

Bölüm 4-2

DALGA ÜREMESİ

Prof. Dr. Yalçın Yüksel



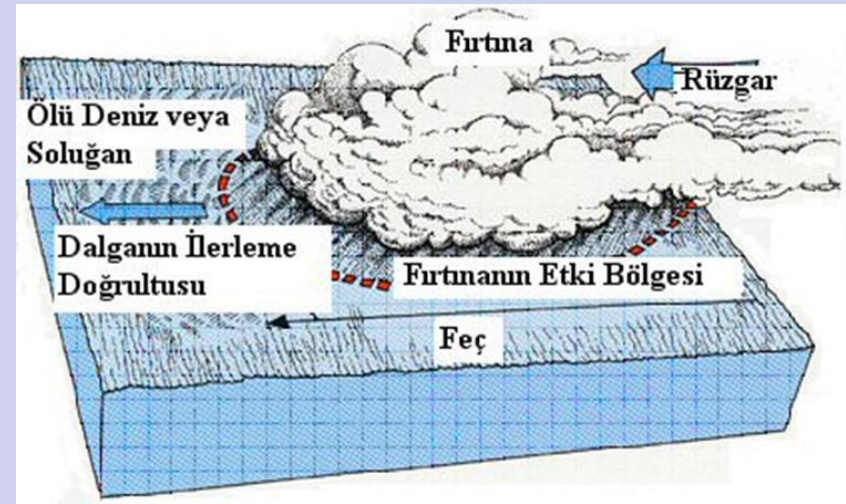
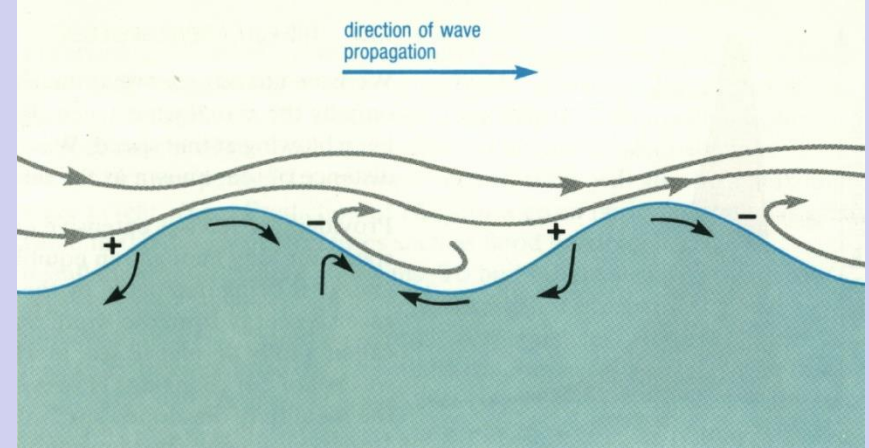
DALGA ÜREMESİ ve DALGA TAHMİNİ

Dalgalar enerjilerini okyanus veya denizler üzerinde esen rüzgardan sağlarlar.

Rüzgar dalgalarının sürtünme etkisiyle meydana geldiği bilinmektedir.

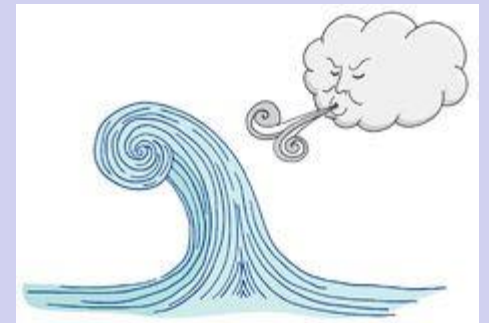
Dalgalar hava akımından doğan türbülansın meydana getirdiği basınç kuvvetinin etkisiyle sakin su yüzeyinde oluşmaya başlarlar ve gittikçe gelişirler.

Dalgaların gelişmesi için gerekli enerji doğrudan rüzgardan sağlanır.

