

# Elastik Bağlama Elemanları

## YAYLAR

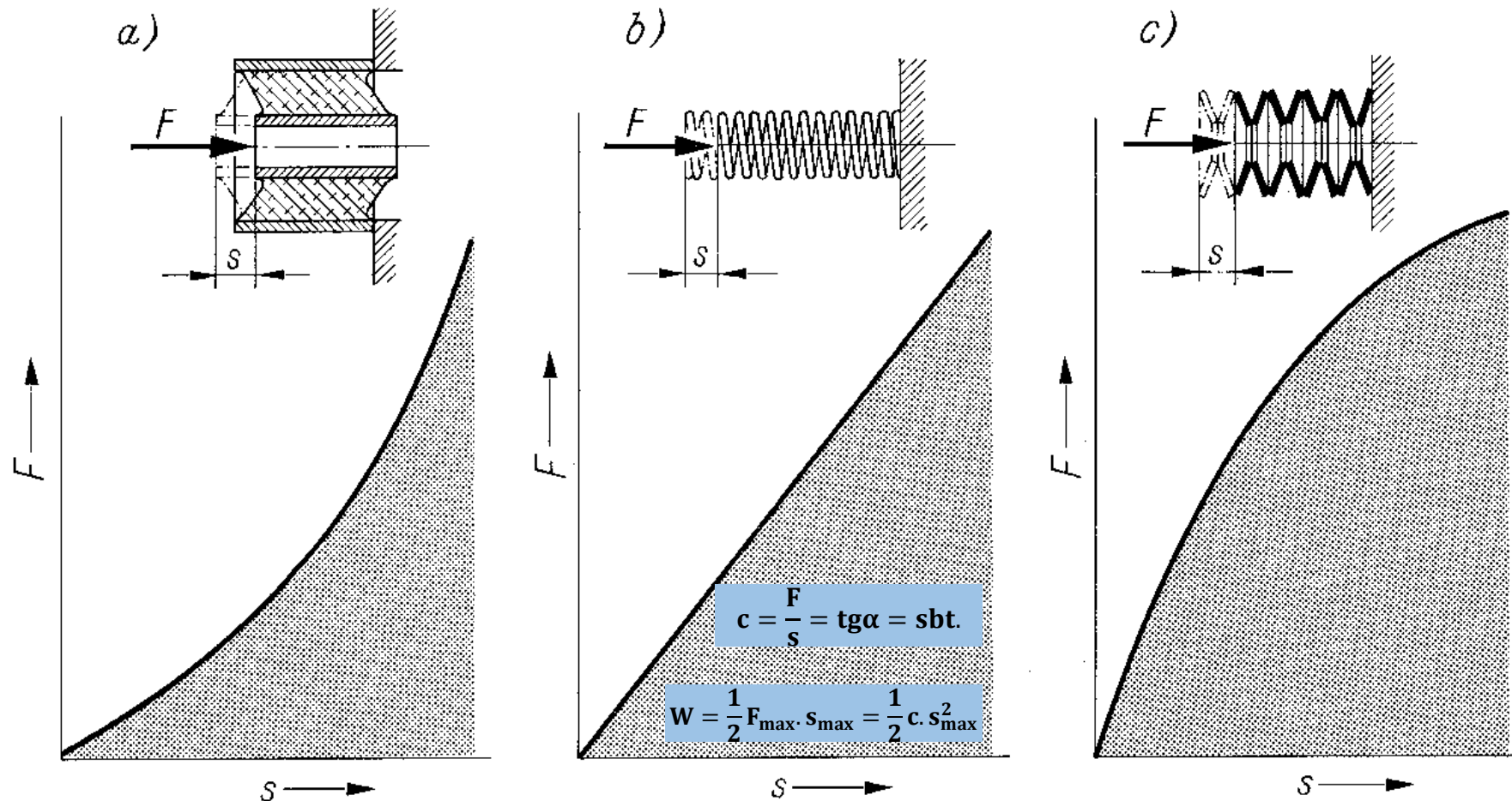




1. **Ölçü Yayı:** Dinamometre, yaylı terazi vb. de kullanılan yaylar.
2. **Gergi Yayı:** Konstrüksiyonun gerektirdiği öngerilmelerin mekanik, termik deformasyonla değişmesi halinde dengeyi sağlayan yaylar.
3. **Geri Tepme Yayı:** Makinelerin hareketli parçalarını, her hareketten sonra tekrar başlangıç konumuna getiren yaylar: Subap yayı, kilit yayı.
4. **Potansiyel Enerji Depolama Yayı:** Mekanik saatlerde spiral zemberek, yine mekanik oyuncaklardaki tahrik yayları.
5. **Kuvvet Dağıtım Yayı:** Makinenin parçalarına yüklerin dengeli dağılımı için kullanılan yaylar: Taşıtlarda aks yayları, günlük yaşamımızda kullandığımız yaylı yataklardaki yaylar.
6. **Darbe İzolasyon Yayı:** Taşıt yayları, tren vagonlarında tampon yayları, elastik kavramalardaki denge yayları.
7. **Titreşim İzolasyon Yayı:** Makinelerin aktif ve pasif izolasyon yayları, titreşim sönümlemede kullanılan yaylar.
8. **Titreşim Yayları:** Titreşimin arzu edildiği yerlerde; elek, titreşim masası, karıştırıcı gibi uygulamalarda kullanılan rezonans yayları.

## GENEL TANIMLAR

### Yay Karakteristiği

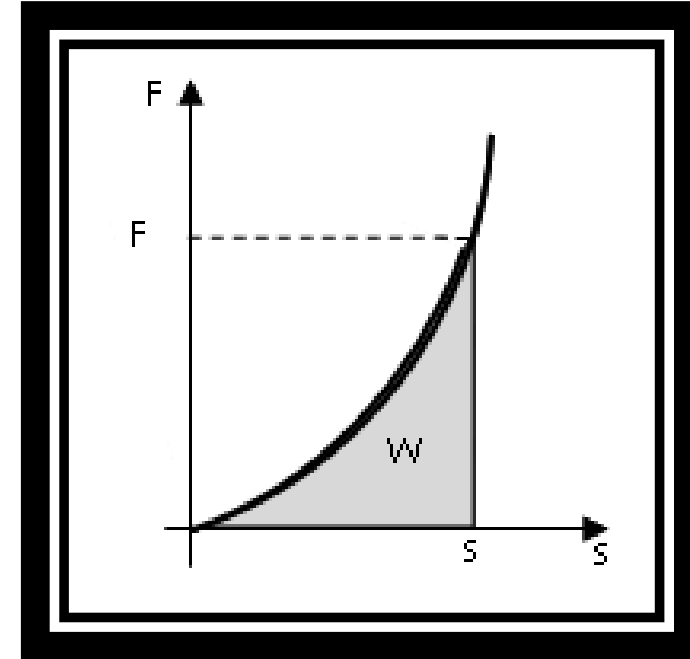
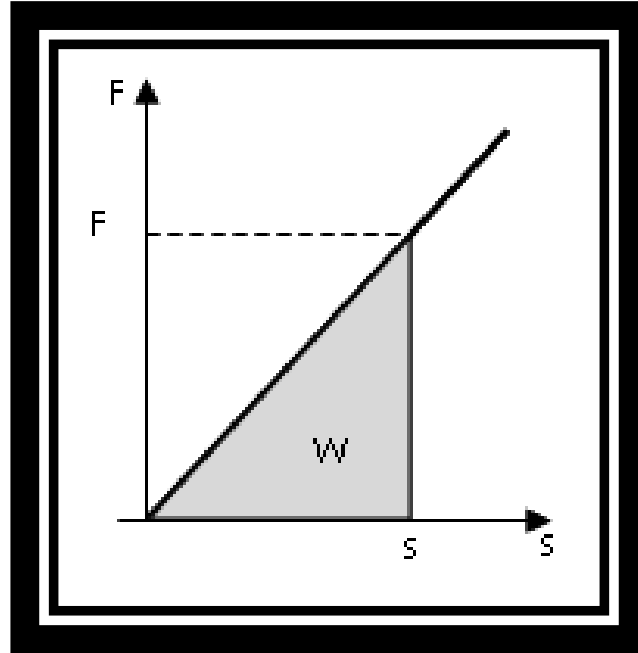


a) Yükselen Karakterli  
*Kauçuk Yay*

b) Doğrusal Karakterli  
*Silindirik Helisel Yay*

c) Alçalan Karakterli  
*Tabak Yay*

## Yay İşi

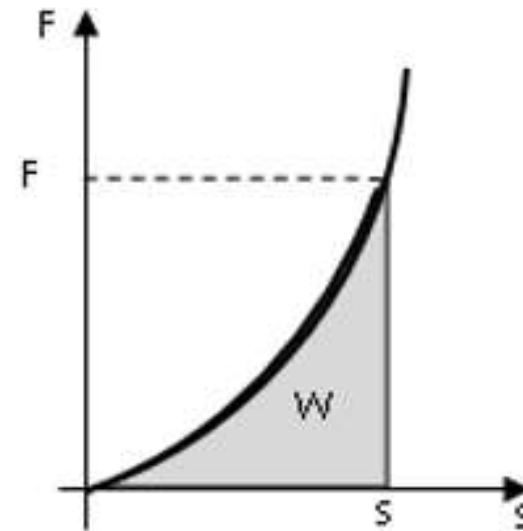
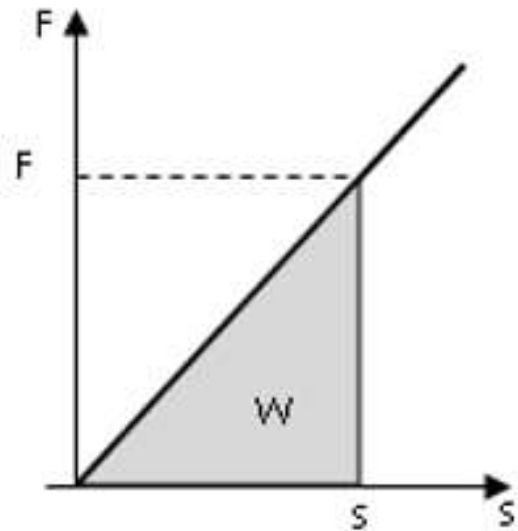


$$W = \frac{1}{2} F \cdot s \quad \text{veya} \quad W = \frac{1}{2} c \cdot s^2 \quad \text{Nmm}$$

$$W = \frac{1}{2} M \cdot \gamma$$

$$W = \int_0^s F \cdot ds$$

$$W = \int_0^\gamma M \cdot d\gamma$$



Yayın depolayabileceği maksimum enerji:

$$W_{\max} = \frac{1}{2} \cdot F_{\max} \cdot s_{\max} = \frac{1}{2} \cdot c \cdot s_{\max}^2$$

$$W_{\max} = \frac{1}{2} \cdot M_{\max} \cdot \gamma_{\max}$$

$$W_{\max} = \int_0^{s_{\max}} F \cdot ds$$

$$W_{\max} = \int_0^{\gamma_{\max}} M \cdot d\gamma$$

## Hacimden faydalanma değeri ve faydalanma derecesi:

Bir yayın depolayabileceği enerjinin hacme oranına **hacimden faydalanma derecesi** denir.



