



Metodické pokyny

Evidenční označení: **MP.22**

POŽADAVKY, INDIKÁTORY VHODNOSTI A KRITÉRIA VÝBĚRU LOKALIT PRO UMÍSTĚNÍ HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Vydání: 3.
Datum vydání: 27. 11. 2017

Revize: 0
Účinnost od: 1. 12. 2017

	útvár	funkce	jméno	datum	podpis
zpracovali	4400	vedoucí oddělení	Ing. Antonín Vokál, CSc.		
	4000	vedoucí úseku	Ing. Ilona Pospíšková		
	4300	vedoucí oddělení	Mgr. Lukáš Vondrovic PhD.		
	1700	specialista	Mgr. Lucie Steinerová		
		externí specialista	RNDr. Miloš Kováčik, CSc.		
		externí specialista	Ing. Pavel Čech		
kontrolovali	4000	vedoucí úseku	Ing. Ilona Pospíšková		
	2120	manažer kvality	Ing. Radomír Šenkýř		
odpovídá	4400	vedoucí oddělení	Ing. Antonín Vokál, CSc.		
schválil	1000	ředitel	RNDr. Jiří Slovák		

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 2 (z 49)
		MP.22	3	0	

Obsah

1. ÚVOD	3
1.1 Cíl dokumentu	3
1.2 Dříve zpracované dokumenty	3
1.3 Rozsah platnosti.....	3
1.4 Definice použitých pojmů a zkratk	3
2. PROJEKTOVÁ KRITÉRIA	10
2.1 Proveditelnost podzemní části úložiště.....	12
2.1.1 Velikost využitelného horninového masivu.....	12
2.1.2 vlastnosti horninového prostředí pro konstrukci podzemní část úložiště	13
2.2 Proveditelnost povrchové části úložiště.....	14
2.2.1 Zajištění stability staveb a vlastnosti základových púd	14
2.2.2 Dostupnost infrastruktury.....	15
2.2.3 Množství a složitost střetů.....	16
2.3 Náklady	17
2.4 Shrnutí projektových kritérií	18
3. BEZPEČNOSTNÍ KRITÉRIA	20
3.1 Úvod.....	20
3.2 Dlouhodobá bezpečnost	20
3.2.1 Geologické charakteristiky lokality.....	21
3.2.2 Hydrogeologické charakteristiky lokality.....	23
3.2.3 Transportní charakteristiky lokality	24
3.2.4 Stabilita lokality.....	25
3.2.5 Charakteristiky lokality, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	27
3.2.6 Slučitelnost horninového prostředí se systémem inženýrských bariér.....	28
3.3 Provozní bezpečnost.....	34
3.3.1 Externí přírodní jevy.....	35
3.3.2 Jevy vyvolané člověkem	36
3.3.3 Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky.....	36
3.3.4 Faktory ovlivňující zvládnání mimořádné události.....	37
3.3.5 Shrnutí provozních bezpečnostních kritérií	37
3.3.6 Zajištění klasické a báňské bezpečnosti výstavby a provozu	39
4. ENVIRONMENTÁLNÍ KRITÉRIA	40
4.1 Úvod.....	40
4.2 Shrnutí environmentálních kritérií	42
5. PŘIJATELNOST HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ VEŘEJNOSTÍ	44
6. ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ	45
7. HISTORIE ZMĚN	45
8. SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY	46

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 3 (z 49)
		MP.22	3	0	

1. ÚVOD

1.1 CÍL DOKUMENTU

Činnosti spojené s ukládáním radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva jsou v České republice v kompetenci Správy úložišť radioaktivních odpadů, která byla založena v roce 1997 po přijetí zákona č. 18/1997 Sb. [1] o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů.

Jedním z prioritních úkolů SÚRAO je vybrat vhodnou lokalitu pro hlubinné úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů, které nemohou být přijaty do přípovrchových úložišť. Cílem tohoto dokumentu je shrnout požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria, podle kterých bude vybírána lokalita pro hlubinné úložiště. Tento dokument nahrazuje metodický pokyn SÚRAO MP.22, 2.vydání, zejména z důvodu potřeby zahrnutí požadavků nového Atomového zákona č. 263/2016 Sb.[2] a jeho prováděcích vyhlášek [8] až [12], zapracovávajících příslušné předpisy Evropského společenství pro atomovou energii a Evropské unie [3] až [7] do české legislativy.

Zohledňuje rovněž nová doporučení IAEA [13], [14] týkající se výběru lokalit pro umístění jaderného zařízení a další poznatků získaných během minulých dvou let od předchozího vydání tohoto dokumentu. Zohledněny byly i připomínky a komentáře, které SÚRAO obdrželo z jednání Pracovní skupiny pro dialog o hlubinném úložišti, z projednávání SEA koncepce nakládání s VJP a RAO a z jednání se zahraničními partnery s rozvinutou přípravou hlubinného úložiště (Posiva/SKB). Dokument rovněž zahrnoval připomínky odborníků, které podporují SÚRAO v rámci projektů „Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení úložiště“ a „Výzkumná podpora projektového řešení úložiště“.

1.2 DŘÍVE ZPRACOVANÉ DOKUMENTY

Požadavky a kritéria pro výběr lokality pro umístění jaderného zařízení hlubinné úložiště se zabývala řada předchozích dokumentů SÚRAO [17] až [21], [23]. 2. vydání dokumentu MP.22 [20] vycházelo ze zákona č. 18/1997 Sb. [1] a souvisejících prováděcích vyhlášek.

1.3 ROZSAH PLATNOSTI

Platnost tohoto 3. vydání MP.22 se předpokládá cca do roku 2025, tedy do doby než by měla být vybrána referenční a záložní lokalita pro hlubinné úložiště. V nových vydáních a revizích dokumentu budou požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria zpřesněna v souladu se získáváním nových poznatků.

Tento předpis je platný pro zaměstnance SÚRAO a jeho dodavatele, kteří se podílí na pracích v rámci programu vývoje HÚ.

1.4 DEFINICE POUŽITÝCH POJMŮ A ZKRATEK

Efektivní dávka

Efektivní dávka je součtem vážených středních hodnot ekvivalentních dávek v různých tkáních lidského těla, tedy, kde je ekvivalentní dávka v dané tkáni a je tkáňový váhový faktor vyjadřující relativní příspěvek dané tkáně k celkové zdravotní újmě způsobené při rovnoměrném ozáření celého těla. Efektivní dávka vyjadřuje radiační zátěž organismu jedinou číselnou hodnotou i při nerovnoměrném ozáření organismu (resp. jeho části).

Hlubinné úložiště

Ve vyhlášce SÚJB [8] se hlubinným úložištěm rozumí úložiště radioaktivního odpadu umístěné stovky metrů pod zemským povrchem a určené pro ukládání vysokoaktivního odpadu. Hlubinné úložiště je zde odlišeno od podzemního úložiště, které je definováno v § 2 jako úložiště umístěné desítky metrů pod zemským povrchem a určené zejména pro ukládání nízkoaktivního a středněaktivního odpadu.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 4 (z 49)
		MP.22	3	0	

Charakteristiky území, při jejichž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno

Charakteristikou území k umístění hlubinného úložiště, při jejímž dosažení je umístění hlubinného úložiště zakázáno podle § 18 vyhlášky SÚJB [8], je:

a) horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních, chemických a toxických látek, které se mohou uvolnit z uloženého radioaktivního odpadu tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí (0,25 mSv za kalendářní rok - § 82 Atomového zákona [2])

b) nemožnost vytvoření

- 1) komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů,
- 2) hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsitelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení, nebo
- 3) geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení, nebo

c) přítomnost zdrojů geotermální energie.

V § 18 vyhlášky SÚJB [8] je uveden výčet vlastností území, které je třeba hodnotit, ale nejsou uvedeny hodnoty, podle kterých by bylo možno porovnávat potenciální území pro umístění hlubinného úložiště.

Indikátor vhodnosti

Parametr, který popisuje vlastnosti a stav horniny a podzemní vody, pro který existují hodnoty, jež mohou být použity v jedné nebo několika etapách prací na umisťování, pro doložení, že požadavek nebo preference jsou splněny. Indikátorem vhodnosti může být i jiný parametr, který může mít jak číselné, tak logické hodnoty vyjadřující vhodnost lokality, např. projektové indikátory vhodnosti, environmentální indikátory, indikátory soci-ekonomické přijatelnosti.

Inženýrská bariéra

Člověkem vytvořená bariéra brání transportu radionuklidů či ztrátě bezpečnostní funkce bariér úložiště, například obalové soubory či těsnící materiály.

Kritérium

Standard (nástroj), podle kterého hodnotíme určitý jev, proces, skutkový stav a podobně, případně o něm rozhodujeme.

Kritéria v souladu s dokumentem IAEA [14] rozdělujeme následovně:

- 1) vylučující kritéria mají charakteristiky, při jejichž dosažení je úložiště zakázáno
- 2) porovnávací kritéria nemají charakteristiky, které by vylučovaly umístění, ale charakteristiky, které jsou výhodné či nevýhodné pro plnění bezpečnostních funkcí hlubinného úložiště.

V souladu s předchozím dokumentem budeme rozdělovat kritéria na:

- 1) Projektová kritéria posuzující vlastnosti lokalit z hlediska proveditelnosti úložiště v dané lokalitě.
- 2) Bezpečnostní kritéria posuzující vlastnosti lokalit z hlediska bezpečnosti.
- 3) Environmentální kritéria posuzující vlastnosti lokalit z hlediska vlivu na životní prostředí.
- 4) Socio-ekonomická kritéria posuzující úložiště z hlediska dopadu na socio-ekonomické faktory a životní preference místních obyvatel.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 5 (z 49)
		MP.22	3	0	

Optimalizační mez

Efektivní dávka, která podle principu optimalizace radiační ochrany (§ 82 Atomového zákona [2]) nesmí být překročena. V případě hlubinného úložiště jde o dávku 0,25 mSv za rok pro reprezentativní osobu.

Posuzování území k umístění jaderného zařízení

Podle nové vyhlášky SÚJB [8] výsledky posuzování území k umístění jaderného zařízení musí být srovnány s charakteristikami vlastností území, při jejichž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno. Posuzování musí zahrnout hodnocení:

- a) souběžného působení a vzájemného ovlivňování vlastností, jejich intenzity a doby trvání
- b) budoucího vývoje vlastností území

Pozemek jaderného zařízení

Část území k umístění jaderného zařízení, na které se bude ve fázích životního cyklu následujících po umístění jaderného zařízení nacházet areál jaderného zařízení.

Radioaktivní odpad

Věc, která je radioaktivní látkou nebo předmětem nebo zařízením jí obsahující nebo jí kontaminovaným, pro kterou se nepředpokládá další využití a která nespĺňuje podmínky stanovené Atomovým zákonem [2] pro uvolňování radioaktivní látky z pracoviště.

Reprezentativní osoba

Jednotlivec z obyvatelstva zastupující modelovou skupinu fyzických osob, které jsou z daného zdroje a danou cestou nejvíce ozařovány.

Úložiště radioaktivních odpadů

Prostor, objekt nebo zařízení sloužící k ukládání radioaktivního odpadu.

Vyhořelé jaderné palivo

Ozářené jaderné palivo, které bylo trvale vyjmuta z aktivní zóny jaderného reaktoru.

Vysvětlení některých geologických pojmů

Duktilní deformace

„Plastické“ deformace hornin, při kterých se nevytvářejí plochy nespojitosti. Opakem jsou křehké deformace. Mezi těmito krajními případy je široké pole deformací duktilně-křehkých. Duktilní deformace je dominantní v hlubší části zemské kůry a v plášti, kde úzce souvisí s podmínkami metamorfózy, případně s parciální anatexí (částečným natavením) hornin.

Glaciál

Jinými slovy - ledová doba, časové období s chladným a suchým podnebím. Glaciály se dělí na dílčí chladnější výkyvy - stadiály a teplejší výkyvy - interstadiály. V historii Země známe více dob ledových, nejlépe prozkoumaná jsou však za posledních 1,8 mil. let. Teplota v nejstudenějším období glaciálu na území Česka byla zhruba o 11-13°C nižší oproti současnému průměru. Jeden glaciální cyklus trvá zhruba 120 tisíc let (100 tisíc let – doba ledová a 20 tisíc let – doba meziledová).

Hydrostatický tlak (angl. Hydrostatic pressure)

Hydrostatický tlak je tlak, který vzniká v kapalině (obvykle ve vodě) její vlastní tíhou.

Hydraulický sklon (angl. Hydraulic gradient)

Poměr rozdílu hladiny nebo tlakové výšky kapaliny (vody) a dráhy její proudění. Synonyma: hydraulický gradient, hydraulický spád.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 6 (z 49)
		MP.22	3	0	

Křehké deformace

Pukliny a zlomy nacházející se v horninách, které vznikly při samotném vzniku horniny, nebo při jeho mechanickém namáhání vlivem zejména endogenních sil. Na vznik křehkých deformací mají vliv především vlastnosti samotné horniny, velikost napětí a jeho orientace, okolní teplota a rychlost deformace. Opakem křehké deformace je deformace duktilní. Mezi těmito krajními případy je široké pole deformací duktilně-křehkých.

Krystalinikum

Komplex krystalických, většinou metamorfovaných a magmatických hornin, hlavně granitoidů.

Kvartér

Geologické období, zahrnující zhruba posledních 2,6 milionů let. Dělí se na starší čtvrtohory (pleistocén) a mladší čtvrtohory (holocén).

Litostatický tlak

Tlak v hloubce způsobený váhou nadložních hornin. Přibližný tlak v hloubce hypotetického úložiště v 500 m je cca 13 - 15 MPa.

Napjatostní stav horninového prostředí

Napětí v horninovém masivu, které je způsobené nahromaděním energie. Příčinou jsou tíha nadložních hornin, horotvorné procesy v geologické minulosti a současnosti a další vlivy, vyplývající z geologické stavby masívu (např. vnitřní nehomogenity, diskontinuity, anizotropie vlastností hornin apod.).

Permafrost (angl. Permafrost)

Věčně zmrzlá půda. Nejsvrchnější část litosféry, která má po dobu dvou let teplotu 0 °C a nižší. Mocnost permafrostu na Zemi bývá od několika cm až více než tisíc metrů. V polárních oblastech se permafrost vyskytuje v místech věčného ledu a v oblasti tundry. Permafrost se může vyskytovat i pod mořskou hladinou. Vznikl v poslední době ledové, na jejímž konci byl zatopen díky zvýšení hladiny oceánů. Teplota moře v současné době nestačí k roztání, a tak permafrost stále přetrvává.

Puklina

Křehké porušení geologického tělesa (horniny) změnou napětí bez pozorovatelného přemístění. Pukliny představují nejběžnější typ porušení mechanické soudržnosti hornin a horninového masívu.

Rozpojitelnost

Odolnost horniny vůči působení nástroje, kterým se oddělují její části

Odprysk (Spalling)

Lokální destrukce masívu, při které dojde k prudkému uvolnění částí stěny (překročení pevnosti materiálu), která odletí (odprýskne) s charakteristickým třaskavým zvukem.

Ztekucení zemin (angl. Soil liquefaction)

Fenomén, když částečně nebo úplně saturovaná zemina podstatně ztratí svoji pevnost nebo tuhost. Důvodem je nárůst pórového tlaku, vznik výrazné deformace, přičemž efektivní napětí klesne na nulu a zemina se chová jako tekutina. K ztekucení zemin dochází při dynamickém namáhání (např. při seizmických otřesech).

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 7 (z 49)
		MP.22	3	0	

Úložné vrty

Podle typu úložného systému krátké svislé vrty vyhloubené v chodbách hlubinného úložiště, nebo dlouhé horizontální či subhorizontální vrty, ve kterých budou uloženy obalové soubory s odpadem. Mezi samotnými kontejnery a horninovým prostředím bude několik decimetrů hrubá vrstva bentonitu.

Vertikální pohyby zemské kůry

Velmi pomalé pohyby bloků svrchní části zemské kůry, při kterých se bloky diferenciálně pohybují podél zlomu ve vertikálním směru. Tento pohyb může být pozitivní (výzdvih), nebo negativní (pokles). Rychlost pohybů je v Českém masivu obecně <0,5 mm/rok, tj. (<50 m/100 000 roků).

Zlom

Zlom či dislokace je geologická porucha v litosférické desce, která může dosahovat od několika milimetrů až po tisíce kilometrů. Je definován jako fraktura, podél které došlo k pozorovatelnému přemístění okolních částí větších než 1 m.

Zóna ovlivnění výrubem EdZ (angl. Excavation disturbed zone, EdZ)

Část horninového masivu v podzemí přiléhající k vyrubanému prostoru (tunelu, kaverna, štola), která vykazuje nevýznamné hydromechanické a geochemické nebo reverzibilní změny. Tyto změny mohou být také reverzibilní.

Zóna poškození výrubem EDZ (angl. Excavation damaged zone, EDZ)

Část horninového masivu v podzemí přiléhající k vyrubanému prostoru (tunelu, kaverny) která vykazuje významné, nezvratné změny, přičemž vznikly pohyby podél existujících fraktur, případně vznikly nové fraktury. V prostředí s vysokým napětím může docházet k odštěpování a vypadávání bloků horniny ze stěn výrubu.

