

# Navrhování sekundárního ostění Královopolských tunelů

Ing. Lukáš Kurc

Ing. Jan Rožek

## Obsah prezentace

### Základní přehled o stavbě

### Konstrukční typy sekundárního ostění

- Hlubené tunely
- Ražené tunely včetně tun. spojek
- Navazující stavební objekty – technologické centrum, VZT šachta, VZT kanály

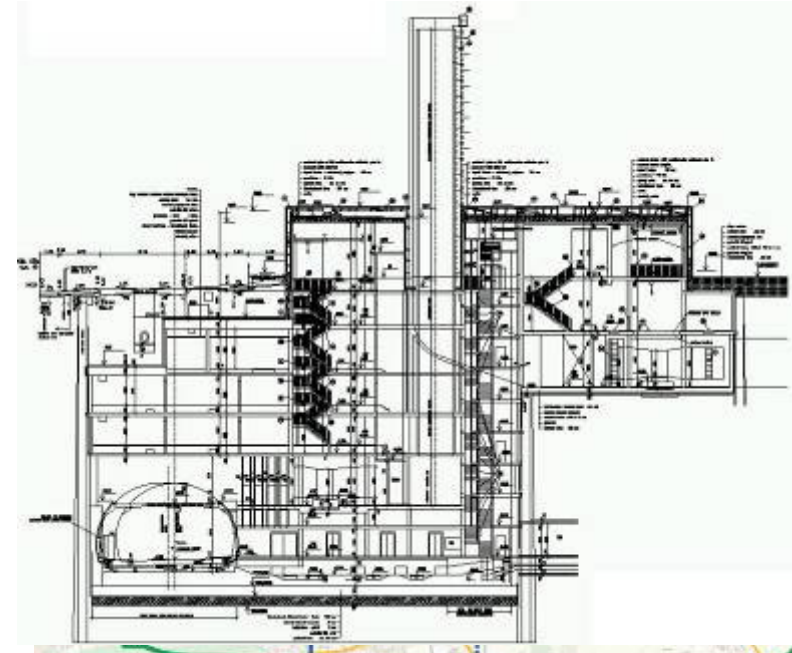
### Princip návrhu a konstrukční detaily sekundárního ostění ražených tunelů

- Varianty protikleneb TI, TII
- Konstrukční typy dilatačních pasů kleneb
- Varianty mezistropů TI, TII



## Stavba Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B

- Součást severozápadního úseku VMO
- 1250 m dlouhé tunely
- 3 mimoúrovňové křižovatky \*
- Protihlukové galerie
- Podzemní technologické centrum
- Zahájení stavby 2007
- Dokončení stavby 2012

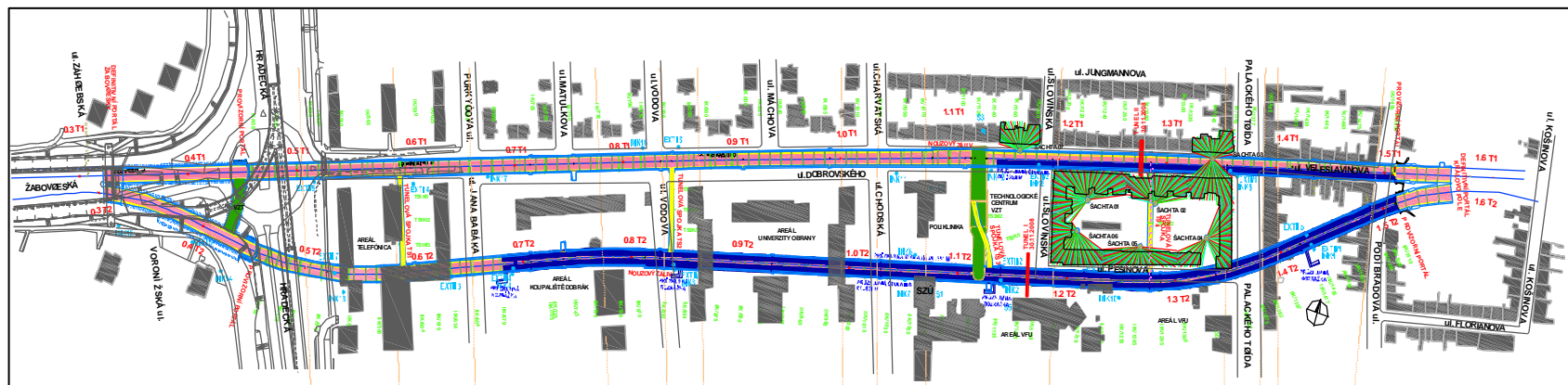


## Přehledná situace stavby



## Přehledná situace tunelu – základní údaje

- Dvě tunelové trouby 2 x 1250 m (z toho ražených 2x1060 m)
- Nadloží 5,0 až 21,0 m
- 4 průchozí tunelové propojky do 300 m
- SOS skříně do 150 m, požární hydrantové výklenky do 130 m
- 1 nouzový záliv v každé rouře
- technologické centrum, VZT šachta v trase ražby, VZT kanály



## Parametry určující geometrii příčných řezů a trasování

### Dopravní návrhové parametry

- Šířková kategorie T – 8,50 dle ČSN 73 7507 (r. 1999)
- Průjezdny profil 8,50 x 4,50 m
- Návrhová rychlost 60 km/h

### VZT parametry

- Podélné větrání s místním odtahem vzduchu z dopravního prostoru (polopříčné větrání) – mezistrop s regulovanými větracími klapkami

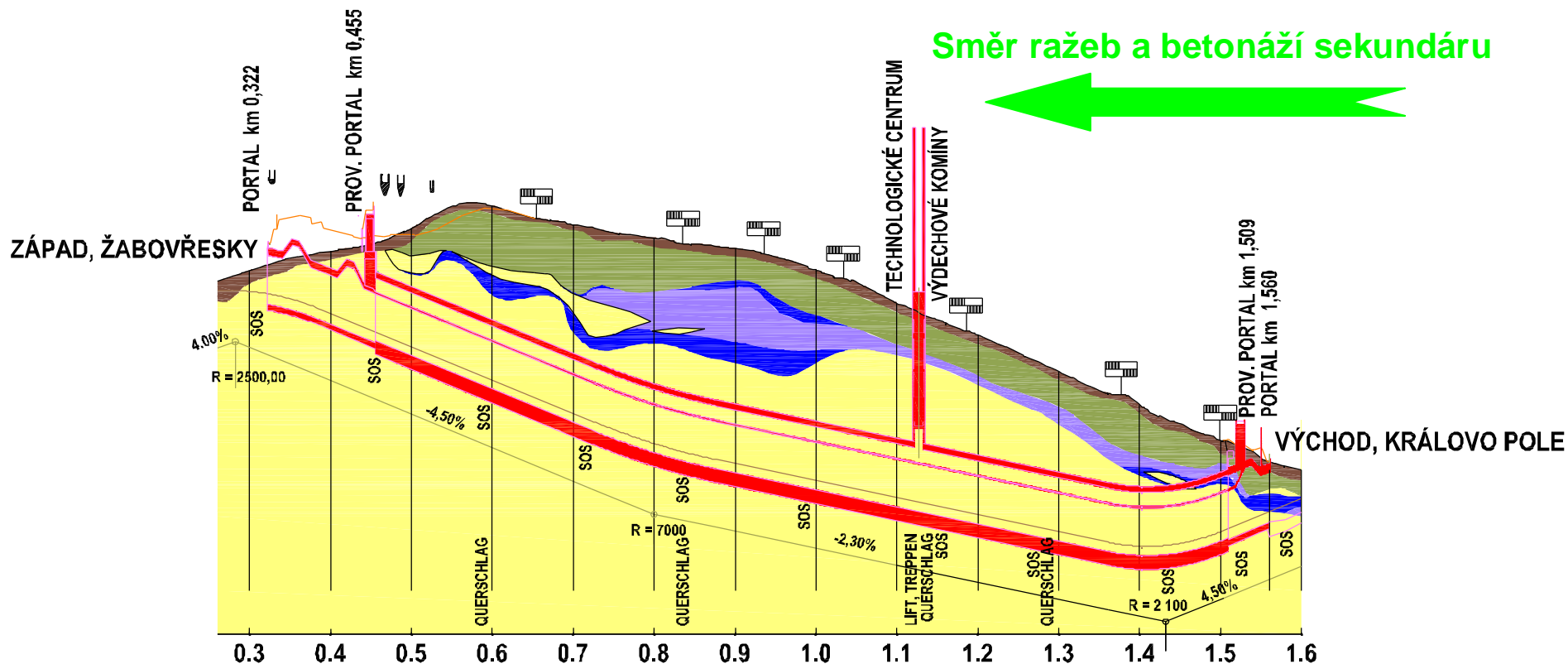
### Hydroizolační parametry

- Celoplášťová uzavřená hydroizolace PVC tl. 3 mm – konstrukce protiklenby, tuhé spojení klenby a protiklenby bez rubové drenáže
- Pojistný hydroizolační systém

### Geotechnické parametry

- Ražba v zeminách, nízké nadloží

# Podélný profil, geologie



Délka tunelových úseků	Hloubený Žabovřesky	Ražený	Hloubený Královo Pole	Celkem
Tunel I.	133,86 m	1 053,22 m	51,80 m	1 238,88 m
Tunel II.	148,61 m	1 059,55 m	51,60 m	1 259,76 m

## Konstrukční typy sekundárního ostění

- Definitivní portál Žabovřesky
  - rámová ŽB konstrukce tvořená lamelami podzemních stěn a vetknutou stropní a spodní deskou
  - na stěnách stříkaná hydroizolace a protihlukový obklad
- Hloubené části tunelů a VZT kanály – uzavřený ŽB rám s vnější fóliovou hydroizolací
- Ražená část tunelů a tunelové propojky – ŽB klenba a protiklenba s uzavřenou mezilehlou fóliovou hydroizolací
- VZT šachta – ŽB ostění s mezilehlou fóliovou hydroizolací
  
- technologické centrum – ŽB vestavba do stavební jámy pažené podzemními stěnami



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Hloubené části tunelu



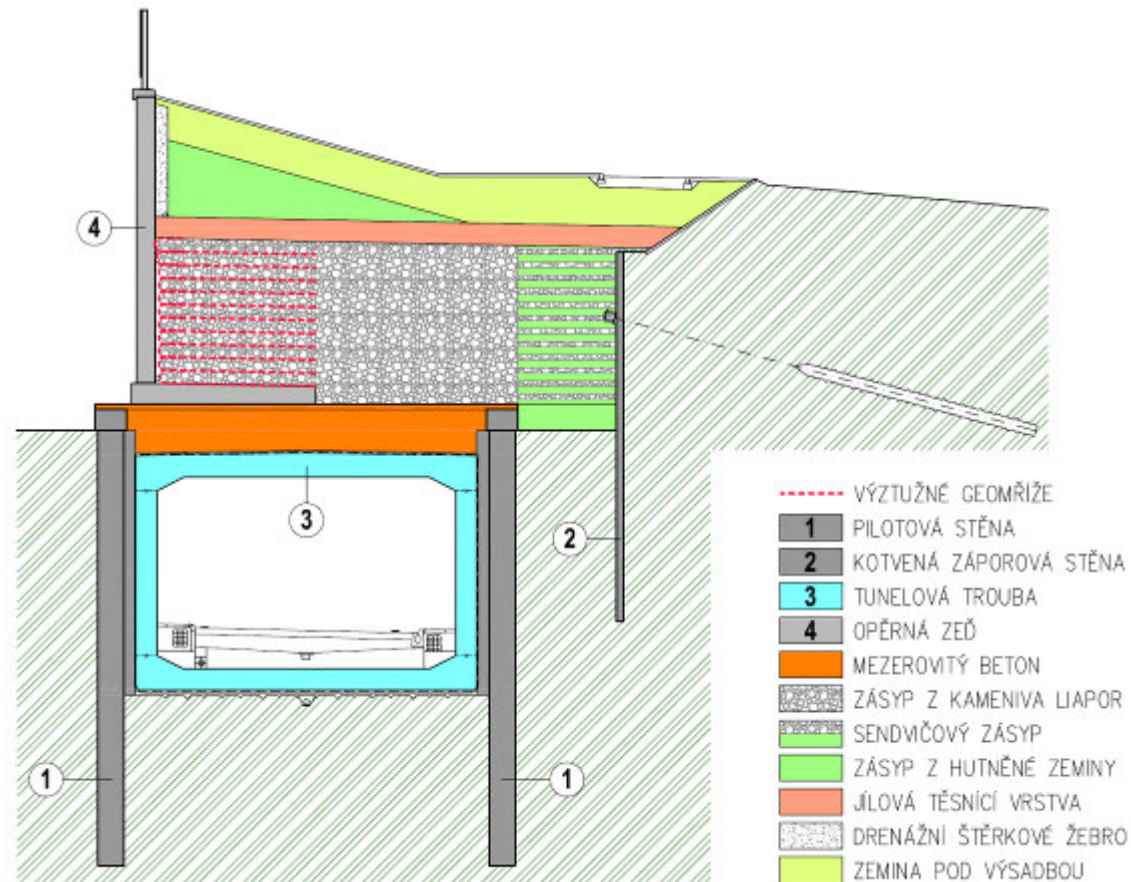
**HLOUBENÁ ČÁST  
ŽABOVŘESKY**



**HLOUBENÁ ČÁST  
KRÁLOVO POLE**



## Hloubené části tunelu – C602, C603 Žabovřesky

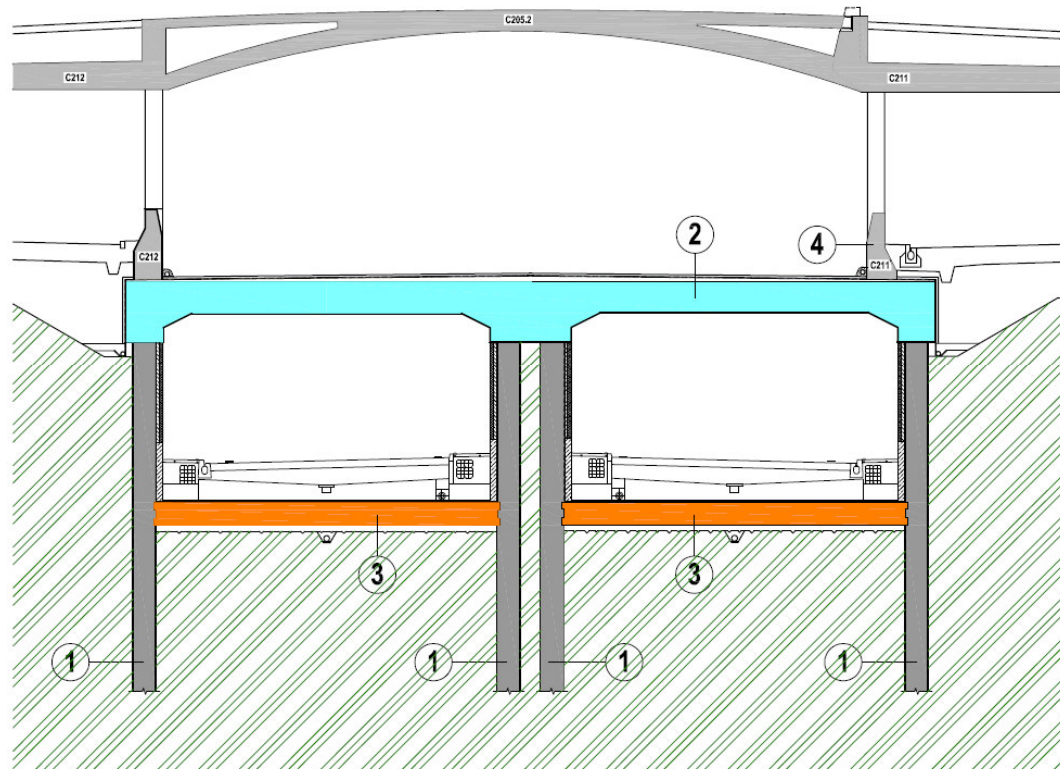


Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Hloubené části tunelu – C602, C603 Žabovřesky



