

HODNOCENÍ POTENCIÁLNÍCH LOKALIT HÚ Z HLEDISKA KLÍČOVÝCH KRITÉRIÍ PROVOZNÍ BEZPEČNOSTI

Autoři: Zdena Lahodová

Eva Popelová

Praha, rok 2020

NÁZEV ZPRÁVY: Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií provozní bezpečnosti

NÁZEV PROJEKTU:

Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště

Výzkumné podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště

Bibliografický zápis:

LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií provozní bezpečnosti, MS SÚRAO, TZ 413/2020

ŘEŠITELÉ:

Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO)

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Lahodová Z., Popelová E.

Obsah

1	Úvod	5
2	Způsob hodnocení lokalit.....	6
2.1	Stanovení známek indikátorů	6
2.2	Stanovení vah indikátorů	6
2.3	Stanovení známky kritéria	6
3	Hodnocení vylučujících kritérií	7
3.1	Externí přírodní jevy	7
3.2	Jevy vyvolané člověkem.....	11
3.3	Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky	11
3.4	Faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací	11
4	Provedení hodnocení podle klíčového kritéria.....	14
4.1	Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky	14
4.2	Vzdálenost od jaderných elektráren	15
5	Celkové hodnocení	17
6	Závěry z hodnocení lokalit	19

Seznam použitých zkratk:

ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
HÚ	hlubinné úložiště
IAEA	International Atomic Energy Agency
MP	metodické pokyny
NJZ	nový jaderný zdroj
OS	obalová soubor
PA	povrchový areál
POS	přepravní obalový soubor
PS	palivový soubor
PÚ	průzkumné území
PÚPP	perspektivní území pro projektové práce
Sb.	sbírka zákonů
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
UOS	ukládací obalový soubor
VVER-440	typ reaktoru provozovaný na EDU
VVER-1000	typ reaktoru provozovaný na ETE
VJP	vyhořelé (použité) jaderné palivo
ZBZ	zadávací bezpečnostní zpráva

Vysvětlení pojmů:

Efektivní dávka	Efektivní dávka je součtem ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech vážených tkáňovým váhovým faktorem, jež vyjadřuje rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání.
Hlubinné úložiště	Hlubinným úložištěm se rozumí úložiště radioaktivního odpadu umístěné stovky metrů pod zemským povrchem a určené pro ukládání vysokoaktivního odpadu.

Horká komora	Objekty překládacího uzlu, hermeticky oddělené od ostatního prostoru, ve kterém bude prováděno překládání obsahu přepravního OS do ukládacího OS.
Indikátor	Parametr, který popisuje vlastnost a stav jevů, pro který existují hodnoty použitelné pro hodnocení lokalit.
Kritérium	Standard, podle kterého hodnotíme určitý jev, skutkový stav a podobně, případně o něm rozhodujeme.
Reprezentativní osoba	Jednotlivec z obyvatelstva zastupující modelovou skupinu fyzických osob, které jsou z daného zdroje a danou cestou nejvíce ozařovány.
Vyhořelé jaderné palivo	Ozářené jaderné palivo, které bylo trvale vyjmuto z aktivní zóny jaderného reaktoru.

Abstrakt

Cílem této zprávy je provést porovnání potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště z hlediska radiační provozní bezpečnosti. Hodnocení bylo provedeno podle Metodiky zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019-2020 (Vondrovic et al. 2019). V prvním kroku byly hodnoceny vylučovací kritéria, v druhém kroku porovnávací (klíčová) kritéria. Radiační provozní bezpečnost je zastoupena jedním klíčovým kritériem „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“. Toto kritérium je vyjádřeno pomocí dvou indikátorů. Jedním z indikátorů je „Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky“ a druhý indikátor je „Vzdálenost lokalit od jaderných elektráren“. Závěry z této zprávy budou sloužit jako podklad pro celkové hodnocení lokalit.

Klíčová slova

Radiační provozní bezpečnost, hlubinné úložiště, hodnocení lokalit, klíčové kritérium, indikátor

Abstract

The aim of this report is to compare the potential sites considered in the deep geological repository siting process in terms of radiation operational safety. The assessment was conducted according to the Methodology for Reducing the Number of Sites for the Deep Geological Repository in the Czech Republic in 2019-2020 (Vondrovic et al. 2019). The first stage included the assessment of the (key) criteria. Radiation operational safety is represented by the “Phenomena affecting the spread of radioactive material” key criterion, which is expressed via the application of two indicators, i.e. the “Distribution and density of settlements and their development in terms of the spread of radioactive materials” and the “Distance of sites from nuclear power plants”. The conclusions of this report will serve as one of the bases for the overall assessment of the potential sites.

