

## Tajemství Pražského okruhu. Tunel, který projedete za 90 sekund, stavěli 1267 dní

EXKLUZIVNĚ 20. září 2010 1:22

Je jediným čtyřpruhovým tunelem v České republice. Cholupický tunel. Stavbaři mu říkají jednoduše 513. Až pojedete novým Pražským okruhem, nemůžete ho minout. Podívejte se na unikátní fotografie z výstavby a odhalte jeho tajemství.



Cholupický tunel - Hydroizolační fólie | foto: Libor Mařík

[galerie](#)



[video](#)

[Kamera iDNES.cz při otevření Pražského okruhu](#)

V pondělí 20. září 2010 červené kříže dopravního značení na portále Cholupického tunelu vystřídala zelená a první řidiči vjeli na trasu nově otevřené části silničního okruhu kolem Prahy (SOKP). V životě tunelu tak skončila etapa projektování a výstavby a tunel začal plnit svou dopravní funkci. Řidič projede tunelem délky bezmála dva kilometry při maximální povolené rychlosti 80 km/h za 90 vteřin.

Pokud vezmeme v úvahu, že od zahájení ražby 2. dubna 2007 do zahájení provozu 20. září 2010 uplynulo přesně 1267 dnů zjistíme, že na jednu vteřinu jízdy tunelem bylo potřeba 14 dní práce. I když se jedná o netradiční ukazatel, dává první představu o pracnosti tak složité stavby, jakou tunel bezesporu je.

Pro řidiče jedoucího tunelem se brzy stanou jediným centrem pozornosti brzdová světla před ním jedoucího automobilu a jen těžko si bude

### PROČ CHOLUPICKÝ TUNEL?

aneb stavba 513

Poloha hlavního města Prahy v rámci České

všímat všech technických vymožeností, kterými je moderní tunel vybaven. Ještě mnohem větší část vybavení je skryta za betonovým ostěním tunelu nebo pod chodníky a vozovkou. V paměti projektantů a stavbařů je pak ukryto spousta zajímavostí z historie provádění, které budou postupně přemazány při ražbě dalšího tunelu. Šanci na přežití mají jen nejsilnější zážitky, spojené zpravidla s řešením svízelných situací. Následující text nám pomůže odhalit některá tajemství a technická kouzla, která je nutno zvládnout, aby se myšlenky uvedené v projektu staly realitou. Díky proměnlivosti geologického prostředí je každý tunel originálem a ani v případě Cholupického tunelu tomu nebylo jinak.

## **TAJEMSTVÍ PRVNÍ - tunely hloubené, ražené a ražené zevnitř**

Prvním tajemstvím, které při jízdě tunelem neodkryjete, je jeho rozdělení tunelu na hloubené a ražené úseky. Bezpečná ražba tunelu může být zahájena až v případě, kdy nadloží tunelu a geologické poměry minimalizují riziko propadu nadloží. Zatímco ve směru od Cholupic dosahuje délka hloubených úseků jen něco málo přes 80 m, v oblasti Komořan je situace podstatně složitější a hloubený úsek přesahuje 170 metrů.

Geologická minulost připravila stavbařům unikátní překvapení v podobě vrstvy písku hluboké přes 30 m. I když mnozí v dětství zkoušeli s úspěchem stavět tunely právě v tomto materiálu, pro ražbu dopravního tunelu se nejedná o ideální prostředí. Rozhraní mezi vrstvou usazeného písku a strmým prapůvodním břehem Vltavy pomohla určit průzkumná štola, která byla v předstihu vyražena v celé délce třípruhového tunelu a stropem se dotýkala stropu třípruhového tunelu. Že se nejednalo o štolu rozměrů známých z návštěvy našich historických měst je zřejmé z následujícího obrázku.

republiky i Evropy a topologie silniční sítě na území města daná historickým vývojem dává předpoklad k enormnímu zatížení stávajících komunikací. Již v dnešní době zažívají Pražané i návštěvníci z jiných měst dopravní situace blížící se kolapsu.

Prognózy ukazují další nárůst jak osobní, tak zejména tranzitní kamionové dopravy. Myšlenka Silničního okruhu kolem Prahy (SOKP) vychází z představy dopravního odlehčení vnitřních partií města nabídkou alternativních kapacitních objízdných tras.

