

VD Skalička – HG studie, Alžírská 1499/30, 708 00 Ostrava

VD SKALIČKA

Hydrogeologická studie, ETAPA II

Závěrečná zpráva

červen 2021

(závěrečná zpráva po zpracování připomínek, ver. 6 – září 2021)

Objednatel: Povodí Moravy, státní podnik
Dřevařská 932/11
602 00 Brno
IČO: 70890013
DIČ: CZ70890013

Zhotovitel: Společnost „VD Skalička – HG studie“ založená na základě smlouvy o společnosti ze dne 18.10.2019
Sídlo: Alžírská 1499/30, Ostrava, 708 00
Zástupce: Ing. František Glac
724471745
ilfaut.glac@gmail.com

Vedoucí společnosti:
IL FAUT s.r.o.
Alžírská 1499/30, Ostrava, 708 00
IČO: 28625391, DIČ: CZ28625391

IL FAUT s.r.o.
Alžírská 1499/30 Ostrava, 708 00
IČ: 28625391, DIČ: CZ28625391
ilfaut.glac@gmail.com, 724471745

Zhotovitel GF průzkumu:
G IMPULS Praha spol. s r.o.
J. Nerudy 232, Jeneč, 252 61
IČO: 48948624, DIČ: CZ48948624

Zhotovitel IG průzkumu:
KlaGeo, s.r.o.
Horní 365
747 15 Šilheřovice
IČO: 03974324, DIČ: CZ03974324

Zhotovitel modelových prací:
Prof. Ing. Jaromír Říha CSc.
Pekařská 46, 602 00 Brno
IČO: 47937629

Zpracovali: Ing. Vratislav Bradáč, Ing. František Glac, RNDr. Vojtěch Beneš
RNDr. Peter Beňák

Rozdělovník

Výtisk č. 1-3: Objednatel
Výtisk č. 4 : Zhotovitel



Obsah	strana
1 Úvod	3
2 Základní identifikační údaje	3
3 Situování objektu a základní technické údaje	3
4 Dosavadní prozkoumanost, archívni podklady	4
5 Cíle a metodika inženýrskogeologických prací	6
5.1 Účel a cíle průzkumných prací	6
5.2 Metodika průzkumných prací	6
5.2.1 Analýza archívni podkladů	6
5.2.2 Terénní rekognoskace	7
5.2.3 Povrchová geofyzikální měření	7
5.2.4 Geofyzikální měření ve vrtech	8
5.2.5 Vrtné práce	9
5.2.6 Zkoušky propustnosti (VTZ), hydrodynamické zkoušky	10
5.2.7 Laboratorní zkoušky zemin	10
6 Přírodní podmínky zkoumané lokality	11
6.1. Geomorfologické podmínky zátopy	11
6.2. Hydrologické a klimatické podmínky	11
6.3. Geologické podmínky lokality	12
7 Vyhodnocení geologicko-průzkumných prací	12
7.1. Stavba a složení zemního (horninového) prostředí zkoumané oblasti	12
7.1.1 Kvarterní sedimenty	12
7.1.2 Terciérní sedimenty (poloskalní horniny)	13
7.1.3 Horniny paleozoika	14
7.2. Zhodnocení geologických podmínek v oblastech výskytu devonských elevací	14
7.2.1 Výchozy devonu východně od Černotína	14
7.2.2 Výchozy devonu u Špiček	16
7.2.3 Výchozy devonu u Kamence	16
7.3 Krasové jevy	18
7.4 Hydrogeologické podmínky, propustnost horninového masívu	20
7.5 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemin	23
7.6 Svahové deformace	24
8 Hydrogeologické modelování	26
8.1. Kvarterní model	26
8.2. Model proudění podzemní vody v krasové zvodni	28
9 Závěry a doporučení	29
10 Seznam příloh	31

1. ÚVOD

Vodní nádrž Skalička je jednou ze základních součástí uvažovaných a v současné době již realizovaných protipovodňových opatření v povodí řeky Bečvy. Geologicko-průzkumné práce, v oblasti předpokládané výstavby vodního díla byly provedeny v rámci akce nazvané „VD Skalička – Hydrogeologická studie, Etapa II (hydrogeologický průzkum)“. Výsledky inženýrskogeologického, resp. hydrogeologického průzkumu (příloha C studie) byly použity jako jeden z podkladů pro zpracování matematického modelu (příloha I), jehož cílem je posoudit možné ovlivnění režimu a chemizmu podzemních vod v oblasti lázeňského střediska Teplice nad Bečvou, resp. Hranického krasu, a také pro volbu optimální varianty provedení hráze, resp. souvisejících funkčních objektů vodního díla (přílohy H, I).

Inženýrskogeologické (hydrogeologické) práce byly realizovány v období 7/2020 – 4/2021.

2. ZÁKLADNÍ IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název akce:	VD Skalička – hydrogeologická studie, Etapa II (hydrogeologický průzkum)
Místo provedení:	k.ú. obcí Skalička (748021), Černotín (620483), Hustopeče nad Bečvou (649988), Němětice (703092), Milotice nad Bečvou (695165), Špičky (762954) a Zámrsky (790974), okresy Hranice, Vsetín, kraje Olomoucký a Zlínský
ORP:	Hranice, Valašské Meziříčí
Kategorie stavby:	Vodohospodářská stavba
Vodní tok:	Bečva
Č.h.p.:	4-11-02-001
Objednatel:	Povodí Moravy, státní podnik, Dřevařská 932/11, 602 00 Brno
Zhotovitel:	sdužení: „VD Skalička – HG studie“
Zpracovatel zadávací dokumentace:	SG Geotechnika a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5, Mgr. Helena Vysoká, Ph.D., Mgr. Jan Kuklík, Mgr. Aleš Kunovjánek

3. SITUOVÁNÍ OBJEKTU A ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Přehradní profil VD Skalička je umístěn v údolní nivě řeky Bečvy mezi městy Teplice nad Bečvou a Valašské Meziříčí, v říční kilometrů cca 46,000-52,000. Účelem vodního díla je především protipovodňová ochrana území, dále pak podle varianty vodního díla nadlepšování minimálních průtoků, výroba elektrické energie v MVE a rekreační využití.

Původně se uvažovalo o vybudování velké nádrže se sypaným vzdouvacím objektem přehrazujícím celé údolí ř. Bečvy, umístěným západně blíže k Teplicím. Pozice přehradního

profilu byla později posunuta směrem k obci Skalička s cílem vyhnout se oblasti výskytu zkrasovatělých devonských vápenců na východním okraji Hranického krasu, v oblasti obce Černotín.

Nyní je provedení hrázového a s ním souvisejících funkčních objektů vodního díla, resp. způsob exploatace vodní nádrže, zvažován v několika variantách. Vlastní umístění (trasování) hráze je navrženo ve dvou základních variantách:

- a) Boční nádrž
- b) Průtočná nádrž

V rámci těchto variant budou formou multikriteriální analýzy posuzovány podvarianty založené na způsobu provozu vodního díla (suchá nádrž, nádrž s trvale vzduťou hladinou), resp. provedení funkčních objektů:

- VARIANTA 1 - Nulová varianta (bez nádrže),
- VARIANTA 2 - Boční suchá nádrž (V2)
- VARIANTA 3 - Boční suchá nádrž s ovladatelným vtokem (V3)
- VARIANTA 4 - Boční víceúčelová vodní nádrž (V4)
- VARIANTA 5 - Průtočná suchá nádrž (V5)
- VARIANTA 6 - Průtočná víceúčelová vodní nádrž (V6)

Předpokládá se vybudování zemní hráze výšky 12,5 – 16,2 m. Vlastní těleso hráze se skládá z údolní části probíhající v boční variantě od levobřežního zavázání severovýchodně od obce Skalička směrem k SZ a ostře se stáječící podél levobřežní břehové linie ř. Bečvy (příloha č. 2 části C). V průtočné variantě probíhá údolní část od obce Skalička severním směrem k ohybu říčního toku, kde jej kříží a následně se stáčí k východu, kde pokračuje dále podél železniční trati a kopíruje trasu stávající hráze podél rybníční soustavy starých nalezišť šterků u Milotic nad Bečvou.

Konstrukce hráze je navržena jako homogenní, provedená z místních fluviálních šterků, opatřená na návodním líci asfaltobetonovým těsněním. Utěsnění šterkového podloží těsnící stěnou se zatím předpokládá v rozsahu zásobního prostoru u variant V4 a V6, v retenčním prostoru se zvažuje spíše použití předloženého těsnícího koberce. Definitivní konstrukční řešení hráze bude navrženo v rámci následné projektové přípravy po výběru některé z výše uvedených variant

4. DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST, ARCHÍVNÍ PODKLADY

V oblasti navržených přehradních profilů a budoucí zátopy vodního díla byla v souvislosti s plánovanou výstavbou vodního díla v minulém období realizována celá řada geologicko-průzkumných prací, zabývajících se jak ověřením geologické stavby území, tak i eventuálními dopady vzduť vody v nádrži na režim podzemních vod v krasovém území, resp. na kvalitu lázeňských vod využívaných v Teplicích nad Bečvou. Z celé řady závěrečných zpráv a posudků níže uvádíme ty hlavní, které byly použity při hodnocení inženýrskogeologických a hydrogeologických podmínek posuzované oblasti, prezentovaném v této závěrečné zprávě:

- 1) *Matějka, A.: Zpráva o geologických výzkumech a mapování v údolí Bečvy mezi Valašským Meziříčím a Černotínem. ÚÚG, 1957.*
- 2) *Hrdý, J.: Přehrada na Bečvě u Teplíc /B. Závěrečná zpráva o inženýrsko – geologickém průzkumu v r. 1959 v přehradním místě Kamenec. Geologický průzkum Brno, 1959.*
- 3) *Hrdý J.: Přehrada na Bečvě u Teplíc. Zpráva o průzkumu výchozu vápenců u dvora Kamenec. Geologický průzkum, národní podnik Brno, 1960.*

- 4) Hrdý J.: *Přehrada na Bečvě u Teplíc. Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu v r. 1960 v přehradním místě Skalička. Geologický průzkum, národní podnik Brno, 1961.*
- 5) Hrdý, J.; Kořenková, L.: *Zpráva o výsledku sondovacích prací naleziště konstrukčního a těsnícího materiálu pro přehrada na Bečvě u Teplíc nad Bečvou. Geologický průzkum Brno, 1961.*
- 6) Nečas J.: *Teplice XI, těsnění vápenců. Zpráva o průzkumu propustnosti vápenců u Dvora Kamenec. Geologický průzkum, národní podnik Brno, 1962.*
- 7) Hrdý, J. (1962): *Zpráva o průzkumu podzákladí a levobřežního zavázání hráze VD Teplice. Geologický průzkum, Brno, 1962.*
- 8) Hrdý, J.: *VD Teplice nad Bečvou. Zpráva o doplňujícím průzkumu pro hráz (zvláště pro pravobřežní zavázání). VD Teplice nad Bečvou. Zpráva k rozšíření etapy Teplice XIV. Geotest Brno, 12963.*
- 9) Staňková, Ševčík, M.: *Závěrečná zpráva účelového průzkumu s výpočtem zásob ložiska štěrkopísků Hustopeče nad Bečvou – Zámrsky (levý břeh Bečvy). Etapa: vyhledávací a předběžná. Surovina: štěrkopísek. Geologický průzkum, n.p., Ostrava-Hrabová, 1975.*
- 10) Kunovjánek A. a kol.: *VD Skalička, hydrogeologická studie, etapa I. Rešeršní zpráva. SG Geotechnika a.s., Praha, 2019.*

Nejrozsáhlejší komplex průzkumných prací, související se základovými podmínkami přehradního profilu průtočné varianty, byl realizován v rámci etapy ad 4). Průzkumná díla byla soustředěna převážně do oblasti vlastního přehradního profilu, zejména pak do jeho, z hlediska IG podmínek nejproblematictější, pravobřežní části. Pro posouzení možného negativního ovlivnění kvality minerálních vod v důsledku vzduší vody v nádrži VD Skalička je z tohoto archívního podkladu nejdůležitější ověření a potvrzení trendu nárůstu mocnosti akumulace relativně nepropustných terciérních sedimentů od výchozu devonských vápenců v oblasti Kamence směrem k přehradnímu profilu a dále na západ (539RJ, 540RJ, 541RJ, 542RJ). Další důležitou informací je ověření celkové nepropustnosti terciérních sedimentů vodními tlakovými zkouškami. V jádrových vrtech nebyl zjištěn výskyt krasu, s výjimkou vrtu 533RJ umístěném v pravobřežním svahu. Lokálně zvýšené ztráty vody při vodních tlakových zkouškách jsou přisuzovány tektonicky porušeným polohám devonských vápenců.

Problematika povahy a propustnosti devonských vápenců v oblasti jejich výchozů na den v Kamenci je komentována zejména v podkladech ad 3), resp. ad 6). Celkově bylo v rámci této fáze průzkumu provedeno pět vrtů hloubky 26 – 78 m (J111, 801, 802, 803, 803A, příloha č. 2.1). Propustnost zemního a horninového prostředí byla testována vodními tlakovými zkouškami. Výskyt krasových jevů nebyl potvrzen v žádném z těchto vrtů, zjištěna byla proměnlivá propustnost vápenců v závislosti na intenzitě jejich tektonického porušení (rozpuštění). V uvedených podkladech je konstatováno, že možnost negativního ovlivnění minerálních vod v lázních Teplice nad Bečvou v důsledku infiltrace, resp. influkce vody z nádrže do devonského podloží je v oblasti Kamence prakticky vyloučena. Jako možné zdrojové území je spíše uváděna oblast výchozů devonských vápenců na pravém břehu ř. Bečvy, východně od Černotína, která byla v minulosti poměrně detailně zkoumána (příloha č. 1.2). Toto území se nyní, podle nového návrhu vedení průtočné i boční hráze, nachází mimo zátopy.

