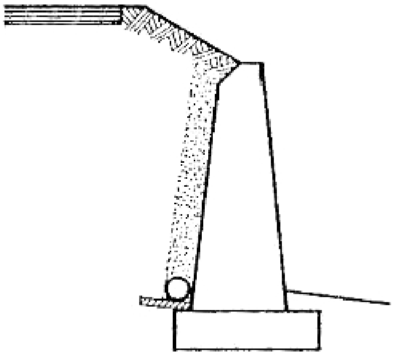
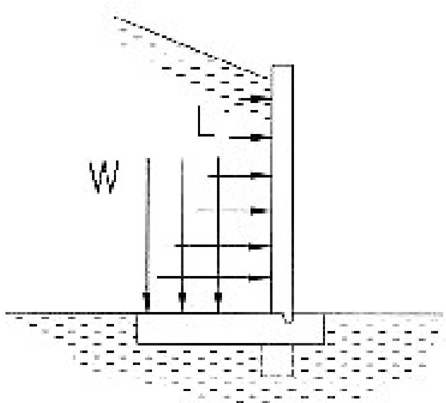
OPERE DI SOSTEGNO



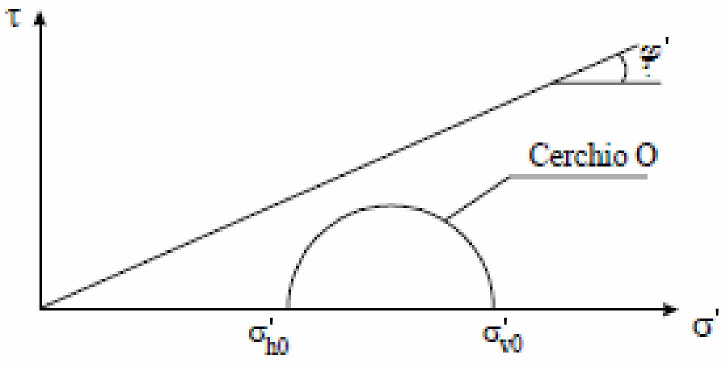


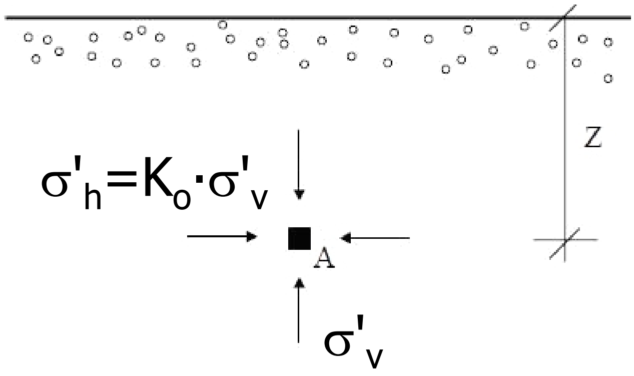
Occorre:

- **determinare le azioni esercitate dal terreno sulla struttura di sostegno;**
- regolare il regime delle acque a tergo del muro;
- determinare le azioni esercitate in fondazione;
- verificare il muro al ribaltamento e allo scorrimento;
- verificare gli elementi strutturali.

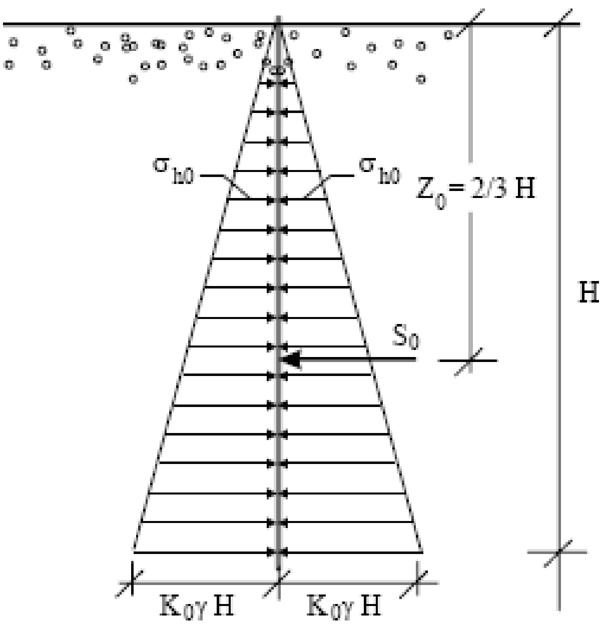
COEFFICIENTI DI SPINTA

COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO





Se per semplicità <u>ipotizziamo di avere u=0</u> (terreno a grana grossa al di sopra della superficie freatica), è possibile non fare distinzione tra tensioni totali e tensioni efficaci e si ha:



$$\sigma_h = K_o \cdot \gamma \cdot z$$

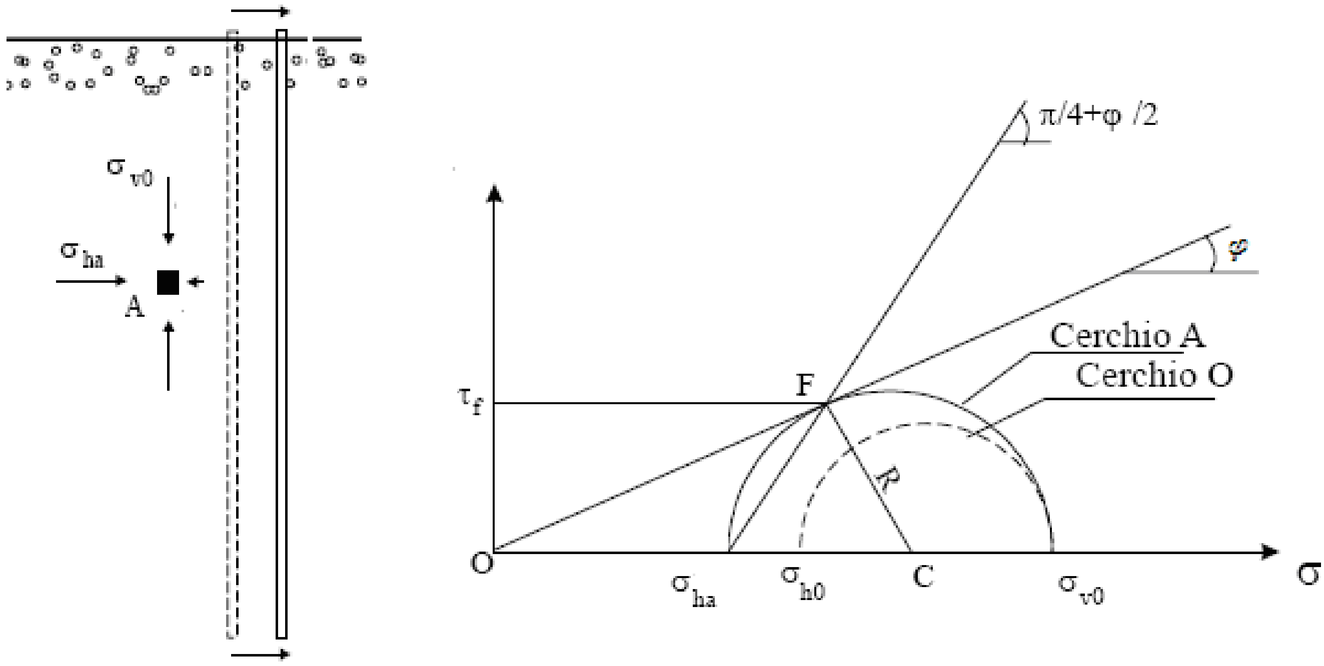
$$S_0 = \int_0^H \sigma_{h0} \cdot dz = \frac{1}{2} \cdot K_0 \cdot \gamma \cdot H^2$$

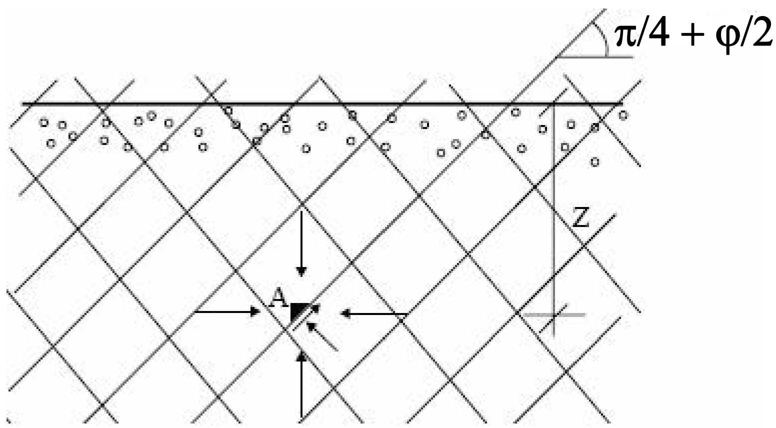
$$Z_0 = \frac{\int_0^H \sigma_{h0} \cdot z \cdot dz}{S_0} = \frac{2}{3} H$$

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA

TEORIA DI RANKINE

Ipotesi: Parete liscia verticale





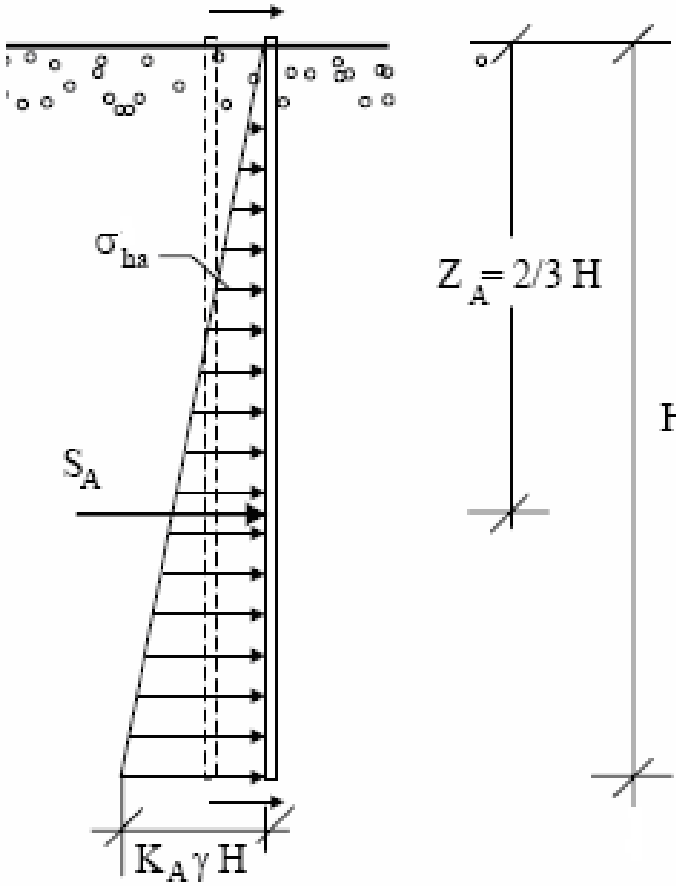
$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$