## Hloubené části tunelu - C601 Def. portál Žabovřesky



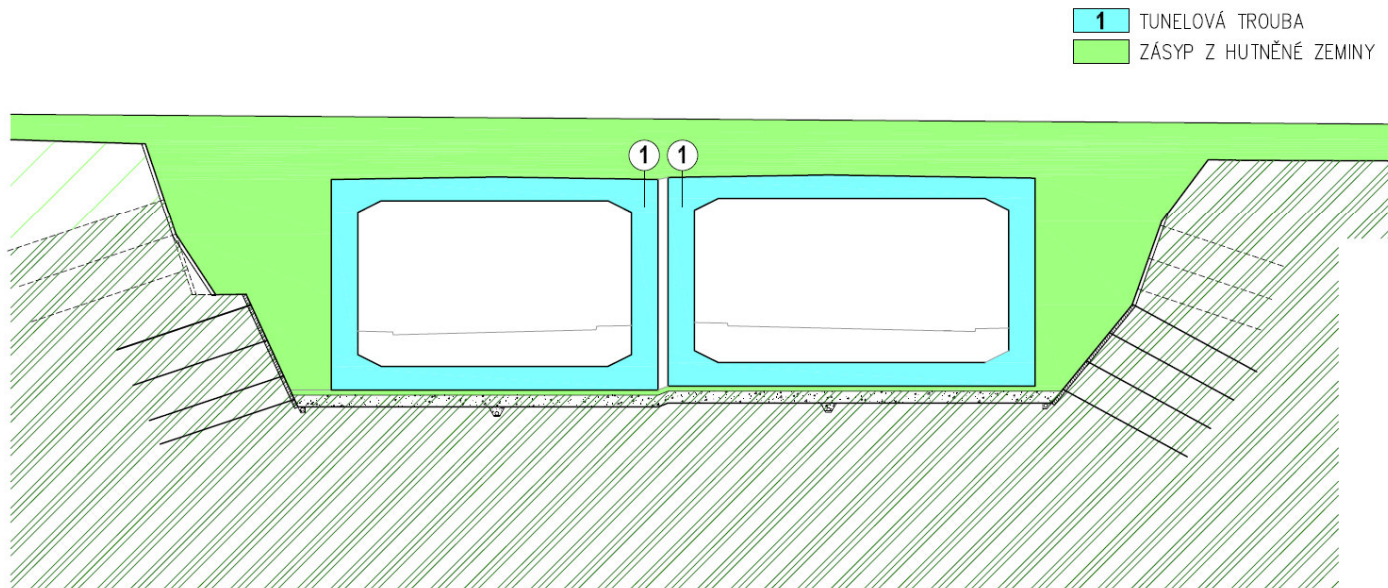
- 1 PODZEMNÍ STĚNY
- 2 STROPNÍ DESKA
- 3 ZÁKLADOVÁ DESKA
- 4 GALERIE, LÁVKA

Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Hloubené části tunelu - C601 Def. portál Žabovřesky



# Hloubené části tunelu - C606, C607 Královo Pole



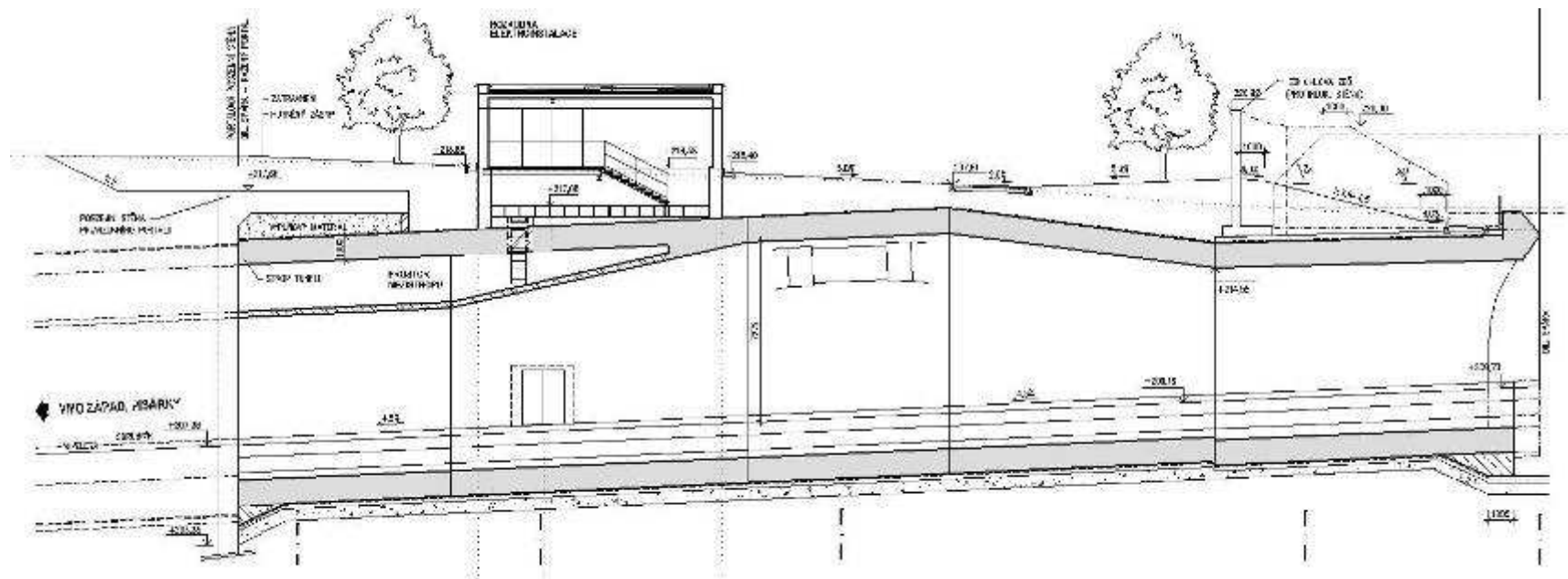
Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Hloubené části tunelu - C606, C607 Královo Pole



## Hloubené tunely - C606, C607 Královo Pole

Niky pro ventilátory, půdorysná rozšíření, společný portálový blok





## Sekundární ostění – hloubená část - parametry

### Geometrické a materiálové parametry

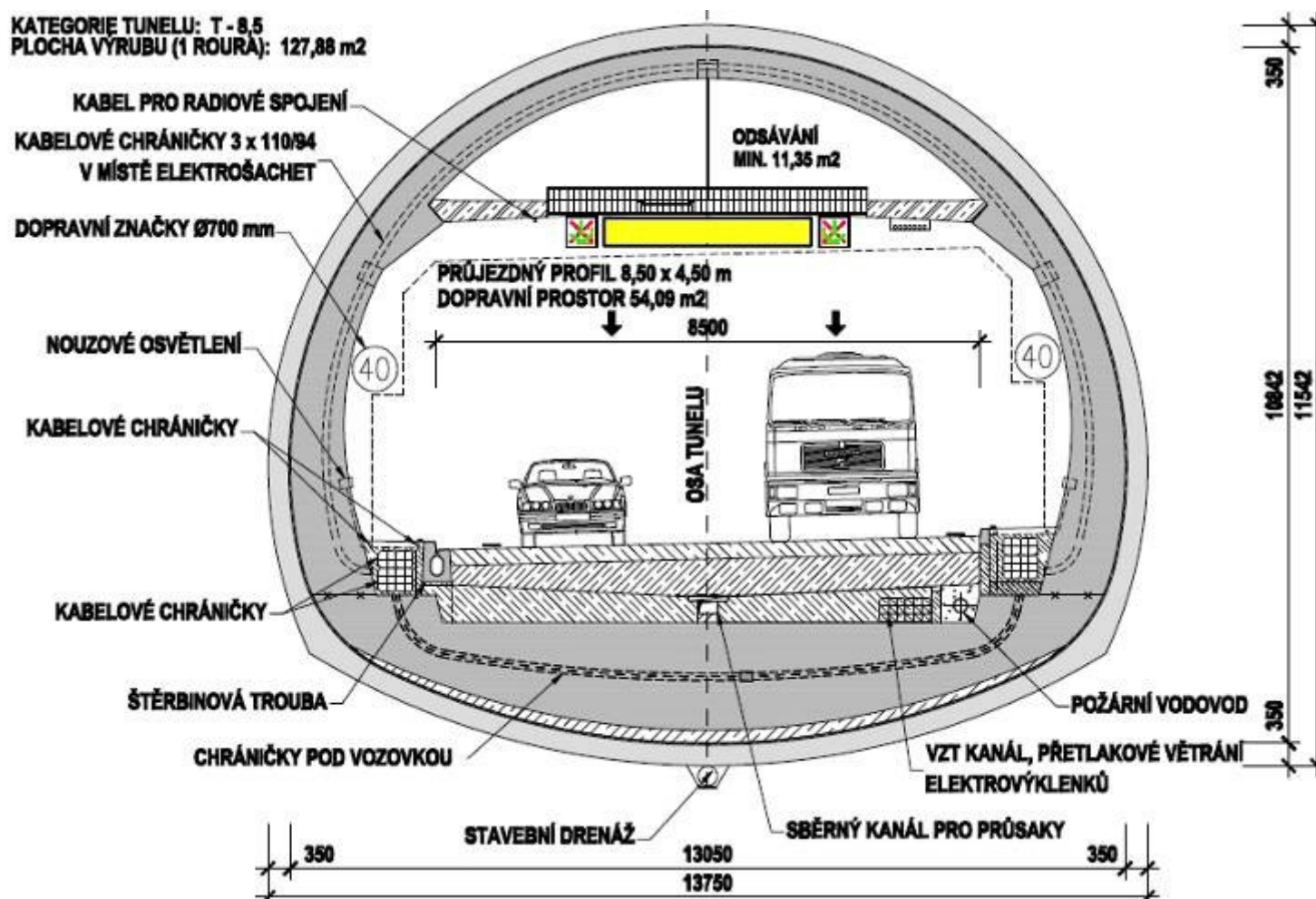
- Železobeton ČSN EN 206-1 C30/37 – XF2 (CZ-TKP18PK) - CI 0,4 - Dmax 22 - S4, R180 DP1, přídavek PP vláken
- Monolitická rámová konstrukce
- Základní tloušťka 800 mm, střechovité spádování stropu (900 mm uprostřed)
- Zesílení lin. náběhy v místech rámových rohů – základová a stropní deska
- Vetknutá konstrukce mezistropu tl. 600 mm, 250 mm (táhla)
- Krytí – jmenovité 50 mm (min. 40 mm)

# Hloubené tunely



# Ražené tunely - Vzorový příčný řez

Plocha výrubu 130 m<sup>2</sup>



## Sekundární ostění – ražená část - parametry

### Protiklenba

- Železobeton ČSN EN 206-1 C30/37 - XC3 (CZ-TKP18PK) - CI 0,2 - Dmax 22 - S4
- Max. průsak 50mm podle ČSN EN 12 390- 8
- Ocel B500B
- Krytí – jmenovité 50 mm (min. 40 mm)
- Tloušťka v ose tunelu 1,69 m
- Betonáž ve variantách – rozdělená na etapy, nedělená
- Stejný způsob vyztužení ZP po délce trasy (redukce distančních prvků v průběhu výstavby)

## Sekundární ostění – ražená část - parametry

### Klenba

- Železobeton ČSN EN 206-1 C30/37 – XF2 (CZ-TKP18PK) - CI 0,4 - Dmax 22 - S4, R180 DP1, přídavek PP vláken
- Minimální tloušťka 400 mm
- Krytí – jmenovité 50 mm (min. 40 mm)
- Stejný způsob vyztužení ZP po délce trasy

## Sekundární ostění – ražená část - parametry

### Mezistrop

- Železobeton ČSN EN 206-1 C30/37 – XF2 (CZ-TKP18PK) - CI 0,4 - Dmax 22 - S4, EI 90 DP1, přídavek PP vláken
- Minimální tloušťka 200 mm a 250 mm
- Krytí – jmenovité 40 mm (min. 35 mm)
- Kloubové uložení – liniové elastomerové ložisko (prefa. pás)
- Varianta s táhly - po vzdálenosti 2,5 m, nerez A4,  $\varnothing 27$  mm

## Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

### Zatížení – zemní tlaky – Tunel II, km 1,070 (profil Poliklinika)

- Příčný řez s nejméně příznivými geotechnickými podmínkami, ověřeno matematickým modelováním, ražbou průzkumných štol (největší a nejdelší vývoj konvergencí, extrémní poklesy na povrchu, velká mocnost pokryvných vrstev nad horizontem neogenních jíílů)
- Zatížení z výpočtů FLAC – aproximace polynomem druhého stupně (vyhlazení špiček napětí v místech výztužných žeber a plast. kloubů)
- Porovnání s výpočty PLAXIS – při spodní hranici výsledků FLAC

