

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie
Studijní obor: NAPLIKG



Bc. Jiří Dědek

Posouzení možnosti obnovení a využití historické štoly pro zásobování obce Mikulov vodou

Assessment of the possibility of restoration and use of the historic gallery for supplying the
village Mikulov with water

Typ závěrečné práce
Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jiří Zmítko

Praha, 2022

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze:

Podpis:

Velké poděkování patří Mgr. Jiřímu Zmítkovi za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval.

Abstrakt

Zhodnocení možného obnovení zasypané historické vodovodní Mikulovské štoly. Provedení inženýrskogeologického a geotechnického průzkumu horninového masivu, výchozů a nejbližšího okolí skalního hřbetu, v němž je štola vedena. Inženýrskogeologická dokumentace stavu stavby, zhodnocení kvality masivu, vytvoření inženýrskogeologické mapy a inženýrskogeologického profilu. Vymezení masivu do geotypů a kvazihomogenních celků. Zatřídění masivů dle tunelářských klasifikací na základě výsledků průzkumu. Zhodnocení stavu masivu a návržení dalšího postupu průzkumu a sanace.

Klíčová slova

Štola, zasypání, průzkum, inženýrskogeologický průzkum, dokumentace výchozu, inženýrskogeologická mapa, inženýrskogeologický profil, kvazihomogenní celek, geotyp, tunelářské klasifikace, horninový masiv, ortorula

Abstract:

Assessment of the possible restoration of the Mikulov historical water gallery. Creation of the engineering geological and geotechnical geological rock massive survey, rock outcrop survey and the closest surroundings survey of the mountain ridge through which passes the gallery. Engineering geological documentation of the rock structure, evaluation of the quality of the rock massif, creation of an engineering geological map and an engineering geological profile. Rock mass classification to geotypes and quasi-homogeneous structure units. Classification of rock massif according to tunneling classifications based on the survey results. Evaluation of the rock mass quality and stability and suggestion of the further action of complete survey and remediation.

Key words

Gallery, backfilling, survey, engineering geological survey, outcrop documentation, engineering geological map, engineering geological profile, quasi-homogeneous unit, geotype, tunneling classification, rock massif

Obsah

1. Úvod	12
2. Informace o území.....	13
2.1. Popis Krušných hor	13
2.2. Podrobný popis zájmové oblasti Krušných hor, obce Mikulov a území v blízkosti štoly.....	13
3. Výchozí stav, zdůvodnění realizace projektu	15
4. Historie	16
4.1. Historie Mikulova	16
4.2. Historické štolování	16
5. Přírodní podmínky, geologie, hydrogeologie	18
5.1. Geomorfologické poměry.....	18
5.2. Klimatické poměry	23
5.3. Ochrana přírody a krajiny	24
5.4. Geologie.....	24
5.5. Podrobná geologie lokality	26
5.6. Pedologické poměry	31
5.7. Hydrogeologie a hydrologie	32
6. Metodika průzkumných prací.....	43
7. Mikulovská Štola.....	43
7.1. Vodní převaděč.....	43
7.2. Vymezení celého díla.....	45
7.3. Popis zachovalých částí	47
7.4. Povrchové mapování	52
7.5. Stavba štoly	54
8. Inženýrskogeologické práce	59
8.1 Inženýrskogeologický průzkum	59
8.2 Geotechnický popis dokumentačních bodů	62
8.3 Vymezení zastižených geotypů v trase štoly	104
8.4 Inženýrskogeologická mapa	107
8.5 Přehledný inženýrskogeologický profil.....	108
8.6 Kvazihomogenní celky stavby.....	110
Kvazihomogenní celek I. (km 0,133 – 0,149) Ražená štola	110
Kvazihomogenní celek II. (km 0,149 – 0,270) Ražená štola.....	111
Kvazihomogenní celek III. (km 0,270 – 0,320) Ražená štola.....	112
Kvazihomogenní celek IV. (km 0,320 – 0,360) Ražená štola	113
Kopaná část štoly (km 0,1025 – 0,133 a 0,350 – 0,360)	114
9. Shrnutí	115
10. Zajištění štoly.....	119

11. Navržení Podrobného průzkumu	120
11.1. Inženýrskogeologický průzkum	120
11.2. Geofyzikální průzkum	121
12. Závěr	127
Použité zdroje:.....	130

Přílohy:

Příloha č. 1: Fotodokumentace

Příloha č. 2: Dokumentace výchozů

Příloha č. 3: Inženýrskogeologické práce

Seznam zkratek:

S	sever
J	jih
V	východ
Z	západ
M	metr
mm	milimetr
m. n. m.	metrů nad mořem
km	kilometr
obr.	obrázek
s	sekunda
l/s	litr za sekundu
g/l	gram na litr
mg/l	miligram na litr
μg/l	mikrogram na litr
ČR	Česká republika
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
B.p.v	Balt po vyrovnání
ex.	extrémně
dl.	délky
agR	referenční špičkové zrychlení
DB	dokumentační bod

1. Úvod

Práce se zabývá obnovením a průzkumem stavu zasypané vodovodní historické štoly v Krušných horách severozápadně od obce Mikulov. Cílem diplomové práce je celkové zhodnocení geologických, inženýrskogeologických, geotechnických a hydrogeologických poměrů horninového masivu a získání informací pro možné obnovení Mikulovské štoly. Práce se skládá ze studia archivních, mapových a geologických podkladů a publikací se zaměřením na místní geologii či historii štolování. Následují informace z terénní obhlídky lokality, její zmapování, prohlídka, vymezení a popis přístupných částí štoly a jejích součástí. Dále je práce zaměřena na inženýrskogeologický průzkum nejbližšího okolí štoly. Celkem je zdokumentováno 14 skalních výchozů. Každý výchoz a odkryv je podrobně geologicky popsán, geotechnicky zdokumentován a zatříděn do vybraných tunelářských klasifikací. Součástí průzkumných prací na dokumentačních bodech je dokumentace puklin, trhlin a diskontinuit. U nich je sledována jejich orientace, vzájemná vzdálenost, průběžnost, otevřenost, výplň a tvar, drsnost a pevnost ploch puklin. Celkem je změřeno více než 200 ploch nespojitosti a puklin. Na horninách nebo větších úlomcích je provedeno více než 200 měření Schmidtovým kladivem typu L pro korelaci určených pevností hornin. Z výsledků dokumentačních bodů je pomocí programu gINT a autoCAD vytvořen pomocný geotechnický profil a přehledná inženýrskogeologická mapa. Ze zjištěných hodnot je určena charakteristika prostředí, vymezeny zastižené geotypy hornin a zemin a kvazihomogenní celky celé stavby. Získané výsledky umožňují interpretovat stav horninového prostředí, kterým štola prochází. Práce dále upřesňuje rozsah závalu štoly a možnosti sanace. Součástí jsou i podklady pro realizaci podrobného geologického průzkumu.

2. Informace o území

2.1. Popis Krušných hor

Zájmová štola se nachází v Krušných horách v obci Mikulov. Krušné hory se nachází na severozápadě Čech, kde tvoří hranici s Německem. Táhnou se přibližně ve VSV – ZJZ směru. Na území naší republiky leží téměř 1/3 pohoří, včetně hřbetu, na kterém lze nalézt většinu nejvyšších vrcholů. Nejvyšším bodem Krušných hor je Klínovec (1244 m. n. m.). Dosahují délky přes 130 km a rozprostírají se na ploše okolo 1607 km², což je řadí mezi nejdelší pohoří na našem území (Národní geoportál, Balej et al., 2004; Škwor, 1975). Krušné hory představují vyzviženou kru krystalinika, charakteristickou jednostranným úklonem k severozápadu. Při jihovýchodním okraji se ostrou hranicí oddělují od podkrušnohorských pánví podél predisponovaných poruch Krušnohorského zlomu. Prudký nárůst nadmořské výšky místy dosahuje až 500 m, vrcholové partie jsou naopak tvořeny převážně plochou hornatinou s pozvolnými výškovými rozdíly. Některé vrcholky však mohou dosahovat výraznějších rozdílů od 200 do 500 m (Balej et al., 2004).

2.2. Podrobný popis zájmové oblasti Krušných hor, obce Mikulov a území v blízkosti štoly

Zájmová oblast se nachází v Ústeckém kraji, konkrétně na severu jeho centrální části, v okrese Teplice. Je to severovýchodní část Krušných hor, kde se na rozhraní podkrušnohorských pánví a hor vyskytují například města Osek, Hrob a Dubí. Ve vrcholové části hor lze jmenovat například Moldavu či Mikulov, který je v této práci brán jako výchozí bod.

Mikulov je vzdálen přibližně 10 km severozápadním směrem od Teplic, přičemž státní hranice se Saskem se nachází 3 až 6 km severním směrem (Národní geoportál). Toto horské město leží v nadmořské výšce od 530 až do 830 m. n. m. v horní části Mikulovského údolí při úpatí vrcholku Bouřňák (869,4 m. n. m.) a Pramenáč (910,5 m. n. m.). Údolí je přímé, severojižního směru a po cca 4 km se otevírá při obci Hrob v nadmořské výšce okolo 370 m. n. m. (Národní geoportál). Při příjezdu do města z jižního směru, od městečka Hrob podél potoka Bouřlivce, lze nalézt nejnižší bod obce. Naopak nejvyšší místo se nachází při vrchu Klínovčák (836,4 m. n. m.). Město se nachází převážně na levostranné části Bouřlivce, která se otevírá do údolí a většina jeho zástavby leží v nadmořské výšce 530 až 750 m. n. m.

Celkem se rozprostírá na téměř 30 hektarech a v této ploše dosahuje až 150 m převýšení (Národní geoportál, Pospíšil et al., 2015).

Tok Bouřlivák (taktéž Bouřlivec) pramení v malém sedle pod vrcholem Klínovčíc a teče směrem na jih dnem Mikulovského údolí. Západně od tohoto údolí, mezi vrcholy Bouřňák, Oldřišský vrch (877 m. n. m.) a Vrch tří pánů (875 m. n. m.), se nachází mírně zvlněná rovinná oblast, která je z velké části tvořená rašeliništi. V těchto rašeliništích a podmáčených loukách pramení řeka Fláje a Divoká Bystřice (Národní geoportál). Rozvodí na místě rašelinišť není zcela jasné, kanály jsou mnohdy propojeny a místy se nachází bifurkace či stoky (Národní geoportál, Balej et al., 2004). Řeka Fláje teče západním směrem a při Českém Jiřetínu opouští Českou republiku (Národní geoportál). Tento tok spadá do dílčího povodí řeky Mulde (Moldavy), která protéká obcí Moldava a pramení v blízkosti hranic severně od zmíněného rašeliniště. Divoká Bystřice směřuje severním směrem od úpatí kopce Bouřňák, pokračuje pod vrchem Klínovčíc a teče přibližně další 2 km až k Německu. Tam tvoří zhruba 1 km dlouhou hranici, a pokračuje dále do Saska (Národní geoportál, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 2017). V tabulce 1. jsou zobrazeny klady listů topografických map s měřítky pro dotyčné území.

1: 50 000	03-32	
1: 25 000	02-321	
1: 10 000	02-32-01	02-32-02
	02-32 06	02-32 07

Tabulka 1: Základní listy topografických map pro zájmovou oblast severovýchodu Krušných hor s měřítky. Tučně vyznačený klad listů je umístění štoly. Obec Mikulov se nachází na rozhraní klady listů pro měřítko 1:10 000 (Národní geoportál).

Výskyt štol není v této lokalitě nikterak výjimečný, jelikož se jedná o krajinu s historicky významnou důlní činností a těžbou rud (Balej et al., 2004; Dvořák, 2011). Dotyčná štola je však odlišná několika charakteristikami. Jedná se o vodovodní štolu, která nebyla zbudována za účelem těžby hornin. Ke štole bohužel neexistuje žádná historická dokumentace, ani další informace o jejím vzniku a existenci.

3. Výchozí stav, zdůvodnění realizace projektu

Přesné stáří Mikulovské štolý není bohužel známé a z důvodu vysoké absence veškerých podkladů o štole nejsou známy ani další bližší informace. Mnohé údaje jsou odvozeny z okolních skutečností, výpovědí místních obyvatel a nepřímých historických informací z okolí. Dle historických předpokladů se v 15. století vybudoval vodní převaděč mezi říčními toky Divokou Bystřicí a Bouřlivákem. Z toho důvodu byl vytvořen systém převodu vody tak, aby část průtoku Divoké Bystřice tekla vodním převaděčem na České území, kde zásobovala nejbližší obce dostatkem vody. Tento předpoklad potvrzují i pozůstatky po "mlýnské infrastruktuře". Podél toku Bouřlivce jsou dodnes k nalezení pozůstatky pil a mlýnů, které využívaly energii vodního toku. Dále i názvy obcí, jako jsou Mlýny, jsou důkazem hojného využívání vody potoka Bouřlivce. Štola byla zbudována pro přepravu části vody z vodního toku Divoké Bystřice, která teče dále do Saska. Říká se, že existovala dohoda o odebrání určitého množství vody mezi Českými zeměmi a Saskem. Voda byla tudíž odebírána na českém území z vod, které následně tekly do Německa. Tato část vody byla pomocí rozdělovače odvedena kanálem k ústí štolý a skrz horninové masív na druhou stranu nad Mikulovské údolí.

Obec Mikulov se v několika posledních letech potýkala s nedostatkem vody. Z tohoto důvodu bylo třeba zvýšit odběr vody z potoka Bouřlivce, který však v suchých obdobích nebyl schopen tyto potřeby dostatečně naplňovat (Národní geoportál; IKSE MKOL; Labe a jeho povodí; Němec, 2020). Ze svědectví místních, historických pozůstatků a dalších indicií je zřejmé, že štola dlouhá léta plnila svůj účel. Problémy týkající se nedostatku vody ve štole byly zaznamenávány až v druhé polovině 20. století (Němec, 2020). V průběhu času postupně docházelo k úplnému zamezení průtoku vody skrz štolu.

Dnes je průtok vody v potoku Bouřlivák zásobován pouze vodami z vlastního hydrologického povodí. Štola pro přívod vody, jako i stavidla a vodní kanály jsou dnes zasypány. Z tohoto důvodu se vedení obce Mikulov rozhodlo bojovat s nedostatkem vody prostřednictvím obnovení a zprovoznění Mikulovské vodovodní štolý.

4. Historie

4.1. Historie Mikulova

Jedna z prvních zmínek sahá do roku 1452. Tehdy byla v Mikulovském údolí objevena stříbrná ruda, a záhy na to zde bylo založeno hornické městečko Neu Schellenberg, které se později podle Lobkovického majitele nazvalo Mikulov. Hřebenem Krušných hor procházela již od středověku zemská hranice mezi Čechami a Saskem. Pevná hranice byla stanovena roku 1459, ale až v roce 1547 některá sporná území připadla českým zemím. V této době Krušné hory zaznamenaly velký příliv německých horníků a důlních podnikatelů ze Saska (Wieser, 2005). Hned v letech 1556 započaly výrazné problémy s těžbou. I do nepřítli hlubokých částí důlních prostor pronikaly podzemní vody (Dvořák, 2011). Na konci století se začal projevovat nedostatek dřeva, přibývala důlní neštěstí a vytíženost dolů začala výrazně klesat až k postupnému útlumu těžby (Wieser, 2005). I přes problémy byl v roce 1597 Niklasberg (Mikulov) povýšen na královské horní město. Během 17. století podle důkazů těžba vůbec neprobíhala a obnovila se až v průběhu 18. století. Došlo však pouze ke znovuotevření dnes nazývané Rennerovy štolý, ve které byl objeven arzenový pramen. Poslední snaha obnovit těžbu proběhla při druhé světové válce, kdy byla průzkumem zjištěna neperspektivnost ložiska v Mikulově (Dvořák, 2011).

Postupným úpadkem těžby a vlivem rekatolizace došlo k výrazným úbytkům obyvatelstva (Balej et al., 2004). I přes to bylo v roce 1869 napočítáno 531 obyvatel a v roce 1930 dokonce 739 obyvatel (Pospíšil et al., 2015). K dalšímu výraznému vysídlení došlo během druhé světové války. Větší přísun obyvatel Mikulov zaznamenal až po roce 1989, kdy se situace výrazně zlepšila s otevřením hranic a zvýšením obchodu s Německem. Tím došlo k nárůstu obyvatelstva v Moldavě a Mikulově až o 20 % (Balej et al., 2004). K roku 2011 bylo sčítáním zjištěno 218 stálých obyvatel (Pospíšil et al., 2015).

4.2. Historické štolování

Doklady o stavbě tunelů pochází už ze 7. století př. n. l. Takto staré stavby se nacházely například v Ninive a v Jeruzalémě (Plánka, Dějiny zeměměřictví). Jedno z nejstarších dochovaných vodovodních podzemních děl se nachází na řeckém ostrově Samos zbudovaném za vlády Polycrata (570–522 B.C.). Tento tunel měří 1036 metrů, dosahuje sklonu 0,4 % a leží

v hloubce až 162 m pod povrchem (Apostol, 1995; Hánek, Janžurová, 2007). Tyto stavby dokládají výbornou znalost praktické geometrie. Stavitelé tehdy neměli magnetický kompas, průzkumné nástroje ani přesné topografické mapy. K tehdejšímu vytyčení použili trigonometrii a složitá a mimořádně přesná měření (Apostol, 1995). V 1. st. n. l. se Héron Alexandrijský zabýval způsoby vytyčení tunelů a měřením pro spojení důlního díla s povrchem (Plánka, Dějiny zeměměřictví). V této době bylo měřičství na vysoké úrovni a stavba podzemních děl nebyla výjimečná. Po konci antické doby se budování tunelů na několik set let v Evropě zpomalilo. Šlo pouze o menší lokální díla za účelem získání kovů a materiálu.

Větší změna nastala ve 13. století, kdy, se zvyšující se těžbou a potřebou dobývat suroviny z podzemí, došlo i k rozvoji důlní činnosti a důlního měření. Rozvoj dále pokračoval a zdokonaloval se. Již ve 14. století, při vytyčování podzemních cest, dovedli měřiči přenášet měření z povrchu do podzemí a naopak (Plánka, Dějiny zeměměřictví). V Krušných horách již v této době probíhala aktivní těžba některých kovů (Dvořák, 2011). Šestnácté století bylo významné pro budování podzemních děl v českých zemích. V roce 1516 došlo v Jáchymově k objevu ložisek stříbrné rudy. V těchto letech seděl na českém trůně Rudolf II, který výrazným způsobem pomohl k rozvoji důlních znalostí. Za vlády tohoto panovníka byl vypracován zákon horních práv, který se sice nevyhlásil, ovšem pomohl k tvorbě reformací horních úředních artikulí (Plánka, Dějiny zeměměřictví).

Další, kdo pomohl k rozvoji stavby podzemních děl, byl Georgia Agricola (1494-1555). Ten napsal dvanáct knih o hutnictví „*De re Metallica libri duodecim*“. V těchto knihách je obsažen popis dolů, techniky odvětrání, odvodňování i ražby. Tyto poznatky a podklady byly přes více než dalších 200 let nejpoužívanější příručkou pro dobývání, hutnictví, rubání a měřičství. V dílech jsou popsány metody měřičů a důlní měřické přístroje, jako jsou provazce k měření délek, úhloměry, kompasy a krokvice (Plánka, Dějiny zeměměřictví).

Na tomto místě se již dostáváme blíž k Mikulovské vodovodní štolě. I přes neznalost přesného stáří existují předpoklady, že by právě v tomto období mohla být zbudována. Lze tedy předpokládat obdobný způsob ražby, jako u jednoho z nejznámějších a nejspíše i nejstarších českých podzemních děl pro přepravu vody, Rudolfovy štolý. Ta dosahuje délky 1,1 km a vede vodu z Vltavy pod Letenskou plání do rybníku v Královské oboře, dnešní Stromovky (Hánek, Janžurová, 2007). Stavba Rudolfovy štolý probíhala v letech 1589–1593 pod dohledem předního odborníka, vrchní hofmistra a pražského mincmistra Lazara Erckera ze Šreknefelzu. Jeho nástupcem se stal vrchní hofmistr Van der Vam Kojas. Práce v jednotlivých

úsecích prováděli kutnohorští havíři (Apostol, 1995). Lze uvažovat, že i v Mikulově se mohlo, vzhledem k nálezům stříbra v Jáchymově, těžbě rud v blízkých obcích a pozůstatcích těžby v obci samotné, jednat o některé z Krušnohorských havířů.

5. Přírodní podmínky, geologie, hydrogeologie

5.1. Geomorfologické poměry

Řešené území se dle geomorfologického členění nachází na rozhraní okrsku Flájská hornatina a Cínovecká hornatina (Obr. 1). Hranice těchto okrsků prochází Mikulovským údolím podél toku Bouřlivce až k pramenu. Odtud prochází severozápadně rovnoběžně s železničním tunelem skrz hřbet, ve kterém se nachází i dotyčná štola. Na západní straně hřbetu se stáčí více na sever do údolí Divoké Bystřice, kde dále pokračuje podél tohoto toku až k hranicím se Saskem. Oba okrsky se nachází v podcelku Loučeňská hornatina, která je, dle tohoto členění, součástí dílčího celku Krušné hory, náležející oblasti Krušnohorská hornatina, subprovincie Krušnohorská soustava a provincie Česká vysočina (Národní geoportál, Balej et al., 2004).



Obr. 1: Členění krušných hor do geomorfologických celků (Balej et al., 2004).



Obr. 2: Morfologie Ústeckého kraje s viditelnou výraznou změnou nadmořské výšky mezi podkrušnohořím a vrcholky Krušných hor (Artedit, 1999).

Původní zarovnaný paleogenní povrch byl vyzdvihnut a rozlámán na kry podél zlomů (Balej et al., 2004). Během třetihor a v průběhu kvartéru došlo k výzdvihu podél krušnohorského zlomu a modelaci území do horského reliéfu (Škwor, 1975). Jednotlivé kry se však nevyzdvihly rovnoměrně, ale vytvořily systém s rozdílnými výškami (Balej et al., 2004). Nejvyšší nadmořské výšky vrcholů jsou blízko krušnohorskému zlomu a tvoří dlouhou protáhlou mírně zvlněnou vrcholovou část (Škwor, 1975). Nejvyšší polohy hor se nachází při západním okraji a směrem na východ postupně klesají. Od pánví v některých místech může být rozdíl nadmořské výšky na příkrých svazích až 500 m. Loučenská hornatina v celé své ploše nepřesahuje polohy nad 1000 m n. m. (Škwor, 1975). Krajina je charakteristická široce klenutými hřbety, plochými vrcholky a oddělenými rozevřenými údolími. Mezi obcemi Mníšek a Mikulovice je povrch oproti okolí nižší. Výška se pohybuje okolo 750 m. n. m. a směrem na SV se zvyšuje až k 870 m. n. m. Od obce Krupka a Fojtovice se nadmořská výška opět mění na 750 m až 640 m s mírnou klesající tendencí členitosti. Při jihovýchodních vrcholcích se koncentrují nejvyšší vrcholy této oblasti (Balej et al., 2004). Jedná se například o vrcholky Loučná (956 m. n. m.), Pramenáč (910 m. n. m.) a Komaří hůrka 810 m. n. m. (Národní geoportál).

Krušné hory lze vrcholky rozdělit na dvě charakterově odlišná prostředí. Jižní část, představující čelo ker a okraje zlomově podmíněných stupňovitých svahů, a plochou mírně jednostranně k severozápadu ukloněnou svrchní část ker (Balej et al., 2004; Škwor, 1975). Rozdělení, stejně jako osa vrcholů hor, je vedeno ve směru SV-JZ a VSV-ZJZ. V těchto směrech

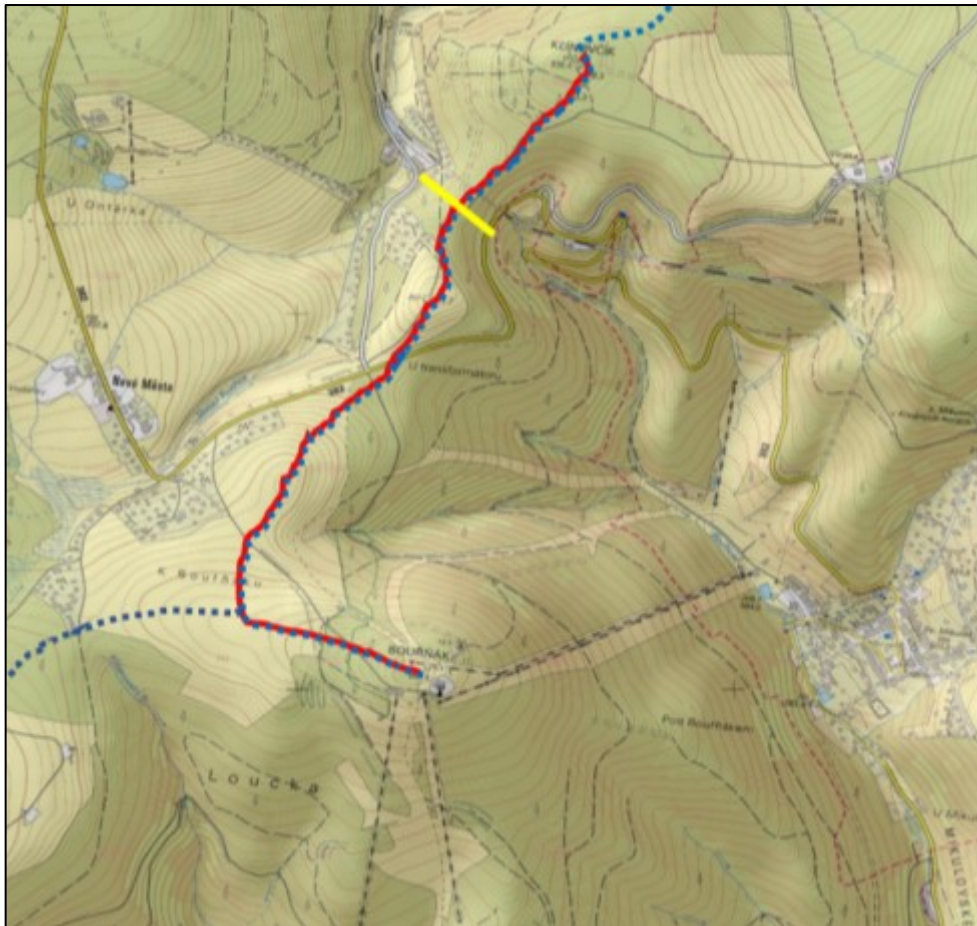
a zároveň kolmo na tento směr, tedy ve směru SV – JZ a SZ – JV, jsou současně hlavní zlomové a puklinové směry. V systému četných podélných zlomů a tektonických poruch se nachází velké množství údolí a svahových hřbetů. Toky se v tomto prostředí chovají tak, že se zařezávají stále hlouběji do krystalinického podkladu a tvoří výškový rozdíl až 250 m (Balej et al., 2004; Škwor, 1975). Postupná hloubková říční eroze reagovala na výstup zaklesnutím a posunem pramenní oblasti směrem k vrcholům (Balej et al., 2004). Říční eroze má tedy na morfologii této části hor významný vliv.

Část od hřbetu směrem na sever je velice plochá, jen slabě zvlněná s několika výškovými úrovněmi a mírným úklonem k severozápadu cca o 5°. Krajina byla dotvořena denudačními procesy (Balej et al., 2004). Podoba je bližší náhorní plošině s občasnými vrcholy. Celý reliéf je pozůstatkem eroze původních toků tvořících otevřená údolí, která nejsou výrazně zaklesnutá (Škwor, 1975). V celých Krušných horách se dále vyskytují úžlaby či prohlubně se zvětralinovým povrchem do hloubky od 0,5 až do 5 m s hromadící se vodou, kde vnikají rašeliniště. Dále se ve vrcholových partiích vyskytují suky, které vznikly mrazovým zvětráváním, a množství plošin dosahujících převýšení nejvýše 30 m, které se nachází v odlišných nadmořských výškách (Balej et al., 2004). Zatímco česká část Krušných hor je tvořena strmými svahy s hluboce zaříznutými říčními koryty s hlubokými údolními a strmými svahy, německá část má charakter mírně zvlněné ukloněné roviny, kde mají řeky mírnější spád a údolí jsou mělčí a úvalovitá. Hydrologickým rozhraním mezi oběma částmi jsou vrcholové partie, tedy vrcholky a hřbety Krušných hor. Jedním z těchto hřbetů je právě ten na severovýchodě Mikulovského údolí, kterým prochází v této práci řešená vodovodní štola. V užším pohledu na lokalitu je zřejmý výrazný vliv podloží. Například pro teplický ryolit je charakteristická značná tvrdost, ale zároveň vysoká křehkost. To způsobilo jeho značné rozlámání, zintenzivnění zvětrání, a následné ztráty materiálu. Z morfologie krajiny je viditelný rozdíl oproti morfologii krystalických hornin, kde břidlice tvoří mírně skloněné, méně strmé ale více stupňovité svahy (Balej et al., 2004).

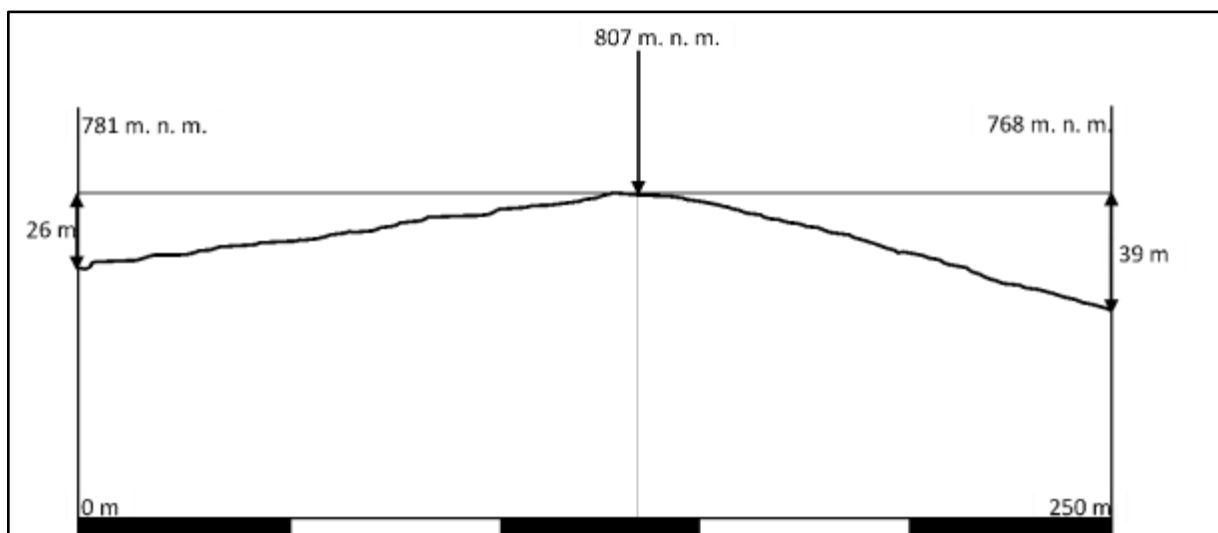
Vliv na ráz krajiny má i antropogenní činnost, jelikož v této oblasti probíhala již od středověku těžba a dobývání. V širším okolí lokality se nachází pozůstatky povrchové i podzemní těžby, haldy a výsypky. Nedaleko od Mikulova se těžila rašelina a některé barevné kovy (Balej et al., 2004).

Tok Bouřlivec pramení v údolí mezi vrcholy Klínovčíc (836 m. n. m) a Bouřňák (869 m. n. m.), a dále protéká údolím do Mikulova, který se nachází mezi vrcholky Bouřňák a Pramenáč (909 m. n. m.). Pramen potoka Bouřlivec je od městečka Hrob vzdálen okolo 4,5 km a za tuto vzdálenost překoná převýšení okolo 400 m. I přes toto prudké převýšení vede tok v hluboce zaklesnutém údolí, které je místy přes 200 m hluboké oproti okolním hřbetům. Nejvyššího převýšení dosahuje během 1 km od pramene. Bouřlivec má množství drobných přítoků, které stékají z prudkých, až 600 m dlouhých svahů.

Pramenní oblast Flájí a Divoké Bystřice se nachází na rovinné oblasti mezi vrchy Bouřňák, Oldřišský vrch (878 m. n. m.) a Klínovčíc. Mezi těmito krajinnými prvky se nachází hřbet propojující vrcholky Bouřňák a Klínovčíc (obr. 3) tvořící rozvodí mezi dílčím povodím Bíliny tekoucí do Labe v Čechách a Bystřice tekoucí do Labe v Sasku. Nejvyšším bodem tohoto hřbetu je kóta 817,7 m. n. m. Právě mezi touto kótou a vrcholkem Klínovčíc prochází hřbetem dotyčná štola. Na obrázku (Obr. 3) je červeně vyznačen střed hřbetu. Průměrná výška hřbetu v místě předpokládaného vedení podzemní štoly se pohybuje okolo 800 m. n. m. Na levé straně od hřbetu se projevuje rovinný ráz krajiny s malými změnami v nadmořské výšce. Výška hřbetu v místě štoly přesahuje průměrnou hodnotu výšky hřbetu. Od vrcholku hřbetu po tok Bystřice je pokles okolo 15 m na 100 m. Divoká Bystřice tekoucí nivou pod hřbetem klesá v této oblasti o 2,5 m na 100 m. Naproti tomu na východní stranu, tedy vpravo od vrcholové linie hřbetu, je svah strmější, a pokračuje dále hluboko do údolí pod úroveň toku Divoké Bystřice. Spád na tuto stranu je okolo 30 m na 100 m (Národní geoportál). Na obrázku (Obr. 4) je zobrazen řez hřbetem v místě předpokládaného výskytu štoly. Předpokládané dno štoly prochází v nadmořské výšce okolo 776 až 767 (m. n. m.)



Obr. 3: Obrázek zobrazuje podrobnou situaci v okolí hřbetu, skrz který vede štola (žlutě). Je vyznačena osa hřbetu (červeně) a hydrologické rozhraní (modře) (Národní geoportál).



Obr. 4: Obrázek zobrazuje povrch nad předpokládaným průběhem štoly s nadmořskými výškami. Levá (východní) strana dále svou nadmořskou výšku příliš nemění a v místě napojení štoly se pohybuje okolo 780 m. n. m. Pravá (západní) strana dále pokračuje do hlubokého zářezu Mikulovského údolí (Národní geoportál).

5.2. Klimatické poměry

V širším pohledu se lokalita nachází v mírném vlhkém kontinentálním pásu s převládajícím západním větrem a proměnlivým počasím. Na lokalitě se projevuje místní cyklonální činnost a nerovnoměrnost srážek s výrazným poklesem směrem k pánvím (Balej et al., 2004). Krušné hory ovlivňují klima nejen v blízkosti hor, ale mají také výrazný vliv i na své okolí. Celková geomorfologie hor má výrazný vliv na cirkulaci vzduchu a počasí. Při chladném počasí způsobuje cirkulace vzduchu v nížinách stabilní stav. Naopak při teplejším počasí dochází ke konvekci (Škvor, 1975). V horských oblastech je počasí mnohem komplikovanější. Je zde vysoký výskyt mlh a zvýšené oblačnosti, které jsou zapříčiněny cirkulací vzduchu v údolích a na svazích. Během letních měsíců převažují severní a severovýchodní větry. V průběhu zimních měsíců převládá vítr západní. Průměrné roční srážky pro Krušné hory přesahují 1000 mm a jsou rovnoměrně rozloženy po celý rok (Škvor, 1975). V porovnání s celou Českou republikou patří Krušné hory mezi humidní oblast. Podle regionálního klimatického členění náleží území do chladných klimatických jednotek CH 6 a CH 7 (Quitt, 1971). Pro klimatickou jednotku CH 6 je charakteristické velmi krátké až krátké, mírně chladné a vlhké léto, dlouhé přechodné období, mírně chladné jaro, mírný podzim a dlouhá, mírně vlhká zima, s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota vzduchu je v této oblasti v lednu -4 až -5 °C, v dubnu 2–4 °C, v červenci 14–15 °C a v říjnu 5–6 °C. Srážkový úhrn činí v dlouhodobém průměru 1000–1200 mm, z toho na zimní období připadá 400–500 mm srážek a ve vegetačním období spadne v průměru 600–700 mm vodních srážek. Sněhová pokrývka je v dlouhodobém průměru zaznamenána 40–50 dnů v roce. Pro klimatickou jednotku CH 7 je charakteristické velmi krátké až krátké, mírně chladné a vlhké léto. Přechodné období je dlouhé, s mírně chladným jarem a mírným podzimem, dlouhou, mírnou až mírně vlhkou zimou, s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota vzduchu je v této oblasti v lednu -3 až -4 °C, v dubnu 4–6 °C, v červenci 15–16 °C a v říjnu 6–7 °C. Srážkový úhrn činí v dlouhodobém průměru 1000–1200 mm, z toho na zimní období připadá 350–400 mm srážek a ve vegetačním období spadne v průměru 500–600 mm vodních srážek. Sněhová pokrývka je v dlouhodobém průměru zaznamenána 40–50 dnů v roce (Quitt, 1971).

