Technická zpráva 450/2020

HODNOCENÍ POTENCIÁLNÍCH LOKALIT HÚ Z HLEDISKA KLÍČOVÝCH KRITÉRIÍ DLOUHODOBÉ BEZPEČNOSTI

LOKALITA NA SKALNÍM (EDU-ZÁPAD)

Autoři: Václava Havlová, Jaroslava Pertoldová, Petr Mixa, Tomáš Hroch, Veronika Štědrá, Jakub Jankovec, Martin Milický, Jan Baier a kolektiv

Praha, 2020

SÚRAO

NÁZEV ZPRÁVY: Hodnocení potencionálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Na Skalním (EDU-západ)

NÁZEV PROJEKTU: Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště

IDENTIFIKACE V RÁMCI PROJEKTU: Aktualizace hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti

Technická zpráva

ČÍSLO SMLOUVY: *SO2014-061 (4.1.7.5 / č.j. ESS: SURAO-2019-3183)*

Bibliografický zápis:

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA I., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., MILICKÝ M., BAIER J., BUKOVSKÁ Z., DUŠEK K., FRANĚK J, HANŽL P., HOLEČEK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIAK O., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČKOVÁ I., SOEJONO I., ŠÍR P., ŠVAGERA O., ŽÁČKOVÁ E., VOJTĚCHOVÁ H., UHLÍK J., GVOŽDÍK L. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita EDU-západ. – MS SÚRAO, TZ 450/2020

ŘEŠITELÉ:

ÚJV Řež, a. s.[1], ČGS[2], PROGEO, s. r. o.[3]

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Havlová V.[1], Pertoldová J.[2], Mixa P.[2], Hroch T.[2], Štědrá V.[2], Jankovec J., Milický M.[3], Baier J.[3], Bukovská Z.[2], Dušek K.[2], Franěk J.[2], Hanžl P.[2], Holeček J.[2], Hroch T.[2], Hrdličková K.[2], Jelének J.[2], Jelínek J.[2], Kachlíková R.[2], Kryštofová E.[2], Kučera R.[2], Kunceová E.[2]., Petyniak O[2]., Rukavičková L.[2], Sedláčková I.[2], Soejono I.[2], Šír P.[2], Švagera O.[2], Uhlík J. [3], Gvoždík L. [3], Žáčková E.[2]

Horní indexy u jmen autorů odkazují na výčet institucí výše.

Lukáš Vondrovic	**Václava Havlová**
Manažer projektu (SÚRAO)	Manažer projektu (ÚJV Řež, a.s.)
30.1.2020	30.1.2020

SÚRAO

Obsah

1 Úvod 2

2 Vstupní předpoklady hodnocení 4

3 Přehled hodnocených kritérií významných z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ 7

4 Geologické charakteristiky lokality 11

4.1 Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků 11

4.1.1 Regionálně geologická stavba území 11

4.1.2 Indikátor K3a Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury 13

4.1.3 Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy 22

4.1.4 Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace 22

4.2 Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností 22

4.2.1 Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí 23

4.2.2 Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin 23

4.3 Expertní zhodnocení lokality 24

4.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 28

4.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 29

4.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 29

5 Hydrogeologické charakteristiky 31

5.1 Vylučující kritéria 33

5.1.1 Přítomnost zvodní v izolační části úložiště 33

5.1.2 Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě 33

5.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 33

5.2.1 Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí úložiště a transportní charakteristiky 33

5.2.2 Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází 39

5.3 Expertní zhodnocení lokality 41

5.3.1 Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií 41

5.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 41

5.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 41

6 Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita 44

6.1 Vylučující kritéria 44
6.1.1 Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita) 44
6.1.2 Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry).....45
6.1.3 Postvulkanické jevy 45
6.2 Vybraná kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 45
6.2.1 Indikátor K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení 45
6.2.2 Indikátor K7b Výškový gradient 46
6.2.3 Indikátor K7c Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi 46
6.2.4 Indikátor K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek 47
6.3 Expertní zhodnocení 47
6.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 47
6.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 48
6.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 48
7 Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení hlubinného úložiště budoucími aktivitami člověka 50
7.1 Vylučující kritéria 51
7.1.1 Poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla 51
7.1.2 Přítomnost zásob nerostných surovin.....51
7.1.3 Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie 52
7.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 53
7.2.1 Indikátor K8a Ložiskové poměry na lokalitě.....53
7.3 Expertní zhodnocení lokality Na Skalním (EDU-západ).....53
7.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 53
7.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 53
7.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokality pro umístění HÚ 54
8 Celkové zhodnocení lokality EDU-západ ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím 55

Seznam použitých zkratek:

3D	třídimenzionální
ČGS	Česká geologická služba
DFN	discreet fracture network
DMR	digitální model reliéfu
DOP	dipólové elektrické profilování
DP	dobývací prostor
DEMP	dipólové elektromagnetické profilování
EDU-západ	lokalita Na Skalním (EDU-západ)
ETE-jih	lokalita Janoch (ETE-jih)
ERT	electric rezistivity tomography
GF	geofyzikální
HG	hydrogeologický
HÚ	hlubinné úložiště
CHLÚ	chráněné ložiskové území
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
IB	inženýrské bariéry
ID	identifikace
ISVS	informační systém veřejné správy
k. ú.	katastrální území
Ma	milion let
MG, MAG	magnetometrie
MRS	mělká reflexní seismika
O	odhad
ODD	opuštěné důlní dílo
PÚGChP	perspektivní území pro geologické charakterizační práce
PÚPP	perspektivní území pro projektové práce
PÚZZZK	průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
P-T	tlakově-teplotní (pressure-temperature)
PSHA	probabilistic seismic hazard analysis
RAO	radioaktivní odpady
RN	radionuklid
Sb.	sbírka zákonů
SDD	staré důlní dílo
SI	bezrozměrné číslo v soustavě jednotek SI
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SurIS	Surovinový informační systém
UBA	úplná Bougerova anomálie
UOS	ukládací obalový soubor
VAO	vysoceaktivní odpady
VJP	vyhořelé jaderné palivo
ZL	zadávací list

Abstrakt

Tato zpráva shrnuje dostupná data z potenciální lokality hlubinného úložiště na základě archivních a nově získaných dat geologického výzkumu a průzkumu a zpracovaných syntetických popisných modelů. Dále hodnotí lokalitu dle kritérií dlouhodobé bezpečnosti dle dokumentu SÚRAO MP.22 a metodiky hodnocení Vondrovic et al. (2019) odvozených na základě legislativních požadavků (vyhláška č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení) a mezinárodních doporučení (např. IAEA NS-R-3 rev.1 Site Evaluation for Nuclear Installations Safety Requirements, IAEA 2016; SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA 2011b).

Vlastnosti lokality jsou hodnoceny v následujících kategoriích kritérií:

1. Geologické charakteristiky lokality
2. Hydrogeologické charakteristiky lokality
3. Stabilita lokality
4. Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště člověkem

Klíčová slova

Hlubinné úložiště, výběr lokality, dlouhodobá bezpečnost, třebíčský pluton, moldanubikum, EDU-západ

Abstract

This report summarizes the available data from EDU-west site on the basis of archive information, geological surface research and geophysical data and evaluates the site according to criteria derived by the expert team from the requirements of SÚJB (Decree No. 378/2016 Coll. On Nuclear Facility Location) and IAEA (NS-R-3 rev.1 Site Evaluation for Nuclear Installations Safety Requirements, IAEA 2016; SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA 2011b) on significant site characteristics that affect long-term safety of DGR (Vondrovic et al. 2019). Site characteristics are evaluated in the following categories of criteria:

1. Geological characteristics of the site
2. Hydrogeologic characteristics of the site
3. Site stability
4. Characteristics, that could be a reason for future human intrusion into the repository

Keywords

Deep geological repository, siting, long term safety, Třebíč pluton, Moldanubian zone. EDU-west

1 Úvod

Tato zpráva byla zpracována v rámci projektu SÚRAO „Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení hlubinného úložiště“, který je součástí přípravy hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (dále jen HÚ). Cílem projektu je získat vybraná data, modely, argumenty a další informace potřebné pro zhodnocení potenciálních lokalit pro umístění HÚ z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Na základě veřejného zadávacího řízení byla v červenci 2014 uzavřena čtyřletá smlouva s ÚJV Řež, a. s. a jeho subdodavateli: Českou geologickou službou, ČVUT v Praze, Technickou univerzitou v Liberci, Ústavem Geoniky AV ČR, a společnostmi SG Geotechnika a.s., Progeo, s.r.o. a Chemcomex Praha a.s. a Centrem výzkumu Řež s.r.o. o poskytování výzkumné podpory hodnocení dlouhodobé bezpečnosti v následujících oblastech:

(i) Chování VJP a forem RAO, nepřijatelných do přípovrchových úložišť, v prostředí hlubinného úložiště;

(ii) Chování ukládacích obalových souborů (UOS) VJP a RAO v prostředí hlubinného úložiště;

(iii) Chování tlumících, výplňových a dalších konstrukčních materiálů v prostředí hlubinného úložiště;

(iv) Řešení úložných vrtů a jejich vliv na vlastnosti obklopujícího horninového prostředí;

(v) Chování horninového prostředí;

(vi) Transport radionuklidů z úložiště;

(vii) Další charakteristiky lokalit potenciálně ovlivňující bezpečnost úložiště.

Výběr lokalit pro umístění hlubinného úložiště je třeba v souladu s doporučeními IAEA a směrnicí Rady EU pro nakládání s VJP a RAO provádět postupnými kroky směřujícími ke snížení počtu a rozsahu lokalit se zvyšujícím se rozsahem znalostí o lokalitách. Charakteristiky a vlastnosti lokalit vybraných v prvních etapách prací by měly indikovat, že na vybraných lokalitách budou splněny všechny požadavky na HÚ a že jejich splnění může být důvěryhodně prokázáno. V každé další etapě prací budou data a informace z lokalit upřesňovány s využitím podrobnějšího geologických prací na jednotlivých lokalitách a podrobnějších analýz.

Cílem tohoto dílčího projektu je aktualizace hodnocení potenciálních lokalit na základě výsledků geofyzikálního výzkumu lokalit a návazných geologických prací, které proběhly v letech 2017 až 2019.

Předmětem projektu je:

1) odhad velikosti všech potenciálně homogenních bloků vhodných pro umístění obalových souborů s odpady na lokalitách na základě shrnutí všech získaných výsledků;

2) aktualizace devíti popisných zpráv a zprávy hodnocení vhodnosti lokalit (Havlová et al. 2018 a-i) na základě nově získaných poznatků včetně návrhu váhového hodnocení a aktualizace bodového hodnocení dle metodiky aplikace kritérií;

3) revize zdůvodnění kritérií a indikátorů pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti potenciálních lokalit ve formě přehledné tabulky včetně analýzy kritérií ze skupiny proveditelnost a enviromentální charakteristiky z hlediska překryvů, doporučení klíčových indikátorů;

4) spolupráce se SÚRAO při oponentních řízeních a jednání expertního panelu.

Cílem této zprávy je podat detailní popis vyhodnocení geologických charakteristik, hydrogeologických charakteristik, charakteristik stability a faktorů narušení úložiště budoucími aktivitami člověka na lokalitě Na Skalním (EDU-západ).

2 Vstupní předpoklady hodnocení

Zpracovaný text navazuje na důvodovou zprávu „Lokalizace perspektivních území pro geologické charakterizační práce a perspektivních území pro projektové práce HÚ“, která popisuje a zdůvodňuje změny v geologické stavbě a umístění **perspektivních území pro geologické charakterizační práce** a **perspektivních území pro projektové práce** na potenciálních lokalitách (Pertoldová et al. 2019).

Hodnocení geologických kritérií K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků a K4 Variabilita geologických vlastností, kritéria K7 Seismická a geodynamická stabilita a K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka a jejich indikátorů, uvedených níže, na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) je soustředěno na území 3D regionálního geologického modelu, strukturního schématu, viz Mixa et al. (2019), perspektivního území pro geologické charakterizační práce a perspektivního území pro projektové práce a jeho okruhu 25 km v souladu se zadávacím listem „Aktualizace hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti“ (PB-2019-ZL-U3183-043-Hodnocení2).

Hodnocení hydrogeologických poměrů lokality Na Skalním (EDU-západ) je realizováno na území 3D detailního hydrogeologického modelu (Jankovec et al. 2018), který byl aktualizován (Jankovec et al. 2020) zpracováním dat z nového strukturního schématu (Mixa et al. 2019).

Geologická kritéria (včetně vylučujících kritérií) jsou hodnoceny v následujícím rozsahu:

Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

- indikátor K3a *Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury* je hodnocen dle strukturních schémat ad Mixa et al. (2019);
- indikátor K3b *Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy* je hodnocen dle DFN modelu a nových poznatků ze zprávy Mixa et al. (2019); u lokalit Janoch (ETE-jih) a Na Skalním (EDU-západ) vychází hodnocení z expertního posouzení v území regionálního 3D geologického modelu;
- indikátor K3c *Stupeň duktilní deformace* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí.

Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností

- indikátor K4a *Prostorová variabilita horninového prostředí* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí;
- indikátor K4b *Petrologická variabilita hornin* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí.

Hydrogeologická kritéria (včetně vylučujících kritérií) jsou uvedena v kapitole 5. Hydrogeologická kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, posuzovaná s cílem vyhodnocení lokalit z hlediska vhodnosti pro umístění HÚ, jsou stanovena z metodického pokynu SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017), metodiky hodnocení (Vondrovic et al. 2019) a výsledků aktualizovaného 3D detailního hydrogeologického modelu (Jankovec et al. 2020), do stanovení indikátorů je zahrnuta plocha podzemní části HÚ z Doplňku ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách (Zahradník et al. 2020).

Hodnocení kritérií oblasti **Seismická a geodynamická stabilita lokalit** včetně vylučujících kritérií) je provedeno v následujícím rozsahu:

- vylučující kritérium *Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)* bylo zhodnoceno následovně: Zemětřesení byla posouzena v rozsahu dle požadavku vyhlášky č 378/2016 Sb. na základě dat seismotektonického modelu vycházející z metodiky PSHA (Málek et al. 2018). Pro vyhodnocení přítomnosti potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch;
- vylučující kritérium *Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)* je hodnoceno v rozsahu regionálních dat dle zprávy Hrocha a Pačese (2015);
- vylučující kritérium *Postvulkanické jevy* je zhodnoceno v rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 Sb.;
- indikátor *K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení* je hodnocen v rozsahu vzdálenosti 300 km od pozemku jaderného zařízení odpovídající metodice PSHA (Málek et al. 2018);
- indikátor *K7b Výškový gradient* je hodnocen v rozsahu regionálního 3D strukturně geologického modelu (Franěk et al. 2018);
- indikátor *K7c Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi* je hodnocen v rozsahu regionálního 3D strukturně geologického modelu (Franěk et al. 2018);
- indikátor K7d *Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek* je hodnocen do vzdálenosti 5 km od pozemku od PÚPP pro výskyt vulkanických hornin, resp. do vzdálenosti 25 km od PÚPP pro výskyt kyselek.

Hodnocení kritérií oblasti **Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka** je provedeno v rozsahu perspektivního území pro geologické charakterizační práce včetně vylučujících kritérií.

Souřadnice S-JTSK pro **perspektivní území pro geologické charakterizační práce (PÚGChP):**

- X 1165301 Y 644552;
- X 1165061 Y 649664;
- X 1164579 Y 650340;
- X 1159843 Y 648775;
- X 1161211 Y 643426.

Souřadnice S-JTSK pro **perspektivní území pro projektové práce (PÚPP):**

EDU-západ – Z

- X 1161233 Y 647481;
- X 1161605 Y 646523;
- X 1162840 Y 647277;
- X 1164115 Y 648183;
- X 1164153 Y 648428;
- X 1162226 Y 649330.

EDU-západ – SV

- X 1161629 Y 646474;
- X 1162238 Y 644575;
- X 1163511 Y 645550;
- X 1162866 Y 647128.

EDU-západ – J

- X 1162893 Y 647220;
- X 1163428 Y 645840;
- X 1163809 Y 645798;
- X 1164719 Y 646520;
- X 1164792 Y 648127;
- X 1164368 Y 648324.

3 Přehled hodnocených kritérií významných z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ

Metodika postupu hodnocení je uvedena ve zprávě Vondrovic et al. (2019). V Tab. 1 je uveden přehled vylučujících kritérií, významných pro dlouhodobou bezpečnost HÚ.

Pro každou z lokalit budou u vylučujících kritérií vyhodnoceny dvě skutečnosti, které vycházejí z požadavků definovaných na základě vyhlášky č. 378/2016 Sb.

1. **Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.**
2. **Zjištěné informace o posuzované vlastnosti indikují překážku či problém ke splnění požadavku či možné problémy s jeho prokázáním (riziko převažuje nad příležitostí).**

Pokud hodnocená lokalita bude v rozporu s libovolným vylučujícím požadavkem či kritériem a nebude existovat vhodné technické či administrativní opatření pro jeho eliminaci, nebude již dále zvažována pro další práce a bude zařazena do kategorie vyloučené lokality.

Pokud jsou zjištěny překážky, které mohou bránit v umístění hlubinného úložiště na lokalitě, pak bude posouzena možnost odstranění překážky či problému pomocí technického či administrativního opatření.

Tab. 1 Vylučující kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ (Vokál et al. 2017, Vondrovic et al. 2019); je zachováno ID dle zdroje

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.	Vylučující kritéria z hlediska dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště			
2.1	**Geologické charakteristiky**			
2.1.1	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Geologické podmínky v úložišti musí umožnit připravit důvěryhodný komplexní, prostorový geologický model. Hloubkový dosah horninového masivu musí být dostatečný s ohledem na max. předpokládanou hloubku umístění úložiště (minimálně 400 m). Nepřijatelná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V první fázi povrchových geologických prací však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.1.2	Variabilita vlastností	Velká variabilita vlastností neumožňující připravit důvěryhodný 3D geologický, hydrogeologický, geomechanický či geochemický model je jedním z vylučujících kritérií. Ve stávající fázi povrchové geologické charakterizace však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce
2.2	**Hydraulické charakteristiky**			
2.2.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště je vylučujícím kritériem pro umístění úložiště.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2)	Perspektivní území pro projektové práce
2.2.2	Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	Nepřijatelné nejistoty v důsledku obtížného stanovení vlivu poruchových zón a dalších struktur na vytvoření hydrogeologického modelu lokality. V první fázi povrchových geologických prací však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b) 2.	Území 3D detailního hydrogeologického modelu
2.3	**Stabilita lokality**			
2.3.1	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Pro umístění nemůže být využit pozemek jaderného zařízení, na kterém, nebo ve vzdálenosti do 5 km od jeho hranice, se vyskytuje zlom potenciálně schopný posunu s projevem na povrchu nebo blízko povrchu. Hodnoty maximálního potenciálního magnituda a hodnoty zrychlení kmitů půdy s četností mohou být použity pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 6 (2) a)	V rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 (v okruhu do 5 km od PÚPP)
2.3.2	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Umístění úložiště je vyloučeno v lokalitách, kde pohyby zemské kůry jsou větší než 1 mm/rok.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) g	V rozsahu regionálních dat dle zprávy Hrocha a Pačese (2015)

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.3.3	Postvulkanické jevy	Budou vyloučeny lokality s postvulkanickými jevy (výrony plynů, horké vody atd.).	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) a) 2.	V rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 (v okruhu do 5 km od PÚPP)
2.4	**Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka**			
2.4.1	Přítomnost starých důlních děl	Na pozemku jaderného zařízení se nesmí vyskytovat stará důlní díla.	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) b)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce
2.4.2	Přítomnost zásob nerostných surovin	V hloubce větší než 100 m nesmí být zásoby nerostných surovin.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) o)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce
2.4.3	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Horninové prostředí nesmí obsahovat významné zdroje vody či potenciál pro využívání geotermální energie.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2), § 18 (4) c)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce

Ve druhém kroku budou potenciální lokality, které prošly hodnocením vylučujících kritérií, vzájemně porovnávány pomocí váhového hodnocení klíčových kritérií. Klíčová kritéria jsou případně členěna na dílčí indikátory, které představují konkrétní vlastnosti lokalit. Indikátor je tedy dílčí charakteristika lokality využitá pro zhodnocení klíčového kritéria. Porovnání lokalit v této fázi bude tedy provedeno na základě kritérií, která mají největší informační relevanci pro hodnocení a jejich vlastní hodnocení je opřeno o dostatečné množství dat (Vondrovic et al. 2019).

V Tab. 2 jsou uvedena kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, posuzovaná s cílem porovnání lokalit z hlediska vhodnosti pro umístění HÚ.

Tab. 2 Kritéria a jejich indikátory významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, hodnocená pro danou lokalitu s cílem vyhodnocení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ (Vondrovic et al. 2019)

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Charakter požadavku
K3	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury	Vylučující/porovnávací
		K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy	Vylučující/porovnávací
		K3c	Stupeň duktilní deformace	Vylučující/porovnávací

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Charakter požadavku
K4	Variabilita geologických vlastností	K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí	Vylučující/porovnávací
		K4b	Petrologická variabilita hornin	Vylučující/porovnávací
K5	Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky	K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže	Porovnávací
		K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště ($m.rok^{-1}$)	Porovnávací
		K5c	Propustnost v prostoru HÚ ($m.s^{-1}$)	Porovnávací
		K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	Porovnávací
		K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ ($m \cdot s^{-1}$)	Porovnávací
		K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ ($l.s^{-1}.km^{-2}$)	Porovnávací
		K5g	Poměr ředění (%)	Porovnávací
K6	Identifikace a umístění drenážních bází	K6a	Počet drenážních toků	Porovnávací
		K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku	Porovnávací
		K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí	Porovnávací
		K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	Porovnávací
K7	Seismická a geodynamická stabilita	K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení ($m.s^{-2}$)	Porovnávací
		K7b	Výškový gradient	Porovnávací
		K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi	Porovnávací
		K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	Porovnávací
K8	Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	K8a	Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ, prognózy nerostných surovin)	Vylučující/Porovnávací

4 Geologické charakteristiky lokality

4.1 Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

4.1.1 Regionálně geologická stavba území

Zájmové území leží v jižní části třebíčského plutonu na styku s moravským moldanubikem (dle dělení Mísaře et al. 1983).

