

## **GEOLOGICKÝ MONITORING TUNELŮ OVČIARSKO, ŽILINA A POVAŽSKÝ CHLMEC**

### **GEOLOGICAL MONITORING OF THE OVČIARSKO, ŽILINA AND POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNELS**

**Jakub Ondráček<sup>1</sup>**  
**Daniel Horváth<sup>2</sup>**  
**Jan Šváb<sup>3</sup>**

#### **ABSTRAKT**

Na západě Slovenska, v žilinském kraji probíhá současně stavba tří tunelů. Jedná se o tunel Ovčiarsko a Žilina na dálnici D1 v úseku Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, a dále tunel Považský Chlmec na dálnici D3 v úseku Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno). Geologickou dokumentaci ražeb zajišťuje Arcadis, a.s. a Geofos, s.r.o. Geologové spolupracují při řešení případných problémů majících původ v geologických a hydrogeologických podmínkách. Článek popisuje metodiku geologické dokumentace čelby a problematiku zařazení čelby do tunelářských klasifikací.

#### **ABSTRACT**

To the west of Slovakia in the Žilina region coincides construction of three tunnels in the same time. It is a tunnel Ovčiarsko and Žilina in the section Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka of highway D1, and tunnel Považský Chlmec in section Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) of highway D3. Geological documentation of tunnels excavation provides Arcadis, Inc. and GEOFOS, Ltd. This report describes methods of geological documentation of tunnel excavation and problems of tunneling classifications.

## **1 Úvod**

Slovensko je svou polohou důležité pro všechny země Evropy zejména jako tranzitní země, skrze kterou povedou dva z hlavních panevropských koridorů, koridor V (Benátky – Terst/Koper – Lublana – Budapešť – Užhorod – Lvov) a koridor VI (Gdaňsk – Katovice). Součástí výstavby koridoru V jsou tunely Ovčiarsko a Žilina (obr. 1), které se nacházejí v blízkosti města Žilina, na dálnici D1 v úseku Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Dálnice D1 je nejvýznamnější a nejdélší slovenskou dálnicí, která po svém dokončení spojí Bratislavu

---

<sup>1</sup> Mgr. Jakub Ondráček, Arcadis CZ, a. s., divize Geotechnika, Šumavská 525/33, 602 00 Brno, tel.: +420601574640, e-mail: [jakub.ondracek@arcadis.cz](mailto:jakub.ondracek@arcadis.cz)

<sup>2</sup> Mgr. Daniel Horváth, Arcadis CZ, a. s., divize Geotechnika, Šumavská 525/33, 602 00 Brno, tel.: +420727984878, e-mail: [daniel.horvath@arcadis.cz](mailto:daniel.horvath@arcadis.cz)

<sup>3</sup> Mgr. Jan Šváb, Arcadis CZ, a. s., divize Geotechnika, Šumavská 525/33, 602 00 Brno, tel.: +420727984921, e-mail: [jan.svab@arcadis.cz](mailto:jan.svab@arcadis.cz)

s hraničním přechodem Záhor na státní hranici s Ukrajinou. Výstavba tunelu Žilina započala dne 5. listopadu 2014 při západním portálu a ražba tunelu Ovčiarsko dne 12. září 2014 při západním portálu.

Součástí panevropského koridoru VI je dálnice D3 (Hričovské Podhradie – Kysucké Nové Mesto – Čadca – státní hranice Slovensko/Polsko). Dnem 16. února zde začala samotná ražba tunelu Povážský Chlmec (obr. 1), jenž je součástí dálničního úseku Žilina-Strážov - Žilina-Brodno.



Obr. 1 Lokalizace staveb (www.mapy.cz)  
Fig. 1 Localization of tunnels (www.mapy.cz)

## 2 Technický popis staveb

Níže uvedené tunelové stavby jsou složeny ze dvou samostatných tunelových trub, každá pro příslušný jízdní směr, jejichž ražba probíhá v zásadách Nové Rakouské tunelové metody (NRTM), jedná se o cyklický způsob ražení.

