



**Tunelářské odpoledne 1/2011**  
**Železniční tunely na trati Votice – Benešov**  
**u Prahy**

**Projektové řešení Zahradnického tunelu**

# Zahradnický tunel – základní údaje

- Celková délka tunelu – 1044 m
- Délka vjezdového hloubeného úseku – 48 m
- Délka výjezdového hloubeného úseku – 60 m
- Délka ražené části – 936 m
- Maximální výška nadloží – 27 m

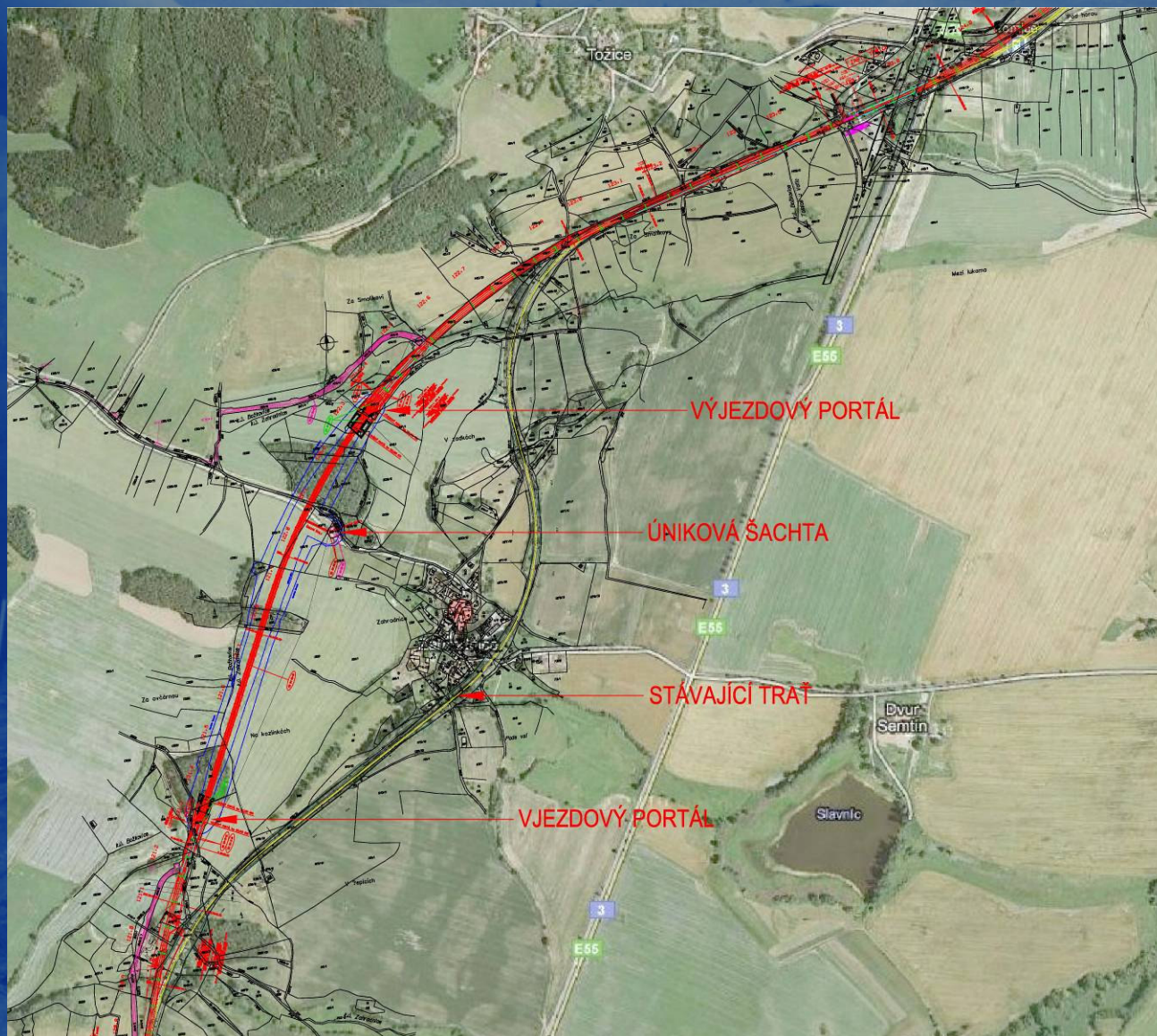
## Směrové a sklonové poměry

Tunel je veden v délce 454 m od vjezdového portálu v přímé, následuje přechodnice délky 191 m a dále oblouk délky 399 m o poloměru 1404 m až k výjezdovému portálu. Maximální převýšení je 119 mm.

V celé délce tunel klesá v jednotném sklonu 9 ‰.

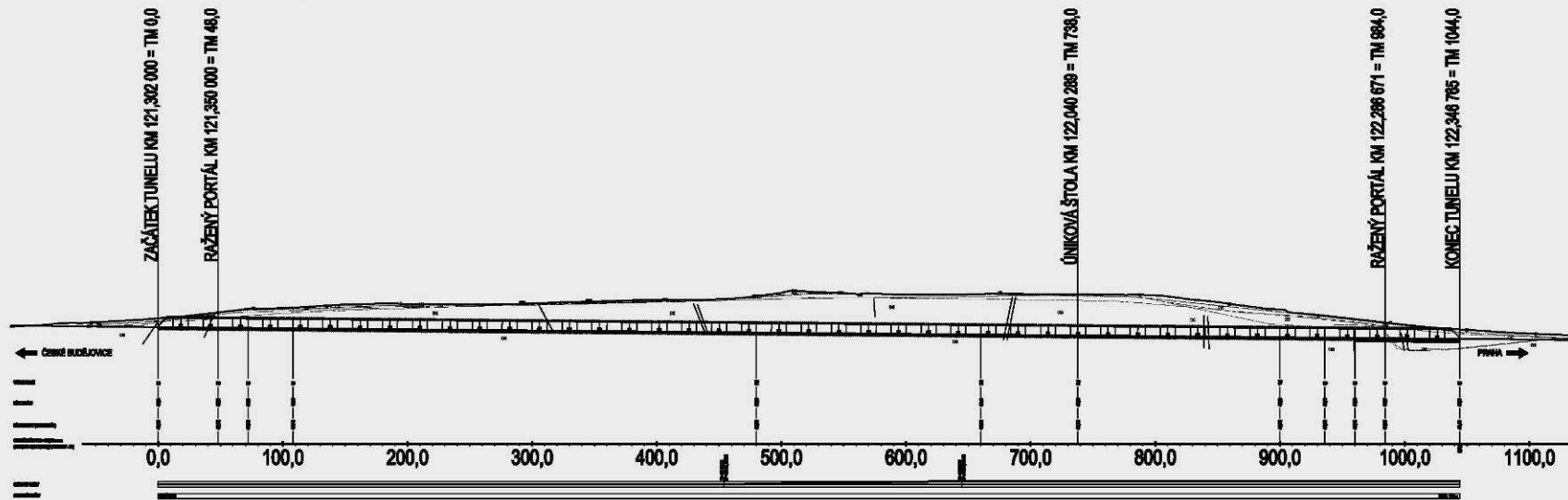
Osa tunelu je v přímé totožná s osou dráhy, v přechodnici a oblouku je osa tunelu odsazena o 1,5 násobek hodnoty převýšení směrem dovnitř oblouku. Maximální hodnota odsazení je tedy 178 mm.

# Situace



# Podélný řez

## PODÉLNÝ ŘEZ V OSE TUNELU



## GEOTECHNICKÉ TIPY

Q2 - HLINA PÍŠČITÁ, TUHÁ, HUMÓZNÍ (F3/M50)

Q5 - PÍSEK S PŘÍMĚSÍ JEMNOZRNNÉ ZEMINY S3/S-F, ULEHLÝ

Q6 - HLINA PÍŠČITÁ (F3/MS), TUHÁ

C1G - GRANITOID (GRANIT) ZCELA ZVĚTRALÝ, CHARAKTERU PÍSKU AŽ ŠTĚRKU S PŘÍMĚSÍ JEMNOZRNNÉ ZEMINY AŽ PÍSKU HLINITÉHO A JÍLOVITÉHO, ULEHLÉHO (R5/G3, S3, S4, S5)

C2G - SILNĚ ZVĚTRALÝ AŽ ZVĚTRALÝ GRANITOID TŘÍDY R4 S VELKOU HUSTOTOU DISKONTINUIT A KŘEHKÝM ZPŮSOBEM PŘETVÁŘENÍ

C3G - MÍRNĚ ZVĚTRALÝ GRANITOID R3 S VELKOU AŽ STŘEDNÍ HUSTOTOU DISKONTINUIT

C4G - NAVĚTRALÝ GRANITOID TŘÍDY R2 SE STŘEDNÍ HUSTOTOU DISKONTINUIT

# Inženýrsko geologické poměry

## Kvartérní pokryv

Celková mocnost je zanedbatelná, pohybuje se v rozmezí cca 0,1 až 1,0 m. Většinou je tvořen pouze humózními vrstvami, ojediněle jsou v jejich podloží zastoupeny písčité až hlinitopísčité zeminy.

