

Örnek direk moment hesabı:

R=850 m yarıçaplı kurplu yolda, 1seyir teli, 1 portör, 1 geri dönüş iletkeni ve 1 fider taşıyan, **çekiye çalışan**, temel içinde 1,60 m batması olan, temel üstü ray üstünden 65 cm düşükte bir temele dikilmiş anahat direğinin ankastraman noktasına gelen momenti hesaplayalım. (**En olumsuz durumu hesaplamak için, rüzgârın etkisinin ve radyal gerilmenin aynı yönde olduğunu, fiderin de direğin hat (demiryolu) tarafına asıldığını varsayacağız.**)

Verilenlerden direk boyunu kolaylıkla bulabiliriz:

$$DB=h_{batma}+e+sty+sy+h_{hobanüstü}=1,60 + 0,65 + 5,75 + 1,40 + 2,60 = \mathbf{12m} \text{ (direk boyu)}$$

Aksine bir şey söylenmedikçe bazı değerler standart değerlerdir:

$h_{batma} = \mathbf{1,60 m}$ (temel içindeki batma)

$h_{hobanüstü} = \mathbf{2,60 m}$ (hoban seviyesinden direğin uç kısmına olan mesafe)

$h_{hoban-fider} = \mathbf{2,15 m}$ (hoban seviyesi fider teli arası mesafe)

$sty = \mathbf{5,75 m}$ (seyir teli yüksekliği)

$sy = \mathbf{1,40 m}$ (sistem yüksekliği) $I = \mathbf{3,25 m}$ (emplantasyon)

$f_1=f_2=f = \mathbf{24 cm}$, çekiye çalışan direk

$e = 65 \text{ cm} = \mathbf{0,65 m}$ (temel üstü ray arası mesafe) kurp yarıçapı $R = \mathbf{850 m}$,

fider traversi boyu (l_f): $\mathbf{1,40 m}$

$a_1=a_2=a = \mathbf{45 m}$ (aksi belirtilmediği için iki taraftaki açıklıklar eşit)

$D = 32 \text{ cm} = \mathbf{0,32 m}$ (B3 ve B4 Beton direk çapı olarak ortalama değer)

$h = DB - h_{batma} = 12 - 1,60 = \mathbf{10,40 m}$ (direğin temel üstünde kalan kısmı)

$D_z = 28 \text{ cm} = \mathbf{0,28 m}$ (Fider izolatörü çapı olarak ortalama değer)

$h_z = 70 \text{ cm} = \mathbf{0,70 m}$ (Fider izolatörü boyu olarak ortalama değer)

Buna göre tellerin ankastraman noktasından yükseklikleri:

$h_s = sty + e = 5,75 + 0,65 = \mathbf{6,40 m}$ (seyir teli yüksekliği)

$h_p = h_s + sy = 6,40 + 1,40 = \mathbf{7,80 m}$ (portör teli yüksekliği)

$h_t = e + sty + sy - 0,25 = 0,65 + 5,75 + 1,40 - 0,25 = \mathbf{7,55 m}$ (toprak teli-GDİ yüksekliği)

$h_f = h_p + h_{hoban-fider} = 7,80 + 2,15 = \mathbf{9,95 m}$ (fider teli yüksekliği)

$h_{pn} = sty + (sy/2) = 6,40 + (1,40/2) = \mathbf{7,10 m}$ (pandül teli ortalama yüksekliği)

Bildiğimiz gibi toplam moment:

$$M_t = [(M_r + M_p) \times \mathbf{1,5}] + (M_w \times \mathbf{1,3}) \text{ formülü ile bulunur.}$$

Önce radyal momenti bulalım:

$$\begin{aligned} M_r &= M_{rf} + M_{rt} + M_{rp} + M_{rs} \\ &= (h_f \times t_{rf}) + (h_t \times t_{rt}) + (h_p \times t_{rp}) + (h_s \times t_{rs}) \end{aligned}$$

Montaj gerilmeleri:

$T_f : 1500 \text{ kg}$

$T_t : 1100 \text{ kg}$

$T_p : 1200 \text{ kg}$

$T_s : 1200 \text{ kg dir}$

$$t = \frac{a \times T}{R}$$

Formülünü kullanarak:

$$t_{rf} = \frac{45 \times 1500}{850} = 79,41 \text{ kg} \quad \text{Fider iletkenindeki radyal gerilme}$$

$$t_{rt} = \frac{45 \times 1100}{850} = 58,24 \text{ kg} \quad \text{Geri Dönüş iletkenindeki radyal gerilme}$$

$$t_{rp} = \frac{45 \times 1200}{850} = 63,53 \text{ kg} \quad \text{Portördeki radyal gerilme}$$

$$t_{rs} = \frac{45 \times 1200}{850} = 63,53 \text{ kg} \quad \text{Seyir Telindeki radyal gerilme}$$

Teller üzerindeki radyal gerilmelerden dolayı oluşan momenti hesaplayalım:

$$\begin{aligned} M_r &= M_{rf} + M_{rt} + M_{rp} + M_{rs} = (h_f \times t_{rf}) + (h_t \times t_{rt}) + (h_p \times t_{rp}) + (h_s \times t_{rs}) \\ M_r &= (79,41 \times 9,95) + (58,24 \times 7,55) + (63,53 \times 7,80) + (63,53 \times 6,40) \\ M_r &= \mathbf{2131,97 \text{ kgm}} \text{ bulunur.} \end{aligned}$$

Şimdi de rüzgâr yüklerinden oluşan momenti bulalım:

$$M_w = M_{wf} + M_{wt} + M_{wp} + M_{ws} + M_{wpn} + M_{WD} + M_{wfk} \\ = (t_{fw} \times h_f) + (t_{tw} \times h_t) + (t_{pw} \times h_p) + (t_{sw} \times h_s) + (t_{pnw} \times h_{pn}) + (W_D \times h/2) + [W_{fk} \times (h_f + h_z/2)]$$

İletkenler üzerindeki, metre başına rüzgâr yükleri:

$$W_f = 0,9592 \text{ kg/m}$$

$$W_t = 0,7700 \text{ kg/m}$$

$$W_p = 0,5544 \text{ kg/m}$$

$$W_s = 0,6460 \text{ kg/m}$$

$$W_{pn} = 0,3170 \text{ kg/m dir.}$$

Buna göre her bir telin direk üzerinde etkin olan rüzgâr yükleri:

$$t = W \times \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \quad \begin{array}{ll} t_{fw} = 0.9592 \times 45 = 43,164 \text{ kg} & \text{(fider iletkeni)} \\ t_{tw} = 0.7700 \times 45 = 34,650 \text{ kg} & \text{(geri dönüş iletkeni)} \\ a_1 = a_2 \text{ olduğu için} & t_{pw} = 0.5544 \times 45 = 24,948 \text{ kg} \quad \text{(portör)} \\ t = W \times a & t_{sw} = 0.6460 \times 45 = 29,070 \text{ kg} \quad \text{(seyir teli)} \\ \text{formülü kullanılarak:} & t_{pnw} = 0.3170 \times 0,25 \times 45 = 3,566 \text{ kg} \quad \text{(pandül)} \end{array}$$

$$W_D = 23,1 \times D \times h = 23,1 \times 0,32 \times 10,40 = 77,597 \text{ kg} \quad \text{(Direğe gelen rüzgâr yükü)}$$

$$W_{fk} = 23,1 \times D_z \times h_z = 23,1 \times 0,28 \times 0,70 = 4,538 \text{ kg} \quad \text{(Fider izolatörüne gelen rüzgâr yükü)}$$

Direk ve fider izolatörü üzerindeki rüzgâr yükü sebebiyle oluşacak momenti hesaplamak için kuvvet kolu olarak direk ve izolatörün orta noktasının ankastraman noktasından olan düşey uzaklığını alacağız.

