

# KIYI VE LİMAN YAPILARI

## INS-449

DR. ÖĞR. ÜYESİ KAĞAN CEBE

### DERS-7

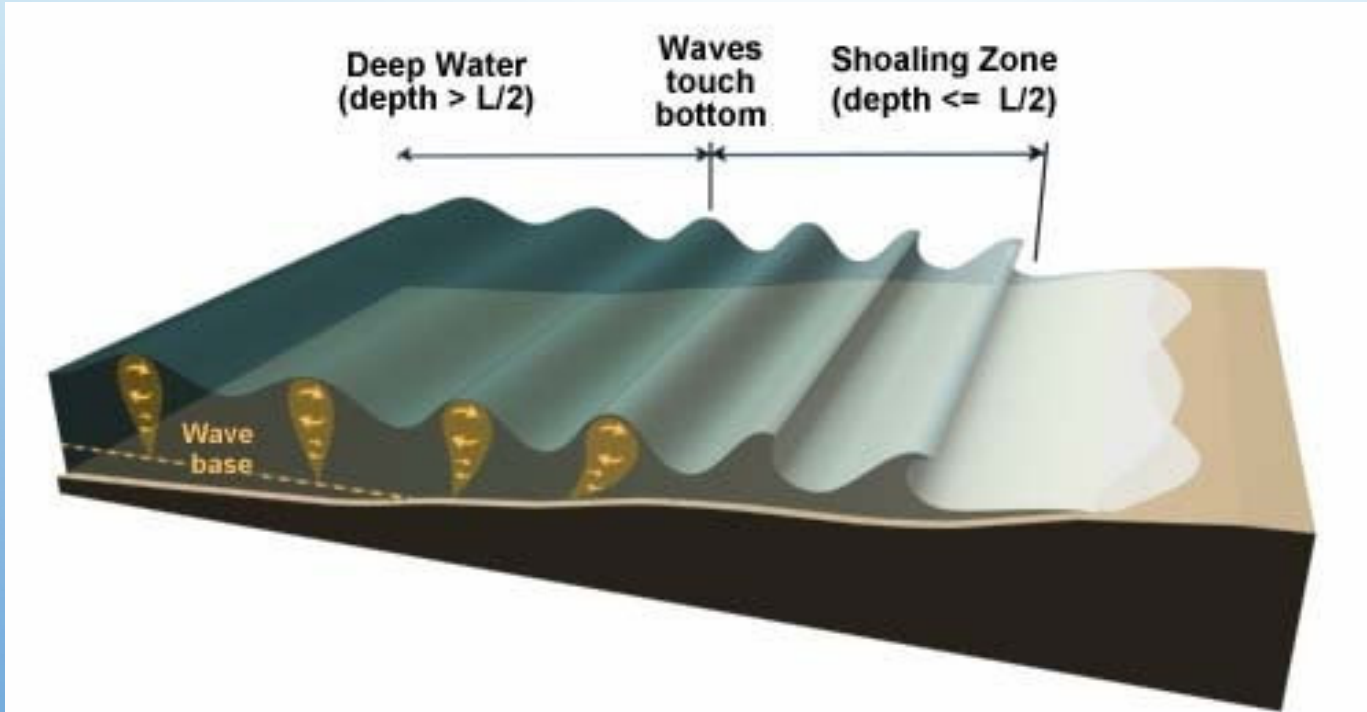
- SIĞLAŞMA
- SAPMA

### KAYNAKLAR:

- YÜKSEL, Y. & ÇEVİK, E. KIYI MÜHENDİSLİĞİ, BETA YAY.
- ERGİN, A. COASTAL ENGINEERING, METU PRESS.

## SİĞLAŞMA (SHOALING)

Derin suda oluşan dalgalar oldukça uzun mesafeler boyunca şekilleri değiştirmeksizin kıyıya doğru hareket ederler. Bu dalgalar kıyıya yaklaştıklarında, azalan derinliğin etkisiyle dalga boyları ile yayılma hızları azalmaya, buna karşın yükseklikleri artmaya başlar. Böylece dalgalar gittikçe dikleşirler. Bu duruma «Sığlaşma» adı verilir.

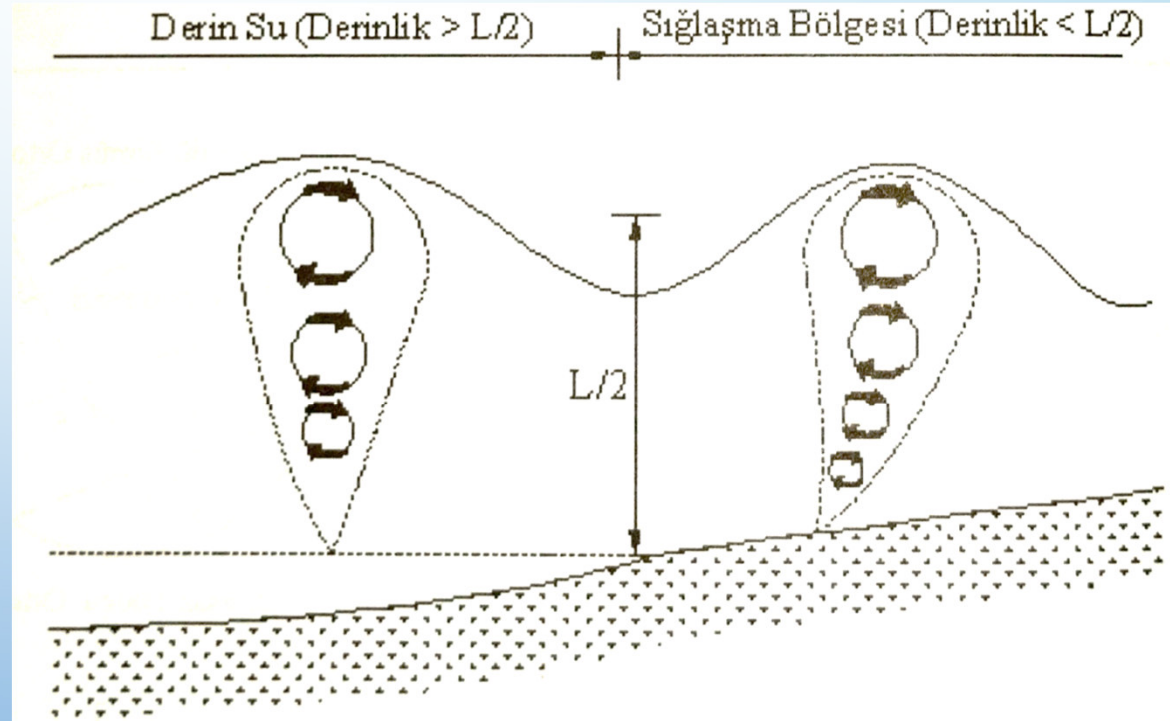




## SİĞLAŞMA (SHOALING)

Sığlaşma sırasında dalga yüksekliğini azaltmaya çalışan ve arttırmaya çalışan iki karşıt etki ortaya çıkar:

- Dalga boyunun kısılması: Dalgalar yavaşladıkça dalga boyu (L) kısalmakta ve dalga tepeleri birbirlerine yaklaşmaktadır. Dalga tepeleri arasındaki enerji sabit kaldığından ve su yüzeyinde daha kısa bir mesafede taşındığından dalga yüksekliği artmak zorundadır. Bu nedenle dalgalar sığ sularda, derin suda olduklarından daha fazla yüksekliğe sahiptirler. Su derinliği dalga boyunun 1/6'sından daha az olduğu durumlarda, yani kıyıya yakın bölgelerde dalga yükseklikleri de oldukça büyük değerlere ulaşır.



