



Fakulta stavební ČVUT v Praze, katedra geotechniky

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

# HAVÁRIE PŘI RAŽBĚ KOLEKTORU VODIČKOVA V PRAZE

TD 3 - 11/2010

CTA ITA/AITES

# **Přehled devíti očividných neúspěchů podzemního stavitelství v ČR po roce 1990**

- **Zřícení východního portálu tunelu Hřebeč (1995)**
- **Havárie primárního ostění tunelu Březno (ražba Perforex – 2003, doražba NRTM – 2004)**
- **Havárie primárního ostění kolektoru Vodičkova (2005)**
- **Havárie primárního ostění tunelu Jablunkov (první – 4/2008, druhá – 11/2009)**
- **Havárie primárního ostění tunelu Blanka v úseku Královská obora (první – 5/2008, druhá – 10/2008)**
- **Havárie primárního ostění tunelu Blanka v úseku Myslbekova (třetí – 7/2010)**

1. Hřebeč - 1995



1. Březno - 2003



2. Jablunkov - 2009



3. Blanka - 7/2010





2. Březno - 2004



1. Jablunkov - 2008



1. Blanka - 4/2008



2. Blanka - 10/2008

# Praha - Kolektor Vodičkova 1/2005

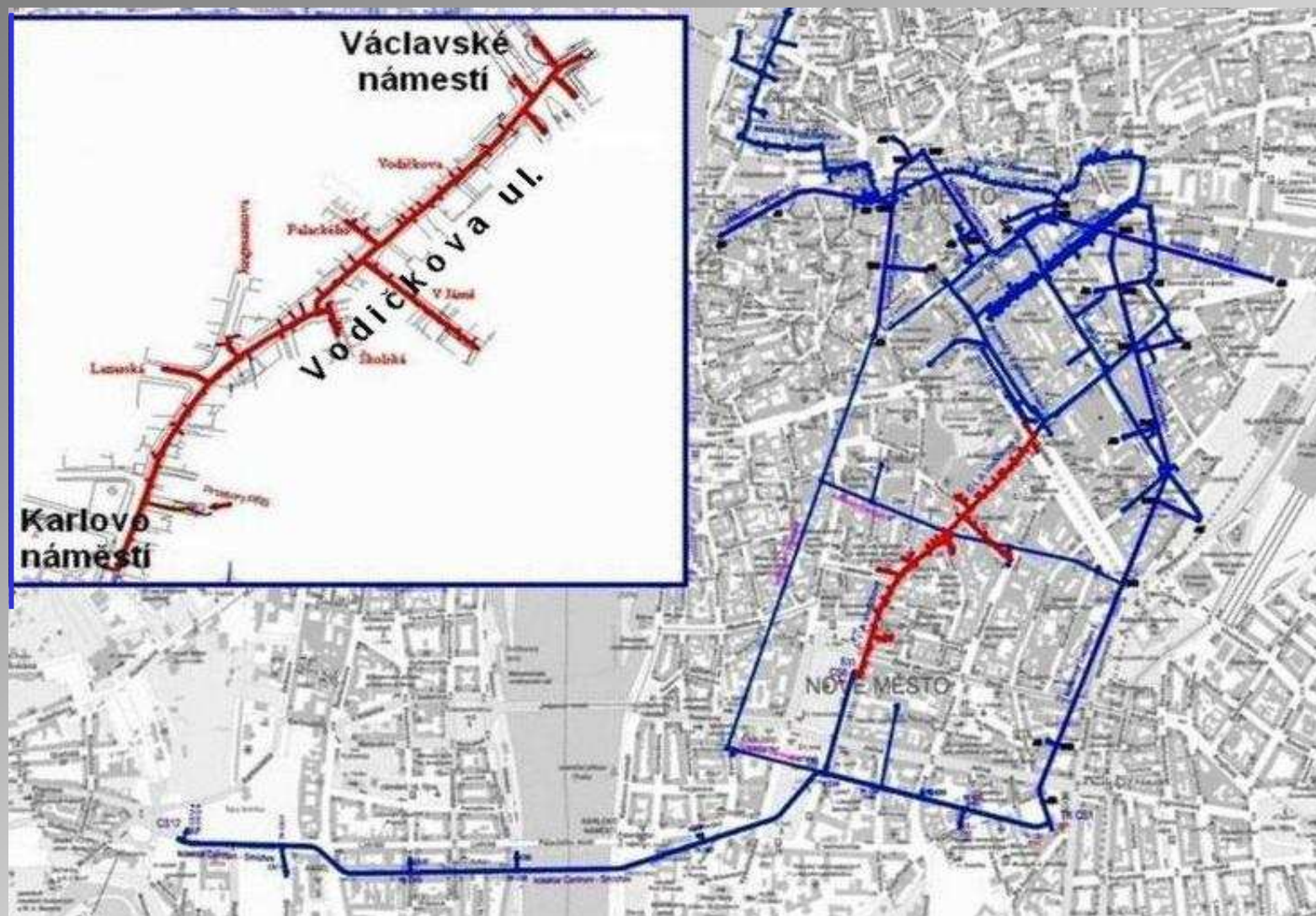


# Osnova přednášky

- **Podmínky ražby kolektoru Vodičkova.**
- **Popis průběhu havárie.**
- **Monitoring v průběhu ražby.**
- **Příčiny havárie kolektoru.**
- **Poučení pro další ražby v obdobných podmínkách.**

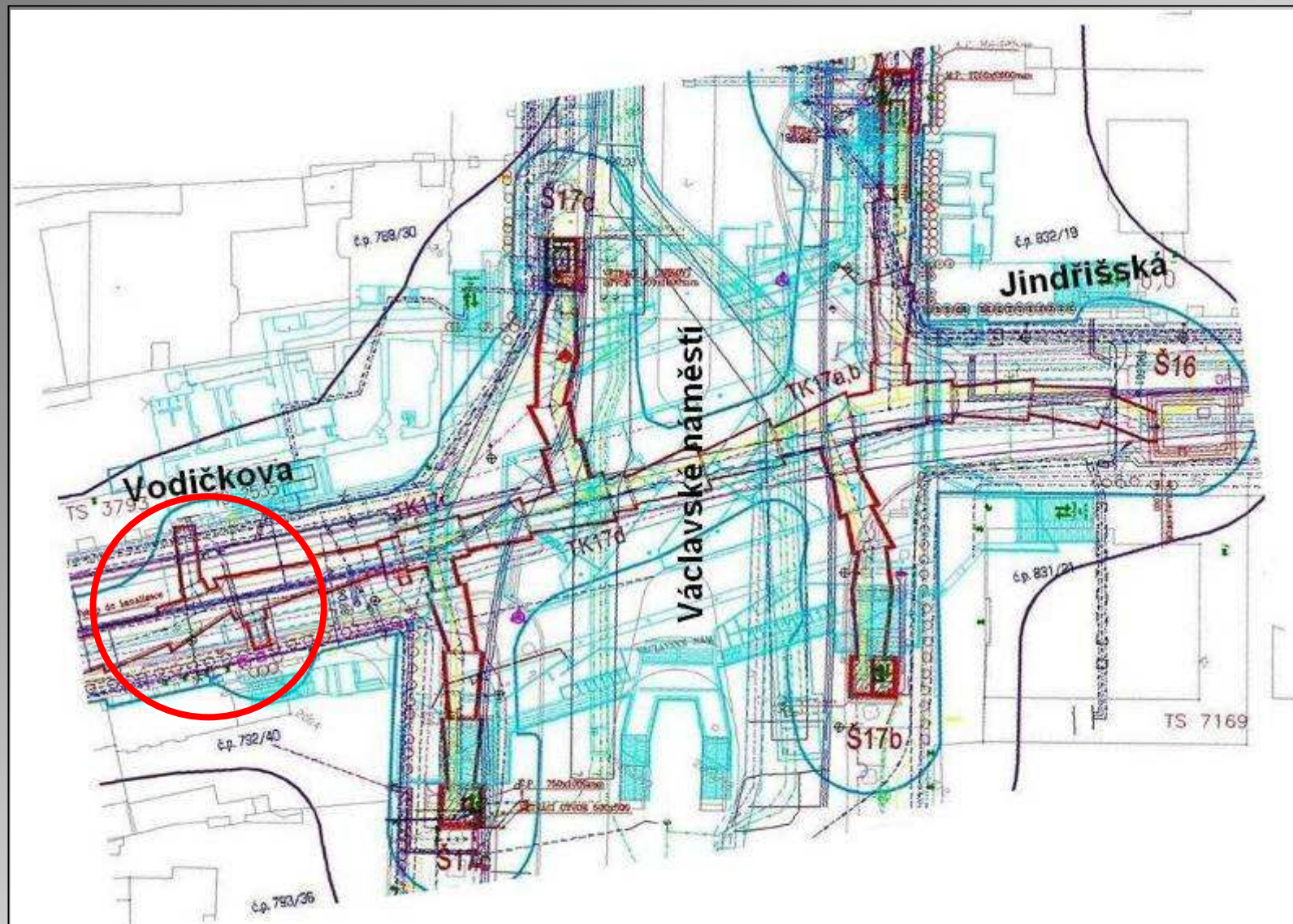
**Podmínky ražby  
kolektoru Vodičkova  
v Praze 1**