Celý okruh je rozdělen do 11 staveb označených čísly 510 až 520. K propojení dálnice D1 s dálnicí D5 bylo nutno zprovoznit hned tři úseky, a to stavby 512 až 514. Cholupický tunel představuje významnou část stavby 513 a vzhledem k reliéfu terénu umožňuje bezbolestně překonat prudké stoupání od Vltavy na Točnou, aniž by došlo k devastaci území využívaného mnoha Pražany k procházkám.

Právě otevíraná část silničního okruhu kolem Prahy zajišťuje nejen funkční spojení pro tranzitní dopravu a odlehčení vnitřních částí města od dopravního kolapsu. Na trase se nachází celá řada unikátních inženýrských objektů, které si zaslouží pozornost odborné i laické veřejnosti



Průzkumná štola v kalotě třípruhového tunelu

Plocha výrubu štoly soudkovitého tvaru o výšce 5,5 metru a šířce 4,5 metru dosahuje 25 m<sup>2</sup> a umožňuje dopravu rubaniny pomocí nákladních automobilů.

### Hrozící zpoždění si vyžádalo neobvyklou metodu ...

Každé zahájení stavby provázejí dětské nemoci a nejinak tomu bylo i v případě tunelu. Administrativní i technické komplikace při zahájení hloubení komořanské stavební jámy hrozily zdržením termínu pro zahájení ražby, což by mělo katastrofické následky z hlediska uvedení tunelu do provozu. Proto se projektant rozhodl po dohodě se zhotovitelem a investorem k neobvyklému stavebnímu postupu a ražba tunelu byla zahájena zevnitř.

Neobvyklý postup umožnila právě průzkumná štola a následující obrázek dokumentuje historický okamžik, kdy 2. dubna 2007 bouráním ostění průzkumné štoly začala ražba třípruhového tunelu.



Cholupický tunel - Zahájení ražby

Rozšíření profilu průzkumné štoly do velikosti cca 1/3 třípruhového

### Největší stavební jáma ve střední Evropě ...

tunelu, kterému tuneláři říkají kalota, zaručuje bezproblémový pohyb mechanismů používaných při ražbě i odvětrání podzemního pracoviště. Díky tomuto opatření mohlo hloubení stavební jámy běžet paralelně s ražbou a časově ani prostorově se obě činnosti neomezovaly. I stavební jáma má svůj primát. Je to největší stavební jáma ve střední Evropě, která je v celém svém rozsahu hloubena v písku. A rozměry jámy jsou úctyhodné: šířka 50 metrů, délka přes 170 metrů a na rozhraní hloubeného a raženého úseku tunelu dosahuje hloubky až 30 metrů.

Masivní zajištění stavební jámy pomocí velkopřůměrových pilot a záporového pažení ukazuje následující obrázek.



Cholupický tunel - Zajištění stavební jámy Komořany

Délka kotev zajišťujících podzemní stěny dosahovala až 20 metrů. Paralelně probíhaly práce na hloubení a ražení až do doby, kdy úroveň dna stavební jámy sestoupila na úroveň vrcholu průzkumné štoly a z písku se začaly vynořovat ocelové pažiny.

V tu chvíli se naskytl účastníkům výstavby naprosto ojedinělý, spíše učebnicový pohled na ostění průzkumné štoly, které mohli spatřit z druhé strany.



Cholupický tunel - Obnažené ostění průzkumné štolky

Následně bylo nutné práce ve štolce na krátkou dobu přerušit a ostění štolky demontovat, aby bylo možné do tunelu zajíždět ze stavební jámy, jak je vidět na následujícím obrázku.



Cholupický tunel - Pohled z ubourané průzkumné štolky na portálovou stěnu

Ve stavební jámě byl postaven kromě třípruhového tunelu navazujícího na ražený dvoupruhový tunel i zatím nejširší čtyřpruhový tunel, který navazuje na ražený třípruhový tunel. Rozšíření obou tunelů je nutné z důvodu těsného napojení na budoucí křižovatku v oblasti Komořan.

## TAJEMSTVÍ DRUHÉ – proč ten tunel nepadne

Ražba tunelů probíhala bez větších problémů pomocí nové rakouské tunelovací metody. Využívá se při ní horninového masivu v okolí výrubu jako stavebního materiálu a po jeho vyztužení pomocí kotev tvoří společně s primárním ostěním ze stříkaného betonu nosný systém.