Zvodeň

Hydraulicky jednotná a souvislá akumulace gravitačních podzemních vod v hornině, tj. spojitě těleso vody (akumulace) v kolektoru, kterým se mohou šířit hydraulické impulsy, resp. může docházet k přenosu (transportu) hmot.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 8 (z 49)
		MP.22	3	0	

Tabulka 1: Seznam zkratk

ČR	Česká republika
DSS	systemy rozhodovací analýzy (<i>Decision Support System</i>)
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
EdZ	Excavation disturbed zone (Zóna ovlivnění výrubem)
EDZ	Excavation damaged zone (Zóna poškození výrubem)
EIA	Environmental Impact Assessment (posouzení vlivu na životní prostředí)
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
EU	Evropská unie
EVL	evropsky významná lokalita
GAP	revize stavu („mezer“) dat a jejich potřeby
GIS	geografický informační systém
HÚ	hlubinné úložiště
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHLÚ	chráněné ložiskové území
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE)
ICRP	Mezinárodní komise pro radiační ochranu
JE	jaderná elektrárna
LANDEP	metodika krajinářsko-ekologického plánování (<i>LANDscape Ecological Planning</i>)
MAAE	Mezinárodní agentura pro jadernou energii (IAEA)
MDE	hodnocení více lokalit (<i>Multi-Destination Evaluation</i>)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MZV	Ministerstvo zahraničních věcí
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NJZ	nové jaderné zdroje
NP	národní park
NPP	národní přírodní park
NPR	národní přírodní rezervace
OS	obalový soubor
PO	ptačí oblast
PP	přírodní památka
PR	přírodní rezervace
RAO	radioaktivní odpad(y)
SSG	doporučení specifické bezpečnosti MAAE
SSR	specifické bezpečnostní požadavky MAAE
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 9 (z 49)
		MP.22	3	0	

UNESCO	Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu (<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>),
UOS	ukládací obalový soubor
VAO	vysokoaktivní odpad
VJP	vyhořelé jaderné palivo
ZBZ	zadávací bezpečnostní zpráva
ZCHÚ	zvláště chráněná území
ZUPA	zájmové území povrchového areálu hlubinného úložiště
ŽP	životní prostředí

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 10 (z 49)
		MP.22	3	0	

2. PROJEKTOVÁ KRITÉRIA

Hlubinné úložiště je specifickým typem jaderného zařízení, které se skládá ze dvou provozních částí s rozdílnými činnostmi při nakládání s radioaktivními látkami a rozdílnými nároky na životnost objektů a zařízení.

První provozní částí jsou objekty, zařízení a technologie nezbytné k zajištění provozu hlubinného úložiště, tj. objekty sloužící k příjmu, přeložení VJP do UOS a zavážení VJP a RAO, které mohou být umístěny jak na povrchu, tak v přípovrchových objektech. Na tato zařízení je nutné v přiměřené míře odpovídající charakteru zařízení aplikovat kritéria a výběrové postupy uvedené v české legislativě z jaderné a environmentální oblasti a oblasti pozemního, příp. podzemního stavitelství.

Druhá provozní část HÚ - ukládací prostory - je umístěna v podzemí. Požadavky na její umístění jsou z hlediska jaderné legislativy obecně formulovány v Atomovém zákoně [2] a souvisejících vyhláškách SÚJB [8] až [12] a doporučeních MAAE [16], [32]. Jedním z důvodů této obecnosti mezinárodních předpisů je to, že požadavky na hlubinné úložiště jsou úzce spjaty s konkrétní lokalitou a zahrnují řadu předpokladů specifických pro vybrané geologické prostředí dostupné v zemi, kde odpady vznikly.

Hlubinné úložiště musí být navrženo tak, aby bylo možné bezpečně uložit všechny radioaktivní odpady, existující i dle strategických záměrů ČR plánované a nepřijatelné do přípovrchových úložišť (včetně VJP prohlášeného za odpad) do hlubinného úložiště. Úložiště musí být ve vybrané lokalitě proveditelné pomocí ověřených technologií, dostupných v současné době, přičemž radiační ochrana musí být optimalizována k zajištění nejvyšší úrovně bezpečnosti, která může být rozumným způsobem dosažena.

Vlastní technické řešení hlubinného úložiště bude výrazně ovlivněno řadou vstupních a okrajových podmínek. Tyto podmínky lze rozčlenit v zásadě do několika skupin:

- 1) První skupinou jsou podmínky strategického charakteru, to znamená zejména specifikace množství a vlastností ukládaného odpadu a jeho forma k uložení. K těmto podmínkám lze zařadit rozhodnutí o tom, zda bude uloženo nepřeprocessované palivo nebo se budou ukládat odpady z přepracování; zda horká komora, která slouží k přeložení paliva do ukládacích obalových souborů, bude součástí areálu hlubinného úložiště, nebo se tyto činnosti budou vykonávat jinde, a do hlubinného úložiště se budou přivážet už připravené ukládací obalové soubory.
- 2) Druhou skupinou jsou požadavky a omezení, vzniklé na základě charakteristiky lokality. Pro řešení podzemního areálu jsou to zejména požadavky, které se týkají proveditelnosti hlubinného úložiště, aniž by byly ovlivněny vlastnosti lokality důležité pro zajištění dlouhodobé a provozní bezpečnosti. Primárním požadavkem však je to, aby horninový masiv byl dostatečně velký pro umístění všech současných i předpokládaných radioaktivních odpadů, které vzniknou na území ČR. Pro povrchový areál pak například morfologie terénu v místě výstavby areálu, parametry základových půd, přítomnost svahových deformací, výmolové eroze apod., které mohou ovlivnit velikost nadzemního areálu i umístění některých důležitých i podpůrných technologií, možnosti napojení na místní infrastrukturu, atd. Důležitá jsou i specifická přírodní a environmentální omezení, jako například povětrnostní podmínky nebo krajinný ráz.
- 3) Další důležitou skupinou jsou legislativní požadavky. Hlubinné úložiště je jaderné zařízení a zároveň báňské dílo, s povrchovým a podzemním areálem. Proto spadá pod působnost a musí splňovat veškeré relevantní požadavky z oblasti jaderné a báňské legislativy, pozemního stavitelství a environmentálních vlivů.
- 4) Poslední skupinu tvoří socio-ekonomické podmínky. V tomto případě se jedná především o to, jak vyhovět požadavkům veřejnosti na zakomponování areálu do okolní krajiny nebo jak minimalizovat vlivy výstavby na okolní prostředí.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 11 (z 49)
		MP.22	3	0	

Zatím poslední ucelená aktualizace ukládaného inventáře byla provedena v rámci referenčního projektu, zpracovávaného v letech 2008-2011 [76]. Za přijatého předpokladu, že HÚ pojme:

- nepřeprocované VJP provozovaných JE (EDU1-4; ETE1,2), (60 let provozu),
- nepřeprocované VJP ze 3 reaktorů NJZ (60 let provozu),
- VAO z přepracování VJP z výzkumných reaktorů,
- RAO neuložitelné v povrchových úložištích (z provozu JE, z vyřazování z provozu JE, z provozu výzkumných pracovišť, z vyřazování výzkumných pracovišť, neuložitelné institucionální RAO),

Odhad množství vyhořelého jaderného paliva, které bude třeba uložit je uveden v následující Tabulka 2.

Tabulka 2: Odhad množství VJP z jaderných elektráren

JE1	počet palivových souborů	průměrný stupeň vyhoření min/max MWd/kgU	počet ukládacích obalových souborů	hmotnost U [t]	průměrný tepelný výkon/OS/65 let skladování [W]
EDU	21 700	20/54	3 100	2 650	655
ETE	5 400	4,7/60	1 800	2 555	1 125
NJZ	8 100	60	2 700	4 300	1 221
celkem	31 000		7 600	9 628	

Dále bude třeba uložit zhruba 4300 t odpadu, neuložitelného do stávajících přípovrchových úložišť

Protože hlubinné úložiště tvoří dva areály, nadzemní a podzemní, se svými specifickými požadavky, jsou projektové indikátory vhodnosti členěny následovně:

1. proveditelnost podzemní části úložiště,
2. proveditelnost nadzemní část úložiště,
3. náklady.

Navržené technické řešení musí být ověřeno prokázáním bezpečnosti, a to jak provozní, tak dlouhodobé, která se vzhledem k charakteru uložených odpadů pohybuje v řádech statisíců let. Hodnocení provozní i dlouhodobé bezpečnosti musí být provedeno jak pro normální provoz, tak pro projektové nehody, které by mohly mít největší dopad na životní prostředí a obyvatelstvo. Výsledky těchto výpočtů se musí zpětně promítnout do návrhu technického řešení. Jde tedy o iterativní proces vedoucí k optimalizaci radiační ochrany a jaderné bezpečnosti obyvatelstva, ochraně životního prostředí při respektování všech socio-ekonomických požadavků.

¹ Stávající elektrárny (EDU, ETE), životnost 60 let, nové jaderné zdroje (NJZ – 3 bloky), životnost 60 let

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 12 (z 49)
		MP.22	3	0	

2.1 PROVEDITELNOST PODZEMNÍ ČÁSTI ÚLOŽIŠTĚ

2.1.1 VELIKOST VYUŽITELNÉHO HORNINOVÉHO MASIVU

Technické řešení hlubinného úložiště musí především respektovat strukturně a tektonické poměry hostitelského horninového masivu tak, aby byly splněny požadavky na dlouhodobou bezpečnost.

Potenciálně využitelné bloky horniny² musí být v takové hloubce a v dostatečné vzdálenosti od zvodnělých poruchových zón, aby bylo zamezeno přístupu člověka k odpadům, ovlivnění úložiště procesy probíhajícími na povrchu a zabráněno rychlé migraci radionuklidů ke zvodnělým poruchovým zónám.

Za dostatečnou hloubku úložiště pro uložení vyhořelého jaderného paliva se považuje několik set metrů (min. 300 m) pod povrchem země ([35]).

Pro posouzení potřebné vzdálenosti úložných prostor (izolační části úložiště) od poruchových zón je možno vycházet ze zahraničních doporučení, které rozlišují regionální, větší a menší poruchové zóny a kategorizace, která byla přijata v rámci projektu Geobariéra pro hodnocení vybraných 6 granitových lokalit (Tabulka 3, [41], [21]). Přípustné vzdálenosti pro regionální a lokální poruchové zóny jsou stejné v obou doporučeních.

Tabulka 3: Orientační klasifikace poruchových zón a přípustné vzdálenosti od úložných vrtů podle [41] a podle [21]

označení [41] / [21]	délka [41] / [21]	vzdálenost (m) [41] / [21]
regionální poruchová zóna / zóna nadregionálního významu	>10 km / 1 - >10 km	100 / 100
lokální poruchová zóna vyššího řádu / zóna regionálního významu	1 – 10 km / 0,1 - >5 km	50 / 50
lokální poruchová zóna nižšího řádu / zóny nižšího řádu	10 – 1000 m / 100 – 1000 m	nesmí procházet přes úložné prostory / nízká relativní hustota tektonických struktur v ploše
malá otevřená křehká struktura (puklina)	<10 m	

Důležitou vlastností puklinového prostředí je i hustota menších poruchových zón a větších puklin neumožňujících umístění UOS v neporušené hornině v hloubce úložiště. Tuto vlastnost však nelze hodnotit ve fázi geologického průzkumu prováděného z povrchu, v době výběru lokalit. Z hlediska proveditelnosti je třeba počítat s tím, že úložné vrtů se mohou křížit s řadou křehkých deformací (zlomů a puklin), poruchových pásem a dalších litologických a strukturních nehomogenit. Jednodušší poruchy mohou být zřejmě sanovány již v průběhu vrtání pomocí injektážních směsí. Použité materiály musí být vybrány tak, aby nedošlo k vzájemnému negativnímu ovlivnění jednotlivých složek inženýrských bariér. Prostory s přítomností nehomogenit vyšší závažnosti je třeba vyloučit. Při určování velikosti masivu je nutné mít na zřeteli i dostatečnou vzdálenost od výraznějších zlomů/puklin, a to nejen z důvodu zajištění dlouhodobé bezpečnosti, ale i z důvodu mechanické stability stavby.

V českém referenčním konceptu HÚ jsou inženýrské bariéry pro uložení vyhořelého paliva tvořeny systémem obalový soubor-bentonit. Patrně nejvíce omezující podmínkou celého systému je limitní teplota přibližně 100 °C, při které může dojít k degradaci a ztrátě bezpečnostních funkcí bentonitu. Zbytkový tepelný výkon vyhořelého jaderného paliva a

² Potenciálně využitelné bloky, horniny neobsahují poruchové zóny vyššího řádu (tabulka 3) či jiné geologické struktury, které nejsou přípustné z hlediska projektových či bezpečnostních kritérií.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 13 (z 49)
		MP.22	3	0	

tepelné vlastnosti inženýrských bariér a horninového prostředí jsou tedy jedním ze základních projektových parametrů důležitých pro posouzení horninového masivu z hlediska jeho využitelnosti pro HÚ.

Dalším důležitým projektovým parametrem je způsob ukládání UOS. Je možné uvažovat o výstavbě úložiště na jednom či dvou ukládacích horizontech. Dále je možné uvažovat vertikální ukládání ve vrtech v úložných chodbách či horizontální ukládání v horizontálních vrtech.

2.1.2 VLASTNOSTI HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ PRO KONSTRUKCI PODZEMNÍ ČÁST ÚLOŽIŠTĚ

2.1.2.1 Parametry ovlivňující způsob ražení podzemních prostor a mechanické vlastnosti hornin

Mechanické vlastnosti samotné horniny a chování horninového masivu sehrávají důležitou roli při budování podzemních prostor a ovlivňují technologii razících prací a její ekonomiku.

Mechanická stabilita podzemních prostor úložiště je ovlivňována zejména pevnostními parametry horninového masivu (zejména pevnosti horniny v prostém tlaku – σ_c) a napětím v něm (zejména velikostí a směrem horizontálního napětí). V úložných prostorách nesmí dosahovat napjatostní stav hodnot, které by mohly způsobit nepřípustné deformace stěn výrubů („spalling“, porušení pevnosti stěn). Pevnost horniny musí mít dostatečnou „rezervu“ také vůči deformacím a namáhání horniny vlivem termální objemové roztažnosti hornin, redistribuci napětí vlivem výrubu a reologickými vlastnostmi horniny.

Důležitou nepříznivou roli v rámci horninového masivu mají křehké poruchy (pukliny a zlomy). Křehké poruchy mohou vést k vytváření nadvylomů, deformacím stěn nebo reaktivaci posunů podél diskontinuit. Horninový masiv by měl vykazovat co možná nejmenší tektonické postižení, projevujícím se křehkými a duktilními deformacemi horniny, nízký stupeň alterací a zvětráním. Početnost a prostorové a jiné charakteristiky poruch ovlivňují požadavky na dočasnou nebo trvalou výztuž stěn výrubu. Zóna narušená či poškozená (tzv. EdZ a EDZ) v důsledku razících prací by měla být co nejmenší. Velikost vzniklé zóny narušení ovlivňuje mimo jiné i technologie razících prací.

Obtížnost razících prací výrubu podzemních prostor budou charakterizovány zejména parametry abrazivnosti a rozpojitelosti horniny. Tyto parametry jsou dány zejména litologickými charakteristikami (mineralogické složení horniny, zrnitost, usměrnění zrn – foliace, stupeň zvětrání horniny), charakteristikami diskontinuit a rovněž pevnostními parametry hornin.

Velmi nepříznivé mechanické vlastnosti hornin ve spojení s intenzivním křehkým porušením hornin, jakož i nemožnost využít osvědčených důlních technologií mohou vylučovat umístění hlubinného úložiště.

2.1.2.2 Tepelné vlastnosti hornin

Tepelné charakteristiky hornin, zejména tepelná vodivost hornin a tepelná difuzivita, přímo ovlivňují prostorové uspořádání úložných prostor (vzdálenosti mezi tunely a samotnými vrty), čímž přímo ovlivňují celkové rozměry úložiště.

Koeficient tepelné roztažnosti společně s veličinami přenosu tepla jsou důležitými charakteristikami, které se užívají při výpočtech změn napětí a následných deformací. Zvýšení termálního zatížení v provozní fázi způsobí sekundární napětí kolem výrubu a na jeho výstroj. Velikost tohoto zatížení závisí na zejména na objemové roztažnosti (volumetric thermal expansion) hostitelské horniny, na množství tepelné energie generované odpadem a na tepelné vodivosti, tedy na rychlosti odvodu tepla do vzdálenějších míst.

Hodnoty koeficientu tepelné roztažnosti hornin by měly být v předpokládaném podzemním areálu HÚ pokud možno relativně uniformní. Koeficient tepelné roztažnosti je závislý zejména na mineralogickém složení hornin. Běžné hodnoty jsou 10^{-6} až 10^{-5} K^{-1} . Specifické

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 14 (z 49)
		MP.22	3	0	

hodnoty jednotlivých typů hornin budou studovány při detailní charakterizaci lokality. Teplotní charakteristiky nemají vliv na způsob a rychlost razících prací. Koeficient tepelné roztažnosti spolu s geometrií puklin a počátečním napjatostním stavem jsou vstupní proměnné pro termomechanickou analýzu.

Nepříznivé hodnoty teplotních charakteristik hornin nejsou vylučujícím kritériem pro umístění úložiště.

2.1.2.3 Hydrogeologické poměry

Nepříznivé hydraulické parametry horninových masivů (vysoká transmisivita poruchových zón, nepřípustně malá vzdálenost ukládacích prostor od zvodnělých poruchových zón) ovlivňují umístění ukládacích a přístupových tunelů, a to jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru a ovlivňují také podmínky výstavby.

