

# Metoda pulzního hydraulického štěpení hornin pro účely zefektivnění jímání podzemní vody nebo zemského tepla

H. Semíková<sup>1</sup>, O. Vaněček<sup>1</sup>, M. Vaněček<sup>1</sup>, P. Bílý<sup>1</sup>, O. Krásný<sup>2</sup>,  
M. Stibitz<sup>3</sup>, J. Vintera<sup>4</sup>, J. Pacovský<sup>5</sup>



ISATech s.r.o.<sup>®</sup>  
*Industrial Safety Assessment Technicians*

**Sídlo:** S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice

**Kontaktní adresa:** Osadní 26, 170 00 Prague 7

**Tel.:** +420 220 878 920

**Fax:** +420 266 711 901

**E-mail:** isatech@isatech.cz;  
hsemikova@isatech.cz

<sup>2</sup>ARCADIS CZ a.s., Geologická 988/4, Praha

<sup>3</sup>GEOMEDIA s.r.o., Hornokrčská 707, Praha

<sup>4</sup>SUBTERRA a.s., Koželužská 2246/5, Praha

<sup>5</sup>České vysoké učení technické v Praze



# Obsah

- **Úvod**
- **Cíle projektu**
- **Laboratorní zkoušky**
- **Zkoušky v in-situ**
- **Výsledky**



# Úvod

## Projekt STIROMAS:

STimulation of ROck MASSif to establish a fracture reservoir for capture of geothermal energy in the hot-dry-rock system

- Délka trvání: 2010 – 2014
- Využití geotermální energie je možné pouze v oblastech, v nichž přirozený výskyt tepla, voda a **propustnost** horninového prostředí poskytují vhodné podmínky
- Propustnost může být zvýšena pomocí vhánění studené tlakové vody vrtem do horninového prostředí (hydraulické štěpení)
- Zaměřen na zvýšení horninové propustnosti pomocí nově upravené metody hydraulického štěpení.

Projekt FR-TI3/523 byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu.



# Cíle projektu

- **Ověřit použitelnost metody pulzního buzení tlaku v rámci hydraulického štěpení**
  - porovnání účinnosti pulzu s běžně používaným lineárním tlakem
  - vymezení tlaků nutné k rozvolnění konkrétních horninových typů
  - stanovení vztahu mezi výsledky laboratorního měření a tlaku potřebným pro rozvolnění horniny in-situ
  - modelování a předpovídání hydraulického štěpení do horninového prostředí



# Zjednodušené schéma projektu





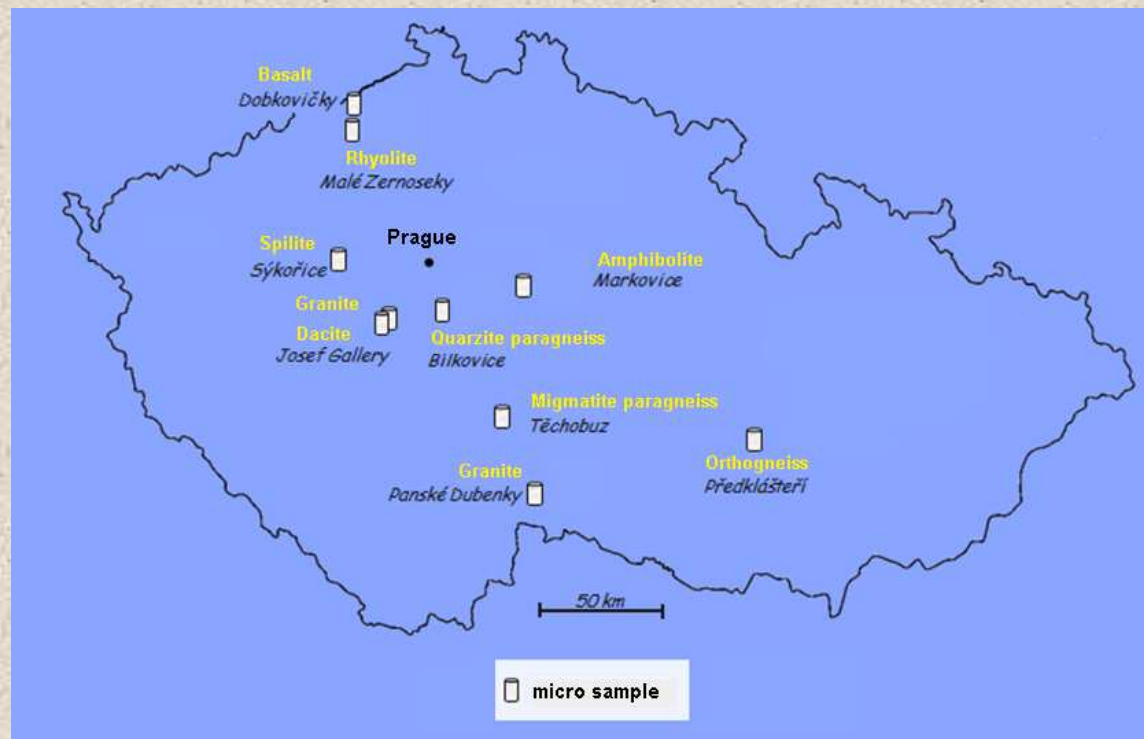
# Výběr horninových typů

Typy hornin	Lokalita
<b>Metamorfní horniny</b>	
Pararula kvarcitická	Těchobuz
Pararula migmatická	Bílkovice
Spilit	Sýkořice
Ortorula	Předklášteří
Amfibolit	Markovice