5.3. Ochrana přírody a krajiny

Zájmová oblast leží na středovýchodním okraji ptačí oblasti tetřívka obecného č. 2315 CZ0421005 Východní Krušné hory a leží v chráněném území č. 5504 CZ0424127 Východní Krušnohoří. V okolí lokality se nachází především bukové až bukově-smíšené lesy. Dále se zde vyskytují smrkovo-bukové až smrkové lesy s občasným výraznějším výskytem javorů a jedlí. Místy se nachází rozsáhlé bylinné a keřové porosty. Zájmové území leží v chráněné oblasti přirozené akumulace vod 110 Krušné hory. Dále se nachází v druhém stupni ochranného pásma vodních zdrojů. Jedná se konkrétně o tok Divoké Bystřice, o její nivu a přilehlé chatové oblasti (Národní geoportál). Ústí štoly, jako i celý tok Bouřlivec, náleží do ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů druhého stupně (Lázně a zřídla, 2015).

5.4. Geologie

Z regionálně geologického hlediska spadá zájmová oblast do Českého masivu, konkrétně do jeho severní až severozápadní části zvané Saxothuringikum neboli Sasko-durynská jednotka (Kachlík, 2003). Na území České republiky je tato oblast zastoupena metamorfovanými horninami a variskými granitoidními plutony. Sasko-durynská jednotka se z velké části nachází mimo naše území. U nás zasahuje až k hlubinnému Litoměřickému zlomu, který tvoří jihovýchodní hranici (Chlupáč et al., 2002). Vystouplé horniny Krušných hor jsou ostře odděleny Krušnohorským zlomem a až k Litoměřickému zlomu pokračují skryty pod nadložními sedimenty (Škwor, 1975). Od hornin tepelsko-barrandienské oblasti jsou odděleny tepelskou suturou. Ta je pozůstatkem po uzavření sasko-durynského oceánu. Dále na severovýchodě je jednotka oddělena Labskou zónou (Kachlík, 2003). Severní okraj je tvořen centrálním saským lineamentem (Škwor, 1975). Severozápadní hranice Krušnohorské oblasti je vnořena pod platformním pokryvem (Kachlík, 2003). Jihozápadní hranici tvoří trankský zlom (Chlupáč et al., 2002). Krušné hory se rozprostírají na severozápadě Čech podél hranice s Německem. Na území Čech se nachází pouze jedna třetina z celkové rozlohy hor. Česká část Krušných hor je z jihovýchodu ostře ohraničena krušnohorským zlomem. Na jihozápadě jsou Krušné hory ohraničeny příčnou depresí od Smrčin Mariánsko-lázeňským zlomem (Škwor, 1975). Severozápadní hranice je tvořena Labským zlomem a, stejně jako celá oblast, mizí pod platformním pokryvem v Sasku. Krušné hory představují vyzdviženou kru krystalinika, charakteristickou jednostranným úklonem k severozápadu. Vyzdvižené kry mají oproti

podkrušnohorským pánvím výškový rozdíl až 500 m. Celé hory tvoří složité antiklinorní pásmo s malými výškovými rozdíly ve vrcholových partiích. Celkově se jedná o velmi metamorfovanou část českého masívu, u níž je velmi těžké určit přesné stáří. Nejstarší horniny se díky erozi prokazatelně objevují ve východní okrajové partii Krušných hor (Škwor, 1975). Původní proterozoický charakter hornin, jako i určení přesného stáří, je vlivem rozsáhlé a výrazné metamorfózy velmi těžko stanovitelný. Jedná se především o variské horstvo s převládajícími metamorfovanými paleozoickými horninami krušnohorského krystalinika, tvořící klenbové struktury (Chlupáč et al., 2002). Horniny vznikaly v průběhu svrchního paleozoika, kdy docházelo k intrakontinentálnímu vývoji. Převažovala sedimentace v celé oblasti. V průběhu spilitové etapy se sedimentace zpomalila a následně přešla ze sedimentační oblasti do zdrojové oblasti. Zároveň vlivem intraalgonické tektonické aktivitě došlo k výzdvihu sousední teplesko-barrandienské oblasti, a tím k oslabení oháreckého riftu. Při následné prospilitové etapě došlo k prohybu celé oblasti a Krušné hory se staly opět sedimentačním prostorem (Škwor, 1975). V průběhu devonu započala variská orogeneze, která vrcholila v průběhu svrchního karbonu, a pokračovala dále do permu, kdy došlo od severozápadu k nasunutí kry moldanubika s teplesko-barrandienskou oblastí na kru saxothuringika. V této etapě dochází k metamorfóze a výrazné erozi povrchu (Chlupáč et al., 2002). Zároveň dochází k zániku sedimentačních struktur, k zvrásnění a intruzi granitoidů (Škwor, 1975). V této době vzniká například teplický porfyr. Celý Český masív je pozůstatkem silně erodovaného variského horstva se složitou stavbou. V Sasko-durynské zóně došlo k hlavním procesům vrásnění a silné metamorfóze celků, které přecházejí až v sledy, a to vlivem velkých přesunů do vzdálenosti i do hloubky (Chlupáč et al., 2002). Variské pochody dále zkonsolidovaly celou oblast až do období křídý v platformu (Škwor, 1975). Došlo k zformování celého Českého masívu do kratonizovaného celku, který již dále nebyl vrásněn. Koncem křídý a během terciéru však započalo vlivem alpínské orogeneze oživení tektoniky a zlomů. Došlo k vyklenutí a následnému kolapsu, při němž vznikly zlomy a propadliny, které utvořily oherský rift. Hlavní linie probíhá ve směru SV-JZ s vedlejšími zlomy ve směru SZ-JV, které jsou rovnoběžné s labskou linií. Dále došlo k projevu vulkanismu podél zlomů oslabené struktury, jako například při Litoměřickém zlomu (Chlupáč et al., 2002). Tato aktivita dále vedla k pohybu mezi Krušnohorským a Litoměřickým zlomem. Vytvořily se hluboké deprese a pánve. Zároveň došlo podél severozápadní strany Krušnohorského zlomu k výzdvihu horninových mas (Škwor, 1975). Před výzdvihem do pliocénu odtékaly vody z pánví směrem na severozápad přes dnešní

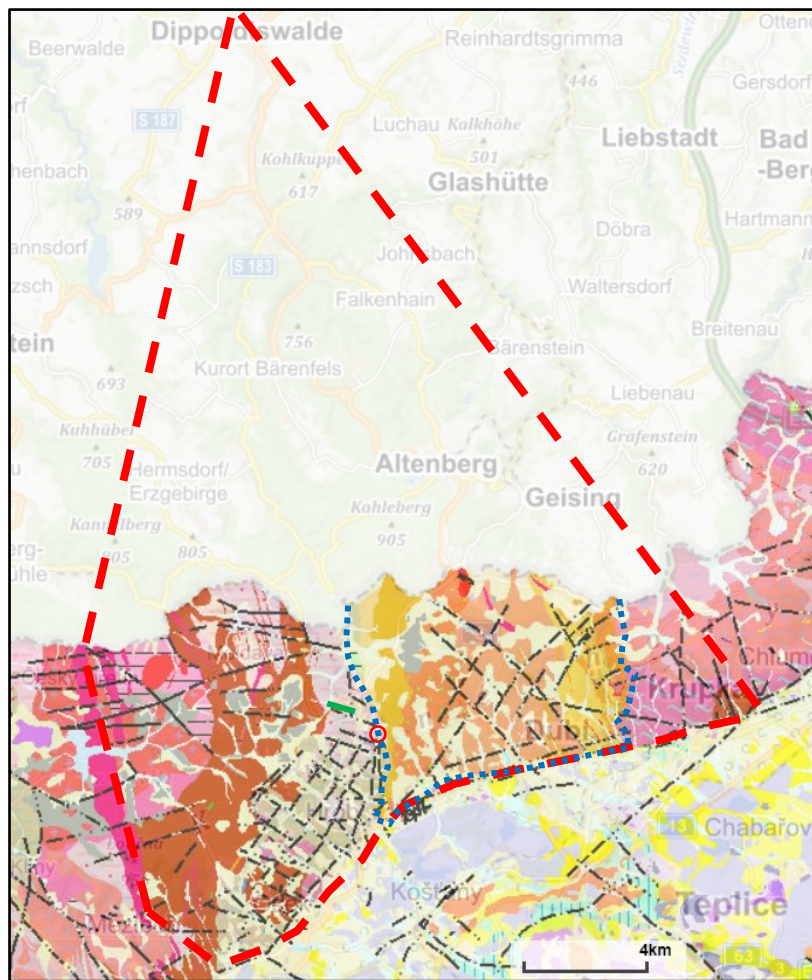
Krušné hory (Chlupáč et. al., 2002). Během kvartéru došlo k útlumu vulkanismu a ke zmírnění aktivity. Výzdvih Krušných hor však stále pokračuje přes kvartér až dodnes (Škwor, 1975). Podél zlomů během tektonické aktivity došlo k pohybům přes tisíc metrů. Pro tento děj se vžil název Saxonská tectogeneze. Krušné hory jsou dále silně erodovány pouze s lokálními výskyty platformního pokryvu (Chlupáč et. al., 2002).

Nejvíce se zde nachází ruly a břidlice Krušných hor. Jsou zde zastoupeny červené ruly, které jsou považovány za varisky deformované a metamorfované granity předvariského stáří, a šedé ruly, tvořené z granodioritů. Dvojslídne šedé ruly jsou považovány za částečně migmatizované sedimenty. Ruly místy přecházejí až do svorové a filitové série. Hojně se také vyskytují červené migmatity a kataklastické granity. Celé hory, nejvíce v místech oslabených zón, jsou prostoupeny pometamorfními granitoidy krušnohorského plutonu. K velmi výraznému projevu došlo ve východní části, kde se nachází masívy a příkrovy teplického křemenného porfyru (Škwor, 1975). Ve východním Krušnohoří můžeme najít horniny Přísečnické skupiny nacházející se v nadloží Východokrušnohorské skupiny, která je tvořena metamorfity především z drob. Podložní Rusovské souvrství je tvořeno muskovit biotitickými pararulami. Dále se mohou vyskytovat tělesa bazických vulkanitů, kvarcity, břidlice a droby. Dále horniny Měděneckého souvrství projevující se ve spodní části ortorulami s pestrým sledem pararul s metadrobami, krystalickými vápenci, bazickými vulkanity a metakonglomeráty. Proterozoické intruzivní horniny jsou přeměněny na červené ortoruly, které jsou pozůstatkem kadomského magmatismu (Chlupáč et. al., 2002).

5.5. Podrobná geologie lokality

Štola, která je předmětem této práce, je situovaná v krušnohorské oblasti, pro kterou je charakteristická nižší intenzita metamorfózy a celkový pokles intenzity metamorfózy směrem k severozápadu (Kachlík, 2003). Zájmové území spadá do rozsáhlé oblasti rozprostírající se na východní části krušnohorského antiklinoria. Jedná se o Altenberskou kru, která má částečně trojúhelníkovitý tvar a rozprostírá se mezi obcemi Krupka, Dippoldiswalde a flájským a loučeňským plutonem. Tato kra vznikla výraznými poklesy podél zlomů. V návaznosti na tento pokles došlo k výrazným výlevům podél okraje kry i podél vnitřních trhlin. Výlevy jsou tvořeny převážně křemenným porfyrem a žilnými a mělkými abysálními tělesy žulových hornin.

Samotná kra je tvořena z rul. Nacházejí se zde ovšem tektonicky vkleslé zbytky nadložní svorové série a zachovány jsou i menší kry fylitové série, které jsou místy doprovázeny karbonskými sedimenty. Tak tomu je například západně od obce Cínovec, v místech dnes již zaniklé obce Vápenice. Kra nejasným přechodem při flájském a loučeňském plutonu přechází do kateřinohorské klenby (Škvor, 1975). Vymezené území je zobrazeno na obrázku 5.

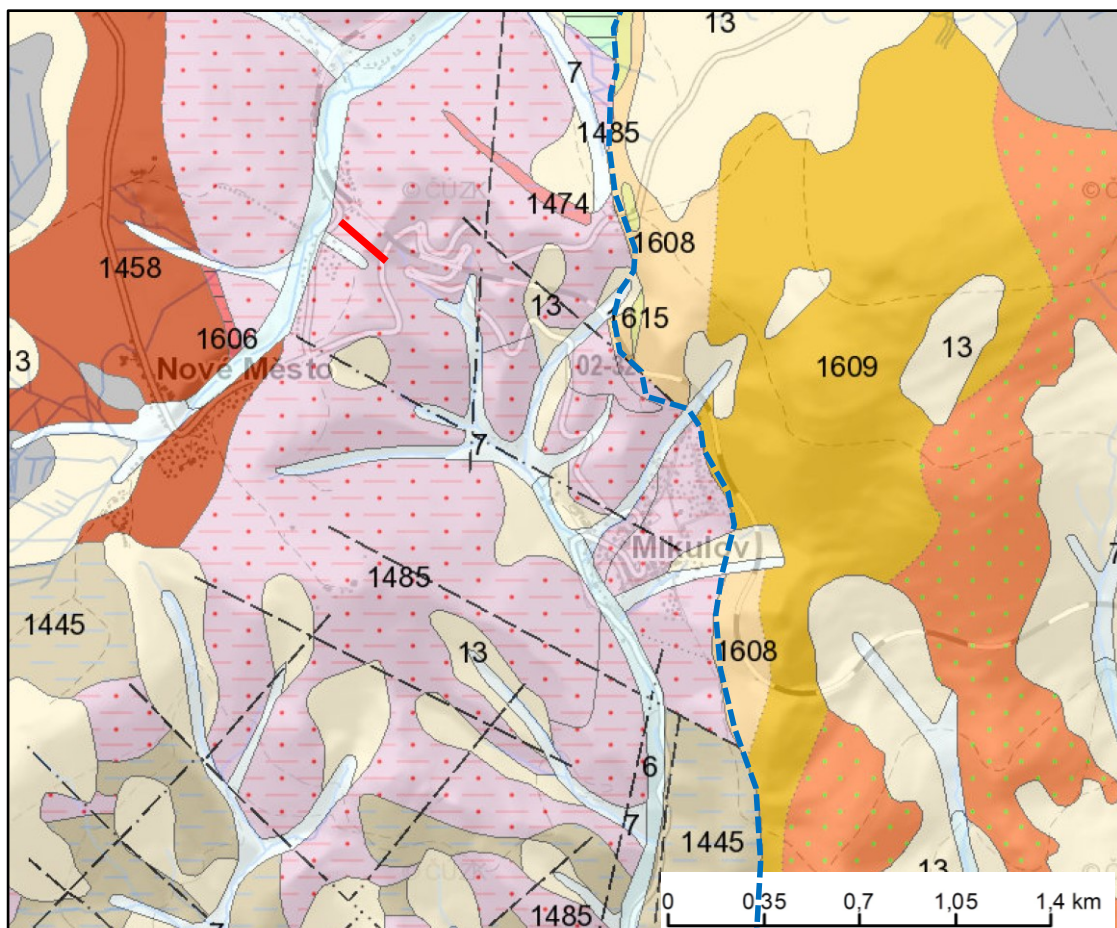


Obr. 5: Výřez geologické mapy východního Krušnohoří s červeně vymezenou Altenberskou krou, která má významný kerný pohyb a velký vliv na geologický vývoj oblasti. Dále je modře vymezena část Teplického ryolitového komplexu, zeleně štola a červeným kolečkem město Mikulov (Geology.cz/mapy).

Z historických procesů ve východních Krušných horách lze vymezit tři jednotky (Balej et al., 2004). Platformní jednotka se kromě ojedinělého výskytu v blízkém okolí téměř nenachází, jelikož byla denudována. Existují však doklady o tom, že severozápadně od Teplic se nacházelo propojení mezi středočeskými pánevemi a saskodurynskou oblastí (Chlupáč et al.,

2002). Nejzastoupenější jednotkou jsou předplatformní krystalinické intenzivně zvrásněné horniny ovlivněné kadomskou a variskou orogenezí. Jedná se o dvoufázové, především regionálně přeměněné rulové a migmatitové jádro s fylitovým obalem, u kterého jsou díky výrazné denudaci obnaženy i starší části hornin. Mohou se také objevovat svory a místy obnažené průniky variských hlubinných vyvřelin a intruze žilných těles, jako jsou žulové porfyry, paleoryolity a lamprofyry, u kterých, díky výlevům při závěru variské orogeneze podél zlomů, nedošlo již k metamorfóze. V okolí lokality se nachází například cínovecký a flájský žulový masív (Balej et al., 2004). Mikulovské údolí je tvořeno přechodem mezi krystalinickými metamorfovanými horninami a teplickým ryolitem (Česká geologická služba, 2016). Skrz toto údolí od obce Hrob, přes Mikulov až k Moldavě prochází systém rudonosných žil. Tyto žíly prochází při okraji teplického porfyru dvojslídnyými až biotitovými středně zrnitými ortorulami s občasným výskytem pararul (Dvořák, 2011). Jedná se například o rudy zinku, mědi, olova a stříbra nebo severněji vázaný fluorit a baryt (Balej et al., 2004). Na východ se nachází vulkanické horniny teplického porfyru. Výlevy probíhaly v několika etapách a vytvořily mocné vulkanické až 8 km mocné proudy (Chlupáč et al., 2002). Rudy nejsou vázány pouze na okraj porfyru při Mikulovském údolí, ale jsou vázány na celý teplický ryolit (Balej et al., 2004).

Západně od ryolitového komplexu se nachází metamorfované krystalinické ruly a svory s vložkami žulového porfyru. Horniny jsou prostoupeny množstvím zlomů a puklin a hlavními kernými zlomy ve směru JZ – SV, podél kterých dochází k pohybům. Západní okraj oblasti je, dle geologické mapy, tvořen převážně z dvojslídnych až biotitových pararul. Jedná se především o metamorfované pelity. Centrální část je tvořena proterozoickými ortorulami. Štola konkrétně prochází kyselými magmatity, které jsou metamorfovány na drobnou až středně zrnitou muskovit biotitickou ortorulu. Místy se objevují polohy granitového žilného porfyru. Jedná se o svrchno karbonské horniny krušnohorského plutonu s felzickou zrnitostí a vyšším obsahem biotitu, které prostupují horninami a tvoří místy až několik metrů mocné žíly (Geology.cz/mapy; Balej et al., 2004). Krušnohorské granity a granitoidy jsou oproti jiným variským granitoidům mnohem mladší, mají charakteristickou narůžovělou barvu s výrazným zastoupením muskovit biotitických žul (Chlupáč et al., 2002).



Obr. 6: Geologická mapa úzkého zájmového území se červeně vyznačenou štolou, která prochází ortorulami. Vpravo od modré čáry se nachází horniny teplického ryolitového komplexu (Geology.cz/mapy).

Klad listů ZM50

Klad listů ZM 50



Geologická mapa 1 : 50 000

Tektonické linie GeoČR50

---	zlom předpokládaný	—	hranice zjištěná
-·-·-	zlom zakrytý	---	hranice předpokládaná
.....	petrografický přechod hornin		

krušnohorskó-smrčinské krystalinikum,

	1458	pararula	PROTEROZOIKUM
	1485	ortorula	
	1445	pararula	NEOPROTEROZOIKUM
	1474	ortorula	PALEOZOIKUM
	1416	zelená břidlice, albit-epidotický amfibolit	KAMBRIUM–ORDOVIK

krušnohorský pluton

KARBON

	1606	granitový porfyr
	1607	ryolit

vulkanity permokarbons

	1608	ryolitový tuf a ignimbrit
	1609	ryolitový ignimbrit
	1610	ryolitový ignimbrit
	1615	pískovce ,prachovce, jílovce a vulkanoklastika s tenkými černouhelnými slojkami

KVARTÉR

	6	nivní sediment
	7	smíšený sediment
	9	slatina, rašelina, hnilokal
	13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment

Obr. 7: Legenda hornin, které se vyskytují na geologické mapě (Obr. 6). Ve spodní části jsou vymezeny kvarterní zeminy (Geology.cz/mapy).

Třetí jednotkou jsou kvartérní uloženiny. Celé období kvartéru je, díky pokračujícímu výzdvihu podél krušnohorského zlomu, velmi dynamické. Říční síť tekoucí na jihovýchod se zahlubuje a výrazně eroduje horniny do hloubky. S výzdvihem pokračuje i značná denudace povrchu. Vliv na tyto procesy mají pohyby na zlomech a puklinové systémy hornin. Tyto

procesy podmiňuje i charakter klimatu, kdy dochází k výrazným oscilacím v teplotě (Balej et al., 2004). Střídají se chladná období s průměrnou teplotou okolo 0 °C a teplá období s průměrnou teplotou okolo 15 °C (Chlupáč et al., 2002). V chladných obdobích se jedná převážně o mrazové zvětrávání a soliflukční pohyby. Dochází k vytváření mocnějších vrstev zvětralin při úpatí kopců a k tvorbě rašelinišť a dalších organických sedimentů ve vrcholových partiích (Balej et al., 2004). Celý Český masív je v periglaciální oblasti mezi kontinentálním ledovcem a horskými ledovci. Výrazná eolická a fluviální činnost společně s chemickým zvětráváním dotváří krajinu do dnešní podoby. Tvoří se sruby a kryoterasy. Krajina má charakter tundry s nízkou mírou vegetace (Chlupáč et al., 2002). Pramenní oblast Divoké Bystřice a rovinné vrcholové partie jsou vyplněny holocenními nezpevněnými deluviálními sedimenty s pestrým složením. Jedná se o tmavě hnědé hnilobné, rašelinné a slatinné sedimenty s výrazným zastoupením kamenité až hlinito-kamenité frakce. Podél menších toků, splachů a ve dnech údolí převládají převážně jemnozrnné smíšené deluviofluviální nezpevněné sedimenty holocenního stáří. Podél říčních toků, především tekoucích z vrcholových partií na severozápad, se nachází holocenní nivní nezpevněné sedimenty v podobě hlín, písků a štěrků. Tyto sedimenty se vyskytují i podél ostatních toků, ovšem ne v tak výrazné míře. Mimo říční toky v údolích a při úbočích svahů se vyskytují vrstvy nezpevněných deluviálních kamenitých až hlinito-kamenitých sedimentů s převažujícím pestrým minerálním složením (Geology.cz/mapy). Hydrogeologicky se z kvarterních zemin projevují dvě skupiny zemin. Jedná se o málo propustné hlinitojílovité spraše, povodňové zeminy a jezerní bahna. Nízkou propustností se mohou projevovat i svahové hlíny a zvětralinny. Oproti těmto zeminám mají vyšší propustnost štěrkopísčité zeminy, kamenitá deluvia, proluvia a fluviální sedimenty (Česká geologická služba, 2016). V okolí se projevují i antropogenní uloženy. Díky těžební a důlní činnosti se lokálně nachází množství výsypek a odtěženého materiálu.

5.6. Pedologické poměry

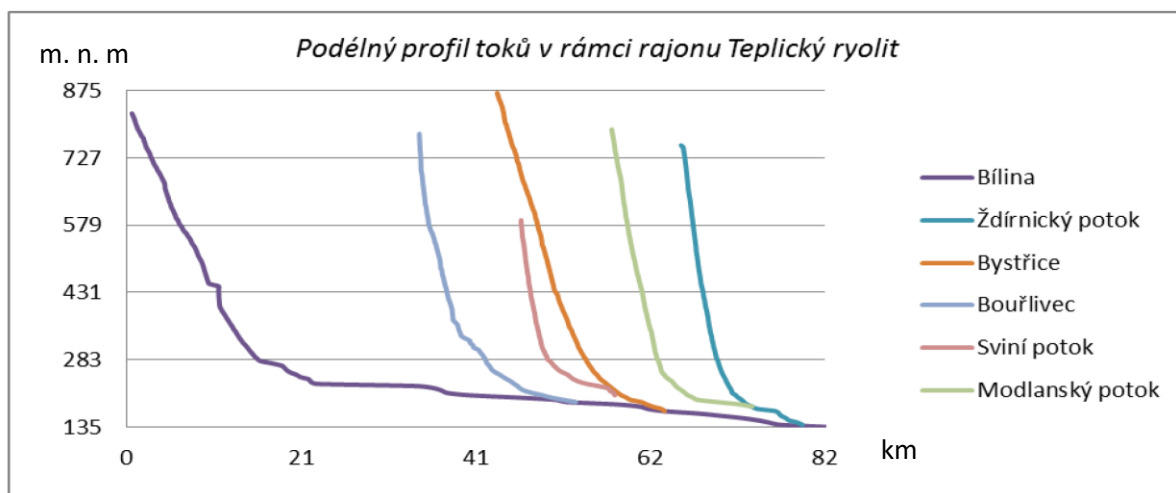
Během kvartéru dochází k tvorbě půd díky výrazné eolické, mrazové i chemické činnosti (Chlupáč et al., 2002). Se změnou morfologie se mění i charakter některých půd. Ve vrcholových partiích se vyskytují organozemě s rašelinou. Na svazích, na nichž převládají listnaté horské lesy, se vyskytují kambizemě. Vrcholky a údolí jsou asociace podzolu a kambizemí. Díky výskytu kyselých magmatitů a jejich metamorfitů a vlivem vlhkého a

chladného klimatu se vytvořily rezivé půdy a podzoly. Výraznou součástí jsou zbytky skeletu a zvětraliny matečních hornin. Místy se vyskytují vrstvy s vyšším podílem humusu. Říční toky směřující do Německa mají mírnější spád. Jsou to například Moldava a Divoká Bystřice. Údolí jsou vyplněna gleji a nivními půdami. Ve valné části hor chybí orná půda. Místy se vyskytují převážně hospodářsky nevyužité louky a travní porosty (Balej et al., 2004).

5.7. Hydrogeologie a hydrologie

5.7.1. Hydrologie

Celá část Krušných hor na našem území patří pod státní podnik povodí Ohře, avšak z hydrologického hlediska je celá oblast i rozsáhlé okolní území součástí povodí Labe. Na českém území jsou vody z Krušných hor odváděny do Labe dílčím povodím Ohře a povodím Bíliny, do kterého spadá i potok Bouřlivák. Směrem do Saska jsou vody odváděny Divokou a Červenou Bystřicí, které se po soutoku jako řeka Bystřice vlévají do Labe (IKSE MKOL, Labe a jeho povodí; Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 2017; Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015). Veškeré vody Krušných hor jsou Labem odváděny do Černého moře (Česká geologická služba, 2016). Mezi významné řeky v zájmové části hor patří například Bílina nebo Chomutovka (Geology.cz/mapy). Toky směřující jihovýchodním směrem, tedy z vrcholů Krušných hor do Čech směrem k Ohři či Bílině, jsou velmi mladé. Společně se svými koryty a údolími vznikaly postupně od třetihor až po současnost. Vzhledem ke geologicky rychlému výzdvihu došlo k silné hloubkové erozi, vytvoření skalnatých svahů a hlubokých údolí, díky čemuž mají tyto toky strmý spád. Od pramene dosáhnou velmi rychle nadmořské výšky pánví (Obr. 8) (Česká geologická služba, 2016; Škwor, 1975).



Obr. 8: Na obrázku je vyobrazen podélný profil toků v zájmové oblasti. Je zde patrný rychlý přechod z vysoké nadmořské výšky do nižší. Tento přechod je způsoben rychlým spádem krušnohorského svahu až do oblasti podkrušnohorských pánví, kde je spád mírnější (Česká geologická služba, 2016). Potok Bystřice směřuje na JZ stranu Krušných hor. Potok Divoká Bystřice teče do Německa SZ směrem. Nejedná se o stejné toky!

Naopak toky směřující na severozápad směrem do Německa si zachovávají původní tvar a směr. Před počátkem saxonské tektogeneze neexistoval říční systém Ohře. Vody z vnitrozemí Českého masivu tekly do oblasti dnešního Podkrušnohoří a odtékaly severozápadním směrem do dnešního Saska (Mísař, 1983).



Obr. 9: Na obrázku je vyobrazena mapa České republiky s vyznačenými předpokládanými říčními systémy během středního a svrchního miocénu. Na území dnešních Krušných hor je patrný říční systém, který odvodňuje vody z velké části Českého masivu směrem na SZ do dnešního Německa (Mísař, 1983).

Jak lze vidět na obrázku (Obr. 10), v oblasti Krušných hor se nachází velmi hustá říční síť, jejíž hustota odpovídá $1,78 \text{ km/km}^2$. Jedná se o 2,5krát vyšší hodnotu oproti republikovému průměru (Česká geologická služba, 2016). Naopak stojatých vod je zde velmi málo. Drobné výskyty jsou v prohlubních a sníženinách, ale jedná se především o peloidní akumulace. Jediným výrazným prvkem je pouze vodní nádrž Fláje (Balej et al., 2004).



Obr. 10: Hydrologická mapa se zvýrazněnými toky a říčními sítěmi (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015).

Díky vysoké dotaci srážek dosahují vrcholové partie Krušných hor vysokých hodnot specifického povrchového odtoku 15 až 25 l/s¹.km². Směrem do pánví specifický odtok klesá (Balej et al., 2004). V tabulce (Tabulka 2) jsou vyobrazeny průměrné specifické odtoky vodních toků v zájmové oblasti, kterým odpovídají hodnoty od 5 do 10 l/s¹.km² (Česká geologická služba, 2016). Toky jsou ve vrcholcích hor velmi vodné s nízkou retenční schopností. Do podzemí se dostává pouze malé množství vody, jelikož dochází k rychlému odtoku srážek z oblasti. K mírné akumulaci dochází v mokřadech a rašeliništích. Největší vydatnosti dosahují krušnohorské toky v květnu a červnu. Naopak nejmenší během zimních měsíců (Balej et al., 2004).

	pramen m n.m.	ústí m n.m.	povodí km ²	délka toku	průtok u ústí m ³ /s	specifický odtok l/s/km ²
Bystřice	860	175	70,9	18,1	0,48	6,77
Bouřlivec	780	190	99,5	18,2	0,62	6,23
Sviní (Košťanský) potok	578	206	30,12	11,1		
Lesní potok	798	230	34,0	12,7	0,23	6,76
Modlanský potok	760	154	34,8	16,5	0,31	8,91
Bílina	785	132	1070,9	84,2	5,51	5,15

Tabulka 2: Tabulka udává základní charakteristiky vodních toků v blízkosti zájmové lokality (Vlček et al., cit. podle Česká geologická služba, 2016). (Bystřice – tok na J straně krušných hor, nejedná se o Divokou Bystřici)

Na zájmovou lokalitu mají vliv tři hydrogeologická povodí. Konkrétně se jedná o povodí 4. řádu, která v historii měla, popřípadě stále mají, vliv na množství vody vedeném do štol. První zájmové povodí je hydrogeologické povodí 4. řádu 1-14-01-0560. Jedná se o tok Bouřlivec, který patří mezi významné vodohospodářské toky. Pramen se nachází v Mikulovském údolí, severozápadně od stejnojmenné obce v nadmořské výšce okolo 780 m. n. m. Délka toku je téměř 18,2 km. Vlévá se v Hostovicích do řeky Bíliny ve 190 m. n. m. Celková plocha povodí je 99,5 km² (Vlček, 1984). Průměrný roční průtok v obci Lahošť, která se nachází nedaleko soutoku Bouřlivce s Bílinou, dosahuje hodnoty 0,370 m³/s (Křivánková, 2009). Po sloučení s Loučenským potokem se hodnota průtoku Bouřlivce při soutoku s Bílinou pohybuje okolo 0,62 m³*s⁻¹ (Vlček, 1984). Dle geografických map by potok Bouřlivec měl pramenit několik desítek metrů severovýchodně pod ústím štol (Národní geoportál). V současné době však dochází k vytékání vody přímo ze štol, a za počátek Bouřlivce lze tudíž považovat i vyústění štol nebo rozdělení na toku Divoké Bystřice. Voda vytékající ze štol nepochází z toku Divoké Bystřice. Přírodní kanál je zanesený a neprůtočný, podobně jako počátek štol. Jedná se pravděpodobně o odvodňování hřbetu nad štolou od dešťové vody.

Druhým povodím je hydrogeologické povodí 4. řádu 1-15-02-0330. Jedná se o tok číslo 5400 Divoká Bystřice patřící do povodí Labe v Sasku. Právě z tohoto povodí je záměrem této práce odebírat povrchovou vodu, a to přímo přes vodní rozdělovač na horním toku Divoké Bystřice skrz obnovenou štolu, popřípadě prostřednictvím železničního tunelu.

Hydrogeologické povodí 4. řádu 1-15-03-0230 v historii mělo a v současnosti stále má vliv na množství vody v Divoké Bystřici. Jedná se o Flájský potok, který pramení v rašeliništích a loukách, podobně jako Divoká Bystřice, a pokračuje západním směrem až do Českého

Jitřenina, kde opouští naši Republiku (Národní geoportál; Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015). Při hranici dosahuje průměrného průtoku okolo 1 m³/s (Balej et al., 2004). Změny na rozhraní pramenních oblastí těchto toků mají vliv na změny v průtoku jednotlivých toků. Rozvodnice procházející vrcholky hor je jasně stanovitelná díky morfologii krajiny a pramenů okolních toků. Divoká Bystřice a Fláje pramení v místě s rovinným terénem, rašeliništi a podmáčenými loukami, kde lze hranici jen obtížně určit. Zásah v tomto prostředí může mít vliv na oba toky. Rozdělení dílčích povodí z Krušných hor je zobrazeno na obrázku 11 (Národní geoportál; Balej et al., 2004).

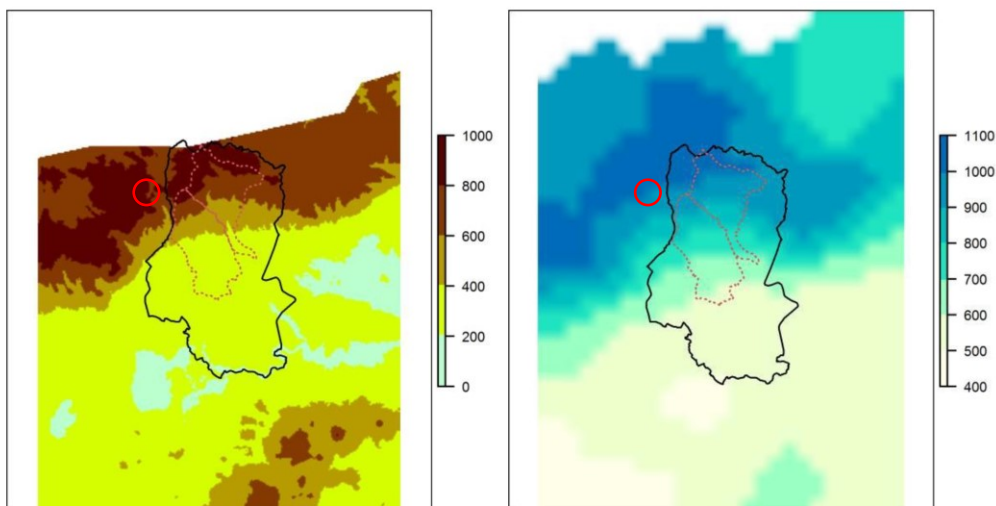


Obr. 11: Na obrázku jsou barevně odlišeny zájmové toky a hlavní dílčí povodí Labe, které se týkají Krušných hor. Okrově je vyznačeno dílčí povodí Labe, do kterého teče valná většina vod z okolí zájmové lokality. Povodí řeky Mulde (Moldavy) je vyznačeno růžově a šedě je vyznačeno dílčí povodí Ohře. Žlutou čarou je znázorněn tok Bouřlivce, modře tok Divoké Bystřice a červeně Červené Bystřice. Fialově je znázorněna řeka Bystřice, která vzniká jejich soutokem (Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 2017).