Ve fázi budování podzemních prostor velký přítok vody, který je determinován zejména početností, průběžností, otevřeností diskontinuit a také gradientem, ovlivní rychlost a technickou náročnost razících a zabezpečovacích prací. V extrémním případě velmi vysoký hydrostatický tlak může zhoršit stabilitu výrubu, a tím negativně ovlivnit pracovní podmínky a bezpečnost práce. Do jisté míry je tato rizika možná eliminovat technickými nápravnými opatřeními, jako je použití výztuží nebo injektáže, nicméně zejména v případě injektáží je třeba volit řešení tak, aby z dlouhodobého hlediska použité materiály negativně neovlivnily slučitelnost inženýrských bariér s horninovým prostředím (viz kap. 3.2.6). Chemické složení podzemních vod může rovněž z dlouhodobého hlediska ovlivňovat korozi oceli, betonových výztuží a cementových injektáží.

Z projektového hlediska hydrogeologické poměry v lokalitě mohou vést k vyloučení určitých částí horninového prostředí nebo být důvodem k vyloučení celé lokality.

2.2 PROVEDITELNOST POVRCHOVÉ ČÁSTI ÚLOŽIŠTĚ

V současné době koncepční řešení předpokládá, že na povrchu, příp. v přípoверхových partiích, budou prováděny činnosti, které svým charakterem přísluší dikci Atomového zákona[2] a jeho prováděcích vyhlášek. V případě posuzování vlastností lokalit se zde prolínají projektová a bezpečnostní kritéria. V této části jsou identifikována kritéria, která mají vztah k fázi projektové přípravy úložiště a k jeho výstavbě.

2.2.1 ZAJIŠTĚNÍ STABILITY STAVEB A VLASTNOSTI ZÁKLADOVÝCH PŮD

Z hlediska zajištění proveditelnosti staveb na dané lokalitě se jedná zejména o geotechnické charakteristiky základových půd (zejména únosnost a stlačitelnost), přítomnost svahových deformací (zejména hluboko založených poruch) a výmolové eroze, hodnocení režimu a oběhu podzemních vod v území, výšku hladiny podzemních vod a její kolísání, chemické složení podzemních vod nebo seismickou stabilitu.

Podle vyhlášky SÚJB [8], § 9 posuzování území z hlediska dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd musí

a) hodnotit

- 1) vulkanismus a projevy postvulkanické činnosti,
- 2) svahové pohyby, včetně sněhových lavin,
- 3) propady a deformace povrchu území, včetně poddolování,
- 4) nepříznivé vlastnosti základových půd,
- 5) větrnou erozi a
- 6) zdroje prachových částic a úlomků hornin a

b) být provedeno v případě jevů podle písmene a)

- 1) bodu 1 do vzdálenosti 25 km,
- 2) bodů 2 a 3 do vzdálenosti 5 km a
- 3) bodu 4 na pozemku jaderného zařízení.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 15 (z 49)
		MP.22	3	0	

Dále pak posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd musí zohlednit

a) v případě jevů podle odstavce 1 písm. a) bodu 1 výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a projevů postvulkanické činnosti, zejména výronů plynů nebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou,

b) v případě jevů podle odstavce 1 písm. a) bodu 2 nestabilitu svahů,

c) v případě jevů podle odstavce 1 písm. a) bodu 3 výskyt

- 1) kaveren a krasových formací,
- 2) hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby a
- 3) čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu nebo deformace povrchu, a

d) v případě jevů podle odstavce 1 písm. a) bodu 4

- 1) geotechnické vlastnosti přítomných zemin a hornin a
- 2) stabilitu základových zemin a hornin při statickém a dynamickém namáhání.

Charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, je výskyt

a) vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů nebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km,

b) jevů podle odstavce 2 písm. c)

- 1) na pozemku jaderného zařízení, nebo
- 2) mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost

c) svahových pohybů snižujících jadernou bezpečnost, nebo

d) přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd, a to

- 1) nevhodnosti základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s,
- 2) výskytu základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa,
- 3) výskytu prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd,
- 4) výskytu základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické, nebo
- 5) výskytu ztekucení zemin.

2.2.2 DOSTUPNOST INFRASTRUKTURY

K zajištění výstavby a provozu hlubinného úložiště jsou v procesu projektové přípravy kladeny požadavky na dostupnost stavby a jeho potřeby napojení na infrastrukturu, a to nejen dopravní, ale i technologickou.

Je proto možné porovnat vzájemně mezi sebou jednotlivé lokality právě z tohoto hlediska, a zmapovat si tak dostupnost a vybavenost stávající infrastruktury, a technickou a ekonomickou náročnost v případě budování nové.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 16 (z 49)
		MP.22	3	0	

Na základě dostupných údajů budou pro každou lokalitu shromážděny následující údaje:

	přítomnost, základní parametry	vzdálenost k možnému napojení	omezení
železniční síť			
silniční síť			
elektrická rozvodná síť			
voda povrchová			
voda pitná			
kanalizace splašková			
kanalizace dešťová			
plynové rozvody			
možnosti skládkování skryvky a rubaniny			
pokrytí operátora			
dojezdová vzdálenost rychlé záchranné pomoci, jednotek požární ochrany, báňské záchranné služby			
vzdálenost původců RAO z hlediska jeho transportu do povrchového areálu HÚ			
nutné úpravy na stávající dopravní infrastrukturu (přeprava OS s VJP od původců)			

Budou tak prověřeny možnosti jednotlivých potenciálních lokalit, které podají informaci o dostupnosti požadované infrastruktury. Předpokládáme, že základní infrastruktura bude na všech sledovaných lokalitách, a rozdíly mohou být pouze ve vzdálenostech možného připojení. Výjimkou ale může být možnost skládkování skryvky a rubaniny, kanalizační řády.

Dostupnost infrastruktury je pouze indikátorem, který může podpořit prvotní výběr.

2.2.3 MNOŽSTVÍ A SLOŽITOST STŘETŮ ZÁJMŮ

Při hodnocení proveditelnosti úložiště v lokalitách bude třeba posoudit množství a složitost řešení střetů zájmů se zákonnou ochranou vlastností, jevů a objektů, které se vyskytují ve vymezených lokalitách (elektroenergetika, plynoenergetika, produktovody, spoje, ochrana povrchových a podzemních vod, doprava, ochrana přírody a krajiny, nerostné suroviny a horninové prostředí, archeologie, ochrana lesa). Střety zájmů mohou dosáhnout charakteristiky, které vylučují umístění hlubinného úložiště v lokalitě.

Podle § 15 vyhlášky SÚJB [8] je třeba hodnotit, zda pozemek jaderného zařízení zasahuje do ochranného pásma vymezeného podle jiného předpisu, zejména do:

- ochranného pásma silnic,
- ochranného pásma dráhy,
- ochranného pásma leteckých staveb,
- ochranného pásma plynovodu, ropovodu nebo jiného produktovodu a podzemního nebo nadzemního zásobníku plynu,
- ochranného pásma zařízení elektrizační soustavy,

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 17 (z 49)
		MP.22	3	0	

- f) ochranného pásma zařízení na výrobu či rozvod tepelné energie,
- g) chráněného ložiskového území nebo dobývacího prostoru,
- h) ochranného pásma zvláště chráněného území,
- i) ochranného pásma nemovité kulturní památky, ochranného pásma nemovité národní kulturní památky, ochranného pásma památkové rezervace nebo ochranného pásma památkové zóny,
- j) ochranného pásma vodního zdroje,
- k) ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů, zdrojů přírodních minerálních vod nebo území lázeňského místa,
- l) zóny havarijního plánování jiného jaderného zařízení nebo stanovené podle jiného právního předpisu a
- m) ochranných pilířů jam, celíků a pásem povrchových a důlních objektů.

Charakteristikou kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, je zasahování pozemku jaderného zařízení do ochranného pásma podle § 15 odstavce 1 písm. a) a b) vyhlášky SÚJB [8].

2.3 NÁKLADY

Zvolené technické řešení musí v první řadě prokázat to, že je z hlediska bezpečnosti dostatečně robustní.

Lze zvolit řešení, které bude z hlediska bezpečnosti několikanásobně převyšovat požadované parametry, což může vést k výraznému zvýšení investičních i provozních nákladů. Z hlediska optimalizace ekonomických nákladů je však vhodné zvolit řešení, které je s přiměřenou mírou konzervativnosti po bezpečnostní i technické stránce vyhovující, ale ekonomicky optimální.

Protože podmínky pro technické řešení stavby na jednotlivých lokalitách mohou být různé, je možné z tohoto pohledu porovnat potřeby nákladů na zajištění navrhovaného technického, a bezpečnosti vyhovujícího, řešení.

V první fázi se může jednat o porovnání požadavků, které vychází z diskutovaných bezpečnostních, technických (projektových), environmentálních indikátorů vhodnosti. V první fázi se bude jednat zejména o

- dostupnost infrastruktury a případnou potřebu vybudování nové / úpravu stávající infrastruktury nejen v místě úložiště, ale i po přepravní trase z jaderných elektráren do HÚ,
- nutnost vybudování některých technologických celků v HÚ. V případě, že HÚ bude umístěno v dostupné blízkosti některé z jaderných elektráren, může být změněno stávající koncepční řešení,
- zajištění možnosti deponie materiálu, zpracování kameniva v lokalitě (v místě, blízko, velká vzdálenost),
- zajištění stability a robustnosti podzemních konstrukcí a vybraných stavebních objektů povrchového areálu z pohledu geologických, geotechnických, hydrogeologických parametrů na lokalitě,
- možnosti využití razících metod,
- zajištění životnosti inženýrských bariér (např. méně příznivé chemické složení podzemní vody může ovlivnit výběr materiálu UOS a stavebních konstrukcí).

S prohlubující se mírou znalostí o jednotlivých lokalitách a s upřesňujícím se technickým řešením stavby je tuto optimalizaci možné stále více upřesňovat a témata k hodnocení rozšiřovat.

Výše nákladů je indikátorem, který může podpořit prvotní výběr.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 18 (z 49)
		MP.22	3	0	

2.4 SHRNUTÍ PROJEKTOVÝCH KRITÉRIÍ

Tabulka 4 shrnuje projektová kritéria pro výběr lokality pro umístění hlubinného úložiště. Vylučující kritérium (V) má hodnoty, které vylučují umístění úložiště v případě, že neexistuje vhodné technické či administrativní opatření. V případě, že toto opatření existuje, náklady na jeho realizaci mohou sloužit pro porovnání nákladů na realizaci úložiště. Porovnávací kritérium (P) nemá hodnoty, které by vylučovaly umístění hlubinného úložiště. V tabulce je uveden i současný názor SÚRAO na možnost aplikace kritéria ve fázi povrchového geologického průzkumu, který neumožňuje stanovit vlastnosti horninového prostředí v hloubce úložiště. K určitým odhadům těchto vlastností na základě odhadu odborníků může být však přihlíženo při hodnocení lokalit. Aplikovatelnost daného kritéria tak může nabývat hodnot: „Ano“ – již v dané etapě je dostatek informací, „O“ (odhad) – v dané etapě nejsou u daného kritéria dostatečné informace, ale z důvodu důležitosti daného kritéria bude nedostatek informací nahrazen odborným odhadem a „Ne“ – kritérium nebude v dané etapě hodnoceno, neboť pro danou etapu není relevantní.

Tabulka 4: Projektová kritéria

název kritéria	typ kritéria / aplikovatelnost (Ano / O / Ne)	popis
velikost využitelného horninového masivu	V / O	Využitelný masiv musí mít takové rozměry, aby při dodržení všech technických a bezpečnostních požadavků byl schopen s rezervou pojmout předpokládané množství odpadu k uložení.
parametry ovlivňující způsob ražení podzemních prostor a mechanické vlastnosti hornin	P / O	Napjatostní stav a mechanické vlastnosti, které mohou vést k porušení stěn úložných prostor a komplikovat výstavbu úložiště, například potřebou využít ve velké míře technická řešení s využitím umělých materiálů.
teplotní vlastnosti hornin	P / O	Budou upřednostněny horniny s lepší tepelnou vodivostí hornin a tepelnou difuzivitou (přímo ovlivňují prostorové uspořádání úložných prostor, čímž ovlivňují celkové rozměry úložiště).
hydrogeologické poměry	V / O	Velmi nepříznivé hydrogeologické poměry pro umístění hlubinného úložiště mohou vést k vyloučení některých částí úložiště, zpravidla však je možno nepříznivé podmínky napravit technickým či administrativním opatřením. Předběžným kritériem je hodnota toku vody do úložného vrtu 0,1 l/min, do úložného tunelu 0,25 l/min³

³ Je zde pouze uvedeno z hlediska důležitosti kritéria. V době výběru lokality však toto kritérium nebude možno využít z důvodu nedostatku informací.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 19 (z 49)
		MP.22	3	0	

zajištění stability staveb	V / Ano	Podle § 9 vyhlášky SÚJB [8] je třeba hodnotit výskyt a) vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů nebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km, b) jevů podle odstavce 2 písm. c) 1. na pozemku jaderného zařízení, nebo 2. mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost, c) svahových pohybů snižujících jadernou bezpečnost, nebo d) přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd, a to 1. nevhodnosti základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s, 2. výskytu základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa, 3. výskytu prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd, 4. výskytu základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické, nebo 5. výskytu ztekucení zemin.
dostupnost infrastruktury	P / Ano	Preferovány budou lokality s lépe zajištěnou a využitelnou infrastrukturou
množství a složitost střetů zájmů	V ⁴ / Ano	Charakteristikou kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem, při jejímž dosažení je umístění pozemku jaderného zařízení zakázáno, je zasahování pozemku jaderného zařízení do ochranného pásma podle § 15 odstavce 1 písm. a) a b) vyhlášky SÚJB [8].
náklady	P / Ano	Bude upřednostněno řešení, které je s přiměřenou mírou konzervativnosti po bezpečnostní i technické stránce vyhovující, ale ekonomicky optimální.

⁴ Střet zájmu lze však rovněž řešit tak, že mu předejde, například vybudováním přeložky nebo prosazením zrušení příslušného ochranného pásma

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 20 (z 49)
		MP.22	3	0	

3. BEZPEČNOSTNÍ KRITÉRIA

3.1 ÚVOD

Pro zhodnocení bezpečnosti hlubinného úložiště ve vybrané lokalitě je třeba shrnout všechny argumenty, důkazy, bezpečnostní analýzy a rozborů prováděné pomocí verifikovaných a validovaných výpočetních kódů do formy bezpečnostní dokumentace a to jak pro provozní období, tak i pro období po uzavření úložiště a prokázat, že umístění úložiště ve vybrané lokalitě bude bezpečné s uvážením všech rizik přicházejících v úvahu v provozním období a v období po uzavření úložiště. Optimalizační mezí pro bezpečné uložení RAO je efektivní dávka 0,25 mSv za kalendářní rok pro reprezentativní osobu z referenční skupiny obyvatel (§ 82 Atomového zákona [2]). Především je však třeba porozumět navrženému úložnému systému umístěnému ve vybraném hostitelském prostředí a všem faktorům, které mohou ovlivnit provozní či dlouhodobou bezpečnost úložiště (IAEA SSR 5 [35], požadavek 6).

Při hodnocení potenciálních lokalit je třeba rozlišit charakteristiky lokalit vztažené k jadernému zařízení umístěnému na povrchu (horká komora pro přebalení vyhořelého jaderného paliva) a jadernému zařízení umístěnému několik set metrů pod povrchem země (podzemní část hlubinného úložiště). Obecné charakteristiky území pro umístění povrchového jaderného zařízení jsou vztaženy k období provozu a době jeho vyřazování z provozu, tj. pro dobu několika desítek či stovek let, naproti tomu bezpečnost podzemní části hlubinného úložiště je třeba posuzovat pro období několika statisíců let až 1 miliónu let. Některé obecné charakteristiky pro umístění jaderného zařízení, jako je seismicita či porušení území zlomem, jsou platné jak pro povrchovou část, tak i pro podzemní část hlubinného úložiště, i když s některými odlišnostmi, které budou zmíněny v textu.

Při projektování hlubinného úložiště je třeba vzít v úvahu, že hlubinné úložiště je nejen jaderné zařízení, ale důlní dílo se svými specifickými požadavky na bezpečnost.

Tato část bude rozdělena do následující částí:

- 1) dlouhodobá bezpečnost,
- 2) provozní bezpečnost,
- 3) zajištění klasické a báňské bezpečnosti.

3.2 DLOUHODOBÁ BEZPEČNOST

Charakteristikou území k umístění hlubinného úložiště, při jejímž dosažení je umístění hlubinného úložiště zakázáno podle § 18 vyhlášky SÚJB [8], je

a) horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních, chemických a toxických látek, které se mohou uvolnit z uloženého radioaktivního odpadu tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí (0,25 mSv za kalendářní rok - § 82 Atomového zákona [2])

b) nemožnost vytvoření⁵

- 1) komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů,
- 2) hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsitelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení, nebo
- 3) geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení, nebo

⁵ Tato podmínka SÚJB je interpretována jako nemožnost vytvoření důvěryhodných modelů nezátížených nepřijatelnými nejistotami z důvodu složitých poměrů v lokalitě. Nepřijatelnost nejistot bude posouzena ve fázi výběru lokalit renomovanými tuzemskými a zahraničními odborníky.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 21 (z 49)
		MP.22	3	0	

c) přítomnost zdrojů geotermální energie.

Prokázání dlouhodobé bezpečnosti podle bodu a) požadavku SÚJB je spojeno s výpočtem efektivní dávky pro reprezentativní osobu. Tento výpočet zahrnuje identifikaci všech jevů, procesů a událostí, které mohou ovlivnit bezpečnost úložiště podle vyhlášky SÚJB [9]. Tento požadavek není možno splnit při nedostatku informací z hloubek úložiště v raných fázích přípravy hlubinného úložiště. Je proto třeba přijmout řadu předpokladů, které je třeba v následných fázích ověřit. Podle IAEA [35] hodnoty efektivní dávky pod hodnotou optimalizační meze spočítané v první fázi výběru lokalit na základě hrubých předpokladů nemusí proto nutně znamenat, že lokalita je vhodná pro umístění úložiště a naopak překročení této dávky nemusí znamenat, že tato lokalita je nevhodná. V prvních fázích charakterizace lokalit hodnota spočítané efektivní dávky pouze indikuje vhodnost lokality pro umístění hlubinného úložiště stejně jako jiné charakteristiky lokalit a nemůže představovat v první fázi výběru lokality pro hlubinné úložiště vylučující kritérium.