### Další zatěžovací stavy

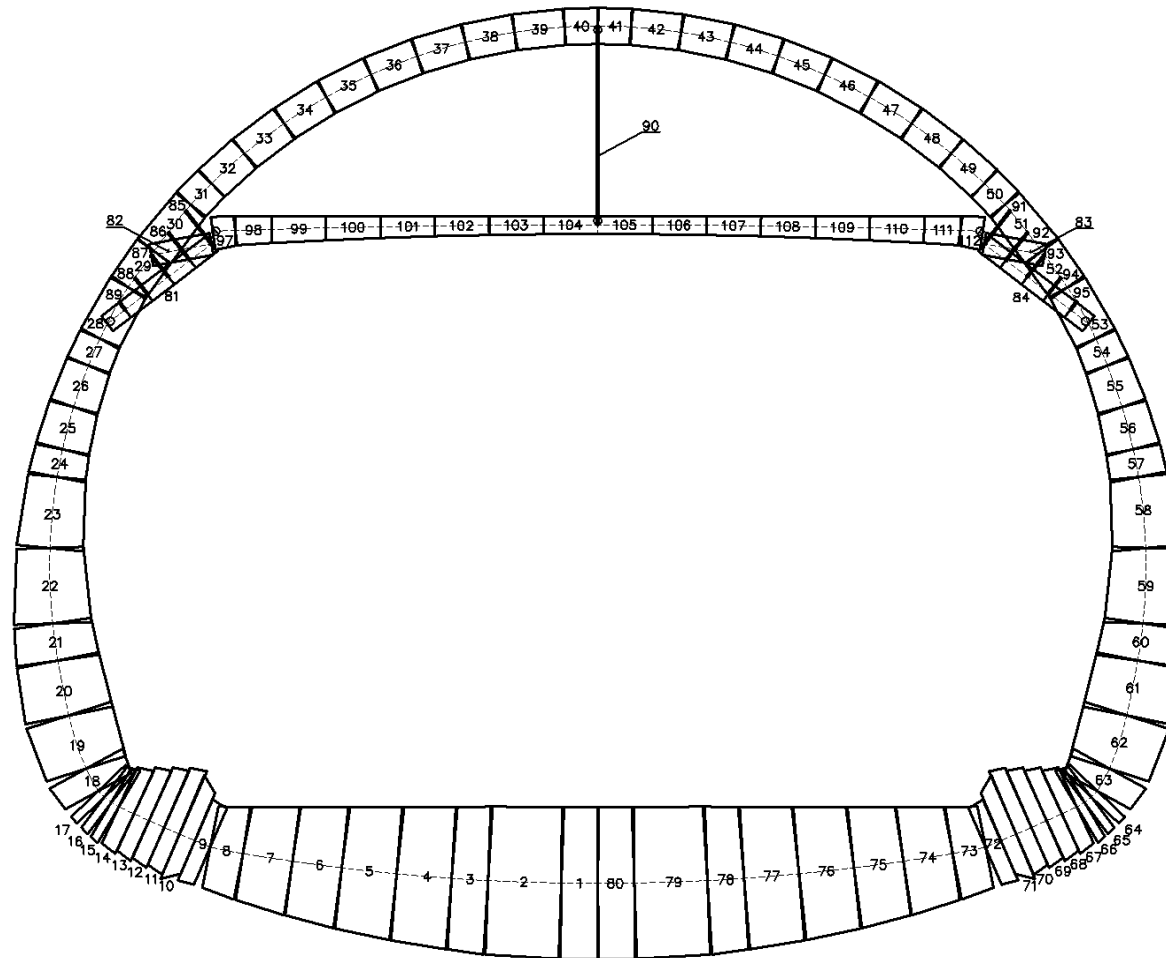
- Hydrostatický tlak, teplotní a reologické účinky na ostění
- Vozovkové a chodníkové vrstvy, nahodilé zatížení mezistropu a vozovkových vrstev

### Okrajové podmínky

- Podepření pružnostními konstantami  $C_{1z}$  proměnnými po délce protiklenby, stanovené na základě modulu reakce horninového prostředí  $k$
- Ověřeno interakcí desko-stěnového modelu s podložím
- Nelineární kombinace zatěžovacích stavů – podepření pouze tlak

# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

## Prutový a deskostěnový model

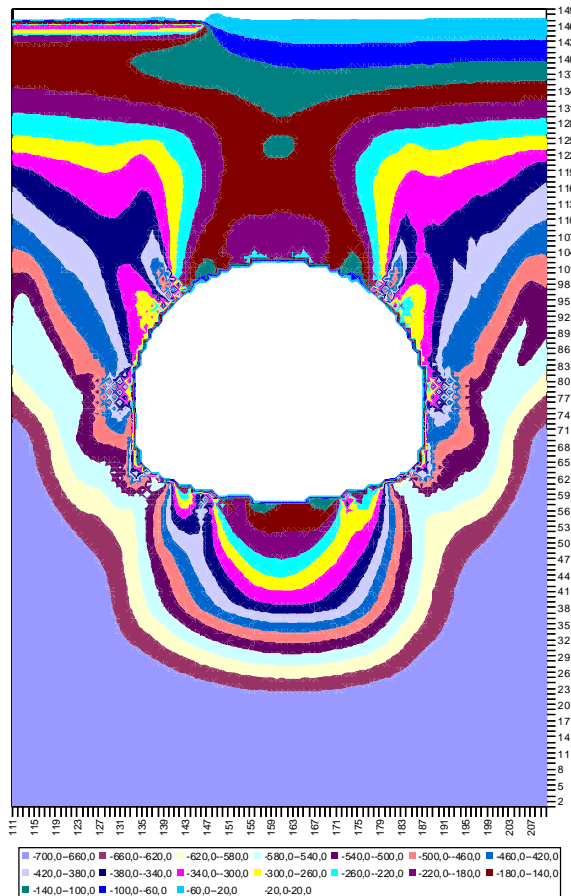




# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

## Složky X, Y zemního tlaku z FLAC

Zemní tlak ve směru osy Y - příčný41

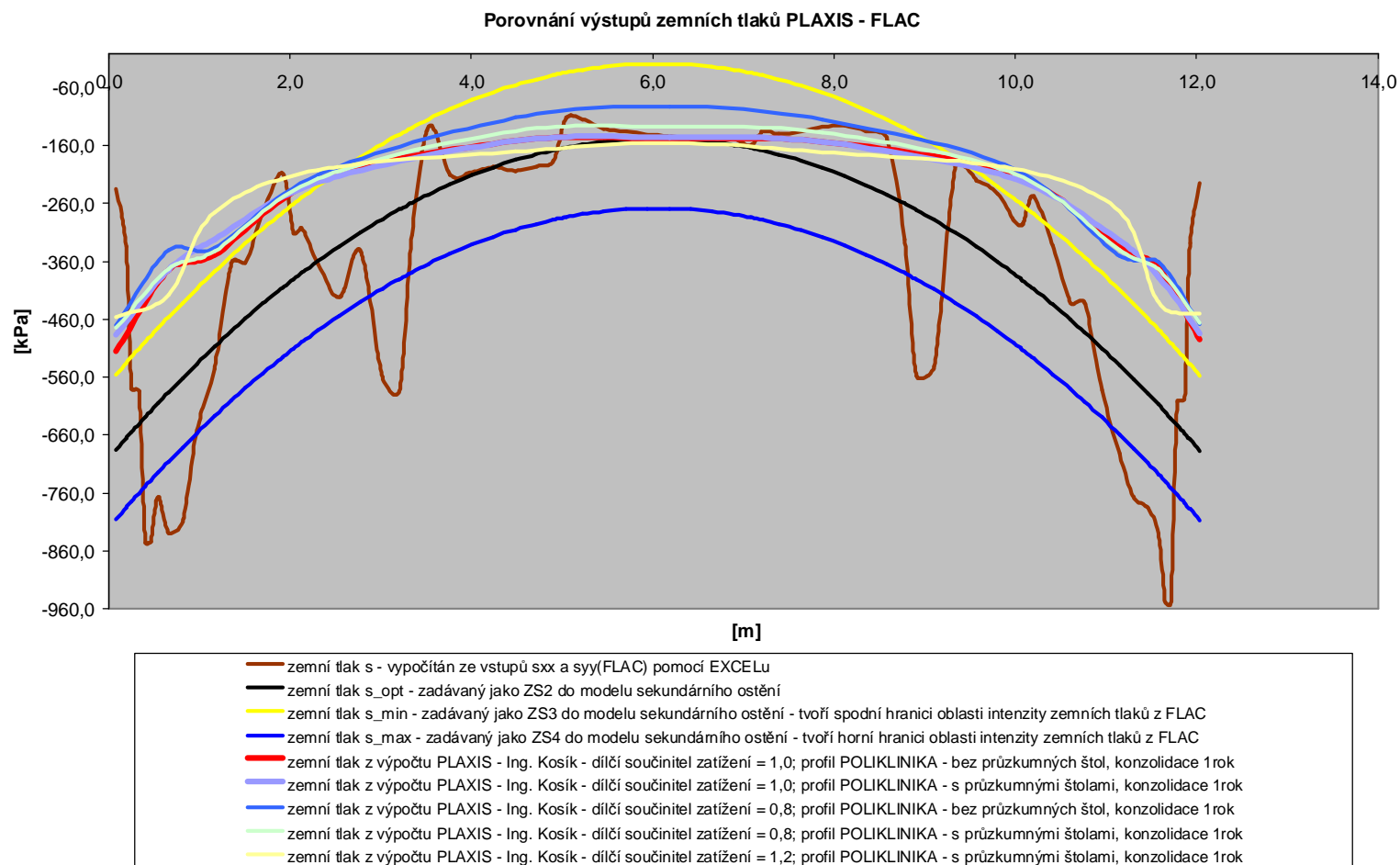


Zemní tlak ve směru osy X - příčný41



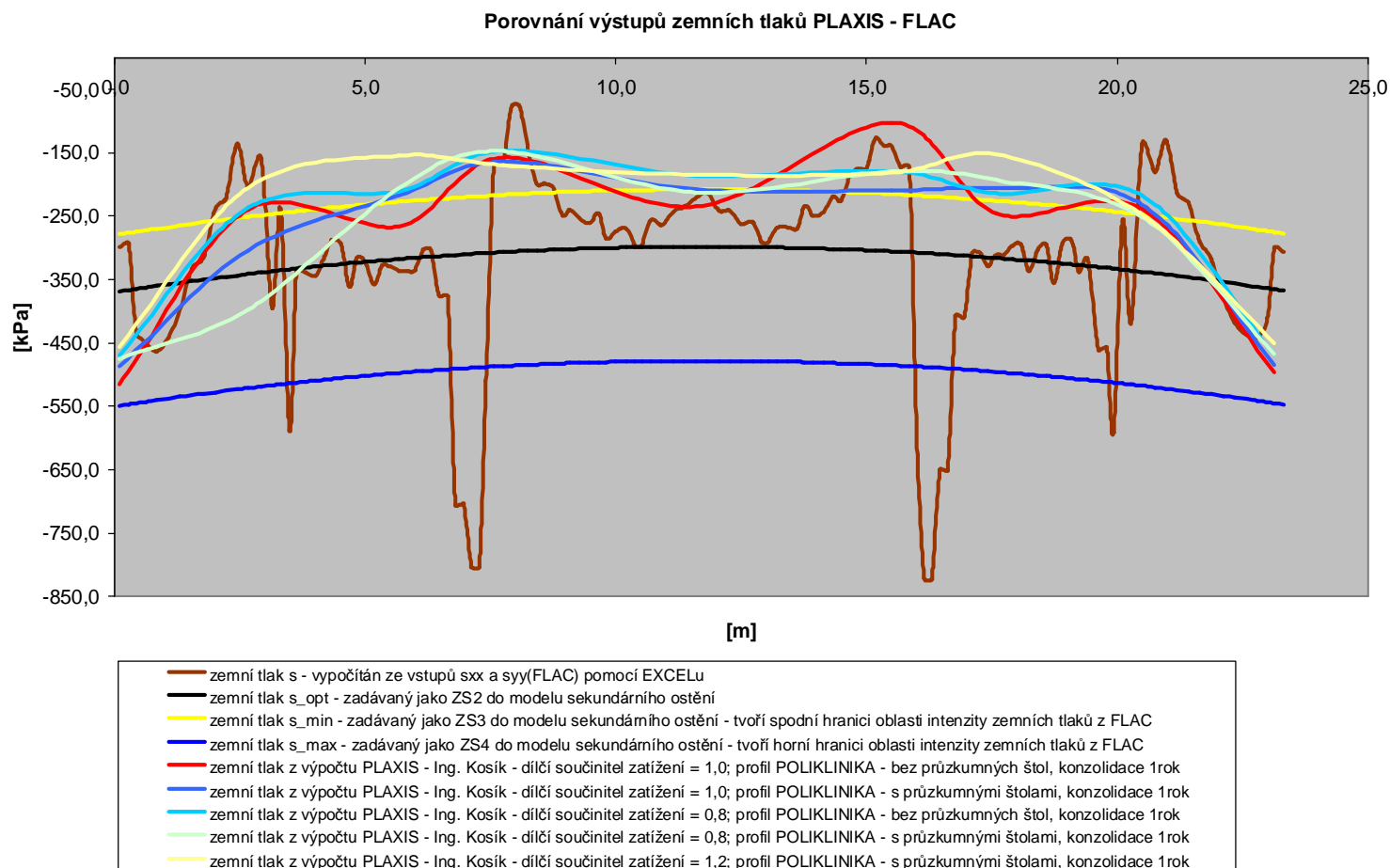
# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

## Výslednice zemního tlaku po obvodu ostění - protiklenba



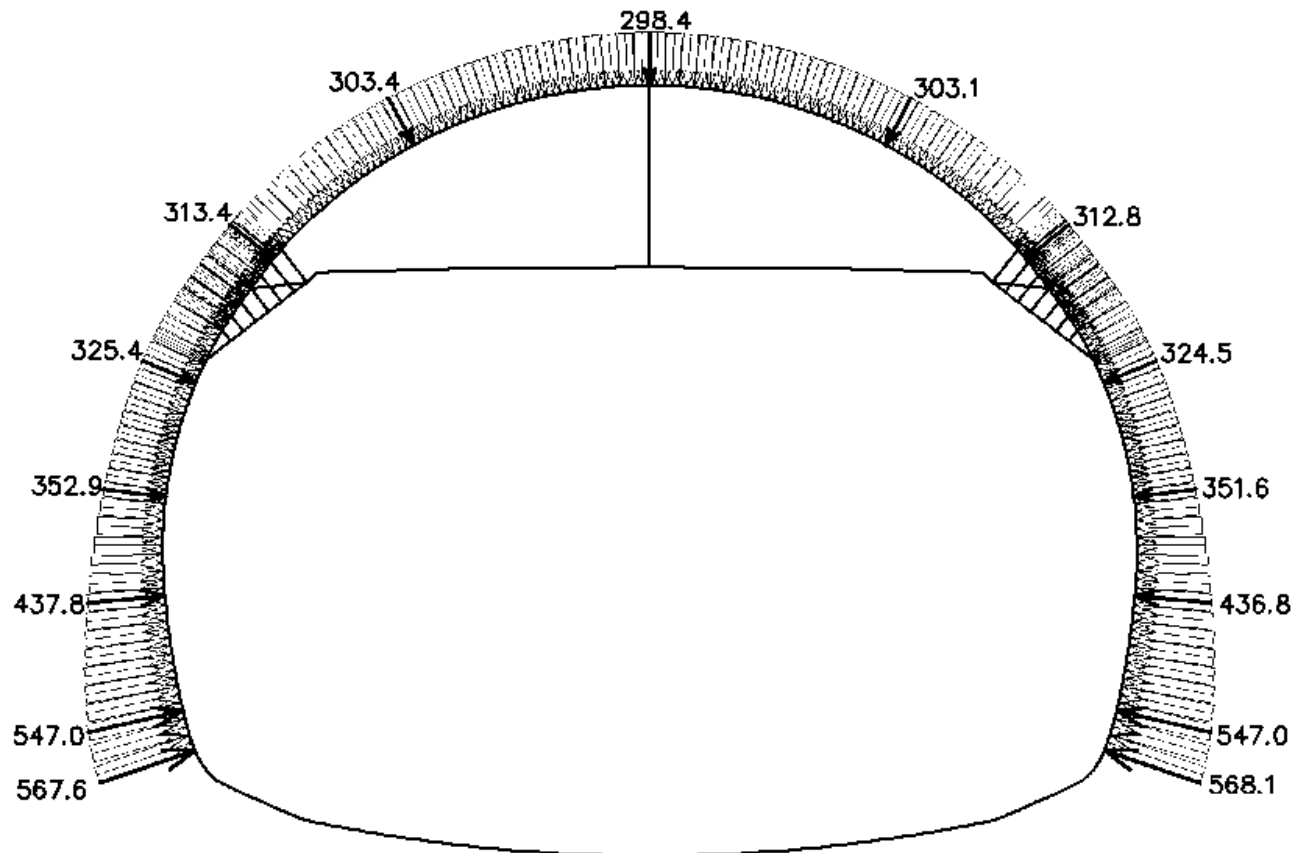
# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