5.7.2. Hydrogeologie

Zájmová lokalita i širší území se nachází v chráněné oblasti přirozené akumulace vod 110 Krušné hory (Národní geoportál). Z regionálně hydrologického hlediska náleží zájmové území

hydrogeologickému rajónu č. 6131 Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu. Jedná se o nespojitý puklinový kolektor se zvýšenou propustností v přípovrchové zóně zvětralin, rozvolnění a rozpukání hornin krystalinika. V místě štoly převažuje cirkulace vod puklinovými systémy v metamorfitech (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015; Balej et al., 2004; Geology.cz/mapy). Rozloha tohoto nevymezeného kolektoru je okolo 457,356 km². Kolektor má volnou hladinu a nízkou transmisivitu, která se pohybuje od 1.10⁻⁵ až 5.10⁻⁴ m².s⁻¹ (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015; Geology.cz/mapy). Specifický odtok podzemních vod se ve vrcholových partiích pohybuje mezi 3 až 5 l/s¹.km² s klesající tendencí společně s nadmořskou výškou až na 1 až 1,5 l/s¹.km² (Balej et al., 2004). Hladina podzemní vody a její celkový pohyb prostředím je dán převážně geomorfologií a z velké míry odpovídá průběhu terénu. Případné kolísání hladiny je způsobeno především rozdíly v množství srážek. Na pokryvné útvary a v přípovrchovou zónu zvětralin a rozpukání se váže svrchní oběh vody. Výrazný vliv má i proudění vody podél predisponovaných puklin a zlomů (Česká geologická služba, 2016). Hlubší oběhy vody jsou vázány na tektonické zóny a hlubší rozpukání. Velký vliv mají puklinové systémy a dislokace ve S-J a SZ-JV směru ale projevují se i porušení a zlomy v jiných směrech. Pohyb vody je dle odhadů okolo 50 až 100 m pod povrchem (Česká geologická služba, 2016). Nejvýznamnějším hydrogeologickým prostředím v těsné blízkosti zájmové lokality je Teplický ryolit. Západní hranice tohoto celku prochází Mikulovským údolím. Nejvyšší bodem Teplického ryolitu je vrchol Pramenáč (911 m. n. m.), na jehož úpatí se rozkládá část Mikulova. Tento hydrogeologický rajon č. 6133 dosahuje rozlohy 134,42 km² (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015). Horniny Teplického ryolitu mají oproti horninám krystalinika výrazněji rozpukanou přípovrchovou část (Česká geologická služba, 2016).



Obr. 12: Na obrázku je vymezena hydrogeologická oblast č. 6133 Teplický ryolit. Na levé straně je vyobrazen výškopis v m. n. m. Pravá strana zobrazuje průměrný roční úhrn srážek v mm/rok za období 1981 až 2010. Červeným kroužkem je zvýrazněna zájmová lokalita. Z obrázku je zřetelná výrazná změna srážek s nadmořskou výškou pro tuto oblast (Česká geologická služba, 2016).

Krušné hory jsou velmi významné z hlediska zásobování blízkých obcí vodou. Průměrně dojde k odběru až 156,4 l/s z vrcholových oblastí Krušných hor. Podzemní voda je odebírána i z okolí zájmové lokality, a to především pro město Teplice. Vody vhodné k tomuto účelu se vytváří v přípovrchové zóně, a to především v Teplickém ryolitovém komplexu. Hlubší oběhy dávají vznik termálním minerálním vodám, které se využívají v Teplicích a dalších lokalitách jako zdroj lázeňských vod (Česká geologická služba, 2016).



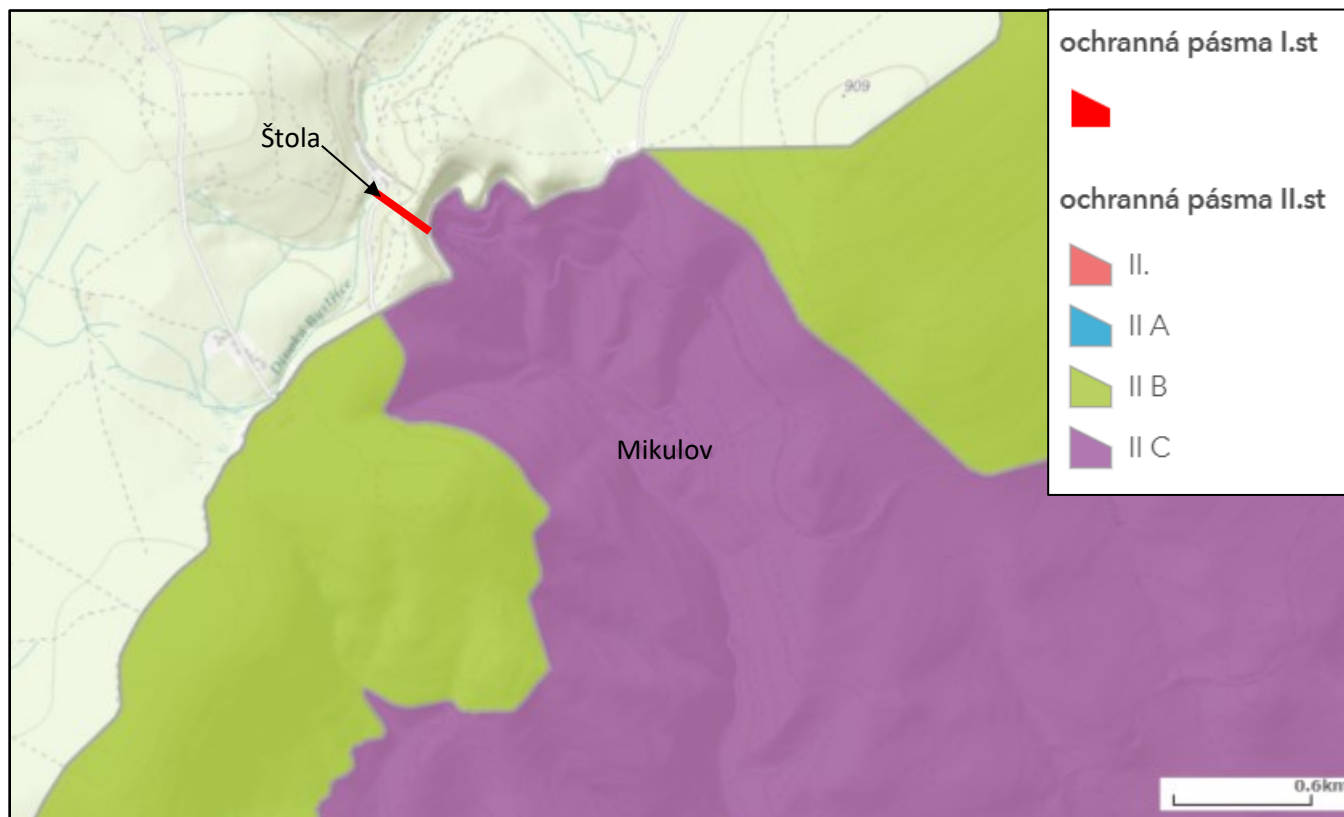
Obr. 13. Na obrázku jsou vyobrazeny hydrogeologické rajony v zájmové oblasti. Písmenem Q jsou označeny kvarterní sedimenty a uloženiny. Na pravé straně se nachází území Teplického ryolitu, které je označeno světle modrou barvou. Na levé straně je žluto-oranžově vyobrazeno krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu (Geology.cz/mapy).

Výskyt vod je dále vázán na kvarterní fluvialní a deluviální sedimenty. Jedná o průlinový kolektor písků, hlinitých štěrků a písčito hlinitých sedimentů s příměsí kamenů o transmisivitě $2,5 \cdot 10^{-5}$ až $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Geology.cz/mapy). Podél toků dochází k proměnlivému výskytu propustnějších štěrkopísků s méně propustnými hlinitojílovitými zeminami. Kvarterní uloženiny jsou určeny pouze pro lokální rozptýlený malý odběr, nejsou vhodné pro větší zásobování vodou (Česká geologická služba, 2016).

5.7.3. Chemismus

Mineralogie vody na lokalitě se pohybuje okolo 0,3 – 1 g/l s převažujícím chemickým typem vod Ca-Mg-SO₄ (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2015). Tyto vody s monotónním chemismem se pohybují od mělkých vrstev podzemní vody až po hlubší zóny rozpukání (Škwor, 1975). Některé puklinové systémy prostupují horninami s výraznějším minerálním složením, které se může uvolňovat do protékající vody. Obvykle se jedná o hlubší oběhy

podzemních vod. V Mikulově se vyskytují oblasti s vodou o vyšší mineralizaci. Jedná se například o výtok na arsen bohaté vody (0,74 mg/l) ze staré těžební štoly (Česká geologická služba, 2016). Mineralogicky výraznější vody jsou vázány hlavně na zřidelní strukturu a infiltrace teplického ryolitu. Ve vrcholových oblastech krystalinika se nevyskytují (Balej et al., 2004). Na jižním konci Mikulova dochází ze štoly k výtoku arzenové vody. Ta je minerálně obohacena z rozhraní mezi červenými rulami s vysokým obsahem muskovitu a křemenným ryolitem. Pramen obsahuje vysoké hodnoty arzenu 3-9,6 mg/l a molybdenu 0,58-0,8 mg/l při celkové mineralizaci 0,33 až 0,43 g/l. Novější rozbory prokázaly nižší obsah As 0,123 mg/l s celkově nižší mineralizací 0,13g/l. Jedná se o chemický typ vod CaMg-HCO₃SO₄ (Česká geologická služba, 2016). Proto jsou horniny teplického ryolitu s blízkým okolím součástí ochranného pásma léčivých vod a zřidel (Obr. 14). Ústí štoly se nachází za hranicí ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů druhého stupně. Celý tok Bouřlivce se nachází v ochranném pásmu II. C (Lázně a zřídla, 2015). Na tuto oblast je vázán i výskyt některých termálních vod, který se pojí také především na teplický ryolit. Tyto vody byly v oblasti Teplic již od 11. století využívány k lázeňským účelům (Česká geologická služba, 2016).



Obr. 14: Vymezení ochranného pásma lázní a zřidel v blízkosti štoly (Lázně a zřídla, 2015).

Následující tabulka (Tab. 3) uvádí chemismus povrchových vod v těsné blízkosti štoly. Jedná se o čtyři měřená místa na třech tocích. Naměřené pH na povrchových tocích se příliš neliší, pohybuje se okolo 6,9 pro Divokou Bystřici a pro Bouřlivák. Vody v prameništi Flájského potoka mají naměřené hodnoty mezi 5,8 až 6,4. Pramenní oblast rašelinišť Flájského toku dosahuje odlišného chemického složení, nežli povrchová voda v Divoké Bystřici a Bouřliváku, která byla měřena dále od pramene a po průchodu zástavbou a chatovou oblastí (Geology.cz/mapy).

					průměr	
pH		6.85	6.94	6.35	5.84	6.5
Cond	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	200	115	42	59	104.0
DOC	(mg/l)	X	5.87	15.15	15.04	12.0
P	($\mu\text{g}/\text{l}$)	X	17.1	38.9	48.4	34.8
NO ₃	(mg/l)	6.79	1.54	1.02	0.12	2.4
F	(mg/l)	0.3	0.15	0.15	0.12	0.2
SO ₄	(mg/l)	41.4	17	6.9	15.8	20.3
Cl	(mg/l)	8.6	14.4	2	0.9	6.5
Li	($\mu\text{g}/\text{l}$)	X	1	3	1	1.7
Na	(mg/l)	9.42	8.24	3.72	2.63	6.0
Mg	(mg/l)	4.45	2.38	1.31	1.83	2.5
Al	($\mu\text{g}/\text{l}$)	80	93	167	300	160.0
K	(mg/l)	3.71	1.27	0.45	0.48	1.5
Ca	(mg/l)	19.37	8.63	2.79	5.25	9.0
Mn	($\mu\text{g}/\text{l}$)	43	51	56	59	52.3
Fe	(mg/l)	0.14	0.44	1.79	1.5	1.0
Zn	($\mu\text{g}/\text{l}$)	18	4	12	12	11.5
Sr	(mg/l)	0.07	0.02	0.02	0.07	0.0
SiO ₂	(mg/l)	20.7	9.8	11.7	7.3	12.4
Be	($\mu\text{g}/\text{l}$)	0.07	0.16	0.05	0.11	0.1
Cu	($\mu\text{g}/\text{l}$)	X	0.9	1.8	1.5	1.4
As	($\mu\text{g}/\text{l}$)	X	9.6	27.2	39.5	25.4
Cd	($\mu\text{g}/\text{l}$)	0.15	0.12	0.09	0.02	0.1
Pb	($\mu\text{g}/\text{l}$)	X	0.16	1.6	0.9	0.9
		pod Mikulovem	Bystřice za železnicí	severní prameniště Flájí	jižní prameniště Flájí	

Tabulka 3: V tabulce je uvedeno minerální složení vody na jednotlivých tocích v okolí štoly s uvedenými místy měření (Geology.cz/mapy).

6. Metodika průzkumných prací

Práce se skládá ze studia archivních, mapových a geologických podkladů a publikací. Po nich následovala terénní obhlídka lokality, její zmapování, prohlídka a popis přístupných částí štoly a jejích součástí. Dále jsou práce zaměřeny na inženýrskogeologický průzkum nejbližšího okolí štoly. Celkem je zdokumentováno 14 míst. Jedná se jak o malé výchozy do výšky 1 m, tak i mohutné skalní výchozy vysoké i přes 10 m. Největší množství z nich se nachází v silničních zářezích okolo zájmového hřebetu, dále pak v železničním zářezu a tunelu, který protíná napříč celý hřeben. Každý výchoz a odkryv je podrobně popsán a zdokumentován. Součástí průzkumných prací na dokumentačních bodech je dokumentace puklin, trhlin a diskontinuit. U nich se sledovala jejich orientace, vzájemná vzdálenost, průběžnost, otevřenost, výplň a tvar, drsnost a pevnost ploch puklin. Celkem je změřeno více než 200 ploch nespojitosti a puklin. Na Horninách nebo větších úlomcích je provedeno měření Schmidovým kladivem typu L pro korelaci určených pevností hornin. Z dokumentačních bodů je pomocí programu gINT a autoCAD vytvořen pomocný geotechnický profil a inženýrskogeologická mapa. Ze zjištěných hodnot je určena charakteristika prostředí, jsou vymezeny zastižené geotypy a kvazihomogenní celky. Z výchozů byly zjištěny hodnoty pro tunelářské klasifikace. Pro ucelený a souhrnný přehled zjištěných hodnot je z výsledků dokumentačních bodů vytvořen schématický geotechnický podélný profil.

7. Mikulovská Štola

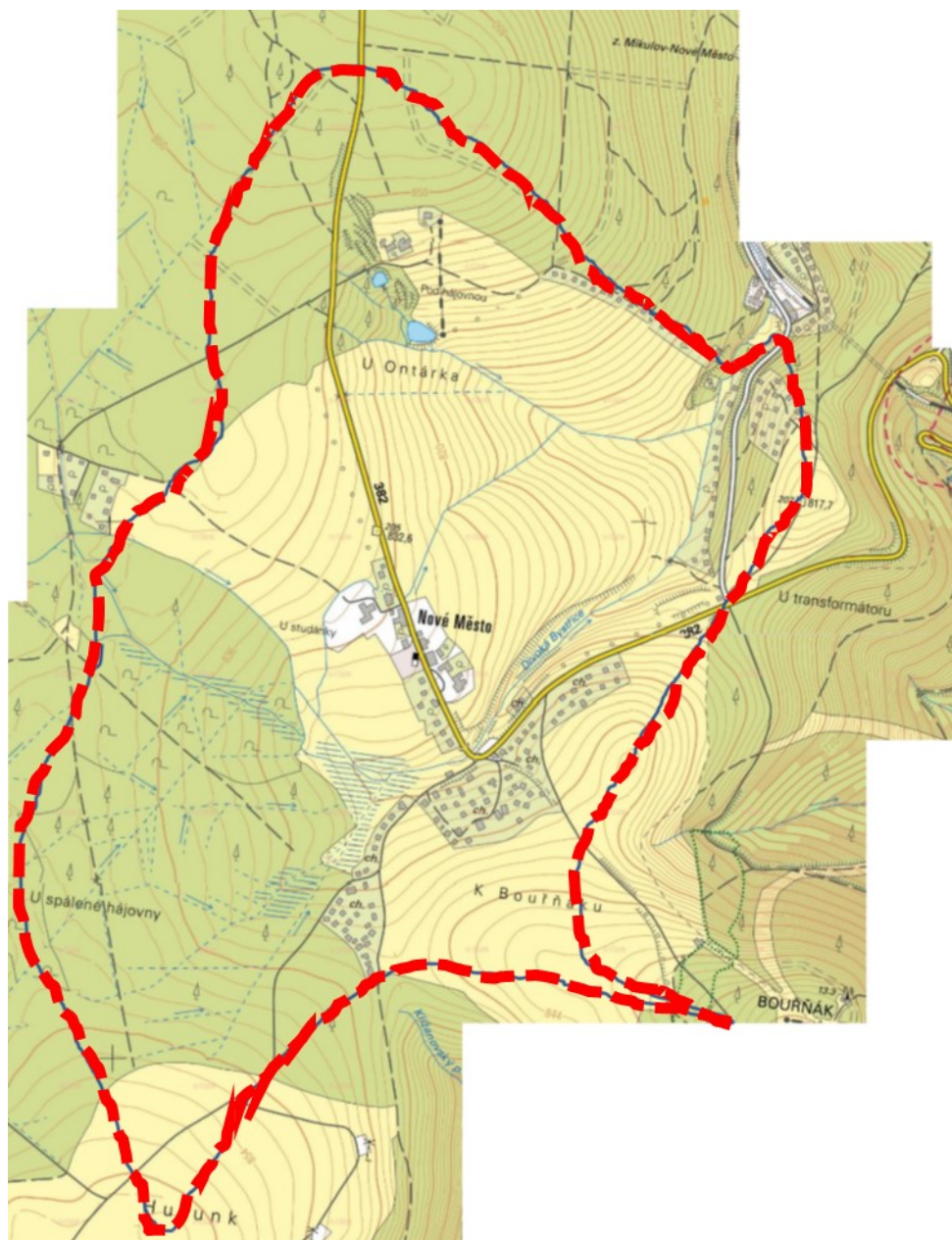
7.1. Vodní převaděč

Jak již bylo zmíněno výše, vrcholové partie Krušných hor jsou dostatečně zásobeny srážkami. Naopak Podkrušnohoří je ve výrazném srážkovém stínu, který je tvořen právě vrcholky Krušných hor. Pro Českou republiku bylo v roce 2018 nejsušší období od roku 1961, které dovršilo pět extrémně suchých let za sebou, kde v mnohých tocích byla dosažena průtoková minima. Zároveň díky vysoké teplotě během letních měsíců docházelo k extrémní evapotranspiraci. Tím došlo k výraznému poklesu vody v tocích a místy i k poklesu podzemní vody (Daňhelka, 2019). Jednou z možností, jak eliminovat negativní vliv teplých měsíců a zároveň zvýšit dotaci vody do oblastí s nízkým množstvím srážek a s vysokým výparem, je převést vodu z místa s dostatkem srážek, s nižšími teplotami a nižším odparem, jako mohou být například vrcholové partie hor. Z České republiky odvádí vodu několik velkých toků, naopak

do České republiky žádný větší tok vodu nepřivádí. Zásoby vody jsou tedy převážně pouze z území ČR (Národní geoportál). I přes to, že se v podkrušnohorských pánvích neprojevil deficit podzemní vody tak silně, jako například v České křídové pánvi, je dobré vhodným způsobem podporovat množství vody v tocích (Daňhelka, 2019). Odvedení vody z hor, kde jsou vysoké úhrny srážek, do místa s nižším úhrnem srážek je v těchto obdobích řešením pro snížení problémů s deficitem vody pro mnohé obce v Podkrušnohoří i Krušnohoří, jako je právě i obec Mikulov. Rekonstrukcí štolý nedojde k přerušení trvale tekoucí vody v Divoké Bystřici. Vodní rozdělovač by měl být uzpůsoben tak, aby oddělil pouze část toku se zachováním určitého minimálního průtoku. I proto je záměr obnovit přívod vody z Divoké Bystřice důležitý nejenom pro obec Mikulov, ale může mít i vliv na širší okolí a povodí toku. Plánovaný přívod vody do povodí Bouřlivce je veden zasucenou historickou štolou. Možnou alternativou pro obnovení štolý je vést vodní propojení skrz stávající železniční tunel nebo zbudovat nové štolý v celistvém zdravém horninovém masivu. Orientačním hydrologickým průzkumem je odhadnut průměrný průtok Divoké Bystřice v místě rozdělení do náhonu štolý. Na obrázku (Obr. 15) je zobrazena plocha povodí, ze kterého se bude voda odebírat. Jedná se o plochu okolo 1,7 km². Specifický odtok ve vrcholových partiích Krušných hor dosahuje hodnot 5 až 10 l/s¹.km² (Česká geologická služba, 2016). Jak je uvedeno v Tabulce 2 průměrná hodnota pro Bouřlivec je 6,23 l/s¹.km². Pro odběrovou plochu jsou hodnoty uvedeny v Tabulce 4.

(Km ²)	m ³	(l/s)	(l/s/km ²)	
Plocha povodí	Průtok na profilu	Průtok na profilu	Specifický odtok	
S	Q	Q	q	
1.7	0.017	17	10	krajní hodnota
1.7	0.011	10.591	6.23	průměr
99.5	0.620	619.885	6.23	Bouřlivec

Tabulka 4: Hodnoty specifického odtoku z toků v okolí štolý. Průměrný průtok, dle těchto charakteristik, lze na rozdělovači očekávat mezi 10 až 17 l/s (Česká geologická služba, 2016; Národní geoportál).

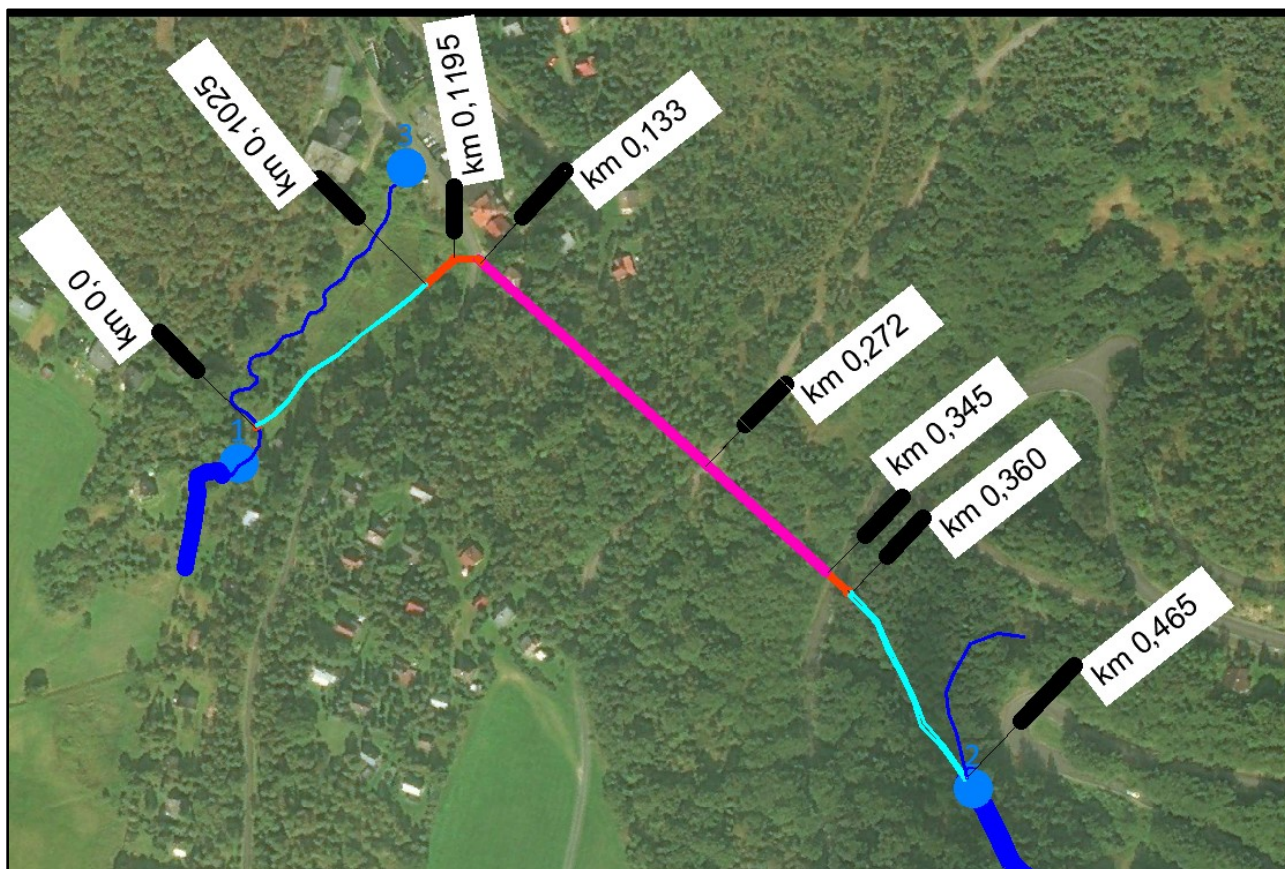


Obr. 15: Na tomto obrázku je červeně vyznačená přibližná hranice povodí Divoké Bystřice k místu přehrazení dříve sloužícímu pro odvod vody do štoly. Jedná se o plochu okolo 1,7 km². Podkladová mapa (Národní geoportál).

7.2. Vymezení celého díla

Zájmová lokalita je rozdělena podle hřbetu na západní (levou) a východní (pravou) část. Celým územím je provedeno přibližné staničení od začátku náhonu od Divoké Bystřice (0,0 km) po soutok převedených vod s korytem Bouřlivce (0,465 km) přes výtokový portál z ústí štoly (0,360 km). Hlavní část objektu patří mezi podzemní stavby, jelikož se nachází pod úrovní

terénu a je obklopena ze všech stran horninovým prostředím. V podzemním stavitelství se liniové stavby jako tato rozdělují na tunel, jenž je s příčným profilem větším 16 m^2 , a štoly, které mají příčný profil menší než 16 m^2 . I přes to, že tato stavba svým příčným profilem spadá pod štoly, historické objekty obvykle nespádají pod toto hodnotící kritérium. Lze předpokládat, že dílo je bez dalších šachet a je tvořeno pouze jednou liniovou chodbou. Podzemní díla lze ještě rozdělit podle způsobu, jakým byly vytvořeny. Tedy na ražená díla a díla prováděná z povrchu (Barták, Pruška, 2011; Černý, 2014). Na lokalitě se nachází oba způsoby provádění stavby. Další část celé stavby tvoří povrchový přívodní kanál s napojeními na tok Divoké Bystřice. Na obrázku (Obr. 16) jsou vyobrazeny jednotlivé části celého díla, ty budou dále popsány.

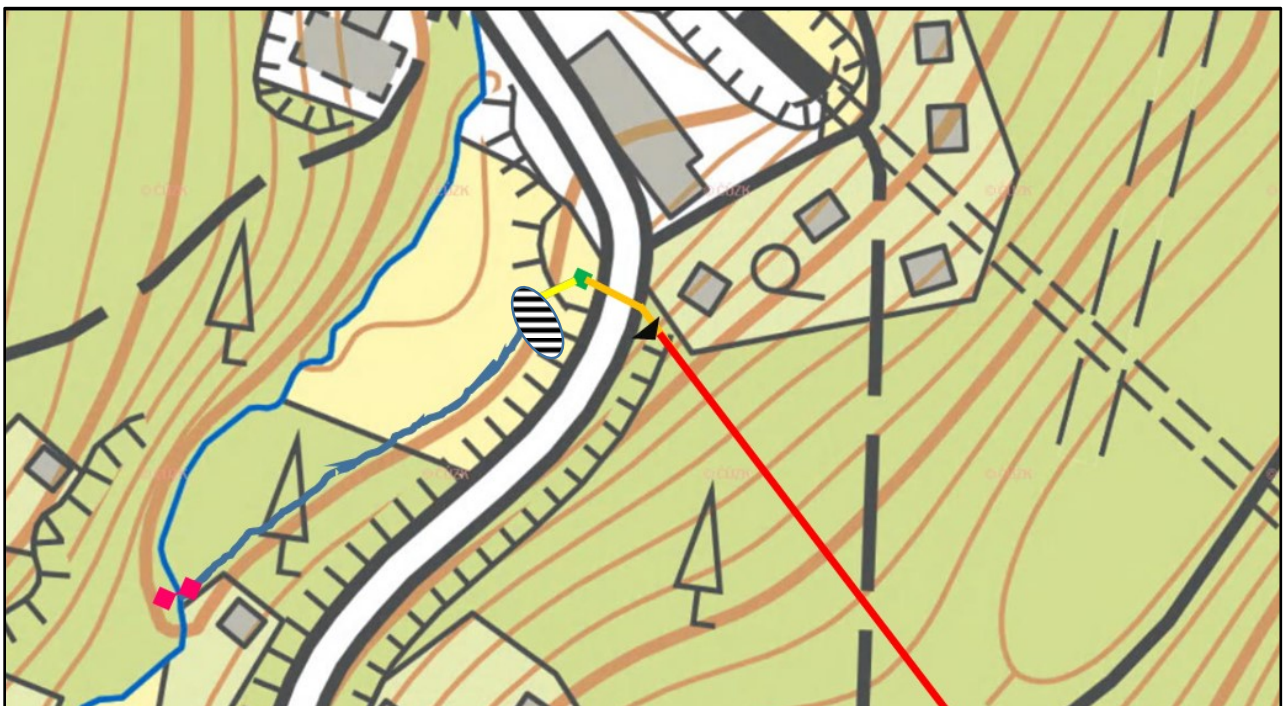


Obr. 16: Orientální mapa. Na obrázku je znázorněn celý objekt s barevně odlišenými jednotlivými částmi a se staničením. Vytvořeno v programu AutoCAD LT.

Růžově je zobrazena část objektu vedoucí skrz horninový masív. Je provedena ražením ve staničení 0,133 km až 0,347 km. Jedná se o část s větším nadložím než 2 m. Ražená část je oproti kované náročnější na provedení jak časově, tak technicky, jelikož celkový postup ražby u podobných historických děl činil pouhých několik prvních metrů za měsíc (Barták, Pruška,

2011). Celková délka štoly a její trasa může být odlišná oproti předpokladům. Možná jiná situace je zobrazena na obrázku (dvě možné trasy). Červeně je zobrazena část s nízkým nadložím cca do 2 m a provedena z povrchu. Jedná se o průchod nezpevněnými sedimenty nebo navětralou horninou ve staničení 0,1025 až 0,133 km na západní straně hřbetu a 0,347 až 0,360 km na východní straně hřbetu. Modře jsou pak zobrazeny vodní cesty. Tmavě modrou jsou vyznačeny stávající toky. Světle modře jsou vyznačeny uměle zbudované vodní cesty pro převod vody.

7.3. Popis zachovalých částí



Obr. 17: Vyobrazení západních částí a součástí štoly (Národní geoportál).

Na obrázku 17 jsou barevně znázorněny jednotlivé zájmové objekty nacházející se na západní straně svahu, které budou dále popsány. Růžově je naznačena pozice vodního rozdělovače. V současnosti je zde zbudován mostek s možným přehrazením toku. Jedná se o mladou stavbu, která však v současnosti neslouží k funkci rozdělování vody a vedení části toku náhonem. Současný objekt je zobrazen na obrázku 18. Fotka je vedena ve směru osy údolí Divoké Bystřice.



Obr. 18: Obrázek zobrazuje aktuální stav rozdělovacího zařízení nacházejícího se na okraji chatařské oblasti. Jedná se o nově zbudovaný objekt, s částečnou schopností odvádět část vody do přírodního kanálu, který je od rozdělovače dobře zřetelný, díky reliéfu a zvýšené vlhkosti v prohlubni vedoucí od rozdělovače. Pozůstatky přírodního kanálu jsou téměř zcela zasypány, zabahněny a zarostlé vegetací.

Bývalý náhon je zobrazen modře. Od rozdělovače jsou viditelné stopy této bývalé pravostranné vodní cesty. V současnosti je znatelná sníženina jako pozůstatek po bývalém korytu. Koryto je zaneseno a zasedimentováno od splavenin a vegetace. Další výrazný prvek určující průběh koryta je znatelná změna vlhkosti v korytě oproti okolí a tomu i odpovídající charakter vegetace. Náhon je veden podél východního okraje nivy. Divoká Bystřice pokračuje podél západního okraje nivy rovnoběžně s náhonem, který je téměř po 100 metrech zavezen antropogenním materiálem na obrázku 17 zobrazeným černou šrafou. Jde převážně o suť s hlínou a organickými zbytky, převážně rostlin. V této části dochází k přechodu vodní cesty ze vzdušné části do podzemní, které jsou na obrázku zvýrazněny žlutě, zeleně a oranžově. Žlutě je vyznačeno ocelové potrubí ve staničení 0,1025 až 0,119 km, které pravděpodobně bývalo přímo napojeno na přírodní náhon. Dále se jedná o kamennou, betonovou a železobetonovou část stavby, na kterou je zatrubnění napojeno. Jedná se o zeleně vyznačenou kontrolní šachtu, která je napojena na povrch. Tato čtvercová, asi 7 m hluboká šachta je tvořena z železobetonu.

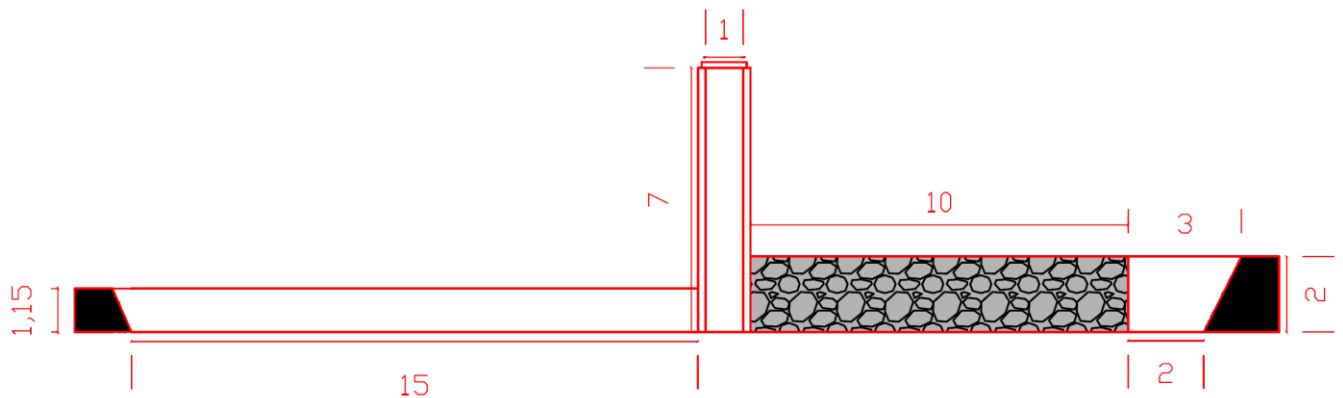
Při dně je JJZ směrem napojení na trubní část. Opačným směrem pokračuje vodní cesta úzkou obdélníkovou štolou (oranžově).



Obr. 19: Obdélníková štola. Fotka je vedena v obdélníkové části štoly před zatočením do hřbetu. Na fotce je viditelné obložení štoly a kontrolní šachta.

