

SOKP 514, TUNEL LOCHKOV NOVÝ MODEL ZADÁVACÍCH PODMÍNEK PRO VÝSTAVBU TUNELŮ A ZKUŠENOSTI Z PROVÁDĚNÍ PRŮZKUMNÉ ŠTOLY PRO RAŽBY PLNÝCH PROFILŮ

THE LOCHKOV TUNNEL, SOKP 514 A NEW MODEL OF TENDER CONDITIONS FOR TUNNELLING PROJECTS; EXPERIENCE OF THE DRIVING OF AN EXPLORATION GALLERY FOR EXCAVATION OF FULL-FACE TUNNEL

MARTIN SRB

ÚVOD

Příklady z tunelářsky vyspělých zemí ukazují, že pro úspěšné a efektivní realizace tunelových projektů je nutné splnit řadu podmínek. Některé jsou ovlivněny přírodními faktory (např. geologie, hydrologie, morfologie terénu) a další faktory umělými/lidskými (zastavenost povrchu, využití krajiny, předpisy, kapacity a kompetence jednotlivých subjektů, společenské vlivy, organizace a řízení projektu, tradice a ceny). Zatímco faktory přírodní jsou v měřítku doby přípravy a výstavby v podstatě stálé, faktory umělé se průběžně mění. Optimální řešení přípravy a následné realizace konkrétního díla proto musí vycházet ze snahy zohlednit stávající stav konkrétního projektu a přihlídnout k možnému vývoji.

Výstavba tunelů v částečně zastavěném území Lochkova a Radotína přináší kromě technických problémů také problémy související s vlivy stavby na okolí a na obyvatele žijící v dosahu těchto vlivů. Při přípravě tunelů Lochkov na stavbě silničního okruhu kolem Prahy (SOKP 514) byly využity dosavadní zkušenosti zadavatele a projektanta s přípravou a prováděním několika dálničních tunelů v ČR (Valík, Panenská, Libouchec) a zároveň zkušenosti konzultanta s přípravou a prováděním tunelů v různých evropských i mimoevropských zemích. Snaha o zohlednění konkrétních podmínek projektu, úroveň oboru a respektování předpisových podkladů závazných pro zadání stavby a její realizaci vedly mj. k vypracování zadávací dokumentace včetně zvláštních technických a kvalitativních podmínek (ZTKP), které zjednotily a zpřehlednily zadání a realizaci stavby.

Investorem/zadavatelem projektu je RSD ČR, závod Praha, zhotovitelem průzkumné štoly Metrostav a. s., zhotovitelem tunelů v rámci Sdružení 514 firma Hochtief a. s., projektantem dokumentace pro stavební povolení a zadání stavby DSP a DZS Metroprojekt Praha a. s., technickým poradcem investora pro tunelové části stavby firma D2 Consult Prague s. r. o., která také prováděla supervizi ražby průzkumné štoly. Geotechnický monitoring (GTM) během realizace (včetně štoly) provádí sdružení firem SG-Geotechnika a. s./SUDOP Praha a. s.

PŘÍPRAVA TUNELOVÝCH OBJEKTŮ STAVBY SOKP 514, REALIZACE PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

Dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR) byla vypracována v letech 1998–1999 a schválena v roce 2004. Během jejího zpracování a projednávání se vyskytly návrhy úprav výškového a směrového vedení trasy tunelů (zkrácení trasy, prodloužení a snížení nivelety tunelů). Po vypracování srovnávací studie EIA bylo zachováno původní řešení. Tunely v DUR jsou navrženy jako dvě tunelové trouby konvenčně ražené pomocí NRTM, dvoupruhová – klesající a třípruhová – stoupající o délce ražených úseků cca 1260 m.

Již v době zpracování DUR se uvažovalo o ražbě průzkumné štoly v celé délce kaloty třípruhového tunelu, která byla následně realizována v roce 2004. Hlavní důvody pro provedení štoly byly následující:

- prohloubení znalostí o vlastnostech horninového masivu,
- zlepšení podmínek budoucí ražby,
- fixování trasy,
- předstihové vybudování některých částí zařízení staveniště, přístupové trasy, sítě, pozemky.