<b>Magmatické horniny</b>	
Granit	Mokrsko - Josef gallery
Granit	Panské Dubenky

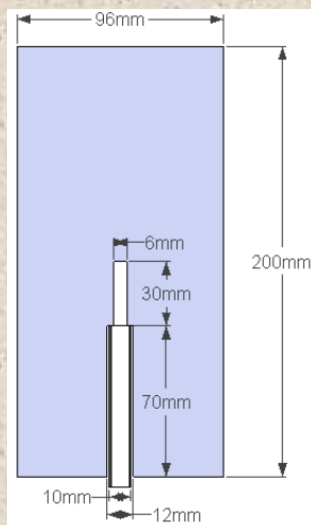
<b>Vulkanické horniny</b>	
Ryolit	Malé Žernoseky
Bazalt	Dobkovičky
Dacit	Mokrsko- Josef gallery

<b>Referenční vzorek</b>	
Beton C30/37	



# Laboratory zkoušky

- **Laboratorní zařízení pro pulzní/lineární HF**
  - Skládá se z: hydraulický agregát,  
řídící a napájecí centrum,  
zdroj vody  
komora
- **Mikrovzorek: válec 200x96 mm**



# Laboratorní zkoušky

- **Technické parametry:**
  - **Hydraulický tlak do 49 MPa**
  - **Simulace geostatického napětí do 12,5 MPa**

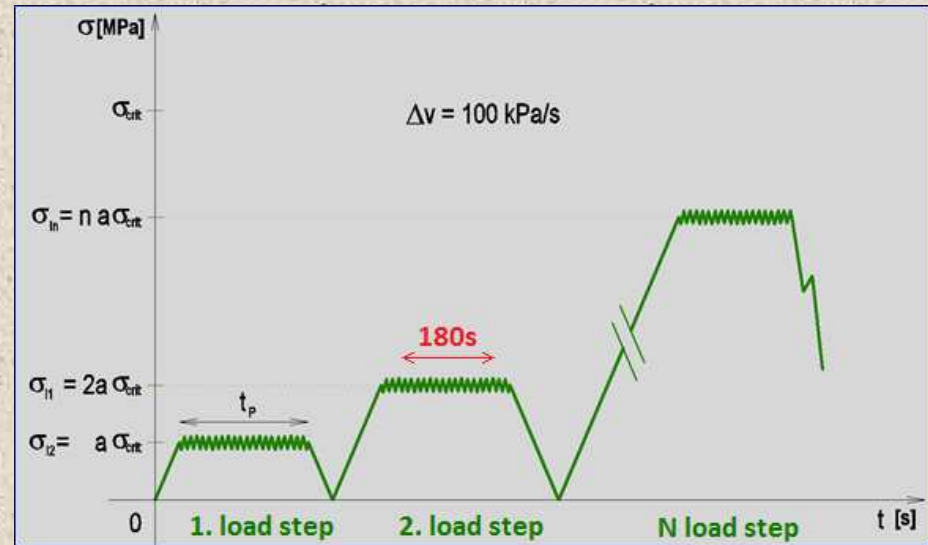
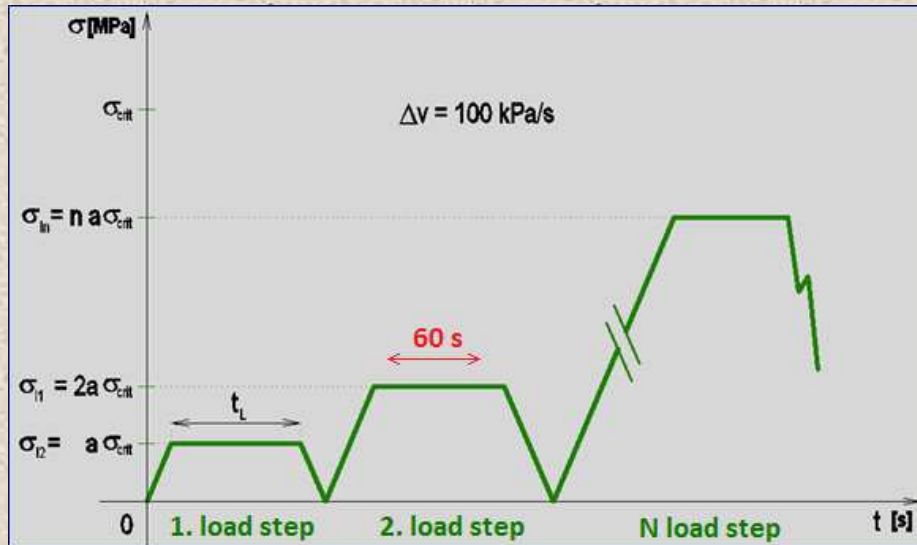
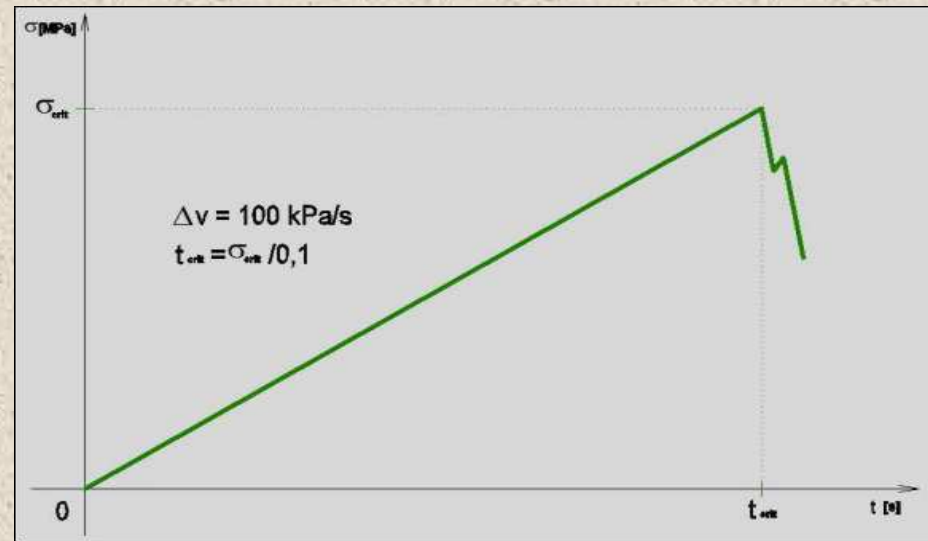