# Situace kolektoru Vodičkova





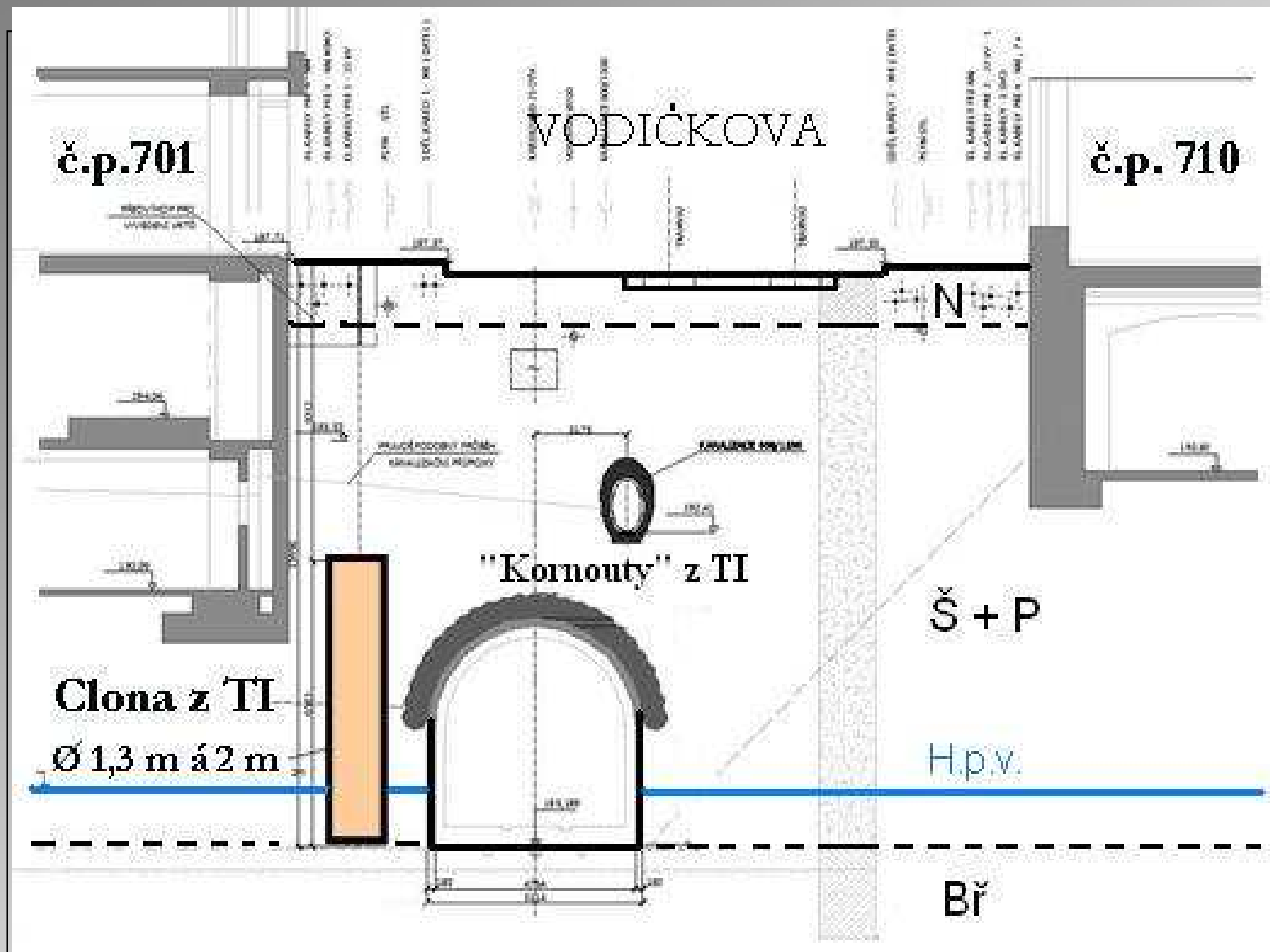
# Situace kolektoru - detail



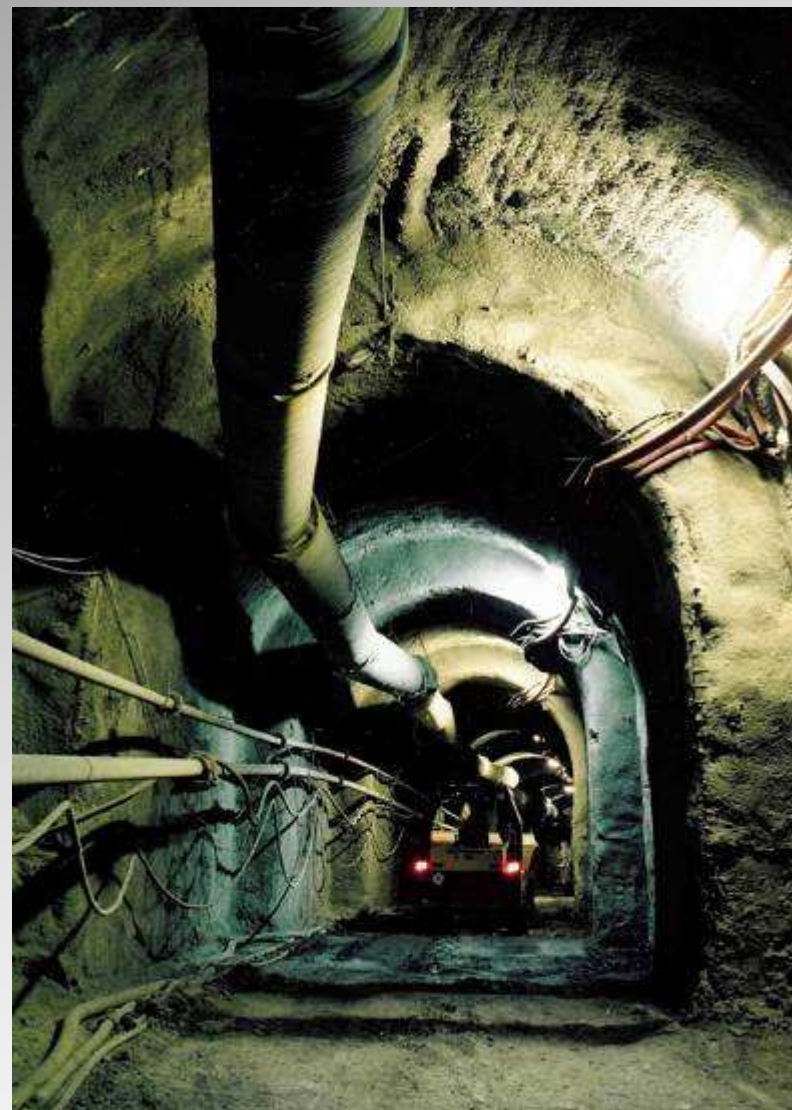
# Postup ražby

- Ražba pomocí NRTM v prostředí písků a písčitých štěrků maninské terasy.
- Stabilizační předstihová opatření před čelbou – v kalotě ochranná obálka z tryskové injektáže Ø 600 mm dl.9,0 m.
- **Minimální přesah „kornoutů“ z TI přes čelbu 2,0 m.**
- Primární ostění – vyztužený stříkaný beton C 20/25-X0 tl. 250 mm.

# Příčný řez v oblasti havárie



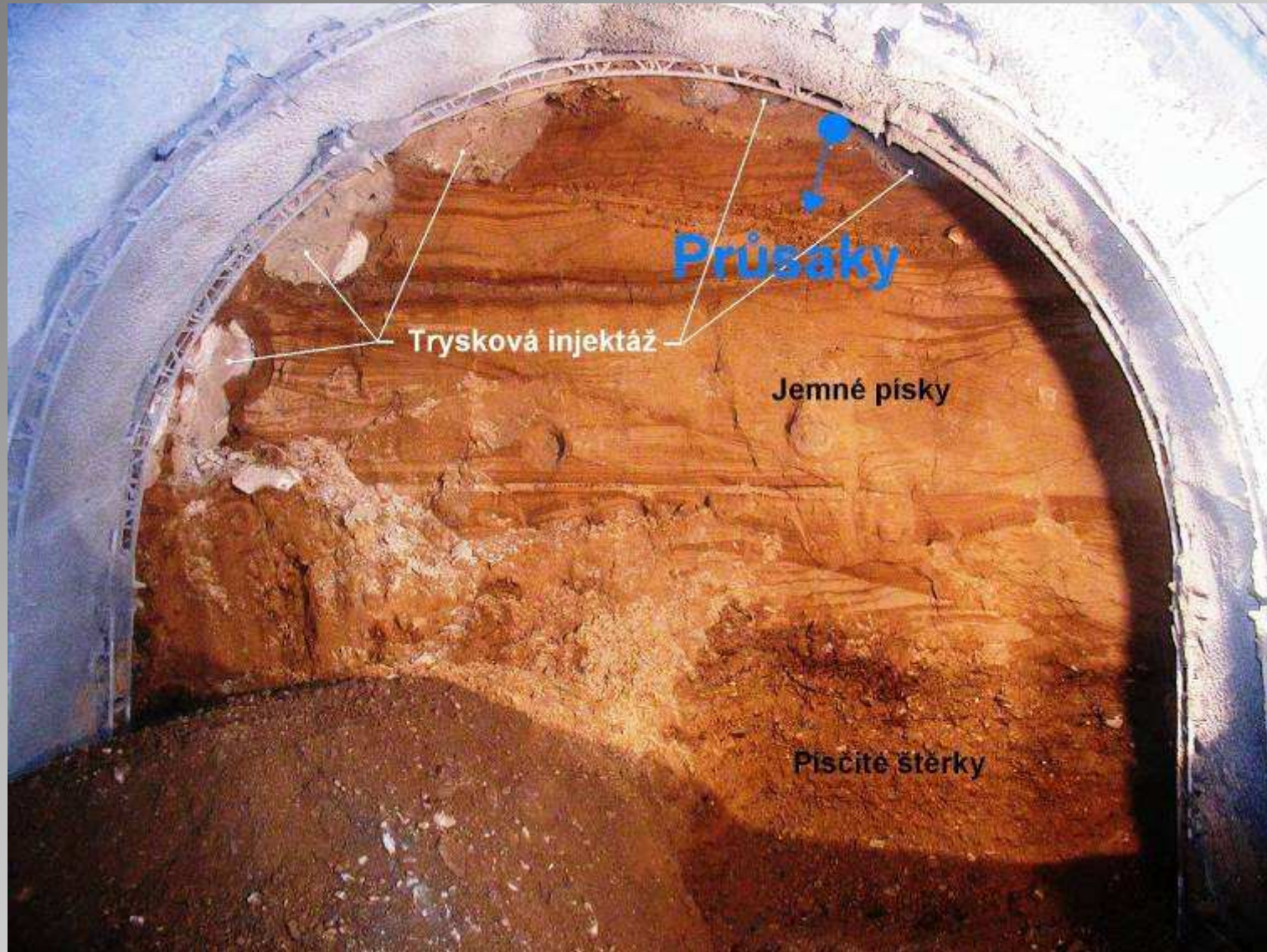
# Ražba kolektoru



# **Popis průběhu havárie**

- První nestandardní projevy na čelbě – v pravé horní části kaloty těsně pod TI **sílicí průsaky vody neznámého původu.**
- Lokální ztráta stability písčitých zemin působením proudového tlaku – **obnažení spodní části „kornoutu“ z TI.**
- **Ztráta zemní podpory** přesahů sloupů z TI.
- Snaha o obnovení stability ucpávkou z dřevité vlny nebyla úspěšná, **rozsah nestabilní oblasti se rychle zvětšoval.**

# První projevy nestability na čelbě



- Po ztrátě zemní podpory došlo ke **zlomení vzniklých konzolovitě vyložených sloupů tvořících „kornouty“ z TI.**
- Následoval **průval** zvodnělého zemního materiálu a vody do kolektoru. **Osádka opustila včas pracoviště.**
- Ve vzniklém závalu zůstalo rypadlo JSB 8017, nakladač LOKUST 752 T se podařilo včas vytáhnout těžní šachtou.
- Následovalo **úplné zatopení kolektoru až do těžní šachty 17c.**



# Zatopená šachta Š 17c



# Bezprostřední opatření

- Řízení likvidace havárie vedoucím likvidace havárie (14:30 hod).
- Žádost na dispečink PVK, a.s. o **okamžité uzavření vodovodního řadu** ve Vodičkově ulici. Vypnutí přívodu elektrické energie.
- Policie zastavuje dopravu ve Vodičkově ulici ve 14:57 hod.
- Čerpání vody z kolektoru (od 17:00 hod).
- Prohlídka ostění z člunu HZS ve 21:00 hod.
- Vyčerpání vody a inspekce ostění (3:15 hod).