Tunel Ovčiarsko je navrhnutý s dvěma tunelovými rourami kategorie 2T – 8,00 s délkou JTR 2367,00 m a délkou STR 2360,00 m. Maximální výška nadloží tunelu činí přibližně 155 m. Ražba tunelu probíhá jak od západního, tak i od východního portálu. Jednotlivé tunelové roury jsou propojeny únikovými cestami, jedná se o tři přechodové propojky pro obslužné a záchranné vozidla a pět únikových cest pro chodce. V letech 1997 až 1998 byla za účelem vypracování inženýrskogeologického průzkumu vybudována průzkumná štola, která se nachází v místě severní tunelové roury a je průchodná po celé své délce.

Tunel Žilina se svoji délkou cca 687 m prochází územím Vážskej kotliny, napojením na stavbu dálnice D1 Vrtižer – Hričovské Podhradie v km 24,118. Zde se nachází křižovatka dálnice D1 a D3, tzv. Křižovatka Hričovské Podhradie. Západním portálem se vjíždí do tunelu Ovčiarsko, který je ražen v masivu příbradlového pásma a západní okraj paleogenní výplně žilinské kotliny. Od východního portálu se dostává do žilinské kotliny, která je orientovaná jižně od obce Bitarová. Morfologický výběžek Dúbravy překonává trasa tunelem Žilina. Po vyústění z tunelu se trasa dostává do doliny Rajčianky, kterou překleneje estakádou mezi Lietavskou Lúčkou a Bytčicou. Po překonání údolí se dostává trasa do pahorkatinné části předhoří Malé Fatry. Konec

úseku je v km 35,435 – v místě, kde se trasa napojuje na dálniční mimoúrovňovou křižovatku Žilina – jih a v ní na přivaděč Lietavská Lúčka - Žilina.



Obr. 2 Situace tunelu se zobrazením portálových částí a směrem ražení  
Fig. 2 Portal of the tunnel and direction of tunnel excavation

Tunel Považský Chlmec probíhá stavěným úsekem dálnice D3 na trase Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) v km 6,850 – 11,100. Polohově se nachází severozápadně od centra Žiliny. Tento tunel má pomoci odlehčit vytíženým úsekům cest (I/11 a I/18) a zrychlit dopravu do Polska. Tunel je navržen jako dvoutroubový kategorie T2-8 s šířkou vozovky mezi obrubníky 8 m a výškou průjezdného průřezu 4,8 m, pro každý příslušný jízdní směr. Severní tunelová trouba měří 2252,5 m a jižní má délku 2189,4 m. Obě tunelové trouby mají esovitý tvar pro plynulé napojení na stávající dopravní infrastrukturu. V každé tunelové troubě je navrženo 17 SOS výklenků. Po celé trase je přibližně ve vzdálenosti 250 m od sebe rozvrhnuo 8 propojek, z nichž jedna vznikne jako hloubená v místě středového portálu. Propojky v případě nouze poskytnou únik do bezpečí. Samotná ražba tunelových trub se realizuje na šesti místech současně. Dvě ražby se provádí ze západního portálu a další čtyři ze středového (obr. 2).

Tunel je rovněž zajímavý svým napojením na dva mostní objekty. Ve směru na městskou část Žilina (Strážov) povede cca 1500 m dlouhá estakáda přes vodní dílo Hričov a směrem na městskou část Žilina (Brodno) se bude napojovat na 400 m dlouhý most, který povede přes řeku Kysuci.