Şekil 2.31 Dalga sığlaşmasının şematik açıklaması

## SİĞLAŞMA (SHOALING)

### DERİN SUDAN SIĞ SUYA İLERLEYEN DALGA İÇİN:

Dalgalar kıyıya doğru yaklaştıkça, azalan derinliğin etkisiyle dalga boyu ve ilerleme hızı azalır. İlerleme hızı ile bağlantılı olduğu için dalga yüksekliği de azalır. Derin su koşulunda ve sığlaşma başladıktan sonraki bir nokta arasında enerji kaybı olmadığı kabul edilirse:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_g}} = K_s$$

$$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_g}} = \sqrt{\frac{c_0 n_0}{c \cdot n}}$$

$$n_0 = 0.5 \text{ derin suda}$$

$K_s$  : sığlaşma katsayısı GWT'de var.

## SİĞLAŞMA (SHOALING)

**Örnek:** Derin su dalga yüksekliği  $H_0=2\text{m}$  ve periyodu  $T=7\text{s}$  olan dalganın 100, 50, 15, 10, 5 ve 3m su derinliklerindeki grup hızlarını ve dalga yüksekliklerini hesaplayınız.

$$L_0 = 1,56 \times 7^2 = 76,44\text{m}$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_g}} = K_s$$

$$K_s = \sqrt{\frac{c_0 n_0}{c \cdot n}}$$

Su derinliği (m)	d/Lo	tanhkd	L (m)	C (m/s)	G	n=0,5(1+G)	Cg (m/s)	Ks	H (m)
100	1,31	1	76,44	10.92	0	0,500	5,460	1	2
50	0,65	1	76,44	10.92	0	0,500	5,460	1	2
15	0,20	0,888	67,88	9.70	0,335	0,668	6,473	0,918	1,84
10	0,13	0,780	59,62	8.52	0,524	0,762	6,490	0,917	1,83
5	0,07	0,614	46,93	6.70	0,725	0,863	5,783	0,971	1,94
3	0,04	0,480	36,69	5.24	0,839	0,920	4,820	1,060	2,13

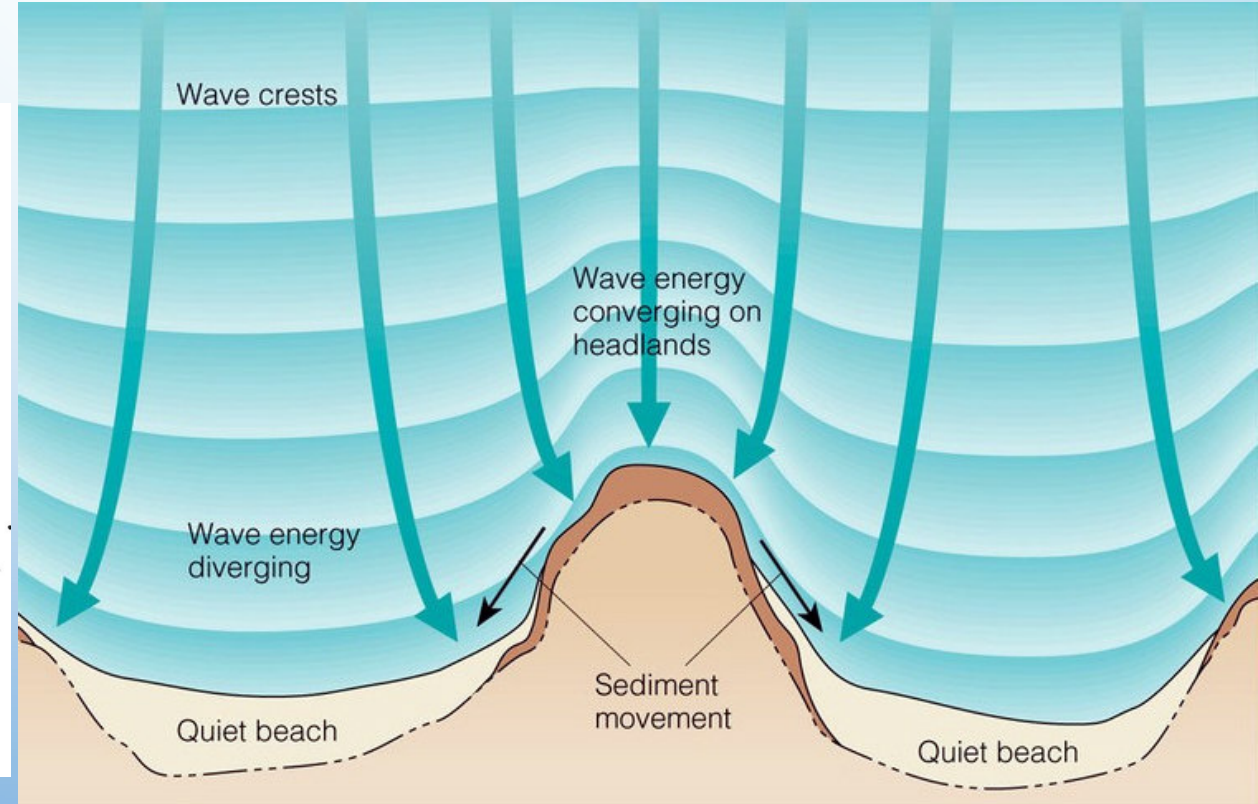
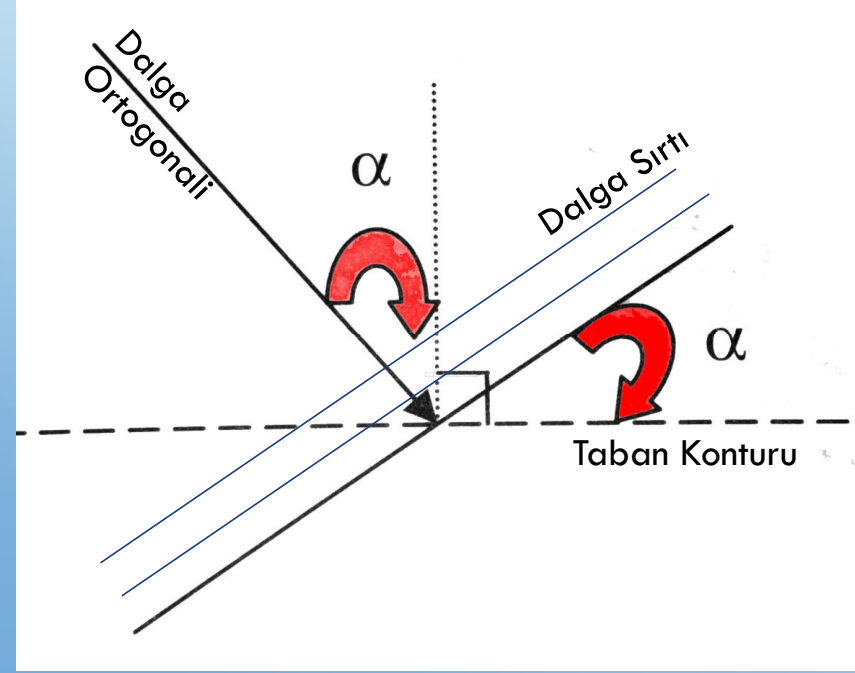
## SAPMA (REFRACTION)