Keywords

Radiation operational safety, deep geological repository, site assessment, key criterion, indicator

1 Úvod

Cílem této zprávy je provést porovnání potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště z hlediska radiační provozní bezpečnosti. Na základě Metodiky zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019-2020 (Vondrovic et al. 2019) bylo v této etapě hodnocení vybráno pro oblast radiační provozní bezpečnosti klíčové kritérium „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“. Toto kritérium splňuje podmínky stanovené pro klíčová kritéria. Jedná se o významné kritérium, u kterého jsou k dnešnímu dni k dispozici takové informace a taková data, na základě kterých může být provedeno porovnání lokalit. V případě HÚ jde především o posouzení dopadu možné mimořádné události z hlediska radiační zátěže obyvatelstva. Podklady pro porovnání lokalit byly získány ze zpráv Studie ZBZ (Martinčík et al. 2018 a-i).

Pravděpodobnost mimořádné události, při které by došlo k šíření radioaktivní látky, je malá, přesto jsou tyto scénáře posuzovány a hodnoceny. Kolektivní efektivní dávka je stanovena jako součet všech efektivních dávek osob žijících v blízkosti jaderného zařízení. Pro výpočet kolektivní efektivní dávky je třeba znát směr a sílu větru, aby se určil směr případného šíření radioaktivní látky. Protože v této etapě hodnocení nejsou k dispozici přesná meteorologická data přímo z lokalit, musela být pro výpočet kolektivní efektivní dávky použita data z nejbližší meteorologické stanice ČHMI. Tato data se mohou lišit od skutečných hodnot odpovídající lokalitám, a proto výpočet kolektivní efektivní dávky je zatížen určitou mírou nejistoty. Z tohoto důvodu není možné vypočtenou kolektivní dávku použít pro porovnání lokalit. Současně ale platí, že kolektivní efektivní dávka je úměrná počtu obyvatelstva, a proto pro hodnocení lokalit bylo použito „Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky“.

Dále můžeme předpokládat, že pravděpodobnost mimořádné události při přepravě VJP ze skladů do HÚ je větší, čím je celkový počet ujetých kilometrů větší.

Tyto dva indikátory, „Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky“ a „Vzdálenost lokalit od jaderných elektráren“, slouží k vyhodnocení kritéria „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“. Celkové hodnocení tohoto kritéria pak vychází z vah indikátorů daných v Metodice (Vondrovic et al. 2019).

2 Způsob hodnocení lokalit

Hodnocení lokalit bylo provedeno dvoustupňově – nejprve se testovala vylučující kritéria podle úrovně indikace jejich naplnění, následně se porovnávaly lokality podle klíčového kritéria „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“.

2.1 Stanovení známek indikátorů

Kritérium je hodnoceno na základě indikátorů pomocí jejich známek a vah. Na základě Metodiky zúžení počtu lokalit (Vondrovic et al. 2019) byly reálné hodnoty indikátorů převedeny na známky (body) v rozsahu 1 až 5 bodů (1 – nejvhodnější hodnota indikátoru, 5 – nejméně vhodná hodnota). Pro každou lokalitu lze vypočítat známku z reálné hodnoty indikátoru podle vztahu:

$$Y_i = 1 + 4 \times \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

kde:

Y_i	výsledná známka indikátoru pro i-tou lokalitu,
X_i	známková hodnota indikátoru dle zpracovatele pro i-tou lokalitu,
$X_{\min}$	nejmenší známková hodnota indikátoru dle zpracovatele pro i-tou lokalitu,
$X_{\max}$	nejvyšší známková hodnota indikátoru dle zpracovatele pro i-tou lokalitu.

2.2 Stanovení vah indikátorů

Stanovení vah indikátorů bylo provedeno týmem expertů z projektu „Výzkumná podpora projektového řešení hlubinného úložiště“ a je zdůvodněna v Metodice (Vondrovic et al. 2019). Hodnota vah (Metodika, Vondrovic et al. 2019) vyjadřuje nejen významnost indikátoru, ale i s jakou nejistotou byly reálné hodnoty pro daný indikátor získány.