# Laboratorní zkoušky

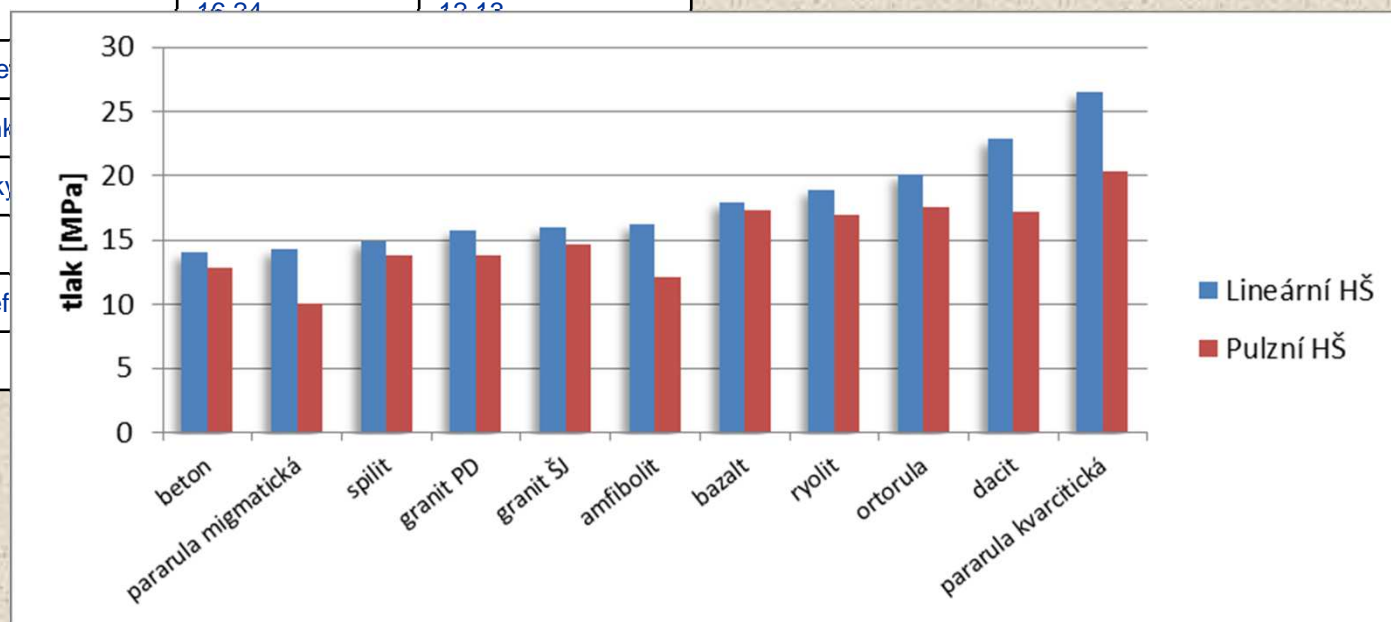
- **Hydraulické štěpení**

- 1. úvodní zkouška k kritického tlaku
- 2. Lineární hydraulické štěpení
- 3. Pulzní hydraulické štěpení s frekvencí pulzu 1 Hz



# Laboratorní zkoušky

Typy hornin	Odběrová lokalita	Kritické tlaky [MPa]	
		Lineární HŠ	Pulzní HŠ
Pararula kvarcitická	Těchobuz	26,50	20,28
Pararula migmatická	Bílkovice	14,27	10,02
Spilit	Sýkořice	14,91	13,77
Ortorula	Předklášteří	20,12	17,60
Amfibolit	Markovice	16,24	12,12
Granit	Mokrsko - Josef		
Granit	Panské Dubenky		
Ryolit	Malé Žernoseky		
Bazalt	Dobkovičky		
Dacit	Mokrsko- Josef		
Beton			



# Laboratorní zkoušky



**split**



**ryolit**



**amfibolit**

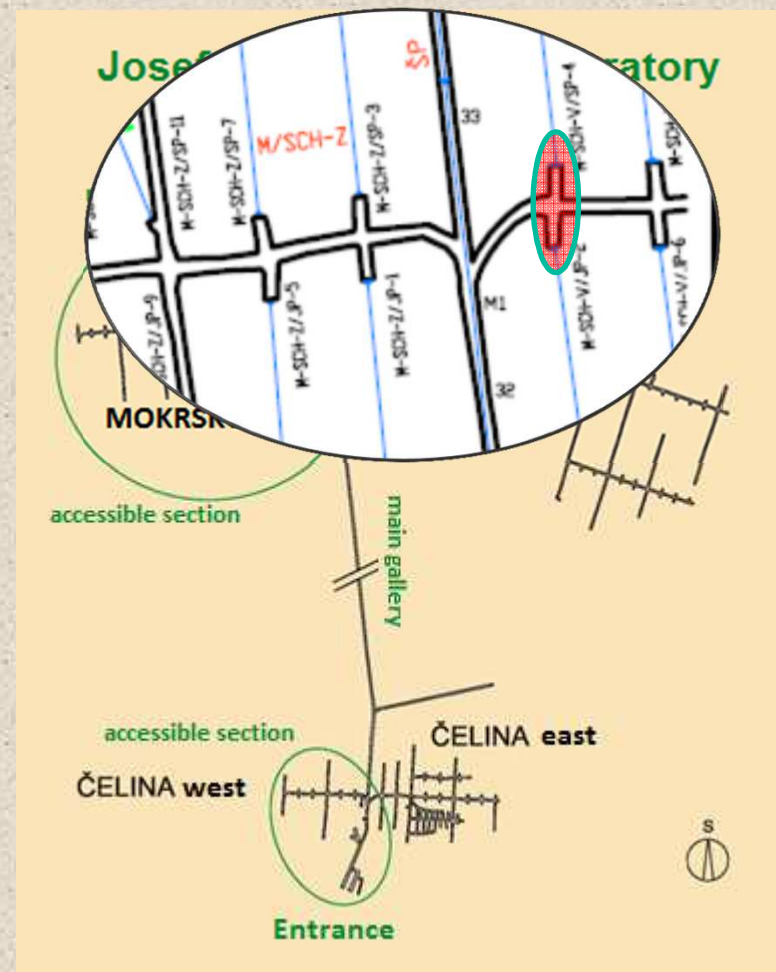


**granit (Josef)**



# In-situ zkoušky

- Podzemní laboratoř Josef
- Mokrsko Východ, rozrážka SP-4
- Dacit
- Nadloží 90-110 m