### 3 Geologické poměry

Tunel Ovčiarsko probíhá v zóně tektonického styku Vnějších a Vnitřních Západních Karpat, jižně od bradlového pásma, v tzv. Příbradlové zóně (Mahel 1986). Na základě výsledků inženýrskogeologického průzkumu je horninový masiv tunelu Ovčiarsko tvořený dvěma základními tektonickými jednotkami, Manínskou jednotkou (Vnitřní Západní Karpaty) a Vnitrokarpatským paleogénem, jenž spadá do Vnitřních Západních Karpat (Matejček a kol. 1998). Manínská jednotka (Mesozoikum, stupeň: kampan-maastricht) je zde tvořena flyšovým

souvrstvím, t.j. střídání slínovců, jílovců, pískovců a slepenců, ojediněle i vápenců. Vnitrokarpatký paleogén je zastoupený ve vývoji Hričovsko - Žilinského paleogénu (paleocén), jenž je na západním portálu tunelu reprezentován pruhem jílovců s bloky riftových vápenců a souvrstvím jílovců, pískovců a slepenců. Dále je Vnitrokarpatký paleogén zastoupen souvrstvím jílovců, pískovců a slepenců ve vývoji tzv. Súlovských slepenců (eocén) a Domanižských vrstev (střední eocén). Poslední souvrství Vnitrokarpatského paleogénu je reprezentováno souvrstvím Žilinských vrstev (eocén) s vývojem jílovcovo-pískovcového souvrství. V oblasti portálu je povrch území zastoupený komplexem kvartérních sedimentů, respektive deluviálních jílu a hlinitých sutí.

Trasa tunelu Ovčiarsko je charakterizována složitou tektonickou stavbou, od málo porušených hornin až po zcela tektonicky porušené horniny. Tektonické poruchy jsou charakterizované jako přesmyky, poklesovými zlomy, vrásami, puklinovými systémy a budináží. Sklon dislokací kolísá od subhorizontálního sklonu až do 80 stupňů, směr sklonu převládá k severozápadu. V oblasti východního portálu se uplatnily zejména recentní i pleistocenní svahové pohyby. V současnosti jsou všechny sesuvy stabilizovány.

Tunel Žilina je situovaný v paleogenním hřbetu mezi údolím Bitarovského potoka a údolím řeky Rajčianky s nadmořskou výškou 360 – 410 m n. m., s morfologicky výraznou terasovou plošinou a s mírnými svahy. V roce 1996 byl realizován průzkum z povrchu formou svislých jádrových inženýrskogeologických a hydrogeologických vrtů, šachticemi, terénními zkouškami a povrchovými pracemi (Matejček a kol. 1999). V roce 1998 byl průzkum doplněn jádrovými, svislými inženýrskogeologickými vrty v ose dálnice. Na základě výsledků byl reinterpretován profil masivu tunelu se základními inženýrskogeologickými charakteristikami masivu v ose dálnice D1 (Matejček a kol. 1998). Na základě těchto etap průzkumu jsou inženýrskogeologické poměry charakterizované následovně. Horninový masív je budovaný paleogenním souvrstvím jílovců, pískovců a siltovců (do 10 %), ale převážně v celém úseku tunelu převažují především jílovce. Paleogenní souvrství je překryto kvarterními útvary. Ty jsou reprezentovány terasovým a deluviálním komplexem. Terasový komplex ve vývoji střední terasy Rajčianky je vyvinutý na levém svahu údolí řeky mezi Bytčicou a Bánovou. Komplex je zastoupený terasovými jíly a šterky s polohami písků. Deluviální komplex je vyvinutý v oblasti západního portálu a přilehlého úseku hřbetu nad tunelem. Mezi nejvýznamnější geodynamické procesy, které jsou vyvinuté v koridoru tunelu Žilina patří svahové pohyby, zvětrávání, eroze a objemové změny. Zastoupení sesuvného deluvia je vyvinuté v okolí západního portálu, které však nezasahuje do portálové části. Ve východní části bude zrealizován zářez. Poloskalní horniny paleogenního komplexu degradovaly na zeminy. Zóna zvětrání zasahuje do hloubky více jak 10 m od povrchu paleogenního podloží. Břehy povrchových toků jsou postihnuty erozí, v koridoru tunelu Žilina levostranný břeh a svah Rajčianky. V tomto svahu je situovaný východní portál tunelu. Svahy jsou citlivé na erozi v případě odstranění vegetační pokrývky.