Samotná zájmová oblast zahrnuje jižní cíp třebíčského plutonu spolu s moldanubickými horninami v jeho západním a východním okolí. Horniny východně od plutonu reprezentují litologicky velmi variabilní gföhlskou skupinu tvořenou především migmatity a gföhlskými rulami s vložkovými horninami – granulity, serpentinity, eklogity a amfibolity. Horniny v západním sousedství třebíčského plutonu náleží jednotvárné drosendorfské skupině tvořené migmatity, migmatitizovanými rulami, při hranici s třebíčským tělesem pak biotitickými perlovými rulami.

Třebíčský pluton je variské litologicky poměrně homogenní těleso tvořené dominantními amfibol-biotitickými, většinou porfyrickými durbachity, v menší míře se v něm objevují neporfyrické variety výše uvedených hornin nebo leukokratnější biotitické syenity. Lokálně se objevují drobná tělíska leukokratních až biotitických granitů až granodioritů, jejich počet a variabilita je výrazně vyšší při západním okraji plutonu.

Intruzivní kontakty plutonu mají odlišný charakter na V a Z. Na V je kontakt při povrchu subvertikální, případně lehce ukloněný k SZ a zlomově modifikovaný. Na Z není vztah třebíčského plutonu s moldanubikem plně interpretovatelný, na několika místech nelze vyloučit laločnatý charakter.

Popis geologické stavby

Geologická stavba lokality (Obr. 1) je zachycena na řadě geologických map méně podrobných měřítek, speciálně zaměřena na třebíčský masiv byla zejména mapa Bubeníčka (1964), nejnověji byla značná část zájmového území podrobně zmapována Hanžlem et al. (2017). Aktuální geologické a geofyzikální mapování rozšířilo poznatky publikované zmíněnými Hanžlem et al. (2017) směrem k západu, kde nebyla dosud přesněji definována hranice třebíčského plutonu s moldanubikem. Dále byla, opět především západním a jižním směrem, rozšířena zlomová síť, zpřesněny geologické hranice, vymapována řada drobnějších těles granitoidních hornin v třebíčském plutonu a blíže specifikovány litologické typy hornin v moldanubiku západně od třebíčského plutonu.

Nejstarší geologický prvek území tvoří horniny rozsáhlé jednotky moldanubika. Ty jsou produktem regionální metamorfózy svrchnoproterozoických až spodnopaleozoických hornin, během variské orogeneze. První fáze metamorfózy těchto hornin proběhla v podmínkách spodní kůry za středních až vysokých tlaků a teplot. Následně byly horniny exhumovány do svrchněkorových podmínek. Exhumace byla doprovázena rozsáhlou migmatitizací, která je zodpovědná za současný litologický charakter moldanubických hornin. Ty jsou západně od třebíčského plutonu poměrně fádní a reprezentované v největší míře stromatitickými až nebulitickými biotitickými migmatity. Na hranici s třebíčským plutonem tyto horniny přecházejí

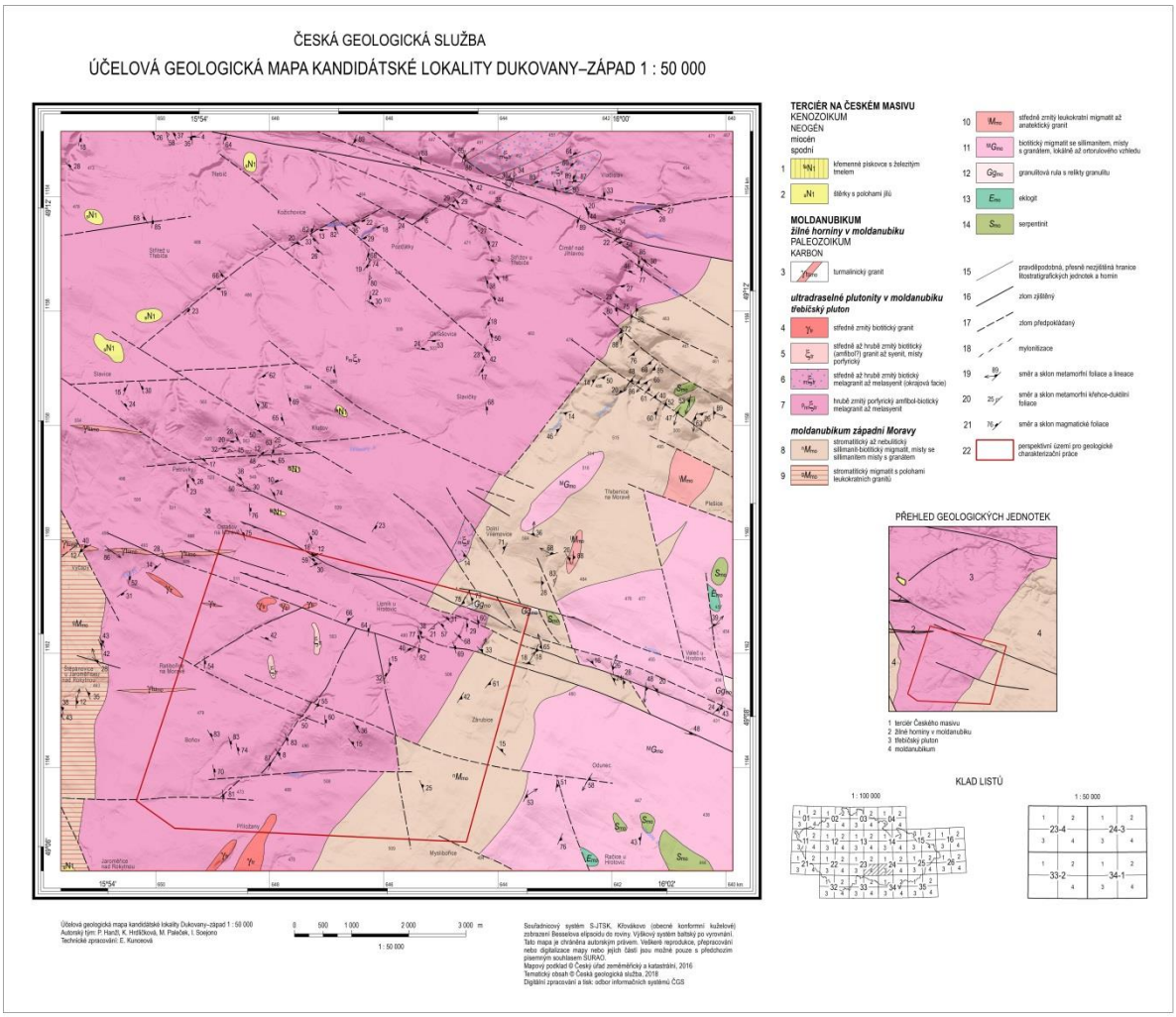
do biotitických perlových rul a jsou proniknuty celou řadou granitových žil a těles o velikosti od prvních desítek cm až po první stovky metrů. Východně od třebíčského plutonu je stavba moldanubika pestřejší, v reliktech jsou zde zachovány produkty původních spodnokorových hornin. Dominantní horninou jsou při hranici s plutonem biotitické migmatity, které přecházejí směrem dál k východu do tzv. gföhlských rul s vložkami granulitových rul a granulitů. Jak v migmatitech, tak v gföhlských rulách se objevuje řada pestrých vložkových hornin, erlanů, serpentinitů a amfibolitů.

Poslední stádia variského vývoje jsou pak provázena rozsáhlou magmatickou aktivitou, proběhnuvší v několika fázích. Třebíčský pluton reprezentuje mladší spodnokarbonskou fázi variské magmatické aktivity. K jeho vmístění došlo v období 335 Ma (Hanžl et al. 2017).

Z hlediska litologie se jeví třebíčský pluton jako poměrně homogenní těleso, naprosto dominující horninou jsou amfibol-biotitické, většinou porfyrické melanokratní syenity – durbachity. Ty lokálně přecházejí do biotitického granitu až syenitu, místy porfyrického. Přechody mezi oběma typy hornin jsou postupné a nezřetelné, oba horninové typy lze jen nesnadno odlišit. Při západním okraji plutonu se pak objevuje horninový typ, který Bubeníček (1964) označil jako „okrajovou facii“, kolem níž vyčlenil navíc ještě „aplitový lem“. Mapování v oblasti mezi Výčapy a Mikulovicemi a dále k jihu k Jaroměřicím nad Rokytnou ukázalo, že se nejedná o souvislé a mapovatelné aplitové výskyty, ale spíše hojné série drobných žil a žilek o mocnostech mezi prvními desítkami centimetrů a prvními metry, jejichž skutečnou pozici v okolních durbachitech nelze přesně specifikovat. Fakt, že celá oblast je zemědělsky využívána a jednotlivé úlomky jsou proto orbou rozesety po širším okolí, stejně jako vliv zvětrávání, kterému granitoidní křemenživcové domény odolávají lépe než amfibol-biotitické horniny, je příčinou toho, že nelze jednoznačně rozmapovat jednotlivé horninové typy. Proto byla série těchto hornin označena en bloc jako „okrajové facie durbachitů“. Hranice s dominantními porfyrickými durbachity je v tomto případě dána právě zastoupením granitoidních žilek. Kromě uvedených přechodných horninových typů zahrnuje třebíčský pluton také tělesa středně zrnitých biotitických granodioritů. Tyto horniny tvoří jak žíly, tak nepravidelná oválná tělesa. Jejich hranice vůči okolnímu durbachitu jsou ostré.

Pozdní fáze magmatické aktivity v oblasti vedla také ke vzniku celé řady žilných hornin. Nejspecifičtějším a plošně nejvíc zastoupeným žilným horninovým typem jsou turmalinické granity. Ty jsou světlé, výrazně usměrněné s nápadnými sloupečky turmalínu až cm délky. Žíly turmalinických granitů sledují v.–z. směr, lze je nalézt u rybníka Brda, dále na východ pak tvoří nápadné výskyty na hřbetu Hošťanka a v lomu ve Výčapech. Nevýznamná tělesa malých rozměrů tvoří pak i žíly pegmatitů a žilného křemene (širší okolí Dolních Vilémovic). Výše uvedené typy žilných hornin prorážejí durbachity třebíčského plutonu. Při jeho západní hranici jsou pak další hojné žilné výskyty v moldanubických horninách drosendorfské skupiny. Tyto žíly mají stejný směr jako výše uvedené žíly turmalinických granitů a jsou tvořeny biotitickým až dvojslídným granitem, místy s turmalínem. Vycházejí na povrch především v okolí bezejmenné kóty (557 m) v oblasti lokálně nazvané Kamejchy z. od Výčap a dále v ose morfologických hřbítků Kovandy, Jordán, Černý kopec mezi obcemi Výčapy a Horní Újezd.

Kvartérní pokryv má na většině území denudační charakter a plošně malý rozsah, relativně největší rozšíření mají svahové a fluviální sedimenty. Jiná situace je v západní části území, kde jsou větší rozsahy kvartérních hornin v oblasti obce Výčapy. Jedná se především o splachové sedimenty a nivní sedimenty Štěpánovického potoka. Západně a jižně od Výčap se nacházejí také plošně rozsáhlé akumulace spraší a sprašových hlín.



Obr. 1 Účelová geologická mapa lokality Na Skalním (EDU-západ) (aktualizovaná mapa zlomové sítě je na Obr. 4, Mixa et al. 2019)

4.1.2 Indikátor K3a Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Zlomové struktury regionálního měřítka v okruhu 25 km

Popis významných tektonických linií regionálního měřítka, v širším okolí lokality, a jejich přímé zhodnocení, není zahrnuto v závazné metodice hodnocení (Vondrovic et al. 2019). Nicméně jejich konfigurace je klíčová pro posouzení zlomových struktur přímo na území lokality a jejich zasazení do širšího strukturního rámce regionu.

V bufferu 25 km od perspektivního území pro geologické charakterizační práce lze vyčlenit několik jednotek (ve smyslu Mísaře et al. 1983): moldanubikum (strážecké a moravské), moravikum (svratecká a dyjská klenba) a platformní pokryv Českého masivu reprezentovaný limnickým permokarbonem boskovické brázdy (Obr. 2).

Určujícím prvkem současného tektonického charakteru je evoluce kontaktu variského kolizního pásma s kadomským kontinentálním blokem (brunovistulikem) během variského orogenu. Schulmann et al. (2008) definovali 3 hlavní fáze moldanubicko-morávní kolizní zóny.

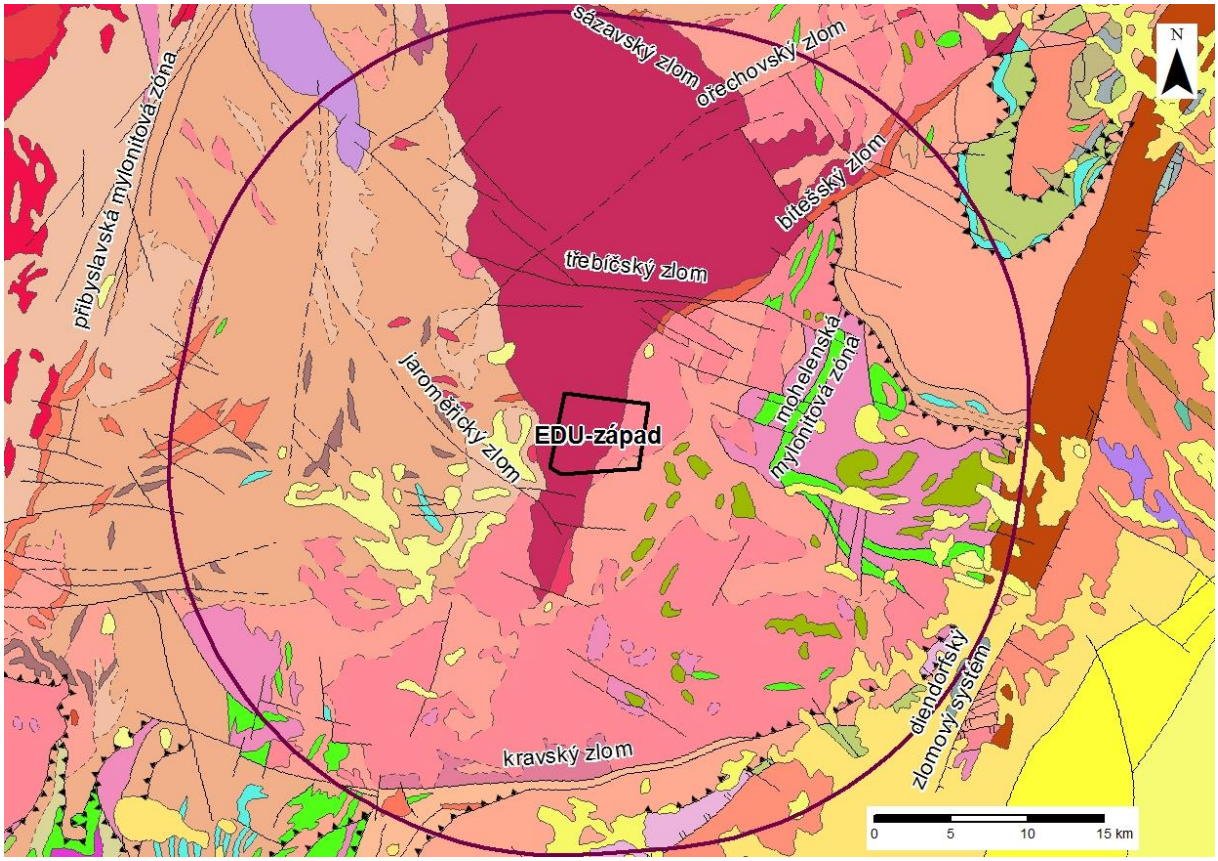
Nejstarší *tangenciální deformační fáze (D1)* se shoduje s vnitřními střihy uvnitř moldanubické zóny. Následuje *deformační fáze (D2)*, jejíž pohyby jsou paralelní s hranicí desek moravika a brunovistulika. Během této fáze došlo k nasouvání příkrovů ve sv. směru. Poslední fází je *(D3),* během níž došlo k aktivaci nejsvrchnějších částí gföhlského přikrovu, který byl jako celek reaktivován za vzniku křehkých poklesových struktur.

Nejpočetněji zastoupeným směrem zlomových struktur je V–Z až ZSZ–VJV, který reprezentují v regionálním měřítku patrné zlomy: sázavský hlubinný, třebíčský, klučovský, výčapský, jaroměřický a moravskobudějovický.

Sázavský hlubinný zlom reprezentuje severní hranici třebíčského masivu vůči strážeckému moldanubiku, ve stanoveném území jej lze sledovat přibližně od Velkého Meziříčí k vjv. Třebíčský zlom je sledovatelný v ose Třebíč – Vladislav – Okárec – j. okolí Náměště nad Oslavou. Dělí třebíčský pluton na 2 geofyzikálně a geochemicky odlišné části. Má nápadné geomorfologické projevy. Klučovský a výčapský zlom se projevují přímo ve sledovaném území, kde mají směr přibližně V–Z. Projevují se jako zlomové systémy, rozposouvající hranice třebíčského plutonu vůči moldanubiku, mají odraz v geofyzikálních měřeních a níže v textu budou popsány podrobněji. Jaroměřický a moravskobudějovický zlom mají oba směr SZ–JV, jaroměřický zlom prochází jižní částí třebíčského plutonu a lze jej sledovat od Jaroměřic, přes Mikulovice a Žerotice k Božeticím. Bude popsán podrobněji v následujících kapitolách.

Druhým výrazně zastoupeným směrem zlomových systémů v okruhu 25 km od lokality je směr SV–JZ, reprezentovaný zlomem bochovickým, ořechovským, bítešským a mohelenským, do jv. cípu určeného území zasahují i zlomy diendorfského zlomového systému. Ten je z uvedených zlomů nejvýznamnější. Je umístěn na kontaktu Alpsko-Karpatské předhlubně a jako takový byl aktivní během terciéru a reaktivován v kvartéru. V rakouské části zlomového systému dochází na diendorfského zlomu k častým seismickým rojům.

Posledním a nejméně významným směrem zlomových struktur je SSV–JJZ. Tento směr drží pavlínovský a velkomeziříčský zlom.



Obr. 2 Mapa zlomových struktur v širším okolí lokality (okruh 25 km od lokalizace zájmového území černou linií), menší černý polygon – lokalita Na Skalním (EDU-západ) (perspektivní území pro geologické charakterizační práce)

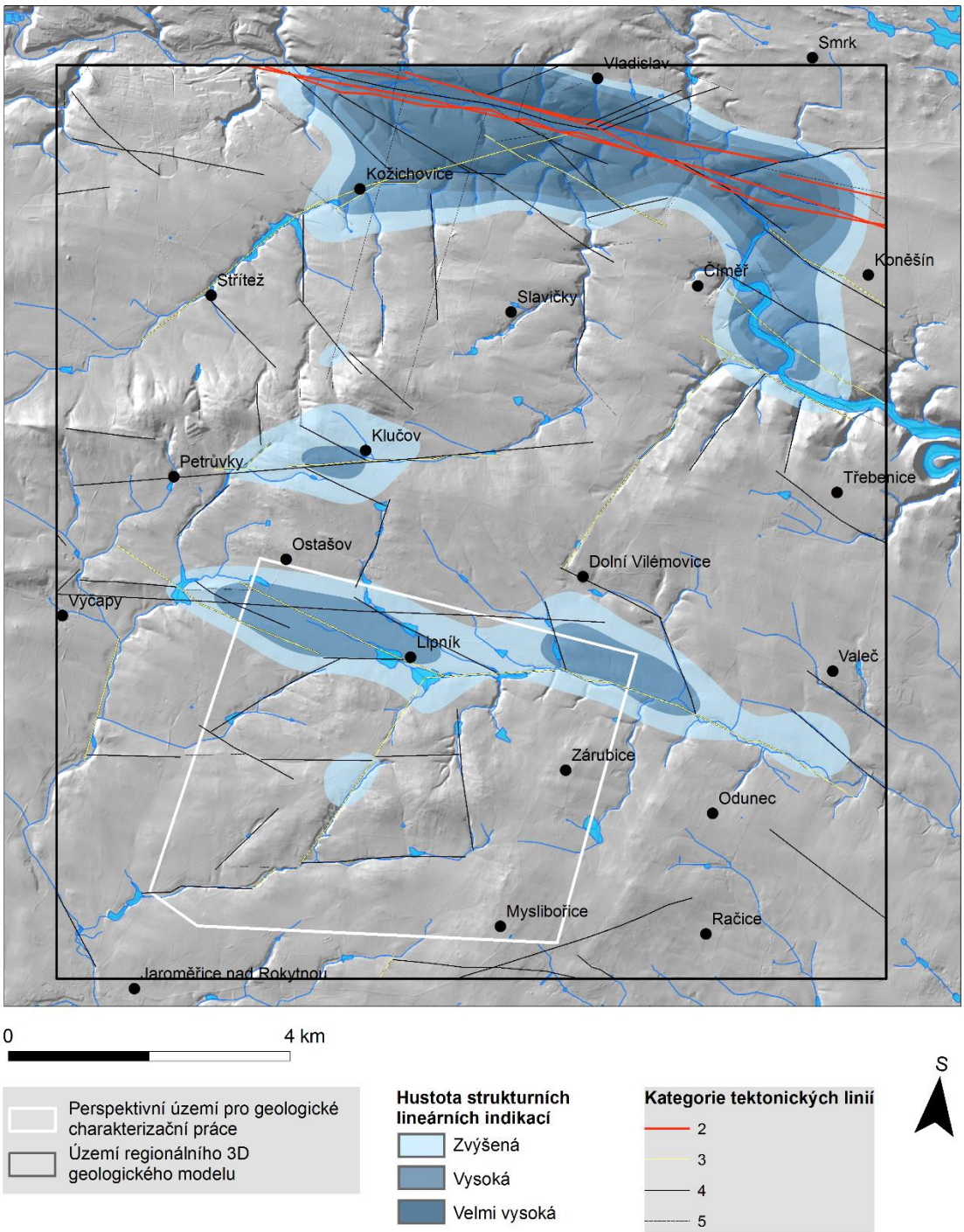
Morfotektonické zhodnocení území regionálního 3D geologického modelu

V rámci hodnocení indikátoru K3a Stupeň křehkého porušení masivu je morfotektonické zhodnocení zájmové lokality pomocnou metodou posouzení křehkého porušení horninového masivu – především zlomových struktur. Identifikované strukturní lineární indikace jsou členěny do jiných kategorií (Marek et al. 2005; Woller 2006), které neodpovídají členění zlomů, viz Andersson et al. (2000). Detekce a následná extrakce morfolineamentů byla součástí projektu Zhodnocení geologických a dalších informací vybraných částí českého moldanubika z hlediska potenciální vhodnosti pro umístění HÚ – EDU-západ (Hanžl et al. 2017). Analýza morfolineamentů byla provedena z DMR 4. generace (DMR 4G), radarových družicových dat ALOS-PALSAR 2 a leteckých stereoskopických snímků. Morfostrukturní analýzou a interpretací uvedených dat byly získané výsledky validovány za použití existujících strukturně-geologických, tektonických a geofyzikálních dat (Marek et al. 2005). Pod pojmem morfolineament se rozumí lineární prvek zjištěný z DMR (nebo i ze studia leteckých snímků, terénního pozorování atd.) na základě studia geomorfologických indikací – morfostruktur. Strukturní lineární indikace je lineární prvek zjištěný různými metodami DPZ, studiem DMR – morfolineamentů, letecké geofyziky atd., který má genetickou vazbu na geologické struktury (zlomy, litologická rozhraní, foliace či puklinové zóny). Tektonická linie je chápána jako lineární strukturní prvek s vazbou na zlomy nebo puklinové zóny. Nelze v této fázi poznání určit, zda se jedná o zlom nebo o puklinovou zónu. Zlomové struktury jsou zlomy s různým smyslem a velikostí pohybu na zlomové ploše.

