

TUNEL KORBELKA – SÚČASNÝ STAV POZNANIA GEOLOGICKÝCH POMEROV

TUNNEL KORBELKA – ACTUAL KNOW EDGE OF GEOLOGICAL CONDITIONS

Marian Kuvik¹
Július Bohyník²
Martin Borovský³

ABSTRAKT

Diaľnica D1 v úseku Turany - Hubová je v súčasnej dobe posudzovaná v dvoch alternatívnych trasách. V rámci tzv. tunelového variantu je navrhovaný tunel Korbeľka, pretínajúci masív Kopy (1187 m n. m.). V roku 2014 bol realizovaný v trase tunela orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, ktorý poskytol nové informácie o geologických, hydrogeologických a geotechnických pomeroch. Zistené údaje sa v mnohých ohľadoch líšia od doposiaľ prezentovaných štúdií a predpokladov. Cieľom príspevku je zhrnúť súčasný stav poznania s poukázaním na rozdielnosti medzi teoretickými predpokladmi, očakávaniami a zistenou skutočnosťou.

ABSTRACT

There are two main alternative lines of highway D1 Turany - Hubová, which are presently evaluated. In tunnel alternative, massif of Kopa (1187 m a.s.l.) is crossed by designed tunnel Korbeľka. In the year 2014 a preliminary engineering geological and hydrogeological investigation was conducted in the line of tunnel, which offered new information about geological, hydrogeological and geotechnical conditions. The aim of contribution is to summarize actual edge of know and comparison of theoretical assumptions and expectations and detected reality.

1 Úvod

Azda žiadny z plánovaných alebo realizovaných tunelov slovenskej diaľničnej siete nie je predmetom toľkých vášnivých diskusií, či už odborných alebo laických a politických, ako potenciálny tunel Korbeľka, nachádzajúci sa na úseku diaľnice D1 medzi Turanmi a Hubovou. Píšeme potenciálny, pretože ani do dnešného dňa nie je jasný jeho osud – či dôjde k zavrnutiu pretrasovania diaľnice týmto tunelom, alebo naopak, či tí, ktorí o jeho realizácii môžu rozhodnúť posunú jeho prípravu do ďalšej etapy a prípadne až k výstavbe. Jedným z argumentov, ktorý sa v minulosti často používal a aj dodnes sa oň niektorí radi opierajú je

¹RNDr. Marian Kuvik, CAD-ECO a.s., Svätoplukova 28, 821 08 Bratislava, tel.: 0911/326200, e-mail: kuvikm@cadeco.sk

²Ing. Július Bohyník, CAD-ECO a.s., Svätoplukova 28, 821 08 Bratislava, tel.: 0911/326201, e-mail: bohynikj@cadeco.sk

³Mgr. Martin Borovský, CAD-ECO a.s., Svätoplukova 28, 821 08 Bratislava, tel.: 0911/438660, e-mail: borovskym@cadeco.sk

predpoklad, že geologické podmienky pre realizáciu tunela sú mimoriadne nepriaznivé a teda trasovať diaľnicu cez tento tunel predstavuje vysoké riziko.

Vzhľadom na fakt, že na prelome rokov 2013 a 2014 bola trasa tunela Korbeľka bližšie preskúmaná priamymi prieskumnými dielami i viacerými nepriamymi metódami, nastal žiaduci posun v stave poznania prírodných podmienok. V nasledujúcich kapitolách si dovoľíme priblížiť geologické, inžiniersko-geologické, hydrogeologické aj geotechnické podmienky pre realizáciu tunela Korbeľka na základe výsledkov spracovania dostupných archívnych podkladov a najmä výsledkov prieskumných prác z orientačného inžiniersko-geologického a hydrogeologického prieskumu, ktorý realizovala spoločnosť CAD-ECO a. s. na prelome rokov 2013 a 2014.



Obr.1 Pohľad na masív Kopy z Martinských hôľ. Z obrázku je zjavná generálna orientácia horninových vrstiev so sklonom k juhu (vpravo), s lokálnymi odchýlkami orientácie smerom k juhozápadu resp. k juhovýchodu. V mieste vrtu TK-07 prechádza trasa tunela. (Zdroj: <http://turistika.vetroplachmagazin.sk/kralovianska-kopa-661>)

Fig.1 Massif of Kopa viewed from Martinské hole mountain. A general bedding orientation toward south (to the right) is apparent from the picture, with local variation of azimuth from south-eastern to south-west. The line of tunnel is marked by position of borehole TK-07.

(Source: <http://turistika.vetroplachmagazin.sk/kralovianska-kopa-661>)

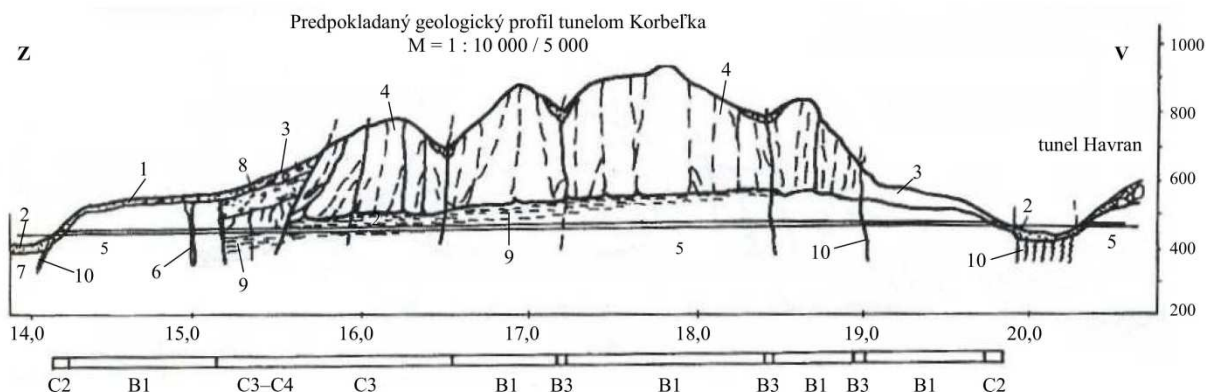
2 Východiská a názory pred realizáciou orientačného prieskumu