# In-situ zkoušky

- Realizováno 5 horizontálních vrtů: centrální ST-2 o délce 10 m a 4 monitorovací vrty ( ST-1, ST-3 a ST-4 o délce 5 m, ST-5 o délce 10m)
- Geologická dokumentace vrtných jader
- Karotážní měření: inklinometrie, akustický televizor
- Optická vrtná kamera
- Vodní tlakové zkoušky



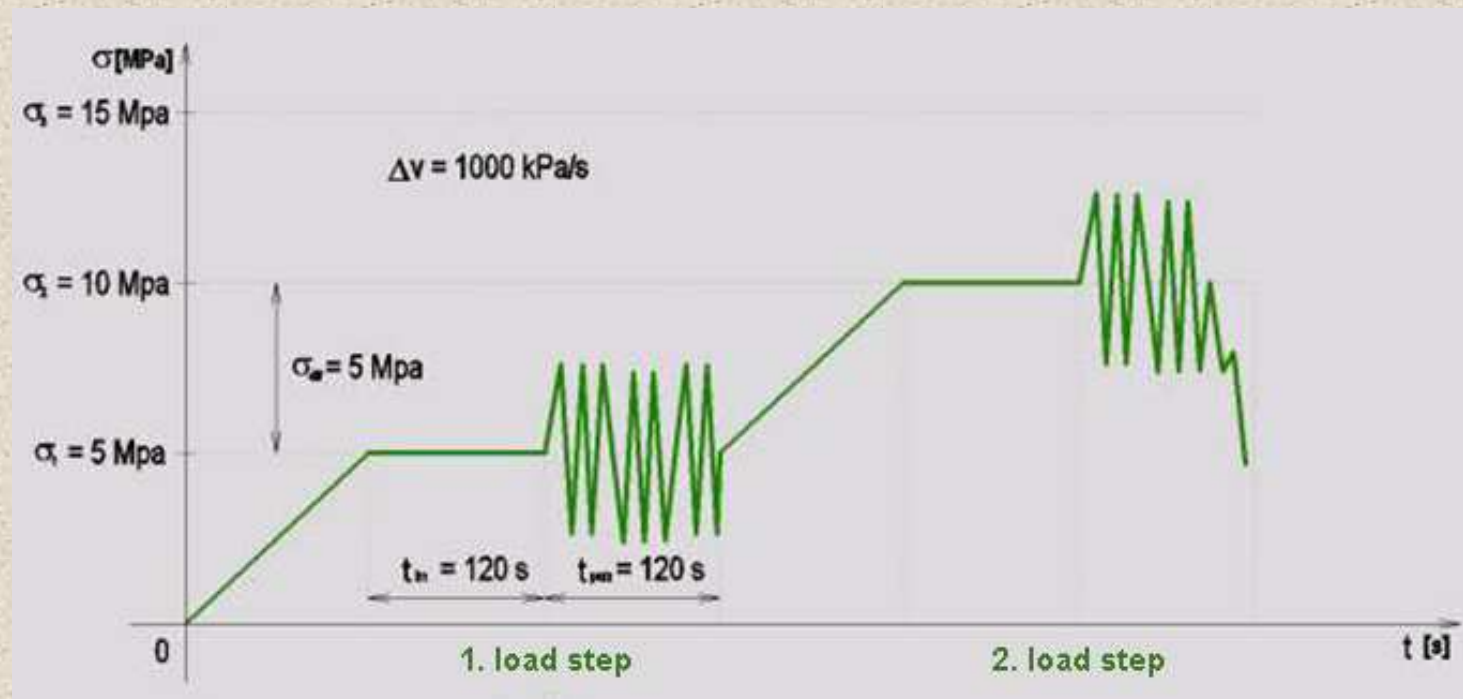
# In-situ zkoušky

- In-situ zařízení pro pulzní/lineární HF:
  - Lineární tlak do 30 MPa
  - Variabilní pulzní frekvence do 10 Hz
  - Amplituda cca 7 MPa