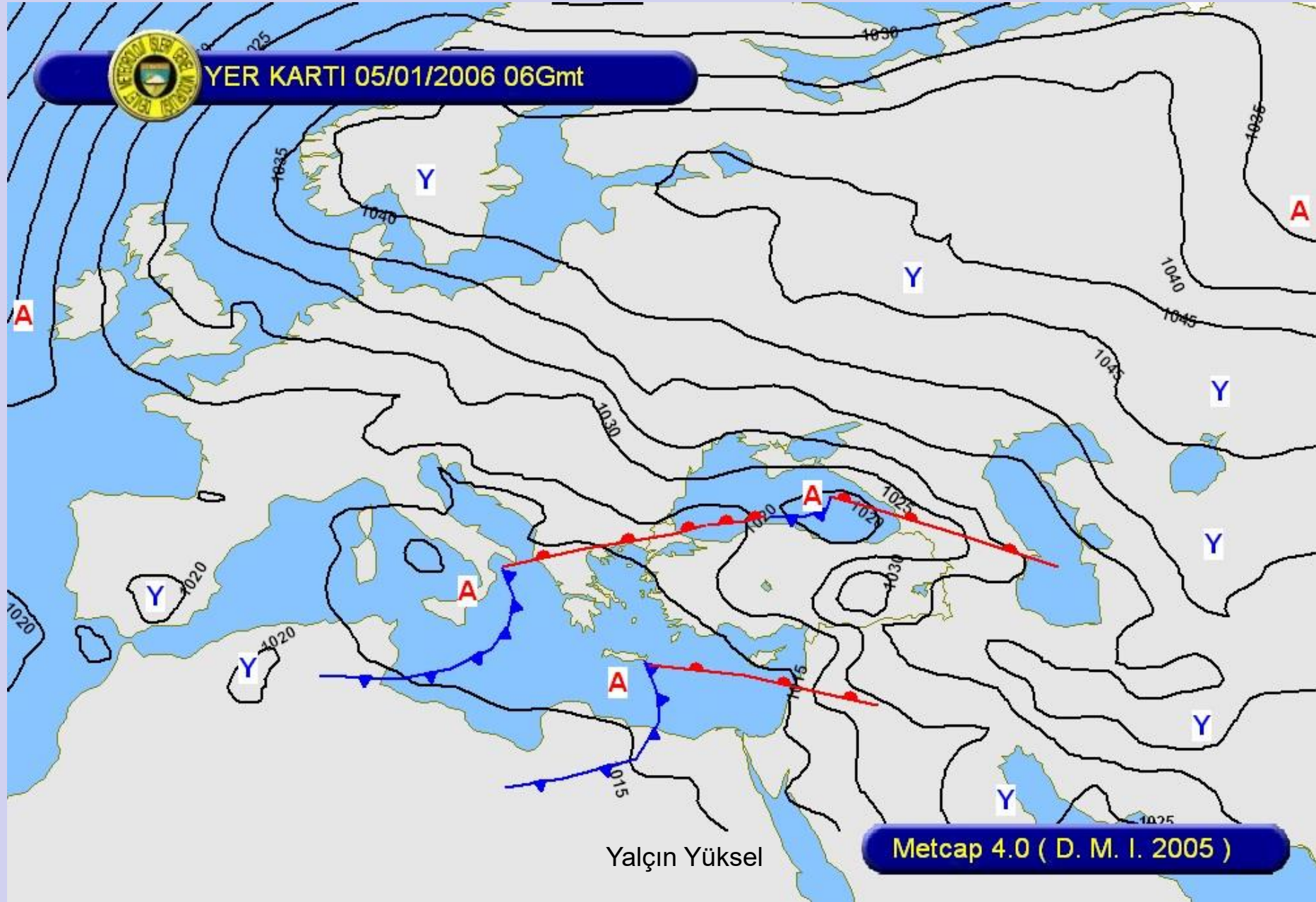


Rüzgar hızları kullanılarak dalga tahmin edilmektedir.

- Meteorolojik rüzgar kayıtları
- Yer Haritası/ Sinoptik harita



Yer Haritası / Sinoptik harita



Bu hızların deniz seviyesinden 10 m yükseklikte ölçülmüş olmaları gerekir.

Z denizden ölçme noktasının yüksekliği ise deniz yüzeyinden 10 m yükseklikteki hız bulunur.