Teller, direk ve izolatör üzerinde oluşan rüzgâr momentini hesaplayalım:

$$M_w = (t_{fw} \times h_f) + (t_{tw} \times h_t) + (t_{pw} \times h_p) + (t_{sw} \times h_s) + (t_{pnw} \times h_{pn}) + (W_D \times h/2) + [W_{fk} \times (h_f + h_z/2)] \\ = (43,164 \times 9,95) + (34,65 \times 7,55) + (24,948 \times 7,80) + (29,07 \times 6,40) + (3,566 \times 7,10) + (77,597 \times 10,40/2) \\ + [4,538 \times (9,95 + 0,70/2)] \\ = 429,482 + 261,608 + 194,594 + 186,048 + 25,319 + 403,504 + 46,741 \\ M_w = 1547,30 \text{ kgm}$$

Şimdi de düşey yüklerden oluşan momenti bulalım:

$$M_P = [G_k \times (I - f)] + [G_d \times (I / 2)] + [G_f \times l_f] + [G_t \times D] + [G_b \times I]$$

Önemli Not1: Çekiye çalışan direk için ilk köşeli parantezdeki değer (I-f) olarak alınır. Basıya çalışan direk için ise (I + f) olarak kullanılır! Bu durumda formül aşağıdaki gibi olur:

$$M_P = [G_k \times (I + f)] + [G_d \times (I / 2)] + [G_f \times l_f] + [G_t \times D] + [G_b \times I]$$

Önemli Not2: Eğer fider direğin hat tarafına değil de diğer tarafa asılmış durumdaysa üçüncü köşeli parantezin önündeki işaret – olarak alınır! Bu durumda formül aşağıdaki gibi olur:

$$M_P = [G_k \times (I - f)] + [G_d \times (I / 2)] - [G_f \times l_f] + [G_t \times D] + [G_b \times I]$$

Direk üzerinde yer alan tellerin metre başına ağırlıkları:

$q_f = 0,9750 \text{ kg/m}$	(LA280 Fider iletkeni)
$q_p = 0,5770 \text{ kg/m}$	(65 mm ² taşıyıcı)
$q_s = 0,9500 \text{ kg/m}$	(107 mm ² seyir teli)
$q_{pn} = 0,1030 \text{ kg/m}$	(Pandül)
$q_t = 0,6760 \text{ kg/m}$	(LA180 Geri dönüş iletkeni)
$G_{fit} = 22 \text{ kg}$	(fider traversi ve izolatörünün toplam ağırlığı)
$G_{tb} = 1,6 \text{ kg}$	(toprak teli bağlantı parçasının ağırlığı)
$G_d = 60 \text{ kg}$	(Konsol Hoban donatısının ağırlığı)

$$a_1 = a_2 \text{ olduğundan } \frac{a_1 + a_2}{2} = a \text{ dir.}$$

$$\begin{aligned} G_k &= q_k \times a = 1,553 \times 45 = 69,89 \text{ kg} && \text{(Katener telleri)} \\ G_f &= q_f \times a + 22 = 0,975 \times 45 + 22 = 65,86 \text{ kg} && \text{(Fider ve parçaları)} \\ G_t &= q_t \times a + G_{tb} = 0,676 \times 45 + 1,6 = 32,02 \text{ kg} && \text{(GDİ ve parçaları)} \\ G_b &= q_{bt} \times a + 120 = (0,053 + 0,047 + 0,036 + 0,040 + 0,007) \times 45 + 120 = 128,23 \text{ kg} && \text{(Buz yükü)} \end{aligned}$$

Düşey yüklerden dolayı oluşan momenti hesaplayalım:

$$\begin{aligned} M_P &= [G_k \times (I - f)] + [G_d \times (I / 2)] + (G_f \times l_f) + (G_t \times D) + (G_b \times I) \\ M_P &= [69,89 \times (3,25 - 0,24)] + [60 \times (3,25/2)] + (65,86 \times 1,40) + (32,02 \times 0,32) + (128,23 \times 3,25) \\ M_P &= 210,37 + 97,5 + 92,20 + 10,25 + 416,75 \\ M_P &= \mathbf{827,07 \text{ kgm}} \end{aligned}$$

Daha önce de bahsedildiği gibi düşey kuvvetlerden dolayı oluşan momenti hesaplarken emniyet katsayısı 1,5 olarak, rüzgârdan dolayı oluşacak momenti hesaplarken emniyet katsayısı 1,3 olarak alınır.

$$\begin{aligned} M_t &= [(M_r + M_p) \times 1,5] + (M_w \times 1,3) \\ M_t &= [(2131,97 + 827,07) \times 1,5] + (1547,30 \times 1,3) \\ M_t &= \mathbf{6450,05 \text{ kgm}} \end{aligned}$$