# In-situ zkoušky

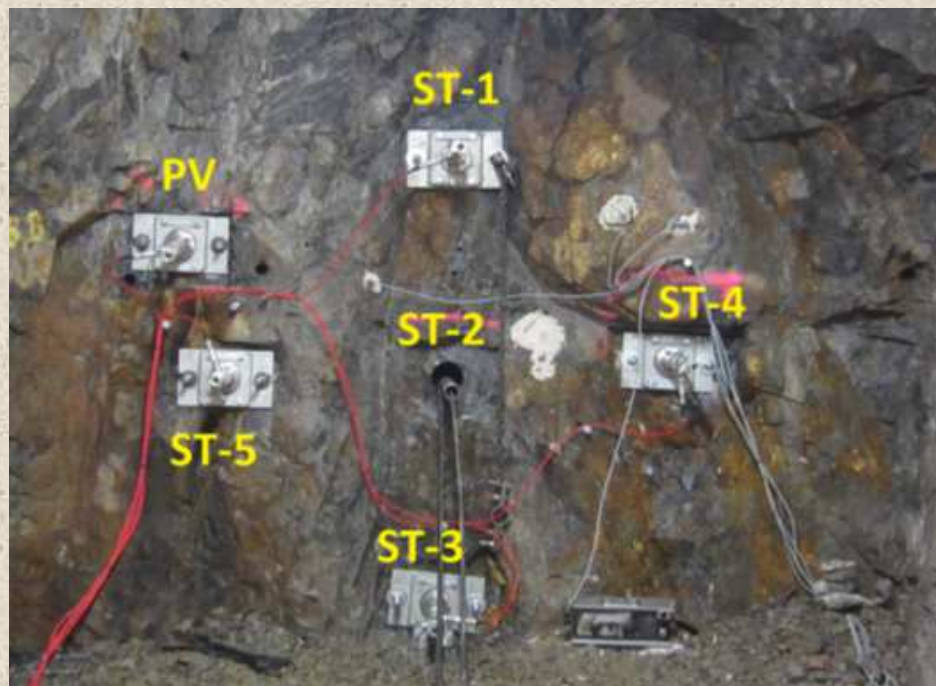
- Metodika





# In-situ zkoušky

- 5 monitorovacích vrtů bylo utěsněno nově vyvinutými pakry s měřením tlaku
- Pro hydraulické štěpící zkoušky vyvinut dvojitý pakr s intervalem 0,25 m s měřením tlaku, teploty a průtoku





# In-situ zkoušky

- Intervaly vhodné k hydraulickému štěpení (tj. s nízkou propustností a četností poruch) v hloubce:

4,2 – 5,8 m

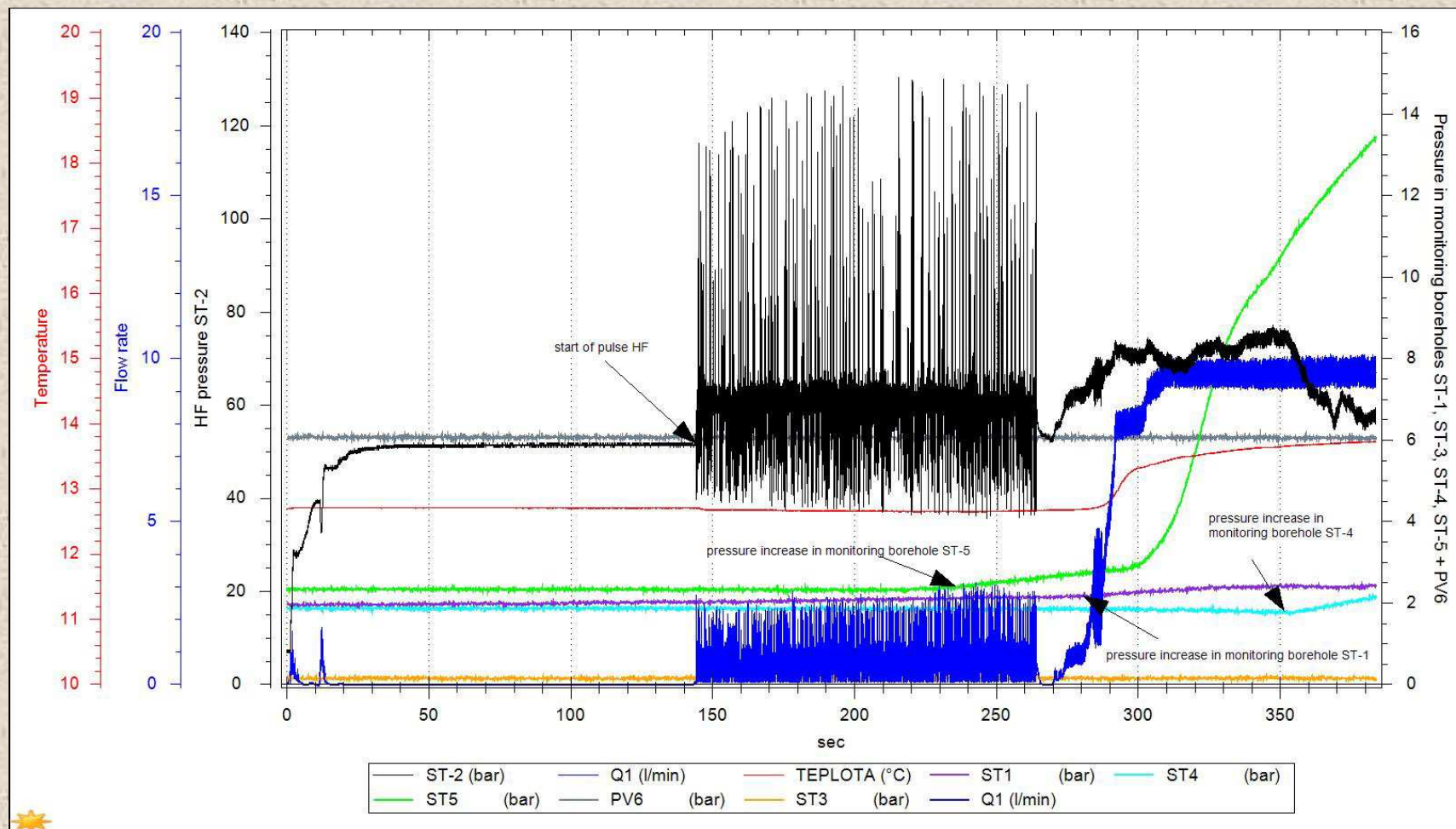
7,4 – 8,2 m

Hydraulické štěpcí zkoušky provedeny v hloubce:

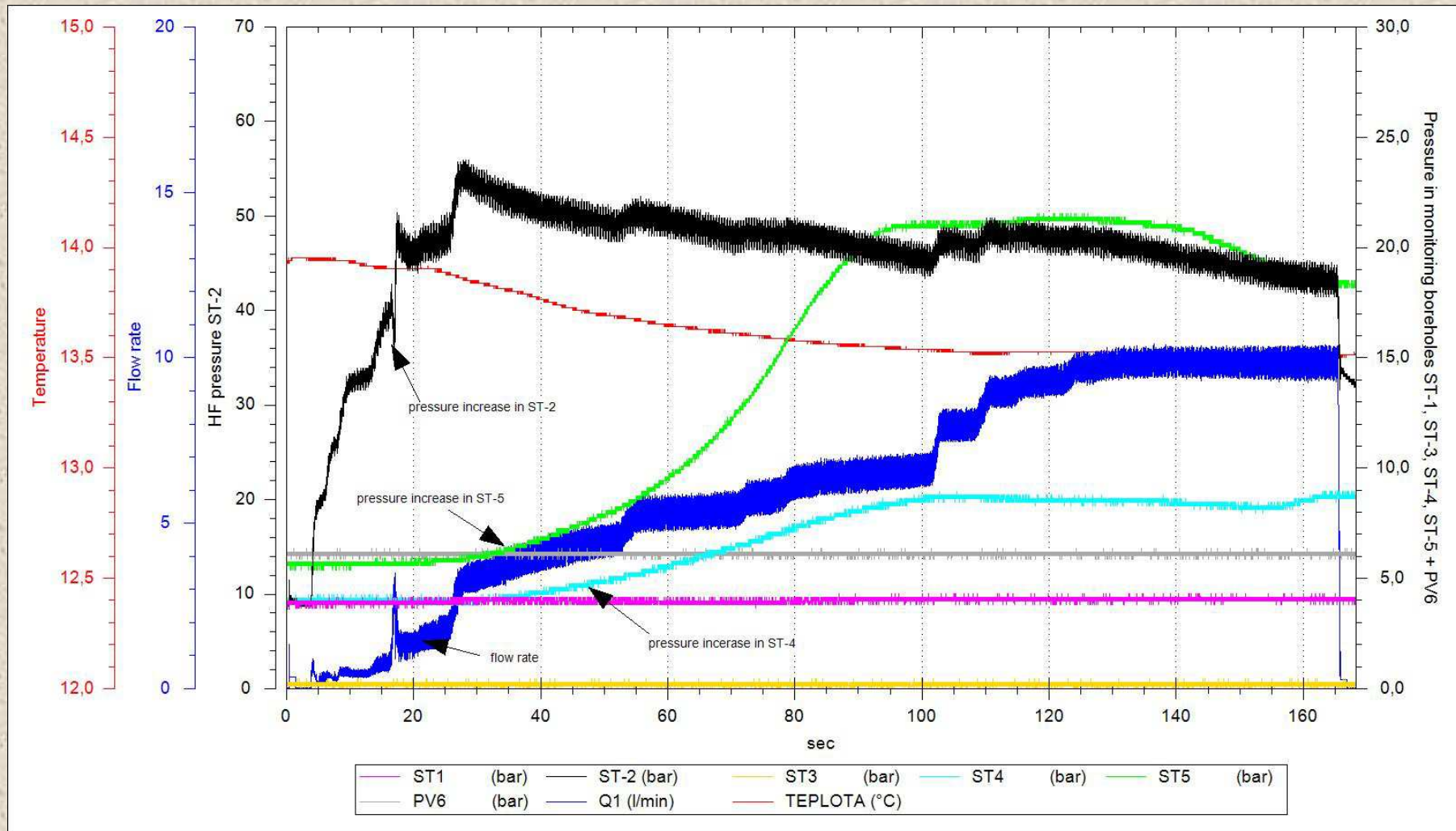
- 4,4 m
- Ověřovací zkoušky 4,4 m
- 7,8 m