$$W = \frac{1}{2} \cdot F \cdot s_{\max} \text{ olur. } F = \sigma \cdot A; s \cong \Delta l, \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ değerleri ile}$$

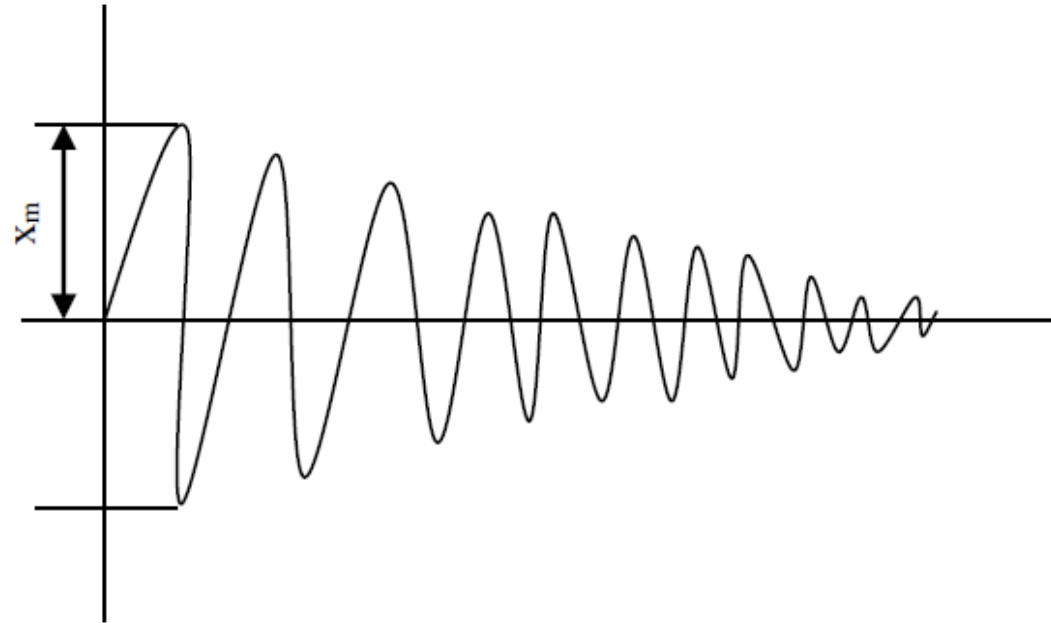
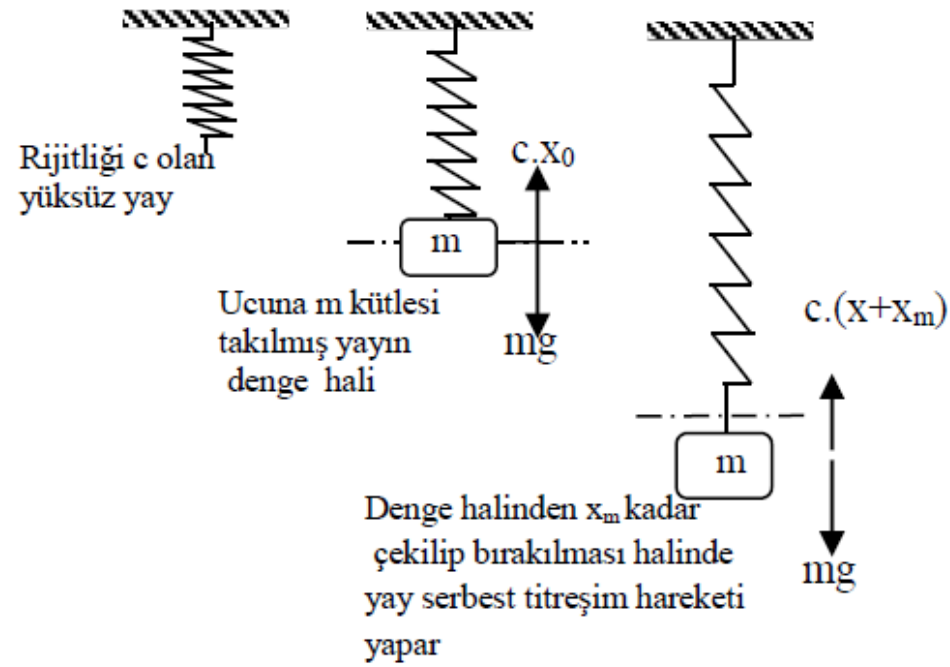
$$W = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \sigma_{\max} \cdot \varepsilon_{\max} \cdot l$$

yazabiliriz. Yayın hacmi  $V=A \cdot l$  'dir. Yayın depolayabileceği işin hacme oranı:

$$\frac{W}{V} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot \varepsilon_{\max} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_{\max}^2}{E} \quad \frac{W}{V} = \eta \text{ hacimden faydalanma derecesi olup, gerilmenin tüm kesitte düzgün olarak dağılımı halinde geçerlidir. Gerilme dağılımının düzgün olmadığı diğer yay konstrüksiyonlarında bu oran: } \eta = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_{\max}^2}{E} \eta_A \text{ 'dir. } \eta_A \text{ ya yayın faydalanma derecesi denir. Bilezik yaylar hariç, diğer yay konstrüksiyonları için bu değer 1 den küçüktür. (örneğin, helisel silindirik yaylar için } \eta_A = 0,5 \text{ ve makas yaylar için bu değer } 0,33 \text{ 'tür.}$$



## Yay Titreşimleri ve Rezonans Durumu



$$F = c \cdot x_0 + c \cdot x_m - m \cdot g$$

$$c \cdot x_0 = m \cdot g \quad \text{den}$$

$$x = x_m \cdot \cos \omega_0 \cdot t$$

$$F = c \cdot x_m \quad \text{olur.}$$

$$F = m \cdot a \quad \text{dan}$$

$$m \cdot a - c \cdot x_m = 0 \quad \text{ve} \quad a = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad \text{den}$$

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} - c \cdot x_m = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$f_0 = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \cdot \omega_0$$

Bu ifade serbest titreşim hareketi yapan yay-kütle sisteminin diferansiyel denklemdir. Özel çözümlerden biri;

$$x = x_m \cdot \cos \omega_0 \cdot t$$

Bu eşitlikte  $\omega_0$ : titreşimin özgül açısal frekansı olup

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$f_0 = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \cdot \omega_0 \quad \text{ilişkisinden:}$$

$$\omega = 2\pi f_0 \quad \rightarrow \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \left[ \frac{1}{s} \right]$$



## Yay Sistemlerinin Rijitliği:

### Seri Bağlı Yay Sistemleri:

Seri bağlamada her yaya etkiyen kuvvet eşittir. Kuvvet altında her yay sırasıyla  $s_1, s_2$  ve  $s_3$  kadar uzayarak toplam uzama kadar olacaktır.

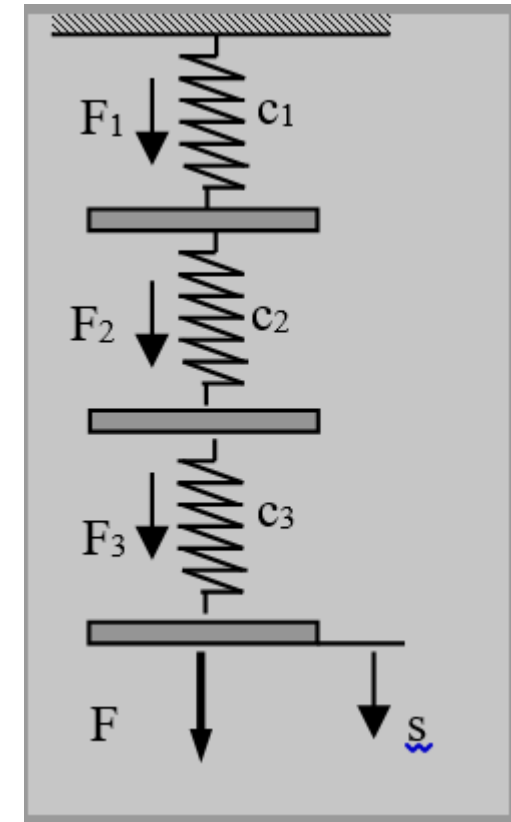
Şekil değiştirme miktarı  $s = s_1 + s_2 + s_3$

Yay kuvveti  $F = F_1 = F_2 = F_3$

$$s_1 = \frac{F}{c_1}, \quad s_2 = \frac{F}{c_2}, \quad s_3 = \frac{F}{c_3} \quad s = \frac{F}{c_{eş}}$$

$$\frac{F}{c_{eş}} = \frac{F}{c_1} + \frac{F}{c_2} + \frac{F}{c_3} \quad \text{buradan}$$

