



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Modelování v geotechnice – Princip metody mezní rovnováhy
(prezentace pro výuku předmětu Modelování v geotechnice)

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika CZ.1.07/2.2.00/28.0009.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

METODA MEZNÍ ROVNOVÁHY

- nezahrnuje vliv přetvárných parametrů
- výsledkem výpočtu je tzv. součinitel stability F

$$F = \text{pasivní síly} / \text{aktivní síly}$$

pasivní síly - přispívají ke stabilitě

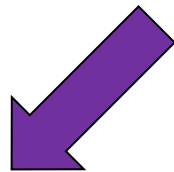
aktivní síly - snižují stabilitu

- nevýhoda: nutno předem zadat výchozí smykovou plochu, na níž se pak určuje součinitel stability
- na metodě mezní rovnováhy jsou založeny tzv. proužkové (švédské) metody (Pettersonova, Bishopova, ...)

Metody mezní rovnováhy vycházejí z předpokladů tvaru smykových ploch pro jednotlivé typy zemin.

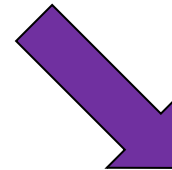
Tvar smykové plochy

soudržné zemin



**zakřivená smyková plocha,
nejčastěji kruhová**

nesoudržné zemin



rovinná smyková plocha

Kritická smyková plocha – smyková plocha s nejnižším stupněm stability

STABILITA SVAHŮ V NESOUDRŽNÝCH ZEMINÁCH

smyková plocha je rovinná!

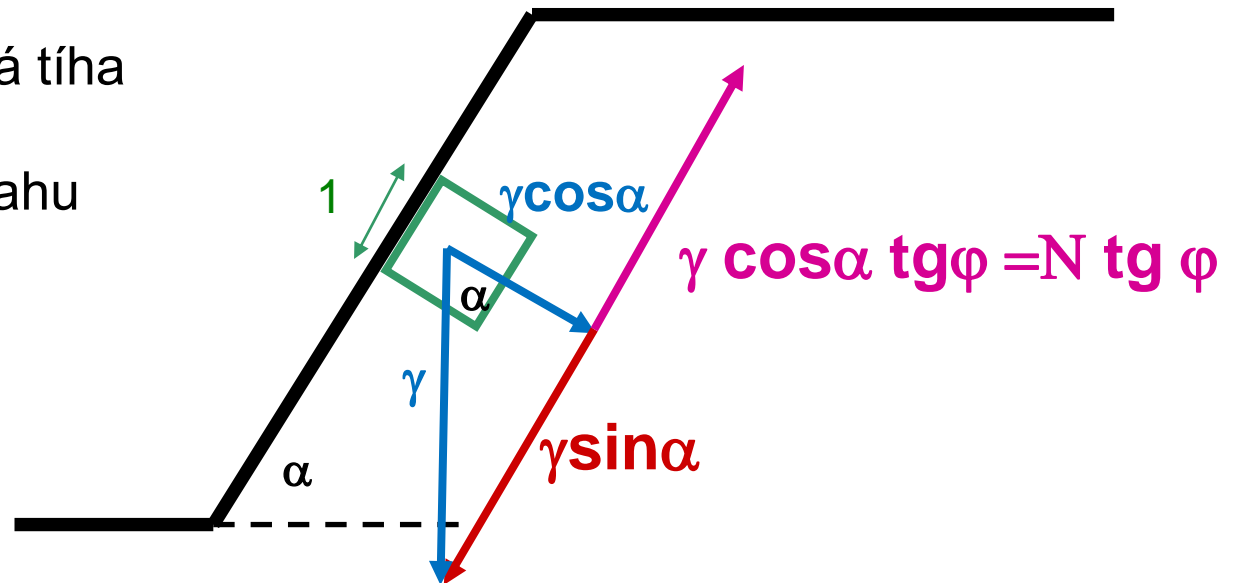
4 modelové případy:

- **svahem neprosakuje voda**
- **voda prosakuje do svahu**
- **voda prosakuje rovnoběžně se svahem**
- **voda prosakuje pod obecným úhlem β**

SVAHEM NEPROSAKUJE VODA

γ ... objemová tíha

α ... úklon svahu



Podmínka rovnováhy:

$$\gamma \sin \alpha = \gamma \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi$$