Poměrně velká pozornost byla v minulosti věnována průzkumu nalezišť zemních materiálů v oblasti zátopy uvažovaného vodního díla (5, 7, 9). Součástí geologicko-průzkumných prací bylo stanovení umístění vlastních nalezišť, výpočet zásob, a také realizace řady zkoušek za účelem ověření fyzikálně-mechanických vlastností kvartérních, převážně fluvialních zemin. Výsledky

archivních zkoušek vlastností kvartérních zemin lze doplnit výsledky laboratorních analýz provedených v rámci průzkumu 2020-2021.

Spíše okrajová pozornost byla v minulých pracích věnována problematice svahových deformací. Upozornění na možnost iniciace sesuvů v souvislosti s napouštěním nádrže se týkají především přeložek liniových staveb umístěných na pravobřežního svahu. Vzhledem k současné navržené koncepci hráze vodního díla se problematika svahových deformací týká pouze levého údolního svahu. Konkrétně je v (2) uváděn předpoklad, že sesuvnými jevy jsou ohroženy svahy upadající ve sklonu větším, jak 15 stupňů. Toto konstatování vychází zřejmě z předpokládané hodnoty úhlu vnitřního tření jemnozrnných (jílovitých) zemin, jejichž výskyt v posuzovaném zemním prostředí převládá. Z mapových podkladů Geofondu ČR (příloha č.1.4) a reálných terénních pozorování vyplývá, že sesuvnými jevy jsou postiženy svahy v oblasti JV části zátopy (severně od obce Zámrsky), především na lokalitě Doubek. Podrobněji je problematika svahových deformací v oblasti předpokládaného vzduť vody v nádrži komentována v dalších kapitolách.

5. CÍLE A METODIKA INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH PRACÍ

5.1 Účel a cíle průzkumných prací

Geologický průzkum, provedený v oblasti předpokládané výstavby vodního díla, je součástí širšího komplexu prací, jehož základním cílem je ověření míry možných změn přírodních, především pak hydrogeologických podmínek lokality a jejího širšího okolí v důsledku vzduť vody v přehradní nádrži a posouzení rizik s těmito změnami souvisejícími. Jedná se především o změny režimu (zvýšení hladiny) podzemních vod v turisticky navštěvovaných jeskynních útvarech Hranického krasu a změny chemizmu a vydatnosti lázeňských minerálních vod vyvolané zvýšenou infiltrací (influxí) vody z nádrže přes elevace devonských vápencových útvarů, vystupujících na den v zátopě vodního díla. Geologicko-průzkumné práce byly provedeny za účelem:

- Ověření geologické stavby zájmového území se zaměřením na lokalizaci devonských vápencových elevací v zátopě a v trase přehradního profilu.
- Stanovení rozsahu výskytu a mocnosti terciérních sedimentů jako přirozeného těsnícího prvku v podloží kvartéru
- Stanovení rozsahu a mocnosti vrstvy fluviaálních hlín, resp. bazálních štěrků údolní terasy.
- Ověření hydrogeologických podmínek lokality se zaměřením na vzájemné propojení kvartérní a devonské zvodní a možnost infiltrace povrchových vod do hlubších partií devonského skalního podloží.
- Ověření fyzikálně-mechanických vlastností zemin kvartérního pokryvu.
- Vybudování systému pozorovacích vrtů pro dlouhodobá sledování hladin podzemní vody v kvartérní a devonské zvodni.

Cílem geologického průzkumu je tedy především získání vstupních podkladů pro model hodnotící míru rizik ovlivnění hydrogeologických podmínek Hranického krasu vzduť vody v nádrži a pro doporučení, z nichž bude vycházeno při volbě optimální varianty provedení vodního díla (multikriteriální analýza).

5.2 Metodika průzkumných prací

5.2.1 Analýza archivních podkladů

Před zahájením terénních prací bylo provedeno zhodnocení a analýza výsledků geologicko-průzkumných prací realizovaných v zájmové oblasti do roku 2020. Část informací, týkající se především inženýrskogeologických podmínek zátopy, byly použity při zpracování modelu

geologických podmínek posuzovaného území. Podrobněji jsou archívní podklady komentovány v kapitole č. 4.

5.2.2 Terénní rekognoskace

Terén zátopové oblasti je vcelku přehledný, nicméně v příbřežních částech řeky Bečvy obtížně přístupný, zejména pro vrtnou techniku. V rámci terénní rekognoskace byly prohlédnuty zejména výchozy kvartéru v oderodovaných částech břehových linií a dále pak svázná území levého údolního svahu v jihovýchodní části zátopy. Na základě mapových podkladů, geofyzikálních měření a terénní rekognoskace byl rozhodnuto o umístění průzkumných a inklinometrických vrtů (S131 a S132).

5.2.3 Povrchová geofyzikální měření

Geologicko-průzkumné práce byly realizovány v několika navzájem se prolínajících etapách. První etapa zahrnovala široký komplex povrchových geofyzikálních měření provedených za účelem zpřesnění znalostí o geologické stavbě lokality. Metodika měření a průběh měřených profilů byly navrženy tak, aby byly získány podklady o průběhu podložních formací, zjištění prostorového průběhu základních nehomogenit, anomálií a rozhraní v zájmovém prostoru. Hlavním výstupem geofyzikálního průzkumu je tedy informace o hloubce průběhu povrchu devonského skalního podloží, zjištění mocnosti neogenních, převážně poloskalních hornin a zemin, resp. kvartémních (fluviálních) štěrků a nivních hlín. Vzhledem k výrazně odlišným rychlostem šíření seismických vln a rozdílným odporovým charakteristikám jednotlivých zemních (horninových) typů se podařilo geologické prostředí zátopy rozčlenit na dílčí kvazihomogenní celky a zejména pak určit přibližné pozice a tvar výchozů devonských vápenců k povrchu, jinak „utopených“ v mohutných akumulacích převážně jílovitých sedimentů terciéru.

Terénní geofyzikální práce byly realizovány v období 05/2020 - 02/2021. Profily probíhají v místech plánovaných hrází všech variant nádrže a dále pokrývají plochu zátopy (příloha č. 2). Průběh, resp. umístění profilů byly upravovány podle předběžných výsledků tak, aby co nejlépe charakterizovaly geologickou stavbu lokality, s důrazem na lokalizaci elevací devonských vápenců. V místech se složitější morfologií devonských vápenců byly navrženy a změřeny vložené profily.

Další geofyzikální měření byla provedena v prostoru staré skládky komunálního odpadu a v sesuvných územích na svazích v jihovýchodní části zátopy.

Metodicky proběhl geofyzikální průzkum ve dvou etapách. V rámci první etapy byla proměřena síť základních regionálních profilů. Profily Z-V směru jsou označeny jako P1 až P5, profily směru J-S jsou označeny K1 až K4. Po jejich předběžném vyhodnocení byly interpretovány oblasti, kde bylo třeba geologickou stavbu upřesnit. Jednalo se o místa důležitá pro konstrukci hydrogeologických modelů (vazba na lázně Teplice nad Bečvou) a také rizikové úseky s elevacemi podložních vápenců. Do těchto míst byly v rámci druhé etapy prací situovány vložené profily označené symboly X1 až X12.

Průzkum na regionálních a zahušťovacích profilech byl proveden pomocí kombinace následujících geofyzikálních metod:

- metoda ERT
- metoda MRS
- metoda DEMP (nepovinná metoda nad rámec zadání)

Metoda ERT (odporová tomografie) náleží mezi stejnosměrné geoelektrické metody, která spojuje výhody odporového profilování a sondování. Princip metody spočívá v měření velkého množství odporů horninového prostředí pomocí čtyřelektrodevého uspořádání s proměnným

hloubkovým dosahem. Výstupem měření je odporový řez, který ukazuje změny odporů podél profilu s hloubkou. Díky tomu je možné interpretovat hloubku jednotlivých litologických vrstev. V případě detekce pevného skalního podloží (devonských vápenců) lze posoudit míru zvětrání, rozpukání a zkrasování.

Metoda MRS (mělká refrakční seismika) je seismická metoda, která sleduje výskyt refragované vlny. Ta vzniká lomem seismického paprsku na rozhraní pomalejšího (pokryv) a rychlejšího (skalní podloží) prostředí. Díky průniku seismických paprsků do rychlejšího podloží (zvláště v případě gradientového prostředí), lze sestavit rychlostní model prostředí do značných hloubek. Výstupem je rychlostní řez prostředí s průběhem refrakčních rozhraní. Seismické rychlosti umožňují interpretovat litologii zkoumaného prostředí a posoudit geomechanický stav hornin.

Metoda DEMP (dipólové elektromagnetické profilování = metoda SLINGRAM) měří vodivost prostředí pod profilem. Použití metody bylo nad rámec projektu. Cílem byla charakteristika svrchní polohy nivních sedimentů do hloubky cca 2 m, kde má metoda ERT sníženou citlivost. Vodivost pokryvu je parametr, který umožňuje interpretovat výskyt povodňových hlín nebo písků a štěrků při povrchu. Metoda DEMP sloužila také pro plošné vymezení rozsahu "skládky odpadu" JV od Kamence.

V místech, kde regionální a zahušťovací profily zastihly elevace podložních devonských vápenců, bylo dále provedeno **plošné gravimetrické měření PG**. Celkem byly proměřeny 3 plochy: ohbí řeky Bečvy, Kamenec a křížení profilů P4 a X6. Gravimetrie je metoda užití geofyziky, která se zabývá studiem gravitačního pole Země. Měří se lokální změny zemského tíhového pole způsobené rozdílnými hustotami hornin pod zemským povrchem. V daném případě bylo cílem sledovat elevace vápenců s objemovou hmotností (hustotou) kolem $2,65 \text{ kg/m}^3$ v neogenních sedimentech s hustotou 2,0 až $2,2 \text{ kg/m}^3$. Měření proběhlo v síti profilů, jejichž vzdálenost se pohybovala od 30 do 80 m.

Výsledky geofyzikálního průzkumu byly průběžně vyhodnocovány a předávány subdodavateli vrtných prací pro optimalizaci návrhu rozmístění a hloubky vrtů. Dále sloužily jako podklad pro zhotovitele hydrogeologického modelu.

Řešitelem povrchových geofyzikálních byla společnost G-Impuls Praha, spol. s r.o. (příloha B).

5.2.4 Geofyzikální měření ve vrtech (karotáž)

Komplex karotážních měření doplňující poznatky o stratigrafii zkoumaného geologického prostředí byl proveden celkově v 15 vrtech hloubky 20 – 100 m. Významná byla rovněž aplikace metod umožňujících stanovení míst, intenzitu a teplotu přítoků podzemní vody do průzkumných vrtů – zejména z prostředí devonských vápenců.

Ve vrtech byly prováděny tyto metody:

- gama karotáž (**GR**) - měření přirozené radioaktivity hornin
- gama-gama karotáž (**GGK, XGGDL**) - měření relativní hustoty hornin
- neutron-neutron karotáž (**XNN, NNK**) - měření „neutronové pórovitosti“ hornin
- indukční karotáž (**IK**) - měření elektrické vodivosti hornin
- elektrokarotáž (**RAP010+0,41**) - měření zdánlivého měrného elektrického odporu potenciálovou sondou s rozestupy elektrod 0,10 m a 0,41 m.
- magnetická susceptibilita (**MS**) - měření relativní magnetické susceptibility hornin
- kavernometrie (**KM, DIA**) - měření průměru vrtu (pažnic)
- termometrie (**TM**) - teplotní měření ve vrtu
- rezistivimetrie (**RM**) - měření měrného el. odporu kapaliny ve vrtu (**Rm**)
- fotometrie (**FM**) - měření průzračnosti (čistoty) kapaliny ve vrtu
- **metoda ředění** - série **RM** měření po úpravě **Rm** a při hydrodynamické rovnováze ve vrtu
- **metoda čerpání** - série **RM** po úpravě **Rm** a porušení hydrodynamické rovnováhy čerpáním

Karotážní měření byla realizována společností PENETRA, s.r.o. (příloha D)

5.2.5 Vrtné práce

Složení zemního (horninového) prostředí bylo ověřováno jádrovými průzkumnými vrty, umístěnými především na základě interpretace výsledků geofyzikálních měření. Podle svého zaměření byly vrty prováděny v několika skupinách:

- a) Jádrové vrty hloubky 5 - 20 m byly realizovány za účelem stanovení mocnosti a charakteru kvartérního pokryvu a ověření litologického složení předkvartérního podloží – budovaného převážně akumulací terciérních sedimentů. Vrty byly vystrojeny PVC-U pažnicemi pro sledování režimu hladiny podzemní vody – jednoho ze vstupních podkladů pro sestavení modelu kvartérní zvodně.
- b) Jádrové vrty hloubky 20 – 60 m. Vrty byly prováděny především v místech geofyzikálními měřeními detekovaných útvarů devonských vápenců. Primárním cílem těchto vrtů bylo upřesnění pozice devonských elevací v oblasti zátopy, stanovení hloubky průběhu jejich povrchu pod úrovní terénu, ověření výskytu krasových jevů a ověření propustnosti horninového masívu. Vrty byly vždy zahlobeny do devonských vápenců s následným vystrojením PVC-U pažnicemi za účelem sledování režimu hladiny podzemní vody v devonské zvodni a provedení hydrodynamických zkoušek.
- c) V oblasti zátopy byly provedeny dva jádrové vrty hloubky 100 m. Vrt S121 je umístěn ve vrcholové části devonské elevace v oblasti Kamence, vrt S104 byl proveden na křížení geofyzikálních profilů K2-P4 (příloha č. 2). Další vrt délky 100 m (S133) byl proveden v opuštěném lomu v obci Ústí. Cílem provedení těchto vrtů bylo ověření stavby zemního (horninového) prostředí, zjištění případného výskytu krasových jevů v devonských vápencích, ověření propustnosti vápenců zejména v hlubších partiích horninového masívu. Vrty jsou vystrojeny PVC-U pažnicemi pro provedení hydrodynamických zkoušek a realizaci dlouhodobějšího sledování režimu podzemních vod v puklinovém prostředí devonské zvodně.
- d) Jádrové vrty hloubky do 35 m (S131, S132), umístěné ve svážných územích JV části zátopy, vystrojené pro inklinometrická měření.
- e) Jádrové vrty S201, S202, S203 hloubky 5 m, provedené v oblasti předpokládaného uložení antropogenních materiálů ve střední části zátopy.

