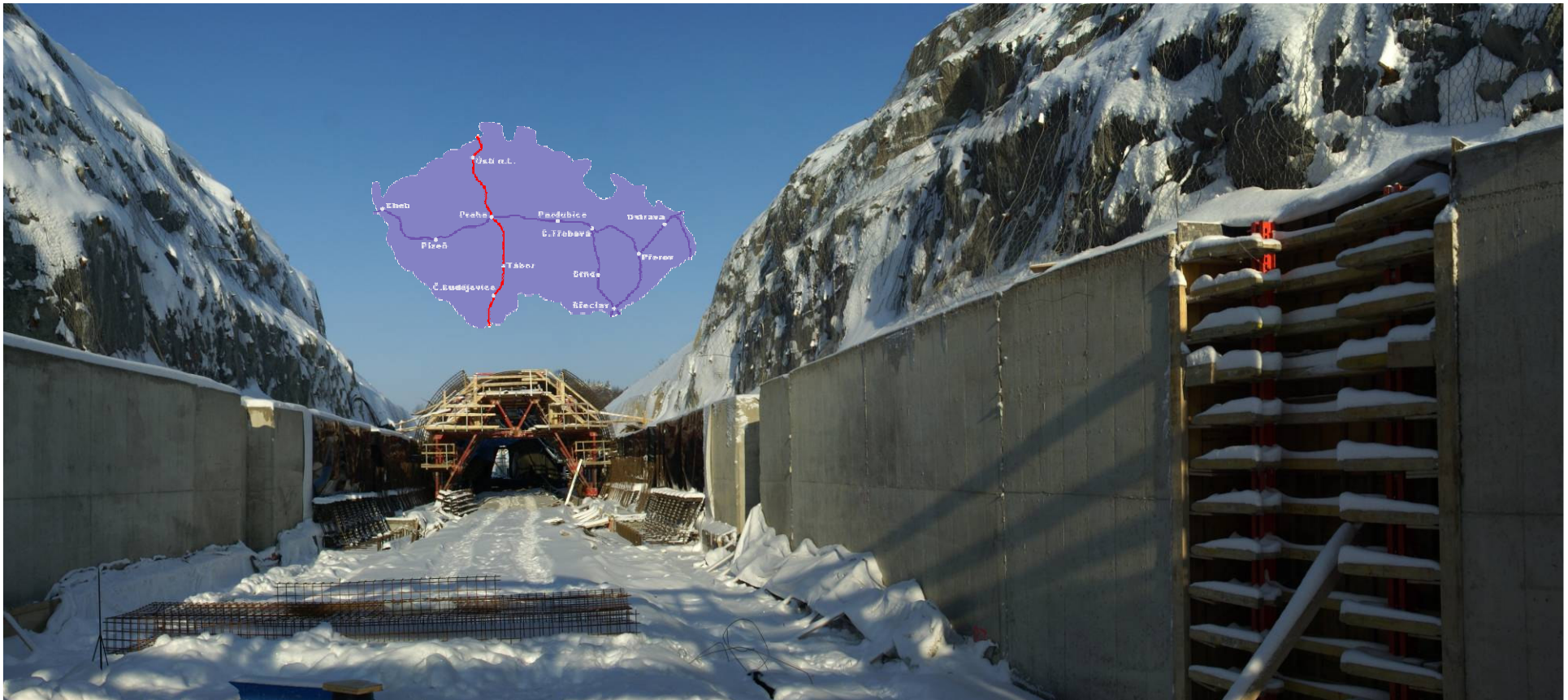
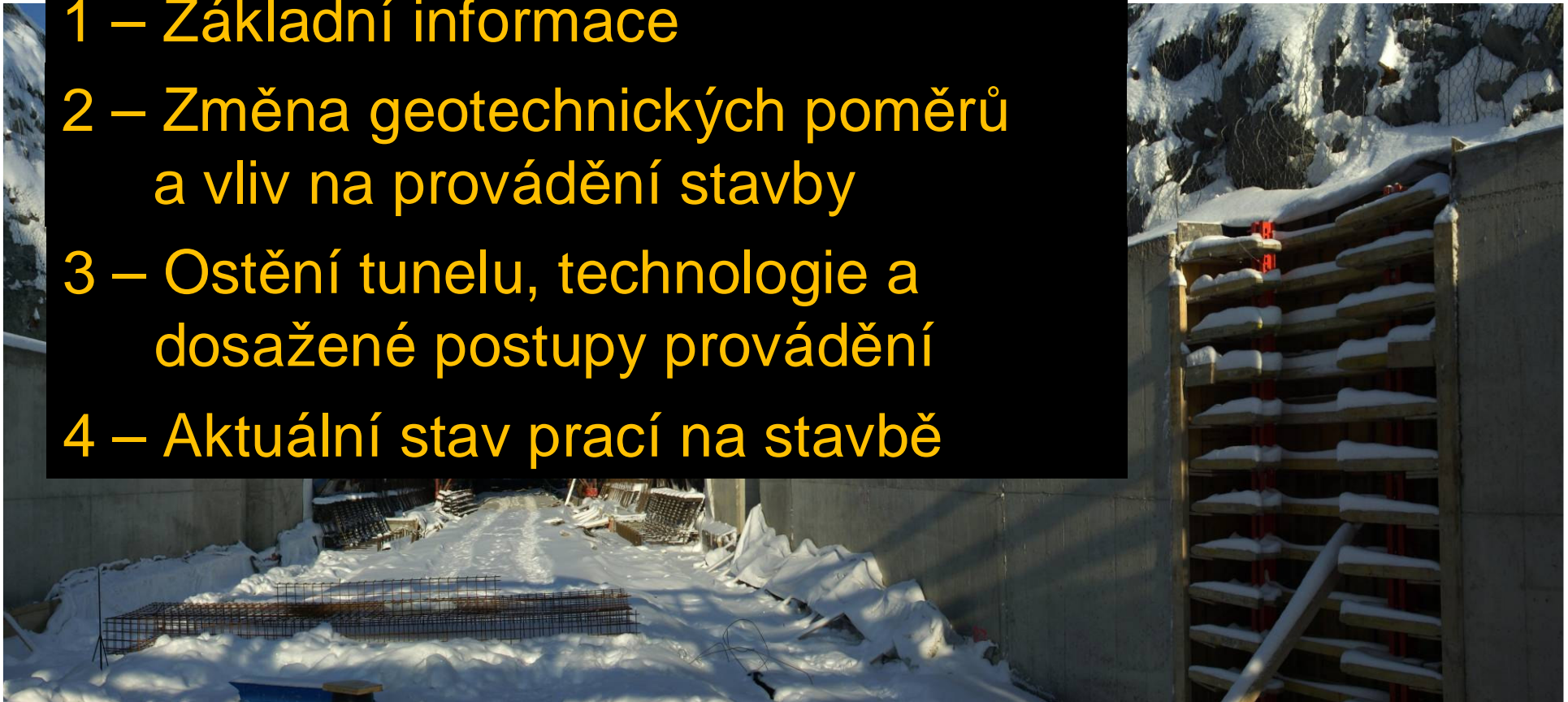


Zkušenosti z výstavby hloubeného Votického tunelu

Eva Tatíčková a Ladislav Štefan, HOCHTIEF CZ



- 1 – Základní informace
- 2 – Změna geotechnických poměrů a vliv na provádění stavby
- 3 – Ostění tunelu, technologie a dosažené postupy provádění
- 4 – Aktuální stav prací na stavbě

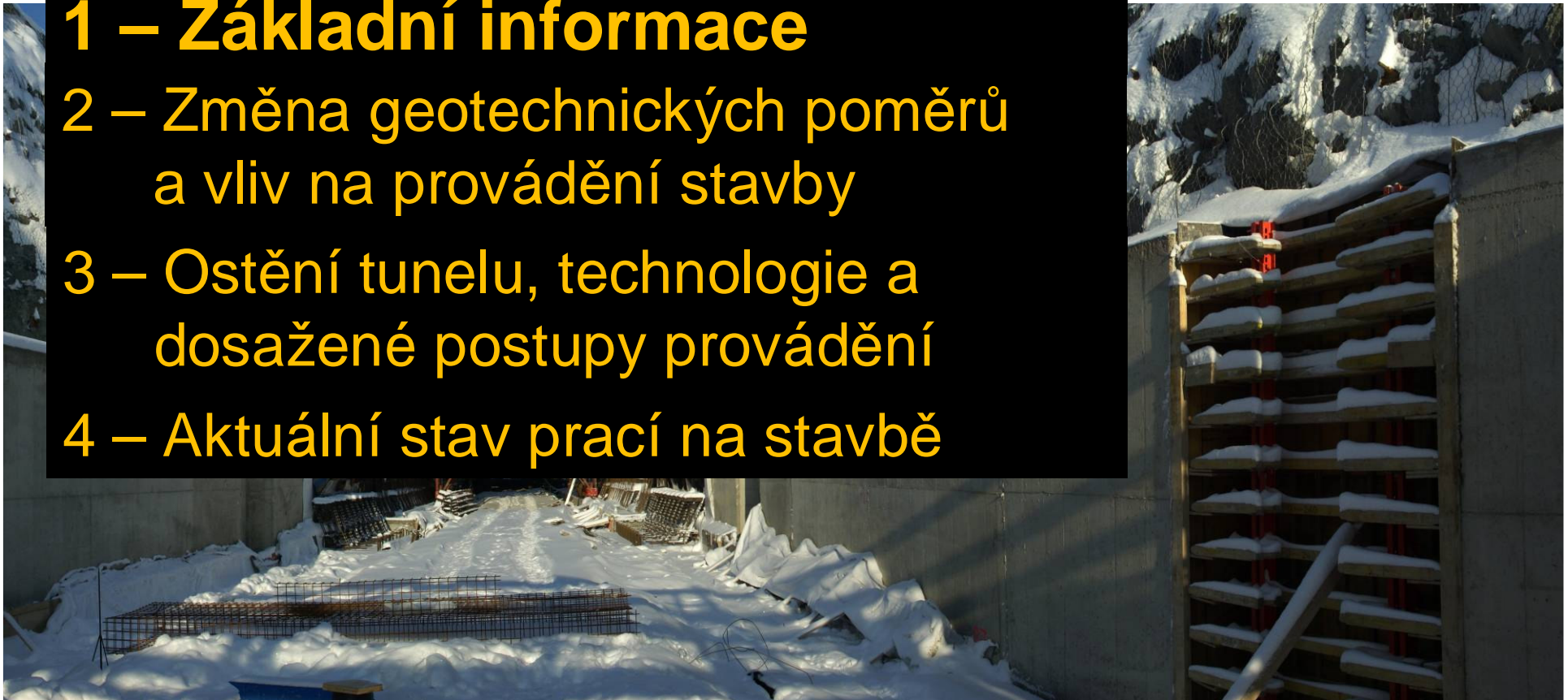


1 – Základní informace

2 – Změna geotechnických poměrů
a vliv na provádění stavby

3 – Ostění tunelu, technologie a
dosažené postupy provádění

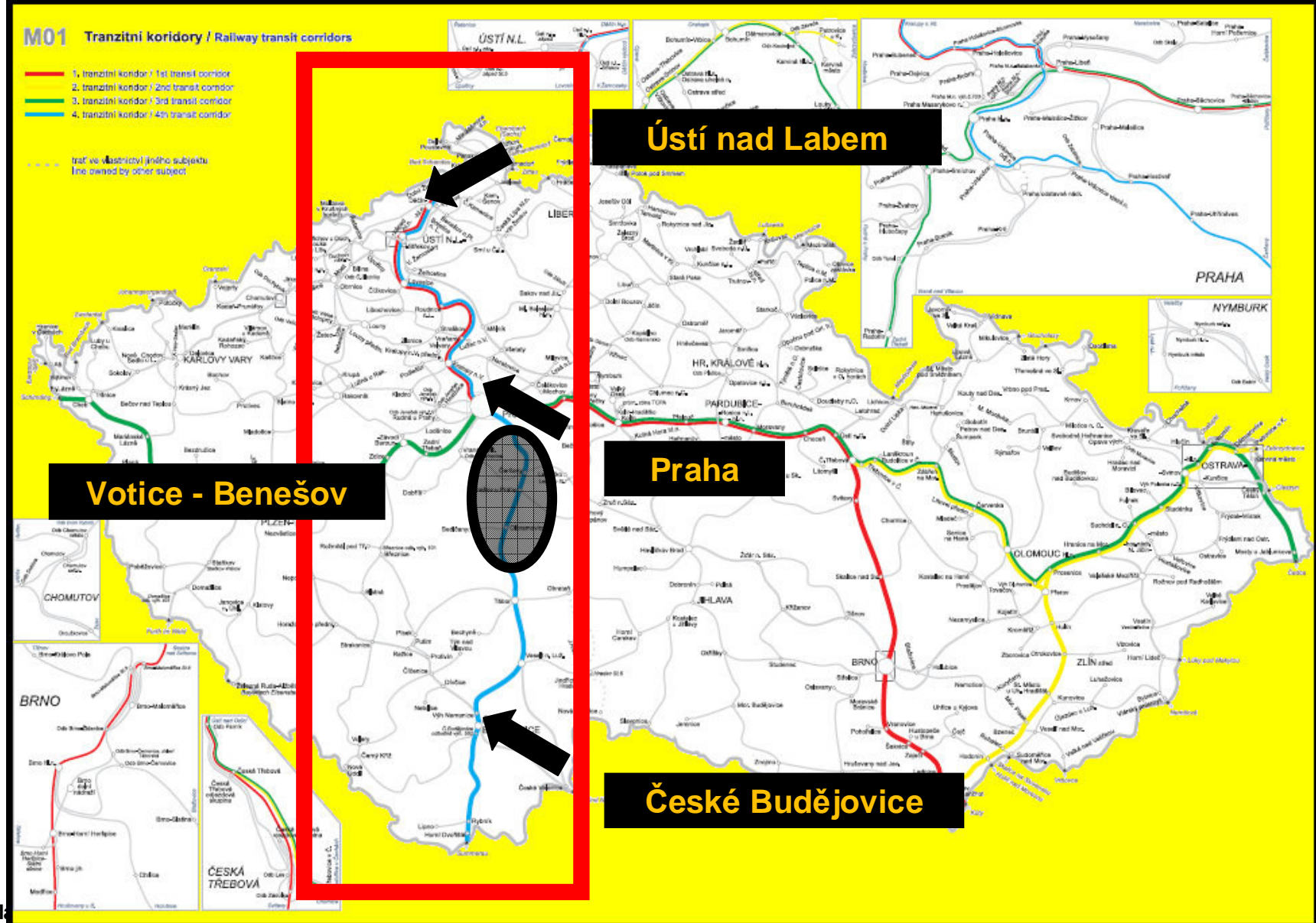
4 – Aktuální stav prací na stavbě



Základní charakteristika

- první dlouhý hloubený tunel v ČR,
- nové řešení, nové problémy a nové starosti
- výstavba není činnost prováděná hornickým způsobem





