

# ***AKÉ PRESNÉ SÚ VÝSLEDKY LABORATÓRNYCH SKÚŠOK MECHANIKY ZEMÍN?***

*Mgr. Jakub Roháč, Ph.D.,  
Česká geologická služba, Přírodovědecká fakulta UK*

*Ing. Petr Kycl,  
Česká geologická služba*

Ukázať podobnosť alebo rozdielnosť výsledkov rutinných laboratórnych testov mechaniky zemín

- 4 vzorky
- 5 laboratórií
- fyzik. vlastnosti a šmykové parametre (materiálové - konštanty)



# Zisťované vlastnosti a parametre

## Fyzikálne vlastnosti

- vlhkosť na medzi tekutosti  $w_L$
- vlhkosť na medzi plasticity  $w_p$
- index plasticity  $I_p$
- krivka zrnitosti - % obs. ílovej frakcie *c.f.*
- aktivita ílových minerálov  $A$

## Šmykové parametre

- kritická pevnosť  $\varphi_{cr}$
- reziduálna pevnosť  $\varphi_r$



# Vzorky zemín – zaslané ako surový prášok



# Vzorky zemín – zaslané ako rekonštituovaná pasta





# Laboratóriá

- 5 laboratórií Mechaniky zemín v Českej republike
- označené ako: A, B, C, D, E
- doplnené testami pevnosti z laboratória MZ na PŘ UK – Kritická a reziduálna pevnosť (triax a rotač)



INSTITUTE OF HYDROGEOLOGY  
ENGINEERING GEOLOGY  
AND APPLIED GEOPHYSICS

# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$



# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62



# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

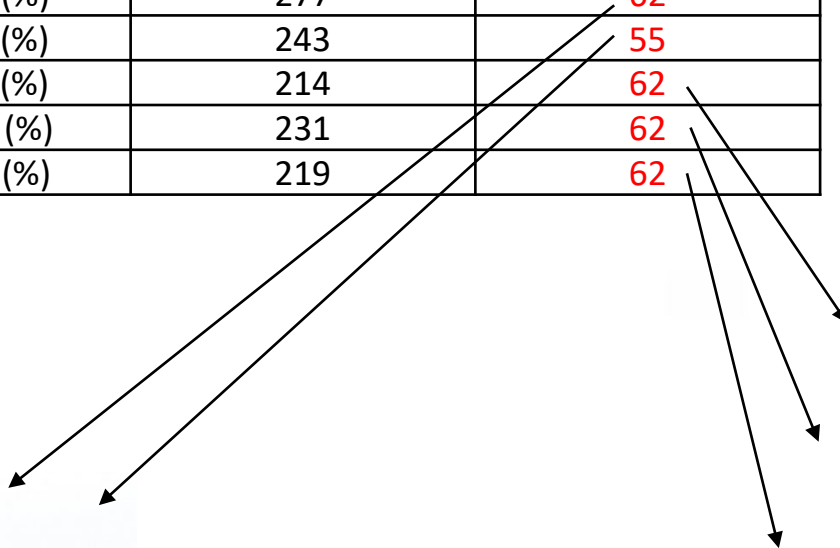
MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62





# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

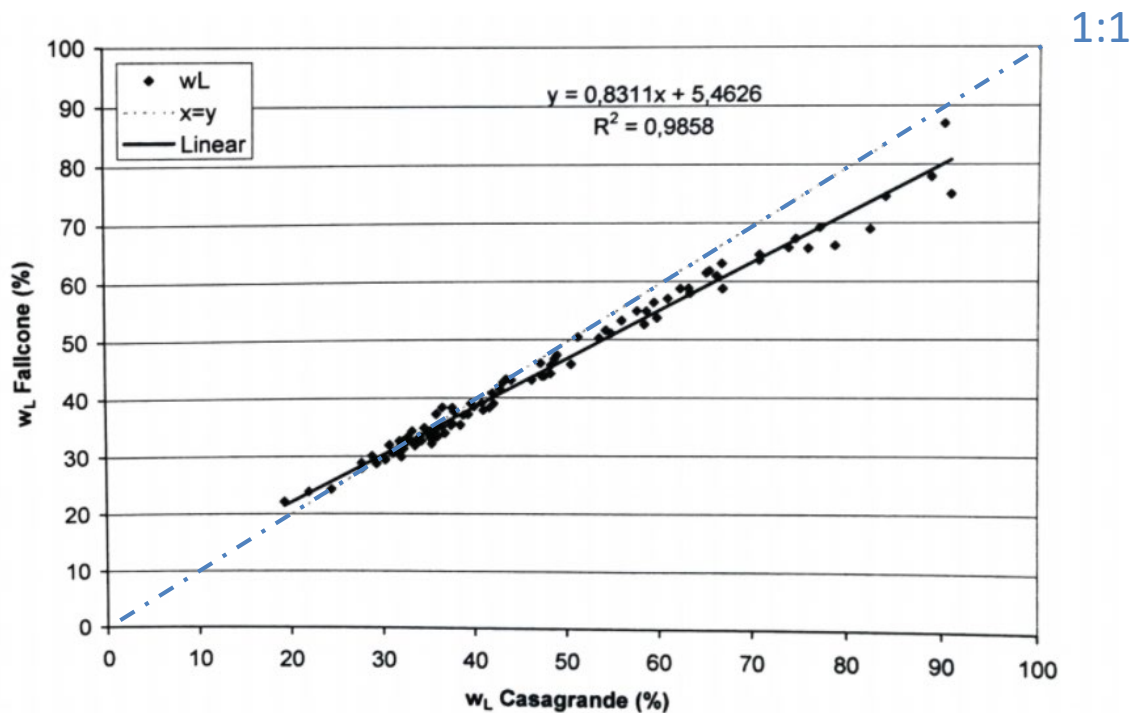
MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62





# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62

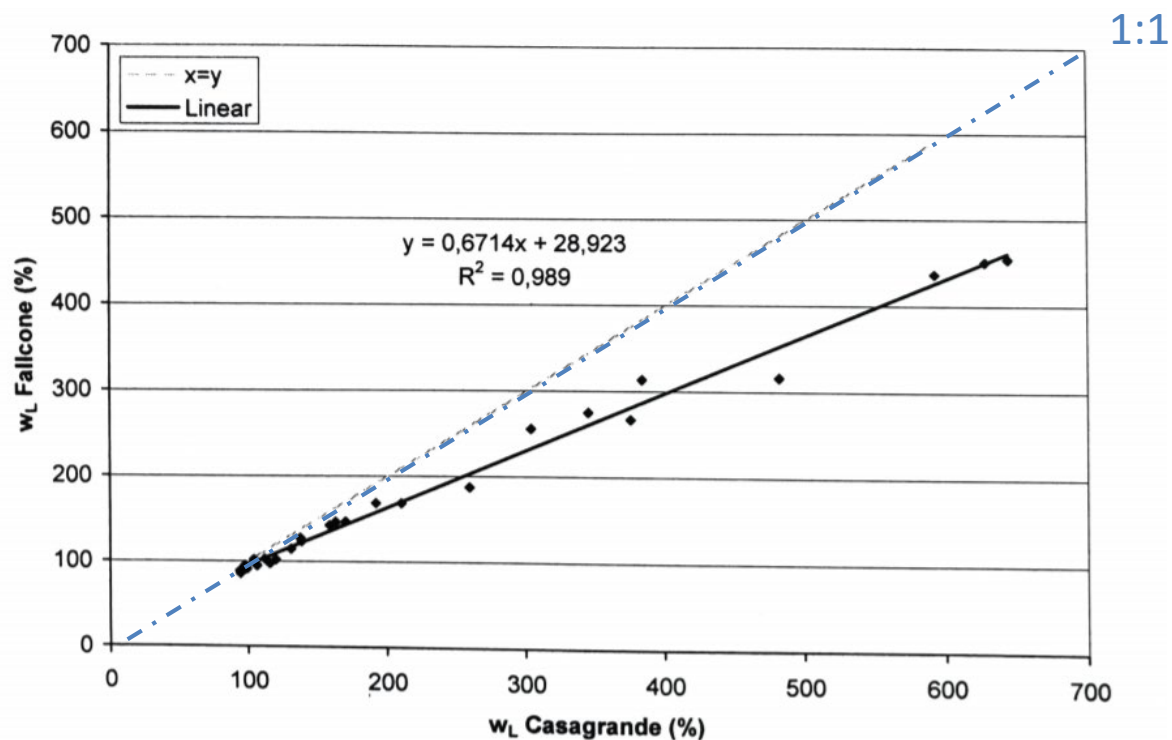


*Porovnanie výsledkov medze tekutosti stanovenej Casagrandeho miskou a kuželovou metódou pre zeminy s  $w_L < 90\%$*



# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62

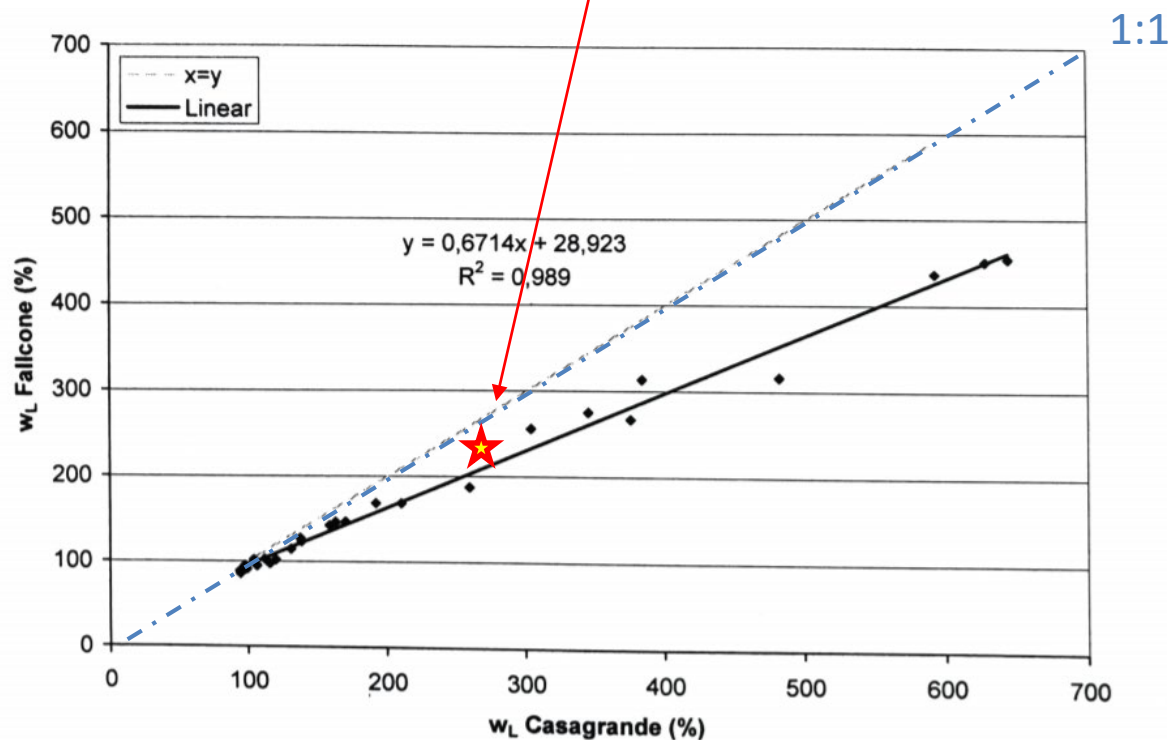


*Porovnanie výsledkov medze tekutosti stanovenej Casagrandeho miskou a kuželovou metódou pre zeminy s  $w_L > 90\%$*



# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62



*Porovnanie výsledkov medze tekutosti stanovenej Casagrandeho miskou a kuželovou metódou pre zeminy s  $w_L > 90\%$*



# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_l$ Lab A (%)	277	62
$w_l$ Lab B (%)	243	55
$w_l$ Lab C (%)	214	62
$w_l$ Lab D (%)	231	62
$w_l$ Lab E (%)	219	62





# Výsledky - Medz tekutosti- $w_L$

MEDZ TEKUTOSTI	BENTONIT	KAOLÍN
$w_L$ Lab A (%)	277	62
$w_L$ Lab B (%)	243	55
$w_L$ Lab C (%)	214	62
$w_L$ Lab D (%)	231	62
$w_L$ Lab E (%)	219	62