Kıyıya belli bir açı ile yaklaşan dalgaların, kıyıya yakın taraflarınının tabandan daha önce etkilenerek yavaşlamaları nedeniyle dönerek batimetri çizgilerine (eş derinlik noktalarını birleştiren çizgiler) paralel duruma gelmeleri olayına sapma adı verilir.



## SAPMA (REFRACTION)

Sapma nedeniyle dalga doğrultusu değişmektedir. Bu nedenle derin denizde, belirli bir ilerleme açısına sahip olan dalgalar, taban konturuna (batimetri çizgisine) dik olacak şekilde dönerek farklı açılarda kıyıya ulaşırlar. Bu durum kıyıya doğru ilerleyen dalgaların enerji dağılımını etkiler ve dalga yüksekliklerinde de değişime sebep olur.





## SAPMA (REFRACTION)

Sapma etkisi kıyı yapıları için iki ana nedenden dolayı önemlidir:

- 1) Sapma etkisi, kıyı yapısına yaklaşan derin su dalgasının dalga yüksekliğinin artmasına ya da azalmasına sebep olur. Bu durum yapının dizayn koşullarını değiştirir.
- 2) Sapma etkisi, dalganın kıyı yapısı yakınlarındaki ve kırılma anındaki yaklaşma açısını ( $\alpha$ ) belirler. Ayrıca yaklaşma açısı ( $\alpha$ ) sediman taşınımı için çok önemli bir parametredir.



# SAPMA (REFRACTION)

1) Sapma eşitliklerini gösterebilmek için öncelikle batimetriye dik ilerleyen dalga için enerji akısı değişimini inceleyelim:

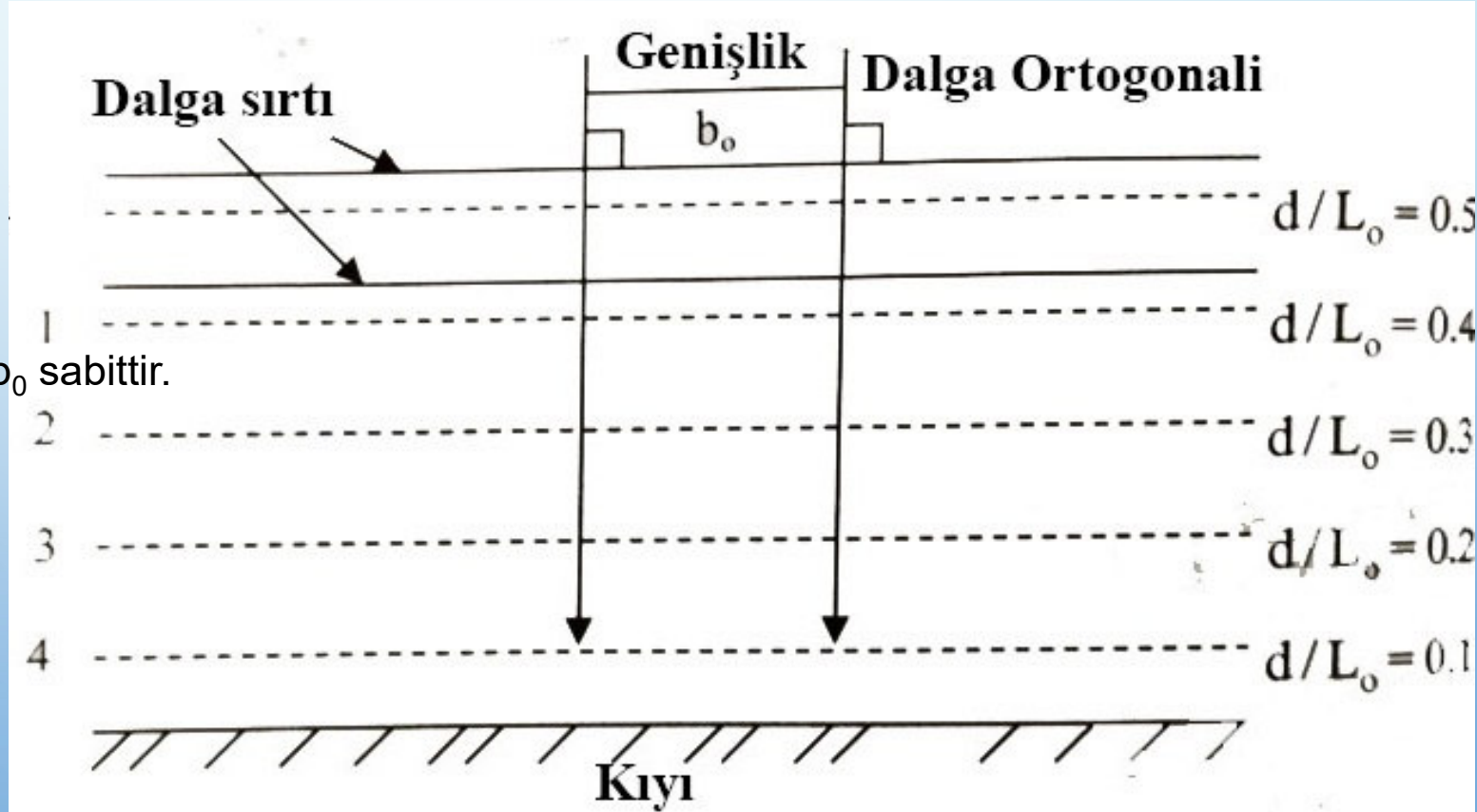
$$P_w = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{8} C_g \cdot b_0$$

$$\frac{P_{w0}}{P_{w1}} = \frac{H_0^2}{H_1^2} \cdot \frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1} \cdot \frac{b_0}{b_1}$$

Enerji akısı değişmez ve  $b_0$  sabittir.

$$\frac{H_1^2}{H_0^2} = \frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1}$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1}} = K_s$$