Názory na geologickú stavbu oblasti kralovianskej Kopy a jej geologicko-historický vývoj, ktoré boli v ostatných rokoch prezentované v odborných i laických článkoch a publikáciách, vychádzajú napospol z veľmi rozšírenej a obľúbenej teórie príkrovových štruktúr. V stručnosti povedané, v tatransko-fatranskej geologickej oblasti jadrových pohorí, ku ktorým náleží i Veľká a Malá Fatra, sú geologické jednotky navrstvené v akomsi sendviči, pričom na granitoidnom masíve, ktoré tvorí jadro pohoria, sa v niekoľkých sériách opakujú geologické sekvencie. V danom prípade masívu Kopy sa predpokladalo, že spodnú časť pohoria od úrovne aktuálnej eróznej bázy do určitej výšky tvorí komplex hornín krížňanského príkrovu, v ktorom prevládajú slienité vápence, slieňovce, bridlice. Na tento komplex je presunutý vyšší príkrov – chočský, ktorý tvoria prevažne dolomity a vápence. Samozrejme sa očakávalo, že tento komplex bude rozblokovaný systémom vertikálnych zlomov a skrasovatený. Násunová plocha medzi oboma komplexami má charakter silne tektonicky porušenej zóny, tvoriacej vo svojej podstate aj hydrogeologický izolátor medzi krížňanským a chočským komplexom.

Táto predstava o geologickej stavbe oblasti bola overená len orientačnými mapovacími prácami a taktiež na princípe analógie z podobných lokalít, kde bola takáto štruktúra priamo overená – napríklad z oblasti medzi Čremošným a Harmancom, v trase železničného tunela A. Hlinku.

V čase, keď sa začala pripravovať výstavba diaľničnej siete medzi Trenčínom a Popradom, bolo publikovaných niekoľko geologických štúdií, ktoré sa opierali o vyššie uvedené očakávané geologické pomery, pričom ale neboli realizované v trase plánovaného tunela žiadne priame prieskumné diela ani geofyzikálne merania. Z najdôležitejších podkladov možno spomenúť "Štúdiu geologických pomerov v trasách diaľničných tunelov SR" (Rentka, 1995), ktorá predpokladá existenciu paralelných tektonických zvislých zón v šírkach až niekoľko sto metrov (!) v smere Z - V, ktoré pretínajú masív Veľkej Fatry medzi vrcholmi Kopa (1187 m n. m.), Fatra (906 m n. m.) a Magura (1059 m n. m.). V tejto štúdii sa predpokladá pozícia násunovej plochy chočského príkrovu temer subhorizontálna alebo len s miernym úklonom na JZ. V oblasti pri západnom portáli tunela predpokladá výskyt paleogénnych hornín bazálneho paleogénu (zlepence a pieskovce), ktoré sa pohybujú po ílovcovom podloží vo forme odseparovaných blokov, pričom v tomto geologickom prostredí by sa mala raziť približne tretina z predpokladanej dĺžky tunela. V strednej časti by mali byť horniny chočského (štúreckého) príkrovu, silne skrasovatené a rozpukané. V poslednej tretine pri východnom portáli sa očakával výskyt hornín podložného krížňanského príkrovu – ílovcov, bridlíc a vápencov a narazenie na očakávanú násunovú plochu medzi oboma príkrovmi.

S podobnou predstavou o geologickej stavbe masívu Kopy prišli pracovníci katedry geotechniky STU v Bratislave v roku 1997 (Malgot et al., 1997) na objednávku vtedajšej Slovenskej správy ciest. Aj v tejto inžinierskogeologickej štúdii s názvom "Diaľničný tunel Korbeľka" je zdôraznená zložitosť tektonickej stavby masívu Veľkej Fatry, kde dominantným prvkom, ktorý ovplyvňuje možnosti razenia tunela, je násunová plocha s miernym sklonom na západ, pričom jej hrúbka sa predpokladala 30 – 70 m. Významným je tiež predpoklad o vertikálnej diferenciacii tejto plochy mladšími tektonickými pohybmi pozdĺž vertikálnych alebo strmo uklonených zlomových línií. Na rozdiel od predchádzajúcej práce, autori predpokladajú, že aj v západnej časti bude trasa tunela z časti razená v prostredí hornín krížňanského príkrovu, až následne vojde do paleogénnych hornín v zaklesnutej horninovej kryhe. Kryha je ukončená strmou tektonickou líniou, za ktorou trasa tunela pokračuje v komplexe hornín krížňanského príkrovu eventuálne v zóne násunovej plochy. Vo východnej časti autori štúdie predpokladali umiestnenie portálu tunela do mohutnej tektonicky porušenej zóny subvertikálneho priebehu. Výsledná predstava o geologických pomeroch v trase tunela Korbeľka bola pretransformovaná do schematického pozdĺžneho geologického rezu (obr. 2).



Obr. 2 Schematický geologický profil tunelom Korbeľka podľa Malgota a Baliaka (1997).

1 – kamenito-hlinitá suť (delúvium); 2 – fluviálne sedimenty (štrky, piesky, hliny); 3 –

svahové deformácie typu blokových polí a stabilizované zosuvy; 4 – vápencovo-dolomitický komplex (stredný trias, chočský príkrov – hronikum); 5 – slieňovce, slienité bridlice, slienité vápence; 6 – subvulkanické teleso bazaltov (spodná krieda); 7 – flyšová výplň Turčianskej kotliny (paleogén – hutianske súvrstvie); 8 – zlepenca, pieskovce, ílovce (eocén – borovské súvrstvie); 9 – násunová plocha chočského príkrovu; 10 – predpokladané zlomové línie