$$\Delta w_L = 63 \%$$



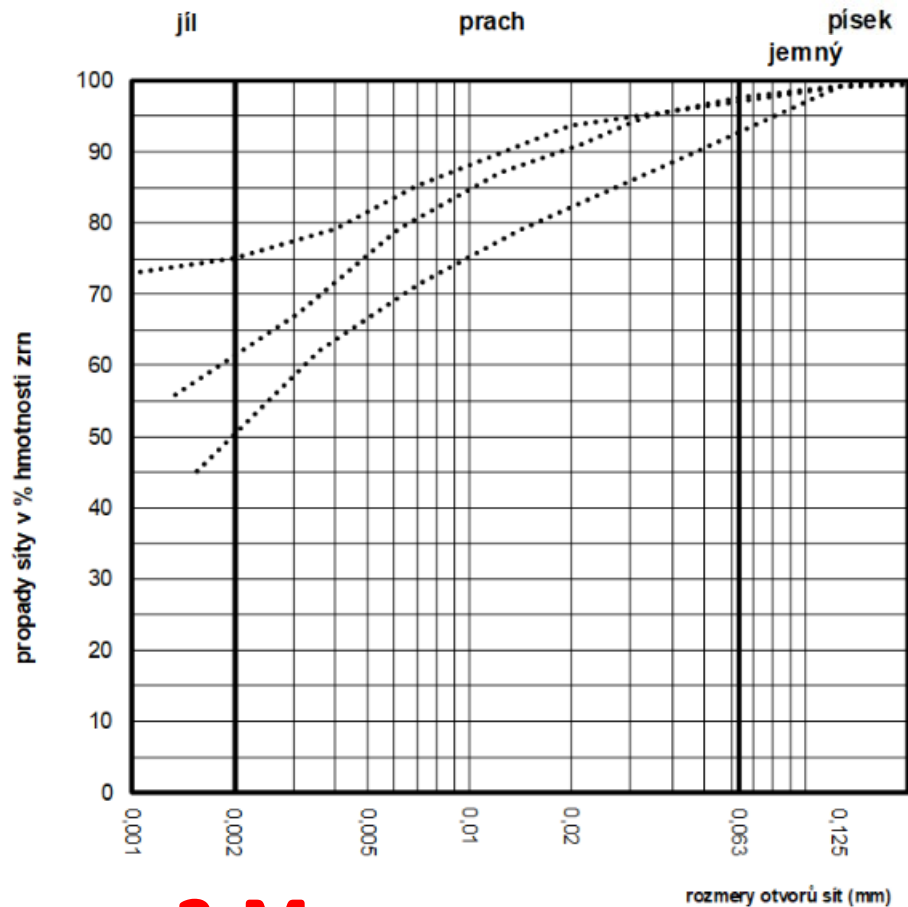
# Zhrnutie - Medz tekutosti- $w_L$

- pre „štandardné“ zeminy sú výsledky konzistentné pre obe metódy
- pre ostatné zeminy – pozor na interpretáciu a výber metódy skúšky
- výber metódy (podľa normy povinne) v protokole – ignoruje sa to
- rozdiel  $w_L$  až 63 % (214 vs. 277 % - BENT) závislý na type metódy