### Tam, kde dřív byla

Metoda díky zapojení nosné funkce horniny umožňuje používat podstatně subtilnějších konstrukcí, než jsme byli zvyklí vídat u tunelů prováděných

našimi předky. Místo kleneb o tloušťkách přesahujících jeden metr se nyní setkáváme s primárním ostěním tloušťky 20 až 30 centimetrů. I největší profil tunelu o ploše výrubu 165 m<sup>2</sup> zajišťovalo primární ostění tloušťky jen 30 centimetrů. Je to profil třípruhového tunelu se spodní klenbou, který je použit na prvních 12 metrech u portálu Komořany.

Dále se již geologické poměry zlepšily natolik, že k zajištění stability výrubu postačoval profil tunelu bez spodní klenby. V případě třípruhového tunelu to byl profil s plochou výrubu 138 m<sup>2</sup>, u dvopruhového tunelu s plochou 107 m<sup>2</sup>.

Velikost největšího profilu tunelu v poměru k postavě člověka je vidět na následujícím obrázku.



Cholupický tunel - Největší profil raženého tunelu

I tento pohled je však již také nenávratně pohřben pod 15 metry horniny a zakryt vestavěnými konstrukcemi ostění, vozovky, chodníků a dalšího vybavení tunelu.

Ražbu tak velkých profilů nelze provádět najednou, ale je rozčleněna do několika etází. Nejprve je předražena kalota tunelu o ploše výrubu cca 60 m<sup>2</sup> a výšce profilu 6 metrů. Je to nejkritičtější etapa ražby, kdy je nutno postupovat velmi obezřetně, sledovat geologické poměry na čelbě tunelu, a to nejen vizuálním sledováním přítoků vody nebo rozpukání horniny, ale i doprovodným měřením deformace primárního ostění.

Ražení probíhalo po záběrech délky jeden až 2,5 metru a právě délka záběru, tloušťka stříkaného betonu a délka výztužných kotev hrála zásadní roli pro dosažení bezpečného postupu prací. Geologické poměry na čelbě se měnily záběr od záběru a svědčily o pestré geologické minulosti horninového masivu. Přesto ražba probíhala bez větších komplikací a největší nebezpečí představovaly nepříznivě ukloněné pukliny, které způsobovaly vyjždění bloků horniny z čelby, jak ukazují následující obrázky.

## TUNEL SKRYJE VŠE

### co liniová stavba napáchá

Tunel je ekologickou stavbou a zaceluje jizvu v krajině, kterou liniová stavba nutně vytváří. I proto je na něm nejkrásnější, když není vidět. Hloubené tunely jsou po zasypaní rekultivovány a do krajiny citlivě zasazené portály tiše pohlcují proudy vozidel.



Cholupický tunel - Vypadávání skalních bloků z čelby tunelu

S odstupem min. 60 metrů od ražby kaloty následuje dobírání jádra tunelu. Aby bylo možné obě ražby provádět současně, je jádro raženo na dvě poloviny, přičemž v jedné probíhá ražba a ve druhé je vytvořena nájezdová rampa do kaloty.

Výška jádra dosahuje 4 metrů a délka záběru bývá dvojnásobná, než v kalotě. I v tomto případě hraje zásadní roli rychlost nástřiku betonu a především kotvení, aby si hora nestačila "vydechnout" a deformovat se směrem do otevřeného výrubu. V místě zhoršených geologických podmínek se provádí uzavření profilu tunelu spodní klenbou. Tak vznikne tuhý nosný prstenec, který je schopen vzdorovat horninovému tlaku.

## TAJEMSTVÍ TŘETÍ – co je za definitivním ostěním?

Primární ostění řidič při jízdě tunelem nikdy nespátří. Slouží jako dočasné zajištění stability tunelu před provedením hydroizolací a definitivního ostění, které už při jízdě tunelem vidíme.

### Největším nepřítelem tunelu je voda ...

Po vyražení tunelu a provedení primárního ostění v celé délce vystřídali raziče izolatěři. Již naši dědové říkali, že největším nepřítelem tunelu je voda. I když při ražbě vytékalo z obou tunelových trub něco mezi 1l/s až 2 l/s, je nutné tunel proti podzemní vodě chránit. K tomu slouží v případě tunelů Cholupice hydroizolační fólie z vysokohustotního polyetylenu o

tloušťce 2,5 milimetru - viz následující fotografie.