Vzhledem k rozsahu průzkumných prací a časové náročnosti jejich realizace bylo na lokalitě použito několik typů vrtných souprav a technologií jádrového vrtání. Jádrové vrty hloubky 40 – 100 m byly prováděny technologií WIRE-LINE vrtnou soupravou Hanjin, resp. vrtnou soupravou WIRTH-B01 (dvojitá jádrovka). Jádrové vrty byly prováděny průměrem 122/96/76 mm podle potřeby průběžného pažení vrtného stvolu. Krátké jádrové vrty prováděné převážně do zemního prostředí (sedimenty údolní terasy, terciérní jílovité zeminy) byly hloubeny vrtnou soupravou na podvozku PV3S průměrem 195/166 mm.

Štíhlé jádrové vrty provedené do devonského skalního podloží byly po dokončení příslušných zkoušek zlikvidovány jílocementovou zálivkou. V jejich sousedství byly provedeny rotačně-příklepovou technologií nové pozorovací vrty osazené PVC-U pažnicemi DN110-140 (podle určení vrtu), opatřené v měrné etáži šterbinovou perforací tloušťky 0,5 mm a šterkovým obsypem frakce 4-8 mm. Úseky vrtů nad měrnými etážemi byly osazeny plnými pažnicemi s mezikružím utěsněným bentonitovým můstkem a jílocementovou zálivkou. Krátké vrty byly rozšířeny podobným způsobem v pozicích jejich původního provedení.

Za účelem ověření charakteru odpadů deponovaných na staré skládce umístěné v jižní části zátopy v patě levého údolního svahu (příloha č. 2) byly v tomto prostoru provedeny tři krátké jádrové vrty

hloubky 5 m (S201, S202, S203). Po provedené geologické a fotografické dokumentaci byly tyto vrty zlikvidovány hutněným zásypem. Podrobné zhodnocení stavu staré skládky je provedeno v příloze G (zpracovatel IL Faut, s.r.o.).

V oblasti výskytu starých svahových deformací, lokalizovaných na levém údolním svahu v JV části zátopy, byly ve dvou profilech provedeny inklinometrické vrty hloubky 35 m (S131, S132). Vrty byly provedeny jádrově s následným rozšířením a osazením inklinometrických pažnic DN80. Za účelem posouzení vlivu režimu hladiny podzemní vody na stabilitu svahů byly v sousedství inklinometrických vrtů provedeny vrty pro měření hladin podzemní vody (S131A, S132A). Tyto vrty byly osazeny PVC-U pažnicemi DN50, v měrné etáži šterbinově perforovanými.

Celkově bylo na lokalitě provedeno 49 ks vrtů o sumární metráži 1360 bm. Vrtné jádro bylo ukládáno do dřevěných vzorkovnic, geologicky, technicky a fotograficky zdokumentováno. Jádrovnice se vzorky jádra z vrtů délky 100 m jsou uloženy v opuštěném areálu zemědělského statku v Kamenci, nyní ve vlastnictví objednatele.

Geologická, technická a fotografická dokumentace vrtů je prezentována v příloze č. 4 části C. Zhotovitelem vrtných prací byla společnost KlaGeo, s.r.o.

5.2.6 Zkoušky propustnosti (VTZ), hydrodynamické zkoušky

Propustnost horninového prostředí, převážně devonských vápenců byla ověřována vodními tlakovými zkouškami prováděnými v hlubších vrtech po etážích délky 3 – 5 m. Aplikovány byly zkušební tlaky 0,15 MPa a srovnávací tlak 0,3 MPa dle Jähdeho kritéria, běžně používaného v přehradním stavitelství. Vodní tlakové zkoušky byly prováděny sestupnou i vzestupnou metodou - podle konkrétního stavu stěn vrtů a použité technologie vrtných prací. Ztráty vody v jednotlivých etážích byly pro jednotlivé tlakové stupně měřeny v 10-ti minutových intervalech. K provedení VTZ bylo použito injekční čerpadlo IC100 a hydraulicky upínaný cirkulační obturátor. Výsledky vodních tlakových zkoušek jsou tabulkově zpracovány v příloze č.5 části C, graficky pak pro jednotlivé vrty v příloze č.4 části C.

Dále byly ve dvou vybraných vrtech (S123, S109) provedeny hydrodynamické zkoušky s cílem posouzení šíření tlakového pole v horninovém prostředí devonských vápenců v důsledku zvýšených gradientů vyvolaných vzdušným tlakem vody v nádrži vodního díla. Po vyhodnocení měření byl konstatováno, že ani v jednom vrtu nebyl během tlakové zkoušky zaznamenán nárůst tlaku.

Nepodařilo se prokázat vazbu mezi lokálním zvýšením piezometrické výšky v bodovém zdroji ve vápencovém masivu na Kamenci a ohbí Bečvy a v širším okolí.

Vodní tlakové zkoušky realizovala společnost KlaGeo, s.r.o., hydrodynamické zkoušky byly prováděny společností IL Faut, s.r.o. (příloha E).

5.2.7 Laboratorní zkoušky zemin

Z průzkumných vrtů byly průběžně odebírány vzorky (porušené, poloporušené, neporušené) za účelem stanovení hodnot indexových a pevnostních parametrů zastižených zemních typů. Vzorky byly odebírány především z pokryvných kvartérních útvarů, část vzorků byla odebrána ze zemního prostředí terciérních, převážně jílovitých sedimentů.

Zatřídění zemin kvartérního pokryvu bylo provedeno na základě výsledků laboratorních zkoušek a makroskopického popisu vrtného jádra podle dnes již zrušené ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy*, resp. ČSN EN ISO 14688-1, ČSN EN ISO 14688-2 *Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařídování zemin, části 1,2*.

Celkově bylo na lokalitě odebráno a analyzováno 50 ks zemních vzorků. Protokoly o provedených zkouškách jsou součástí přílohy č.6. Zkoušky byly prováděny v akreditované laboratoři fy UNIGEO, a.s.

6. PŘÍRODNÍ PODMÍNKY ZKOUMANÉ LOKALITY

6.1 Geomorfologické podmínky zátopy

Z hlediska geomorfologického členění území ČR přísluší zájmová oblast do soustavy Vnějších Západních Karpat, podsoustavy Západobeskydské podhůří, celek Podbeskydská pahorkatina. Údolní niva řeky Bečvy je součástí podcelku Příborské pahorkatiny, okrsku Středobečevská niva (IXD-1C-7). Levý údolní svah zátopy přísluší do podcelku Kelčská pahorkatina, okrsek Nemětická pahorkatina (IXD-1A-3).

Zátopová oblast vodní nádrže Skalička zahrnuje údolní nivu řeky Bečvy v úseku mezi obcemi Skalička a Hustopeče nad Bečvou (příloha č. 2). V oblasti východního okraje zátopy (u Hustopečí nad Bečvou) obtéká řeka patu levého údolního svahu, dále směrem k Miloticím křížuje údolí následně protéká jeho pravou částí ve směru ZSZ. Východně od Černotína naráží říční tok na pevné skalní výchozy devonských vápenců a stáčí se směrem k jihozápadu. U obce Ústí řeka meandruje a vtéká do relativně úzkého hrdla Hranického průlomu v prostoru východního okraje lázní Teplice nad Bečvou.

V místě přehradního profilu (průtočná varianta) dosahuje šířka údolní nivy cca 1,8 km. Povrch údolní nivy je celkově plochý s nadmořskou výškou cca 245 – 260 m n. m., převážně zemědělsky využívaný. Podél levobřežní linie se táhne vcelku obtížně přístupné pásmo charakteru lužního lesa, šířky převážně do 250-300 m.

Severovýchodně od obce Skalička, u dvora Kamenec, vybíhá do zátopy plošina trojúhelníkovitého tvaru (vyšší údolní terasa), zakončená směrem do zátopy hřbítkem devonské vápencové elevace. Terénní vyvýšenina v oblasti Kamence se projevuje jako podlouhlá struktura zhruba SJ směru s maximální kótou 258,5 – 259,0 m n.m. a maximálním převýšením nad údolní nivou ř. Bečvy cca 3-4 m. Sklon levého údolního svahu mezi obcí Skalička a dvorem Kamenec je v oblasti vzdutí mírný, se vcelku plochým povrchem. Příkřejší svahy na JV okraji zátopy jsou rozbrázděny četnými erozními rýhami SJ směru, odvodňovanými stálými nebo občasnými vodotečemi. Údolní svahy v tomto prostoru jsou navíc náchylné k sesouvání, resp. jsou již postižené fosilními svahovými deformacemi.

6.2 Hydrologické a klimatické podmínky

Hydrologicky přísluší lokalita k povodí ř. Bečvy (č. h. p. 4-11-02-001) od soutoku Vsetínské Bečvy a Rožnovské Bečvy po ústí. Hlavními přítoky jsou Hlubočský potok (levobřežní), Hůrka, Loučský potok a Milotický potok (pravobřežní přítoky).

Povrch zátopy, zejména v oblasti mezi Kamencem a tokem Hlubočského potoka je protkán sítí rigolů a stružek, většinou vcelku mělkých. V oblasti zátopy byly v minulosti provedeny meliorace. Ve vzdálenosti 50 - 100 m za uvažovanou vzdušnou patou průtočné varianty hráze se v SV části zátopy nachází rybníční soustava sestávající ze čtyř umělých jezer vzniklých po minulé těžbě šterkopísku. Menší vodní plochy se nacházejí rovněž uvnitř zátopy, zejména v její severovýchodní a východní části.

Z hlediska klimatických podmínek patří území k mírně teplé, mírně vlhké klimatické oblasti MT10, (Quitt, 1971). Průměrná roční teplota vzduchu je 8°. Průměrný roční úhrn srážek pro danou oblast činí cca 700 mm. Srážkově nejvydatnějším a nejteplejším měsícem je červenec (cca 90 mm, 18°C).

6.3 Geologické podmínky lokality

a) Předkvartérní podloží

Zájmové území, nacházející se na východním okraji Hranického krasu, prošlo komplikovaným geologickým vývojem. Báze skalního podloží je budována metamorfovanými horninami proterozoika (kambrium). Na metamorfovaném kambrijském podloží jsou uloženy sedimentární horniny sudetského paleozoika (devon, eifel), vystupující na den hlavně ve skalních odřezech mezi lázněmi Teplice nad Bečvou a Miloticemi v západní a severozápadní části posuzované lokality. Nejvýchodnějšími výchozy jsou devonské elevace v oblasti dvora Kamenec. Paleozoické horniny jsou budovány vápenci macošského souvrství. Mocnost vápencového souvrství není v oblasti Hranického krasu známa.

Reliéf paleozoika, pokleslý v důsledku variského vrásnění, byl v období terciéru zaplněn transgredujícím mořem (neogén-miocén), v němž probíhala poměrně mohutná sedimentace převážně pelitických zemin. Akumulace miocenních sedimentů probíhala na devonském paleoreliéfu, z něhož vystupovaly reliktu kuželovitých devonských elevací, nazývané mogoty. Tyto elevace byly miocenními pelity zcela překryty.

Koncem miocénu a začátkem pliocénu bylo zájmové území podrobena procesům eroze a denudace. Působením těchto procesů došlo k obnažení vrcholových částí devonských elevací, jejichž výskyt byl potvrzen, resp. zjištěn provedenými průzkumnými pracemi. Devonská elevace v Kamenci zčásti vystupuje na den, ostatní devonské útvary jsou v oblasti zátopy překryty fluviaálními sedimenty údolní terasy.

V období karpatské orogeneze byly na miocenní sedimenty od východu nasunuty mělké střížné příkrovy podslezský a slezský, tvořené převážně pelitickými sedimenty křídly a paleogénu. Relikty poloskalních hornin podslezského příkrovu se nacházejí v oblasti východně od spojnice Kamenec-Špičky. Vzhledem ke svému granulometrickému složení (převážně jílovité, vápnité jíly až jílovce) jsou paleogenní sedimenty makroskopicky obtížně odlišitelné od sedimentů miocenních.

Předkvartérní podloží je tedy v oblasti zátopy vodního díla budováno prakticky nepropustnými pelitickými sedimenty (jíly, jílovce), z nichž na omezené ploše vystupují k povrchu reliktu devonských skalních útvarů – vápencových elevací. Mocnost terciéru se v posuzovaném území pohybuje v rozmezí několika m až desítek a narůstá směrem k východu a jihu.

b) Kvartérní pokryv

Kvartérní pokryv je v zájmové oblasti tvořen převážně fluviaálními sedimenty – pokryvnými povodňovými hlínami a bazálními štěrky údolní terasy. Fluviaální sedimenty jsou vyvinuty i ve vyšším terasovém stupni jižně od Kamence.