Zájmová oblast tunelu Považský Chlmec spadá do vnějších Západních Karpat. Dle jejich tektonického členění jde o Bradlové pásmo se svou kysuckou jednotkou, někdy též nazývanou kysucko-pieninskou. Jedná se o tzv. hlubokovodní vývoj (Kováč a kol. 1993). Litostratigraficky odpovídá sněžnickým vrstvám svrchnokřídového stáří (turón - spodní santón). Jsou zde zastoupeny hlavně horniny flyšové formace s exotickými slepenci. Flyš je reprezentován střídáním poloh jílovců, jemnozrnných vápnatých pískovců a slínovců (Andrusov - Samuel 1983). Z kvartérního pokryvu jsou zastoupeny antropogenní, deluviální, deluviálně - proluviální, proluviální, fluviální a terasovité komplexy. Vesměs se jedná o jílovitý, písčitý a šterkovitý sediment o mocnosti jen pár metrů (Matejček a kol. 1999). Celková výška nadloží tunelu se pohybuje od 4 m do 124 m.

Tektonika hornin v tunelu odpovídá strukturám flyšových příkrovů. Převažující orientace ploch vrstevnatosti po deformaci je v sj. směru s úklonem k V. Při ražbě tunelu se prochází také přes několik zlomových pásem. Zlomy obvykle vedou napříč vrstvami hornin zhruba ve směrech SSZ – JJV s úklonem k VSV a jsou na nich patrné známky tektonického porušení (jako například akreční stupně, redepozice původně souvislé vrstvy apod.).

#### **4 Geotechnický monitoring a technologie**

Nedílnou součástí geotechnického monitoringu je i geologická dokumentace jednotlivých vyražených úseků tunelu. Během geologické dokumentace se zaznamenává litologická stavba vyraženého úseku, směr a sklon diskontinuit, přítomnost podzemní vody, geotechnické vlastnosti hornin a jejich popis dle STN 72 1001 a STN EN ISO 14689-1. Pro určení vystrojovací třídy slouží bodové ohodnocení horninového masivu, které se stanovuje na základě klasifikačního kritéria RMR (Rock Mass Rating dle Bieniawského 1976). Dále se posuzuje procentuální ohodnocení horninové masivu dle klasifikace QTS (Tesař 1979).

V současné době probíhá od západního portálu tunelu Ovčiarsko ražba ve vystrojovací třídě 4/2, jenž je charakterizována polymiktními, slabě zvětranými až zdravými, středně až drobnozrnnými slepenci s přechodem do pískovců, s vápnitou matrix (pevnost R3 – R2, RQD 75 – 90 %). Dále střídáním poloh slínovců, jílovců, písčitých jílovců a prachovců (pevnosti R3 – R4, RQD 25 – 50 %) s polohami jemnozrnných pískovců (pevnosti R3 – R2, RQD 75 – 90 %). Obr. 3 představuje charakteristické horniny pro tuto třídu. Všechny výše zmíněné horniny jsou paleogenního stáří. Primární ostění se skládá ze stříkaného betonu o tloušťce 15 cm, příhradových nosníků (BTX, 100/22/28), třecích kotev s únosností 150 KN a délky 4 m a ocelových jehel o průměru 28 mm a délky 4 m. Profil tunelu tvoří půlkruhovitá kalota s opěřím. Délka záběru je v rozmezí od 1,7 m do 2,2 m a provádí se pomocí trhacích prací a pomocí tunelbagrů dochází k cílové upravě čelby. Ražba ve vystrojovací třídě 4/2 však neprobíhá kontinuálně po celou dobu ražby tunelu. K dalším vystrojovacím třídám dle projektu patří třídy 7 MP, 6/5, 6/4, 6/2, 6/1 a 5/2, které se mezi sebou střídaly po celou dobu ražby.