## Výslednice zemního tlaku po obvodu ostění - klenba



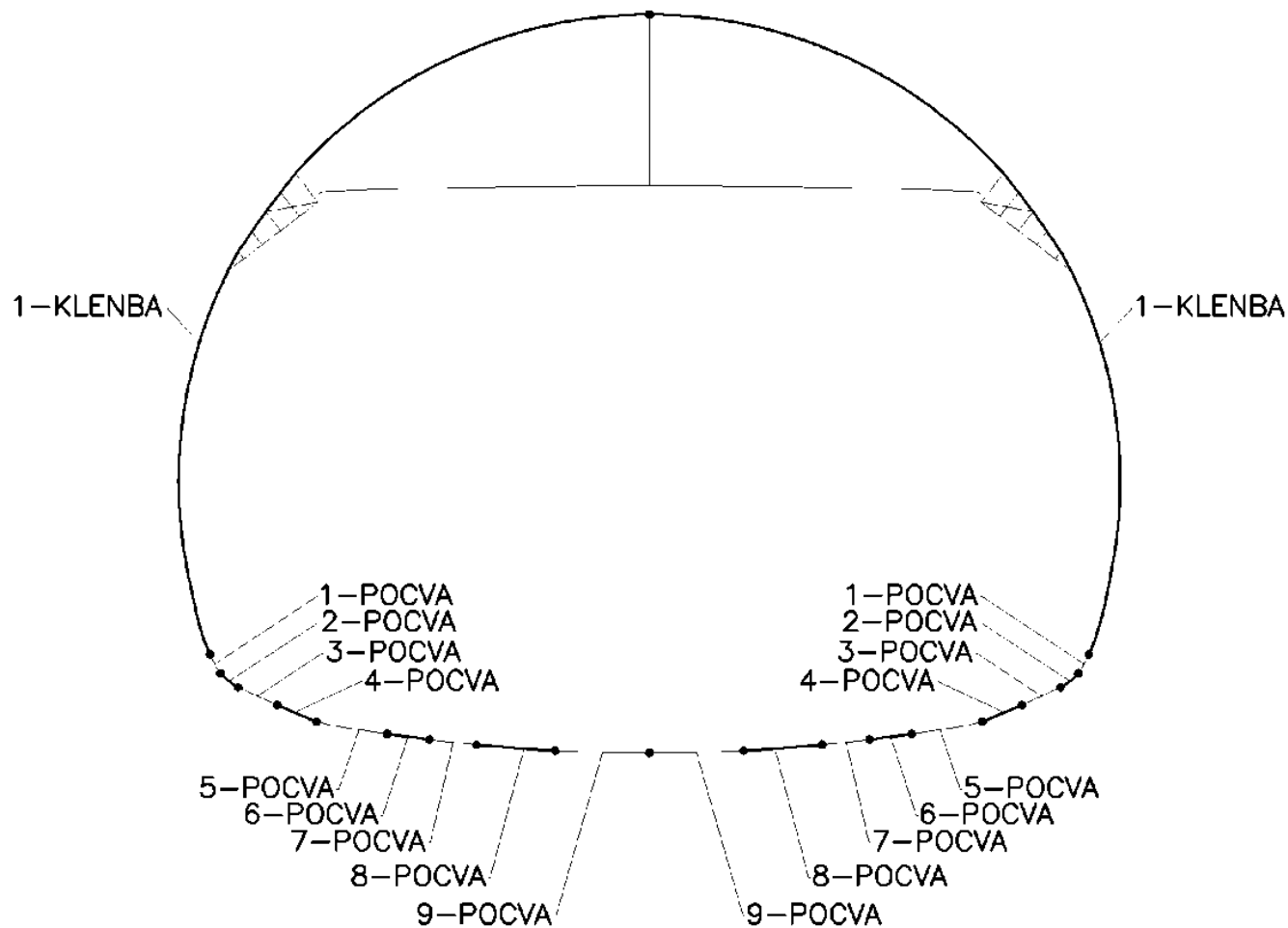
## Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

### Zatěžovací stav - zemní tlak $s_{opt}$



# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

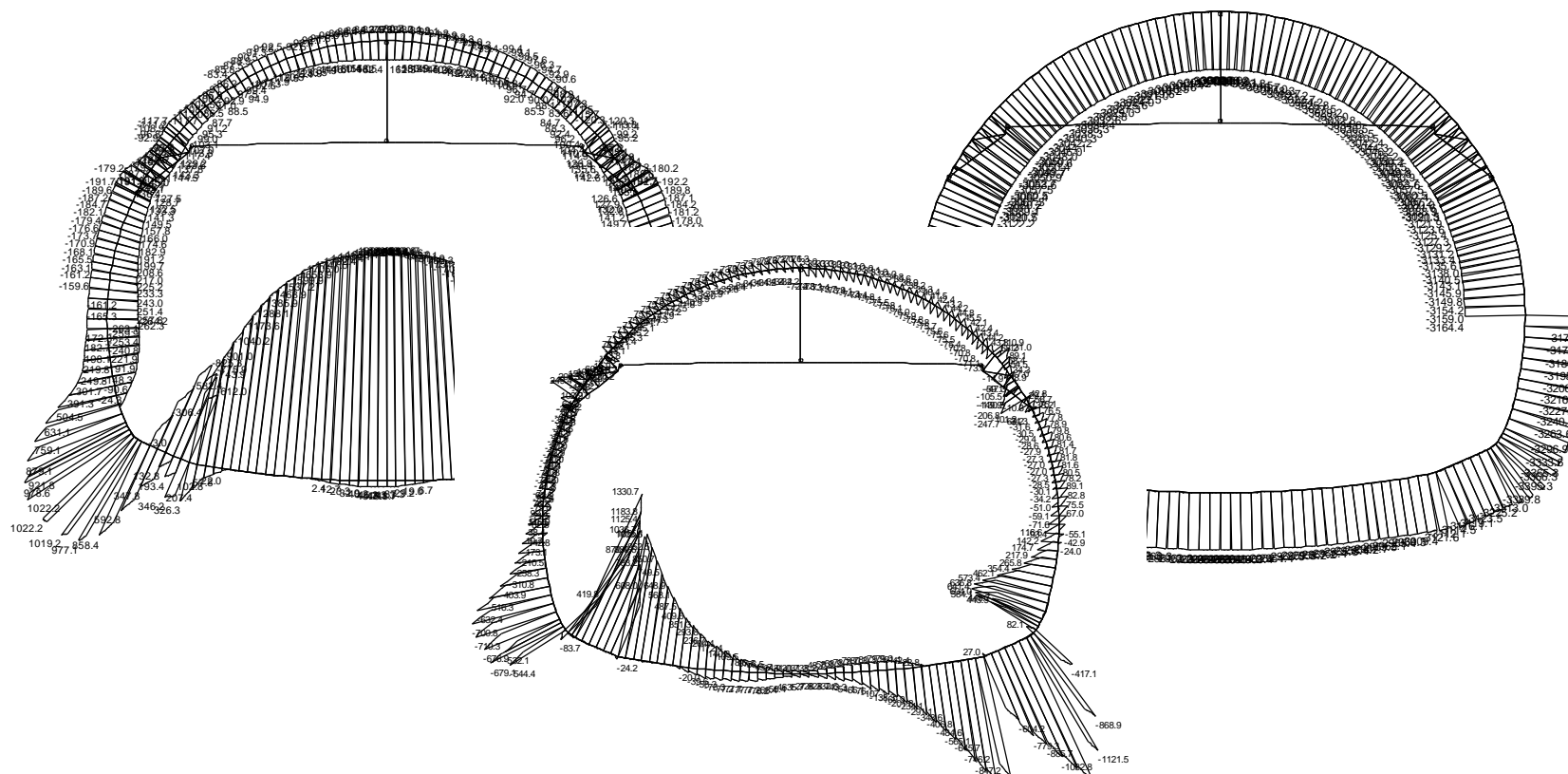
## Podpření matematického modelu – konstanty ložnosti C



# Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

## Vyhodnocení na skupinách zatěžovacích stavů

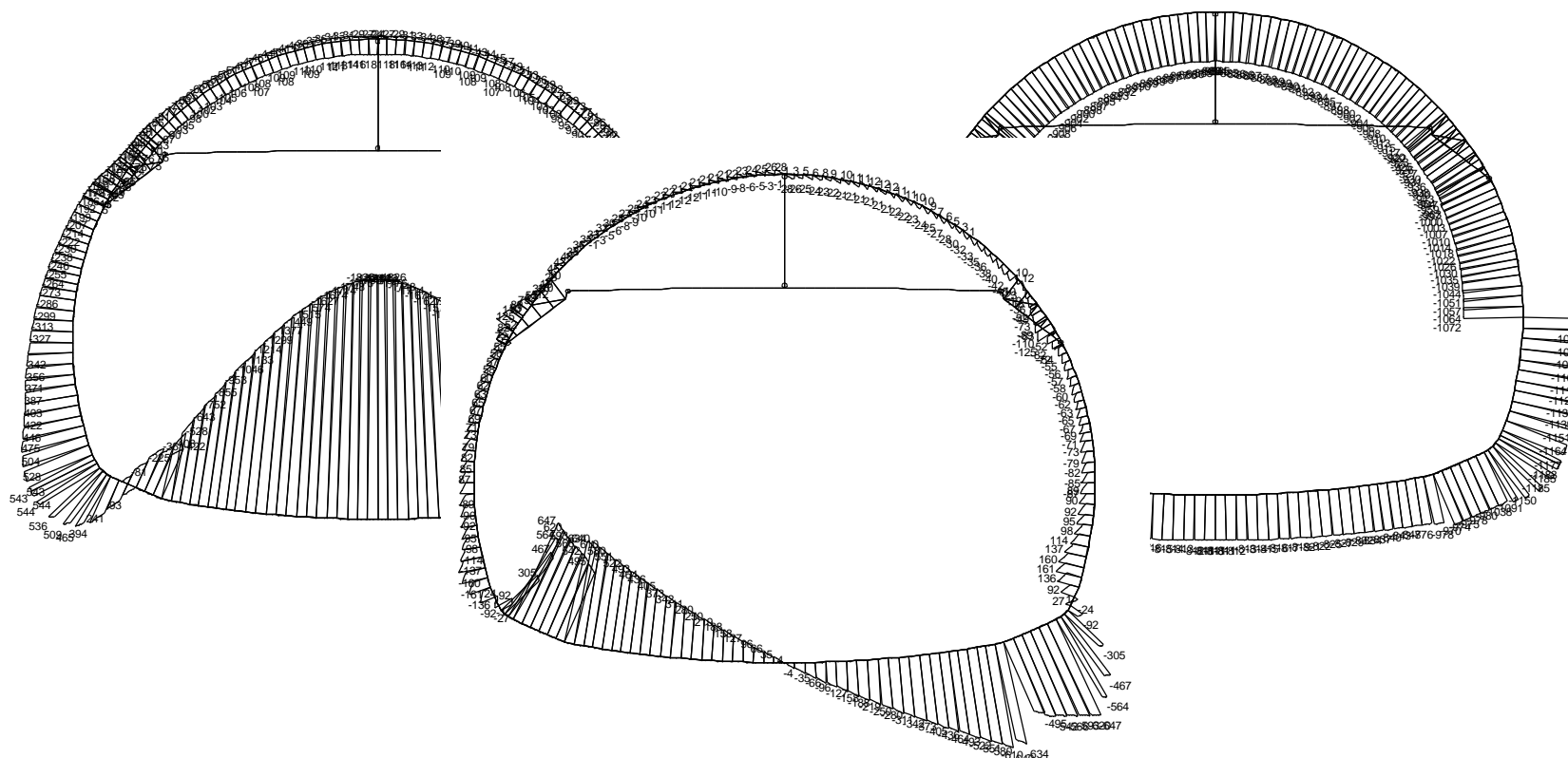
- Kombinace bez hydrostat. tlaku, min. zemní tlak + hydrostat. tlak + ostatní ZS, hydrostat. tlak + teploty + smršťování
- Extrémní napětí – odpovídající vnitřní síly



## Sekundární ostění – ražená část – statický návrh

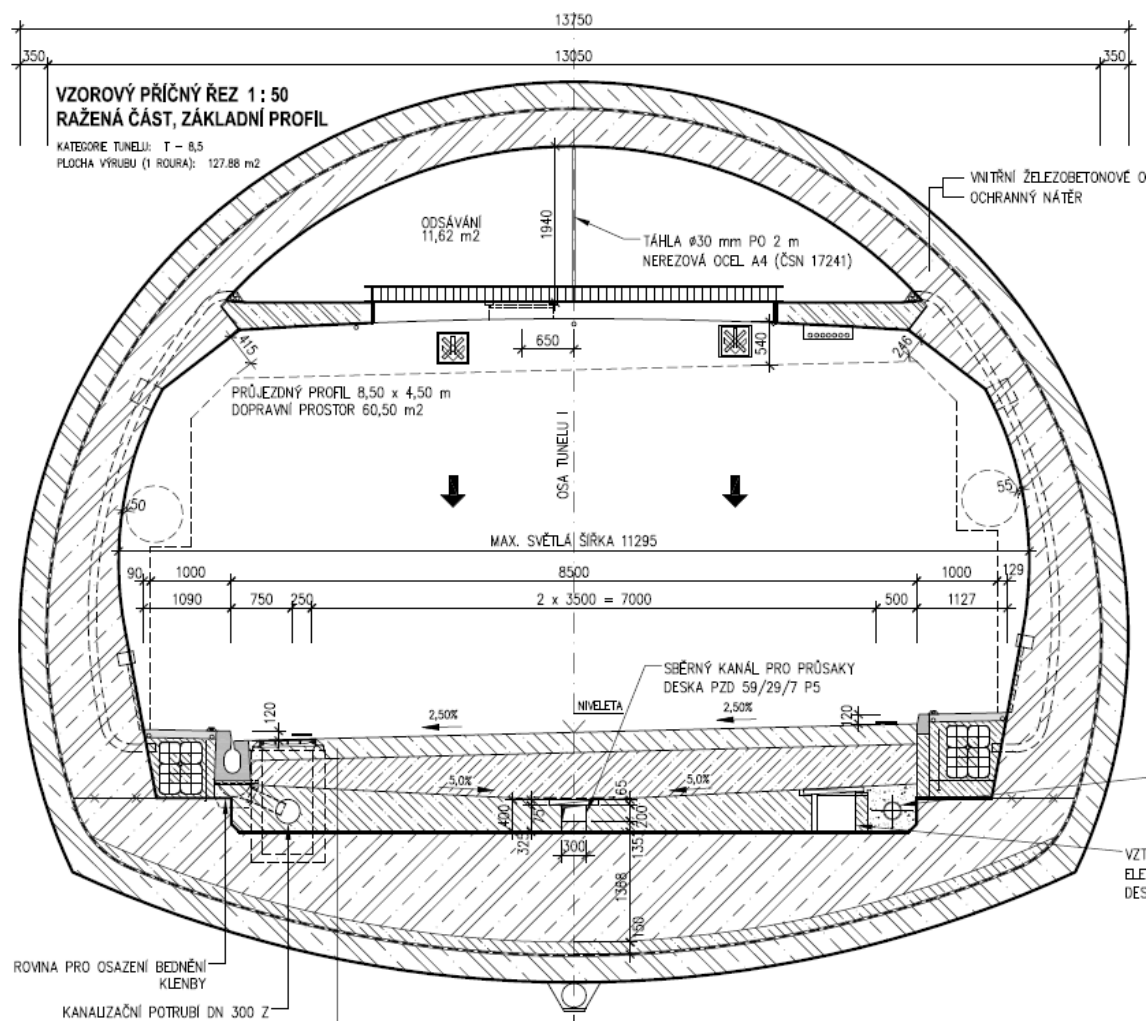
### Vyhodnocení na skupinách zatěžovacích stavů