$$\frac{1}{c_{eş}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$



## Paralel Bağlı Yaylar:

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$s = s_1 = s_2 = s_3$$

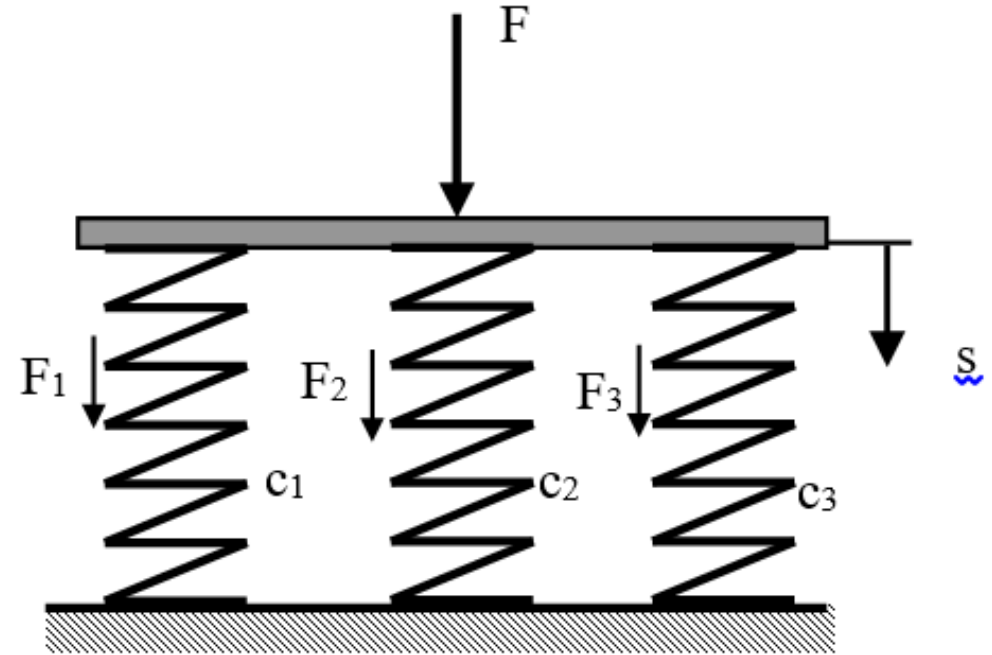
Her yayın taşıdığı kuvvet

$$F_1 = c_1 \cdot s$$

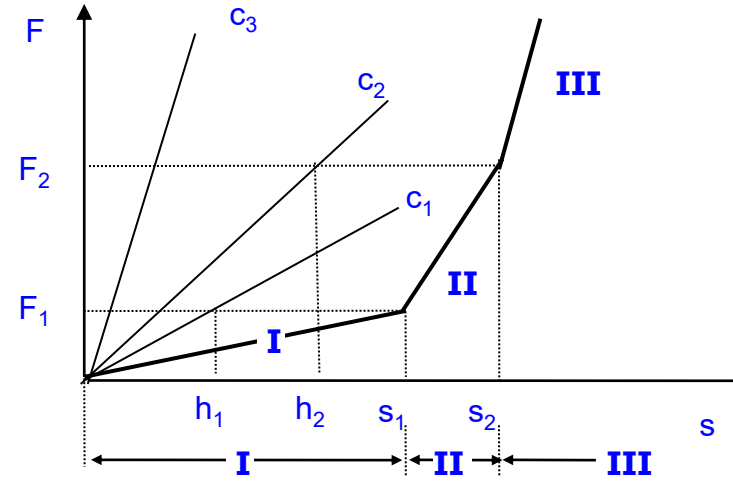
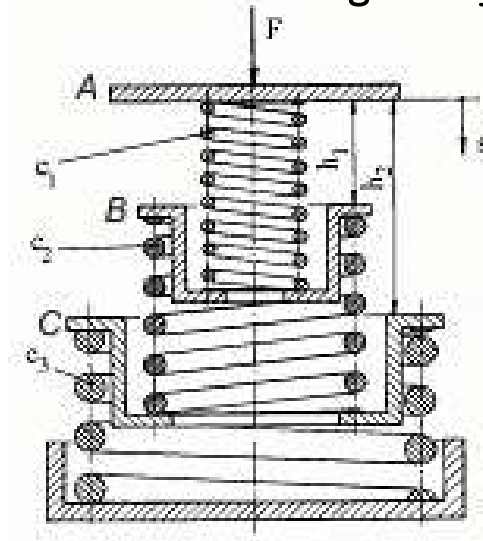
$$F_2 = c_2 \cdot s$$

$$F_3 = c_3 \cdot s$$

$$c_{eş} \cdot s = c_1 \cdot s + c_2 \cdot s + c_3 \cdot s \quad c_{eş} = c_1 + c_2 + c_3$$



### Seri Bağlanmış Ancak Sınırlı Hareket Edebilen Yaylardan Oluşmuş Bir Konstrüksiyon



$$c_1 < c_2 < c_3$$

$$\frac{1}{c_{eş}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$

F kuvveti  $F_1 = c_1 \cdot h_1$  değerine ulaşınca kadar her üç yayda da artan bir sıkışma olur ve toplam sıkışma üç yayın sıkışmalarının toplamı kadardır.  $F = F_1 = c_1 \cdot h_1$  olduğunda 1. yayın A tablası B burcuna temas ettiğinden 1.yay artık daha fazla sıkışamaz. Bu noktaya gelindiğinde üst tablanın çökme miktarı, yani yayların sıkışma miktarı:

$$\Sigma s = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 = h_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3$$

olmuştur. F kuvveti artmaya devam ederse

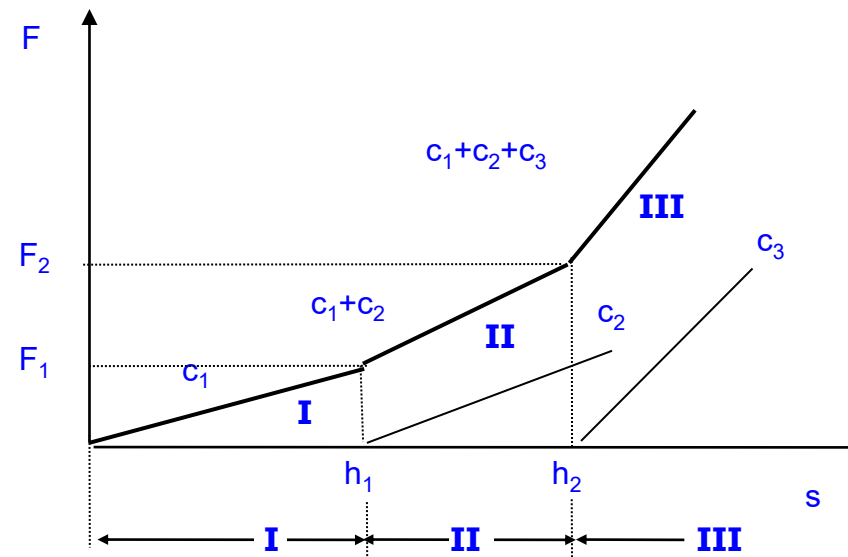
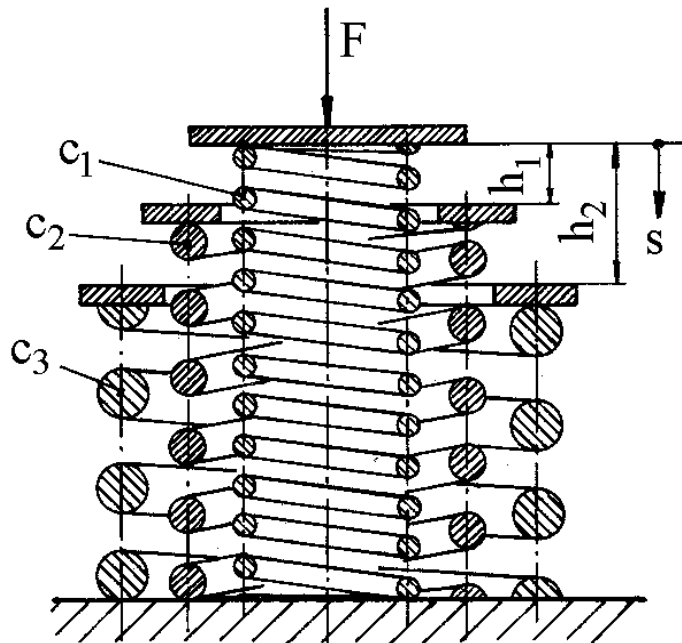
$$F_1 < F < F_2 = c_2 \cdot h_2$$

süresince 2 ve 3 yayları sıkışacaktır (II. Bölge), bu bölgede eşdeğer rijitlik:

$$\frac{1}{c_{eş}} = \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$

$F = F_2 = c_2 \cdot h_2$  olduğunda A tablası C burcuna da dayanacağı için 2 yayının da sıkışması sona erecektir. Bundan sonraki kuvvet artışlarında sıkışan yay sadece 3 nolu yaydır (III. Bölge). Şekil 14.6'da görüldüğü gibi sistemin karakteristiği farklı eğimli üç doğrudan oluşur, yayın rijitliği her bölgede daha da artmıştır.

## Paralel Bağlı, Ancak Yaylanması Sınırlı Üç Yaydan Oluşan Konstrüksiyon



$$F_{\text{top}} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

$$c_{\text{eş}} \cdot \delta = c_1 \cdot \delta + c_2 \cdot \delta + c_3 \cdot \delta + \dots$$

$$c_{\text{eş}} = c_1 + c_2 + c_3 + \dots$$

## YAY MALZEMELERİ

Yüksek mukavemetli, Cr-Si, Cr-V alaşımlı çelikler kullanılır. Soğuk ve sıcak şekillendirilebilirler. İşlem sonrasında artık gerilmeleri gidermek için ısıtılma işlemi tabii tutulurlar. Ayrıca kumlama işlemi yapılarak yüzeylerindeki oksit tabakası ortadan kaldırılır. Yayın dinamik zorlanmalara karşı dayanımı artar.

İyi bir yay çeliği yüksek elastiklik modülüne, yüksek yorulma ve sürünme mukavemetine sahip olması gerekir.

55 Si 7, 60 Si 7, 60 CrSi 7, 51 CrV4 ve 50 CrV4 gibi...

# Silindirik Helisel Yaylar



# Silindirik Helisel Yaylar



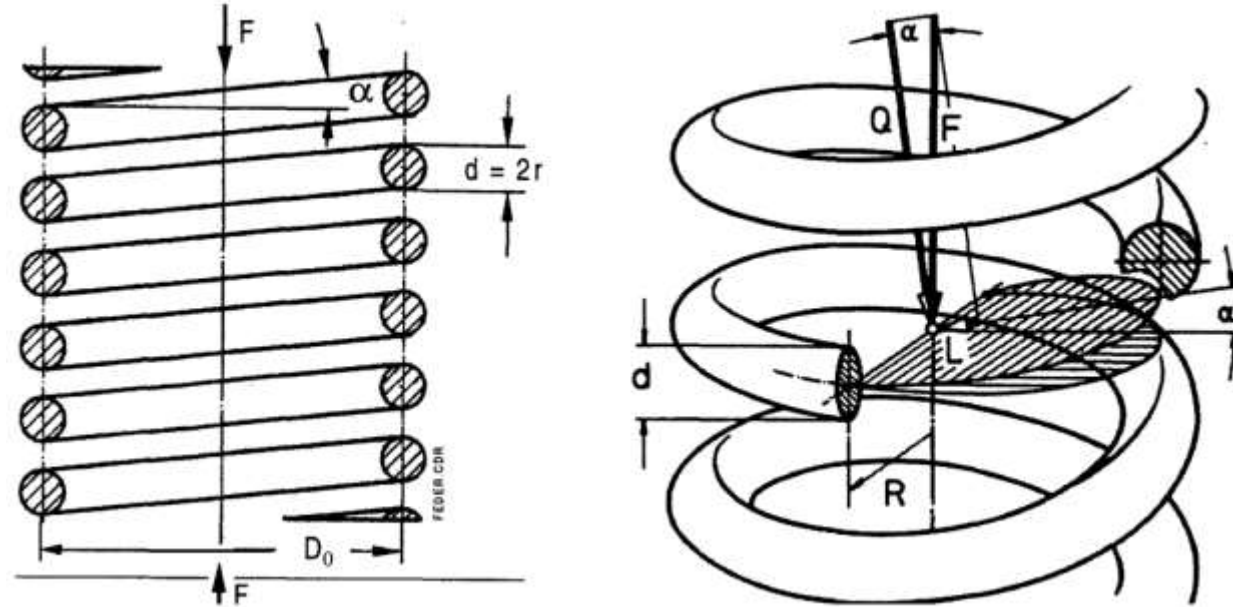




# YAYLARIN HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

# Silindirik Helisel Yaylar

Helisel silindirik yaylar kuvvetin etkisi yönüne göre basmaya veya çekmeye çalışırlar. Helisel yaya eksenini doğrultusunda etkiyen  $F$  kuvveti yay kesitinde burulma gerilmesi, eğilme gerilmesi, kesme gerilmesi ve bası gerilmeleri meydana getirir.