Obr. 3 Střídání poloh slepenců s jílovcí v severní tunelové rouře od západního portálu  
Fig. 3 Layer with Conglomerates and claystones in the northern tube from western portal

Od východního portálu je však situace zcela opačná, ražba zde probíhá ve vystrojovacích třídách 7 MP a 8/1 MP z důvodu velmi nepříznivých geologických podmínek. Horniny jsou zde tvořeny jílovcí až prachovci, kde jejich stupeň zvětrání kolísá od středně zvětralých až po zcela zvětralé místy až rozložené na zeminy (R5 – R6, RQD 0 – 25 %, obr. 4). Občas se zde vyskytují polohy jemnozrnných laminovaných pískovců (středně zvětrané, R3 – R4, RQD 35 – 50 %). Tektonika je zde charakterizována poklesovými zlomy a puklinovými systémy. Primární ostění se sestává z příhradových nosníků (BTX, 50/18/25), stříkaného betonu (tloušťkou 35 cm), který je vyztužen dvěma vrstvami kari sítí, dále jsou použity samozávrtné jehly R32 (únosnost 300 kN) délky 4 m a radiální jehly délky 6 m s únosností 280 kN. Ke stabilitě čelby dále slouží mikropilotový deštník délky 18 m a průměru 35 mm (30 ks). U obou tříd je celý profil tunelu uzavřen spodní klenbou, tvar ostění tvoří tedy půlkruhová kalota, opěří a spodní klenba. Délka záběru se pohybuje v rozmezí od 0,80 m do 1 m ve třídě 7 MP a od 0,6 do 0,8 m ve třídě 8/1 MP. Ražba v těchto třídách se provádí pomocí tunelbagrů.



Obr. 4 Střídání poloh jílovců v severní tunelové rouře od východního portálu  
Fig. 4 Layers of claystones in the northern tube from eastern portal

Od západního portálu probíhá ražba tunelu Žilina ve vstrojovacích třídách VT 7/2, VT 7/2 MOD a VT 7/5. Tunel Žilina je komplikovaná stavba, hlavně po geologické stránce a nízko položeného nadloží, maximální nadloží je cca 32 m. Na západním portále je velké zastoupení jílovců se stupněm zvětrání, který kolísá od středně až po zcela zvětralé (pevnosti R5 – R6, RQD 0 %) (obr. 5). Tunel je ražen pomocí tunelbagrů a délka záběru se pohybuje v rozmezí 0,8 m až 1,0 m. Kvůli složitosti stavby se musí hlídat technologický postup a v průběhu ražení se případně mění na různé vstrojovací třídy. Primární ostění se skládá z příhradových nosníků (BTX), stříkaného betonu, samozávtrných jehel a radiálních jehel. Dále ke stabilitě čelby slouží mikropilotový deštník a čelbové kotvy v počtu 60 – 75 ks. U všech tříd je celý profil tunelu uzavřen spodní klenbou, tvar ostění tvoří tedy půlkruhová kalota, opěří a spodní klenba.