# Prohlídka ostění - HZS hl.m. Prahy



# Povrch po závalu v podzemí



# Poškozená kanalizace 60/110



# Kaverna pod vozovkou

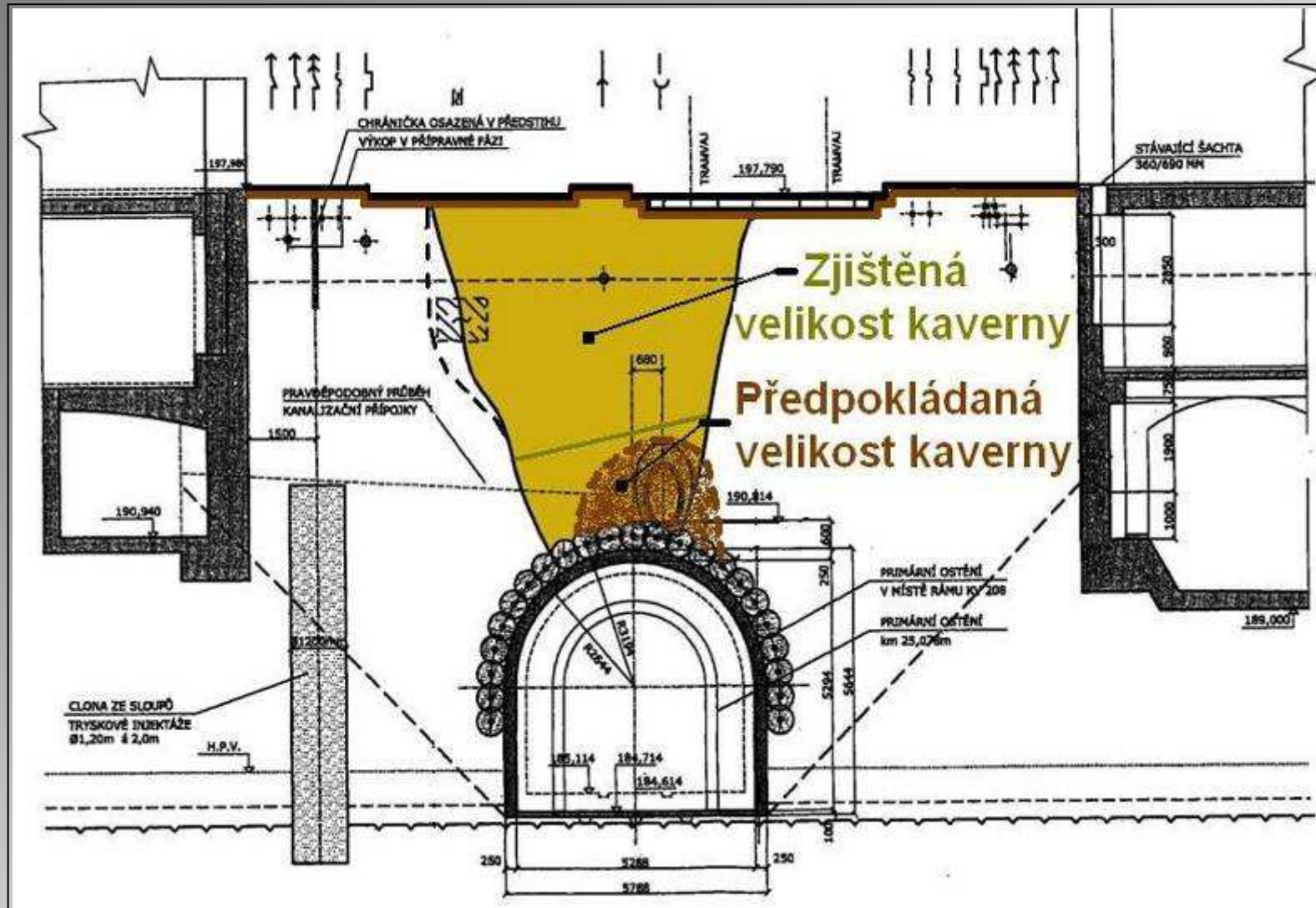


# Telekomunikační tvárnicevá trasa



inset

# Předpoklad o velikosti kaverny





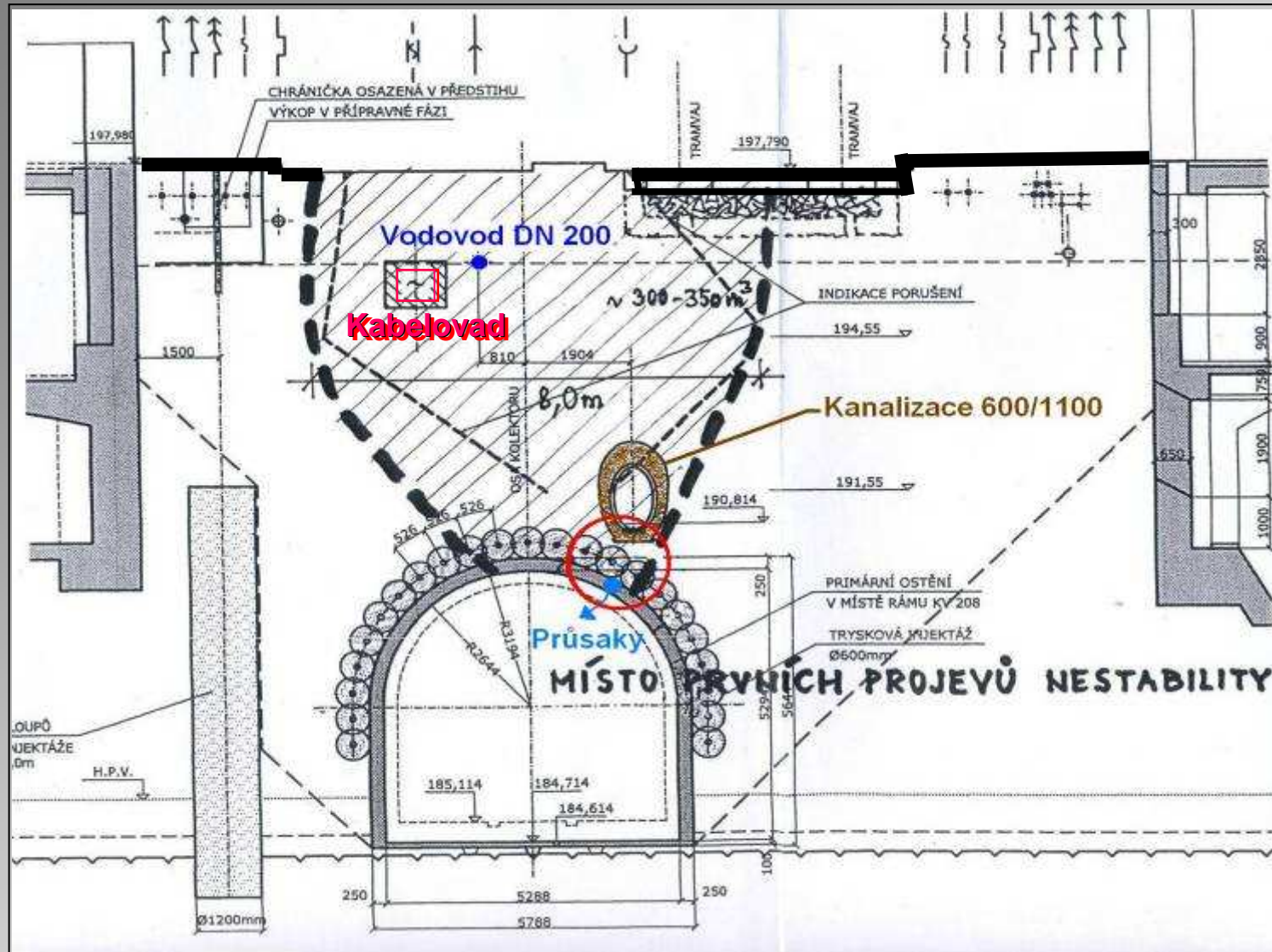
# Sanační opatření

- Provedení **těsnící hráze** v blízkosti závalu před čelbou č. 1.
- **Oboustranné zaslepení porušené kanalizační stoky.**
- **Zaslepení vodovodních a kanalizačních přípojek v místě havárie.**
- Provedení výplně **podzemní kaverny** popílkocementovou směsí.
- **Obnovení dopravy a funkce všech sítí.**
- **Zmáhání závalu.**