INTRODUCTION

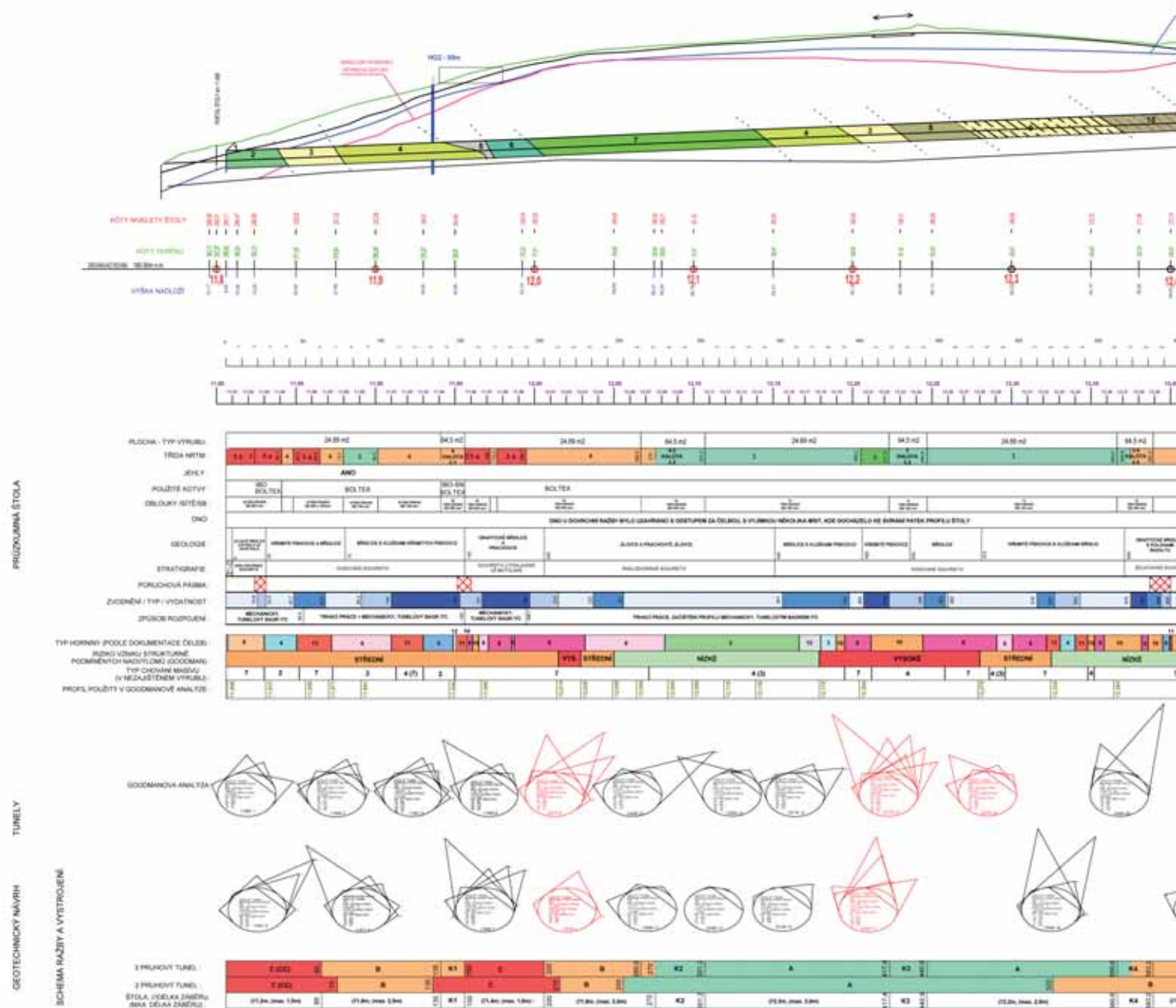
Examples from countries with developed tunnelling industries show that there are many conditions which must be met to be able to successfully and effectively implement tunnelling projects. Some of the conditions are affected by natural factors (e.g. geology, hydrology, terrain morphology) and other by artificial/human factors (built-up areas, exploitation of the landscape, regulations, capacity and competence of involved subjects, societal influences, project organisation and control, traditions etc.). While the natural factors are essentially invariable on the scale of the duration of the planning and subsequent construction period, the artificial factors continuously vary. The optimum solution of the planning and subsequent construction of a particular project must be based on an effort to take into consideration specific conditions of the project and allow for the possible development.

The construction of tunnels in the partly built-up areas of Lochkov and Radotín is accompanied, apart from engineering problems, even with problems associated with the impacts of the construction on the surroundings and the population living within the reach of those impacts. During preparation of the Lochkov tunnels in Prague (construction lot SOKP 514), the experience which had been gained by the client and designer in the planning and construction of several motorway tunnels in the Czech Republic (the Valík, Panenská and Libouchec tunnels) and, at the same time, the experience learned by the engineering consultant in the planning and construction of tunnels in Europe and worldwide was used. The effort to allow for the conditions of the particular project, considering the practices of the tunnelling industry and applicable regulations resulted in the development of the ZTKP (basic technical specifications) and tender documents, which made the tender process and consequent construction simpler and more transparent.

The owner/client is the Prague office of the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic; the contractor for the gallery is Metrostav a.s.; the contractor for the tunnels is Hochtief a.s. as a part of the group of companies Sdružení 514; the designer for the DSP (final design) and the DZS (tender conditions) is Metroprojekt Praha a.s.; the engineering consultant to the client for tunnels is D2 Consult Prague s.r.o., which, in addition, provided the supervision over the excavation of the exploration gallery; geotechnical monitoring (GTM) during the excavation (including the gallery excavation) is carried out by a group of companies consisting of SG Geotechnika and SUDOP Praha a.s.

THE PLANNING OF THE TUNNEL STRUCTURES FORMING THE CONSTRUCTION LOT SOKP 514; EXECUTION OF THE EXPLORATION GALLERY

The DUR (design documentation for issuance of zoning and planning decision) was carried out in 1998 – 1999 and it was finally approved in 2004. Proposals for changes in the vertical and horizontal alignment of the tunnels (reduction in the route length, extension of tunnel length and modification of the alignment) were submitted during the work on the design documentation. Although, when the EIA had been finished, the original design remained unchanged. According to the DUR, the tunnels are designed as two tunnel tubes to be driven using the traditional NATM (about 1260m long mined sections); double-lane configuration was designed for the descending tube and three-lane for the ascending tube.



Obr. 1 Geotechnické vyhodnocení ražby průzkumné štoly (Mgr. J. Zmítka, D2 Consult, 2005)
 Fig. 1 Geotechnical assessment of the excavation of the exploratory gallery (Mgr. J. Zmítka, D2 Consult, 2005)

Předstihové provádění průzkumných štol má také své nevýhody, především zvýšení celkových investičních nákladů, případně i prodloužení doby výstavby. Na konkrétním případě projektu tunelů Lochkov, podle našeho názoru, převážily výhody přijatého postupu. Kromě již zmíněných důvodů přinesla ražba průzkumné štoly další významné výhody:

- zkušenost zadavatele s problémy spojenými s ražbou (menšího rozsahu, ale ve stejné lokalitě),
- upřesnění očekávaných vlivů ražby plných profilů tunelů na okolí,
- vybudování systému sledování vlivů stavby na obyvatele a zástavbu, styk s obyvateli, informační toky, řešení sporů,
- předstihové provedení některých kompenzací a náhradních opatření (vodovod).

Kromě předem očekávaných vlivů (poklesy, vibrace od trhacích prací, doprava) se projevil významně vliv drénování masivu ražbou štoly v rozsahu výrazně převyšujícím předpoklady. Jako důsledek snížení hladiny podzemní vody (HPV) bylo zajištěno provizorní zásobování vodou několika trvale obydlených objektů, které užívaly vodu ze studní, a dále bylo vybudováno stále zásobování vodou oblasti, která byla postižena poklesem HPV pod úroveň dna studní. Tím byl vyřešen důsledek trvalého ovlivnění HPV v oblasti ještě před zahájením ražeb plných profilů. Další významnější pokles se neočekával a ani během zatím provedených ražeb (stav 4/2008) nenastal.