$$\sigma_h = K_a \cdot \sigma_v$$

$$K_a = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) < K_0$$

SPINTA ATTIVA

TEORIA DI RANKINE

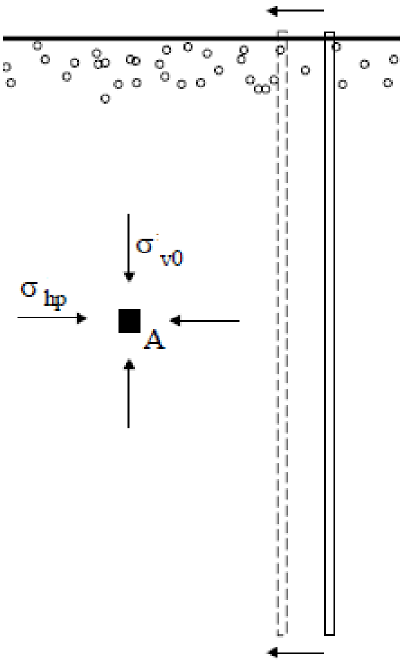


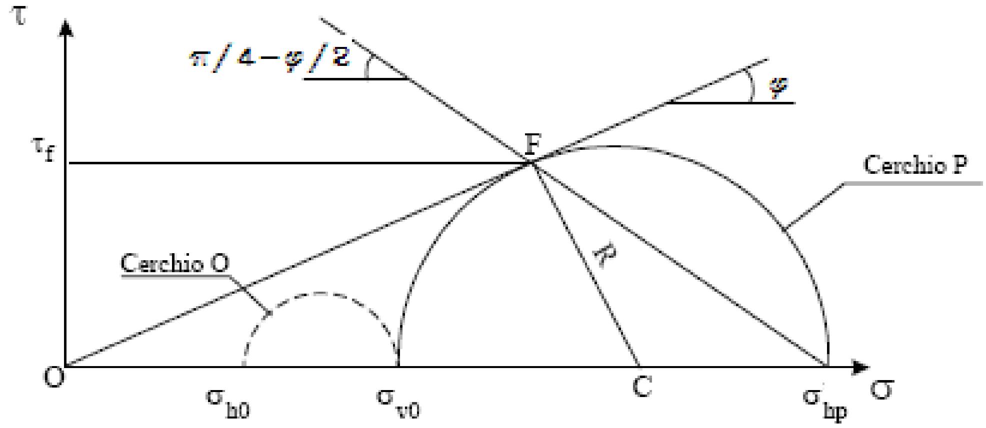
$$S_a = \int_0^H \sigma_{h,a} \cdot dz = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

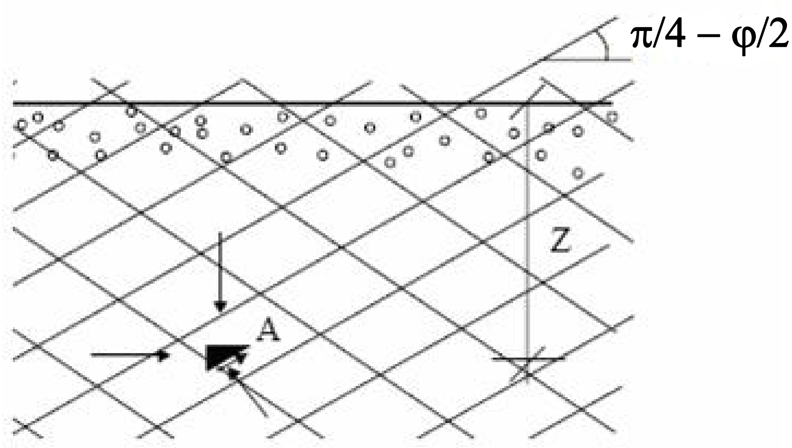
$$Z_a = \frac{2}{3} \cdot H$$

COEFFICIENTE DI SPINTA PASSIVA

TEORIA DI RANKINE







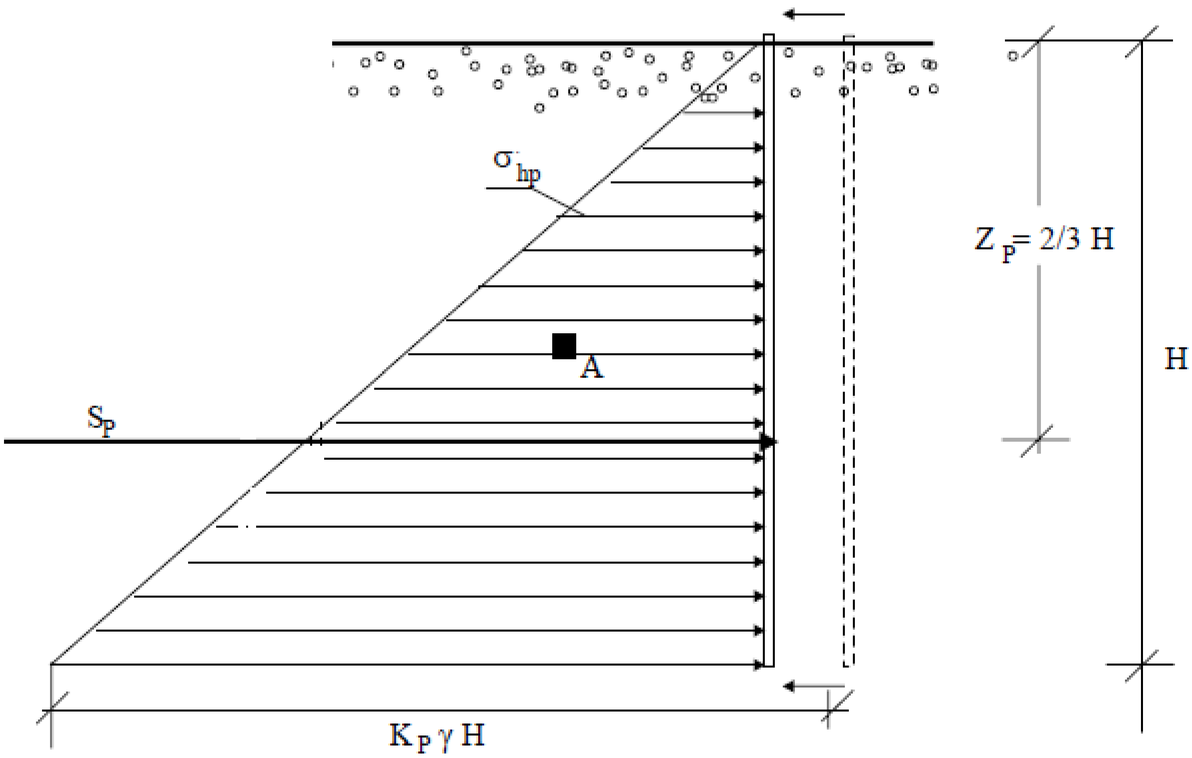
$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$