Výsledky - % obs. ílovej frakcie



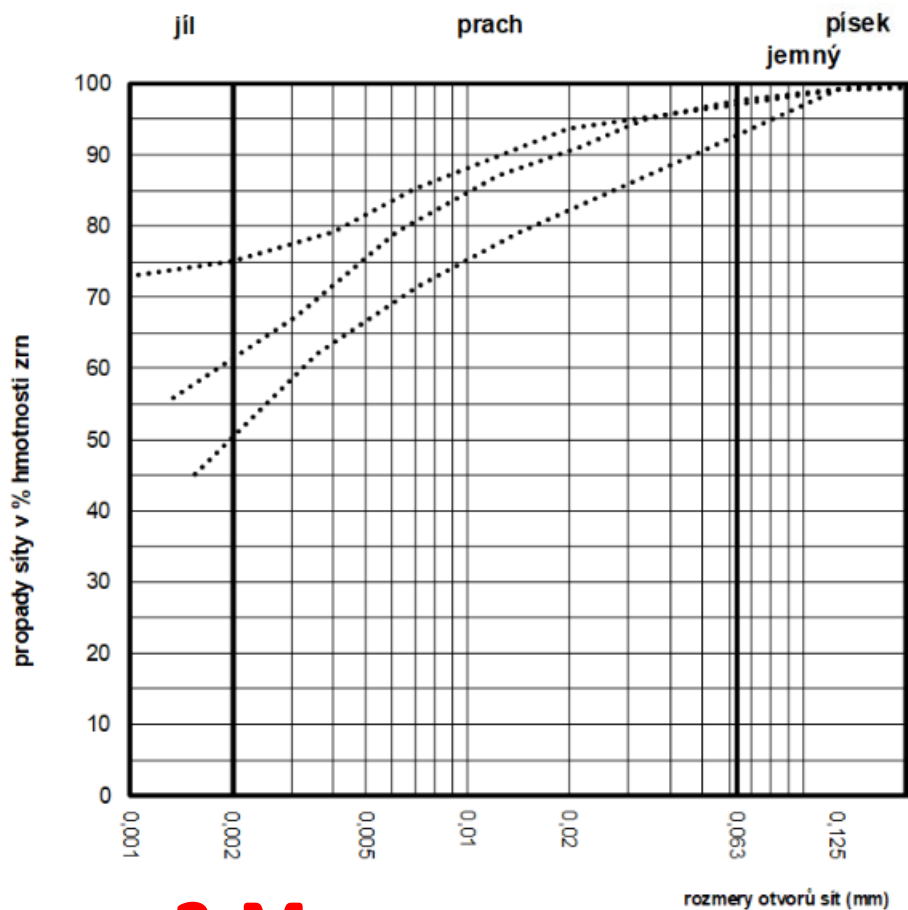
# Výsledky - % obs. ílovej frakcie



**2-M**

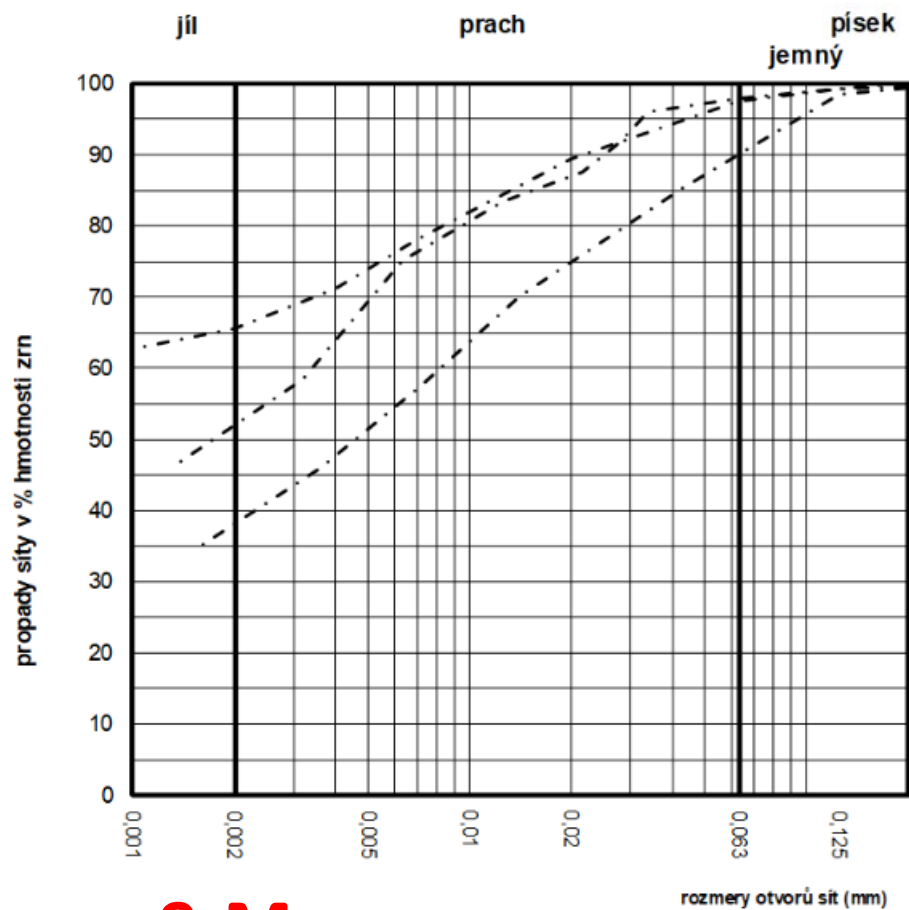
**rekonštituovaná pasta**

# Výsledky - % obs. ílovej frakcie



**2-M**

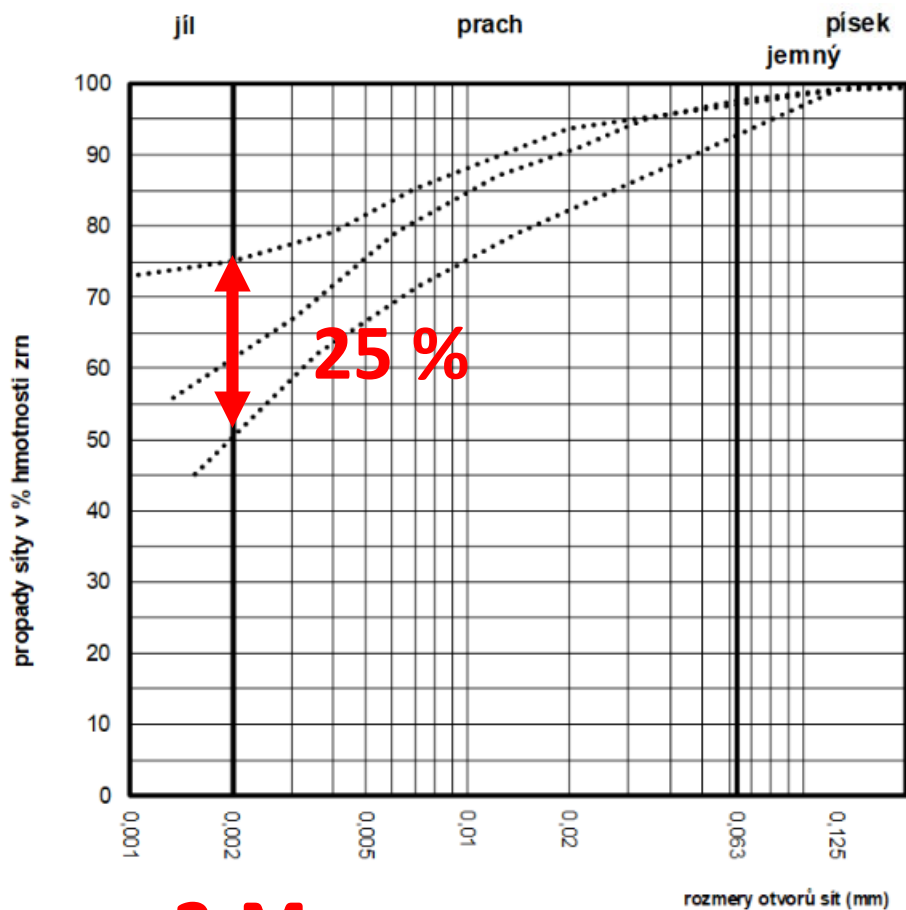
rekonštituovaná pasta



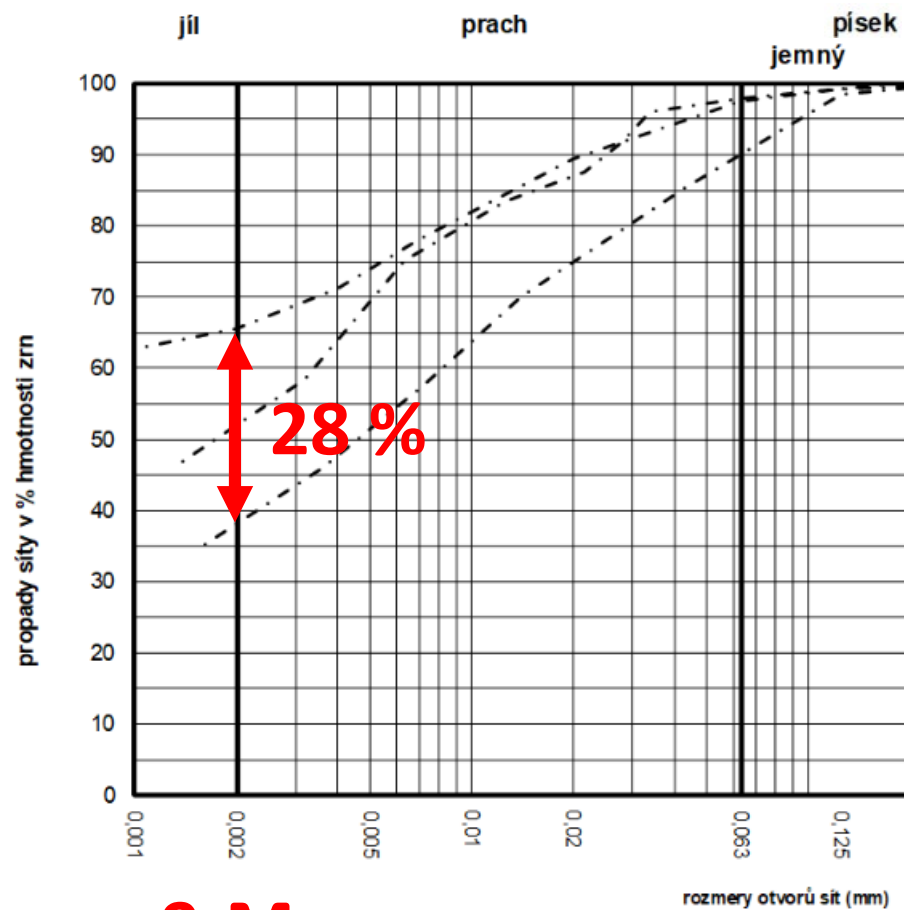
**9-M**

rekonštituovaná pasta

# Výsledky - % obs. ílovej frakcie

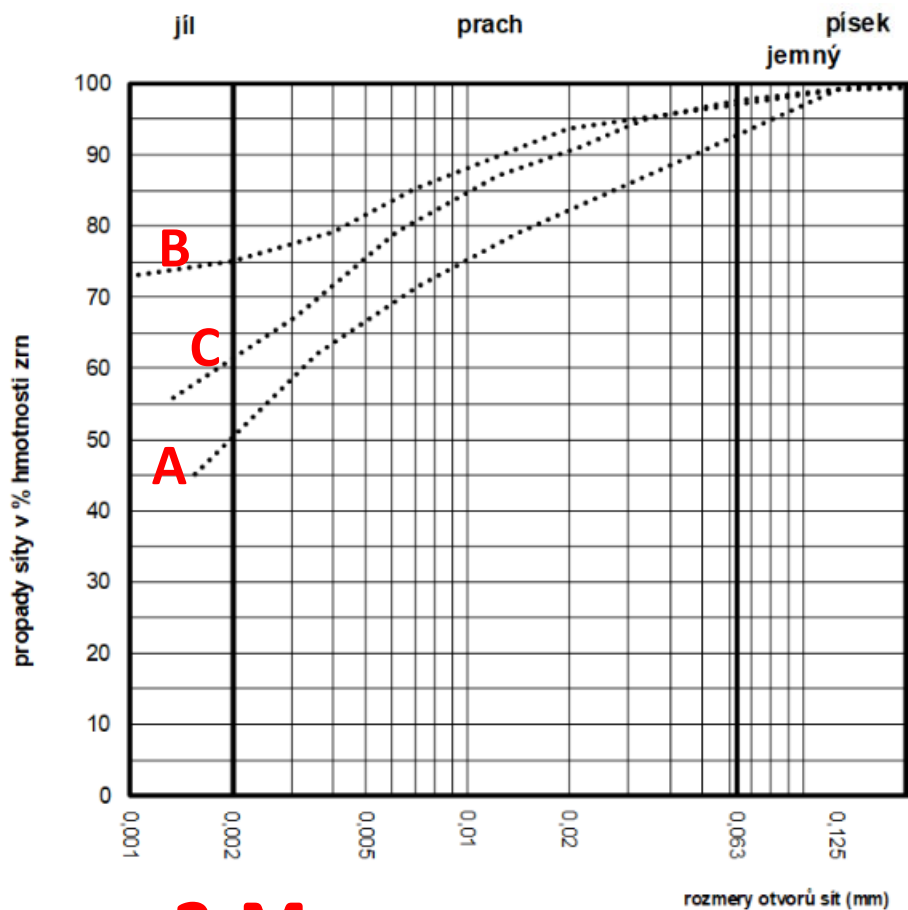