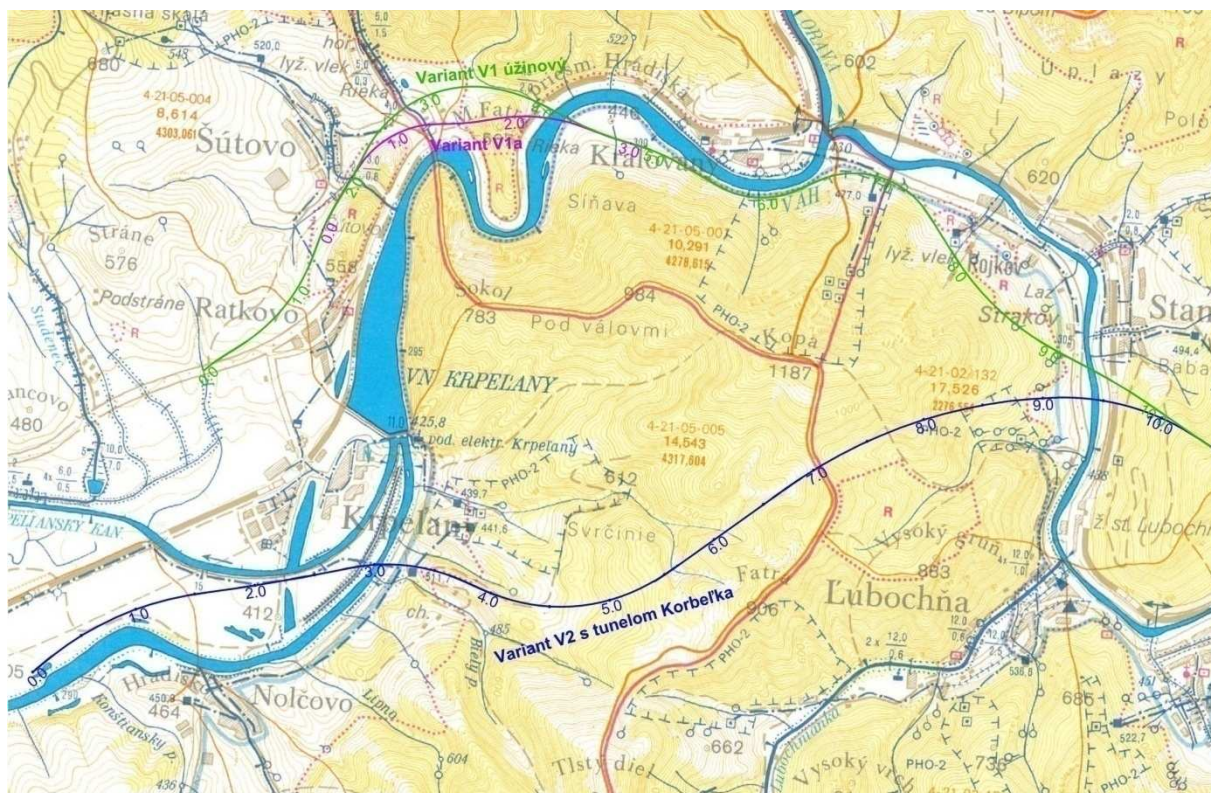
Fig. 2 Schematic geological cross-section through tunnel Korbeľka after Malgot and Baliak(1997). 1 – deluvial debris; 2 – fluvial deposits (gravel, sand, silt); 3 – block-type slope deformations and landslides; 4 – limestone and dolomite complex (middle Triassic, choč nappe – hronikum); 5 – claystones, shales, limestones; 6 – basalt body (lower Cretaceous); 7 – flysch fillig of Turčianska kotlina basin (palaeogene – hutianske súvrstvie layers); 8 – conglomerates, sandstones, claystones (Eocene – borovské súvrstvie layers); 9 – transient zone of choč nappe; 10 – supposed faults

Z hľadiska hydrogeologického obe štúdie predpokladali rýchlu infiltráciu zrážok do horninového masívu dolomitov a vápencov, ktorý je silne rozpukaný vertikálnym systémom puklín a čiastočne skrasovatený, a teda predstavuje aj významný kolektor podzemných vôd. Všeobecne sa tiež predpokladalo, že báza chočského príkrovu bude vďaka tektonickému porušeniu silne priepustná, naopak, tektonicky porušené horniny podložného križňanského príkrovu predstavujú hydrogeologický izolátor. Na základe uvedeného sa predpokladalo, že razením tunela v prostredí chočských skrasovatených hornín dôjde k drénovaniu veľkej časti podzemných vôd. Tento vplyv predpokladala už Méryová v hydrogeologickej štúdii z roku 1985, ako aj neskôr Némethyová (2011) a ďalší, pričom vždy šlo len o skonštatovanie výsledkov množstva starších prác, ktoré sa v okolí realizovali. Orientačný alebo podrobný hydrogeologický prieskum pre trasu tunela alebo pre komplexné zhodnotenie hydrogeologickej štruktúry Kopy aj s pomocou technických prieskumných prác (vrtov) nebol nikdy realizovaný.

V roku 1998 bol realizovaný orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum pre trasu diaľnice D1 Martin - Ľubochňa (Záthurecký et al., 1998), v ktorej sa spracovávali dve alternatívy vedenia diaľnice v úseku Turany - Hubová. V správe sa skonštatovali predpoklady z predchádzajúcich štúdií, bohužiaľ, v trase tunela nebol realizovaný žiadny vrt ani iné prieskumné dielo, ktorým by sa predpoklady fyzicky overili. realizované boli len dva prieskumné vrty v miestach oboch vtedy plánovaných portálov.

V roku 2002 po procese EIA bol napriek odporúčaniam ministerstva životného prostredia upustené od tunelovej alternatívy trasy diaľnice a všetky nasledujúce prieskumné práce boli realizované už len v trase údolného variantu diaľnice.

Na základe objednávky Národnej diaľničnej spoločnosti a. s. roku 2010 bola vypracovaná technicko-ekonomická štúdia s cieľom nájsť alternatívnu trasu pre diaľnicu Turany - Hubová v spoločnom koridore so železničnou traťou. Súčasťou tohto dokumentu bolo i nové spracovanie geologických podkladov v ďalšej inžinierskogeologickej štúdii (Kuvik et al. in Snopko et al., 2010), ktoré poskytlo na základe podrobnejšie prešetrenia dostupných archívnych materiálov a terénnych pochôdzok nový pohľad na problematiku tunela Korbeľka. Z výsledkov štúdie vyplýval napríklad predpoklad, že v strednej časti tunela Korbeľka bude kryha chočského príkrovu zaklesnutá hlbšie a trasa tunela bude viesť prevažne v komplexe vápencovo-dolomitických hornín. Prechod do hornín križňanského príkrovu a križovanie násunovej plochy sa predpokladal na podstatne kratšom úseku. Drenážny účinok tunela sa však očakával aj vo výsledkoch tejto štúdie.



Obr. 3 Prehľadná situácia územia s načrtnutou aktuálnou trasou tunela Korbelka (výrez z vodohospodárskej mapy)

Fig. 3 Overview map of the locality with actual line of tunnel Korbelka (cut out from water-management map)

Na konci roka 2010 teda boli k dispozícii tri inžinierskogeologické štúdiá, v niektorých ohľadoch podobné, v niektorých si odporujúce. Správnosť vyššie uvedených informácií resp. geologických modelov nebola overená žiadnym priamym prieskumným dielom. Napriek tomu boli prakticky len na základe štúdií Malgota a Némethyovej posudzované možné vplyvy drenážneho účinku tunela na hydrogeologické pomery územia ako aj predpokladané riziká samotnej výstavby tunela.