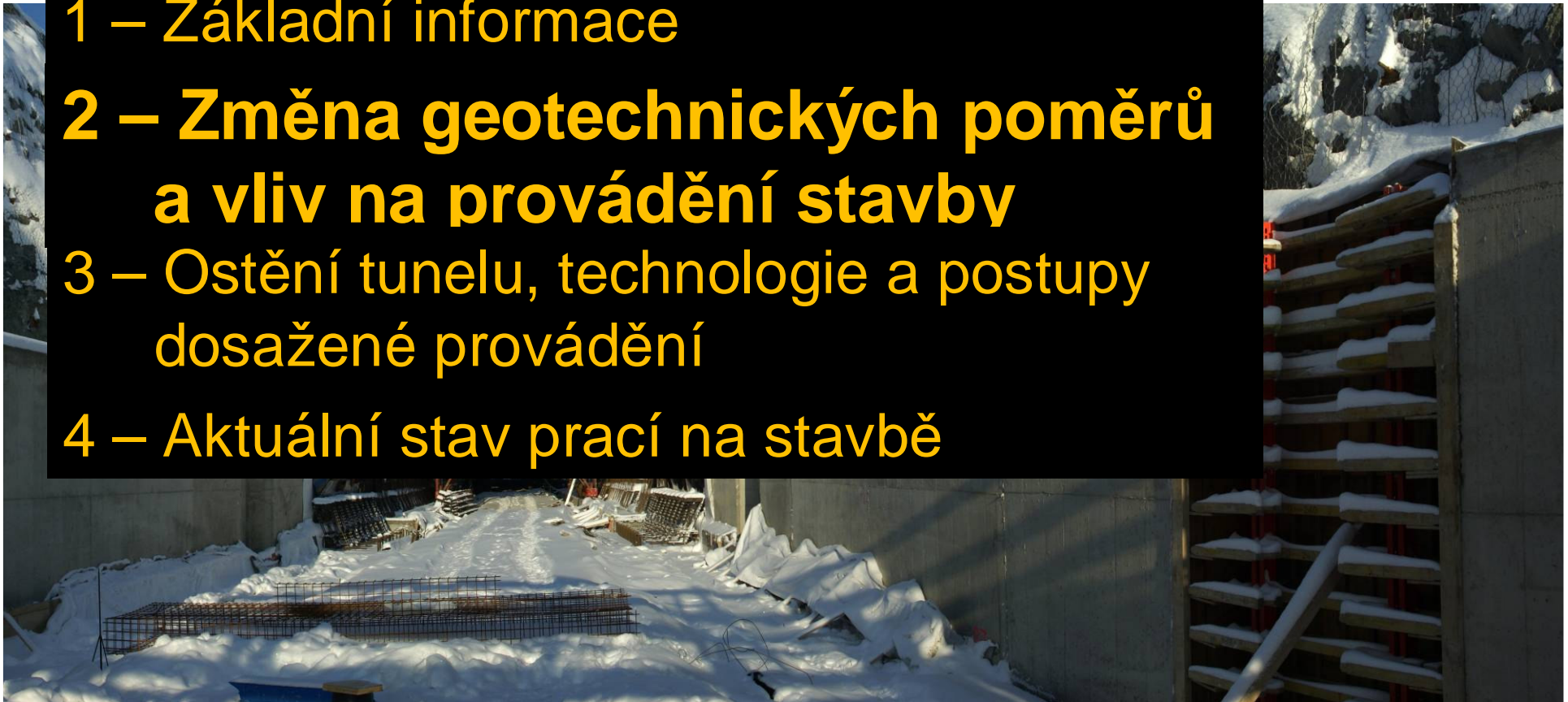
Tunel

1 – Základní informace

**2 – Změna geotechnických poměrů
a vliv na provádění stavby**

3 – Ostění tunelu, technologie a postupy
dosažené provádění

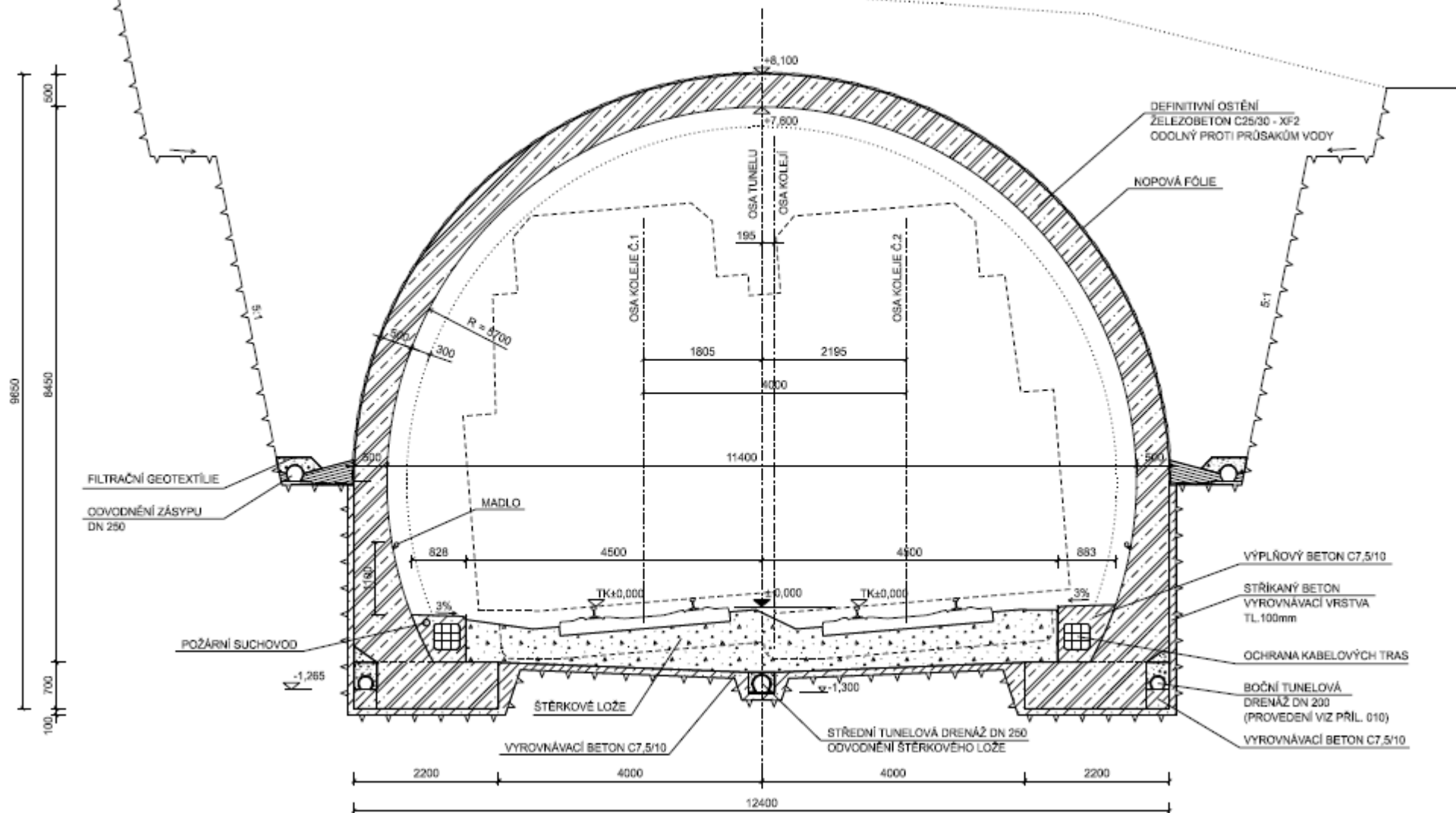
4 – Aktuální stav prací na stavbě



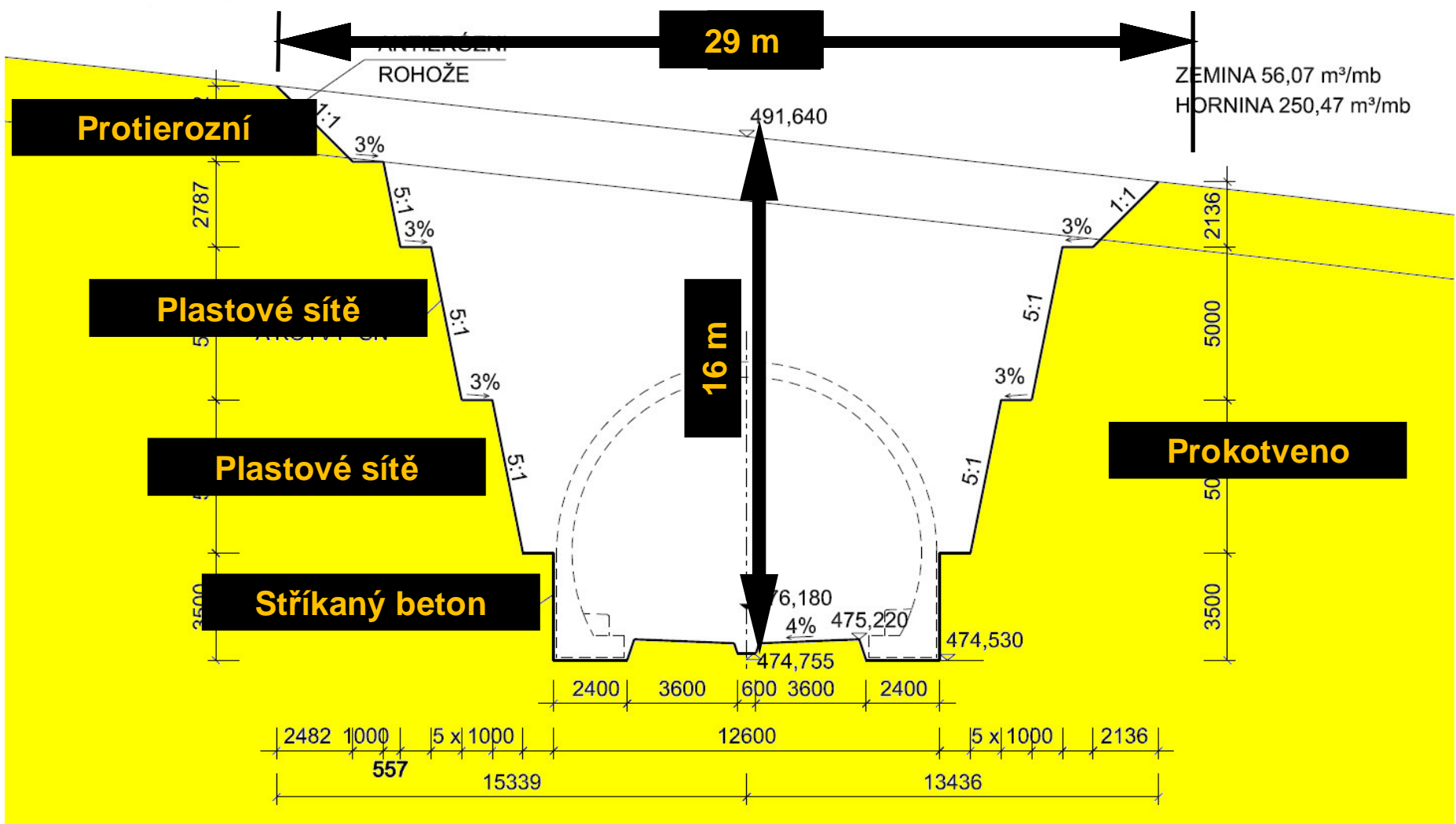
Inženýrsko geologické poměry dle ZDS

- **Tektonika** - nepředpokládá se výskyt významnějších tektonických linií. **Případné tektonické porušení hornin předkvartérního podkladu nemá pro stavbu hloubeného tunelu význam.**
- **Předkvartérní podklad** - granity středočeského plutonu. Už velmi mělce pod povrchem lze předpokládat výskyt mírně zvětralých až navětralých hornin, jejichž pevnost bude s hloubkou narůstat. Podle výsledků geofyzikálního a vrtného průzkumu převažují pod přípovrchovou rozvolněnou zónou, mocnou 1 – 3 m, horniny s velkou až malou hustotou diskontinuit s vysokou pevností.
- **Geotechnické podmínky výstavby** - v podloží kvartérního pokryvu do cca 1 - 2 m pod původní povrch terénu bude zářez hlouben v přípovrchové rozvolněné zóně tvořené mírně zvětralými horninami třídy. **Převážná většina zářezu bude hloubena v prostředí velmi pevných, navětralých až zdravých hornin třídy se střední až malou hustotou diskontinuit.**

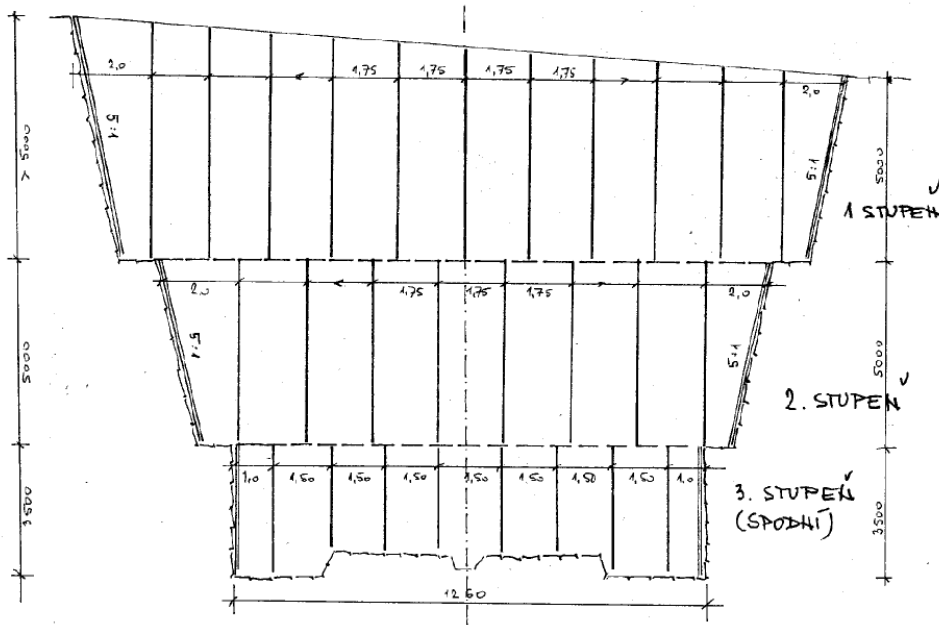
Vzorový příčný řez PS (ZDS)



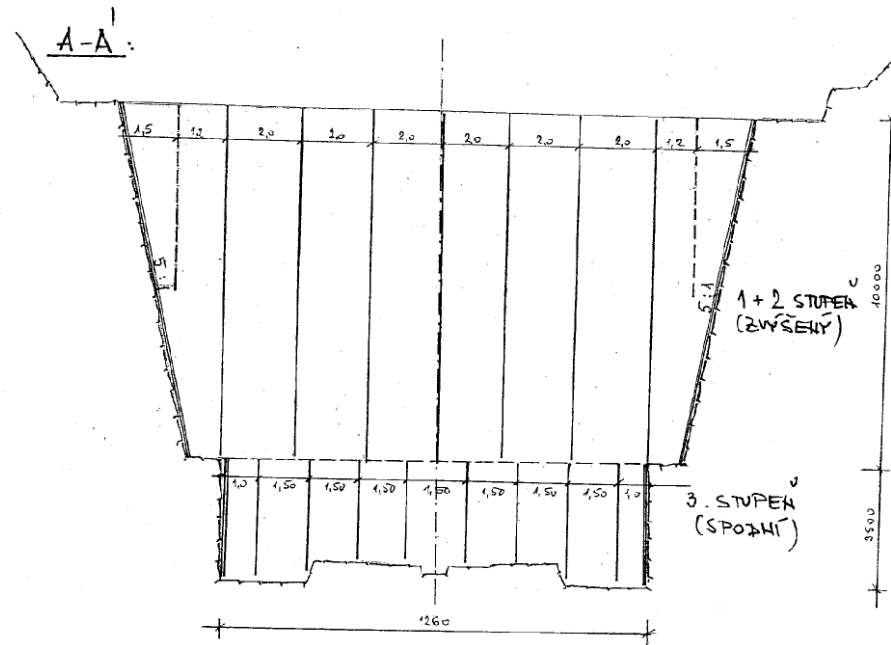
Zajištění stability svahů stavební jámy podle ZDS