$$\sigma_h = K_p \cdot \sigma_v$$

$$K_p = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) > K_0$$

SPINTA PASSIVA

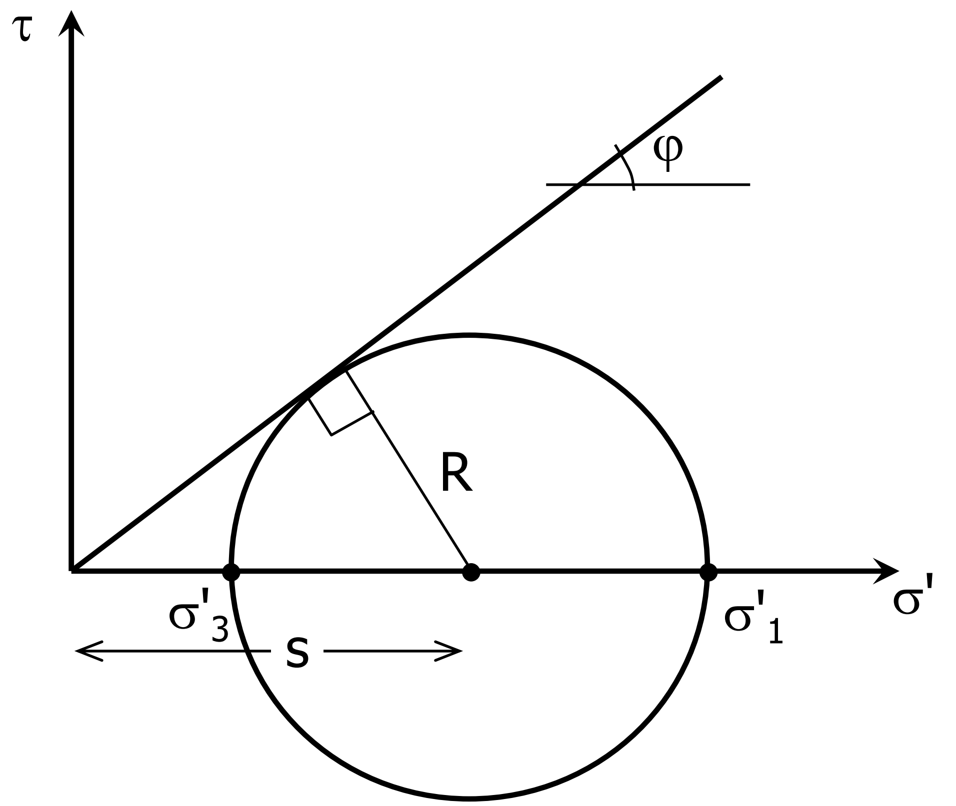
TEORIA DI RANKINE



$$S_p = \int_0^H \sigma_{h,p} \cdot dz = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$Z_p = \frac{2}{3} \cdot H$$

FORMULE DI RANKINE, ASSENZA DI COESIONE



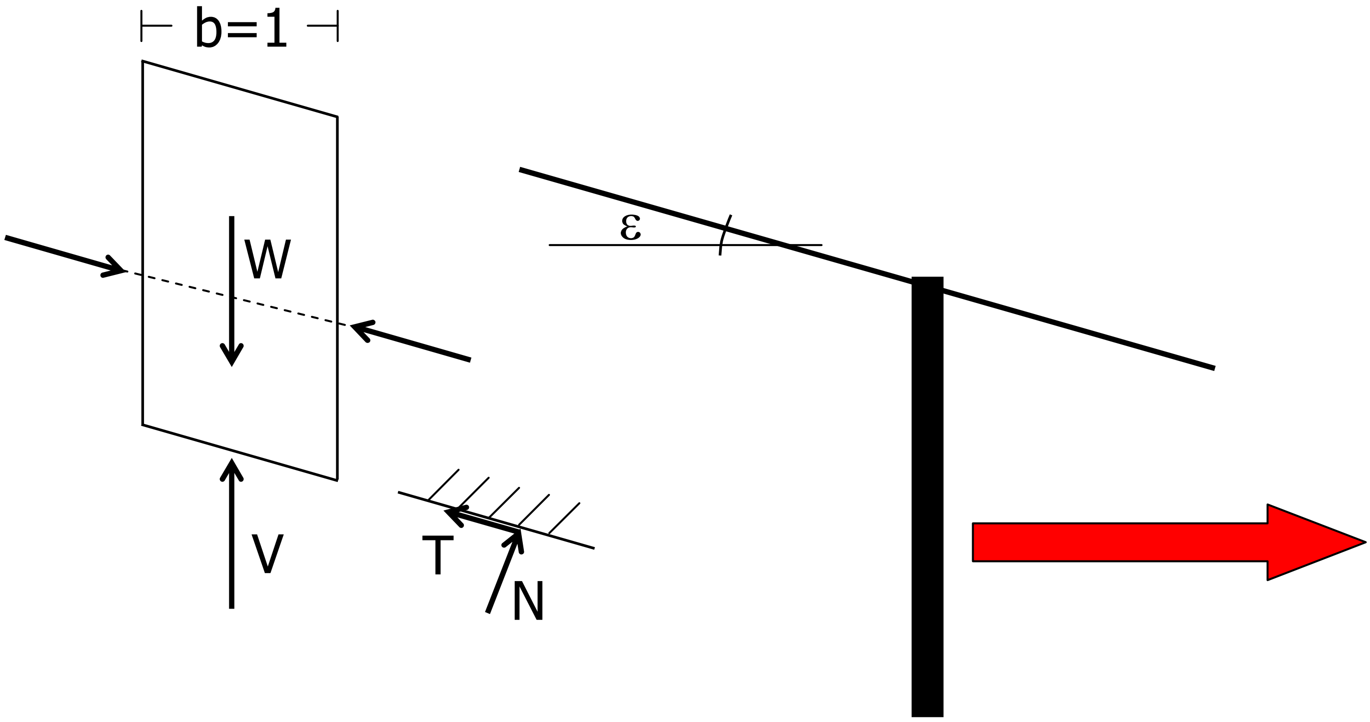
$$R = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = s \cdot \text{sen}\varphi' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \cdot \text{sen}\varphi'$$

$$\Rightarrow \sigma'_3 = \frac{1 - \text{sen}\varphi'}{1 + \text{sen}\varphi'} \cdot \sigma'_1 \qquad \left[K_a = \frac{1 - \text{sen}\varphi'}{1 + \text{sen}\varphi'} \right]$$

o, in alternativa:

$$\Rightarrow \sigma'_1 = \frac{1 + \text{sen}\varphi'}{1 - \text{sen}\varphi'} \cdot \sigma'_3 \qquad \left[K_p = \frac{1 + \text{sen}\varphi'}{1 - \text{sen}\varphi'} \right]$$