Stěny v této části jsou z velké části tvořeny z velkých kamenů, pravděpodobně se jedná o historicky zrekonstruované původní napojení do štoly. Po téměř 10 m ve staničení 0,131 km se štola uklání vpravo, téměř kolmo k svahu. V této části již štola dosahuje přibližného směru, jaký má při výstupu z podzemí na druhé straně kopce. Po zatáčce je štola zbudována z betonu. Jedná se pravděpodobně o relativně mladý zásah. Stěny jsou více hladké i oproti čtvercové kontrolní šachtě, která je více opotřebovaná. Betonová část je však, při dně po dvou metrech od zatáčky a při stropu okolo tří metrů, zasucena. Materiál zásypu je tvořen hlinito jílovitou zeminou s odštěpkou kamenů a balvanů. Tento materiál však přímo neodpovídá vzhledem ani složením svahovým sedimentům a navětralé hornině, která se místy objevuje v zářezích při blízké komunikaci a která byla dokumentována v dokumentačních bodech. Dle tohoto poznatku lze předpokládat, že toto přehrazení štoly může být antropogenního původu. Tuto skutečnost potvrzuje i svědectví místních obyvatel a provozovatelů blízkého objektu.

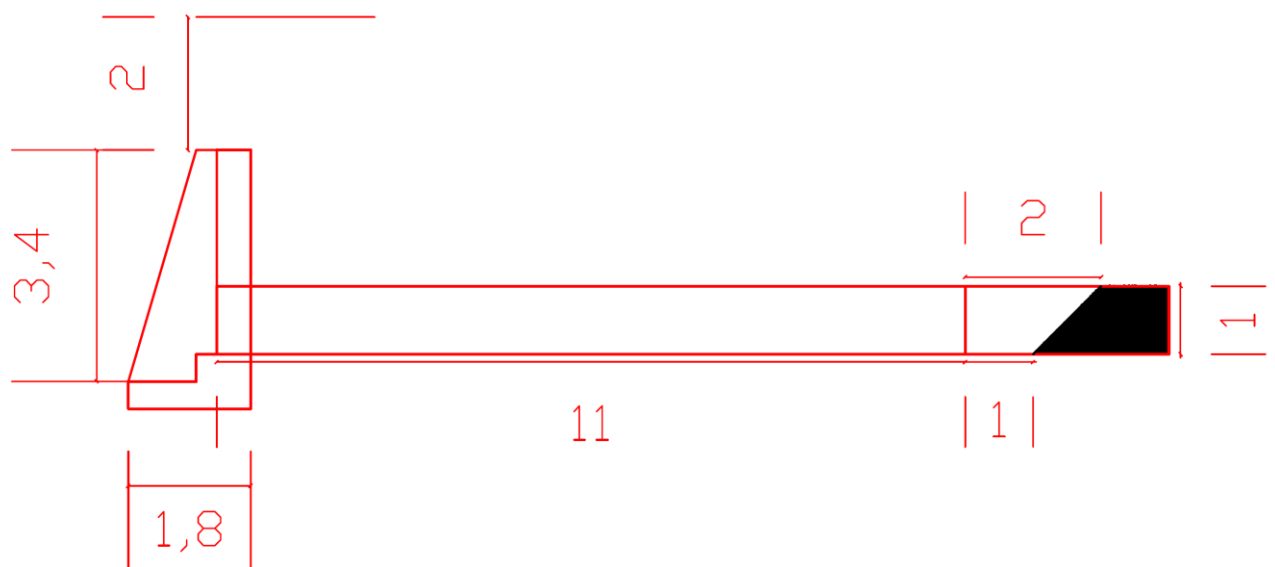
Z vyprávění vyplývá, že toto zasypání, na obrázku 17, zobrazeno černým trojúhelníkem ve staničení 0,0133 km, bylo provedeno již kvůli bezpečnosti. Dříve se v těchto místech provozoval dětský tábor, proto byl vstup do horninové části zasypán. Není však zřejmé, zdali toto zasypání bylo provedeno z důvodu snižující se stability horninové klenby štoly, nebo pouze kvůli zamezení vstupu. Část podzemního díla, jež bylo možno zmapovat na západní straně hřbetu, je zobrazena na obrázku 20. Uvnitř celého podzemního prostoru je na dně mělká vrstva bahna s malým množstvím stojaté vody. Ta není dotována z říčního toku. Jedná se patrně o dešťovou vodu tvořící mělkou vrstvu před zasucenou částí štoly. Tento komplex je z velké míry předělán. Jednotlivé zásahy jsou však dle zvětrání a poškození z různých časových období.



Obr. 20: (komplex při západní části štoly) Na levé straně je černě zobrazeno antropogenní zasucení ústí ocelové trubky vedoucí do vstupní betonové obdélníkové šachty. Po vstupní šachtě na pravou stranu následuje kamenná část štoly, která přechází do betonové části, která je následně zasucena vpravo hlinou (černě).

Přístupný je tento západní komplex skrz kontrolní vstup do šachty. Jedná se o čtverhranný vstup vystupující okolo 20 cm nad povrch po levé straně při zatáčce komunikace, který prostupuje do hloubky cca 7 m ke dnu štoly. Zde jsou patrné sešlé betonované stěny. Směrem na jihozápad, k zasypanému ústí štoly, vede kruhové, až oválné železné potrubí. Vstupní šachta je od zasypané části potrubí vzdálena okolo 15 m. Průměr trubky je cca 115 cm. Severo východním směrem je vedena hlavní přívodní část do štoly. Jedná se o cca 2 m vysokou a 0,7 m širokou vstupní část štoly, která je již z velké části budována velkými kamennými balvany a bloky. Po 10 m se štola stáčí doprava směrem na východ. V této části je opět vybetonovaná, bez viditelného historického obložení. Beton v této části vypadá nejvíce zachovale a nejnověji. Po 2 - 3 metrech začíná být štola zcela zasypána. Další část štoly, do níž je možno se v současné

době dostat, je na východní straně hřebtu. Štola nad Mikulovským údolím prochází hned po výstupu z horninového prostředí pod pozemní komunikací. Jedná se o ostrý přechod z horninového masivu. V těchto místech, ve staničení 0,345 až 0,347 km, je štola zasucena. Jedná se kameny a štěrky, které odpovídají rulové navětralé a rozpukané hornině a rulovému eluviu s množstvím kamenů až 150 mm ex. až do 250 mm. Jaká část štoly a k jak velkému zasucení došlo není v tuto chvíli známo. Suť zasahuje přibližně na rozhraní mezi horninovým prostředím a rozvětralou přípovrchovou zónou. Uvnitř štoly, která v tomto místě má oválný tvar s cihlovým ostěním, je viditelný průval stropního ostění a viditelné zbytky cihel ze stropní části štoly. Na tomto rozhraní se nachází 1 až 2 metry cihlového ostění štoly oválného tvaru cca 1 m vysokém a 0,8 – 0,9 m širokém. Dále štola pokračuje pod silnici, kde je tvořena cca 1 m v průměru kruhovou ocelovou trubkou cca 11 m dlouhou. Ústí štoly je zakončeno masivním betonovým portálem ve staničení 0,358 – 0,360 km. Tok vody je dále veden přes betonové žlaby, které však nejsou schopny pojmout dostatečné množství vody. V současné době jsou žlaby místy ucpány vegetací a sedimenty. Východní dostupný komplex štoly je zobrazen na obrázku 21.



Obr. 21: Na pravé straně obrázku je černě vyznačena oblast zasucení. Hluběji pod kopcem není znám přesný průběh a stav štoly. Na levé straně je pětiúhelníkem vyznačen betonový portál, ze kterého by měla pokračovat vodní cesta do Bouřlivce a dále do Mikulovského údolí.



Obr. 22: Zasučení ve východní části štoly

7.4. Povrchové mapování

Prvotní průzkum lokality byl zaměřen na zjištění a popis stávajícího stavu zachovalých částí štoly, do nichž se lze dostat. Další součástí mapovacích prací byla dokumentace povrchu a povrchových projevů. Divoká Bystřice se od své pramenní oblasti ve vrcholových rovinných partiích v okolí Nového města vlévá do mělkého úvalovitého údolí vyplněném holocenními nivními sedimenty. Údolí má velmi mírný spád a Bystřice zde má mírnou snahu k tvoření meandrů (Geology.cz/mapy; Národní geoportál). Od místa vnoření náhonu pod vrstvu

antropogenního nezpevněného materiálu, prochází štola dále zpevněným valem, přes který vede silnice. Tato komunikace se v místě přemostění stáčí společně s Divokou Bystřicí směrem k Moldavě. Několik metrů za touto zatáčkou, ve směru na sever do chatové oblasti, je na úpatí svahu viditelná plocha snížení, která je pravděpodobně spojena se zasypáním štoly před vstupem do horninového masivu. Dle dosavadních informací je pravděpodobně přírodně zasucená oblast až v druhé polovině štoly.



Obr. 23: Snížená oblast nad štolou při úpatí západního svahu.

Zmapování hřbetu na západní straně svahu nad předpokládaným průběhem štoly z důvodu antropogenních změn, vysoké mocnosti pokryvu a vegetace nepřineslo směrodatné údaje. K výrazné změně dochází při překonání hřbetu. Východní svah je téměř od vrcholku postižen úvalovitou prohlubní nad předpokládaným průběhem štoly v předpokládaném staničení cca 0,345 km. Jedná se až o 3 m široký a až 1,5 m hluboký zářez. Dle viditelných znaků, jako je tvar a množství vegetace a hladký přechod z průběhu terénu do prohlubně, lze předpokládat, že k vytvoření došlo již v mladší době. Dle tvaru vegetace docházelo k následnému mírnému pohybu, který pravděpodobně v současnosti neprobíhá. Tento stav však mohl díky působení

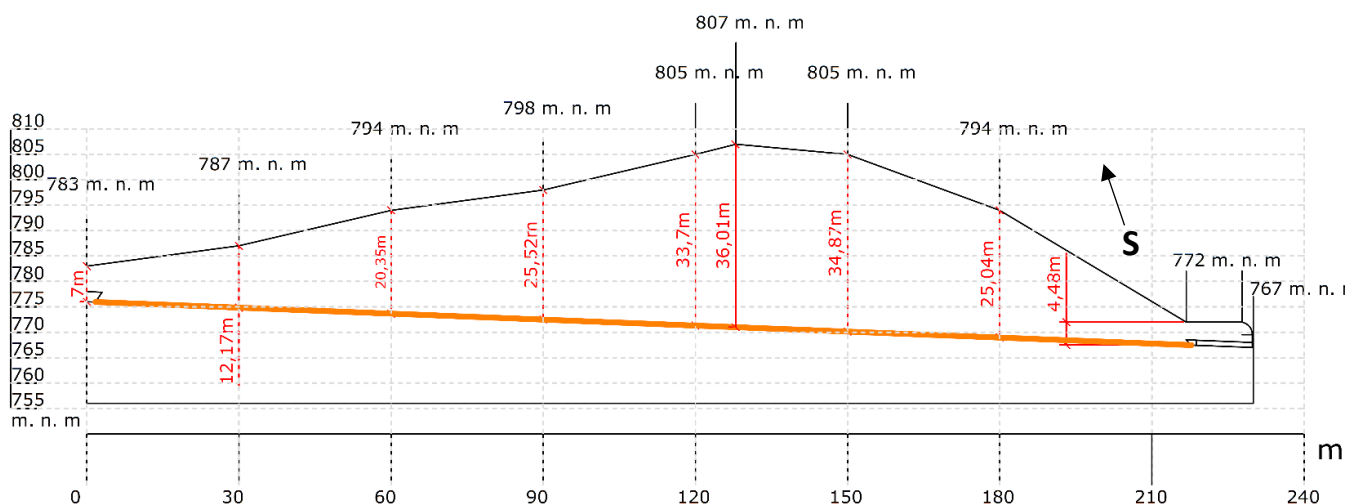
přírodních vlivů a času způsobit zával. Na obrázku 24 je vyobrazeno propadem vzniklé údolí se zvýrazněným tvarem vegetace.



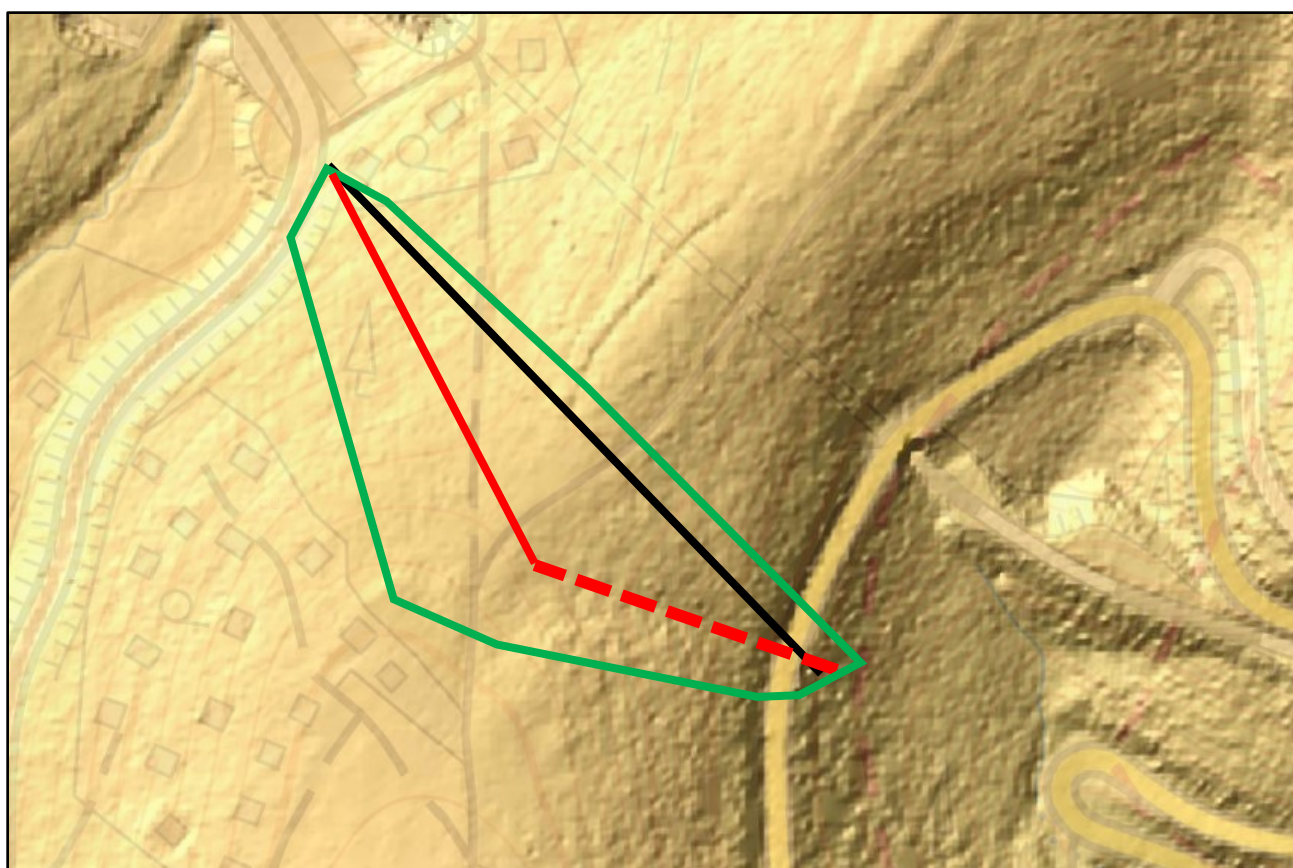
Obr. 24: Pohled na prudký východní svah nad štolou. Zřetelně viditelný výrazný pokles terénu. Jedná se však pravděpodobně, dle vegetace a míry zarovnaní terénu, o starší a již pozastavený děj s ojedinělými, mělkými projevy.

7.5. Stavba štoly

Při průzkumných pracích je důležité vědět, jaké výsledky očekáváme a co přibližně bychom měli v daném prostředí zastihnout. Pro tento účel je vypracován řez hřbetem skrz předpokládaný průběh a polohu štoly. Na obrázku 25 jsou vyneseny nadmořské výšky z topografické mapy po 30 m intervalech. Ty jsou propojeny a vytváří přibližný reliéf kopce. Z naměřených hloubek vstupu a výstupu je do obrázku zakreslena předpokládaná báze štoly. Ta je, dle tohoto předpokladu, vedena s přibližným sklonem okolo 2° a její hloubka se pohybuje od cca 4 m pod terénem až po 36 m pro nejvyšší pod kopce.



Obr. 25: Na řezu jsou z topografické mapy zjištěny nadmořské výšky. Z nadmořské výšky vstupu a ústí štoly je vytvořen průběh báze štoly pod terénem.



Obr. 26: Na obrázku je zobrazen reliéf terénu bez vegetace. Jsou na něm zřetelně viditelné některé povrchové projevy. Jedním z nejvýraznějších je mělké údolí, kterým je vedena červeně šrafovaná linie předpokládaného průběhu štoly (Zeměměřičský úřad, 2010).

Jedním z velkých problémů týkajících se štoly, je její průběh pod terénem. Na obrázku 26 je zeleně vyznačena plocha, kde by, dle mapovacích a průzkumných prací, mohla štola vést. Jako nejjednodušší vedení štoly se nabízí nejkratší spojení mezi známými polohami u vtočného a výtočného portálu. Toto přímé vedení, které je na obrázku 26 zvýrazněno černě, však neodpovídá povrchovým projevům, které byly mapováním zastiženy. Jedna z možných cest je na obrázku 26 zobrazena červeně. Šrafovaná část je vedena osou údolíčka předpokládaného propadu nad štolou. Z těchto nejasností není možné bez průzkumných prací přesně určit průběh štoly skrz horninový masív. Další otázkou je, jakým způsobem je tvořen průběh celé štoly. Zdali je zbudován stejně v celé délce, zdali po celé délce je použito cihlové ostění zastižené při východním komplexu (obr. Východní štola) či kamenné ostění jako je v západním komplexu. Zdali je vnitřní prostor podepřen dřevěným či kamenným ostěním, nebo bylo dílo vystaveno bez ostění. Tyto otázky jsou důležité pro zjištění tvaru a dalších parametrů štoly. Pro kompletnější primární představu možné vnitřní podoby historické štoly jsou na obrázku 27 a 28 uvedeny fotografie z historické štoly Jeroným, která se může svou podobou přiblížit podobě Mikulovské štoly.

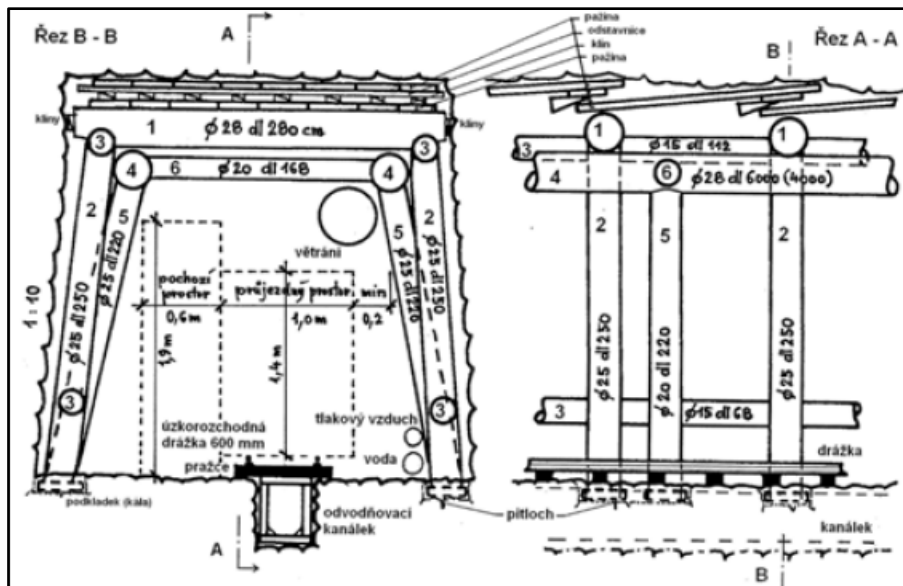


Obr. 27: Vnitřní prostor štoly Jeroným bez ostění (Kukutsch et al., 2008).

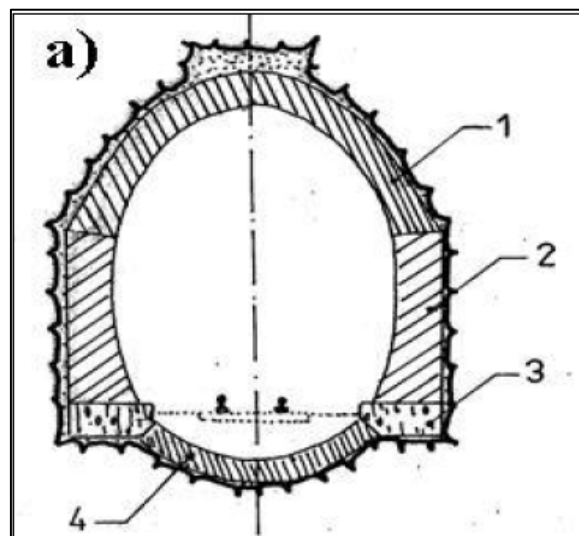


Obr. 28: Vnitřní prostor štoly Jeroným s dřevěným ostěním (Kukutsch et al., 2008).

Dle stáří štoly lze předpokládat, že v místech, kde nebyla horninová klenba při budování dostatečně stabilní, byla vnitřní část stabilizována výdřevou. Ta patří mezi druh provizorní výztuže používané u mnohých historických podzemních děl a hojně se používala až do 60. let 20. století. V dnešní době se na stabilizaci horninové klenby používají především svorníky, ocelové výztuže, stříkaný beton a mnohé další. Ovšem i dnes je možné použít výdřevu. Výhody výdřevy jsou rychlá instalace a úprava do potřebné podoby. Z okrajových partií štoly víme, že alespoň v těchto částech došlo k rekonstrukci štoly a ostění štoly. Kromě dřevěné pružné výztuže se také historicky používala tuhá ostění ve formě kamenné obezdívky (Barták, Pruška, 2011).



Obr. 30: Historická podoba výdřevy. Je možné, že toto hojně využívané ostění mohlo být použito i v méně stabilních částech Mikulovské štoly. 1- podvoj, 2- stojky podvoje, 3- rozpěry veřejí, 4- podvlaky, 5- stojky podvlaků, 6- rozpěry podvlaků (Barták, Pruška, 2011).



Obr. 31: Kromě výdřevy se používaly i tuhá ostění klasického typu. 1- horní klenba, 2- opěra, 3- základ opěry, 4- spodní klenba (Barták, Pruška, 2011).

Tvar výrubu je dán způsobem ražby a geologickými podmínkami, které v tomto můžou hrát výraznou roli. Již z prvotního průřezu se západní strana hřbetu jeví jako pevnější a méně zvětralá. Štola tedy může procházet pouze s malou podporou ostění bez teoretické zvýšené míry rizika ztráty stability. Naopak východní strana svahu se jeví jako více zvětralá a rozpučená.

Díky náročnějším geotechnickým podmínkám se může lišit průřez tvar a velikost nebo směr a výška štoly (Barták, Pruška, 2011).

8. Inženýrskogeologické práce

8.1 Inženýrskogeologický průzkum

Pro posouzení možnosti obnovení Mikulovské štoly je důležité znát stav horninového masivu. Za tímto účelem je provedena orientační průzkumná práce. Cílem je zjištění stability horninového masivu v místě nadloží a okolí štoly a co nejbližších informací ohledně horninové klenby. Důležitá je i znalost rozpojitelnosti hornin, jejího nutného upravování a zlepšování či úplného zajištění klenby. Součástí průzkumných prací je vymezení podobných i anomálních zón a oslabených poloh (Vojtkovský, 2012). Inženýrskogeologické práce spočívaly ve zmapování terénu, vymezení možných dokumentačních bodů, vymezení horninových rozhraní a vymezení kvarterních a předkvartérních vrstev. Součástí průzkumu je podrobná geotechnická dokumentace 14 výchozů a odkryvů. Dokumentační body jsou zaměřeny v souřadnicovém systému S-JTSK s nadmořskou výškou nejvyššího dokumentovaného místa (Výška (m n. m.) B.p.v.). Každý výchoz je v krátkosti vymezen a situován. Součástí dokumentace je geologický popis zastižených zemin a hornin. Jejich zařazení dle ČSN 736133, ČSN731005 a ČSN 72 1001. Zdokumentované zeminy a horniny jsou dále zařazeny do jednotlivých geotypů podle jejich geneze a základních charakteristik a dle jejich vzájemné podobnosti. Výsledky jsou graficky a textově zpracovány společně se zařazením do vybraných tunelářských klasifikací. V další kapitole jsou jednotlivé dokumentační body samostatně popsány. Výsledky z dokumentačních prací jsou uvedeny pro jednotlivé dokumentační body. Dále jsou uvedeny stručné popisy zjišťovaných parametrů a popis použitých tunelářských klasifikací. U jednotlivých klasifikací a zjištěných parametrů jsou dále popsány postupy výpočtu a získání finální hodnoty.

Základní kámen mnohých klasifikací je **RQD**, neboli rock quality designation. Index udává kvalitu horninového masivu. Pro výrub či výchoz se používá výpočet $RQD = 115 - 3,3 * J_v$, kde J_v udává součet diskontinuit všech puklinových systémů na jednotku délky (Barták, Pruška, 2011). Dokumentační body byly rozděleny do metrových ploch, na nichž bylo zjištěno RQD. Zjištěné hodnoty byly zprůměrovány a zaokrouhleny. Do výpočtů je dáována charakteristická hodnota pro daný výchoz v prostředí, v němž se dle profilu nachází štola,

k výpočtům některých klasifikací pro podzemní stavby. Hodnoty RQD se řadí do pěti kategorií dle kvality RQD. Na lokalitě se vyskytují horniny se špatnou až výbornou kvalitou (Šedivý, 1983; Pruška, 2002).

Pevnost hornin byla zjišťována empiricky podle úderu kladiva a dle normy 72 1001 a měření Schmidtovým kladivem (typu „L“) s následným výpočtem pevnosti v jednoosém tlaku z kalibračního indexu Schmidtova kladiva, objemové tíhy (26 kN/m^3) a změřeného odrazového čísla. Pevnost byla určována na vybraných horninách, plochách a úlomcích dle jejich přístupnosti a stavu. Naměřené hodnoty jsou uvedeny u jednotlivých dokumentačních bodů. Naměřené průměrné hodnoty pevnosti hornin dokumentačních bodů jsou dále použity k výpočtu klasifikací.

Jeden z nejdůležitějších parametrů do výpočtů jsou informace ohledně **stavu puklin**. Na puklinách se zjišťuje jejich orientace, vzájemná vzdálenost, stav ploch diskontinuit, výplň, rozevření, zvodnění a další. Tyto parametry byly na lokalitě zjišťovány především makroskopicky, pomocí geologického kompasu a pomocí geologického kladiva. **JRC** a **Jr** udávají číselně hodnotu míry nerovnosti, drsnosti či hladkosti a zvlnění puklin (Pruška, 2002). Rozevření a hustota diskontinuit je hodnocena dle normy ČSN 72 1001.

Klasifikace dle Protodjakonova vychází z pevnosti horniny σ_c . Nebere vliv na stavbu horniny. Výsledkem je součinitel pevnosti f_P , který odpovídá práci potřebné k rozpojení 1 m^3 horniny. Obsahuje dohromady 10 tříd s 5 podtřídami, které jsou charakterizovány stupněm pevnosti a popisem. Součinitel pevnosti se vypočítá $f_P = \sigma_c / 10$. Pokud do výpočtu vložíme i puklinatost masivu, tak je výpočet $f_P = \sigma_c / 10 * RQD$. Baron upravil tento vzorec pro přesnější určení součinitele pevnosti $f_P = \sigma_c / 30 + \sqrt{\sigma_c/3}$ (Barták, Pruška, 2011). Pro výpočet je použita průměrná hodnota pevnosti určená z výsledků měření Schmidtovým kladivem. Stupeň pevnosti hornin na lokalitě se pohybuje od 4,0 do 6,2 (tvrdá až středně tvrdá hornina) třídy IV, IVa a V. (Pašek, Matula, 1995; Pruška, 2002).

Další klasifikací je **RSR**, neboli rock structure rating. Jedná se o součet tří klasifikačních skupin. Jsou to geologické podmínky, hustota a orientace ploch nespojitosti a jejich stav společně se zvodněním. Tato klasifikace je vhodná pro případy s omezeným množstvím zkoušek. Je tedy dobrou klasifikací pro orientační fázi průzkumu (Barták, Pruška, 2011). Vypočte se jako $RSR = A + B + C$. Kde A jsou geologické podmínky, B udává hustotu a orientaci diskontinuit a C udává jejich stav (Pašek, Matula, 1995). Parametr A udává typ horniny a její uspořádání, parametr B udává vzdálenost ploch nespojitosti, jejich sklon a směr ražby,

parametr C udává součet parametru A a B, stav ploch nespojitosti a přítoky podzemní vody (Pruška, 2002). Hodnota Indexu RSR se na lokalitě pohybuje od 51 do 84.

Komplexní klasifikací zahrnující mnohé proměnné je **Q index**, nebo index Quality. Charakterizuje stav horninového masivu, horninový tlak a jeho stabilitu. Udává případné použití výstroje pro zajištění stability. Dle této klasifikace není důležité to, jaká hornina tvoří masív, základní parametr je především stav rozpuštění, jelikož k hlavním přetvořením dochází podél ploch nespojitosti. Pro výpočet je třeba šesti proměnných, jako je: J_n – parametr množství navzájem se ovlivňujících puklinových systémů; J_r – parametr spojitosti a drsnosti puklin; J_a – parametr výplně puklin a charakteru horniny, J_w – parametr tlaku vody, SRF – parametr napjatosti masívu a hodnotu RQD. Parametr J_w – je určen na základě předpokládané skutečnosti, kdy HPV hřbetu je ovlivněna údolími a dlouhodobým drenážním účinkem štoly a železničního tunelu. Lze předpokládat, že HPV nebude zasahovat do prostoru štoly. Lze předpokládat pouze ojedinělé menší přítoky podél oslabených zón a puklin. J_a a J_r se do výpočtu zavádí pro nejméně příznivý zjištěný stav. Index Q se vypočte jako:

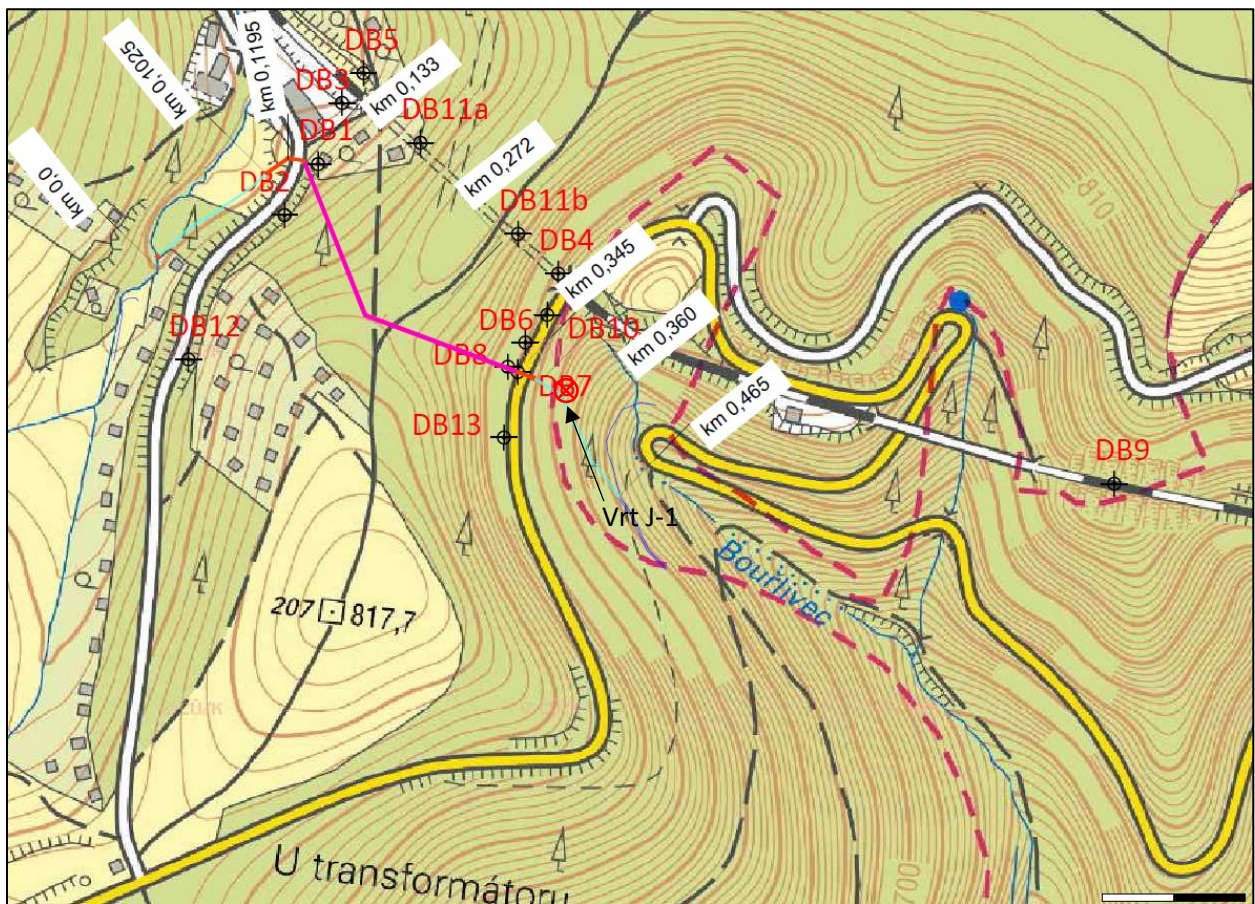
$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Výsledná hodnota se člení do 9 skupin ve škále od extrémně špatného stavu masívu 0,001 až po extrémně výborný stav masívu 1000. Tato klasifikace je vhodná pro výpočet horninového tlaku a napětí nebo pro zpřesnění navrhování výstroje (Barták, Pruška, 2011, Šedivý, 1983; Pruška, 2002).

Klasifikace **RMR**, neboli rock mass rating, obsahuje ve výpočtu šest proměnných. Je to A – kvalita horniny, B – RQD, C – frekvence puklin, D – charakter puklin, E – vliv podzemní vody a I – orientace puklin k ose štoly. Výsledky se dělí do 5 tříd od méně než 20 bodů až po více než 100 bodů. Tato klasifikace dává údaj o ražbě a době stability nezajištěného výrubu (Barták, Pruška, 2011). Index se vypočte jako $RMR = A + B + C + D + E + F$ (Pašek, Matula, 1995; Pruška, 2002). Zjištěné hodnoty se na lokalitě pohybují od 46 do 67 třída II. – III. (kvalita horniny dobrá až střední).

QTS neboli Quality Testing System. Tento český klasifikační systém je rozdělen do 5 tříd (Barták, Pruška, 2011). Index QTS se vypočítá jako $Q_{ts} = 10 \log \sigma + 26,2 \log d + 6,2 \log D + 61,4$. Kde σ je napětí, v tomto případě je použita hodnota zjištěná z výsledků měření Schmidovým kladivem, dále d je průměrná vzdálenost diskontinuit a D je hloubka. Zjištěné hodnoty se na lokalitě pohybují od 60 do 82 (středně příznivá až velmi dobrá) (Pašek, Matula, 1995).

8.2 Geotechnický popis dokumentačních bodů



Obr. 32: Na podkladní topografické mapě (Národní geoportál) jsou zobrazeny pozice jednotlivých dokumentačních bodů, včetně vyznačené polohy štoly se staničením.

Dokumentační body jsou zvoleny především podle vzdálenosti od štoly a podle plochy výchozu. Na obrázku 32 jsou jednotlivé body vyznačeny a označeny číslicí. Největší část se nachází v silničním zářezu (1, 2, 4, 10, 6, 8, 12, 13), dále pak v železničním zářezu (3, 5, 9) nebo tunelu (11a a 11b). Poslední dokumentační bod se nachází ve východní přístupné části štoly (7). Geologická dokumentace a zařazení zastižených hornin a zemin je prováděna podle norem ČSN 736133, ČSN731005 a ČSN 72 1001. Kompletní geologická i technická dokumentace je v Příloze 2. Součástí práce je i fotodokumentace výchozů. Kompletní fotodokumentace je v Příloze 1.

