

TUNEL HOMOLE HOMOLE TUNNEL

ANDREJ KORBA, BORIS ČILLIK

ABSTRAKT

Tento článok informuje o základných technických a zmluvných podmienkach výstavby tunela Homole, ktorý je budovaný v nepriaznivých geologických podmienkach a s použitím zmluvných podmienok Smaragdovej knihy FIDIC. Keďže v čase prípravy článku raziace práce a samotná výstavba ešte nie sú ukončené, nebolo možné poskytnúť podrobnejšie informácie, ktoré sú predmetom riešenia hlavne vo vzťahu k zmluvným podmienkam medzi Investorom a Zhotoviteľom. Po ukončení výstavby, uzavretí všetkých zmluvných podmienok a odovzdaní tunela do používania bude možné presnejšie vyhodnotiť prvé použitie Smaragdovej knihy FIDIC pri výstavbe tunela v ČR.

ABSTRACT

This article provides information on the basic technical and contractual conditions for the construction of the Homole Tunnel, which is being built under unfavorable geological conditions and using the contractual terms of the FIDIC Emerald Book. Since the excavation work and the construction itself were not yet completed at the time of writing, it was not possible to provide more detailed information, which is mainly related to the contractual conditions between the Investor and the Contractor. After the completion of construction, the closure of all contractual matters, and the commissioning of the tunnel, it will be possible to more accurately evaluate the first use of the FIDIC Emerald Book in tunnel construction in the Czech Republic.

ÚVOD

Diaľnica D35 je súčasťou diaľničnej a cestnej siete Českej republiky. V rámci tejto siete plní D35 funkciu takzvanej druhej severnej spojnice medzi Čechami a Moravou, ktorá je paralelná s diaľnicou D1 a umožňuje prerozdelenie dopravy a prevzatie časti dopravy z diaľnice D1, v úseku medzi Olomoucom a Hradcom Králové. D35 je dôležitá aj pre zabezpečenie regionálnych vzťahov v Severných Čechách a na Morave a vo vzťahu k diaľnici D1 Lipník nad Bečvou – Ostrava – štátna hranica ČR/Poľsko a D11 Praha – Hradec Králové – štátna hranica ČR/Poľsko ako spojnice medzinárodného významu.

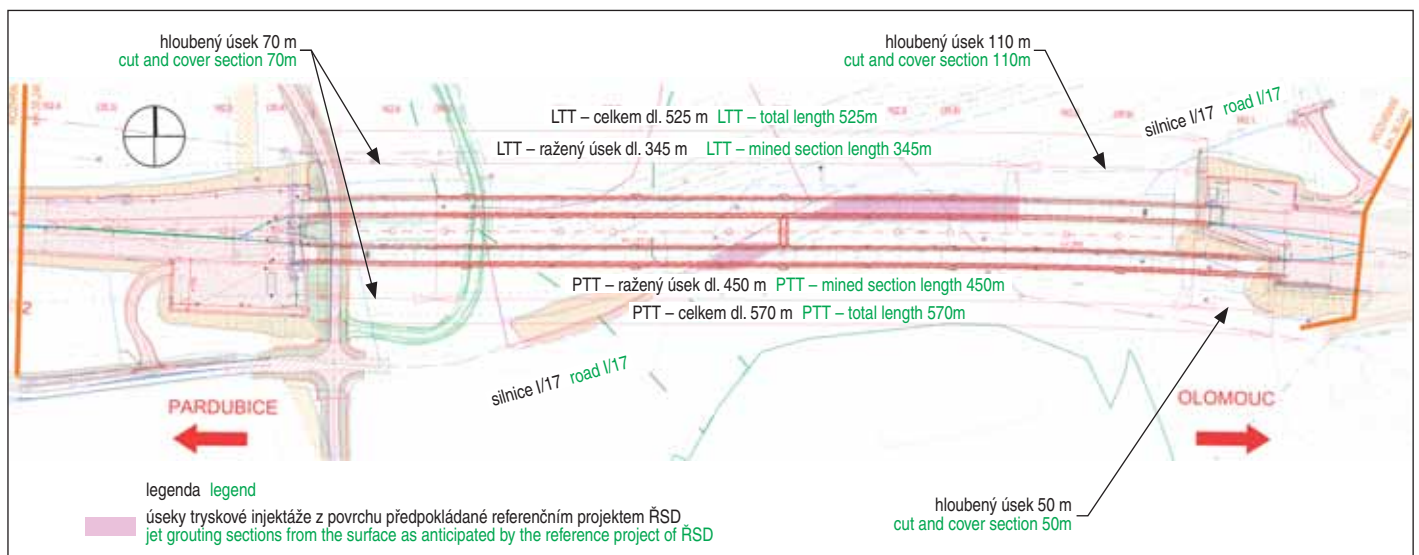
Výstavba tunela Homole je súčasťou budúceho 7 km úseku diaľnice „D35 Ostrov – Vysoké Mýto“. Jeho výstavba sa vzhľadom na technickú náročnosť realizuje samostatne. Tunel zabezpečí prepojenie oboch častí diaľničného úseku do jedného plne funkčného celku.

Tunel sa nachádza severovýchodne od obce Vraclav, kde diaľnica D35 prechádza pod hrebeňom Vraclavi s vrchom Homole. Diaľnica

INTRODUCTION

The D35 motorway is part of the highway and road network of the Czech Republic. Within this network, the D35 serves as the so-called second northern connection between Bohemia and Moravia, running parallel to the D1 motorway and enabling traffic redistribution and the transfer of part of the traffic from the D1, specifically in the section between Olomouc and Hradec Králové. The D35 is also important for ensuring regional connectivity in Northern Bohemia and Moravia, and in relation to the D1 motorway (Lipník nad Bečvou – Ostrava – Czech/Polish border) and the D11 motorway (Prague – Hradec Králové – Czech/Polish border), forming a link of international significance.