Obě výsledné sítě, DMR 4G a ALOS PALSAR-2, vykazují morfolineamenty směru ZSZ–VJV, SZ–JV, SV–JZ, částečně V–Z, S–J a SSV–JJZ. Za nejdominantnější směry obě metody určily směry SZ–JV a SV–JZ, který zahrnuje nevyšší počet zjištěných lineamentů, současně se lineamenty tohoto směru jeví jako relativně kratší a méně významné.

Síť lineamentů vykazuje relativně rovnoměrné pokrytí, vyjma oblasti mezi Klučovem, Skavičkami a Dolními Vilémovicemi. Zde je výskyt lineamentů minimální. Hustota morfolineamentů je nerovnoměrná a odpovídá stav u odkrytí reliéfu (Obr. 3).

Nejhustší pokrytí vykazuje severní oblast hodnoceného území, výrazně se projevily struktury třebíčského zlomu, které tvoří hlavní zónu lineamentů 2. kategorie směru ZSZ–VJV. Na ně navazuje série kratších lineamentů 3. a 4. kategorie téhož směru v oblasti řeky Jihlavy jižně od Koněšína. Stejný směr mají i lineamenty 3. řádu korelující s průběhem lipnického a výčapského zlomu.



Obr. 3 Klasifikované lineární indikace na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) na podkladě hustotního rastru, který představuje změny v plošné distribuci tektonických lineárních indikací detekovaných pomocí metod analýzy DMR, radarových družicových dat, leteckých stereoskopických snímků a zlomové sítě (převzato z Hanžl et al. 2017); bodové symboly reprezentují centroidy katastrů obcí.

Dalším výrazným směrem průběhu hodnocených lineamentů je V–Z. K němu patří většina lineamentů zasahujících území mezi Klučovem a Jaroměřicemi nad Rokytnou. Nejvýraznějšími lineamenty jsou linie Klučov – Petrůvky a linie Výčapy – severní okolí Lipníka – jižní okolí Dolních Vilémovic. Méně zřetelné a neprůběžné, rozdělené do několika dílčích

větví jsou pak struktury lineamentů mezi rybníkem Maleňákem jižně od Ratibořic a severním okolím Vacenovic a linie sledující tok Ostrého potoka. Všechny uvedené lineamenty jsou klasifikovány jako tektonické linie 4. kategorie.

Hojně zastoupeny, ale nejméně významné, jsou linie směru SZ–JV. Nejčetnější jsou v oblasti mezi obcemi Klučov, Slavičky, Kožichovice, Střítež, několikrát protínají strukturu indikovanou mezi Výčapy a Dolními Vilémovicemi a kopírují údolí drobných toků jižně od Valče. Všechny spadají do 4. nebo 5. kategorie.

Zlomové struktury 1. a 2. kategorie

V kapitole je specifikován počet, rozsah a charakter dosud indikovaných zlomových struktur. Zlomy jsou klasifikovány na základě Anderssona et al. (2000). Je nezbytné si uvědomit, že zlomová síť je zatížena určitou mírou nejistoty, která je dvou typů:

- nejistota povrchového průběhu, kterou bylo možno v dosavadních pracích rámcově ověřovat a zpřesňovat za pomoci geofyzikálních výzkumů a geologického a hydrogeologického mapování;
- nejistota určení sklonu zlomů, která je vzhledem k absenci technických prací (zejm. vrtů a kopaných rýh) v daných podmínkách krystalinika celkově vyšší.

Přesnost lokalizace zlomové sítě může být významně zvýšena až po realizaci rozsáhlých průzkumných prací.

Z hlediska identifikace zlomů a širších poruchových zón přineslo podrobné geologické mapování na profilech a aplikace geofyzikálních měření velké množství nových informací. V oblasti lokality Na Skalním (EDU-západ) bylo zjištěno a očíslováno (ID) 94 zlomů, z toho 61 zlomů bylo zjištěno již v předcházejícím projektu „Zhodnocení geologických a dalších informací vybraných částí českého moldanubika z hlediska potenciální vhodnosti pro umístění HÚ – EDU-západ“ (Hanžl et al. 2017), dalších 33 zlomů bylo zjištěno na základě nového výzkumu na profilech v letech 2017–2019 (Obr. 4, viz Mixa et al. 2019). U části dříve zjištěných zlomů došlo ke korekci pozice v desítkách až prvních stovkách metrů. Z celkového počtu 94, byly 4 zlomy zařazeny do 1. kategorie – regionální zlomy, 50 zlomů do 2. kategorie – významné lokální zlomy a 40 zlomů do 3. kategorie – lokální zlomy (klasifikace dle Anderssona et al. 2000). Všechny zlomy uvádějí a diskutují Mixa et al. (2019), v této zprávě jsou na Obr. 4 uvedeny a v textu diskutovány pouze zlomy 1. a 2. kategorie. Zlomy byly detekovány hlavně metodou DOP, která byla provedena v celém rozsahu profilů (Karous et al. 2019). Gravimetrie a magnetometrie přítomnost zlomů nereflektovala.

Dominantními strukturami v oblasti jsou 4 zlomy ID 1, ID 2, ID 3 a ID 4 regionálního charakteru (1. kategorie). Všechny uvedené zlomy mají směr SZ–JV. Zlom ID 1 je indikován pouze na základě geologie a morfologie terénu. Nebyl zastižen žádným geofyzikálním profilem. Začíná severně od Lipníka jako větev zlomu ID 2, s nímž pak běží paralelně k JV. Projevuje se pravostranným posunem hranice třebíčského plutonu v řádu prvních desítek metrů, dále k východu tvoří hranici výběžku třebíčského plutonu v oblasti rybníka Tatarák j. od Dolních Vilémovic. Dále směrem k východu pak sleduje údolí Rouchovanky, od kterého probíhá severně. Jihozápadně od Valče pak určuje litologické rozhraní mezi migmatity a gföhlskými rulami moldanubika. Zlom ID 2 má opět směr SZ–JV, od západu k východu je dokumentován od obce Petrůvky po východní okraj hodnoceného území, kde pravděpodobně pokračuje ještě dále k východu. Je pravděpodobné i jeho další pokračování směrem k západu, které bude

vyhodnoceno až po kompletní interpretaci všech naměřených geofyzikálních dat. Momentálně je zjištěn na základě geologie a geomorfologie, projevuje se výrazným levostranným posunem hranice třebíčského plutonu vůči moldanubiku v oblasti rybníka Šefčík v. od Lipníka, dále běží paralelně s výše popsaným zlomem ID 1 údolím říčky Rouchovanky. V moldanubiku ukončuje polohu anatektického granitu severně od Hubertova dvora u Odunce. Zlomy ID 1 a ID 2 lze vnímat jako dvě větve jedné zlomové zóny, vzdálenost obou struktur je mezi 200–300 m, v širším pohledu lze k témuž zlomovému pásmu přiřadit i zlom ID 3. Zlom ID 3 leží 0,5 až 1 km severně od obou dříve popsaných a je s nimi paralelní. V třebíčském plutonu se neprojevuje, je vymapován v moldanubiku od j. okraje rybníka Panenka jižně od Dolních Vilémovic až po východní okraj zájmového území, kde pravděpodobně pokračuje dále k východu. Tvoří omezení několika litologických poloh, ukončuje drobné tělísko granulitu v lokalitě Přeslička jv. od Dolních Vilémovic a těleso serpentinitu u Nového rybníka. Dále k východu běží do morfologicky nápadného údolí potoka Močínek jižně od Valče, kde zároveň tvoří severní hranici dalšího granulitového tělíska. Zmíněné zlomy ID 1, ID 2 a ID 3 dělí plochu danou rozsahem účelové tektonické mapy 1:25000 lokality Na Skalním (EDU-západ) (Mixa et al. 2019) na dvě zhruba stejně velká území. Zlomy ID 1 a ID 2 zasahují do nejsevernější části perspektivního území pro geologické práce, zlom ID 3 kopíruje severní vymezení tohoto polygonu v jeho východní části.

Zlom ID 4 odpovídá struktuře v literatuře popsané jako lipnický zlom. Jeho východní ukončení leží v oblasti Jarošovského Kacíře jv. od Lipníka, odkud pokračuje k SZ paralelně s předchozími zlomy 1. kategorie popsanými výš. Projevuje se morfologicky a geologicky, jsou na něj vázány žíly turmalinického granitu v lokalitě Brda. Je indikován slabou magnetometrií zjištěnou anomálií v metráži 6800–6830 na profilu EDU-07. Jedná se o zlom s pravděpodobnou hydrogeologickou funkcí. Zlom ID 4 protíná severní část perspektivního území pro geologické práce a je zároveň prakticky severním omezením perspektivního území pro projektové práce EDU-západ-severovýchod a EDU-západ-jih.

Zlomů 2. kategorie bylo indikováno 50, nejvíce zastoupené jsou zlomy zsz.-vjv. směru. Nejvýznamnějším z nich je zlom ID 14 označovaný jako klučovský zlom. Tento zlom začíná u Dolních Vilémovic, odkud běží směrem na SZ ke Klučovu. Tam se stáčí do uvedeného směru ZSZ–VJV, kterým pokračuje směrem k západu pravděpodobně až za hranice hodnoceného území. Jedná se o zlom s ověřenou hydrogeologickou funkcí (d. b. 191HCR0007, 191HCR0006), zachycený geofyzikou jako slabá DOP anomálie na profilu EDU-13 (staničení 1408 m). Dalšími poruchami uvedeného systému se zřetelnějšími projevy jsou ID 16 a ID 11. Zlom ID 16 běží severně od linie Dvůr Lhota – Petrůvky – Hošťanka. Je dokumentován geofyzikou: střední DOP anomálie na profilu EDU-07 (staničení 3003 m), střední DOP anomálie na profilu EDU-08 (staničení 2303 m). Zlom má také zjištěnou hydrogeologickou funkci (d. b. 191HCE0090). Dalším výraznějším zlomem 2. kategorie je zlom ID 11. Běží od obce Ratibořice po obec Odunec, je na něm zaznamenán pravostranný posun hranice třebíčského plutonu v řádu 100–150 m. Zlom ID 11 je doložený geofyzikou: střední DOP anomálie na profilu EDU-02Z (staničení 5400 a 5491 m) a slabá anomálie na profilu EDU-02V (staničení 3193 m). S tímto zlomem paralelně probíhá zlom ID 17, ten geofyzikálně dokumentován nebyl, je odvozen z litologie, geomorfologie a definován Hanžlem et al. (2018). Pozornost uvedeným dvěma zlomům je třeba věnovat zejména proto, že procházejí přibližně středem plochy vymezeného perspektivního území pro projektové práce. Zlom ID 11 přímo odděluje PÚPP EDU-západ – SV a EDU-západ – J a dále k západu dělí PÚPP EDU-západ - Z na severní a jižní část. Zlom ID 17 situovaný o něco jižněji protíná celé PÚPP EDU-západ - Z

a pravděpodobně zasahuje do části PÚPP EDU-západ – J. Východní ukončení tohoto zlomu není přesně definováno, nelze tedy jednoznačně říct, jak dalece uvedené PÚPP porušuje. Za zmínku dále stojí zlom ID 5, který běží od lokality Brda k západu podél silnice Výčapy – Mikulovice. Zde velmi pravděpodobně způsobil levostranný posun hranice třebíčského plutonu, který ovšem nelze vzhledem ke kvartérnímu pokryvu blíže specifikovat před kompletními interpretacemi geofyzikálních měření. Tento zlom má pravděpodobnou hydrogeologickou funkci dokumentovanou na d. b. 191HCE0018 a spjatou i s rozsáhlými drenážemi. Posledními zlomy 2. kategorie směru ZSZ–VJV, které zaslouží bližší zmínku jsou zlomy ID 37, 38 a 39 situované mezi obcemi Výčapy a Jaroměřice. Jsou doloženy několika výraznými DOP anomáliemi na profilu EDU-07A mezi staničeními 2420–2600, jsou doprovázeny mylonitizací a limonitizací. Hydrogeologickou funkci nemají. Zlom ID 37 zasahuje do perspektivního území pro projektové práce EDU-západ – Z paralelně s výše uvedenými zlomy ID 11 a ID 17.

Dalším nápadným směrem průběhu křehkého porušení je směr V–Z. V něm nejnápadnější je zlom ID 43. Lze jej sledovat od Zárubic, morfologicky se projevuje v údolí Ostrého potoka, ukončen je patrně na struktuře jaroměřického zlomu. Má prokázanou hydrogeologickou funkci a byl ověřen DOP anomáliemi na profilech EDU-02Z a EDU-07A. Tento zlom prochází perspektivním územím pro projektové práce EDU-západ – J. Severně od hřbetu Klučovské hory běží pak zlomy ID 35 a ID 34, přičemž zlom ID 35 je ověřený anomáliemi na profilu EDU-13 a vykazuje hydrogeologickou funkci.

Ze zlomů směru SSZ–JJV byla většina z nich byla definována na základě geologického mapování Hanžla et al. (2017), geofyzikálně je ověřený zlom ID 31, situovaný mezi obcemi Krhov a Odunec v moldanubiku východně od třebíčského plutonu. Zlom je indikován DOP anomálií na profilu EDU-02V (metráž okolo 7040). Dalším zlomem tohoto směru je zlom ID 36, označovaný jako jaroměřický zlom a indikovaný DOP anomálií na profilu EDU-07A.

Směr SV–JZ je méně intenzivně vyvinut, za významnější zlomy, především vzhledem k jejich lokalizaci, lze označit zlomy ID 18, ID 19 a ID 23, a to z toho důvodu, že sledují hranici mezi perspektivními územími pro projektové práce EDU-západ – Z západně od uvedených zlomů a EDU-západ – SV a EDU-západ – J, které leží od těchto struktur na východ. Žádný z těchto tří zlomů nebyl nicméně geofyzikálně ověřen, jejich indikace jsou morfologické a geologické.

Posledním významnějším směrem je SZ–JV. Zlom ID 12 sleduje údolí bezejmenného toku od Návesního k Novému rybníku v. od Dolních Vilémovic, k němu paralelně běží zlom ID 9. Oba uvedené zlomy zasahují pouze do moldanubika. Z moldanubika do třebíčského plutonu probíhá pak zlom ID 7, na kterém pravděpodobně dochází k drobnému posunu vzájemné hranice těchto dvou jednotek. Ten nelze určit jednoznačně, protože je zakrytý kvartérem.

Obr. 4 Tektonické schéma lokality EDU-západ (dle Mixa et al. 2019 a Pertoldová et al. 2019)

4.1.3 Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Pro popis puklinových systémů na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) nelze vycházet z dat získaných za účelem DFN modelování. Neproběhl zde tento systematický sběr dat, tvorba 3D modelů jednotlivých výchozů a mapování délek stop jednotlivých struktur na výchozech. Představa o složitosti puklinových systémů na lokalitě vychází zejména z poznatků podrobného geologického mapování Hanžla et al. (2017). Puklinový systém je v horninách třebíčského plutonu tvořen převážně subvertikálními extenzními puklinami a vykazuje poměrně homogenní distribuci jejich orientace. Lze v něm pozorovat puklinové sety SSZ–JJV, V–Z průběhu a pod středními úhly upadající systém puklin SSZ–JJV. Tato pozorování jsou ve shodě s pozorováními na lokalitě Horka, náležící stejnému horninovému typu, která prošla obdobnou deformační historií. Pro zhodnocení lokality Na Skalním (EDU-západ) je tedy možné uvažovat o analogii právě s lokalitou Horka. Dle geofyzikálního měření provedeného na lokalitě (Mixa et al. 2019) jsou projevy křehkých poruch (pukliny/puklinové systémy), nevyskytujících se v přímém okolí identifikovaných zlomů, značně lokalizované. To může svědčit o vzniku pravidelných diskrétních ploch většího rozsahu. Tyto indikace korelují s popisem puklinové sítě Hanžla et al. (2017).

4.1.4 Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace

Struktury v magmatických horninách třebíčského plutonu jsou definovány zejména přednostní prostorovou orientací minerálů. V dominantním horninovém typu, hrubě porfyrickém durbachitu, je to především orientace živcových vyrostlic, méně výrazně biotitu a amfibolu v základní hmotě. Na plochách těchto foliací lze místy pozorovat magmatické lineace tvořené především lineární přednostní prostorovou orientací vyrostlic draselného živce a biotitu. Na základě těchto indikátorů bylo možné identifikovat dvě odlišné generace staveb souvisejících s magmatickým stadiem vývoje třebíčského plutonu. Obě tyto stavby mají většinou velice podobný, magmatický charakter, nicméně relativně mladší stavby místy přechází do tranzitní submagmatické foliace. Kromě tohoto lokálně odlišného charakteru se tyto dvě na sebe naložené stavby vzájemně liší především orientací (subvertikální, resp. subhorizontální). Na základě lokálně submagmatického charakteru subhorizontálně orientovaných staveb a analogie se známým strukturním záznamem v okolních horninách moldanubika je možné interpretovat subvertikální magmatické stavby v durbachitech třebíčského plutonu jako relativně starší. Nejmladší dokumentované stavby mají nízkoteplotní charakter a jsou vázány na subvertikálně orientované střižné zóny.

Do blízkého okolí perspektivních území pro projektové práce spadá také východní hranice třebíčského plutonu s gföhlskou jednotkou moldanubika. V té lze vyčlenit dvě odlišné fáze deformačního vývoje. Struktury relativně staršího stádia mají obecně relativně strmou orientaci, zatímco na ně naložené mladší stavby zapadají spíše pod mírnými až středními úhly.

4.2 Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností

Expertně posouzená variabilita vlastností udává množství, prostorovou distribuci a charakter horninových těles. Petrologická variabilita ukazuje na stupeň homogenity horninového prostředí v rozsahu horninových typů, které jsou definovány pro danou lokalitu. Míra nejistoty

určení litologických rozhraní či určení existence drobnějších petrograficky odlišných těles v hloubce je na podobné úrovni jako v případě indikátoru K3a.

4.2.1 Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí

Perspektivní území pro projektové práce a jeho blízkého okolí je situováno v drtivé většině v tělese třebíčského plutonu, jehož horniny cele pokrývají dílčí PÚPP EDU-západ – Z a EDU-západ – J. Východní hranice dílčího PÚPP EDU-západ – V je paralelní s hranicí tělesa třebíčského plutonu, při této hranici a v jejím blízkém východním okolí se tedy vyskytují i horniny gföhlské skupiny moldanubika.