Vstupní údaje trhacích prací dle ZDS



Etáže hloubky 5 m



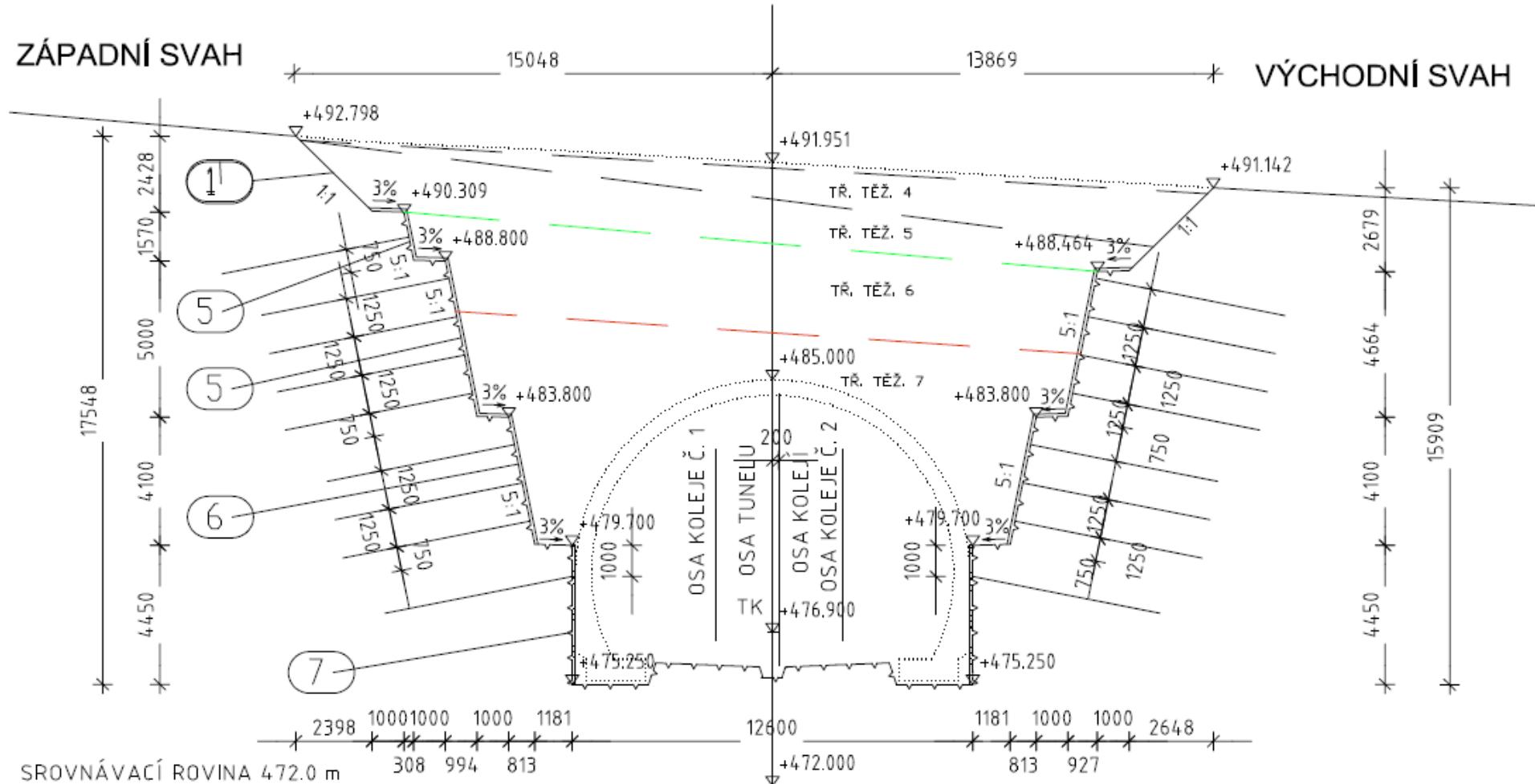
**Alternativní návrh
Etáže hloubky 10 m**

Prohlídka staveniště před veřejnou soutěží

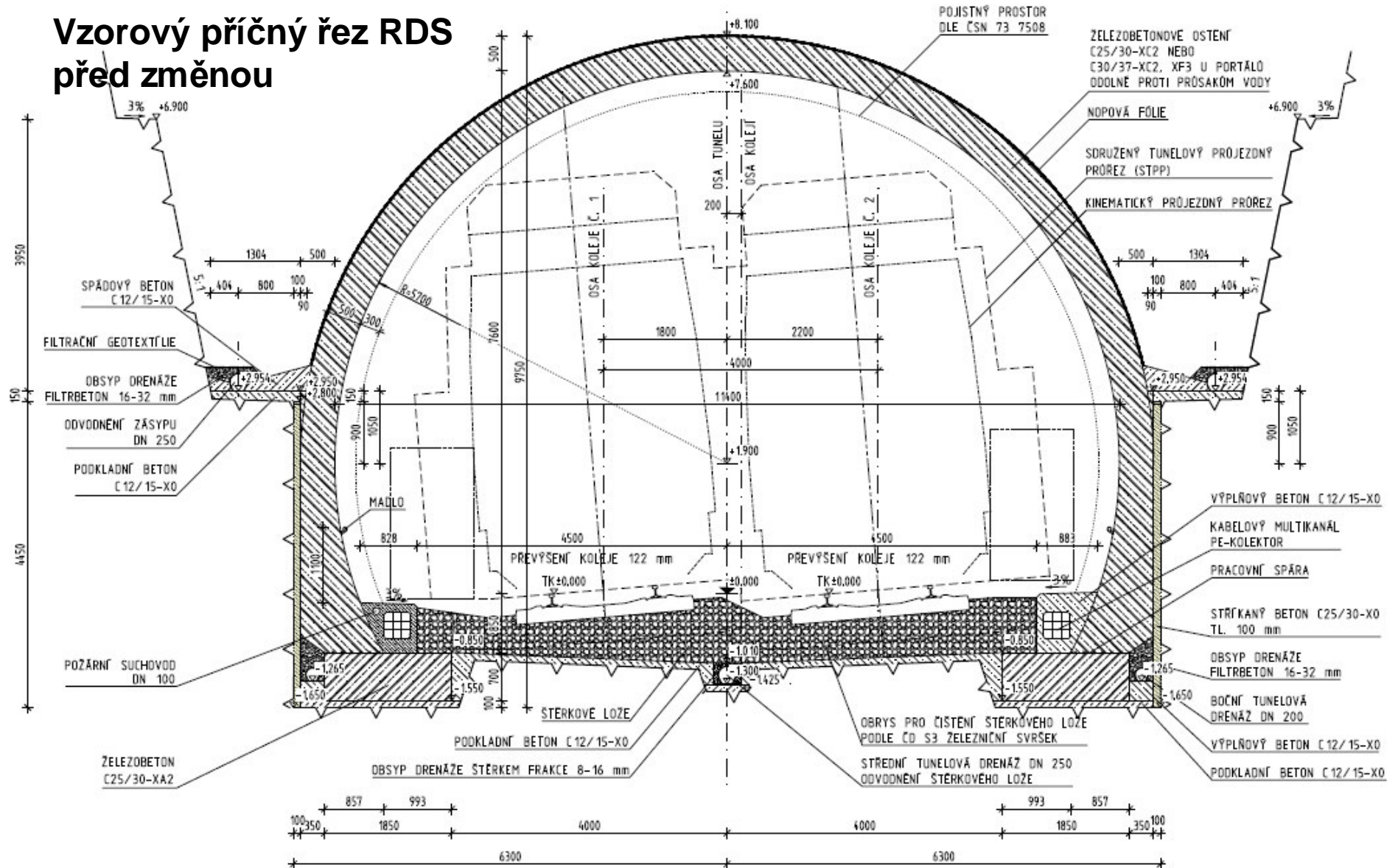


Zatím bezstarostná prohlídka staveniště

Vzorový příčný řez RDS – před změnou



Vzorový příčný řez RDS před změnou



Technický projekt odstřelu (předpoklady dle ZDS)

Rozpojování horniny pomocí trhací práce velkého rozsahu

Běžné průmyslové trhaviny

- sypké amonodkové - PERMON 10, PERMONEX V19
- emulzní - Emulinit 2, Senatel Powerfrag
- plastické - PERUNIT E, Poladyn 31-ECO, Austrogel P1, Eurodyn 2000, Semtex 1A

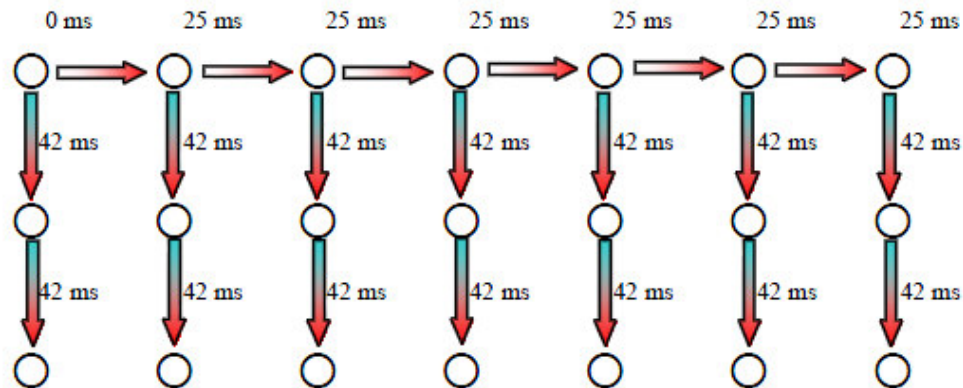
- předpoklad specifické spotřeby trhavin **0,7 až 0,8 kg/m³**
- Průměry vrtů v rozsahu 75 - 105 mm

Neelektrický roznět EXEL (NONEL), INDET SCHOCK

- blízkost trakčního vedení dráhy
- více časových stupňů

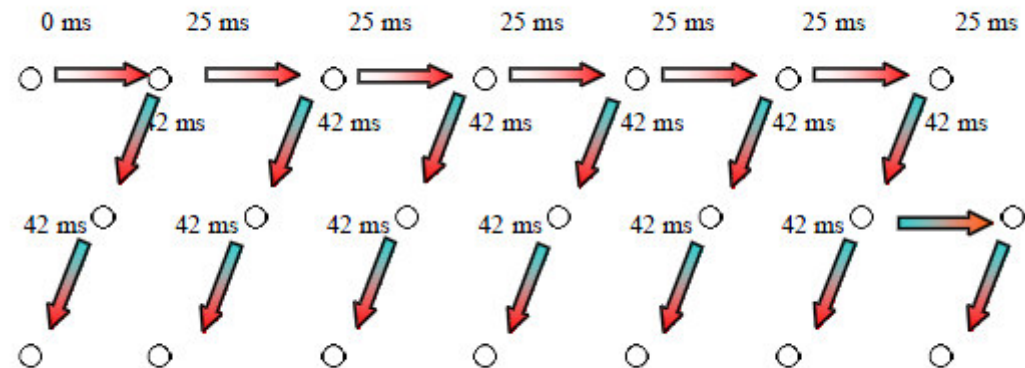
Plošné odstřely - svisle orientované vrty pro nálože délky 2 až 7 m

s modulem řad délky 1,8 až 2,4 m



Čtvercová síť vrtného schématu

Trojúhelníková síť vrtného schématu



Časování náloží má vliv na:

- Porušení vedlejší nálože (zamezení poškození sousední dosud neaktivované nálože)
- Snížení seizmické odezvy – vytvoří se samostatná tlaková vlna
- Optimalizace fragmentace horniny
- Milisekundový roznět v intervalu 8 ms až 70 (100) ms