The construction of the Homole Tunnel is part of the future 7km section of the motorway “D35 Ostrov – Vysoké Mýto.” Due to its technical complexity, the tunnel is being constructed as a separate project. It will connect both parts of the motorway section into one fully functional unit.



Obr. 1 Situácia stavby

Fig. 1 Construction site layout

je navrhnutá v kategórii R 25,5/120 s rozšírením stredného deliaceho pruhu z 3,0 m na 3,5 m.

Objednávateľom stavby je Ředitelství silnic a dálnic s. p., (ŘSD), zhotoviteľom je združenie „Společnost pro realizaci D35 Ostrov – Vysoké Mýto, tunel Homole“ – EUROVIA CZ a.s.; Marti a.s.; EUROVIA SK, a.s., projektantom tunela je Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., projektantom razenej časti je spoločnosť AMBERG Engineering Brno, a.s. Razenie tunela realizuje spoločnosť Marti a.s.

Tunel pozostáva z dvoch jednosmerných tunelových rúr s dĺžkou ľavej tunelovej rúry 525 m (z toho hĺbená časť 180 m a razená časť 345 m) a pravej tunelovej rúry 569 m (z toho hĺbená časť 120 m a razená časť 449 m) (obr. 1). Vráťane tunelových úsekov je celková dĺžka stavby 795 m. Oba tunely budú spojené jedným priečnym prepojením s dĺžkou 17,5 m. Výška nadložia v razenom úseku tunela sa pohybuje od 8,5 do 24 m nad ľavým tunelom a od 7 do 19 m nad pravým tunelom. Razenie tunela je navrhnuté metódou NRTM so strojným rozpojovaním. Projekt razenej časti tunela je realizovaný podľa zmluvných podmienok s použitím Žltej knihy FIDIC s vybranými prvkami zo Smaragdovej knihy.

ZMLUVNÉ PODMIENKY REALIZÁCIE TUNELA

Vzhľadom na geologickú náročnosť v mieste budovaného diela sa objednávateľ stavby ŘSD rozhodol pre výstavbu v režime Design & Build, tj. naprojektuj a postav, kde všeobecné zmluvné podmienky tvorí Žltá kniha FIDIC, osobitné zmluvné podmienky sú Osobitné podmienky ŘSD k Žltej knihe rozšírené o ustanovenia týkajúce sa špecifik a rizík podzemných prác, vrátane rizík základovej pôdy, prevzaté zo Smaragdovej knihy FIDIC. Vybrané časti výstavby tunela (výkop stavebných jám, razenie tunela atď.) sa realizujú na základe konkrétneho režimu merania výkonu, zatiaľ čo ostatné časti (komunikácie, technológia atď.) sú definované paušálnou cenou.

Takýto režim sa v Českej republike využíva pri podzemných stavbách vôbec po prvýkrát!

Metóda Design-Build v zásade znamená, že Dielo je Objednávateľom špecifikované menej podrobne (najmä pokiaľ ide o spôsob jeho vykonania), je opísané najmä z hľadiska požiadaviek na účel, funkciu alebo výkon. Podrobnú špecifikáciu Diela vypracuje (navrhne) Zhotoviteľ. Objednávateľ tak vytvára priestor pre inenciu, schopnosti a preukázanie relevantných skúseností Zhotoviteľa. V záujme čo najlepšieho využitia tejto možnosti sa od Zhotoviteľa očakáva aktívna účasť. Len tak bude Zhotoviteľ schopný nájsť najefektívnejší spôsob realizácie Diela.

Hlavným účelom Požiadaviek Objednávateľa vo vzťahu k Dielu je opísať:

- základné (ale dostatočne špecifikované) účelové, funkčné či výkonové požiadavky na Dielo,
- stavenisko tak, aby umožnili Zhotoviteľovi pripraviť Návrh Zhotoviteľa,
- ďalšie požiadavky, ktoré s Návrhom Zhotoviteľa alebo prácami na Dielu priamo alebo nepriamo súvisia.

Zhotoviteľ na základe Požiadaviek Objednávateľa vypracuje ponuku, návrh Zhotoviteľa a následne Dielo naprojektuje, zrealizuje a bude prevádzkovať v režime predčasného užívania po dobu jedného roka.

Hlavné požiadavky pre návrh alternatívneho riešenia ŘSD stanovilo nasledovne:

- zmena technického riešenia resp. projektu, ktorá by viedla k nesplneniu podmienok stanoviska „EIA“, alebo by bola v rozpore s územným rozhodnutím, nie je prípustná (napr. zmena polohy dočasných portálov, rozsahu razených a hĺbených tunelov apod.);

The tunnel is located northeast of the village of Vraclav, where the D35 motorway passes beneath the Vraclav ridge with the Homole peak. The motorway is designed in category R 25.5/120, with the central dividing strip widened from 3.0m to 3.5m.

The client for the project is Ředitelství silnic a dálnic s. p. (ŘSD), and the contractor is the Joint Venture “Společnost pro realizaci D35 Ostrov – Vysoké Mýto, tunel Homole” – EUROVIA CZ a.s.; Marti a.s.; EUROVIA SK, a.s. The tunnel designer is Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., and the designer of the mined section is AMBERG Engineering Brno, a.s. The excavation of the tunnel is being carried out by Marti a.s.

The tunnel consists of two one-way tubes, with the left tunnel tube measuring 525m (including 180m cut-and-cover and 345m mined section), and the right tunnel tube measuring 569m (including 120m cut-and-cover and 449m mined section) (see Fig. 1). Including the tunnel sections, the total length of the construction is 795m. The two tunnels will be connected by a single cross passage with a length of 17.5m. The overburden in the mined section ranges from 8.5 to 24m above the left tunnel and from 7 to 19m above the right tunnel. The tunnel excavation is designed using the NATM method with mechanical disintegration of rock. The design of the mined section is carried out under contractual conditions using the FIDIC Yellow Book with selected elements from the FIDIC Emerald Book.