Třebíčský pluton je ve všech třech polygonech perspektivního území pro projektové práce (dále jen polygonech) poměrně značně homogenní, tvořený hrubě porfyrickým amfibol-biotitickým durbachitem. Tato homogenita je narušována pouze drobnými tělísky biotitického až amfibol-biotitického granitu až syenitu, který tvoří enklávy o rozměrech prvních desítek až prvních stovek metrů. Jedná se ovšem o horniny značně podobné, hranice mezi nimi jsou charakterizovány postupným litologickým přechodem mezi oběma typy hornin, nelze ji tedy charakterizovat významnou materiálovou změnou. Tyto horniny jsou přítomny pouze v polygonu EDU-západ – Z a zaujímají necelá dvě procenta jeho celkové plochy. V uvedeném polygonu zároveň nejsou jiné litologické typy, které by narušovaly dominanci hrubě porfyrických durbachitů. Podobně litologicky homogenní je perspektivní území pro projektové práce EDU-západ – J. I tady naprosto dominuje hrubě porfyrický durbachit, v oblasti V Lipkách sv. od Přiložan je situována drobná pegmatitová žilka, západně od Ostrého dvora je granitové tělísko podobné velikosti (povrchový výskyt obou uvedených horninových typů se pohybuje v délce prvních stovek a šířky prvních desítek metrů). Podobnou prostorovou variabilitu horninového prostředí vykazuje polygon EDU-západ – SV. Nicméně v tomto případě je nutno brát v úvahu jeho lokalizaci při kontaktu třebíčského plutonu s horninami moldanubika. V blízkém východním okolí tohoto polygonu se objevují nebulitické a stromatitické migmatity gföhlské skupiny moldanubika, z. od Zárubic doplněné a vložkové vápenatosilikátové horniny. V samotném tělese třebíčského plutonu se pak objevuje těleso anatektického granitu v lokalitě Lipenská a také litologický přechod do drobně zrnitých biotitických syenitů okrajové facie třebíčského plutonu v lokalitě U Jarošovského kacíře. Geofyzikální měření zachytila kontakt obou jednotek přímo v diskutovaném polygonu na profilu EDU-02Z, severněji pak na profilu EDU-06. Oba profily dokumentují tuto strukturu jako strmou, subvertikální.

4.2.2 Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin

Petrologická variabilita perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí je, v souladu s prostorovou variabilitou, nízká. Nejdominantnější typ, hrubě porfyrický amfibol-biotitický durbachit je hornina velmi stejnorodá napříč celým sledovaným územím. Jedná se o tmavé horniny s nápadnými světlými vyrostlicemi draselných živců o velikosti v řádu až prvních centimetrů a hrubě zrnitou základní hmotou. V minerálním složení dominuje draselný živec, ortoklas s relativně vysokým podílem albitové komponenty (do Ab_9), jádra vyrostlic někdy uzavírají drobné plagioklasy – albity, běžné jsou albitové perthity. Amfibol tvoří pravidelná automorfně omezená homogenní zrna, chemismem odpovídající magneziohornblendu o $X_{Mg} = 0{,}9$. Biotit tvoří červenohnědé lupínky a je relativně dobře zachovaný, i když lze pozorovat Fe oxidy na štěpných trhlinách. Hojné jsou akcesorické minerály, zejména apatit a zirkon, který tvoří automorfní zrna o velikosti až 50 μm, ale i nepravidelné shluky a agregáty.

Na úkor zirkonu místy vzniká mladší thorit. Běžný je také titanit až mm velikostí, v BSE zřetelně zonální. Variantní typ, biotitický až amfibol-biotitický granit až syenit, je hornina velmi podobná, chemicky i mineralogicky, liší se pouze chybějícím nebo jen okrajově zastoupeným amfibolem, obvyklé jsou také neporfyrické variety. Kromě toho byl vyčleněn tzv. „okrajový typ“ durbachitu, který může zahrnovat obě výše uvedené variety, jeho charakteristickým znakem je ale zejména proniknutí celou řadou drobných aplitových a granitových žilek nemapovatelné velikosti.

Naproti tomu značnou petrologickou variabilitu vykazují horniny moldanubika v blízkém východním okolí perspektivního území pro projektové práce. V uvedené oblasti je vymapován stromatitický až nebulitický biotitický migmatit, místy se sillimanitem, místy s granátem. Jedná se o drobně až středně zrnitou horninu, nejčastěji s patrným usměrněním, v případě stromatitických typů až páskováním. Nebulitické typy naproti tomu mohou vykazovat až všesměrnou texturu bez patrných přednostních orientací minerálů. Nebulitické a stromatitické typy do sebe vzájemně přecházejí, oba dva typy nelze jednotlivě rozmapovat. Minerální složení hornin zahrnuje křemen, živce, biotit, ± granát ± sillimanit. Akcesorické jsou apatit, zirkon, monazit ± xenotim. Značně různorodé je nejen zastoupení jednotlivých minerálů (jak vyplývá z výše uvedeného), ale i texturní charakteristika, míra tavení hornin a jejich zrnitost.

4.3 Expertní zhodnocení lokality

V následujícím textu jsou shrnuty pouze hlavní argumenty expertního týmu využité při stanovení příslušných známek. Pro primární podklady uvedených argumentací a další detailní informace je nutno použít zejm. zprávy Mixa et al. (2019), Franěk et al. (2018), Pertoldová et al. (2019), Karous et al. (2019), Hanžl et al. (2017, 2018) a Kabele et al. (2018).

Tab. 3 Vyhodnocení geologických kritérií pro potenciální lokality pro umístění HÚ na základě expertního vyhodnocení

indikátor	**Březový potok**	**Čertovka**	**Čihadlo**	**Horka**	**Hrádek**	**Janoch (ETE-jih)**	**Kraví hora**	**Magdaléna**	**Na Skalním (EDU-západ)**
K3a	3,5	3,3	3,8	2,8	2,3	2	5	3,5	**3,9**
K3b	3,3	2,4	4	3	3,3	3,2	3,1	3	**3**
K3c	1,2	1,5	1	2	1	4	5	1,5	**2**
K4a	2,1	3	2	1,2	1	2,2	5	3,7	**2**
K4b	2,1	2,2	2	1	1,4	2,3	5	2	**2,5**

Geologická stavba lokality Na Skalním (EDU-západ) je charakterizována intruzí spodnokarbonského třebíčského durbachitového plutonu do prostředí moldanubika, které je tvořeno z východu plutonu migmatity gföhlské skupiny a ze západu pararulami drosendorfské skupiny. Intruze durbachitů je pronikána suitou granodioritů, aplitů, pegmatitů a žil biotit-turmalinických granitů.

Indikátor K3a: Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Známka 3,9 řadí lokalitu Na Skalním (EDU-západ) (spolu s lokalitami Čihadlo a Magdaléna – 3,8, resp. 3,5) ke zlomově nejvíce postiženým hodnoceným granitoidním lokalitám. Komplikovanější zlomová stavba byla zjištěna pouze na lokalitě Kraví hora (5,0). Je nutno přitom mít na mysli, že dle metodiky hodnocení lokalit (Vondrovic et al. 2019) žádná z lokalit, na níž se vyskytuje zlom 1. kategorie, nemůže být hodnocena známkou 1, a že se tudíž hodnoty devíti lokalit musí pohybovat v intervalu 2 až 5.

V hodnoceném území regionálního 3D modelu jsou přítomny 4 zlomy 1. kategorie (ID 1,2,3 a 4) a 50 zlomů 2. kategorie, což je nejvyšší počet zlomů této kategorie ze všech studovaných lokalit. Zlomy 1. kategorie tvoří mohutné pásmo směru ZSZ–ZJV až SZ–JV, historicky i aktuálně dobře dokumentované celou řadou geologických prací. Pásmo je tvořeno mohutnými zlomy majícími obvykle několik větví označených samostatnými ID. Jedná se zejména o zónu lipnického/výčapského zlomu (ID 4 + ID 5, 8 a 52), nepojmenovanou zlomovou zónu navazující na lipnický zlom (ID 1. 2, 3 + 10, 32) a mocné zlomové pásmo označované jako klučovské v severní části území, tvořené celou řadou zlomů 2. kategorie ID 14, 16, 48 a další. U všech těchto zlomů je konvenčně uvažováno se subvertikálním sklonem.

Vlastním perspektivním územím pro geologické charakterizační práce probíhají tři zlomy 1. kategorie, z nichž ID 4 těsně sleduje severní hranici perspektivních území pro projektové práce EDU-západ – Z a EDU-západ – SV. Dále je v území pro geologické charakterizační práce přítomno 12 zlomů 2. kategorie dominujícího směru ZSZ-VJV (ID 5, 10, 11, 17, 38 a 99), méně časté jsou pak směry SV–JZ (ID 6, 18, 100), doplněné zlomy SSZ–JJV směru (ID 14 a 20) a zlomem směr ZJZ–VSV (ID 43).

Obecně platí, že hydraulická funkce zlomů na lokalitě Na Skalním EDU-západ je ověřena jen sporadicky (platí např. pro ID 10 paralelní s údolím Rouchovanky, a rovněž zlom ID 1 vedoucí údolím Rouchovanky, na které je vázána řada hydrogeologických indikací). Nicméně pro lokalitu EDU-západ (podobně jako např. pro Horku nebo Magdalénu) platí, že hustá síť melioračních řadů, přítomná na lokalitě, omezuje možnost indikace drenáže podzemních vod po tektonických liniích při hydrogeologickém mapování. Přirozený oběh podzemních vod v mělkých částech krystalinika tak při husté síti melioračních řadů prakticky zaniká.

Je možno konstatovat, že lokalita Na Skalním EDU-západ je intenzivně zlomově porušena (což bylo dobře dokumentováno jak četnými staršími pracemi geologickými a geofyzikálními, tak aktuálními výzkumy). Relativně větší počet zlomů 2. kategorie, včetně řady z nich přítomných v území pro geologické charakterizační práce a dále přítomnost mocného zlomového pásma dělícího území regionálního 3D geologického modelu na severní a jižní část a zčásti probíhajícího územím pro geologické charakterizační práce vedlo expertní tým k přidělení známky 3,9.

Při pohledu na charakter zlomové sítě je zjevná jistá podobnost s lokalitami Magdaléna a Čihadlo (též zlomové tahy 1 kategorie probíhající středem lokality a doprovázené sítí zlomů 2. kategorie), a i proto byly tyto lokality hodnoceny podobně. Středem lokality Hrádek (2,3) sice též probíhá zlom 1. kategorie (dolnohuťský), nejedná se ale o mocné tektonické pásmo, ale o jednu diskrétní strukturu, od níž na východ i na západ se vyskytují výjimečně homogenní zlomově nepostižené plochy. Vymyká se pouze lokalita Kraví hora, kde je porušení lokality zlomy ještě řádově komplikovanější, a proto má lokalita Kraví hora známku 5, s výrazným odstupem od lokality Na Skalním EDU-západ (3,9).

Indikátor K3b: Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Na lokalitě Na Skalním EDU-západ, stejně jako na lokalitě Janoch (ETE-jih), nebyl stanovován parametr P_{21} v rámci projektu Kabele et al. (2018). Na druhou stranu na těchto dvou lokalitách probíhaly před projektem DFN modelů podrobné geologické výzkumy – viz Hanžl et al. (2017, 2018) a Navrátilová et al. (2017) spojené s detailním geologickým mapováním v měřítku 1:10 000, strukturním výzkumem i geofyzikálním výzkumem (doplněným poté ještě etapou geologických a geofyzikálních výzkumů Mixa et al. (2019).

Stanovení známky expertním týmem pro hodnotící kritérium K3b tak bylo učiněno na podkladě výše uvedených studií, veškerých informací zjištěných během geofyzikálních a geologických prací Mixa et al. (2019) a rovněž analogií k litologicky obdobné lokalitě Horka, ležící též v tělese třebíčského plutonu, cca 20 km severně od lokality Na Skalním EDU-západ. Z důvodu nestanovení parametru P_{21} uvádíme bližší popis puklinových systémů:

Puklinové systémy v moldanubických horninách se jeví jako značně heterogenní. V oblasti západně od třebíčského plutonu je puklinová síť tvořena extenzními puklinami s převážně subvertikálním sklonem. Puklinový systém je reprezentován dvěma rovnocennými a vzájemně ortogonálními puklinovými sety směru SZ–JV a SV–JZ a také méně výrazným souborem puklin průběhu ZJZ–VSV. Nejvýraznějším směrem je azimut 120° s mediánem 5 puklin na metr. Další výrazné směry mají azimut 40° a 80° s mediánem 4 pukliny na metr.

V moldanubiku východně od třebíčského plutonu tvoří nejvýraznější puklinový set fraktury převážně strmé orientace a průběhu SZ–JV. Další, méně početné puklinové sety jsou tvořeny frakturami generelně v.–z., resp. sv.–jz. průběhu. Hustota puklin je nerovnoměrně zastoupena. Největší medián hustoty puklin vykazují pukliny s azimutem směru 160° (cca 7 na metr). Další významné azimuty směrů jsou 120°a 80 °s mediánem 5 puklin na metr.

Méně rozpukané se jeví horniny třebíčského plutonu. Na studovaném území dominují extenzní pukliny s převážně subvertikální orientací, definované hlavním setem průběhu SSZ–JJV až ZSZ–VJV a také méně výraznými soubory puklin průběhu SZ–JV, SV–JZ. Hustota puklin je charakteristicky rovnoměrná pro většinu směrů a je okolo tří puklin na metr. Z tohoto trendu se mírně odchyluje medián hustot puklin pro azimuty směrů 10° a 120°, kde je medián nižší, cca dvě pukliny na metr. Častým fenoménem jsou pak exfoliační pukliny v durbachitech. Ty jsou obvykle subhorizontální nebo ploše ukloněné s úklonem do 10° a jejich orientace je závislá na morfologii povrchu.

Expertním týmem byla lokalitě Na Skalním EDU-západ pro kritérium K3b stanovena známka 3,0 reflektující tyto hlavní poznatky: parametr P_{21} pro lokalitu Horka v rámci totožné litologie třebíčských durbachitů dosahuje hodnoty 3,0, která řadí lokalitu Horka do průměru stran postižení území puklinovými systémy. Pro lokalitu Na Skalním EDU-západ je uvažována analogie hodnoty parametru. Předchozími geologickými výzkumy (zejm. Hanžl et al. 2017, 2018) byly dokumentovány puklinové sety obdobné lokalitě Horka, nevykazující anomální četnost ani vyšší, ani nižší.

Obdobně hodnocené lokality intruzivní – Hrádek a Březový potok se známkou 3,3 vykazují vyšší parametr P_{21} – 1,12 resp. 1,15. Čihadlo má pak hodnotu P_{21} nejvyšší 1,51 a i s ohledem na dokumentaci geofyzikální byla posouzena jako nejvíce postižená rozpukáním – proto hodnota 4. Naopak nejlepší známka pro Čertovku reflektuje nejnižší parametr P_{21} potvrzenou i výsledky aktuálních geofyzikálních a spojených geologických výzkumů.

Indikátor K3c: Stupeň duktilní deformace

Stupeň duktilní deformace durbachitů v hodnocené ploše území perspektivního pro projektové práce a blízké okolí byl expertním týmem hodnocen známkou 2. Tato známka odpovídá též hodnocení geologicky obdobné lokality Horka (durbachity třebíčského plutonu) a je mírně horší než všechny lokality tvořené granity (známky v intervalu 1,0 – 1,5). Důvodem je přítomnost dvou dobře vyvinutých odlišných generací duktilních staveb, definovaných především orientací minerálů, případně přednostní orientací eliptických či protažených mafických enkláv. Starší magmatické stavby mají subvertikální orientaci s převažujícím s.–j. průběhem a dobře pozorovatelná bývá jejich transpozice do mladších, magmatické stavby zapadají pod malými úhly k SV.

S ohledem na dobře vyvinuté dva systémy magmatických foliací byla lokalitě Na Skalním (EDU-západ) stanovena známka 2 (stejně jako lokalitě Horka), odlišující tyto dvě durbachitové lokality od granitických, které mají obvykle vyvinut jen jeden systém magmatických staveb, navíc často jen slabě.

Indikátor K4a: Prostorová variabilita horninového prostředí

Hodnocené území – tj. perspektivní území pro projektové práce a blízké okolí – se jeví jako horninově relativně homogenní, a proto byla lokalitě pro kritérium K4a stanovena známka 2. Definované území je tvořeno jednou hlavní litologií a sice durbachitem (resp. hrubě zrnitým porfyrickým melanokratním granitem až syenitem) třebíčského plutonu. V této hornině se vyskytují drobné (cm až dm) mafické mikrogranulární enklávy a dále v.–z. leukokratní granitové a aplitové žíly a žilníky a drobné granodioritové intruze. Nejvyšší četnost litologických nehomogenit byla zjištěna zejména v severní a západní části regionálního 3D modelu – jedná se zejména o drobně zrnité biotitické granity, které tvoří jak žíly, tak drobná tělesa charakteru enkláv a drobně až středně zrnité granity s biotitem a turmalínem objevující se v žilných výskytech. Tyto výskyty ovšem nepadají do perspektivního území pro projektové práce ani do jeho blízkého okolí, stejně jako na východ sousedící metamorfity a neovlivňují tak stanovení známky, která byla proto určena stupněm 2 a nikoliv horším.

Malá prostorová variabilita je společná všem oběma durbachitovým lokalitám třebíčského plutonu (Na Skalním (EDU-západ), známka Horka 1,2) a je rovněž podobná – v rámci relativně malých ploch tvořících území pro projektové práce – i homogenním granitům Březový potok a Čihadlo (2,1 a 2,0), které také vykazují jen nehojnou přítomnost xenolitů, žil, enkláv a dalších cizorodých těles.

Indikátor K4b: Petrologická variabilita hornin

Argumentace je obdobná se zdůvodněním indikátoru K4a. Durbachit lokality Na Skalním (EDU-západ) představuje litologicky poměrně fádní horninový set, i když např. ve srovnání s ideálně homogenní durbachitovou lokalitou Horka jeví horniny třebíčského masivu na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) podstatně větší texturní i litologickou pestrost - lokálně plynule přechází z dominantní variety porfyrického melasyenitu do světlejších melagranitů, leukokratnějšího a minoritního středně až hrubě zrnitého biotitického syenitu až granitu místy s amfibolem, střídají se variety lokálně porfyrických a lokálně neporfyrických durbachitů. Také četnost zmíněných leukokratních granitových a aplitových žil a žilníků, včetně turmalín-biotitových granitů a intruzí malých těles granodioritů je vyšší, než např. na zcela nevariabilní lokalitě Horka.

4.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

Hodnocení lokalit HÚ představuje komplexní úlohu, která vyžaduje celou řadu vstupních dat zatížených různou mírou nejistoty. V prostorovém kontextu lze nejistotu interpretovat s ohledem na posuzovanou oblast jako množství chybějící informace (Wellmann a Regenauer-Lieb 2012). Při hodnocení lokalit je důležité identifikovat a kvantifikovat různé zdroje nejistot. Za současného stavu omezeného poznání horninového prostředí zájmových lokalit nelze nejistotu ve vztahu k jednotlivým geologickým indikátorům zodpovědně kvantifikovat. Dosud nikde ve srovnatelném prostředí nebyla míra nejistoty, ve vztahu k hodnocení lokalit HÚ, kvantitativně definována. Proto je nejistota v této kapitole popsána expertním odhadem. Semikvantitativní stanovení nejistoty bude možno stanovit až po realizaci rozsáhlejších průzkumných prací včetně realizace hlubokých vrtů.

Lokalita Na Skalním (EDU-západ) je situována dominantně na třebíčském plutonu a jeho exokontaktu s moldanubikem. Nejistota interpretace homogenity plutonu vyplývá především z nedostatku relevantních hloubkových dat. Samotná mocnost durbachitového tělesa třebíčského plutonu je problematická – podle gravimetrických dat se pohybuje od 1200 do 2500 metrů, kdy největší mocnost je v okolí Klučovské hory (Hanžl et al. 2017).

Další nejistoty týkající se třebíčského plutonu jsou většinou soustředěny do jeho západního okraje, kde není dosud zřejmý vztah plutonu k sousednímu moldanubiku.

Strukturním výzkumem a mapovacími pracemi byly odlišeny tři hlavní systémy zlomových struktur. Nejistota spojená s hodnocením oblasti spočívá v neznalosti úhlů a směrů upadání zlomů a dále v mocnosti a charakteru jejich výplně a jejich hydraulických a geomechanických parametrů. Pro žádný ze zlomů dosud evidovaných na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) není bezpečně známý jeho sklon, u všech byl tedy sklon konvenčně stanoven jako svislý. Jako strmě ukloněné dovnitř plutonu byly interpretovány kontakty plutonu. Skutečný sklon zlomů může být výrazně odlišný. Pro převážnou většinu zlomů nejsou známy mocnosti ani charakter výplně, a pro žádný není známa jeho hydraulická vodivost a geomechanický význam. Tyto parametry nelze bez technických prací a následných terénních testů stanovit.

Stanovit přesnou míru rozpukání horninového masivu v hloubce plánovaného HÚ je obtížné. Strukturní data pořízená na povrchu a jejich matematická extrapolace nicméně přináší reálný obraz o podobě a hustotě puklinových systémů v přípovrchové zóně zkoumaného masivu. Výskyt puklin podobných orientací i ve větší hloubce lze však jen předpokládat. Z již provedených terénních prací lze určit dominantní puklinové systémy ve zkoumané oblasti, avšak predikce jejich změn do hloubky je bez provedení vrtných prací, doplněných např. o karotážní metody nebo ideálně průzkum v důlních dílech.

Vývoj povrchu má návaznost na terciérní sedimenty, které jsou běžné v okolí lokality a je zřejmé, že jeho dominantní část se vyvinula před neogénem.

Nejistoty jsou spojené i s průběhem zvodnělých poruchových zón v hloubce úložiště. Další upřesnění je žádoucí.

4.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení vylučujících geologických kritérií (Tab. 1) ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ je uvedeno v Tab. 4. Pokud vyhodnotíme všechna výše zmíněná fakta charakterizující lokalitu z hlediska geologických charakteristik, nebyl zjištěn důvod pro vyloučení lokality z dalšího výběru pro umístění úložiště. Geologická situace lokality je relativně dostatečně prozkoumaná tak, aby bylo možné přepokládat průběh důležitých zlomových linií a vytvořit 3D geologický model.