## Předkvartérní podklad

Je tvořen paleozoickými hlubinnými vulkanickými horninami. Dominantně převažujícím typem horniny je porfyrická středně zrnitá biotitická žula sedlčanského typu. Horniny jsou generelně málo zvětralé, v trase tunelu jsou zastoupeny převážně mírně zvětralé až navětralé (R3) a navětralé až zdravé horniny (R2). Zejména v oblasti výjezdového portálu byly zastiženy horniny charakteru R5 až R6.

## Technické řešení

Tunel délky 1044 m je navržen jako ražený s hloubenými portálovými úseky. Ostění hloubených úseků je navrženo jednoplášťové z betonu odolného proti průsakům vody.

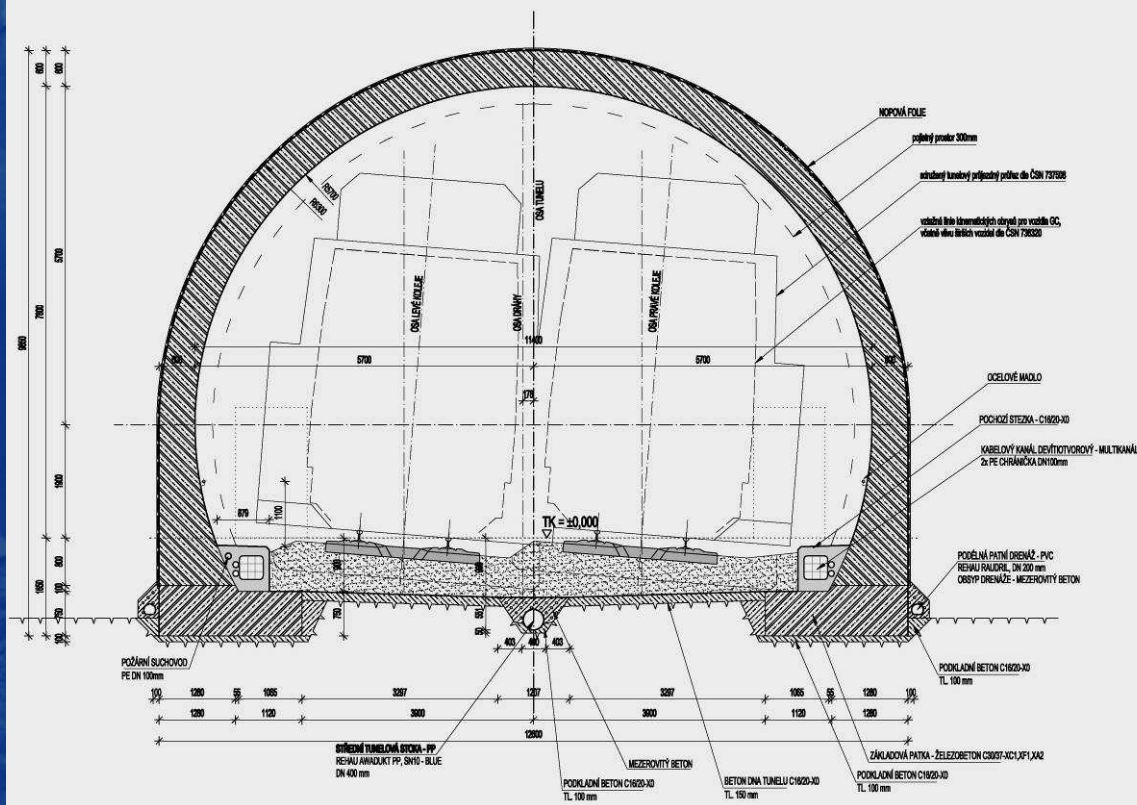
Ostění raženého tunelu je dvouplášťové s mezilehlou izolací proti vodě.

Pro tunel byly sestrojeny základní vzorové příčné řezy. Jsou to typ H1 pro hloubenou a typ R1 pro raženou část tunelu.

Tunel má po celé délce jednotný světlý profil, poloměr vnitřního líce definitivního ostění je v rozsahu klenby a opěří 5,7 m.

# Hloubené úseky

Vzorový příčný řez - Typ H1 - Hloubený tunel se základovými patkami

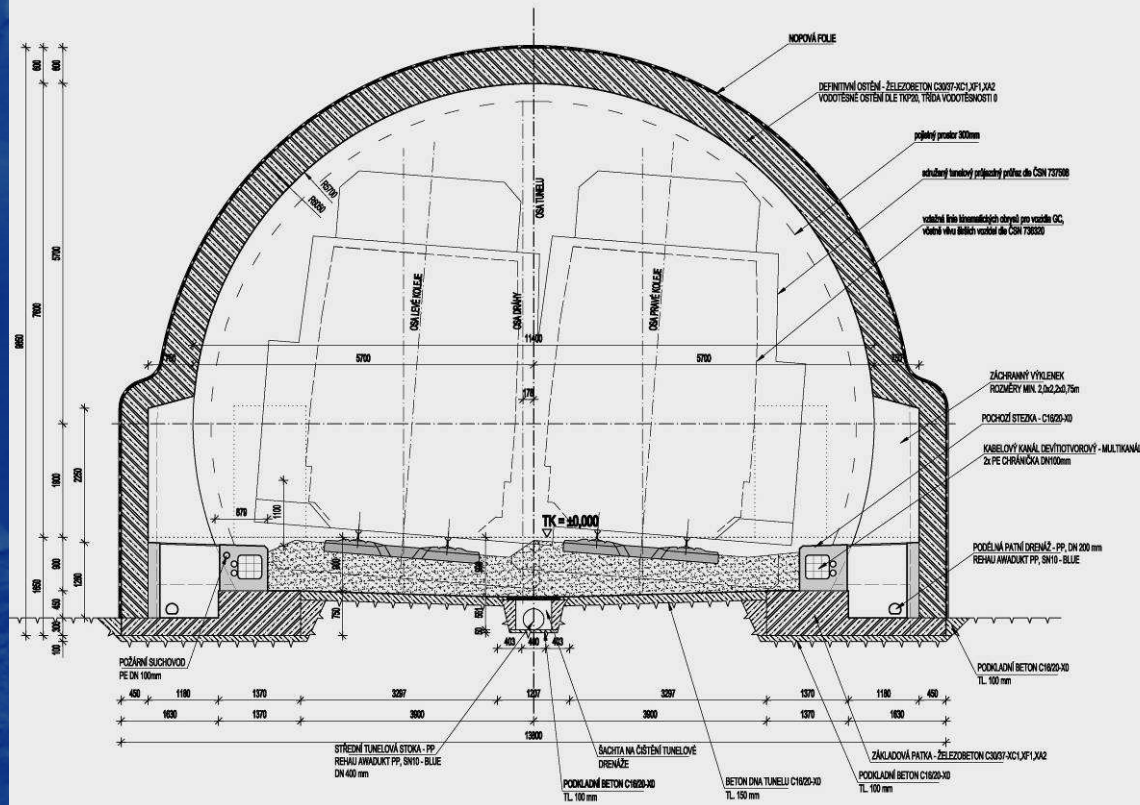


Hloubené úseky jsou realizovány ve svahované stavební jámě. Stěny jsou zajištěny stříkaným betonem C16/20 se sítí a kotveny hřebíky délky 3 až 6 m.