## SAPMA (REFRACTION)

2) Batimetriye  $\alpha_0$  açısı ile kıyıya yaklaşan dalga için enerji akısı değişimini inceleyelim:

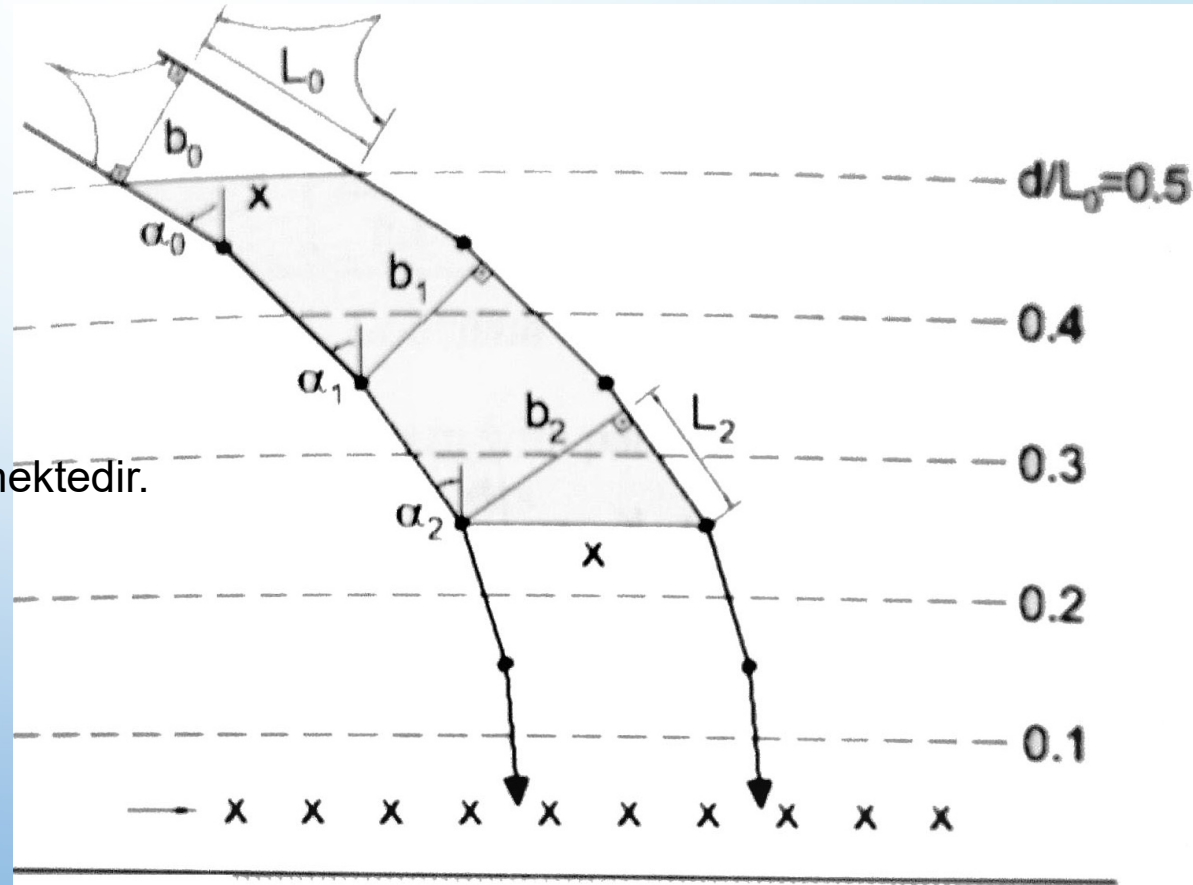
$$P_w = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{8} C_g \cdot b_0$$

$$\frac{P_{w0}}{P_{w1}} = \frac{H_0^2}{H_1^2} \cdot \frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1} \cdot \frac{b_0}{b_1}$$

Enerji akısı değişmez ancak genişlik değişmektedir.

$$\frac{H_1^2}{H_0^2} = \frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1} \cdot \frac{b_0}{b_1}$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1}}$$



# SAPMA (REFRACTION)

Geometriden yararlanarak:

$$\frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot n_0}{C \cdot n_1}} = K_r \cdot K_s$$

$$H_1 = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$$

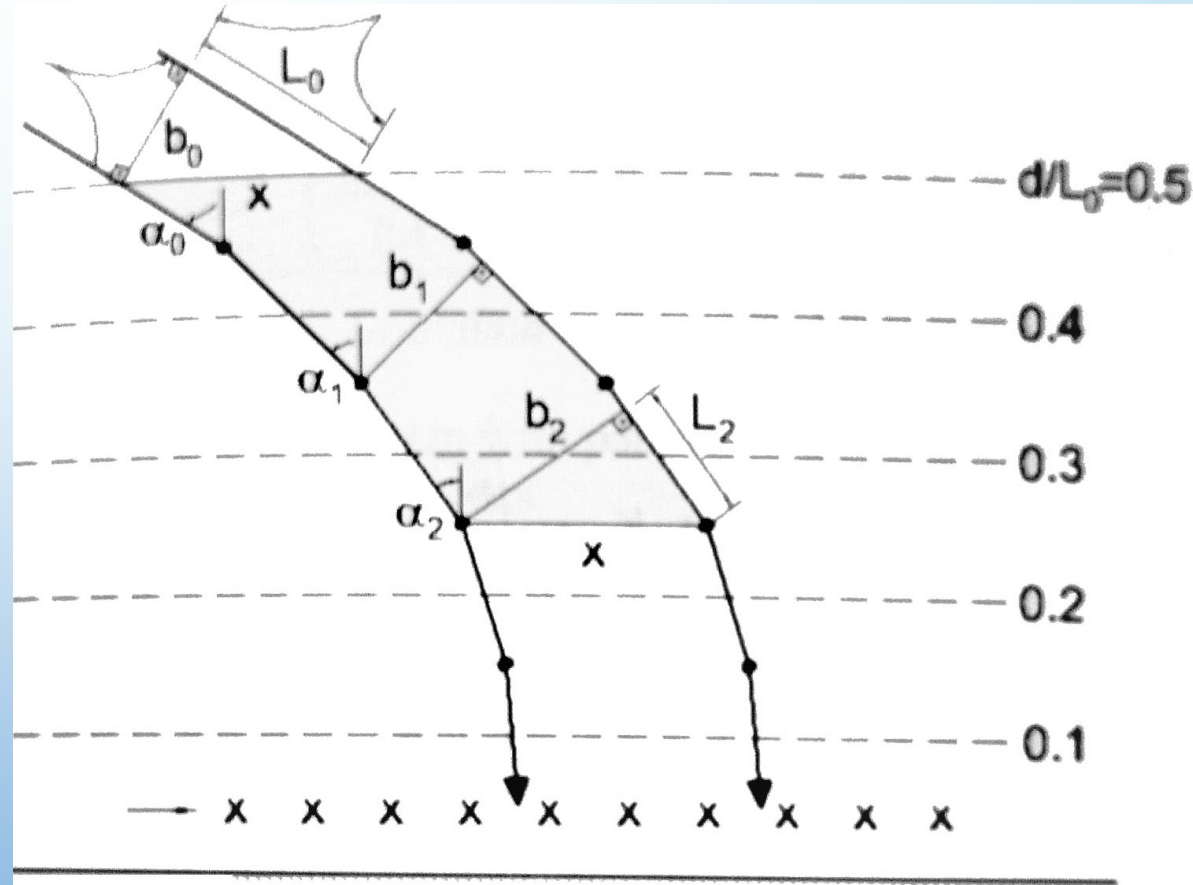
$K_r$ : sapma katsayısı,  $K_s$ : sığlaşma katsayısı