Tab. 4 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Geologické charakteristiky pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.1.1.	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.1.2	Variabilita fyzikálních a geochemických vlastností horninového prostředí	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

4.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Kapitola „Geologické charakteristiky“ obsahuje výčet a popis geologických faktorů, které lze považovat za základní indikátory vhodnosti lokality Na Skalním (EDU-západ) pro umístění HÚ. Jedná se o následující:

Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

- stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury (podrobně viz kapitola 4.1.2);
- stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy (podrobně viz kapitola 4.1.3);
- stupeň duktilní deformace (podrobně viz kapitola 4.1.4).

Variabilita vlastností horninového prostředí

- prostorová variabilita horninového prostředí (podrobně viz kapitola 4.2.1);
- petrologická variabilita hornin (podrobně viz kapitola 4.2.2).

Klasifikace jednotlivých indikátorů byla založena na výše shrnutých dostupných geovědních informacích (viz kapitola 4) ve stupnici 1 – nejnižší až 5 – nejvyšší. Následně bylo provedeno vzájemné porovnání daného hodnocení napříč lokalitami a vyhodnocení geologických

indikátorů na základě dohody expertního týmu – viz Tab. 5. Lokality se navzájem výrazně liší množstvím i kvalitou geologických informací (např. mapy různého měřítka, odlišný počet chemických analýz atd.) a nelze je tedy porovnávat exaktními a kvantitativními postupy. Proto bylo zvoleno porovnání formou expertního odhadu na základě diskuze specialistů a jejich shody.

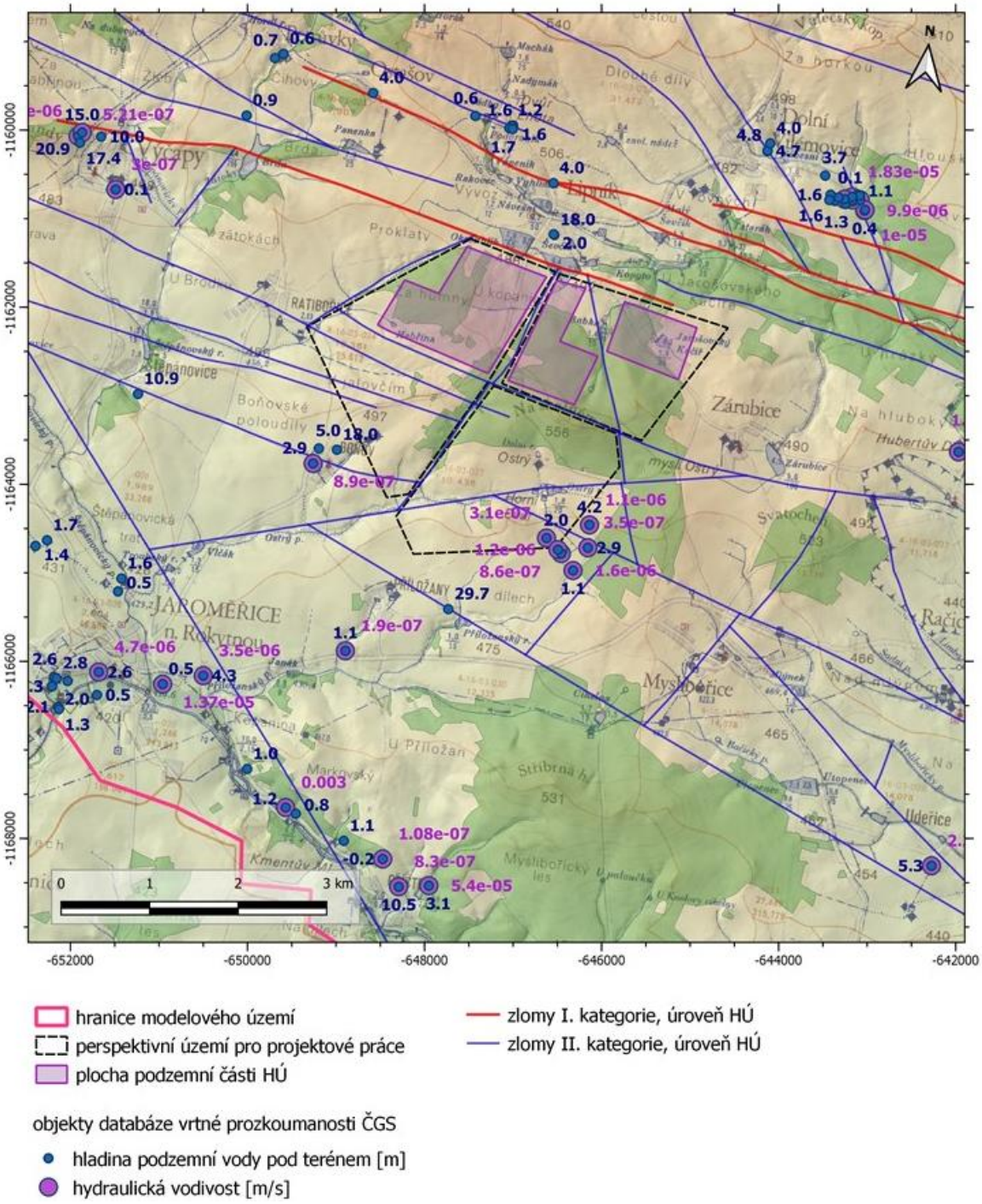
Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).

Tab. 5 Vybrané indikátory kritérii Geologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ). ID viz (Vondrovic et al. 2019)

ID	Indikátory kritérií	Známka
K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	3,9
K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	3
K3c	Stupeň duktilní deformace (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2
K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2
K4b	Petrologická variabilita hornin (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2,5

5 Hydrogeologické charakteristiky

Podle hydrogeologické rajonizace je na území lokality Na Skalním (EDU-západ) vymezen hydrogeologický rajon základní vrstvy 6550 Krystalinikum v povodí Jihlavy. Krystalinikum je zde tvořeno porfyrickými amfibol-biotitickými granity třebíčského plutonu.



Obr. 5 Hydrogeologické údaje v databázi vrtné prozkoumanosti ČGS

Pro širší zájmovou oblast posuzovaného masivu jsou k dispozici pouze omezené bodové hydrogeologické informace do hloubky max. prvních desítek metrů, které vychází z malého vodárenského významu třebíčského plutonu. Vrty s údaji o hydrogeologii jsou většinou

situovány poblíž vodních toků nebo v lokálních sníženinách v přípovrchové zóně rozvolnění puklin s aktivním oběhem podzemních vod a s výrazně vyšší hydraulickou vodivostí (ve srovnání s horninovým prostředím v hloubce HÚ). Nejhlubší vrty s archivními hydrogeologickými informacemi o hladině podzemní vody a transmisivitě v ploše modelového území většinou dosahují hloubky cca 80 m (max. 103 m). Hladina podzemní vody ve většině vrtů je mělce pod terénem, hydraulické vodivosti se pohybují v rozmezí řádu 10^{-5} m.s^{-1} do 10^{-7} m.s^{-1} (Obr. 5). Do plochy vymezující jižní polygon perspektivního území pro projektové práce zasahuje pouze jeden mělký vrt hloubky 14 m.

Hydrogeologický masiv hornin moldanubika a třebíčského plutonu představuje složité, heterogenní a anizotropní hydrogeologické prostředí s velmi nepravidelným rozdělením cest proudění podzemní vody. Různá intenzita zvětrání a zejména rozpukání obvykle vyvolává značné rozdíly v propustnosti příslušných hornin i na velmi krátké vzdálenosti. Přípovrchovou zónu svahových sedimentů a zvětralinového pláště granodioritů lze obecně označit jako prostředí se slabou průlinově-puklinovou propustností. Na tuto nejsvrchnější zónu, mocnou řádově jednotky až první desítky metrů, navazuje přípovrchová část intenzivního rozpukání a rozpojení puklin hydrogeologického masivu charakteristická relativně nízkou puklinovou propustností. Tyto dvě části horninového profilu tvoří hlavní kolektor krystalinika, ve kterém se vytváří několik dílčích zvodní.

Svrchní zvodeň rychlého mělkého lokálního proudění vzniká v prostředí kvartérních sedimentů a zvětralinového pláště. Hloubkový dosah zvodně je řádově do 10 až 20 metrů. Akumulační možnosti svrchního kolektoru jsou vzhledem ke své geologické stavbě a mocnosti omezené a nedochází zde k tvorbě významnějších zdrojů podzemní vody. S výjimkou nejsvrchnější části vertikálního profilu zvětralin podložních hornin a na ně navazujících pokryvů kvartérních sedimentů nejsou v oblastech rozšíření hydrogeologického masivu přítomny horniny s průlinovou propustností. V hydrogeologickém masivu převládá propustnost puklinová, která vzniká sekundárně následkem tektonické expozice. Spodní, hlubší zvodeň je vázaná na puklinové prostředí pevných hornin, přičemž u masivů granodioritových hornin může dosahovat do hloubek okolo 100 až 120 m.

V hlubších částech krystalinika dochází k postupnému svírání puklin tíhou nadložních hornin a hydraulická vodivost se snižuje. Pomalý oběh podzemních vod probíhá výhradně po puklinách, zlomových pásmech a poruchových zónách. K odvodnění hlubších částí zvodně dochází na bázi hlavních vodotečí, většinou skrytě do kvartérních sedimentů.

Zdrojem podzemní vody na lokalitě je srážková infiltrace, ke které dochází v celé ploše území. Rozložení efektivní infiltrace je prostorově variabilní, s průměrnou hodnotou 1,9 l.s^{-1}.km^{-2} (Krásný et al. 1982). Do hlubších oblastí masivu, vzhledem k malé propustnosti, přetékají z přípovrchové vrstvy pouze první jednotky procent infiltrovaného množství vody. Umístění infiltračních oblastí podzemní části HÚ bylo modelem stanoveno do okolí rozvodnice, táhnoucí se přes vrchol Na Skalním (556 m n. m.) a do přilehlých vrcholových partiích území, které se nachází mimo zastavěné oblasti. Infiltrační oblasti částečně zasahují do nadloží ploch podzemní části HÚ.

5.1 Vylučující kritéria

5.1.1 Přítomnost zvodní v izolační části úložiště

Pro zhodnocení hydraulických vlastností hlubších částí krystalinických hornin v hloubkách projektovaného HÚ nejsou aktuálně k dispozici žádná data, je ale velmi pravděpodobné, že v hloubce 500 m pod zemským povrchem bude hydraulická vodivost hornin mimo poruchová pásma (izolační část masivu) o tři až pět řádů nižší než v přípovrchové zóně rozvolnění puklin a nebude zde přítomna souvislá zvodeň. V hlubších částech krystalinika dochází k postupnému svírání puklin a hydraulická vodivost horninového prostředí se postupně snižuje. Proudění podzemní vody probíhá výhradně po výrazných puklinách, zlomových pásmech a poruchových zónách. V evidenci ISVS – VODA (www.voda.gov.cz) jsou pro širší oblast perspektivního území pro projektové práce evidovány odběry využívající přípovrchové zdroje podzemní vody a nesignalizují možnost využití podzemní vody hlubokého oběhu pro vodohospodářské využití a existenci významných zdrojů podzemní vody v hlubší části masivu.

5.1.2 Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě

Pro hodnocení hydrogeologických poměrů na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) byl vytvořen aktualizovaný detailní hydrogeologický model (Jankovec et al. 2020), který reprezentuje aktuální znalost poměrů proudění podzemní vody v lokalitě ve vztahu k hlubinnému oběhu. Využita jsou v něm primárně všechna dostupná archivní data a neinvazivní metody průzkumu z terénu, která jsou dostačující pro realizaci komplexního hydraulického modelu. Vývoj hydrogeologických poměrů v lokalitě úzce souvisí s vývojem klimatu a průběhem budoucího antropogenního ovlivnění horninového masivu v posuzované lokalitě, oba faktory lze v realizovaném hydraulickém modelu lokality Na Skalním (EDU-západ) zohlednit. Vyhodnocení kritéria je uvedeno v kapitole 5.3.2.

5.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

5.2.1 Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí úložiště a transportní charakteristiky

5.2.1.1 Indikátor K5a Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže

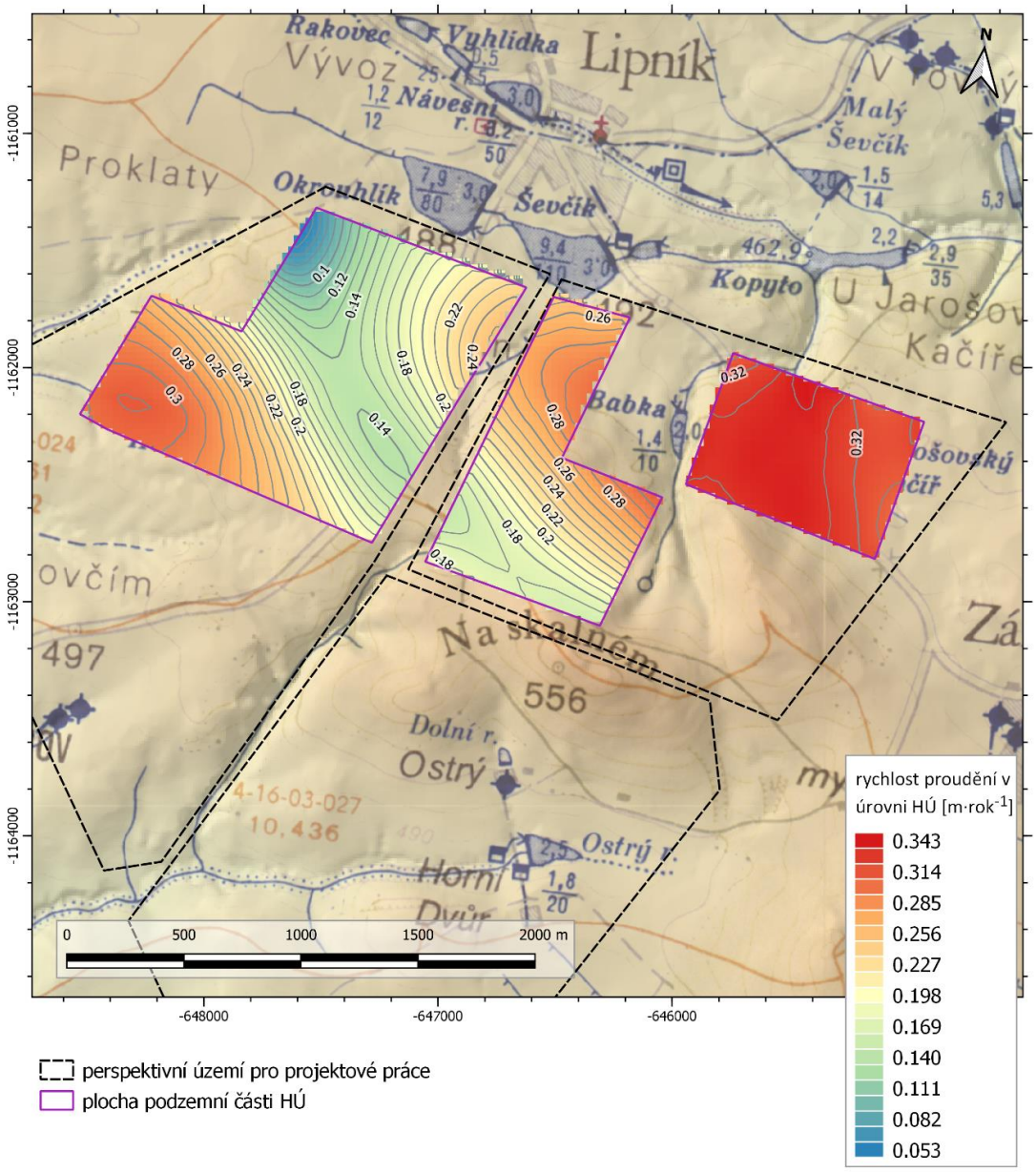
Doby zdržení (dotoku) podzemní vody mezi prostorem HÚ a drenáží jsou v modelových simulacích proudění podzemní vody stanoveny metodou particle tracking (Muffels et al. 2014).

Skutečná rychlost proudění v úseku mezi prostorem potenciálního úložiště (-81 m n. m.) a drenáží v přípovrchové zóně se liší v závislosti na hydraulickém odporu prostředí a hydraulickém gradientu. Proudění v přípovrchové zóně dosahuje rychlostí řádově stovek metrů za rok, zatímco ve větších hloubkách horninového masivu dosahují rychlosti proudění maximálně desítek centimetrů za rok. Hydraulickou souvislost prostoru projektovaného HÚ s drenážními bázemi charakterizuje parametr doby zdržení (doby dotoku). První kvartil zdržení podzemní vody pro HÚ v lokalitě Na Skalním (EDU-západ) byl modelem vypočten na hodnotu 3 946 roků (indikátor K5a, Tab.8). Rozsah dob zdržení se pro prostor HÚ v lokalitě Na Skalním

(EDU-západ) pohybuje v rozmezí 3 300 až 39 000 let (mezidecilové rozpětí intervalu výsledků $Q_{0,1}$ -$Q_{0,9}$).

5.2.1.2 Indikátor K5b Rychlost proudění v úrovni úložiště

Rychlost proudění podzemní vody v úrovni úložiště ovlivňuje dynamiku potencionálního odtoku kontaminace z prostor HÚ. Rychlost proudění v úrovni HÚ souvisí s hydraulickým gradientem, který je ovlivněn morfologií terénu a její propagací do tlakových poměrů podzemní vody. Rozložení rychlostí proudění v úrovni a prostoru HÚ vypočtených modelem proudění je uvedeno na Obr. 6.



Obr. 6 Rozložení modelových rychlostí proudění (m·rok^{-1}) v prostoru HÚ

Rozsah vypočtených rychlostí proudění v prostoru potencionálního HÚ se pohybuje v intervalu 0,06 – 0,34 m.rok^{-1}. Jako hodnota indikátoru byla zvolena maximální hodnota (Indikátor K5b, Tab. 8).

5.2.1.3 Indikátor K5c Propustnost v prostoru HÚ

Propustnost horninového masivu v prostoru HÚ (indikátor K5c, Tab. 8) i maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (indikátor K5e, Tab. 8). souvisí s koncepcí stanovení hydraulických vodivostí zlomových pásem a jednotlivých identifikovaných litotypů, která je podrobně popsána ve zprávě Uhlík et al. (2018).

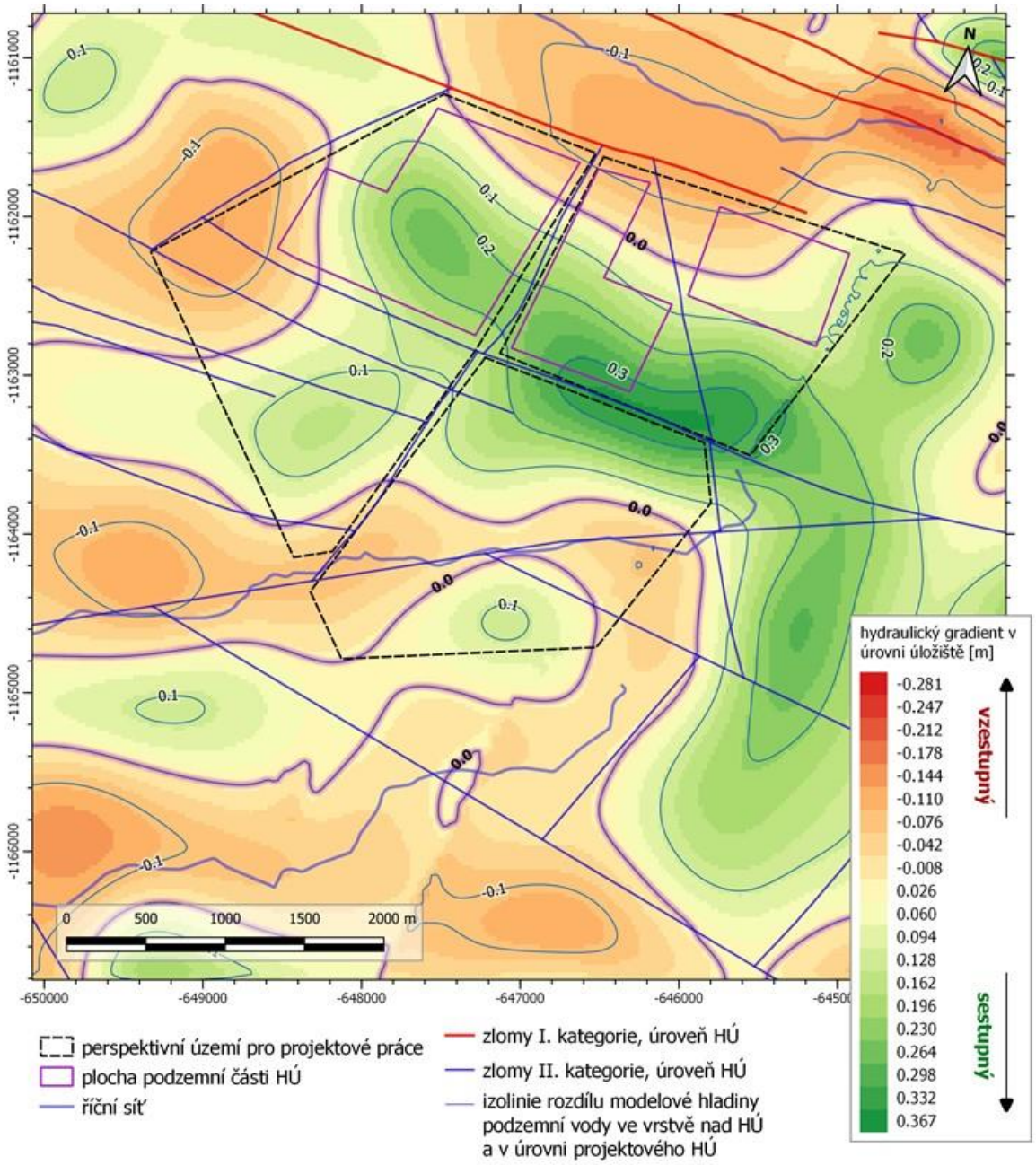
Při hodnocení hydrogeologických vlastností lokality Na Skalním (EDU-západ) byly v horninovém prostředí na základě přijaté koncepce vymezeny dvě dílčí části s rozdílným charakterem propustnosti.