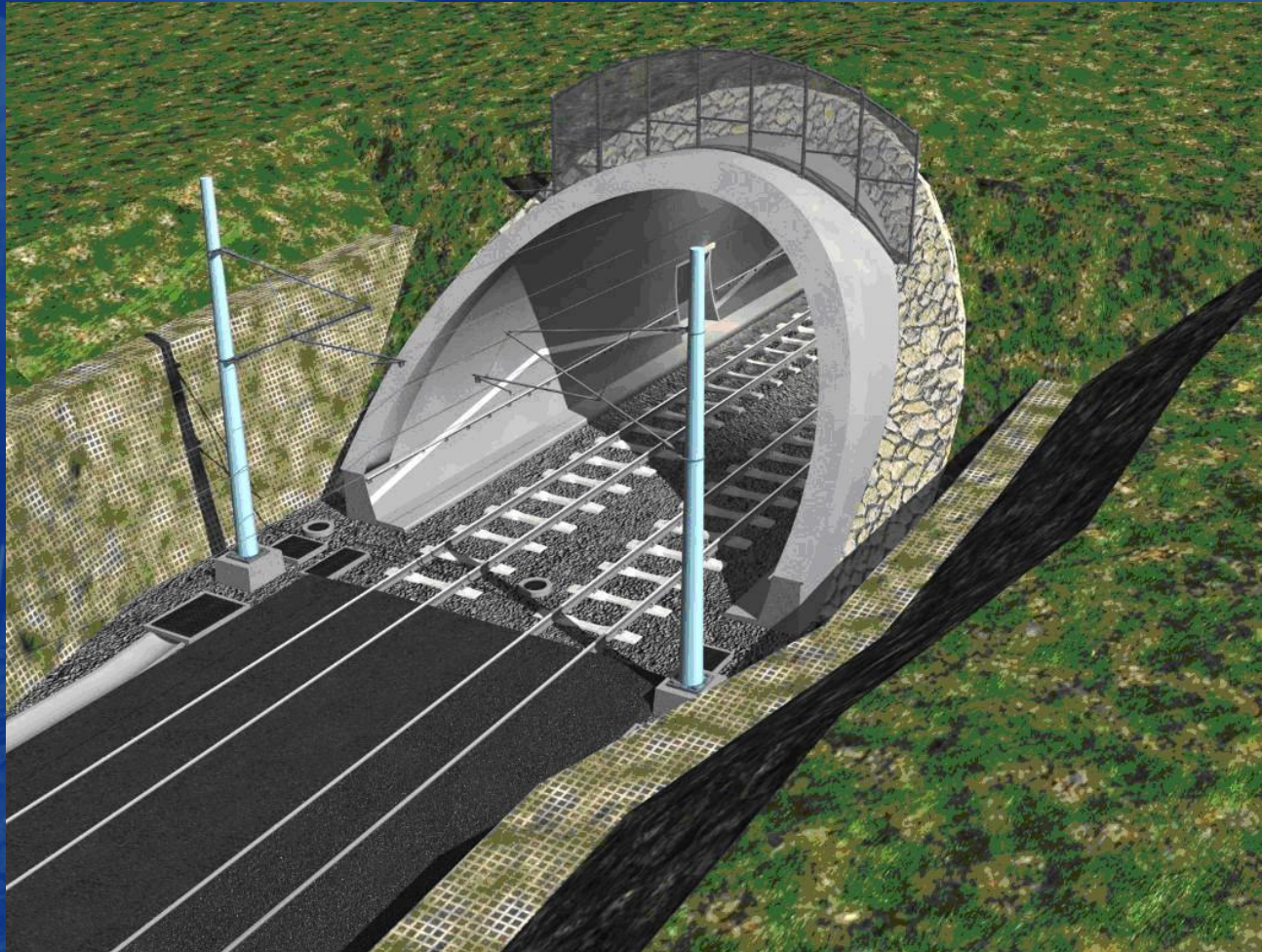
# Hloubené úseky

Vzorový příčný řez - Typ H1 - Hloubený tunel se základovými patkami - záchraný výklenek

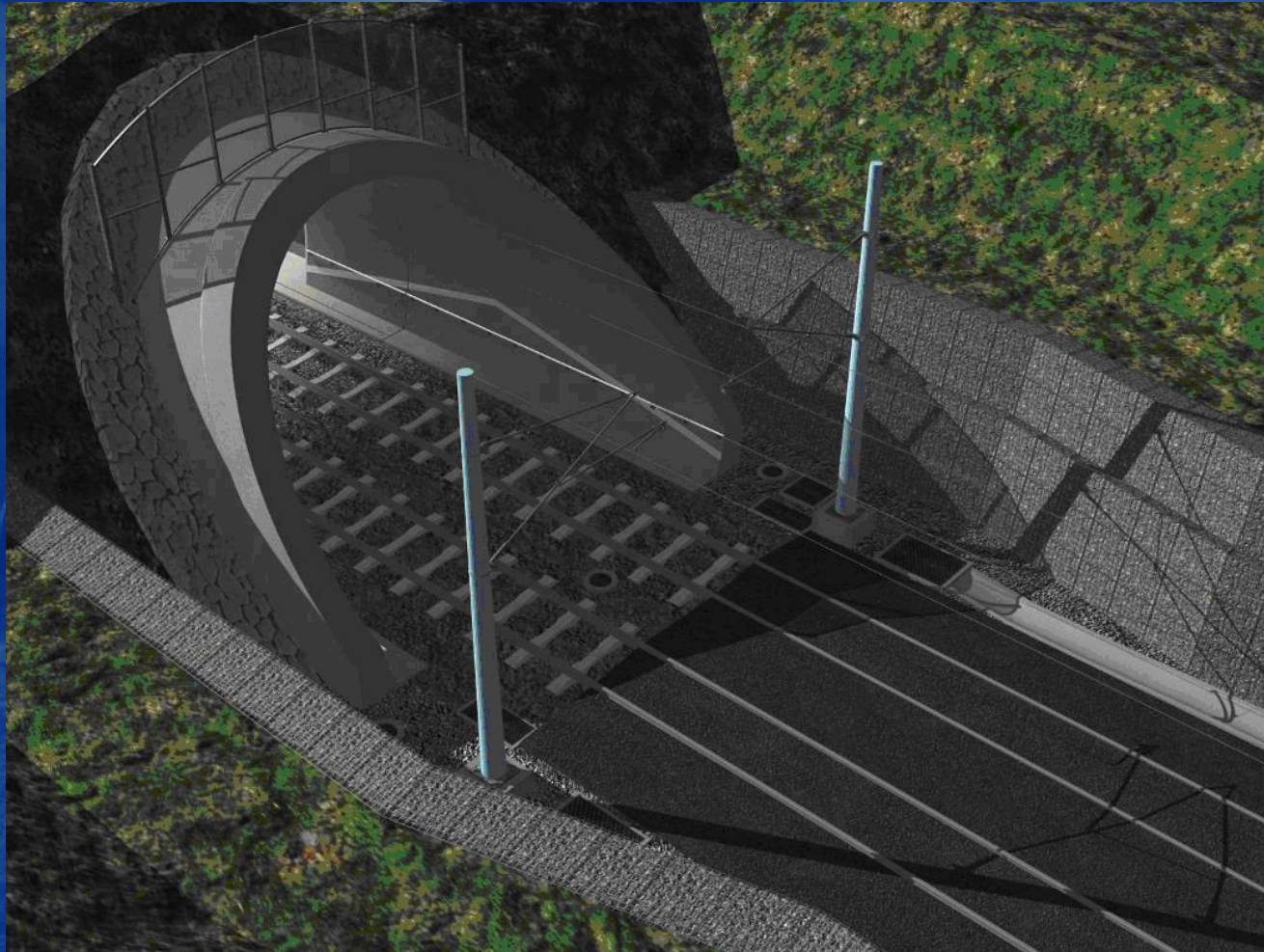


Definitivní ostění je navrženo z betonu odolného proti průsakům vody, třídy C30/37. Minimální tloušťka ostění je 600 mm (ve vrcholu klenby), směrem k opěří se zvětšuje.