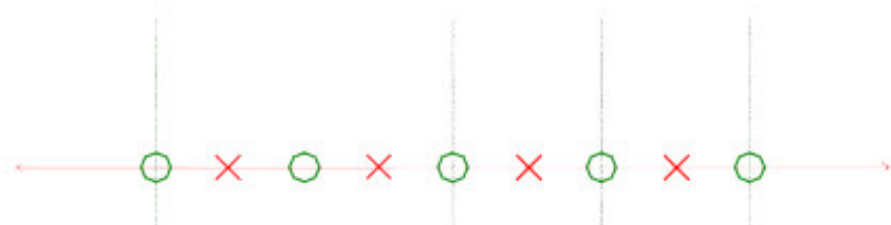
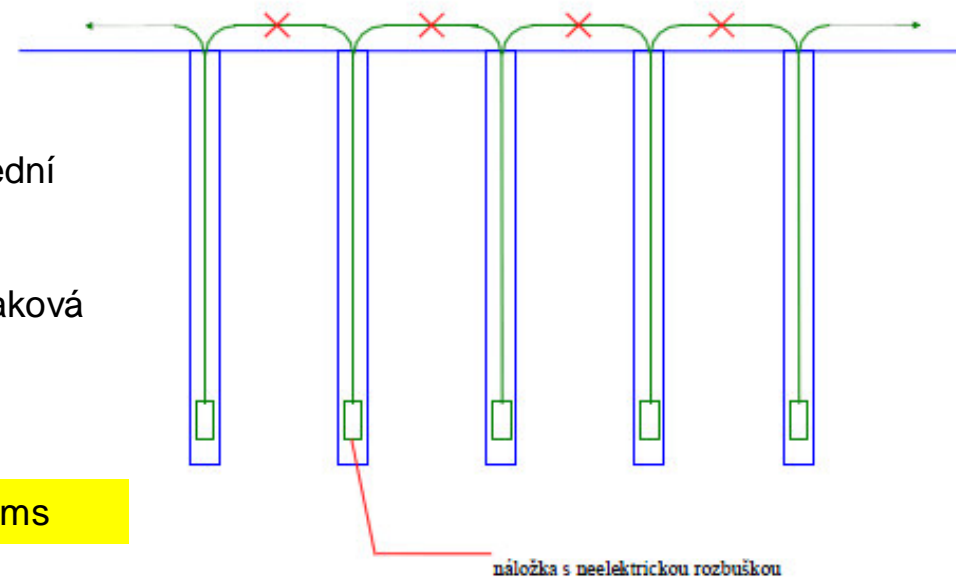
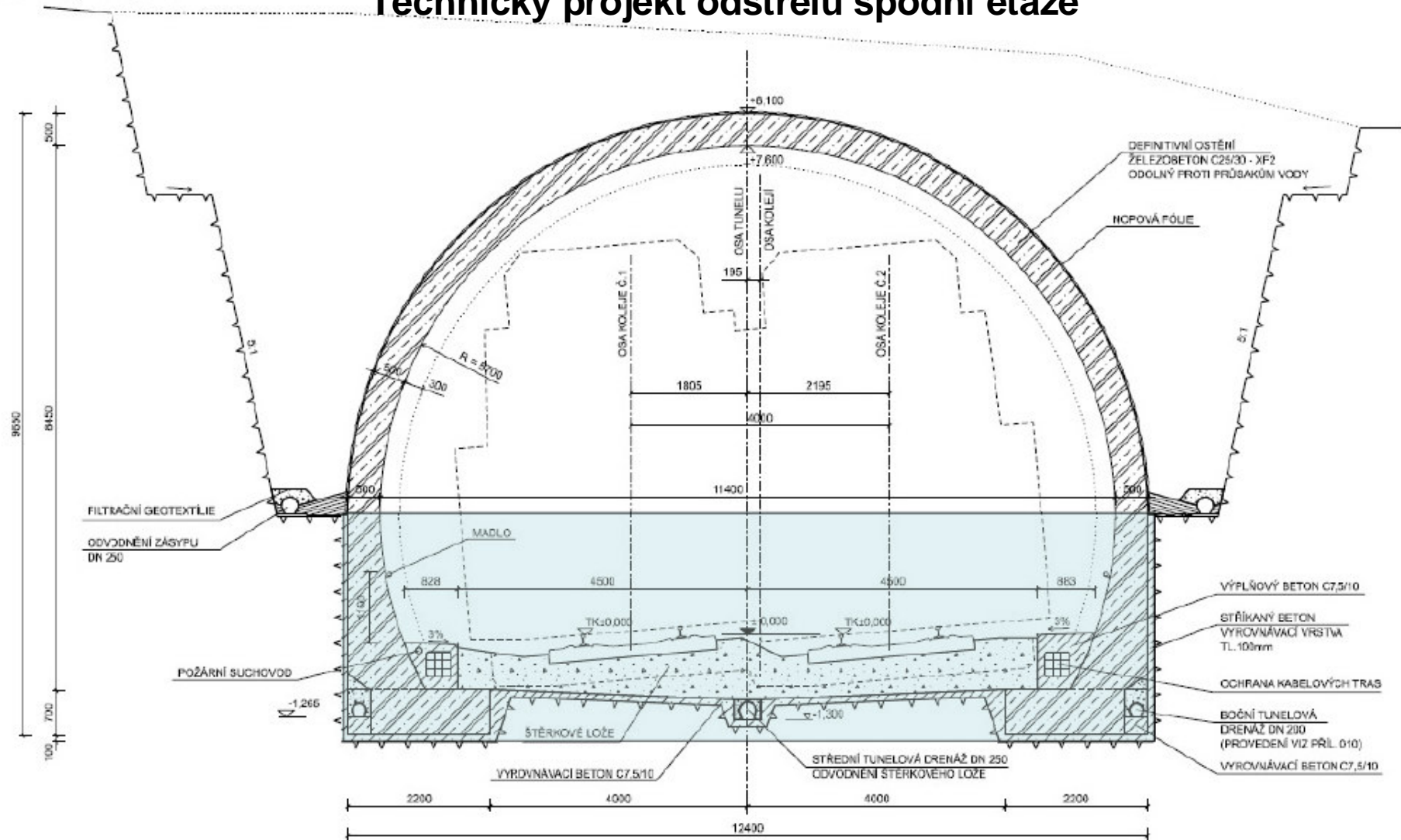


Schéma zapojení náloží (neelektrický roznět)

Olbramovice, Votcký tunel

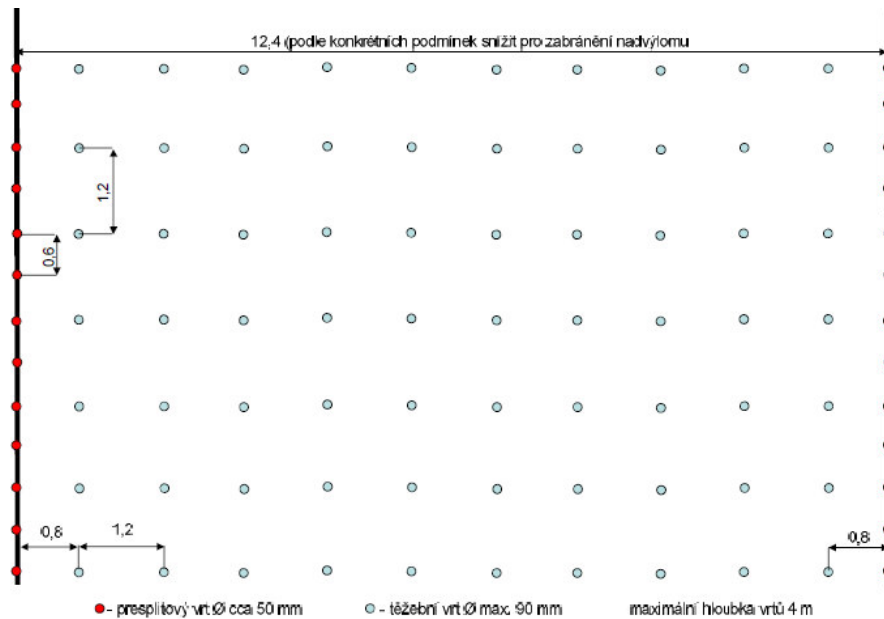
Technický projekt odstřelu spodní etáže



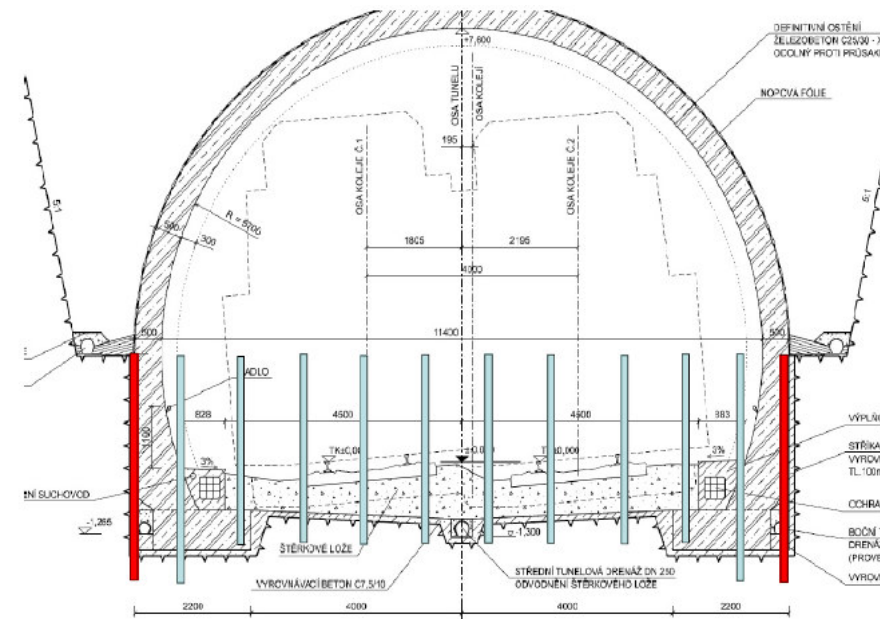
 - část zřezu budoucího tunelu jejíž rozpojení řeší prováděcí projekt TPVR

Spodní etáž se svislými stěnami

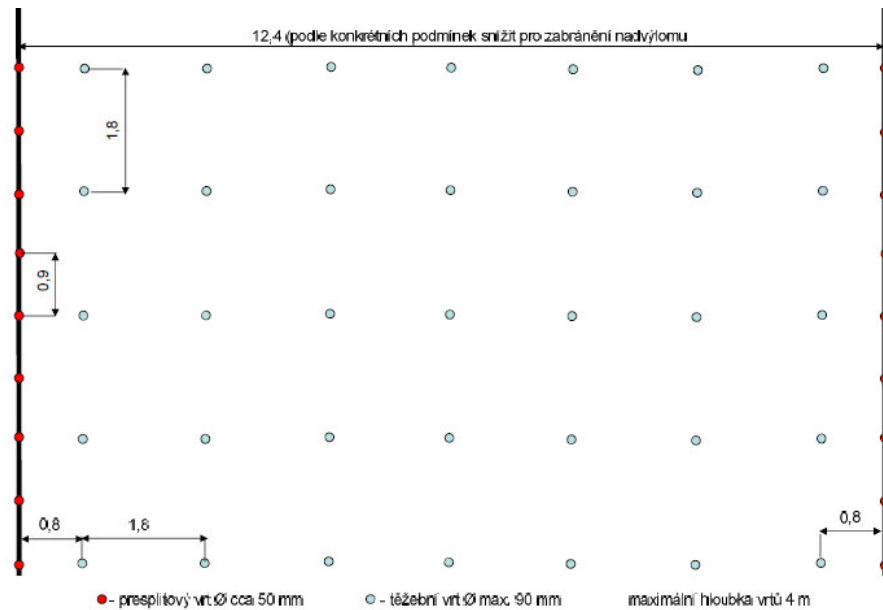
obrysovové (presplitové) vrty s odlehčenou náloží z trhaviny Lambrex 2 Contour



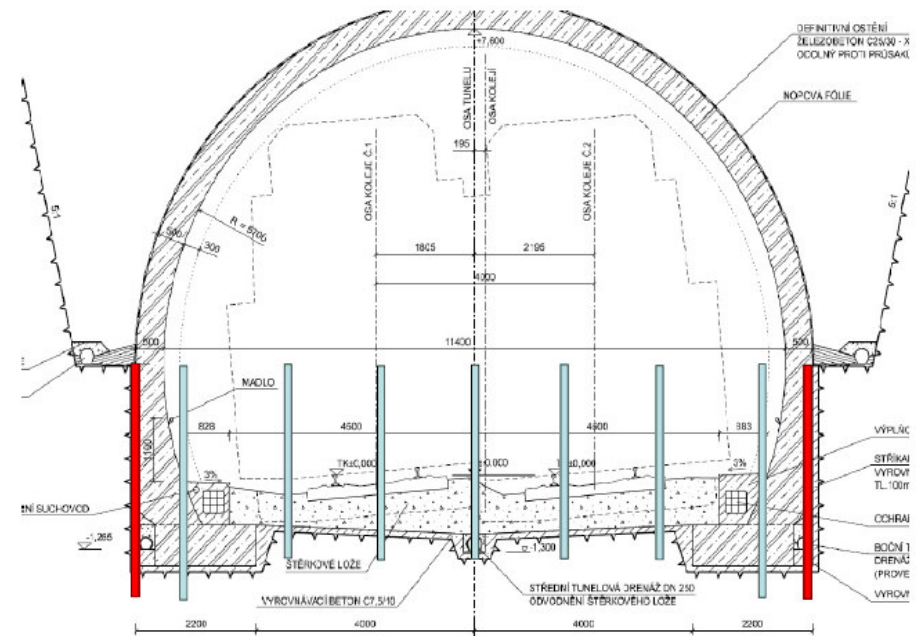
Modul roztečí 1,2m



Charakteristický příčný profil hloubení



Modul roztečí 1,8m

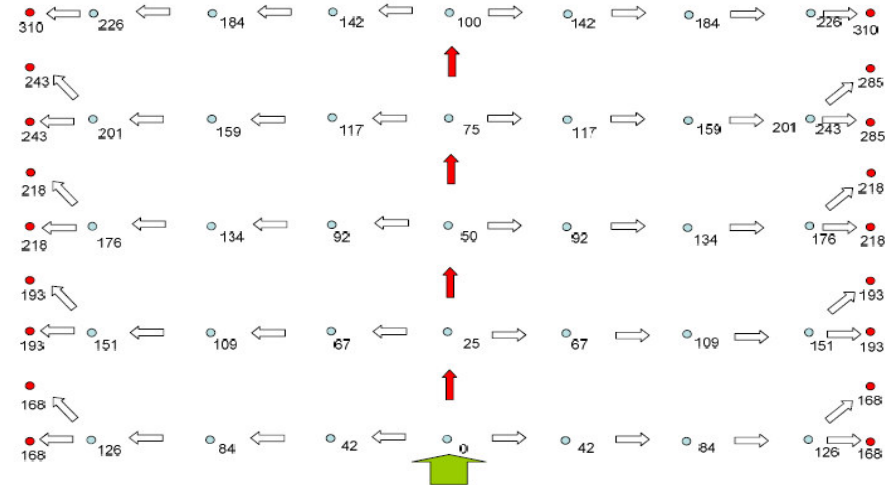
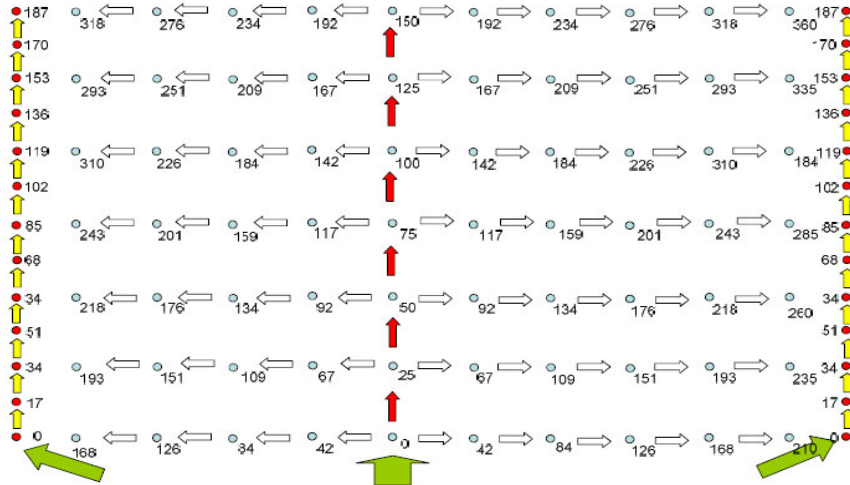


Charakteristický příčný profil hloubení

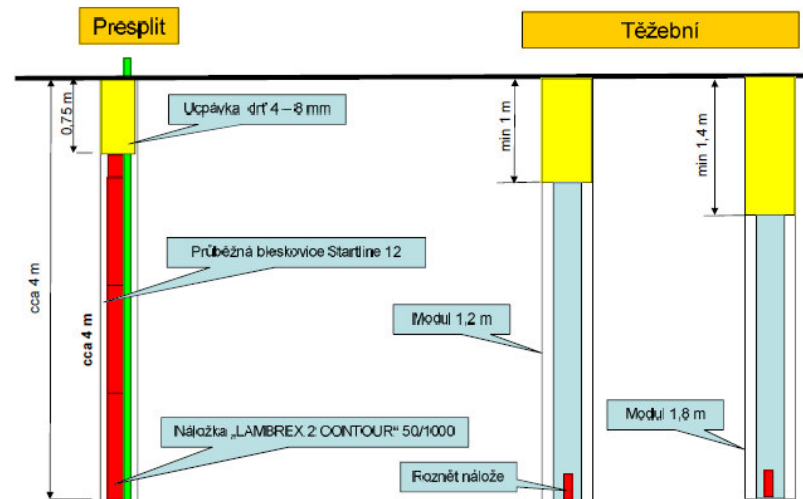
Schéma neelektrického roznětu typu INDET SCHOCK

„předstřelení“

„přistřelení“



Konstrukce náloží
a ucpávek



Zahájení prací a zastižení odlišných geologických podmínek vůči ZDS

- Při otvírání stavební jámy se předpoklady IG průzkumu nepotvrdily.
- Byl zastižen skalní masiv s těmito geotechnickými vlastnostmi:
 - granitoid – krystalinikum (pegmatit, granit, rula, migmatit),
silně zvětralý s vysokým stupněm tektonického porušení,
je protkán systémy průběžných i neprůběžných ploch nespojitosti,
 - převládá subvertikální orientace ploch nespojitosti,
 - porušení rovnovážného stavu trojosé napjatosti horninového masivu uvolněním napětí na straně výkopu a k následnému otevření dříve sevřených puklin + nepříznivá orientace diskontinuit = porušení stability skalních svahů stavební jámy.