CONTRACTUAL CONDITIONS FOR TUNNEL CONSTRUCTION

Due to the geological complexity at the site of the structure, the client ŘSD decided to implement the project under the Design & Build regime, where the general contractual conditions are based on the FIDIC Yellow Book, and the special conditions are the ŘSD Special Conditions to the Yellow Book, extended with provisions addressing the specifics and risks of underground works, including subsoil risks, adopted from the FIDIC Emerald Book. Selected parts of the tunnel construction (e.g., excavation of construction pits, tunnel excavation, etc.) are carried out under a specific performance measurement regime, while other parts (e.g., roadways, technology, etc.) are defined by a lump-sum price.

This regime is being used for underground construction in the Czech Republic for the very first time!

The Design-Build method essentially means that the Work is specified by the Client in less detail (especially regarding the method of execution), and is described mainly in terms of its purpose, function, or performance requirements. The detailed specification of the Work is prepared (designed) by the Contractor. This gives the Contractor space for innovation, expertise, and demonstration of relevant experience. To make the most of this opportunity, active participation from the Contractor is expected. Only then will the Contractor be able to find the most efficient way to carry out the Work.

The main purpose of the Client's Requirements in relation to the Work is to describe:

- the basic (but sufficiently specified) purpose, functional, or performance requirements for the Work;
- the construction site in a way that enables the Contractor to prepare the Contractor's Proposal;
- other requirements directly or indirectly related to the Contractor's Proposal or the execution of the Work.

Based on the Client's Requirements, the Contractor prepares a bid, the Contractor's Proposal, and subsequently designs, constructs, and operates the Work under early use conditions for a period of one year.

ŘSD has defined the main requirements for the design of alternative solutions as follows:

- zmena smerového a výškového vedenia tunela a prilahlých povrchových úsekov diaľnice nie je prípustná;
- zmena kategórie tunela (T-8.0) nie je povolená:
 - vodiace pruhy 2 x 0,50 m;
 - jazdné pruhy 2 x 3,50 m;
 - svetlá výška tunela 4,8 m.

Zmluvné podmienky Samargdovej knihy FIDIC týkajúce sa špecifik a rizík podzemných prác tvoria nasledovné dokumenty:

- GDR – Geotechnical Data Report – súbor informácií zo všetkých fáz geologického prieskumu;
- GBR – Geotechnical Baseline Report – zmluvný technický dokument opisujúci podmienky základovej pôdy, s ktorými sa možno stretnúť počas vykonávania prác, GBR obsahuje popisy, údaje, informácie a varovania týkajúce sa očakávaných geotechnických podmienok a správania sa základovej pôdy a je jediným interpretačným dokumentom;
- smerné plány – predstavujú prehľad času stráveného dielčimi činnosťami počas realizácie predmetu Diela ako napr. denný výkon (postup razieb) v jednotlivých výrubových triedach a pod.;
- harmonogram dokončenia – predstavuje zoznam mílnikov vybraných Objednávateľom na realizáciu predmetu diela, ktoré Zhotoviteľ dokončil.

GBR nastavuje 7 kľúčových kritérií k_1 až k_7 pre všetky očakávané technologické triedy (TT). Tie boli stanovené od TT3 až po TT5b. Každé kritérium má svoj rozsah a prekročenie tohto rozsahu mimo predpokladané hodnoty vedie k potrebe implementovať určité opatrenia a umožňuje to považovať túto prácu za dodatočnú prácu v rámci zmluvy.

Ako príklad zo samotného razenia tunela je možné uviesť prekročenie kritéria k_1 (hodnotenie QTS), kde sa hodnoty pre toto kritérium pre všetky TT pohybovali od 32 do 64 bodov. V skutočnosti sa v niektorých úsekoch razby vyhodnotilo toto kritérium na viac ako 64 bodov (najvyššia stanovená hodnota bola 66 bodov). Zároveň sa v tých istých úsekoch vyhodnotilo aj kritérium k_6 (spôsob rozpojovania) na rozpojovanie pomocou trhačích prác. Oproti tomu sa v rámci stanoveného GBR predpokladalo len strojné rozpojovanie.

Tieto skutočnosti viedli k výskytu novej technologickej triedy TT2, ktorá je považovaná v zmysle zmluvných podmienok za navyše prácu a teda nárok.

- any change to the technical solution or design that would result in non-compliance with the “EIA” statement or conflict with the “Land Use Decision” is not permitted (e.g., changes in the location of temporary portals, extent of mined and cut-and-cover tunnel sections, etc.);
- changes to the horizontal and vertical alignment of the tunnel and adjacent surface sections of the motorway are not permitted;
- changes to the tunnel category (T-8.0) are not allowed:
 - guiding lanes: 2 x 0.50m;
 - driving lanes: 2 x 3.50m;
 - tunnel clearance height: 4.8m.

The contractual framework from the FIDIC Emerald Book addressing the specifics and risks of underground construction consists of the following documents:

- GDR – Geotechnical Data Report: A compilation of information from all phases of the geological investigation.
- GBR – Geotechnical Baseline Report: A contractual technical document describing the subsoil conditions that may be encountered during the execution of the works. The GBR includes descriptions, data, information, and warnings regarding expected geotechnical conditions and subsoil behavior, and serves as the sole interpretative document.
- Guidance Schedules: These provide an overview of time spent on partial activities during the execution of the Work, such as daily performance (excavation progress) in individual excavation classes, etc.
- Completion Schedule: A list of milestones selected by the Client for the execution of the Work, which the Contractor has completed.

The GBR sets out seven key criteria (k_1 to k_7) for all expected Technological Classes (TT), defined from TT3 to TT5b. Each criterion has a defined range, and exceeding this range beyond the expected values requires the implementation of specific measures and allows the work to be considered additional work under the contract.