# Vjezdový portál

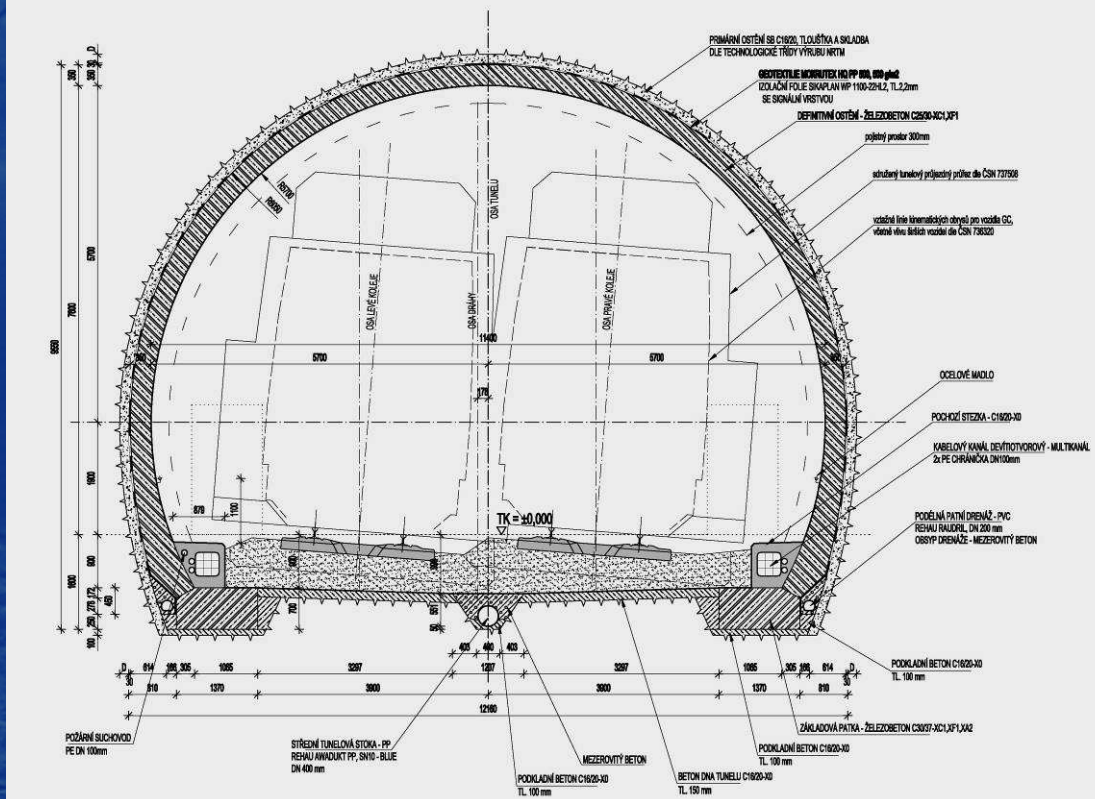


# Výjezdový portál



# Ražená část

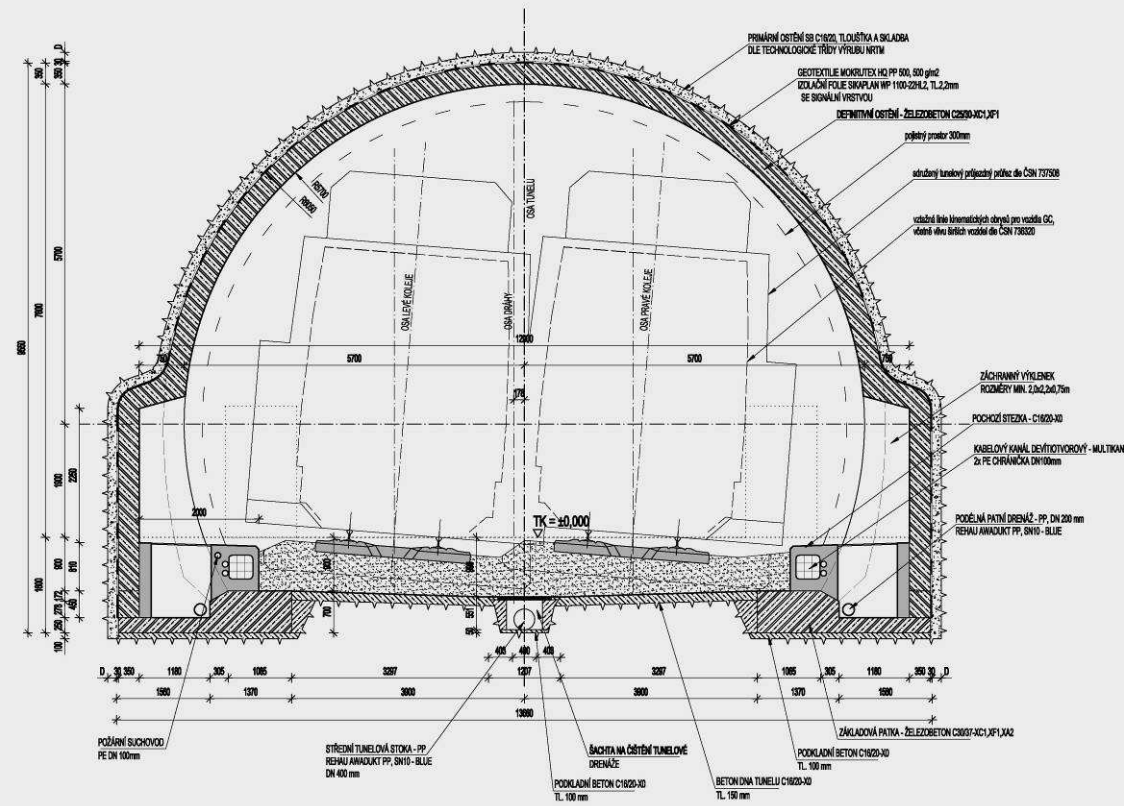
Vzorový příčný řez - typ R1 - ražený tunel s patkami



Ražená část je prováděna pomocí NRTM. Pro zajištění výrubu bylo navrženo primární ostění ze stříkaného betonu tloušťky 100 až 250 mm, vyztužené ocelovými příhradovými oblouky a sítěmi v kombinaci se svorníky délky 3 až 4 m a jehlováním.

# Ražená část

Vzorový příčný řez - typ R1 - ražený tunel s patkami, záchranný výklenek



Definitivní ostění je ze železobetonu C25/30. Minimální tloušťka ostění je 350 mm (ve vrcholu klenby), směrem k opěří se zvětšuje.

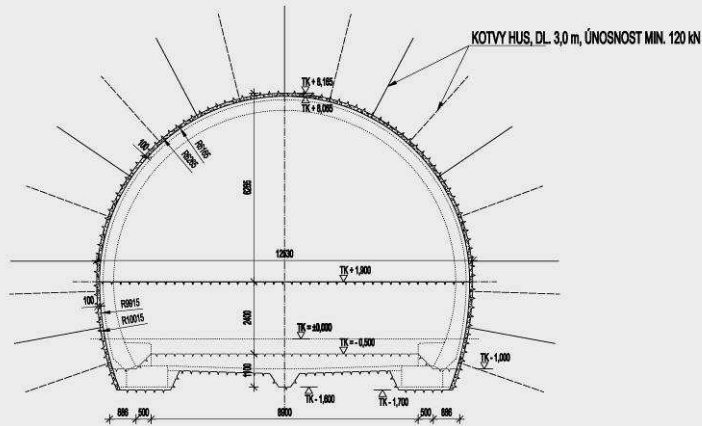
## Ražba a primární ostění

Pro primární vystrojení byly navrženy technologické třídy výrubu 2,3,4,5a a 5b.

S ohledem na velikost raženého průřezu a zastižené inženýrsko geologické poměry byl tunel ražen v celé délce po dílčích výrubech s horizontálním členěním na kalotu, jádro a dobírku dna. Dobírka dna je prováděna těsně před betonáží základových pasů.

# Technologická třída 2

## TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 2 PŘÍČNÝ ŘEZ

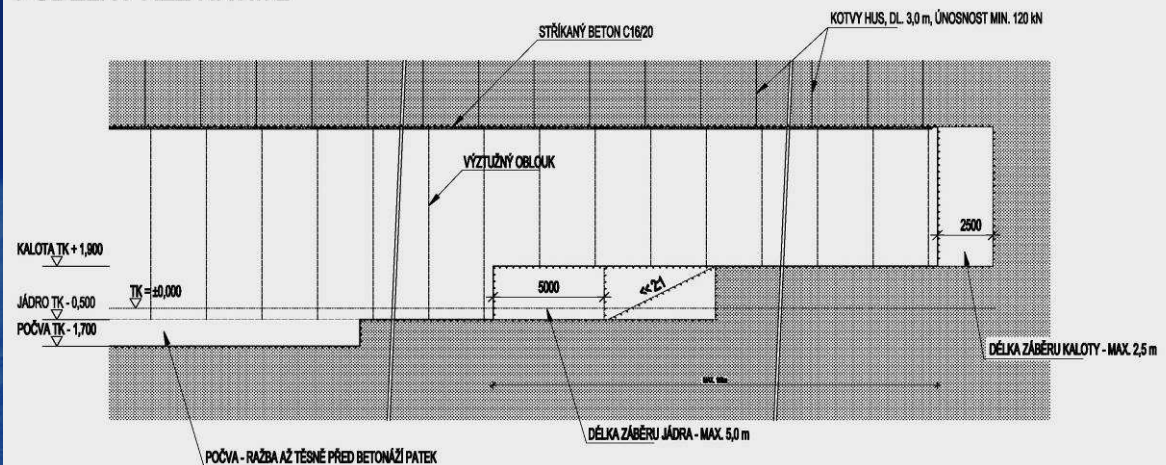


- Plocha výrubu – 101,19 m<sup>2</sup>
- Plocha kaloty – 61,65 m<sup>2</sup>
- Plocha jádra – 30,81 m<sup>2</sup>
- Plocha počvy – 8,73 m<sup>2</sup>
- Předpokládaná délka úseku – 180 m
- Skutečná délka úseku – 450 m

## REKAPITULACE - NRTM 2:

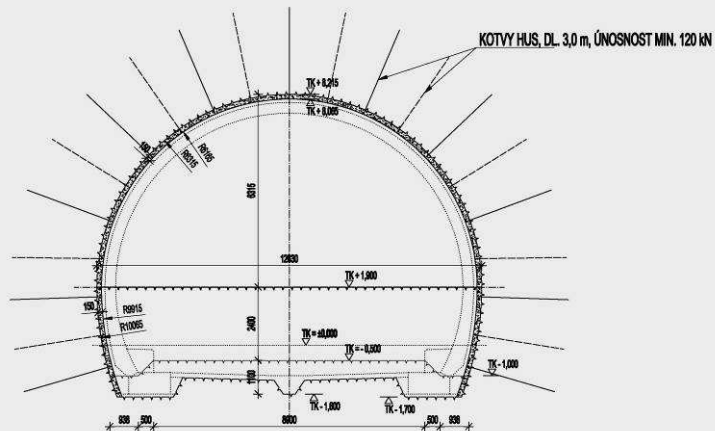
KALOTA:	DÉLKA ZABĚRU 2,5 m STRÍKANÝ BETON C16/20 - 100 mm 1x SÍŤ 150x150/8x8 mm KOTVY HUS DÉLKY 3,0 m
JÁDRO:	DÉLKA ZABĚRU 5,0 m STRÍKANÝ BETON C16/20 - 100 mm 1x SÍŤ 150x150/8x8 mm KOTVY HUS DÉLKY 3,0 m
POČVA:	VÝRUB PŘED VLASTNÍ BETONÁŽÍ ZÁKLADOVÝCH PATEK