- **Společně s ostatními účastníky výstavby zhotovitel nebyl na riziko změny geologie připraven**
- **Hledání řešení až po zastižení změn – ztráta času**

Odchylka ve vlastnostech horninového masivu si vyžádala:

- změny způsobu zajištění stability stěn stavební jámy v RDS
- změny technologických postupů hloubení a rozpojování horniny trhací prací
- Od odpalu č. 19 se zpracovává na každý odpal Prováděcí projekt odstřelu



Tunelářské odpoledne 23.3.2011 – Zkušenosti z výstavby hloubeného Votického tunelu



Fáze odstřelu č. 17

Celkem 580 kg trhavin, 67 vrtů délky 5 m



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17



Fáze odstřelu č. 17

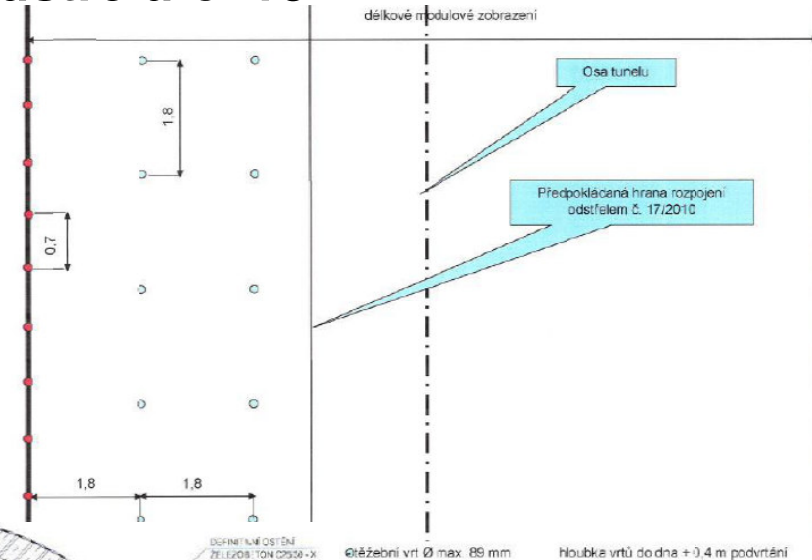
Příprava odstřelu č. 17



Příprava odstřelu č. 17

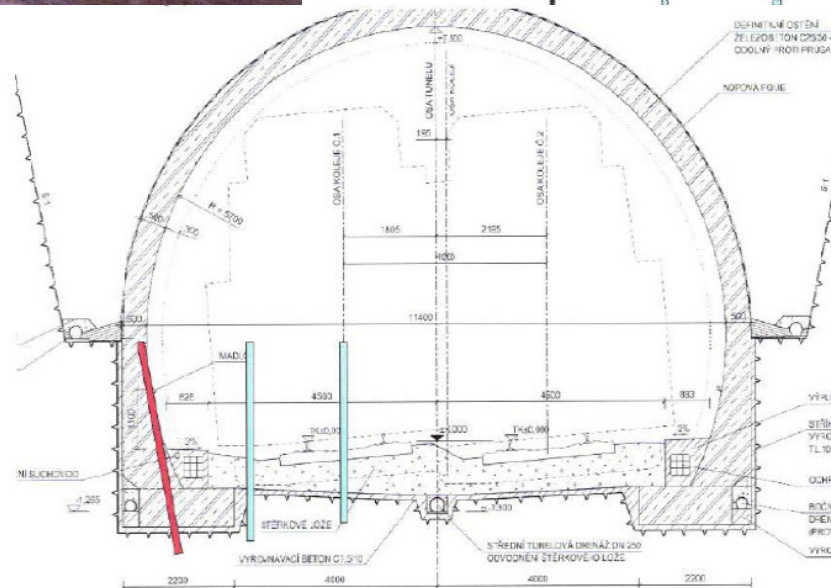


Prováděcí projekt odstřelu č. 18

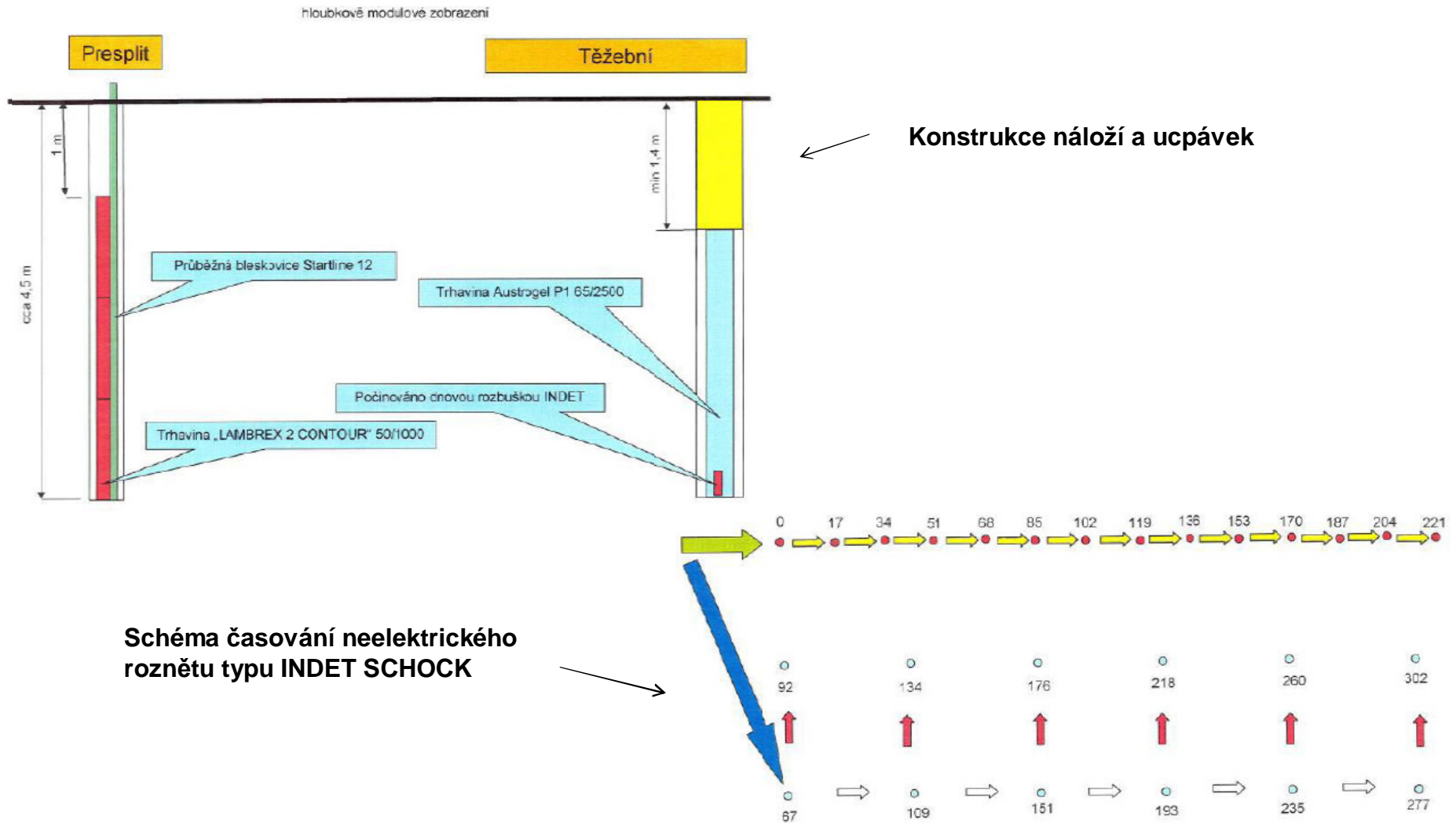


Vrtné schéma ú spodní lávka

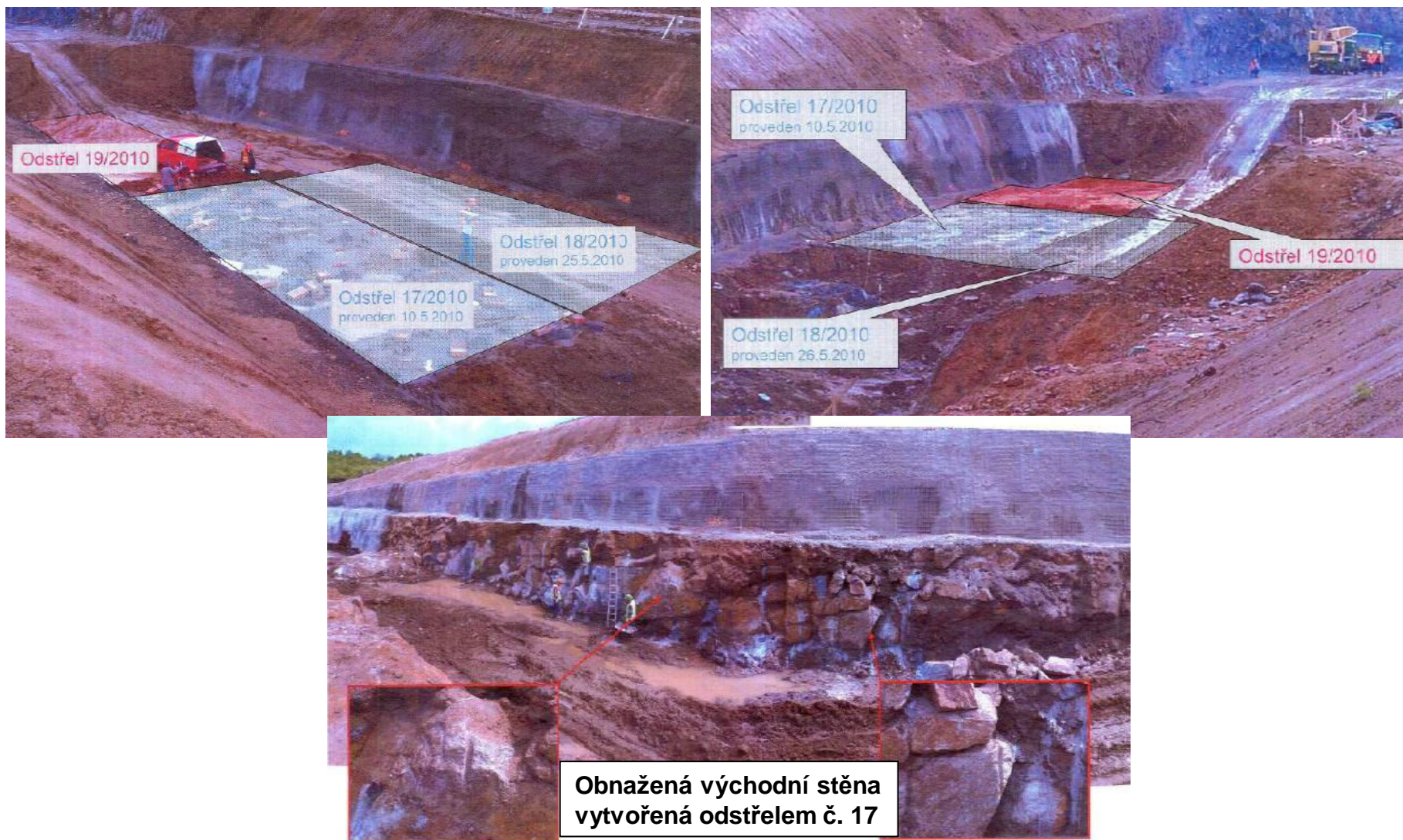
Příčný profil tunelem s vyznačením umístění vrtů spodní lávky