- Kombinace bez hydrostat. tlaku, min. zemní tlak + hydrostat. tlak + ostatní ZS, hydrostat. tlak + teploty + smršťování
- Extrémní napětí – odpovídající vnitřní síly



# Sekundární ostění – ražená část

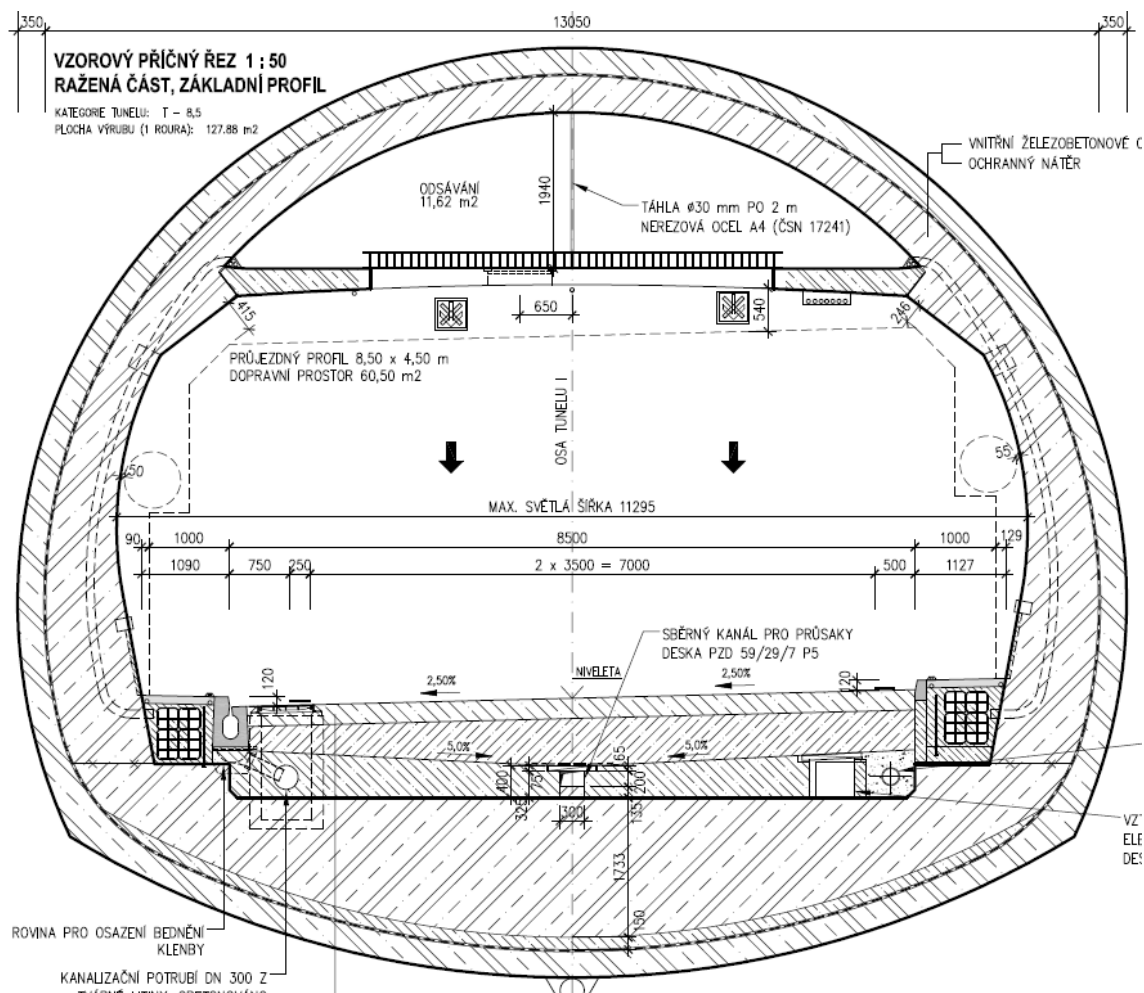
## Protiklenba – navrhované varianty tvarů – varianta DZS