An example from the tunnel excavation itself is the exceeding of criterion k_1 (QTS assessment), where the expected values for all TT ranged from 32 to 64 points. In reality, in some excavation sections, this criterion was assessed at more than 64 points (the highest recorded value was 66 points). At the same time, in those same sections, criterion k_6 (excavation method) was assessed as requiring

Tab. 1 Kritéria GBR

Kritérium	Popis
	počet bodov podľa klasifikácie QTS (Tesař O., 1990)
k_1	klasifikačný parameter A – pevnosť úlomkov horniny v prostom tlaku σ_d klasifikačný parameter B – priemerná rozteč diskontinuit klasifikačný parameter C – hĺbka skúmanej horniny pod bázou pokryvných útvarov D redukčný parameter α – orientácie diskontinuit voči ose podzemného diela redukčný parameter β – drsnosť, tvar a výplň diskontinuit redukčný parameter γ – prítoky podzemnej vody do diela redukčný parameter δ – hydrostatický tlak podzemnej vody
k_2	geotypy
k_3	sklon vrstiev
k_4	tektonická porucha
k_5	tvorba nadvýrubov
k_6	spôsob rozpojovania
k_7	deformácie primárneho ostenia

Table 1 GBR Criteria

Criterion	Description
	number of points according to QTS classification (Tesař O., 1990)
k_1	classification parameter A – compressive strength of rock fragments σ_d classification parameter B – average spacing of discontinuities classification parameter C – depth of investigated rock below the base of overburden formations reduction parameter α – orientation of discontinuities relative to the axis of the underground structure reduction parameter β – roughness, shape, and infill of discontinuities reduction parameter γ – groundwater inflows into the structure reduction parameter δ – hydrostatic pressure of groundwater
k_2	geotypes
k_3	layer inclination
k_4	tectonic fault
k_5	overbreak formation
k_6	excavation method
k_7	deformations of primary lining

Smerné plány definujú jasne stanovené rýchlosti postupu v jednotlivých technologických triedach razenia s danou dĺžkou záberu, technologickými prestávkami, ako aj časový dopad na jednotlivé operácie prekračujúce množstvo nad rámec projektu [1].

GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMERY

Oblasť tunela Homole z geologického hľadiska spadá do záujmového územia nachádzajúceho sa na východnom okraji Českej kriedovej panvy, v tzv. orlicko-žďárskom faciálnom vývoji kriedy.

Podľa plánovaného smeru a výšky tunel prechádza cez hrebeň Vraclavský chrbát a narazí na geneticky rozmanité štvrtohorné pôdne vrstvy a predkvartérne podložie, ktoré v skúmanej oblasti pozostávajú z variabilných kriedových piesčitých slieňovcov a prachovcov s miestnym výskytom ílovitých vápencov. Stabilná hladina podzemnej vody (HPV) sa nachádza po celej dĺžke trasy nad tunelom a podzemná voda nemá agresívny vplyv na betón.

Územie je tvorené premenlivými kriedovými sedimentmi, premenlivo piesčitými prachovcami, slieňovcami a vápnitými ílovcami sivej farby.

Tunel bol rozdelený z geologického hľadiska do tzv. kvázihomogénnych celkov s podobnou geológiou. Razenú časť ľavej tunelovej rúry tvoria dva kvázihomogénne celky (KHC) a razenú časť pravej tunelovej rúry tvoria tri kvázihomogénne celky.

Pred začiatkom raziacich prác bol Zhotoviteľom realizovaný dodatočný geologický prieskum v oblasti pravej tunelovej rúry, ktorým sa upresnil stav horniny v trase tunela. Jeho súčasťou bola realizácia štyroch prieskumných vrtoch, každý s dĺžkou 30 m, v miestach, kde nebolo možné predtým realizovať tieto vrty kvôli vedeniu vysokého napätia, ktoré bolo pred odovzdaním stavby Zhotoviteľovi preložené. Dodatočný geologický prieskum potvrdil nepriaznivé geologické pomery v oblasti pravej tunelovej rúry KHC I a II a priaznivejšie geologické podmienky v KHC III.

Hydrologické pomery v trase sa v ľavej aj pravej tunelovej rúre predpokladali ako nepriaznivé, s výdatnosťou puklinovej vody 20 až 22 l/s. Výdatnosť sa v skutočnosti pohybovala v rozmedzí do 4 l/s a v okolí tunela klesla hladina podzemnej vody od 4 do 8 metrov oproti stavu pred razením tunelov.

GEOTECHNICKÝ MONITORING (GTM) PRED RAZENÍM A POČAS RAZENIA

Časť geotechnického monitorovania zabezpečuje Objednávateľ (merania, ktoré ovplyvňujú stanovenie kľúčových kritérií GBR a životnosť tunela), zvyšnú časť zabezpečuje Zhotoviteľ.

Vzhľadom na zložitosť inžiniersko-geologických pomerov stavby sa GTM rozdelil na meranie pred razením a počas razenia. Pred razením bolo začaté meranie na existujúcich aj nových inklinometrických vrtoch, trigonometrické meranie stožiaru VN a jeho náklonu, geodetické sledovanie záhlavia inklinometrických vrtoch, trigonometrické meranie bodov na západnom a východnom portáli, meranie na dynamometroch osadených na kotvách stavebnej jamy západného portálu.

Pred začatím razenia a počas neho boli na povrchu v trase tunelov osadené štyri geodetické profily s meraním sadania bodov na povrchu a tri extenzometrické profily. Pre meranie poklesu na ceste I/17 bolo osadených šesť bodov pre trigonometrické meranie.

V tuneloch boli navrhnuté päť- a sedembodové konvergenčné profily na monitorovanie vývoja deformácií ostenia. Na meranie namáhania primárneho ostenia boli navrhnuté tri tenzometrické profily.

Od začiatku prác na západnom portáli prebieha meranie stavu hladín podzemnej vody v hydrovrtoch.

blasting, whereas the GBR had assumed mechanical excavation only.

These circumstances led to the emergence of a new technological class TT2, which is considered additional work under the contractual conditions and thus qualifies as a claim.

The guidance schedules clearly define the excavation progress rates in each technological class, including the length of excavation rounds, technological breaks, and the time impact of operations exceeding the quantities planned in the project [1].