3 Stručná charakteristika trasy tunela Korbelka po realizácii orientačného inžinierskogeologického prieskumu

Po roku 2010 nastala trojročná pauza, počas ktorej neboli realizované žiadne prieskumné ani rešeršné práce, týkajúce sa alternatívneho trasovania diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová cez tunel Korbelka. Až v roku 2013 investor stavby Národná diaľničná spoločnosť a.s. urobil významný krok k objasneniu problematiky tunela v danom úseku diaľnice a to najmä z dôvodu potreby získania relevantných vstupných údajov pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie a pre spracovanie porovnávacej štúdie. Týmto krokom bolo zadanie orientačného inžiniersko-geologického a hydrogeologického prieskumu pre trasu tunela Korbelka.

Pre potreby prieskumu boli realizované priame prieskumné diela, tj. štruktúrne vrty, geofyzikálne práce, detailné mapovacie práce a celá škála terénnych skúšok (karotáž, vodné tlakové skúšky, dilatometrické a presiometrické skúšky). Súčasťou prieskumu boli laboratórne práce mechaniky zemín a hornín, petrografické a stratigrafické analýzy hornín,

stopovacie komunikačné skúšky, detailné hydrogeologické mapovanie a laboratórne práce chémie vôd a zemín. Celkovo bol rozsah prieskumných prác pomerne obsiahly, svojim charakterom by ho bolo možné zaradiť až do podrobnej fázy prieskumu.

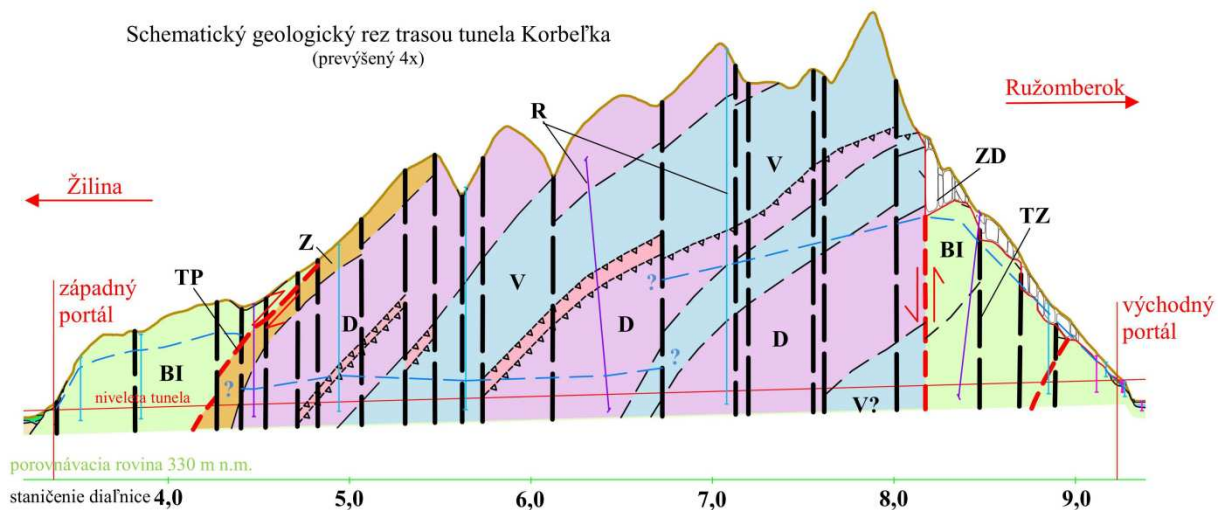
Počas prieskumu boli identifikované štyri hlavné horninové komplexy:

- Zeminý kvartér, zastúpený najmä deluviálnymi suťami (aj zosuvným komplexom), terasovými a fluviaálnymi sedimentami.
- Horniny centrálne-karpatského paleogénu, patriace borovskému súvrstviu. Ide predovšetkým o karbonatické pieskovce a zlepenec, v nadloží ktorých sa lokálne zachovali zvyšky globigerínových slieňov.
- Horniny krížňanského príkrovu, zastúpené predovšetkým mráznickým, párnickým a porubským súvrstviom, resp. ojedinele resty vlkolínskeho súvrstvia. Kým mráznické a párnické súvrstvie tvoria prevažne ílovce a škvrnité slienité vápence, porubské súvrstvie má flyšoidný charakter so zastúpením najmä ílovcov, ale aj siltovcov a pieskovcov. Vlkolínske súvrstvie tvoria karbonatické konglomeráty a brekcie.
- Horniny chočského (s.l.) príkrovu sú začlenené do niekoľkých súvrství resp. typov, pričom prevažne ide o rôzne variety vápencov a dolomitov. Zastúpené sú guttensteinské vápence a dolomity, gaderské vápence, reiflinské a wettersteinské vápence a dolomity, dachsteinské vápence, hlavné a ramsauské dolomity. V komplexe boli vyčlenené minimálne dva čiastkové subpríkrovy, oddelené tektonicky porušenou kataklazovanou zónou, druhotne vyhojenou kremeňom.

Na základe výsledkov prieskumných prác možno geologickú štruktúru Kopy všeobecne charakterizovať ako monoklinálne uklonenú trosku chočského príkrovu, so sklonom vrstiev generálne na juh, zaklesnutú oproti obvodovým partiám pohoria pod úroveň miestnej eróznej bázy. Zo západnej strany trasa tunela postupne prechádza jednotlivými hlavnými komplexami nasledovne: kvartér, krížňanský príkrov (mráznické a porubské súvrstvie), bazálny paleogén (borovské súvrstvie a globigerínové ílovce), vápencovo-dolomitový komplex s niekoľkými čiastkovými subpríkrovmi v rámci chočského príkrovu s.l., opäť krížňanský príkrov (mráznické a porubské súvrstvie) a na záver opäť kvartér. Schematický geologický rez trasou tunela Korbeľka je na obrázku 4.