ESTENSIONE AL CASO DI TERRAPIENO INCLINATO, ASSENZA DI COESIONE



In un pendio indefinito (quindi, in assenza della parete) W e V si fanno equilibrio. Pertanto, sono noti i valori di N e T, componenti di V rispettivamente normali e tangenziali alla giacitura considerata.

$$N = \gamma \cdot h \cdot 1 \cdot \cos\varepsilon$$
$$T = \gamma \cdot h \cdot 1 \cdot \mathrm{sen}\varepsilon$$

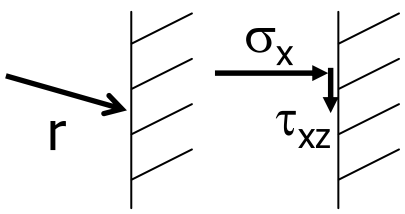
Se per semplicità ipotizziamo di avere u=0, in modo da poter non fare distinzione tra tensioni totali e tensioni efficaci, sulla stessa giacitura si ha:

$$T / N = \tau / \sigma = \tau / \sigma' = \tan\varepsilon$$

Ciò comporta che il punto P, di coordinate (σ',τ) e rappresentativo di tale stato tensionale, si trovi su una retta inclinata di ε sull'orizzontale.

ESTENSIONE AL CASO DI TERRAPIENO INCLINATO, ASSENZA DI COESIONE

Assumendo che sulla giacitura considerata le condizioni tensionali non varino per effetto degli spostamenti del muro, si può tracciare il cerchio di Mohr a rottura imponendo il passaggio per P e la tangenza con la retta di rottura. Determinato tale cerchio, si può ricavare lo stato tensionale agente sulla giacitura verticale, ossia sul muro. Si noti che su quest'ultima giacitura agiscono sia una tensione normale σ_x ($=\sigma'_x$) che una tensione tangenziale τ_{xz} e che la loro risultante r è inclinata di ε, come il piano campagna. Si ottiene:



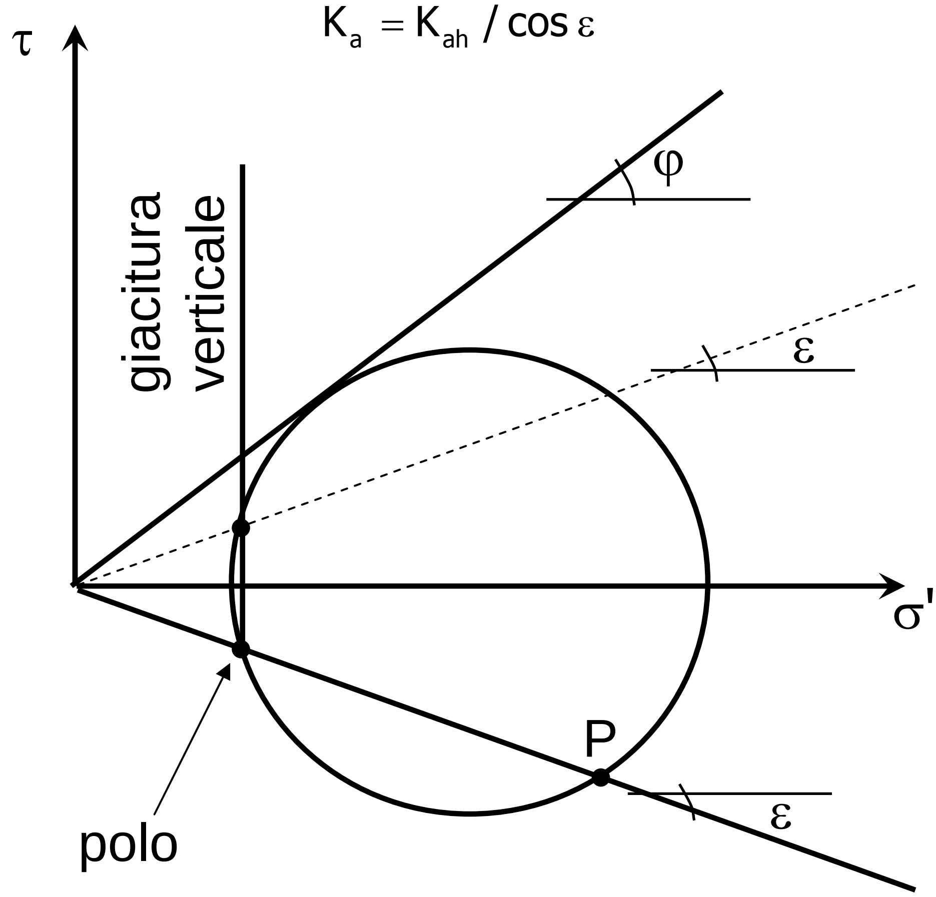
$$\sigma_x = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$$