## PODÉLNÝ ŘEZ NRTM 2



# Technologická třída 3

## TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 3 PŘÍČNÝ ŘEZ

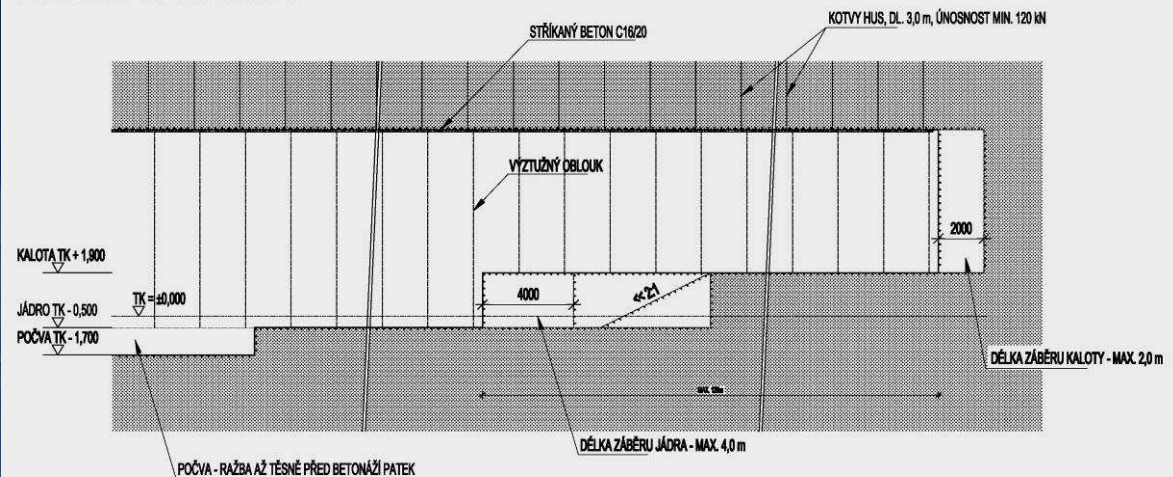


- Plocha výrubu – 102,55 m<sup>2</sup>
- Plocha kaloty – 62,64 m<sup>2</sup>
- Plocha jádra – 31,11 m<sup>2</sup>
- Plocha počvy – 8,80 m<sup>2</sup>
- Předpokládaná délka úseku – 612 m
- Skutečná délka úseku – 346 m

## REKAPITULACE - NRTM 3:

KALOTA:	DÉLKA ZÁBĚRU 2,0 m STRÍKANÝ BETON C18/20 - 150 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 2,0 m 1x SÍŤ 150x150/8x8 mm KOTVY HUS DÉLKY 3,0 m
JÁDRO:	DÉLKA ZÁBĚRU 4,0 m STRÍKANÝ BETON C18/20 - 150 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 2,0 m 1x SÍŤ 150x150/8x8 mm KOTVY HUS DÉLKY 3,0 m
POČVA:	VÝRUB PŘED VLASTNÍ BETONÁŽÍ ZÁKLADOVÝCH PATEK

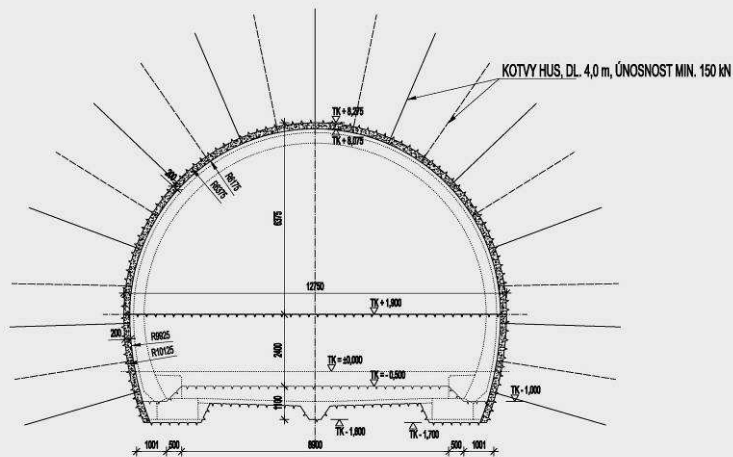
## PODÉLNÝ ŘEZ NRTM 3





# Technologická třída 4

TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 4  
PŘÍČNÝ ŘEZ

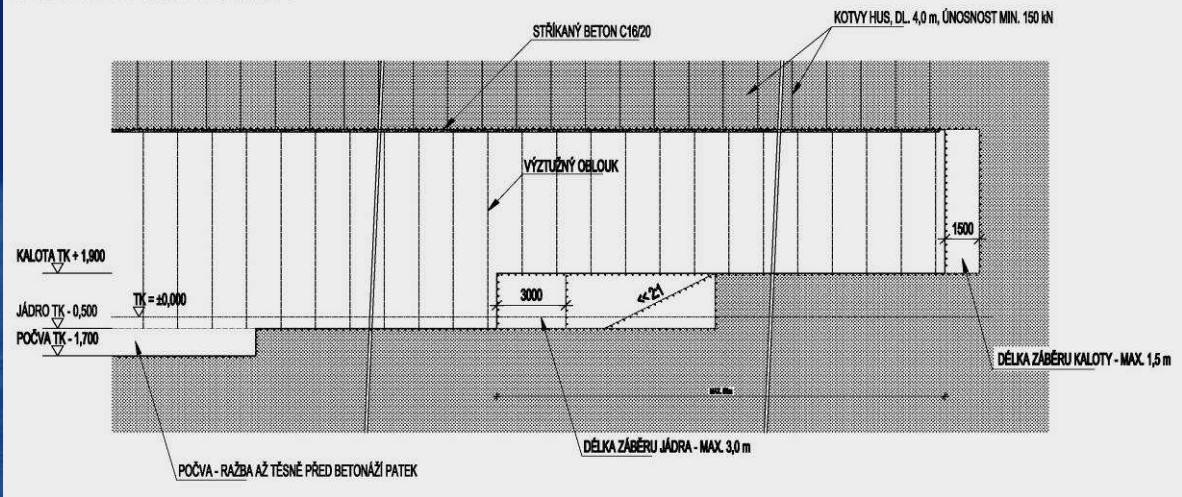


- Plocha výrubu – 104,19 m<sup>2</sup>
- Plocha kaloty – 63,84 m<sup>2</sup>
- Plocha jádra – 31,46 m<sup>2</sup>
- Plocha počvy – 8,89 m<sup>2</sup>
- Předpokládaná délka úseku – 72 m
- Skutečná délka úseku – 120 m

## REKAPITULACE - NRTM 4:

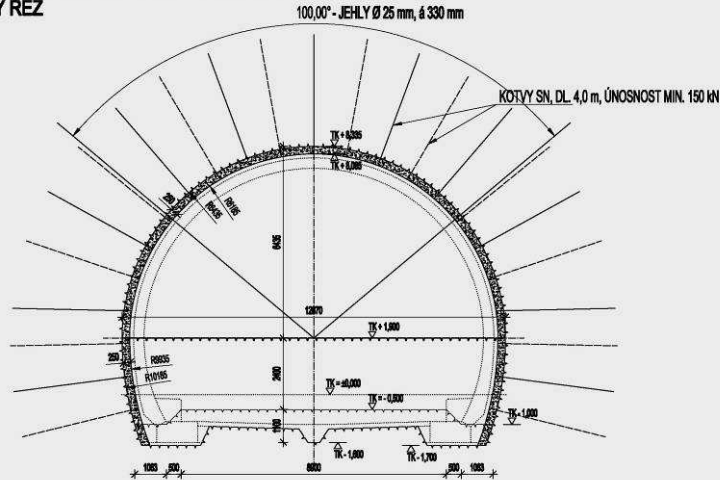
KALOTA:	DÉLKA ZABĚRU 1,5 m STRÍKANÝ BETON C16/20 - 200 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,5 m 2x SÍŤ 150x150/6 mm KOTVY HUS DÉLKY 4,0 m JEHLY Ø25 mm, DÉLKY 4,0 m, DLE POTŘEBY
JÁDRO:	DÉLKA ZABĚRU 3,0 m STRÍKANÝ BETON C16/20 - 200 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,5 m 2x SÍŤ 150x150/6 mm KOTVY HUS DÉLKY 4,0 m
POČVA:	VÝRUB PŘED VLASTNÍ BETONÁŽÍ ZÁKLADOVÝCH PATEK