Ako už predchádzajúce štúdie naznačili, významnú úlohu v geologickej stavbe masívu Kopy hrá tektonika a to najmä neogénna a možno i mladšia. Kým horniny bazálneho paleogénu nasadajú na podložné prevažne dolomitové komplexy chočského príkrovu konkordantne, horniny krížňanského príkrovu sú v západnej časti územia spätne prešmyknuté na mladšie členy paleogénneho veku. Zaujímavosťou je prevrátená pozícia komplexu hornín krížňanského príkrovu, to znamená, že mladšie horniny ležia pod staršími. Na východnej strane predpokladáme strmé ukončenie komplexu hornín chočského príkrovu a prechod do hornín krížňanského príkrovu, ktorý je tu opäť v prevrátenej pozícii. Prechod medzi vápencovo-dolomitickým masívom a vápencovo-ílovcovým je (na základe interpretácie geofyzikálnych meraní) pomerne ostrý a strmý, je však možné, že ide o tektonicky zrotovanú násunovú plochu medzi oboma príkrovmi. Okrem toho je masív prestúpený prevažne vertikálnymi zlomovými poruchami. Z uvedeného je možné vycítiť, že oblasť masívu Kopy prešla podstatne zložitejším geologicko-tektonickým vývojom, ako sa dosiaľ predpokladalo.

Zložitosť tektonickej stavby a jej vývoj zásadným spôsobom vplyva na geologické, inžinierskogeologické, hydrogeologické aj geotechnické pomery v trase tunela Korbeľka. Vzhľadom na pomerne hlboké zarezanie údolia Váhu vďaka zmene napätosti masívu došlo k otvoreniu ťahových puklín, a postupnému gravitačnému rozpadu pozdĺž predisponovaných plôch nespojitostí. Otvorenosť diskontinuit, ktorá je sekundárne zväčšovaná krasovatením, umožňuje rýchlu infiltráciu zrážok do horninového masívu a následné prúdenie podzemných vôd, krasovatenie a tiež gravitačný rozpad masívu. V dôsledku otvorenia vápencovo-dolomitického masívu je trvalá hladina podzemnej vody zaklesnutá v časti masívu v úseku cca km 4,3 – 6,7 do neočakávane veľkej hĺbky, len niekoľko desiatok metrov nad úroveň tunelovej rúry. V častiach s menej priepustnými horninami a vo vrcholovej časti je hladina ustálená naopak pomerne vysoko. Počas razenia tunela je najmä v úseku s prevahou vápencov v prípade narazenia na otvorený komunikačný kanál potrebné počítať s možnosťou výskytu prívalových vôd.



Obr. 4 Schematický geologický rez trasou tunela Korbeľka

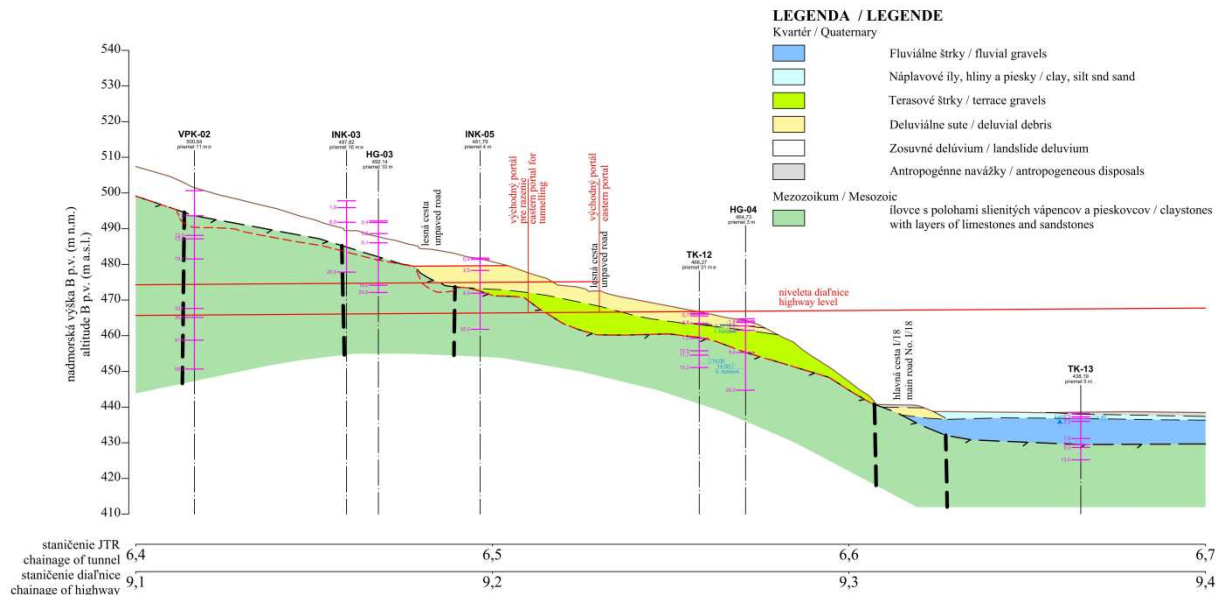
BI – bridlice, ílovce, slienité vápence a pieskovce krížňanského príkrovu; D – dolomity a dolomitické vápence chočského príkrovu; V – vápence chočského príkrovu; Z – zlepenca a pieskovce bazálneho paleogénu; ZD – zosuvné delúvium blokov; TZ – predpokladaný tektonický zlom; TP – predpokladaný tektonický prešmyk; R – prieskumný vrt

Fig. 4 Schematic geological cross-section of tunnel Korbeľka

BI – shales, claystones, limestones and sandstones of Krížna nappe; D – dolomites and dolomitic limestones of Choč nappe; V – limestones of Choč nappe; Z – conglomerates and sandstones of basal Palaeogene; ZD – block-type slope deformation; TZ – supposed tectonical fault; TP – supposed low-angle thrust; R – borehole

Portálové oblasti tunela Korbeľka sú z hľadiska stabilitných pomerov ovplyvnené najmä tektonickou porušenosťou hornín, dotáciou podzemných a zrážkových vôd a konfiguráciou terénu. Oba portály sú situované do komplexu hornín krížňanského príkrovu s dominantným zastúpením ílovcov a siltovcov s rozličným podielom pieskovcov a vápencov. Západný portál je situovaný do morfoloicky výrazného hrebienka, pomerne stabilného, so suťovým pokryvom hrúbky 4 - 6 m. Oblasť nevykazuje známky zosúvania ani nie je priamo dotovaná žiadnym vodným tokom. Východný portál je situovaný do terénneho stupňa vážskej terasy cca 25 m nad úroveň aluviálnej nivy rieky Váh. Kým samotný portál tunela sa nachádza v eróznom zvyšku terasového štrkového komplexu (ktorý pôsobí ako drenážny prvok), svah nad

oblasťou portálu je postihnutý výraznými svahovými deformáciami typu plošných i prúdových zosuvov. Územie je vďaka relatívne nepriepustnému podložiu a konfigurácii terénu sýtené povrchovou i podzemnou vodou. Stabilitu portálu tunela teda bude nutné zabezpečiť vhodnými technickými opatreniami, spojenými so sanáciou zosuvného územia. Schematický geologický rez trasou južného tubusu tunela v oblasti východného portálu je na obrázku 5.



