

# PŘÍPRAVA REALIZACE DEFINITIVNÍCH OSTĚNÍ V TUNELU MRÁZOVKA

## IMPLEMENTATION PREPARATION OF THE MRÁZOVKA TUNNEL FINAL LINING

JOSEF DVOŘÁK, VLADIMÍR PETRŽILKA, FRANTIŠEK ČERVENKA, PAVEL ŠOUREK

Tunel Mrázovka je jednou ze dvou v současné době realizovaných staveb městského okruhu v Praze. Po uvedení stavby Zličov – Radlická do provozu v roce 2003 a stavby Radlická – Strahovský tunel (tunel Mrázovka) v roce 2004 bude propojena část městského okruhu z jihu až na křižovatku Malovanka, po severní vyústění Strahovského tunelu. Projektovou přípravu stavby tunelu Mrázovka zajišťuje generální projektant PUDIS Praha, a.s., přičemž projektantem ražených částí a technologického vybavení je společnost SATRA, s.r.o.

*The Mrázovka Tunnel is one of the two presently implemented structures within the Prague municipal ring road. After the Zličov – Radlická work is put into operation in 2003, and subsequently the Radlická – Strahov Tunnel works (the Mrázovka Tunnel) in 2004, the municipal ring road will be partially interconnected from the south up to the Malovanka junction – the north outlet of the Strahov Tunnel. The design stage of the Mrázovka tunnel work is provided by the general designer PUDIS Praha a.s., while the SATRA s.r.o. Company is the designer of driven parts and technological facilities.*

Projektová příprava stavby probíhala již před rokem 1996. V roce 1996 byla zpracována dokumentace pro územní řízení na západní tunel a následně i dokumentace pro územní řízení na východní tunel. V roce 1997 byla zpracována dokumentace pro stavební povolení na západní a východní tunel. Již v úvodu projektovní pří-

pravy byla na základě dopravního řešení předurčena koncepce technického řešení tunelové části stavby.

Stabilizaci situačního a výškového vedení trasy městského okruhu (MO) v oblasti stavby předcházelo zpracování a projednávání řady variant.

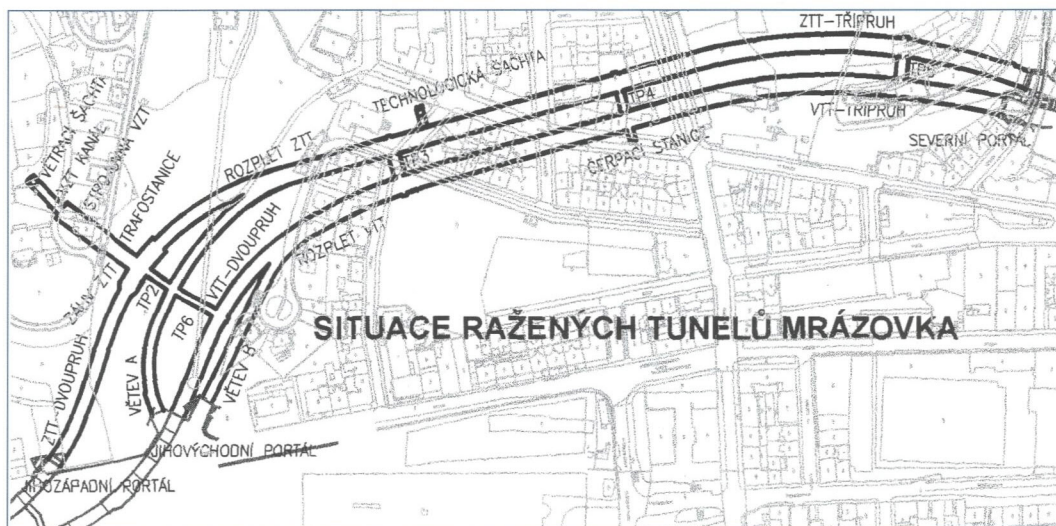
Výsledný podélný profil trasy tunelů v úseku MO Radlická – Strahovský tunel vychází ze schváleného situačního vedení a výškových úrovní severního portálu tunelů, kde trasa MO navazuje na přemostění ulice Plzeňská, obou jižních portálů, kde trasa MO podchází ulici Radlická a nejnižšího místa trasy tunelů, které se nachází mezi ulicemi Ostrovského a U Santošky, kde tunely podcházejí nadzemní zástavbu s minimálním nadložím ve složitých geologických poměrech.