Při výběru lokality pro umístění hlubinného úložiště je, podle doporučení IAEA, třeba vycházet především z potřeby dobré popsitelnosti a predikovatelnosti lokalit, tj. možnosti porozumět jevům a procesům probíhajícím v lokalitě a schopnosti horninového prostředí zadržet a izolovat radionuklidy. Schopnost zadržet a izolovat odpady je vyjadřována pomocí následujících bezpečnostních funkcí horninového prostředí [68]:

- 1) ochránit systém inženýrských bariér stabilním a příznivým horninovým prostředím lokality ([35], požadavek 16),
- 2) omezit a zpomalit transport radionuklidů do životního prostředí ([35], požadavek 8),
- 3) bránit neúmyslné intruzi (vniknutí) člověka k odpadům ([35], požadavek 9).

Na základě podrobné analýzy zvláštních požadavků SÚJB uvedených v § 18, vyhlášky SÚJB [8] a doporučení IAEA a WENRA [16], [35], [36], [38] byly odvozeny následující kategorie kritérií pro posouzení dlouhodobé bezpečnosti umístění hlubinného úložiště ve zvažovaných lokalitách:

- 1) geologické charakteristiky lokality,
- 2) hydraulické charakteristiky lokality,
- 3) transportní charakteristiky lokality,
- 4) stabilita lokality,
- 5) slučitelnost horninového prostředí se systémem inženýrských bariér,
- 6) charakteristiky lokality, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka.

3.2.1 GEOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY LOKALITY

Hlavním aspektem tohoto kritéria je, že zjištěné geologické charakteristiky zkoumaného horninového prostředí jsou platné:

- 1) pro celý prostor HÚ a
- 2) pro celé období životnosti HÚ.

Zjištěné vlastnosti lokalit musí umožnit vytvoření důvěryhodných 3D popisných, jednoduchých, vyvážených, logických a obhajitelných modelů lokalit, které tvoří základní podklady pro hodnocení její dlouhodobé bezpečnosti. K jejich vytvoření je zapotřebí velké množství geovědních dat, jejichž důležitou zásadou je jejich ověřitelnost (*traceability*).

Důležitá je rovněž možnost predikce vývoje lokality na základě důkladného poznání a porozumění předchozímu vývoji lokality. V rámci posuzování zvažovaných lokalit budou zhodnoceny všechny vlastnosti lokality dostupné v této fázi přípravy hlubinného úložiště. Bude zhodnocena petrologie, mineralogie, litogeochemie, variabilita horninového prostředí a hydrotermální alterace (odpovídá speciálním požadavkům vyhlášky SÚJB[8] § 18 písmenům

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 22 (z 49)
		MP.22	3	0	

a), e), f) , dále bude popsána duktilní a křehká tektonika na lokalitě (odpovídá požadavku vyhlášky SÚJB [8]§ 18 písmenu b) a popsán geologický vývoj lokality a jeho geofyzikální pole.

Na základě získaných dat bude vytvořen 3D geologický model lokality prokazující možnost vytvoření komplexního prostorového modelu geologické stavby v souladu s vyhláškou SÚJB [8] § 18, odst. 4), písm. b), bodem 1. a zhodnocena přijatelnost nejistot geologického popisu lokality a možnost snižování nejistot dalšími výzkumnými a průzkumnými pracemi.

V případě, že geologická stavba zvažované lokality je jen obtížně nebo s nízkou mírou jistoty popsitelná a predikovatelná, je to důvod k pozastavení hodnocení lokality, eventuálně k jejímu úplnému opuštění.

Z doporučení IAEA [16] byly odvozeny následující charakteristiky, které mohou sloužit k porovnání potenciálních území pro umístění hlubinného úložiště:

- 1) popsitelnost a predikovatelnost homogenních bloků bez zlomů I. a II kategorie (viz Tabulka 3),
- 2) variabilita fyzikálních, geomechanických a geochemických vlastností horninového prostředí v prostorech úložiště,
- 3) dostupnost dat o horninovém prostředí.

3.2.1.1 Popsitelnost a predikovatelnost homogenních bloků

V mezinárodních konceptech HÚ patří „dobrá popsitelnost“ a „dobrá predikovatelnost“ k hlavním kritériím (viz například: [43] [45], [56],[57]) pro hodnocení lokalit pro umístění HÚ.

Pro určení velikosti potenciálně využitelných bloků je třeba identifikovat a popsat regionální a větší lokální poruchové zóny, geologická rozhraní a další geologické struktury určující možné geologické bloky pro umístění úložných prostor. Obtížnost určení těchto geologických struktur a následné vytvoření komplexního, prostorového geologického modelu lokality je podle vyhlášky SÚJB [8] jednou z charakteristik lokality, při jejímž dosažení je umístění úložiště zakázáno. Geologické podmínky v úložišti musí umožnit připravit důvěryhodný komplexní, prostorový geologický model nezatížený nepřijatelnými nejistotami. Nepřijatelnost nejistot bude posouzena ve fázi výběru lokalit renomovanými odborníky. Hlubkový dosah horninového masivu musí být prokazatelně dostatečný s ohledem na max. předpokládanou hloubku umístění úložiště (minimálně 400 m). Nepřijatelná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a větších lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V první fázi povrchového geologického průzkumu však tento faktor nemůže být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.

3.2.1.2 Variabilita fyzikálních, geomechanických a geochemických vlastností

Variabilita fyzikálních, geomechanických a geochemických vlastností musí umožnit sestavení geologických, geomechanických a geochemických modelů. Vysoká variabilita vlastností horninového prostředí vedoucí k nepřijatelným nejistotám geologických, geomechanických a geochemických modelů je vylučující kritérium pro umístění úložiště.

3.2.1.3 Dostupnost dat pro popis horninového prostředí

Pro posouzení vhodnosti lokality pro umístění hlubinného úložiště musí být k dispozici data umožňující popsat lokalitu včetně popisu původu horninového prostředí a jejího předpokládaného vývoje (viz § 18, odst. 2, písm. c) vyhlášky SÚJB [8]. Dostupnost dat pro posouzení zvažovaného území bude v první fázi výběru lokalit jedním z kritérií, podle kterých je možno porovnat vhodnost lokality pro umístění úložiště či další fázi výběru lokalit. Například absence pokryvných útvarů, četnost výchozových partií, dosah výchozových partií potenciálního hostitelského prostředí na povrch, příznivý reliéf povrchu či možnost přejímání archivních dat pro získání potřebných dat jsou příznivými faktory pro hodnocení lokalit.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 23 (z 49)
		MP.22	3	0	

3.2.2 HYDROGEOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY LOKALITY

Hodnocení mechanismů proudění podzemní vody, jako je analýza směru a rychlosti proudění, je důležitým vstupem pro hodnocení bezpečnosti, protože jako nejpravděpodobnější způsob šíření radionuklidů do okolního životního prostředí se považuje jejich migrace prostřednictvím proudění podzemní vody.

Charakteristickou vlastností území pro umístění hlubinného úložiště, při jejímž dosažení je umístění úložiště zakázáno, je nemožnost vytvoření hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsání a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území ((viz § 18, odst. 4, písm. b (2) vyhlášky SÚJB [8]).

Krystalinické horniny uvažované v českém konceptu HÚ jsou prakticky nepropustné. Proudění podzemní vody je realizováno prostřednictvím puklinového prostředí. Přítomnost zvodnělých poloh a diskontinuit v hornině má proto zásadní vliv na posouzení dlouhodobé bezpečnosti HÚ umístěného v krystalinickém prostředí. Jejich parametry (hustota, průběžnost, otevřenost apod.) v hostitelské hornině v blízkosti úložiště nesmí narušit či jiným způsobem ohrozit ochrannou funkci geologických a inženýrských bariér.

Konkrétní umístění HÚ v lokalitě by mělo být optimalizováno z hlediska výskytu preferenčních cest pro pohyb podzemních vod z hlubinného úložiště do životního prostředí ([16], odst. I.29).

Při výběru lokalit pro hlubinné úložiště budou aplikována následující kritéria získaná na základě odhadu z hydrogeologických modelů. Je zřejmé, že - kromě prvního kritéria -, nemohou sloužit v první fázi povrchového geologického výzkumu jako vylučující kritéria. Mohou pouze umožnit odhadnout na základě expertních odhadů více a méně vhodné horninové prostředí:

1. přítomnost zvodní v izolační části úložiště
2. obtížnost vytvoření důvěryhodného hydrogeologického modelu
3. rychlost proudění vody a propustnost horninového masivu
 - a. v úrovni úložiště
 - b. podél trajektorií transportních cest
4. identifikace a umístění drenážních bází v lokalitě.

3.2.2.1 Přítomnost zvodní v izolační části úložiště

Vylučujícím kritériem pro umístění hlubinného úložiště je přítomnost zvodní⁶ v izolační části úložiště.

3.2.2.2 Obtížnost vytvoření hydrogeologického modelu a predikce vývoje hydrogeologických poměrů

Charakteristickou vlastností území, při jejímž dosažení je umístění úložiště zakázáno, je podle vyhlášky SÚJB [8] § 18, odst. 4, písm. b (2) nemožnost vytvoření hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsání. Vytvoření důvěryhodného modelu, zahrnujícího i možnost predikce hydrogeologických poměrů v lokalitě v horizontu statisíců let, může být ovlivněno nepředvídatelným či obtížným hodnocením vlivu poruchových zón vyššího řádu, zvodněmi či jinou strukturou mající vliv na poměry proudění z oblasti úložiště do drenážní oblasti.

3.2.2.3 Rychlost proudění vody v úložišti a propustnost horninového masivu

Rychlost proudění vody je důležitým faktorem ovlivňujícím možný transport radionuklidů v úložišti a od úložiště, a rovněž transport vody k inženýrským bariérám.

⁶ Zvodeň je hydraulicky jednotná a souvislá akumulace gravitačních podzemních vod v hornině, tj. spojitě těleso vody (akumulace) v kolektoru, kterým se mohou šířit hydraulické impulsy, resp. může docházet k přenosu (transportu) hmot.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 24 (z 49)
		MP.22	3	0	

Hodnota rychlosti proudění vody odhadnutá na základě vytvořeného modelu a jeho kalibrace vycházející z odhadu propustnosti přítomných hornin a hydraulického gradientu může sloužit jako kritérium pro porovnávání lokalit pro umístění úložiště.

Podle zahraničních doporučení [41] pro izolační části úložiště zahrnující pouze menší poruchové zóny by průměrná hydraulická vodivost neměla být vyšší než 10^{-8} m/s a hodnota hydraulického gradientu by měla být co nejmenší. Toto kritérium však nemůže být v současné fázi popisu lokalit vylučující vzhledem k velkým nejistotám spojených s odhadem propustnosti horninového masivu v hloubce úložiště.

3.2.2.4 Identifikace a umístění drenážních bází v lokalitě

Pro vytvoření hydrogeologického modelu musí být identifikovány drenážní báze, kam s velkou pravděpodobností budou směřovat radionuklidy. Hlubinné úložiště musí být situováno tak, aby transportní cesty radionuklidů vedoucí do drenážních bází byly co nejdelší a transport radionuklidů co nejpomalejší. Délka transportních cest od úložných prostor do zvodnělých větších poruchových zón závisí na propojení jednotlivých zvodnělých křehkých struktur. Nepříznivou charakteristikou území pro umístění úložiště může být území pouze s jednou převažující drenážní bází, kam budou směřovat radionuklidy z celého úložiště.

3.2.3 TRANSPORTNÍ CHARAKTERISTIKY LOKALITY

Transport různých forem radionuklidů spolu s proudící vodou je ovlivněn řadou procesů, jako je jejich srážení, rozpouštění, difúze, sorpce či ředění v důsledku mísení s nekontaminovanou vodou.

Jak již bylo řečeno v úvodu podle § 18, odst. 4), písm. a) vyhlášky SÚJB [8] charakteristickou vlastností území k umístění jaderného zařízení, při jejímž dosažení je umístění hlubinného úložiště zakázáno, je horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních látek tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno optimalizační mezí (0,25 mSv za rok (§ 82 Atomového zákona [2])). Lokalita může být vyloučena v případě, že v horninovém prostředí budou identifikovány preferenční cesty vedoucí do životního prostředí a umožňující rychlý transport radionuklidů, a následně možnost překročení celkové efektivní dávky 0,25 mSv/rok pro jedince z referenční skupiny obyvatel.

Vhodnost lokality z hlediska transportních vlastností lokality je možno posoudit na základě následujících hodnocení následujících vlastností lokality:

- doba transportu radionuklidů,
- rozpustnost radionuklidů v podzemní vodě (maximální koncentrace radionuklidu v podzemní vodě),
- zředění radionuklidu v důsledku mísení s nekontaminovanými vodami.

Na základě těchto dat je možno spočítat velikost efektivní dávky pro reprezentativní osobu. Výpočet efektivní dávky pro reprezentativní osobu zahrnuje v rané fázi vývoje úložiště velké množství hrubých, velmi konzervativních předpokladů o vlastnostech horninového prostředí a inženýrských bariér. Překročení hodnoty efektivní dávky v této době výběru lokalit proto nemusí nutně znamenat, že tato lokalita je nevhodná pro umístění úložiště. V prvních fázích charakterizace lokalit hodnota spočítané efektivní dávky proto pouze indikuje větší či menší vhodnost lokality pro umístění hlubinného úložiště stejně jako jiné porovnávací charakteristiky lokalit a nemůže představovat ve fázi výběru lokality pro hlubinné úložiště vylučující kritérium.

3.2.3.1 Doba transportu radionuklidů

Doba transportu radionuklidů z úložných vrtů do sítě puklin krystalinického prostředí je dána zejména hustotou a vlastnostmi zvodnělých puklin, které probíhají přes úložné vrty a poměrem délky transportní cesty a Darcyho rychlosti dělené kinematickou porozitou od

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 25 (z 49)
		MP.22	3	0	

úložných vrtů do zvodnělých přípovrchových vrstev horninového prostředí. Při výpočtu celkové délky transportní cesty je třeba vycházet ze součtu jednotlivých úseků celkové cesty na základě výsledků detailních, hydrogeologických a transportních modelů a určení pravděpodobných transportních cest. Doba transportu radionuklidů však rovněž závisí na možnosti retardace pohybu radionuklidů v důsledku migrace do matrice horniny či sorpce na povrchu puklin či jejich výplní.

Preferovány budou lokality s co možná nejdelší dobou transportu radionuklidů z úložných vrtů do životního prostředí. Vhodným pomocným indikátorem pomalého transportu radionuklidů do životního prostředí je stanovení koncentrace některých radioizotopů využívaných k určení stáří vod (např. ^{14}C).

3.2.3.2 Rozpustnost radionuklidů v podzemní vodě

Maximální koncentrace radionuklidů při advektivním transportu je kromě sorpce ovlivněna srážením a spolusrážením radionuklidů v podzemní vodě. Tato vlastnost je specifická pro jednotlivé radionuklidy. Pro řadu radionuklidů jsou primárními faktory ovlivňujícími jejich rozpustnost a tím i maximální koncentraci radionuklidu složení podzemní vody Eh a pH a přítomnost některých komplexujících látek či koloidů. Rozpustnost radionuklidů ve vodě nemá hodnoty vylučující umístění úložiště či vyžadující přijmout určité opatření. Budou však preferovány lokality s podzemní vodou, jejíž složení je příznivé pro srážení či spolusrážení kritických radionuklidů, například s nižším Eh bez koloidů, organických látek a dalších komplexantů.

3.2.3.3 Ředění v důsledku mísení s nekontaminovanými vodami

Jedním z důležitých faktorů ovlivňující transport radionuklidů z úložiště do životního prostředí je mísení kontaminované vody s nekontaminovanou vodou na cestě z úložiště do životního prostředí. Toto kritérium má však menší váhu při hodnocení transportních vlastností lokalit, protože není možno odhadnout hydraulické podmínky v povrchových vrstvách lokalita v průběhu tisíců let. Hodnoty ředění v důsledku mísení s nekontaminovanou vodou mohou sloužit jako pomocné kritérium při porovnávání transportních vlastností lokalit.

3.2.4 STABILITA LOKALITY

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 SÚJB [8] 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 ([16], I.25) pro hlubinné úložiště by nemělo být náchylné k poškození budoucími geodynamickými procesy a následnými jevy a jinými faktory (např. změnou klimatu, neotektonickými pohyby, vysokou seizmicitou) do té míry, že by tyto vlivy mohly nepříjemně poškodit bezpečnostní funkce celého úložného systému. Na základě předchozích poznatků [63] 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,
4. klimatické změny.

Na dobu, po kterou je třeba posuzovat vliv těchto přírodních jevů, však nejsou jednotné názory. Tato problematika je podrobněji diskutována například v dokumentech NEA-OECD [58], [59]. Zpravidla se vychází z předpokladu, že kvantitativní hodnocení je třeba provádět na dobu do 10 tis. let. Po této době jsou nejistoty natolik vysoké, že je třeba jakékoliv kvantitativní predikce považovat pouze za určitý odhad, který není možný srovnávat s limitem efektivní dávky.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 26 (z 49)
		MP.22	3	0	

Při posuzování stability lokality je třeba stejně jak při hodnocení všech ostatních jevů vzít v úvahu i vliv změn způsobených výstavbou hlubinného úložiště.