Svrchní část horninového profilu tvoří málo mocné sedimentární horniny kvartéru, aluvium a svrchní vrstva hydrogeologického masivu postižená intenzivním rozpukáním a vyšší mírou rozpojení puklin. Hydraulická vodivost v přípovrchové vrstvě se v prostoru perspektivního území pro projektové práce pohybuje generelně v rozsahu řádů 1.10^{-7} až 1.10^{-5} $m.s^{-1}$, přičemž pokles hydraulické vodivosti s hloubkou lze předpokládat i v přípovrchové vrstvě.

Spodní část profilu tvoří krystalinické horniny, které lze z hydrogeologického hlediska popsat jako heterogenní anizotropní málo propustné puklinové prostředí. Ve zpracovaném hydraulickém modelu využitém pro hodnocení je zadán pokles hydraulické vodivosti v masivu s hloubkou jak v oblastech bez identifikovaných poruchových zón, tak v těchto zónách. Pokles vodivosti je odvozen podle empirické rovnice (Gustafson a Liedholm 1989) tak, že k poklesu koeficientu hydraulické vodivosti o jeden řád dochází s nárůstem hloubky pod terénem o 675 m. Hydraulické vodivosti horniny (mimo poruchové zóny) v úrovni potenciálního HÚ jsou podle tohoto konceptu v modelu zadané v rozsahu $2,6.10^{-9}$ $m.s^{-1}$ až $3,2.10^{-9}$ $m.s^{-1}$ (indikátor K5c, Tab. 8).

5.2.1.4 Indikátor K5d Sestupná vertikální složka proudění

V hydraulickém modelu proudění podzemní vody je simulováno nasycené proudění s volnou hladinou podzemní vody v přípovrchové vrstvě. V zájmové oblasti lze obecně předpokládat standardní vertikální vývoj tlakového pole, kdy v infiltračních oblastech převládá sestupné proudění (po vertikále dochází s hloubkou k poklesu hydraulické výšky) a v oblastech drenáže převládá vzestupné proudění (po vertikále dochází s hloubkou k nárůstu hydraulické výšky). Kromě morfologie terénu ovlivňují tlakové poměry odporové parametry horninového prostředí, jejichž heterogenita je v zájmovém území více než litologií dána tektonikou. V tektonických zónách, které efektivně propojují oblasti s různou hydraulickou výškou, dochází k deformaci pole daného primárně úrovní terénu.



Obr. 7 Hydraulický gradient v úrovni HÚ (-81 m n. m.)

Rozdíl hladiny podzemní vody v úrovni HÚ a ve vrstvě nad HÚ je dokumentován na Obr. 7. Ze zobrazení je patrné, že zóny sestupného proudění jsou situovány pod oblastmi vyšších poloh terénu. Nejvyšší sestupný gradient v prostoru perspektivního území se nachází pod vrchem Na Skalním. K sestupnému proudění (kladný rozdíl hladin) dochází na 85 % plochy projektového HÚ (indikátor K5d, Tab.8). Oblast se záporným vertikálním tlakovým gradientem (a vertikální složkou vzestupného proudění) jsou soustředěny pod drenážní toky a do plochy podzemní části HÚ zasahují zejména v její severní a okrajově západní části.

5.2.1.5 Indikátor K5e Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ

Koncepce proudění podzemní vody v prostředí hydrogeologického masivu předpokládá existenci pásem zvýšených hydraulických vodivostí vázaných na tektonické poruchové zóny. V hlubších horizontech horninového prostředí má proudění podzemní vody dominantně puklinový charakter. Lze přitom předpokládat, že existence lépe propojené, konduktivní puklinové sítě, zprostředkovávající hydraulické propojení hlubších horizontů s drenážními bázemi na povrchu, je více pravděpodobná v poruchových zónách kolem významných zlomů s hlubinným dosahem. Proudění podzemní vody mezi prostorem HÚ a drenážními bázemi probíhá (a může být tedy ovlivněno) i prostřednictvím puklinových zón.

V blízkosti zvoleného umístění HÚ na lokalitě Na Skalním (EDU-západ), severně od perspektivního území pro projektové práce, se nachází 4 zlomy regionálního charakteru. Všechny zlomy I. kategorie jsou orientovány v sz-jv. směru, přičemž zlom ID 4 prakticky vymezuje hranici perspektivního území. Hydraulická vodivost zlomových pásem prvního řádu dosahuje v úrovni HÚ (a vzdálenosti do 500 m od jeho hranic) hodnoty $1{,}4.10^{-8}$ $m.s^{-1}$. V oblasti na SV od perspektivního území je regionálními zlomy predisponován tok Rouchovanka, do kterého dochází k drenáži prostor HÚ.

Do perspektivního území pro projektové práce zasahuje 8 zlomů II. kategorie, které vymezují polohu prostor HÚ. Jižně od prostor HÚ zasahují do perspektivního území lokální zlomy probíhající v SZ-JV. směru, které se u obce Ratiboř protínají s lokálním zlomem sv-jz. orientace, ohraničujícím západ perspektivního území. Do prostoru perspektivního území EDU-západ-J dále zasahuje lokální zlom SSV-JJZ. orientace pod rybníkem Babka. Lokální zlomy dosahují v okolí prostor HÚ vodivosti $9{,}1.10^{-9}$ $m.s^{-1}$.

Hydraulické vlastnosti poruch mají pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) značný význam. Při stávajících znalostech nelze zcela vyloučit hydraulickou souvislost zlomových pásem s prostředím masivu v prostoru podzemní části HÚ (průběh a charakter zón v hloubce HÚ není možné v současnosti ověřit). Hydraulická vodivost zlomových zón v úrovni HÚ do 500 m od jeho hranice v modelu lokality Na Skalním (EDU-západ) nabývá maximální hodnoty $1{,}4.10^{-8}$ $m.s^{-1}$ (indikátor K5e, Tab. 8).

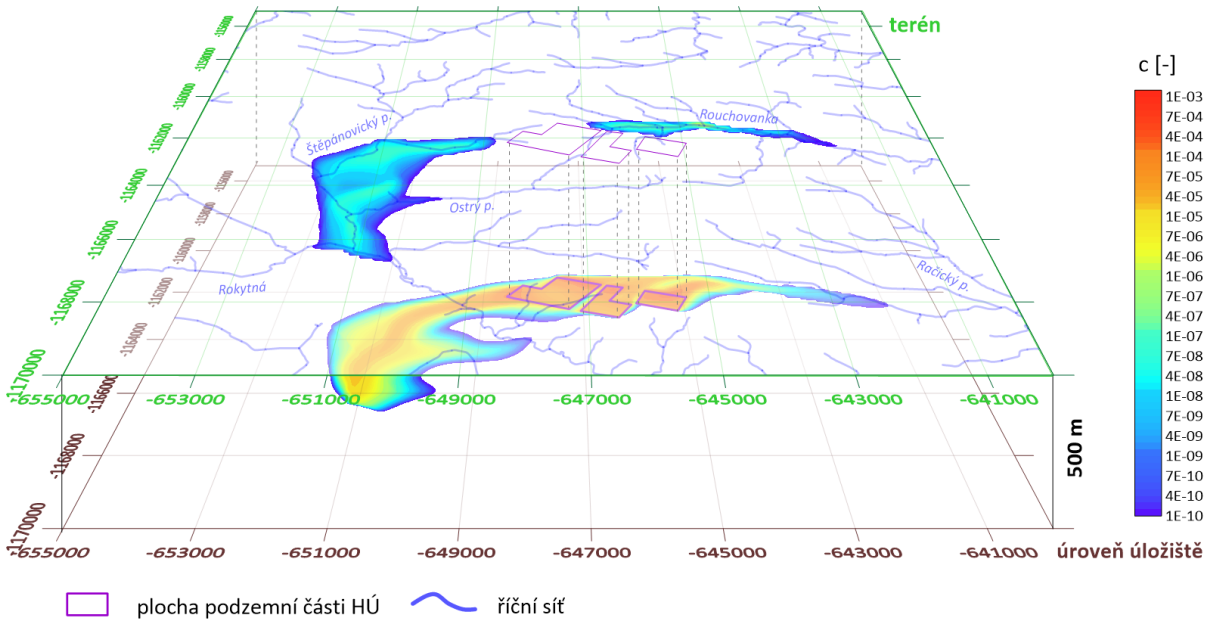
5.2.1.6 Indikátor K5f Specifický průtok v prostoru HÚ

Bilanční údaje proudění podzemní vody pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) jsou stanoveny z hydrogeologického modelu. Zadané doplňování zásob podzemní vody (efektivní srážková infiltrace) je v ploše modelu proměnlivé a mění se v závislosti na rozložení srážkového normálu. Údaje o plošném rozložení srážkového normálu pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) byly v kilometrové síti poskytnuty ČHMÚ. Průměrná hodnota efektivní modelové infiltrace v lokalitě Na Skalním (EDU-západ) je 1,9 $l.s^{-1}.km^{-2}$ (Krásný et al. 1982). Z celkového infiltrovaného množství 593 $l.s^{-1}$ proudí 94 % podzemní vody pouze v přípovrchové vrstvě zvětralin, rozpojení puklin a kvartéru. Do hlubších oblastí masivu infiltruje (vzhledem k nízkým koeficientům hydraulické vodivosti) 35,0 $l.s^{-1}$. Suma průtoků přes vymezený prostor podzemní části HÚ je modelem stanovena na $4{,}3.10^{-2}$ $l.s^{-1}$, specifický průtok půdorysnou plochou HÚ je $1{,}6.10^{-2}$ $l.s^{-1}.km^{-2}$ (K5f, Tab. 8).

5.2.1.7 Indikátor K5g Poměr ředění

Pro posouzení vhodnosti lokality Na Skalním (EDU-západ) z hlediska transportu kontaminace z prostoru podzemní části HÚ do prostoru drenáže podzemní vody byla realizována schematická transportní simulace (pro konzervativní – nereagující a nesorbující stopovač bez možnosti rozpadu). Cílem simulace bylo získat podklady pro hodnocení míry zředění roztoku transportovaného z HÚ advektivním prouděním podzemní vody k drenážní oblasti.

Ředění bylo stanoveno v procentech z poměru maximální koncentrace vypočtené před vstupem do drenážní báze a maximální koncentrace v úrovni HÚ. Pro HÚ na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) byla nejnižší míra ředění stanovena na 0,3 % (indikátor K5g, Tab. 8). Plošná distribuce kontaminačního mraku a vypočtené relativní koncentrace v úrovni úložiště a v přípovrchové zóně jsou uvedeny v Obr. 8.



Obr. 8 Rozložení relativních modelových koncentrací v úrovni HÚ (-81 m n. m.) a v přípovrchové vrstvě

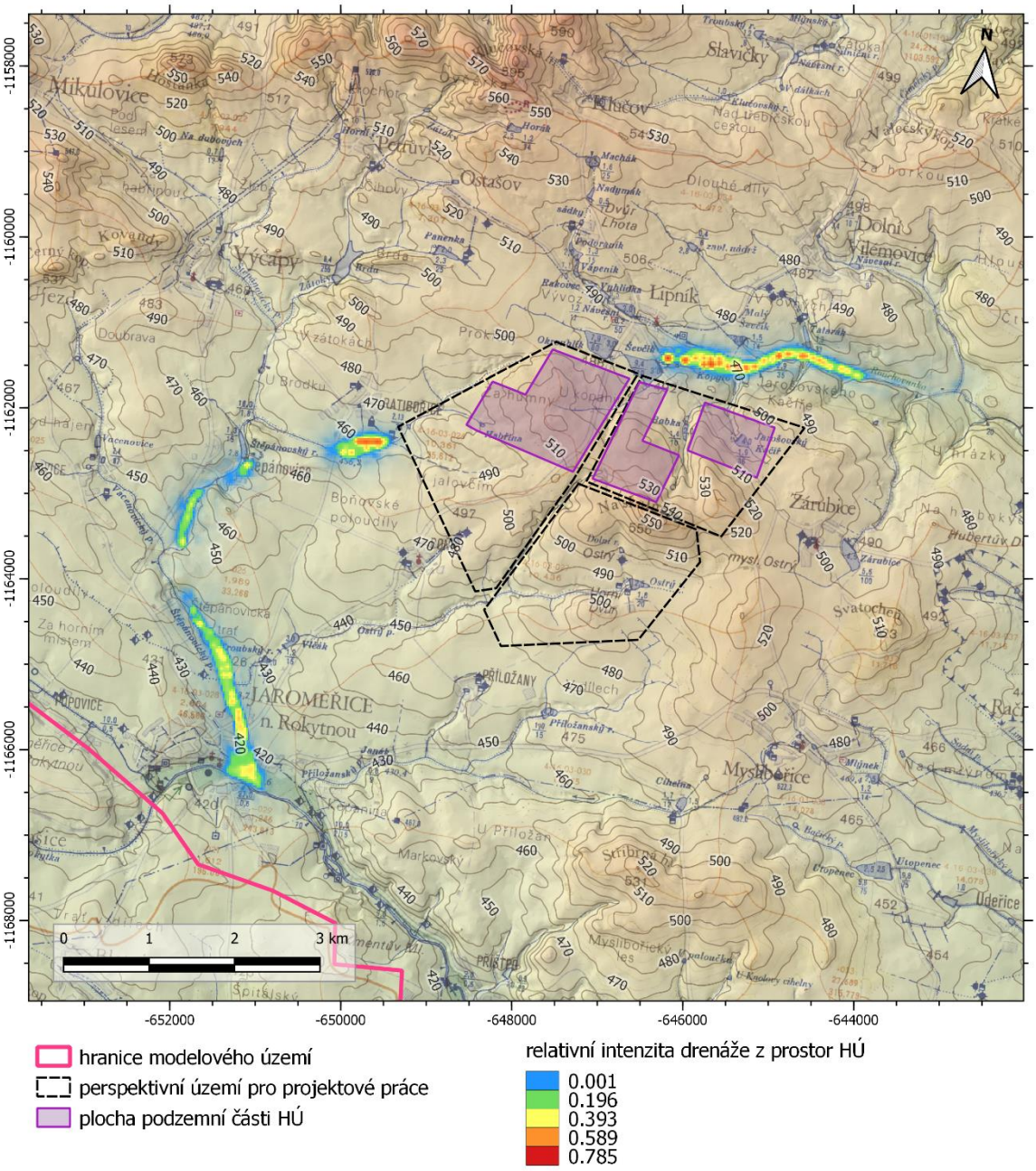
5.2.2 Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází

Lokalita HÚ je součástí hydrologického povodí třetího řádu 4-16-03 Rokytná.

Drenáž podzemní vody z horninového masivu je zprostředkována přípovrchovou vrstvou zvětralin a rozpojení puklin do povrchových toků. Místa drenáže hlubokého proudění podzemní vody závisí na výrazně heterogenních a anizotropních odporových parametrech horninového prostředí. Drenážní oblasti hlubší zóny lze očekávat jednak v korytech tektonicky predisponovaných vodních toků, mezi které se řadí řeka Rouchovanka severně od HÚ, jednak v oblastech s vysokou hydraulickou vodivostí svrchní zóny a nízkým hydraulickým potenciálem v oblasti Jaroměřice nad Rokytnou.

Předpokládané drenážní oblasti pro HÚ projektované v úrovni -81 m n. m. byly stanoveny modelem proudění s využitím metody particle tracking. Místa a intenzita drenáže z úrovně HÚ v drenážních bázích jsou znázorněna na Obr. 9.

K drenáži podzemní vody protékající prostorem projektového HÚ dochází do tří toků – Rouchovanky, Rokytné a Štěpánovického potoka (Obr. 9, **indikátor K6a Počet drenážních toků**, Tab. 7). Přibližně 34 % plochy HÚ je drénováno do Štěpánovického potoka a jeho levostranného přítoku. Místa drenáže do Štěpánovického potoka jsou rozprostřena v linii kopírující tok od města Ratibořice a zasahují až po soutok s řekou Rokytná u města Jaroměřice nad Rokytnou. Zde dochází k drenáži malého množství podzemní vody z plochy HÚ (cca 1 %) přímo do toku Rokytná. Většina plochy projektového HÚ (65 %, **indikátor K6b Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku**, Tab. 7) je odvodněna severním směrem do toku Rouchovanka a jeho relativně drobného pravostranného bezejmenného přítoku. Do povodí toku Rouchovanka tak dochází k drenáži většiny plochy HÚ (65 %, **indikátor K6c Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí,** Tab. 7).



Obr. 9 Vypočtená místa drenáže podzemní vody z projektovaného HÚ na lokalitě Na Skalním (EDU-západ)

Podzemní voda z prostor HÚ je drénována do relativně velké oblasti mezi Dolními Vilémovicemi až po Jaroměřice nad Rokytnou, kde dosahuje do vzdálenosti 5 km od prostor HÚ. Polohy drenáže se pohybují v úrovni mezi 420 až 480 m n. m. Drenáž z prostor HÚ do toku Rouchovanka má liniový charakter a její intenzita klesá s rostoucí vzdáleností od HÚ východním směrem. Nejbližší místa drenáže se nachází na Rouchovance v horizontální vzdálenosti cca 340 m od plochy HÚ (**indikátor K6d Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže**, Tab. 7) pod rybníkem Ševčík. Na odvodnění HÚ do toku Rouchovanky má vliv na přítomnost regionálních zlomů, probíhajících severně od HÚ.

5.3 Expertní zhodnocení lokality

5.3.1 Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií

Veškerá hydrogeologická data pocházejí z povrchu nebo přípovrchové zóny. Žádný z dosavadních hydrogeologických průzkumů či výzkumů nedosáhl hloubek plánovaného HÚ, kde lze očekávat rozdílné hydraulické vlastnosti hornin. Pro komplexní hydrogeologické zhodnocení chybí data o hlubokých hydrogeologických strukturách, zejména o výskytu, orientaci a hydraulických vlastnostech vodivých zlomů a poruchových zón v hloubkách HÚ. Hodnocení hydrogeologických poměrů v hloubce úložiště může proto vycházet pouze z interpretace povrchových dat, analogie nebo odborného odhadu.

5.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vzhledem k výše zmíněným faktům (kap. 5.1) je možno konstatovat, že nebyly identifikovány žádné vlastnosti lokality, které by vylučovaly umístění HÚ.

Tab. 6 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Hydrogeologické charakteristiky pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.2.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.2.2	Obtížnost vytvoření HG modelu a predikce vývoje HG poměrů v lokalitě	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

5.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Pro hodnocení hydrogeologických poměrů a vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokality Na Skalním (EDU-západ) pro situování HÚ byl vytvořen aktualizovaný detailní hydrogeologický model, který reprezentuje aktuální znalost poměrů proudění podzemní vody v lokalitě ve vztahu k hlubinnému proudění podzemní vody. Hodnoty indikátorů uvedených v Tab. 8 jsou vyhodnoceny z výsledků modelového řešení proudění podzemní vody a transportu látek. Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení (sloupec známka) je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).

Tab. 7 Vybrané indikátory kritérii Hydrogeologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ).

ID	Název kritéria/ Indikátoru	*ID*	*Hodnoty*	*Známka*
	Střední úroveň HÚ (m n. m.)		***-81***	
	Plocha ukládacích prostor HÚ (km^2)		***2,623***	
K5	**Kritérium: Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky**	**K5**		
K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže (roky)	K5a	3 946	4,7
K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok^{-1})	K5b	0,34	1,4
K5c	Propustnost v prostoru HÚ (m.s^{-1})	K5c	3,2.10^{-9}	3,5
K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	K5d	85	1,8
K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (m.s^{-1})	K5e	1,4.10^{-8}	2,1
K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ (l.s^{-1}.km^{-2})	K5f	1,6.10^{-2}	2,1
K5g	Poměr ředění (%)	K5g	0,3	1,5
K6	**Kritérium: Identifikace a umístění drenážních bází**	**K6**		
K6a	Počet drenážních toků	K6a	3	3,7
K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku (% plochy HÚ)	K6b	65	2,9
K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí (% plochy HÚ)	K6c	65	2,0
K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	K6d	340	3,4

Rozdíly hodnot indikátorů mezi lokalitami jsou ovlivněny celou řadou faktorů. Primárně rozložením propustnosti horninového masivu, gradienty proudění do míst drenáže a v neposlední řadě i polohou hlubinného úložiště. Konceptuálně propustnost horninového masivu v modelech klesá s hloubkou a je zadána s ohledem na průběh zlomů, litotypy hornin a morfologii terénu (Uhlík et al. 2018). Proudění podzemní vody souvisí s rozdíly hladin v úrovni infiltračních oblastí v okolí úložiště a v oblastech drenáže. Komplexně se tak při proudění podzemní vody uplatňuje morfologie terénu utvářená erozními procesy v návaznosti na geometrii říční sítě. Poloha podzemní části hlubinných úložišť je vymezena průběhem ověřených a předpokládaných zlomů v perspektivním území pro projektové práce.

