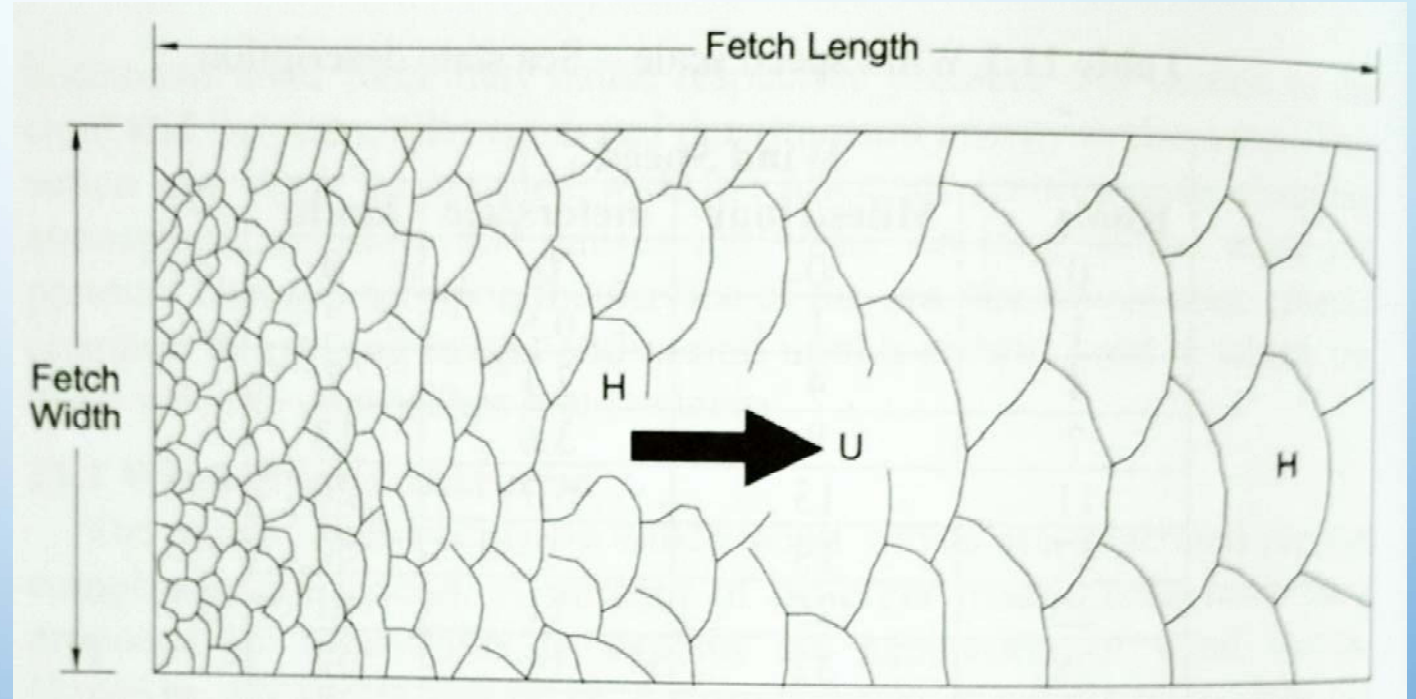
Dalgalar çoğunlukla enerjilerini okyanus ve denizlerin üzerinde esen rüzgarlardan sağlarlar. Bugüne kadar yapılan çalışmalara göre rüzgar dalgalarının su yüzeyi ile hava akımı arasındaki sürtünme etkisiyle meydana geldiği bilinmektedir. Dalgalar hava akımından doğan türbülansın meydana getirdiği basınç kuvvetiyle su yüzeyinde oluşmaya başlarlar ve gittikçe gelişirler. Dalgaların gelişmesi için gerekli enerji doğrudan rüzgar tarafından sağlanır. Dalga gelişimine etki eden rüzgar yönleri ve Türkçe isimleri:



RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

Rüzgar etkisinde gelişen dalgalara etki eden başlıca etmenler:

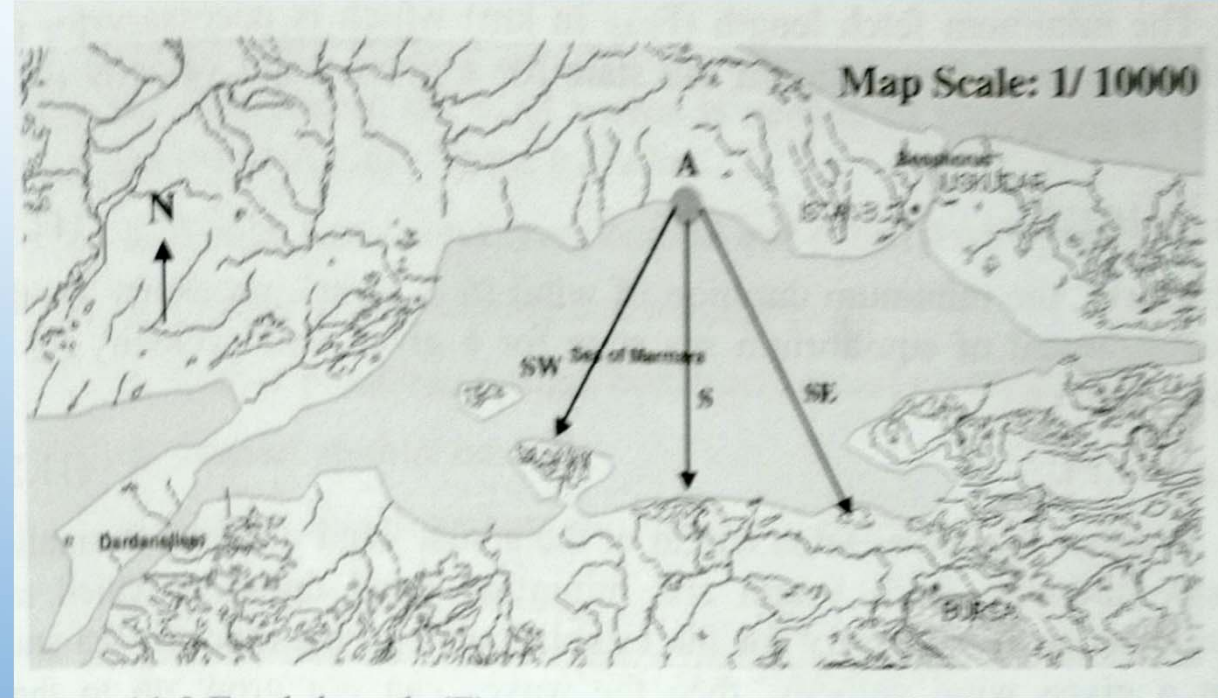
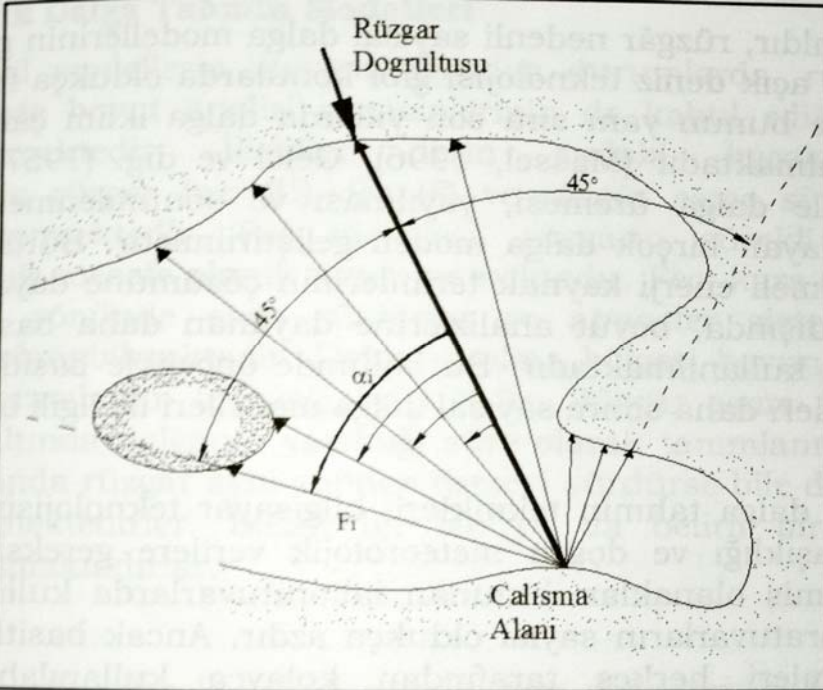
- Rüzgar Hızı (U):
- Feç (Fetch) Mesafesi (F):
- Esme (fırtına) Süresi (t):
- Su Derinliği (d):
- Feç (Fetch) Genişliği (W):



Rüzgarın dalgaları meydana getirdiği, deniz üzerindeki yüzey alanına feç denir. Feç, rüzgar hızının ve doğrultusunun yeterince sabit kaldığı bölge olarak tanımlanır.

RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

Rüzgar, belli bir feç mesafesi boyunca su yüzeyine etki ederek dalgaların gelişmesini sağlar. Feç mesafesi, çalışma alanındaki deniz yüzeyinin ana rüzgar yönlerinde, rüzgar etkisine açık olan mesafelerinin ölçülmesi ile hesaplanır.



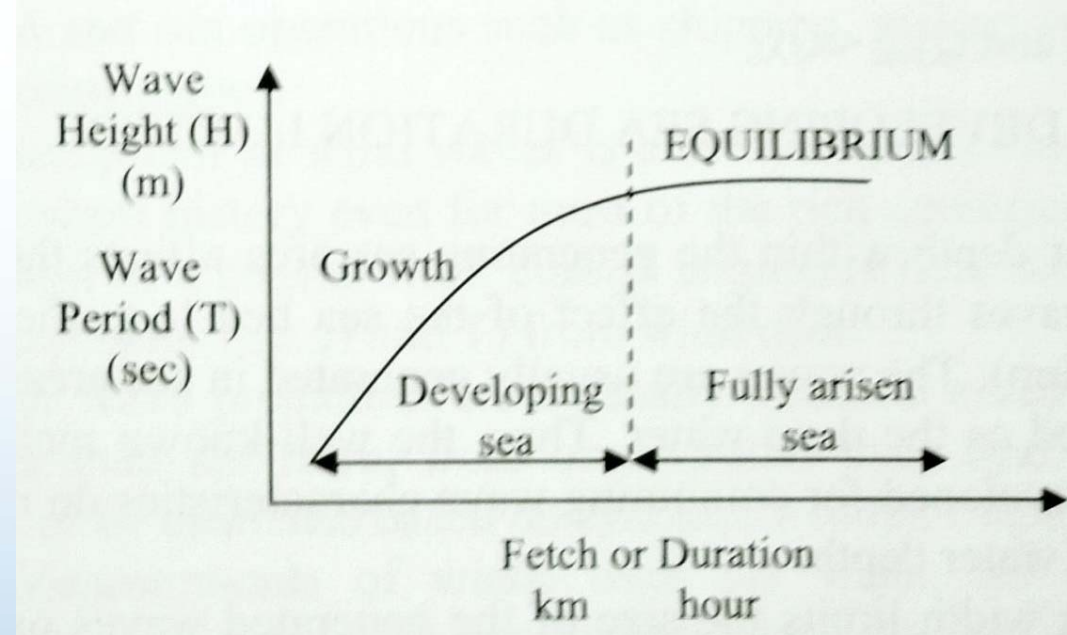
RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

Rüzgar, belli bir feç mesafesi boyunca su yüzeyine etki ederek dalgaların gelişmesini sağlar.

Rüzgar hızı, feç mesafesi ve esme süresi arttıkça üretilen dalga yüksekliği de artar. Ancak verilen rüzgar hızı, sınırsız feç mesafesi ve sınırsız esme süresi için dalga yüksekliğinin bir limit değeri vardır. Bu limit şartında rüzgardan dalgalara geçen enerji dalganın kırılma ve türbülans için harcadığı enerjiye eşit olur ve bir denge yüksekliği elde edilir.

Bu duruma **Tam Gelişmiş Deniz Durumu (Fully Arisen Sea – FAS)** denir.

Deniz üzerinden 10m yukarıda esen rüzgar hızı (U) birimi m/s'dir. Herhangi bir rüzgar hızı için:



$$F_{FAS} = 16 \cdot U^{3/2}$$

$$t_{FAS} = 11.1 \cdot U^{1/2}$$

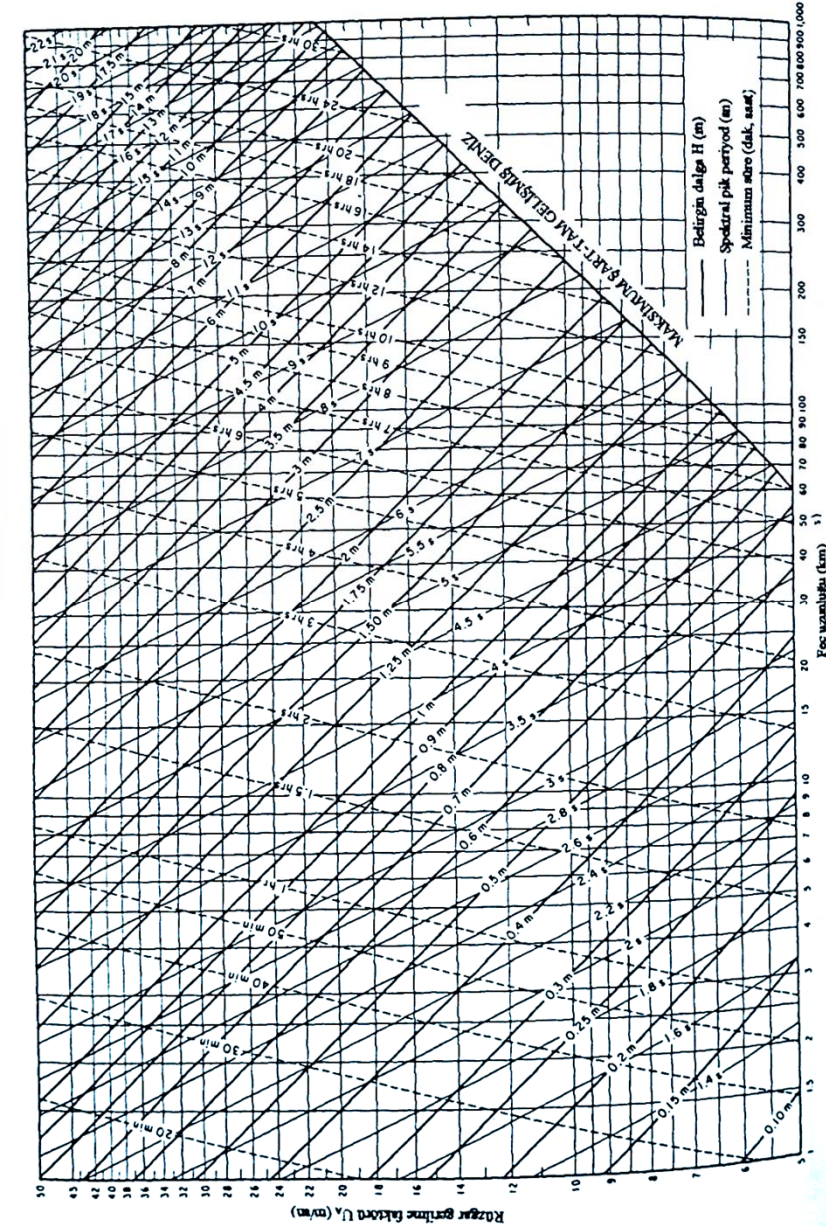
RÜZGAR DALGALARININ C

Yapılan çalışmalara göre rüzgar etkisinde gelişen dalga yüksekliklerinin tahmini için bazı yöntemler geliştirilmiştir. En sık kullanılan yöntem CERC (1984) yöntemidir.

CERC (1984) yöntemine göre dalga yüksekliği Hasselman tarafından geliştirilen bir nomogram ile hesaplanabilir. Burada rüzgar stres faktörü (U_A)

$$U_A = 0.71 \cdot U^{1.23}$$

Hasselman nomogramı ile rüzgar stres faktörü (U_A), Rüzgar hızı (U) ve esme süresi (t) kullanarak, rüzgar etkisi ile oluşan dalgaların belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve belirgin periyodu ($T_{1/3}$) hesaplanabilir.



RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

Örnek: 9.96m/s hızla esen bir rüzgar 15kmlik feçi 10saat boyunca etkilemektedir.

a) Fırtına etkisi ile oluşan dalgaların belirgin dalga yüksekliğini ve periyodunu bulunuz.

b) Fırtına 50dk sürseydi oluşan dalgaların belirgin dalga yüksekliğini ve periyodu ne olurdu?

a)Önce Tam Gelişmiş Deniz Durumu (FAS) oluşuyor mu?