3.2.4.1 Seismická stabilita

Požadavky na seismickou stabilitu území pro povrchová jaderná zařízení typu jaderných elektráren jsou velmi podrobně diskutovány například v dokumentech SÚJB [73] a MAAE SSG-9 [60]. Požadavky týkající se seismicity relevantní pro povrchová jaderná zařízení podle vyhlášky SÚJB [8], § 5 jsou uvedeny v částech 3.3.1.1 a 3.3.1.2. Vzhledem k tomu, že účinky seismo-tektonické události jsou vždy větší na povrchu než v prostředí několik set metrů pod povrchem země je možno předpokládat, že v případě, že území splní požadavky na zařízení umístěná na povrchu nebo blízko povrchu, splní i požadavky pro zařízení umístěné několik set metrů pod povrchem země.

Pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti úložiště v hloubce několika set metrů pod povrchem země je za nejdůležitější považován vliv zemětřesení na možné poškození ukládacích korodujících obalových souborů. Konzervativně se předpokládá [47],[48], že zemětřesení může způsobit posunutí podél křehkých struktur procházejících úložnými vrty, což následně může vést v extrémním případě k mechanickému poškození obalových souborů. Ve švédském či finském programu je této vlastnosti věnována velká pozornost vzhledem k předpokladu, že po roztání vysokých vrstev ledu po skončení doby ledové, může v důsledku odlehčení dojít k poměrně velkým zemětřesením. Vzhledem k tomu, že v České republice (viz část 3.2.4.4) nejsou žádné indicie že by v minulosti došlo k trvalému zalednění (vysokých vrstev ledu) je však možno předpokládat, že k těmto zemětřesením nedojde.

3.2.4.2 Geodynamická stabilita

Vertikální pohyby zemské kůry (výzdvihy, poklesy) jsou projevem geodynamické aktivity svrchní části zemské kůry. Z dlouhodobého hlediska (v horizontu statisíců až miliónu let) představuje výzdvih území resp. diferenciální pohyby v hodnoceném území potenciální nebezpečí (hazard) pro úložiště. Za předpokladu stálého směru a rychlosti výzdvihu 1 mm/rok by bylo možné, že dojde k vynoření úložiště z hloubky 500 m za období 500 tisíc let. Změny povrchu území navíc mohou vést k následným změnám v říční síti, gradientu území apod. Vertikální pohyby zemské kůry mají úzkou souvislost s jinými geodynamickými procesy a jevy, jako např. se seismicitou území, aktivitou tektonických poruch, tektonicky podmíněnými svahy, apod. Kritickým prvkem může být i rozdílná míra výzdvihu/poklesu v rámci lokality spojená zpravidla se zlomovým pásem (tektonickou linií) na lokalitě.

Indikátorem malé intenzity vertikálních pohybů jsou zarovnaná území s malou intenzitou eroze, resp. agradace. Indikátorem vhodnosti pro posouzení vhodnosti lokality pro umístění HÚ je rychlost výzdvihu/poklesu území oproti sousedním blokům (zjištěné např. geodetickými metodami), resp. morfologie území, nebo mocnost kvartérních sedimentů.

V lokalitě rovněž nesmějí probíhat tektonické linie, u kterých jsou prokázány, nebo je možno v budoucnosti očekávat pohybové aktivity a související diferenciální pohyby potenciálně ohrožující integritu úložiště v čase až 1 milion let. V některých zemích [43] umístění úložiště je vyloučeno v lokalitách, kde pohyby zemské kůry mohou být větší než 1 mm/ročně.

3.2.4.3 Postvulkanické jevy

Vliv postvulkanických jevů na vývoj úložiště je spojen s možným zvýšeným tepelným tokem, výskytem minerálních a termálních vod, seismickými jevy a výrony plynů. Lokality, ve kterých by se tyto jevy projevily, nemohou být využity pro umístění hlubinného úložiště. Tyto lokality, které jsou v ČR spojeny pouze určitými oblastmi (například oblast tzv. oherského riftu) však byly vyloučeny ze seznamu potenciálních lokalit již v předchozím období.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 27 (z 49)
		MP.22	3	0	

3.2.4.4 Klimatická stabilita

Během nejmladšího geologického období – kvartéru (cca 2,6 mil. let) dochází k cyklicky se opakujícím globálním změnám klimatu. Důsledkem jsou na severní polokouli doby ledové v trvání cca 100 000 let a meziledové, trvající cca 20 tisíc let. Z globálního hlediska má nástup doby ledové vliv na vznik, rozšíření a parametry zalednění, permafrostu (trvale zmrzlé půdy) a na rozsáhlé změny v hydrogeologických a hydrologických poměrech území, dynamice zvětrávání a denudace území a na výskyt flóry a fauny apod. Mimo vnější teploty, na celkovou hloubku permafrostu má vliv také geografická poloha, orientace svahů, geotermický gradient, albedo lokality apod. V průběhu pleistocénu byl na území ČR průkazně vyvinut permafrost maximálně do hloubky 250 m [61], [65]. Predikce vývoje klimatu na následujících 100 000 let ve Skandinávii ukazují, že území ČR bude s velkou pravděpodobností mimo dosahu kontinentálního zalednění [74].

Z hlediska klimatických změn některé zahraniční programy [74] zahrnují i vliv oteplení v důsledku nárůstu CO₂. Tento vliv by však byl globální a není možné stanovit vylučující či podmiňující kritérium pro výběr lokalit pro hlubinné úložiště. Budou preferovány lokality, kde očekávána změna klimatu má menší dopad na změny v lokalitě, zejména na změny hydrogeologických a hydrologických poměrů. (Na území o rozměrech ČR nebude však nejspíš možné rozlišit prostory s různým vlivem změny klimatu.)

3.2.5 CHARAKTERISTIKY LOKALITY, KTERÉ BY MOHLY VÉST K NARUŠENÍ ÚLOŽIŠTĚ BUDOUCÍMI AKTIVITAMI ČLOVĚKA

Narušení úložiště budoucími aktivitami člověka může mít v podstatě tyto důvody:

1. narušení úložiště s cílem získat uložené VJP jako sekundární surovinu či k jiným účelům,
2. narušení úložiště s cílem využít dostupné zdroje v území po ztrátě informace o existenci úložiště.

U důvodu uvedeného v bodu 1) není možné narušení úložiště v budoucnosti zabránit, ani snížit její pravděpodobnost. Ten, kdo bude do úložiště pronikat, však bude vědět, co obsahuje, bude tyto materiály potřebovat (ať už k jakýmkoliv účelům) a bude disponovat potřebnými technickými prostředky a ekonomickými zdroji. V obou případech jde o úmyslné narušení, která se podle doporučení mezinárodní komise pro radiační ochranu (ICRP) nevyhodnocuje z hlediska dopadu na člověka [62].

Důležité je však zabránit neúmyslnému narušení úložiště člověkem po ztrátě informací o existenci úložiště. Požadavky týkající se rizika narušení úložiště jsou formulovány v doporučení MAAE ([16] odst. I.36 až I.40) výhradně pro neúmyslné vniknutí člověka do úložiště.

V rámci hodnocení lokalit se budou hodnotit následující charakteristiky území, které mohou zvýšit pravděpodobnost narušení úložiště po ztrátě informací o úložišti, a které mají rovněž charakteristiky, při jejich dosažení je umístění úložiště zakázáno podle vyhlášky SÚJB [8]:

- ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ, prognózy nerostných surovin),
- poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla na pozemku pro povrchová zařízení
- vrtná prozkoumanost,
- zdroje podzemních vod (viz § 8 vyhlášky SÚJB [8]),
- potenciál geotermální energie.

V této části budou posuzovány vlastnosti lokality uvedené v § 18 vyhlášky SÚJB [8] odst. 2), písm. o), p) a odst. 4, písm. c).

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 29 (z 49)
		MP.22	3	0	

Nejde o vylučující kritérium, protože vždy lze technickými opatřeními zajistit snížení teploty na přijatelnou hodnotu. Vyšší tepelná vodivost a nižší tepelný gradient jsou však výhodné z hlediska rychlosti degradace inženýrských bariér.

Za kritickou hodnotu bývá považována zejména teplota na rozhraní ukládací obalový soubor/bentonit, která by neměla překročit 100 °C z důvodů snížení rychlosti degradace inženýrských bariér, zejména bentonitu a rovněž z důvodu komplikovanosti hodnocení procesů probíhajících v úložišti při teplotách nad 100 °C. Vlastnosti podzemní vody jsou také ovlivňovány teplotou, zejména její chemizmus, viskozita a objemová hmotnost [66]. Tepelné vlastnosti hornin (zejména tepelná vodivost a tepelná difuzivita) vstupují jako proměnné do geomechanických a geochemických modelů a procesních modelů popisujících a predikujících degradaci inženýrských bariér.

Přirozená teplota prostředí v hloubce je dána především geotermálním stupněm, který je charakterizován jako hloubkový úsek v metrech, při kterém se teplota prostředí zvýší o 1 stupeň. V podmínkách ČR je to zhruba 25-30 m/ 1°C. Důležitá je rovněž průměrná teplota na povrchu, přičemž průměrná roční teplota vzduchu v Česku se zpravidla pohybuje v rozmezí 5,5 až 9 °C. Teplota vzduchu obecně klesá se vzrůstající nadmořskou výškou – průměrně asi o 0,6 °C na 100 m.

Tepelné vlastnosti lokalit budou sloužit především k porovnávání jednotlivých lokalit, protože téměř vždy lze nalézt řešení, které splní požadavky na nepřekročení teploty 100 °C na rozhraní obalový soubor-bentonit. Pouze v případě, že vhodné horninové prostředí bude příliš malé pro umístění všech odpadů vzhledem ke splnění této podmínky, je možno hovořit o tom, tepelné vlastnosti mohou vylučovat umístění úložiště. Budou preferovány lokality, jejichž tepelné vlastnosti a průměrná roční teplota vzduchu vedou k nižší průměrné teplotě horninového prostředí v hloubce úložiště.

3.2.6.2 Hydraulické vlastnosti

Nízká rychlost proudění vody horninového prostředí je příznivá pro pomalou degradaci inženýrských bariér. Rychlost degradace ukládacích obalových souborů (UOS) a následně i forem odpadů může být přímo závislá na množství vody, které se dostane do kontaktu s UOS s odpady.

Tato vlastnost vylučuje umístění odpadů v místech s vysokým prouděním vody. Při projektování je třeba vynechat úložné prostory s výrazně nepříznivými hydraulickými vlastnostmi, tj. prostory přes které prochází zvodnělá křehká struktura s větším přítokem vody do úložných prostor. Z hlediska posuzování slučitelnosti horninového prostředí má charakter porovnávacího kritéria.

3.2.6.3 Geomechanické vlastnosti

Požadavek hodnocení geomechanických vlastností horninového prostředí, který je uveden v § 18, odst. 2, písm. l) vyhlášky SÚJB [8], je důležitý zejména z hlediska proveditelnosti úložiště. Může však mít význam i pro hodnocení slučitelnosti úložiště s inženýrskými bariérami. Z hlediska posuzování slučitelnosti horninového prostředí má charakter porovnávacího kritéria.

Při mechanickém hodnocení horninového prostředí je třeba v zásadě rozlišovat dva jeho podsystémy, a to: samotnou neporušenou horninu (intact rock) a diskontinuity, tj. prvky porušující horninový masiv (pukliny, zlomy, drcená pásma apod.).

V horninovém masivu, nezávisle na něm, existuje primární napjatostní stav horninového masivu. Ten bývá v různých směrech rozdílný. Ve vertikálním směru v hloubce 500 m je litostatický tlak, v závislosti na objemové hmotnosti nadložních hornin, cca 13-15 MPa. S doposud provedených lokálních měření in situ je patrné, že maximální složka horizontálního napětí je v podobných hloubkách obvykle vyšší a může se pohybovat v rozpětí cca 10-70MPa [43]. Horninový masiv je mechanický systém, který je v konsolidovaných podmínkách

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 30 (z 49)
		MP.22	3	0	

v rovnovážném stavu. Změny v napjatostním stavu a jejich anizotropie však vedou k nestabilitě horninového masívu, a to zejména ve výrubech (tunely, vrty).

Jednotlivé typy hornin mají rozdílné fyzikální, mechanické a deformační vlastnosti. Stejně i vlastnosti v rámci jednoho litologického typu vykazují jistou variability vlastností. Při posuzování různých horninových prostředí budou sledovány následující charakteristiky:

- 1) Pevnostní a deformační vlastnosti horniny, které by měly být „standardní“, tj. měly by odpovídat parametrům běžných krystalinických hornin Českého masívu.
- 2) Geomechanické (geotechnické) vlastnosti litologických typů hornin tvořících hostitelské prostředí (potenciálně využitelný blok) by měly být pokud možno co nejvíce homogenní.
- 3) Horninový masiv by měl vykazovat co možná nejmenší tektonické postižení, projevuující se křehkými a duktilními deformacemi horniny a stupněm přeměny.
- 4) Napjatostní stav by neměl dosahovat „extrémních“, hodnot a měl by být co možná nejvíc izotropní. V úložných prostorách nesmí dosahovat hodnot, které by mohly způsobit excesivní deformace stěn výrubů („spalling“, porušení pevnosti stěn apod.).

Velmi nepříznivé mechanické vlastnosti horninového prostředí mohou mít hodnoty vylučující umístění úložiště v lokalitě či jeho vybudování může vyžadovat jiné technické řešení, například řešení chodeb a úložných prostor vzhledem ke směru maximální složky horizontálního napětí.

3.2.6.4 Fyzikálně chemické a geochemické vlastnosti

Podle § 18, odst. 2, písm. k) vyhlášky SÚJB [8] je třeba posuzovat fyzikálně chemické a geochemické vlastnosti horninového prostředí, zejména s ohledem na zádržné vlastnosti horninového prostředí, chemické složení podzemní vody, redukční podmínky a obsah kyslíku. Procesy degradace inženýrských bariér jsou úzce svázány především s chemickými procesy, které nastávají při kontaktu inženýrských bariér a podzemní vody.

Základní bezpečnostní požadavek pro český bezpečnostní koncept hlubinného úložiště je především rychlé dosažení redukčního prostředí v úložišti po jeho uzavření. Není proto přípustné, aby existovaly preferenční cesty, jež by mohly vést k průniku kyslíku do úložných prostor po jeho uzavření. Důležitá je i hodnota pH, která by se neměla odlišovat od běžných hodnot podzemních vod v krystalinickém prostředí.

Příznivou charakteristikou podzemní vody je nízká přítomnost látek, které mohou nepříznivě ovlivnit rychlost degradace obalových souborů, rychlost rozpouštění forem odpadů či rychlost transformace bentonitu. Pro ukládací obalové soubory jsou kritické větší koncentrace chloridových a sulfidických iontů či uhličitánů. Pro hodnocení bezpečnostních funkcí bentonitu je důležitý poměr dvoumocných k jednomocným iontům, který představuje důležitý faktor pro tvorbu koloidů. Pro dlouhodobou stabilitu bentonitu při zvýšené teplotě je důležitá koncentrace draslíkových iontů.

Vylučujícím kritériem pro umístění úložiště je zpravidla přítomnost kyslíku v podzemní vodě svědčící o propojení úložiště s povrchovými vrstvami. Indikátorem přítomnosti kyslíku ve vodě může být například nepřítomnost železnatých iontů. Rovněž některé ostatní chemické vlastnosti podzemní vody mohou mít hodnoty, které budou vylučovat umístění úložiště, například přítomnost velkého množství chloridů. Většina chemických parametrů však slouží především pro porovnávání lokalit. Například příznivěji bude hodnocena lokalita s menší koncentrací chloridových či sulfidických iontů či menším obsahem komplexujících látek a koloidů. V současné době však není možno určit hodnoty, jejichž dosažení by bylo nepřijatelné pro umístění úložných prostor, ale je možno na základě analýzy zahraničních prací určit hodnoty, které nejsou vhodné pro umístění hlubinného úložiště z hlediska vlivu na obalový soubor a bentonit [81]:

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 31 (z 49)
		MP.22	3	0	

Tabulka 5: Příznivé geochemické hodnoty pro slučitelnost horninového prostředí s inženýrskými bariérami podle [81]

komponenta	vlastnost	hodnota kritéria
obalový soubor	pH	>4
	koncentrace Cl ⁻	< 2 mol/l
	koncentrace NO ₃	< 10 ⁻³ mol/l
	koncentrace HS ⁻	< 3 mg/l
	koncentrace NH ₄ , acetátů	nízká
tlumící materiál (bentonit)	salinita (TDS)	< 35 g/l
	koncentrace K ⁺	< 0,1 mol/l
	celkový ekvivalent kationtů ($\Sigma q [M^{q+}]$)	< 8 x 10 ⁻³ mol/l
	pH	5 - 11

3.2.6.5 Přítomnost mikroorganismů

Podle § 18, odst. 2, písm. k), bodu 5) vyhlášky SÚJB [8] je třeba hodnotit přítomnost mikroorganismů, koloidů a organických látek. Mikrobiologická charakteristika horninového prostředí je důležitá pro hodnocení rychlosti degradace inženýrských bariér, ale stejně jako v případě většiny chemických vlastností podzemní vody, slouží především pro porovnávání horninových vlastností. Lépe bude hodnocena lokalita s nižší aktivitou mikroorganismů, které mohou mít negativní vliv na rychlost degradace inženýrských bariér. Je však obtížné odhadnout hodnoty, které by vylučovaly umístění úložiště či úložných prostor.