Cholupický tunel - Hydroizolační fólie



Aby nedošlo k porušení fólie, nastřikává se na primární ostění tenká vrstva jemnozrnného torkretu a na ni se speciálními terči nastřeluje

### Deštníkový systém ...

geotextilie. Terče slouží k následnému natavení hydroizolační fólie. Tomuto systému odvodnění se říká deštníkový systém. Voda volně stéká po fólii do oblasti patek klenby k bočním drenážím o průměru 200 milimetrů, které vodu odvádí směrem k portálu Komořany, jak je vidět na

následujícím snímku.



Cholupický tunel - Potrubí boční tunelové drenáže

Drenáže umístěné za definitivním ostěním jsou z tunelu nepřístupné a jejich úhlavním nepřítelem jsou jemné částice vyplavované ze stříkaného betonu a z horniny za ostěním. Proto jsou po 60 metrech v malých výklencích situované šachty na čištění drenáže, kterých si může pozorný řidič všimnout na bocích tunelu. Vidíte je i na další fotografii.



Cholupický tunel - Výklenek se šachtou na čištění drenáže

Kromě bočních drenáží jsou pod vozovkou umístěny střední drenáže, které se starají o odvodnění podkladních vrstev vozovky. Tunel je ražen v jílovitých břidlicích citlivých na přítomnost vody a její nekontrolované proudění pod vozovkou by mohlo způsobit při provozování tunelu řadu komplikací a v nejhorším případě i poškození vozovky.

### Korálky navlečené na ose tunelu ...

Po instalaci hydroizolační fólie nastupují betonáři a začíná montáž samonosné výztuže, instalace chrániček na kabely a vlastní betonáž definitivního ostění. Definitivní ostění se betonuje do pojízdného

ocelového bednění po sekcích délky 12 metrů. Ostění tunelu si tak můžeme představit jako 12metrové korálky navlečené na ose tunelu.

Samotné bednění tvoří ocelový most s tuhým pláštěm, na kterém jsou osazeny vibrátory, rozdělovací pumpa na čerpání betonu a v plášti bednění jsou umístěna zavíratelná okna, kterými se bednění postupně plní betonovou směsí. Tloušťka definitivního ostění dosahuje i v největších profilech jen 40 centimetrů.

Jedním z takových profilů je místo křížení nouzového zálivu v dvoupruhovém tunelu s průjezdnou tunelovou propojkou, které vidíte na snímku. Fotografie ukazuje místo křížení v době montáže výztuže ostění.



Cholupický tunel - Křížení zálivu a průjezdné propojky

Postup prací je nejlépe pochopitelný z následujících obrázků.



Cholupický tunel - Ocelový most bednicího vozu



Cholupický tunel - Samonosná výztuž definitivního ostění

Tunel už dávno není jen "díra v zemi", jak prozaicky nazval důl český myslitel Cimrman. Proto je ostění prokáno celou řadou chrániček vedoucích kabely z kabelovodů umístěných pod chodníky k zařízení namontovanému na líci ostění. Jsou to proudové ventilátory, kamery, osvětlení, reproduktory atd. Beton ostění chrání kabely před silně agresivním ovzduším v tunelu.

## TAJEMSTVÍ ČTVRTÉ – Co skrývá mříž v třípruhovém tunelu

V horní třetině třípruhového tunelu zeje po levé straně ve směru jízdy za tunelovou propojkou č. 4 v ostění tunelu velký otvor zakrytý ocelovou žaluzí.