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

From a geological perspective, the area of the Homole Tunnel lies on the eastern edge of the Czech Cretaceous Basin, within the so-called Orlicko-Žďárské facies development of the Cretaceous.

According to the planned alignment and elevation, the tunnel crosses the Vraclav Ridge and encounters genetically diverse Quaternary soil layers and pre-Quaternary bedrock. In the studied area, the bedrock consists of variable Cretaceous sandy marlstones and siltstones, with local occurrences of clayey limestones. The stable groundwater level (GWL) is located above the tunnel along its entire length, and the groundwater does not have an aggressive effect on concrete.

The area is composed of variable Cretaceous sediments, including sandy siltstones, marlstones, and calcareous claystones of grey color.

Geologically, the tunnel was divided into so-called quasi-homogeneous units (QHU) with similar geological characteristics. The mined section of the left tunnel tube consists of two QHUs, while the mined section of the right tunnel tube consists of three QHUs.

Before the start of excavation works, the Contractor carried out an additional geological survey in the area of the right tunnel tube to refine the rock conditions along the tunnel route. This included four exploratory boreholes, each 30 meters long, drilled in locations where previous drilling was not possible due to high-voltage lines, which were relocated before the site was handed over to the Contractor. The additional geological survey confirmed unfavorable geological conditions in QHU I and II of the right tunnel tube and more favorable conditions in QHU III.

Hydrological conditions along the tunnel route were initially expected to be unfavorable in both the left and right tunnel tubes, with estimated fracture water yields of 20 to 22 liters per second. In reality, the yield ranged up to 4 liters per second, and the groundwater level around the tunnel dropped by 4 to 8 meters compared to the pre-excavation state.

GEOTECHNICAL MONITORING (GTM) BEFORE AND DURING EXCAVATION

Part of the geotechnical monitoring is provided by the Client (measurements affecting the determination of key GBR criteria and tunnel durability), while the remaining part is carried out by the Contractor.

Due to the complexity of the engineering-geological conditions of the project, GTM was divided into monitoring before excavation and during excavation. Prior to excavation, measurements were initiated on both existing and new inclinometer boreholes, trigonometric measurements of the high-voltage pole and its tilt, geodetic monitoring of the borehole heads, trigonometric measurements at the western and eastern portals, and measurements on dynamometers installed on anchors of the construction pit at the western portal.

Najväčšia obava bola z prechodu tunela popod dopravne vysoko zaťaženú cestu I/17, preto boli aj na ceste osadené trigonometrické body. Počas razenia tunela sa maximálne sadanie vozovky ustálilo na hodnote 48 mm, čo bolo v rámci povoleného rozsahu a neboli ani viditeľné zmeny na vozovke, takže doprava nebola žiadnym spôsobom obmedzená (okrem zníženia max. rýchlosti) aj napriek tomu, že ŘSD predpokladalo obmedzenia dopravy.

TECHNICKÉ RIEŠENIE RAZENIA

Razenie bolo plánované zo stavebnej jamy na západnom portáli. Lavá tunelová rúra dlhá 525 m je tvorená 70 m hĺbeným tunelom na západe, razenými úsekmi dvoch kvázihomogénnych celkov o dĺžkach I. KHC 190 m a II. KHC 155 m a hĺbeným úsekom na východnom portáli s dĺžkou 110 m hĺbeným pod korytnačkou (dodatočná zmena dodávateľa v rámci spracovania RDS). Pravý tunel s dĺžkou 570 m tvorí 70 m hĺbeného tunela na západe, razenými úsekmi troch kvázihomogénnych blokov o dĺžkach I. KHC 145 m, II. KHC 190 m a III. KHC 115 m s hĺbeným úsekom na východnom portáli s dĺžkou 50 m.

Razenie NRTM je v celej dĺžke členené horizontálne na kalotu a stupeň. V TT5 sa predpokladala razba s protiklenbou.

Oproti referenčnej dokumentácii sa zhotoviteľ rozhodol pre dve zásadné zmeny technického riešenia. Navrhol jedno priečne prepojenie medzi tunelovými rúrami (obr. 2), ktoré bolo situované priamo pod cestou I/17. Toto nové riešenie spĺňalo platné bezpečnostné normy. V referenčnej dokumentácii boli navrhnuté dve priečne prepojenia, ale len z dôvodu, aby prepojenie nebolo situované priamo pod cestou. Pri samotnej razbe priečného prepojenia sa vplyvom vhodne navrhnutej technológie razenia tieto obavy nenaplnili a neboli prekročené stanovené konvergenencie v tomto úseku.



Obr. 2 Prerazenie priečného prepojenia tunelov
Fig. 2 Breakthrough of the tunnel cross passage

Before and during excavation, four geodetic profiles were installed on the surface along the tunnel route to measure surface settlement, along with three extensometer profiles. For monitoring settlement on road I/17, six points were installed for trigonometric measurement.

Inside the tunnels, five-point and seven-point convergence profiles were designed to monitor deformation of the tunnel lining. For measuring stress in the primary lining, three tensometric profiles were proposed.

Since the beginning of work at the western portal, groundwater level measurements have been conducted in hydrogeological boreholes.

The greatest concern was the tunnel's passage beneath the heavily trafficked road I/17, which is why trigonometric points were also installed on the road. During tunnel excavation, the maximum road settlement stabilized at 48mm, which was within the permitted range. No visible changes occurred on the road surface, and traffic was not restricted in any way (except for a reduction in maximum speed), despite initial expectations by ŘSD that traffic limitations would be necessary.

EXCAVATION DESIGN

Excavation was planned from the construction pit at the western portal. The left tunnel tube, 525m long, consists of a 70m cut-and-cover section at the west, mined sections through two quasi-homogeneous units with lengths of 190m (QHU I) and 155m (QHU II), and a 110m section at the eastern portal executed by "door frame" method (a later design change by the Contractor during the RDS phase). The right tunnel tube, 570m long, consists of a 70m cut-and-cover section at the west, mined sections through three QHUs with lengths of 145m (QHU I), 190m (QHU II), and 115m (QHU III), and a 50m cut-and-cover section at the eastern portal.