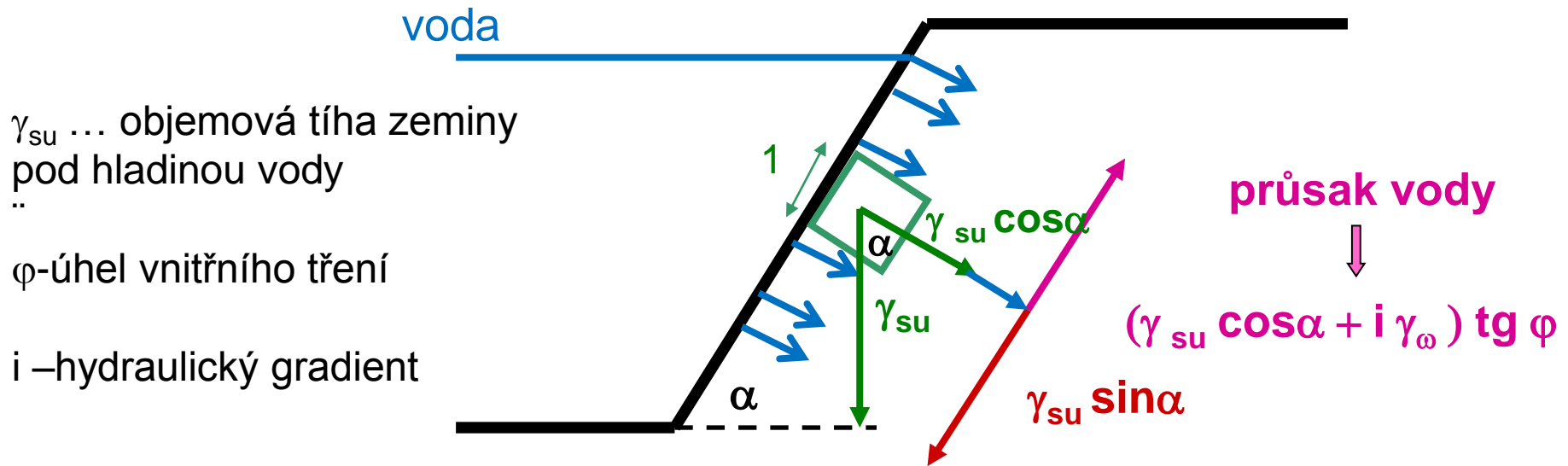
Součinitel stability (spolehlivosti)

$$\gamma_n = F = (1.2-1.5):$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi / F$$

$$F = \operatorname{tg} \varphi / \operatorname{tg} \alpha$$

PRŮSAK VODY KOLMO KE SVAHU



Podmínka rovnováhy:

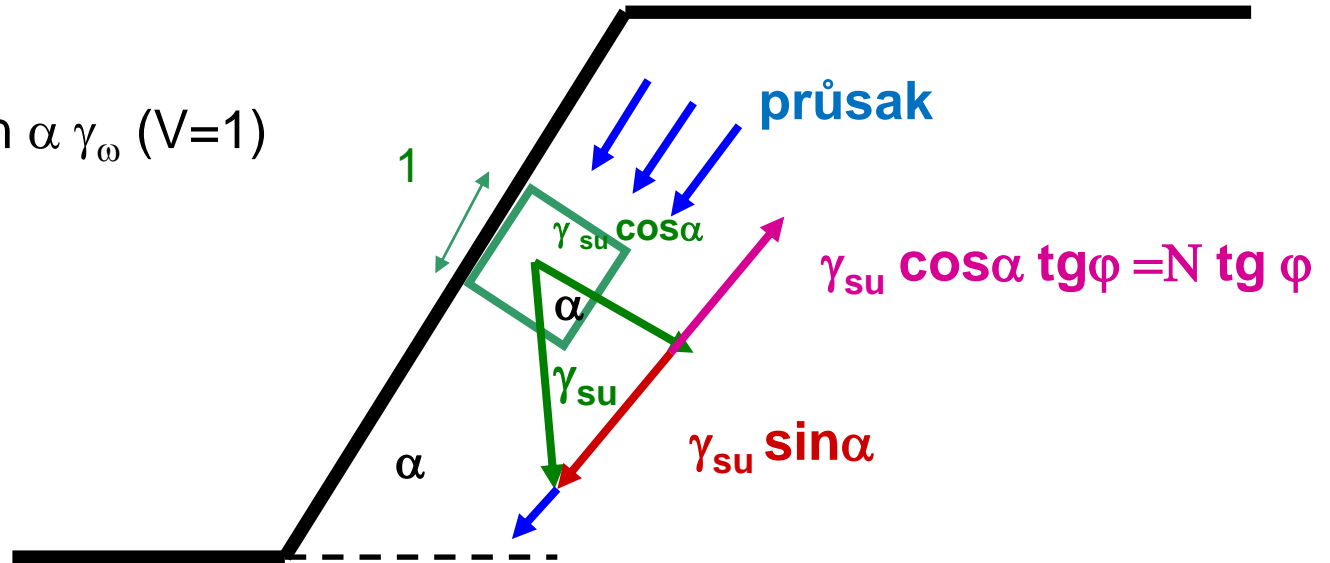
$$\gamma_{su} \sin \alpha = (\gamma_{su} \cos \alpha + i \gamma_w) \operatorname{tg} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \left(1 + \frac{i \gamma_w}{\gamma_{su} \cos \alpha} \right) / F$$