# Propad povrchu



# Příčný řez propadem



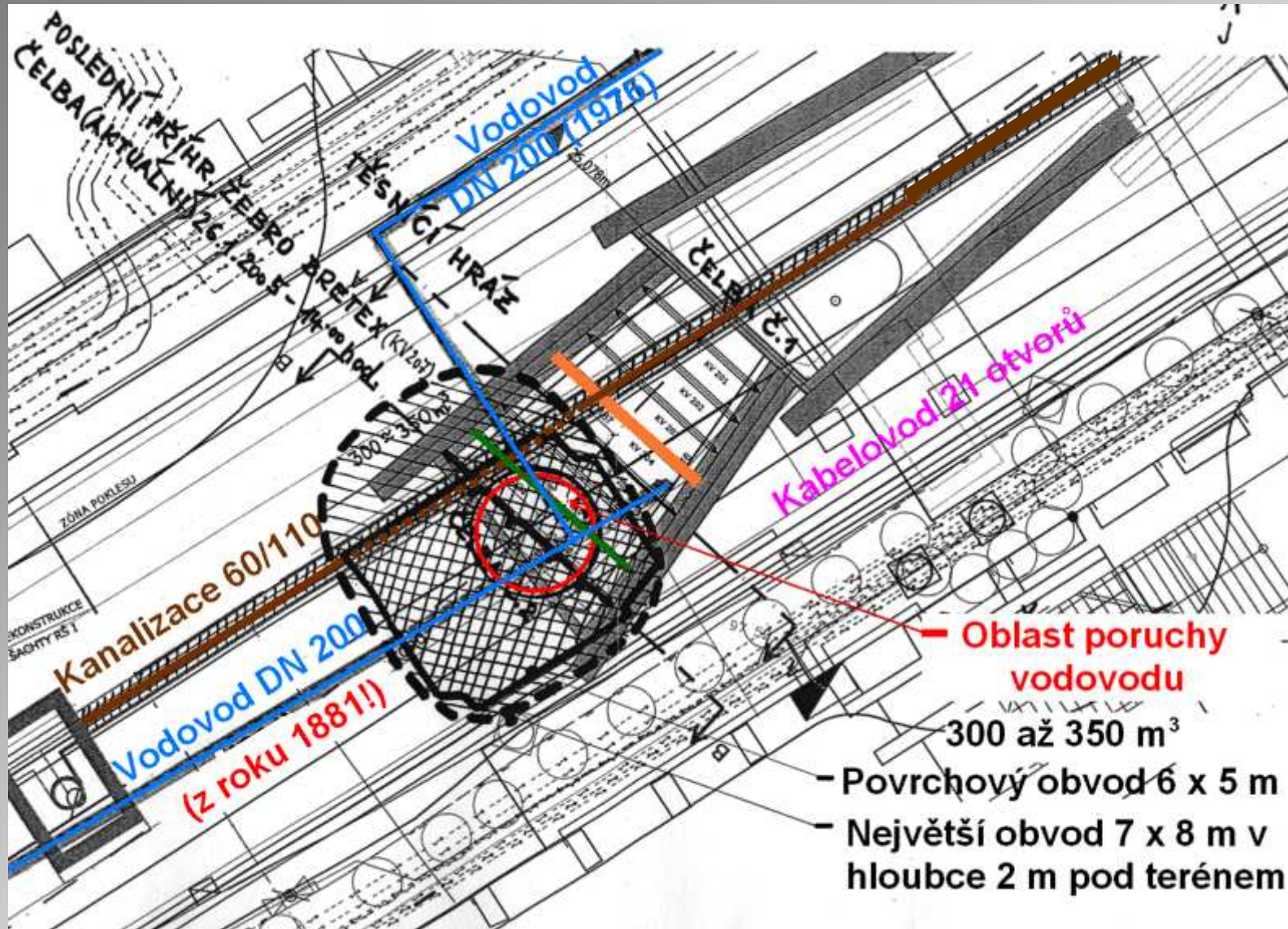


# Rozměry propadu



Na povrchu 5 x 6 m, dva metry pod povrchem 7 x 8 m

# Situace v oblasti havárie



# Detail propadu po prolomení





**Vodovod DN 200**



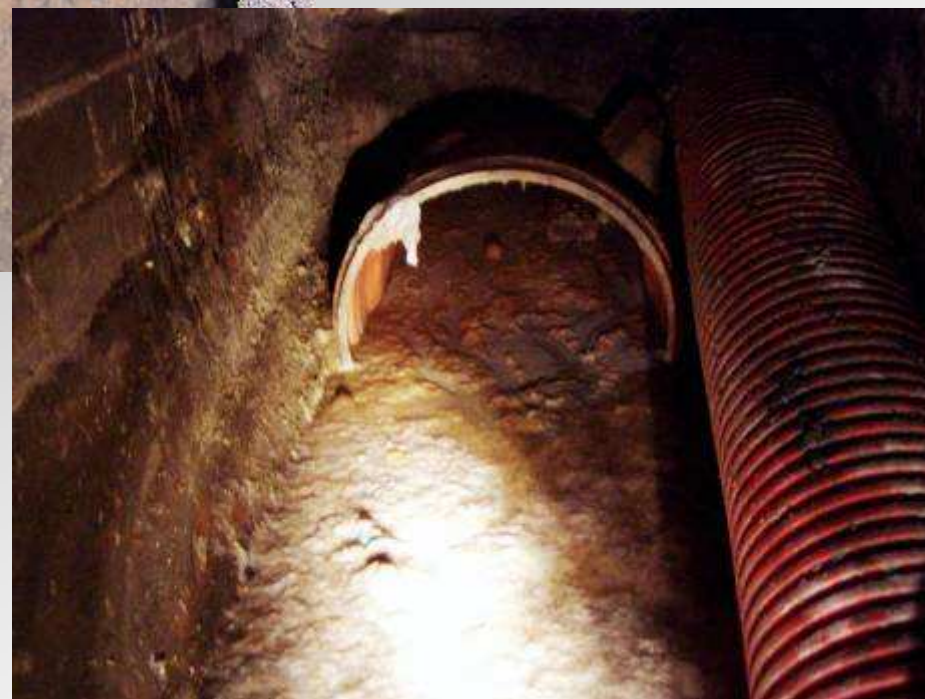
# Stav v podzemí po vyčerpání





**Zával  
stoky 60/110**

**Provizorní  
obnova funkce  
kanalizační stoky**



# Příprava pro provedení hráze



1



2

# Výstavba těsnící hráze



# Dokončená těsnící hráz



# Zaplňování propadu popílkobetonem





2

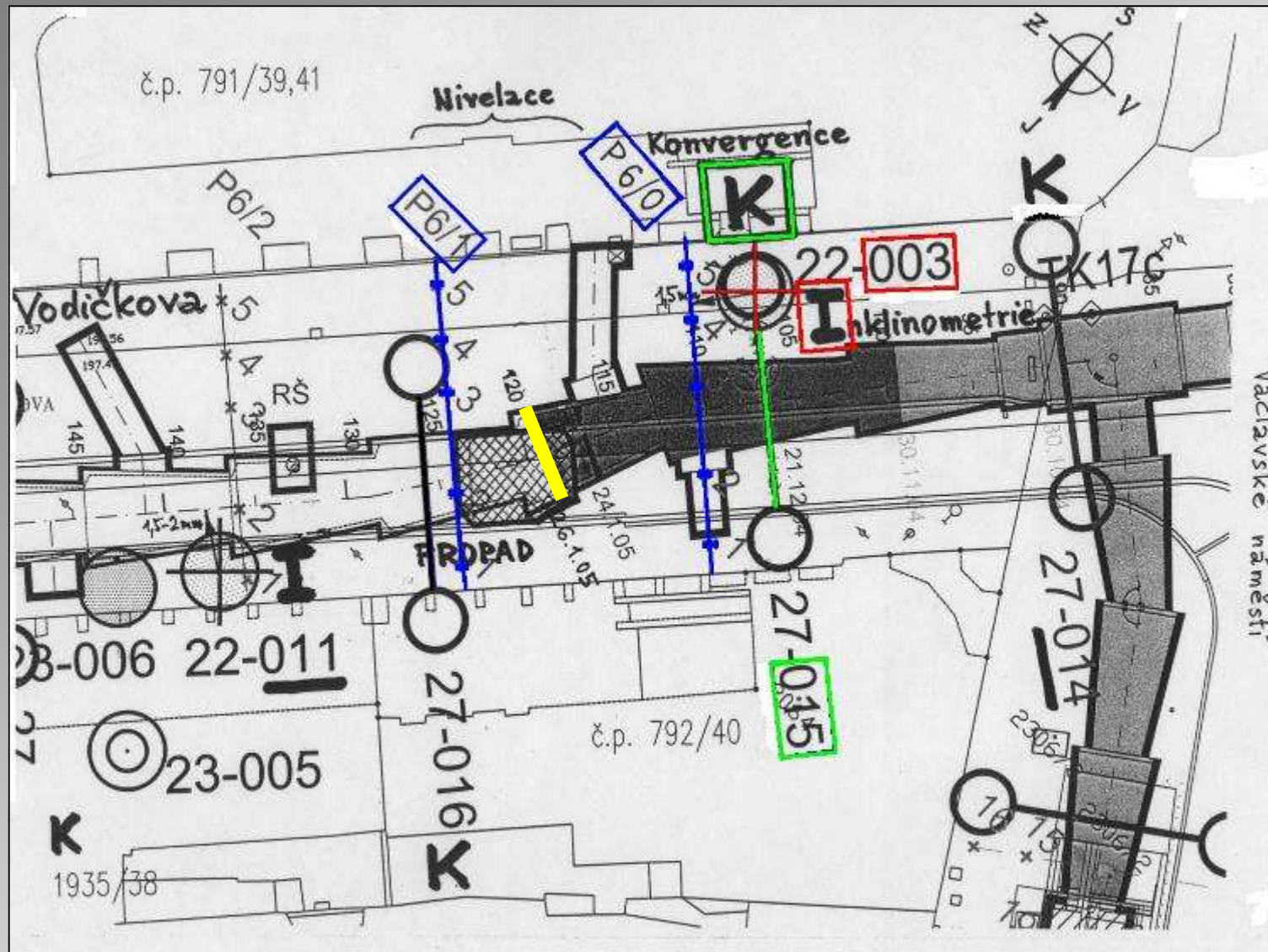