Excavation using the NATM method is horizontally divided into top heading and bench throughout its length. In Technological Class TT5, excavation with an invert arch was anticipated.

Compared to the reference documentation, the Contractor proposed two major changes to the technical solution. Contractor proposed a single cross passage between the tunnel tubes (see Fig. 2), located directly beneath road I/17. This new solution met all applicable safety standards. The reference documentation had proposed two cross passages, primarily to avoid placing one directly under the road. However, during the actual excavation of the cross passage, thanks to a well-designed excavation technology, these concerns were not realized, and the specified convergence limits were not exceeded in this section.

In the area above the tunnel beneath road I/17 and along the axis of the left tunnel tube from the road to the eastern portal, jet grouting consolidation of the tunnel overburden from the surface was originally planned due to anticipated unfavorable geology. The Contractor decided to replace this with support measures carried out from the tunnel face, including cement pressure injection using a micropile umbrella (MPD), cement or chemical pressure injection ahead of the top heading face, chemical pressure injections above the MPD, face stabilization using 16m long IBO anchors (Ø32mm).

Excavation began from the western portal in Technological Class TT4P, under a 15m long micropile umbrella with micropiles of 89mm diameter, 31 pieces, excavation round length of 1.25m, 200mm thick shotcrete with two layers of reinforcement mesh Ø6/150/150mm, and radial anchoring using IBO anchors Ø32mm, 4m long.

V mieste nad tunelom pod cestou I/17 a v osi ľavej tunelovej rúry od cesty po východný portál sa z dôvodu predpokladu veľmi nepriaznivej geológie plánovala konsolidácia nadložia tunela tryskovou injektážou z povrchu. Toto riešenie sa Zhotoviteľ rozhodol nahradiť sanačnými opatreniami realizovanými z čelby tunela, ktoré spočívali z použitia cementovej tlakovej injektáže mikropilotového dáždňika (MPD), tlakovej cementovej alebo chemickej injektáže predpolia čelby kaloty, chemických tlakových injektáží nad MPD a zaistenia čelby 16 m dlhými kotvami IBO 32 mm.

Začiatok razenia bol zo západného portálu v technologickej triede TT4P pod mikropilotovým dáždňikom dĺžky 15 m s priemerom mikropilot 89 mm, v počte 31 ks, dĺžka záberu 1,25 m, striekaný betón hrúbky 200 mm s dvoma vrstvami kari sieť $\text{Ø}6/150/150$ mm, radiálne kotvenie s IBO 32 mm dĺžky 4 m.

Po 10 m razenia sa pokračovalo v TT3 so zabezpečením výrubu ako v TT4 s dĺžkou záberu 1,5 m a vynechaním druhej vrstvy kari sieť. Ako už bolo vyššie spomenuté, pri razení boli zastihnuté priaznivejšie geologické podmienky v zmysle kritérií GBR a bola doplnená nová trieda TT2 s ponechaním vystrojovacích prvkov z TT3 so záberom dĺžky 1,75 m a s použitím trhacích prác. V KHC II v ľavej a pravej tunelovej rúre, kde sa predpokladali nepriaznivé geologické podmienky, ako vyššie prítoky podzemnej vody, výskyt nesúdržných zemín zároveň pri nízkom nadloží, boli navrhnuté TT5a, 5b, 5bTI s razením pod mikropilotovým dáždňikom $\text{Ø}139,7$ mm dĺžky 15m, v počte 35 ks realizovaných z kaplniek, vytvorených postupným nastúpaním dĺžky 10 m so záberom 1 m. Vystrojovacie prvky tvorí 350 mm striekaného betónu s dvoma vrstvami kari sieť $\text{Ø}6/150/150$ mm a doplnené o sanačné opatrenia spomenuté vyššie (obr. 3). V prípade potreby v päte kaloty bola navrhnutá „slonia noha“ s kotvením IBO 32 mm dĺžky 4 m pre zhoršené geologické podmienky. V TT5aTI je navrhnutá kari sieť $\text{Ø}8/150/150$ mm.

Zaistenie výrubu a čelby kaloty bolo realizované stabilizačným striekaným betónom hrúbky 10 cm s kari sieťou pre každý záber.

Všetky sanačné opatrenia boli navrhované pre nepriaznivé geologické a hydrogeologické pomery v nadväznosti na razenie pod komunikáciou I/17 a nízkym nadložím tunela. Z tohto hľadiska bol

After 10 meters of excavation, work continued in Technological Class TT3, using the same excavation support system as in TT4, with an excavation round length of 1.5m, but omitting the second layer of reinforcement mesh. As previously mentioned, more favorable geological conditions were encountered during excavation according to GBR criteria, leading to the introduction of a new class TT2, which retained the support elements from TT3, used 1.75m excavation rounds, and employed blasting methods.

In QHU II of both the left and right tunnel tubes, where unfavorable geological conditions were expected such as high groundwater inflows, occurrences of cohesionless soils, and low overburden TT5a, TT5b, and TT5bTI were proposed. Excavation was carried out under a micropile umbrella $\text{Ø}139.7\text{mm}$, 15m long, with 35 micropiles, installed from niches created by gradual ascent over 10m, with 1m excavation rounds. Support elements included 350mm of shotcrete with two layers of reinforcement mesh $\text{Ø}6/150/150\text{mm}$, supplemented by the previously mentioned support measures (see Fig. 3).

In cases of deteriorated geological conditions at the base of the top heading, an “elephant foot” support was proposed, anchored with IBO $\text{Ø}32\text{mm}$, 4m long. In TT5aTI, reinforcement mesh $\text{Ø}8/150/150\text{mm}$ was specified.

Excavation face and top heading stabilization was carried out using 10cm thick shotcrete with reinforcement mesh for each round.