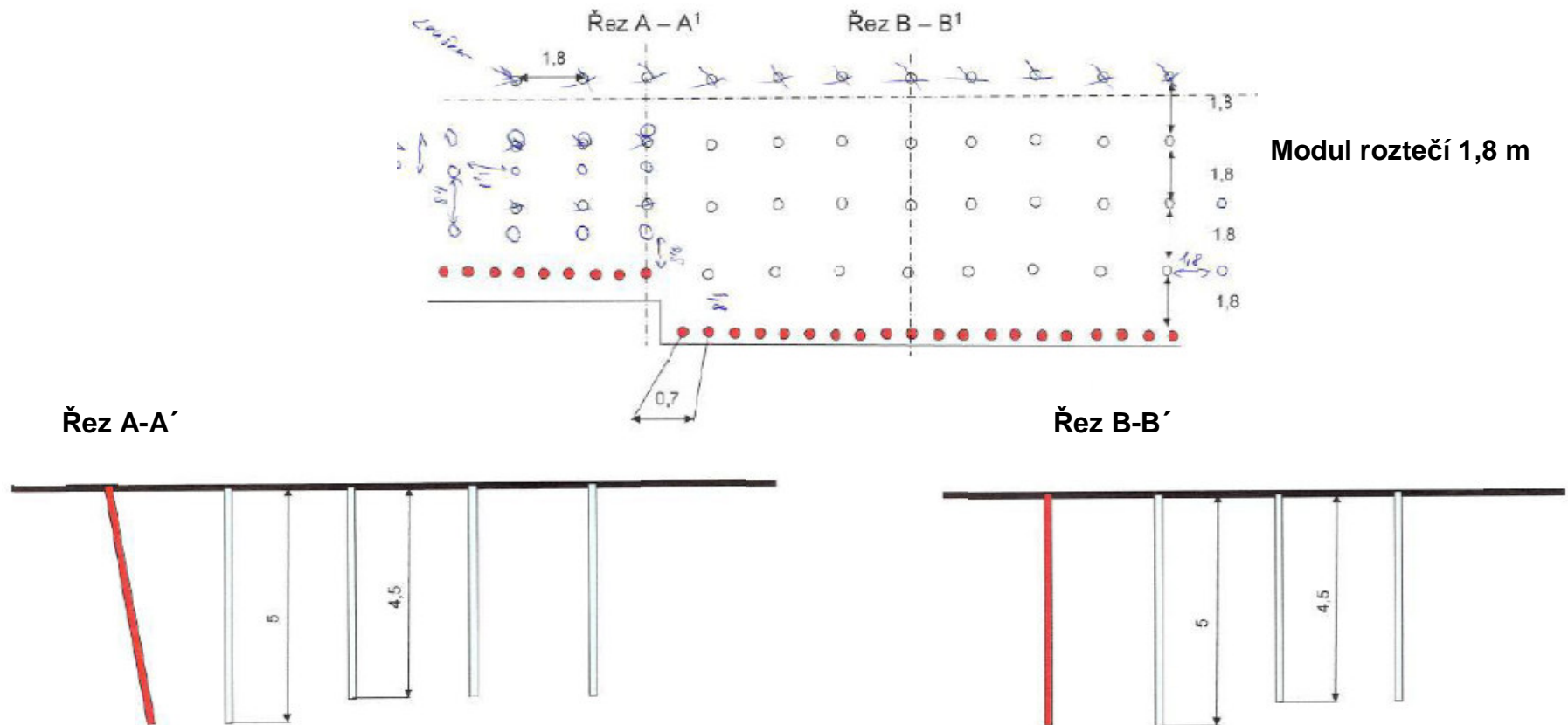
Prováděcí projekt odstřelu č. 18



Prováděcí projekt odstřelu č. 19

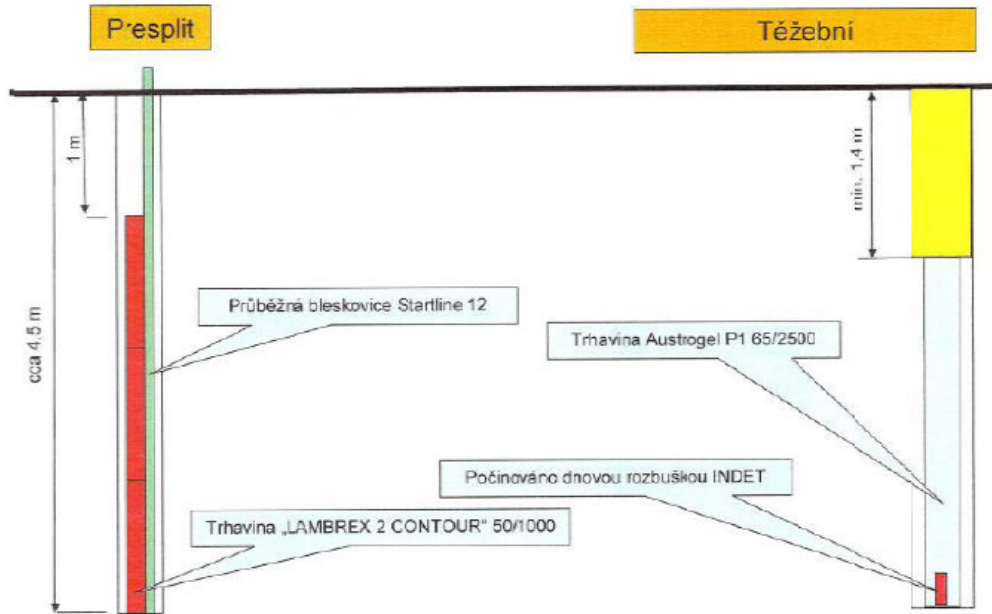


Prováděcí projekt odstřelu č. 19 – vrtné schéma



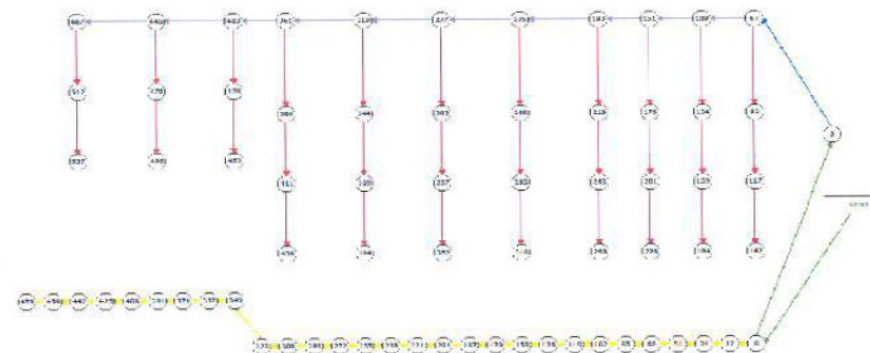
Prováděcí projekt odstřelu č. 19

hloubkově modulové zobrazení



Konstrukce náloží a ucpávek

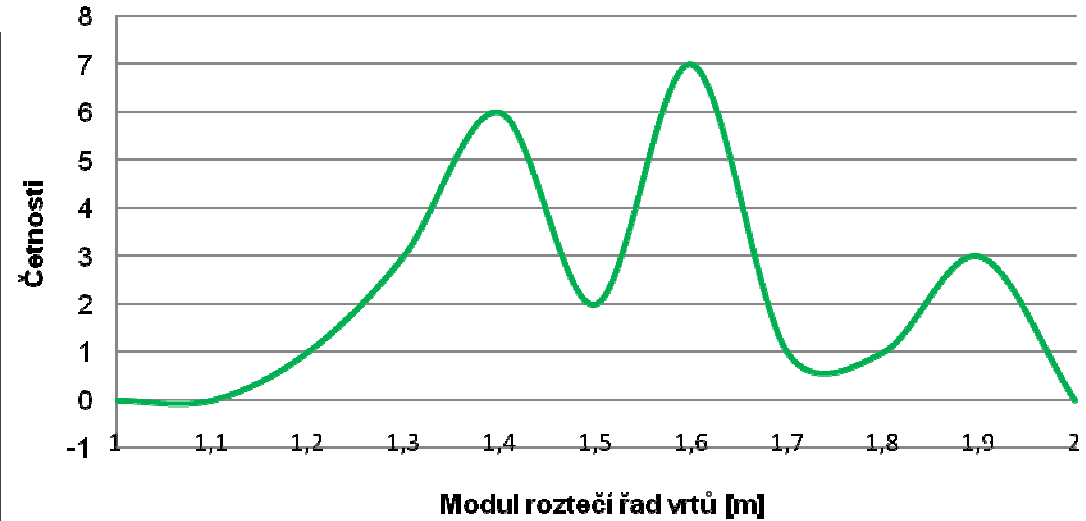
Schéma časového zpoždění



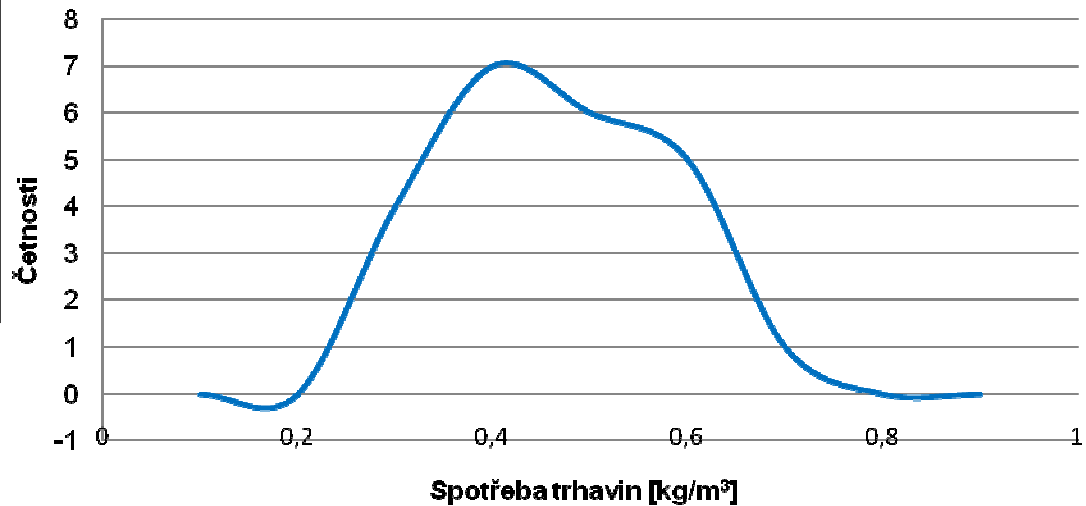


Tunelářské odpoledne 23.3.2011 – Zkušenosti z výstavby hloubeného Votického tunelu

Graf rozptylu modulů vrtů



Graf specifické spotřeby trhavin



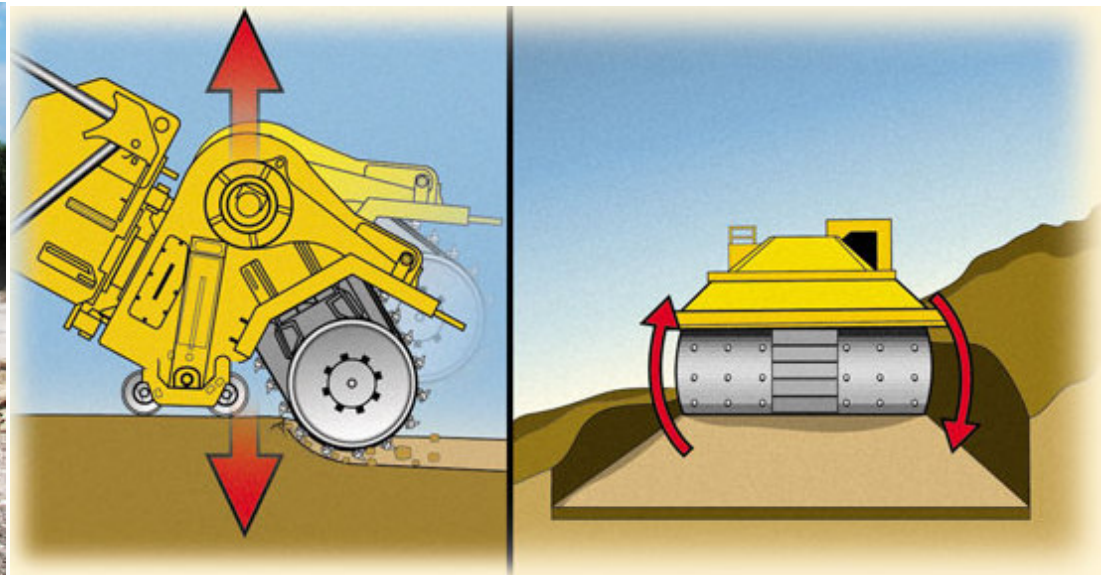
Ods řfel	Datum	Trhavin celkem [kg]	Počet vrtů [ks]	délka vrtu[m]	rozpojená hornina [m3]	Specifická spotřeba trhavin	Počet vrtů na m ² [ks]	Průměrná vzdálenos t vrtů [m]
11	19.3.2010	750	165	3,5	1500	0,50	0,39	1,6
12	23.3.2010	975	132	3,5	1600	0,61	0,29	1,9
13	8.4.2010	2275	320	3,5	4000	0,57	0,28	1,9
16	16.4.2010	1100	171	3,5	2000	0,55	0,30	1,8
18	26.5.2010	425	60	5	800	0,53	0,38	1,6
19	2.6.2010	600	61	5	800	0,75	0,38	1,6
20	7.6.2010	475	60	5	800	0,59	0,38	1,6
21	16.7.2010	825	118	4,5	1000	0,83	0,53	1,4
22	22.7.2010	1050	128	5	1600	0,66	0,40	1,6
24	2.8.2010	1175	131	5	1600	0,73	0,41	1,6
26	13.8.2010	547,5	65	5	1200	0,46	0,27	1,9
28	27.9.2010	1100	264	3,5	2500	0,44	0,37	1,6
30	11.10.2010	725	201	3,5	1400	0,52	0,50	1,4
32	18.10.2010	1150	115	5	1200	0,96	0,48	1,4
36	10.11.2010	575	45	6	600	0,96	0,45	1,5
41	26.11.2010	325	106	4	600	0,54	0,71	1,2
44	7.12.2010	875	109	4,5	900	0,97	0,55	1,4
47	15.12.2010	425	96	4	700	0,61	0,55	1,4
49	10.1.2011	650	85	4,5	1100	0,59	0,35	1,7
53	25.1.2011	925	97	4,5	700	1,32	0,62	1,3
58	9.2.2011	950	82	5	900	1,06	0,46	1,5
62	21.2.2011	700	87	4	700	1,00	0,50	1,4
65	1.3.2011	890	110	4,5	900	0,99	0,55	1,3
71	14.3.2011	385	71	4	500	0,77	0,57	1,3
PRŮMĚR		828	120	4,4	1233	0,73	0,44	1,5

Zkouška mechanického rozpojování horniny těžkou silniční frézou

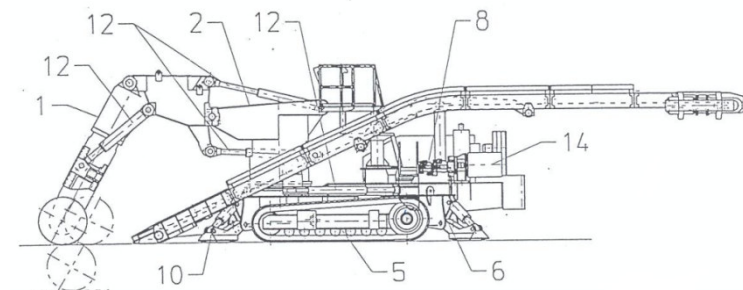
- Z důvodu omezení seismických účinků jsme z vlastní iniciativy nasadili největší skalní frézu v ČR.
- Díky jejímu nasazení nemuselo dojít k zastavení stavby v úseku pod stožárem VN, neboť se nepodařilo provést přeložku a trhací práce v těsné blízkosti stožáru byly vyloučeny.



Silniční fréza VERMEER T 1255



	Silniční fréza	Razící kombajn
Hmotnost	111 t	120 t
Příkon na hlavě	380 kW	300 kW
Výkon rozpojování	25 m ³ /hod	20 m ³ /hod



Dobývací a razící kombajn WAV 178/300 QSK



Tunelářské odpoledne 23.3.2011 – Zkušenosti z výstavby hloubeného Votického tunelu



Nepříznivá geologie byla příčinou:

- vzniku technologicky nezaviněných nadvýlomů
- nutnosti nahrazovat horninu ve stěnách spodní etáže jámy betonovými klíny
 - pro zajištění rozepření klenby ostění tunelu ze statických důvodů
 - zachování tolerance tloušťky ostění podle TKP 20
 - speciální pojízdné bednění

Převisy



Nové zajištění stability





Nadvýlomy ve spodní etáži



Betonové klíny ve stěnách spodní etáže

- 1 – Základní informace
- 2 – Změna geotechnických poměrů a vliv na provádění stavby
- 3 – Ostění tunelu, technologie a dosažené postupy provádění**
- 4 – Aktuální stav prací na stavbě



Změna stupně vlivu prostředí na beton

- požadavek PS (ZDS) C 25/30 XC2, **XF2**
- povolená změna v RDS C 25/30 XC2, **XF1**

Zdůvodnění změny

- z technologických důvodů, protože receptura čerstvého betonu pro vliv XF1 je kompromisem mezi rychlostí náběhu pevnosti (odbedňování) a vývinem hydratačního tepla.
- beton C25/30 XC2, XF1 je odolný proti průsakům

Argumentace ke změně

- požadovaná odolnost v ZDS stupně XF2 je odolnost vůči mrazovým cyklům s vlivem rozmrazovacích prostředků, kde odolnost betonu je zajištěna zvýšenou dávkou vzduchu (provzdušněný beton). Tento vliv se neuplatní na železnici.
- Nevýhody provzdušněných betonů:
 - snížení pevnosti betonu – 1% dodatečného vnesení vzduchu způsobuje snížení pevnosti o cca 5%,
 - nahrazení ztráty pevnostních parametrů přidáním cementu nevhodné z důvodu minimalizace vzniku hydratačního tepla a zvýšeného smršťování.
 - pohledové vady konstrukce na konkávních částech bednění – shlukování bublin

Receptura vodonepropustného betonu ostění se zdroji v regionu

- projednaná změna stupně vlivu prostředí vůči požadavkům ZDS
- dvě receptury pro letní a zimní období s hranicí použití + 10 C⁰