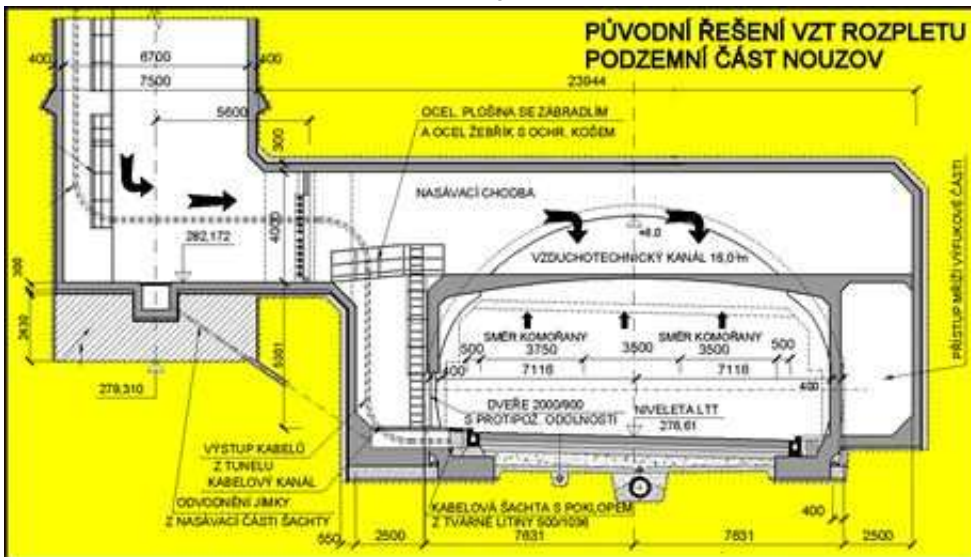
Je to vyústění vzduchotechnické štol, která v případě potřeby přivádí do tunelové trouby čerstvý vzduch. Zároveň je otvory nad dveřmi propojky z obou tunelových trub odváděn znečištěný vzduch do vzduchotechnické šachty s hloubkou 30 metrů, která na povrchu zaústíje do nadzemního vzduchotechnického objektu v lokalitě Nouzov - viz následující snímek.



Cholupický tunel - Vzduchotechnický objekt Nouzov

Cílem navržených opatření je snížení koncentrací škodlivin v oblasti východního portálu obráceného směrem k Cholupicům. Objekt doznal v průběhu zpracování realizační dokumentace značných zjednodušení, která vedla jak ke snížení rizika v době ražby, tak k podstatnému zjednodušení výstavby.

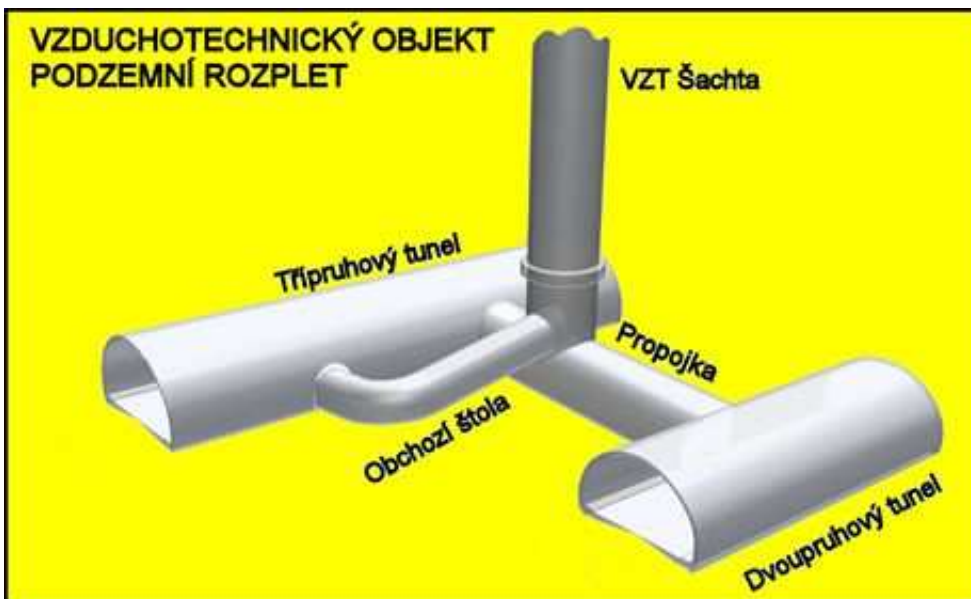
Původně byl podzemní vzduchotechnický komplex tvořen složitým systémem šachet a štol a jak ukazuje následující obrázek. Navržené řešení ovlivňovalo významně v místě napojení i tvar obou tunelů.



Cholupický tunel - Původní návrh podzemního rozpletu

Na návrh projektantů z firmy IKP Consulting Engineers, kteří jsou autory realizačního projektu celého tunelu, se složitý podzemní uzel zjednodušil na dělenou větrací šachtu a na ni navazující již zmíněnou obchozí štolu ústící do třípruhového tunelu.