8.2.1 DB1

Výchoz DB1 se nachází v blízkosti přechodu štoly z kopané do ražené části díla u paty západního svahu, konkrétně v zářezu pro parkování vozidla. Jedná se o cca 4 m vysoký svah

s několika drobnými odkryvy. Okolní terén je svažité. V tabulce DB1 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu. Ve výchozu je zastižen 2,4 m mocný kvarterní pokryv a 1,6 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na deluviální hlinité štěrky. Podloží je tvořeno mírně zvětralými ortorulami, které jsou ve svrchní partii silně zvětralé.

Souřadnice výchozu DB1: X = 783 719,47, Y = 968 646,55, Z = 786,72.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zařídění ČSN 736133	Geotyp
Q	786,52		0,20			Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou s příměsí štěrku, světle hnědá až světle šedo béžová, prorostlá kořínky, tuhá, ulehlá, štěrk cca 10 %, ostrohranný, převažuje hrubozrný s lokálním výskytem kamenů až 150 mm, kvartér	F5	Q0
			(0,90)			Deluviální až deluviofluviální štěrkovitá hlína, světlá, hnědá až šedo béžová, prachovitá s nízkou plasticitou, tuhá, ulehlá, štěrk tvoří rozbíjitelná, silně až mírně zvětralá ortorula (tř. R4 místy až(R3)), převažuje hrubozrný s příměsí kamenů, ex. balvany až 250 mm, kvartér	F1	Q1
	785,62		1,10			Deluviální hlinitý štěrk s příměsí kamenů, světlý, béžovo šedý až hnědý, ulehlý, štěrk převažuje hrubozrný s kameny, ex. balvany až 230 mm, max 250 mm, hůřeji rozbíjitelné až rozbíjitelné úlomky mateční šedé ortoruly (tř. R3 (R4)), kvartér	G4	Q2
	784,32		2,40					
E						Eluvium, silně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, destičkovitě až kvádrovitě rozpadavá, rozbíjitelná tř. R4, přechodně dobře rozbíjitelné úlomky tř. R4/R5, výplň charakteru štěrku s příměsí jemnozrné zeminy tř. G3, eluvium	G3	K1
	783,72		3,00					
K						Ortorula, mírně zvětralá, šedá až šedo béžová, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, hornina je kvádrovitě rozpadavá, krystalinikum	R4 (R3)	K4a
	782,72		4,00					
						Vrt byl ukončen v hloubce 4,00 m.		

Tabulka DB1: Geologický popis a zařídění výchozu DB1.

Tunelářské klasifikace výchozu DB1 jsou určeny z úrovně 2,4 – 4,0, zastižené geotypy K1 a K4a.

JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou téměř hladké až málo drsné, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Převažuje 3–4 cca 75 %, 4–5 cca 15 % méně než 3 a větší než 5 cca 10 %.

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 50–240 mm D5 – D4 (velká až velmi velká)

RQD: Celkově značně proměnlivé, směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 47–87 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD pro geotyp K4a hodnotit jako dobrou s průměrnou hodnotou okolo 75 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři hlavní systémy s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Drsné nebo nepravidelné rovinné pukliny (1,5)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny nejsou postiženy alterací, pouze ojediněle (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je mírně rozvolněná (7,5)

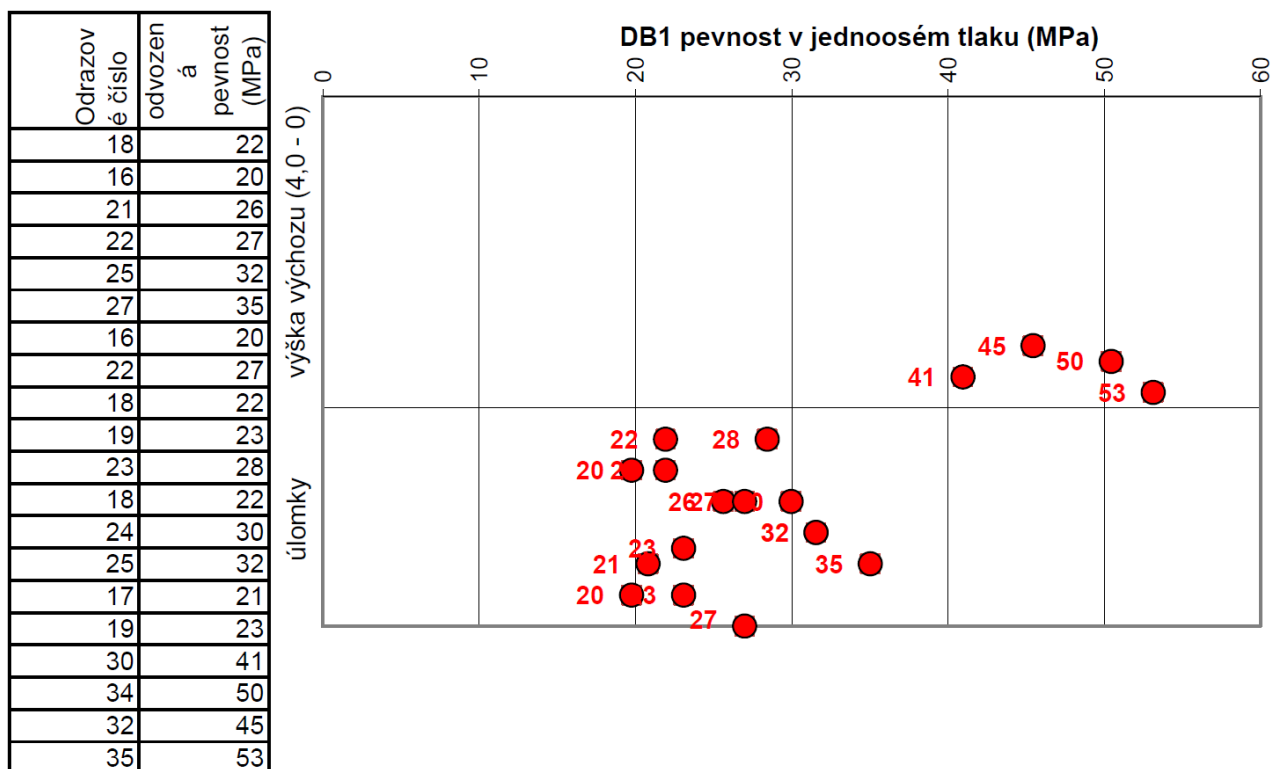
Ohodnocení dle Index Q: 1 až 4 (špatná kvalita masivu) – ohodnocení uděleno s uvážením výskytu zcela zvětralých hornin v prostoru výrubu a pozici štoly blízko k povrchu. S přechodem výrubu do hlubších poloh dojde ke zlepšení podmínek

Klasifikační body dle QTS: 60 (středně příznivá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 49 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 53

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,9 třída IVa. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá



Tabulka Schmid DB: Měření Schmidovým kladivem na výchozu DB1.



Obr. DB1 – detailní fotografie eluvia ortorul na výchozu DB1

8.2.2 DB2

Výchoz DB2 se nachází v silničním zářezu cca 20 m jižně od štoly na západním okraji svahu. Jedná se o cca 7 m vysoký a cca 1 m široký výchoz. Okolní terén je svažité. Ve výchozu je zastižen 0,8 m mocný kvarterní pokryv a 6,2 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na deluviální hlinité štěrky. Podloží je tvořeno ortorulami

Souřadnice výchozu DB2: X = 783 732,92, Y = 968 670,06, Z = 792,50.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatřídění ČSN 736133	Geotyp	
Q	792,30		0,20			Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou s příměsí štěrku, středně ulehlá, světle hnědá až šedo hnědá, tuhá, prorostlá kořínky, štěrku cca 10 %, převažuje hrubozrnný s lokálním výskytem kamenů až 150 mm, kvartér Deluviální hlinitý štěrku s příměsí kamenů, světlý, béžovo šedý až hnědý, štěrku hrubozrnný s kameny, ex. balvany až 230 mm, max 250 mm, hůřeji rozbíjitelné až rozbíjitelné úlomky mateční šedé ortoruly (tř. R3 (R4)), kvartér Silně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, rozbíjitelná tř. R4, destičkovitě až kvádřovitě rozpadavá, eluvium	F5	Q0	
	791,70		(0,60)				G2 Cb	Q2	
E			0,80			Ortorula, silně zvětralá, šedá až šedo béžová, kvádřovitě rozpadavá, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, krystalinikum	R4	K2	
	790,40		(1,30)						
K			2,10			Ortorula, mírně zvětralá, šedá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3 až rozbíjitelná tř. R4, rozpukaná, s velkou hustotou diskontinuit, krystalinikum	R4 (R3)	K5b	
			789,30	(1,10)					
			788,00	(1,30)					
			4,50			Ortorula, zdravá až navětralá, šedá, částečně rozpukaná, těžce rozbíjitelná tř. R3, krystalinikum	R3	K6b	
	785,50		(2,50)						
			7,00						
						Vrt byl ukončen v hloubce 7,00 m.			

Tabulka DB2: *Geologický popis a zatřídění výchozu DB2*

Tunelářské klasifikace výchozu DB2 jsou určeny z úrovně 2,0 – 7,0, zastížené geotypy K2, K4b, K5b, K6b.

JRC: JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou téměř málo drsné, směrem k bázi společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků.

K4: Převažuje 4–6 cca 60 % méně než 4 cca 25 % a větší než 6 cca 15 %

K5: Převažuje 3–4 cca 50 % méně než 3 cca 30 % a větší než 4 cca 20 %

K6: Převažuje 2–4 cca 55 % 4–6 cca 35 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 100–450 mm D4 – D3 (velká až střední)

RQD: Celkově značně proměnlivé směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 30–92 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD pro geotyp K4b méně dobrou s průměrnou hodnotou 55 %, pro geotyp K5b jako méně dobrou až dobrou s průměrnou hodnotou téměř 75 % a pro geotyp K6b jako dobrou až výbornou s průměrnou hodnotou okolo 90 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři hlavní systémy s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu (4)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny nejsou postiženy alterací, pouze ojediněle (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je mírně rozvolněná a (7,5) b (2,5) c (5)

Ohodnocení dle Index Q: 4–10 (dostatečná kvalita masivu)

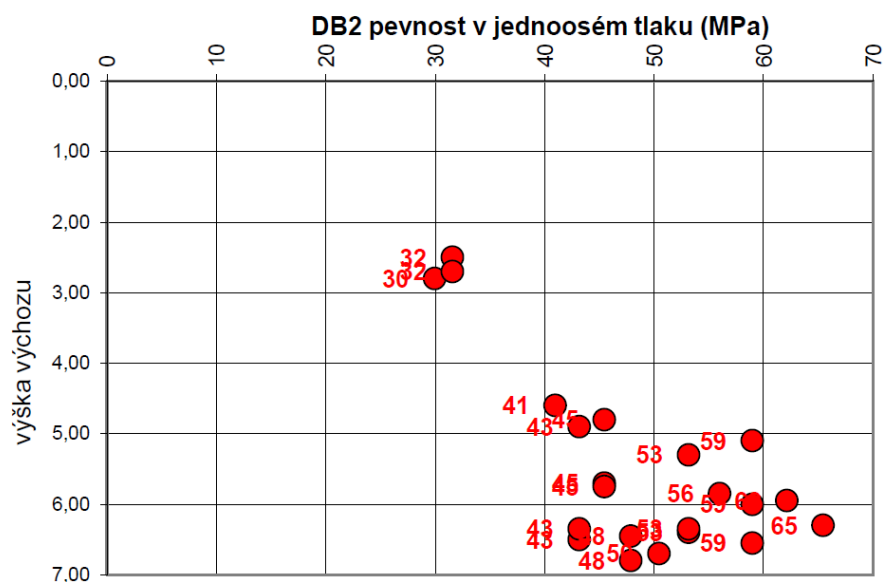
Klasifikační body dle QTS: 76,5 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 60 (II. třída – dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 78

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 5,6 třída IV. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá

úroveň	Odrážové číslo	objemová tíha (kN/m ³)	odvozená pevnost (MPa)
2,50	25	26,0	32
2,80	24	26,0	30
2,70	25	26,0	32
4,60	30	26,0	41
4,80	32	26,0	45
4,90	31	26,0	43
5,10	37	26,0	59
5,30	35	26,0	53
5,70	32	26,0	45
6,00	37	26,0	59
6,30	39	26,0	65
6,40	35	26,0	53
6,50	31	26,0	43
6,45	33	26,0	48
6,70	34	26,0	50
6,55	37	26,0	59
6,35	35	26,0	53
5,75	32	26,0	45
5,85	36	26,0	56
5,95	38	26,0	62
6,80	33	26,0	48
6,35	31	26,0	43



Tabulka Schmid DB: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB2



Obr. DB2: Navětralá ortorula na výchozu DB2 v úrovni 5–6 m

8.2.3 DB3

Výchoz DB3 se nachází cca 50 m severozápadně od západního portálu štoly. Jedná se o cca 9 m vysoký rozsáhlý výchoz na severní straně železničního zářezu. Okolní terén je svažité, s postupným rovnáním reliéfu směrem k Divoké Bystřici (ZSZ). Ve výchozu je zastižen 0,6 m mocný kvaterní pokryv a 8,4 m mocný předkvaterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena

humózním pokryvem, který nasedá na deluviální hlinité štěrky. Podloží je tvořeno ortorulami, které jsou ve svrchní partii zcela zvětralé na eluvium ortorul.

V tabulce DB3 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB3: X = 783 702,46, Y = 968 590,55, Z = 780,50.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zařazení ČSN 736133	Geotyp
Q	780,40 779,90		0,10 (0,50) 0,60			Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou s příměsí štěrku, světle hnědá až šedá, tuhá, štěrk cca 10 %, převažuje hrubozrný s lokálním výskytem kamenů až 150 mm. Kvartér	F5 G4	Q0 Q2
E	778,60		(1,30)			Deluviální hlinitý štěrk s příměsí kamenů, světlý, béžovo šedý až hnědý, ulehlý, štěrk hrubozrný s kameny, ex. balvany až 230 mm, max 250 mm, hůřeji rozbíjitelné až rozbíjitelné úlomky mateční šedé ortoruly (tř. R4), kvartér Eluvium, silně zvětralá ortorula, šedá, destičkovitě až kvádrotivě rozpadavá, rozbíjitelná tř. R4, přechodně dobře rozbíjitelné úlomky tř. R4/R5, výplň charakteru štěrku s příměsí jemnozrné zeminy tř. G3, eluvium	R6	K2
	776,10		(2,50)			Silně zvětralá ortorula, šedá, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná až kvádrotivě rozpadavá, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit mírně snižuje, krystalinikum	R4	K4a
K	773,70		(2,40)			Ortorula, mírně zvětralá, šedá, místy rozbíjitelná, převažuje hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, s velkou až velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, krystalinikum	R3	K5b
	771,50		(2,20)			Ortorula, zdravá až navětralá, šedá, částečně rozpukaná, těžce rozbíjitelná tř. R3, krystalinikum	R3	K6b
						Vrt byl ukončen v hloubce 9,00 m.		

Tabulka DB3: Geologický popis a zařazení výchozu DB3

Tunelářské klasifikace výchozu DB3 jsou určeny z úrovně 1,0 – 9,0, zastižené geotypy K2, K4a, K5b, K6b.

JRC: JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle výraznější pukliny s výplní.

K4: Převažuje 4–7 cca 65 % méně než 4 cca 30 % a větší než 7 cca 5 %

K5: Převažuje 3–6 cca 55 % méně než 3 cca 30 % a větší než 6 cca 15 %

K6: Převažuje 2–5 cca 65 % 5–6 cca 25 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5, extrémně se středně malou rozevřeností O4.

Pukliny jsou bez výplně. Velmi ojedinělý výskyt puklin s limonitovou a železitou výplní 2-10 mm, ex. až 20 mm (O4).

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 150–750 mm D4 – D3 (D2) (velká až střední, místy až malá)

RQD: Celkově vyšší, slabě proměnlivé. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 62–97 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K4a jako méně dobrou s průměrnou hodnotou okolo 70 %, pro geotyp K5b jako dobrou s průměrnou hodnotou téměř 85 % a pro geotyp K6b jako výbornou s průměrnou hodnotou okolo 90 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Dva hlavní systémy s dalšími nahodilými puklinami (6)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Drsné nebo nepravidelné rovinné pukliny (2)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací, místy neměkknoucí nepropustná výplň (0,8)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Slabě zavlhlý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Ojedinělé smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je mírně rozvolněná a (6,0)

Ohodnocení dle Index Q: 4–10 (dostatečná kvalita masivu)

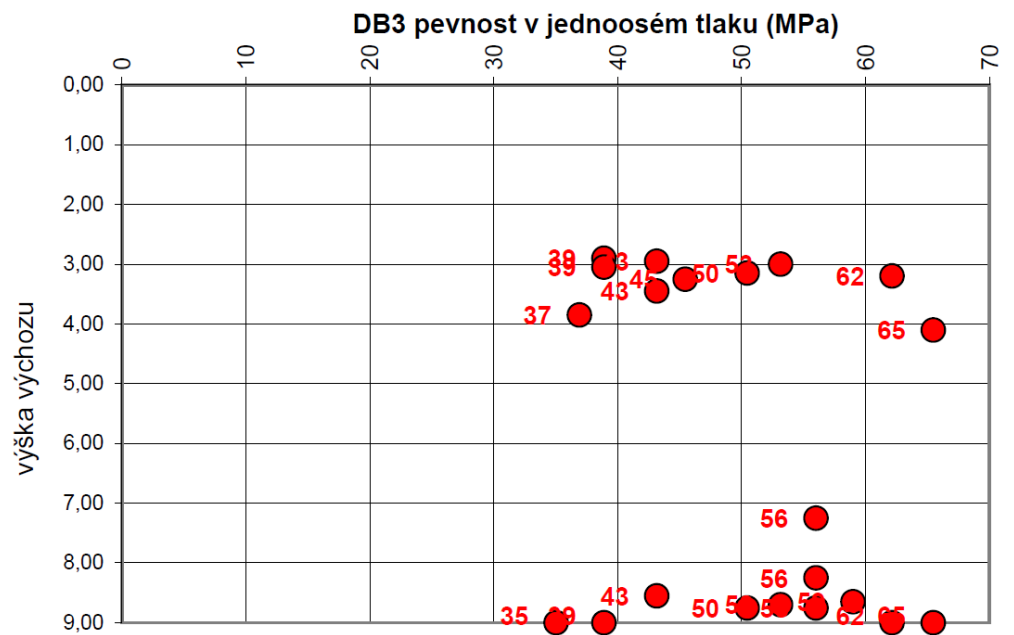
Klasifikační body dle QTS: 76 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 57 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 76

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 5,82 třída IV. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
35	53
34	50
37	59
36	56
36	56
29	39
35	53
34	50
38	62
32	45
31	43
29	39
36	56
38	62
39	65
29	39
27	35
31	43
28	37
31	43
38	62
39	65



Tab. Schmid DB3: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB3.



Obr. DB3 – výchoz DB3, jižní strana železničního zářezu

8.2.4 DB4

Výchoz DB4 se nachází v silničním zářezu přímo nad železničním tunelem cca 90 m severovýchodně od východního portálu štoly. Okolní terén je velmi svažité. Jedná se o cca 6,5 m vysoký, a téměř 10 m široký výchoz. V tabulce DB4 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu. Ve výchozu je zastižen 0,1 m mocný kvarterní pokryv a 6,4 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem. Podloží je tvořeno ortorulami, které jsou ve svrchní partii zcela zvětralé na eluvium ortorul.

Souřadnice výchozu DB1: X = 783 547,82, Y = 968 712,20, Z = 779,50.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zařazení ČSN 736133	Geotyp
Q	779,40	0,10			Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou s příměsí šterku, světle hnědá, tuhá, šterk cca 5-7 %, převažuje hrubozrný s lokálním výskytem kamenů až 160 mm, kvartér	F5	Q0
E	778,60	0,90			Eluvium, silně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, rozbíjitelná tř. R4, charakteru šterku s příměsí jemnozrné zeminy tř. G3, eluvium	R6	K1
K	778,00	1,50			Silně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, hornina je kvádrovitě rozpadavá, krystalinikum	R4	K4a
		(3,00)			Mírně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, hornina je kvádrovitě rozpadavá, krystalinikum	R3 (R4)	K5a
	775,00	4,50			Navětralá až mírně zvětralá ortorula, šedá až šedo béžová, převažuje rozbíjitelná tř. R4, místy mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3, výrazně rozpukaná, z vrchu až s extrémě velkou, s převažující velmi velkou hustotou diskontinuit, směrem k bázi se hustota diskontinuit snižuje, hornina je kvádrovitě rozpadavá, krystalinikum	R3	K6b
	773,00	6,50			Vrt byl ukončen v hloubce 6,50 m.		

Tabulka DB4: Geologický popis a zařazení výchozu DB4.

Tunelářské klasifikace výchozu DB4 jsou určeny z úrovně 0,9 – 6,5 m, zastižené geotypy K4a, K5a, K6b.

JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle se vyskytují výraznější pukliny.

K4: Převažuje 4–7 cca 70 % méně než 4 cca 25 % a větší než 7 cca 5 %

K5: Převažuje 3–5 cca 45 % 6–7 cca 25 % méně než 3 cca 30 %

K6: Převažuje 2–5 cca 60 % 5–6 cca 30 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, výjimečně se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 20–800 mm D5 – D3 (velmi velká až střední)

RQD: Celkově značně proměnlivé směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 16–96 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K4a jako méně dobrou až špatnou s průměrnou hodnotou okolo 50 %, pro geotyp K5a jako méně dobrou s průměrnou hodnotou téměř 75 % a pro geotyp K6b jako dobrou s průměrnou hodnotou okolo 85 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři hlavní systémy s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3).

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1).

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

Ohodnocení dle Index Q: 0,1 – 1,0 (velmi špatná)

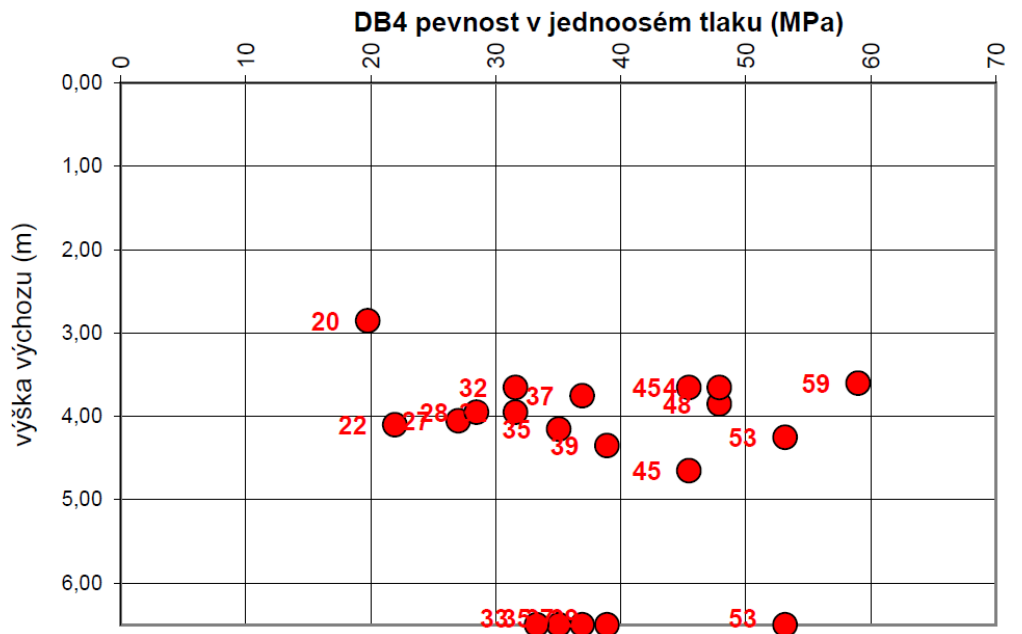
Klasifikační body dle QTS: 73,5 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 46 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 64

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,83 třída V. - IVa. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá až středně tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
18	22
22	27
16	20
25	32
32	45
27	35
32	45
29	39
35	53
33	48
23	28
25	32
28	37
33	48
37	59
35	53
27	35
29	39
26	33
29	39
28	37
30	41
28	37



Tabulka Schmidt DB4: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB4.



Obr. DB4: *Pohled na tektonicky oslabenou polohu s velmi velkou hustotou diskontinuit výchozu DB4*

8.2.5 DB5

Výchoz DB5 se nachází na severní straně železničního zářezu, který se nachází cca 70 m severozápadně od západního portálu štoly. Jedná se o cca 9 m vysoký a 8 m široký. Okolní terén je svažité s postupným rovnáním reliéfu směrem k Divoké Bystřici. Ve výchozu je zastížen 0,6 m mocný kvarterní pokryv a 8,4 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na deluviální hlinité šterky. Podloží je tvořeno ortorulami,

kteřé jsou ve svrchní partii zcela zvětralé na eluvium ortorul. V tabulce DB5 jsou graficky a popisně charakterizovány zastiženě vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB5: X = 783 684,85, Y = 968 571,90, Z = 780,50.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtvý profil Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatřídění ČSN 736133	Geotyp
Q	780,20	0,30			Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou s příměsí štěrku, šedá až hnědo šedá, tuhá, středně ulehlá, obsahuje organické zbytky a kořeny, štěrk hrubozrnný s ojedinělým výskytem kamenů až 120 mm, Kvartér	F5	Q0
E	779,60	0,90	(0,60)		Eluvium, silně zvětralá ortorula, šedá, destičkovitě až kvádrovitě rozpadavá, rozbíjitelná tř. R4, místy dobře rozbíjitelné úlomky tř. R4/R5, eluvium	R6	K2
	778,80	1,70	(0,80)		Ortorula, mírně zvětralá, šedá, hůřeji rozbíjitelná tř. R3 až rozbíjitelná tř. R4, výrazně rozpukaná s několika výraznými puklinami s železitým povlakem ex. až 2 cm, krystalinikum	R4	K5b
	776,30	4,20	(2,50)		Ortorula, zdravá až navětralá, šedá, částečně rozpukaná, těžce rozbíjitelná tř. R3, krystalinikum	R3	K6b
K	772,70	7,80	(3,60)		Ortorula, mírně zvětralá, šedá, převažuje hůřeji rozbíjitelná tř. R3, lokálně rozbíjitelná tř. R4, výrazně rozpukaná, krystalinikum	R4	K5b
K	771,50	9,00	(1,20)		Ortorula, zdravá až navětralá, šedá, částečně rozpukaná, těžce rozbíjitelná tř. R3, krystalinikum (<i>pokračování z předchozí strany</i>)	R3	K6b
					Vrt byl ukončen v hloubce 9,00 m.		

Tabulka DB5: Geologický popis a zatřídění výchozu DB5

Tunelářské klasifikace výchozu DB5 jsou určeny z úrovně 0,9 – 9,0, zastižené geotypy K5b, K6b. JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle se vyskytují výraznější pukliny.

K4: Převažuje 4–7 cca 65 % méně než 4 cca 30 % a větší než 7 cca 5 %

K5: Převažuje 3–6 cca 55 % méně než 3 cca 30 % a větší než 6 cca 15 %

K6: Převažuje 2–5 cca 65 % 5–6 cca 25 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 50–720 mm D4 – D3 (D5, D2) (velká až střední (místy velmi velká a malá))

RQD: Celkově značně proměnlivé, směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 38–93 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K5b jako dobrou s průměrnou hodnotou okolo 80 % a pro geotyp K6b jako dobrou až výbornou s průměrnou hodnotou téměř 90 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Dva hlavní systémy s dalšími nahodilými puklinami (6)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Drsné nebo nepravidelné rovinné pukliny a pukliny v přímém kontaktu (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Ojedinělé smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je mírně rozvolněná a (6,0)

Ohodnocení dle Index Q: 4–10 (dostatečná kvalita masivu)

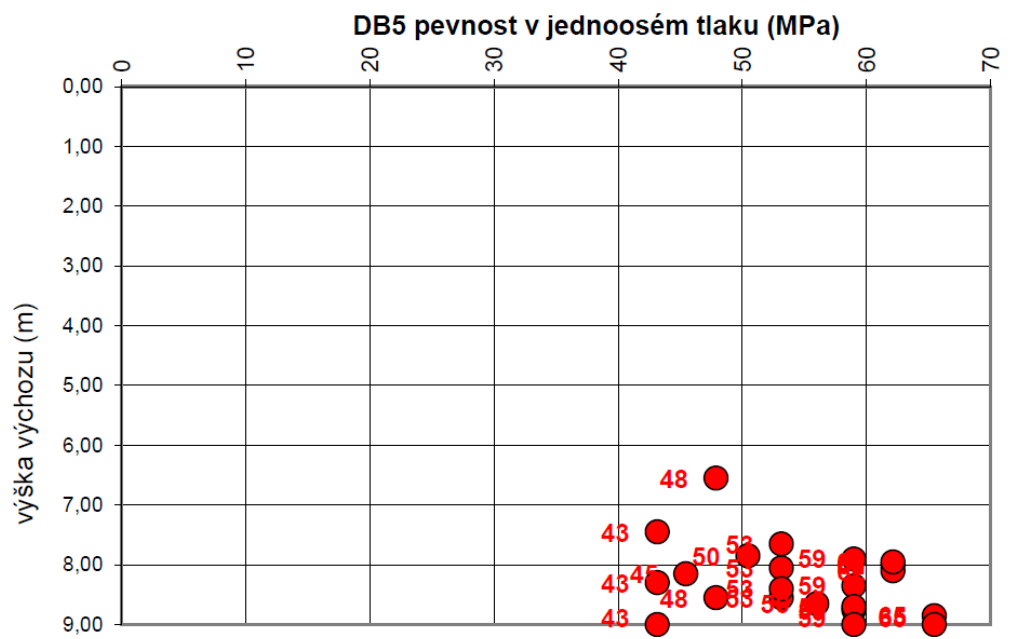
Klasifikační body dle QTS: 75,5 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 48 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 79

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 6,11 třída IV. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
37	59
39	65
37	59
35	53
36	56
37	59
31	43
34	50
38	62
33	48
31	43
35	53
37	59
38	62
31	43
39	65
37	59
33	48
38	62
35	53
32	45
35	53
38	62
31	43
36	56
37	59



Tabulka Schmidt DB5: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB5.



Obr. DB5: Výchoz DB5, severní strana železničního zářezu u západního portálu.

8.2.6 DB6

Výchoz DB6 se nachází v silničním zářezu cca 40 až 55 m severovýchodně od východního portálu štoly. Jedná se o několik menších výchozů cca 2 až 4 m vysokých v cca 15 m širokém silničním zářezu vzdálených 15 až 30 m severovýchodně od východního portálu štoly. Okolní terén je velmi svažité. Ve výchozu je zastižen 0,4 m mocný kvarterní pokryv a 3,6 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na

podložní ortoruly, které jsou ve svrchní partii zcela zvětralé na eluvium ortorul. V tabulce DB6 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB6: X = 783 552,62, Y = 968 746,14, Z = 776,30.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatřídění ČSN 736133	Geotyp
Q	775,90		(0,40) 0,40			Humózní povrch, hlinitý štěrk, tuhý, s nízkou plasticitou, prachovitý, úlomky do 120 mm, dobře rozbíjitelné, místy rozbíjitelné (tř. R4 (R5)), kvartér	F5	Q0
E	775,10		(0,80) 1,20			Eluvium, zcela zvětralá ortorula, šedá, rozpadlá na rozbíjitelné úlomky (tř. R4), destičkovitě až kvádrovitě rozpadavá, převažují úlomky 30 - 120 mm, ex. 150 mm, max. 230 mm, místy výplň prachovito písčité hlína s nízkou plasticitou, eluvium	R6	K1
K	773,80		(1,30) 2,50			Ortorula, mírně zvětralá, šedá, rozbíjitelná (tř. R4), rozpukaná, lokálně silně tektonicky porušená, místy až břidličnatá, s velmi vysokou hustotou diskontinuit, krystalinikum	R4 (R3)	K5a
	773,20		(0,60) 3,10			Ortorula, silně zvětralá, rozbíjitelná až dobře rozbíjitelná (tř. R4 (R5)), silně tektonicky porušená a oslabená, s velmi vysokou hustotou diskontinuit, krystalinikum	R4	K4a
	772,30		(0,90) 4,00			Ortorula, navětralá až mírně zvětralá, šedá, hůřeji rozbíjitelná až rozbíjitelná (tř. R3 (R4)), výrazně rozpukaná, tektonicky porušená, svysokou hustotou diskontinuit, krystalinikum	R3	K6a
						Vrt byl ukončen v hloubce 4,00 m.		

Tab. DB6: Geologický popis a zatřídění výchozu DB6

Tunelářské klasifikace výchozu DB6 jsou určeny z úrovně 1,0 – 4,0, zastižené geotypy K1, K4a, K5a, K6a.

JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné. Společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle se vyskytují výraznější pukliny.

K4: Převažuje 4–7 cca 75 % méně než 4 a více než 7 cca 25 %

K5: Převažuje 3–6 cca 45 % 6–7 cca 25 % méně než 3 cca 30 %

K6: Převažuje 2–5 cca 60 % 5–6 cca 30 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 40–440 mm D5 – D3 (velmi velká až střední)

RQD: Celkově značně proměnlivé s rychlými přechody. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 37–92 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K4a jako méně

dobrou až špatnou s průměrnou hodnotou okolo 50 %, pro geotyp K5a jako méně dobrou s průměrnou hodnotou okolo 70 % a pro geotyp K6a jako dobrou s průměrnou hodnotou nad 80 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Čtyři a více systémy puklin (15)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

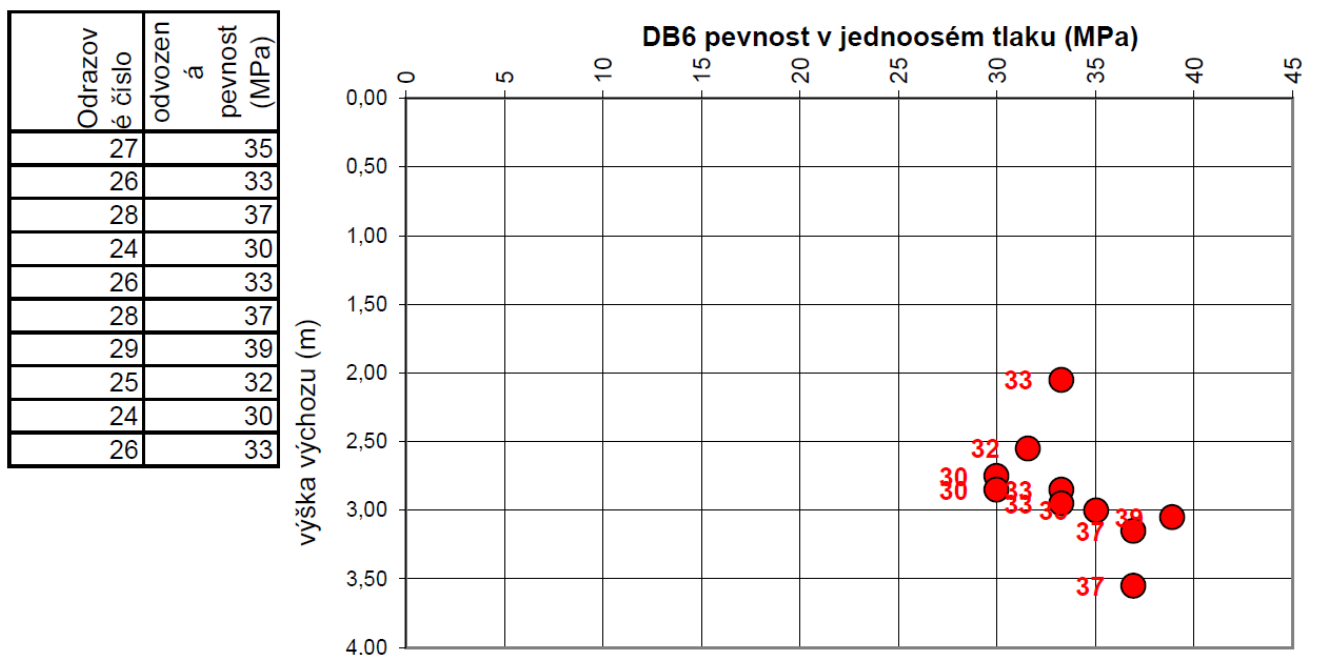
Ohodnocení dle Index Q: 1,0 – 4,0 (špatná)

Klasifikační body dle QTS: 69,5 (dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 51 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 67

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,5 třída V. Stupeň pevnosti horniny – středně tvrdá



Tab. Schmidt DB6: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB6




Obr. DB6: Výchoz DB6, v silničním zářezu, pohled na tektonicky porušenou polohu mírně až silně zvětralé ortoruly s vysokou až velmi vysokou hustotou diskontinuit v poloze 2–3 m.