Obr. 5 Schematický geologický rez južnou tunelovou rúrou v oblasti východného portálu tunela Korbělka

Fig. 5 Schematic geological cross-section of tunnel Korbělka's southern tunnel tube at eastern portal

4 Predpokladaný vplyv tunela na hydrogeologické pomery územia

Azda najdôležitejšou otázkou, ktorú mal realizovaný orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum zodpovedať, bolo ako a či vôbec razenie tunela ovplyvní režim podzemných vôd v oblasti. Táto otázka bola mimoriadne citlivá najmä s ohľadom na 4 jestvujúce vodné zdroje - VZ Teplica (+ Teplička), VZ Fatra, VZ Korbělka a VZ Kľačany (Kopa).

Pre objektívne a komplexné zhodnotenie hydrogeologických pomerov v oblasti bolo potrebné okrem detailného preštudovania dostupných archívnych hydrogeologických prác realizovať detailné hydrogeologické mapovanie, overiť priepustnosť horninového prostredia hydrodynamickými skúškami, overiť smer prúdenia podzemných vôd komunikačnými stopovacími skúškami, vykonať hydrometrovacie práce na jestvujúcich vodných tokoch a prameňoch, overiť chemickými analýzami pravdepodobný pôvod podzemnej vody, spracovať hydrologickú bilanciu a matematický model vplyvu tunela na režim podzemných vôd.

Počas mapovacích prác boli zistené zaujímavé skutočnosti, napríklad téměř úplná absencia trvalých vodných tokov a prameňov vo vápencovo-dolomitickom komplexe. Významné vývery predstavujú len zachytené pramene vodných zdrojov a sústava prameňov na severnom až východnom svahu Kopy, kde je podložie tvorené najmä komplexom hornín krížňanského príkrovu. Zároveň bolo vrtnými prácami zistené, že hladiny podzemných vôd sú zaklesnuté

podstatne hlbšie (vrty TK-03, TK-04, TK-05 a TK-06), ako sa pôvodne na základe predchádzajúcich štúdií očakávalo - v strednej časti masívu je hladina nižšie takmer o 140 m. Pri takto nízkych hladinách absencia vodných tokov a prameňov na povrchu je logicky zdôvodniteľná. Zaklesnutie je prejavom zjavne vysokej krasovej a puklinovej priepustnosti karbonatického masívu, s rýchlym odtokom po pravdepodobne privilegovaných cestách. Naopak, vo vrcholovej časti masívu (vrt TK-07) je hladina v hĺbke cca 300 m pod terénom. Zaujímavým zistením bol fakt, že brekciovité dolomity sú mimo vyslovene tektonicky porušených zón a priebežných puklín veľmi málo priepustné. V masíve slienitých vápencov a bridlíc krížňanského príkrovu sú hladiny naopak dlhodobo pomerne vysoko, čo nasvedčuje nízkej celkovej priepustnosti, tak ako bolo očakávané.

Stopovacie komunikačné skúšky nepotvrdili priamu komunikáciu podzemných vôd vo vrtoch v trase tunela (kam boli aplikované stopovače) a okolitými vodnými zdrojmi, a to napriek opakovaniu stopovacej skúšky. Máme zato, že prúdenie podzemnej vody je pravdepodobne od trasy tunela smerom na juh a miesta výverov sa nenachádzajú v bezprostrednom okolí tunela. Pre potvrdenie alebo vyvrátenie tejto domnienky by bolo potrebné realizovať opakovanú stopovaciu skúšku s väčším rozsahom sledovaných výverov v širšom okolí a s dlhšou dobou sledovania.

Po realizácii prieskumných prác možno konštatovať, že z uvedených vodných zdrojov v oblasti sú najviac ohrozené dva z nich: VZ Korbeľka vzhľadom na svoju malú výdatnosť a blízkosť k plánovanému tunelu, a tiež VZ Kraľovany, ktorý má výver pomerne vysoko nad tunelovou rúrou a je viazaný na najpriepustnejšie karbonatické prostredie chočských dolomitov a vápencov. Zároveň v prípade tohto vodného zdroja panuje najväčšia neistota čo sa týka akumuláčnej oblasti podzemných vôd. Predpokladáme, že v masíve Kopy sa nachádza skryté rozvodie (nepriepustná bariéra), ktoré distribuuje infiltrované zrážkové vody na sever i juh, eventuálne ide o tektonicky ohraničený a hydraulicky dobre odizolovaný horninový blok. Inou alternatívou je tiež možnosť, že uvedený stredový blok, v nižších partiách pomerne homogénny (brekciovité dolomity, na základe vodných tlakových skúšok hodnotené ako veľmi málo priepustné), má nízku priepustnosť, čo zvyšuje úroveň hladiny. Zistený hladinový skok temer 200 m medzi pozorovanými ustálenými hladinami v prieskumných vrtoch a úrovňou výverov VZ Kraľovany resp. úrovňou hladiny vo vrte TK-07 si nevieme v súčasnosti inak vysvetliť.

V prípade ostatných vodných zdrojov, tj. VZ Teplica a VZ Fatra možno povedať, že prípadnou výstavbou tunela Korbeľka nebudú významne ovplyvnené, prípadne sa očakáva minimálny vplyv tunela.