Názornou představu o nově navrženém podzemním rozpletu poskytuje trojrozměrná vizualizace na obrázku.



Cholupický tunel - Realizovaný rozplet po zjednodušení

I když se neustále vedou diskuse o tom, zda bude vůbec někdy vzduchotechnický objekt za desítky milionů spuštěn, jeho výstavba byla podmínkou pro uvedení tunelu do provozu. Lze totiž předpokládat, že vývoj motorů povede spíše ke snižování emisí a při projektované životnosti tunelu 100 let je vůbec otázkou, jakým směrem se pohon našich automobilů vydá.

## Bezpečnost provozu zajištěna. Stejně ale raději nebourejte

Nikde na dálnici nejste při jízdě tak sledováni, jako právě při jízdě v tunelu a před jeho portály. Vaše vozidlo je neustále pod přísným dohledem kamer zapojených jednak do dispečinku policie a jednak do dispečinku řízení dopravy.

Můžete si být jisti, že budete zaznamenáni jak při překročení povolené rychlosti, tak při jakémkoli

zastavení v tunelu. Kromě sledování kamerami vyhodnocují situaci v tunelu čidla elektrické požární signalizace nebo lineární indikátor teploty zavěšený pod stropem tunelu.

O dobrou pohodu řidiče se stará akomodační osvětlení, které reaguje na světelné podmínky před tunelem a intenzitu osvětlení reguluje tak, aby řidič nebyl při vjezdu nebo výjezdu oslněn.

Pod chodníkem je umístěn trvale natlakovaný požární vodovod, který zásobuje vodou požární hydranty umístěné na bocích tunelu po 125 metrech. Jeden takový vidíte na následujícím snímku.



Cholupický tunel - Potrubí požárního vodovodu s odbočkou k hydrantu

Fluorescenční značky na bocích tunelu ukazují nejkratší vzdálenost k tunelovým propojkám, které představují bezpečnou únikovou cestu do požárem nezasažené druhé tunelové trouby. V případě poruchy může řidič přivolat pomoc z SOS kabiny, která je umístěna vždy proti vchodu do tunelové propojky a v polovině vzdálenosti mezi propojkami. Těch je v tunelu osm a jejich vzájemná vzdálenost nepřekračuje 250 metrů.

### **Kabina SOS neslouží jako úkryt před požárem ...**

V žádném případě však SOS kabinu nepoužívejte jako úkryt před požárem. Tento omyl už bohužel stál v zahraničních tunelech několik lidských životů. Bezpečnost tunelu je z větší části v rukou účastníků silničního provozu. I přes všechna bezpečnostní opatření není při bezohledné jízdě v tunelu havárie vyloučena.

K tragickým pak patří havárie s následkem požáru. Nechvalně známé požáry v tunelu Tauern v Rakousku, nebo v tunelu pod pohořím Mont Blanc mezi Francií a Itálií dokonce vedly ke zpřísnění požadavků na bezpečnostní vybavení tunelů na transevropské silniční síti.

### **Horší než oheň jsou jeho zplodiny ... jakmile klesnou k vozovce, je konec ...**

Méně známou skutečností je, že největším nebezpečím v případě požáru není oheň, ale zplodiny hoření, které se velmi rychle šíří.

Dokud se kouř drží pod stropem tunelu, lze ještě uniknout do tunelové propojky a zachránit si tak život. Jakmile vyplní celý profil tunelu, šance na záchranu rychle klesá. Proto zde platí jednoduché pravidlo "kdo uteče,

přežije".

V případě požáru zastavte vozidlo, vypněte motor a co nejrychleji a bez paniky přejděte nejbližší tunelovou propojkou do druhé tunelové trouby. I v tomto případě se již bohužel stalo vracení se pro doklady nebo elektroniku zapomenutou v autě osudným mnoha lidem. Nejde sice o vteřiny, ale minuty již hrají při požáru v šanci o přežití zásadní roli.



Tunel Cholupice je nejmoderněji vybaveným tunelem v České republice a s přehledem splňuje evropské bezpečnostní standardy. Na jeho projektování i výstavbě se podílely desítky špičkových odborníků. Jezděte pozorně, bezpečně a občas si vzpomeňte, jaká tajemství jsou za tunelovým ostěním ukryta.

Ing. Libor Mařík, IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.