$$r = K_a \cdot \gamma \cdot z$$

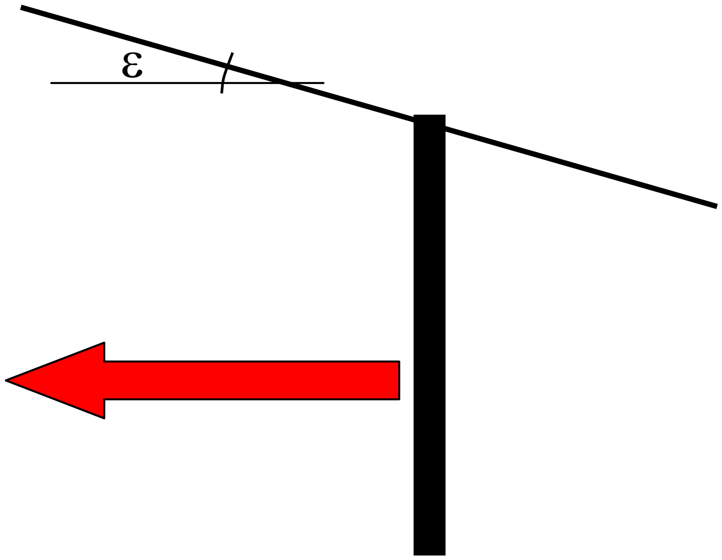
con:

$$K_{ah} = \cos^2 \varepsilon \cdot \frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$$

$$K_a = K_{ah} / \cos \varepsilon$$

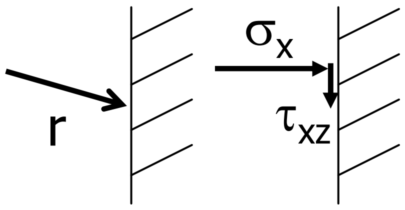


ESTENSIONE AL CASO DI TERRAPIENO INCLINATO, ASSENZA DI COESIONE



Si può procedere in modo analogo per il caso della resistenza passiva, ossia della condizione di rottura raggiunta per effetto di un aumento di tensioni orizzontali. Il punto P nel piano di Mohr è lo stesso, mentre il cerchio a rottura è l'altro cerchio compatibile con il passaggio per P e con la condizione di tangenza.

ESTENSIONE AL CASO DI TERRAPIENO INCLINATO, ASSENZA DI COESIONE



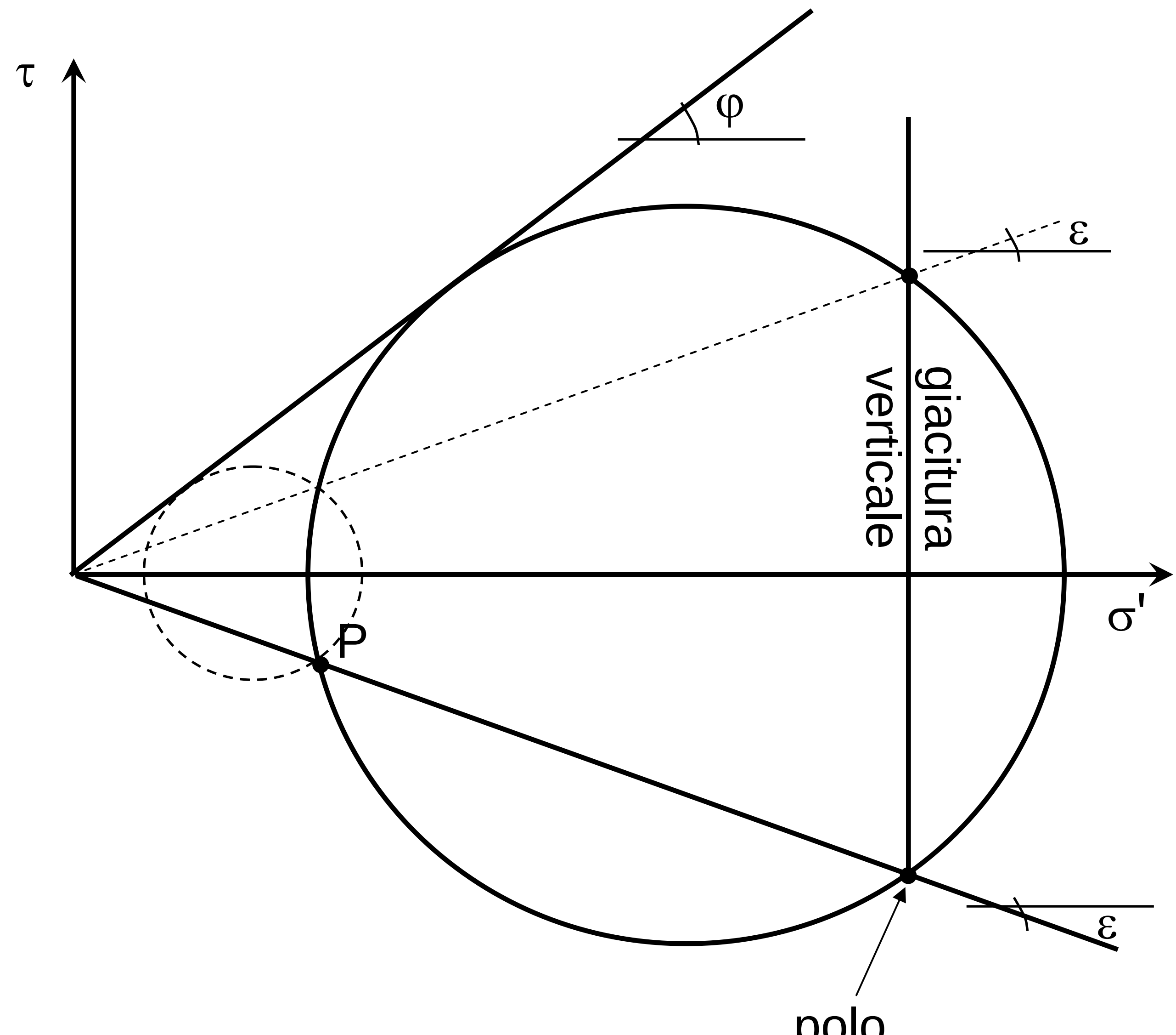
$$\sigma_x = K_{ph} \cdot \gamma \cdot z$$