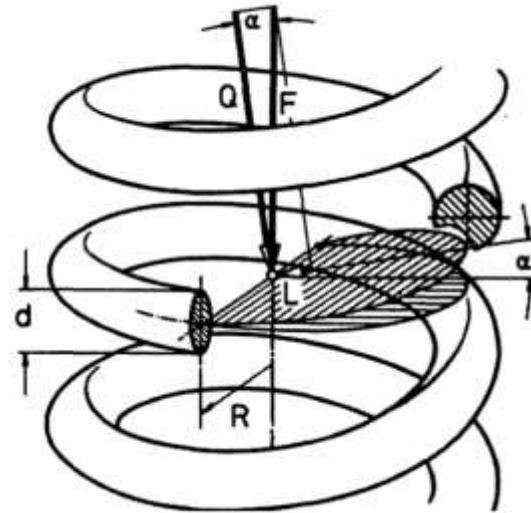
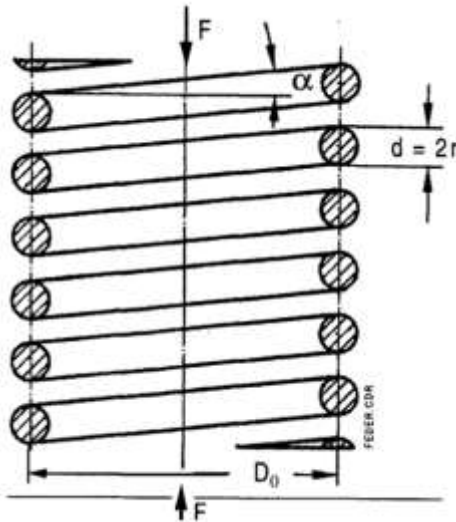


Burulma: 
$$\tau = \frac{M_b}{W_p} = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot \frac{D_0}{2}}{W_p}$$

Kesme: 
$$\tau_K = \frac{F \cdot \cos \alpha}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

Eğilme: 
$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot \frac{D_0}{2}}{W_e}$$

Bası: 
$$\sigma_B = \frac{F \cdot \sin \alpha}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$



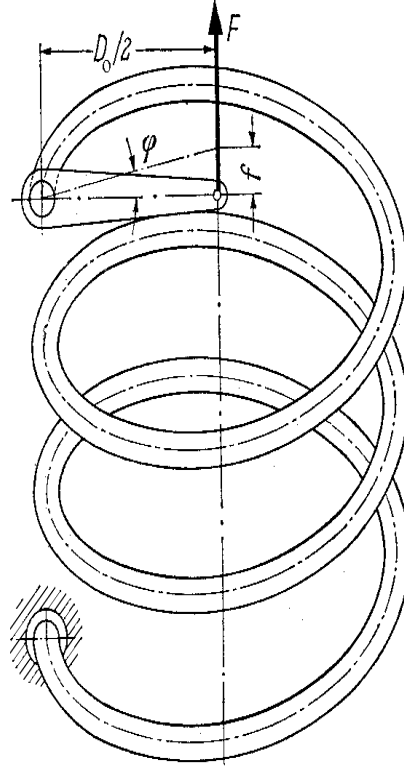
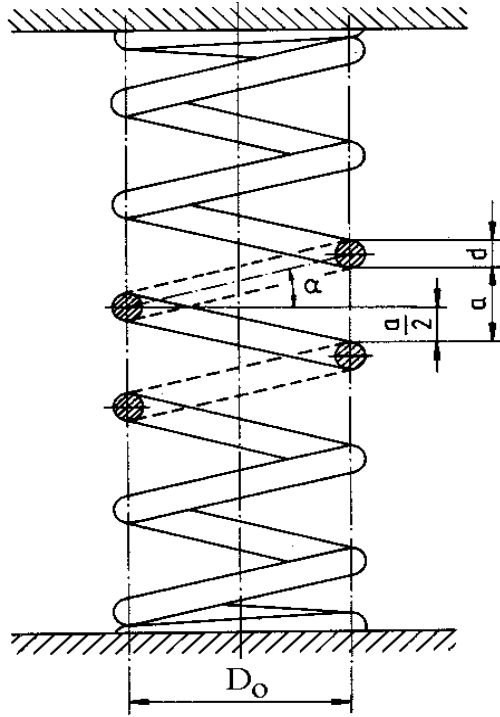
$$\tau = \frac{M_b}{W_p} = \frac{F \cdot \frac{D_0}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D_0}{\pi \cdot d^3}$$

Yaylanma miktarı: 
$$s = \frac{8 \cdot F \cdot D_0^3 \cdot i_y}{G \cdot d^4}$$

Burada;  $D_0$ : Ortalama çap  
 $i_y$ : Yaylanan sarım sayısı ( $i_y = i_T - 2$ )  
 $G$ : Kayma modülü  
 $d$ : Tel çapı

Depolanan enerji: 
$$W = \frac{1}{2} F \cdot s = \frac{1}{2} c \cdot s^2 = \eta_A \frac{\tau^2 \cdot V}{2 \cdot G}$$

Burada  $\eta_A$ : 1/2 (faydalanma derecesi)



Eğilme:  $\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot \frac{D_0}{2}}{W_e}$

Bası:  $\sigma_B = \frac{F \cdot \sin \alpha}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$

Burulma:  $\tau = \frac{M_b}{W_p} = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot \frac{D_0}{2}}{W_p}$

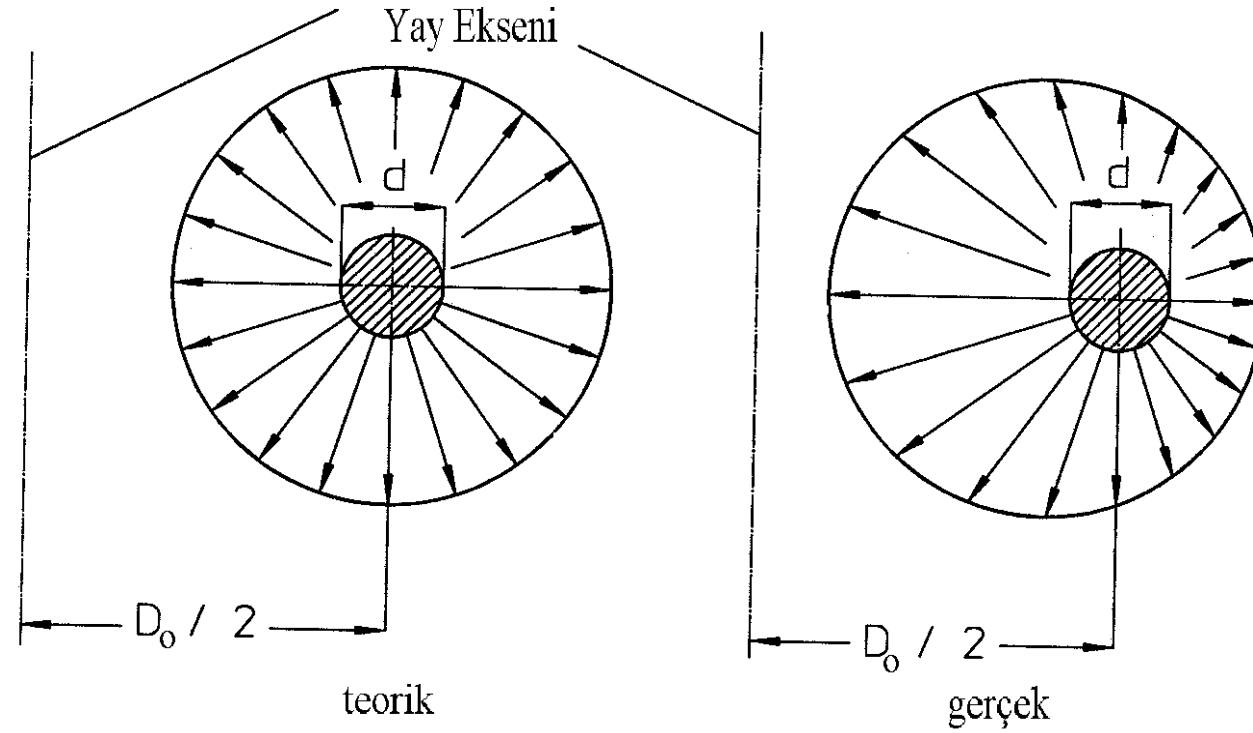
Kesme:  $\tau_K = \frac{F \cdot \cos \alpha}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$

$$\tau = \frac{M_b}{W_p} = \frac{F \cdot \frac{D_0}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D_0}{\pi \cdot d^3}$$

$$s = \frac{8 \cdot F \cdot D_0^3 \cdot i_y}{G \cdot d^4}$$

$$W = \frac{1}{2} F \cdot s = \frac{1}{2} c \cdot s^2 = \eta_A \frac{\tau^2 \cdot V}{2 \cdot G}$$

## Silindirik Helisel Yaylar



İdeal Halde:

$$\tau_i = \frac{M_b}{W_p} = \frac{F \cdot \frac{D_0}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D_0}{\pi \cdot d^3}$$

Gerçekte En Büyük Gerilme:

$$\tau_{\max} = k \cdot \tau_i = \frac{8 \cdot k \cdot F \cdot D_0}{\pi \cdot d^3}$$

Silindirik Helisel Yaylar

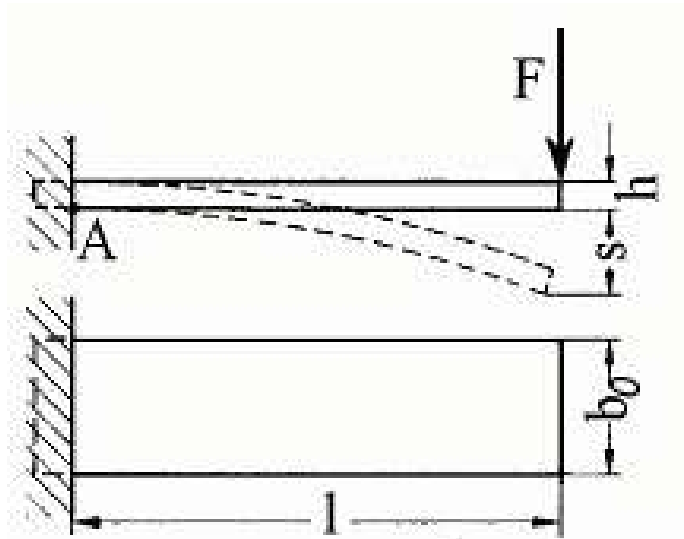
$$w = D_o / d$$

<b>w</b>	5	6	7	8	9	10	11
<b>k</b>	1,293	1,237	1,199	1,172	1,151	1,135	1,122
<b>w</b>	12	13	14	16	18	20	
<b>k</b>	1,111	1,104	1,094	1,082	1,072	1,064	

$$k = 1 + \frac{5}{4} \frac{1}{w} + \frac{7}{8} \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3}$$



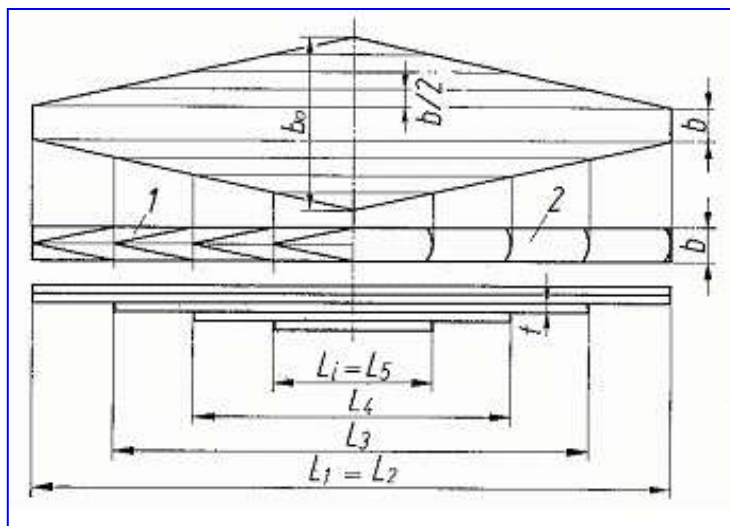
## Yaprak Yaylar



$$\sigma_e = \frac{6 \cdot F \cdot l}{b_0 \cdot h^2}$$

$$F_{max} = W_e \frac{\sigma_{eem}}{l} = \frac{b_0 \cdot h^2}{6} \frac{\sigma_{eem}}{l}$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{6 \cdot F \cdot l}{b_0 \cdot h^2}$$



$$s = \frac{F \cdot l^3}{E \cdot J_e} = \frac{4 \cdot F \cdot l^3}{E \cdot b_0 \cdot h^3}$$

$$W = \frac{1}{2} F \cdot s = \frac{1}{9} \frac{\sigma_e^2}{2 \cdot E} b_0 \cdot h \cdot l = \frac{1}{18} \frac{\sigma_e^2}{E} V$$