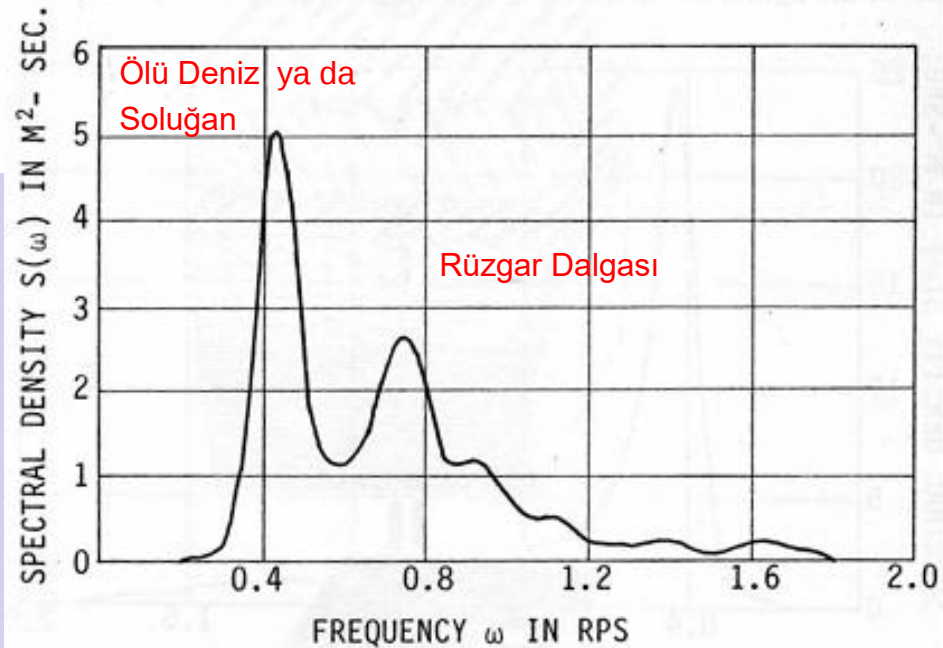
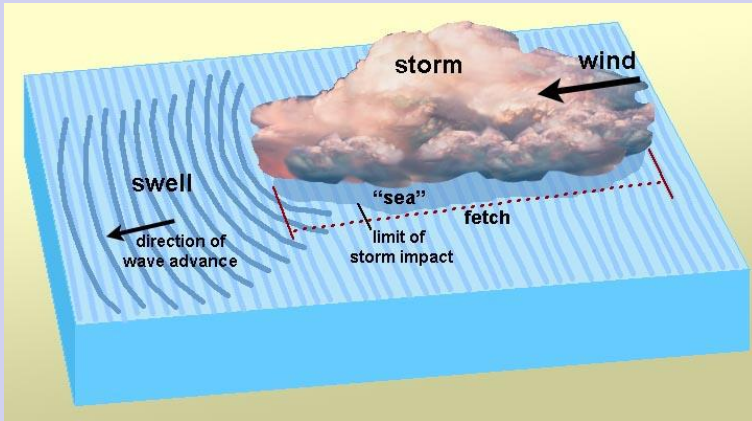
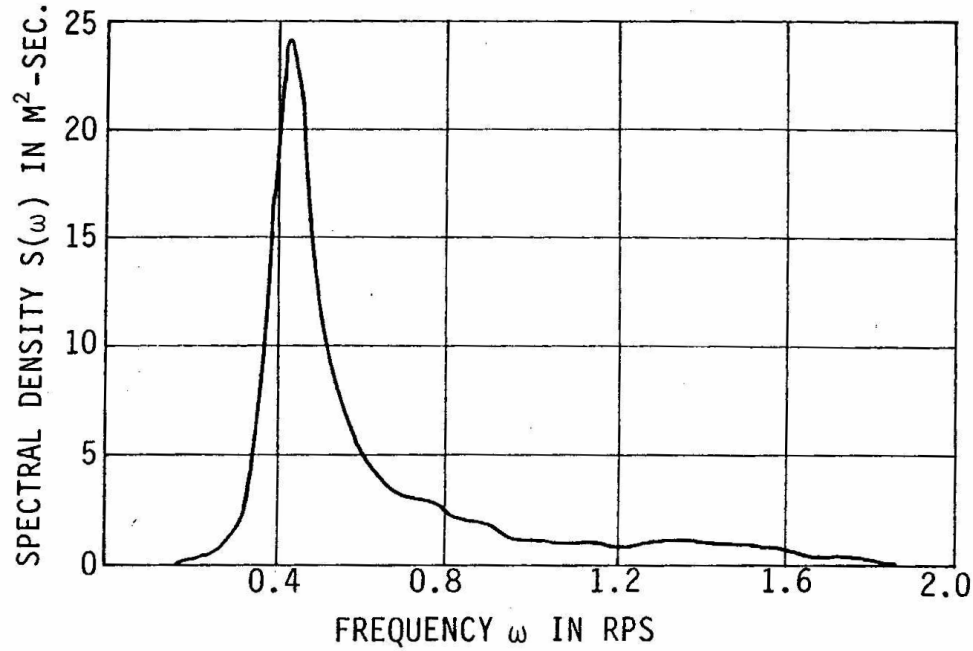
$$U(10) = U(Z) \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7}$$