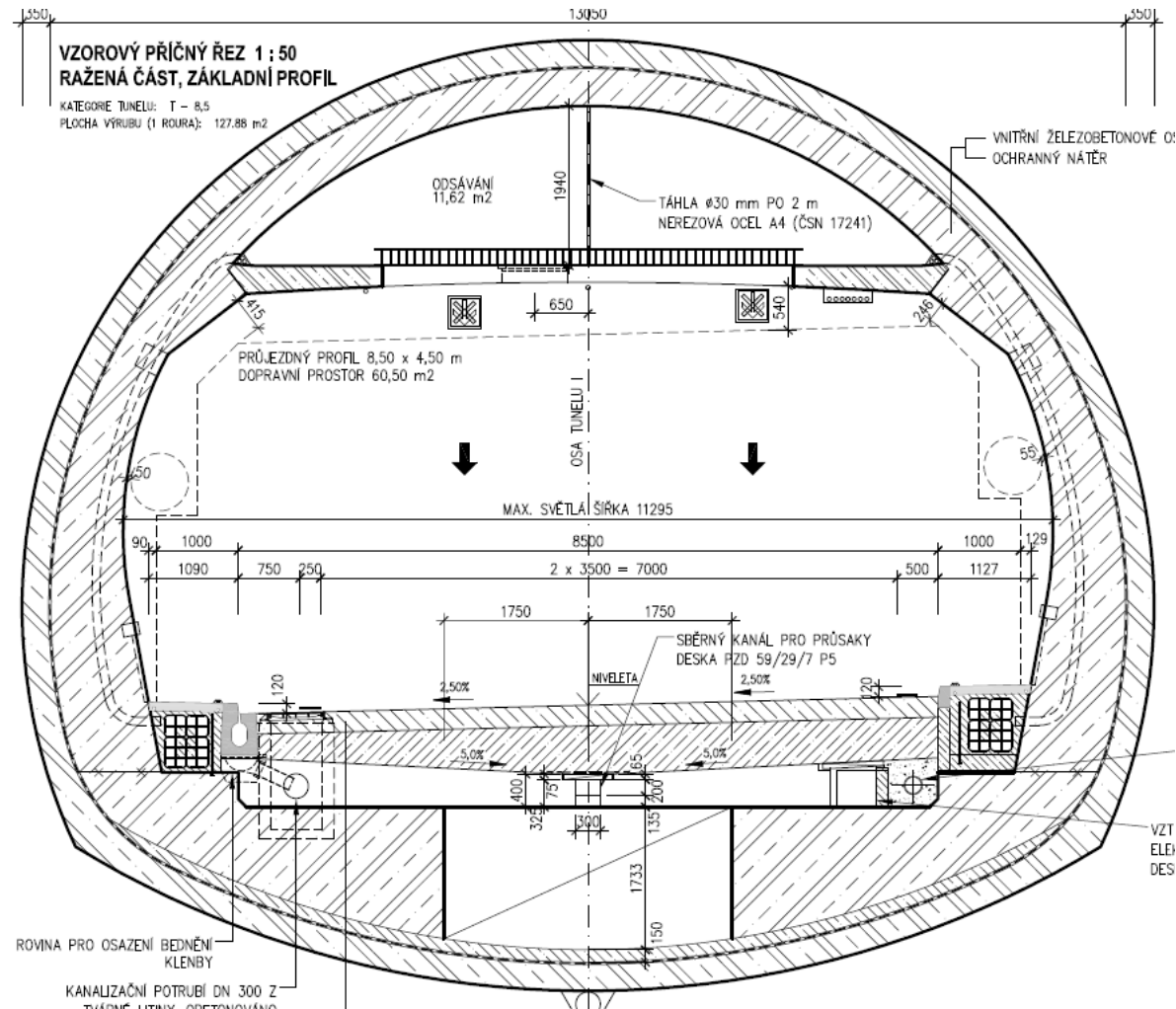
# Sekundární ostění – ražená část

## Protiklenba – navrhované varianty tvarů – prováděná varianta RDS



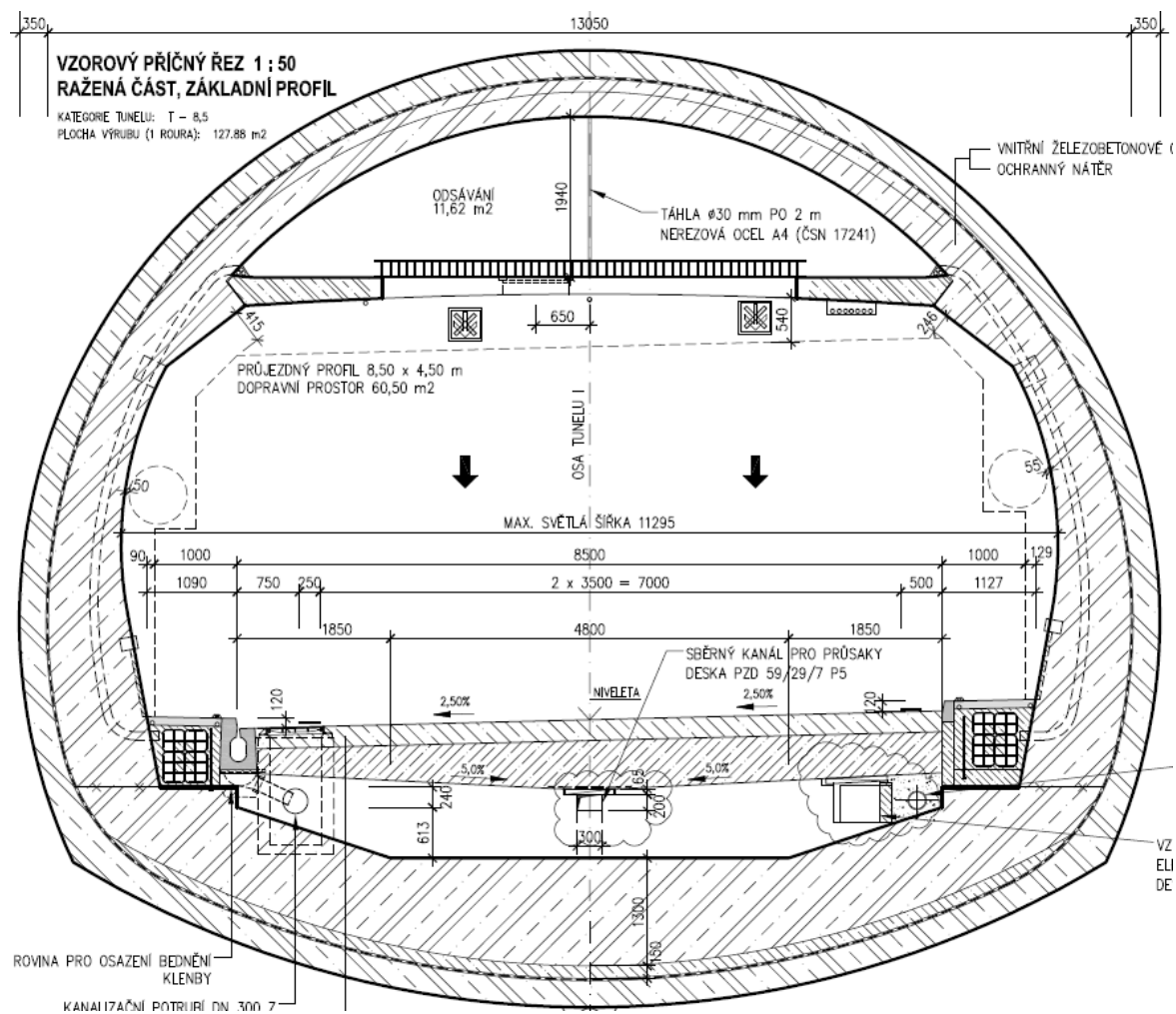
# Sekundární ostění – ražená část

## Protiklenba – navrhované varianty tvarů – varianta 2



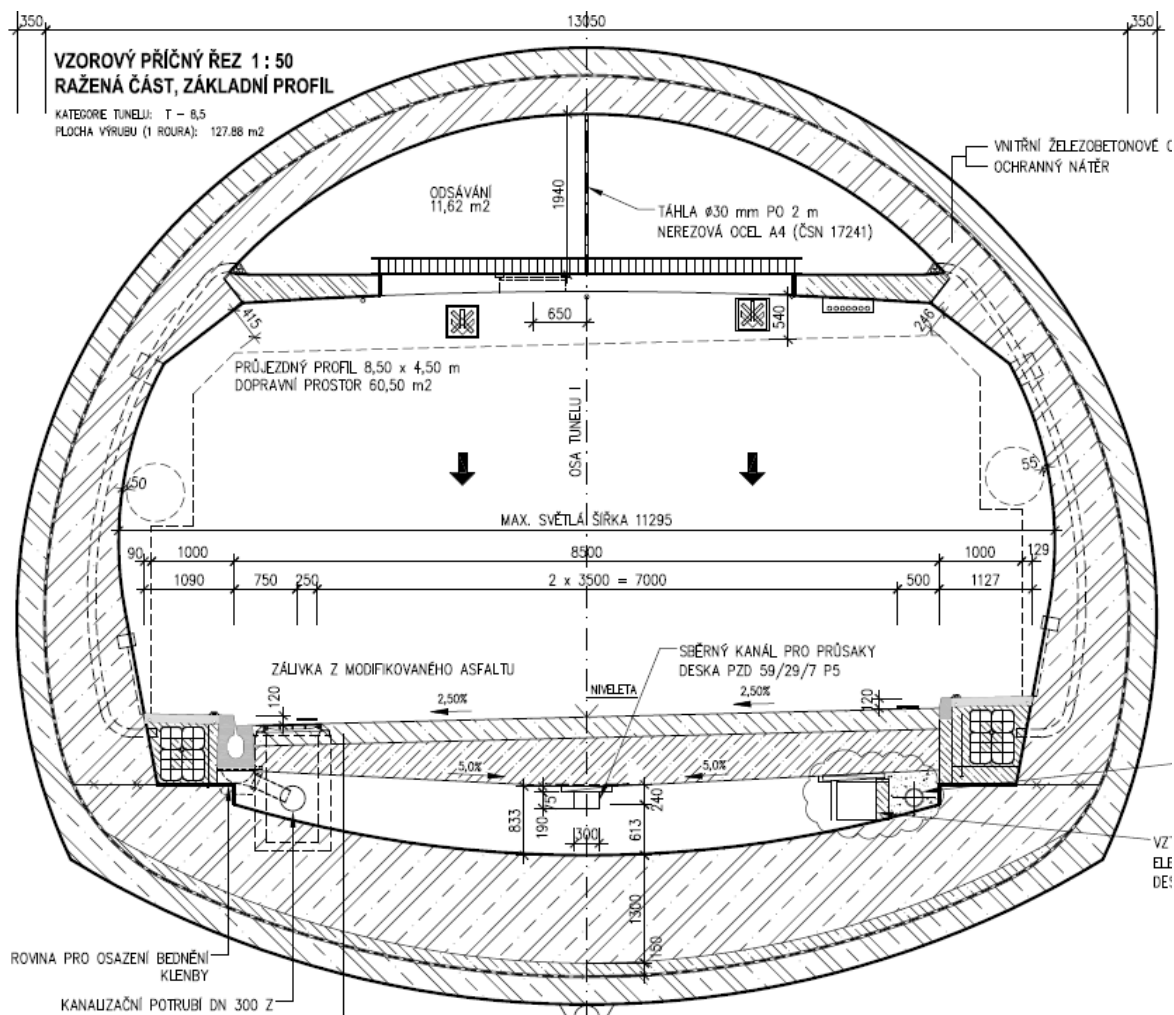
# Sekundární ostění – ražená část

## Protiklenba – navrhované varianty tvarů – varianta 3



# Sekundární ostění – ražená část

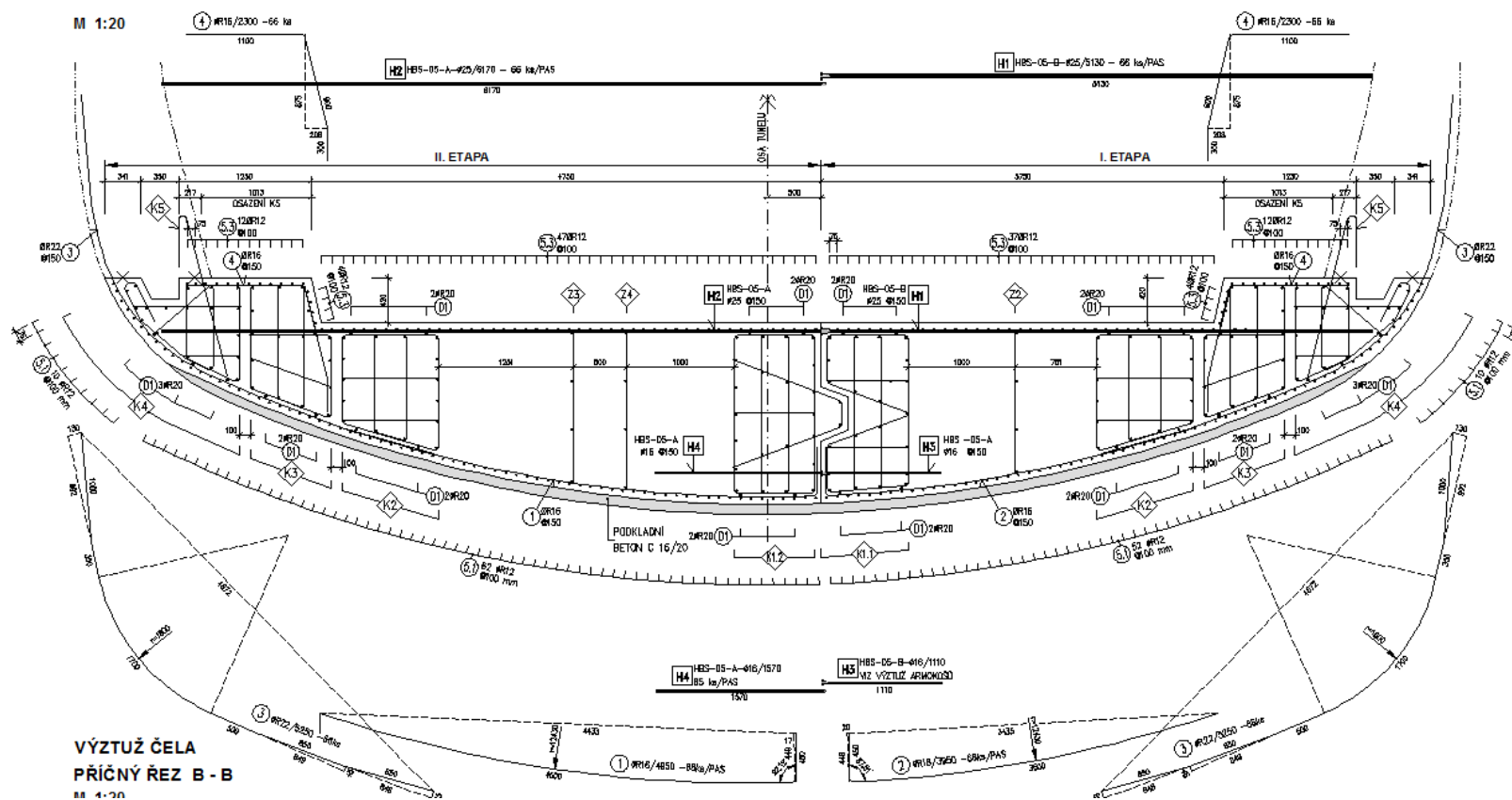
## Protiklenba – navrhované varianty tvarů – varianta 4



# Sekundární ostění – ražená část

## Protiklenba – varianty provádění TI, TII

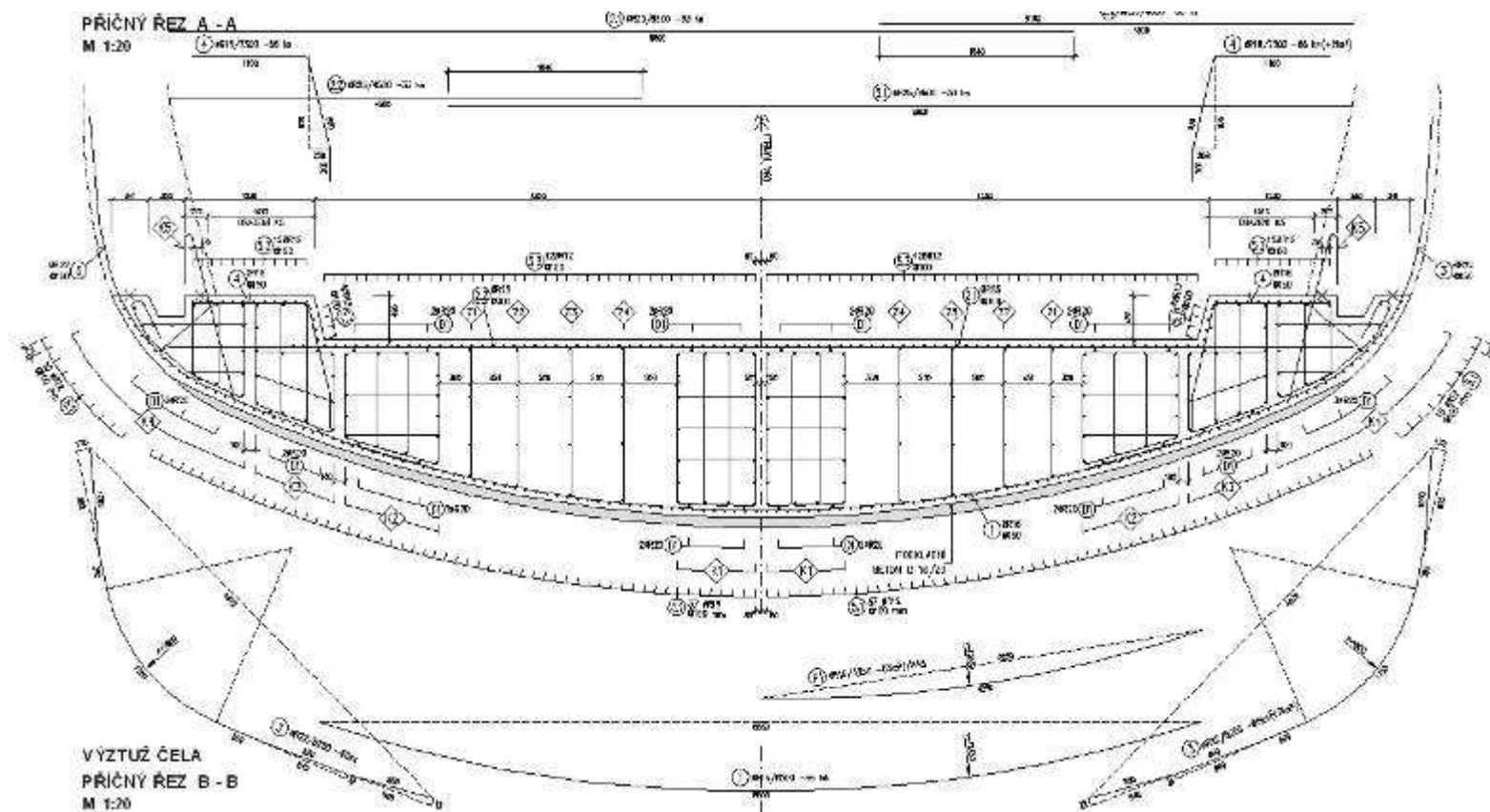
- TI – dělená



## Sekundární ostění – ražená část

### Protiklenba – varianty provádění TI, TII

- TII - nedělená



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

### Protiklenba – varianta TI



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

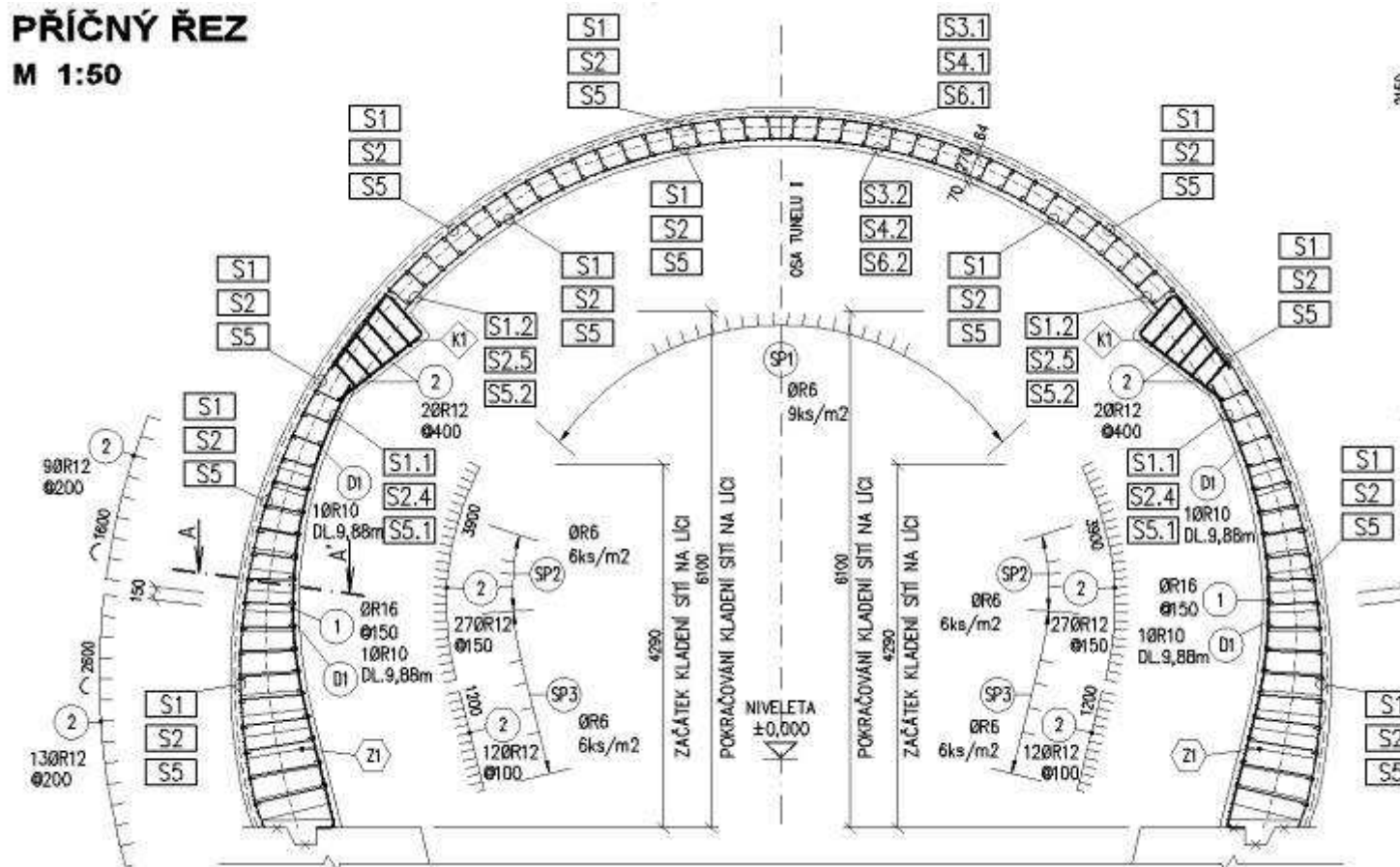
### Protiklenba – varianta TII





# Sekundární ostění – ražená část

## Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – základní profil



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

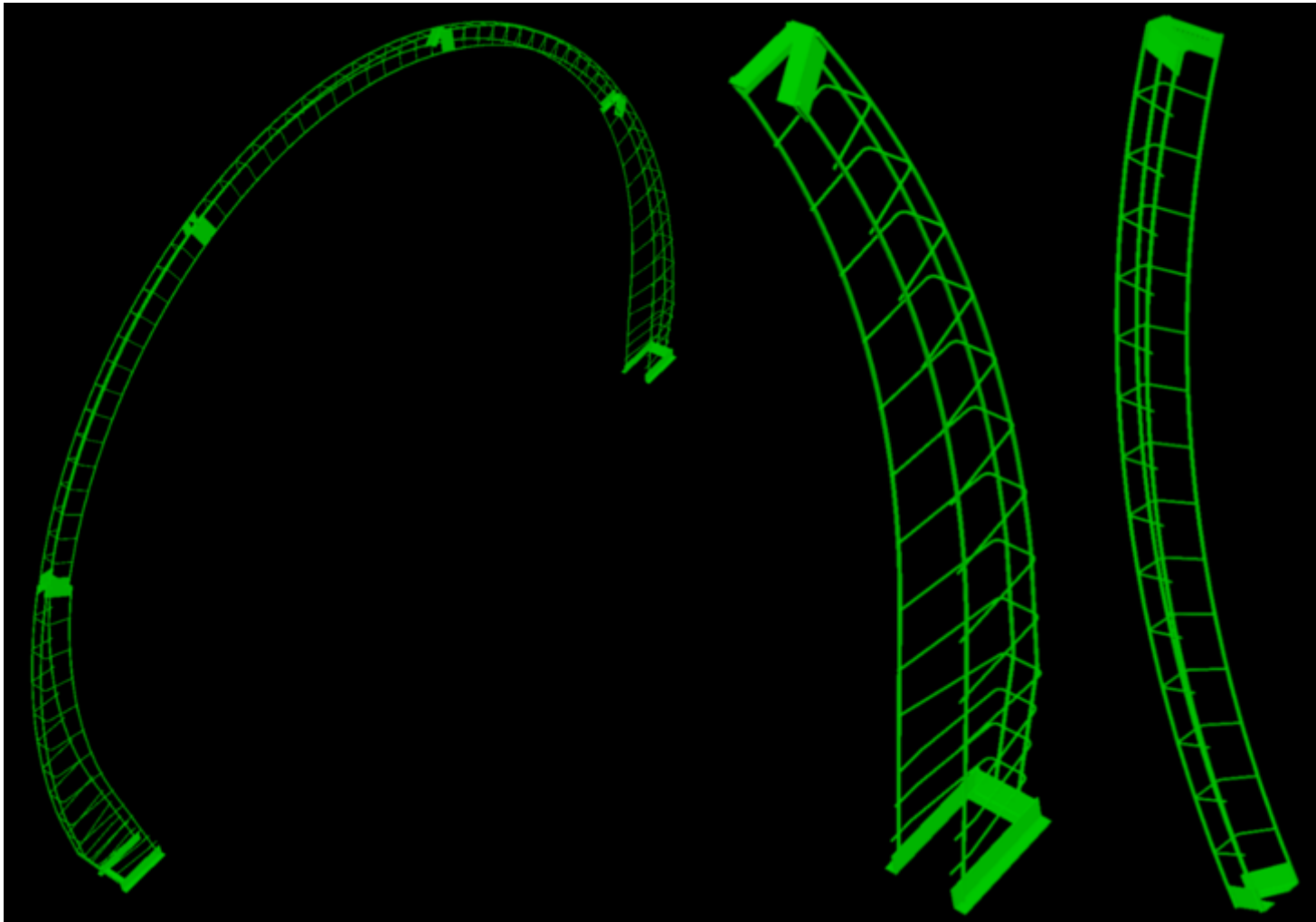
**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – základní profil**