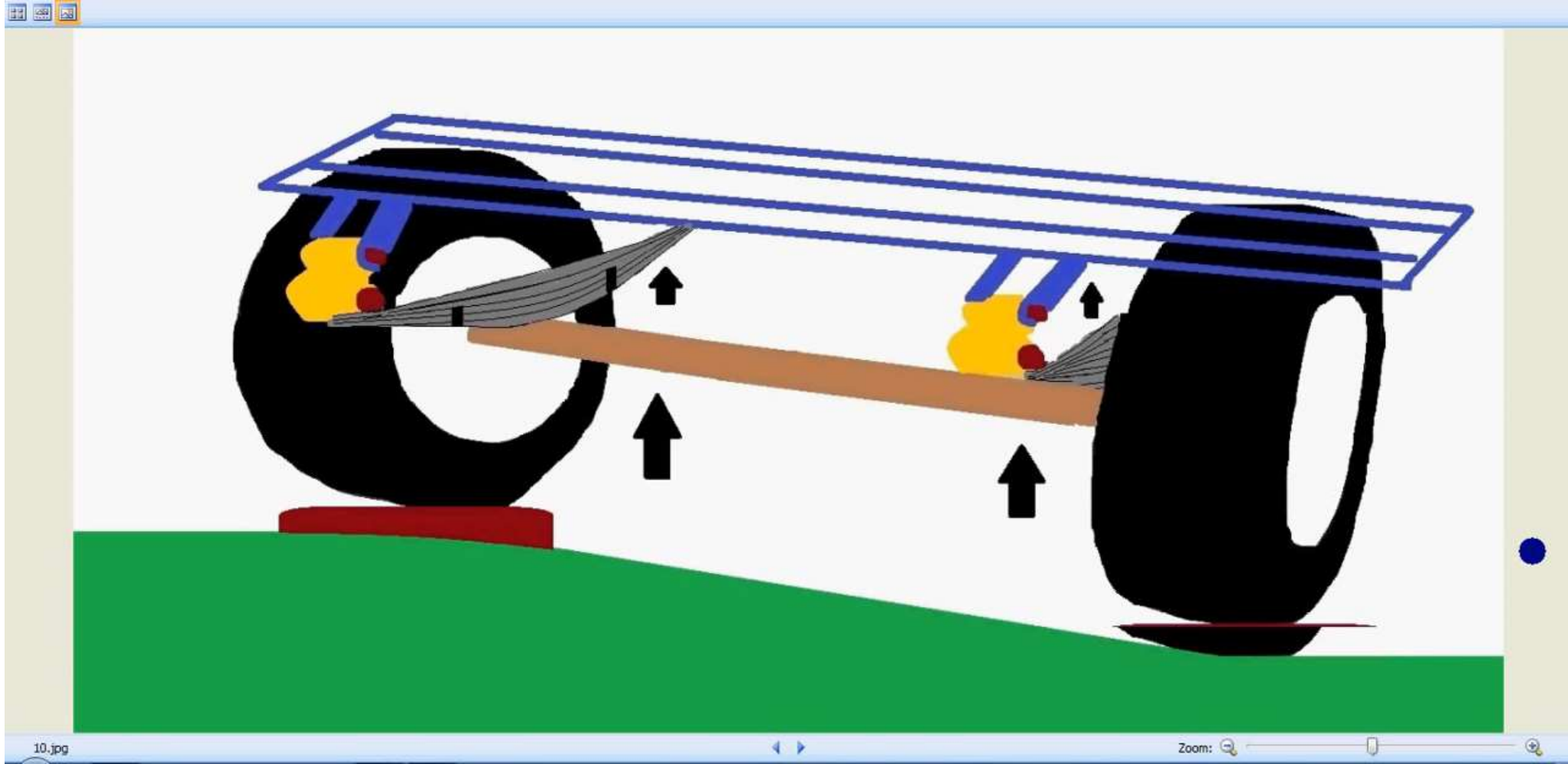
$$c = \frac{F}{s} = \frac{E \cdot b_0 \cdot h^3}{4 \cdot l^3}$$

# Yaprak Yaylar

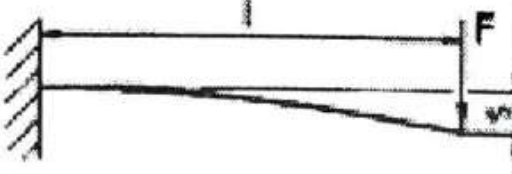
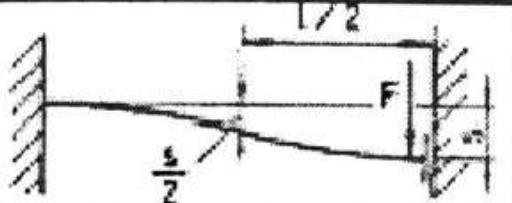
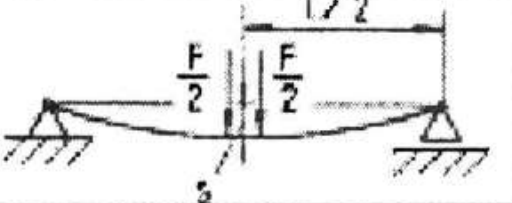
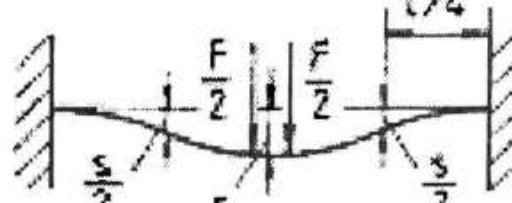
## Yaprak Yaylar



## Yaprak Yaylar



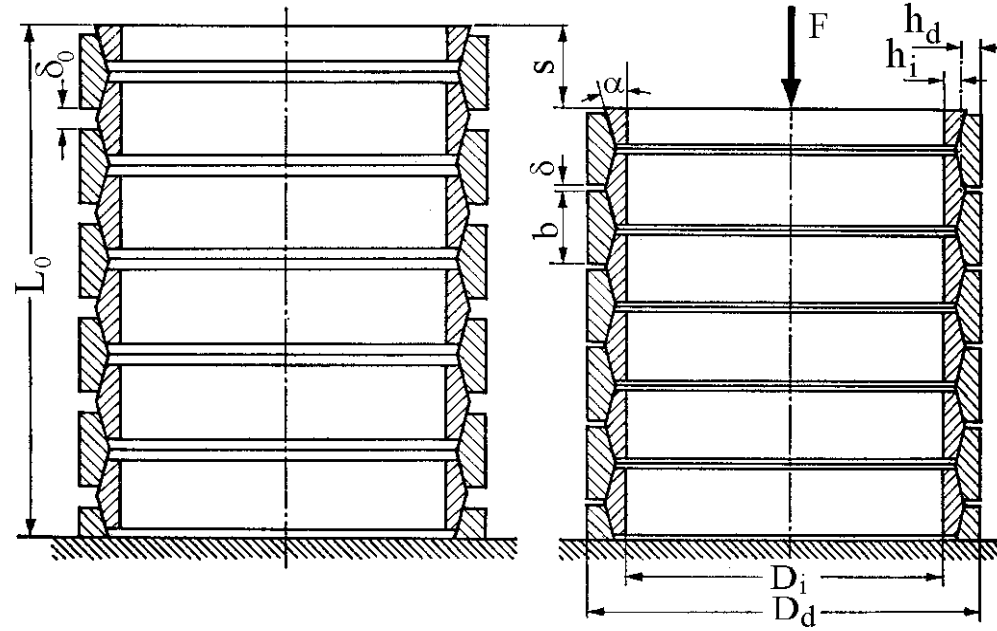
## Yaprak Yaylar

Yükleme Şekli	$\sigma_e$	S	W	c
	$\frac{Fl}{W_e}$	$\frac{\sigma_e l^2}{3E.e}$	$\frac{1}{6} \frac{\sigma_e^2 W_e l}{E.e}$	$3 \frac{E.J_e}{l^3}$
	$\frac{1}{2} \frac{F.l}{W_e}$	$\frac{1}{6} \frac{\sigma_e l^2}{3E.e}$	$\frac{1}{6} \frac{\sigma_e^2 W_e l}{E.e}$	$12 \frac{E.J_e}{l^3}$
	$\frac{1}{4} \frac{F.l}{W_e}$	$\frac{1}{12} \frac{\sigma_e l^2}{3E.e}$	$\frac{1}{6} \frac{\sigma_e^2 W_e l}{E.e}$	$48 \frac{E.J_e}{l^3}$
	$\frac{1}{8} \frac{F.l}{W_e}$	$\frac{1}{24} \frac{\sigma_e l^2}{3.E.e}$	$\frac{1}{6} \frac{\sigma_e^2.W_e.l}{E.e}$	$192 \frac{E.J_e}{l^3}$

Rijitlik: 
$$c = \frac{1}{4 \cdot q_1 \cdot q_2} \frac{E \cdot b_0 \cdot h^3}{l^3}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