The excavation of an exploration gallery throughout the length of the top heading of the future three-lane tunnel was under consideration as early as during the work on the DUR. The gallery was driven in 2004. The main reasons for the execution of the exploration gallery were as follows:

- to increase knowledge of rock mass properties
- to improve conditions for the future excavation
- to fix the alignment
- to build some parts of the site facility, access roads, utilities and areas in advance

There are even disadvantages associated with the execution of exploration galleries in advance of the tunnel excavation, e.g. the increase in the total investment cost or, possibly, extension of the construction time. Regarding the particular case of the Lochkov tunnel, in our opinion, the advantages of the adopted procedure prevailed. Apart from the above-mentioned reasons, the excavation of the exploration gallery yielded other significant benefits:

- client's experience of the problems associated with the excavation (smaller in terms of the extent, but performed in the same location)
- adjustment of the knowledge of the expected impact of the full-face tunnel excavation impact on the surroundings



ZADÁVACÍ DOKUMENTACE TUNELOVÝCH STAVEB (DZS)

Požadavky

Zadávací dokumentace měla ve vztahu k provádění ražeb splnit následující, předem definované požadavky:

- zohlednit zkušenosti z ražby štoly,
- vytvořit podmínky pro využití flexibility NRTM,
- zjednodušit a zpřehlednit položky výkazu výměr, jasně a srozumitelně definovat podmínky provádění ražeb včetně způsobu jejich hodnocení, oceňování a úhrady.

Časový překryv zpracovávání DZS a provádění průzkumné štoly v roce 2004 neumožnil úplné zapracování vyhodnocení ražby štoly do DZS. To bylo provedeno až po dokončení ražby štoly zpracovatelem GTM a zároveň technickou supervizí ražby štoly (obr. 1). Tato vyhodnocení jsou k dispozici zhotoviteli tunelů. Ostatní požadavky byly do DZS zapracovány a společně s kvalitně prováděným geomonitorem přispěly k většímu využití flexibility a efektivity NRTM ve srovnání s dříve realizovanými dálničními tunely.

Vzhledem k dosavadní zkušenosti s organizací provádění tunelových staveb v ČR bylo snahou vytvořit zjednodušené, ale jednoznačné podmínky, které dávají zhotoviteli poměrně velké možnosti vlastní volby způsobu provádění a omezí případné spory při provádění, vykazování/dokladování, oceňování a fakturaci.

- development of a system covering the monitoring over the effects of the construction on the population and buildings, public relations, information flows, settlement of disputes
- compensations and implementation of some compensatory measures in advance of the tunnel excavation

Apart from the anticipated impacts (settlement, blasting induced vibrations, traffic), the effect of the rock mass drainage due to the gallery excavation proved to be significant, higher than expected. In response, temporary water supplies were provided for several permanently occupied buildings which used water from wells and permanent water supplies were secured for the area which was affected by the lowering of the water table under the level of wells. Owing to these measures, the consequence of the permanent effect on the water table in the area was solved even before the commencement of the full-face excavation. Other significant lowering of the water table was not expected and it has not happened during the tunnel excavation which has been completed till now (the state as of April 2008).

TENDER DOCUMENTS AND CONDITIONS FOR TUNNELLING PROJECTS (DZS)

Requirements

The tender conditions regarding the tunnel excavation were to meet the following pre-defined requirements:

Stavba: 514_na metr - 514_Razene objekty na metr / Construction lot: 514_per metre - 514_Mined structures per metre

číslo a název SO: SO 601 - RAŽENÝ DVOUPRUHOVÝ TUNEL / Structure number and name: SO 601 - MINED DOUBLE-LANE TUNNEL

Poř. č. pol. / Item No.	Kód položky / Item code	Název položky / Item name	Měrná jednotka / Measurement unit	Počet jednotek / Number of units
1	2	3	4	5
ZEMNÍ PRÁCE / EARTHWORK				
1	014101	POPLATKY ZA SKLÁDKU / STOCKPILE CHARGES	m ³	
2	144399	RAŽENÍ TUNELU TT3 V HORNINĚ SUCHÉ I MOKRÉ, ÚPADNĚ I DOVRCHNĚ VČ PŘEMÍSTĚNÍ RUBANINY V PODZEMÍ A ODVEDENÍ VODY, pomocí střelných prací nebo jiných rozpojovacích metod TUNNEL EXCAVATION THROUGH TT3 EXCAVATION SUPPORT CLASS, BOTH DRY AND WET GROUND, DOWNHILL AND UPHILL INCL. UNDERGROUND MUCK TRANSPORTATION AND DRAINAGE, by blasting or other disintegration techniques	m ³	
3	161201	PŘEMÍSTĚNÍ RUBANINY NA POVRCHU VČ PŘELOŽENÍ A ULOŽENÍ MUCK TRANSPORTATION ON THE SURFACE INCL. RELOADING AND DISPOSAL	m ³	
4	161711	NAKLÁDÁNÍ RUBANINY Z TECHNOLOGICKÉHO NADVÝLOMU VČ PŘEMÍSTĚNÍ V PODZEMÍ LOADING OF MUCK FROM TECHNOLOGICAL OVERBREAK INCL. UNDERGROUND TRANSPORTATION	m ³	
ZEMNÍ PRÁCE / EARTHWORK				
ZAKLÁDÁNÍ / FOUNDATIONS				
5	286213	KOTVY HYDR UPÍNANÉ V PODZ DL DO 3M ÚNOS DO 150KN VČ VRTÁNÍ V HOR SUCHÉ I MOKRÉ ANCHORS EXPANDED BY PRESSURISED WATER, UNDERGROUND, UP TO 3M, LOADING CAPACITY UP TO 150KN INCL. DRILLING IN BOTH DRY AND WET GROUND	KUS / PIECE	
6	286223	KOTVY HYDR UPÍNANÉ V PODZ DL DO 4M ÚNOS DO 150KN VČ VRTÁNÍ V HOR SUCHÉ I MOKRÉ ANCHORS EXPANDED BY PRESSURISED WATER, UNDERGROUND, UP TO 4M, LOADING CAPACITY UP TO 150KN INCL. DRILLING IN BOTH DRY AND WET GROUND	KUS / PIECE	