Levý údolní svah je přerýván jílovitými sedimenty deluviální, méně eolické geneze.

Lokálně byly zastiženy navážky a antropogenní zeminy charakteru stavebního a komunálního odpadu.

7. VYHODNOCENÍ GEOLOGICKO-PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

7.1 Stavba a složení zemního (horninového) zkoumané oblasti

7.1.1 Kvartérní sedimenty

Pokryvné kvartérní útvary lze, z hlediska geneze a granulometrického složení, rozčlenit do několika skupin.

- a) Fluviaální sedimenty údolní terasy (holocén) tvořené pokryvnými náplavovými pelity uloženými na vrstvě bazálních štěrků údolní terasy.

Náplavové hlíny jsou převážně reprezentovány slabě písčítým jílem třídy F4 (sasiCl), resp. jílem třídy F6 (siCl), tuhé konzistence. Mocnost pokryvných soudržných zemin se pohybuje generelně v rozmezí 1 – 2 m.

Bazální štěrky údolní terasy jsou spíše monomiktní, tvořené zaoblenými zrny pískovců a drob velikosti do 10 cm, generelně 3-7 cm. Štěrky obsahují proměnlivou příměs jílovito-písčité frakce. Z hlediska zařazení se jedná o štěrk hlinitopísčité tříd G3 (sasiGr) až G5 (saciGr). Bazální štěrky jsou uloženy ve vrstvě mocné cca 4 – 7 m.

- b) Sedimenty vyšších říčních teras (pleistocén), tvořené štěrkovitými zeminami jsou vyvinuty především v levém údolním svahu jižně od Kamence směrem ke Skaličce, kde vytváří výrazný morfologický stupeň. Tyto zeminy byly zastiženy ve vrtech S102 a S120. Granulometrické složení pleistocenních štěrků je podobné složení štěrků údolních, obsahují vyšší podíl jílovitopísčité frakce (G4, saciGr).
- c) Svahové sedimenty tvořené převážně jílovitými zeminami. Geneticky se jedná o přemístěná eluvia terciérních zemin, resp. poloskalních hornin, charakteru prachovitěho jílu třídy F6 (siCl). Zastiženy byly i okrově hnědé sprašové hlíny (pleistocén). Přejít do předkvartérního (miocenního) podloží je, zejména u deluvií, nezřetelný.

Nepravidelně a velmi omezeně se vyskytují navážky v oblasti dvora Kamence, a v koncové části zátopy u silnice Nemětice-Hustopeče nad Bečvou (vrt S129).

Výskyt navážek a komunálního odpadu byl ověřen v prostoru staré skládky ve střední části zátopy (vrty S201, S202, S203).

Svahové, případně eolické sedimenty tvoří základovou půdu přehradní hráze v jejím levobřežním úseku. V oblasti zátopy se jako vhodné jeví hráz zakládat do vrstvy fluvialních hlín s odstraněnou svrchní humózní vrstvou.

7.1.2 Terciérní zeminy (poloskalní horniny)

Terciérní sedimenty tvoří převážnou část plochy předkvartérního podloží v oblasti budoucí zátopy vodního díla. V minulosti, s největší pravděpodobností, byla akumulace miocenních pelitů vyvinuta v celé ploše nynější údolní nivy a zcela překrývala skalní elevace devonských vápenců, následně obnažené procesy eroze a denudace, např. v oblasti Kamence nebo východně od Černotína.

Terciérní sedimenty jsou především produktem marinní sedimentace z období miocénu (stupeň karpát). Z granulometrického hlediska se jedná převážně o pelity charakteru zelenošedého až hnědočerného vápnatého jílu tříd F6 (siCl) až F8 (Cl) tuhé až pevné konzistence, místy přecházejícími do diageneticky zpevněných jílovců. Ve východní části zátopy se vyskytují i zeminy, resp. poloskalní horniny (jíly, jílovce) podslezského příkrovu (mezozoikum, paleogén). Vzájemné rozlišení paleogenních a terciérních sedimentů je, vzhledem k jejich podobné povaze, obtížné. Miocenní sedimenty jsou charakteristické převážně nazezelenalým odstínem zbarvení, paleogenní pelity jsou hnědočerné až černé.

Na geofyzikálním profilu P4 byla ve staničení cca 2500-2800 m zjištěna odporová anomálie, indikující výskyt hornin (zemin) svým složením odlišných od monotónní pelitické sedimentace miocénu. V oblasti anomálie byla provedena doplňková měření, včetně gravimetrie (profily X6, X11, X12). Geofyzikální metody byly doplněny o dva jádrové vrty S101, S130 hloubky 30 m, resp. 25 m. Cílem provedení jádrových vrtů bylo ověřit, zda v zátopě nevystupuje další devonská elevace, o jejíž existenci nebylo doposud povědomí. Jádrovými vrty bylo ověřeno, že pod fluvialními sedimenty údolní terasy se nachází vrstva hrubých pískovcových úlomků, stmelěných pevným jílovitopísčítým pojivem. Pískovce jsou silně vápnaté (silná reakce na HCl), což zpočátku vedlo k domněnce, že se jedná o vápencovou suť stmelěnou miocenními jíly. Po konzultaci

s odborníky na litologii bylo konstatováno, že se jedná o úlomky pískovce. Vcelku pevné kusy jádra přecházejí v hloubkách 15 m (S101), resp. 19,5 m (S130), do polohy zcela porušených pískovců, těžených v ostrohranných úlomcích a drti. Ve vrtu S101 byly v hloubce 25 m zastížen silně porušený vápenec, těžený s nízkým výnosem jádra v úlomcích. Domníváme se, že by se mohlo jednat o relikv podslézského příkrovu, jehož východní hranice je v archívních podkladech indikována právě v těchto místech. Z hlediska úvah o riziku infiltrace povrchové vody do devonského skalního podloží lze konstatovat, že poloha slepenců pod údolními štěrky, mocná 7 – 10 m, je jen velmi slabě propustná, jak bylo ověřeno vodními tlakovými zkouškami ve vrtu S101 (ztráty vody při tlaku 0,15 MPa do 0,2 l/m/min.)

V jádrových vrtech provedených v oblasti Kamence (S122, S124, S125), ale i v ostatních vrtech umístěných poblíž výchozů devonských vápenců byl zjištěn výskyt jílovitých zemin obsahujících velký podíl středních až hrubých ostrohranných úlomků vápence, ale i pískovců a drob (inertních vůči HCl). Tyto zeminy až poloskalní horniny mají povahu slepence s převažujícím podílem jílovito-písčitého pojiva pevné až tvrdé konzistence.

Z hlediska provozu budoucí vodní nádrže je důležité konstatování, že terciární sedimenty jsou velmi slabě propustné a v místech svého výskytu, tedy v převážné ploše vzduť, prakticky vylučují možnost infiltrace povrchové vody do puklinově propustných skalních hornin paleozoika.

7.1.3 Horniny paleozoika

Geofyzikálními měřeními a jádrovými vrty byl ve zkoumaném území ověřen, resp. zjištěn výskyt několika devonských elevací (výchozů):

- a) Výchoz vápenců na levém břehu Bečvy východně od Černotína v oblasti vrtů S108, S109, S115
- b) Výchoz vápenců v ohbí levého břehu ř. Bečvy – v okolí vrtu S116
- c) Výchoz vápenců na levém břehu Bečvy v prostoru vrtů S114, S114B (u Špiček)
- d) Výchozy devonských elevací u dvora Kamenec

Geofyzikální měření naznačovala možný výskyt další vápencové elevace východně od Kamence (profily P4, X6, X11, X12), nicméně jádrovými vrty S101 a S130 nebyla tato skutečnost potvrzena.

Skalní horniny, vyskytující se v prostoru zátopy, jsou budovány sedimentárními horninami paleozoika (střední devon, eifel, macošské souvrství, vilémovické vrstvy). Litologicky se jedná o šedé až šedomodré vápence převážně jemnozrnné struktury, nezřetelně světle laminované, různé intenzity navětrání. Charakteristický je hojný výskyt mléčně bílého kalcitu v sekundární výplni trhlin primárně rozevřených generálně do 1-2 cm, místy doprovázeného shluky drobných zrněk pyritu. Na povrchu vizuálně celistvého jádra, těženého převážně v kusech nad 5-10 cm, je často patrné vlásečnicové rozpraskání v důsledku tektonického namáhání horninového masívu, patrně v průběhu karpatské příkrovové tektoniky. Podrobněji jsou jednotlivé devonské útvary, lokalizované v zájmové oblasti, popsány v následujících kapitolách.

7.2 Zhodnocení geologických podmínek oblastí výskytu devonských elevací

7.2.1 Výchozy devonu východně od Černotína

a) Výskyt a charakter vápenců zasahujících do údolní nivy v oblasti nárazového břehu východně od Černotína byl ověřován geofyzikálními měřeními v profilech K1, K2, P1 až P4, X9 a doplňkovými gravimetrickými profilemi. Dále byly v tomto prostoru provedeny jádrové vrty S105, S106, S108, S109, S115 a S106 hloubky 40 – 60 m, v nichž byla realizována karotážní měření. Vrty byly vystrojeny PVC-U pažnicemi jako pozorovací za účelem sledování vývoje hladin v devonské zvodni v průběhu hydrodynamických zkoušek, a také pro dlouhodobější režimová

pozorování. V sousedství těchto vrtů byly dále do fluviálních štěrků provedeny krátké pozorovací vrty hloubky do 10 m (označené písmenem A) s cílem vzájemného porovnání vývoje hladin podzemní vody v devonské kvartérní zvodních.

Jádrové vrty S108, S109, S115 byly provedeny na levém břehu ř. Bečvy v trase geofyzikálního profilu K1, kde byl geofyzikálními měřeními indikován výskyt devonských vápenců v bezprostředním podloží fluviálních štěrků. Na rozdíl od devonských výchozů u dvora Kamenec se nejedná o solitérní elevaci „utopenou“ v terciérních jílovitých sedimentech, ale pokračující výběžek skalních výchozů, patrných na pravém břehu Bečvy. Intenzivně porušené a silně propustné vápence byly zastiženy ve vrtu S108 do hloubky cca 25 m, jak vyplývá z dokumentace vrtného jádra a výsledků vodních tlakových zkoušek. Jádro zde bylo těženo v drobných úlomcích až drti, s pevnějšími polohami vynášenými v kusech. V hloubkovém intervalu 33,5-34,0 byl zaznamenán propad vrtného nářadí a silný přítok vody do vrtu. Ztráty vody během VTZ dosahovaly hodnot až 7 l/m/min. při zkušební tlaku 0,3 MPa (příloha č. 5). S hloubkou vrtu byl zaznamenán pokles spotřeb vody až na 0,5 l/m/min. v poslední etáži. Intenzita porušení skalního masívu a jeho vysoká propustnost může souviset i se skutečností, že vrtem S108 byla zastižena okrajová část skalního výchozu, jak vyplývá z geofyzikálních měření, nelze ovšem vyloučit ani možnost průběhu tektonické dislokace.

Ve vrtech S109, S115 již byl zastižen vcelku pevný horninový masív, v povrchové části navětralý, s výrazně nižšími propustnostmi jednotlivých zkoušených etáží.

Existence skalního výchozu s propustnými partiemi v blízkosti trasy hráze, může znamenat určitá rizika ve smyslu možnosti průsaků vody podložím hráze – z nádrže směrem k říčnímu korytu. Zmíněná rizika lze eliminovat vybudováním injekční clony, posunutím trasy boční hráze o cca 20 m směrem k východu nebo volba varianty průtočné nádrže s hrází odsazenou od výše popsané oblasti cca 300 m východně.

b) Další výchoz devonských vápenců byl zjištěn v oblasti ohybu říčního koryta směrem k JZJ. V této oblasti byla provedena geofyzikální měření (profily P1, P2, K2 a X9, gravimetrie). Výsledky geofyziky byly ověřeny jádrovými vrty S105, S106 a S116. V úseku vrtů S105, S106 jsou fluviální štěrky uloženy na vrstvě prakticky nepropustných miocénních jílovitých sedimentů, mocné 5–6 m. Ve vrtu S116 bylo zastiženo skalní podloží bezprostředně pod kvartérem – štěrky údolní terasy. Z výsledků geofyzikálních měření, dokumentace archívních i nových vrtů vyplývá, že se jedná o izolovanou elevaci (mogot) devonských vápenců s velmi strmými, rychle ustupujícími svahy, obklopenou jílovitou akumulací terciéru. Ve vrtu S116 byly zastiženy převážně zdravé vápence, dle výsledků VTZ relativně málo propustné. Spotřeby vody v průběhu vodních tlakových zkoušek nepřesahovaly pro jednotlivé etáže hodnotu 1 l/m/min. při tlaku 0,3 MPa, při zkušební tlaku 0,15 MPa se hodnoty spotřeb vody pohybovaly pod 0,3 l/m/min. Rovněž v této oblasti jsou rozevřené trhliny ve vápencích často vyplněny jílovitou zeminou s příměsí drobné drti (obrázek č. 7.1).

Východní okraj této elevace je od vzdušní paty průtočné varianty hráze vzdálen cca 50 m a její založení nebude ovlivňovat.

Obrázek č. 7.1: Jílovitá výplň trhliny ve vápencích (vrt S105, hl. 37 m).