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – bretex**



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

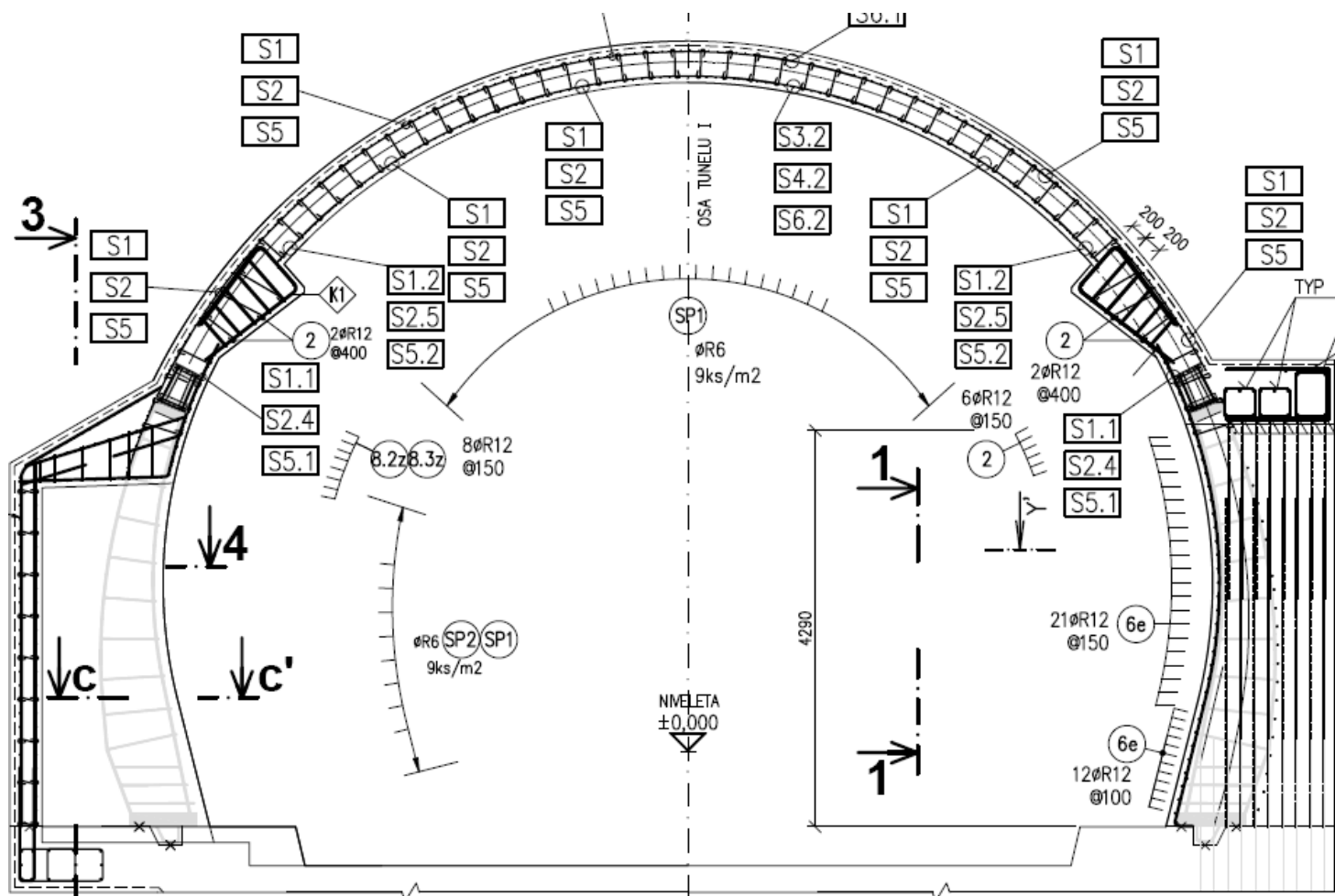
## Sekundární ostění – ražená část

**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – bretex**



## Sekundární ostění – ražená část

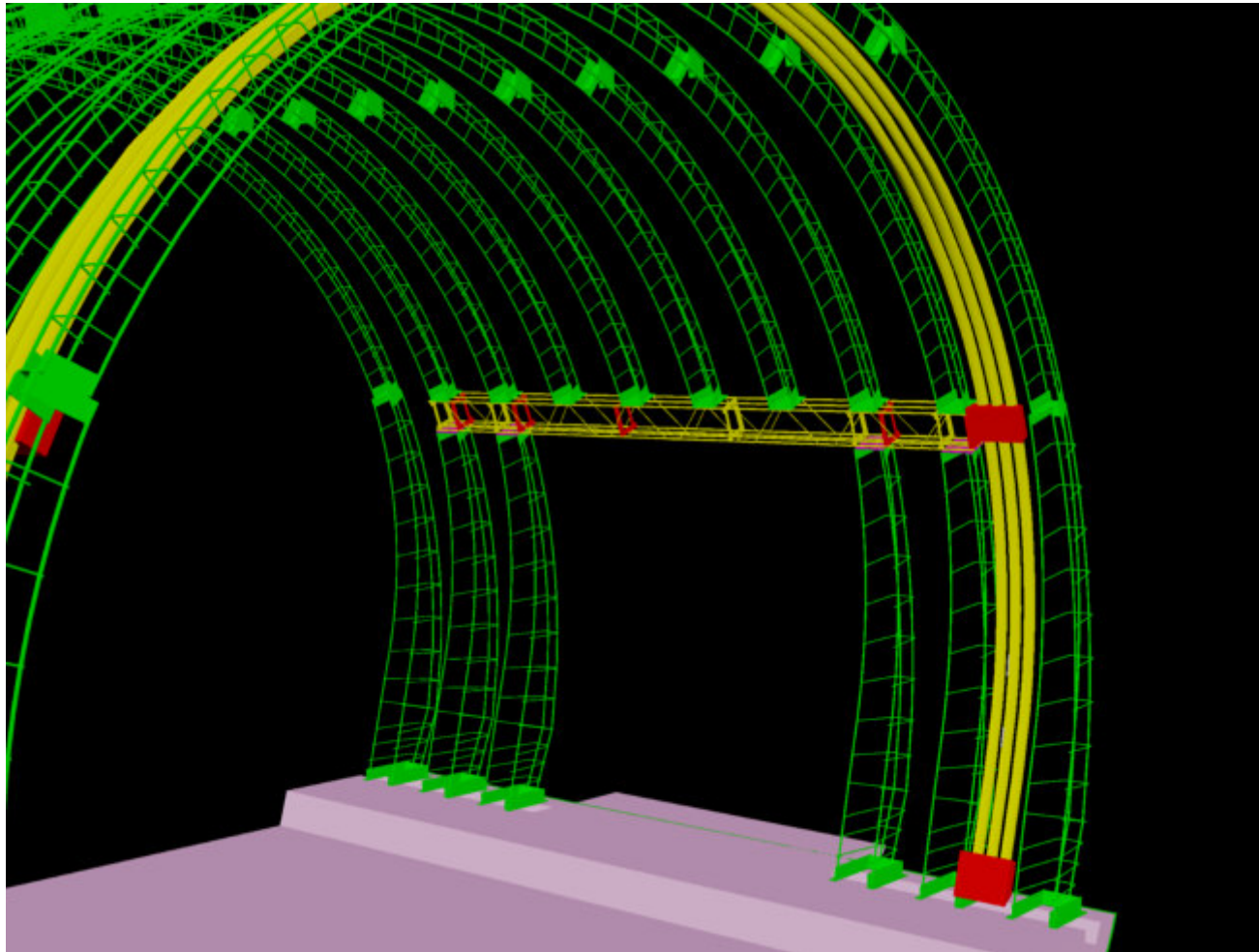
### Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – SOS, EV, HY profil



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

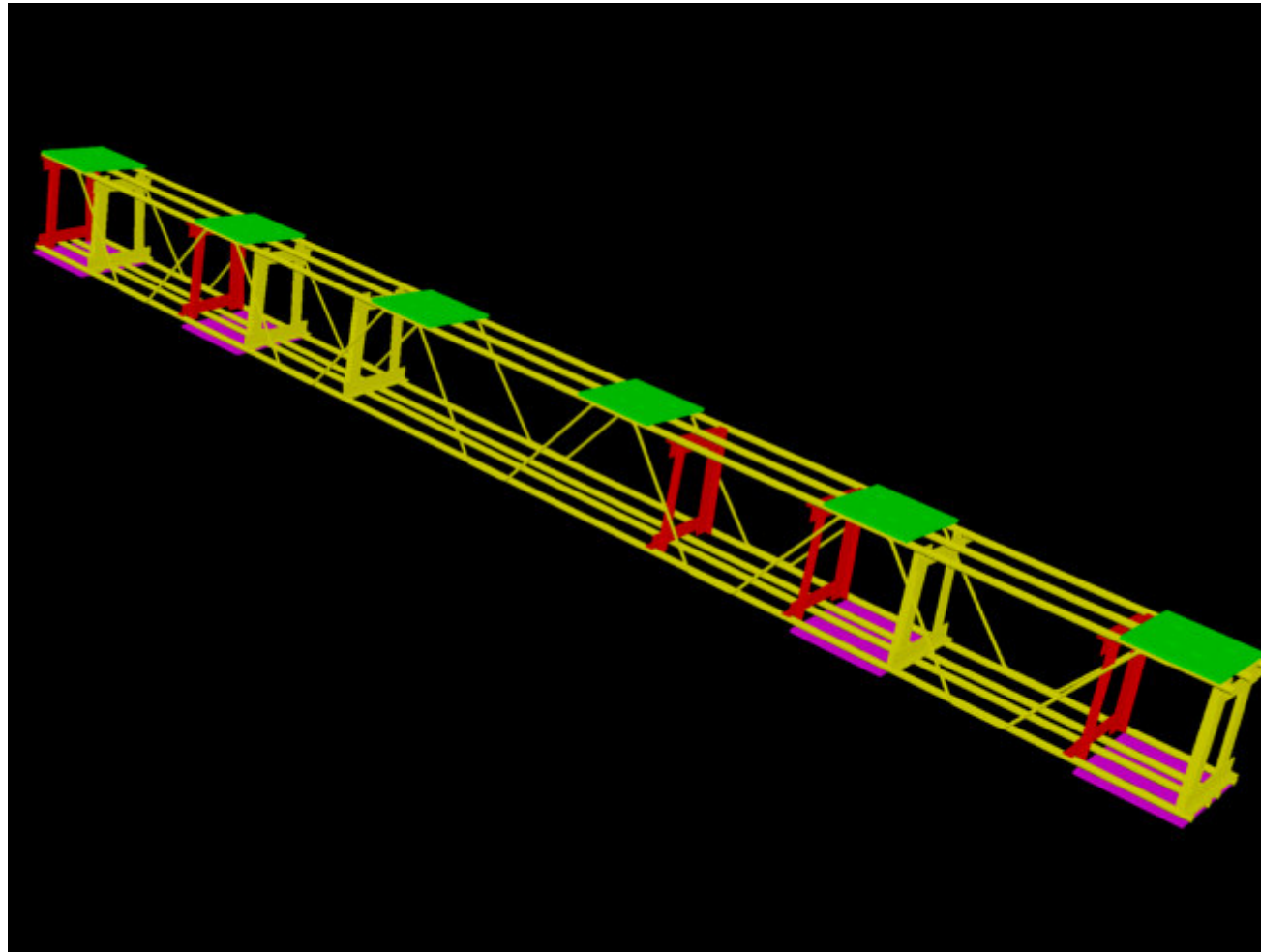
**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – bretex, nosníky**