All support measures were designed to address unfavorable geological and hydrogeological conditions, particularly in relation to excavation beneath road I/17 and the low overburden of the tunnel. Accordingly, the technological procedure was designed with a requirement for rapid closure of the top heading and tunnel invert, maintaining a distance between top heading and invert of 4 to 10m.

In the presence of less stable and weaker rock, a top heading invert arch was proposed, consisting of 200mm shotcrete and two layers of reinforcement mesh.

For the third quasi-homogeneous unit in the right tunnel tube, TT4J was proposed, with: 1.25m excavation rounds, 200mm shotcrete

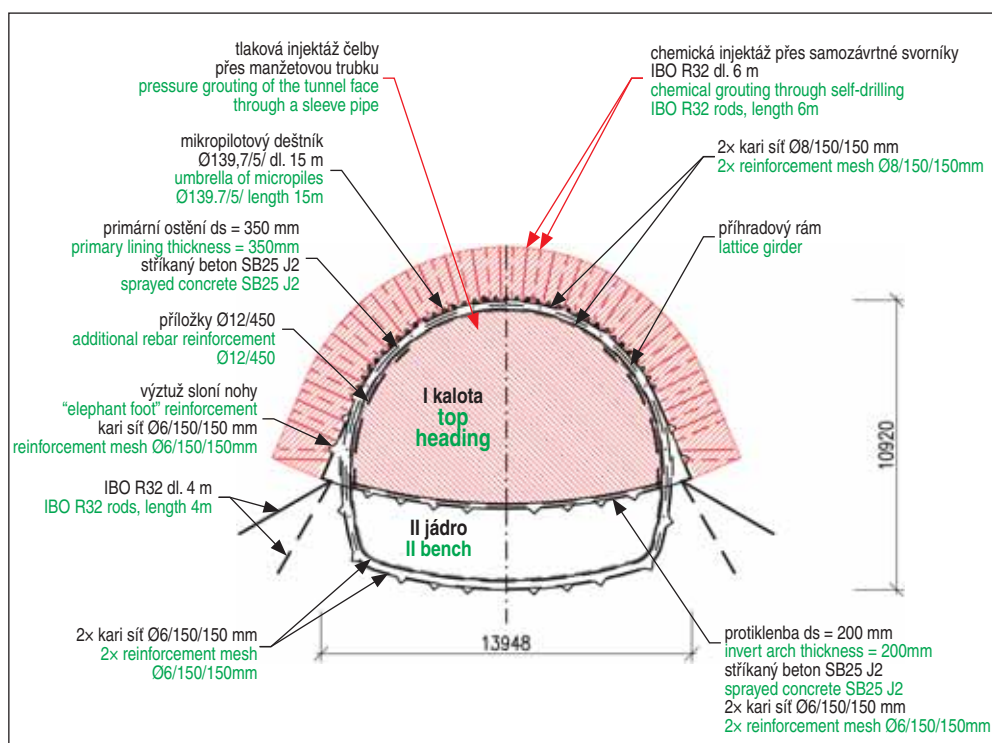
with two layers of reinforcement mesh $\text{Ø}6/150/150\text{mm}$, IBO bolts $\text{Ø}32\text{mm}$, 4m long, 10 pieces per round, IBO spiles $\text{Ø}32\text{mm}$, 8m long, 45 pieces every third round (see Fig. 4 and 5).

At both the western and eastern portals, construction pits are secured with piled walls and cable anchors. To reduce the depth of the portal pit and thereby reduce excavation work and reinforcement volume (e.g., fewer anchored walings) a “door frame” structure will be created in the left tunnel at the eastern portal, 105m long, beneath which the tunnel section will be excavated.

Operational and technological facilities will be constructed at both portals.

EXCAVATION PROGRESS

Excavation began on November 22, 2024, in the left tunnel tube, in accordance with the schedule. At the time of writing this article, the left



Obr. 3 Priečný rez v TT5bTI a pozdĺžny rez.

Fig. 3 Cross-section in TT5bTI and longitudinal section



Obr. 4 Injektáž kaloty v TT5a
Fig. 4 Top heading grouting in TT5a

tvorený i technologický postup s požiadavkou na rýchle zatváranie kaloty a dna tunela s odstupom kaloty od dna 4 až 10 m.

Pri zastihnutí menej pevných a nestabilných hornín je navrhnutá protiklenba kaloty s 200 mm striekaného betónu a dvoma vrstvami kari sietí.

Pre tretí kvázihomogénny celok v pravej tunelovej rúre je navrhnutá TT4J s dĺžkou záberu 1,25 m, 200 mm striekaného betónu s dvoma kari sietami Ø6/150/150 mm, svorníkmi IBO Ø32 mm dĺžky 4 m v počte 10 ks na záber a ihly IBO Ø32 mm dĺžky 8 m v počte 45 ks každý tretí záber (obr. 4 a 5).

Na západnom a východnom portáli sú stavebné jamy zaistené pilótovými stenami s lanovými kotvami. Za účelom zníženia hĺbky portálovej jamy a tým zníženia výkopových prác a zníženia objemu vystuženia stavebnej jamy (napr. zníženie počtu kotevných prahov) na východnom portáli sa v ľavom tuneli vytvorí tzv. korytnačka v dĺžke 105 m, pod ktorou sa daný úsek vyrazí. Na oboch portáloch budú vybudované prevádzkové technologické objekty.

PRIEBEH RAZENIA

Razenie bolo začaté 22. 11. 2024 v ľavej tunelovej rúre podľa harmonogramu. V čase prípravy tohto článku bola ľavá tunelová rúra vyrazená v celej dĺžke a v pravej tunelovej rúre bolo potrebné doraziť 120 m. Pribeh razenia potvrdil lepšie parametre horniny s vyšším zastúpením geotypov K4 a K5 (horniny pevnostnej triedy R3 až R2) v kalote a potrebu nasadenia trhacích prác (obr. 6). Doplnila sa nová trieda výrubu TT2. Hornina sa vyznačovala veľkou blokovitou a tvorbou nadvýlomov. Na túto skutočnosť sa zareagovalo skrátením záberov, osadzovaním väčšieho počtu ihliel v každom zábere a osadzovaním čelových kotiev. V zóne porúch bol výrazný prechod geotypov K2 (horniny pevnostnej triedy R5)



Obr. 5 Razenie kaloty v TT5a
Fig. 5 Top heading excavation in TT5a

tunnel tube had been fully excavated, and 120 meters remained to be excavated in the right tunnel tube.