VODA PROSAKUJE ROVNOBĚŽNĚ SE SVAHEM

Vliv vody:

$$P_{\omega} = Vi\gamma_{\omega} = i\gamma_{\omega} = \sin \alpha \gamma_{\omega} \quad (V=1)$$



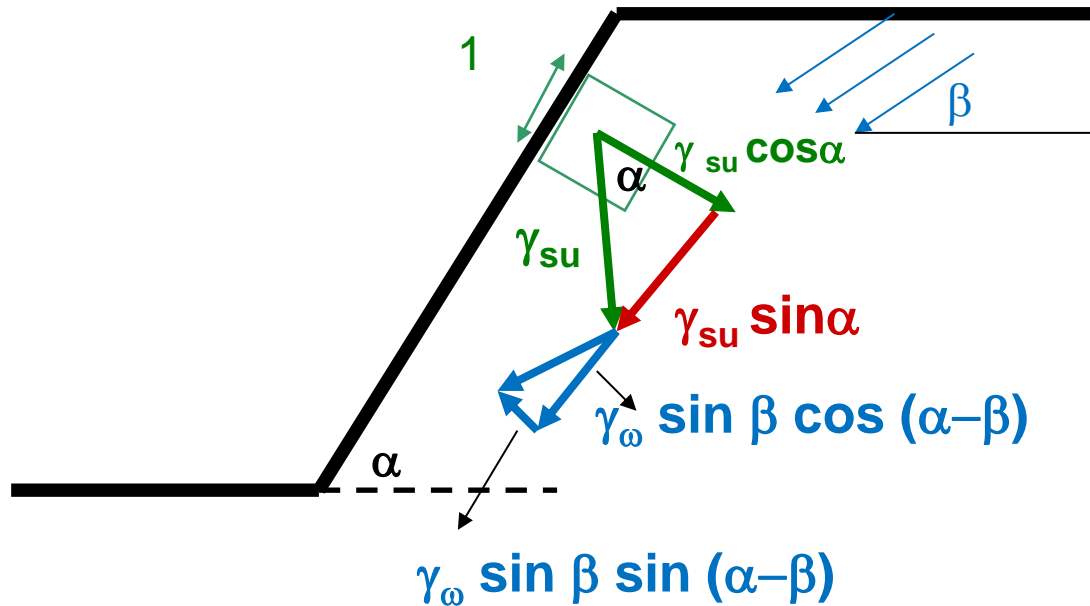
Podmínka rovnováhy:

$$\gamma_{su} \sin \alpha + \gamma_{\omega} \sin \alpha = \gamma_{su} \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{\gamma_{su}}{\gamma_{su} + \gamma_{\omega}} \right) / F$$

VODA PROSAKUJE POD ÚHLEM β



Podmínka rovnováhy:

$$\gamma_{su} \sin \alpha + \gamma_w \sin \beta \cos (\alpha - \beta) = (\gamma_{su} \cos \alpha - \gamma_w \sin \beta \sin (\alpha - \beta)) \operatorname{tg} \varphi$$