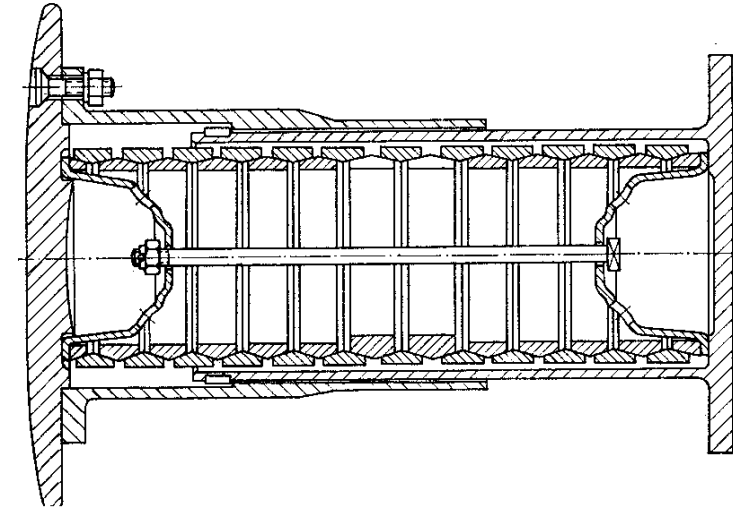
## Bilezik Yaylar



Yay kuvveti:  $F = h_d \cdot \pi \cdot b \cdot \tan(\alpha + \rho) \cdot \sigma$

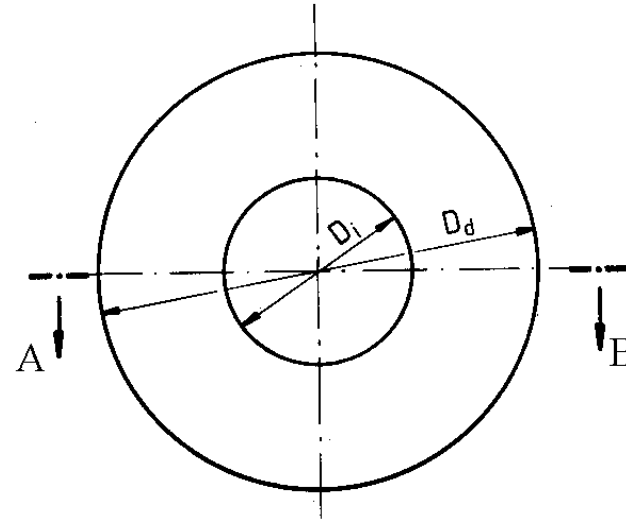
$$\text{Yaylanma: } s = \frac{F \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot b \cdot \tan \alpha \cdot \tan(\alpha + \rho)} \left( \frac{D_d}{h_d} + \frac{D_i}{h_i} \right)$$

$$\text{Yay işi: } W = \frac{1}{2} F_{\max} \cdot s_{\max} = \frac{\tan(\alpha + \rho) \cdot h_d \cdot \sigma_{\text{çem}}^2}{\tan \alpha \cdot h_i \cdot 2 \cdot E} \cdot V$$

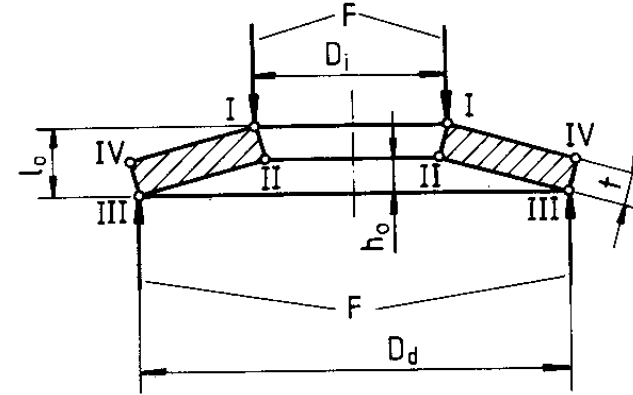




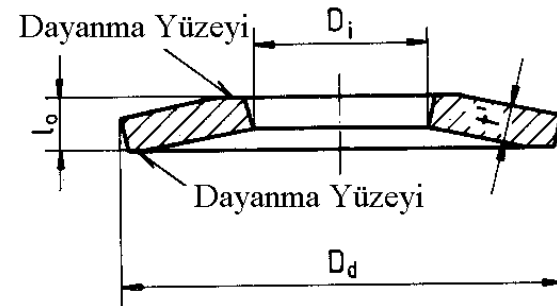
## Tabak Yaylar



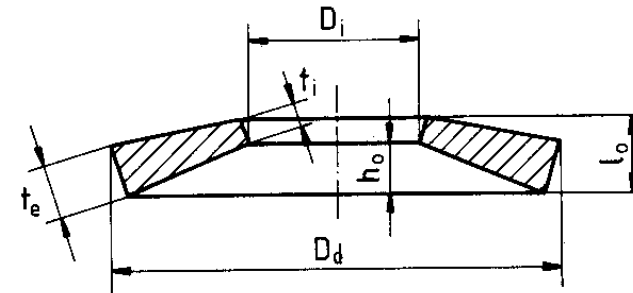
a) Kesit A-B



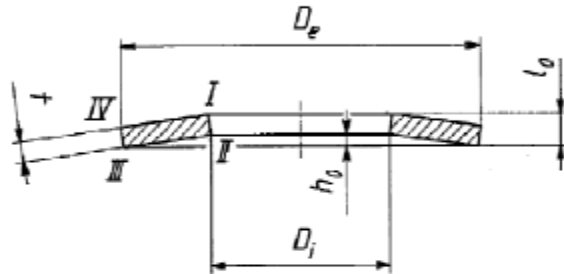
b) Kesit A-B



c) Kesit A-B



## Tabak Yaylar



$$F = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^4}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{s}{t} \cdot \left[ \left( \frac{h_0}{t} - \frac{s}{t} \right) \cdot \left( \frac{h_0}{t} - \frac{s}{2 \cdot t} \right) + 1 \right]$$

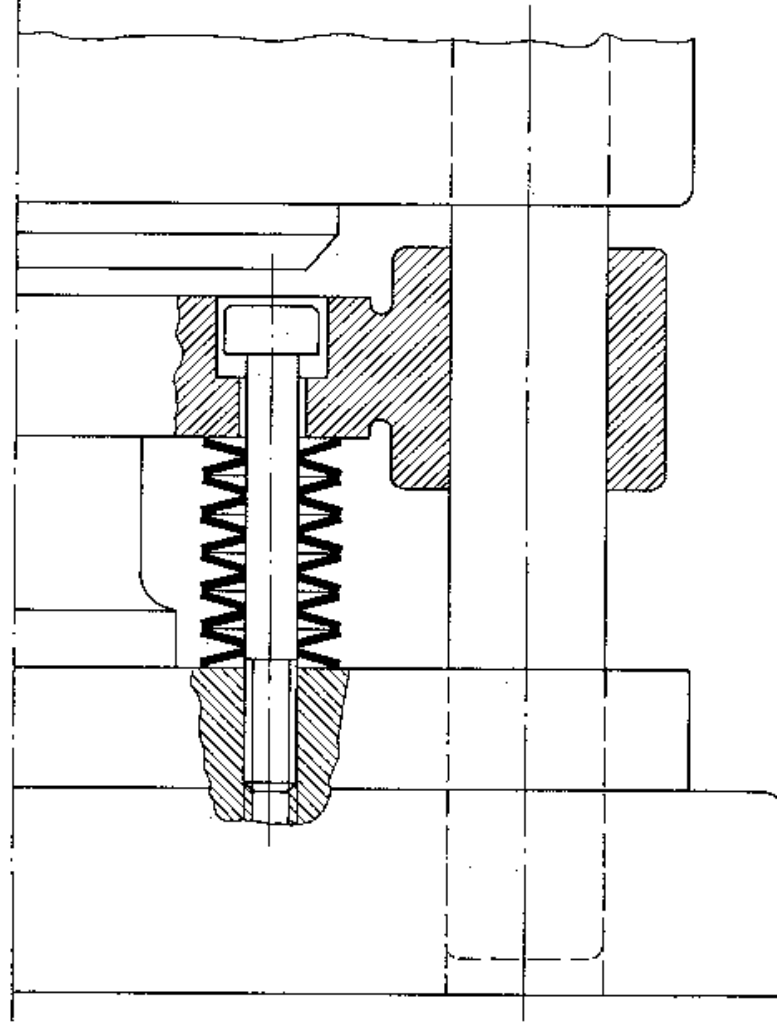
$$K_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\left( \frac{Q-1}{Q} \right)}{\frac{Q+1}{Q-1} - \frac{2}{\ln Q}}; Q = \frac{D_e}{D_i}$$

$$F_d = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^3 \cdot h_0}{K_1 \cdot D_e^2}$$

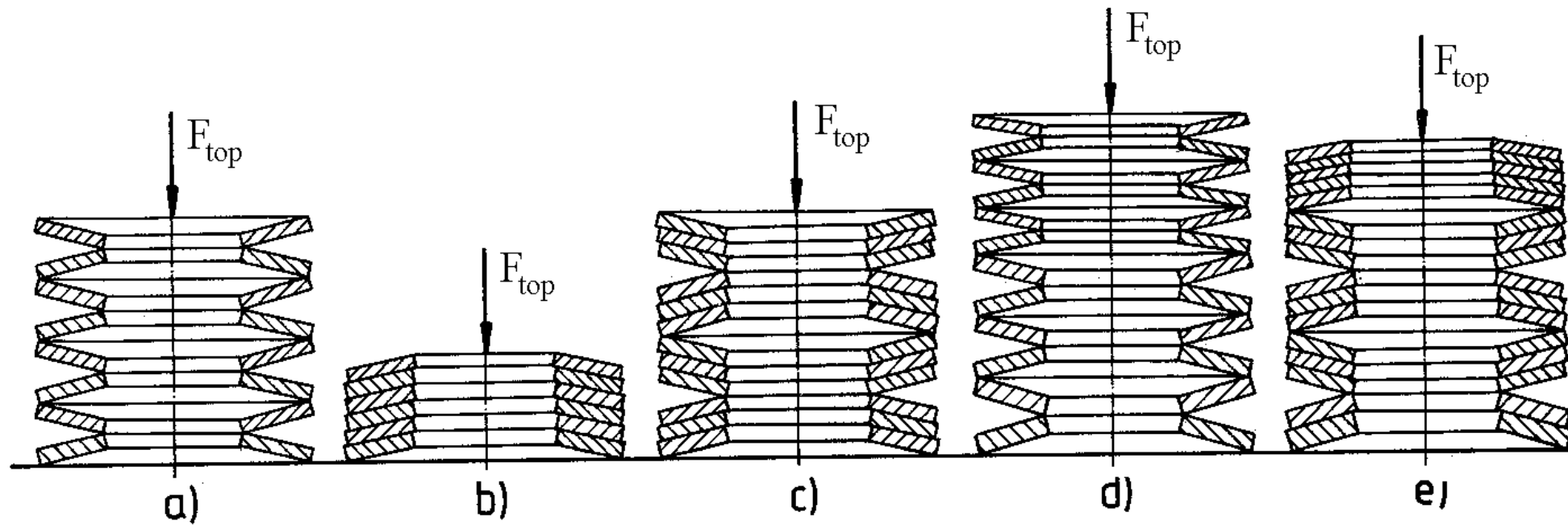
Tabak yayı düz hale getirmek için gerekli kuvvet

$$C = \frac{dF}{ds} = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^3}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \left[ \left( \frac{h_0}{t} \right)^2 - 3 \cdot \frac{h_0}{t} \cdot \frac{s}{t} + \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{s}{t} \right)^2 + 1 \right]$$