Önemli Not3: Eğer rüzgârın etkisi ve radyal gerilme aynı yönde değil ise bu durumda sondaki parantezin önündeki işaret – olarak alınır. Bu durumda formül aşağıdaki gibi olur:

$$M_t = [(M_r + M_p) \times 1,5] - (M_w \times 1,3)$$

Sizden **istenen** burada yer alan **katener direği moment hesabını C++ programlama dilinde uygun şekilde koda dönüştürmenizdir**. Bunu yaparken **Direk** adlı bir sınıf **oluşturunuz**. Daha sonra da farklı tipte direkleri **bu sınıftan türetilmiş farklı nesneler olarak oluşturunuz**. Yazdığınız **program oluşturulan direk nesneleri için sonuç olarak 2 farklı değer görüntülemelidir**:

- Verilen uzunluklara göre direk boyu (DB)
- Katener direğine etki eden toplam moment (M_t)

Örnek hesaplama için direğe yönelik verilen değerler ve özellikler varsayılan değerlerdir. Bunları tekrar ifade edecek olursak:

Varsayılan Direk Tipi

$R = 850 \text{ m}$ (kurp yarıçapı)

$h_{batma} = 1,60 \text{ m}$ (temel içindeki batma)

$e = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$ (temel üstü ray arası mesafe)

$I = 3,25 \text{ m}$ (implantasyon)

$sty = 5,75 \text{ m}$ (seyir teli yüksekliği)

$sy = 1,40 \text{ m}$ (sistem yüksekliği)

$f_1 = f_2 = f = 24 \text{ cm}$

$h_{hobanüstü} = 2,60 \text{ m}$ (hoban seviyesinden direğin uç kısmına olan mesafe)

$h_{hoban-fider} = 2,15 \text{ m}$ (hoban seviyesi fider teli arası mesafe)

$l_f = 1,40 \text{ m}$ (fider traversi boyu)

çekiye çalışan direk, **fider** direğin **hat tarafına asılmış, rüzgâr etkisi ve radyal gerilme aynı yönde**

İlk nesneniz varsayılan (default) değerlere sahip bu direk olarak tanımlansın. Varsayılan değerlere sahip bu nesne haricinde aşağıdaki değer ve özelliklere sahip iki direk nesnesi daha tanımlayın ve tüm direk nesneleri için direk boyu ve katener direğine etki eden toplam momentleri hesaplayın ve görüntüleyin.

Direk Tipi 1 (Şekil 1)

$R = 600 \text{ m}$ (kurp yarıçapı)

$h_{\text{batma}} = 1,60 \text{ m}$ (temel içindeki batma)

$e = 90 \text{ cm} = 0,90 \text{ m}$ (temel üstü ray arası mesafe)

$I = 3,25 \text{ m}$ (implantasyon)

$sty = 5,80 \text{ m}$ (seyir teli yüksekliği)

$sy = 1,40 \text{ m}$ (sistem yüksekliği)

$f_1 = f_2 = f = 24 \text{ cm}$

$h_{\text{hoban-üstü}} = 1,75 \text{ m}$ (hoban seviyesinden direğin uç kısmına olan mesafe)

$h_{\text{hoban-fider}} = 1,50 \text{ m}$ (hoban seviyesi fider teli arası mesafe)

$l_f = 1,25 \text{ m}$ (fider traversi boyu)

çekiye çalışan direk, fider direğin hat tarafına asılmış, rüzgâr etkisi ve radyal gerilme aynı yönde

Direk Tipi 2 (Şekil 2)

$R = 760 \text{ m}$ (kurp yarıçapı)

$h_{\text{batma}} = 1,40 \text{ m}$ (temel içindeki batma)

$e = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$ (temel üstü ray arası mesafe)

$I = 3,30 \text{ m}$ (implantasyon)

$sty = 5,75 \text{ m}$ (seyir teli yüksekliği)

$sy = 1,40 \text{ m}$ (sistem yüksekliği)

$f_1 = f_2 = f = 20 \text{ cm}$

$h_{\text{hoban-üstü}} = 1,60 \text{ m}$ (hoban seviyesinden direğin uç kısmına olan mesafe)