Geometriden yararlanarak:

$$b_0 = x \cos \alpha_0, \quad b_1 = x \cos \alpha_1, \quad b_2 = x \cos \alpha_2,$$

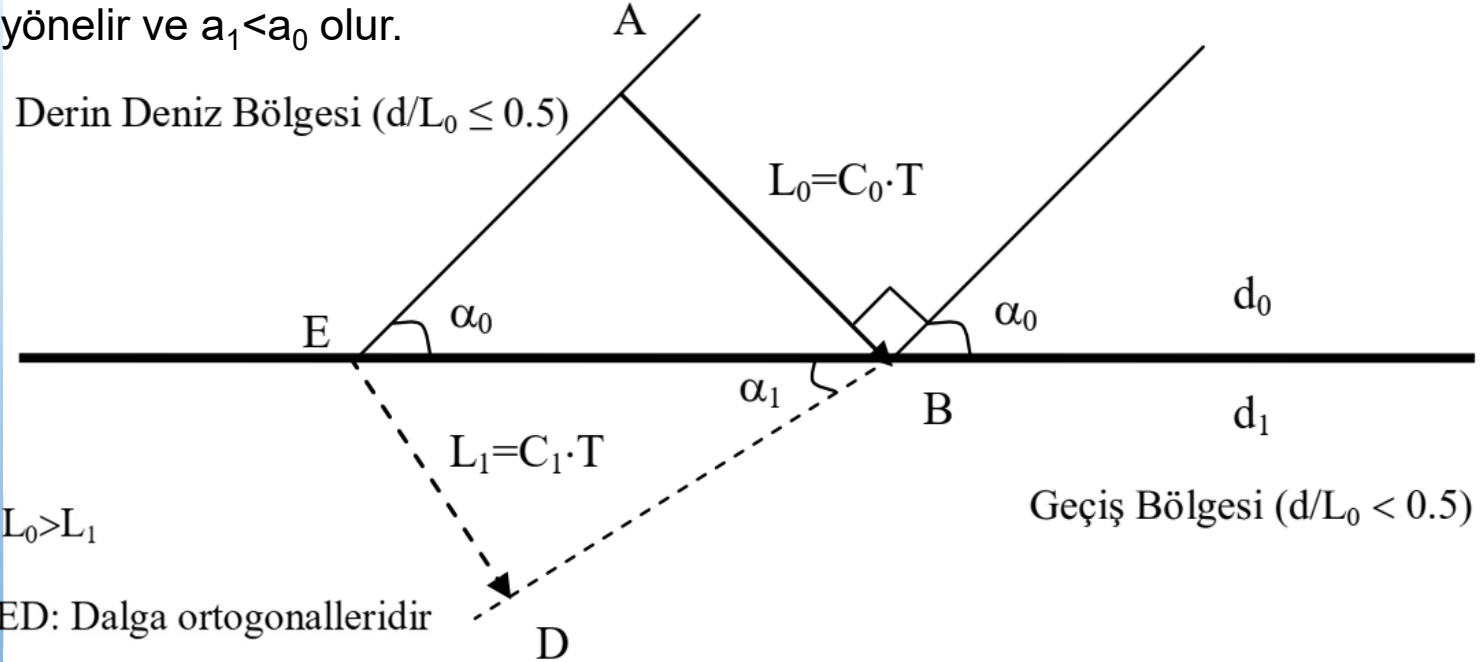
Herhangi bir derinlik için:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$$



## SAPMA (REFRACTION)

**SNELL YASASI:** Dalga sapması diyagramlarının çizilmesinde kullanılan «Ortogonal Yöntem», Snell Yasası'na bağlı olarak geliştirilmiştir (Şekil 1.4).  $d_0$ 'dan  $d_1$ 'e ani düşen bir basamaktan geçen bir dalga göz önüne alalım. BE çizgisi, basamağı göstermektedir. T periyodunda ve tepe çizgisi üzerinde bulunan bir A noktası,  $C_0$  hızı ile  $L_0$  yolunu kat ederek B'ye gidecektir. Aynı zamanda E noktası da  $C_1$  hızı ile ( $C_1 < C_0$ ) D'ye ( $L_1 < L_0$ ) gidecektir.  $L_1 < L_0$  olduğundan, tepe çizgisinin yeni pozisyonu (BD) dönme hareketi yaparak ve BE basamağına yönelir ve  $a_1 < a_0$  olur.



# SAPMA (REFRACTION)

## SNELL YASASI:

Geometriden;

$$\sin \alpha_0 = \frac{L_0}{BE} \quad \sin \alpha_1 = \frac{L_1}{BE}$$

Derin denizden kıyıya ilerleyen dalga için:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_0} = \frac{L_1}{L_0} = \frac{L_0 \cdot \tanh kd}{L_0} \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_0} = \tanh kd$$