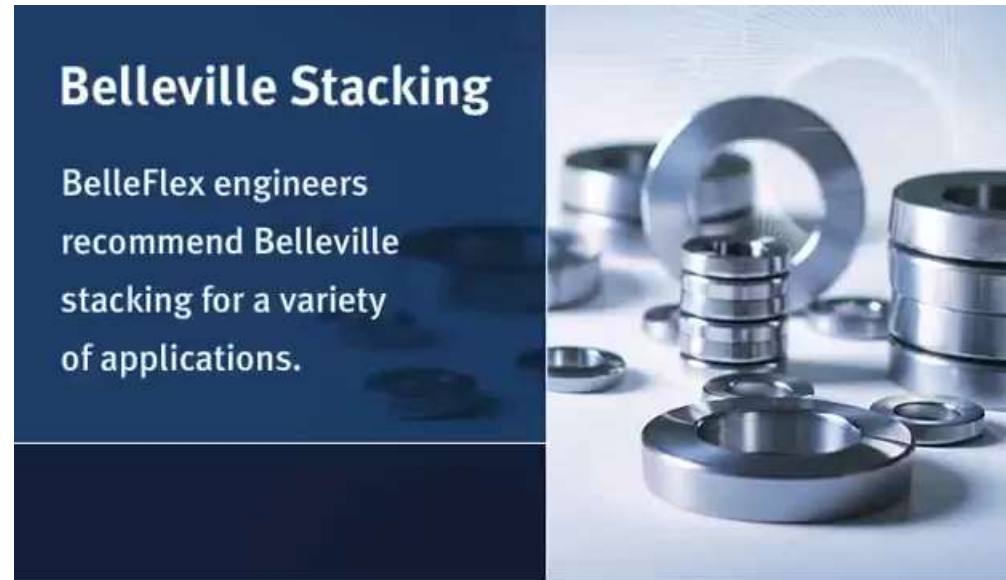
## Tabak Yay Kullanım Örneği



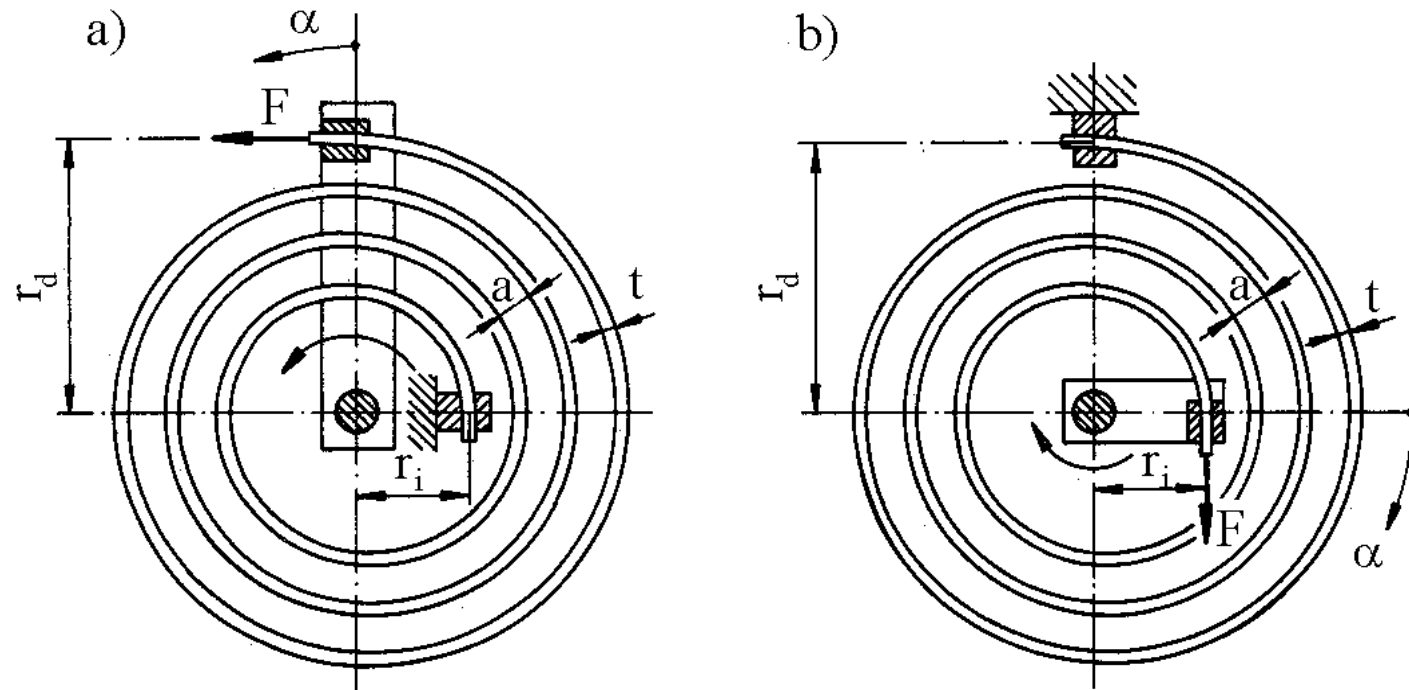
## Tabak Yay Bağlama Örnekleri



## Tabak Yay Bağlama Örnekleri



## Spiral Yaylar



$$M_{d_{max}} = \frac{b \cdot t^2}{6} \cdot \sigma_{em}$$

$$l \approx 2 \cdot \pi \cdot i \cdot \left[ r_a - \frac{i}{2} (t + a) \right]$$

$$C_b = \frac{E \cdot b \cdot t^3}{12 \cdot l}$$

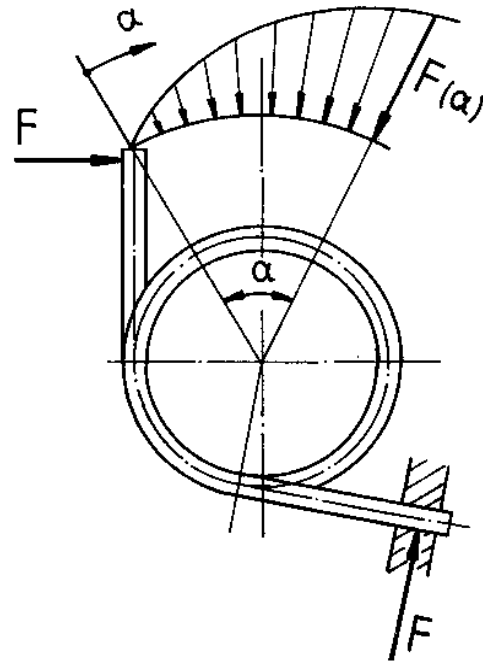
$$\alpha = \frac{M_d \cdot l}{E \cdot l_x} = \frac{12 \cdot M_d \cdot l}{E \cdot b \cdot t^3}$$

$$\alpha_{em} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{em}}{E \cdot t}$$





## Kangal Yaylar

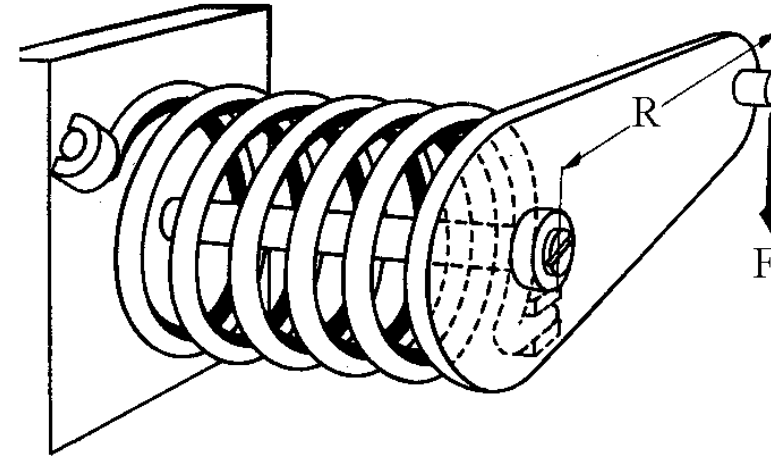


$$M_{d_{max}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \sigma_{em}$$

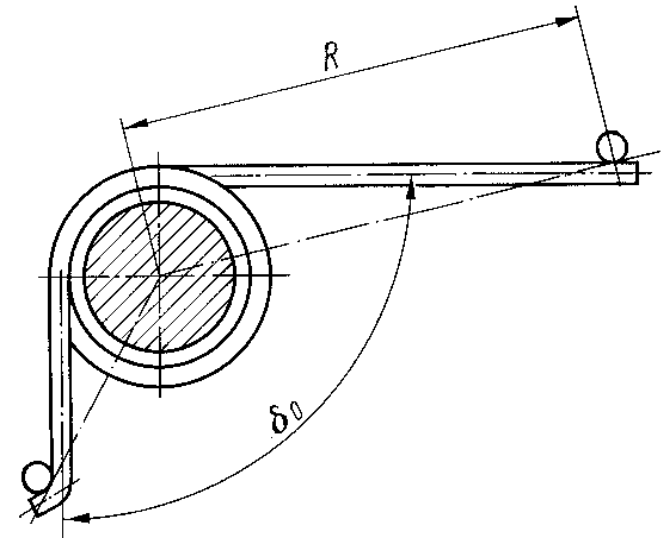
$$l \approx \pi \cdot D_m \cdot i$$

$$\alpha = \frac{M_d \cdot l}{E \cdot I_x} = \frac{64 \cdot M_d \cdot l}{\pi \cdot d^4 \cdot E}$$

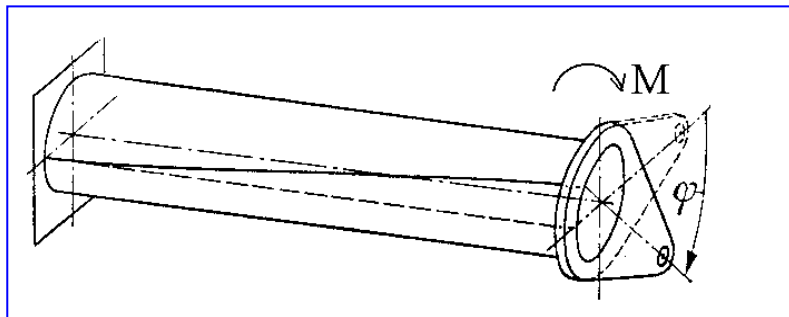
$$\alpha_{em} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{em}}{E \cdot d}$$



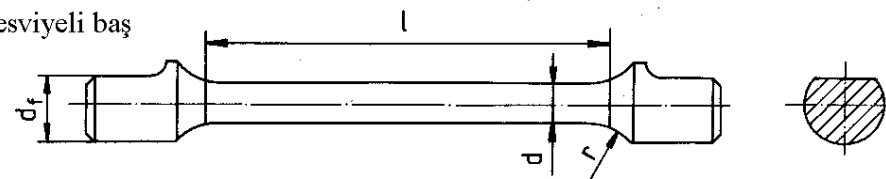
$$C_b = \frac{\pi \cdot d^4 \cdot E}{64 \cdot l}$$