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – nosník**



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

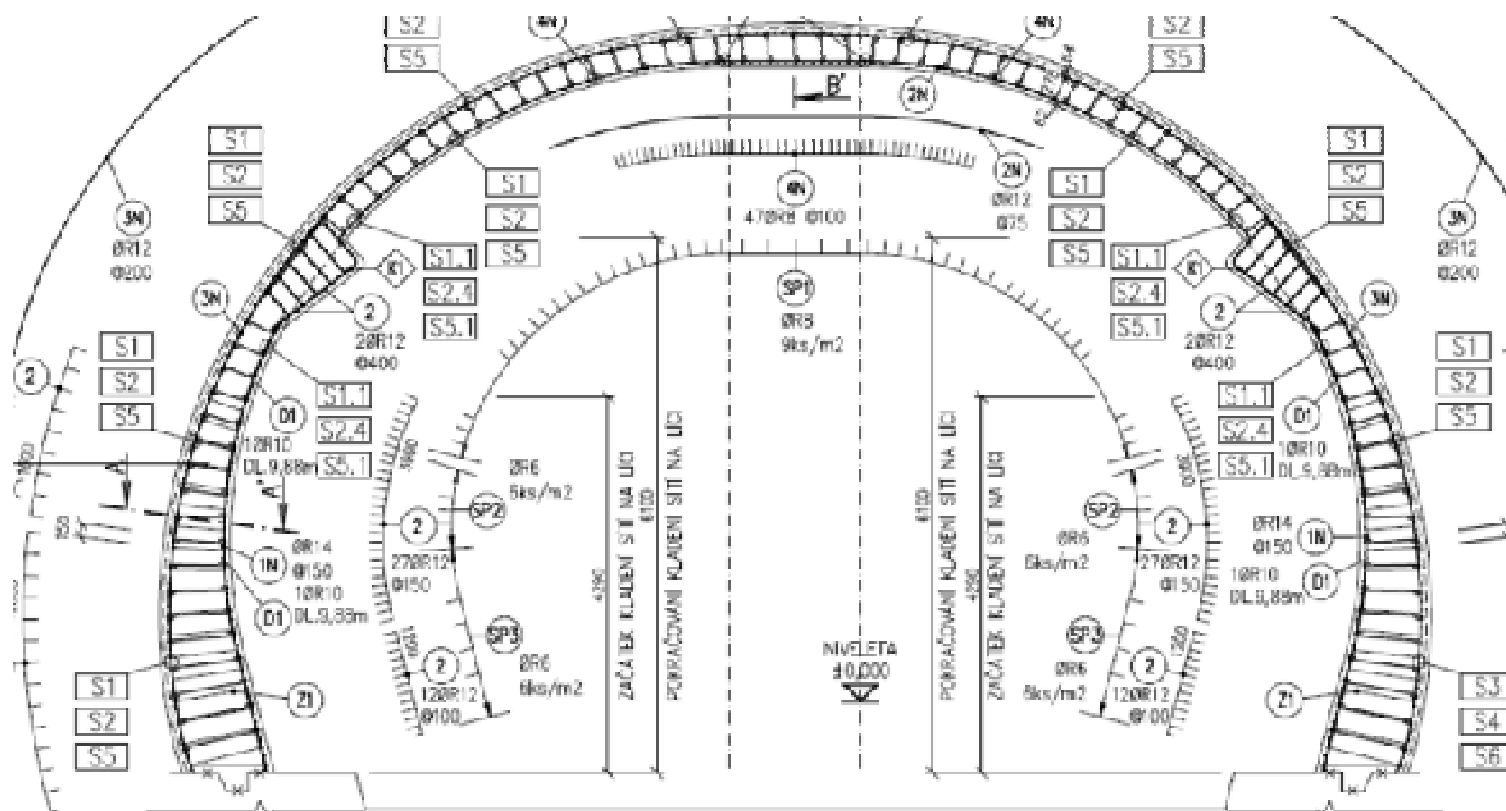
**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – SOS, EV, HY profil**





# Sekundární ostění – ražená část

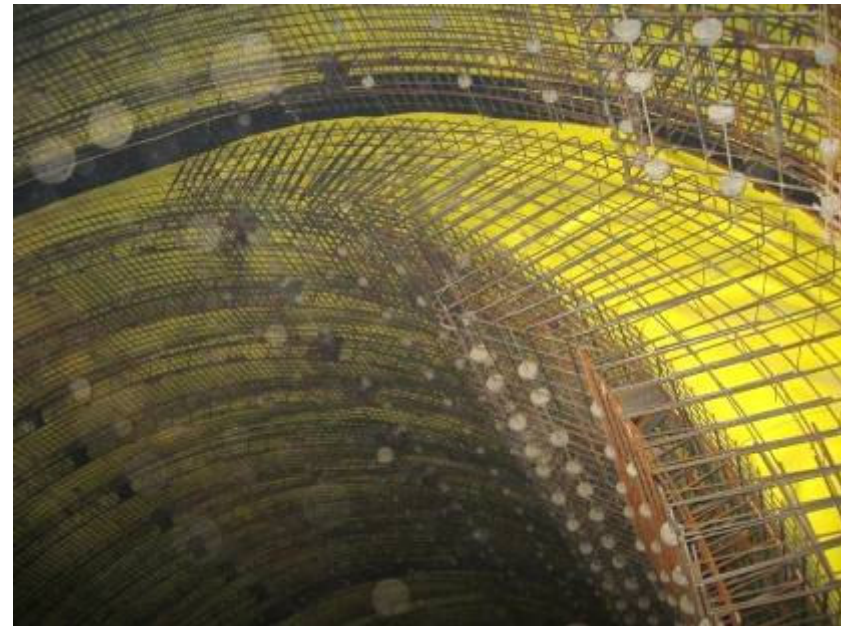
## Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – profil NZ



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

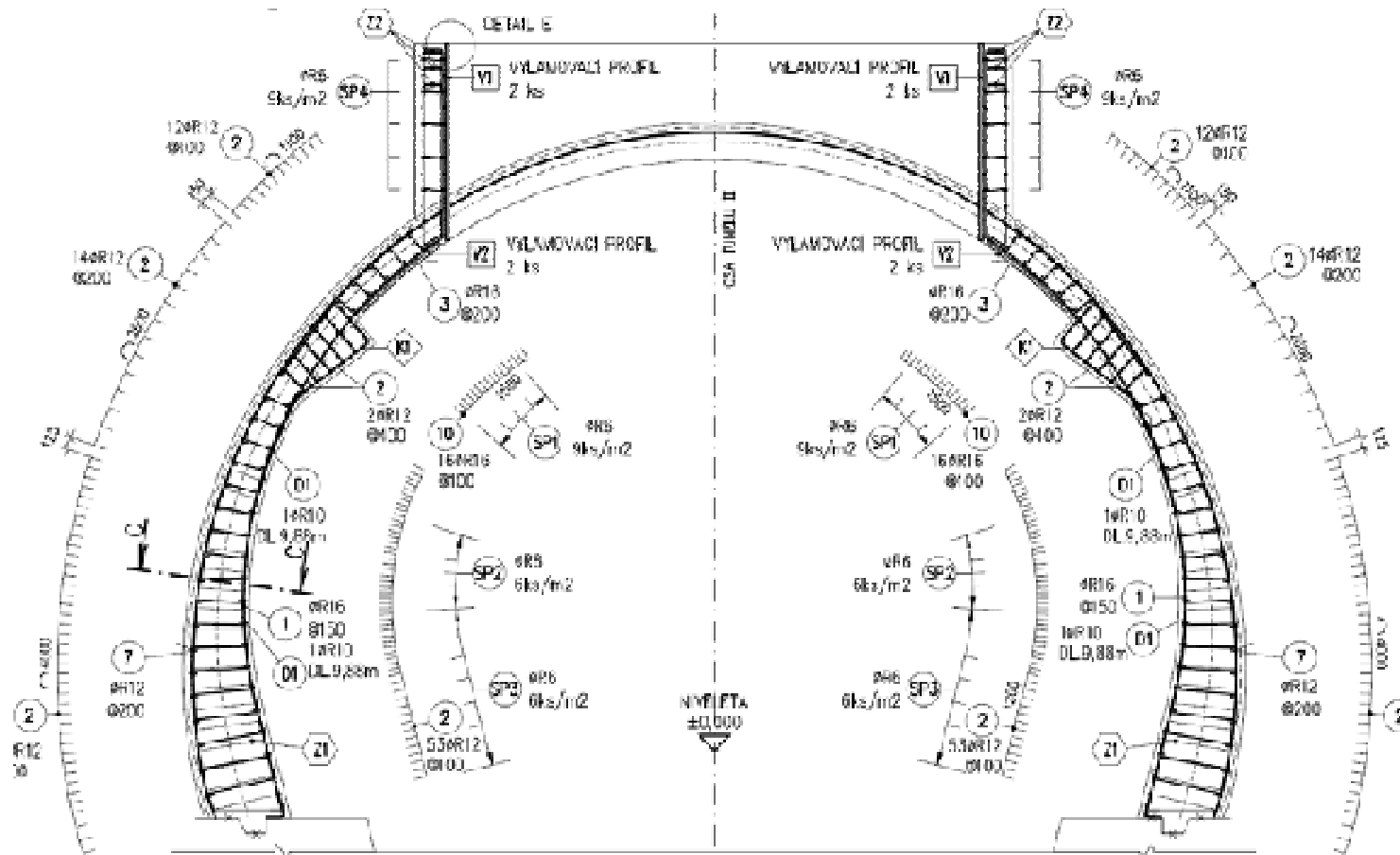
## Sekundární ostění – ražená část

### Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – profil NZ



## Sekundární ostění – ražená část

### Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – profil VZT šachta



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

**Klenba – konstrukční typy dilatačních pasů – profil VZT šachta**



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

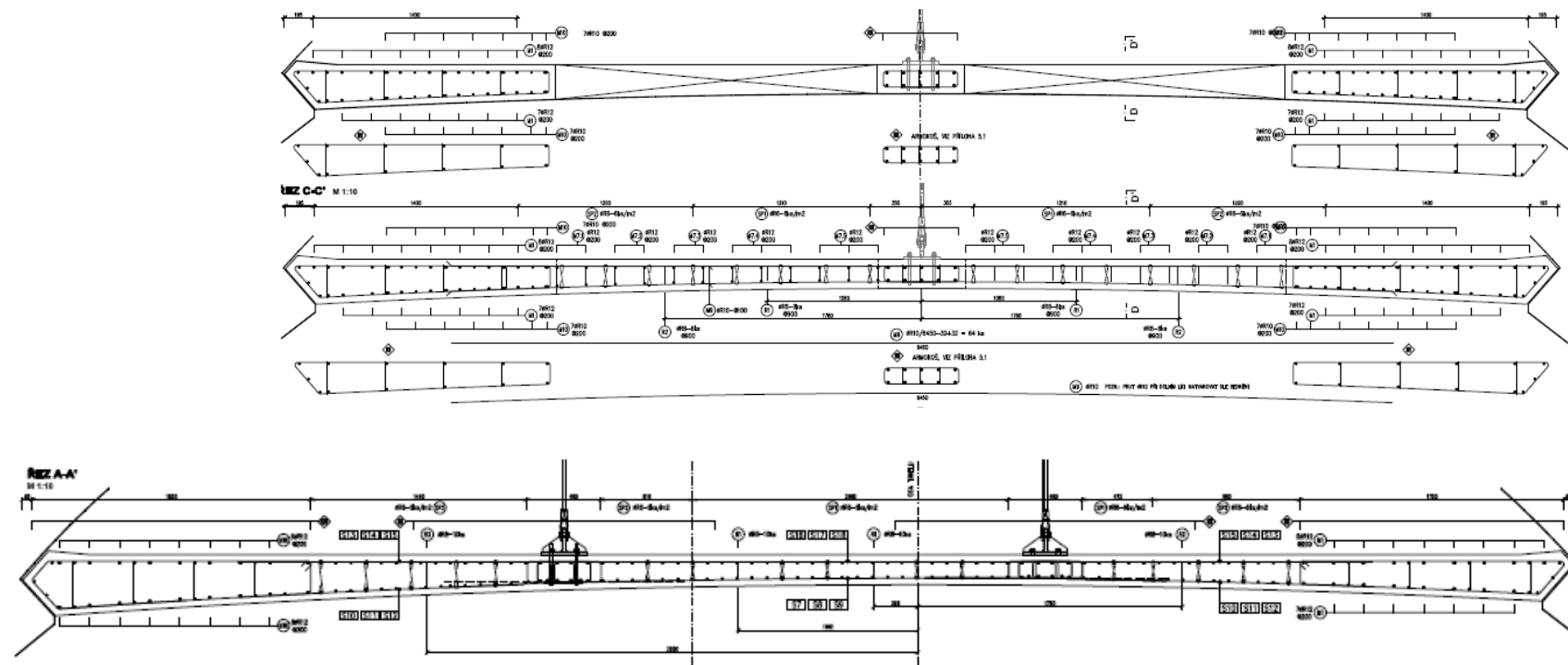
### Klenba – bednicí forma



# Sekundární ostění – ražená část

## Mezistrop – varianty provádění TI, TII

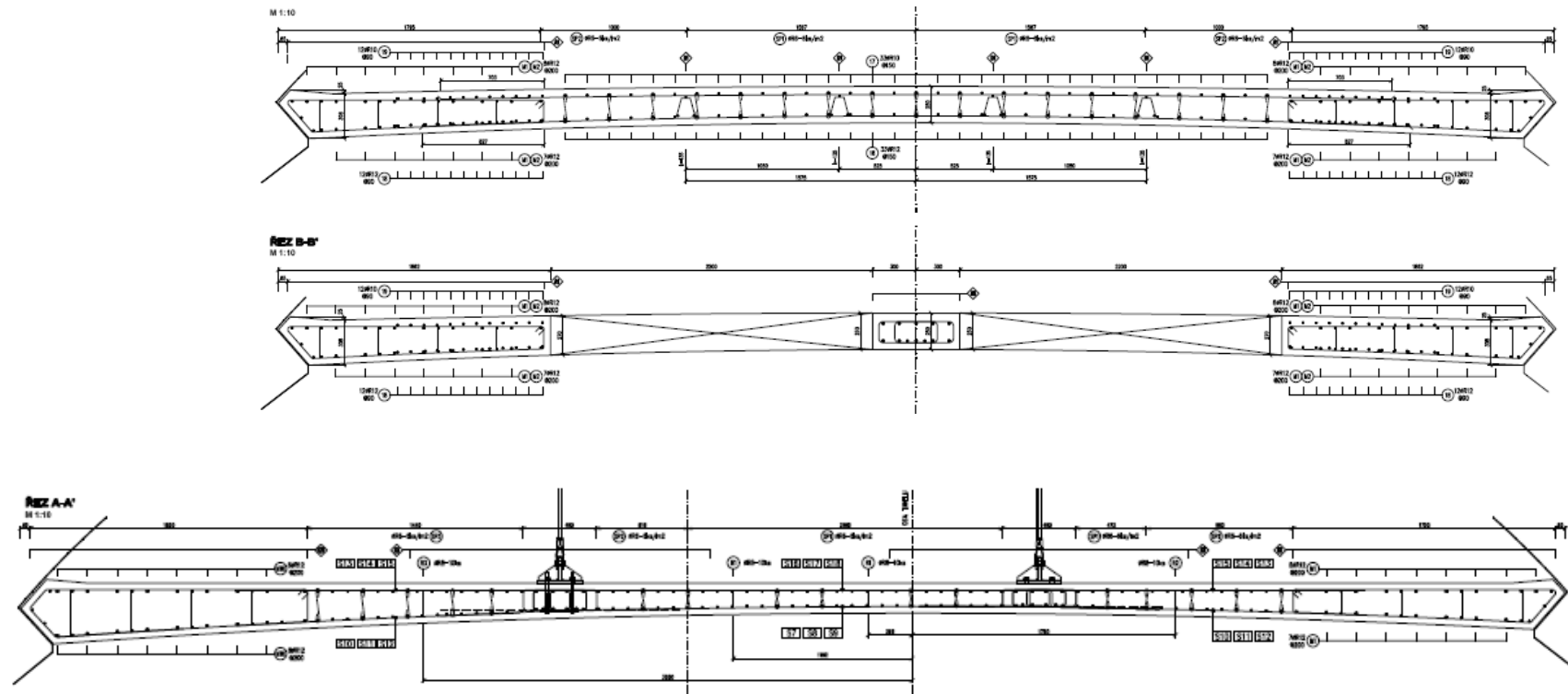
- TI – táhla



## Sekundární ostění – ražená část

### Mezistrop – varianty provádění TI, TII

- TII – bez táhel
- Táhla pouze v NZ



Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

**Mezistrop – varianta TI – průchod TC**





Navrhování sekundárního ostění Královpolských tunelů

## Sekundární ostění – ražená část

### Mezistrop – varianta TII



**Děkuji Vám za pozornost**