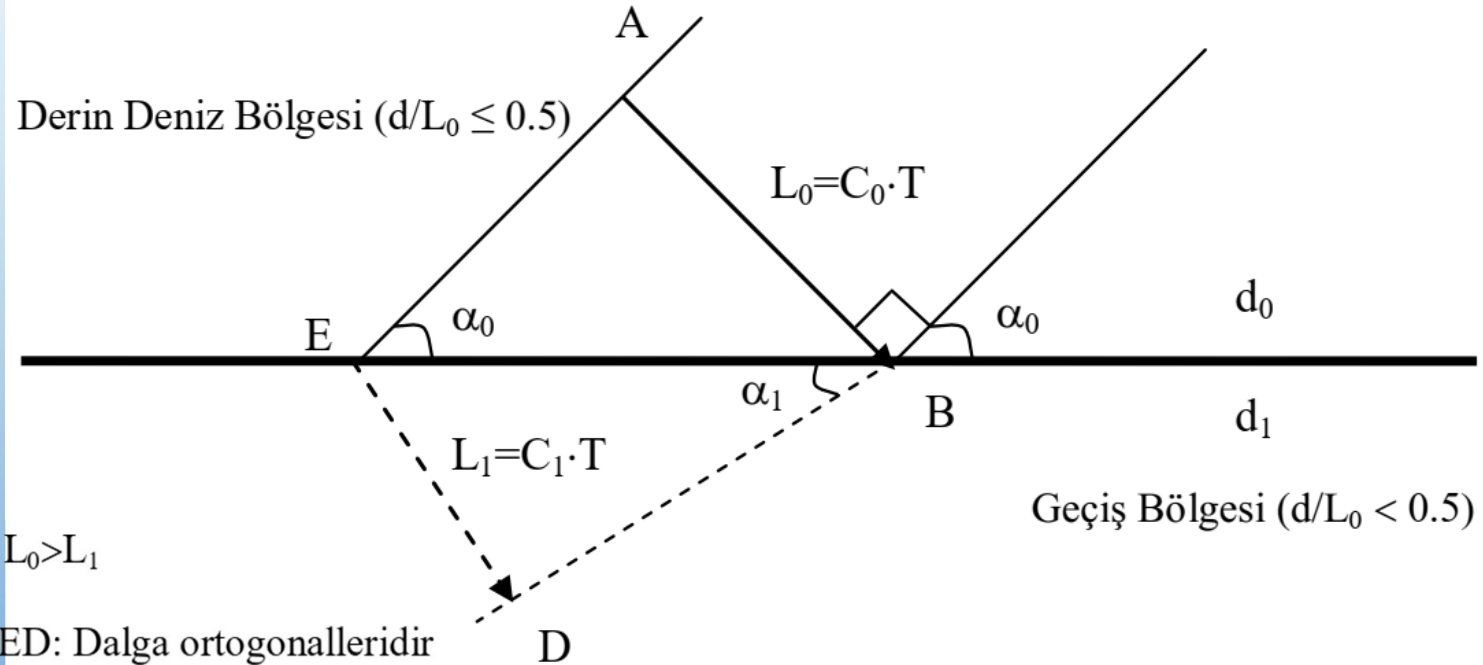
Geçiş sularında:

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{C_2 \cdot T}{C_1 \cdot T}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{C_2}{C_1} \sin \alpha_1$$

$$\alpha_2 = \arcsin \left[ \frac{C_2}{C_1} \sin \alpha_1 \right]$$

$$d_0 > d_1, \quad C_0 > C_1, \quad L_0 > L_1$$



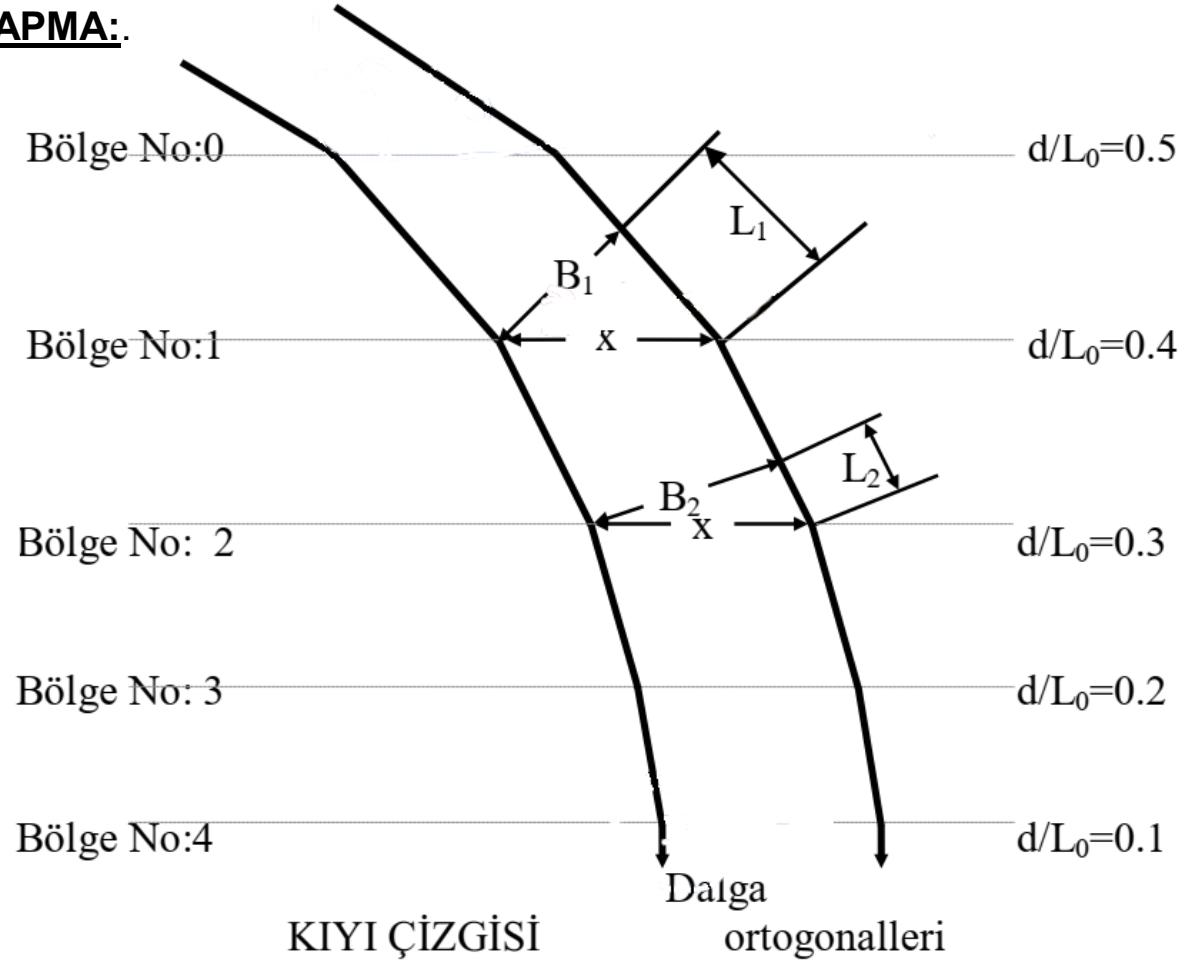
# SAPMA (REFRACTION)

## DÜZ PARALEL KONTURLAR ÜZERİNDE SAPMA:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_1}{b_2}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha_2}}$$