**2-M** rekonštituovaná pasta



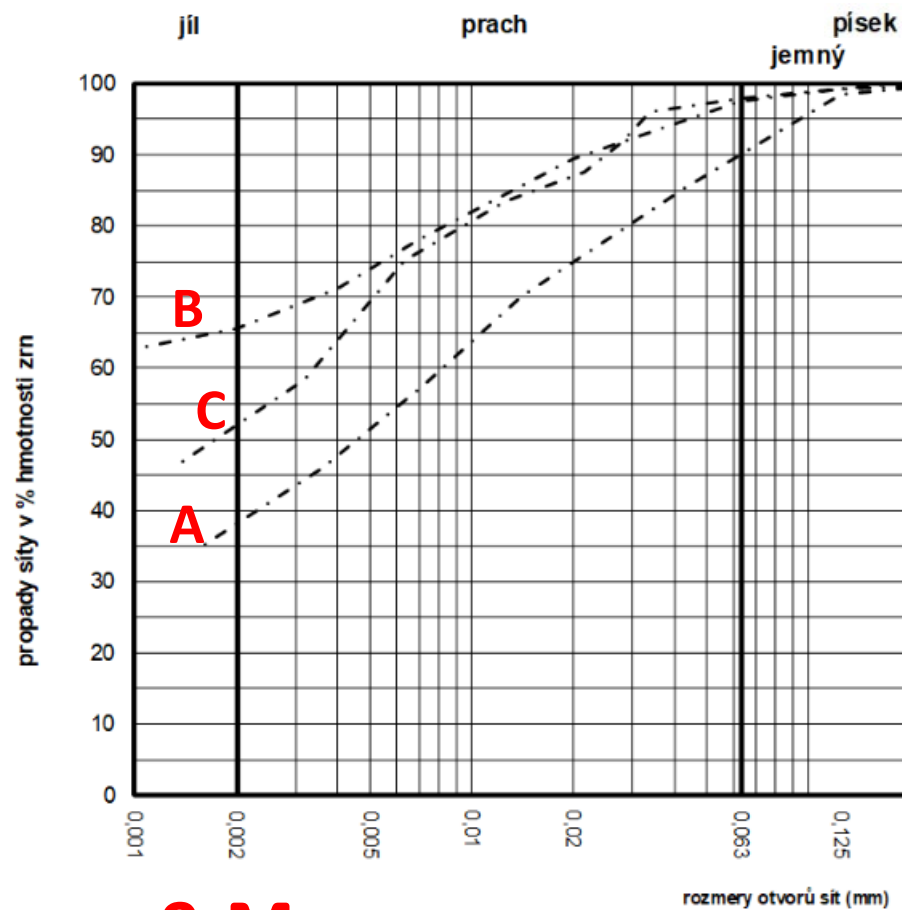
**9-M** rekonštituovaná pasta

# Výsledky - % obs. ílovej frakcie



**2-M**

rekonštituovaná pasta



**9-M**

rekonštituovaná pasta

# Zhrnutie - % obs. ílovej frakcie

Možné zdroje chýb:

- príprava vzorky - nedokonale rozmiešaný materiál ??
- chyby pri hustomernej skúške (kalib. hustomeru, oprava na teplotu)
- vyhodnotenie skúšky je náročné

**Informácie z krivky zrnitosti sa premietajú do všetkých mechanických vlastností zemín – chybné výsledky skresľujú predbežnú predstavu inžinierskeho geológa o mechanickom chovaní zeminy, o jej priepustnosti alebo o jej šmykovej pevnosti.**



INSTITUTE OF HYDROGEOLOGY  
ENGINEERING GEOLOGY  
AND APPLIED GEOPHYSICS

# Výsledky – Kritická pevnost



# Výsledky – Kritická pevnosť

Vzorka:	9-M
$\varphi'_{cr}$ Lab A-triaxiál	28,5°
$\varphi'_{cr}$ autori-triaxiál	26,5°
$\varphi'_{cr}$ Lab A-krabica	25°
* $\varphi'_{cr}$ Lab B-krabica	25°
$\varphi'_{cr}$ Lab C-krabica	23,5°