Obr. 2 Nově definované položky ražby a zajištění v OTSKP

Fig. 2 Newly defined items for excavation and support in the Industrial Classification of Engineering Structures and Works on Roads

NOVÉ AGREGOVANÉ POLOŽKY VÝKAZU VÝMĚR

DZS používá položek oborového třídění stavebních konstrukcí a prací (OTSKP) pro sestavení výkazů výměr pro tunelové objekty. Tento třídění umožňuje úpravu stávajících a vytvoření nových položek. Protože neexistuje vhodný specializovaný „třídění“ pro tunelové stavby, byl použit OTSKP a v souladu s jeho pravidly byly vytvořeny **nové položky, které odpovídaly potřebám způsobu zadání**. Jednalo se především o agregaci logických dodávek a prací do jedné položky.

Jako příklady je možné uvést:

RAŽBA (č. pol. 144*99)

V soupisu prací DZS je položka ražby v dané technologické třídě výrubu (TTV) určena bez zohlednění směru ražby (úpadně, dovrchně), způsobu rozpojování (trhací práce, bagr, fréza), skutečné délky záběru (v mezích TTV), bez příplatků za přítoky vody, či zvodnění masivu, bez rozdělení na ražbu kaloty, jádra či dna. Nakládání a doprava rubaniny v hoře jsou zahrnuty v ceně ražby stejně jako odvodnění, osvětlení, větrání a pod. Množství rubaniny se uvažuje z teoretického profilu zvětšeného radiálně o velikost tzv. technologického nadvýrubu, jednotně stanoveného na 25 cm, neuvažuje se nakypření.

ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU

Stříkaný beton (SB) (č. pol. 3629*4), je uvažován podle tloušťky, kvality betonu, včetně výztuže svařovanou sítí, v teoretickém množství podle TTV, bez vlivu prostředí (sucho/mokro).

Kotvy (svorníky) jsou uvažovány podle specifikovaného typu (SN, PG, IBO, HUS), např. tyčová kotva SN (č. pol. 2866*6) je definována únosností a délkou a v ceně 1 ks jsou obsaženy všechny dodávky a činnosti nutné k zajištění požadované funkce. Tj. samotná kotva vč. podkladní desky, matky a podložky, dále provedení vrtu, osazení za zainjektování kotvy, aktivování a doprava. Odpadají také možné příplatky za vrtání v mokru, průměr vrtu, třídu vrtatelnosti a další.

Tento přístup byl umožněn poměrně vysokým stupněm poznání problematiky stavby a horninového prostředí a podrobnou dokumentací ražeb průzkumné štoly včetně prováděných zkoušek. Během ražby průzkumné štoly se prováděl i výrub tzv. „výhyben“, které měly tvar budoucí kaloty třípruhového tunelu a bylo možno sledovat chování masivu při ražbě budoucího profilu. To také umožnilo s dostatečnou jistotou určit geotechnické podmínky budoucí ražby (očekávané chování, deformace, přítoky vody).

Obdobný způsob byl rovněž použit u některých položek zadání GTM (geotechnického monitoringu), např. při měření deformací primárního ostění v tunelu (tzv. konvergencí) se agregují všechny položky do dvou (dodávka a osazení měřičského bodu a počtu měření). Kromě toho je činnost odměňována paušálně za časovou jednotku (např. měsíc) při definování celkového počtu měřičských profilů a max. počtu měření během

- to allow for the experience gained during the excavation of the gallery
- to create conditions under which the flexibility of the NATM is exploited
- to simplify and make more transparent the items of the bill of quantities
- to define in a clear and understandable manner the conditions for the excavation, including the method of the excavation assessment, costing and payment

The overlap between the development of the DZS and the excavation of the exploration gallery in 2004 did not allow the designer to completely incorporate the assessment of the gallery excavation into the DZS. It was incorporated subsequently, when the excavation of the gallery had been completed, by the provider of the GTM services and, at the same time, through the engineering supervision over the excavation of the gallery (see Fig. 1). These assessments are available to the tunnelling contractor. The other requirements were incorporated into the DZS and, together with the high-quality geomonitring, contributed to the more extensive use of the flexibility and effectiveness of the NATM, compared to the previously built motorway tunnels.

Because of the practice in the organisation of tunnel construction works in the Czech Republic which has been used so far, the objective of the efforts was to develop simplified, but unambiguous conditions, which would give the contractor relatively great opportunity to choose by itself the work procedures and could diminish potential disputes regarding the execution, recording/documenting, pricing and invoicing of the work.

OTSKP (INDUSTRIAL CLASSIFICATION OF ENGINEERING STRUCTURES AND WORKS) ITEMS

The DZS uses OTSKP items for the creation of bills of quantities for tunnel structures. The classification system makes the modification of the existing items and creation of new items possible. Because no suitable specialised classification items exist for tunnel structures, the OTSKP items were used and **new items, which satisfied the needs of tendering for tunnelling**, were created, in compliance with the OTSKP creation rules. The main issue was the aggregation of logical supplies and works into one item.

As an example, we can present:

EXCAVATION (item number 144*99)

The item for the excavation through a particular excavation support class (ESC), contained in the bill of quantities which is part of the DZS, is determined without respect to the direction of excavation (downhill or uphill), the ground disintegration method (drill and blast, excavator or roadheader), actual excavation advance length (within the limits determined by the ESC), without extra charges for water seepage or wetness of the rock mass, without the division into the top heading, bench or invert excavation. The loading and transport of muck underground, as

celého provádění GTM. Při správné aplikaci je výsledkem flexibilnější a efektivnější provádění GTM.

ZTKP kapitola 24 (zvláštní technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací)

ZTKP-K24 doplňují TKP staveb pozemních komunikací kapitolu 24–Tunely a Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací. Společně s TKP určují technické požadavky na způsob provádění jednotlivých prací. Částečně odpovídají v zahraničí používaným „specifikacím = Specifications“, či „směrnicím = Richtlinien“.