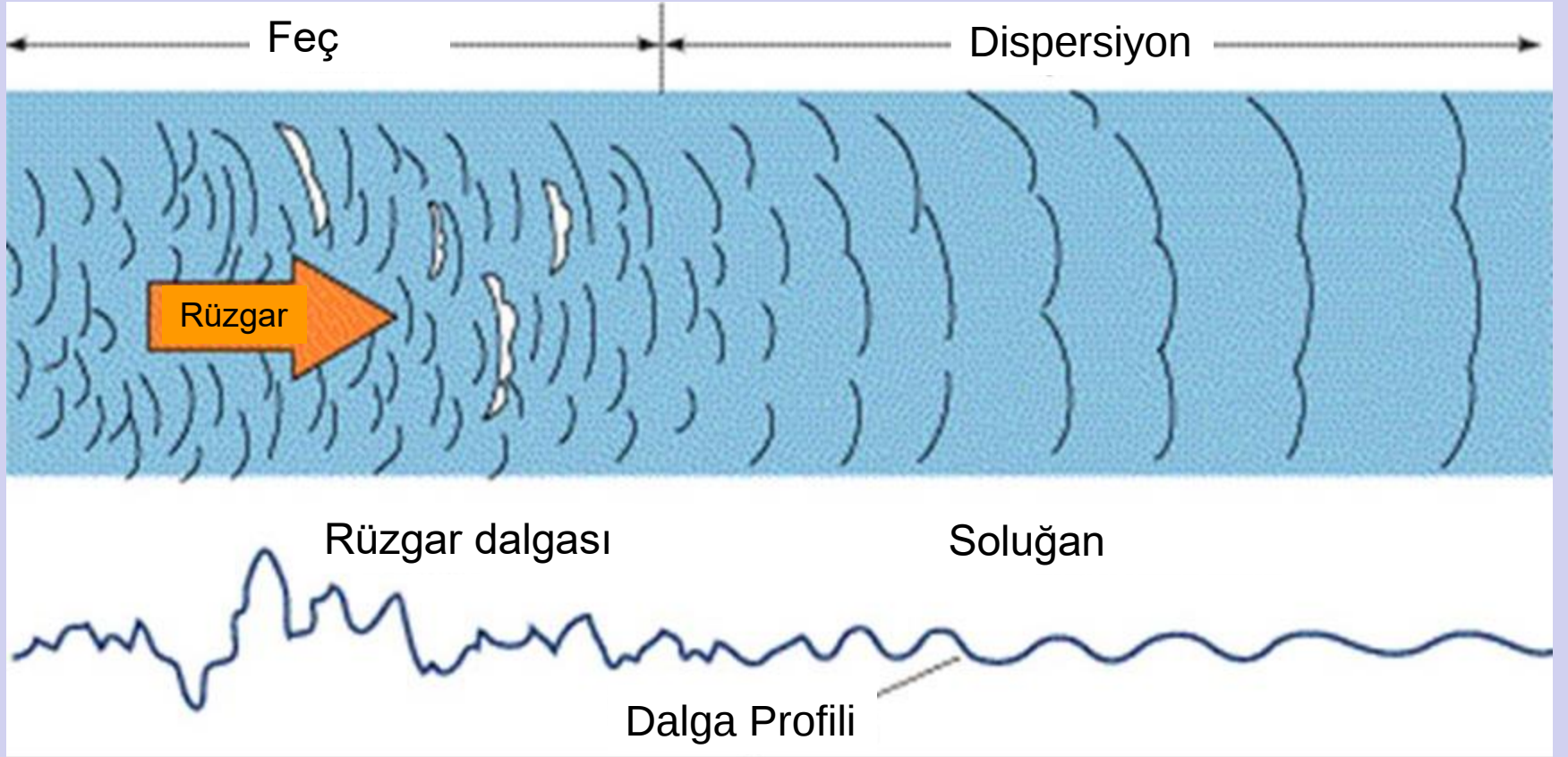
- Rüzgâr su yüzeyinde bir kere dengeyi bozduğunda yani çok küçük dalgacıklar meydana getirdiğinde yüzeyin pürüzlülüğü artacaktır. Bunun için gerekli olan minimum teorik rüzgar hızı 6.5 m/s civarındadır.
- Rüzgârın artan etkisiyle, dalgalara geçen enerji miktarı da artmakta ve böylece dalgalar feç boyunca büyüyerek yayılmaktadırlar.
- Dalgalar genliklerinin gittikçe artmasıyla öncelikle lineer olmayan bir form almakta ve sonra kırılmaktadırlar. Bu durumda deniz yüzeyinde köpüklenmeler gözlenmektedir (white caps veya white horses).
- O halde rüzgâr dalgaları, dalga üreme bölgesinde meydana gelen dalgacıkların feç boyunca ilerlemeleriyle ağırlık dalgalarına dönüşerek “**tam gelişmiş deniz**” durumunu oluştururlar.
- **Rüzgârın dalgaları meydana geldiği denizin üzerindeki yüzey alanına feç (fetch) denir.** Feç; rüzgâr hızı ve doğrultusunun yeterince sabit kaldığı bölge olarak bilinir.