8.2.7 DB7

Výchoz DB7 se nachází uvnitř štoly při jejím východním ústí. Jedná se o 1 m vysoký průval tvořený zcela zvětralou ortorulou charakteru kamenitého štěrku. V tabulce DB7 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB1: X = 783 578,96, Y = 968 796,38, Z = 770,00.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN		Zatřídění ČSN 736133	Geotyp
K	769,00		(1,00)			Zcela zvětralá ortorula charakteru šterku s kameny tř R6/G2 Cb, přechodně až charakteru kamenitého šterku, úlomky do 160 mm, ex. 250 mm, rozbíjitelné (tř. R4), krystalinikum		R6	K2
						Vrt byl ukončen v hloubce 1,00 m.			

Tab. DB7: *Geologický popis a zatřídění výchozu DB7*

Ohodnocení dle Index: Zcela extrémně špatná

Ohodnocení dle klasifikace RMR: Pod 20 (V. velmi nízká)



Obr. DB7: *Pohled na průval na východním okraji štoly*

8.2.8 DB8

Výchoz DB8 se nachází v silničním zářezu přímo nad východním portálem štoly. Jedná se o cca 6 m vysoký, a až 12 m široký výchoz. Okolní terén je velmi svažité. Ve výchozu je zastižen 0,3 m mocný kvarterní pokryv a 5,7 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na předkvarterní ortoruly. V tabulce DB8 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB8: X = 783 578,96, Y = 968 796,38, Z = 781,00.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatížení ČSN 736133	Geotyp
Q	780,70	0,30			Humózní pokryv, štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy, šedo béžový, ulehý, ostrohranný, s příměsí kamenů až 180 mm, ex. 230 mm, rozbíjitelné tř. R4, výplň tvoří prachovito písčité hlína s nízkou plasticitou, tuhá, obsahuje organickou příměs, kvartér	G3	Q0
K	778,30	2,70			Ortorula, silně zvětralá, šedá až béžovo šedá, rozbíjitelná (tř. R4), výrazně rozpukaná, lokálně až břidličnatě rozpadavá, místy až velmi vysoká hustota diskontinuit, místy viditelné červeno fialové žíly až 20 mm mocné, krystalinikum	R4	K4a
	777,20	3,80			Ortorula, navětralá až mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná (tř. R3) s rozbíjitelnými polohami (tř. R4), lokálně rozpukaná, tvoří velké bloky bez diskontinuit až 0,6 m, které se střídají s tektonicky oslabenými polohami, krystalinikum	R3	K6a
	776,80	4,20			Ortorula, silně zvětralá, šedá, rozbíjitelná (tř. R4), výrazně rozpukaná, místy oslabená, dobře rozbíjitelná (tř. R5), blokovitě rozpadavá, s velmi vysokou hustotou diskontinuit, místy červeno fialové žíly až 25 mm mocné, krystalinikum	R4	K4a
	775,00	6,00			Ortorula, navětralá až mírně zvětralá, hůřeji rozbíjitelná (tř. R3) s rozbíjitelnými polohami (tř. R4), lokálně rozpukaná, tvoří velké bloky bez diskontinuit 0,2 až 0,75 m, místy tektonicky oslabené polohy s vysokou až velmi vysokou hustotou diskontinuit, krystalinikum	R3	K6a
					Vrt byl ukončen v hloubce 6,00 m.		

Tab. DB8: Geologický popis a zatížení výchozu DB8

Tunelářské klasifikace výchozu DB6 jsou určeny z úrovně 0,3 – 6,0, zastižené geotypy K4a, K6a. JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné, bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle se vyskytují výraznější pukliny místy druhotně vyplněné.

K4: Převažuje 4–7 cca 75 % méně než 4 cca 15 % a více než 7 cca 10 %

K6: Převažuje 2–4 cca 65 % 5–6 cca 30 % a více než 6 cca 5 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6 až s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně. Ojediněle se objevují druhotně vyplněné žíly.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 30–1000 mm D5 – D2 (velmi velká až malá)

RQD: Celkově značně proměnlivé. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 12–100 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K4a jako špatnou s průměrnou hodnotou okolo 45 %, pro geotyp K6a jako dobrou až výbornou s průměrnou hodnotou nad 90 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři systémy puklin s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací, vyskytují se pouze ojediněle (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

Ohodnocení dle Index Q: 1,0 – 4,0 (špatná)

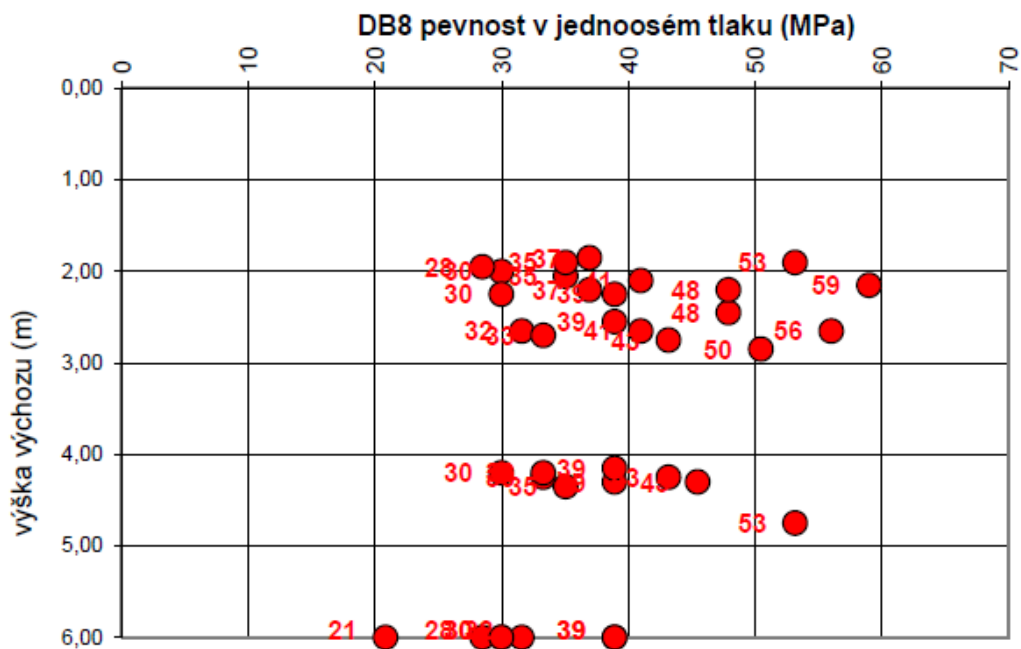
Klasifikační body dle QTS: 73,5 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 51 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 67

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,8 třída V. - IVa. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá až středně tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
35	53
29	39
27	35
33	48
31	43
29	39
36	56
37	59
28	37
25	32
34	50
26	33
30	41
24	30
23	28
28	37
27	35
30	41
33	48
24	30
26	33
29	39
27	35
24	30
26	33
29	39
31	43
32	45
35	53
29	39
24	30
23	28
17	21
29	39
25	32
24	30



Tab. Schmidt DB8: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB8.



Obr. DB8: Pohled na mírně zvětralé ortoruly s červeno fialovým zabarvením druhotné výplně puklin (vlevo dole)

8.2.9 DB9

Výchoz DB9 je velmi členitý a rozsáhlý. Jedná se o soubor výchozů nacházejících se severovýchodně od toku Bouřlivce. Jedná se o béžovo hnědé až šedé ortoruly, lokálně silně tektonicky porušené, s lokálními polohami žil ryolitového porfyru. Při povrchu je tvořen mělkou vrstvou kvarterního materiálu max. 1 m mocnou. Dále se nachází mělká vrstva eluvia ortoruly od 0,0 až do 1,0 m. Hornina je tvořena navětralými až mírně zvětralými ortorulami, hnědo šedými až béžovo hnědými. Hornina je rozbíjitelná tř. R4 až hůře rozbíjitelná tř. R3. Místy se nachází výrazně rozpukané, lokálně až silně tektonicky porušené polohy. Tektonické poruchy dosahují mocnosti až 700 mm, ex. až 1500 mm, ojediněle dochází k výskytu ryolitových žil. Dílčí výchozy s obdobnou charakteristikou se nachází severovýchodně až východně od štoly cca 90 m a dál v silničním zářezu. Nejvíce rozsáhlý výchoz se nachází v železničním zářezu s výškou cca 9 m, ex. až 12 m a celkovou délkou více jak 200 m.

Souřadnice výchozu DB9: X = X = 783 134,68, Y = 968 841,11, Z = 779,47.



Obr. DB9a: *Skalní výchoz mírně zvětralých až navětralých ortorul s tektonicky porušenými polohami silně zvětralých ortorul na západním okraji rozsáhlého železničního zářezu výchozu DB9.*



Obr. DB9: *Pohled na tektonicky silně postiženou polohu na výchozu DB9*

JRC: Méně proměnlivé, pukliny jsou málo až středně drsné, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Místy se vyskytují výraznější pukliny se silně tektonicky porušenou horninou. JRC se nejvíce pohybuje od 3 do 9.

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně, nebo vyplněny tektonicky porušeným materiálem.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 5–750 mm D6 – D3 (D2) (extrémně velká až střední)

RQD: Extrémně proměnlivé, střídání silně rozpukaných poloh s méně rozpukanými. Lokální výskyt silně tektonicky porušených poloh. RQD se pohybuje od 0 do 100, převažuje méně dobrá kvalita masivu s dobrými polohami, lokálně špatné.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři a více systémy puklin s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Hladké rovinné pukliny (1)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací až mírně alterovány, místy podrcená hornina bez jílovité výplně (4)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

Ohodnocení dle Index Q: 1,0 – 4,0 (špatná)

Klasifikační body dle QTS: 60 (středně příznivá)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 54

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 5 třída IVa. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 54

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 53 (III. třída – střední)

8.2.10 DB10

Výchoz DB10 se nachází v silničním zářezu cca 40 m severovýchodně od východního portálu štoly. Jedná se o cca 4 m vysoký a až 10 m široký výchoz. Okolní terén je svažité. Ve výchozu je zastižena minimální výška kvarterního pokryvu do 100 mm. Výchoz je tvořen mírně zvětralými ortorulami, které jsou ve svrchní části zcela zvětralé na eluvium ortorul. V tabulce DB10 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB1: X = 783 552,67, Y = 968 745,72, Z = 776,00.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatřídění ČSN 736133	Geotyp
E	775,50	XXXXXX	(0,50) 0,50			Eluvium, zcela zvětralá ortorula, šedá, rozpadlá na rozbíjíitelné úlomky (tř. R4), destičkovitě až kvádrovitě rozpadavá do 230 mm, převažují úlomky 45 - 120 mm, svchní vrstva obsahuje organický materiál, prorostlá kořeny, kvartér	R6	K2
K	774,50	XXXXXX	(1,00) 1,50			Ortorula, silně zvětralá, šedá, rozbíjíitelná (tř. R4), rozpukaná, lokálně až břidličnatě rozpadavá, krystalinikum	R4	K4a
	773,20	XXXXXX	(1,30) 2,80			Ortorula, mírně zvětralá, šedá, rozbíjíitelná až hůřeji rozbíjíitelná (tř. R4 a R3), rozpukaná, lokálně břidličnatá, krystalinikum	R3 (R4)	K5a
	772,00	XXXXXX	(1,20) 4,00			Ortorula, navětralá, šedá, hůřeji rozbíjíitelná (tř. R3), rozpukaná, lokálně břidličnaté polohy, nerovnoměrně porušená, krystalinikum	R3	K6a
						Vrt byl ukončen v hloubce 4,00 m.		

Tab. DB10: Geologický popis a zatřídění výchozu DB10

Tunelářské klasifikace výchozu DB6 jsou určeny z úrovně 0,5 – 4,0, zastížené geotypy K4a, K5a, K6a.

JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné bez výrazných stupňů a výstupků. Pouze ojediněle se vyskytují výraznější pukliny místy druhotně vyplněné.

K4: Převažuje 4–8 cca 80 % méně než 4 cca 15 % a více než 8 cca 5 %

K5: Převažuje 3–5 cca 55 % 5–7 cca 35 % méně než 3 cca 10 %

K6: Převažuje 2–4 cca 50 % 4–6 cca 40 % a více než 6 cca 10 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 60–870 mm D4 – D3 (velká až střední)

RQD: Celkově značně proměnlivé, směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 58–100 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K4a jako méně dobrou s průměrnou hodnotou okolo 65 %, pro geotyp K5a jako dobrou s průměrnou hodnotou okolo 80 % a pro geotyp K6a jako výbornou s průměrnou hodnotou téměř 95 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři systémy puklin (9)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

Ohodnocení dle Index Q: 4,0 – 10,0 (dostatečná)

Klasifikační body dle QTS: 70 (velmi dobrá až dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 48 (III. třída – střední)

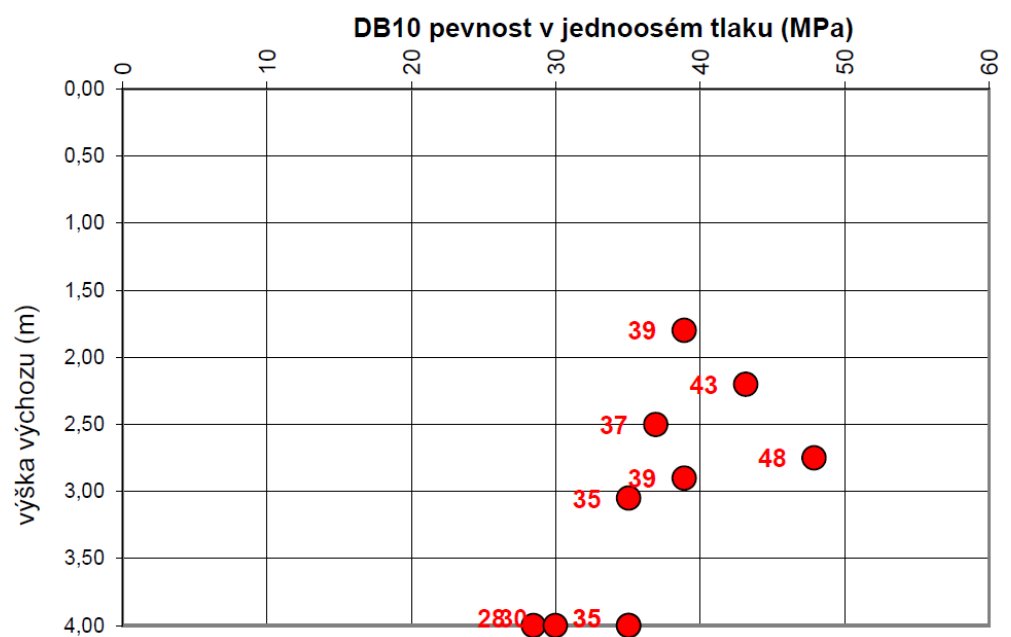
Ohodnocení dle klasifikace RMR: 20 až 30 (IV-V. třída – nízká až velmi nízká)

Návrh zatřídění do technologické třídy metody NRTM: TT5a (velmi nepříznivé podmínky)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 62

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,75 třída IVa. - V. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá až středně tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
29	39
31	43
28	37
33	48
29	39
27	35
27	35
23	28
24	30
27	35



Tab. Schmidt DB10: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB10.

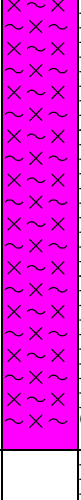


Obr. DB10: Výchoz DB10, pohled na mírně zvětralé až navětralé ortoruly v poloze cca 2–3 m.

8.2.11 DB11a

Výchoz DB11a se nachází cca 100 m od západního portálu železničního tunelu. Jedná se o výchoz uvnitř železničního tunelu. Konkrétně o „okno“ mezi tunelovým ostěním o rozměru cca 3x2 m. Výchoz je tvořen pouze mírně zvětralou ortorulou. V tabulce DB11a jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB11a: X = 783 637,41, Y = 968 642,17, Z = 770,20.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka Mociost (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zařídění ČSN 736133	Geotyp	Těžitelnost ČSN 73 6133	Vrtatelnost TP 76
K	767,20		(3,00) 3,00			Ortorula, mírně zvětralá, na povrchu silně zvětralá, šedá až světle šedo béžová, rozbíjitelná (tř. R4), přechodně hůřeji rozbíjitelná (tř. R3), lokálně rozpukaná, lokálně slabě tektonicky porušená, krystalinikum	R3 (R4)	K5a		
						Vrt byl ukončen v hloubce 3,00 m.				

Tab. DB11a: *Geologický popis a zatřídění výchozu DB11a*

Tunelářské klasifikace výchozu DB11a, zastižený geotyp K5b

JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné až hladké, rovinné, bez výrazných stupňů a výstupků.

K5: Převažuje 3–7 cca 85 % více jak 7 a méně než 3 cca 15 %

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 150–1000 mm D4 – D2 (velká až malá)

RQD: Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD pro geotyp K5b hodnotit jako výbornou s průměrnou hodnotou téměř 100 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Dva systémy puklin s dalšími nahodilými puklinami (6)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Zvlhlý výchoz, místy kapky vody (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Bez výskytu oslabených zón, střední namáhání (1)

Ohodnocení dle Index Q: 40,0 – 100,0 (velmi dobrá)

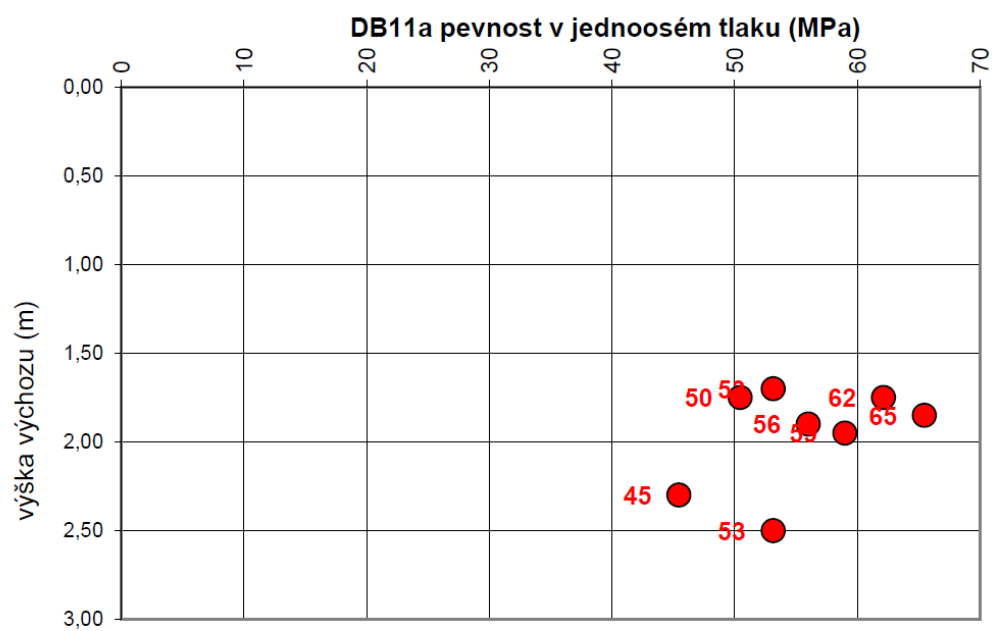
Klasifikační body dle QTS: 82 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 67 (II. třída – dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 84

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 6,19 třída IV. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
35	53
38	62
39	65
38	62
36	56
37	59
34	50
32	45
35	53



Tab. Schmidt DB11a: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB1a



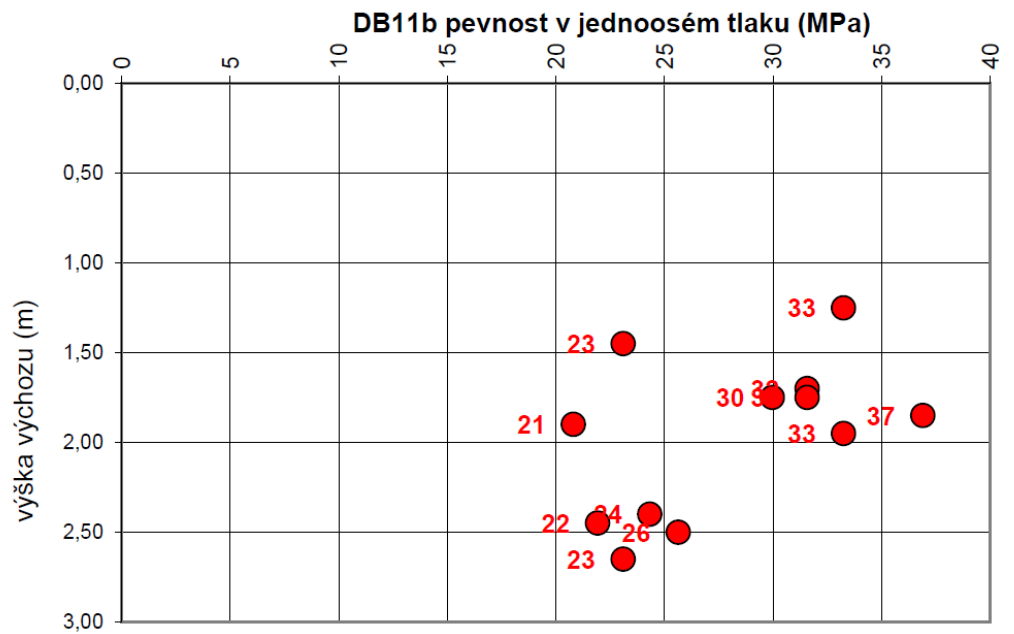
Obr. DB11a: „Okno“ v ostění uvnitř železničního tunelu se světle šedě viditelnými vyspravenými puklinami

8.2.12 DB11b

Výchoz DB11b se nachází cca 100 m od východního portálu železničního tunelu. Jedná se o výchoz uvnitř železničního tunelu. Konkrétně o „okno“ mezi tunelovým ostěním o rozměru cca 3x2 m. Výchoz je tvořen silně až mírně zvětralou ortorulou. V tabulce DB11b jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB11a: X = 783 579,40, Y = 968 695,17, Z = 770,00.

Odrazové číslo	odvozená pevnost (MPa)
25	32
24	30
28	37
21	26
17	21
26	33
25	32
18	22
21	26
19	23
20	24
26	33
19	23



Tab. Schmidt DB11b: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB11b







Obr. DB11b: „Okno“ v ostění uvnitř železničního tunelu se silně zvětralými nažloutlými až narezlými polohami

8.2.13 DB12

Výchoz DB12 se nachází cca 160 m jihojihozápadně od západního portálu štoly. Jedná se o cca 1 m hluboký zářez do svahu. Okolní terén je méně členitý oproti ostatním lokalitám. V tomto místě se již projevuje morfologie okraje náhorní roviny. Ve výchozu je zastižen 0,8 m mocný kvarterní pokryv a 0,2 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na deluviální štěrkovité hlíny a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy.

Podloží je tvořeno eluviem ortorul. V tabulce DB12 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB12: X = 783 822,38, Y = 968 826,01, Z = 792,50.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil Hĺoubka (Mocnost) (m)	Hĺadina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zatřídění ČSN 736133	Geotyp
Q	792,20		0,30		Humózní pokryv, hlína s nízkou plasticitou, šedo-černá, tuhá, ulehlá, obsahuje organický materiál, štěrky cca 2-4%, kvartér	F5	Q0
	792,00		0,50		Deluviální štěrkovitá hlína, šedo-běžová, tuhá, s nízkou plasticitou, ulehlá, s příměsí kamenů, úlomky tvoří cca 20 - 35 %, ostrohranné ortoruly, světle šedé, rozbíjíitelné až dobře rozbíjíitelné (tř. R4), kvartér	G4	Q1
	791,70		0,80			G3	Q2
E	791,50		1,00		Deluviální štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy, s příměsí kamenů, béžovo šedý, ulehlý, ostrohranný, rozbíjíitelný (tř. R4), do 75 mm, max. 125 mm, ex. 160 mm, výplň tvoří hlína s nízkou plasticitou, tuhá, kvartér Eluvium, zcela zvětralá ortorula, světle šedá, dobře rozbíjíitelná až rozbíjíitelná (tř. R5 až R4), rozpadlá na kvádřovité až destičkovité úlomky, převažují do 160 mm, max. 200 mm, eluvium Vrt byl ukončen v hloubce 1,00 m.	R6	K1

Tab. DB12: Geologický popis a zatřídění výchozu DB12



Obr. DB12: Zářez při okraji silnice, pohled na jednotlivé zastižené vrstvy DB12

8.2.14 DB13

Výchoz DB13 se nachází v silničním zářezu cca 60 m jihozápadně od východního portálu štoly. Jedná se o cca 4,5 m vysoký, a až 10 m široký výchoz v silničním zářezu jihozápadně od východního portálu štoly. Okolní terén je velmi svažité. Ve výchozu je zastižen 1,2 m mocný kvarterní pokryv a 3,3 m mocný předkvarterní pokryv. Svrchní vrstva je tvořena humózním pokryvem, který nasedá na deluviální hlinité štěrky. Podloží je tvořeno ortorulami, které jsou ve svrchní partii zcela zvětralé na eluvium ortorul. V tabulce DB13 jsou graficky a popisně charakterizovány zastižené vrstvy ve výchozu.

Souřadnice výchozu DB13: X = 783 580,45, Y = 968 853,48, Z = 783,00.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtvý profil Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	Zařídění ČSN 736133	Geotyp
Q	782,70	0,30			Humózní pokryv, štěrkovitá hlína s nízkou plasticitou, tuhá, hnědo-šedá, prachovitá až prachovito písčité, štěrk cca 15 %, ostrohranné úlomky mateční horniny, až 45 mm, max. 60 mm, lokálně balvany až 200 mm, rozbíjitelné (tř. R4), kvartér	F1	Q0
	781,80	1,20	(0,90)		Deluviální hlinitý štěrk, ostrohranný, rozbíjitelný až hůřeji rozbíjitelný (tř. R4 (R3)), šedý, převažuje hrubozrný s příměsí kamenů, lokálně s výskytem balvanů, výplň hlinito prachovitá s nízkou plasticitou, tuhá, hnědo-šedá, směrem k bázi se zvyšuje podíl štěrku a kamenů až na v bázi kamenitý štěrk, kvartér	G4	Q2
E	781,10	1,90	(0,70)		Eluvium, zcela zvětralá ortorula, světle šedá, dobře rozbíjitelná až rozbíjitelná (tř. R5 až R4), rozpadlá na kvádrovité až destičkovité úlomky, převažují do 220 mm, ex. větší rozbíjitelné navětralé úlomky (tř. R4 až R3), eluvium	R6	K1
K		(2,00)			Ortorula, šedá, mírně zvětralá, přechodně silně zvětralá, silně rozpukaná s oslabenými polohami podél puklin, rozbíjitelná (tř. R3 s polohami R4), kvádrovitě rozpadavá, krystalinikum	R3 (R4)	K5a
	779,10	3,90	(0,60)		Ortorula, šedá, navětralá, rozbíjitelná, lokálně zdravější hůřeji rozbíjitelné polohy (tř. R3), lokálně výraznější rozpukání s oslabenými polohami podél puklin, krystalinikum	R3	K6a
	778,50	4,50			Vrt byl ukončen v hloubce 4,50 m.		

Tab. DB13: *Geologický popis a zatřídění výchozu DB13*

Tunelářské klasifikace výchozu DB13 jsou určeny z úrovně 1,5 – 4,5 m, zastižené geotypy K1, K5a, K6a.

JRC: JRC: Celkově málo proměnlivé, pukliny jsou málo drsné, společně se snižujícím se zvětráním přibývají hladké pukliny, rovinné, bez výrazných stupňů a výstupků.

K5: Převažuje 4–6 cca 60 % 6–7 cca 20 % méně než 3 a více než 7 cca 20 %

K6: Převažuje 2–5 cca 70 % 5–6 cca 25 % a více než 6 cca 5 %

Rozevření a výplň puklin: Pukliny převažují uzavřené s velmi malou rozevřeností O6, ojediněle se objevují pukliny s malou rozevřeností O5. Pukliny jsou bez výplně.

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 20–750 mm D5 – D2 (velmi velká až malá)

RQD: Celkově značně proměnlivé směrem k bázi se rychle zvyšuje. Zjištěné hodnoty se pohybují v rozmezí 25–93 %. Na základě zjištěných hodnot lze kvalitu RQD hodnotit pro geotyp K5a jako méně dobrou s průměrnou hodnotou téměř 75 % a pro geotyp K6a jako dobrou s průměrnou hodnotou nad 85 %.

Ohodnocení puklinových systémů Jn: Tři systémy puklin s dalšími nahodilými puklinami (12)

Ohodnocení drsnosti a nerovnosti puklin Jr: Stěny puklin jsou v přímém kontaktu, místy drsné až nepravidelné rovinné pukliny (3)

Ohodnocení stěn puklin Ja: Stěny puklin nejsou postiženy alterací (1)

Ohodnocení stupně zvodnění puklin Jw: Suchý výchoz (1)

Ohodnocení napjatosti masivu SRF: Četné smykové zóny v horninovém masivu bez jílové výplně, okolní hornina je rozvolněná (7,5)

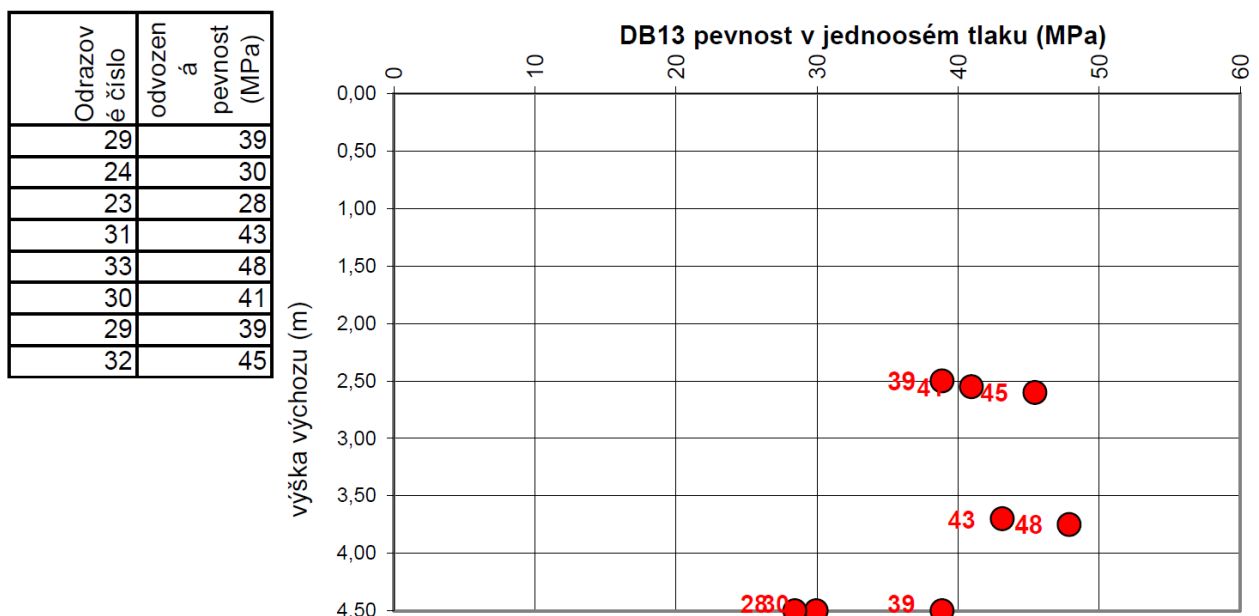
Ohodnocení dle Index Q: 0,1 – 1,0 (velmi špatná)

Klasifikační body dle QTS: 74,5 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 53 (III. třída – střední)

Ohodnocení dle klasifikace RSR: 67

Klasifikace dle Protodjakonova: fP = 4,9 třída IVa. Stupeň pevnosti horniny – tvrdá



Tab. Schmidt DB13: Měření Shmidtovým kladivem na výchozu DB13



Obr. DB13: *Pohled na kvádrovitě až destičkovitě rozpadavé ortoruly na výchozu DB13*

8.2.15 Archivní vrt J-1

V blízkosti štoly se nachází archivní vrt prováděný za účelem posouzení stability silnice Mikulov – Nové Město. Jedná se o 7 m hluboký vrt procházející silničními navážkami a deluviálními štěrky do hloubky 5,0 m. Dále se nachází navětralé ortoruly a krystalické vápence.

Souřadnice výchozu DB13: X = 783571.10, Y = 968824.00, Z = 776.58.

Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis vrstvy
0.00 - 0.30	Kvartér	navážka
0.30 - 0.45	Kvartér	hlína písčítá drobivá, hnědá, štěrk max. 30 mm
0.45 - 1.00	Kvartér	navážka písčítá štěrkovitá
1.00 - 1.50	Kvartér	hlína silně písčítá drobivá, hnědá, s příměsí štěrku
1.50 - 3.00	Kvartér	hlína písčito kamenitá, rezavá, hnědá, suť hlinitá
3.00 - 4.10	Kvartér	suť hlinitá kamenitá max. 90 mm, hnědá, písek hlinitý
4.10 - 5.00	Kvartér	suť balvanitý max. 100 mm, písek hlinitý
5.00 - 7.00	Proterozoikum	rula navětralá, hnědá, vápenec krystalický

Data jsou převzata od České geologické služby (Geology.cz/mapy).

8.3 Vymezení zastižených geotypů v trase štoly

Jednotlivé zeminy a horniny v různém stupni zvětrání a zpevnění, které byly zastiženy, jsou na základě zjištěných porovnatelných vlastností rozčleněny do geotechnických typů (geotypů). Základem pro rozdělení je u zemin zrnitostní složení a u hornin především zatřídění dle pevnosti, zvětrání a rozpukání. Celkem je vyčleněno 9 geotypů. Pro navážky je vyčleněn 1 geotyp, zastižené kvartérní zeminy jsou rozděleny do 3 geotypů a horniny krystalinika do 5 geotypů. Přehledná tabulka geotypů, včetně stručného popisu, je uvedena v tabulce 4. **Kvartérní pokryv** se vyskytuje v připovrchové zóně téměř celé zájmové oblasti. Nejmenších mocností dosahuje na prudším východním svahu, kde se objevuje množství úlomků, lokálních bloků hornin a lokálně i velmi malých odkryvů hornin. Jedná se o mělké vrstvy deluviálních sedimentů, místy slabě pokrytých tenkou humózní vrstvou. Deluviální sedimenty místy přecházejí plynule do eluvia ortorul, místy ostře nasedají na předkvartérní podloží. Ověřená mocnost kvartérního pokryvu je 0,0 – 2,8 m; kvartérní pokryv tvořen převážně deluviálními až deluviofluviálními sedimenty. Jedná se o uložené svahové sedimenty v podobě kamenitých štěrků s příměsí písku a jemnozrnné zeminy až hlinité jíly s příměsí štěrku a lokálně kamenů. **Q0** – Humusový horizont je málo mocný, lokálně se téměř nenachází. Jedná se převážně o hlínu s nízkou plasticitou s příměsí štěrku či písku tř. F5.; zastižená mocnost vrstvy 0,0 – 0,4 m. **Q1** – Deluviální až deluviofluviální štěrkovité hlíny s příměsí kamenů tř. F1; zastižená mocnost vrstvy 0,2 – 0,9 m.

Q2 – Deluviální štěrky, štěrky s kameny a s příměsí jemnozrnné zeminy či písku tř. G3, G4, G5; zastižená mocnost vrstvy 0,3 – 1,3 m.