ZTKP vycházejí z potřeb efektivního provádění ražeb observační metodou (NRTM) v současných podmínkách projektu ražených tunelů SOKP 514 a zohlednily principy použité projektantem, např. na stavbě pražského metra, a zahraniční zkušenosti.

Pro účely ocenění a úhrady (a předcházející nabídky) byly vytvořeny agregované položky prací za ražení 1 m tunelu v jednotlivých technologických třídách. Tato agregovaná položka se skládá z jednotlivých oceněných položek ražby a navržených prostředků zajištění. Protože v každé TTV je délka záběru v daných mezích od–do (např. TT5 0,8 do 1,2 m), a proto i skutečné množství prací a prostředků zajištění výrubu na běžný metr je různé, byla stanovena hodnota $\pm 20\%$ nabídkové ceny. Skupinová (agregovaná) cena za 1 m ražby tunelu bude upravována podle skutečně provedených prací, až pokud překročí cena skutečně použitých prostředků zajištění výrubu $\pm 20\%$. Zajištěním výrubu se rozumí SB se sítí, příhradové oblouky, radiální kotvy a jehly. Tímto opatřením se výrazně zjednoduší oceňování a úhrady prací a zároveň se přispěje k větší praktické využitelnosti flexibility NRTM a efektivitě provádění.

Pro úhradu nákladů na nezaviněný/technologický nadvýrub, jeho odtěžení a zaplnění SB je určen prostor o velikosti 25 cm radiálně nad teoretickým výrubem. V těchto 25 cm jsou zahrnuty i radiální deformace do výrubu (tzv. konvergence), které byly v DZS stanoveny na max. 5 cm. Odvoz rubaniny a zaplnění tohoto prostoru SB jsou hrazeny paušálně a kompenzují zhotovitele za výkony, které musí v určitém rozsahu provést z technologických důvodů vždy. Prostor mezi 25 cm a 50 cm radiálně nad teoretickým výrubem (tj. odvoz rubaniny a zaplnění SB) není hrazen nikdy. Nezaviněný, geologicky podmíněný nadvýrub je hrazen až za hranicí 50 cm od teoretického líce výrubu, pokud je větší než 1 m³ v každém jednotlivém případě.

Praktický způsob aplikace popsanych principů zadání je následující:

- zadavatel/zástupci zadavatele určují kritéria bezpečnosti provádění, tj. na základě vyhodnocení GTM a ražeb určí max. doporučenou délku záběru a výrubu, případně další opatření (jehly, kotvy, čelbový klín, zástřík, nebo přípustné meze min./max.),
- zhotovitel má volnost v určení způsobu provádění, který ovlivňuje efektivitu/nákladovost provádění, tj. způsob rozpojování, přesnost geometrie výrubu (nadvýšení profilu), délka záběru v daných mezích, úprava prvků zajištění stability výrubu,
- zadavatel/zástupci zadavatele neměří skutečný tvar každého záběru a neuhrazují zhotoviteli skutečné objemy (způsobené např. nešetřeným rozpojováním nebo délkou záběru), sledují pouze, zda nedošlo k překročení smluvní hranice.

Praktický efekt popsanych principů zadání je následující:

Tento způsob zadání motivuje zhotovitele k optimalizaci provádění ražeb. Zhotovitel je motivován zadávacími podmínkami k citlivému rozpojování, které omezuje porušení horninového masivu v okolí výrubu

well as drainage, lighting, ventilation etc. are included in the cost of excavation. The quantity of muck is derived from the theoretical excavated cross section, which is increased in the radial direction to reach the so-called “payline” (a unified margin of 25cm); the bulking is not taken into consideration.

EXCAVATION SUPPORT

SC (shotcrete) (item number 3629*4) is determined according to the thickness, concrete quality/grade (including steel mesh), in the theoretical quantity according to support class, without the influence of the environment (dry/wet).

Anchors (rock bolts) are determined according to the type prescribed by the specification (SN, PG, IBO, SWELLEX).

e.g. rod-type SN-anchor (item number 2866*6) is defined by the capacity and length; the price of one piece comprises all supplies and works necessary for proper functioning of the anchor, i.e. the anchor itself, face plate, nut and washer, the drilling, insertion and grouting of the anchor, activation and transport. Extra charges for drilling in wet conditions, borehole diameter, drillability class and others are excluded.

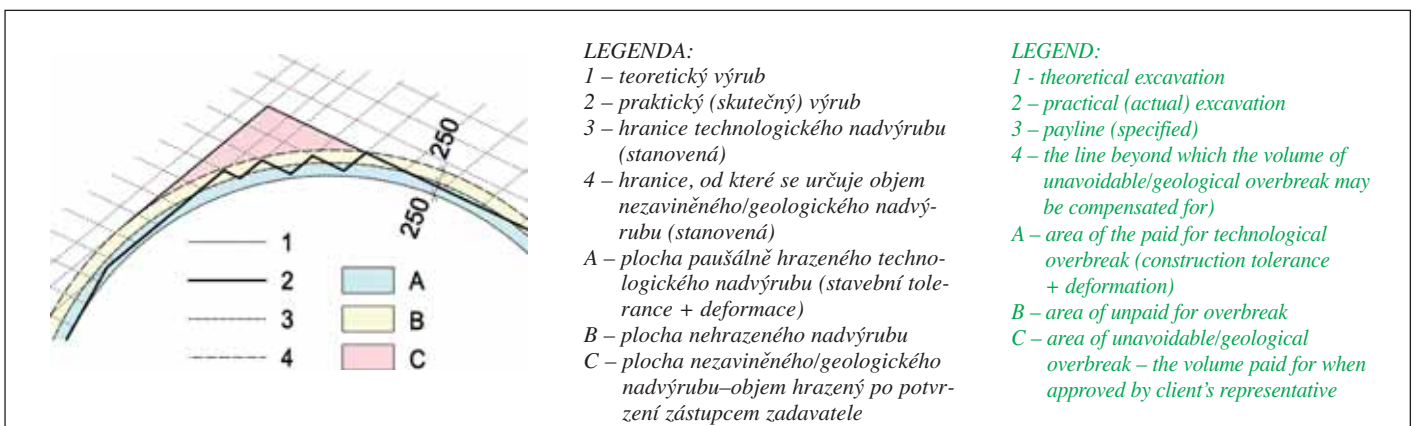
This approach was made possible owing to the relatively high degree of knowledge about the problems of the construction and rock environment, and thanks to the detailed documentation of the excavation of the exploration gallery, including the tests which were conducted. The excavation of the exploration gallery comprised, in addition, the excavation of the so-called “passing bays”. The shape of the passing bays was identical with the shape of the top heading of the future three-lane tunnel, therefore it was possible to monitor the behaviour of the rock mass during the excavation of the future tunnel profile. This method allowed the designer to determine the parameters of the conditions for the future excavation (the anticipated behaviour, deformations, water ingress) with a sufficient degree of certainty.