PODÉLNÝ ŘEZ NRTM 4



# Technologická třída 5a

## TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 5a PŘÍČNÝ ŘEZ

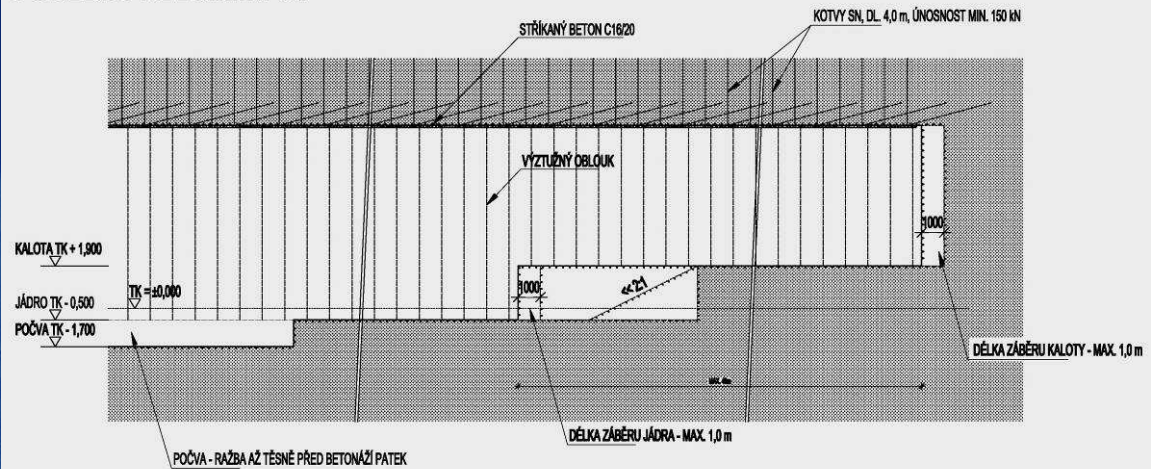


- Plocha výrubu – 105,84 m<sup>2</sup>
- Plocha kaloty – 65,05 m<sup>2</sup>
- Plocha jádra – 31,81 m<sup>2</sup>
- Plocha počvy – 8,98 m<sup>2</sup>
- Předpokládaná délka úseku – 48 m
- Skutečná délka úseku – 20 m

## REKAPITULACE - NRTM 5a:

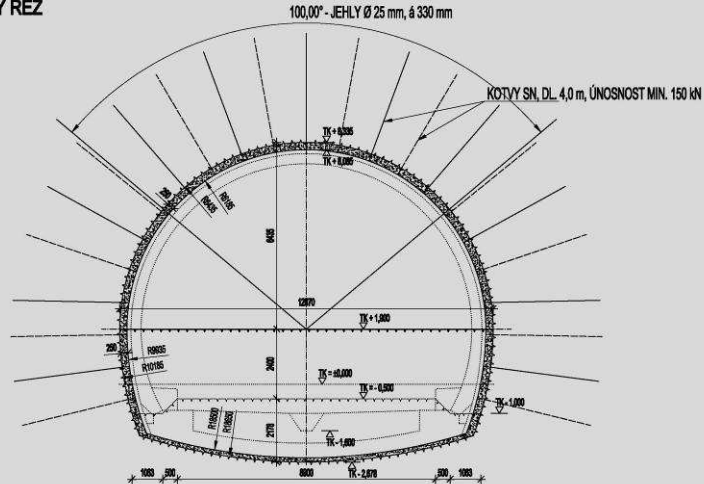
KALOTA:	DÉLKA ZÁBĚRU 1,0 m STŘÍKANÝ BETON C16/20 - 250 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,0 m 2x SÍŤ 150x150/6/6 mm KOTVY SN DÉLKY 4,0 m JEHLY Ø25 mm a 330 mm, DÉLKY 4,0 m, V KAŽDÉM DRUHÉM ZÁBĚRU ČELBOVÝ KLÍN - DLE POTŘEBY
JÁDRO:	DÉLKA ZÁBĚRU 1,0 m STŘÍKANÝ BETON C16/20 - 250 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,0 m 2x SÍŤ 150x150/6/6 mm KOTVY SN DÉLKY 4,0 m
POČVA:	VÝRUB PŘED VLASTNÍ BETONÁŽÍ ZÁKLADOVÝCH PATEK

## PODÉLNÝ ŘEZ NRTM 5a



# Technologická třída 5b

## TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 5b PŘÍČNÝ ŘEZ

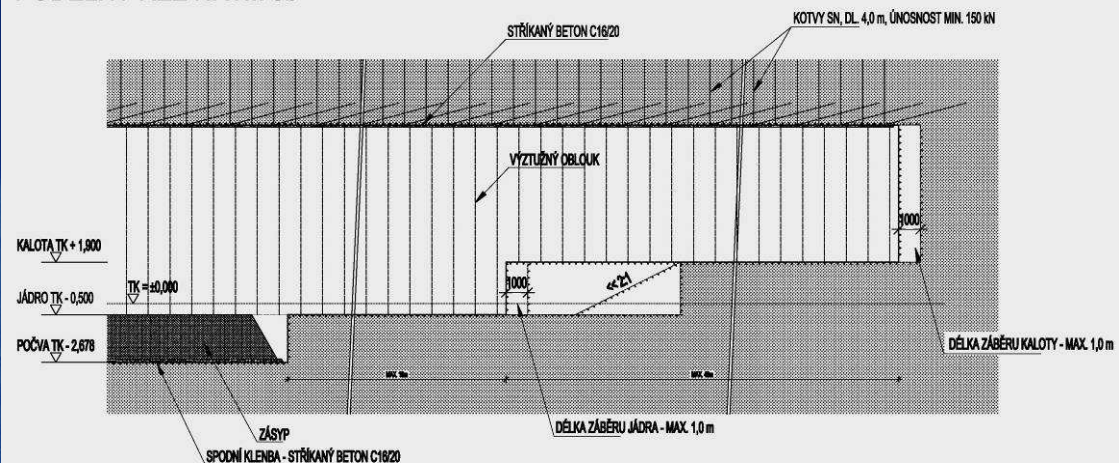


- Plocha výrubu – 117,62 m<sup>2</sup>
- Plocha kaloty – 65,05 m<sup>2</sup>
- Plocha jádra – 31,81 m<sup>2</sup>
- Plocha počvy – 20,76 m<sup>2</sup>
- Předpokládaná délka úseku – 24 m
- Skutečná délka úseku – 0 m

### REKAPITULACE - NRTM 5b:

<b>KALOTA:</b>	DÉLKA ZABĚRU 1,0 m STŘÍKANÝ BETON C18/20 - 250 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,0 m 2x SÍŤ 150x150/6 mm KOTVY SN DÉLKY 4,0 m JEHLY Ø25 mm á 330 mm, DÉLKY 4,0 m, V KAŽDÉM DRUHÉM ZABĚRU ČELBOVÝ KLIN - DLE POTŘEBY
<b>JÁDRO:</b>	DÉLKA ZABĚRU 1,0 m STŘÍKANÝ BETON C18/20 - 250 mm VÝZTUŽNÝ PŘÍHRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,0 m 2x SÍŤ 150x150/6 mm KOTVY SN DÉLKY 4,0 m
<b>POČVA:</b>	STŘÍKANÝ BETON C18/20 - 150 mm 2x SÍŤ 150x150/6 mm

## PODÉLNÝ ŘEZ NRTM 5b



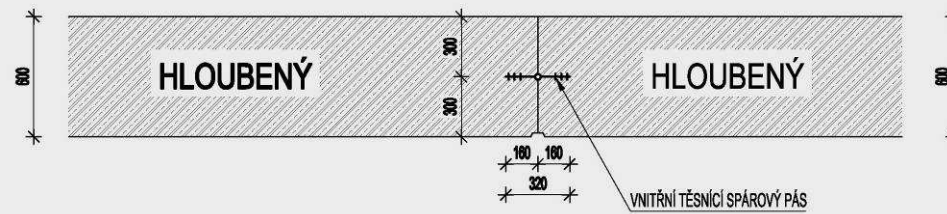
## Definitivní ostění ražené části

Definitivní ostění je navrženo ze železobetonu C25/30 (klenba) a C30/37 (základové pásy). Výztuž je navržena jako samonosná, základ tvoří čtyřprutové výztužné příhradové oblouky, ke kterým jsou postupně přikládány svařované sítě a příložky. Část ostění je navržena bez výztuže.

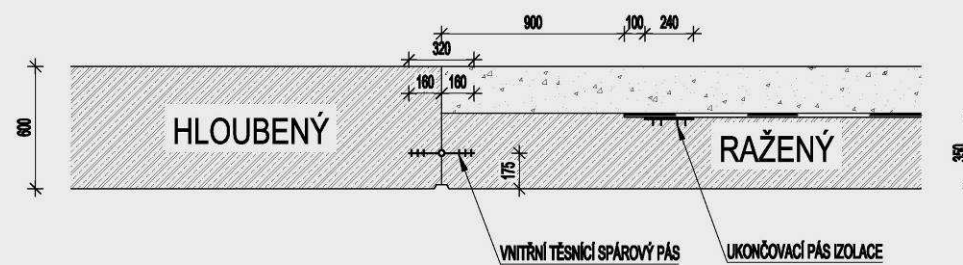
Izolace proti vodě je navržena foliová tloušťky 2 mm v rozsahu klenby a opěr. Izolace je ukončena v patách opěří, kde navazuje na podélnou patní drenáž v počvové části tunelu. V podélném směru je izolace ukončena na prvním a posledním raženém tunelovém pásu.