Předkvartérní pokryv byl průzkumnými pracemi zastižen 0,0 – 2,4 m pod terénem. Kvarterní sedimenty zpravidla nasedají na eluvia, zcela zvětralá na úlomky charakteru kamenů se štěrky a s příměsí jemnozrnné zeminy, místy charakteru jemnozrnné zeminy s příměsí písku a štěrku. Dále se nachází Krystalinikum v podobě karbonských ortorul.

K1 – Eluvium, zcela zvětralé ortoruly s mírně zvětralými úlomky; charakteru štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy tř. R6/Q3; zastižená mocnost vrstvy 0,8 – 1,0 m.

K2 – Eluvium, zcela až silně zvětralé ortoruly s mírně zvětralými úlomky mateční horniny tř. R6/ R6 + R4; zastižená mocnost vrstvy 0,5 – 1,3 m.

K4 – Mírně zvětralá ortorula, místy až silně zvětralá tř. R4, rozpukaná; zastižená mocnost vrstvy 0,6 – 3,6 m.

K5 – Mírně zvětralá až navětralá ortorula tř. R3 s polohami R4); zastižená mocnost vrstvy 0,5 – 4,6 m.

K6 – Navětralá až zdravá ortorula pevnosti tř. R3, rozpukaná; zastižená mocnost vrstvy 2,2 m.

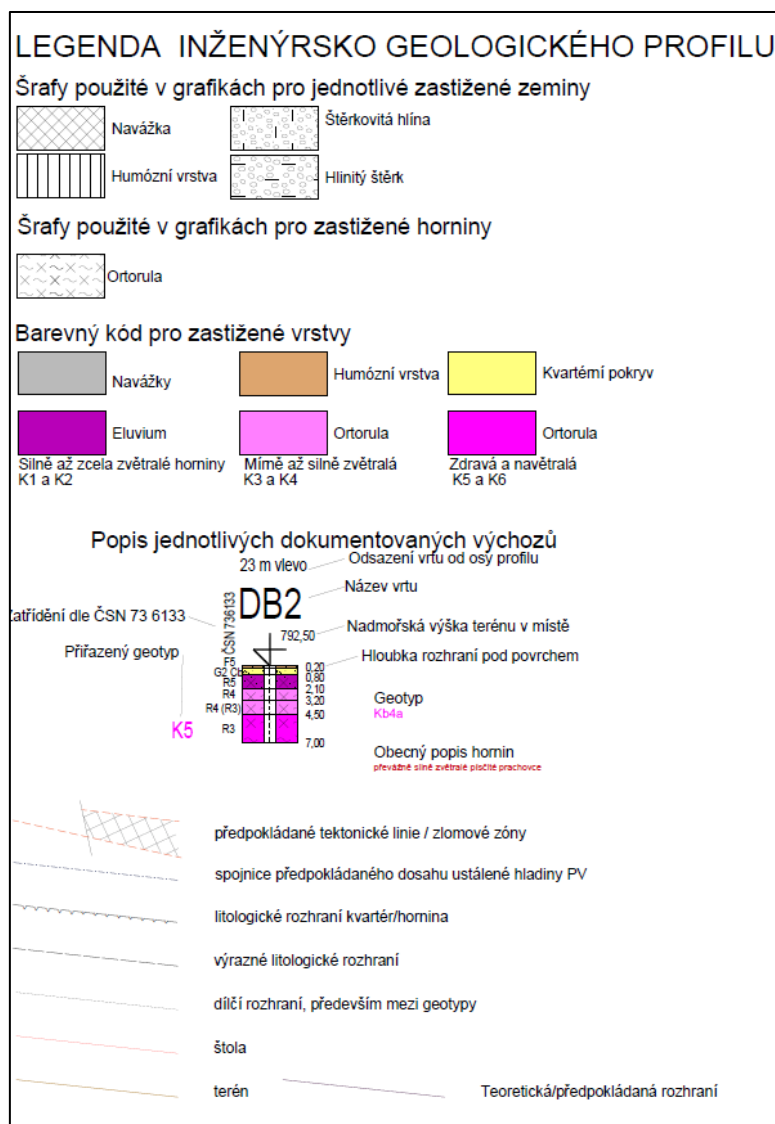
Index a / b – index u geotypu udává míru rozpukání a oslabení masivu daného geotypu pro horninu se stejnou pevnostní třídou. Index a značí výrazněji porušený a oslabený masiv s vyšší hustotou diskontinuit. Naopak index b značí méně rozpukaný masiv s nižší hustotou diskontinuit.

Geotechnický typ	Stáří	Geneze sedimentu /	Popisná charakteristika geotypu	Třída/symbol ČSN 73 1005	Těžitelnost dle TKP 4 a ČSN 736133
Y	Recent	antropogenní navážky	Navážky; zpevněné komunikace v podobě asfaltu, materiály budující násypy cest; většinou byly zastiženy štěrkovité zeminy s proměnlivým obsahem jemnozrné složky (G3 až G5), proměnlivě kamenité až místy kamenité materiály s příměsí jemnozrných zemin, hlinito-štěrkovité zeminy	G3 G-FY R3	I. II.
Q0	Holocén	humózní pokryv	Humózní pokryv; hlíny s nízkou plasticitou a hlinito-písčité zeminy, případně s částečně štěrkovitým charakterem	O	I.
Q1			Deluviofluviální hlinito-štěrkovité zeminy; především tuhé (F1)	F1 CG	I.
Q2			Deluviální sutě a osypy; středně ulehlé až ulehlé štěrky proměnlivě hlinité, štěrky s příměsí jemnozrné zeminy, štěrky s příměsí písku a kamenů, (G3, G4, + CB)	G3 G-F G4	I.
K1	Krystalinikum (Karbon)	Metamorfni	Eluvium, zcela zvětralé ortoruly (třídy R6), popřípadě rozpadlé charakterem odpovídající štěrku s příměsí jemnozrné zeminy, obsahující proměnlivě zvětrale úlomky (štěrkovité až kamenité frakce)	R6 R6 (Q3 Cb)	I.
K2			Eluvium, zcela až silně zvětralé ortoruly (třídy R6), rozpadlé charakterem odpovídající matečné hornině obsahující proměnlivě zvětrale úlomky štěrkovité až kamenité frakce (R4)	R6 (R4)	I.
K4a			mírně zvětralá, místy až silně zvětralá ortorula nízké pevnosti (třídy R4), kladivem rozbíjitelné až dobře rozbíjitelná, silně rozpukaná s převládající velmi velkou hustotou diskontinuit	R4	II.
K4b			mírně zvětralá, místy až silně zvětralá ortorula nízké pevnosti (třídy R4), kladivem rozbíjitelné až dobře rozbíjitelná	R4	II.
K5a			mírně zvětralá až navětralá ortorula pevnosti (třídy R3 s polohami R4), kladivem rozbíjitelné	R4 (R3)	II – III.
K5b			mírně zvětralá až navětralá ortorula pevnosti (třídy R3 s polohami R4), kladivem rozbíjitelné, silně rozpukaná s převládající velmi velkou hustotou diskontinuit	R3 (R4)	II – III.
K6a			navětralá, resp. až zdravá ortorula pevnosti (třídy R3 s polohami R2), kladivem hůře až obtížně rozbíjitelná, silně rozpukaná s převládající velmi velkou hustotou diskontinuit	R3	III.
K6b			navětralá, resp. až zdravá ortorula pevnosti (třídy R3 s polohami R2), kladivem hůře až obtížně rozbíjitelná, rozpukaná	R3	III.

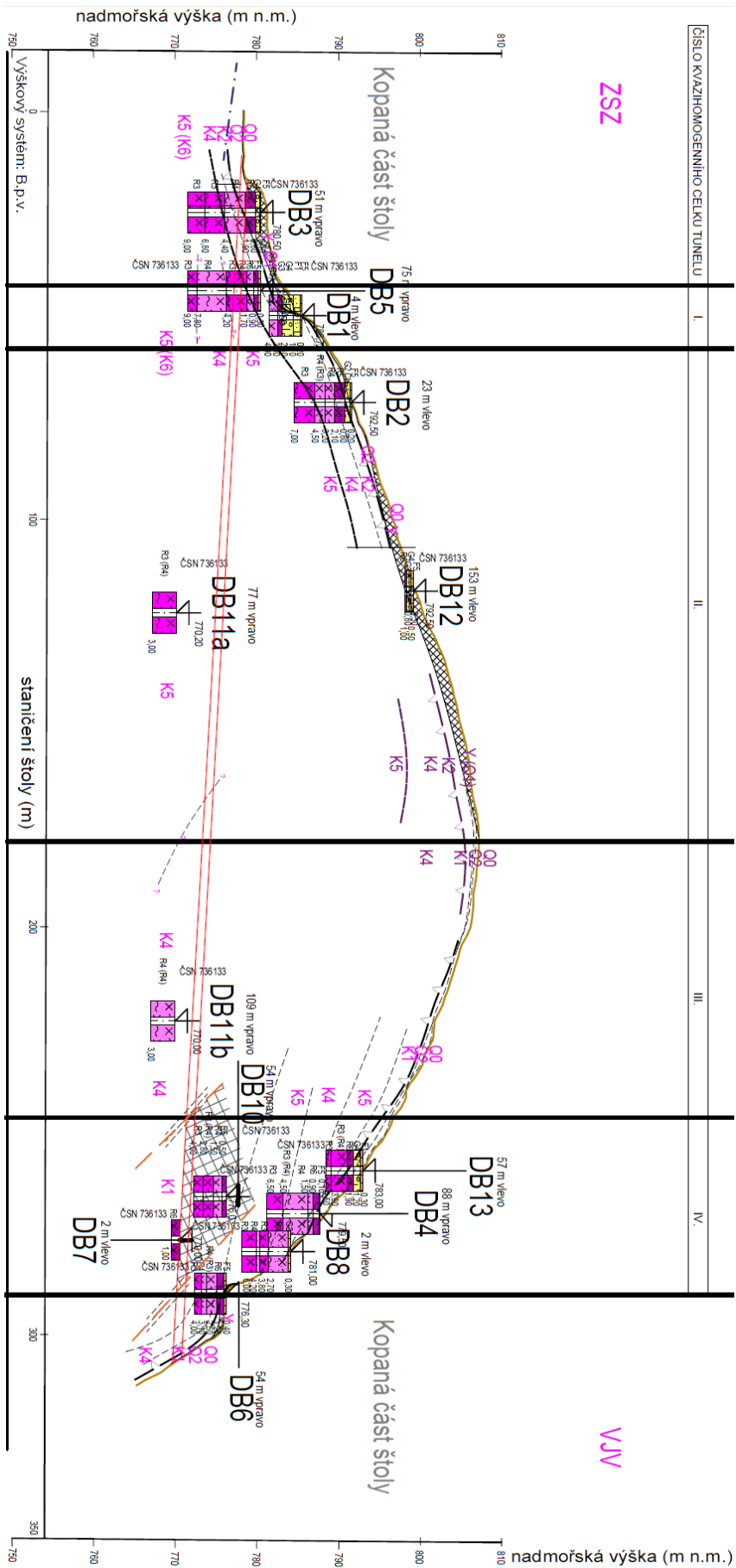
Tabulka 5: Tabulka jednotlivých vymezených geotypů

8.5 Přehledný inženýrskogeologický profil

Metodický postup vytvoření inženýrskogeologického profilu: Informace a textová část z dokumentačních bodů je přepsána do formuláře vytvořeném v programu Excel. Výsledný dokument je vložen do programu gINT. S dokumentem je nutné zadat souřadnice dokumentačních bodů a souřadnice profilu. Ty jsou získány z internetového portálu <https://ags.cuzk.cz/av/>. Pomocí zadaného profilu a popisů vrtů je v programu gINT vytvořený terén a umístění jednotlivých vykreslených dokumentačních bodů. Následný vykreslený profil je dále zpracován pomocí programu AutoCAD LT 2022, v němž je vytvořen finální vzhled inženýrskogeologického profilu v místě předpokládaného průběhu Mikulovské štoly. Výsledný profil, včetně vymezených kvazihomogenních celků s jejich charakteristikami, je součástí Přílohy 3. Inženýrskogeologický profil je na obrázku 35, legenda k profilu je na obrázku 34.



Obr. 34: Legenda k inženýrskogeologickému profilu



Obr. 35: Inženýrskogeologický profil Mikulovské štoly.

8.6 Kvazihomogenní celky stavby

Štola je na základě zjištěných informací rozčleněna na část kopanou a část raženou. Ražená část je dále podle výsledků dokumentačních prací rozčleněna na čtyři kvazihomogenní celky. Ty jsou voleny především podle geotechnických podmínek. Rozčlenění trasy štoly je v tabulce 6. Inženýrskogeologický popis a charakteristika jednotlivých vymezených celků je popsána v následujících podkapitolách. Výsledné hodnoty jednotlivých klasifikací jsou dány charakteristikou a výsledky z jednotlivých dokumentačních bodů v daném úseku. Uvedena je výsledná průměrná hodnota.

Staničení [km]		Štolové metry [m]		Kvazihomogenní celek - typ konstrukce	Délka, základní charakteristika	Výchozy v úseku
od	do	od	do			
0,133	0,149	42,0	58,0	Ražená štola	úsek dl. 16 m; Ražená štola v nízkém nadloží v proměnlivě zvětralých ortorulách	DB1, DB3, DB5
0,149	0,270	58,0	179,0	Ražená štola	úsek dl. 121 m; Ražená štola v převážně navětralých až zdravých ortorulách, rozpukaných	DB2, DB11a, DB12
0,270	0,320	179,0	247,0	Ražená štola	úsek dl. 68 m; Ražená štola v převážně mírně až silně zvětralých ortorulách, silně rozpukané s velmi velkou hustotou diskontinuit	DB11b
0,320	0,360	247,0	291,0	Ražená štola	úsek dl. 44 m; Ražená štola v převážně silně zvětralých ortorulách, silně rozpukané s velmi velkou hustotou diskontinuit, lokálně silně tektonicky porušené polohy	DB4, DB6, DB7, DB8, DB10, DB11b, DB13

Tab. 6: Rozčlenění kvazihomogenních celků v trase štoly.

Kvazihomogenní celek I. (kM 0,133 – 0,149) Ražená štola

délka úseku: 16,0 m

charakteristika: Ražená štola v nízkém nadloží v proměnlivě zvětralých ortorulách, převážně mírně zvětralých, s převažující velkou, místy až střední hustotou diskontinuit. Přímé nadloží je tvořeno deluviálními hlinitými a písčítými štěrky a mírně až silně zvětralými ortorulami.

Výchozy v úseku: DB1, DB3, DB5

Celková mocnost nadloží: 5 – 10,5 m (mocnost kvarterních až 3 m)

Přímé nadloží je tvořeno: Q0, Q1, Q2, K2, K4, K5

Prostor výrubu: K2, K4, K5

GT podmínky ražby: Přechodová oblast mezi raženou a kopanou částí štoly vrstvou silně zvětralého eluvia ortoruly, kvádrovitě rozpadavé, pod nimi přechod přes silně až mírně zvětralé ortoruly do mírně zvětralého až navětralého skalního masivu stejného složení; podzemní voda se nebude vyskytovat v prostoru výrubu a komplikovat tak práce.

Hlavní GT rizika: V případě rekonstrukce a otevření portálové jámy nutno dostatečně zajistit svahy portálové jámy; zamezit vtoku vod objevujících se v kopané části podzemního díla, v případě rozšiřování prostou štoly provést dostatečné zajištění prvních záběrů při přechodu z kopané části štoly; možnost výskytu poruchových zón ve skalním masivu se sníženou smykovou pevností; zajištění zvětralých a potenciálně rizikových bloků, zajištění výrubu při průchodu přes historická ostění, jejichž stabilita se časem mohla velmi snížit.

Těžitelnost dle ČSN 73 6133: I – II – III (10 : 40 : 50 %)

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 50–240 mm D5 – D4 (velká až velmi velká)

Klasifikace dle Protodjakonova: 4,0 třída V. / středně tvrdá

RQD pro oblast výrubu (%): 75–90 (dobrá)

Klasifikační body dle QTS: 70 (dobrá až velmi dobrá)

Ohodnocení dle Index Q: 5,0 / dostatečná

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 56 (středně příznivá)

Klasifikace dle RSR: 70 (třída II. / dobrá)

ÖNORM slovní popis: Úsek se projevuje nízkým nadložím, rychlým dozníváním deformací, vysokou rozpadavostí. Z volných ploch dochází k uvolňování úlomků. Zajištění výrubu v podobě systematického pažení (ÖNORM).

Kvazihomogenní celek II. (km 0,149 – 0,270) Ražená štola

Délka úseku: 121,0 m

Charakteristika: Ražená štola v převážně navětralých až zdravých rozpukaných ortorulách, s převažující střední hustotou diskontinuit, lokálně s malou hustotou diskontinuit. Přímé nadloží je tvořeno mírně až silně zvětralými ortorulami.

Výchozy v úseku: DB2, DB11a, DB12

Celková mocnost nadloží: 10,5 – 32,5 m (mocnost kvarterních pokryvů až 1 m)

Přímé nadloží je tvořeno: K4, K5

Prostor výrubu: K4, K5, K6

GT podmínky ražby: Ražená část štoly tvořená mírně zvětralými až navětralými ortorulami, blokovitě rozpadavé, výskyt podzemní vody se předpokládá pouze v lokálních přítocích s velmi nízkou vydatností.

Hlavní GT rizika: V případě rekonstrukce je nutné zamezit vtoku vod objevujících se v kopané části podzemního díla, možné riziko výskytu poruchových zón ve skalním masivu se sníženou smykovou pevností, v případě rozšiřování prostou štoly provést dostatečné zajištění zvětralých a potenciálně rizikových bloků, zajištění výrubu při průchod přes historická ostění, jejichž stabilita se časem mohla velmi snížit.

Těžitelnost dle ČSN 73 6133: II – III (20 : 80 %)

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 100–450 mm D4 – D3 (velká až střední) místy D2 (malá)

Klasifikace dle Protodjakonova: 5,4 třída IVa. / tvrdá

RQD pro oblast výrubu (%): 85–100 (dobrá až výborná)

Klasifikační body dle QTS: 77 (velmi dobrá)

Ohodnocení dle Index Q: 27 / dobrá

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 61 (středně příznivá až dobrá)

Klasifikace dle RSR: 77 (třída II. / dobrá)

ÖNORM slovní popis: Projevuje se rychleji doznívajícími menšími deformacemi s vypadáváním úlomků z klenby a stěn. Zajištění výrubu v podobě systematického pažení.

(ÖNORM)

Kvazihomogenní celek III. (km 0,270 – 0,320) Ražená štola

Délka úseku: 68,0 m

Charakteristika: Ražená štola v převážně mírně až silně zvětralých ortorulách, silně rozpuhané s velmi velkou hustotou diskontinuit. Přímé nadloží je tvořeno mírně až silně zvětralými ortorulami.

Výchozy v úseku: DB11b

Celková mocnost nadloží: 32,5 – 20,0 m (mocnost kvarterních pokryvů až 0,8 m)

Přímé nadloží je tvořeno: K4, K5

Prostor výrubu: K4

GT podmínky ražby: Ražená část štoly tvořená silně až mírně zvětralými ortorulami, blokovitě rozpadavé, výskyt podzemní vody se předpokládá pouze v lokálních přítocích s velmi nízkou vydatností.

Hlavní GT rizika: V případě rekonstrukce je nutné zamezit vtoku vod objevujících se v kopané části podzemního díla, riziko výskytu poruchových zón ve skalním masivu se sníženou smykovou pevností, v případě rozšiřování prostou štoly provést dostatečné zajištění zvětralých a potenciálně rizikových bloků, zajištění výrubu při průchod přes historická ostění, jejichž stabilita se časem mohla velmi snížit.

Těžitelnost dle ČSN 73 6133: II – III (30 : 70 %)

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 20–400 mm D5 – D3 (velmi velká až střední) místy D2 (malá)

Klasifikace dle Protodjakonova: 3,0 třída Va. / středně tvrdá

RQD pro oblast výrubu (%): 80–95 (dobrá až výborná)

Klasifikační body dle QTS: 65 (dobrá)

Ohodnocení dle Index Q: 10 / dostatečná

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 46 (středně příznivá)

Klasifikace dle RSR: 61 (třída II. - III. / střední až dobrá)

ÖNORM slovní popis: Projevuje se rychleji doznívajícími deformacemi až částečnou nestabilitou vlivem nesoudržnosti a zaklínění bloků. Po otevření hrozí riziko závalu či vypadávání většího množství úlomků z klenby a stěn. Zajištění výrubu v podobě systematického pažení v celém obvodu, použít další opatření na zlepšení celkové stability hornin (ÖNORM).

Kvazihomogenní celek IV. (km 0,320 – 0,360) Ražená štola

Délka úseku: 44,0 m

Charakteristika: Ražená štola v převážně silně zvětralých ortorulách, silně rozpukané s velmi velkou hustotou diskontinuit, lokálně silně tektonicky porušené polohy, místy až zcela rozložené polohy, přímé nadloží je tvořeno silně zvětralými až navětralými ortorulami.

Výchozy v úseku: DB4, DB6, DB7, DB8, DB10, DB11b, DB13

Celková mocnost nadloží: 20,0 – 4,0 m (mocnost kvarterních pokryvů až 0,8 m)

Přímé nadloží je tvořeno: K1, K2, K4, K5

Prostor výrubu: K1

GT podmínky ražby: Ražená část štoly tvořená silně až zcela zvětralými ortorulami, blokovitě rozpadavé, výskyt podzemní vody se předpokládá pouze v lokálních přítocích s nízkou vydatností.

Hlavní GT rizika: V případě rekonstrukce je nutné zamezit vtoku vod objevujících se v kopané části podzemního díla, průchod poruchovou zónou ve skalním masivu se sníženou smykovou pevností, v případě rozšiřování prostou štoly provést dostatečné zajištění zvětralých a potenciálně rizikových bloků, zajištění výrubu při průchod přes historická ostění, jejichž stabilita se časem mohla velmi snížit.

Těžitelnost dle ČSN 73 6133: I – II – III (15 : 40 : 45 %)

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 20–400 mm D5 – D3 (velmi velká až střední) ex. D2 (malá)

Klasifikace dle Protodjakonova: 2,0 třída VI. / středně tvrdá až měkká

RQD pro oblast výrubu (%): 65–85 ex. 0–90 (velmi špatná až dobrá)

Klasifikační body dle QTS: 60 (středně příznivá) (zhoršené podmínky)

Ohodnocení dle Index Q: 1,64 špatná

Ohodnocení dle klasifikace RMR: 40 (špatná)

Klasifikace dle RSR: 54 (třída III. / střední)

ÖNORM slovní popis: Projevuje se déle trvajícím dozníváním deformací. Projevují se lomové jevy. Po otevření hrozí riziko závalu či vypadávání většího množství úlomků z klenby a stěn. Zajištění výrubu v podobě systematického pažení v celém obvodu, použít další opatření na zlepšení celkové stability hornin (ÖNORM).

Kopaná část štoly (km 0,1025 – 0,133 a 0,350 – 0,360)

Délka úseku: 30,5 a 10 m

Charakteristika: Kopané úseky -0,1025 – 0,133- při západním portálu a - 0,350 - 0,370- při východním portálu, oba úseky zasahují do úbočí svahů v prostředí silně až zcela zvětralých ortorul, překrytých kvarténními deluviálními hlínami, šterkovitými hlínami a hlinitými šterky.

Sondy vztažené k úseku: DB1, DB6

Celková mocnost nadloží:	0,0 až 7,0 m
Přímé nadloží je tvořeno:	Q0, Q1, Q2, K1, K2, (K4)
Prostor výrubu:	Q1, Q2, K1, K2 (K4)
GT podmínky ražby:	Připortálové úseky procházející přes vrstvy kvartérních zemin a rozloženého eluvia ortorul v bázi tvořeného silně zvětralými ortorulami, voda se vyskytuje v podobě usazené dešťové vody, do stavební jámy nebude docházet k významným přítokům podzemní vody.
Hlavní IG rizika:	Zajištění svahů portálové jámy.

Těžitelnost dle ČSN 73 6133: I. - II. třída (poměr cca 80 : 20 %)

Zdokumentovaná hustota diskontinuit hornin: 50–160 mm (ex. 20–250 mm), D5 – D4 (velmi velká až velká)

9. Shrnutí

Celá stavba je rozdělena na dva základní celky. Na povrchovou až hloubenou část ve staničení 0,0 – 0,133 a 0,360 - 0,465 km a na raženou část ve staničení 0,133 – 0,360 km. Práce se zabývá oběma částmi se zaměřením převážně na raženou část stavby. Ta je rozčleněna na čtyři úseky, které se odlišují svými geotechnickými podmínkami zjištěnými inženýrskogeologickými pracemi na lokalitě. Díky členitému charakteru krajiny v těsné blízkosti štoly se v okolí nachází několik vhodných výchozů hornin. Největší množství dokumentačních bodů se nachází ve svahu na okraji zářezů na východním i západním okraji zájmového hřebetu, kde je zdokumentováno dostatečné množství výchozů pro určení charakteristik horninového masivu. Výsledky centrální části masivu jsou omezeny pouze na několik charakteristických výchozů a výchozy uvnitř železničního tunelu. Výsledky dokumentačních prací vykazují charakteristické chování napříč masivem. Celkově lze zájmový hřbet hodnotit takto:

Hornina vykazuje velkou míru rozpukání s lokálními výraznými puklinami až tektonickými poruchami. Celý masiv nevykazuje výrazné rozdíly v pevnosti. Ta se pohybuje v rámci tř. R4 a R3 s postupným růstem pevnosti směrem do hloubky. Míra zvětrání horniny se nejvíce projevuje v míře rozpukání a postupném rozkladu na hlinitý štěrk s rozbíjitelnými úlomky tř. R4. Horniny tř. R5 se objevují pouze lokálně v malé míře, převážně podél puklin na

východní straně hřbetu. V míře rozpukání a pevnosti je viditelné postupné zhoršování kvality od západního okraje hřbetu směrem k východu. Výchozy na západním okraji hřbetu jsou výrazně méně rozpukané a méně zvětralé. Obdobné chování podél celé zájmové oblasti vykazují kvarterní zeminy a přípovrchová zvětralinová zóna. Hustota diskontinuit vykazuje proměnlivý charakter napříč celým profilem. Východní okraj je více rozpukáný s vyšší hustotou ploch nespojitosti. Lokálně se objevují polohy až filitového charakteru. Tyto polohy byly zastiženy na DB5, DB6, DB10 a DB13. Ojedinele se na východním okraji svahu objevují slabě tektonicky porušené polohy až 150 mm, extrémně až 250 mm. Polohy nejsou podrcené, projevují se velmi až extrémně vysokou hustotou diskontinuit. Takto výrazné polohy byly zastiženy především u DB4, DB6, DB8 a DB9. V menší míře byly zastiženy i u DB6 a DB13. Nejvýraznější tektonické poruchy byly dokumentovány na výchozu DB9, kde byly zastiženy polohy až 600 mm, extrémně až více jak 1000 mm. Polohy jsou výrazně podrcené, s usměrněným materiálem ve směru posunu. Mimo oslabené polohy se hustota diskontinuit pohybuje na celé lokalitě od střední po extrémně velkou, místy od malé až po velkou. Velká až velmi velká hustota diskontinuit se hodně projevuje i v přípovrchové vrstvě, kde dochází, mimo pukliny masivu, k rombickému a kvádrovému, místy až destičkovitému rozpadu ve vertikálním a horizontálním směru. Míra tohoto rozpadu se velmi rychle směrem do hloubky snižuje. Celkově je v rámci výchozů viditelná variabilita a výrazná změna rozpukání skrz celý dokumentovaný profil. Povrch a drsnost puklin souvisí s mírou zvětrání a rozpukání. Pukliny převládají rovinné, pouze ojedinele zvlňené. Navětralý až zdravý masív vykazuje téměř hladký povrch puklin s nízkou hodnotou JRC a Jr. S mírou zvětrání dochází k slabé alteraci puklin, mírnému zdrsnění a slabému vzrůstu stupně JRC a Jr. Pukliny jsou celkově uzavřené, ojedinele málo otevřené. Pouze ojedinele vyplněné. Výrazná výplň puklin byla zastižena u DB3 a DB8 (více než 20 mm).

Zjištěné hodnoty tunelářských klasifikací vykazují obdobný charakter jako u výše zmíněných parametrů. Postupné mírné zhoršení podmínek ve východním směru, kromě mělké okrajové zvětralé přípovrchové zóny. Výrazná odchylka oproti trendu je dokumentace vnitřku východní části štoly, kde jsou zastiženy zcela zvětralé ortoruly charakteru šterku s kameny. Na základě zjištěných informací a viditelné změny horninového masivu napříč celým profilem lze oddělit jednotlivé kvazihomogenní celky, kterým je možné přiřadit tunelářská ohodnocení.

Dle zjištěných podmínek lze u vyčleněných kvazihomogenních celků rozlišit převážně jednoduché geologické poměry s místy složitými poměry. Ty se projevují při okraji svahů, a

především v místě poloh se sníženou pevností a se zvýšenou měrou rozpukání. V souladu s normou (ČSN EN 1997-1 „Navrhování geotechnických konstrukcí“) je možné považovat Mikulovskou štolu za konstrukci 2. geotechnické kategorie. Vzhledem k předpokládanému objemu prací a charakteru stavby se nepředpokládá další využití vyrubaného materiálu pro stavbu (Barták, Pruška, 2011).

Tektonika: V širším okolí se vyskytují regionální i lokální tektonické poruchy. Nepředpokládá se výskyt významné regionální a oblastní tektonické poruchy v trase štoly. Oblast je však výrazně tektonicky rozlámána s výraznou lokální tektonikou. Z širšího pohledu se výskyt význačnějších zlomů nepředpokládá.

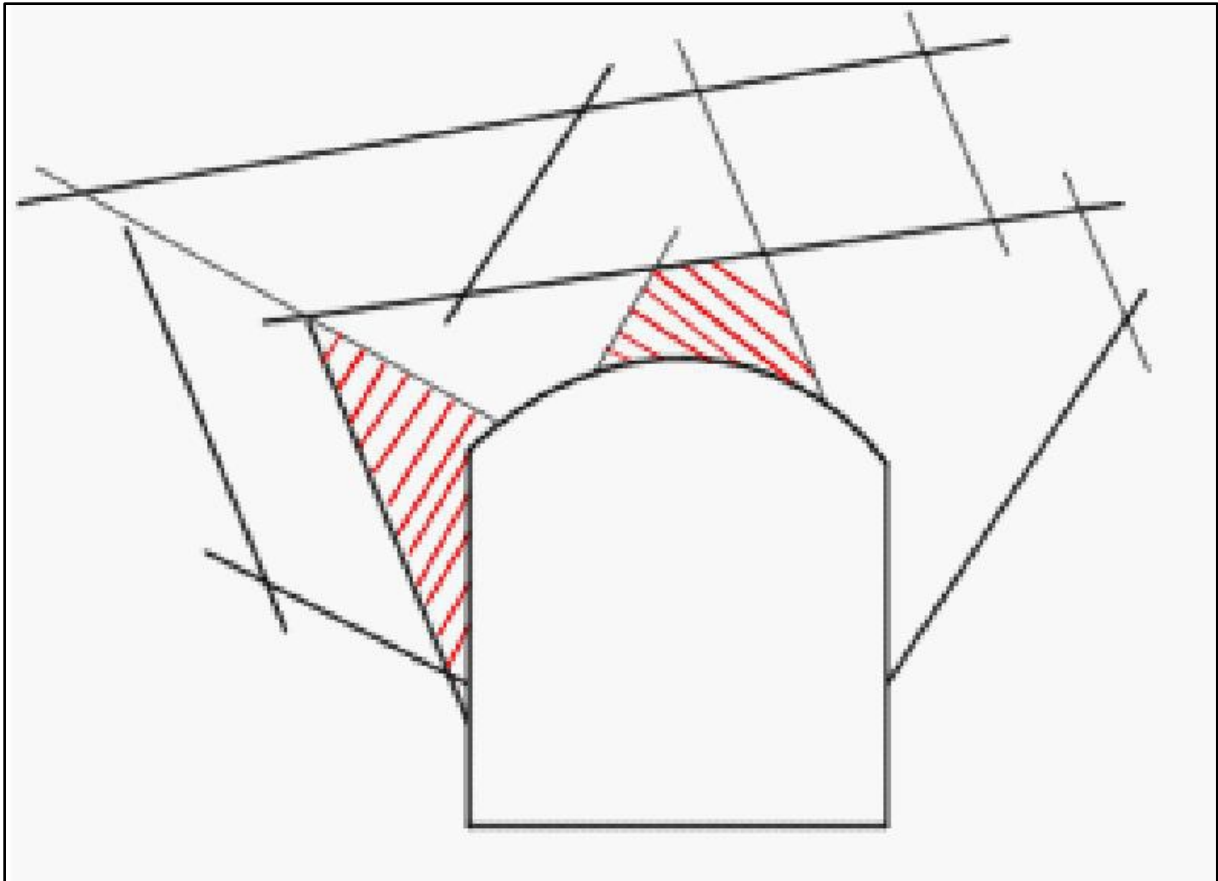
Sesuvy: V databázi České geologické služby nejsou v prostoru štoly evidovány svahové nestability. V rámci mapování nebyly zjištěny aktivní nebo uklidněné svahové deformace.

Seismicita: Podle mapy seismických oblastí ČR (www.dlupal.com) je dle ČSN EN 1998-1 okres Teplice v oblasti s referenčním zrychlením a_gR 0,04 g.

Charakteristika vodního režimu: V prostoru objektu se uplatňuje jak propustnost průlinová, tak puklinová. Průlinová v deluviofluviálních a deluviálních sedimentech na svazích údolí a v kvarterních sedimentech na vrcholových partiích svahu. Dále v připovrchové zóně zvětrání a v nivních sedimentech v údolí Divoké Bystřice. Puklinová propustnost v puklinovém systému ortorul. Výskyt ustálené podzemní vody se nepředpokládá. Hladina podzemní vody nebude mít vliv na stavbu. Lze očekávat pouze slabé průsaky v puklinovém systému ortorul. Předpokládaný očekávaný průtok štolou je 5 až 20 l/s. Recipientem je tok Bouřlivec. Nepředpokládá se vliv na hydrogeologických podmínky okolí štoly.

Podzemní dílo jako takové je po celý čas vystaveno nebezpečí havárie. Působí na něj mnoho sil a proměnných uvnitř podzemních prostor a horninového masívu. Dále jsou uvedeny časté problémy podzemních děl, které se mohly projevit i v Mikulovské štolě. Je to například vyčerpání únosnosti nadloží, vývaly, závaly nebo porušení stropu. Významný vliv má působení podzemní vody, kterým může dojít k sufozy, průvalu či vymletí. Voda se může nahromadit za ostěním nebo proudit okolo ostění, které tím ztratí únosnost. S těmito vlivy souvisí i povrchové projevy ve formě propadů a nerovností, které byly na lokalitě zastiženy. Na podzemní stavbu a jeho životnost má vliv především působení přírodních sil na horninový masív a technický stav a vybavenost díla (Dostálek, Ďuriš, 2010). K vlivu, který se s velkou pravděpodobností velkou měrou podílel na poruše štoly, je čas. Jak již bylo zmíněno v úvodní části, stáří tohoto objektu

se odhaduje na více než 400 let. Kvůli stáří štoly lze předpokládat selhání mnohých faktorů majících vliv na stabilitu štoly, které se mohly časem hromadit a způsobit zával. Společně s mapovací prací byl starostou obce proveden pokus o vyzmáhání části závalu ve východní části štoly. Dle starosty obce Mikulov byl tento pokus však neúspěšný, jelikož docházelo ke stálému zavalování a doplňování horninové sutě do prostoru štoly. Z tohoto důvodu bylo zmáhání zastaveno. Na základě těchto informací lze předpokládat, že se jedná o rozsáhlejší zával, který může být rozšířen nejen do stropu, ale i do boků štoly. Vzhledem k charakteru sutě lze předpokládat jeho dostatečnou propustnost. Ovšem nelze vyloučit částečné zanesení jemnozrnným materiálem ze západní části štoly a k snížení propustnosti materiálu závalu. Tím může dojít k nadržení vody za závalem a zvýšení rizika při zmáhání (Kukutsch, Žurek, Kořínek, 2009). Jedna z teorií vývoje vzniku závalu je teorie klíčového bloku. Zájmový horninový masív je silně tektonicky porušený s několika puklinovými systémy. Hřbet, jímž prochází Mikulovská štola, je z pohledu této teorie rizikový a náchylný. Teorie klíčového bloku je určena pro náchylná místa v raženém prostoru. Záleží na geologických podmínkách, puklinových systémech a jejich orientaci (Goodman, 1995). Puklinový systém společně s vytvořeným podzemním prostorem vytvoří nestabilní horninový blok. Velikost a rozměry mohou být různé, významná je jeho orientace k výkopu (Zerradi, Lahmili, Souissi, 2020). Klíčový blok je v podstatě soudržný kus horniny ve stěně nebo ve stopu výrubu vzniklý souborem diskontinuit obvykle klínovitého tvaru. Může se však jednat rovněž o vysoce porézní, popraskané nebo i zvětralé bloky, na které působí zatížení. Naopak proti bloku působí smykové napětí a tření. Po vytvoření podzemního prostoru dojde ke změně rovnovážných podmínek. Vznikne nový nerovnovážný stav se řadou nestabilních míst. Je důležité tato riziková místa vymezit a zabránit v pohybu a vylomení jednotlivých bloků nebo dokonce, jak se mohlo stát v Mikulovské štole, ve znestabilnění nadloží (Zerradi, Lahmili, Souissi, 2020; Goodman, 1995). Součástí průzkumu je zjištění hustoty a sklony diskontinuit a jejich orientace k výrubu pro vymezení rizik uvolnění klíčového bloku, množství a rozsahu nebezpečných poloh. Geometrie, soubor diskontinuit, pukliny, geologie, rozlámání, orientace podzemního prostoru, vnitřní úhel tření - tyto faktory představují soubor znalostí pro určení stupně stability při výpočtu (Zerradi, Lahmili, Souissi, 2020). A právě podle toho je nutné volit vhodný způsob ražby (rekonstrukce) a použitého ostění. K tomu je vhodné určit hmotnost případných bloků a minimální mocnost nadložních vrstev (Goodman, 1995).