A similar approach was applied to some items of the tender conditions for the geotechnical monitoring (GTM); for example, at the measurement of deformations of the primary lining in the tunnel (the so-called convergences), all items are aggregated into two items (the supply and installation of a measuring point and the number of measurements). In addition, this activity is paid for at a fixed price for a time unit (e.g. a month), where the number of measurement stations and maximum number of measurements during the whole GTM contract is defined. The proper application of this system results in more flexible and effective execution of the GTM.

Chapter 24 of Special Specifications for Road Structures

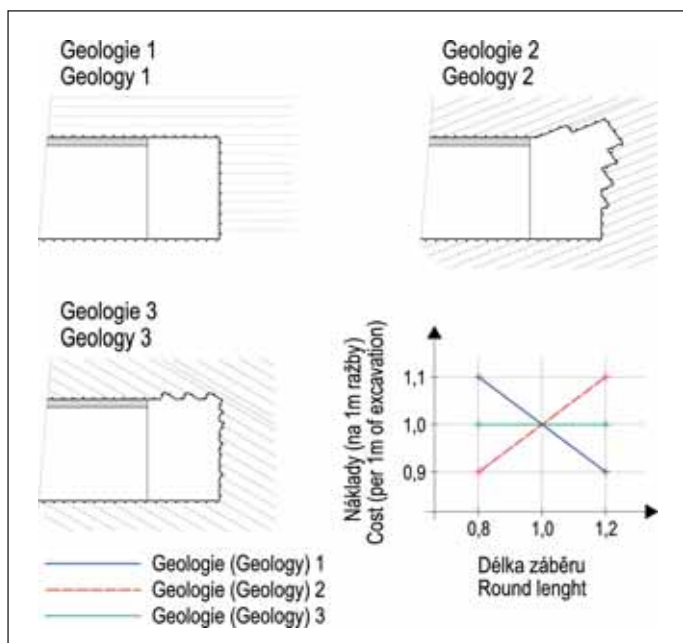
Chapter 24 of the Special Specifications for Road Structures supplements the Specifications for Road Structures and the Industrial Classification of Engineering Structures and Works on Roads, Chapter 24 – Tunnels. Together with the General Specifications, the Special Specifications define technical requirements for individual work procedures for specific project. They partially correspond to foreign Specifications or “Richtlinie” (guideline).

The Special Specifications were based on the needs for effective excavation using an observational method (the NATM) in the current conditions of the project of mined tunnels in construction lot 514 and incorporated the principles which had been applied by the designer, for example, to the Prague metro construction and experience of international projects.



Obr. 3 Technologický nadvýrub, hrazený a nehrazený, geologický nadvýrub hrazený

Fig. 3 Unavoidable/technological overbreak - paid for and unpaid for; geological overbreak – paid for



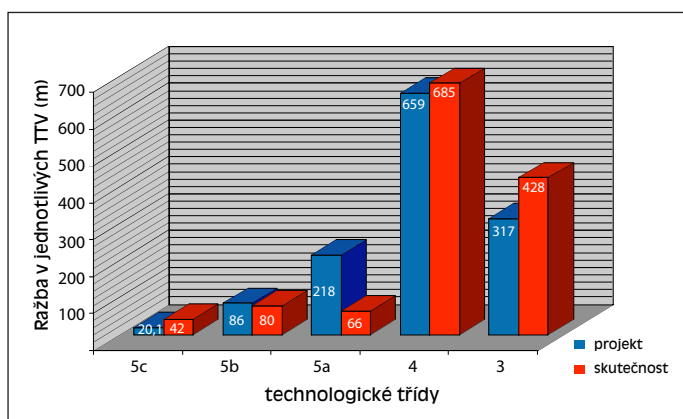
Obr. 4 Závislost nákladů na délce záběru a geotechnických podmínkách
Fig. 4 Dependence of costs (expenditures) on the excavation round length and geotechnical conditions

a k provádění přesného tvaru výrubu (někdy i na úkor délky záběru či rychlosti postupu). Zhotovitel si v mezích daných TTV může optimalizovat ražbu (např. zkrátit záběr, zpřesnit výrub a zmenšit spotřebu SB) podle svých potřeb a možností, neboť úhrada je paušální.

ZKUŠENOSTI Z PROVÁDĚNÍ TUNELU LOCHKOV

Ražba tunelu Lochkov byla zahájena 4. 12. 2006 ve dvoupruhovém, 1270 m dlouhém tunelu úpadní ražbou z lochkovského portálu. Prorážka kaloty do radotínského portálu se očekávala do konce dubna 2008. Ražba třípruhového, 1300 m dlouhého, tunelu byla zahájena 14. 2. 2007 a ražba kaloty byla ukončena prorážkou na radotínském portále 7. 12. 2007.