7.2.2 Výchozy devonu u Špiček

Výchoz vápenců na levém břehu Bečvy v prostoru vrtů S114 (příloha č. 2.2). Jedná se o solitérní elevaci, nejspíše vyvýšenou část devonského prahu probíhající od dvora Kamenec SV směrem. Ve vrtech S114 a S114b byl zastížen velmi kvalitní horninový masív (RQD prakticky kontinuálně > 80-90%), celkově slabě propustný. Ztráty vody při vodních tlakových zkouškách provedených ve vrtu S114 se pohybovaly v rozmezí hodnot 0,1-0,4 l/m/min při tlaku 0,3 MPa, při tlaku 0,15 MPa nepřesáhly hodnotu 0,2 l/m/min.

V boční variantě zasahuje výchoz pod vzdušní patu hráze, nicméně případné budování injekční clony v tomto úseku není, dle našeho názoru, nutné. V průtočné variantě se mogot nachází uvnitř zátopy.

7.2.3 Výchozy devonu u Kamence

Devonské elevace u dvora Kamenec vystupují na den ve střední části zátopy a dlouhodobě byly pokládány za jednu z možných zdrojových oblastí lázeňských vod v prostoru Hranického krasu. V rámci geologicko-průzkumných prací provedených v letech 2020-2021 byla proto tomuto území věnována zvýšená pozornost. Níže jsou detailně popsány jednotlivé aspekty přírodních podmínek oblasti.

Geologické podmínky oblasti Kamence jsou interpretovány na základě dokumentace nově provedených jádrových vrtů hloubky 40 – 100 m (S121, S122, S123, S124, S125) a komplexu geofyzikálních měření (odporová tomografie, mělká refrakční seismika, gravimetrie, karotážní měření ve vrtech). Za účelem sledování režimu hladin podzemní vody v kvartérní a devonských zvodních byly průzkumné jádrové vrty rozšířeny a vystrojeny jako vrty pozorovací. Ve vrtech S121, S122, S123, S124 a S125 je sledována hladina podzemní vody devonské zvodně, paralelně s vrtem S122 byl proveden krátký vrt S122A ukončený v nepropustných miocénních jílech - s cílem možnosti souběžného sledování režimu hladin podzemní vody ve vzájemně oddělených devonských a kvartérních zvodních.

K dispozici je rovněž dokumentace průzkumných vrtů z období let 1960-1961 (vrty J109, J111, 801,802, 803, 803a), k níž je ovšem třeba přistupovat s jistou rezervou vzhledem ke způsobu jejich provádění a kvalitě vynášeného jádra. Cenné jsou spíše informace o hloubkách rozhraní jednotlivých zemních, resp. horninových typů.

a) Morfologie území v oblasti Kamence, paleoreliéf

Terénní vyvýšenina v oblasti Kamence se projevuje jako podlouhlá struktura zhruba SJ směru s maximální kótou 258,5 – 259,0 m n.m. a maximálním převýšením nad údolní nivou ř. Bečvy cca 3-4 m. Směrem k severu a východu jsou sklony výchozu směrem do údolní nivy strmější,

západním směrem terén upadá jenom pozvolně. V oblasti vrtu S125 má výběžek plochý až mírně sedlovitý tvar s následným zvedáním terénu směrem k jihu. Hřbet devonských vápenců, vystupující na povrch terénu, resp. bezprostředně pod bázi fluviálních štěrků údolní terasy probíhá ve směru SZ-JV. Vlastní terén tedy nekopíruje generelní směr osy spojující vrcholové části obou devonských elevací.

Z hlediska paleoreliéfu lze na základě interpretace výsledků geofyzikálních měření a dokumentace jádrových vrtů konstatovat, že devonský hřbítek sestává ze dvou samostatných elevací – menší JV elevace (výchozy vápence na den ve vrtech S123, J111) a větší SZ elevace (vrty J801, J802, S121). Elevace mají nejspíše tvar útesu s velmi strmou SV stěnou a mírnějším, nicméně taktéž rychle upadajícím JZ svahem. Obě elevace odděluje vcelku hluboké sedlo (průrva?) s akumulací terciéru a kvartéru mocnou až 20 m (vrt 803). Devonské elevace jsou „utopeny“ v akumulaci terciérních sedimentů, jejichž mocnost západním a jižním směrem převyšuje 50 – 60 m. Podle dokumentace jádrových vrtů S122 a S114 a výsledků geofyzikálních měření se jeví, že od Kamence, napříč údolím, probíhá severovýchodním směrem k ř. Bečvě práh devonských vápenců šířky cca 150 – 200 m, navazující na výše uvedené sedlo (vrty 803, 803A), nad nímž souhrnná mocnost terciéru a kvartéru nepřesahuje 20 m. Svahy prahu se východním i západním směrem rychle noří do hloubek nad 40 m.

b) Kvartérní pokryv

Výchozy vápence u Kamence jsou zčásti překryty fluviálními sedimenty údolní terasy, zčásti vystupují na den (S123). Ve vrtech umístěných v údolní nivě řeky Bečvy (J121, J122) severně od posuzovaného území byly jádrovými vrty zastiženy sedimenty údolní terasy tvořené povrchovou vrstvou náplavových hlín a vrstvou bazálních štěrků. Náplavové hlíny jsou z granulometrického hlediska tvořeny prachovitým jílem třídy F6, tuhé konzistence. Mocnost vrstvy relativně nepropustných pelitů činí cca 1 - 2 m. Bazální štěrky údolní terasy jsou střední až hrubé, velikosti zrn generelně do 5 – 10 cm, polymiktní, zaoblené, ulehlé, s hojnou příměsí hlinitopísčité frakce, třídy převážně G3. Báze štěrkové vrstvy fluviální geneze byla zastižena v hloubkách 4,8 m (S121) až 6,35 m (S121). Ve vrtu S122 byla v hloubkovém intervalu 6,35-9,00 zastižena poloha čistého, hrubého, subangulárního štěrku, spíše monomiktního, o velikosti zrn převážně do 10 cm. Štěrková zrna jsou tvořena převážně pískovcem. Vyšší mocnost kvartérních sedimentů - 11 m je rovněž uváděna v archívním vrtu J109 provedeného východně od dvora Kamenec (příloha č. 2).

Kvartérní pokryv výchozů devonských vápenců nad úrovní údolní terasy je tvořen převážně hlinitopísčítými, resp. štěrkovitými zeminami středního pleistocénu, táhnoucími se od Kamence v postupně se rozšiřujícím pruhu jižním směrem. Zastiženy byly rovněž navážky související nejspíše s dřívější stavební činností v areálu dvora Kamenec.

c) Terciérní sedimenty

Výskyt terciérních (převážně miocén, torton, stupeň karpát), byl ověřen ve vrtech S122, S124 a S125 a v archívních vrtech 803, 803a. Z granulometrického hlediska se jedná převážně o pelity marinní sedimentace charakteru zelenošedého až hnědočerného jílu tuhé až pevné konzistence, převážně vápnité, místy přecházejícími do diageneticky zpevněných jílovců. V úpatí devonských elevací (vrty S122, S125) byl zastiženy úlomky vápenců, zřejmě původně hrubozrnné suti, stmelené pevným šedým až šedo zeleným jílovitopísčítým tmelem. Zastiženy byly i slepence se zrny pískovce (obr. 7.2). Převážně jemnozrnné terciérní sedimenty byly zastiženy i v archívních vrtech 803, 803a. Akumulace terciérních sedimentů v okolí obou devonských elevací představují prakticky nepropustné prostředí. V minulosti, s největší pravděpodobností, vrstva miocénních pelitů skalní výchozy zcela překrývala.

a) Paleozoikum

Horninový masív je v prostoru dvora Kamenec budován sedimentárními horninami středního devonu (macošské souvrství, vilémovické vrstvy). Litologicky se jedná o šedé až šedomodré vápence jemnozrnné struktury, nezřetelně světle laminované, různé intenzity navětrání. Navětralejší partie devonu byly zastiženy ve vrcholové části JV elevace, kde vápence vystupují prakticky na povrch terénu, a také na kontaktu s terciárními sedimenty. V hlubších částech masívu byly polohy více navětralejšího vápence zastiženy ve vrtu S121 (35,7 – 44,1 m), resp. S122 (43,7–47,0 m). Navětrání hornin se v těchto úsecích projevovalo intenzivnějším rozpukáním (nižší kusovitostí - parametr RQD), hojnou přítomností povlaků žlutohnědého limonitu na odlučných plochách a zvýšenými spotřebami vody při vodních tlakových zkouškách.

Celkově lze konstatovat dobrou kvalitu horninového masívu, vrtné jádro bylo těženo v kusech převážně nad 10 cm, se spíše ojedinělými polohami větších ostrohranných úlomků. Vápence jsou porušeny subvertikálními trhlinami s frekvencí v řádu dm až několika m s drsnými až zazubnými odlučnými plochami a mírně ukloněnými vrstevními plochami podmiňujícími deskovitou až lavicovitou odlučnost horninového masívu. Vrstevní plochy jsou spíše mírně drsné až drsné, planární, většinou se sevřenými spárami.

Ve vrtném jádru je patrné primární rozpukání vápenců vyhojené mléčně bílým pevným kalcitem, místy doprovázeným shluky drobných krystalů pyritu. Rozevření sekundárně vyhojených trhlin se pohybuje v rozmezí prvních mm až cm. Na povrchu vrtného jádra je dále patrna poměrně hustá síť vlásečnicových trhlin - nejspíše důsledek tektonického namožení skalního masívu v průběhu karpatské orogeneze.

Obrázek č. 7.2: Detail slepence v nadloží rozpukaného vápence s trhlinami vyplněnými jílovitým materiálem s příměsí drti (vrt S125, hloubka 42 m)



7.3 Krasové jevy

Zájmová oblast se nachází na východním okraji území Hranického krasu. Vývoj krasových struktur v posuzované oblasti prošel několika fázemi. V první (paleozoické) fázi byl horninový masív porušován atmosférickými srážkami rozpouštějícími sedimentární vápence. Proces krasovatění byl přerušen transgresí moře ve spodním karbonu, spojenou se sedimentací flyše mocnosti několika km.

Druhá fáze vývoje krasového území pokračovala v období mezozoika, kdy v důsledku procesů eroze a denudace byly obnaženy vápencové horniny a následně v terciéru, v jehož průběhu probíhala modelace paleoreliéfu se vznikem kuželovitého krasu s elevacemi (mogoty). V archívních podkladech je uváděn převážně homolovitý tvar devonských elevací, podle výsledků průzkumu se v prostoru Kamence jedná spíše o hřebenovité útvary se strmými stěnami charakteru útesu. Modulace paleoreliéfu a rozvoj krasových jevů byly v posuzovaném území ukončeny nástupem moře v období miocénu. Mořská miocénní transgrese je spojena s akumulací mohutné vrstvy slabě propustných, převážně jílovitých sedimentů, které úplně zakryly výstupy devonských elevací. Zároveň došlo k vyplnění (kolmataci) trhlin rozevřených v řádu prvních cm, tak i velké části mělkých krasových struktur. Kolmatace trhlin jílovitými zeminami byla zjištěna i v poměrně velkých hloubkách (obrázek č. 7.3).

Obrázek č. 7.3: Detail strmě skloněné trhliny rozevřené cca 2 cm, vyplněné pevným jílem (vrt S104, hloubka 80 m).



V průběhu orogeneze spojené s vyvrásněním Západních Karpat byl, mimo jiné, oživeny dříve založené hlubinné zlomy, podél nichž docházelo k únikům horkých plynů, především oxidu uhličitého, sytícího podzemní vodu a způsobující její agresivitu vůči karbonátům. Agresivní voda „rozpuštěla“ vápencové horniny, zároveň docházelo k její mineralizaci a vzniku kyselky čerpané z vrtů v lázních Teplice nad Bečvou. Mineralizovaná voda je v lázních čerpána z vrtů, jejichž hloubka nepřesahuje cca 100 m, zaznamenány jsou zde oblasti vývěrů minerálky do kvartérních šterků údolní terasy ř. Bečvy. Teplota minerálních vod v oblasti vývěrů činí zhruba 22° C. Důležité je zjištění, že vývoj krasových struktur v období od terciéru probíhá v oblasti Hranického krasu „zdola nahoru“ (tzv. kuželový hydrotermální hydrokras) a jeho geneze je spojena s výše popsanými hydrotermálními procesy.

Možná existence krasových struktur v devonských elevacích u dvora Kamence byla v rámci provedených průzkumných prací posuzována především na základě interpretace výsledků geofyzikálních měření a dokumentace jádra v průzkumných vrtech.

- a) V rámci geofyzikálních měření byly aplikovány metody mělké refrakční seismiky, elektrické odporové tomografie a gravimetrie (profily K3, P3, X4, X5, X8). Stavba horninového prostředí s výrazně odlišnými vlastnostmi (měrné odpory, rychlosti šíření seismických vln) jednotlivých horninových, resp. zemních typů umožnila vcelku spolehlivou identifikaci a lokalizaci vápencových útvarů „utopených“ v jílovitých akumulacích terciéru.

- b) Jádrové vrty byly umístovány podle interpretovaných geofyzikálních profilů s cílem ověřit stavbu horninového prostředí přímými metodami.

Zatímco na seismických profilech se vápencové útvary projevují jako spojitě prostředí vcelku pravidelného tvaru, v odporových profilech se v oblasti výchozů vápenců projevují většinou subvertikální anomálie lineárního tvaru (profil P3, staniční 1620 a 1670) a velmi nízkými hodnotami měrných odporů, odpovídajících hodnotám odporů jílovitých zemin. V tomto prostoru byly v roce 1962 (3) provedeny jádrové vrty 803, resp. 803a, v nichž byla ověřena akumulace terciérních jílu a jílovců mocná až 20 m, vyplňující sedlo mezi SZ a JV elevacemi devonských vápenců. Vznik deprese může být podmíněn tektonickým oslabením masívu ve směru V-Z (lineární anomálie propagující se do podloží). Možné projevy tektoniky, s nimiž jsou nejspíše spojeny i zvýšené ztráty vody (3) v průzkumných vrtech jsou rovněž zmiňovány v archívních podkladech.