Obr. 36: Na obrázku je zobrazena štola procházející rozpukaným horninovým masívem. Pukliny, které oddělují jednotlivé bloky pravděpodobně náchylné k uvolnění jsou zvýrazněny červeným šrafováním (Zerradi, Lahmili, Souissi, 2020).

10. Zajištění štoly

Průzkumnými pracemi je štola rozčleněna do zón na základě kvality horniny. V rámci pevných méně rozpukaných vrstev (celek II.) lze předpokládat dobrý stav horninové klenby se zajištěním silně zvětralých poloh a potenciálně rizikových horninových bloků. V rámci málo oslabených až pevných rozpukaných vrstev (celek I. a III.) lze předpokládat mírně zhoršený stav horninové klenby s nutným zajištěním rozvolněných silně zvětralých bloků hornin s možným výskytem poloh se sníženou pevností a vyšším stupněm rozpukání. V rámci méně pevných hornin až hornin s výrazně sníženou pevností a vyšším stupněm rozpukání a rozvolnění (celek IV.), lze předpokládat špatný stav horninové klenby s nutností zajištění a zlepšení stability stropu i stěn. Existuje několik možných přístupů průchodu skrz silně rozpukané a oslabené polohy. Cílem je zpevnění a vyztužení horniny a horninové klenby, snížení množství smykových ploch či zvýšení únosnosti. To lze docílit vložením umělých konstrukčních prvků jako jsou

kotvy, jehly, hřebíky, mikropiloty nebo injektážní směsi. V případě postupu skrz horninu s velmi nepříznivými podmínkami, jako lze předpokládat ve vymezeném IV. kvazihomogenním celku, nebo s nepříznivými až málo příznivými podmínkami, jako je ve vymezeném III. či I. kvazihomogenním celku, je nutné danou horninu zlepšit následujícími technickými úpravami. **Jehlování** je tvořeno souborem jehel či hřebíků tvořených ocelovými tyčemi s délkou 3 až 6 m vpravených do horninového prostředí. Obdobné je použití **kotev**. Celkově jde o vytvoření umělé klenby sevřením uvolněné horniny a bloků. Masiv je následně schopný přebrat tahové a smykové síly. Horninu lze zpevnit a vyztužit v místech s málo mocným tektonickým porušením, navětralou blokovitou horninou s rizikem výlomů. Tyto metody jsou nevhodné při velké míře porušení a rozvolnění horninového prostředí. V těchto podmínkách je vhodné použití zpevnění hornin **injektováním**. Je to způsob zlepšování hornin, kdy se do prostředí vtlačuje injektážní směs v podobě cementové suspenze, tmelu či pryskyřice. Injektáží dochází k vyplňování volných prostor, pórů a puklin. Touto metodou lze zlepšit zcela zvětralé horniny i charakteru zemin. V případě zlepšení hornin v připortálových oblastech nebo v místech s nižším nadložím lze použít metodu **mikropilotového deštníku**. Zajištění je způsobeno ocelovými trubkami zalitými cementovou zálivkou a vytvoření stabilního stropu či stěn štoly. V připortálových oblastech lze také použít injektáž z povrchu terénu (Záruba, Mencl, 1974; Matula, 1995; Aldorf et al., 2006). Vzhledem k předpokládané velikosti vnitřních prostor štoly je nutné uvažovat o ručním způsobu vrtání a zajištění štoly. Toto řešení je ovšem časově velmi náročné. Možné provádění ražby je rotačními, nebo rotačně příklepovými vrtačkami, jimiž lze provádět i rozrážky pro odstřel (Vojkovský, 2012).

11. Navržení Podrobného průzkumu

11.1. Inženýrskogeologický průzkum

Provedením dosavadního inženýrskogeologického průzkumu v podobě zdokumentovaných výchozů, zjištěním informací o chování horniny, provedením primární dokumentace, identifikací podrobného geologického i geotechnického popisu, vytvořením textové i grafické podoby výchozů a profilu horninovým masivem, vytvořením fotodokumentace a posouzením horninových podmínek (Pašek, Matula, 1995) je zjištěna předpokládaná podoba horninového masivu v místě Mikulovské štoly. Pro ověření a doplnění zjištěného stavu masivu je doporučeno provedení následného podrobného inženýrskogeologického průzkumu v podobě

realizace geofyzikálních měření, provedení jádrových vrtů, odběru vzorků a hydrogeologických prací. Podrobným geologickým průzkumem je vhodné ověřit stav ostění. Vstupní portál je zbudován z velkých kamenných kvádrů a zmodernizován betonem. Není však jisté, jak štola vypadá dále pod horninovým nadloží. Lze předpokládat, že uvnitř horninového masívu má štola nepravidelný příčný řez způsobený tvrdostí či rozpukáním horniny a rychlostí ražby. Místy mohla být použita výdřeva. Vzhledem k tomu, že štola nebyla tvořena pro pohyb horníků, ale pouze pro převod vody, nemusela být příliš jištěna. Uvolnění bloků nebo částečná neprůchodnost nebyly pro funkci převodu natolik limitující (Černý, 2014). Dále je třeba ověřit určený rozsah zasucení a rozvolnění nadloží, ověřit možnou akumulaci vody před zasypaným prostorem štoly a vyhodnotit riziko náhlého průvalu. Ověřit stabilitu horninové klenby a masívu a doplnit zjištěné skutečnosti z provedeného průzkumu. Za tímto účelem jsou navrženy místa provedení jádrových vrtů pro ověření celkové stavby. V těchto vrtech je vhodné provést karotážní měření pro ověření rozpukání a stavu horninového masívu. A provést pressiometrické či dilatometrické zkoušky. Součástí provedení jádrových vrtů je i odběr horninových vzorků ideálně z míst blízkého nadloží štoly. Odebrat vzorky na pevnost v prostém tlaku, objemovou hmotnost, smykovou pevnost, smykovou pevnost výplně puklin, poissonovo číslo či abrazivitu (Záruba, Mencl, 1974; Pašek, Matula, 1995). Dále odebrat vzorky vody na posouzení agresivity na betonové konstrukce dle ČSN EN 206 a na posouzení agresivity na ocel dle ČSN 03 8375. Vzorky vod odebrat v místě rozdělovače a při výtoku ze štoly. V případě zastižení hladiny podzemní vody jádrovými vrty provést odběr vzorků vody i u těchto sond. Navržené umístění sond a průzkumných jádrových vrtů je na obrázku 38. Dále pro zpřesnění a odhalení stavu horniny, štoly a určení volných či rozvolněných prostor, je navržen geofyzikální průzkum shrnutý dále.

11.2. Geofyzikální průzkum

Pro zpřesnění interpretace inženýrskogeologických výsledků je vhodné je podpořit informacemi o fyzikálních vlastnostech prostředí. Porovnání vrtných a laboratorních výsledků, s geofyzikálními výsledky může vhodně zvýšit přesnost představy o horninovém masívu (Pašek, Matula, 1995; Poláček, Cervantes, 2011). Úkolem je především potvrdit hloubku a přesné umístění štoly pod terénem. Dále ověřit stav hornin v okolí štoly, především v jejím nadloží. Zjistit projev horninových hmot, struktur a zastižených těles. Očekávané výsledky jsou míra zvětrání a rozpukání, přítomnosti zlomů, dutin a jejich výplní, rozsah a průběh struktur a

fyzikální vlastnosti masivu (Mareš, 1979; Blecha, 2017; Poláček, Cervantes, 2011). K zjištění stability podzemních prostor s omezeným přístupem je geofyzikální průzkum velmi vhodný. Jednotlivé metody mohou sloužit jako ekonomicky přijatelná možnost zjištění problému v těchto podmínkách (Cardarelli, Marrone, Orlando, 2003). Na jedné lokalitě může docházet k výrazné proměnlivosti měřených parametrů a naměřených hodnot vlivem složitosti prostředí, morfologie, podoby podzemního díla a zón porušení. Pro podzemní stavbu jsou výskyty výrazných anomálií, tedy pravděpodobných zón s odlišnými geomechanickými vlastnostmi prostředí, výrazným vodítkem pro možný výskyt oblastí s uvolněným napětím v okolí výrubu, projevem nebezpečí rizika propadnutí stropu nebo propadu (Poláček, Cervantes, 2011). V našem případě je snaha o indikaci dutiny (štoly) nebo indikaci zasypané štoly, anebo částečně zasypaného prostoru s rozvolněným nadložím. Vždy velmi závisí na měřené veličině a měřeném fyzikálním poli. Pro nejlepší výsledek, je vhodné metody kombinovat, jelikož některé samostatně mohou odlišit různé anomálie (Cardarelli, Marrone, Orlando, 2003; Poláček, Cervantes, 2011). Je vhodné ověřit výrazné pukliny a případné riziko, že štola je vyrubána podél pukliny nebo zlomu. Před geofyzikálními pracemi je třeba, pro přesné určení profilů a pro určení rozpětí mezi měřícími body, provést geodetické měření povrchu (Poláček, Cervantes, 2011). Často používané metody jsou elektromagnetické metody, elektroodporové metody, gravimetrie, seismika, georadar či geotermika a geomagnetika. Pro navrhované metody průzkumu podzemních staveb je krátce vysvětlen princip metody, očekávané chování prostředí, profily a místa měření (Poláček, Cervantes, 2011).

12.2.1. Georadar

Jednou z možností, jak zjistit stav mělce uložených hornin a zemin a stav štolového ostění a stěn štoly, je použití georadaru GPR. Metoda je schopna dosáhnout pouze prvních několik metrů podle frekvence, amplitudy vysílaného signálu a kvality prostředí. Metoda vykazuje problémy v rozlámaných a tektonicky porušených horninách a při dosažení prázdných (vzduchem naplněných) prostor. Metodou GPR lze tedy ověřit mocnost kvarterního pokryvu, vyčlenit mělce uložené rozpuštěné polohy, rozhraní v podobě ostění a odhalit volné prostory. Metodu lze použít i ve vnitřních prostorech štoly pro ověření stavu ostění uvnitř starých děl (Cardarelli, Marrone, Orlando, 2003). Kromě prvních nezasypaných metrů štoly lze tuto metodu použít při západním přechodu štoly do horninového prostředí. Vymezená oblast vhodná pro ověření touto metodou je na obrázku 37.



Obr. 37: Na obrázku jsou modrou šrafovou zobrazeny plochy pro geofyzikální průzkum georadarem. Podkladová mapa (Národní geoportál).

12.2.2. Geoelektrika

VES, nebo také Vertikální elektrické sondování, je metoda, kdy se elektrickým sondováním zjišťuje měrný elektrický odpor prostředí. Tato metoda velice dobře nachází hranice jednotlivých prostředí a je velmi vhodná pro odhalení stavby horninového masivu do hloubky. Díky správnému uspořádání a hloubkovému dosahu lze porovnat kvalitu horninového masivu napříč celým profilem.

Dipólové elektromagnetické profilování DEMP je metoda, kterou se zjišťuje měrná vodivost prostředí. Dipólové profilování bohužel nemá velký hloubkový dosah. Využití je vázáno pouze na okraje štoly a místa při okraji svahu.

Metoda ERT využívá systému složenému z multielektrodových kabelů s elektrodami zapojenými ve vhodné vzdálenosti od sebe, které jsou spojeny s horninovým prostředím. Po měření je sestaven odporový profil. Vyhledání děl však není zcela jednoznačné. Výsledné hodnoty rezistivity ovlivňuje mnoho faktorů. Významný vliv má množství vody v prostředí, uvnitř volných prostor a na úrovni hladiny podzemní vody (Poláček, Cervantes, 2011; Mareš, 1979). Navržené umístění profilů geofyzikálního měření je na obrázku 38.

12.2.3. Gravimetrie

Gravimetrie je založena na studiu tíhového pole země (Mareš, 1979). Jedná se o pasivní metodu, jelikož nedochází k vytváření fyzikálního pole. Metoda sleduje rozložení hmot v zemské kůře v gravitačním poli země (Blecha, 2017) Rozdíl hmot je dán v proměnlivosti hustoty materiálu. Rozdíly v přitažlivé síle v daném bodě jsou zjišťovány ze znalosti Newtonova gravitačního zákona a Newtonova druhého zákona. Zjišťuje se změna hustoty prostředí. Tím lze zjistit změnu gravitačního účinků těles v zemské kůře. Hustota hornin se obvykle pohybuje od 1,2 do 3,5 g/cm⁻³. Některé horniny se nacházejí mimo toto rozmezí, ovšem na této lokalitě neočekáváme výskyt takových hornin. Hustotu udává minerální složení, stáří, struktura, textura a stupeň metamorfózy. U metamorfovaných hornin se díky procesům vzniku snižuje pórovitost. Hodnota se může pohybovat od 6 % pro slabě metamorfované až po 0,5 % pro silně metamorfované horniny. Pokud se vyskytuje vyšší pórovitost, je již způsobena drcením zrn, zvětráváním, nebo tektonikou. Pomocí této metody lze vyčlenit tektonicky porušené a oslabené zóny, a naopak pevné neporušené části masivu. Lze odhalit míru rozvolnění prostředí nad výrubem a porovnat stav horninového masivu nad štolou a mimo štolu. Navržené umístění profilů geofyzikálního měření je na obrázku 38. Problematickým aspektem gravimetrického průzkumu je malá velikost podzemního díla. Lze předpokládat, že průzkumem budou zastiženy projevy především rozvolněného nadloží štol (Blecha, 2017; Mareš, 1979).

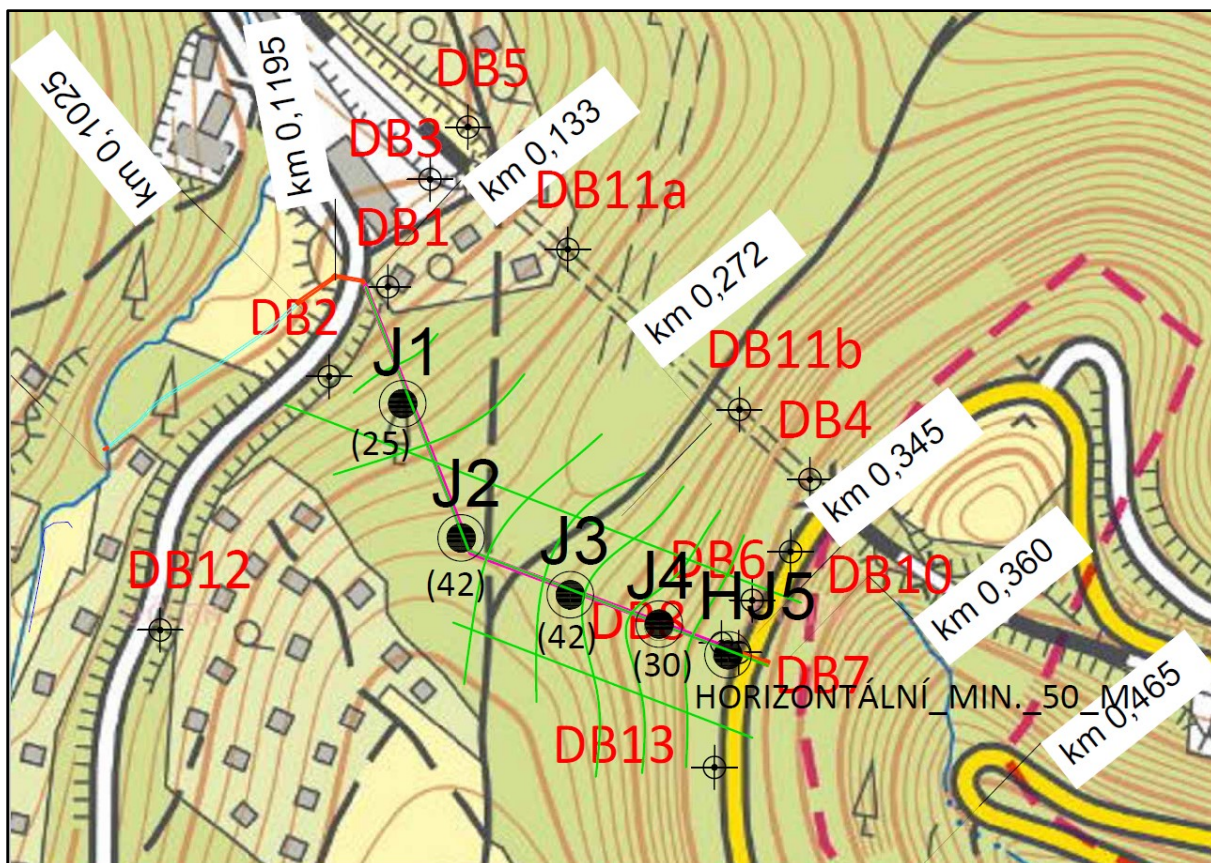
12.2.4. Seismika

Seismika se zabývá elastickým polem. Měří se čas, za který projde seismické vlnění prostředím. V elastickém prostředí dojde k reakci na vlnění změnou objemu a na rozhraních dochází k lámání a odrazu vlnění. Z času průchodu seismických vln se zjistí rychlost průchodu vlny prostředím. Vlnění se šíří s určitou frekvencí a amplitudou všemi směry od zdroje vlnění. Podle prostředí a charakteristiky vlnění dochází při průchodu k lámání, odražení a útlumu seismických vln. Jaký je lom procházející vlny přes rozhraní, závisí na rychlosti seismického vlnění v obou prostředích a na úhlu dopadu. Konkrétně nás zajímá čas od vyvolání vlny až po příchod čela vlny k měřicímu zařízení (geofonu). Rychlost šíření vln je charakteristická pro dané geologické prostředí. Rychlost p vln závisí na stáří a vzniku horniny, litologii, uložení, minerální složení, textuře. Velký vliv mají elastické parametry jako jsou laméovy parametry, Youngův

modul pružnosti a Poissonovo číslo. Vlny prostupují především skrz skelet, tedy přes pevnou část hornin a zemin. Na rychlost však mají vliv i póry, jejich hustota, uspořádání či výplň. Celkově převažuje pokles rychlosti s mírou navětrání a pórovitostí. Naopak s mírou vlhkosti dochází k zvýšení rychlosti. K mírnému růstu rychlosti dochází i se zvyšující se hloubkou vlivem hydrostatického tlaku, zvýšením cementace a poklesu míry zvětrání (Mareš, 1979). Seismický průzkum je ideální doplněk pro inženýrskogeologický průzkum. Seismickými metodami lze vymezit a zjistit mělká rozhraní, mocnost kvartérních vrstev, míru rozpojení a rozpukání, elastické vlastnosti, průběh hladiny podzemní vody, struktury s odlišnými vlastnostmi, poruchy, zlomová pásma, vlastnosti a stav štoly a ostění, napětí, tlak v hornině, porušení, závaly, porozitu, puklinatost, stupeň zvětrání, vlhkost a zvodnění. (Mareš, 1979; Cardarelli, Marrone, Orlando, 2003). Seismický průzkum se dělí na metodu odražených vln neboli reflexní seismiku a metodu lomených (čelných) vln tak zvanou refrakční seismiku. Potřebná délka měřeného profilu a rozložení geofonů je závislé na vzdálenosti mezi geofony a na počtu kanálů seismické stanice (Mareš, 1979). Použití seismických metod uvnitř štoly je velmi omezené, ale realizovatelné. Problematický není pouze malý prostor, ale především šíření signálu podél ostění štoly bez ověření stavu za ostěním. Jednou z možností provedení seismického měření uvnitř štoly je provrtáním ocelových tyčí skrz ostění, a následnými údery do tyčí generovat seismické vlny, které lze následně zaznamenat na geofonech (Cardarelli, Marrone, Orlando, 2003). Navržené umístění profilů geofyzikálního měření je na obrázku 38.

Prostředí	Rychlost V_p (m/s-1)
vzduch	310 - 360
půda, štěrk, suchý písek	150 - 600
jílovitá suchá půda	300 - 900
vlhký písek	600 - 1300
voda	1450 - 1590
metamorfované horniny	4000 - 6600

Tabulka 7: Hodnoty šíření seismických vln v prostředích s možným výskytem na lokalitě (Mareš, 1979).



Obrázek 38: Do podkladní mapy se situací dokumentačních bodů a trasy štoly, jsou vykresleny vhodné pozice pro provedení průzkumných prací v podobě jádrových vrtů (J1, J2, J3, J4 a HJ5) a geofyzikálních profilů (zeleně). Hustší síť profilů i vrtů je navržena na východním svahu hřbetu především do míst s očekávanými oslabenými polohami. Podkladová mapa (Národní geoportál).

12. Závěr

Cílem diplomové práce bylo posouzení a zhodnocení možného obnovení neprůchodné Mikulovské štoly. Za tímto účelem byl proveden průzkum přístupných částí štoly. Dále byl proveden průzkum celkem čtrnácti výchozů. Celá stavba je rozčleněna na povrchovou až hloubenou část ve staničení 0,0 – 0,133 a 0,360 - 0,465 km a na raženou část ve staničení 0,133 – 0,360 km. Ražená část je rozčleněna na 4 kvazihomogenní úseky, které se odlišují svými geotechnickými podmínkami zjištěnými inženýrskogeologickými pracemi. Zastižené horniny a zeminy jsou začleněny do geotypů dle jejich geneze či pevnosti. Zastiženy jsou kvarterní, převážně deluviální hlinité štěrky až štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy s kameny. Dále jsou zastiženy antropogenní navážky zpevněných cest, převážně v podobě štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy. Následně jsou zastiženy eluvia v podobě zcela zvětralé ortoruly charakteru štěrku s kameny a zcela zvětralé kamenité, blokovitě rozpadlé ortoruly. Předkvarterní pokryv je tvořen rozdílně rozpukanými, silně zvětralými až navětralými, ojediněle zdravými ortorulami. Dokumentačními pracemi je zjištěn trend zvětrání, množství a hustoty diskontinuit a celkové kvality masivu. Zastižené ortoruly vykazují postupné zhoršování kvality masivu od západního portálu směrem k východnímu. Obdobné vlastnosti napříč celým masivem vykazuje pouze mělká přípovrchová vrstva zcela až silně zvětralých ortorul zasahující do prostor štoly při obou portálových úsecích.

Z výsledků průzkumu lze prohlásit zával na západní straně, vzhledem ke kvalitě horninového prostředí, za antropogenní, nebo za selhání stability stropu kopané části štoly. Nejedná se o ztrátu stability nadloží. Z výsledků průzkumu se nepředpokládá jeho pokračování do horninového prostředí.

Z výsledků je viditelný rozdíl v celkové kvalitě horninového masivu jednotlivých celků. I. kvazihomogenní celek je tvořený především mírně zvětralými ortorulami s velkou až střední hustotou diskontinuit. Masiv se vyznačuje dobrou kvalitou hornin a dostatečnými až středně příznivými podmínkami. II. kvazihomogenní celek je tvořený především navětralými až zdravými ortorulami se střední hustotou diskontinuit. Masiv se vyznačuje dobrou až výbornou kvalitou hornin a dobrými až velmi dobrými podmínkami. III. kvazihomogenní celek je tvořený především navětralými až mírně zvětralými ortorulami se střední až velmi vysokou hustotou diskontinuit. Hornina se vyznačuje dobrou až dostatečnou kvalitou masivu a dostatečnými až středně příznivými podmínkami. IV. kvazihomogenní celek je nejvíce problematickou částí celé

štoly. Z průzkumných prací lze konstatovat, že v této části se nachází významný zával. Hornina je tvořena zcela až mírně zvětralými ortorulami se střední až velmi velkou hustotou diskontinuit. Masiv se vyznačuje velmi špatnou kvalitou a špatnými až zhoršenými podmínkami.

Celý horninový masiv je z velké části dostatečně stabilní bez výskytu významných rizikových poloh (celek II.). Místy se mohou nacházet polohy s nutným zajištěním rizikových zvětralých a rozvolněných bloků s lokálním výskytem málo významných a málo mocných poruchových zón (celek I. a III.). Nedostatečnou stabilitou s výskytem významných tektonických poruch a zastiženým závalem se vyznačuje IV. Kvazihomogenní celek. Tuto část horninového masivu je vhodné dostatečně zajistit a stabilizovat proti dalšímu šíření závalu. Lze usuzovat na vznik celkového rozdílu v míře rozpuštění a rozvolnění hřbetu na vlivu vzdálenosti od hlubokého údolí. Postupným výzdvihem hor a vznikem údolí došlo k úbytku vodorovného napětí na východní straně masivu. Postupné vyznívání vodorovných napětí mohlo způsobit otevření trhlin. Tento fenomén může snadno způsobit vznik závalu v podzemních dílech v blízkosti údolí (Záruba, Mencl, 1974). Nelze vyloučit pokračování postupného odeznívání změn napětí. Na základě výsledků je doporučeno dostatečně zajistit východní portálovou oblast použitím pilotového deštníku v kombinaci s injektáží stropu nad závalem. Následně provést odtěžení závalu již pod ochranou zpevněné klenby.

Dále lze konstatovat, že vstupní a výstupní portály byly pro zvýšení stability historicky několikrát upravovány a zastižená ostění při okrajových částech nezasahují hlouběji do horninového prostředí. Uvnitř hřbetu lze očekávat polohy bez ostění, nebo dřevěnou výdřevou, která po letech mohla ztratit původní únosnost. Z dokumentace výchozů je viditelná vysoká pravděpodobnost, že štola mohla být náchylná na vypadávání některých bloků ze stropu či boku štoly.

Výsledky centrální části masivu jsou omezeny pouze na několik charakteristických výchozů a výchozy uvnitř železničního tunelu a štoly. Pro ověření zjištěných skutečností jsou do méně ověřených poloh navrženy průzkumné vrty.

Průzkumnými pracemi jsou zjištěny základní informace o horninovém masivu a jeho chování. Nelze však vyloučit místní mírně odlišné poměry, které nebyly průzkumnými pracemi zastiženy. Za tímto účelem je navržen podrobný průzkum s geofyzikálním měřením, inženýrskogeologickými pracemi v podobě provedení jádrových vrtů a odběru vzorků a hydrogeologickými pracemi.

Horninový masiv v okolí Mikulovské štoly vykazuje velmi specifické podmínky svou nestejnorodostí a tektonickým porušením. Jedná se o jedinečné prostředí, v němž dochází k místní změně podmínek a stavových veličin.

Použité zdroje:

Literatura:

Apostol, T. M. (1995). The tunnel of Samos. *Engineering and Science*, 67(1), 30-40.

Aldorf, J., Hasík, O., Horák, V. Mařík, L., Novotný, M., Rozsypal, A., ... Vajsar, K. (2006). *Zásady a principy NRTM jako převažující metody konvenčního tunelování v ČR*. Praha: Český tunelářský komitét ITA/AITES.

Arteedit, (1999). *Chráněná území ČR, Sv. I. Ústecko*, ISBN 80-86064-37-9, Praha

Balej, M., Anděl, J., Jeřábek, M., a kol. (2004). *Východní Krušnohoří - geografické hodnocení periferní oblasti*, ISBN 80-7044-558-0, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem

Barták, J., Pruška, J., (2011). *Podzemní stavby - 1. vyd. - V Praze: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. - 170 s., - Vyd.: České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-04789-7*

Cardarelli, E., Marrone, C., & Orlando, L. (2003). Evaluation of tunnel stability using integrated geophysical methods. *Journal of Applied Geophysics*, 52(2-3), 93-102.

Česká geologická služba, (2016). *Rebilance zásob podzemních vod, závěrečná zpráva, příloha č. 2/48, Stanovení zásob podzemních vod, hydrogeologický rajon 6133 – Teplický ryolit*, dostupné z http://www.geology.cz/rebilance/vysledky/4730_zprava.pdf

Černý, P. I. V. (2014). *Optimalizace geotechnického průzkumu a monitoringu při navrhování a provádění podzemních staveb*

Daňhelka, J., Sandev, M., Crhová, L., Sedláková, k., Možný, M., Reitschläger, D., Chuchma, F., Fiala, R., Hájková, L., Šercl, P., Kukla, P., Boháč, M., Kourková, M., Zrzavecký, M., Vlnas, R., Černá, L., Čekal, R., Bercha, Š. (2019). *Sucho v roce 2018, předběžné hodnocení, Český hydrometeorologický ústav, Praha*

Dostálek, J., & Ďuriš, L. (2010). *Havárie podzemních staveb v ČR v posledních 10 – 15 letech*.

DVOŘÁK, Z., Pauliš, P., Řehoř, M., & Radoň, M. (2011). *Hörnosit z Mikulova v Krušných horách (Česká republika)*. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)*, 19(2), 145-147.

Goodman, R. E. (1995). Block theory and its application. *Geotechnique*, 45(3), 383-423.

Hánek, P., Janžurová, I. (2007). *Z historie vytyčovací sítě tunelů*. *Acta Montanistica Slovaca*, 12 (3), 617-623.

Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J. & Stráník, Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. – Academia, Praha.

Kachlík, V. (2003). *Geologický vývoj území České republiky. Doplněk k publikaci „Příprava hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva“*. SÚRAO, Praha, 1-64.

Křivánková, D. (2009). *Zhodnocení břehových porostů Bouřlivce v ř. km 11.880-12.650*.

Kukutsch, R., Bernard, J., Kořínek, R., Žůrek, P., Kaláb, Z., Lednická, M. (2008). Novodobá historie dolu Jeroným – Zajištění dolu Jeroným v datech. (Kukutsch et al., 2008)

Kukutsch, R., Žůrek, P., Tomíček, R. (2009). Důl Jeroným v Čisté – Minulost, současnost, budoucnost. Urbanismus a územní rozvoj – ročník XIII. – číslo 2/2010

Mareš, S. (1979). Úvod do užití geofyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury.

Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, (2017). Hydrologické vyhodnocení sucha v povodí Labe v roce 2015

Mísař, Z., a kol. (1983). Geologie ČSSR I. / Český masív, SPN, 1. vyd. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1983. 333 s.

Pašek, J., Matula, M. et al. (1995). Inženýrská geologie II. Česká matice technická, Praha.

Poláček, A., Cervantes, B. A., (2011). Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Štola G - Svatoňovice. VŠB Ostrava.

Pospíšil, F. a kol. (2015). Územní plán, Mikulov, Odůvodnění územního plánu Mikulov, dokumentace k vydání územního plánu - I.2015

Pruška, J. (2002). Geomechanika: mechanika hornin. České vysoké učení technické.

Vojkovský, A. (2012). Optimalizace návrhu velikosti průzkumné štoly na základě použité mechanizace. Bakalářská práce, Vysoká škola Báňská.

Vlček, V., et al. (1984) Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. 1. vyd. Praha: Academia, 1984. 315 s

Šedivý, M. (1983). Tunelářské klasifikace NGI, přepracované vydání: Barton, N, Lien, R and Lunde, J, (1974). Engineering classification of rock masses for the design of rock support, Rock Mechanics, 6(4):189–236.

Škwor, V. (1975). Geologie české části Krušných hor a Smrčín – Knih. Ústř. Úst. Geol. Academia Praha

Quitt, E. (1971). Klimatické oblasti Československa. – Studia Geographica 16: 1–74 + přílohy, Brno

Wieser, S., (2005). Krušné hory, 50 vybraných výletních tras pro pěší turisty, cyklisty i lyžaře na obou stranách státní hranice, věnováno památce Jaroslava Srby, ISBN 80-7316-035-8, Nakladatel: Freytag & Berndt

Záruba, Q., Mencl, V. (1974). Inženýrská geologie. Praha: Academia.

Zerradi, Y., Lahmili, A., & Souissi, M. (2020). Stability of a rock mass using the key block theory: a case study. In E3S Web of Conferences (Vol. 150, p. 03024). EDP Sciences.

Žůrek, P., Kořínek, R., Kukutsch, R. (2009). Příspěvek ke zprovoznění technické památky důl Jeroným, Čistá.
(Žůrek, Kořínek, Kukutsch, 2009)

Internetové zdroje:

Blecha, V. (2017). Gravimetrie, přírodovědecká fakulta, ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky, předmět Gravimetrie a seismika, školní rok 2016/2017,

Česká geologická služba [cit. 24. 4. 2021]. Dostupné z <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>

IKSE MKOL, Labe a jeho povodí, [cit. 13. 11. 2020]. Dostupné z <https://www.ikse-mkol.org/cz/themen/labe/>

Mapa Ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů, arcgis-Lázně a zřídla (2015). [cit. 3.5. 2021]. Dostupné z <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=c6cce27214e44dbfb694b2ce8901c813>

Národní geoportál INSPIRE. [cit. 20.1 2020 - 10. 4. 2022]. Dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

Oblasti zatížení sněhem větrem a zemětřesením (2020). [cit. 20.4. 2022]. Dostupné z <https://www.dlupal.com/cs/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim/zemetreseni-csn-en-1998-1.html#¢er=49.8144610514808,15.476647000000003&zoom=6&marker=50.075865,14.434609>

Výzkumný ústav vodohospodářský TGM (2015). Hydrogeologický informační systém. [cit. 27.9. 2020]. Dostupné z https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360

Plánka, L., Dějiny zeměměřičství, Vývoj světové geodézie a kartografie, středověk, Důlní měřičství a důlní mapy, Institut geodézie a důlního měřičství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB – TU Ostrava, Podkladové materiály pro přednáškový cyklus předmětu „Dějiny zeměměřičství“, [cit. 6. 8. 2020]. Dostupné z <https://www.hgf.vsb.cz/544/cs/o-katedre/zamestnanci/planka/> (Plánka, prezentace)

Zeměměřičský úřad. (2010). Analýzy výškopisu. [cit. 25. 3. 2022]. Dostupné z <https://ags.cuzk.cz/av/>

Normy:

ČSN EN 1997-1. Eurokód 7. Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1. Obecná pravidla, 2006

ČSN EN 1998-1. Eurokód 8. Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1. Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, 2006

ČSN EN 206. Beton - Část 1. Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, 2001

ČSN 72 1001. Pojmenování a popis hornin v inženýrské geologii. 1989

ČSN 73 1001. Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, 1987

ČSN731005. Inženýrskogeologický průzkum, 2016

ČSN 73 3050. Zemní práce. Všeobecná ustanovení, 1986

ČSN 73 6133. Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, 1998

ČSN 03 8375. Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi, 1986

ÖNORM B 2203. Stavební práce v podzemí, norma pro smlouvu o dílo, příloha D, 1994

Ústní sdělení:

Němec, S., starosta obce Mikulov [ústní sdělení]. Mikulov, 05.2020.