# Çubuk Yaylar



a) Tesviyeli baş



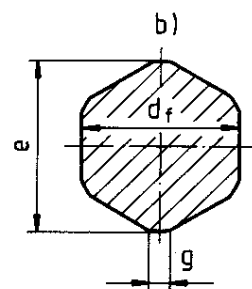
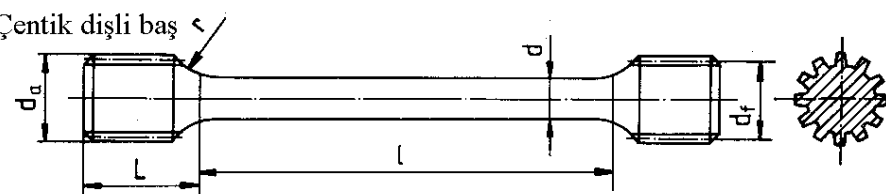
b) Altıgen baş



c) Dörtgen baş

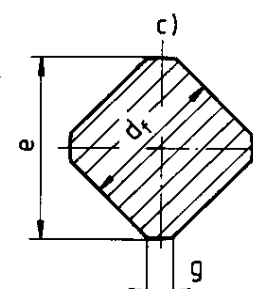


d) Çentik dişli baş



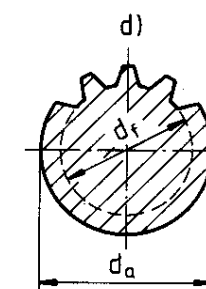
$$d_f/d > 1,25$$

$$e \geq (1,44 \cdot d - \frac{g}{2 \cdot \sqrt{3}})$$



$$d_f/d > 1,30$$

$$e \geq (1,84 \cdot d - g)$$

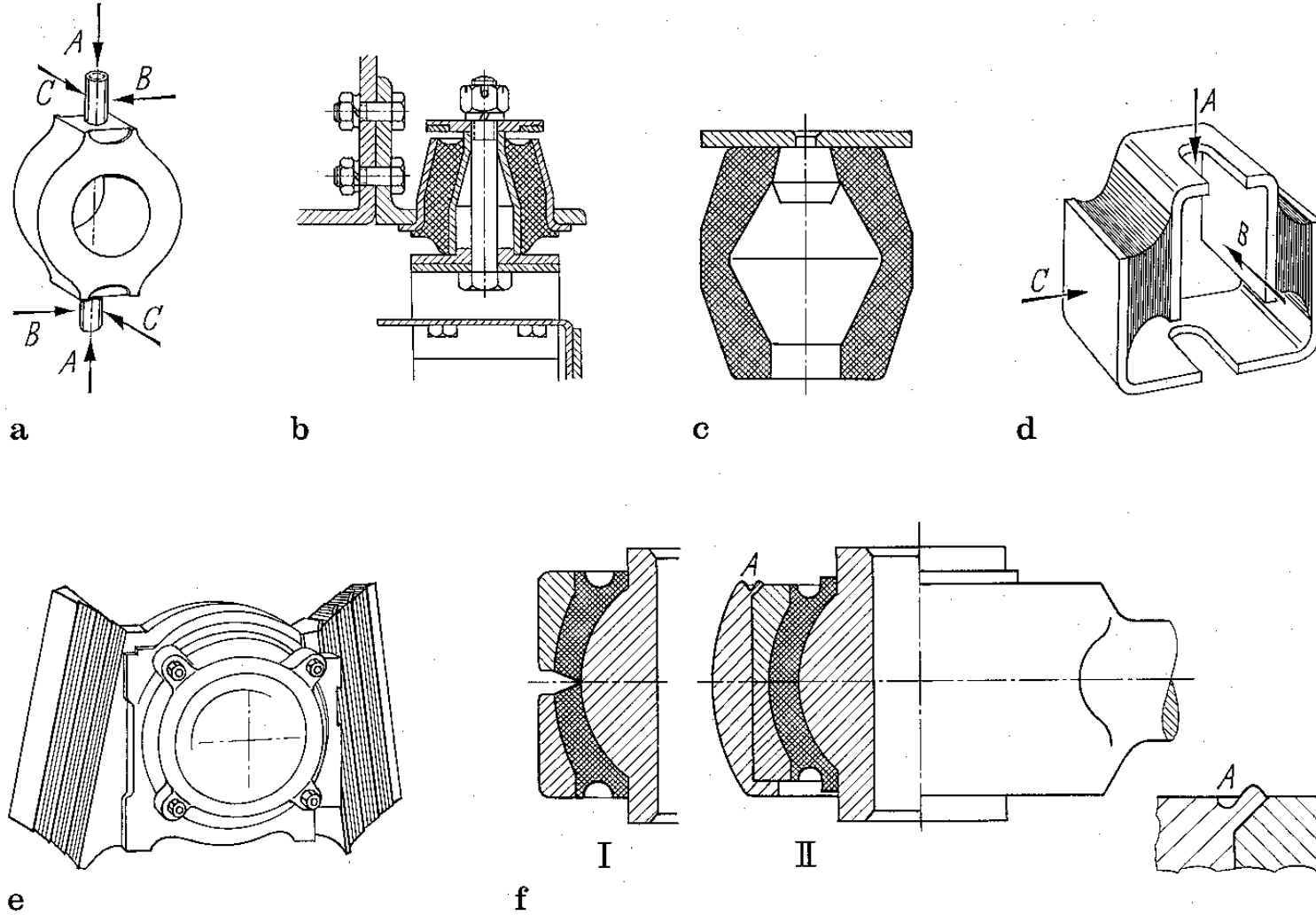


$$d_f/d > 1,30$$

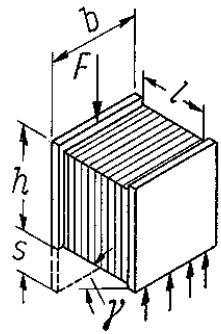
$$e = d_a$$

Önerilen Değerler :  $e/d = d_a/d \approx 1,5$  ;  $r/d \approx 2$  ;  $L/e = L/d_a \approx 1$

## Kauçuk Yaylar

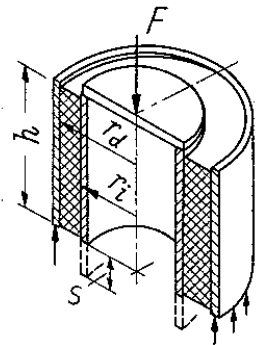


# Kauçuk Yaylar



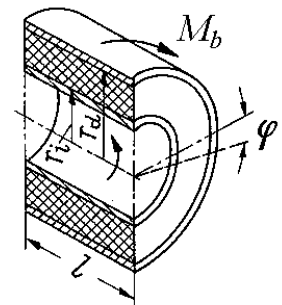
Kaymaya Zorlanan Prizmatik Yay

- $F = A \gamma G = b h \tau_{em}$
- $s = \frac{F l}{G A}; \quad \gamma = \frac{s}{l} < 20^\circ$
- $c = \frac{G A}{l}$



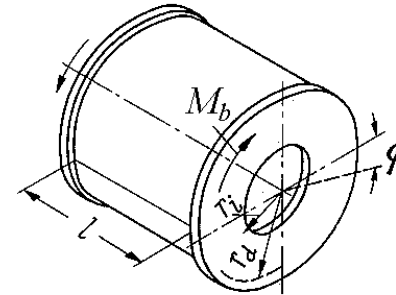
Kaymaya Zorlanan Kovanlı Yay

- $F = 2 \pi r_i h \tau_{em}$
- $s = \frac{F}{2 \pi h G} \ln \frac{r_d}{r_i}$
- $c = \frac{2 \pi h G}{\ln \frac{r_d}{r_i}}$



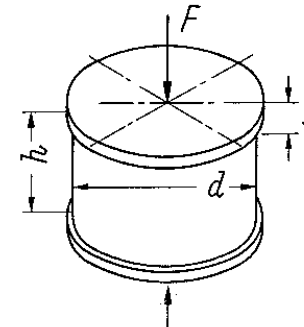
Burulmaya Zorlanan Kovanlı Yay

- $M_b = 2 \pi r_i^2 l \tau_{em}$
- $\phi = \frac{M_b}{4 \pi l G} \left( \frac{1}{r_i^2} - \frac{1}{r_d^2} \right); \quad \phi < 40^\circ$
- $C = \frac{4 \pi l G}{\frac{1}{r_i^2} - \frac{1}{r_d^2}}$



Burulmaya Zorlanan Yay

- $M_b = \frac{\pi (r_d^4 - r_i^4)}{2 r_d} \tau_{em}$
- $\phi = \frac{M_b \cdot 2 l}{\pi (r_d^4 - r_i^4) G}; \quad \phi < 20^\circ$
- $C = \frac{\pi (r_d^4 - r_i^4) G}{2 l}$

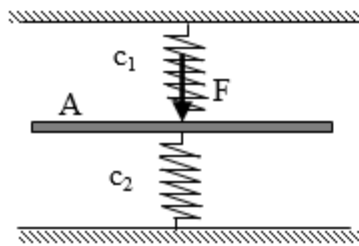


Basıya Zorlanan Silindirik Yay  
(Kauçuk Takoz)

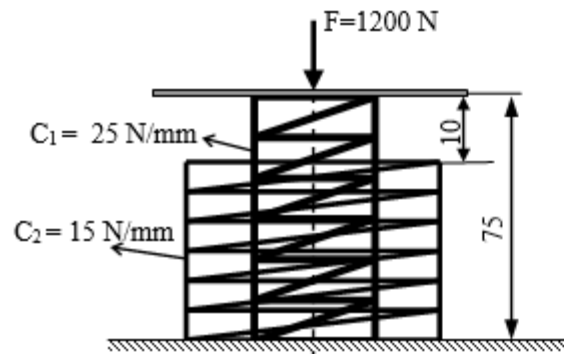
- $F = A \tau_{em}; \quad A = \frac{\pi d^2}{4}$
- $s = \frac{F h}{E A}; \quad s < 0,2 h$
- $c = \frac{E A}{h} \quad E = f(k) \text{ Bk Şekil ..}$
- $k = \frac{d}{4 h}$

## Örnek Problem

- 1) Rijitlikleri  $c_1 = 30 \text{ N/mm}$  ve  $c_2 = 20 \text{ N/mm}$  olan iki yay şekildeki gibi bağlanmış ve yay sistemine A plakası vasıtasıyla  $F = 800 \text{ N}$  kuvvet uygulanmaktadır. Yay sisteminde meydana gelen şekil değiştirme ve depolanan enerji miktarını hesaplayınız.

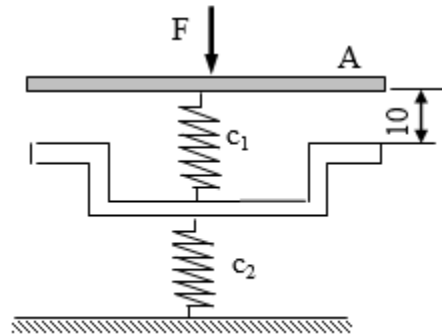


- 2) İç içe geçmiş iki yaydan oluşan bir yay sistemine şekilde görüldüğü gibi A plakası vasıtasıyla  $1200 \text{ N}$  kuvvet uygulanmaktadır. Yay sistemi bu kuvvet etkisinde ne kadar şekil değiştirir ve bu şekil değiştirme sırasında sistemde depolanan enerjinin değerini hesaplayınız



## Örnek Problem

- 3) Rijitlikleri  $C_1 = 20 \text{ N/mm}$  ve  $C_2 = 30 \text{ N/mm}$  olan 2 yaydan oluşan şekildeki sisteme, A plakası vasıtasıyla  $F = 1200 \text{ N}$  büyüklüğünde bir kuvvet etkimektedir. Sistemde meydana gelen şekil değiştirme miktarını ve depolanan enerjiyi hesaplayınız.



## KAYNAKLAR

Fatih BABALIK, Kadir Çavdar; Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Dora Yayıncılık  
F.Babalık, K.Çavdar, N.Gerger, N. Kıraç, Makine Elemanları Çözümlü Problem Kitabı, Dora Yayıncılık  
Tezcan ŞEKERCİOĞLU, Makine Elemanları , Birsen Yayınevi  
Vedat Temiz, Makine Elemanları Ders Notları, İTÜ Makine Fakültesi