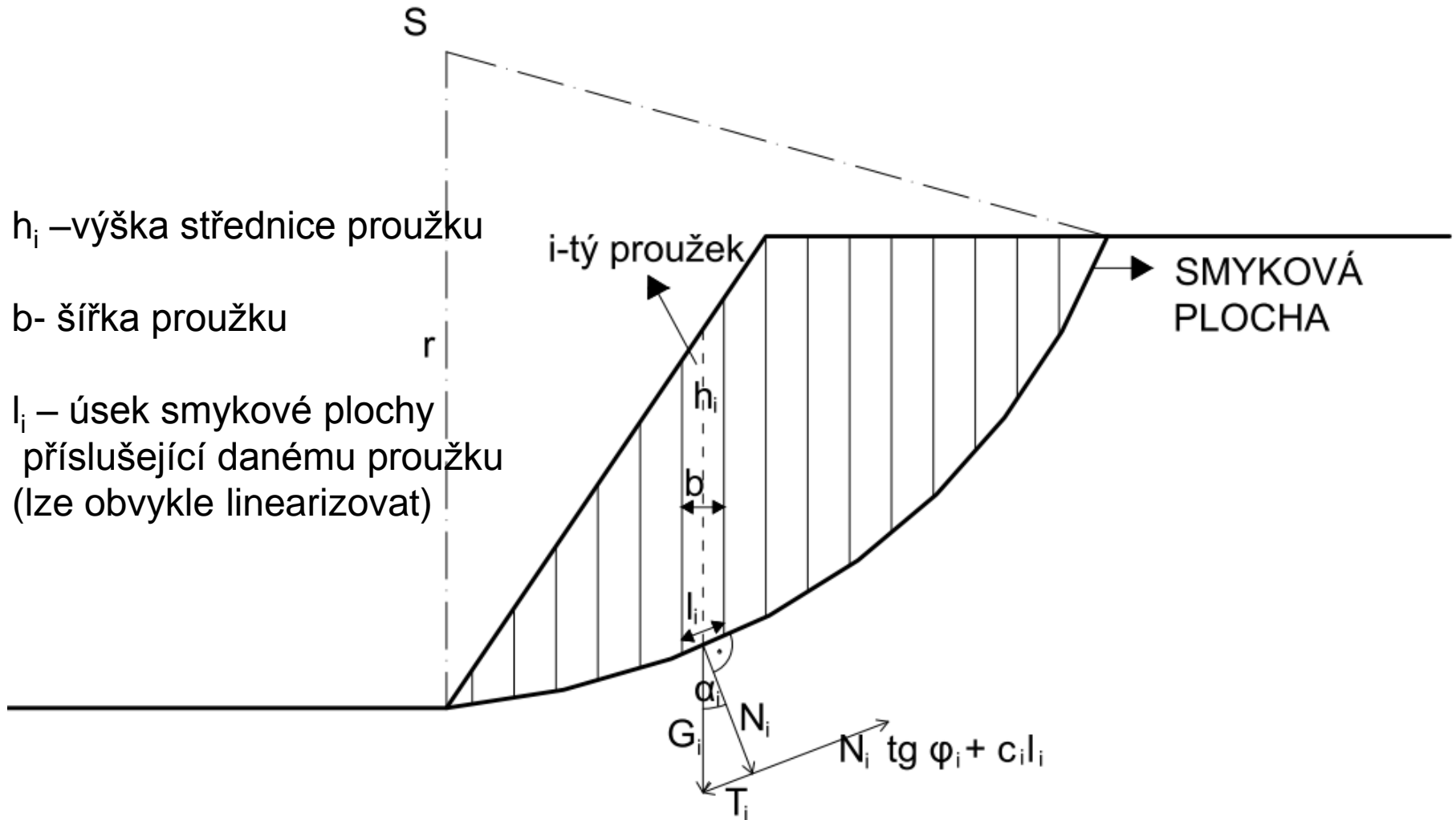
STABILITA SVAHŮ V SOUDRŽNÝCH ZEMINÁCH

- Smyková plocha je zakřivená!
- Řeší se pomocí proužkových metod (tzv. švédské metody)
 - např. Petterson, Bishop ... : vycházejí z rovnováhy sil, které odpovídají krátkým úsekům smykové plochy (proužkům)

OBECNÝ POSTUP PROUŽKOVÝCH METOD

- 1) Zadá se odhad smykové plochy
- 2) Zeminové těleso nad smykovou plochou se rozdělí obvykle na 10-15 svislých sloupců (proužků) stejné šířky
- 3) Stanoví se vlastní tíha proužku zeminy G_i a umístí se do jeho těžiště
- 4) Vlastní tíha G_i se na smykové ploše rozloží na normálovou N_i a tangenciální složku T_i
- 5) Stanoví se pasivní a aktivní síly na každém proužku
- 6) Superponuje se vliv jednotlivých proužků

PETTERSONOVA PROUŽKOVÁ METODA



Aktivní síly (tj.tangenciální): ke středu otáčení působí momentem $M_0 = T r$

Pasivní síla (vliv tření a soudržnosti): $M_0 = (Ntg\varphi + cl_i)r$

STUPEŇ STABILITY (BEZ Vlivu VODY):

$$F = \frac{\left(\sum_{i=1}^n N_i tg\varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i l_i \right)}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

Nejjednodušší proužková metoda je Pettersonova - neuvažuje vliv sousedních proužků.

BISHOPOVA PROUŽKOVÁ METODA

Princip je analogický jako u Pettersonovy metody, navíc se však zohledňují meziproužkové síly R .