Výškový rozdíl nejnižšího místa v trase tunelu pod zástavbou u ulice Ostrovského a portálových částí tunelů je více než 11 m. Výškové poměry v trase tunelů neumožnily gravitační odvedení průsakových podzemních vod. Proto koncepce řešení definitivního ostění v ražených tunelech musela zohlednit použití uzavřené tlakové hydroizolace.

### POPIS STAVBY

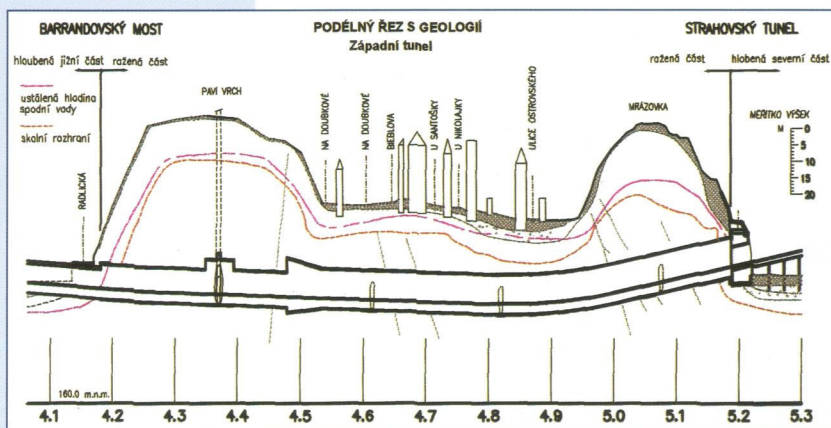
Od severního portálu, ve směru od Strahovského tunelu za přemostěním ulice Plzeňská jsou vedeny dvě souběžné třípruhové tunelové trouby – východní (VTT) a západní (ZTT). Oba třípruhové tunely se v tunelových rozpletech větví na dvoupruhové tunely, které pokračují v trase městského okruhu, a jednopruhové větve napojené do úrovně křižovatky v ulici Radlická.

Na ražené tunely navazují u obou portálů hloubené úseky. Tunel Mrázovka prochází oblastí s rozmanitou



Obr. 1 Situace

Fig. 1 Plan



Obr. 2  
Podélný profil

Fig. 2 Longitudinal profile

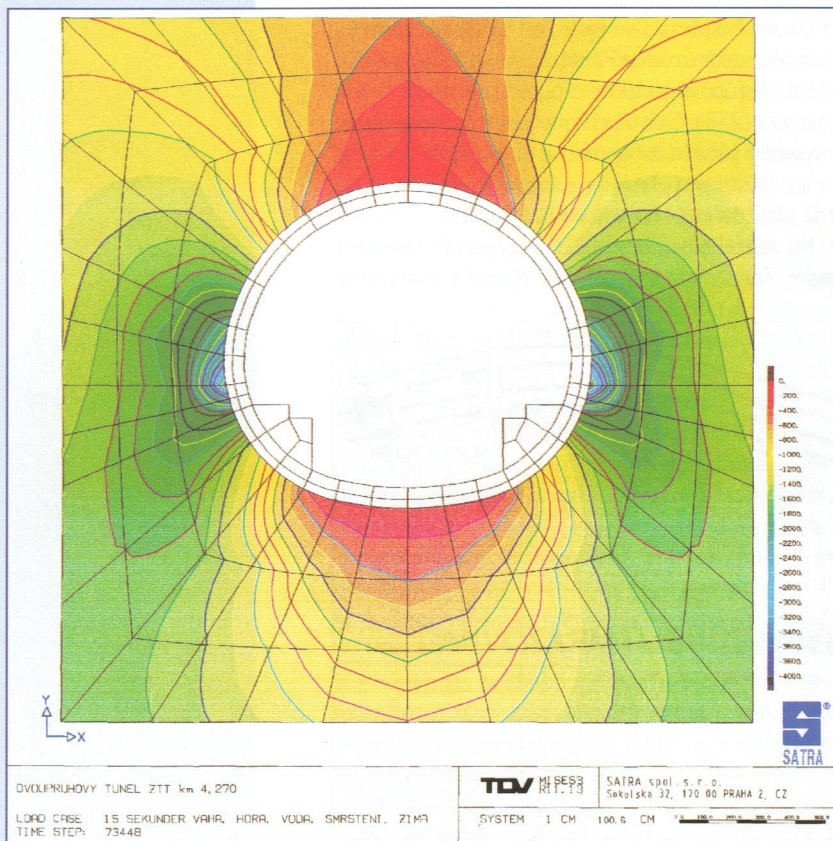
Obr. 3 Napětí v masivu po vložení definitivního ostění