- $\Delta \varphi = 5^\circ$
- triaxiál > transl. krabica
  - poznáme z lit. (Kostkanová a Herle, 2012)
  - triax aj o viac ako  $5^\circ$  vyššia hodnota  $\varphi$
  - unikajúci materiál „odľahčí“ vrchnú krabicu, normál. napätie klesne - fiktívne zníži pevnosť



# Výsledky – Kritická pevnosť

Vzorka:	9-M
$\varphi'_{cr}$ Lab A-triaxiál	28,5°
$\varphi'_{cr}$ autori-triaxiál	26,5°
$\varphi'_{cr}$ Lab A-krabica	25°
* $\varphi'_{cr}$ Lab B-krabica	25°
$\varphi'_{cr}$ Lab C-krabica	23,5°
* $\varphi'_{cr}$ Lab B-krabica	22° 20 kPa



- $\Delta \varphi = 5^\circ$
- triaxiál > transl. krabica
  - poznáme z lit. (Kostkanová a Herle, 2012)
  - triax aj o viac ako  $5^\circ$  vyššia hodnota  $\varphi$
  - unikajúci materiál „odľahčí“ vrchnú krabicu, normál. napätie klesne - fiktívne zníži pevnosť
- **výsledok Lab B:  $\varphi = 22^\circ$   $c = 20$  kPa \***





# Výsledky – Kritická pevnosť

Vzorka:	9-M
$\varphi'_{cr}$ Lab A-triaxiál	28,5°
$\varphi'_{cr}$ autori-triaxiál	26,5°
$\varphi'_{cr}$ Lab A-krabica	25°
* $\varphi'_{cr}$ Lab B-krabica	25°
$\varphi'_{cr}$ Lab C-krabica	23,5°
<hr/>	
* $\varphi'_{cr}$ Lab B-krabica	22° 20 kPa
<hr/>	
$\varphi'_{cr}$ odhad (1)	28°
$\varphi'_{cr}$ odhad (2)	28,5°
$\varphi'_{cr}$ odhad (3)	26°
<b>priemer odhadov</b>	<b>27,5°</b>

- $\Delta \varphi = 5^\circ$
- triaxiál > transl. krabica
  - poznáme z lit. (Kostkanová a Herle, 2012)
  - triax aj o viac ako 5° vyššia hodnota  $\varphi$
  - unikajúci materiál „odľahčí“ vrchnú krabicu, normál. napätie klesne - fiktívne zníži pevnosť
- výsledok Lab B:  $\varphi = 22^\circ$   $c = 20$  kPa \*
- porovnanie s odhadmi z literatúry



INSTITUTE OF HYDROGEOLOGY  
ENGINEERING GEOLOGY  
AND APPLIED GEOPHYSICS

# Výsledky – Reziduálna pevnosť



# Výsledky – Reziduálna pevnosť

Vzorka:	9-M
* $\varphi'_r$ Lab B-krabica	15°
$\varphi'_r$ Lab A-rotač	10°
$\varphi'_r$ autori-rotač	9°

- $\Delta \varphi = 6^\circ$ ,  $\Delta \varphi$  rotač. =  $1^\circ$
- rotačný šm. prístroj < transl. krabica
  - poznáme z lit. (Vithana et al., 2011)
  - transl. kr. až 1,9 násobne vyššia hodnota ako rotačný šm. prístroj
  - nedostatečné usporiadanie zrn v smere šmyku



# Výsledky – Reziduálna pevnosť

Vzorka:	9-M
* $\varphi'_r$ Lab B-krabica	15°
$\varphi'_r$ Lab A-rotač	10°
$\varphi'_r$ autori-rotač	9°
* $\varphi'_r$ Lab B-krabica	11° 20 kPa



- $\Delta \varphi = 6^\circ$ ,  $\Delta \varphi$  rotač. =  $1^\circ$
- rotačný šm. prístroj < transl. krabica  
- poznáme z lit. (Vithana et al., 2011)  
- transl. kr. až 1,9 násobne vyššia hodnota ako rotačný šm. prístroj  
- nedostatečné usporiadanie zrn v smere šmyku
- **výsledok Lab B:  $\varphi = 11^\circ$   $c = 20$  kPa \***

# Zhrnutie – Pevnosť

- **Kritická pevnosť:** triaxiál presnejší ako translačná krabica – traslačná krabica podhodnocuje kritickú pevnosť – nebezpečná strana od správneho výsledku
- **Reziduálna pevnosť:** rotačný prístroj presnejší ako translačná krabica – translačná krabica nadhodnocuje reziduálnu pevnosť – neekonomická strana od správneho výsledku

# Naše ponaučenie:

## **Zásadná je komunikácia Geológ vs. Laboratórium!**

- akú zeminu skúšame
- čo sa bude stanovovať a pre aký účel
- akú metódou použiť, iné alternatívne metódy
- očakávané výsledky alebo problémy
- prípadne konzultovať hotové výsledky a možné chyby
- neveriť bezhlavo všetkým výsledkom laboratórií

Ďakujem za pozornosť