# **Monitoring v průběhu ražby**

# **Monitorované veličiny v oblasti havárie**

- **Geologický sled ražby.**
- **Nivelační měření povrchu.**
- **Nivelační měření na zástavbě.**
- **Konvergenční měření.**
- **Inklinometrická měření.**

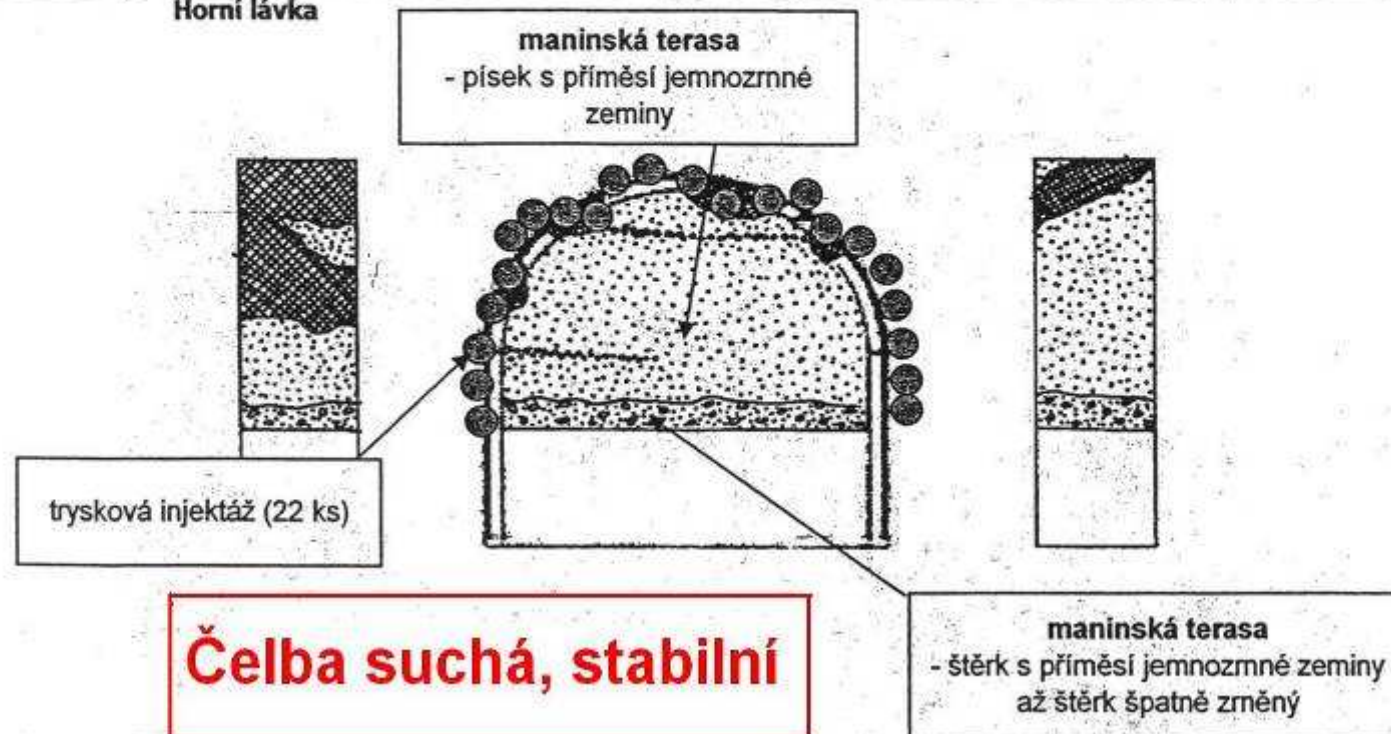
# Rozmístění monitorovacích stanovišť



# Geologický sled

## Inženýrskogeologický dozor ražby - Kolektor Centrum I.A - trasa Vodičkova

Druh měření	Číslování	Datum	Hloubka [m]	Měřítko	Dokumentoval	Staničení [m]
24	28	26.1.2005	6,9	1:100	J.Šich	<b>118,6</b>
Úsek ražby	TK 17c - TK 19 Horní lávka					<b>31,5 m *)</b>