Nově zavedený model zadávacích podmínek přispěl k poměrně hladkému a rychlému průběhu ražeb, motivoval zhotovitele k opatrnému provádění ražeb a omezil nutnost některých kontrolních činností zadavatele (např. 3D scanování výrubu vyražených záběrů). Organizace kontroly a řízení stavby zadavatelem jsou prováděny prostřednictvím GTM, technického dozoru stavby (TDS) a technické pomoci pro ražby (TP). Rozhodování o upřesňování provádění ražeb bylo prováděno kolektivně za přítomnosti výše uvedených zástupců zadavatele a zhotovitele, kteří potvrzovali formulář dalšího postupu. Vzhledem k faktu, že většina subjektů (na straně zadavatele) se účastnila ražby průzkumné štoly a měla tedy nadstandardní místní geotechnické znalosti a vybudované vzájemné vztahy, probíhal celý rozhodovací proces velmi kompetentně a věcně. Poměr předpokládaného (DZS) a skutečného rozložení technologických tříd výrubu po ražbě kaloty je na obr. 5.



Obr. 5 Předpokládané a skutečné rozložení technologických tříd v třípruhovém tunelu

Fig. 5 Anticipated and actually encountered proportions of excavation support classes in the three-lane tunnel

Aggregate work items for the excavation of 1m of the tunnel for individual excavation support classes were created for the purpose of pricing and payment (and for the purposes of the bidding, which had preceded). An aggregate item comprises prices of individual excavation operations and support measures required by the specification. Because the excavation advance length, specified for each particular excavation class, varies within specified limits (e.g. 0.8 – 1.2m for class 5), which means that the actual quantity of work and means of excavation support per linear meter vary, the value was determined with a $\pm 20\%$ margin. The aggregate price per 1m of the tunnel excavation will be adjusted only when the cost of the actually used means of excavation support differs by more than $\pm 20\%$. The excavation support is understood to consist of shotcrete, mesh, lattice girders, radial anchors and dowels. The above measure will significantly simplify the process of pricing of and payment for works and, at the same time, will contribute to higher degree of utility of the flexibility of the NATM and effectiveness of the works execution.

The costs incurred due to unavoidable/technological overbreaks, removal of muck and backfilling of the voids with shotcrete are compensated within the 25cm margin between the theoretical excavation line and the "payline". Radial deformations to the excavated space (convergences), for which the DZS specified a maximum value of 5cm, are also allowed for in this margin. The removal of muck and filling of the overbreak with shotcrete is paid for by a lump sum, which compensates for contractor's work which has to be always carried out to a certain extent, for technological reasons. The removal of muck from the annulus between the payline (25cm margin) and a line defining a 50cm margin, and filling of the overbreak with shotcrete are never paid for. An unavoidable, geologically conditioned overbreak is compensated for in the extent which exceeds the 50cm margin line only if it is larger than 1m³ in each individual case.

The practical procedure for the application of the above-mentioned principles is as follows:

The client/client's representatives specify safety criteria for the operations, i.e. they specify the maximum recommended length of the round and excavation advance length, possibly even other measures (spiling, anchors, a support core, face shotcrete sealing or maximum/minimum permitted limits);

- the contractor is free to determine the work procedure items which affect the efficiency/costs of the work, i.e. the method of ground disintegration, precision of the excavation geometry (overcutting), the excavation advance length (within the given limits), modification of the support;
- the client/client's representatives do not measure the real shape after each excavation advance and do not pay the contractor for actual volumes (deviating due to inconsiderate disintegration of the ground or the length of the excavation advance)

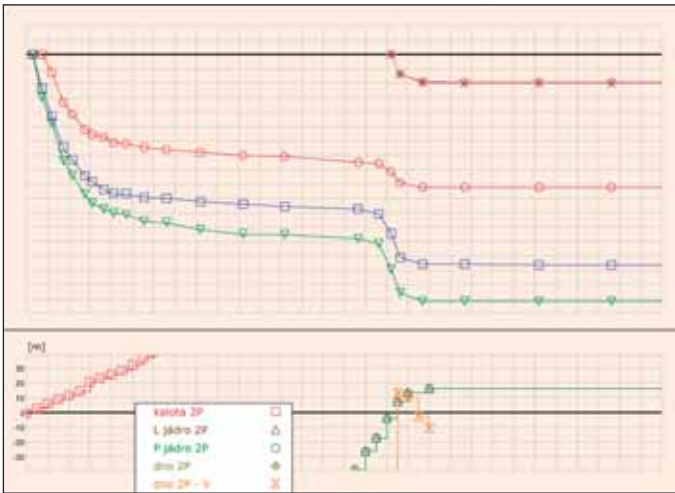
The above-mentioned principles have the following practical effect:

This system of tender conditions motivates the contractor to optimise the excavation operations. The contractor is motivated through the tender conditions to careful disintegration/excavation, which reduces the disturbance to the rock mass in the surroundings of the excavation, and to keeping precisely the design contour of the excavation (sometimes even at the expense of the excavation advance length or the advance rate). The contractor is allowed to optimise the excavation processes (e.g. to reduce the excavation advance length, increase precision of the excavated profile and to reduce the consumption of shotcrete), within the limits given by the respective excavation support class, as it needs and is able; the payment is in the form of a lump sum.

EXPERIENCE GAINED DURING THE LOCHKOV TUNNEL EXCAVATION

The excavation of the Lochkov tunnel commenced on 4.12.2006, starting at the Radotín portal of the 1270m long, double-lane tunnel tube, on a down gradient; the top heading breakthrough is expected by the end of April 2008. The excavation of the 1300m long, three-lane tunnel tube started on 14.2.2007 and the top heading broke through the Radotín portal on 7.12.2007.

The newly introduced model of tender conditions contributed to the relatively smooth and quick progress of the excavation, motivated the contractor to carry out the excavation carefully and diminished the necessity for some of the client's inspection activities (the scanning of completed excavation after each advance).



Obr. 6 Vliv uzavření spodní klenby na deformace; typický průběh deformací v oblasti zhoršených geotechnických vlastností masivu

Fig. 6 The effect of the closing of the profile by an invert on deformations; a typical deformation curve in an area of worsened geotechnical properties of the rock mass

Průzkumná štola v třípruhovém tunelu (se stropní částí ponechávající jako podélný nosník nad středem kaloty a s dělenou čelbou kaloty) přispěla ke stabilitě výrubu především v místně zastížených zhoršených geotechnických podmínkách. Z hlediska provozního umožnila efektivní větrání a vytvořila nezvykle dobré pracovní prostředí na čelbě. Svým drenážním účinkem omezila vliv vody na stabilitu výrubu na minimum a oba tunely jsou po ražbách v podstatě suché, s lokálními průsaky.