3.2.6.6 Plynopropustnost

Podle § 18, odst. 2, písm. m) vyhlášky SÚJB [8] je třeba hodnotit plynopropustnost horninového prostředí. Při degradaci kovových odpadů či kovových obalových souborů může vznikat větší množství plynů, které mohou ovlivnit, jak vlastnosti inženýrských bariér, tak i horninového prostředí. Je proto důležité, aby horninové prostředí v úložných prostorech úložiště bylo propustné pro plyny. Tato vlastnost horninového prostředí může být důležitá i pro určení typu obalových souborů. Je třeba prokázat, že kumulace plynů (zejména vodíku) vznikajících při degradaci odpadů či inženýrských bariér neohrozí bezpečnostní funkce ani inženýrských bariér ani horninového prostředí.

3.2.6.7 Shrnutí kritérií hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti

Následující Tabulka 6 shrnuje kritéria pro posuzování dlouhodobé bezpečnosti. V tabulce je rovněž uvedeno, zda kritérium má charakter vylučujícího (V) či porovnávacího (P) kritéria. Aplikovatelnost daného kritéria tak může nabývat hodnot: „Ano“ – již v dané etapě je dostatek informací, „O“ (odhad) – v dané etapě nejsou u daného kritéria dostatečné informace, ale z důvodu důležitosti daného kritéria bude nedostatek informací nahrazen odborným odhadem a „Ne“ – kritérium nebude v dané etapě hodnoceno, neboť pro danou etapu není relevantní.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 32 (z 49)
		MP.22	3	0	

Tabulka 6: Shrnutí kritérií pro hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště

název kritéria	typ kritéria ⁷ / aplikovatelnost (Ano / O / Ne)	popis kritéria / hodnota
Geologické charakteristiky		
popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	V / O	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). Nepříjemná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V první fázi povrchového geologického průzkumu však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.
variabilita vlastností	V / O	Velká variabilita vlastností neumožňující připravit důvěryhodný 3 D geologický, hydrogeologický, či geochemický model je jednou z vylučujících kritérií. V první fázi povrchového geologického průzkumu však tento faktor nemůže být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.
dostupnost dat	P / Ano	Dostupnost dat pro přípravu 3D modelů. Při porovnání lokalit se zvažují náklady a čas potřebný pro získání důvěryhodných dat.
Hydraulické charakteristiky		
přítomnost zvodní v izolační části úložiště	V / O	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště je vylučujícím kritériem pro umístění úložiště.
obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	V / O	Nepříjemné nejistoty v důsledku obtížného stanovení vlivu poruchových zón a dalších struktur na vytvoření hydrogeologického modelu lokality. V první fázi povrchového geologického průzkumu však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.
propustnost horniny a rychlost proudění vody	P / O	Preferovány jsou lokality s průměrnou hydraulickou vodivostí $< 10^{-8}$ m/s a hydraulickým gradientem $< 0,01$ v úložných prostorech. Odhad bude proveden na základě kalibrace hydraulických modelů lokalit.

⁷ V tabulce uvedený typ kritéria platí pro první fázi výběru lokality prováděnou především geologickými pracemi prováděnými z povrchu

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 33 (z 49)
		MP.22	3	0	

identifikace drenážních bází	P / O	Preferovány jsou lokality s jasně identifikovanými drenážními bázemi a bez výskytu preferenční drenážní báze
Transportní charakteristiky		
doba transportu radionuklidů	P / O	Umístění úložiště je preferováno v lokalitě s malou hustotou zvodnělých puklin v úložných prostorech, s neidentifikovanou preferenční cestou s možným rychlým průnikem radionuklidů do životního prostředí a dlouhou průměrnou dobu transportu do životního prostředí.
rozpustnost radionuklidů v podzemní vodě	P / Ne	Budou preferovány lokality s podzemní vodou, jejíž složení je příznivé pro srážení či spolu-srážení kritických radionuklidů ⁸
ředění v důsledku mísení s nekontaminovanými vodami	P / Ne	Hodnoty ředění v důsledku mísení s nekontaminovanou vodou slouží jako pomocné kritérium při porovnávání transportních vlastností lokalit.
Stabilita lokality		
zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	V / O	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 magnitudy a hodnoty zrychlení kmitů půdy s četností mohou být použity pro porovnání lokalit.
pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	V / O	Umístění úložiště je vyloučeno v lokalitách, kde pohyby zemské kůry jsou větší než 1 mm/rok.
postvulkanické jevy	V / Ano	Budou vyloučeny lokality s postvulkanickými jevy (výrony plynů, horké vody, atd.).
klimatické změny	P / Ne	Klimatická stabilita nemá hodnoty vylučujícího kritéria. Budou preferovány lokality, kde očekávaná změna klimatu má menší dopad na změny v lokalitě, zejména na hydrogeologické a hydrologické změny území.
Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka		
přítomnost starých důlních děl	V / Ano	Na pozemku jaderného zařízení se nesmí vyskytovat stará důlní díla.
přítomnost zásob nerostných surovin	V / Ano	V hloubce větší než 100 m nesmí být zásoby nerostných surovin.
přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	V / Ano	Horninové prostředí nesmí obsahovat významné ⁹ zdroje vody či geotermální energie.

⁸ Složení vody příznivé pro nízkou rozpustnost radionuklidů odpovídá limitům uvedeným v Tabulka 5.

⁹ Významné zdroje podzemní vody je třeba hodnotit z hlediska počtu obyvatel, pro které jsou určeny

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 34 (z 49)
		MP.22	3	0	

faktory svědčící o intruzi člověka do horninového prostředí v minulosti	P / Ano	Jsou preferovány lokality s menším počtem vrtů hlubších než 100 m na lokalitě.
---	---------	--

Slučitelnost horninového prostředí s navrženým systémem inženýrských bariér		
tepelné vlastnosti	P / O	Preferovány jsou lokality s nižší průměrnou teplotou vzduchu a příznivými vlastnostmi pro odvod tepla.
hydraulické vlastnosti	P / Ne	Je třeba vynechat úložné prostory s výrazně nepříznivými hydraulickými vlastnostmi, přes které prochází zvodnělá křehká struktura s větším přítokem vody.
mechanické vlastnosti	P / Ne	Nepříznivé mechanické vlastnosti vedoucí k porušení stěn úložných vrtů mohou mít až vylučující charakter v případě, že nebude k dispozici vhodná technická řešení.
fyzikálně chemické a geochemické vlastnosti	P / O	Chemické vlastnosti podzemní vody, převyšující hodnoty uvedené Tabulka 5 nejsou příznivé pro umístění hlubinného úložiště.
mikrobiologické vlastnosti	P / Ne	Jsou preferovány lokality bez výrazné mikrobiální aktivity.
plynopropustnost	P / Ne	V případě malé plynopropustnosti horninového prostředí je třeba upravit projekt tak, aby nevznikalo větší množství plynů (například omezením množství železných materiálů v úložišti)

3.3 PROVOZNÍ BEZPEČNOST

Při identifikaci bezpečnostních kritérií pro umístění jaderného zařízení umístěného na povrchu či blízko povrchu jsme vycházeli z požadavků vyhlášky SÚJB. [8], která poskytuje výčet vlastností území k umístění jaderného zařízení, posuzovanými z hlediska jejich způsobilosti ovlivnit jadernou bezpečnost, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu jaderného zařízení. Tato vyhláška je určena především pro jaderné elektrárny. V této části jsou zdůrazněny některé odlišnosti, které je třeba uvažovat při hodnocení území pro hlubinné úložiště. Jaderné zařízení umístěné na povrchu představují objekty, zařízení a technologie nezbytné k zajištění provozu hlubinného úložiště, tj. objekty sloužící k příjmu, přebalení a zavážení VJP a RAO. Na tato zařízení je nutné v přiměřené míře odpovídající charakteru zařízení aplikovat kritéria a výběrové postupy uvedené v české legislativě pro jaderné elektrárny. Podle doporučení IAEA [13], [14] je třeba hodnotit následující jevy:

- a) externí přírodní jevy,
- b) jevy vyvolané člověkem,
- c) jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky,
- d) faktory ovlivňující zvládnutí mimořádných situací.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 35 (z 49)
		MP.22	3	0	

3.3.1 EXTERNÍ PŘÍRODNÍ JEVY

3.3.1.1 Seismicita

Seismicita je důležitou vlastností lokality, která již byla diskutována v části 3.2.4 pro podzemní část úložiště. Horká komora, kde bude vyjímáno vyhořelé palivo z transportních a skladovacích obalových souborů, představuje menší riziko než jaderná elektrárna, pro kterou je především určen § 5 vyhlášky SÚJB [8].

3.3.1.2 Porušení území k umístění jaderného zařízení zlomem

Porušení území k umístění jaderného zařízení zlomem bylo rovněž již diskutováno z hlediska dlouhodobé bezpečnosti v části 3.2.4. Pro tuto část platí rovněž to, co bylo řečeno výše pro seismicitu. Při posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska jeho porušení bude postupováno v souladu s § 6 vyhlášky SÚJB [8]. Ve fázi povrchového geologického průzkumu je obtížné doložit výskyt pohybově a seizmicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost podle odst. 2), písm. a) § 6 vyhlášky SÚJB [8], což je vylučujícím kritériem pro umístění úložiště. Při porovnávání lokalit proto toto kritérium nemůže být aplikováno.

3.3.1.3 Povodně

V této části bude hodnocena možnost zaplavení pozemku jaderného zařízení podle § 7 vyhlášky SÚJB [8] zejména s ohledem na možnost pravidelného zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší. Charakteristikou povodní, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, je pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší.

3.3.1.4 Oběh podzemní vody

V souladu s § 8 vyhlášky SÚJB [8] bude hodnocen výskyt hydrogeologických struktur podzemních vod, včetně minerálních a dosud nevyužívaných zásob podzemních vod a minerálních vod, vliv podzemních vod na povrchové jaderné zařízení.

Charakteristikou oběhu podzemní vody, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, je existence významných útvarů podzemních vod, u nichž by mohlo dojít k trvalému znečištění radioaktivní látkou.

3.3.1.5 Klimatické a meteorologické jevy

Požadavek na posuzování území z hlediska klimatických a meteorologických jevů je uveden v § 10 vyhlášky SÚJB [8]. Zde v souladu s dokumentem IAEA [13] budou hodnoceny následující jevy:

- výskyt přívalových dešťů,
- výskyt blesků,
- výskyt vichřic a tornád a
- výskyt vzácných meteorologických událostí.

Toto kritérium nemá žádnou charakteristiku, která by vylučovala umístění úložiště.

3.3.1.6 Biologické jevy

Požadavek na posuzování biologických jevů je uveden v § 11 vyhlášky SÚJB [8]. Posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska biologických jevů musí hodnotit výskyt živých organismů, žijících ve vodním, horninovém nebo vzdušném prostředí, a jejich působení na technologické systémy jaderného zařízení, zejména vzduchotechniky a chlazení.

3.3.1.7 Přírodní požáry

Požadavek na posuzování území z hlediska přírodních požárů je uveden v § 12 vyhlášky SÚJB [8]. Posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska přírodních požárů

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 36 (z 49)
		MP.22	3	0	

musí hodnotit výskyt lesních a jiných souvislých porostů a zemědělsky využívaných území, které mohou být zdrojem přírodních požárů, do vzdálenosti 5 km.

3.3.2 JEVY VYVOLANÉ ČLOVĚKEM

3.3.2.1 Pád letadla a jiných objektů

Posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska pádu letadla a jiných objektů musí být provedeno stanovením pravděpodobnosti pádu letadla a jiných objektů, jehož důsledky překonají projektem jaderného zařízení předpokládanou odolnost systémů, konstrukcí a komponent s vlivem na jadernou bezpečnost (§ 13 vyhlášky SÚJB [8]).

3.3.2.2 Výbuchy a požáry, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodiny

Posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska výbuchů a požárů, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodin musí (§ 14 vyhlášky SÚJB [8])

a) hodnotit

- 1) scénáře výbuchu, požáru, včetně výskytu a vlastností látek schopných vyvolat výbuch nebo požár, vlastností vzniklé tlakové vlny, letících úlomků uvolněných v důsledku výbuchu a šíření zplodin hoření a velikosti výbuchem vyvolaných vibrací,
- 2) ohrožení plynoucím z používání nebo ničení výbušnin, střeliva a munice a
- 3) ohrožení plynoucím z důlních otřesů a

b) být provedeno do vzdálenosti 5 km.

(2) Charakteristikou výbuchů a požárů, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodin, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, je vzdálenost jejich výskytu od jaderného zařízení znemožňující provést preventivní nebo ochranná opatření zamezující ohrožení jeho jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, zvládnání radiační mimořádné události nebo zabezpečení.

3.3.2.3 Přítomnost jiných jaderných zařízení a dalších průmyslových či jiných zařízení

Tento požadavek plyne z § 3 vyhlášky SÚJB [8] a doporučení IAEA [14], odst. 4.4. Nejsou zde uvedeny žádné charakteristiky vylučující umístění jaderného zařízení.

3.3.3 JEVY OVLIVŇUJÍCÍ ŠÍŘENÍ RADIOAKTIVNÍ LÁTKY

V případě hlubinného úložiště, jde především o posouzení dopadu možné nehody v horké komoře, kde se bude vyjímat VJP ze skladovacích a transportních obalových souborů a vkládat do ukládacích obalových souborů. V případě šíření radionuklidů vzduchem a v případě souhry negativních procesů, jako je nefunkčnost filtrů horké komory při otevření skladovacího a transportního souboru s poškozenými palivovými články, se mohou ventilací uvolnit radioaktivní látky do životního prostředí. Dopad šíření radioaktivní látky ovzduším závisí na následujících faktorech:

- klimatické a meteorologické podmínky,
- oběh povrchových a podzemních vod,
- využití území,
- rozložení a hustota osídlení obyvatelstva.

3.3.3.1 Klimatické a meteorologické podmínky

Požadavek na posuzování území z hlediska klimatických a meteorologických jevů je uveden v § 16 vyhlášky SÚJB [8]. Posuzování lokality musí zahrnovat úniky radioaktivních látek při provozních stavech jaderného zařízení během životního cyklu jaderného zařízení

- 1) vytvoření scénáře šíření radioaktivních látek v atmosféře s použitím vhodného výpočetního modelu zohledňujícího všechny podmínky šíření do atmosféry,
- 2) vytvoření popisu šíření radioaktivních látek povrchovými a podzemními vodami s použitím vhodného výpočetního modelu zohledňujícího všechny podmínky šíření do hydrosféry a
- 3) odhad efektivní dávky reprezentativní osoby.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 37 (z 49)
		MP.22	3	0	

3.3.3.2 Oběh povrchových a podzemních vod

Požadavek na posuzování území z hlediska klimatických a meteorologických jevů je uveden v § 8 vyhlášky SÚJB [8]. Musí být posouzen oběh povrchových a podzemních vod v území k umístění jaderného zařízení, včetně nakládání s vodami, které jsou třeba k zajištění provozu jaderného zařízení.

3.3.3.3 Využití území k umístění jaderného zařízení

Musí být posouzeno současné a odhadnuto budoucí využití území k umístění jaderného zařízení k zemědělské činnosti, rybolovu, rekreaci, výrobě a zpracování potravin a jejich surovin, odběru podzemních a povrchových vod, a to do vzdálenosti 5 km.

3.3.3.4 Rozložení a hustota osídlení z hlediska šíření radioaktivních látek

Podle dokumentu vyhlášky SÚJB [8], § 1, písm. a) musí být posouzeno rozložení a hustota osídlení z hlediska posouzení vlivu šíření radioaktivních látek na obyvatelstvo, společnost a životní prostředí.

Vylučujícím kritériem je překročení optimalizačních limitů podle § 82 Atomového zákona [2] pro reprezentativní osobu. Pro porovnání lokalit může být využit výpočet kolektivní dávky.

3.3.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZVLÁDÁNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Posuzování území k umístění jaderného zařízení musí podle § 17 vyhlášky SÚJB [8]:

- a) hodnotit, s ohledem na rozložení a hustotu osídlení a jeho vývoj, možnost zavedení neodkladných ochranných opatření,
- b) být provedeno do vzdálenosti 30 km a
- c) využívat

1. výsledky posledního provedeného sčítání lidu, domů a bytů,
2. údaje o hustotě osídlení jednotlivých sídel,
3. údaje o změně osídlení od posledního sčítání lidu, domů a bytů, zejména o počtu fyzických osob a jejich ekonomické aktivitě, a
4. údaje o existenci a využívání veřejně přístupných budov.

Nemožnost zavedení následujících ochranných opatření v případě mimořádné události, vylučující umístění jaderného zařízení.

- a) blízkost státní hranice či rozložení sídelních útvarů omezujících proveditelnost havarijního plánu,
- b) nemožnost dojezdu požárních jednotek, báňské zásahové služby, rychlé zdravotní pomoci či,
- c) nemožnost zajištění včasné informovanosti a zajištění evaluace obyvatelstva,
- d) nemožnost zajištění opatření proti sabotáži.