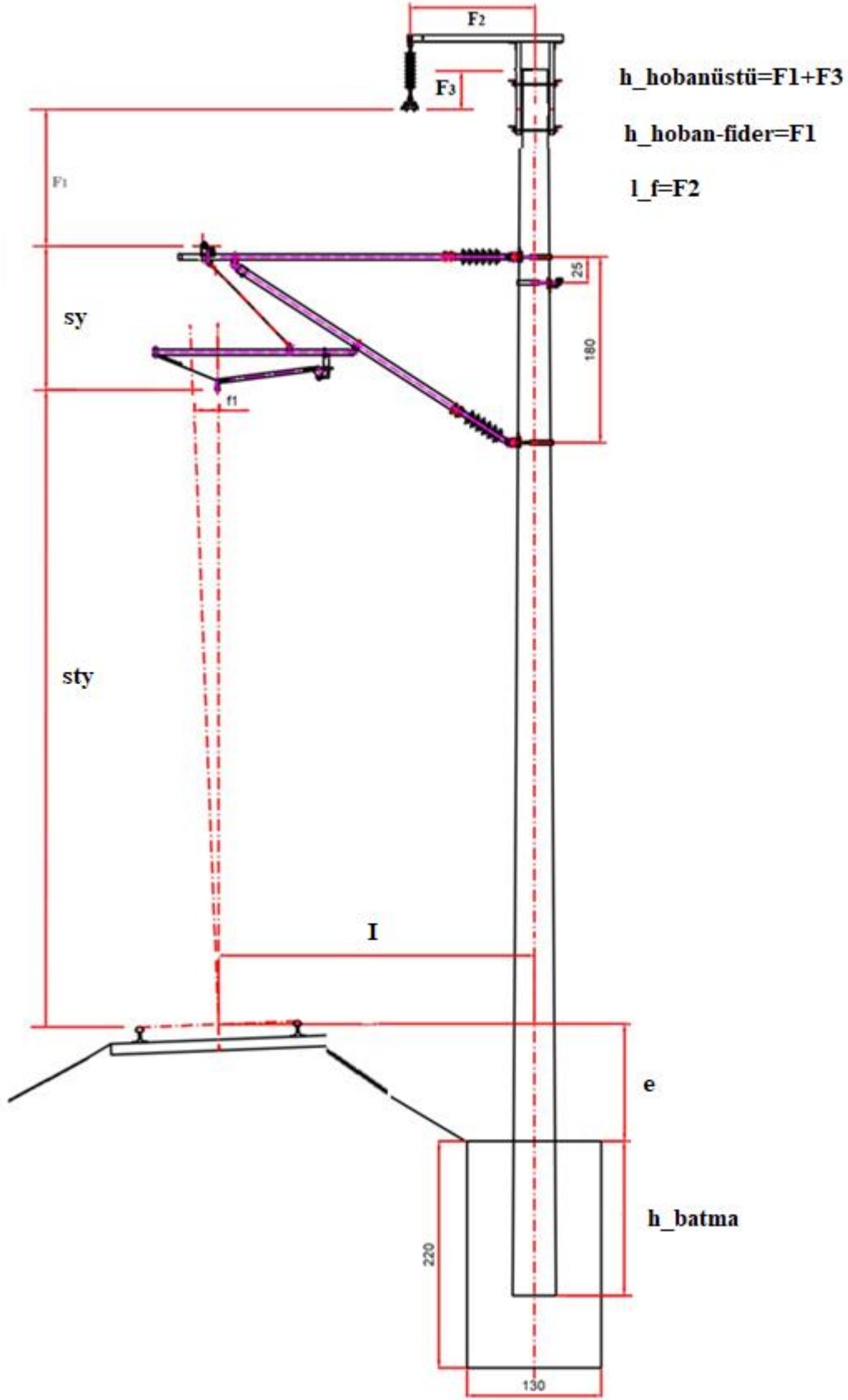
$h_{\text{hoban-fider}} = 1,40 \text{ m}$ (hoban seviyesi fider teli arası mesafe)

$l_f = 1,25 \text{ m}$ (fider traversi boyu)