Soluğan (Ölü deniz dalgası, Swell)

- Soluğan dalgası, rüzgar tarafından üretilen dalgaların üretim alanının dışında yayılmasıdır. Feçin dışında rüzgar enerjisi artık dalgayı beslememekte ve dalgalar yavaşça dispersiyon, viskoz dispersiyon ve ters rüzgar etkileriyle sönümlenmektedirler.
- Soluğan dalgaları daha yatık tepeli ve düzenli sinüzoidal şekillidirler. Bu dalgalar daha uzun periyotlu oldukları gibi “white capping” (köpük) görünümü yoktur.
- Bunun nedeni, daha kısa dalgalar, uzun dalgalara göre daha çabuk enerjilerini kaybederler ve aynı zamanda belli bir hız ile aktarılan dalga enerjisi dalga periyodu büyüdükçe artar.
- Bu iki etki sonucunda üreme bölgesinden çıkan dalgalar daha büyük bir mesafe boyunca kat edecekleri alanda uzun dalga görünümünde olacaklar, buna karşın kısa dalgalar tamamıyla yok olacaklardır.

Rüzgar dalgası spektrumuna bir örnek
(belirgin dalga yüksekliği 8.9m'dir)
(Ochi, 1998).





Rüzgar Dalgası üremesi

- Rüzgar hızı
- Rüzgar esme süresi
- Feç veya Feç uzunluğu

Dalga Üretimi ve Rüzgar Dalgalarının Modellenmesi

- 1-Basit Modeller: Çabuk hesaplamalar için kullanılır. Sonlu derinlikte feç ve rüzgar hızını kullanarak belirgin dalga yüksekliği ve periyodu tahmin edilir. Burada ampririk yöntem olan SPM (1984) anlatılacaktır.
- 2-Sayısal Modeller: Bu modeller sapma, dönme, sığlaşma gibi etkileride dikkate alarak dalga ilerlemesinide modellerler. Bu modeller spektral ve dalga ilerleme modellerinden oluşmaktadır.

Rüzgar Hızı (U)

Dalgalar bir üreme bölgesine girdiklerinde eğer rüzgar hızı dalga hızından küçükse rüzgarın dalga üzerinde etkisi olmayacaktır. Ancak rüzgar hızının büyük olması durumunda dalgalar gelişeceklerdir.

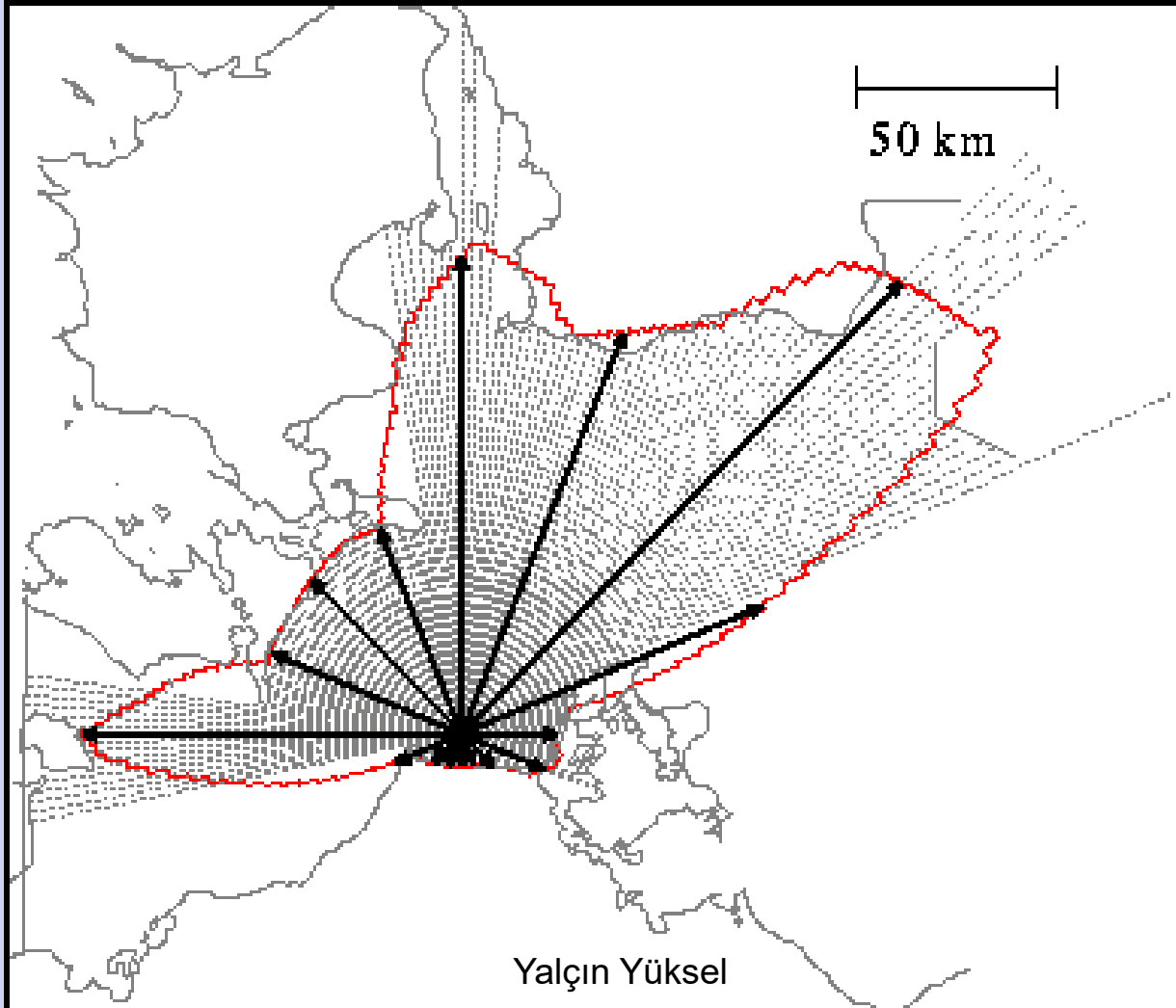
$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/sa} = 2.24 \text{ mil/sa} = 1.94 \text{ knot}$$