5 Očakávané geotechnické podmienky pre razenie tunela

Geotechnické podmienky v trase tunela sú zásadne ovplyvnené celkovou geologicko-tektonickou stavbou, litologickým charakterom hornín a stupňom ich rozpukania resp. zvetrania. Vzhľadom na vysoké nadložie tunela a absenciu prieskumnej štôlne, ktorá by umožnila otestovať geotechnické parametre hornín v úrovni tunelovej rúry. Počas prieskumných prác sme zvolili možnosť otestovať deformačné parametre hornín in situ priamo v prieskumných vrtoch. Využili sme na to horninový dilatometer firmy ROCTEST TELEMAT, ktorý svojou robustnou konštrukciou umožňoval za asistencie vrtnej súpravy

realizovať zaťažovacie skúšky na stenu vrtu v úrovniach tunelovej rúry. Dilatometer bol okrem dvoch štruktúrnych vrtov (TK-07 a TK-09) využitý vo všetkých ostatných štruktúrnych vrtoch v trase tunela Korbeľka. Skúšané úseky (podľa jednotlivých vrtov) boli v hĺbkach od 13,8 až po 355,5 m pod terénom. Táto hĺbka predstavuje zároveň aktuálny hĺbkový rekord realizácie geotechnickej zaťažovacej skúšky vo vrte na Slovensku. V priortálových oblastiach sme okrem dilatometra využili i klasické presiometrické skúšky. Okrem toho boli z odvráteného jadra odoberané vzorky aj na laboratórne stanovenie pevnostných a deformačných parametrov a fyzikálnych vlastností hornín.



Obr. 6 Obrázok steny vrtu TK-07 v hĺbke 380 - 381 m (vľavo), získaný vrtným skenerom a charakter výnosu jadra z rovnakej hĺbky (vpravo). Napriek nízkemu výnosu a hodnote RQD, dilatometrické skúšky v tomto horninovom prostredí preukázali dobré geotechnické parametre masívu. Jadrové vrtanie v tomto prípade neumožňovalo odobrať charakteristické vzorky hornín na laboratórne rozboru a uspokojivo stanoviť porušenosť masívu.

Fig. 6 An image of wall of borehole TK-07 at depth 380 - 381 m (left) taken by optical borehole televiewer and character of borehole recovery from the same depth (right). In spite of very low borehole recovery and RQD, the dilatometric tests in such rock environment showed good geotechnical properties of rock massif. In this case a core drilling was not a proper method for evaluation of disaggregation of rock massif and for laboratory test rock sampling.

Z výsledkov realizovaných skúšok vyplýva, že prostredie, v ktorom by sa tunel mal raziť, je z hľadiska tunelovania pomerne priaznivé. Prekvapujúce bolo najmä zistenie, že brekciovité a porušené dolomity, ktoré neumožňovali odber temer žiadnej vzorky na laboratórne stanovenie deformačných a pevnostných parametrov a boli ťažko vrtateľné s nízkym výnosom, preukázali počas karotáže a dilatometrických skúšok veľmi dobré deformačné parametre. Podobne i v komplexe zbridlíčenatých ílovcov a slienitých vápencov v mráznickom a

porubskom súvrství krížňanského príkrovu boli zistene dobré geotechnické parametre hornín. Z hľadiska tunelovania najväčšie riziko predstavujú najmä rozvoľnené zóny tektonicky porušených alebo skrasovatených hornín. Najproblémovejšími sa podľa nás javia zóny tzv. dolomitových múčok, najmä v prípade ich kombinácie s prítokom podzemnej vody, prípadne v komplexe hornín krížňanského príkrovu sú to najmä zbridičnatené zóny s vyšším podielom ílu. V úsekoch, ktoré sú tvorené prevažne vápencami možno očakávať krasové javy vo forme otvorených puklín a rozsadlín, ktoré budú tvoriť hlavné prítokové cesty podzemnej vody.

Tabuľka 1 Geotechnická charakteristika horninového masívu v trase tunela Korbeľka
Table 1 Geotechnical characterization of rock massif in the line of tunnel Korbeľka

Charakteristický úsek		A - komplex s prevažou ílovcov asiltovcov s polohami slienitých vápencov a pieskovcov	B - prevažna brekciovitých až kompaktných dolomitov	C - prevažna skrasovatených vápencov	D - brekcie, zlepenca a pieskovce paleogénu
Celková uvažovaná dĺžka (predpokladaný rozptyl)	[m]	1870	2360 (2100 – 3100)	1410 (660 – 1700)	180
Zastúpenie (predpokladaný rozptyl)	[%]	32%	41% (36 – 54%)	24% (11 – 29%)	3%
Objemová hmotnosť	ρ_n [g.cm ⁻³]	2,63 (2,40)	2,78 (2,74)	2,74 (2,70)	2,71 (2,62)
Pevnosť v prostom tlaku	σ [MPa]	40 (30)	50 (30)	80 (20)	80 (40)
Modul deformácie	E_{def} [MPa]	1500 (120)	3600 (480)	15600 (2100)	5500 (430)
Poissonovo číslo	ν [-]	0,25 (0,30)	0,18 (0,25)	0,15 (0,25)	0,18 (0,25)
Uhol vnútorného trenia	φ_{ef} [°]	40 (30)	46 (34)	48 (38)	48 (36)
Šmyková pevnosť pri nulovom normálovom namáhaní	$c_{ef} = \tau_0$ [kPa]	400 (100)	700 (250)	800 (300)	600 (200)
Charakter očakávaných prítokov podzemnej vody do tunela		bez prítokov alebo ojedinelé prítoky a zamokrenie	bez prítokov alebo rozptýlené prítoky a zamokrenie	sústredené prítoky až prívalové vody	bez prítokov alebo ojedinelé prítoky
RQD		50 – 60 (<25)	40 – 80 (<25)	50 – 100 (>25)	80 – 100 (40)
QTS		57,5 (36,5)	64,5 (45,5)	72,5 (55,0)	78,0 (64,5)
RMR		38 (<20)	59 (23)	63 (22)	78 (51)
vystrojovacia trieda NRTM		3 (4 – 5a)	3 (4)	2 (3)	2 (3)
trieda podľa ÖNORM B 2203		B1 – B2 50 – 60% (B3 – C3 40 – 50%)	B1 70% (B2 – B3 30%)	A2 – B1 80% (B2 – B3 20%)	A2 60% (B1 – B2 40%)
SIA 198		IV (V – VI)	III (V)	II – III (IV)	II (IV)

Poznámka: hodnoty geotechnických a klasifikačných parametrov uvedené v zátvorkách predstavujú rozsah parametrov pre tektonicky porušené horniny v danom charakteristickom úseku.