$$r = K_p \cdot \gamma \cdot z$$

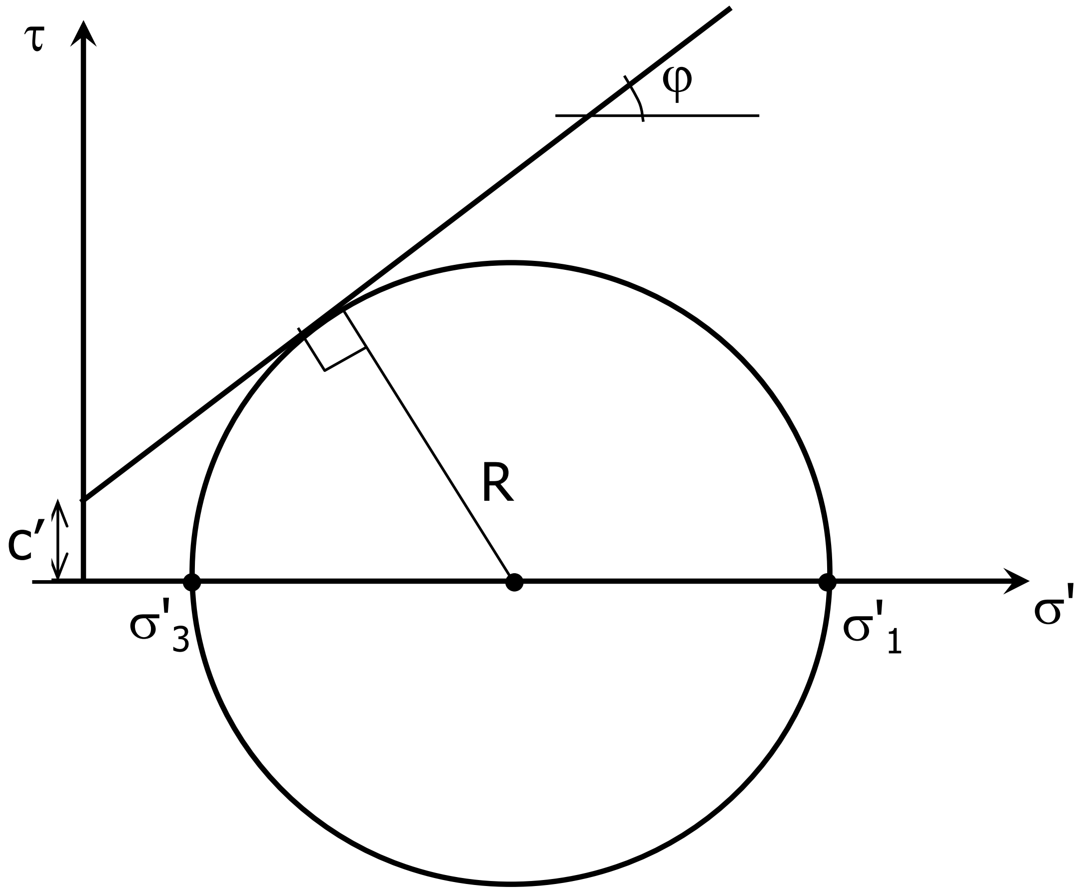
con:

$$K_{ph} = \cos^2 \varepsilon \cdot \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$$

$$K_p = K_{ph} / \cos \varepsilon$$



FORMULE DI RANKINE, PRESENZA DI COESIONE



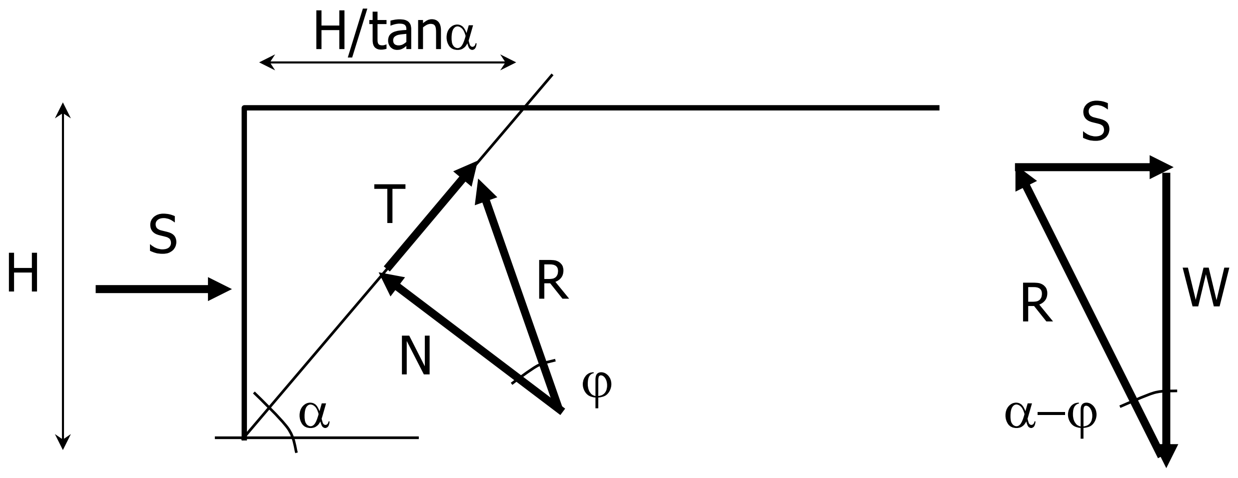
Anche in questo caso, la condizione di tangenza comporta che esista un legame tra le tensioni principali σ'_1 e σ'_3. Si può dimostrare che:

$$\sigma'_3 = K_a \cdot \sigma'_1 - 2c'\sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_1 = K_p \cdot \sigma'_3 + 2c'\sqrt{K_p}$$

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA:
TEORIA DI COULOMB

Se si assume che la superficie di scorrimento sia piana, il problema può essere facilmente affrontato dal punto di vista dell'equilibrio globale:



$$S = W \cdot \tan(\alpha - \varphi) = 1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cot\alpha \cdot \tan(\alpha - \varphi) = f(\alpha)$$

Alla generica superficie corrisponde un valore di S che rappresenta il valore <u>minimo</u> della forza che garantisce l'equilibrio. Al variare di α si può individuare la superficie critica: quella a cui compete il massimo dei valori minimi capaci di equilibrare il cuneo.