# Izolace proti vodě

## SPÁRA MEZI HLOUBENÝMI TUNELOVÝMI PÁSY



## SPÁRA MEZI HLOUBENÝM A RAŽENÝM TUNELOVÝM PÁSEM



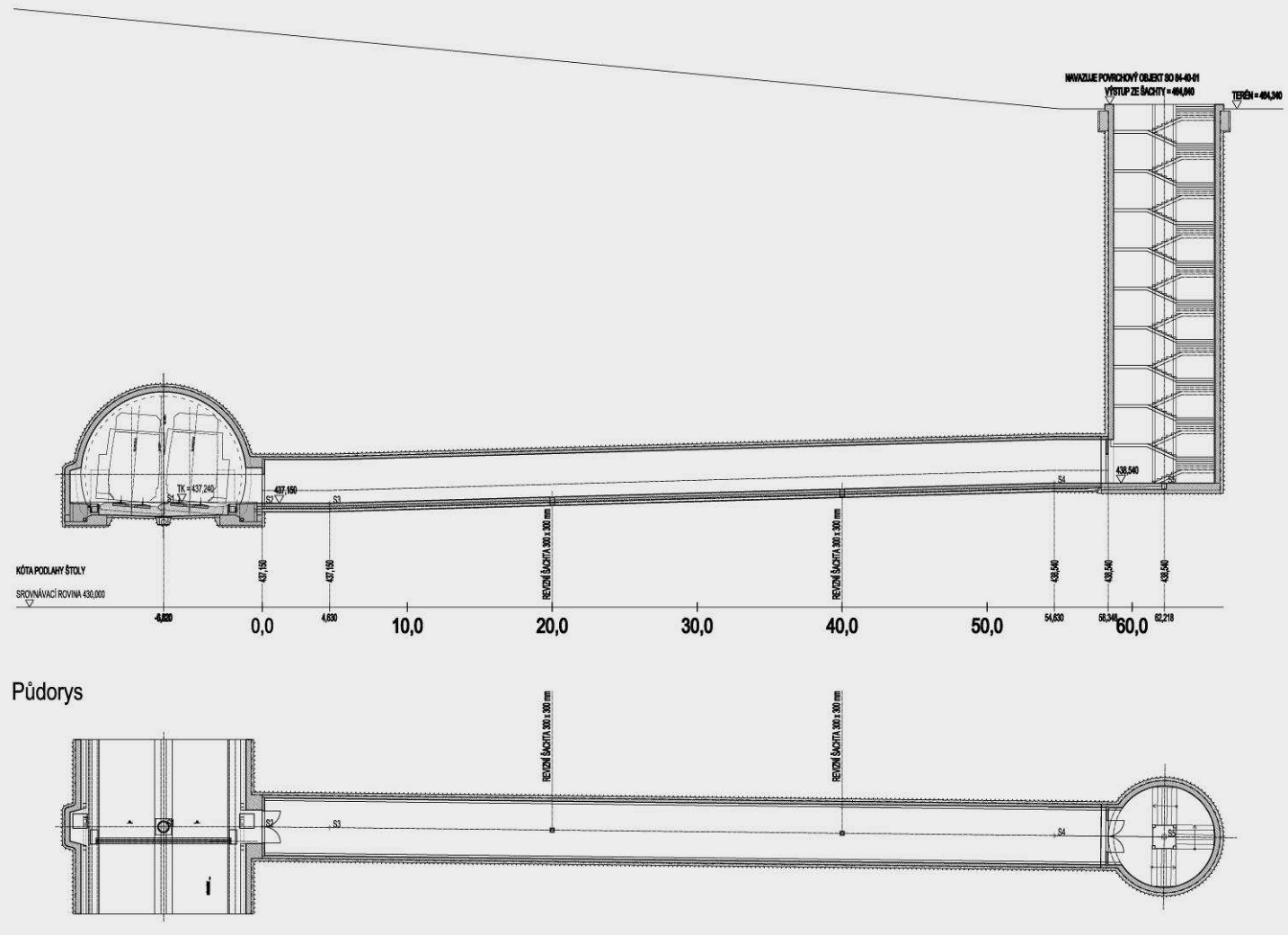
## Úniková cesta

Vzhledem k délce tunelu přesahující 1000 m a s ohledem na požárně bezpečnostní řešení je na pravé straně tunelu navržena úniková cesta. Ta je vedena štolou podkovovitého tvaru délky cca 58 m a následně šachtou kruhového profilu, hloubky cca 27 m a světlého profilu 7 m.

V dokumentaci pro územní rozhodnutí bylo původně řešeno napojení únikové štoly ve středu tunelu. Vzhledem ke značné délce únikové štoly a požadavku investora na úspory bylo následně změněno tak, že poloha napojení štoly na tunel je ve vzdálenosti 738 m od vjezdového portálu a není tedy ve středu tunelu. Toto řešení bylo prokázáno jako vyhovující posudkem zpracovaným v rámci požárně bezpečnostního řešení.

# Úniková cesta

Úniková cesta - podélný řez v ose



# Úniková cesta

Štola i šachta jsou navrženy s dvouplášťovým ostěním s mezilehlou izolací proti vodě. Dno štoly i šachty není izolováno, případné průsaky jsou jímány drenážním potrubím provedeným ve dně.

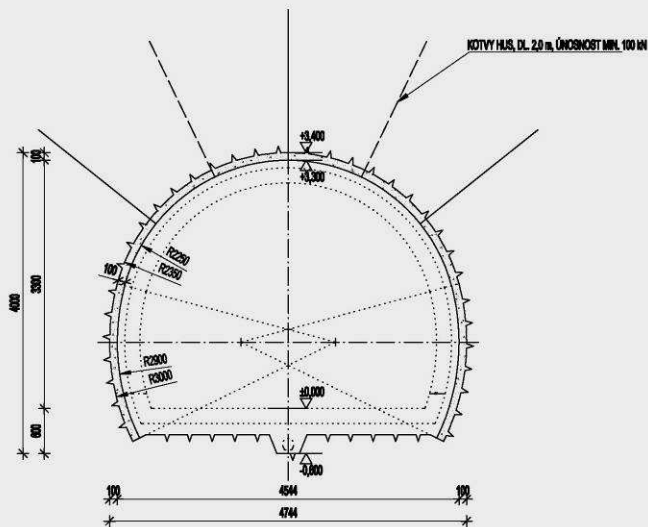
Ražba štoly (resp. hloubení) byla provedena metodou NRTM. Pro ražbu štoly byly navrženy dvě technologické třídy výrubu 2 a 3.

Definitivní ostění je navrženo ze železobetonu C25/30, tloušťky 200 mm u štoly a 350 mm u šachty.



# Technologické třídy výrubu štoly

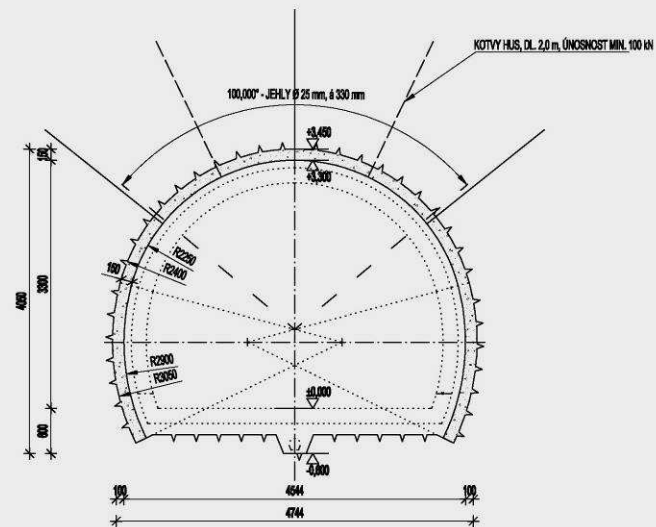
## ÚNIKOVÁ ŠTOLA TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 2