Rüzgar süresi (t)

Rüzgar esme süresi arttıkça dalgalar gelişmeye devam edeceklerdir.

Fe (F)

Açık denizde rüzgarın sabit bir doğrultudan sabit bir hızla ve herhangi bir engelle karşılaşmadan estiği mesafeye denir.

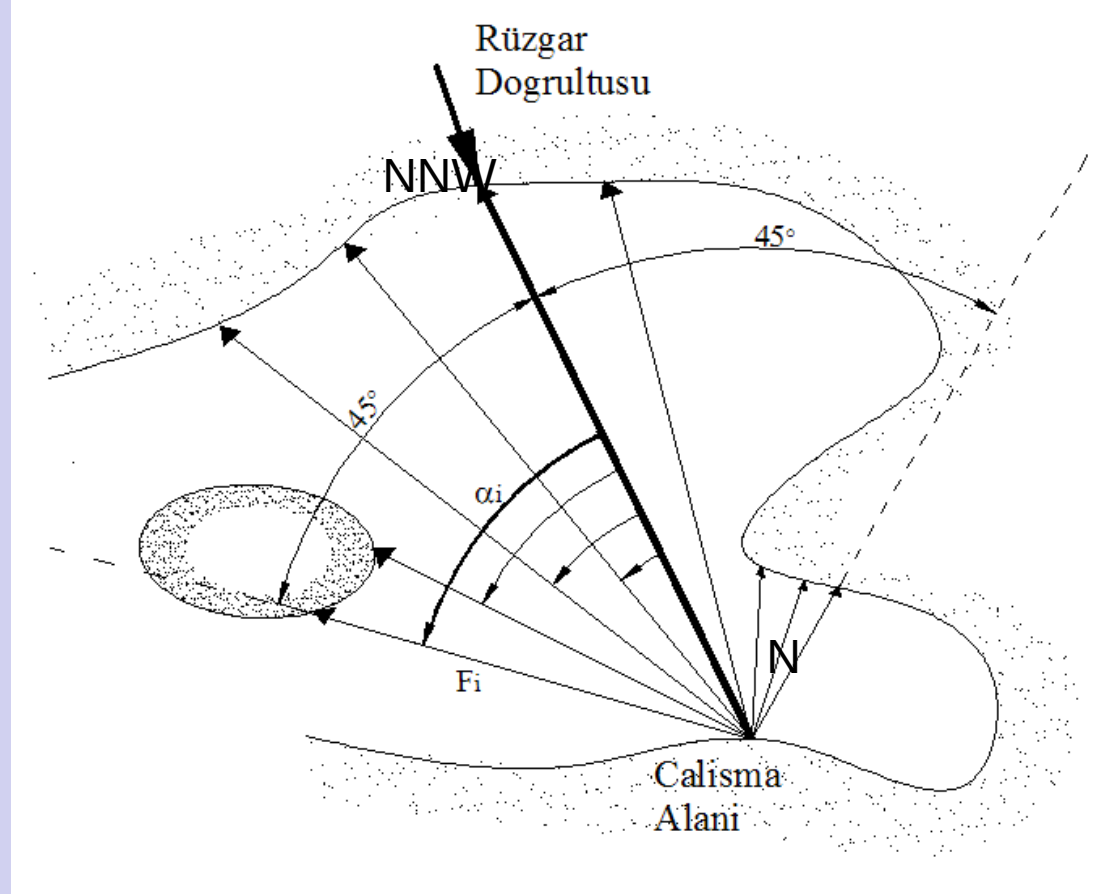


Feç uzunluklarının belirlenebilmesi için literatürde değişik yöntemler tanımlanmıştır, bunlardan en çok kullanılanı **etkili feç** uzunluğudur.