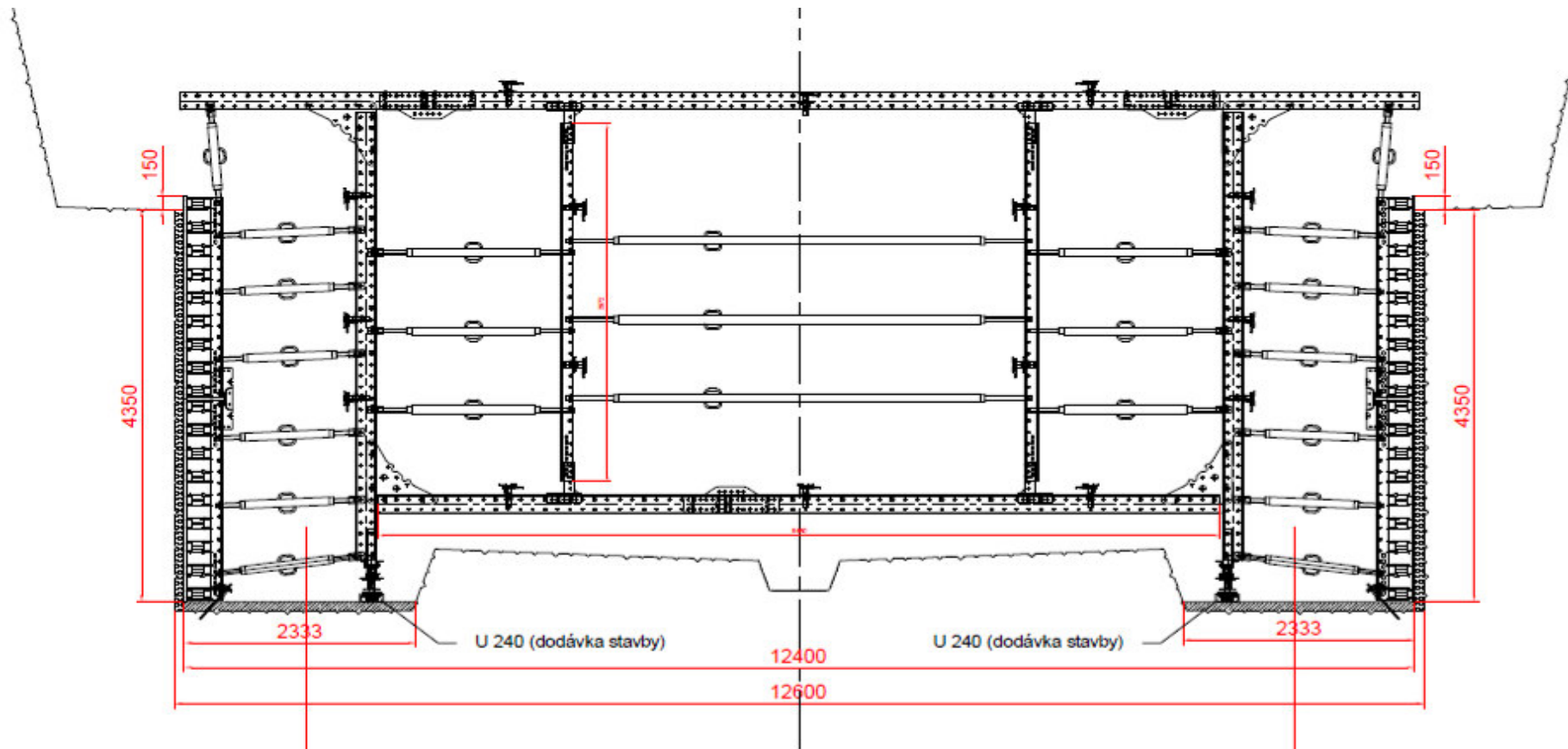
Označení receptury					<i>r03</i>	<i>r05</i>	<i>rozdíl %</i>
Vstupní suroviny		objemová hmotnost	obsah Na ₂ Oekv.	obsah chloridů	<i>C25/30 XF1, XC3</i>	<i>C25/30 XF1, XC3</i>	
CEM I 42,5R	Radotín	3100	0,66%	0,085	375	395	5,3%
DTK 0 - 4	Planá nad Lužnicí	2600		0,01	860	880	2,3%
HDK 4 - 8 (syenit)	Slapy	2750		0,01	240	230	-4,2%
HDK 8 - 16 (syenit)	Slapy	2750		0,01	730	700	-4,1%
HDK 11 - 22 (syenit)	Slapy	2750		0,01	0	0	-
voda	pitná	1000	0,05%	0,05	175	175	0,0%
ViscoCrete 1035 CZ	Sika CZ	1070	1,00%	0,1	1,3	0	3,3%
ViscoCrete 20Gold CZ	Sika CZ	1070	0,50%	0,1	1,7	3,1	
Sika DM2	Sika CZ	1030	0,50%	0,1	0,9	0,9	
<i>množství litrů materiálu v 1m³ betonu</i>				<i>litr</i>	983	983	
<i>teoretický obsah vzduchu (dle rovnice abs. objemů)</i>				<i>%</i>	1,7%	1,7%	
<i>poměr (celková voda / (cement + k x příměs))</i>				<i>-</i>	0,48	0,45	
<i>efektivní vodní součinitel</i>				<i>-</i>	0,44	0,42	-5,0%
<i>objemová hmotnost</i>				<i>kg/m³</i>	2384	2384	
<i>celkový obsah alkálií v betonu</i>				<i>kg/m³</i>	2,59	2,71	
<i>obsah chloridů v betonu</i>				<i>%</i>	0,12%	0,11%	
<i>konzistence sednutím kužele</i>				<i>mm</i>	S5	S5	

Použité technologie a zařízení při provádění ostění

- pojízdné bednění pro betonáž bočních klínů (náhrada horniny)
- těžká oboustranná pojízdná betonářská forma
- armovací vůz pro montáž samonosné výztuže
- pojízdný izolační (klima) vůz pro ošetřování betonu a zajištění zimních opatření

Pojízdná forma pro betonáž bočních klínů (náhrada technologického nadvýlomu horniny)

- Rychlost betonáže klínů je 3 dny/blok
- Spotřeba betonu se pohybuje od 40 m³ do 60 m³ na záběr v závislosti na nadvýlomu



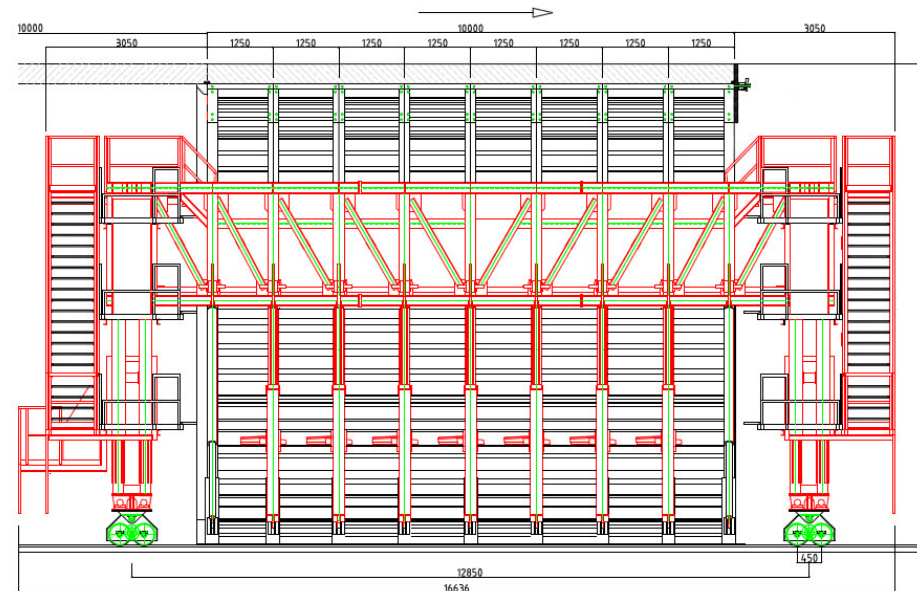
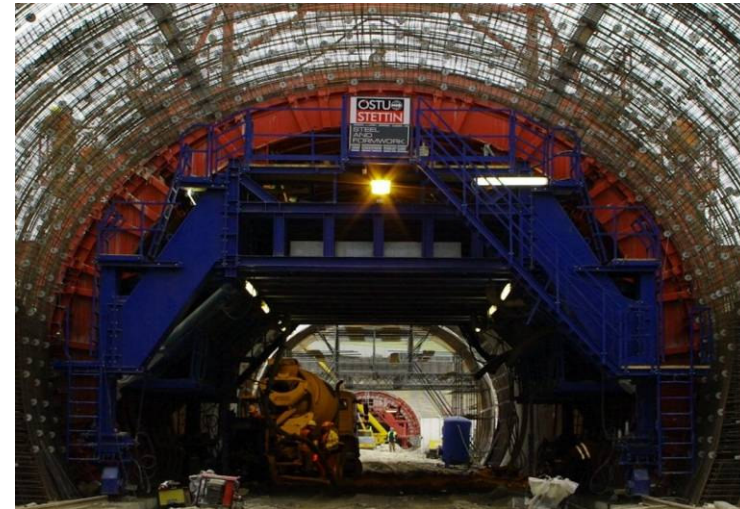
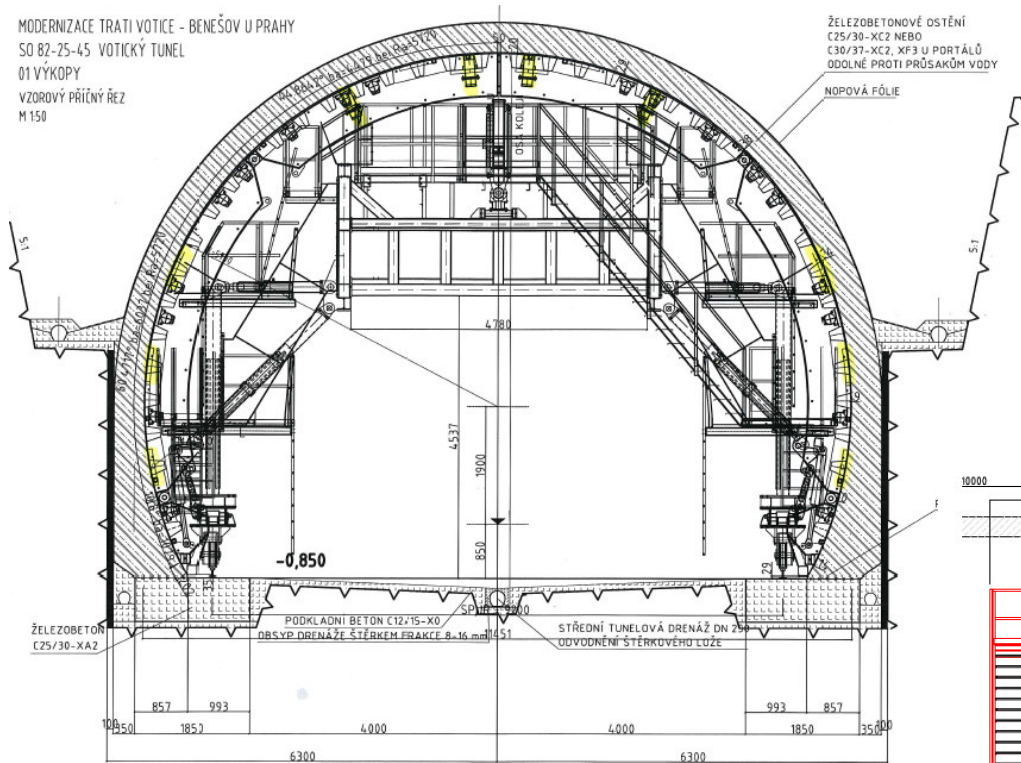
Těžká oboustranná pojízdná forma s čílkem pro montáž těsnícího pásu

- při délce tunelu 590 m a počtu betonovaných bloků 59 ks byla zhotovitelem zvolena těžká forma jako do ražených tunelů,
- nedochází k deformacím formy a k časovým ztrátám z tohoto důvodu
- dělené čílko pro uložení těsnícího spárového pásu

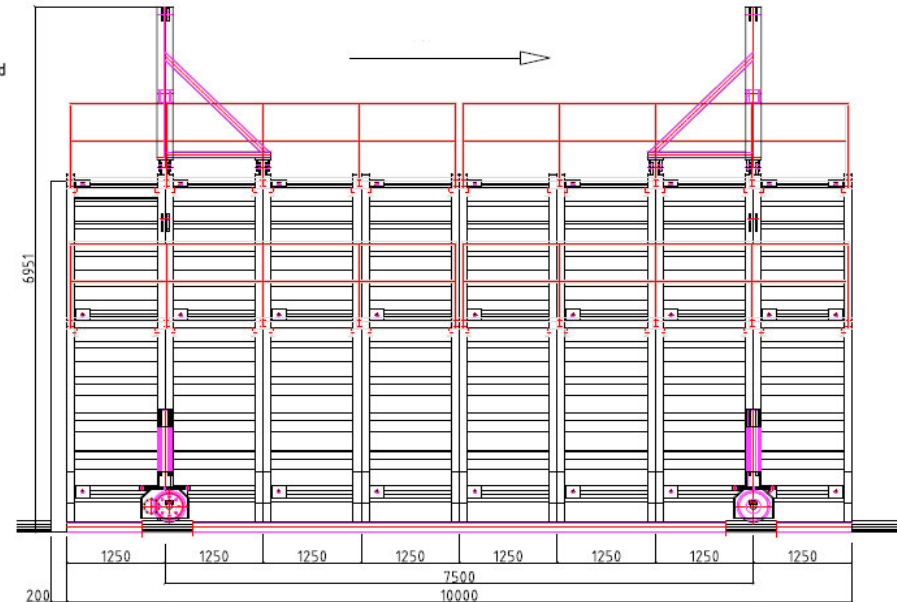
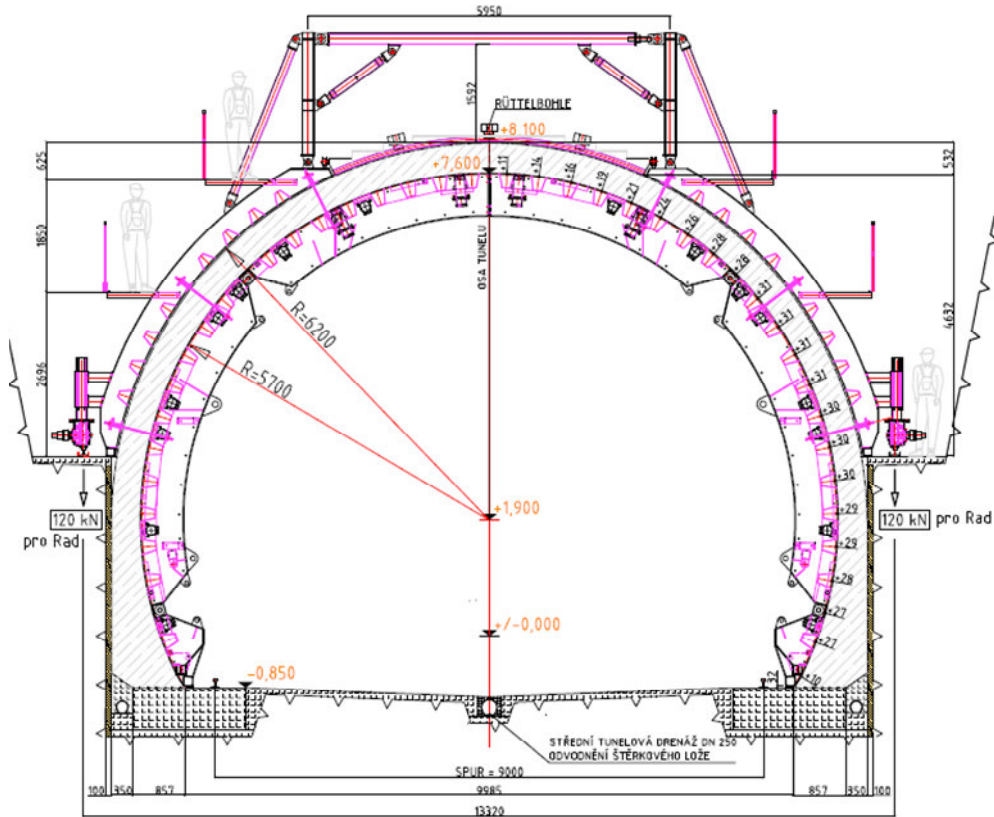