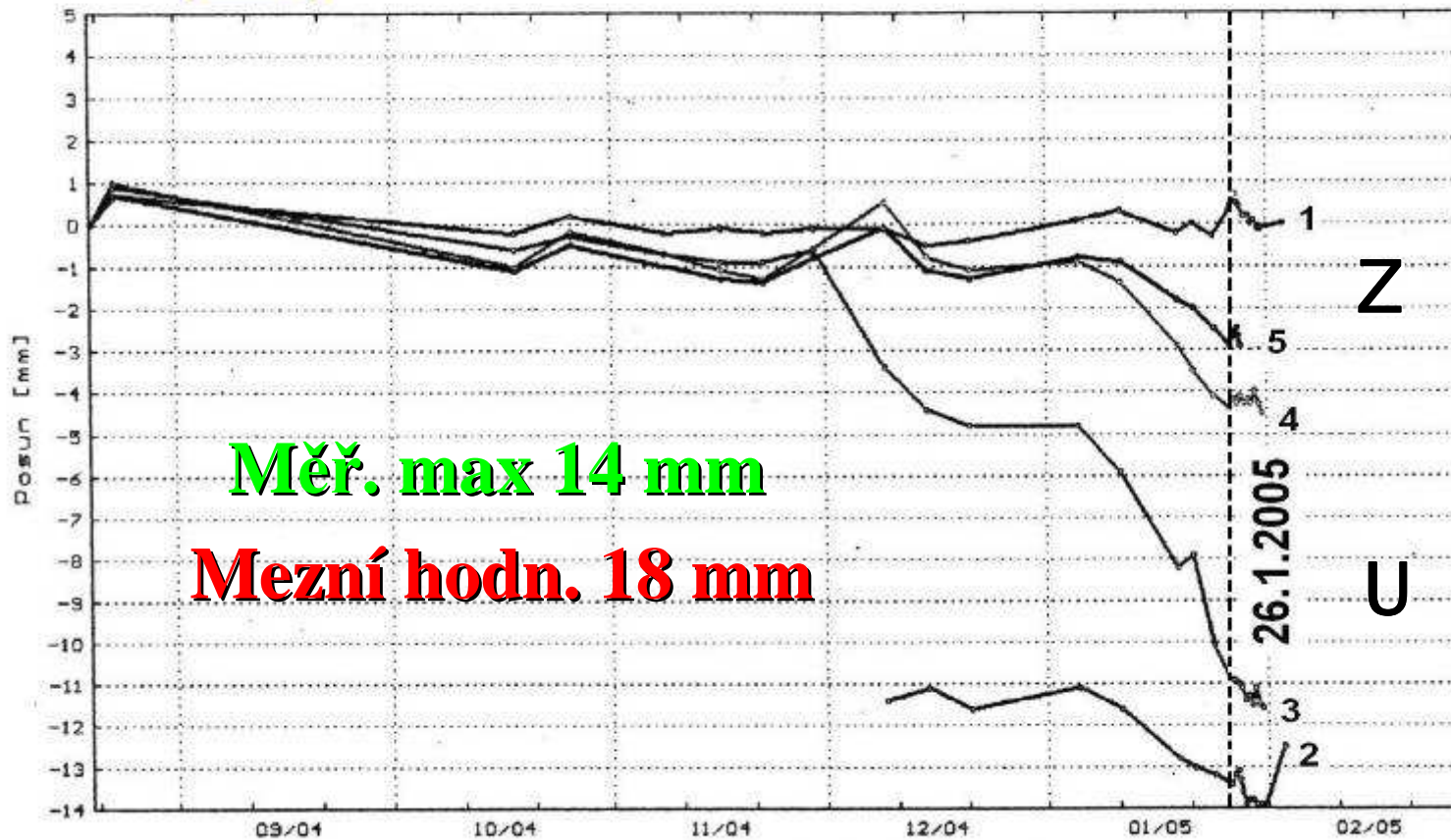


# Nivelační měření na povrchu

## Nivelační měření

Kolektor Centrum 1A – etapa 0004 Vodičkova

Profil **6 - 0** (10 m za aktuální čelbou)



**Měř. max 14 mm**

**Mezní hodn. 18 mm**

Počátek měření: 20.8.2004

# Konvergenční měření

Kolektor C I.A, etapa 0004 Vodičkova

## Profil 015

### Konvergenční měření - měření relativních posunů - kód 27

trasa: TK17c - TK19 (hlavní trasa)

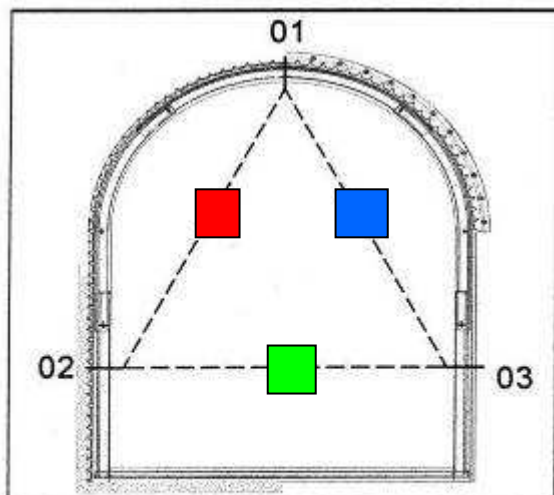
staničení: 106,1 m

konvergence [mm] (+ je oddalování, - přibližování bodů)

datum:	4.1.2005	5.1.2005	12.1.2005	24.1.2005	7.2.2005					
č.měření:	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
měří:	Ing. Kvarda	Ing. Kvarda	Ing. Opěla	Ing. Kvarda	Ing. Kvarda					
1-2	0,00	-0,33	-1,98	lutna	lutna					
1-3	0,00	-0,13	-1,31	-1,07	-0,91					
2-3	0,00	-1,33	nepřístupné	-3,02	ZS a.s.					
vzdál. řelby [m]	0,8	3,2	4,9	10,7	12,5					

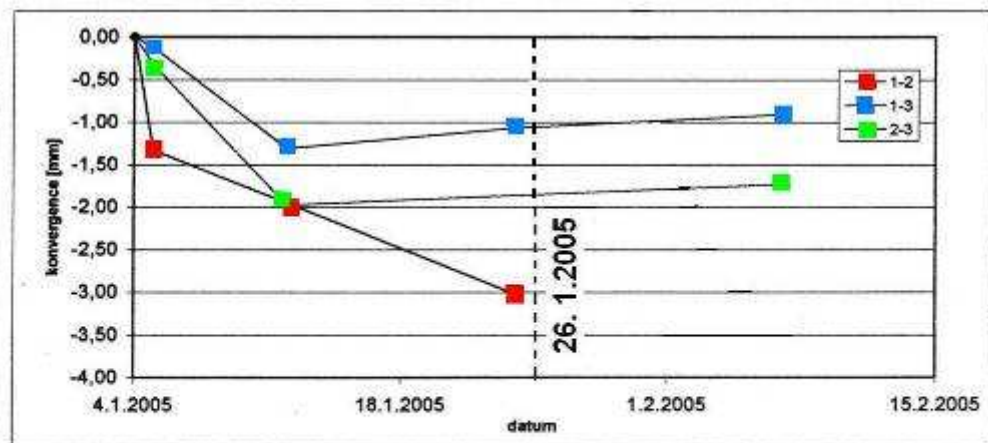
Komentář: Hodnoty deformací <4 mm, tedy v pásmu stavu vysoké míry bezpečnosti.