# In-situ zkoušky

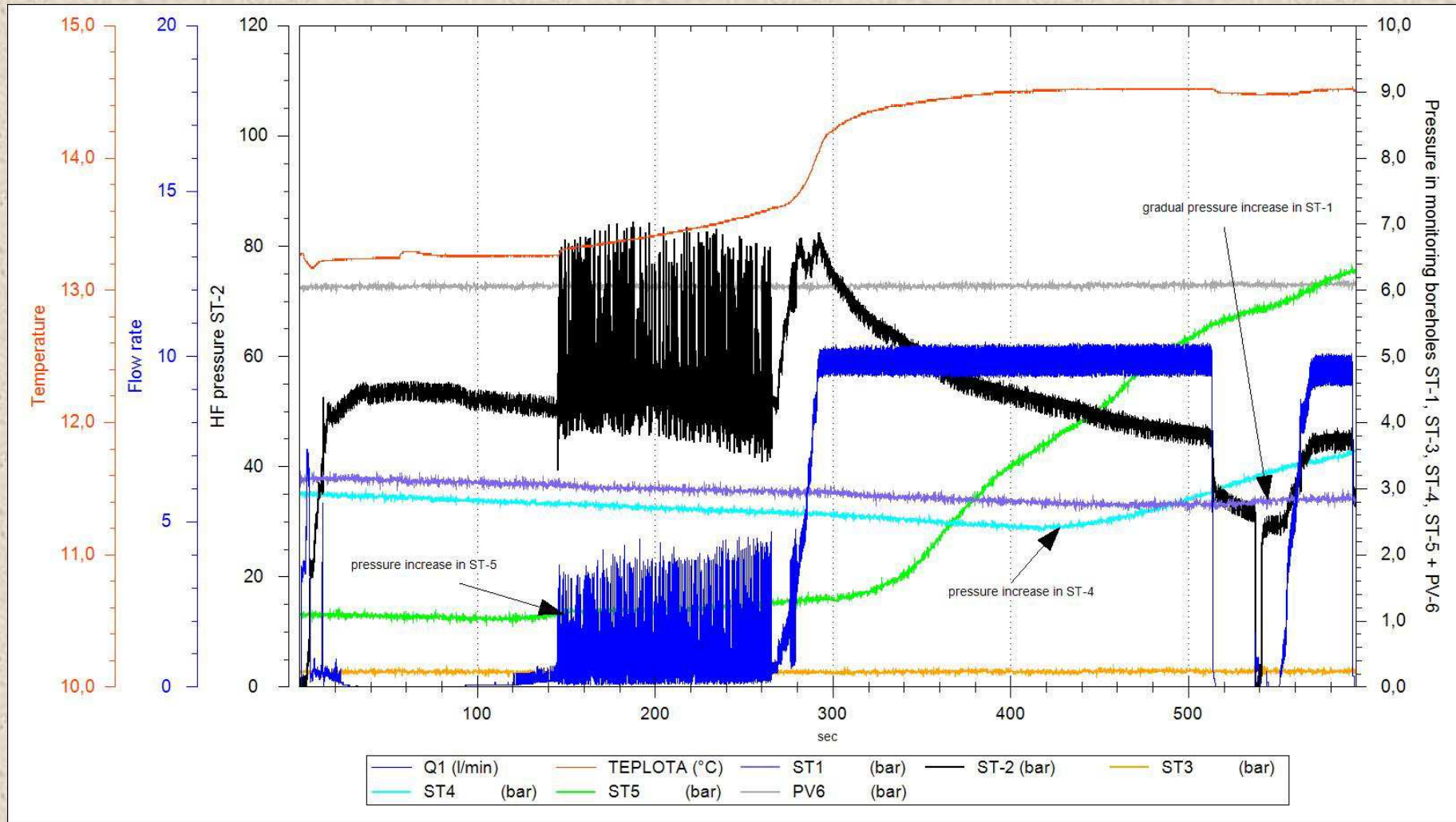


# In-situ zkoušky

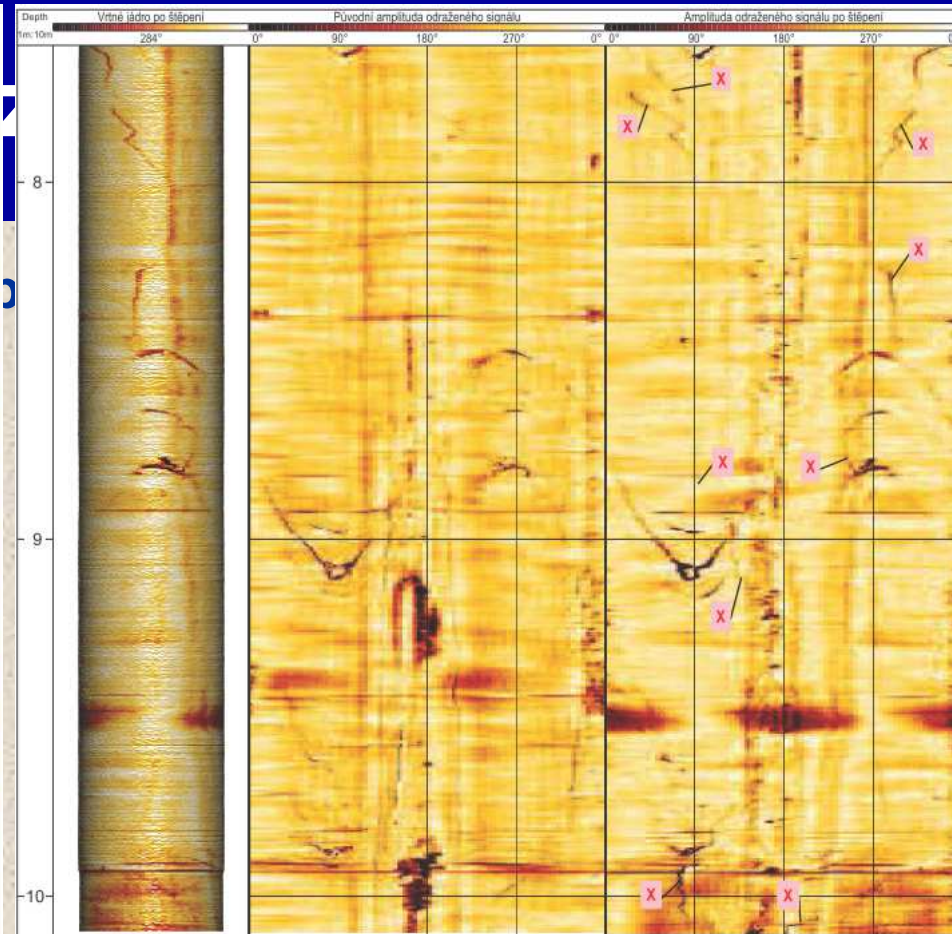
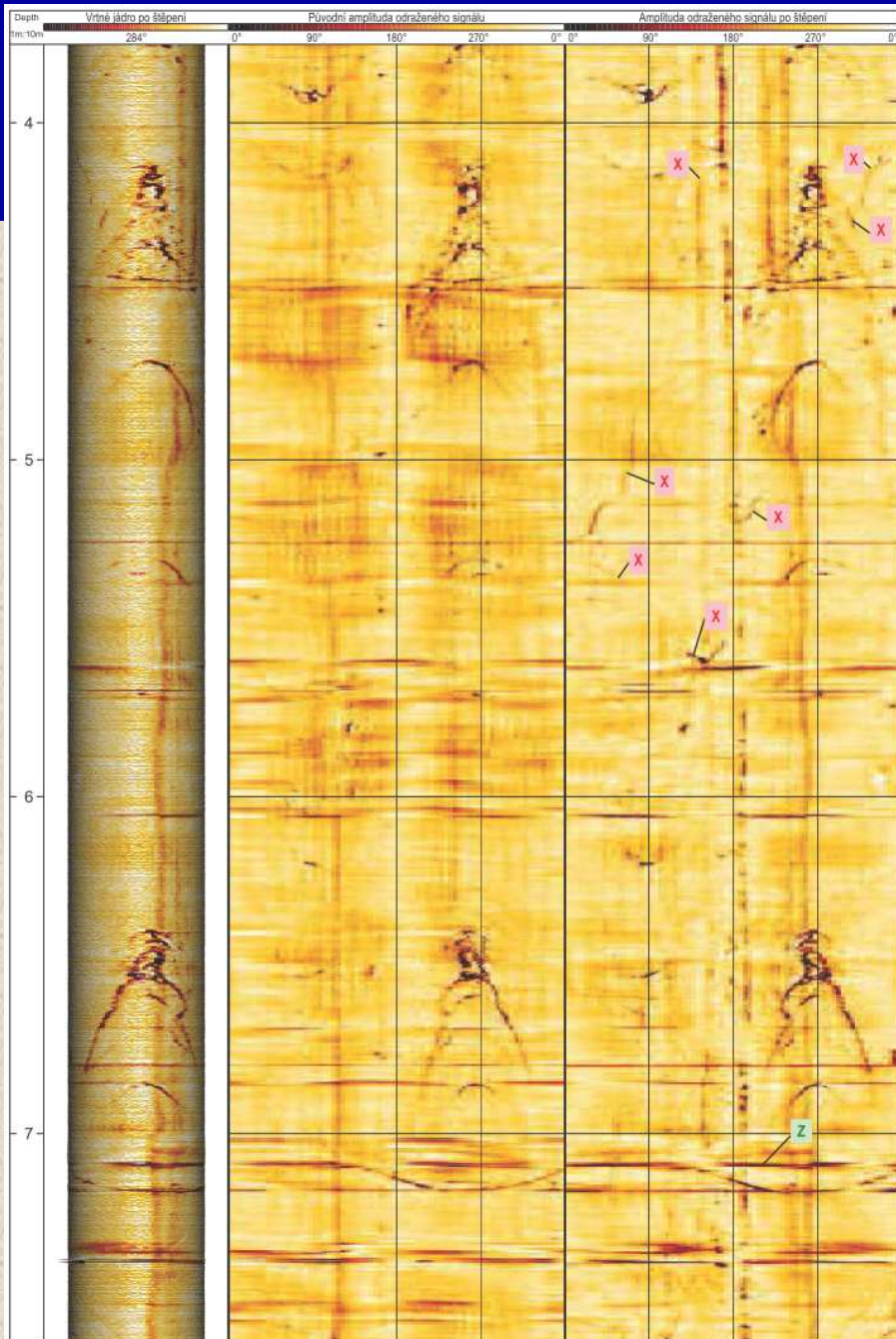