Zejména u hodnot indikátorů v blízkosti mediánu platí interpretace, že kombinace výše uvedených faktorů ovlivňujících proudění a transport je obdobná jako u dalších lokalit. Zhodnocení indikátorů je v následujících odstavcích proto zaměřeno především na interpretaci hodnot a odpovídajících známek v krajních oblastech škály („silné“ a „slabé“ vlastnosti lokality).

Ve srovnání s ostatními lokalitami, pro které bylo realizováno aktualizované hodnocení, lze Na Skalním (EDU-západ) v rámci všech indikátorů kritéria K5 klasifikovat jako průměrnou (vyjma výrazně příznivého hodnocení lokality Janoch (ETE-jih). Reliéf terénu v nadloží HÚ s dominantním vrchem Na Skalním a poloha toků předurčují sestupné proudění na většině plochy HÚ a mírně nadprůměrné hodnocení lokality Na Skalním (EDU-západ) v rámci indikátoru **K5d**. Mírně nadprůměrné charakteristiky vykazuje EDU-západ z hlediska rychlosti proudění (**K5b**) a specifického průtoku prostorem HÚ (**K5f**). Indikátory K5b a K5f jsou

důsledkem zejména nízkého gradientu tlakové výšky v místě úložných prostor HÚ, přestože relativně vyšší propustnost melagranitu až melasyenitu, který tvoří horninové prostředí perspektivní oblasti pro projektování HÚ, řadí lokalitu Na Skalním (EDU-západ) mezi lokality z hlediska kritéria **K5c** mírně nepříznivé. Příspěvek zlomových zón k hydraulické vodivosti (**K5e**) naopak řadí lokalitu mezi mírně nadprůměrné. V rámci kritéria **K5g** (poměr ředění) se lokalita Na Skalním (EDU-západ) řadí s poměrem 0,3 % mezi nadprůměrně příznivé lokality. Důvodem je relativně vyrovnané rozdělení vody z úložných prostor HÚ mezi drenážní povodí a liniové rozložení poloh drenáže podél toku Rouchovanky s nejvyšší koncentrací potencionálního kontaminantu v přípovrchové vrstvě. Mezi průměrné lokality je lokalita Na Skalním (EDU-západ) řazena i z hlediska prvního kvartilu doby dotoku podzemní vody z HÚ k oblastem drenáže (indikátor **K5a**).

Poloha polygonů projektovaných úložných prostor HÚ pod rozvodnicí 4. řádu vede k odvodnění do toků nacházejících se jihozápadně a severovýchodně od projektovaného HÚ, které vzhledem k jejich vzájemné odlehlosti náleží do odlišných drenážních povodí a řadí lokalitu Na Skalním (EDU-západ) k nadprůměrně příznivým lokalitám z hlediska indikátoru **K6c** a mírně nadprůměrným z hlediska **K6b**. Do toků Štěpánovského potoka a Rokytná v oblasti jihozápadně od HÚ je drénováno cca 35 % a do toku Rouchovanka, který tvoří hlavní drenážní povodí, je odvodněno 65 % podzemní vody. Na Rouchovance se nachází i nejbližší místa drenáže od podzemních ploch HÚ (340 m), která jsou v kontextu ostatních lokalit hodnocena průměrně (**K6d**). Počtem tří výše uvedených drenážních toků je lokalita Na Skalním (EDU-západ) také průměrná (**K6a**).

6 Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita

Geologická stavba území k umístění hlubinného úložiště musí zaručit stabilitu hlubinného úložiště po dobu nejméně statisíců let. Podle § 18, odst. 2, písm. g), i), či j) vyhlášky č. 378/2016 Sb. musí být posouzen výskyt endogenních a exogenních jevů (g) předpokládaný vývoj klimatu (i), či zranitelnost horninového prostředí z hlediska dlouhodobých klimatických změn (j). Podle IAEA hostitelské prostředí (IAEA 2011a) pro hlubinné úložiště by nemělo být náchylné k postižení budoucími geodynamickými procesy a následnými jevy a jinými faktory (např. změnou klimatu, neotektonickými pohyby, vysokou seizmicitou) do té míry, že by tyto vlivy mohly nepřijatelně poškodit bezpečnostní funkce celého úložného systému. Na základě předchozích poznatků (Pačes et al. 2010) plyne, že v ČR mohou být důležité především následující vlivy:

1. zemětřesení vyšší intenzity a přítomnost potenciálně aktivních zlomů (seismická stabilita);
2. pokles nebo výzdvih povrchu území (geodynamická stabilita);
3. postvulkanické jevy.

Podle odst. 3 §9 vyhlášky č. 378/2016 Sb. je charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, výskyt vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů anebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km.

Zhodnocení lokality z hlediska geodynamické stability dle vyhlášky č. 378/2016 Sb. zahrnuje vliv geodynamických jevů na pozemek jaderného zařízení, jako je vliv eroze a akumulace sedimentů, možnost zaplavení pozemku a posouzení svahových pohybů snižující jadernou bezpečnost. Vylučujícím kritériem je umístění lokality, kde pohyby zemské kůry jsou větší než 1 mm ročně, což znamená, že by v důsledku zahloubení drenážního systému a následných denudačních procesů v daném území došlo k exhumaci potenciálního úložiště za 500 tisíc let. Dalším vylučujícím kritériem jsou lokality s výskytem postvulkanických jevů (výrony plynů, horké vody atd.).

Zhodnocení geodynamické stability vychází ze studie erozní stability perspektivních lokalit HÚ v ČR (Hroch a Pačes 2015). K vyhodnocení geodynamické charakteristiky zájmového území byla použita dostupná archivní data, geomorfologická analýza území zahrnující přítomnost zarovnaných povrchů a jejich pozice k úrovni dnešní erozní báze, a posouzení projevů „mladých“ cyklů zpětné eroze.

6.1 Vylučující kritéria

6.1.1 Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)

Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních

2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.

6.1.2 Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)

Údaje o rychlosti zahlubování říčního systému nejsou z konkrétního okolí území lokality Na Skalním (EDU-západ) k dispozici. Archivní údaje o rychlosti zahlubování drenážního systému jsou dostupné pouze v regionálním měřítku.

O nízkých rychlostech zahloubení drenážního systému vypovídá pozice zachovaných spodnopleistocenních teras v soutokové oblasti řek Oslavy a Jihlavy, jejichž báze leží přibližně 60 až 70 m nad současným povrchem nivy (Matějovská a Minaříková 1991; Pálenský et al. 1994). Tento výškový rozdíl odpovídá rychlostem zahloubení říčního systému v řádech setin až prvních desetin milimetrů za rok. Podobným rychlostem zahloubení odpovídá pozice říčních teras v Dyjsko-svrateckém úvalu, kde se báze spodnopleistocenních teras pohybuje ve výškách 30 až 70 m nad současnou nivou a terasy středního pleistocénu jsou umístěny v relativní výšce cca 15 až 25 m vůči současné nivě (Zeman 1973). V rámci Českého masivu intenzitu zahlubování říčního systému uvádějí Balatka a Kalvoda (2008), kde na základě studia výškového rozdílu peneplenizovaných povrchů a zachovalých fluviálních sedimentů stanovili rychlosti zahlubování v průběhu pleistocénu 0,02–0,86 mm.rok^{-1}. Tyráček et al. (2004) korelací labských a vltavských teras odhadují průměrnou rychlost výzdvihu centrální části Českého masivu ve spodním pleistocénu na 0,04 mm.rok^{-1} a během středního a svrchního pleistocénu až 0,15 mm.rok^{-1}. Dosavadní studie, vycházející z metod založených na datování pomocí izotopů ^{10}Be a ^{26}Al, jsou dostupné jen z širší oblasti Českého masivu. Z jihozápadního okraje Českého masivu jsou odhady rychlosti eroze 0,023-0,027 mm.rok^{-1} (Schaller et al. 2001), z oblasti Šluknovského výběžku jsou v průběhu středního a svrchního pleistocénu odhady eroze stanoveny na 0,025–0,027 mm.rok^{-1} (Nývlt 2008). Z výše uvedených údajů vyplývá, že hodnoty vertikálních pohybů zemského povrchu, resp. **rychlosti zahlubování drenážního systému, nepřekračují hodnoty 1 mm.rok^{-1}.**

6.1.3 Postvulkanické jevy

Lokalita se nachází mimo oblasti kenozoického vulkanismu spojeného s vývojem oherského riftu a rozptýleného alkalického magmatizmu Českého masivu nebo karpatského oblouku. V okruhu 5 km od PÚPP nejsou známy projevy vulkanické ani post-vulkanické aktivity pliocenního až holocenního stáří (Mísař et al. 1983, Hanžl et al. 2017). **Z hlediska post-vulkanických jevů nejsou na PÚPP překročena vylučující kritéria.**

6.2 Vybraná kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

6.2.1 Indikátor K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení

Studie seismické stability zahrnuje výsledky pravděpodobnostního hodnocení seismického ohrožení vypracované Málkem et al. (2018). Seismické ohrožení lokality je dáno zvláště vzdáleností od prvních dvou významných zón a četností slabých blízkých zemětřesení. V rámci studie byl zkompilován katalog historických zemětřesení pro region do vzdálenosti

300 km od PÚPP s dolním magnitudovým limitem 3,9. Hodnota byla stanovena pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let a byly určeny křivky seismického ohrožení pro kvantily 16 %, 50 %, 84 % a průměr. Spodní hranice roční četnosti byla uvažována 10^{-6}. Seismické ohrožení lokality je dáno zvláště vzdáleností od prvních dvou významných zón a četností slabých blízkých zemětřesení. Hodnota maximálního horizontálního zrychlení získaná z pravděpodobnostní metody pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let činí **1,46 m.s^{-2}**.

6.2.2 Indikátor K7b Výškový gradient

Území lokality Na Skalním (EDU-západ) se nachází v povodí řeky Jihlavy, jižní polovina území je odvodňována tokem Rouchovanka (pravobřežní přítok řeky Rokytná), severní polovinu území odvodňuje řeka Jihlava a jejími boční přítoky. V oblasti lze vymezit tři úrovně zarovnaných povrchů. Nejvyšší úroveň se nachází v nadmořských výškách 520 až 480 m n. m. a je zachována v okolí Klučovské hory a na rozvodí Rouchovanky, střední úroveň odpovídající nadmořské výšce 480 až 460 m je vymezena především v jižní části území, nejnižší úroveň odpovídá plochému reliéfu ve 460 až 440 m n. m. nad údolím řeky Jihlavy v severní a severovýchodní části území. Jednotlivé úrovně zarovnaného povrchu jsou odděleny mírně ukloněnými ústupovými a strukturními svahy. Povrch zarovnaných povrchů je charakteristický plochým reliéfem, který není vystaven intenzivním projevům zpětné eroze. Místy jsou na těchto zarovnaných površích vytvořeny nízké klenbovité vyvýšeniny – ruwary, představující bazální část nerovné zvětrávací plochy dotvořené exfoliací masivních hornin, většinou granitoidů o rozměrech několika prvních metrů (Hanžl et al. 2017).

Lokální erozní báze představuje pro jižní část území povrch nivy Rouchovanky v nadmořské výšce cca 410 m n. m., pro severní část území úroveň povrchu nivy řeky Jihlavy v nadmořské výšce cca 390 až 380 m n. m. **Maximální výškový rozdíl mezi úrovní zarovnaného povrchu a příslušnou erozní bází činí 140 m.**

6.2.3 Indikátor K7c Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi

Výrazné projevy zpětné hloubkové eroze se uplatňují zejména v severní polovině území vázané na svahy údolí řeky Jihlavy, kde jsou vytvořena hluboká erozní údolí s příčným profilem tvaru písmene V. Přilehlé svahy se vyznačují vyššími úklony v úpatních částech, na jejich horních okrajích jsou vyvinuté výrazné hrany, které vytvářejí morfologické rozhraní se zarovnanými okraji. Svahy jsou často obnažené na skalní podloží vytvářející přirozené výchozy. V uzávěrech erozních údolí jsou často vyvinuta čela zpětné eroze projevující se jako výrazné obloukové uzávěry s výraznou hranou. Indikace působení zpětné eroze lze také sledovat v údolí Rouchovanky, kde jsou také vytvořena erozní údolí či strže a říční údolí lemují strmé erozní svahy často s obnaženým skalním podložím. V porovnání se severní částí území jsou zde v důsledku nižšího topografického gradientu projevy zpětné eroze méně výrazné (Hanžl et al. 2017). Reliéf přetvářený zpětnou erozí zaujímá **cca 40 %** jeho plochy celého území.

6.2.4 Indikátor K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek

Na základě dostupných dat (Mísař et al. 1983, Hanžl 2017) nejsou v okruhu 5 km od PÚPP známy projevy vulkanické ani post-vulkanické aktivity paleogenního až holocenního stáří. V okruhu 25 km od PÚPP nebyly zjištěny žádné výskyty kyselek (Květ a Kačura 1976).

6.3 Expertní zhodnocení

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě všech dat dostupných pro komplexní hodnocení, nebyla zjištěna vylučující kritéria pro umístění HÚ.

6.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

- Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě tektonických struktur. Pro další fáze hodnocení je vhodné realizovat studium zahrnující tektonické mapování, detailní geomorfologickou a morfotektonickou analýzu, včetně monitoringu pomocí aplikace optických metod a DPZ, případně místní seismickou sítí.
- Kritéria a indikátory geodynamické stability vychází především z vizuální geomorfologické interpretace daného území. Zdroje dat o rychlosti denudačních procesů, vertikálních pohybech povrchu a rychlosti zahlubování drenážního systému jsou velmi heterogenní a do jisté míry nespolehlivé, vyplývající z krátkého intervalu měření či účelu pořízení dat. Některé datové zdroje jsou ve vzájemném rozporu v závislosti na použité metodice.
- Archivní údaje o rychlosti zahlubování drenážního systému pochází ze studií v regionálním měřítku a nejsou specifikovaná na jednotlivá dílčí povodí. Nejmodernější studie, vycházející z metod založených na datování pomocí izotopů ^{10}Be a ^{26}Al, jsou dostupné jen z širší oblasti Českého masivu. Chybí tak detailnější analýzy vývoje drenážních systémů v dotčených povodích včetně moderního datování povrchů.

6.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení kritéria Stabilita lokality Na Skalním (EDU-západ) ve vztahu k legislativním požadavkům je uvedeno v Tab. 8.

Tab. 8 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Seismická a geodynamická stabilita pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.3.1.	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.3.2.	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.3.3.	Postvulkanické jevy	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

6.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019). Vyhodnocení vybraných parametrů indikátorů pro Kritérium K7 Stabilita lokality Na Skalním (EDU-západ) je uvedeno v Tab. 8.

.

Tab. 9 Vybrané indikátory kritérii Seismická a geodynamická stabilita pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ)

ID	Indikátor kritéria	Hodnota indikátoru	Známka
K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení získaná z pravděpodobnostní metody pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let	1,46 $m.s^{-2}$	2,9
K7b	Výškový rozdíl mezi úrovní jednotlivých zarovnaných povrchů a úrovní lokální erozní báze (čím menší výškový rozdíl, tím příznivější hodnota tohoto porovnávajícího kritéria	140 m	1,3
K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi (menší podíl rozlohy těchto povrchů k celkové ploše lokality představuje příznivější hodnotu porovnávajícího kritéria)	cca 40 %	2,8
K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	jev se nevyskytuje	1

7 Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení hlubinného úložiště budoucími aktivitami člověka

Kapitola hodnotí **perspektivní území pro geologické charakterizační práce** (PÚGChP) pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) podle SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017) a podle metodiky hodnocení (Vondrovic et al. 2019) ve třech kritériích:

1. Přítomnost poddolovaných území a starých a opuštěných důlních děl na pozemku pro povrchová zařízení.
2. Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ a prognózy nerostných surovin).
3. Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie.

Podle vyhlášky č. 378/2016 Sb., § 18, odst. 2) to představuje:

o) výskyt současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, zejména využití hostitelské horniny těžbou nerostných surovin nebo využíváním geotermální energie nebo využíváním systému pro podzemní zásobníky plynu,

p) výskyt změn v hostitelském a okolním geologickém prostředí vzniklých vrtnou a báňskou činností v průzkumné fázi umísťování hlubinného úložiště, při kterých by vznikly nové preferenční cesty pro migraci radioaktivních látek.

Podle odst. 3 § 9 vyhlášky č. 378/2016 Sb. je charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, výskyt jevů podle odstavce 2 písm. c) jako krasové jevy, hlubinné doly, podzemní zásobníky plynu či jiné stavby, vybudované v podzemních prostorech, pozůstatky historické těžby na pozemku jaderného zařízení, nebo mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění s vlivem na jadernou bezpečnost.

Tato kapitola shrnuje rešeršní údaje o lokalitě Na Skalním (EDU-západ) z hlediska výskytu současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, zejména účelové využití hostitelské horniny spojené s ložiskovou či důlní aktivitou a přítomností zdrojů podzemní vody či geotermální energie. K tomu slouží bodové a plošné archivní údaje o předchozích průzkumech a zásazích do horninového prostředí. Dříve sledované informace o zásahu do horninového prostředí formou vrtů nejsou nadále považovány za významný parametr pro nebezpečí průniku člověka do HÚ.

Kapitola je postavena na rešerši dat a metodice vyhledávání archivních dat různého formátu a stáří.

Zdrojové datové sady jsou připraveny pro využití během následných etap hodnocení lokalit a jejich výběru.

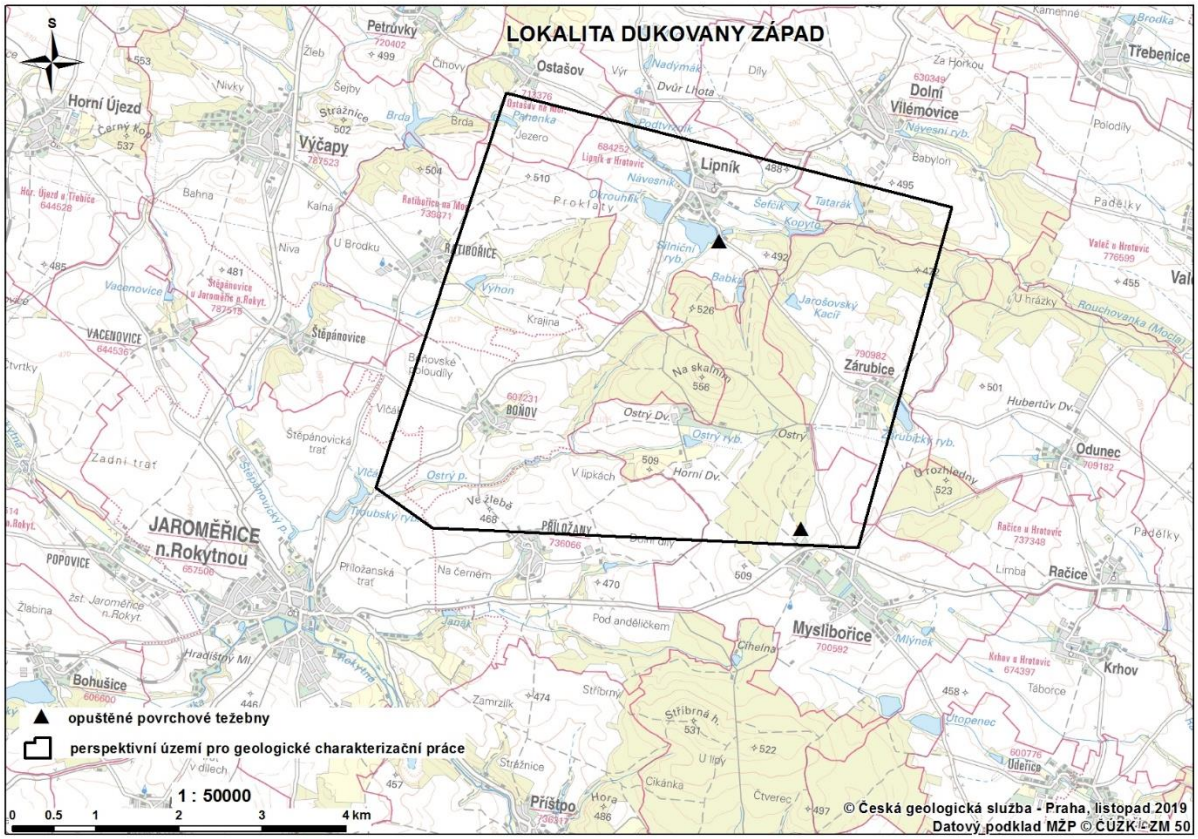
7.1 Vylučující kritéria

7.1.1 Poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla

Na PÚGChP lokality Na Skalním (EDU-západ) nejsou v databázi důlních děl, vedené Českou geologickou službou, registrována žádná stará (SDD) ani opuštěná (ODD) důlní díla, a nehrozí tedy střet s vylučujícími podmínkami vyhlášky č. 378/2016 Sb.

7.1.2 Přítomnost zásob nerostných surovin

K sestavení ložiskové části kapitoly byly využity údaje SurIS a elaboráty geologického průzkumu.



Obr. 10 Situace ložiskových objektů v PÚGChP lokality Na Skalním (EDU-západ) a v jeho okolí podle surovinové databáze ČGS-Geofond (SurIS)

V prostoru PÚGChP se v současné době nenachází žádné ložisko, chráněné ložiskové území ani prognózní zdroj surovin (Obr. 10). Mimo polygon perspektivního území pro geologické charakterizační práce bylo zrušené ložisko cihlářských surovin U 5104500 Dolní Vilémovice, kde byla výroba pálených cihel již dávno ukončena. Opuštěné hliniště je nyní využíváno jako průmyslový areál. Prognózní zdroj na živcové a bórové suroviny východně od obce Výčapy je součástí třebíčského masivu mimo území.