V geofyzikálním profilu K3 bylo jádrovým vrtem S125 ověřeno, že oblast nízkoodporového prostředí mezi staničením 1000 a 1150 m představuje terciérní jílovité zemin (na bázi akumulace slepence) uložené v patě svislé až převislé stěny devonské elevace.

Výskyt rozsáhlejších projevů zkrasovatění vápencového masívu nebyl v archívních podkladech potvrzen, zmiňovány jsou náznaky intenzivněji porušených poloh s přítomností náletů, resp. povlaků limonitu na odlučných plochách. V nově provedených průzkumných dílech byly podobné polohy intenzivněji navětralého masívu s limonitickými povlaky na puklinách zastiženy ve vrtech:

S105: 27,0 – 35,0 m

S121: 35,7 - 44,1 m

S122: 43,7 – 47,0 m

S133: 31,0 – 37,0 m

Výskyt volných prostor ve vápencovém masívu, projevující se nulovým výnosem jádra a propadem vrtného nářadí byl zaznamenán ve vrtech:

S121: 22,7 – 25,1 m

S123: 34,6 – 36,1 m

Štíhlý jádrový vrt S121, umístěný na SV okraji vápencové elevace byl zacementován a v jeho sousedství, cca 4 m jižním směrem, tedy dovnitř masívu, byl proveden nový pozorovací vrt, v němž již výskyt dutiny nebyl potvrzen.

Jádrový vrt S123 byl rozšířen na pozorovací v původní pozici a výskyt dutiny byl ověřen i karotážním měřením. S touto dutinou je nicméně spojen jen velmi slabý přítok podzemní vody. Zhruba o 1 m hlouběji byla v intervalu 37,2-37,7 zastižena trhlinka vyplněná šedozeleým jílem měkké až tuhé konzistence, svým složením odpovídající miocénním sedimentům. Níže již byl zastižen zdravý horninový masív.

Na základě výše uvedených zjištění se domníváme, že rozsáhlejší kontinuální podzemní prostory, propagující se z povrchu terénu do hloubek, v nichž by mohlo teoreticky probíhat proudění zdrojových vod teplické minerálky, se v oblasti dvora Kamenec nevyskytují.

7.4 Hydrogeologické podmínky, propustnost horninového masívu

Podle hydrogeologické rajonizace území České Republiky přísluší zájmové území převážně do hydrogeologického rajonu 1631 Kvartér Horní Bečvy. Hydrogeologickým rajonem základní vrstvy je rajon 3221 Flyš v povodí Bečvy.

Hydrogeologické podmínky zájmového území posuzujeme především na základě dokumentace jádrových vrtů, výsledků karotážních měření, měření hladin v pozorovacích vrtech a vodních tlakových zkoušek.

Podzemní voda mělkého oběhu je vázána na průlinově propustný kolektor bazálních štěrků údolní terasy řeky Bečvy. Režim hladiny této zvodně je do značné míry spjat s kolísáním volné říční hladiny v Bečvě, která ji z velké části dotuje, zejména v obdobích s malým množstvím atmosférických srážek. Propustnost fluvialních štěrků do značné míry závisí na podílu jílovité frakce, který se může v jednotlivých částech zátopy (např. štěrky v blízkosti říčního koryta jsou více propláchnuté, tedy propustnější). V archívních podkladech jsou udávány hodnoty součinitele filtrace fluvialních štěrků v řádu 10^{-3} – 10^{-4} m.s⁻¹ (zeminy dosti silně propustné, třídy III, klasifikace Jetel 1982). Ze zrnitostních křivek porušených vzorků odebraných z jádrových vrtů byly součinitele filtrace stanoveny v řádu 10^{-4} – 10^{-5} m.s⁻¹ (zeminy mírně propustné, třídy IV, klasifikace Jetel 1982).

Průtočná hráz prochází v úseku jižně od Milotic nad Bečvou souběžně s rybniční soustavou vzniklou těžbou štěrkopísku. Říční tok a rybniční soustava jsou navzájem hydraulicky propojeny. Tuto skutečnost, s níž souvisí možnost iniciace procesů sufoze, resp. vnitřní eroze v důsledku vzduť vody v nádrži, je třeba mít na paměti při návrhu způsobu založení a těsnění hráze.

Terciérní sedimenty tvořené převážně jemnozrnnými zeminami charakteru jílu až jílovce jsou prakticky nepropustné, se součinitelem filtrace v řádu 10^{-8} – 10^{-9} m.s⁻¹ (zeminy nepatrně propustné, třídy VIII, klasifikace Jetel 1982). Vzhledem ke svému plošnému rozšíření v zátopě představuje vrstva miocénních zemin přirozený těsnící prvek bránící infiltraci podzemní vody ze zvodnělých fluvialních štěrků do puklinového prostředí devonských vápenců. Do akumulace terciérních sedimentů jsou pod úroveň kvartérního pokryvu ponořeny obě elevace devonských vápenců u Kamence, vápencový útvar u Špiček a také mogot v ohbí řeky Bečvy.

Podzemní voda hlubokého oběhu cirkuluje v puklinově propustném prostředí masívu devonských vápenců, přičemž obecně, v oblastech kontinuálně propojených krasovými útvary, se jedná o prostředí „trubně“ propustné.

V prostoru dvora Kamenec ani v ostatních hlubokých vrtech umístěných v posuzovaném území nebyly v devonských vápencích zjištěny polohy izolantů, které by oddělovaly a členily horninový masív na dílčí zvodnělé horizonty. Proto předpokládáme kontinuální zvodnění vápenců s tím, že i obě vápencové elevace lokalizované u Kamence představují z hlediska režimu hladiny podzemní vody spojitě prostředí. Z tabulky č. 7.1 jsou zřejmé vcelku malé vzájemné rozdíly v úrovních HPV ve vrtech S121, S122 umístěných v údolní nivě ř. Bečvy i ve vrtech S124 S125 provedených ve zvýšeném terénu jižně od SZ elevace. Trendu se vymyká vrt S123, situovaný v jižní části JV elevace, kde je HPV trvale měřena o cca 0,8-0,9 m výše v porovnání s ostatními vrty. Domníváme se, že horninový masív je v tomto prostoru dotován vodotečí protékající v patě východního svahu elevace. Vzhledem k celkově nízké propustnosti nižších partií devonských vápenců voda v oblasti vrtu S123 nejspíše jen pomalu infiltruje do okolního horninového prostředí. Předpokládáme, že pokud by v masívu devonských vápenců existovaly silně propustné krasové struktury typu závrtu, propojující povrchové části elevací s hlubšími partiemi horninového masívu, v nichž dochází k proudění podzemní vody ke zdrojům vody v lázních Teplice, zaznamenaly by režimní pozorování hladin podzemní vody ve vrtech spíše vývoj depresního kužele. Tento předpoklad je třeba ověřit dlouhodobějším sledování hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech.

Tabulka č. 7.1: Hladiny podzemní vody měřené ve vrtech u Kamence

Datum	Označení vrtu					
	S121	S122	S122A	S123	S124	S125
06.1.2021	253,29	253,56	253,52	254,33	253,59	253,57
13.01.2021	253,49	253,42	253,38	254,18	253,47	253,45
20.01.2021	253,36	253,31	253,27	254,08	253,35	253,33

Pozn. : Měření HPV ve fluviálních štěrčích

Propustnost horninového masívu budovaného devonskými vápenci byla ověřována vodními tlakovými zkouškami prováděnými po etážích délky 3 – 5 m. V archívních podkladech jsou uváděny velmi vysoké propustnosti spíše v hlubších částech horninového masívu, dokládané ztrátami vody při VTZ prováděných ve vrtech 801 (etáže 12-15 m, 18-24 m), resp. 802 (etáže 17-40 m), umístěných v oblasti SZ elevace. V povrchových částech masívu však byly spotřeby vody v těchto vrtech prakticky nulové. Zanedbatelné ztráty vody při VTZ byly zaznamenány ve vrtech J109 a J111, provedených v prostoru JV elevace.

V nových průzkumných vrtech byly zaznamenány největší spotřeby vody ve vrtu S121, etáže 6-9 m, resp. 21-26 m s hodnotami 3,83 l/m/min. (3,60 l/m/min.) při zkušební tlaku 0,3 MPa. Dále pak ve vrtu S122, etáž 21 -25 m, kde byly zaznamenána spotřeba vody 3,88 l/m/min. Při tlacích odpovídajících reálněji výšce hladiny vody v nádrži (0,15 MPa) byly ztráty vody výrazně nižší, většinou do 0,3-0,5 l/m/min. Z výsledků VTZ prováděných po etážích délky 3-5 m je zřejmé, že propustnost horninového masívu je vcelku proměnlivá v závislosti na momentální intenzitě jeho rozpukání, charakterizované parametrem RQD. S hloubkou obecně propustnost devonských vápenců klesá, v mimo jiné také vlivem kolmatace rozevřených trhlin vplaveným jílovitým materiálem (obrázek č. 7.2).

Jedním ze zadání průzkumu bylo rovněž posoudit zda, a do jaké míry dochází k vzájemnému ovlivňování obou zvodní – kvartérní a devonské. Za tímto účelem byly u některých hlubokých vrtů monitorujících vývoj hladin v devonských vápencích provedeny krátké vrtvy vystrojené PVC pažnicemi za účelem současného sledování režimu hladiny podzemní vody ve zvodni kvartérní (tabulka č. 7.2). Cenná jsou v tomto smyslu zejména měření ve vrtech, v nichž jsou devonská a kvartérní zvodně odděleny prakticky nepropustnou vrstvou miocénních jílu.

Tabulka č. 7.2: Přehled souběžně umístěných „devonských“ a „kvartérních“ vrtů

Devonská zvodně	101	104	105	106	108	109	114	115	116	122
Kvartérní zvodně	101A	104A	105A	106A	108A	109A	114A	115A	116A	122A

Ve většině vrtů byly zjištěny rozdílné úrovně hladin podzemní vody v obou zvodních, svědčící o určitém separátním vývoji. V dalších vrtech (S115, S122) jsou hladiny prakticky totožné. Rozdíly v hladinách jsou nicméně v řádu cm až prvních dm (viz. část F monitoring) a z relativně krátké řady měření nelze vyslovovat jednoznačné závěry. K vzájemné komunikaci mezi oběma zvodněmi zcela určitě dochází, jak již bylo ověřeno v minulých etapách průzkumných prací a pozorování. Míra této komunikace, dle našeho názoru, závisí zejména na intenzitě atmosférických srážek a rychlosti sycení puklinového prostředí svahovými vodami přitékajícími zejména z širší oblasti pravého údolního svahu a na druhou stranu v závislosti na úrovni hladiny vody v řece Bečvě, zejména při povodňových stavech. Relevantní závěry by mělo přinést vyhodnocení dlouhodobého sledování hladin podzemní vody na stávajících měrných místech a v nově vybudovaných pozorovacích vrtech, během něhož budou zachycovány všechny změny související především s momentálním i dlouhodobým vývojem atmosférických srážek.

7.5 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín (hornin)

Podle granulometrického (petrografického) složení, geneze, intenzity navětrání, tektonického porušení a dalších aspektů lze zemní (horninové prostředí) v zájmové oblasti rozčlenit na níže uvedené kvazihomogenní celky (geotechnické typy):

- Redeponované zeminy různého složení (stavební suť, komunální odpad).
Geotechnický typ GT1.
- Soudržné, převážně jílovité zeminy třídy F4-F6 fluviální geneze.
Geotechnický typ GT2a.
- Nesoudržné fluviální zeminy, převážně charakteru hlinitopísčitého šterku tříd G3-G4
Geotechnický typ GT2b.
- Soudržné jílovité zeminy deluviální, resp. eolické geneze třídy F6.
Geotechnický typ GT2c.
- Soudržné sedimenty terciárního stáří, charakteru jílu až prachovitého jílu tříd F6, F8.
Geotechnický typ GT3a.
- Soudržné, slabě zpevněné pískovce terciárního stáří, třídy R4-R5
Geotechnický typ GT3b.
- Zpevněné jílovité sedimenty obsahující hojnou příměs horninových úlomků různé velikosti, charakteru slepence třídy R4-R5. **Geotechnický typ GT3c.**
- Vápence celkově silně navětralé až zvětralé, převážně třídy R5. **Geotechnický typ GT4a**
- Vápence celkově navětralé tříd R4-R4. **Geotechnický typ GT4b**
- Vápence zdravé až slabě navětralé tříd R2-R3. **Geotechnický typ GT4c**

Základová půda hráze a souvisejících funkčních objektů bude tvořena prakticky výlučně kvartérními zemínami fluviální geneze (GT2a, GT2b), v levobřežním zavázání obou variant budou vystupovat soudržné eolické, resp. deluviální sedimenty GT2c. Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín, příslušejících do geotechnického typu GT2 byly stanoveny jako směrné normové charakteristiky dle již zrušené ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy* na základě makroskopického popisu jádra těženého z průzkumných vrtů a výsledků laboratorních zkoušek porušených, poloporušených a neporušených vzorků. Pro případné statické, resp. stabilitní výpočty jsou hodnoty fyzikálně-mechanických vlastností jednotlivých geotechnických typů generalizovány (tabulka č. 7.3).