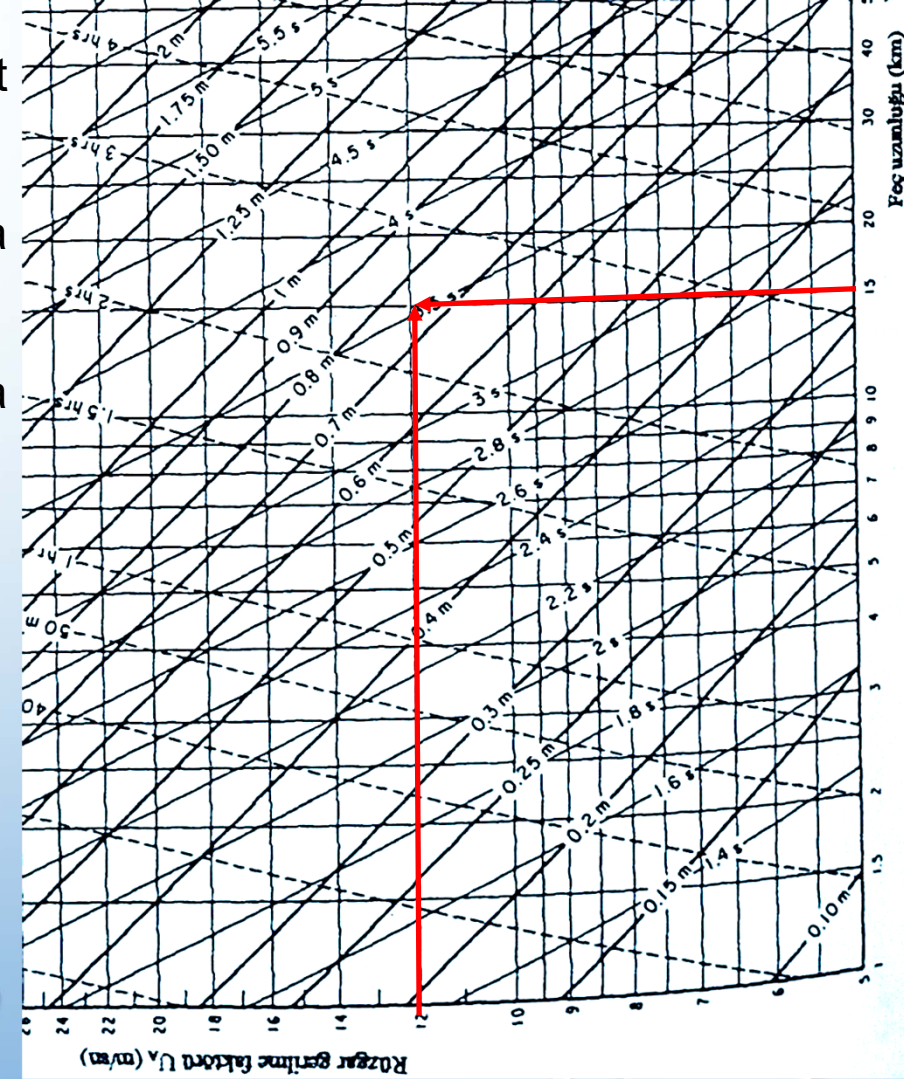
$$F_{FAS} = 16 \cdot U^{3/2} = 16 \cdot 9.96^{3/2} = 503km, \quad F < F_{FAS}$$

$$t_{FAS} = 11.1 \cdot U^{1/2} = 11.1 \cdot 9.96^{1/2} = 35saat, \quad t < t_{FAS}$$

Gelişmekte olan Deniz Durumu (süre-feç limiti yok)

$$U_A = 0.71 \cdot U^{1.23} = 0.71 \cdot 9.96^{1.23} = 12m/s$$

Nomogramdan $H_s = 0.75m$ $T_s = 3.5s$



RÜZGAR DALGALARININ GELİŞİMİ

Örnek: 9.96m/s hızla esen bir rüzgar 15kmlik feçi 10saat boyunca etkilemektedir.

b) Fırtına 50dk sürseydi oluşan dalgaların belirgin dalga yüksekliğini ve periyodu ne olurdu?

Gelişmekte olan Deniz Durumu

Feç limitli mi? Süre limitli mi?

Nomogramdan anlaşılacağı üzere $H_s = 0.75m$ oluşabilmesi için rüzgarın en az 3.5saat esmesi gerekir. Ancak sadece 50dk rüzgar estiği için Gelişmekte olan deniz durumunda süre limitli dalga oluşumu gerçekleşir.

Nomogramdan $H_s = 0.34m$ $T_s = 2.1s$