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 0$$

$$\Rightarrow \alpha_{crit} = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$$

$$S_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

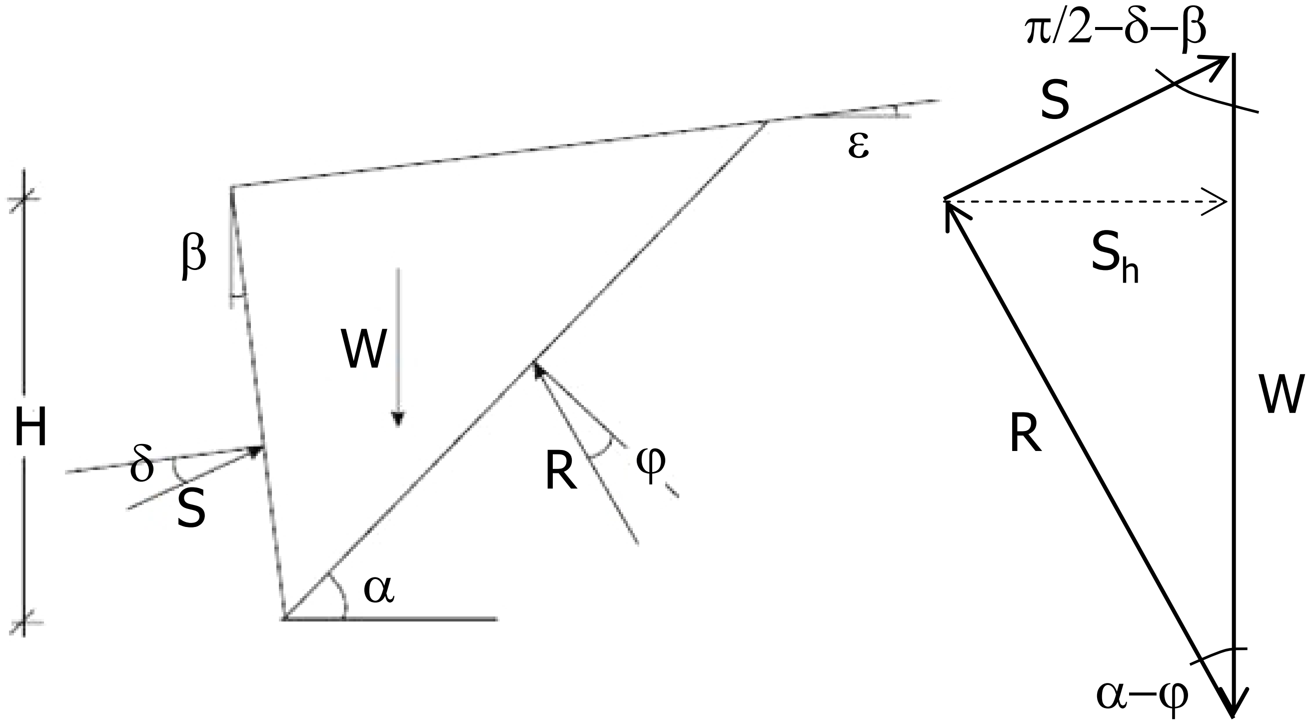
$$\text{con } K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA:

TEORIA DI COULOMB

Il ragionamento è suscettibile di generalizzazione, potendo considerare:

- l'inclinazione del muro β
- l'inclinazione del terrapieno ε
- l'attrito terra-muro δ

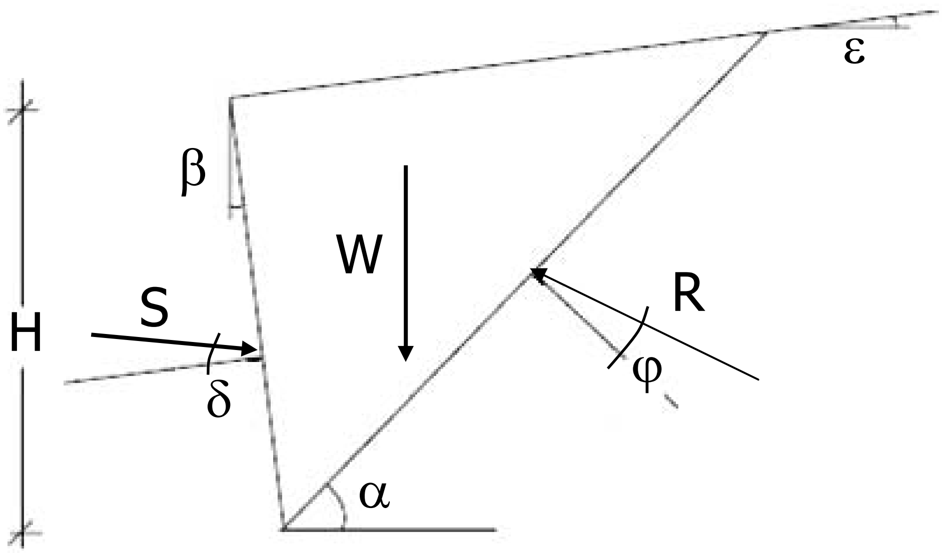


$$S_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

COEFFICIENTE DI SPINTA PASSIVA:
TEORIA DI COULOMB

Una procedura analoga può essere utilizzata anche per ricavare la spinta passiva. In tal caso alla generica superficie corrisponde un valore di S che rappresenta il valore <u>massimo</u> della forza che garantisce l'equilibrio. Al variare di α si può individuare la superficie critica: quella a cui compete il minimo dei valori massimi capaci di equilibrare il cuneo. Si notino le direzioni dei vettori S e R, cambiate rispetto al caso precedente.



$$S_p = \frac{1}{2} K_p \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \beta)}{\cos^2\beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

COEFFICIENTI DI SPINTA

APPROSSIMAZIONI LEGATE ALLA SCABREZZA

- Le formule di Rankine non permettono di portare in conto l'effetto dell'attrito terra-muro
- Il metodo di Coulomb ne tiene conto, ma ipotizza che la superficie di rottura sia planare