Tabulka č. 7.3: Hodnoty základních geotechnických parametrů

Geotechnický typ	ρ_n	E_{def}	γ	φ_{ef}	C_{ef}	R_{dt}
GT2a	2,0	5	0,40	19,9	16,5	200
GT2b	1,9	40	0,25	33	0	400
GT2c	2,1	7	0,40	19,8	15,4	250

ρ_n - objemová hmotnost (Mg/m^3), E_{def} - modul přetvárnosti (MPa), γ - Poissonovo číslo, φ_{ef} - úhel vnitřního tření efektivní ($^\circ$), C_{ef} - koheze efektivní (kPa), R_{dt} - únosnost (kPa).

Tabulka č. 7.4: Vyhodnocení smykových zkoušek soudržných zemin

Geotechnický typ	Počet zkoušek	Úhel vnitřního tření		Koheze (kPa)	
		Min-max	Průměr	Min-max	Průměr
GT2a	7	18,1-22,1	19,9	14,5-18,7	16,5
GT2c	4	18,1-20,4	19,8	10,6-18,5	15,4

Tabulka č. 7.5: Vyhodnocení zkoušek základních indexových vlastností

GT	N	Vlhkost (%)		Objemová hmotnost (Mg/m ³)		Mez tekutosti (%)		Mez plasticity (%)	
		MIN MAX	Průměr	MIN MAX	Průměr	MIN MAX	Průměr	MIN MAX	Průměr
GT2a	21	7,0-30,7	20,8	1,7-2,2	2,0	28-58	38	16-33	19,6
GT2c	4	19,2-30,7	23,9	2,0-2,1	2,1	33-48	41	18-22	19,0

Tabulka č. 7.6: Zatřídění geotechnických typů podle těžitelnosti

Geotechnický typ	ČSN 73 3050	ČSN 73 6133
GT2a	2	I
GT2b	3	I
GT2c	2	I

Zatřídění jednotlivých geotechnických typů podle těžitelnosti bylo provedeno dle ČSN 73 3050 *Zemní práce* (dnes již neplatná), resp. dle ČSN 73 6133 *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Přehledně je zatřídění jednotlivých geotechnických typů prezentováno v tabulce č. 7.6.

7.6 Svahové deformace

Svahové deformace jsou vyvinuty v oblasti levého údolního svahu v jihovýchodní části zátopy. Postiženy jsou svahy upadající severním směrem ve sklonu cca 10 – 15°. V rámci geologicko-průzkumných prací byly ve svážných územích zkoumány dva profily:

- Profil X7A je proveden ve svahu nad zátopou severně od obce Zámrsky. Ve svahu je vyvinuta relativně mělká terénní deprese, tvar paty svahu je konkávní. Sedimenty akumulované v patě svahu jsou patrně denudovány a transportovány místní vodotečí protékající pod patou svahu směrem ke Kamenci.

Geologické podmínky svážného území byly zkoumány geofyzikálními měřeními (ERT, seismická tomografie) na profilu X7A délky 250 m a jádrovým vrtem S131i hloubky 30 m. Vrt byl vystrojen inklinometrickými pažnicemi DN80 za účelem určení hloubky případné smykové plochy a sledování rychlosti průběhu sesouvání svahu. Souběžně s inklinometrickým vrtem byl proveden vrt S131h hloubky 25 m, vystrojený PVC pažnicemi DN50, v úseku 2 – 25 m opatřenými šterbinovou perforací a šterkovým filtračním obsypem. Vrt byl S131h proveden za účelem sledování závislosti iniciace a rychlosti svahových pohybů na kolísání hladiny podzemní vody.

Z geologické dokumentace vrtu vyplývá, že povrch svahu je překryt vrstvou prachovitého jílu třídy F6 (siCl) tuhé až pevné konzistence, patrně eolické geneze, přecházejícího v hloubce 3,0 m do vrstvy velmi slabě písčitého jílu pevné konzistence, třídy F6 (Cl) (eluvium). V hloubce cca 5,1 m přechází kvartérní pokryv do miocénních sedimentů (stupeň karpát), tvořených olivově zeleným, postupně až zelenohnědým jílem pevné až tvrdé konzistence. V úrovni 8,5 m pod povrchem terénu přechází miocénní jíly ostře do akumulace zemin charakteru písčito-prachovitěho slinitého jílu, šedého a nazelenalým

nádechem, tvrdé konzistence. Od hloubky cca 13 m jsou zeminy při použití TK korunek rozvrtávány na písčito-prachovitou drť obsahující příměs ostrohranných úlomků jílovce až prachovce. Při použití diamantového vrtání s vodním výplachem docházelo k úplné dezintegraci jádra a jeho vyplavování. Na řezu ERT jsou patrné výrazné blokové struktury charakterizované zvýšenými měrnými odpory, rychle přecházejícími s hloubkou do zemního prostředí s velmi nízkými odpory. Na seismickém řezu jsou přechody rychlostí šíření seismických vln vcelku plynulé, rychlosti se postupně zvyšují s hloubkou.

Ve vrtném jádru nebyly zachyceny příznaky existence smykové plochy, zeminy kvartérního pokryvu vykazují pevnou konzistenci. Hladina podzemní vody byla naražena v hloubce 9 m pod úrovní terénu, pomalu vystoupala a ustálila se v hloubce 3,3 m. V této chvíli se nám jeví, že v posuzovaném území dochází spíše k mělkému sesouvání povrchových partií svahů, rozbrědlých v důsledku tání sněhu nebo dlouhodobějších dešťových srážek. Výskyt hlubších smykových ploch potvrdí nebo vyvrátí inklinometrická měření na vrtu S131i.

- b) Geofyzikální profil X7B délky 350 m je veden po spádnicí zalesněného svahu Doubek v nejvýhodnější části zátopy. Povrch svahu je rozbrázděn erozními rýhami i hlubšími stržemi s dočasnými vodotečemi.

Ve staničení cca 0,185 km geofyzikálního profilu X7B byl proveden jádrový vrt S132i hloubky 35 m, souběžně s ním pak hydrovrt S132h hloubky 25 m. Na odporovém řezu je patrna rozsáhlá oblast zemního (horninového) prostředí, charakterizovaná velmi nízkými odpory (do 5 ohmm). V hloubkách 25-28 m tato oblast vcelku ostře přechází do prostředí s odpory nad 30 ohmm. V horní části řezu je dobře patrna zóna se zvýšenými odpory, teoreticky by se mohlo jednat o odlučnou oblast sesuvu s hlubokou smykovou plochou.

V jádrovém vrtu S132i byla v pokryvné části svahu zastížena poloha slabě písčitého jílu (F6, siCl) tuhé až pevné konzistence, přecházející v hloubce 2,9 m do vrstvy hnědého až hnědozeleného písčitého jílu (F4, saCl), velmi měkké konzistence. Poloha měkkého písčitého jílu je v hloubce 7,3 m ukončena nástupem tvrdého, olivově zeleného, vápnitého jílu (F6, Cl) miocenního stáří (karpat). Miocenní jíly jsou uloženy na terciární akumulaci zemin charakteru prachovitého až písčitého jílu pevné, postupně až tvrdé konzistence. Od hloubky cca 14,5 m již dochází při vrtání TK korunkami k dezintegraci vrtného jádra na prachovito-písčitou zeminu s hojným obsahem úlomků jílovců a prachovců.

Na povrchu svahu jsou místy patrné lokální plošiny, přecházející do strmějších partií, což by nasvědčovalo blokovitému charakteru svahové deformace. Patrné je rovněž naklonění řady stromů směrem po svahu. Pata svahu je konvexního tvaru. Konvexní tvar paty naznačuje možnost sesouvání a akumulace spíše povrchových partií patní části svahu, nicméně nelze ani vyloučit, že se jedná o vytlačenou část svahu sesouvající se po hlubší rotační smykové ploše. Patrné je silné podmáčení paty svahu.

Posuzované svahové deformace jsou v současné době nejspíše uklidněné nebo se nachází ve stavu mezní rovnováhy. Na povrchu terénu nebyly pozorovány příznaky recentního sesouvání (např. čerstvé zátrhy atd.). K iniciaci pohybů může docházet v důsledku zvýšení hladiny podzemní vody např. vlivem extrémních dešťových srážek, a také, teoreticky, po napuštění vodního díla, i když se to vzhledem k nízkému vzdušnému tlaku v nádrži v této oblasti nepředpokládá. Pro kontrolu a možnost hodnocení vlivu uvažovaného vodního díla byly provedeny inklinometrické a piezometrické vrty S131 a S132.

Předpokládáme, že na inklinometrických i piezometrických vrtech S131, resp. S132 budou prováděna pravidelná měření (doporučujeme alespoň 2x ročně) a tyto vrty budou zařazeny do programu měření a pozorování TBD v průběhu výstavby a provozu vodního díla.

Sklony levého údolního svahu v úseku mezi profilem X7A a levobřežním zavázáním hráze jsou mírnější, bez příznaků výskytu recentních nestabilit. Po napuštění vodního díla bude výška maximálního vzduší v tomto úseku dosahovat hodnot až cca 10 m. Vzhledem k tomu, že údolní svahy jsou budovány především kvartéreními a terciéreními jílovitými zeminami, doporučujeme v této oblasti provést doplňkový inženýrskogeologický průzkum a stabilitu svahů ověřit výpočtem na stávajících profilech X7A, X7B, resp. dalších dvou nových profilech.

8. HYDROGEOLOGICKÉ MODELOVÁNÍ

Modelové práce byly provedeny ve dvou částech, a to jako matematický model proudění podzemní vody v kvartérení zvodni (příloha I.a) a matematický model proudění podzemní vody v krasové zvodni (příloha I.b).

Modelové práce byly provedeny pro všech 5 variant nádrže V2 – V6.

Modelové práce byly zahájeny sběrem a analýzou podkladů, souhrnně zpracovaných v příloze A. Práce na matematických modelech byly průběžně prezentovány na pracovních jednáních a koordinovány s postupem průzkumných prací a výsledků monitoringu.

Postup prací, předpoklady modelů, výsledky modelových prací a doporučení jsou podrobně popsány v samostatných zprávách, které jsou uvedeny v přílohách I.a (kvartér) a I.b (devon).

8.1 Kvartérení model

Byl zpracován v postupných krocích pro 1D a 2D řešení. Cílem je kvantifikovat dopady vodního díla (VD) Skalička, zejména těsnících prvků podloží, drenážních prvků, nově navrhovaných toků a dalších opatření na režim podzemních vod v kvartérení zvodni v prostoru VD a blízkém – souvisejícím okolí. Řešení postihovalo různý rozsah těsnících prvků podloží hráze ve dvou navrhovaných variantách VD (boční, průtočná nádrž) a ve variantách suché nádrže a VD s trvalým nadržáním (víceúčelová nádrž).

Modelové řešení bylo zpracováno pro stávající stav zájmové oblasti a v druhém kroku pro stavy po vybudování jednotlivých variant zamýšleného vodního díla Skalička.

Vlastní práce zahrnovaly:

- přípravu a doplnění podkladů, vymezení zájmového území a jeho typologické členění na podoblasti řešení včetně vymezení charakteristických řezů pro další podrobnější hodnocení, předběžné výškové a polohopisné řešení Bečvy, přírodního koryta v nádrži (V2, V3, V4) a přeložky Milotického potoka (V5, V6) v podélných a příčných řezech zátopy,
- modelové řešení proudění vody v Bečvě pro stanovení okrajové podmínky modelu proudění podzemní vody,
- modelové řešení proudění podzemní vody
 - předběžná řešení jednorozměrným (1D) dynamickým modelem,
 - řešení v detailu hráze VD dvojrozměrným modelem ve vertikální rovině (2Dv),
 - modelové řešení jednotlivých variant (kapitola 4) vodního díla a způsobu manipulace dvojrozměrným modelem v horizontální rovině (2Dh),
- doporučení na úpravu vodního díla v jednotlivých variantách.

Předpoklady přijaté při modelovém řešení

Vzhledem k podrobnosti provedených průzkumů a zejména ke skutečnosti, že projektová dokumentace byla vyhotovena dosud pouze na úrovni studií, musela být pro modelové řešení

přijata řada vstupních předpokladů. Tyto předpoklady jsou uvedeny pro kvartérní model ve zprávě (příloha č. I.a).

Při další projektové přípravě bude nutné posoudit, zda připravované řešení není odlišné od těchto předpokladů, bude nutno revidovat i závěry vycházející z předkládaných výsledků modelového řešení, popř. pro vybranou variantu VD Skalička provést zpřesňující výpočty. Vzhledem k měřítku sestaveného modelu s plochou řešeného území téměř 20 km² nicméně drobné polohopisné změny jednotlivých prvků (vodních toků, nalezišť materiálů, tělesa hráze) nevyvolávají významnější změny ve výsledcích modelových výpočtů.

Řeka Bečva

Koryto Bečvy bylo uvažováno jak polohopisně, tak výškopisně a rozměrově dle zaměření [189]. Pro takto definované koryto bylo provedeno hydraulické řešení, které poskytlo okrajovou podmínku umístěnou do koryta Bečvy.

Těleso hráze

Skladba tělesa hráze byla uvažována v souladu s podklady shrnutými v kapitole 4 zprávy o modelu (příloha č. I.a). Koruna hráze byla uvažována jako vodorovná. Hráz je založena na štěrkopiscích po odtěžení vrstvy málo propustných hlín. Těsnění podloží dokonalou podzemní stěnou je u variant suché nádrže (V2, V3, V5) provedeno pouze v zavázání funkčních objektů do podloží, u variant víceúčelové nádrže (V4, V6) pak v rozsahu zásobního prostoru. V úsecích netěsněného podloží je s příslušným přesahem navržen předložený těsnicí koberec.