Kıyılarda göz önüne alınan mevki: dikkate alınan dalga yönünden itibaren her iki tarafta $\pm 45^\circ$ lik bir bantta 7.5° lik aralıklarda feç uzunlukları ölçülür ve bu yön için etkili feç olarak tanımlanan feç uzunluğu belirlenir.

Etkili Feç

$$F_{\text{etk}} = \frac{\sum F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$



Örnek; Etkili feç uzunluğu

$\alpha_i(^{\circ})$	45	37.5	30	22.5	15	7.5	0	7.5	15	22.5	30	37.5	45
$L_i(\text{km})$	690	550	517	503	505	507	950	507	475	479	509	600	840

$$Fe = \frac{\sum L_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{5949.2}{11.495} = 517.55 \text{ km}$$

$\alpha_i(^{\circ})$	$L_i (\text{km})$	$\cos \alpha_i$	$\cos^2 \alpha_i$	$L_i \cdot \cos^2 \alpha_i$
45	690	0.707	0.5	345
37.5	550	0.793	0.63	346.5
30	517	0.866	0.75	387.8
22.5	50.3	0.924	0.85	427.6
15	505	0.966	0.93	469.7
7.5	507	0.991	0.98	496.9
0	950	1	1	950
7.5	507	0.991	0.98	496.9
15	475	0.966	0.93	441.8
22.5	479	0.924	0.85	407.2
30	509	0.866	0.75	381.8
37.5	600	0.793	0.63	378.0
45	840	0.707	0.5	420.
Toplam		11.495		5949.2

Tam Gelişmiş Deniz Durumu

Fully Arisen Sea / FAS

Fully Developed Sea

Feç yeterli uzunlukta ve rüzgar feç boyunca dalgayı oluştururken yeterli süre esmişse bu durumda “tam gelişmiş deniz koşulları” meydana gelir.

Bu koşullar altında dalgalar erişebilecekleri en büyük dalga yüksekliğine ulaşmaktadırlar. Bu durumdan sonra rüzgar esmeye devam etse bile artık dalga özellikleri değişmez.

Bu limit şartında rüzgardan dalgalara geçen enerji miktarı, dalgaların kırılma ve türbülansı nedeniyle harcadıkları enerji miktarı ile dengede olmaktadır.

Verilen rüzgar hızında denge durumlarının oluşabilmesi için gerekli minimum **rüzgar esme süresi** ve **feç uzunlukları**,

Silvester (1974)

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

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

CERC (1984)

$$F_{FAS}=(U_A/0.62)^{1.96}$$

$$t_{FAS}=2.027U_A$$

F_{FAS} tam gelişmiş deniz durumunu sağlayacak feç mesafesi

t_{FAS} tam gelişmiş deniz durumunu sağlayacak esme süresi

Gelişmekte Olan Deniz Durumu

Developing Sea /DS

Feç uzunluğu, ve/veya gerçek esme süresi; FAS değerlerinden daha küçükse bu durumda dalgalar beklenen maksimum dalga yüksekliğine ulaşamayacaklardır.

Feçin uzunluğu sınırlı ise ve/veya rüzgar esme süresi kısa ise “**gelişmekte olan deniz durumu**” oluşmaktadır.

Ancak gelişmekte olan deniz durumunda, olayı

feç uzunluğu sınırlıyorsa
feç limitli,
süre sınırlıyorsa
süre limitli

durumu meydana gelmektedir.

Tam Gelişmiş Deniz Durumu (Feç ve esme süresi çok büyük olmalı)

$$F_{\text{gerçek}} > F_{\text{FAS}} \quad \text{ve} \quad t_{\text{gerçek}} > t_{\text{FAS}}$$

Gelişmekte Olan Deniz Durumu

$$F_{\text{gerçek}} < F_{\text{FAS}} \quad \text{ve/veya} \quad t_{\text{gerçek}} < t_{\text{FAS}}$$

$$F_{\text{gerçek}} < F_{\text{FAS}} \quad \text{ve} \quad t_{\text{gerçek}} > t_{\text{FAS}} \quad (\text{Feç Limitli})$$