Fig. 3 Stress in rock mass after mounting the final lining

a náročnou geologií, na severu podchází vrch Mrázovka a na jižní straně Paví vrch. Mezi nimi se nachází oblast s obytnou zástavbou.

Geologické poměry v dané oblasti byly detailně zdokumentovány především předstihovou ražbou průzkumné štoly ze severního portálu umístěné v trase tunelu. Skalní podloží v trase ražených tunelů tvoří hominy severovýchodní části ordovické barrandienské synklinály. Ve směru od severního portálu prochází tunel letenskými břidlicemi vrchu Mrázovka. V úseku mezi vrchem Mrázovka a Pavím vrchem prochází trasa líbeňskými souvrstvími, zastoupenými jílovitoprachovitými břidlicemi a protíná blok řevnických křemenců. Masiv Pavího vrchu je tvořen letenskými břidlicemi flyšového vývoje.

Celé skalní prostředí se vyznačuje rozdílným stupněm navětrání, hojně se měnícími směry a úklony ploch vrstevnatosti a častým výskytem tektonicky porušených



pásem. Nejsložitější geologické poměry s nízkým nadložím nad tunely se nachází v prostoru ulic Ostrovského a Na Doubkové. Pokryvné útvary tvoří šterkopisky, svahovité hlíny a navážky.

### HYDROIZOLAČNÍ SYSTÉM

Navržený hydroizolační systém a postup realizace definitivních ostění byl v průběhu projekční přípravy konzultován ve vyspělých tunelářských zemích – Francii, Německu a Rakousku. Vychází z posledních zkušeností realizovaných tunelů na trasách německé rychlodráhy Norimberk – Ingolstadt a Frankfurt – Köln, na jejichž realizaci se podílely i české firmy Metrostav a Subterra, které ve sdružení realizují tunel Mrázovka.

Veškeré ražené části tunelu Mrázovka jsou opatřeny uzavřenou foliovou izolací. Navržený izolační systém vychází z německých předpisů a směrnic, především DVS 2225 část I, Deutsche Bahn AG – část utěšňování a odvodňování a ZTV TUNNELL – část I.

Izolační systém se skládá z vlastní hydroizolační folie Samafil MP 915, tl. 3 mm se signální vrstvou 0,2 mm, chráněnou na vnější straně geotextilií Netex 800 B2. Plocha izolace je vodotěsně rozdělena na sektory pomocí příčných a podélných těsnících pasů – fugenbandů umístěných do pracovních spár jednotlivých pracovních záběrů definitivního ostění.

Uvedenou hydroizolaci doplňují dva injektážní systémy:

- první je součástí realizace definitivních ostění a slouží k dokončení – doinjektování betonáže ostění v homích klenbových částech ostění a těsnících pasů,
- druhý kontrolní a injektážní systém slouží k celoplošné detekci míst případných průsaků podzemní vody z jednotlivých sektorů a zároveň umožňuje jejich likvidaci injektážemi na bázi silikátových injektážních hmot a gelových injektážních hmot.