Pro hydraulické výpočty proudění podzemní vody je podstatná funkce patního drénu, který při plné nádrži a zejména ve variantách bez těsnicího prvku podloží částečně stabilizuje hladinu podzemní vody v podhrází, při povodňových stavech v Bečvě v řadě případů drénuje průsaky z Bečvy. Kóta patního drénu byla uvažována po celé délce proměnná přibližně v jednotném sklonu směrem k výtokovému objektu s tím, že hladina v patním drénu je uvažována cca 0,5 m pod terénem.

V řadě případů je těleso hráze navrženo ve velmi stísněném prostoru mezi řekou Bečvou a korytem v prostoru nádrže (V2, V3, V4), resp. podél nového koryta Milotického potoka (V5, V6).

Úpravy na vzdušné straně hráze

Hráz VD Skalička v linii souběhu s Bečvou bude u variant boční nádrže V2, V3, V4 na vzdušné straně oddělena od Bečvy těsněným korytem odvádějícím průsakové vody a obslužnou komunikací s niveletou na úrovni 0,60 m nad hladinou řeky Bečvy při průtoku 660 m³/s.

Nové koryto v nádrži u variant V2, V3, V4

Nově vybudované koryto v případě variant boční nádrže spojuje vtokový objekt s výpustným objektem.

Koryto bylo uvažováno půdorysně v prostoru nádrže s délkou 5864 m v jednotném podélném sklonu cca 0,0019. V úsecích, kde je koryto situováno v pásu předloženého návodního těsnicího koberce, bylo uvažováno situačně posunuté do předpolí koberce (varianty V2, V3) tak, aby zajišťovalo drenážní funkci zvodně.

Pod hrází je ve vazbě na projektové řešení výtokového objektu koryto vedeno v délce cca 450 m ve velmi mírném sklonu 0,0005 směrem k Bečvě.

Koryto Milotického potoka a laguny pod Miloticemi u variant V5, V6

U variant průtočné nádrže (V5, V6) bude třeba zajistit odvodnění pravobřežního území a také stabilizaci hladiny v pravobřežní zvodni úpravou, resp. přeložkou Milotického potoka.

Vzhledem ke stísněným podmínkám mezi hrází VD Skalička a železničním tělesem (v ochranném pásmu železniční trati) bylo v rámci přípravy tvaru a diskretizace náhradní oblasti navrženo nové

koryto v prodloužení Milotického potoka, které pod lagunami prochází pod železniční tratí a následně se směrem po proudu pod hrází VD vrací do Bečvy. Koryto výškově přibližně navazuje na niveletu Milotického potoka pod nejnižše položenou lagunou pod Miloticemi nad Bečvou, má délku cca 2836 m a je vedeno v jednotném podélném sklonu 0,001. Koryto dvakrát podchází železniční trať.

Prostor zátopy

Ve všech variantách se předpokládá ponechání stávajících opuštěných štěrkovišť v prostoru zátopy. V některých místech dochází ke "kolizi" těchto lagun s návodním předloženým těsnicím kobercem. V tomto pásu se při modelovém řešení předpokládá utěsnění lagun.

Vzdutí hladiny vody v nádrži vyvolá vzdutí hladiny přítékajících svahových vod a odpovídající nárůst pórových tlaků v pásu přilehlém k nádrži, k dalšímu zhoršení stavu dojde při poklesu hladiny v nádrži při jejím prázdnění. Tyto jevy mohou vyvolat iniciaci svahových pohybů a jejich nestabilitu i v místech, která byla dosud považována za stabilní.

8.2 Model proudění podzemní vody v krasové zvodni

Modelové práce zahrnovaly analytické a hydraulické řešení zájmové oblasti. Řešení proudění v krasové zvodni je založeno na schematizaci neznámé sítě puklin, chodeb a jeskynních prostorů soustavou tlakových „potrubí“. Zájmová oblast byla po analýze podkladů a vazeb definována jednotlivými monitorovanými „objekty“, jako jsou vrty, jeskyně, Hranická propast. Analýza je s ohledem na tento cíl zaměřena na hodnocení tlakových poměrů v jednotlivých „objektech“ v Teplicích nad Bečvou, a to ve vazbě na změnu tlakových poměrů v prostoru zamýšlené nádrže VD Skalička.

Pro řešení proudění v tlakovém systému Hranického krasu byl analogicky s modely trubních sítí zvolen jednodimenzionální (1D) model proudění vody v síti puklin a podzemních otvorů.

Nadzemní prostory umožňující akumulaci vody např. Hranická propast a jeskyně při nástupu a poklesu hladiny byly popsány půdorysnou plochou.

Kalibrace modelu byla prováděna pro období sucha a při povodňových stavech.

Součástí modelových prací byla také analýza ovlivnění jakosti minerálních vod vlivem změny tlakových poměrů v prostoru zamýšlené nádrže VD Skalička.

Předpoklady přijaté při modelovém řešení

Při řešení byla z důvodu omezené poznatelnosti podzemních struktur Hranického krasu a souvisejících hydraulických a chemických procesů přijata řada předpokladů, které jsou v detailu uvedeny v příslušných kapitolách přílohy č. I.b. Všechny přijaté předpoklady byly koncipovány tak, aby výsledné závěry byly posunuty co možná nejvíce na stranu bezpečnosti a představovaly horní obálku možného nebezpečí a dopadů VD Skalička na útvary a objekty Hranického krasu a lázní Teplice nad Bečvou (LTBN).

Jde o následující předpoklady:

- Ani mezi odborníky zabývajícími se dlouhodobě zájmovou lokalitou nepanuje jednoznačná shoda v lokalizaci zdroje termálních vod. S ohledem na cíle práce byl bez ohledu na jiné názory umístěn zdroj vody do prostoru nádrže VD Skalička. Přesnější lokalizace do ohbí Bečvy a osady Kamenec vychází z dříve i nově provedených průzkumných prací.
- Různé práce uvádějí různá množství minerální vody vyvěrající v prostoru LTNB (do Bečvy, jímadel). Množství v rozsahu 95 až 115 l/s odvozené v rámci této HGS lze považovat za mezní, poněkud nadhodnocené ve snaze vystihnout extrémní hydraulické zatížení krasových struktur.

- Hydraulická vazba mezi jednotlivými objekty a útvary Hranického krasu a uvažovanými zdrojovými lokalitami v ohbí Bečvy a u osady Kamenec nebyla dosavadním průzkumem kvantifikována. V rámci modelového řešení byly hydraulické vazby ověřeny zpětnou analýzou při kalibračním modelu. Pro simulace dopadů VD Skalička pak byly vazby upraveny (Kamenec – ohbí Bečvy) a variantně modelovány ve snaze nalézt kombinaci s nejnejpříznivějšími dopady na LTNB a Zbrašovských aragonitových jeskyní.

9. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Z provedených geologicko-průzkumných, analytických a modelových prací na lokalitě Skalička vyplývají tyto závěry a doporučení:

- a) Existence skalních výchozů s propustnými partiemi v blízkosti navržené trasy hráze v prostoru ohbí Bečvy u Černotína a lávky přes Bečvu, může znamenat určitá rizika ve smyslu možnosti průsaků vody podložím hráze. Zmíněná rizika doporučujeme eliminovat posunutím trasy hráze mimo dosah ovlivnění. Rozsah posunutí doporučujeme upřesnit na základě doplňujícího průzkumu a posouzení v navazující technické studii.
- b) Z hlediska základových podmínek trasa hráze v průtočné variantě prochází oblastí výskytu kvartérních sedimentů údolní terasy, uložených výlučně na prakticky nepropustném terciárním podloží, a to i úseku svého křížení se stávajícím říčním korytem.

V boční variantě by bylo nutné provést zatěsnění povrchové zóny devonských vápenců v úseku vrtů S108, S109, S115, vykazující zvýšenou propustnost. Do kontaktu s devonskou elevací se boční hráz dostává i v oblasti vrtů S114, zde bez nutnosti těsnění.

- c) Jediným potenciaálně rizikovým místem z hlediska možné infiltrace vody ze zátopy přehradní nádrže do hlubších částí horninového masívu jsou výchozy dvou devonských elevací v oblasti Kamence. Geologicko-průzkumnými pracemi a dosavadním sledováním hladin podzemní vody v devonské, resp. kvartérní zvodni nebyly nicméně zjištěny skutečnosti, které by tato rizika potvrdily. Pro úplnou eliminaci rizika masívnější infiltrace vody z přehradní nádrže krasovou strukturou nebo tektonickou dislokací nezachycenými průzkumnými pracemi doporučujeme v rámci těžby zemin do násypu hráze vápencový masív v oblasti Kamence odkrýt a případná místa potenciaálního vsaku zatěsnit, např. hutněnou vrstvou z místních fluviaálních hlín, mocnou do 1 m.
- d) Založení hráze lze provést jak do vrstvy fluviaálních štěrků, tak i do vrstvy fluviaálních hlín. Založení do štěrků znamená velký objem zemních prací i přesunu jílovitého materiálu, který nebude možné, vzhledem ke konstrukci hráze, ve větším množství do násypu použít. Při založení hráze do vrstvy povodňových hlín by bylo nutné odtěžit jejich povrchovou, převážně humózní, vrstvu do hloubky cca 0,7 m a provést důkladné zhutnění základové spáry. V úsecích průchodu hráze územím s vegetačním pokryvem (stromy, křoviny), resp. mokřady je nutno fluviaální pelity odtěžit kompletně a nahradit kvalitní zeminou. Výhodou tohoto řešení je, dle našeho názoru, že v podloží hráze zůstane zachován těsnící prvek, alespoň zčásti eliminující množství průsaků do jejího štěrkového tělesa. Po volbě konečné varianty umístění hráze doporučujeme provést doplňkový inženýrskogeologický průzkum zahrnující provedení mělkých jádrových vrtů v ose hráze za účelem doplnění poznatků o její základových podmínkách, zejména v úseku souběhu s rybníční soustavou u Milotic.
- e) V rámci další etapy geologicko-průzkumných prací dále doporučujeme provést výpočty stability levobřežního svahu ve stávajících profilech X7A a X7B a analýzu doplnit o další cca dva profily. Dále se doporučuje provádět sledování svahových pohybů na vybudovaných inklinometrických vrtech pro posouzení možného vlivu budoucího vodního díla.

- f) Doporučujeme pokračovat v režimových pozorováních na původní i nově vybudované síti monitorovacích vrtů, s cílem zachytit a vzájemně porovnat vývoj režimu hladin podzemní vody v obou zvodních – kvartérní i devonské. S ohledem na rychlost změn se doporučuje zavedení automatického monitoringu. Při další projektové přípravě vodního díla a jeho realizaci je nezbytné uvažovat s nutností účinné likvidace zejména hlubokých vrtů umístěných v zátopě tak, aby se vyloučila možnost přetékání vody z nádrže do hlubších partií devonského masívu.
- g) Doporučujeme zabývat se v další projektové přípravě koncepcí drenů, filtračních a drenážních prvků v tělese hráze.
- h) S ohledem na zjištěné inženýrskogeologické podmínky v kvartérní vrstvách a zajištění filtrační stability podloží se jeví jako vhodnější zajištění filtrační stability a těsnosti podloží provedením těsnicího prvku těsnící clonou namísto předsazeného těsnicího koberce. Doporučujeme podrobněji se zabývat otázkou průsakového množství a účinky prosakující vody podložím hráze ve vazbě na bezpečnost díla a možnost jejího sledování a ověřování v rámci provádění technickobezpečnostního dohledu.
- i) Naleziště štěrkových materiálů pro násyp tělesa hráze doporučujeme umístit dále od tělesa hráze do ploch s prokazatelným výskytem dostatečně mocné vrstvy terciérních jílu. Průzkum ukázal, že štěrkovité materiály se nacházejí také ve východní části lokality (východně od Kamence ke konci zátopy).
- j) V lokalitě staré skládky jihovýchodně od Kamence (profily S1 a S2 obrázek č. 1) byly zjištěny antropogenní materiály, které nesplňují limity vyhlášky č. 294/2005 Sb. pro uložení na skládku a budou muset být odtěženy.
- k) V rámci navazující projektové přípravy provést analýzu režimu hladiny podzemní vody v obci Skalička i s ohledem na existující podzemní síť a navrhnout opatření k eliminaci vlivu zvýšení hladiny podzemní vody.

10. SEZNAM PŘÍLOH:

- A Podklady
- B Geofyzika
- C Inženýrskogeologické práce
- Příloha č. 1: Účelové mapy zájmové oblasti
- Příloha č. 1.1: Přehledná situace 1 : 50 000
- Příloha č. 1.2: Vrtná prozkoumanost
- Příloha č. 1.3: Přehledná geologická mapa oblasti 1 : 25 000
- Příloha č. 1.4: Mapa svahových deformací
- Příloha č. 1.5: Mapa morfologie terénu
- Příloha č. 2: Podrobné situace
- Příloha č. 2.1: Celková situace zátopy
- Příloha č. 2.2: Situace výchozů vápenců u Kamence
- Příloha č. 3: Schematické geologické profily oblastí Kamence
- Příloha č. 3.1: Schématický geologický profil A-Á
- Příloha č. 3.2: Schématický geologický profil B-B'
- Příloha č. 4: Geologická dokumentace vrtů
- Příloha č. 5: Přehled výsledků vodních tlakových zkoušek
- Příloha č. 6: Laboratorní zkoušky zemin
- D Karotáž
- E Hydrodynamické zkoušky
- F Monitoring
- G Antropogenní uložení
- H Nedrenážní průtok Bečvy
- Ia Model kvartéru
- Ib Model devonu