# In-situ zkoušky

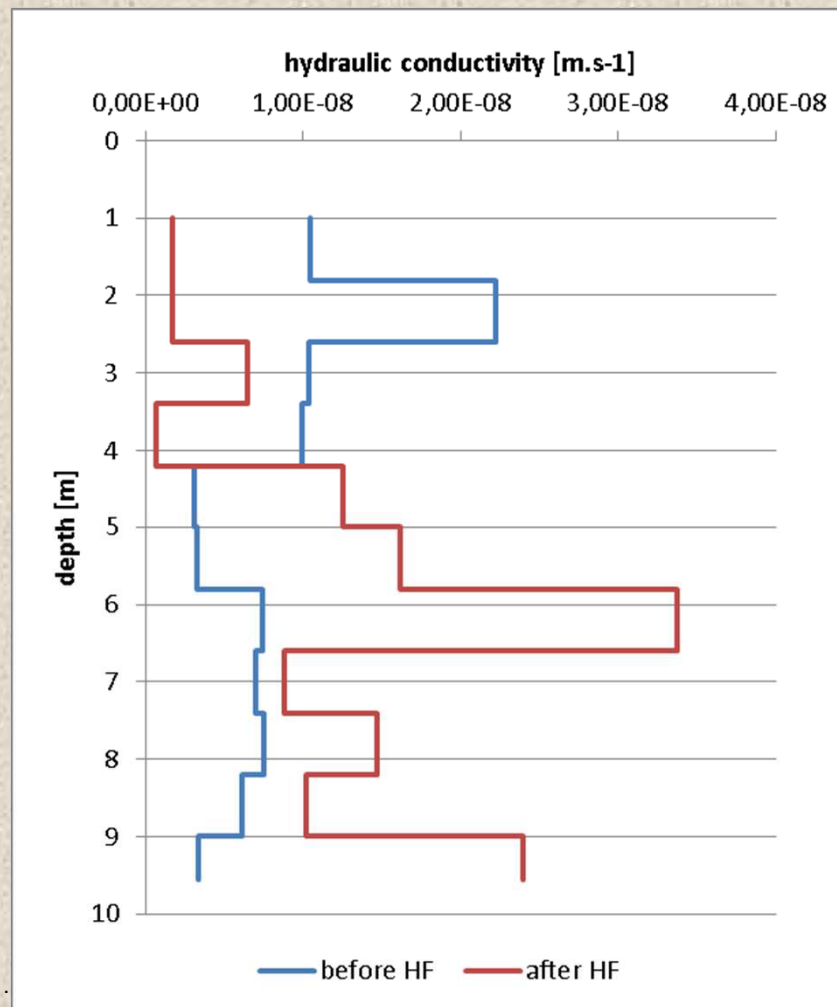






# In-situ zkoušky

- Propustnost získaná provedením intervalových vodních tlakových zkoušek před a po hydraulickém štěpení ve vrtu ST-2





# Výsledky

- Pulzní hydraulické štěpení
  - porovnání účinnost pulzu s běžně používaným lineárním tlakem
  - **na základě statistického zhodnocení jsou v průměru u všech geotypů pulzní kritické tlaky o 19 % nižší než lineární kritické tlaky**
  - vymezení tlaky nutné k rozvolnění konkrétních horninových typů
  - **určeny lineární a pulzní kritické tlaky pro 10 horninových typů a beton**
  - stanovení vztahu mezi výsledky laboratorního měření a tlaku potřebným pro rozvolnění horniny in-situ
  - **úspěšná realizace in-situ štěpících zkoušek, další výzkum pro upřesnění vztahu je nutný**





**Děkuji Vám  
za pozornost**