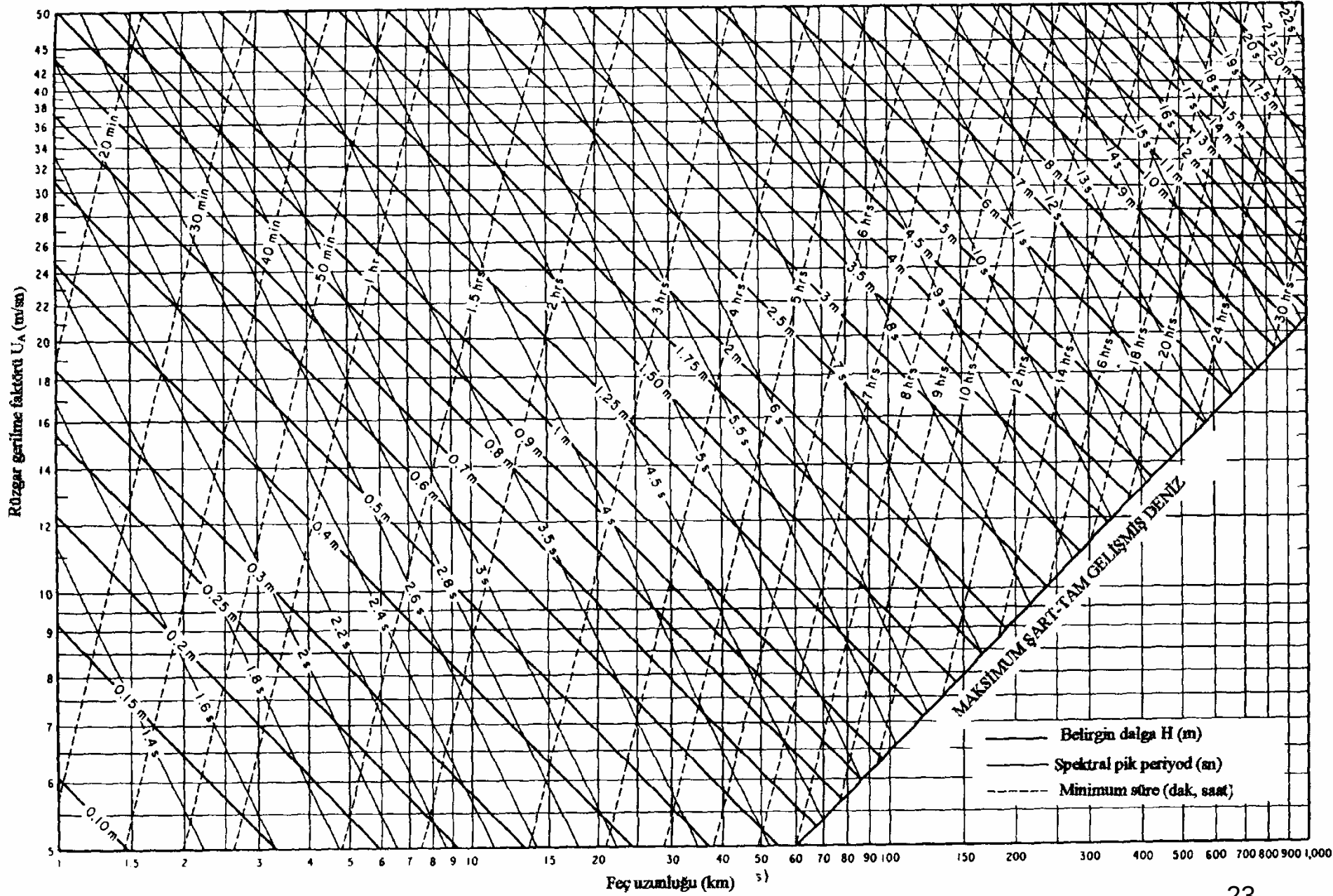
$$F_{\text{gerçek}} > F_{\text{FAS}} \quad \text{ve} \quad t_{\text{gerçek}} < t_{\text{FAS}} \quad (\text{Süre Limitli})$$

CERC YÖNTEMİ (SPM, 1984)

Dalga gelişim modelleri ve nomogramlar rüzgar gerilme faktörü cinsinden ifade edilmektedir.

Rüzgar gerilme faktörü

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



- H_s derin su belirgin dalga yüksekliği,
- $T_{1/3}=T_s=0.95T_m$ belirgin dalga periyodu,
- T_m spektrumun pik periyodu
- U_A rüzgar gerilme faktörü,
- F feç uzunluğu ve
- t rüzgar esme süresidir.

Boyutsuzlar	H (m), T (s), U _A (m/s), F (m), t (s)	H(m), T(s), U _A (m/s), F(km), t (saat)
GELİŞMEKTE OLAN		
$\frac{gH_s}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}$ $\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}$ $\frac{gt}{U_A} = 6.88 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3}$	$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2}$ $T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3}$ $t = 3.215 \times 10^1 \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$	$H_s = 1.616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2} \quad (3.12)$ $T_m = 6.238 \times 10^{-1} (U_A F)^{1/3} \quad (3.13)$ $t = 8.93 \times 10^{-1} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (3.14)$
TAM GELİŞMİŞ		
$\frac{gH_s}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1}$ $\frac{gT_m}{U_A} = 8.134$ $\frac{gt}{U_A} = 7.15 \times 10^4$	$H_s = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2$ $T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A$ $t = 7.296 \times 10^3 U_A$	$H_s = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2 \quad (3.15)$ $T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A \quad (3.16)$ $t = 2.027 U_A \quad (3.17)$