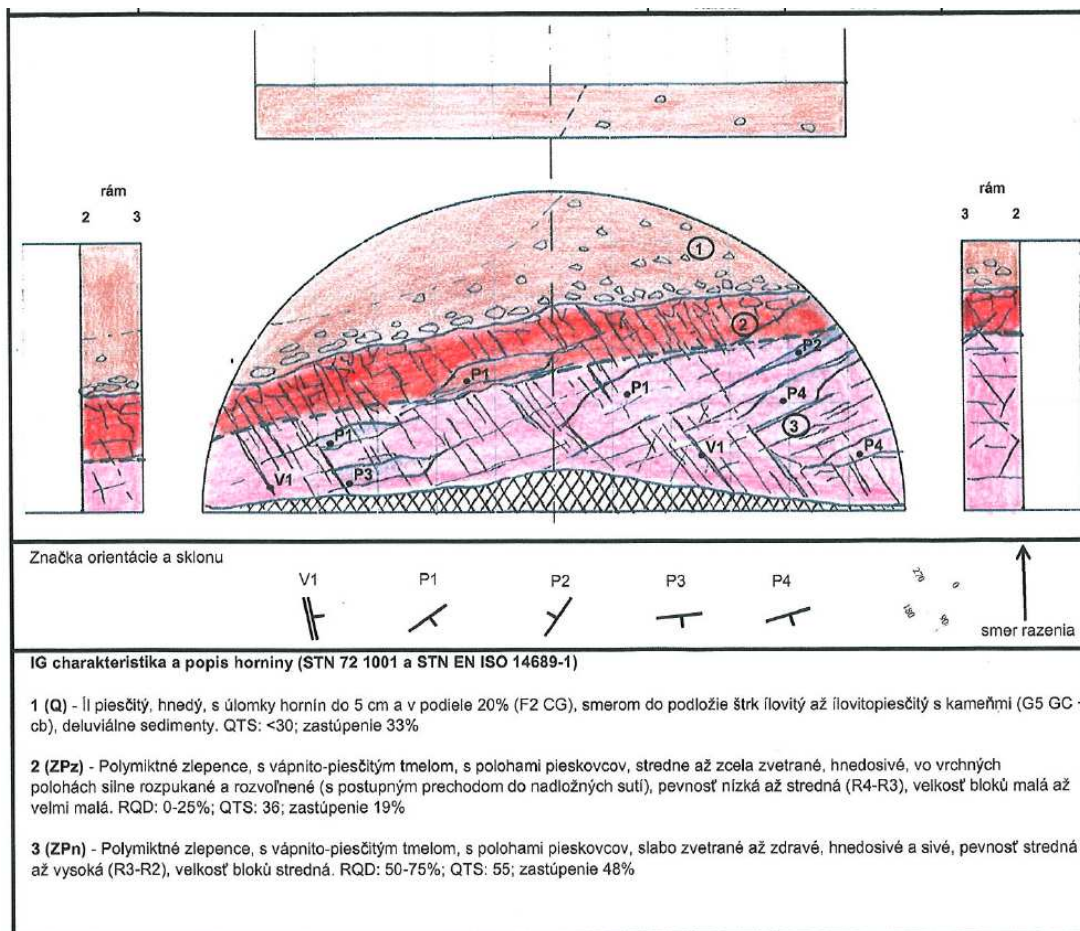
Obr. 5 Čelní pohled na kalotu v jižní tunelové rouře  
Fig. 5 Front view of the top heading in the southern tunnel tube

Dle projektu tunelu Povážský Chlmec je počítáno s 8 vystrojovacími třídami NRTM. Jedná se o třídy VT 4/1, VT 4/2, VT 5/1, VT 5/2, VT 6/1, VT 6/2, VT 6/3 a VT MP1. Mezi jednotlivými vystrojovacími třídami jsou rozdíly například v typu, délce a počtu kotev, mocnosti stříkaného betonu, tloušťky KARI sítě či možné délce záběru. Také se od nich odvíjí i stávající tvar tunelu, který může být uzavřen spodní klenbou nebo jen patkami. Všechny třídy jsou navrženy s horizontálním členěním na kalotu a opěří. Od třídy 6/1 a výše se přidává i ražba dna. Užití vystrojovací třídy se odvíjí od geologických podmínek (více viz geotechnický monitoring). Samotné rozpojování hornin se provádí hlavně pomocí trhacích prací, ale také mechanicky za pomoci tunelbagrů.