**Měř. max 3 mm Mezní 15 mm**



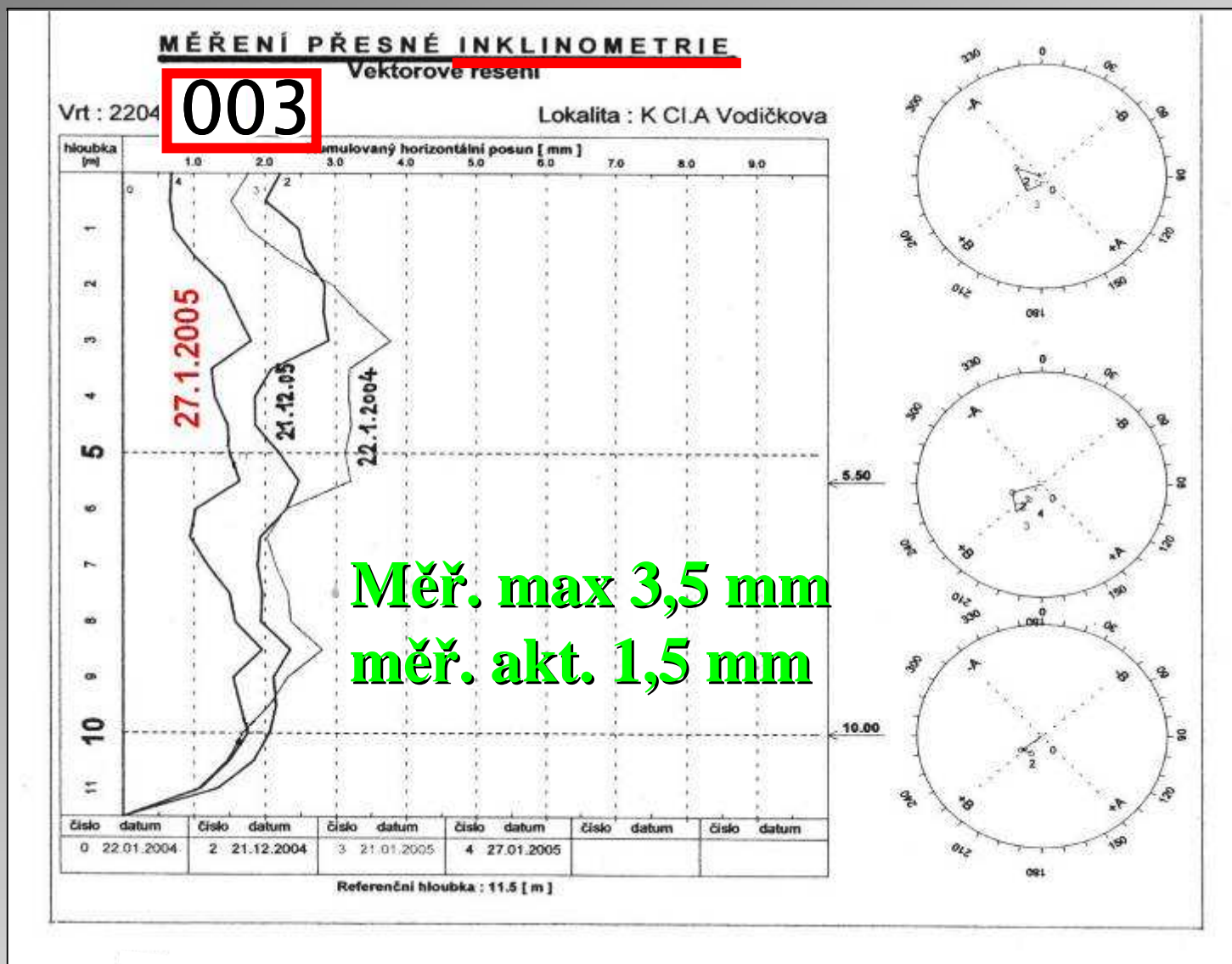
Pohled na profil: ve směru staničení (i ražby)

SG Geotechnika a.s.



Použité měřidlo: BGKM 02903 M20 (Götzi GmbH/SRN)

# Inklinometrické měření



# **Příčiny havárie kolektoru Vodičkova**



# Jednoznačná zjištění

- Bezprostřední příčinou havárie kolektoru bylo náhlé **progresivní porušení písčitých zemin v čelbě tunelu.**
- Kombinované působení hydrostatického a hydrodynamického tlaku vedlo v krátkém časovém odstupu od prvních průsaků k **totální ztrátě stability aktuální čelby a následně celého zvodnělého nadloží.**

# Nejednoznačná zjištění

- Zvodnění blízkého nadloží kolektoru mohlo být způsobeno únikem splaškových vod z **kanalizace 60/100:**
  - Prvotní bylo **odtržení žlábků** ve dně kanalizace.
  - Zvodnění způsobilo počáteční **nestability na aktuální čelbě.**
  - Následné deformace nadloží vedly k **poškození hrdlových spojů** 125 let starého vodovodního potrubí DN 200.
  - Voda unikající z potrubí pod tlakem cca 400 kPa způsobila **syčení a rozplavování nadloží.**
  - Důsledek – **totální ztráta stability aktuální čelby.**
  - **Méně pravděpodobná prvotní příčina zvodnění.**

- Zvodnění nadloží kolektoru mohlo způsobit **netěsné vodovodní potrubí z roku 1881:**
  - Časté **poruchy vodovodu i před ražbou kolektoru** (cca 1 x za měsíc).
  - V průběhu ražby kolektoru **vzrostla četnost poruch vodovodního řadu.**
  - Vodovodní řad starý 125 let **překročil mez spolehlivé životnosti.**
  - Časovou vazbu mezi vznikem poruchy vodovodu a polohou aktuální čelby nebylo možno zjistit.
  - **K poruše (asi) došlo v blízkosti aktuální čelby – rasantní únik vody z potrubí – geologický sled ve 12:00 hod dokumentoval čelbu stabilní a suchou.**
  - **Více pravděpodobná prvotní příčina zvodnění.**

**Poučení pro další ražby  
v obdobných podmínkách**

- **Zvodnění masivu a následný zával nebyly avizovány monitorovanými veličinami – hodnoty se pohybovaly ve stavu „vysoké míry bezpečnosti“ a stavu „přípustných změn“.**
- **Nivelační měření na „bombírované“ (a promrzlé) vozovce nebylo v důsledku vzpěrného účinku dlažby vypovídající o deformačních změnách v předpolí ražby.**
- **Vzpěrný účinek držel „bombírovanou“ dlažbu ve stavu labilní rovnováhy – přetížení vedlo k prolomení stropu kaverny a zranění pracovníků.**
- **Nutno vždy důsledně sledovat stav kanalizace a provádět bezpečnostní měření (požadavek OBÚ).**

# ZÁVĚR

**Reakcí vysloužilých vodovodních řadů na jakékoliv deformace může být překročení pevnosti starého trubního materiálu.**

**Ražbu podzemního díla s nízkým nadložím je žádoucí provádět až po vyřazení nepřiměřeně starého potrubí z provozu – představuje potenciální nebezpečí vzniku vážné havárie.**



Děkuji za pozornost