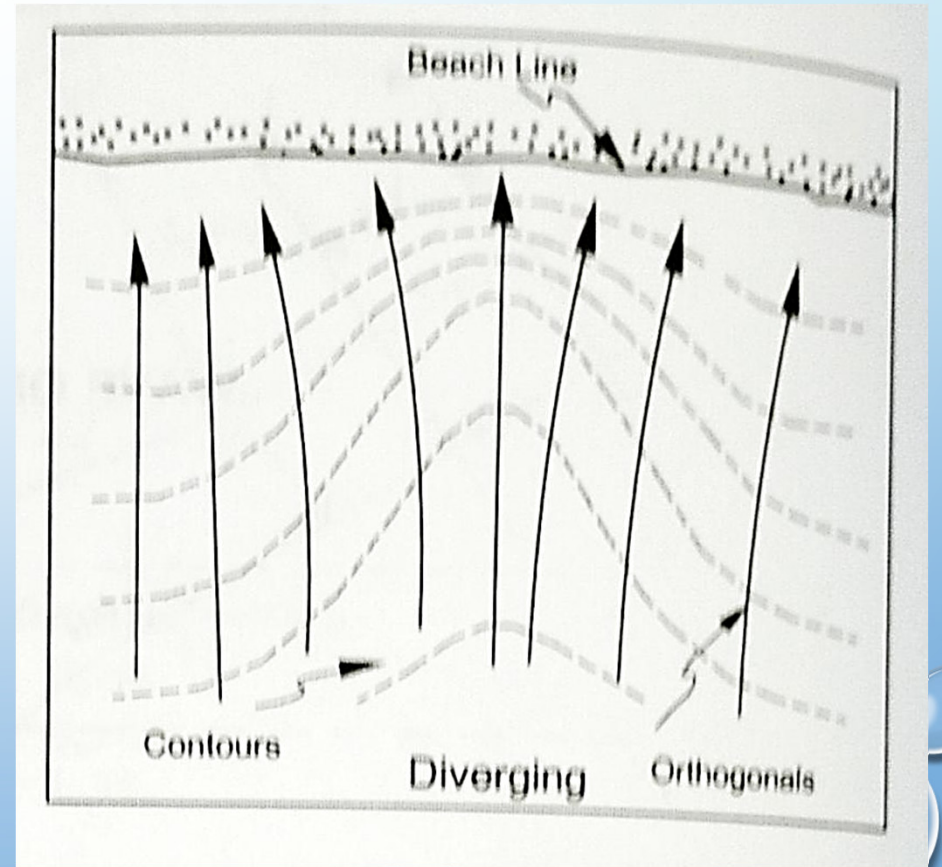
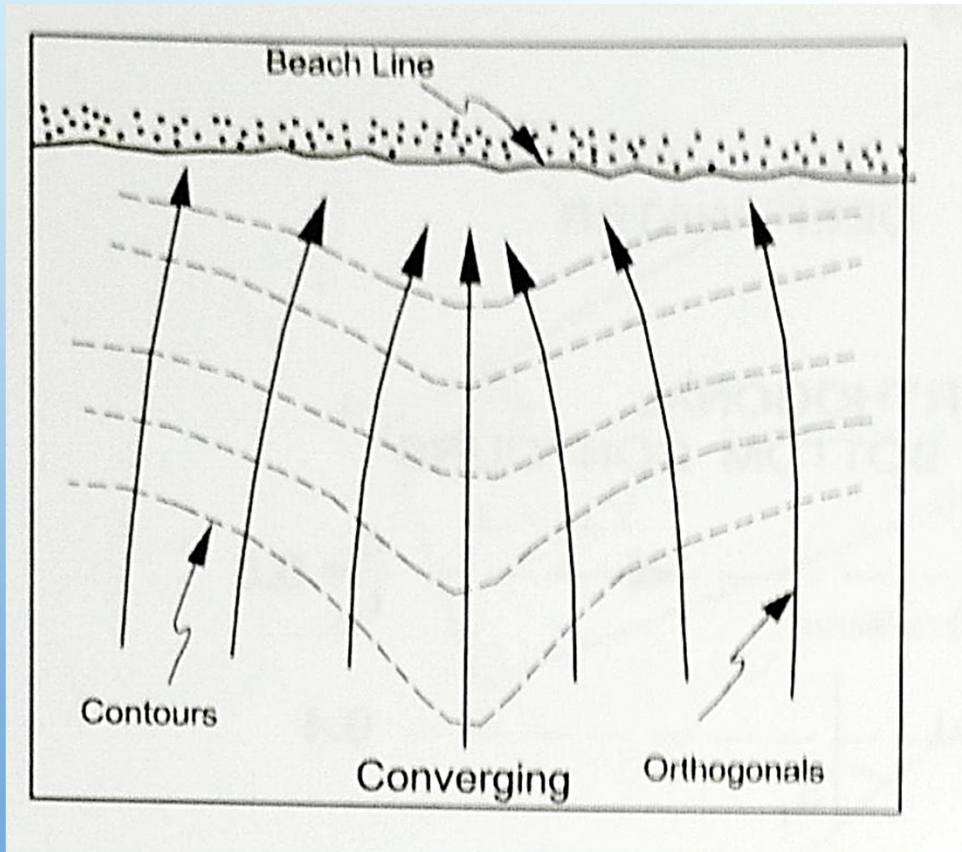
$$\alpha_2 = \arcsin \left[ \frac{\tanh k_2 d_2}{\tanh k_1 d_1} \sin \alpha_1 \right]$$

$L_1 > L_2$  olduğundan, her zaman  $\alpha_1 > \alpha_2$  olacaktır, bu durumda  $\cos\alpha_1 < \cos\alpha_2$  olur. Yukarıdaki eşitliklere göre  $B_1 < B_2$  ve düz paralel konturlar halinde, kıyıya yaklaşırken  $K_r < 1$  olur.



# SAPMA (REFRACTION)

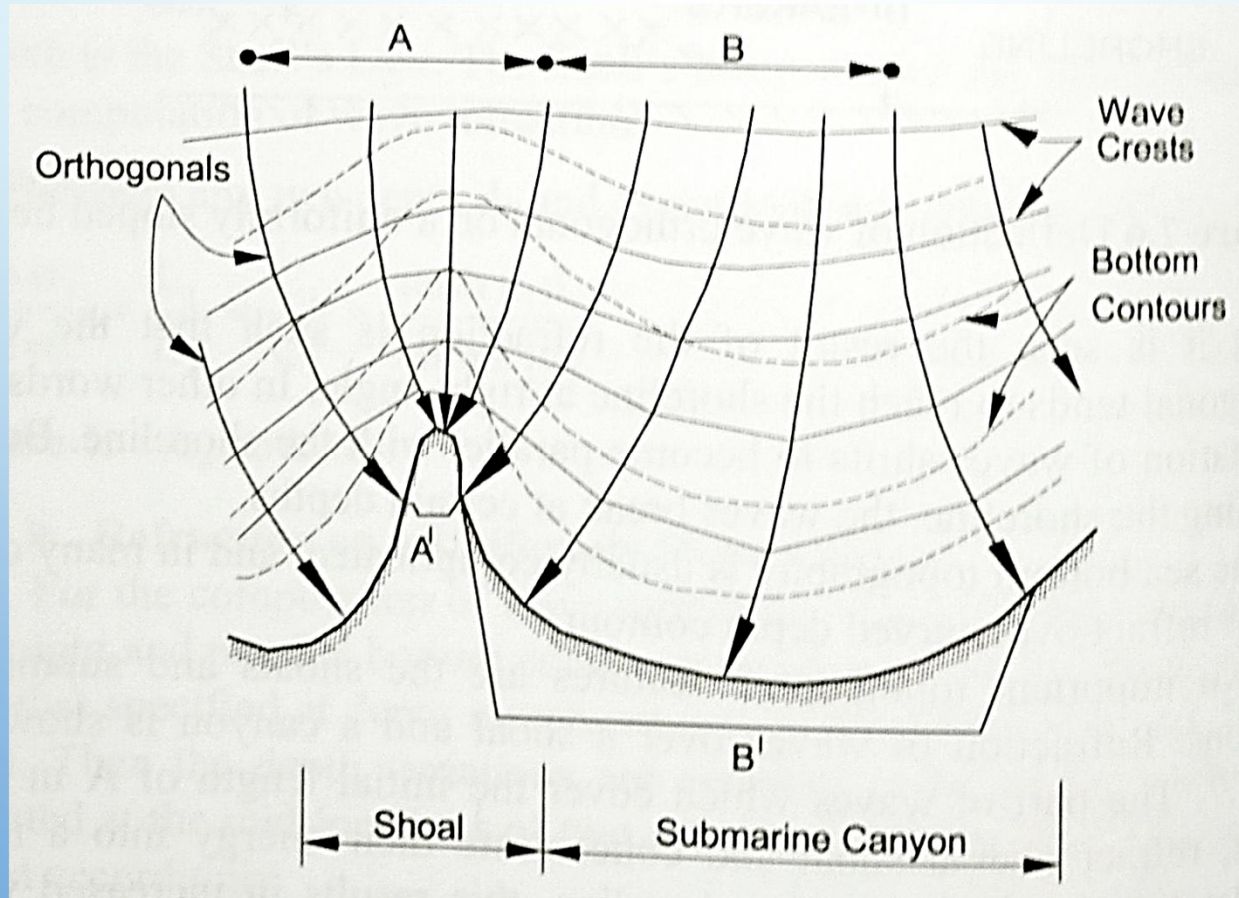
## KARMAŞIK KONTURLAR ÜZERİNDE SAPMA:





# SAPMA (REFRACTION)

## KARMAŞIK KONTURLAR ÜZERİNDE SAPMA:



## SAPMA (REFRACTION)

Sapma sorularında hesaplamalar genellikle aşağıdaki adımlar izlenerek yapılır:

1.  $H_0$ ,  $L_0$ ,  $T$  ve dalganın yaklaşma açısı  $\alpha_0$  bilinir ve eğer dalga açık denizden kıyıya doğru yaklaşıyorsa  $n=0.5$ 'dir.
2. Sapma açısının hesaplanması istenen derinlikteki dalga boyu ( $L$ ), GWT yardımı ile ya da  $L = L_0 \tanh(kd)$  denkleminde hesaplanır.
3.  $C=L/T$  denklemi ile dalga yayılma hızı hesaplanır.
4. GWT'den  $n = 0.5[1 + G]$  denklemi kullanılarak  $n$  değeri hesaplanır.
5. Snell yasası kullanılarak yayılma açısı belirlenir.  $\alpha_2 = \arcsin \left[ \frac{C_2}{C_1} \sin \alpha_1 \right]$
6. Hesap derinliğindeki sığlaşma katsayısı  $K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_g}} = \sqrt{\frac{c_0 n_0}{c \cdot n}}$  hesaplanır.
7. Hesap derinliğindeki sapma katsayısı  $K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}}$  hesaplanır.
8.  $H_1 = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$  denklemi kullanılarak hesap derinliğindeki dalga yükseklikleri hesaplanır.

## SAPMA (REFRACTION)

**Örnek:** Yüksekliği  $H=2\text{m}$  ve periyodu  $T=7\text{s}$  olan dalgalar derin su bölgesinden doğrusal batimetri çizgileriyle  $\alpha=60^\circ$  açı yapacak şekilde kıyıya doğru yayılmaktadır.  $d=100, 50, 15, 10, 5$  ve  $3\text{m}$  su derinliklerinde dalga yayılma doğrultularını ve yüksekliklerini hesaplayınız.

$$L_0 = 1.56 \times T^2 = 76.44\text{m}$$

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\tanh k_2 d_2}{\tanh k_1 d_1} = \frac{C_2}{C_1}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}} \quad H_1 = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$$

Su derinliği $d(\text{m})$	$d/L_0$	Tanhkd (GWT)	L (m)	C (m/s)	G (GWT)	$n=0,5(1+G)$	$C_g$ (m/s)	$K_s$	Açı ( $\alpha^\circ$ )	$K_r$	H(m)
100	1.32	1.000	76.44	0,920	0	0,500	5,460	1	60.0	1	2.00
50	0.65	1.000	76.44	0,920	0	0,500	5,460	1	60.0	1.000	2.00
15	0.20	0.888	67.88	9,697	0,335	0,668	6,473	0,918	50.3	0.884	1.62
10	0.13	0.780	59,62	8,518	0,524	0,762	6,490	0,917	42.5	0.823	1.51
5	0.07	0.614	46,93	6,705	0,725	0,863	5,783	0,971	32.1	0.768	1.49
3	0.04	0.480	36,69	5,242	0,839	0,920	4,820	1,06	24.6	0.741	1.58

## SAPMA (REFRACTION)

**Örnek:** 20m derinlikte yüksekliği H=3m olan T=8s periyoda sahip dalga, batimetri çizgileri ile 20° açı yaparak ilerlemektedir. 10m derinlikteki dalga yüksekliğini ve yayılma açısını hesaplayınız.

$$L_0 = 1.56 \times 8^2 = 100\text{m}$$

$$H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$$

$$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}}$$

d=20m d/L<sub>0</sub>=0.2 geçiş bölgesi

GWT tanhkd=0.888 K<sub>s</sub>=0.918

$$\frac{H_{20} = H_0 \cdot K_{r20} \cdot K_{s20}}{H_{10} = H_0 \cdot K_{r20} \cdot K_{s20}}$$

$$H_{10} = H_0 \cdot K_{r20} \cdot K_{s20}$$

$$\frac{3 = H_0 \cdot K_{r20} \cdot 0.918}{H_{10} = H_0 \cdot K_{r20} \cdot 0.933}$$

$$H_{10} = H_0 \cdot K_{r20} \cdot 0.933$$

d=10m d/L<sub>0</sub>=0.1 geçiş bölgesi

tanhkd=0.709 K<sub>s</sub>=0.933

$$\frac{3 = 0.918 \sqrt{\frac{\cos \alpha_{10}}{\cos \alpha_{20}}}}{H_{10} = 0.933 \sqrt{\frac{\cos \alpha_{10}}{\cos \alpha_{20}}}}$$

$$K_{r20} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{20}}}$$

$$K_{r10} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{10}}}$$

$$\alpha_2 = \arcsin \left[ \frac{\tanh k_2 d_2}{\tanh k_1 d_1} \sin \alpha_1 \right] = \arcsin \left[ \frac{0.709}{0.888} \sin(20) \right] = 15.85^\circ \quad H_{10} = 3 \cdot \frac{0.933}{0.918} \sqrt{\frac{\cos 20}{\cos 15.85}} = 3.01\text{m}$$