The excavation progress confirmed better rock parameters, with a higher presence of geotypes K4 and K5 (rock strength classes R3 to R2) in the top heading, and the need to use blasting methods (see Fig. 6). A new excavation class TT2 was added. The rock was characterized by high blockiness and overbreak formation. This was addressed by shortening excavation rounds, installing more IBO spiles per round, and using face anchors.

In fault zones, there was a significant transition between geotypes K2 (rock strength class R5) and K4, where the top heading roof was unstable, while solid rock was present at the tunnel invert level.



Obr. 6 Geológia TT3
Fig. 6 Geology of TT3

a K4, kde strop kaloty bol nestabilný a na úrovni dna sa nachádzali pevné horniny.

Pre razenie v TT5a, 5b, 5bTI bol nasadený vrtací stroj Soilmec ST 120. Tento dvojlafetový vrtací voz s dĺžkou lafety 24 m sa nasadil špeciálne na vrtanie mikropilót s kusovou dĺžkou mikropilóty 15 m bez spoja a na vrtanie a osadzovanie čelbových kotiev v nesúdržných horninách (obr. 7). Priemer mikropilóty 139,7 mm sa volil v nadväznosti na geológiu a potrebný priestor pre výplach medzi stenou mikropilóty a ponorným kladivom. Vrtný stroj umožňuje vrtanie na vodný aj vzduchový výplach. Využíval sa hlavne vzduchový výplach s minimálnym množstvom vody, čo malo za následok, že sa zachovávali pevnostné vlastnosti hornín, čo malo pozitívny vplyv na stabilitu výrubu.

Razenie kaloty prebiehalo v slieňovcoch, ílovcoch a kvartérnych zeminách v strope tunela.

Pri razení sa zatiaľ nepotvrdili predpokladané prítoky podzemnej vody. Puklinová voda v horizontoch s výdatnosťou do 2,5 l/s postupne prechádzala zo stropu kaloty až do dna v druhom KHC oboch tunelových rúr.

Počas razenia neboli zaznamenané významnejšie konvergencie v tuneli, alebo sadanie na povrchu. Maximálne zaznamenané sadanie bolo na povrchu 86 mm v lesnom poraste a konvergencie v tuneli 62 mm.

ZÁVER

Práce na razení tunela Homole budú prebiehať do októbra 2025. Dokončenie a uvedenie celého diela do skúšobnej prevádzky je plánované na december 2026. Tunel Homole vrátane dokončenia celého úseku D35 Ostrov – Vysoké Mýto prispeje k zlepšeniu a odľahčeniu dopravnej situácie v regióne a celkovému dokončeniu diaľnice D35.

Výstavba s využitím podmienok výstavby podľa Smaragdovej knihy FIDIC sa v ČR a SR realizuje vôbec po prvýkrát a praktické skúsenosti s touto výstavbou budú neoceniteľné pre plánovanie budúcich tunelových projektov či už v cestnej alebo železničnej infraštruktúre v Čechách a možno aj na Slovensku.

*Ing. ANDREJ KORBA, andrej.korba @martias.sk,
Ing. BORIS ČILLIK, boris.cillik@martias.sk, Marti a.s.*

Recenzoval *Reviewed: Ing. Petr Makásek, Ph.D.*



*Obr. 7 Soilmec ST 120 – spevňovanie horninového prostredia
Fig. 7 Soilmec ST 120 – rock mass stabilization*

For excavation in TT5a, TT5b, and TT5bTI, the Soilmec ST 120 drilling rig was deployed. This dual-boom drill rig, with a boom length of 24m, was specifically used for drilling 15m long micropiles without joints, and for drilling and installing face anchors in cohesionless soils (see Fig. 7). The micropile diameter of 139.7mm was selected based on geological conditions and the required clearance for flushing between the micropile wall and the down-the-hole hammer. The drill rig supports both water and air flushing, with air flushing being primarily used, minimizing water usage and preserving the strength properties of the rock, which positively impacted excavation stability.

Excavation of the top heading was carried out in marlstones, claystones, and Quaternary soils at the tunnel crown.

So far, the anticipated groundwater inflows have not been confirmed. Fracture water with a yield of up to 2.5L/s gradually migrated from the top heading to the invert in the second QHU of both tunnel tubes.

During excavation, no significant tunnel convergence or surface settlement was recorded. The maximum surface settlement was 86mm in forested terrain, and tunnel convergence reached 62mm.

CONCLUSION

Excavation work on the Homole Tunnel is scheduled to continue until October 2025. Completion and commissioning of the entire structure for trial operation is planned for December 2026. The Homole Tunnel, along with the completion of the entire D35 Ostrov – Vysoké Mýto section, will contribute to improving and relieving traffic conditions in the region and to the overall completion of the D35 motorway.

Construction using the FIDIC Emerald Book contractual conditions is being implemented for the very first time in the Czech Republic. Practical experience gained from this project will be invaluable for planning future tunnel projects, whether in road or railway infrastructure, in the Czech Republic and possibly also in Slovakia.

*Ing. ANDREJ KORBA, andrej.korba @martias.sk,
Ing. BORIS ČILLIK, boris.cillik@martias.sk, Marti a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] UHRIN M., KLEE L. Smaragdová kniha a zlaté zásady FIDIC. [online]. Časopis stavebnictví., [cit. 2024-03-09]. Dostupné z <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-smaragdova-kniha-a-zlate-zasady-fidic.html>.