Vnitřní forma

MODERNIZACE TRATI VOTICE - BENEŠOV U PRAHY
 SO 82-25-45 VOTICKÝ TUNEL
 01 VYKOPY
 VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ
 M 150

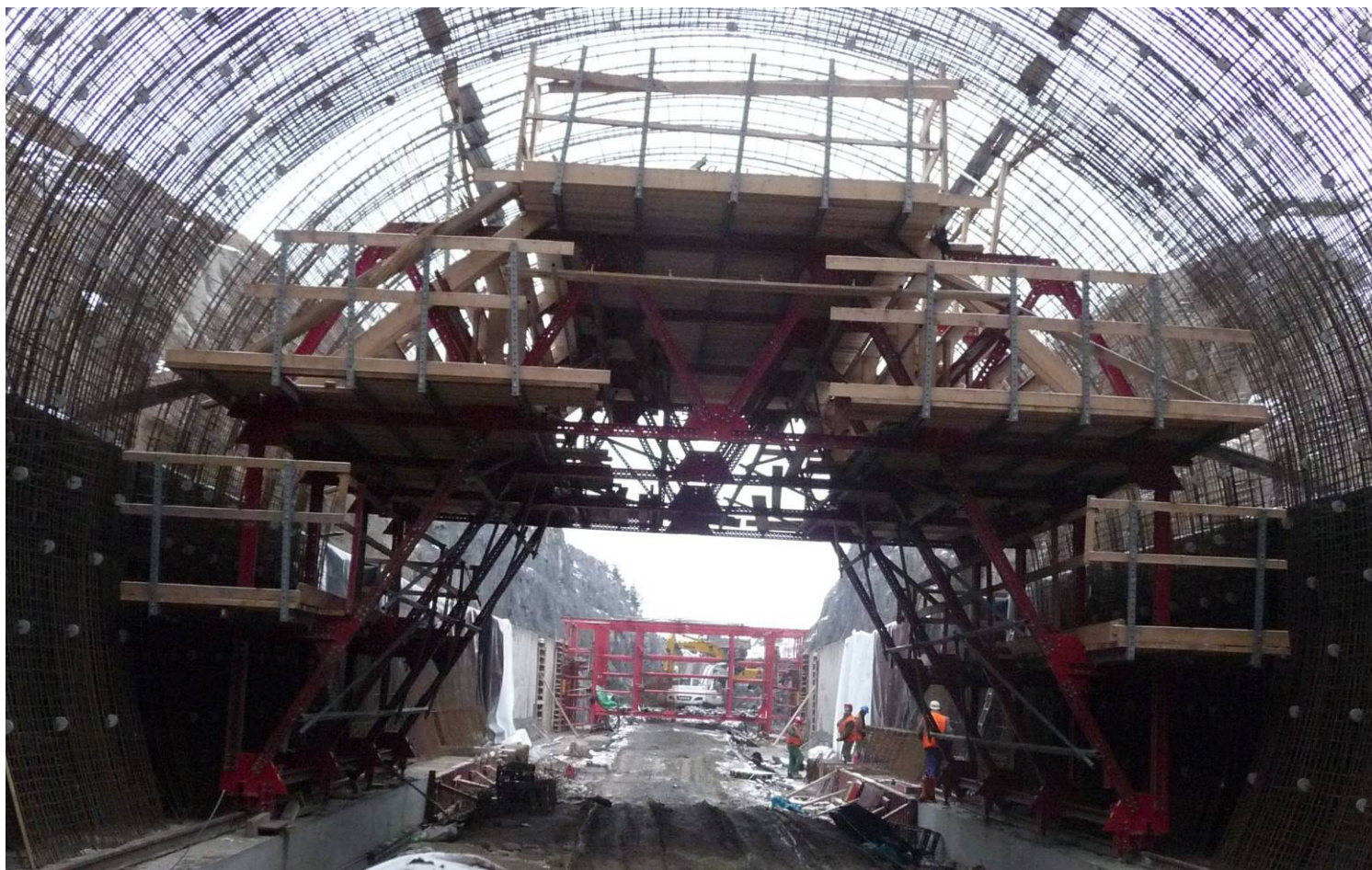


Vnější forma



Samonosná výztuž = zrychlení proudu výstavby ostění

- vázání výztuže ze samostatného armovacího vozu umožňuje nezávislé využití betonářské formy pouze pro betonáž



Tunelářské odpoledne 23.3.2011 – Zkušenosti z výstavby hloubeného Votického tunelu

Zimní opatření a ošetřování betonu - minimalizace teplotnímu šoku

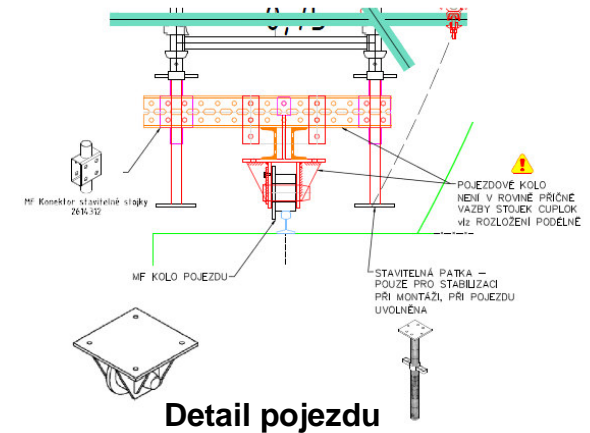
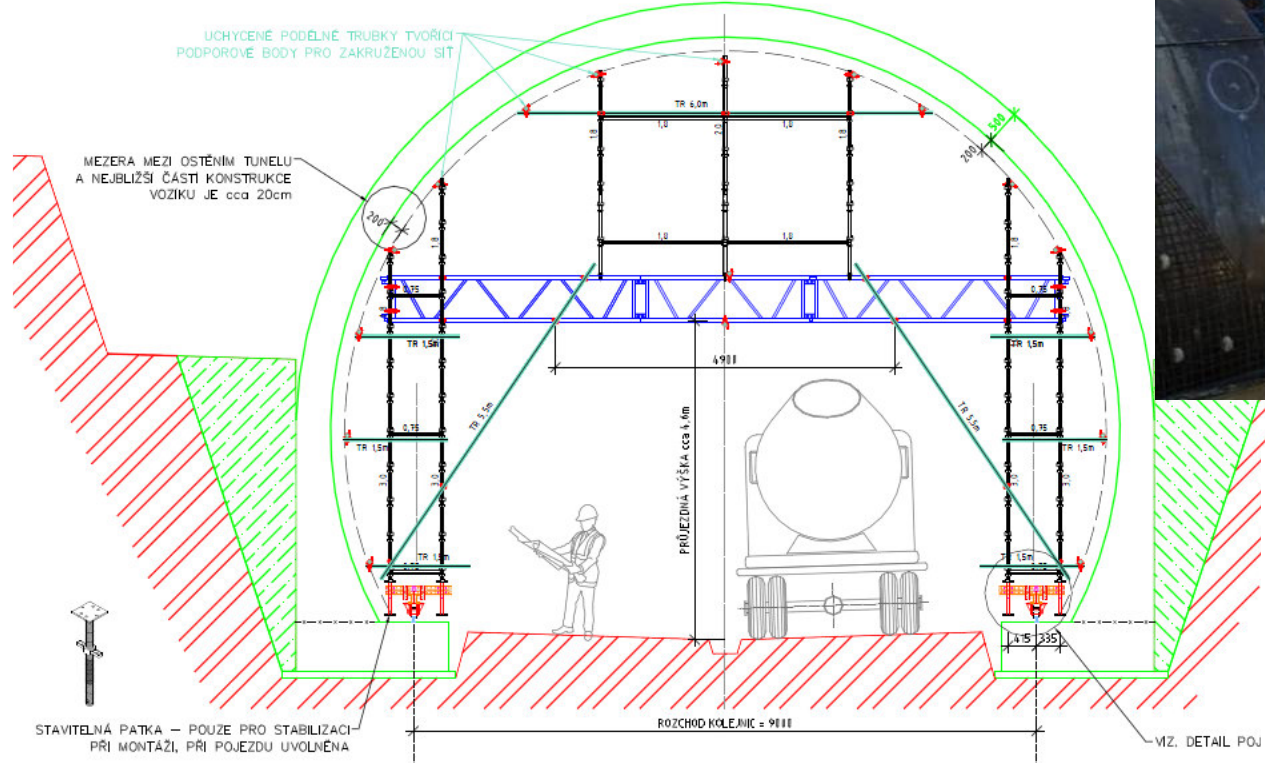
Zateplení formy během betonáže až do odbednění

- uzavření obou čel formy spuštěním geotextilie, v uzavřeném prostoru pod formou se před betonáží 6 hodin topí a po betonáži také 6 hodin pomocí 4 ks naftových topidel. Z vnější strany je nebedněný vrchlík zakryt polystyrenovými rohožemi, přes vnější bednění je spuštěna geotextilie.

Zateplení odbedněné betonové konstrukce

- Vnitřní líc - pojízdný izolační vůz délky 10m (shodný s délkou bloku) je zapojen za formu a je ve funkci min 3 dny
- vnější líc zakrytí folií a tepelnou izolací min 6 dnů

Izolační vůz

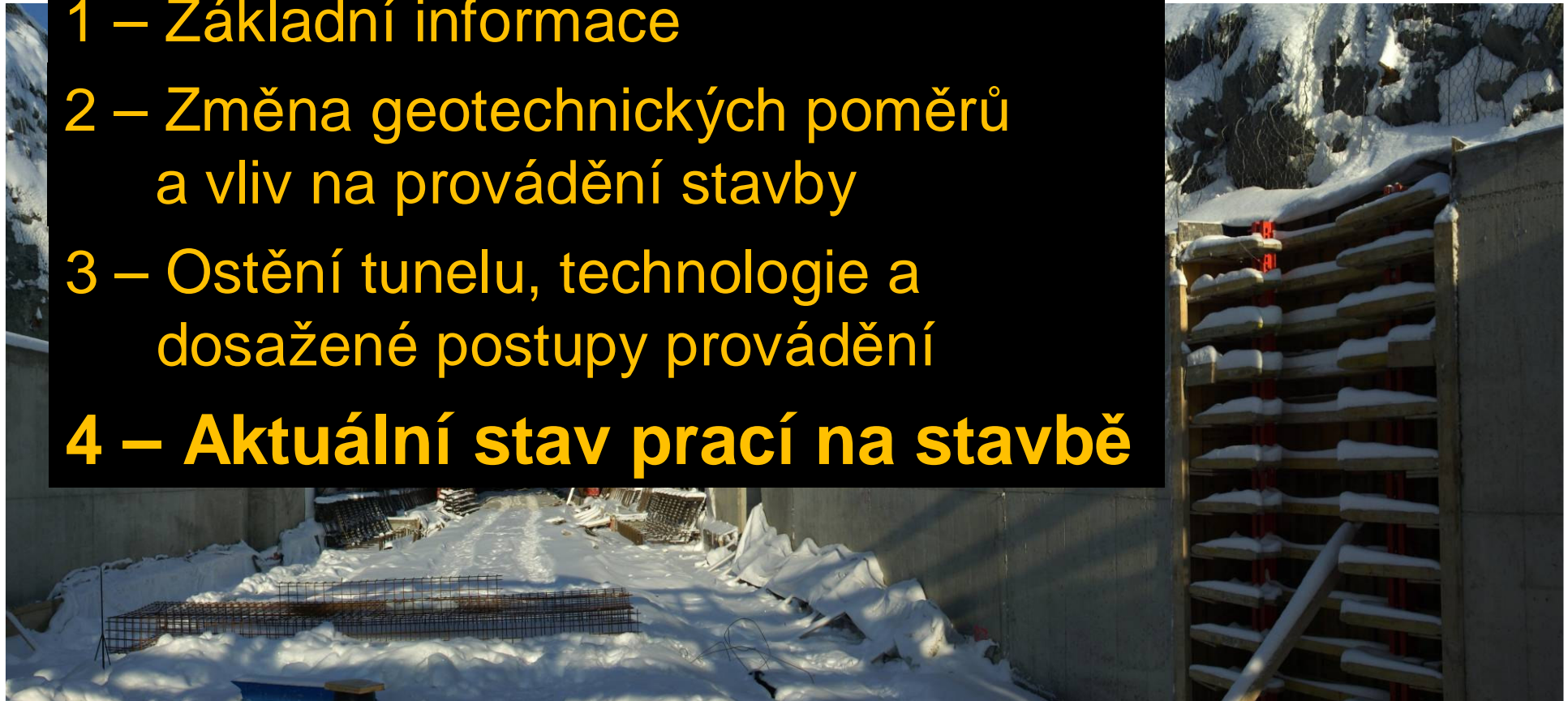


Detail pojezdu

Dosahované postupy na 1 betonovaný blok délky 10 m

- vázání výztuže - 40 hod/blok (1,7 dne/blok)
- požadavek RDS na minimální pevnost betonu pro odbednění činí 14 MPa
- celková rychlost pracovního proudu - 3dny/blok při teplotě vzduchu do + 5 C⁰ (obvyklá doba pro odbednění potom činí 16 až 20 hodin)
- celková rychlost pracovního proudu při teplotě vzduchu mezi +5 a -4 C⁰ se prodlužuje vlivem až 5 dní/blok (obvyklá doba pro odbednění potom činí až 36 hodin)

- 1 – Základní informace
- 2 – Změna geotechnických poměrů a vliv na provádění stavby
- 3 – Ostění tunelu, technologie a dosažené postupy provádění
- 4 – Aktuální stav prací na stavbě**



Stav prací na stavbě k 23.3.2011

Objem výkopů	147.900 m ³	provedeno 89 %
Počet bloků ostění	59 ks	provedeno 26 ks, tj. 44 %

**Termín stavební připravenosti pro montáž kolejového svršku
(dokončení ostění) 21.9.2011**

Termín zprovoznění trati 2013

Doporučení

Uvažovat o zavedení „Technologických tříd výlomů“ i pro stavby tohoto typu.

DĚKUJEME ZA POZORNOST