### DEFINITIVNÍ, SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

Navržený hydroizolační systém (působení hydrostatického tlaku) a skladba geologického prostředí (působení hominového tlaku) v trase tunelů byly základními vstupy pro statické řešení definitivních ostění tunelů.

Hladina podzemní vody nad tunely se pohybuje v rozmezí od 15 do 34 m, přičemž nadloží tunelů se mění od 5 do 45 m.

Železobetonové monolitické definitivní ostění tunelů je navrhováno a posuzováno na vybrané kombinace zátěže, které zahrnují:

- hominový tlak,
- hydrostatický tlak,
- vlastní tíhu,
- smrštění,
- vliv změn teploty v průběhu ročních období.

Statický výpočet vnitřních sil definitivního ostění je proveden metodou konečných prvků na dvourozměrném modelu programem MISES 3, firmy TDV, GmbH. Výpočtem se zjišťují jednak vnitřní síly v ostění a dále předpokládané deformace ostění a změny napjatosti v hominovém masivu.

Numerický model simuluje ražbu členěného výrubu a následné vsazení definitivního ostění. Hominový masiv a primární ostění se nalézají ve stavu rovinné deformace a jsou definovány jako pružněplastický izotropní materiál podle Drucker-Pragera (kompromisní obálka plasticity) s vyloučeným tahem. Definitivní ostění je modelováno jako pružný izotropní materiál.

Nosné železobetonové konstrukce definitivního, sekundárního ostění jsou zhotoveny z betonu třídy C25/30 a z betonářské výztuže 10 505 (R).

Celý soubor statických a betonářských problémů byl postupně řešen v úzké spolupráci se stavební fakultou ČVUT v Praze a s některými členy České betonářské společnosti ČBSI. Bylo postupováno podle českých mostních a českých i evropských betonářských návrhových a prováděcích norem. Dále byly využity publikace mezinárodního betonářského svazu, především CEB/FIP Model Code 1990.

Ze statického hlediska byla především náročná teorie zatížení a statické schéma nosné konstrukce třípruhového tunelu. Vlivem kombinací zatížení dochází k deformaci tunelového ostění v horní a spodní klenbě směrem do tunelu a zároveň k roztažení jeho boků.

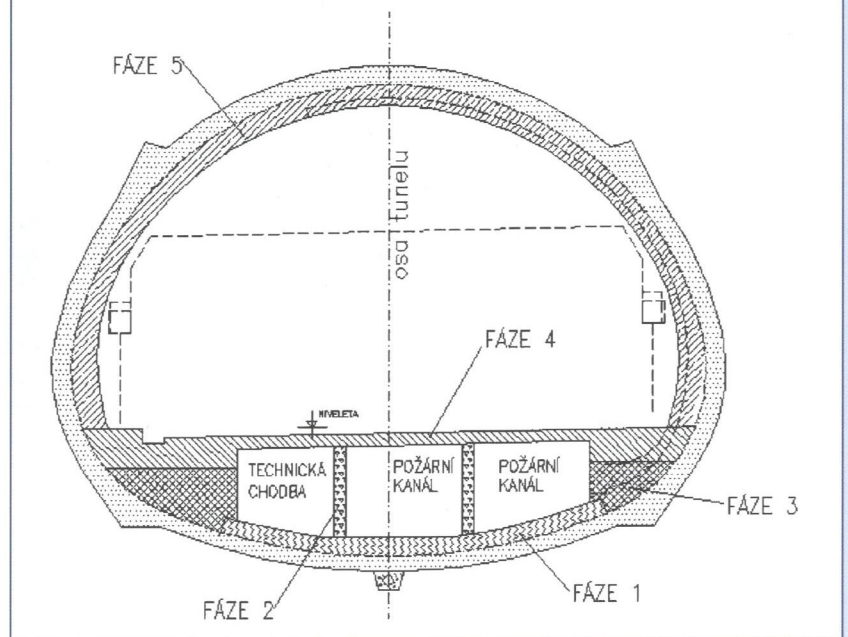
Po mnoha zkušebních alternativních výpočtech matematických modelů metodou konečných prvků byl vybrán statický model, kde je do výpočtu zahrnuta i nosná konstrukce mostovky jako táhla mezi boky sekundárního tunelového ostění. Tímto řešením se minimalizuje přetvoření (zvednutí) spodní klenby tunelu a zamezí se tak přenesení tohoto přetvoření do železobetonové mostovky pod vozovkou.