V průběhu přípravy a realizace ražeb došlo k několika úpravám a změnám vzhledem k DZS a zadávacím podmínkám. Tyto změny nepřekročily standardní úpravy ražby prováděné NRTM. Byla zavedena TTV5c (zajištění spodní klenbou v kalotě) a použita u lochkovského portálu v obou trubkách v délce několika desítek metrů, dále v délce cca 15 m před výhybnou č. 1 průzkumné štoly (kde byly při ražbě štoly zastíženy zhoršené podmínky ražby a velké progresivní deformace). Uzavření profilu spodní klenbou bylo dále provedeno v 25 m úseku dvoupruhového tunelu v oblasti potenciálně ovlivňující sedání na povrchu v oblasti zástavby. S výjimkou dvou poruchových zón nepřekročily deformace ostění 5 cm, tj. hodnotu předpokládanou v DZS. V těchto zónách byla potvrzena důležitost uzavírání profilu spodní klenbou pro omezení deformací a stabilizaci masivu.

Důležitým aspektem ražeb byla omezení při ražbách pod zástavbou, která byla v průběhu stavby upravována i nad rámec předpokládaných opatření. Negativní vliv stavby na zástavbu a obyvatele byl maximálně omezen díky intenzivní spolupráci zadavatele a zhotovitele, a průběžná velmi podrobná informovanost veřejnosti v ovlivněné oblasti přispěla k přijatelnosti stavby pro většinu obyvatel. Případné nároky majitelů nemovitostí v ovlivněné oblasti budou řešeny po dokončení tunelů. Již dnes je ale možné konstatovat, že vlivem ražeb nedošlo k žádným staticky a funkčně relevantním poškozením.

ZÁVĚR

Nový model zadávacích podmínek pro výstavbu tunelů Lochkov na stavbě SOKP 514 se při vlastním provádění osvědčil. Předstihové provedení průzkumné štoly umožnilo poměrně přesně stanovit očekávané podmínky ražeb a zapracovat je do zadávací dokumentace tak, aby se zjednodušilo provádění vč. řízení, kontroly a úhrad provedených prací. Přestože každý tunelový projekt představuje specifický problém, ke kterému je zapotřebí přistupovat individuálně, některé principy použité při zadání a realizaci tunelů Lochkov je možné použít i na většině budoucích tunelových projektů v ČR.

ING. MARTIN SRB, srb@d2-consult.cz, D2 CONSULT PRAGUE s. r. o.
Recenzoval: Ing. Libor Mařík

The organisation of the client's inspection and control is through the GTM, the Supervising Engineer and the Technical assistance for excavation. Decisions on the adjustment of the excavation procedures were made collectively, in the presence of the above-mentioned representatives of the client and contractor, who signed a form for the further procedure. Considering the fact that the majority of subjects (on the client's side) had participated in the excavation of the exploration gallery and had, therefore, not only above-standard knowledge about the local geotechnical conditions but also well developed mutual relationships, the entire decision-making process was very competent, pragmatic and smooth. The proportion of the anticipated (in the DZS) and actually encountered excavation support classes in the top heading is shown in Fig. 5.

The exploratory gallery along the three-lane tunnel (with its roof left in the crown unbroken to act as a longitudinal beam over the centre of the top heading and with the top heading face divided into sequences) contributed to the stability of the excavation, above all in the locations where locally worsened geotechnical conditions were encountered. From the operational point of view, the gallery made effective ventilation possible and created an unusually good working environment at the face. Owing to its drainage effect, the influence of water on the excavation stability was reduced to a minimum and both tunnel tubes are now, when the excavation is finished, essentially dry, only with local seepages.

Several modifications and changes with respect to the DZS and tender conditions were carried out during the planning stage and the construction. The changes did not exceed the standard scope of deviations occurring in the process of the NATM excavation. The excavation support class 5c which was added (the support by means of an invert in the top heading) was applied to several tens of meters of the excavation at the Lochkov portals of both tunnel tubes, and to about 15m of the excavation before the passing bay No. 1 in the exploration gallery (worsened excavation conditions and large deformations during the excavation of the gallery). The closure of the profile by an invert was further performed along a 25m long section of the double-lane tunnel, in an area where surface buildings were potentially threatened by surface settlement. Excepting two weakness zones, deformations of the lining did not exceed 5cm, which is the value which had been anticipated by the DZS. The importance of the closing of the profile by an invert for the reduction of deformations and stabilisation of the rock mass was confirmed in those zones.

An important aspect of the excavation was the array of restrictions applied to the excavation under existing buildings, which were adjusted even beyond the scope of the anticipated measures. The negative impact of the construction on the buildings and residents was maximally reduced owing to the intense collaboration between the client and contractor; the fact that the residents of the area affected by the excavation were continually kept well informed contributed to the acceptability of the construction for the majority of the population. Contingent claims laid by landowners in the affected area will be settled after the completion of the tunnels; nevertheless, we can already today state that neither structurally nor functionally relevant damage was caused by the excavation.

CONCLUSION

The new model of tender conditions for the construction of the Lochkov tunnels in construction lot 514 proved during the construction phase well. Owing to the exploratory gallery, which was driven in advance, the anticipated excavation conditions could be determined relatively exactly and could be introduced into the tender documents; thus the execution of the works, including the control, checking and payments for the completed works were simplified. Even though every tunnelling project represents a specific problem which must be approached individually, some of the principles which were applied to the preparation of tender conditions and the construction of the Lochkov tunnel are applicable even to most of the future tunnelling projects in the Czech Republic.

ING. MARTIN SRB, srb@d2-consult.cz, D2 CONSULT PRAGUE s. r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] J. Zmítka, M. Srb, E. Stehlík, K. Klima, T. Svoboda: Geotechnické vyhodnocení ražby štoly SOKP 514–2005.
- [2] Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací–MDČR 2003