### REKAPITULACE

DĚLKA ZÁBĚRU 2,0 m  
STRÁKANÝ BETON C16/20 - 100 mm  
1x SÍŤ 150x150@6 mm  
KOTVY HUS DÉLKY 2,0 m

## TECHNOLOGICKÁ TŘÍDA VÝRUBU NRTM 3



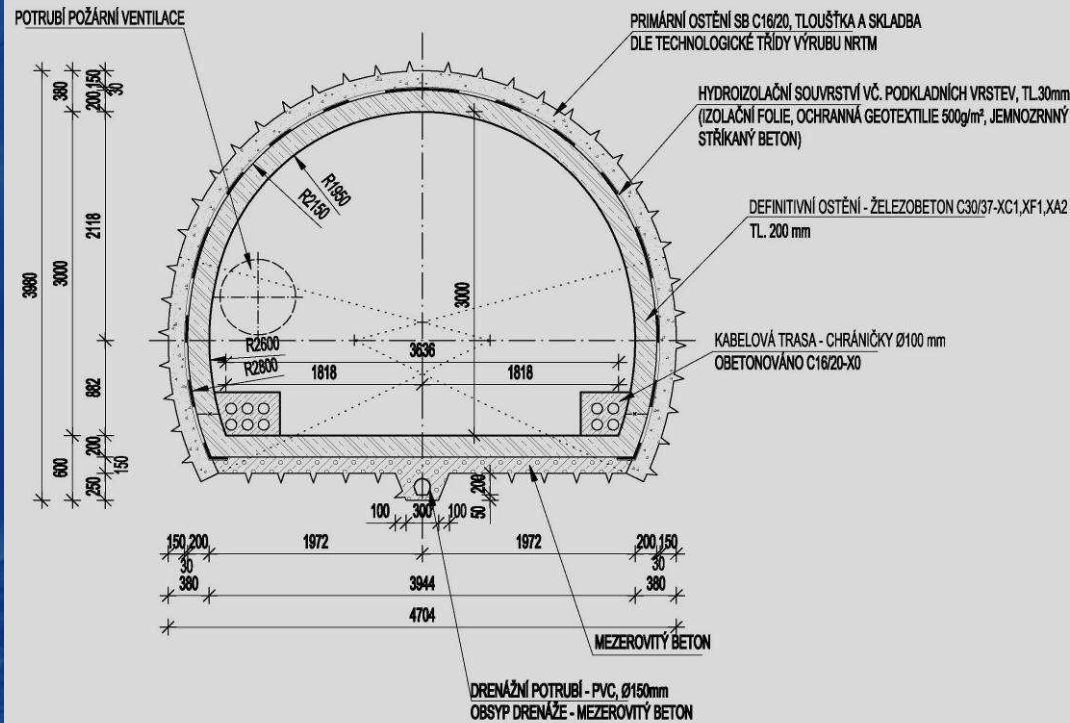
### REKAPITULACE

DĚLKA ZÁBĚRU 1,5 m  
STRÁKANÝ BETON C16/20 - 100 mm  
VÝZTUŽNÝ PŘÍRADOVÝ OBLOUK, VZDÁLENOST OBLOUKŮ 1,5 m  
1x SÍŤ 150x150@6 mm  
KOTVY HUS DÉLKY 2,0 m  
JEHLY Ø 25 mm d 330 mm, DÉLKY 2,0 m

Plocha výrubu 15,23 m<sup>2</sup> ve třídě 2 a 15,76 m<sup>2</sup> ve třídě 3.

# Příčný řez štolou

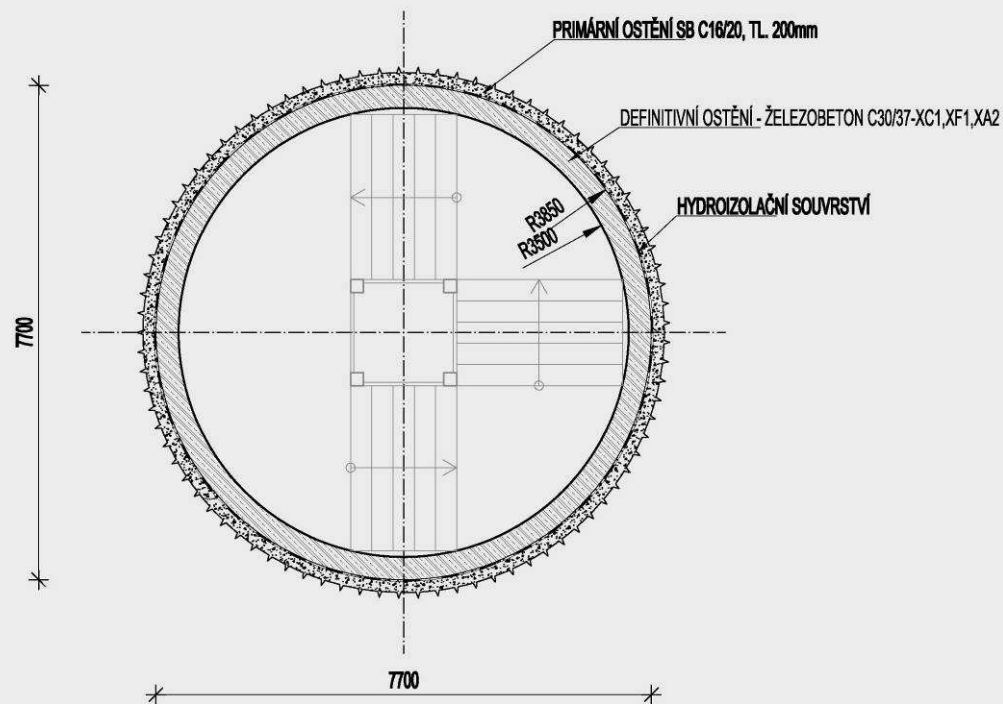
## VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ ŠTOLOU



Štola je navržena jako přetlaková komora s nezávislým větráním. Od tunelu a od šachty je oddělena dvoukřídlými dveřmi.

# Půdorysný řez šachtou

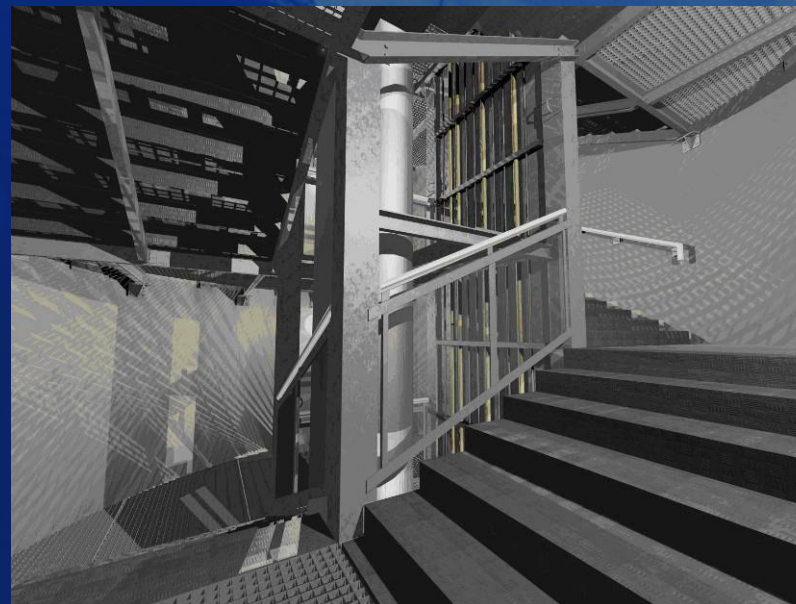
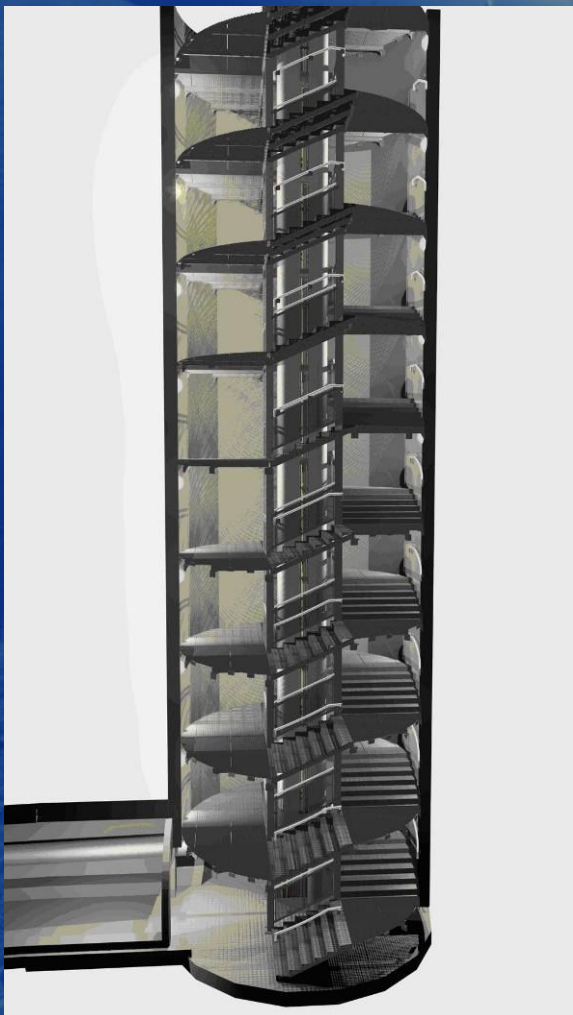
## ŘEZ ÚNIKOVOU ŠACHTOU



Šachta je vybavena nezávislým větráním, je zde zajištěna desetinásobná výměna vzduchu.

Na úrovni terénu je na šachtě proveden zděný vstupní objekt.

## Vizualizace šachty



Šachta je vybavena ocelovým schodištěm, vzhledem k hloubce šachty (méně než 30 m) není nutno provést evakuační výtah.

Prostor uprostřed slouží pro vedení rozvodů vzduchotechniky a elektroinstalací.



**Děkujeme za pozornost**