Geotechnický monitoring je navržen s cílem kontroly, která umožňuje změnit zajištění tunelu v případě zhoršených nebo lepších geologických podmínek. V rámci geotechnického monitoringu se sledují konvergence v tunelu, svahové pohyby, inklinometrická měření, hladiny podzemních vod ve vrtech a seizmická aktivita. Součástí prací geotechnického monitoringu je i stálý geologický dohled, který souvisí s realizací geotechnické dokumentace při ražení a vystrojování tunelových trub. Pro určení postupu ražby a vystrojovací třídy na tunelu Povážský Chlmec slouží indexová klasifikace hornin QTS dle Tesaře (1979). Kvalita horniny je zjišťována pomocí indexu RQD (Rock Quality Designation dle Palmstoma 1982), zde nastává ovšem menší rozpor, jelikož by se neměl určovat u hornin s diskontinuitami obsahující jílu. Což je u typického flyše problematické.

Prvotní geologická dokumentace čelby tunelu byla na středovém portálu dne 16. února na jižní tunelové troubě směrem na západ (obr. 6).





Obr. 6 Ukázka dokumentace čelby se zaříděním hornin dle norem  
 Fig. 6 Geological documentation with the classification of rocks according to standards

## 5 Závěr

U tunelu Ovčiarско bylo doposud vyraženo 1063,05 Tm severní tunelové roury od západního portálu a 954,38 Tm jižní tunelové roury. Od východního portálu bylo vyraženo 35,41 Tm jižní roury a 104,86 Tm severní roury.

Ražba tunelu Ovčiarско probíhá v obtížných podmínkách, které jsou dány rozdílnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi hornin v jediné čelbě (pevnost, stupeň zvětrání, zdravotnost), nevhodnou orientací diskontinuit, ražbou na kontaktu tektonických poruch a výskytem podzemní vody, především v souvrstvích jílovců.

U tunelu Považský Chlmec je vyraženo přibližně 1500 z celkových 4400 m. Ražba od západního portálu probíhá v horších geologických podmínkách než od středového portálu, které jsou dány tektonikou a výskytem podzemní vody.

Ražba tunelu Žilina probíhá v nejsložitějších geologických podmínkách co se týče dálničního úseku Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Ražbu komplikuje nízké nadloží, výskyt podzemní vody a velmi špatná geologie (svahové pohyby, pevnost hornin a jejich stupeň zvětrání). Stavba tohoto tunelu probíhá tedy velmi pomalu, doposud zde bylo vyraženo 89,94 metrů severní roury a 58,87 metrů jižní roury od západního portálu.

## 6 Seznam použité literatury

Andrusov, D., Samuel, O., *Stratigrafický slovník Západních Karpat II*. Bratislava: Geologický ústav Dionýza Štúra, 1983.

Bieniawski, Z. T., *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley, 1989.

Kováč, M. a kol., *Alpínsky vývoj Západných Karpát*. Brno: Přírodovědecká fakulta Masarykovy University, 1993.

Mahel', M. *Geologická stavba československých Karpát*. Bratislava: Slovenská akadémia vied, Geologický ústav Dionýza štúra, 1986.

Mapy.cz. seznam.cz. [online]. © seznam.cz, a. s., © OpenStreetMap, [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=18.6318402&y=49.2090209&z=12&source=muni&id=23422&q=doln%C3%BD%20hri%C4%8Dov>

Matejček A. a kol., *Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum formou prieskumnej štolne pre tunel*. Žilina. 1998. Závěrečná správa. Geofos, s. r. o. Žilina

Matejček, A. a kol., *Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum*. Žilina, 1999. Závěrečná správa. Geofos, s. r. o. Žilina.

Palmström, A., *The volumetric joint count – a useful and simple measure of the degree of rock jointing*. Proceedings IV congress International Association of Engineering Geology. 1982, č. 2, s. 221-228. New Delhi.

Tesař O., *Klasifikace skalního hornin a jejich využití pro ražení podzemních staveb v Praze*. 1979, č. 8. Praha.