V tabuľke 1 sú spracované generalizované geotechnické parametre pre štyri základné horninové celky, ktoré sa nachádzajú v trase tunela: A - komplex hornín krížňanského príkrovu s dominantným zastúpením ílovcov, v ktorom očakávame aj vyšší percentuálny podiel tektonicky porušených hornín charakteru brekcií až ílov s úlomkami, B - komplex dolomitov a dolomitických vápencov, ktorý predstavuje kvalitné prostredie pre razenie tunela a predpokladáme aj jeho najväčšie zastúpenie z celej dĺžky tunela, C - komplex vápencov a dolomitových vápencov, ktorý predstavuje po geotechnickej stránke kvalitné prostredie pre

razenie tunela, zároveň však bude tvoriť najpriepustnejšiu časť tunela s vysokými prítokmi podzemnej vody a nakoniec D - horniny bazálneho paleogénu, zastúpené transgresívnou fáciou - dolomitickými brekciami, zlepcami a pieskovecami, ktoré tvoria kompaktné masívne horniny, vhodné na realizáciu tunela. Samostatným komplexom sú kvartérne pokryvné útvary, ktoré však predstavujú mizivé percento z celkovej trasy tunela a v prehľadnej tabuľke ich neuvádzame.

6 Záver

Realizácia orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu realizovaná na prelome rokov 2013 a 2014 priniesla napriek krátkemu časovému rámcu jeho realizácie podstatné zlepšenie vedomosti o geologickej i tektonickej stavbe oblasti severnej časti turčianskeho hrebeňa Veľkej Fatry. Geológia a tektonika významne ovplyvňujú rozvoj geodynamických javov v danej oblasti, morfológiu územia a v neposlednom rade hydrogeologické pomery i geotechnické podmienky pre realizáciu tunela. Z výsledkov prieskumu vyplýva, že **podmienky pre samotnú realizáciu tunela sú vcelku priaznivé**, a to i po zohľadnení predpokladaného percenta tektonicky porušených úsekov a vplyvu podzemnej vody.

Na druhej strane, na základe doterajších poznatkov možno očakávať **minimálny vplyv drenážneho účinku tunela na vodné zdroje Teplica (Teplička) a Fatra**, v prípade **VZ Korbeľka možno očakávať jeho zánik**. **Najproblematickejším** sa javí vplyv na **VZ Kral'ovany (Pod Kopou)**, kde geologická štruktúra v hlbších partiách masívu **nie je dosiaľ jednoznačne objasnená, pričom však táto má zásadný vplyv na hydrogeologické pomery v okolí vodného zdroja a na jeho vzťah k tunelu Korbeľka**. Pokiaľ nebude táto otázka uspokojivo vyriešená a v rámci technického riešenia tunela nedôjde k potrebným úpravám, považujeme tento vodný zdroj za najviac ohrozený z hľadiska drenážnych účinkov tunela. Za najdôležitejšie úpravy, ktoré navrhujeme realizovať v rámci zníženia možnosti ovplyvnenia vodných zdrojov, považujeme úpravu nivelety tunela do strechovitého sklonu tak, aby trasa tunela v najpriepustnejšej časti masívu viedla z väčšej časti nad hladinou podzemnej vody, a zároveň navrhujeme realizovať tunel technológiou TBM, pri ktorej predpokladáme temer úplnú elimináciu drenážneho účinku tunela na okolité prostredie. V prípade použitia technológie NRTM bude možné drenážny účinok výrazne znížiť alebo eliminovať cieleným utesňovaním najpriepustnejších partií horninového masívu pomocou chemickej injektáže a použitím vhodnej celoobvodovej hydroizolácie tunela.

Neistoty, ktoré vyplynuli z realizácie orientačného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu, **by v prípade schválenia zmeny trasovania diaľnice D1 v úseku Turany - Hubová mali byť spoľahlivo vyriešené v prípadnej podrobnej etape prieskumných prác**.

7 Zoznam použitej literatúry

- Grenčíková, A., et al.: Diaľnica D1 Turany – Hubová, doplnkový inžinierskogeologický prieskum. Geofos s.r.o., Žilina, 2010;
- Janták, V., et al.: D1 Dubná Skala-Turany, podrobný inžinierskogeologický prieskum, GEOHYCO a. s., Bratislava, 1996;

- Kuvik, M., et al. in Snopko et al.: Diaľnica D1 Turany – Hubová, inžinierskogeologická štúdia pre tunely Veľká Fatra a Korbeľka. CAD-ECO a.s., Bratislava, 2010;
- Kuvik, M. et al.: Diaľnica D1 Turany - Hubová, variant V2 s tunelom Korbeľka. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. CAD-ECO a.s., Bratislava, 2014;
- Malgot, J., et al.: Diaľničný tunel Korbeľka, inžinierskogeologická štúdia. Katedra geotechniky STU, Bratislava, 1997;
- Matejček, A.: D1 Lubochňa-Ivachnová, orientačný prieskum - štúdia, GEOFOS s.r.o. Žilina, 1998;
- Matejček, A. – Bohyník, J. – Coplák, M.: Diaľnica D1 Turany – Hubová, DÚR. Inžinierskogeologický posudok. Geofos s.r.o., Žilina, 2007;
- Matejček, A., et al.: Diaľnica Turany – Hubová, tunely Rojkov – Havran, inžinierskogeologická štúdia. Geofoss.r.o., Žilina, 2007;
- Némethyová, M. - Kalvodová, M.: Martin (Dubná Skala) - Hubová - diaľnica D1, hydrogeologické posudky a štúdie náhradných vodných zdrojov, hydrogeologický prieskum. Dopravoprojekt a. s., Bratislava, 2000. GEOFOND 83891;
- Némethyová, M. – Barušková, L. - Kováč, P.: Diaľnica D1 úsek Turany - Hubová, hydrogeologický posudok, dopracovanie pre DSP, Vodné zdroje Slovakia, Bratislava, 2008;
- Némethyová, M. – Malík, P. - Némethyová, S.: Diaľnica D1 úsek Turany - Hubová, hydrogeologická štúdia, Vodné zdroje Slovakia, Bratislava, 2011;
- Ondrášik, R.: Diaľnica D1 Martin – Lubochňa, inžinierskogeologická štúdia, KIG PriFUK Bratislava, 1996;
- Rentka, R.: Geologické pomery v trasách diaľničných tunelov v SR. Inžinierskogeologická štúdia. INGENEO a. s., Žilina, 1995;
- Vrábek P., et al.: Diaľnica D1 Poluvsie – Ivachnová, inžinierskogeologická štúdia, IGHP n. p., Žilina, 1984;
- Záthurecký A., et. al.: D1 Martin – Lubochňa, orientačný inžinierskogeologický prieskum, INGENEO a. s., Žilina, 1998. GEOFOND 84402.