Podle Jarouška (1972) se ve vymezené ploše nalézají pouze 2 povrchové těžebny, které představují lokální, dávno opuštěné lomy a jejich skupiny na stavební kámen a drcené kamenivo založené v syenitu nebo v ortorule. Při revizi v roce 1972 jsou jejich místa uváděna

jako zavážená, popř. zavezená, aplanovaná či rekultivovaná. Všechny tehdy zkoumané těžebny jsou z dnešního pohledu nevhodné k využití.

Nutno též dodat, že nelze nikdy vyloučit budoucí snahy o ověření a využití známých míst s bývalou těžbou kamene nebo štěrkopísku, popř. dalších míst k tomuto záměru vhodných.

7.1.3 Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie

Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v navazující práci Krajíčka et al. (2020).

Ve zprávě Dědeček et al. (2020) jsou uvedeny dva základní parametry pro charakteristiku geotermálního potenciálu území lokality Na Skalním (EDU-západ) jako vstupní hodnoty pro porovnání specifik každé lokality – tepelný tok na povrchu a teplota v hloubce 500 m pod povrchem, doplněné o vliv přirozené radioaktivity hornin.

Pro lokalitu EDU-západ je možné uvažovat za základní teplotní pozadí v hloubce 500 m teplotu blízkou 16–18 °C, přičemž je nutno počítat s jistou mírou nepřesnosti výpočtu způsobenou nedostatkem vstupních dat v dané oblasti. Andersson et al. (2000) doporučuje vhodnou teplotu horninového prostředí pro úložiště VJP nižší než 25 °C a tento limit lokalita splňuje.

Podle Čermáka (1979) je hodnota průměrného tepelného toku v Českém masivu 68 ± 24 $mW.m^{-2}$. Nejvyšší hodnoty tepelného toku v severní části Českého masivu 80-100 $mW.m^{-2}$ jsou vázané na vyšší radioaktivitu variských granitů smrčinsko-krušnohorského batolitu a krkonošsko-jizerského kompozitního masivu. Lokalita Na Skalním (EDU-západ) leží v území s nízkým podprůměrným zemským tepelným tokem okolo 40-50 $mW.m^{-2}$. Kritérium tepelného toku nemá z hlediska hodnocení lokalit stanovený limit a má pouze porovnávací charakter, který není vylučující.

Vzhledem k podprůměrnému tepelnému toku na lokalitě a nízké teplotě horninového prostředí v hloubce 500 m je riziko konfliktu využívání geotermální energie pro průmyslové účely na této lokalitě minimální.

Faktorem ovlivňujícím přítomnost geotermální energie je též přirozená radioaktivita hornin. Průměrná radiogenní produkce tepla u durbachitů na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) je dle Hanáka et al. (2017) 6,29 $\mu W.m^{-3}$, u granitů 6,01 $\mu W.m^{-3}$ a 5,94 $\mu W.m^{-3}$ u granodioritů. S ohledem na průměrnou tepelnou produkci granitů, která se pohybuje okolo 3 $\mu W.m^{-3}$ (Vaňková et al. 1979; Rybach a Čermák 1982) se jedná o anomálně vysoké hodnoty radiogenní produkce.

V českém legislativním rámci pojem „zdroj geotermální energie“ není zakotven. Do budoucna je nutno stanovit kritéria, co je za zdroj geotermální energie považováno. Při relativním posouzení významu možných zdrojů geotermální energie v lokalitě Na Skalním (EDU-západ) je nutno vyjít z platných definic pojmů a legislativy, pravděpodobnost střetu je zde nízká.

Mezi výskyty současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, je zahrnuta přítomnost zdrojů geotermální energie (odst. 4c § 18 vyhlášky č. 378/2016 Sb.) S ohledem na současný stav poznání nebyla přítomnost průmyslově využitelného zdroje geotermální energie na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) prokázána. Nebezpečí proniknutí člověka do úložiště nebo změny horninového masivu z důvodů využívání geotermálního potenciálu je tedy velmi málo pravděpodobné.

7.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

7.2.1 Indikátor K8a Ložiskové poměry na lokalitě

Hodnocení ložiskových poměrů a poddolování je hodnoceno jako součást vyhodnocení vylučujících kritérií v kapitole 7.1.1 a 7.1.2.

7.3 Expertní zhodnocení lokality Na Skalním (EDU-západ)

Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě všech dostupných dat zpracovaných v kapitole 7 věnované charakteristikám, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka, nebyla na základě dostupných dat zjištěna vylučující kritéria pro umístění HÚ.

Shrnutí výsledků hodnocení kategorie „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ pro porovnávací kritérium K8a je uvedeno ve finální tabulce (Tab. 11) se zavedením vyhodnocení dle bodové škály (1–5).

7.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

Z hlediska hodnocení tří kritérií sledujících pravděpodobnost budoucího průniku člověka do HÚ nejsou pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) zjištěny významné nejistoty, které by mohly do budoucna ovlivnit rozhodování. Jde o poměrně geologicky i geomorfologicky homogenní blok s jednoznačně určenými parametry.

7.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení parametru indikátorů pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) je uvedeno v Tab. 10.

Ve všech sledovaných parametrech jsou indicie pro vyloučení jednoznačně negativní. Jednoduchá geologická stavba, absence aktivních ložisek či zásob surovin a dobrá úroveň prozkoumanosti geologických a tektonických poměrů je jak z hlediska přímé dokumentace, tak i možnosti využití dokumentace starších geologických prací, příznivá. Sledované parametry pro nebezpečí průniku člověka do blízkosti hlubinného úložiště nepředstavují překážky pro zařazení lokality Na Skalním (EDU-západ) do další etapy hodnocení.

Tab. 10 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.4.1	Přítomnost starých důlních děl	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.4.2	Přítomnost zásob nerostných surovin	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.4.3	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

7.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokality pro umístění HÚ

Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019). Vyhodnocení vybraných parametrů indikátorů, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) je uvedeno v Tab. 11. Ve sledovaných parametrech ložiskové situace a poddolování jsou indicie jednoznačně zcela nevýznamné a negativní. Shrnutí výsledků hodnocení vybraných charakteristik, které by mohly vést k narušení úložiště aktivitami člověka, do finální tabulky se zavedením vyhodnocení dle doporučené škály ukazuje, že v tomto indikátoru nejsou problematické střety a že bude kritérium vhodnosti spíše splněno (Tab. 11).

Tab. 11 Vybrané indikátory kritérii Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ)

ID	Indikátor kritéria	Hodnocení	Známka
K8a	Ložiskové poměry na lokalitě	nevýznamný	2

8 Celkové zhodnocení lokality EDU-západ ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím

Charakterizace a vyhodnocené lokality EDU-západ, ve vztahu k hodnoceným kritériím, významným z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ, vychází z metodiky hodnocení lokalit Vondrovic et al. (2019).

V Tab. 12 je shrnuto vyhodnocení vylučujících kritérií, významných pro dlouhodobou bezpečnost, pro tuto lokalitu.

Hodnocení jednotlivých indikátorů kritérií pro vzájemné porovnání lokalit je shrnuto v každé relevantní kapitole této zprávy.

Tab. 12 Výsledné vyhodnocení vylučujících kritérií z hlediska dlouhodobé bezpečnosti pro lokalitu Na Skalním EDU-západ

Kategorie kritérií	Kritérium	Charakter požadavku	Kvantifikace / trend kritéria
Geologické charakteristiky lokalit	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Variabilita vlastností	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
Hydrogeologické vlastnosti lokality	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

Kategorie kritérií	Kritérium	Charakter požadavku	Kvantifikace / trend kritéria
Stabilita lokality	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Postvulkanické jevy	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	Přítomnost starých důlních děl	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Přítomnost zásob nerostných surovin	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Vylučující	Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v práci Krajíčka et al. (2020). Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

Z výsledků tohoto hodnocení je jednoznačně patrné, že na lokalitě Na Skalním (EDU-západ) nebyla identifikována žádná vlastnost, které by ji vylučovala pro umístění HÚ.

Citace a seznam literatury

ANDERSSON J., STRÖM A., SVEMAR C., ALMÉN K.-E., ERICSSON L. E. (2000): What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation. – SKB Technical Report TR-00-12, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, Stockholm, Sweden, 148 s.

BALATKA B., KALVODA J. (2008): Evolution of Quaternary river terraces related to the uplift of the central part of the Bohemian Massif. – Geografie – Sborník České geografické společnosti, 113, 3, Praha, 205–222.

BUBENÍČEK J (1964): Geologická stavba třebíčského masívu. – TZ P018621, Geofond, Praha.

ČERMÁK V. (1979): Geothermal studies and heat flow map of Czechoslovakia. In: ČERMÁK V. (ed): Geodynamic investigations in Czechoslovakia. Final Report. – Veda, Bratislava, 129–132.

DĚDEČEK P., UXA T., HOLEČEK J. (2020): Geotermické zhodnocení potenciálních lokalit HÚ na základě dostupných údajů. – MS SÚRAO, TZ 486/2020.

FRANĚK J., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ SCHULMANNOVÁ B., GRUNDLOCH J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KLOMÍNSKÝ J., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., KŮRKOVÁ I., NAHODILOVÁ R., PACHEROVÁ P., PERTOLDOVÁ J., PEŘESTÝ V., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., ŠVAGERA O., VERNER K., ŽÁČEK V. (2018): Závěrečná zpráva 3D strukturně – geologické modely potenciálních lokalit HÚ. – MS SÚRAO, TZ 229/2018, Praha, 594 str.

GUSTAFSON G., LIEDHOLM M. (1989): Groudwater Flow Calculation on a Regional Scale at The Swedish Hard Rock Laboratory. SKB Progress Report 25-88-17, Stockholm.

HANÁK J., CHLUPÁČOVÁ M., ONDRA P., HROUDA F., SOSNA K., ŽIŽKA J., KAŠPAREC I., DĚDEČEK P. (2017): Stanovení petrofyzikálních charakteristik horninového prostředí pro území potenciálních lokalit HÚ. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, ZZ 103/2017, Praha, 170 s.

HANŽL P., HRDLIČKOVÁ K., AUE M., BÁRTA F., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., ČOUPEK P., FRANĚK J., HROCH T., JANOUŠEK V., JELÍNEK J., KAROUS M., KRAJÍČEK L., KRYŠTOFOVÁ E., KUNCEOVÁ E., MAREČEK L., NOVOTNÁ J., PACHEROVÁ P., PALEČEK M., PERTOLDOVÁ J., POŘÁDEK P., RUKAVIČKOVÁ L., ŘEZNÍČEK P., SEDLÁČEK Z., SEDLÁČKOVÁ I., SKORŠEPA M., SOEJONO I., SVOJTKA M., ŠVAGERA O., VÍT J. (2017): Zpráva o provedení geologicko-výzkumných prací na lokalitě EDU-západ. – MS SÚRAO, TZ 116/2017, Praha, 296 str.

HANŽL P., AUE M., ČOUPEK P., FIEDLER F., FRANĚK J., HRDLIČKOVÁ K., KAROUS M., KRAJÍČEK L., KRYŠTOFOVÁ E., PALEČEK M., PERTOLDOVÁ J., POŘÁDEK P., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., ŠVAGERA O. (2018): Zhodnocení geologických a dalších informací vybraných částí českého moldanubika z hlediska potenciální vhodnosti pro umístění HÚ – EDU Západ; Lokalita HÚ EDU západ – souhrnná závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, ZZ 219/2018, Praha.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., POLÁK M., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDÍKOVÁ SCHULMANNOVÁ B., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KLOMÍNSKÝ J., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., LEDNICKÁ M., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VERNER K., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018a): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného

úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístnění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čihadlo. – MS SÚRAO, TZ 278/2018, 124 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BAIER J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN J. (2018b): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Hrádek. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 281/2018, 124 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BAIER J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., POLÁK M., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAVRO M., VAŠÍČEK R., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018c): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Březový potok. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 275/2018, 116 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOLEČEK J., HOKR M., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., KŮRKOVÁ I., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN O., ŽÁČEK V. (2018d): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čertovka. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 277/2018, 123 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., BURIÁNEK D., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018e): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Horka. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 280/2018, 117 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018f): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění

úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Magdaléna. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ283/2018, 122 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., VERNER K., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., BURIÁNEK D., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KRYŠTOFOVÁ E., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAVRO M., VOPÁLKA D., VAŠÍČEK R., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018g): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Kraví hora. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 282/2018, 130 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HANŽL P., HOKR M., HOLEČEK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KRÁLOVCOVÁ J., KOUŘIL M., KRYŠTOFOVÁ E., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČKOVÁ I., SOEJONO I., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018h): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita EDU-západ. – MS SÚRAO, TZ 279/20118, 122 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., NAHODILOVÁ R., BAIER J., BUKOVSKÁ Z., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KOLOMÁ K., KLAJMON M., KRÁLOVCOVÁ J., KRYŠTOFOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., ONDRA P., PACHEROVÁ P., PEŘESTÝ V., POLÁK M., ŘIHOŠEK J., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN O. (2018i): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita ETE-jih. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 284/2018, 118 s.

HROCH T., PAČES T. (2015): Erozní stabilita lokalit. – MS SÚRAO, TZ 25/2015, Praha.

JANKOVEC J., JIŘINA K., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., CHUDOBA J., ŘÍHA J., RUKAVIČKOVÁ L. (2018): Hydrogeologické modely horninového prostředí pro hlubinné úložiště, pasport detailního modelu – lokalita Na Skalním. – MS SÚRAO, TZ 338/2018, Praha

JANKOVEC J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., POLÁK M., UHLÍK J., ČERNÝ M., ZEMAN O., BAIER J. (2020): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita EDU-Z – Technická zpráva v přípravě, Praha

JAROUŠEK, B. (1972): Inventarisace ložisek stavebních nerostných surovin. Dílčí závěrečná zpráva pro území listu mapy 1 : 50 000 M-33-141-D (Mor. Budějovice). Geol. průzk. Ostrava. – MS Čes. geol. služ. – Geofond. Praha.

KAROUS M., NIKL P., GÜRTLER R. (2019): Ověření geologických struktur lokality EDU-západ geofyzikálními metodami. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 438/2019, 80 s.

KRAJÍČEK L., SKOŘEPA Z., HUBÁČEK O., MAREK P. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ dle klíčových environmentálních kritérií. – MS SÚRAO, TZ 456/2020, Praha.

KRÁSNÝ, J., 1981. Mapa odtoku podzemní vody ČSSR 1:1 000 000. Český hydrometeorologický ústav.

KVĚT R, KAČURA G. (1976): Minerální vody Jihomoravského kraje. – MS Čes. geol. služ. Praha.

LEICHMANN J., GNOJEK I., NOVÁK M., SEDLÁK J., HOUZAR S. (2016): Durbachites from the Eastern Moldanubicum (Bohemian Massif): erosional relics of large, flat tabular intrusions of ultrapotassic melts – geophysical and petrological record. – Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.), 106, 59–77.

LEXA O., SCHULMANN K. (2016): Vyhodnocení povrchových křehkých struktur a puklinové sítě na testovací lokalitě Melechovský masiv. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, Praha.

MÁLEK J., PRACHAŘ I., VACKÁŘ J., MAZANEC M. (2018): Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení lokalit vybraných pro umístění hlubinného úložiště. Expertní posouzení. – MS SÚRAO, TZ 232/2018, Praha.

MAREK J., SKOŘEPA J., NAVRÁTILOVÁ V., SKOPOVÝ J., SLOVÁK J., TESAŘ M., ČERNÝ J. (2005): Kritéria pro zúžení vybraných lokalit a kategorizace tektonických zón zjištěných v rámci projektu. Technická zpráva. – MS SÚRAO Praha.

MATĚJOVSKÁ O., MINAŘÍKOVÁ D. (1991): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 24–33 Moravský Krumlov. – ČGÚ, Praha.

MÍSAŘ Z., DUDEK A., HAVLENA V., WEISS J. (1983): Regionální geologie ČSSR I – Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

MIXA P., SKÁCELOVÁ Z., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÍNEK J., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V. (2019): Shrnutí výsledků geologických a geofyzikálních výzkumných prací provedených v období 9/2017–6/2019 pro aktualizaci hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště RAO. – MS SÚRAO, TZ 412/2019, Praha, 427 s.

MUFFELS C., WANG X., TONKIN M., NEVILLE C. (2014): User's Guide for mod-PATH3DU. S.S. Papadopulos & Associates Inc., Bethesda, Ontario, USA.

NÝVLT D. (2008): Paleogeografická rekonstrukce kontinentálního zalednění Šluknovské pahorkatiny. – Ph.D. teze, Univerzita Karlova v Praze, Praha, 103 str.

PAČES T., BÁRTA J., BREITER K., DOBEŠ P., HANÁK J., HAVLOVÁ V., HOLEČEK J., KLOMÍNSKÝ J., LAUFEK F., KOPAČKOVÁ V., KRÁLOVCOVÁ J., LUKEŠ J, MÁLEK J., MARYŠKA J., MRÁZOVÁ Š, PROCHÁZKA J., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČEK J., SCHENK V., SIDORINOVÁ T., SKARKOVÁ H., ŠAFANDA J., ULRICH S., VESELOVSKÝ F., VOKÁL A., ZÁRUBA J., ZEMAN A. (2010): Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů. – (arch. č. SÚRAO 32/10), SÚRAO, Praha.

PÁLENSKÝ P. (1994): Geologická mapa ČR 1:50 000 list 24–34 Ivančice. – ČGÚ, Praha.

PERTOLDOVÁ J., MIXA P., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK J., HRDLIČKOVÁ K., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V., PETYNIAK O., KUČERA R., ŽÁČKOVÁ E., FIFERNOVÁ M., ZEMKOVÁ M. (2019): Lokalizace perspektivních území po geologické charakterizační práce a perspektivních území pro projektové práce HÚ. Důvodová zpráva. – MS SÚRAO, TZ 446/2020, Praha.

RYBACH L., ČERMÁK V. (1982): Radioactive heat generation in rocks. V: Čermák V. et al. (eds): Physical properties of rocks. Vol. 1, Subvol. A. – Springer Verlag, Berlin, 373 str.

SEDLÁK J., ZABADAL S., GNOJEK I., REJL L. (2017): Třebíčský masiv – tíhové řezy. – MS SÚRAO TZ127/2017, Praha.

SCHALLER M., VON BLANCKENBURG F., HOVIUS N., KUBIK P. W. (2001): Large-scale erosion rates from in situ-produced cosmogenic nuclides in European river sediments. – Earth Planet. Sci. Lett., 188, 441–458.

SCHULMANN K., LEXA O., ŠTÍPSKÁ P., RACEK M., TAJČMANOVÁ L., KONOPÁSEK J., EDEL J. B., PESCHLER A., LEHMANN J. (2008): Vertical extrusion and horizontal channel flow of orogenic lower crust: key exhumation mechanisms in large hot orogens?. – Journal of Metamorphic Geology, 26, 273–297.

TYRÁČEK J., WESTAWAY R., BRIDGLAND D. (2004): River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech Republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif. – Proceedings of the Geologists Association, 115, 101–124.

VAŇKOVÁ V., BARTOŠEK J., CHLUPÁČOVÁ M., MATOLÍN M. (1979): Radioactivity and heat production of rocks from the Bohemian Massif and the West Carpathians. In: Geodynamic Investigations in Czechoslovakia, 257–263. – Veda, Bratislava.

VOKÁL A., POSPÍŠKOVÁ I., VONDROVIC L., KOVÁČIK M., STEINEROVÁ L., DUSÍLEK P., WOLLER F. (2017): Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště. MP.22, revize 3. – MS SÚRAO, Praha.

VONDROVIC L., AUGUSTA J., VOKÁL A., HAVLOVÁ V., KONOPÁČOVÁ K., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., URÍK J., BUKOVSKÁ Z., BUTOVIČ A., FRANĚK J., HROCH T., JELÍNEK J., KOBYLKA D., KRAJÍČEK J., MILICKÝ M., MIXA P., PERTOLDOVÁ J., SKOŘEPA Z., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA J., UHLÍK J., ZAHRADNÍK O. (2019): Metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019–2020. – MS SÚRAO, TZ 423/2019, Praha.

WELLMANN F., REGENAUER-LIEB K. (2012): Uncertainties have a meaning: Information entropy as a quality measure for 3-D geological models. – Tectonophysics. 526-529. 207-216. 10.1016/j.tecto.2011.05.001.

WOLLER F. (2006): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Zkrácená závěrečná zpráva sdružení GEOBARIÉRA. – MS SÚRAO, Praha.

ZAHRADNÍK O. (2020): Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách, Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 442/2019, Praha.

ZEMAN A. (1973): Současný stav výzkumu pleistocenních fluviálních sedimentů v Dyjsko-svrateckém úvalu a jejich problematika. – Studia geographica, 36, 41–61.

Zákony a vyhlášky

IAEA (2011a): Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements, No. SSR-5, Pub. 1449. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2011b): Geological disposal facilities, Specific Safety Guide, SSG-14, Pub. 1483, Appendix I" Siting of geological disposal facilities. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2016): Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements No. NS-R-3 (Rev. 1), IAEA Safety Standards. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

VYHLÁŠKA č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení. In: Sbírka zákonů, 2016. – Částka 151, 5989–5997.

ZÁKON č. 44/1988 Sb., Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). In: Sbírka zákonů, 1988. – Částka 8, 175–188, ve znění pozdějších předpisů.

www stránky:

ISVS – Voda: Evidence odběrů podzemní vody [online], dostupné z www.voda.gov.cz

SURIS - https://mapy.geology.cz/suris/

SÚRAO | SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ | NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST

info@surao.cz | **www.surao.cz**