3.3.5 SHRNUTÍ PROVOZNÍCH BEZPEČNOSTNÍCH KRITÉRIÍ

V tomto shrnutí (Tabulka 7) jsou uvedena provozní bezpečnostní kritéria pro hodnocení území pro umístění jaderného zařízení. Aplikovatelnost daného kritéria ve fázi povrchového geologického průzkumu tak může nabývat hodnot: „Ano“ – již v dané etapě je dostatek informací, „O“ (odhad) – v dané etapě nejsou u daného kritéria dostatečné informace, ale z důvodu důležitosti daného kritéria bude nedostatek informací nahrazen odborným odhadem a „Ne“ – kritérium nebude v dané etapě hodnoceno, neboť pro danou etapu není relevantní.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 38 (z 49)
		MP.22	3	0	

Tabulka 7: Obecná bezpečnostní kritéria pro umístění jaderného zařízení

název kritéria	typ kritéria ¹⁰ / aplikovatelnost (Ano / O / Ne)	popis vylučující charakteristiky a hodnoty kritéria
Přírodní jevy		
seismicita	P / Ano	Seismicita v oblasti podle § 5 vyhlášky SÚJB [8] nemá vylučující charakter. Toto kritérium bude sloučeno s kritériem na hodnocení seismicity z hlediska dlouhodobé bezpečnosti
porušení území zlomem	V / O	a) Výskyt zóny pohybově nebo seizmicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km, nebo b) vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení. Toto kritérium bude sloučeno s kritériem na hodnocení seismicity z hlediska dlouhodobé bezpečnosti
povodně	V / O	Pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší.
oběh podzemní vody	P / Ano	Existence významných útvarů podzemních vod, u nichž by mohlo dojít k trvalému znečištění radioaktivní látkou
biologické jevy	P / Ne	Nemá vylučující charakter
přírodní požáry	P / Ne	Nemá vylučující charakter
Jevy vyvolané člověkem		
pád letadla a jiných objektů	P / Ne	Upřednostněna bude lokalita bez leteckých koridorů
výbuchy a požáry, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodiny	P / Ano	Vzdálenost jejich výskytu od jaderného zařízení znemožňující provést preventivní nebo ochranná opatření zamezující ohrožení jeho jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, zvládnutí mimořádné události nebo zabezpečení vyučující umístění úložiště
přítomnost jiných jaderných zařízení a další průmyslových či jiných zařízení	P / Ano	Nemá vylučující charakter, ale může sloužit jako pomocné kritérium při porovnávání kumulativních vlivů

¹⁰ Vylučující kritérium (V) má hodnoty, které vylučují umístění úložiště v případě, že neexistuje vhodné technické či administrativní opatření. V případě, že toto opatření existuje, náklady na jeho realizaci mohou sloužit pro porovnání nákladů na realizaci úložiště. Porovnávací kritérium (P) nemá hodnoty, které by vylučovaly umístění hlubinného úložiště. V tabulce je i uvedeno, zda kritérium budou aplikováno při porovnávání lokalit

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 39 (z 49)
		MP.22	3	0	

Šíření radioaktivní látky		
klimatické a meteorologické podmínky	P / Ano	Klimatické a meteorologické jevy, které by mohly vést k překročení optimalizačních limitů podle § 82 Atomového zákona [2]
oběh povrchových a podzemních vod	P / Ne	Oběh povrchových a podzemních vod, který by mohl vést k překročení optimalizačních limitů podle § 82 Atomového zákona [2]. Z hlediska jaderných zařízení HÚ je možno zanedbat šíření látek z přípoверхových zařízeních povrchovou či podzemní vodou
současné využití území	P / Ano	Současné využití a předpokládané budoucí využití území
rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivních látek	P / Ano	Nemá vylučující charakteristiky, ale může sloužit k porovnávání lokalit prostřednictvím výpočtu kolektivní dávky
Faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací		
blízkost státní hranice	V / Ano	Blízkost státní hranice či sídel, omezujících proveditelnost havarijního plánu ¹¹
zajištění dojezdu záchranných jednotek	V / Ano	Nemožnost dojezdu požárních jednotek, báňské zásahové služby, rychlé zdravotní pomoci
zajištění informovanosti a evakuace	V / Ano	Nemožnost zajištění včasné informovanosti a zajištění evakuace obyvatelstva
zajištění opatření proti sabotáži	V / Ano	Nemožnost zabezpečení zařízení proti sabotáži vylučuje umístění úložiště

3.3.6 ZAJIŠTĚNÍ KLASICKÉ A BÁŇSKÉ BEZPEČNOSTI VÝSTAVBY A PROVOZU

V průběhu výstavby i provozu hlubinného úložiště musí být realizovatelná všechna požadovaná bezpečnostní opatření v konkrétních geologicko-báňských podmínkách lokality. Geologické podmínky a použité technické řešení výstavby a provozu musí vždy vyhovovat danému požadavku. Problematiku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti upravuje příslušná legislativa. Bezpečnost při výstavbě i provozu a soulad s příslušnými předpisy bude nutno zajistit v potřebné úrovni vždy, bez ohledu na vybranou lokalitu.

Technické řešení musí prokázat splnění všech požadavků. Musí být posouzeny nestandardní stavy, které mohou při výstavbě a provozu nastat, a musí být vyhodnocena případná rizika a realizovatelnost nápravných opatření.

Stavba musí být umístěna v horninách vhodných z hlediska zakládání podzemních staveb. Úložiště nesmí být ohroženo nepřiměřeným rizikem požáru, explozí či vlivu zplodin hoření z důvodu zamezení či omezení šíření radioaktivních látek jako následku mimořádné situace. Pravděpodobnost vzniku požáru v lokalitě by měla být malá a zařízení musí být schopná odolávat jeho vlivům tak, aby si zachovala schopnost plnění bezpečnostních funkcí.

V případě likvidace následků mimořádné události musí být zajištěna rychlá a snadná možnost zásahu, tj. např. dojezd požárních jednotek, báňské zásahové služby, pracovníků rychlé zdravotní pomoci, informovanost a zajištění evakuace pracovníků, atd.

¹¹ Zatím neexistuje žádná číselná hodnota pro toto kritérium.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 40 (z 49)
		MP.22	3	0	

4. ENVIRONMENTÁLNÍ KRITÉRIA

4.1 ÚVOD

Příprava záměru výstavby HÚ vyžaduje i posouzení vlivu výstavby a provozu na životní prostředí a obyvatelstvo. Toto posouzení má dva hlavní specifické rysy - výstavba a provoz jsou plánovány se značným odstupem od současnosti a lokalita hlubinného úložiště v současné době není jednoznačně situována. Předpokládá se, že dotčené území, ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb. [25] bude tvořeno plochami určenými pro výstavbu povrchového areálu HÚ a souvisejících a vyvolaných staveb, včetně ploch zařízení staveniště, navazující projektované územní infrastruktury. Zájmové území, v němž se bude posuzovat vliv na životní prostředí, bude širší, a to v rozsahu podle úrovně vlivu na životní prostředí. Lze říci, že analyzovány budou potenciální vlivy v okruhu jednotek km až několika desítek kilometrů (včetně zvážení možnosti vzniku přeshraničních vlivů). Vlastní popis vlivů pro vzájemné srovnání výběru lokalit však bude (zvláště v úvodní projektové fázi přípravy záměru) proveden pouze v užším zájmovém území povrchového areálu (ZUPA) ve vzdálenostech jejich minimálního předpokládaného dosahu.

Podle doporučení IAEA ([16] SSG 14, I.44-I.47) umístění hlubinného úložiště by mělo být navrženo tak, že kvalita ŽP bude dostatečně chráněna a potenciální negativní dopady lze zmírnit na přijatelnou úroveň, s ohledem na technické, ekonomické, sociální a environmentální faktory. Umístění úložiště by nemělo být ve zjevném, obtížně odstranitelném, střetu zájmů v posuzovaném území, indikujícím velmi významné dlouhodobé ohrožení či nadměrné poškození zvláště citlivých ekosystémů a zhoršení stavu jednotlivých složek ŽP s přímým prokazatelně negativním vlivem na zdraví člověka.

Zajištění této podmínky může mít charakter podmiňujícího až vylučujícího kritéria pro umístění hlubinného úložiště ve vybrané lokalitě. Posouzení, zda určité podmínky vyžadují či nevyžadují přijetí určitého opatření, či vylučují umístění úložiště či jeho povrchové části na vybrané lokalitě závisí na výsledku odborných studií v rozsahu posouzení vlivu úložiště na životní prostředí podle legislativních předpisů platných v České republice (ČR), popřípadě (zejména v dalších fázích) související transponované legislativy Evropské unie (EU).

Cílem těchto studií bude co nejobektivnější zmapování a revize současného stavu a na jejich základě pak provedení vzájemného porovnání vhodnosti umístění HÚ (míry rizik) pro vytipovaná území a jejich nejbližší potenciálně dotčená okolí.

Při porovnávání lokalit budou na základě dostupných dat využita zejména následující indikátory vhodnosti:

- 1) Vlivy na složky životního prostředí v důsledku těžebních aktivit a dalších průmyslových provozů v oblasti zájmu.
- 2) Dopad na oblasti významných veřejných hodnot, zvláště území národních parků, rezervací, území zvláštních vědeckých nebo kulturních zájmů a historických oblastí.
- 3) Zhoršení zásobování vodou a odhad míry rizik (zranitelnosti) pro stávající zdroje povrchové i podzemní vody.
- 4) Vlivy na krajinu
 - a. významné negativní narušení širšího územního rozvoje sídel,
 - b. úplné nezohlednění architektonicko-krajinářských aspektů, což by mohlo vést až k celkové velkoplošné nenahraditelné a trvalé zjevné devastaci rázu území,
 - c. ohrožení funkčnosti rekreačního využití území.
- 5) Dopad na rostliny a živočichy (zejména ohrožené druhy) a jejich stanoviště, vlivy na ekosystémy.
- 6) Dopad na rekreační potenciál území.

Některé indikátory vhodnosti byly pro řadu lokalit již v minulosti orientačně posuzovány s využitím metody matic rizika a je možné na ně v prvním období (minimálně do konce roku 2018) navázat. V úvodní etapě bude provedena revize dostupnosti údajů („gap“ analýza).

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 41 (z 49)
		MP.22	3	0	

Dále budou získané poznatky sumarizovány (pasportizovány), jako podklad pro další šetření upřesnění potřeb GIS a přípravu dokumentace aktuálního stavu. V úvodní fázi bude orientačně posuzována i relativní indikátorová ekologická způsobilost hodnocených území, především na základě revize stávajících dat a předběžné dokumentace tzv. výchozího stavu potenciálních lokalit (kvalitativní popř. i kvantitativní vybrané parametry předmětu ochrany ŽP).

Preventivní „*Naturové hodnocení*“ dbá principu předběžné opatrnosti, a to obzvláště v případech, kdy neexistují dostatečné vědecké podklady pro zhodnocení vlivů na dotčené předměty ochrany a zároveň se jedná o předměty ochrany mimořádných charakteristik (kvality nebo kvantity v rámci dotčené lokality nebo celého území ČR). Princip předběžné opatrnosti je však možné aplikovat pouze tehdy, pokud lze identifikovat vlivy záměru (tzn., kdy jsou k dispozici dostatečné podklady o záměru). Podrobně budou vyhodnoceny všechny zásady, cíle a opatření na základě dodaných přehledných tabulek („*gap analýza*“, pasportizace) - využívány budou související odborné materiály, (např. „*Metodika hodnocení významnosti vlivů při posuzování podle § 45i zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny [24], ve znění pozdějších předpisů. Aktuálně Věstník Ministerstva životního prostředí, ročník XVII, část 11).*

Pouze v několika případech lze *a priori* vymezit s ohledem na platnou legislativu tzv. vylučující ekologická kritéria, která je možné charakterizovat jako území s výskytem:

- biosférické rezervace UNESCO (čl. 1 sd. MZV č. 159/1991 Sb. Úmluvy o ochraně světového kulturního bohatství),
- národních parků – I. a II. zóny,
- CHKO - I. a II. zóny,
- NPR a NPP, popř. PR a PP (ve všech případech se jedná o kategorie tzv. zvláště chráněných území přírody – ZCHÚ, v případě PR a PP s ohledem na význam záměru je možné při aktivním zajištění způsobu ochrany pokládat tato 2 kritéria za podmíněčně vhodná),
- lokalit soustavy Natura 2000 - Evropsky významné lokality (EVL) a ptačí oblasti (PO).

Za podmíněčně vhodná, mimo výše uvedené PR a PP (pro konkrétní podmínky s ohledem na význam záměru podmiňujícím kritériu), je možné označit lokality/biotopy s výskytem kriticky a silně ohrožených druhů rostlin a živočichů či zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů stanovené mimo zákon i prováděcími vyhláškami včetně příslušných ochranných pásem ZCHÚ. Je třeba zdůraznit, že tato vylučující kritéria se mohou vztahovat v plné míře pouze na povrchovou část úložiště. Je třeba posoudit, zda úložiště v hloubce několika set metrů může mít vliv na zvláště chráněné území na povrchu (např. [79]).

Zvláště v detailnějším výběru lokalit (ve fázi 2020 až 2025) bude třeba přihlídnout k zmapovaným vnitrozemským habitatům pro území ČR, popřípadě v kontextu související evropské legislativy. Úkolem je (v aktivní součinnosti s příslušnými orgány a organizacemi) se zabývat pokud možno co nejpřesnější specifikací habitatů či i biotopů, aby nedošlo následně k dodatečným diskuzím, že v této studované oblasti došlo k opomenutí přítomnosti některých stanovišť nejrůznějších druhů rostlin a živočichů. Pro hodnocení dopadu úložiště na životní prostředí bude využito vícevariantního hodnocení umístění (Multi-Destination Evaluation - MDE), které obvykle využívá dvou technik:

- 1) možnosti odpovědi na otázky ano a ne s možností tří odpovědí: vhodná, nevhodná, podmíněčně vhodná za těch a těch podmínek doložená příslušným komentářem (konzistentním a obhajitelným zdůvodněním),
- 2) vzájemného seřazení souboru lokalit, přičemž při přidání či vložení další lokality se musí zajistit obdobný věcný rozsah dokumentace a provést její kritické zařazení do selektovaného výběru.

Průběžnými výstupy úvodní MDE budou:

- 1) pasporty pro jednotlivé lokality s posouzením vhodnosti s ohledem na jednotlivé složky ŽP (budou výstupem prvního stupně hodnocení záměru umístění HÚ, jehož

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 42 (z 49)
		MP.22	3	0	

příprava byla zahájena v roce 2015, a dále budou průběžně podle potřeby revidovány a doplňovány),

- 2) písemné textové a mapové podklady pro předběžnou dokumentaci zúženého počtu kandidátních lokalit, otevřený popisný systém stavu ŽP s možností transkripce nosných informací do GIS s prostředky umožňujícími aplikovat analytické a vědecké metody v rozhodování za účelem vzájemného porovnání (srovnání pořadí vhodnosti od nejvhodnější k nejméně vhodné s využitím několika metod – např. metoda pořadí, alokační metoda, metoda známková, metoda párového hodnocení).

Tyto výstupy společně s jejich odbornou revizí by měly být dostatečným podpůrným nástrojem pro komplexní rozhodovací proces.

Pro každou lokalitu budou ve více stupních (od „gap“ analýzy, přes pasportizaci, předběžnou dokumentaci) vypracovány „ekologické podpůrné studie“ charakterizace výchozího stavu a odhadu potenciálního vlivu na životní prostředí.

Vzhledem ke specifičnosti této problematiky se dílčí kritéria pro tuto oblast budou hodnotit samostatně podle postupů využívaných pro procesy hodnocení vlivu na životní prostředí, rizik pro zdraví člověka včetně krajinářských aspektů (v návaznosti na výzkum např. využití ověřené metody „LANDEP“) a až celkový výsledek MDE hodnocení potenciálních lokalit bude dílčím odborným vstupem do multikriteriálního hodnocení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ.

4.2 SHRUTÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH KRITÉRIÍ

Následující Tabulka 8: Shrnutí environmentálních kritérií shrnuje ne-radiologická environmentální požadavky a indikátory vhodnosti¹². Aplikovatelnost daného kritéria ve fázi povrchového geologického průzkumu tak může nabývat hodnot: „Ano“ – již v dané etapě je dostatek informací, „O“ (odhad) – v dané etapě nejsou u daného kritéria dostatečné informace, ale z důvodu důležitosti daného kritéria bude nedostatek informací nahrazen odborným odhadem a „Ne“ – kritérium nebude v dané etapě hodnoceno, neboť pro danou etapu není relevantní.

Tabulka 8: Shrnutí environmentálních kritérií

název požadavku	typ kritéria ¹³ / aplikovatelnost (Ano / O / Ne)	popis
Výskyt zvláště chráněných území přírody		
výskyt biosférické rezervace UNESCO	V / Ano	Na území určené pro povrchový areál, se nesmí vyskytovat biosférická rezervace UNESCO (čl. 1 sd. MZV č. 159/1991 Sb. Úmluvy o ochraně světového kulturního bohatství).
výskyt I. a II. zóny národních parků	V / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál se nesmí vyskytovat I. a II. zóny národního parku.
výskyt I. a II. zóny CHKO	V / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro

¹² Radiační vliv a vliv nakládání s RAO rovněž patří do environmentálních kritérií, ale v této tabulce nejsou uváděny, protože se jimi podrobně zabývají předchozí kapitoly.