Dále následovalo řešení variant toho, jak mostovku jako táhlo navrhnout a jak zabezpečit její dokonalé zakotvení do boků sekundárního ostění. Některé teoretické možnosti narážely na nemožnost nebo obtížnost praktického provedení (předepnutí ocelovými lany, předepnutí tyčovými prvky, předepnutí betonářské výztuže i kombinace těchto prvků). Jako prakticky nejlépe proveditelná byla nakonec zvolena metoda vyztužení betonářskou výztuží s tím, že při návrhu mostovky byla do kombinace zatížení zapojena i tahová síla v mostovce a návrh a posouzení výztuže byly provedeny nejen podle kritérií mostních norem, ale musela být splněna i kritéria výpočtu na maximální šířku trhlin. Bylo navrženo účinné zakotvení betonářské výztuže do boků tunelového ostění.

#### POSTUP REALIZACE DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ V TŘÍPRUHOVÉM TUNELU

Systémově bude provedena ve 4 pracovních záběrech nejprve betonáž spodní klenby tunelové trouby včetně nosné konstrukce mostovky, stěn technické chodby, požárních kanálů a postranních betonových bloků pod vozovkou. Ve druhé etapě bude provedena betonáž horní klenby pomocí tunelového pojízdného bednění s časovým odstupem řádově měsíců, což je dáno možnostmi vnitrostaveništní dopravy ve vazbě na postupy realizace severního hloubeného úseku.

#### SCHEMA POSTUPU BETONÁŽE TŘÍPRUHOVÉHO TUNELU



Pro postupnou realizaci monolitického ostění bylo nutné posoudit vlastnosti betonových konstrukcí jednotlivých pracovních záběrů s ohledem na jejich objem betonovaný jako celek (vliv hydratačního tepla a smršťování) a zároveň na dodržení kontinuity pracovního postupu a časového harmonogramu.

V příčném řezu třípruhového tunelu je tedy navrženo 5 pracovních fází s pěti různými technologiemi výroby a zpracování betonových směsí a to tak, aby po 28 dnech tvrdnutí měl celý betonový prstenec stejné mechanické vlastnosti.

#### ZÁVĚR

V závěru roku 2000 byla dokončena ražba západního tunelu včetně podzemní trafostanice a strojovny vzduchotechniky a dále probíhalo hloubení větrací šachty na Pavím vrchu. V květnu 2001 bylo vydáno stavební povolení na východní tunel, jehož ražba byla okamžitě zahájena. Je třeba poznamenat, že řada odvolání různých občanských iniciativ, která byla nakonec všechna zamítnuta, způsobila posunutí realizace stavby o téměř tři roky. Realizace definitivních ostění na tunelu Mrázovka byla zahájena v letošním roce firmou Subterra, a.s., v jižní části tunelu na tunelové větvi A, při souběžných ražbách na východním tunelu. Realizace definitivních ostění na třípruhovém západním tunelu od severního portálu firmou Metrostav, a.s., bude dle časového plánu stavby zahájena v listopadu letošního roku.

Ing. Josef Dvořák, Ing. Vladimír Petržilka,  
Ing. František Červenka, Ing. Pavel Šourek

SATRA, spol. s r.o.

Sokolská 32, 120 00 Praha 2

tel.: 02 9633 7111

e-mail: satra@satra.cz, www.satra.cz

Obr. 4 Schéma postupu betonáže třípruhového tunelu

Fig. 4 Diagram of concreting stages in the three-lane tunnel