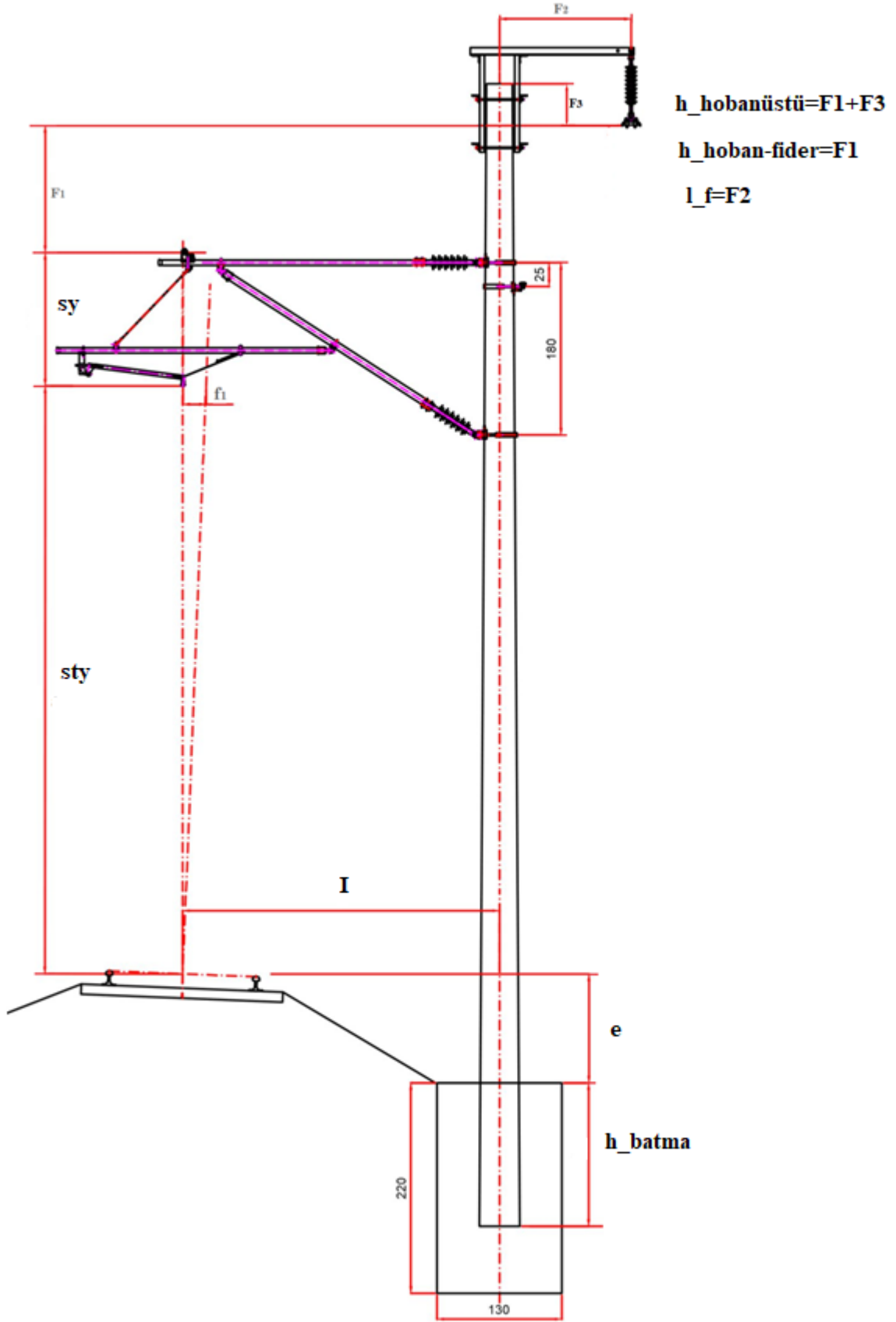
basıya çalışan direk, fider hattın aksi yönünde asılmış, rüzgâr etkisi ve radyal gerilme aynı yönde

Önemli Not: Farklı tipteki bu iki direk için verilmeyen tüm değerler örnek direk moment hesabında olduğu gibi kullanılacaktır. Direk tipine göre değişen değerler ve değişkenler formüllerde ve ifadelerde mavi renkle gösterilmiştir.

Ödeve yönelik olarak hazırlayacağınız dosyanın çıktısını en geç final sınavlarından bir hafta önce imza karşılığında teslim ediniz. Ayrıca çözüme yönelik olarak hazırlayacağınız dosyayı zhergan@eskisehir.edu.tr adresine e-posta olarak gönderiniz.



Şekil 1. Direk Tipi 1



Şekil 2. Direk Tipi 2