¹³ Vylučující kritérium (V) má hodnoty, které vylučují umístění úložiště v případě, že neexistuje vhodné technické či administrativní opatření. V případě, že toto opatření existuje, náklady na jeho realizaci mohou sloužit pro porovnání nákladů na realizaci úložiště. Porovnávací kritérium (P) nemá hodnoty, které by vylučovaly umístění hlubinného úložiště. V tabulce je i uvedeno, zda kritérium budou aplikováno při porovnávání lokalit

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 43 (z 49)
		MP.22	3	0	

		povrchový areál, se nesmí vyskytovat I. a II. zóna CHKO
výskyt NPR a NPP	V / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál, se nesmí vyskytovat NPR a NPP (ve všech případech se jedná o kategorie tzv. zvláště chráněných území přírody – ZCHÚ)
výskyt lokality soustavy Natura 2000 (EVL, PO)	V / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál se nesmí vyskytovat evropsky významná lokalita a nesmí do ní zasahovat ptačí oblast
výskyt PR a PP	V / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál, by se neměly vyskytovat PR a PP
výskyt přírodních parků	P / Ano	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál, by se neměl vyskytovat přírodní park, ale s ohledem na význam záměru však možné při zohlednění možnosti ochrany pokládat toto kritérium za podmíněčně vhodné

Hodnocení dopadu výstavby a provozu HÚ na obyvatelstvo a faktory životního prostředí

vliv na povrchové a podzemní vody	P / Ano
podzemní prostory nemohou hydrogeologicky komunikovat s přípovrchovým zvodněním	P / Ano
vliv na klima a ovzduší	P / Ano
vliv na akustickou situaci	P / Ano
vlivy na horninové prostředí a přírodní zdroje	P / Ano
vlivy na veřejné zdraví a ŽP	P / Ano
vlivy na geologické a paleontologické památky	P / Ano
vlivy na faunu, flóru a ekosystémy	P / Ano
vlivy na půdu	P / Ano
vlivy na krajinu	P / Ano
vlivy na mezinárodně ceněné biotopy a stanoviště (např. mokřady, lesy, ornou půdu, apod.)	P / Ano
vlivy na hmotný majetek a kulturní památky	P / Ano
vlivy na dopravní nebo jinou infrastrukturu	P / Ano
vliv na využití dotčené plochy	P / Ano

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 44 (z 49)
		MP.22	3	0	

5. PŘIJATELNOST HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ VEŘEJNOSTÍ

Příprava hlubinného úložiště je spojena i s řadou nekvantifikovatelných obav obyvatelstva souvisejících s tím, že jde o výjimečný a velmi dlouhodobý projekt. Proto se zde vyskytují i psychologické a sociální vlivy, mající vliv na narušení klidu či znepokojení z existence úložiště. Významný faktor je i faktor strachu z neznámého, který se běžně vyskytuje i u jiných velkých projektů, zejména projektů souvisejících s využíváním jaderné energie.

Přestože všeobecné socioekonomické indikátory (jako demografie, ekonomika obcí, infrastruktura, místní správa a občanská vybavenost, pozemky a nemovitosti, atd.) vypovídají o vhodnosti lokality pro projekt HÚ, nepředstavují dostatečné kritérium pro určení nejvhodnější lokality. Je tomu tak především proto, že projekt HÚ je zaměřen daleko do budoucnosti. Vhodnost lokality se jednoznačně ukáže až na základě vytvoření scénáře budoucího vývoje dané lokality jako lokality s HÚ – za pomoci uceleného komunitního plánování, prostřednictvím systému záruk apod. V tomto ohledu formulace socioekonomických kritérií nemůže kopírovat formulaci kritérií v jiných oblastech, kde je na základě přírodních zákonů možné říci, které hodnoty dat jsou bezpečné (vyhovující) a které rizikové (nevyhovující).

V letech 2010 – 2016 existovala Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti. Jejím cílem bylo přispět k transparentnosti procesu výběru vhodné lokality pro HÚ, a to s respektováním zájmu veřejnosti a posílenou aktivní spoluúčastí dotčených obcí v tomto procesu. Většinu členů Pracovní skupiny tvořili představitelé místních samospráv z dotčených obcí. Zastoupení zde měli lokální i celostátní ekologické organizace, představitelé obou komor parlamentu a státních institucí, zodpovědných za ukládání radioaktivních odpadů (MPO, MŽP, SÚJB, SÚRAO) a odborníci v humanitních i technických oborech. Koncem roku 2016 však z této skupiny byla odvolána většina zástupců samospráv a ekologických organizací a její činnost tím byla přerušena a návrh socioekonomických aspektů nebyl oficiálně schválen.

SÚRAO stanovilo pro hodnocení zvažovaných lokalit v roce 2018 následující měřitelný faktor k porovnání:

- **míra souhlasu s vybudováním HÚ (relativní mezi lokalitami).**

Podkladem pro porovnávání zvažovaných lokalit budou studie EIA (zejména části vlivy na obyvatelstvo), socioekonomické studie zadávané ze strany SÚRAO a veřejně dostupné výsledky sociodemografických šetření zadávaných jinými subjekty.

Předpokládá se, že při budoucím hodnocení bude hrát důležitou úlohu založení lokálních skupin, které budou na každé ze 4 lokalit aktivně pracovat a v rámci jejich aktivit pokračovat v přípravě a aplikaci návrhu socioekonomických aspektů hlubinného úložiště v ČR.

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 45 (z 49)
		MP.22	3	0	

6. ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ

Pro doložení vhodnosti finální lokality pro umístění hlubinného úložiště bude třeba:

- 1) Prokázat a doložit splnění všech požadavků Státního úřadu pro jadernou bezpečnost uvedených v Atomovém zákoně [2] a prováděcích vyhláškách SÚJB [8] až [12] v platném znění.
- 2) Prokázat přijatelný vliv umístění úložiště v lokalitě na životní prostředí podle zákona o posuzování dopadů na životní prostředí a dalších prováděcích předpisů MŽP v platném znění.
- 3) Prokázat splnění podmínek pro provádění hornických činností v souladu se zákony a vyhláškami Státní báňské správy.
- 4) Prokázat vyřešení všech střetů zájmů a splnění požadavků Stavebního zákona [26] potřebných pro obdržení územního rozhodnutí.

Tyto průkazy vyžadují informace, které nemohou být dostupné v prvních fázích výběru vhodných lokalit, protože je nemožné jak z časových, tak i finančních důvodů provádět podrobnou geologickou charakterizaci s využitím hlubinných vrtů a podzemních laboratoří pro přípravu podrobných popisných modelů lokalit na všech potenciálních lokalitách vhodných pro umístění úložiště již ve fázi snižování počtu lokalit.

Proto v tomto dokumentu byla odvozena kritéria, která z různých hledisek umožní posuzovat potenciální lokality především na základě informací získaných z povrchových geologických průzkumů a již existujících geologických informací a vybrat tu, kde budou indikovány nejvhodnější podmínky.

Posuzování těchto kritérií bude prováděno odborníky z různých oblastí podle metodiky uvedené v dokumentu [82]. Informace potřebné k jejich posouzení jsou a budou získávány pomocí metodik, postupů a modelových nástrojů uvedených ve střednědobém plánu výzkumných a vývojových prací 2015 – 2025, který byl zveřejněn v roce 2015 [72].

7. HISTORIE ZMĚN

revize č.	účinnost od	celkový počet stran po revizi	popis změny
0	28. 6. 2002	19	1. vydání – základní verze
0	1. 4. 2015	46	2. vydání – základní verze, přepracováno podle požadavků pro výběr lokalit pro umístění hlubinného úložiště s ohledem na řadu nových doporučení MAAE
0	1. 12. 2017	48	3. vydání – přepracovaná verze podle požadavků nového Atomového zákona [2]

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 46 (z 49)
		MP.22	3	0	

8. SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

- [1] Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů
- [2] Zákon č. 263/2016 Sb. ze dne 14. července 2016, Atomový zákon
- [3] Směrnice Rady 2006/117/Euratom ze dne 20. Listopadu 2006 o dozoru nad přepravou radioaktivního odpadu a vyhořelého paliva a o její kontrole
- [4] Směrnice Rady 2009/71/Euratom ze dne 25. Června 2009, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení
- [5] Směrnice Rady 2011/70/Euratom ze dne 19. Července 2011, kterou se stanoví rámec Společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem
- [6] Směrnice Rady 2013/51/Euratom ze dne 22. Října 2013, kterou se stanoví požadavky na ochranu zdraví obyvatelstva, pokud jde o radioaktivní látky ve vodě určené k lidské spotřebě
- [7] Směrnice Rady 2013/59/Euratom ze dne 5. Prosince 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před nebezpečím vystavení ionizujícímu záření
- [8] Vyhláška SÚJB č. 378/2016 ze dne 7. listopadu o umístění jaderného zařízení
- [9] Vyhláška SÚJB č. 377/2016 ze dne 7. listopadu o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III nebo IV. kategorie
- [10] Vyhláška č. 408/2016 Sb., o požadavcích na systém řízení
- [11] Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- [12] Vyhláška č. 379/2016 Sb., o schválení typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a přepravě radioaktivní nebo štěpné látky
- [13] IAEA dokument, Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements No. NS-R-3 (Rev. 1), IAEA Safety Standards, Vienna 2016
- [14] IAEA dokument, Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, No. SSG-35, Vienna, 2015
- [15] Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, K-Drs. 268, 2016
- [16] MAAE, Geological disposal facilities, Specific Safety Guide, SSG-14, Publication 1483, 2011, Appendix I" Siting of geological disposal facilities,
- [17] Šimůnek P. (1999): Přehled kritérií pro umístění hlubinného úložiště RAO a VP (arch. č. SÚRAO 17/99)
- [18] Woller F., Šimůnek P., Požadavky na lokalitu v etapě hodnocení lokalit, ZA.S./HÚ, 2002
- [19] Šimůnek P. et al., Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR, 2004, (arch. č. SÚRAO 55-56/03, 2003 a 34/04)
- [20] Metodický pokyn SÚRAO MP.22, Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště, vydání 02, 2015
- [21] Marek J. a kol., Kritéria pro zúžení lokalit a kategorizace tektonických zón. Dokument projektu Geobariéra, 2005
- [22] MAAE, Siting of Geological Disposal Facilities, A Safety Guide, Safety Series No. 111-G-41, IAEA, Vídeň, 1994
- [23] Woller F., Výběr lokalit pro HÚ a kritéria jejich hodnocení v etapě charakterizace lokalit, 2011, (arch. č. SÚRAO 27/11)
- [24] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění
- [25] Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění
- [26] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) , v platném znění
- [27] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) , v platném znění
- [28] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých dalších zákon, v platném znění
- [29] Zákon č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, v platném znění

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 47 (z 49)
		MP.22	3	0	

- [30] Zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, v platném znění
- [31] Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon)
- [32] MAAE dokument, Safety fundamentals SF-1, 2006
- [33] Směrnice EC – Council Directive 2011/70/EUROATOM of July 2011 establishing a Community Framework for the Responsible and Safe Management of Spent Fuel and Radioactive Waste
- [34] Zákon České národní rady č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě
- [35] MAAE dokument, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements, No. SSR-5, Pub. 1449, MAAE, Vienna, 2011
- [36] MAAE dokument, The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Guide, No-SSG-23, 201
- [37] WENRA dokument, Report on the European pilot study on the regulatory review of a safety case for geological disposal of radioactive waste, version for consultation, 2010
- [38] WENRA dokument, Radioactive waste disposal facilities safety reference levels report, draft version 2012;
http://www.wenra.org/media/filer_public/2012/11/19/v0_draft_disposal_report.pdf
- [39] NEA/OECD, The nature and purpose of the post-closure safety cases for geological repositories, 2013, NEA No. 78121
- [40] MAAE dokument, Scientific and Technical Basis for the Geological Disposal of Radioactive Wastes, TRS - 413, Vienna, 2003
- [41] J. Andersson et. al., What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock, Technical Report TR-00-12
- [42] Ernst T., Fritschi M., Vomvoris S., Stepwise site selection in Switzerland – Sectoral plan status and outlook, Proceedings of the 13th Int. Conf. on Env. Rem. And Radioactive waste management, 2010, 40150
- [43] AkEnd committee (Německo), Site Selection Procedure for Repository Sites, Recommendations, 2002
- [44] NDA-RWMD, A proposed framework for stage 4 of the MRWS Site Selection Process, Technical Note No. 8150715, 2008
- [45] NWMO (Kanada), Moving forward together.: Process for selecting a site for Canada's deep geological repository for used nuclear fuel, 2010
- [46] BRC (Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future), Report to the Secretary of Energy, Washington, D.C, 2012
- [47] T. Mc Ewen (ed), Rock Suitability Classification, RSC 2012, POSIVA 2012-24
- [48] P. La Pointe, P, Wallman, A, Thomas, S. Follin, A methodology to estimate earthquake effects on fractures intersecting canister holes, SKB Technical Report 97-07, March 1997
- [49] Interpretace kritérií pro umístování jaderných zařízení a návrh jejich průkazů, Bezpečnostní návod BN-JB-1.14, SÚJB, duben 2012
- [50] MAAE dokument, Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements, No. NS-R-3, MAAE, November 2003
- [51] MAAE dokument, Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants, MAAE nuclear energy series No. NG-T-3.7m MAAE, Vienna 2012
- [52] SÚJB, Metodický návod k provedení požadavků ustanovení § 13 odst. 3 písm. d) a g) zákona č. 18/1997 ve znění pozdějších předpisů pro Postup zpracování bezpečnostní zprávy pro povolení umístění úložiště radioaktivních odpadů, 2004
- [53] Společná úmluva o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým palivem a bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady, Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 3/2012 Sb.
- [54] Směrnice rady 2011/70/EURATOM ze dne 19. července 2011, kterou stanoví rámec Společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem
- [55] MAAE DS433 "Safety Aspects in Siting for Nuclear Installations

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 48 (z 49)
		MP.22	3	0	

- [56] AMIGO foundation document, International Project on Approaches and Methods for Integration Geological Information in the Safety Case, NEA report NEA/RWM/IGSC(2002), April 2003
- [57] NEA/OECD (2007): Linkage of Geoscientific Arguments and Evidence in Supporting the Safety Case.
- [58] NEA report 2002 "The Handling of Timescales in Assessing Post-closure Safety of Deep Geological Repositories", Workshop proceedings, Paris, France 16-18 April 2002, OECD 2002
- [59] NEA report 2009 " Considering Timescales in the Post-closure Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste, OECD 2009, NEA No. 6424
- [60] MAAE SSG-9 Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations (2010)
- [61] Czudek, T. Pleistocenní permafrost na území Československa, Geograf. Čas, 38, 45-252, Bratislava, 1986
- [62] Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 81, ICRP Annals of the ICRP, September 1999
- [63] Pačes T. a kol., Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů, 2010 (arch. č. SÚRAO 32/10)
- [64] Krajíček L. a kol., Předběžná studie proveditelnosti, Terplan, Sdružení Geobariéra, 2004, lokality Blatno, Lodhéřov, Božejovice, Budišov, Pačejov, Rohozná (arch. Č. SÚRAO 1 až 8/04)
- [65] Růžicková, E., Zeman, E. (1992): The Blahutovice – 1 borehole near Hranice na Moravě: weathering effects in Badenian deposits. *Scripta*, 22: 128-132.
- [66] Vieno, T. and Nordman, H. 1999. Safety assessment of spent fuel disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara – TILA-99. Posiva Oy, Helsinki, POSIVA 99-07, 253 p.
- [67] Huotari, T. and Kukkonen, I. 2004. Thermal expansion properties of rocks: Literature survey and estimation of thermal expansion coefficient for Olkiluoto mica gneiss. Posiva Oy, Olkiluoto, Working Report 2004-04, 62 p.
- [68] IAEA (2003): Scientific and Technical Basis for the Geological Disposal of Radioactive Wastes. Technical report series No. 413, IAEA, Vienna, 2003.
- [69] Planning and Design Considerations for Geological Repository Programmes of Radioactive Waste. IAEA-TECDOC-1755, rok: 2014
- [70] Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (RK&M) – Monitoring of Geological Disposal Facilities – Technical and Societal Aspects. NEA/RWM/R 2014
- [71] Monitoring and Surveillance of radioactive Wastew Disposal Facilities, SSG-31, IAEA 2014.
- [72] Vokál A., Pospíšková I., Vondrovic L. et al, Program výzkumu a vývoje pro potřeby umístění hlubinného úložiště 2015 – 2025, v připomínkovém řízení
- [73] SÚJB dokument, Interpretace kritérií pro umístování jaderných zařízení a návrh jejich průkazů, Bezpečnostní návod BN-JB-1.14, SÚJB, duben 2012
- [74] Boulton, G.S., Kautsky, U., Morén, L., Wallroth, T., 2001: Impact of long-term climate change on a deep geological repository for spent nuclear fuel. SKB Technical Report, TR-99-05
- [75] Holub J. a kol., Referenční projekt povrchových i podzemních systémů HÚ v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie, 1999, (arch. č. SÚRAO 30/99, 33/99)
- [76] Pospíšková I. a kol., Aktualizace referenčního projektu HÚ v hypotetické lokalitě, ÚJV Řež, a. s., 2008 - 2012, (arch. č. SÚRAO 3/09, 22/09, 21/10, 56/10, 9/11, 10/11, 16/11, 29/11, 4/12, 5/12)
- [77] Šimůnek P., Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR – Analýza území ČR, Energoprůzkum Praha, s. r. o., 2003, arch. č. SÚRAO 10/03, 11/03, 55/03, 56/03
- [78] Sdružení společností Aquatest, a. s., a Stavební Geologie Geotechnika, a. s., (GeoBariéra), Provedení geologických prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště, 2003 - 2005, arch. č. SÚRAO 57/03, 58/03, 1 – 7/04, 49 – 51/05

SÚRAO	Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště	evidenční označení:	vydání	revize	list 49 (z 49)
		MP.22	3	0	

- [79] Werner K. et al.: Ecohydrological Responses of Diversion of Groundwater: Case Study of a Deep-Rock Repository for Spent Nuclear Fuel in Sweden. AMBIO 2013: 42:517-526.).
- [80] Forum on Stakeholder Confidence, NEA/OECD, 2014
- [81] Posiva SKB report, Safety functions, performance targets and technical design requirements for a KBS-3V repository, January 2017
- [82] Metodika hodnocení lokalit pro umístění HÚ, SÚRAO dokument, leden 2018

----- KONEC DOKUMENTU -----