2.3 Stanovení známky kritéria

Hodnota (známka) klíčového kritéria se vypočte podle vztahu:

$$K_j^L = \sum_{i=1}^{n_j} Y_{i,j}^L \times v_{i,j}$$

kde:

K_j^L	hodnota (známka) <i>j-tého</i> kritéria <i>L-té</i> lokality ($j=1, 2, \dots, 13$, $L = 1, 2, \dots, 9$),
$Y_{i,j}^L$	hodnota (známka) <i>i-tého</i> indikátoru <i>j-tého</i> kritéria <i>L-té</i> lokality ($j=1, 2, \dots, n_j$),
$v_{i,j}$	váha <i>i-tého</i> indikátoru <i>j-tého</i> kritéria,
n_j	počet indikátorů <i>j-tého</i> kritéria.

3 Hodnocení vylučujících kritérií

V prvním kroku se všechny lokality hodnotí podle vylučujících kritérií. Vylučující hodnota znamená, že neexistuje vhodné technické a administrativní opatření, které by zmírnilo dopad daného kritéria. Umístění hlubinného úložiště je na dané lokalitě zakázáno.

V rámci provozní bezpečnosti je třeba podle MP.22 hodnotit následující jevy:

- a) externí přírodní jevy
- b) jevy vyvolané člověkem
- c) jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky
- d) faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací
- e) zajištění klasické a báňské bezpečnosti výstavby a provozu

3.1 Externí přírodní jevy

V Tab. 1 jsou uvedena dvě vylučující kritéria pro oblast externích přírodních jevů, a to porušení území zlomem a povodně. Požadavky na tato kritéria jsou daná § 6 a 7 vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení.

Tab. 1 Vylučující kritéria pro externí přírodní jevy

Název kritéria	Popis kritéria
Porušení území zlomem	Požadavky na toto kritérium jsou definovány v § 6 vyhlášky č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení 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
Povodně	Posouzení povodní vycházející z § 7 vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení Pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší

Kritérium „Porušení území zlomem“ bylo řešeno v rámci dlouhodobé bezpečnosti Havlová et al. (2020 a-i). Přehled hodnocení na základě uvedené zprávy je shrnut v Tab. 2. Na území žádné lokality do vzdálenosti 5 km nebyly zjištěny indikace přítomnosti zlomů s potenciální schopností posunu. Příležitost převažuje nad rizikem možného výskytu těchto zlomů.

Na všech lokalitách leží povrchový areál mimo stanovená záplavová území, viz Studie ZBZ (Martinčík et al. 2018 a-i). Souhrnné výsledky vycházející ze Studií ZBZ jsou uvedeny v Tab. 3. Pro všechny lokality tedy platí, že příležitosti převažují nad riziky povodní či pravidelného zaplavování areálu jaderného zařízení.

Tab. 2 Souhrnné výsledky pro vylučující kritérium „Porušení území zlomem“, převzato ze zpráv Havlová et al. (2020 a-i)

Lokalita	Porušení území zlomem
	a) Výskyt zóny pohybově nebo seizmicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující bezpečnost do vzdálenosti 5 km nebo b) Vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení
Březový potok	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Čertovka	Územím prochází výrazný morfolineament vázaný na žihelský zlom ID1 (Franěk et al. 2018). Tento zlomový svah s přímým průběhem má vyvinutou zřetelnou horní hranu, jsou na něm vytvořeny drenážní struktury vytvářející hluboké rokle s krátkými povodími. Výše zmíněné charakteristiky mohou indikovat relativně mladé pohyby na zlomu, avšak podobné geomorfologické projevy můžou být produktem nedávné denudace již neaktivní struktury oddělující sedimenty žihelské pánve a granitoidy tiského masivu, které vykazují rozdílnou náchylnost k erozi. Proto výše uvedené morfologické charakteristiky nelze považovat za jednoznačné indikace přítomnosti zlomu potenciálně schopného posunu. Další údaje o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch sloužící k vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici. Pro hodnocené území není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud potenciál zlomu k posunu nebyl prokázán ani indikován, předpokládá se, že neexistuje.
Čihadlo	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Horka	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.

Lokalita	Porušení území zlomem
	a) Výskyt zóny pohybově nebo seizmicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující bezpečnost do vzdálenosti 5 km nebo b) Vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení
Hrádek	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Janoch (ETE-jih)	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Kraví hora	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Magdaléna	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.
Na Skalním (EDU-západ)	Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.

Tab. 3 Souhrnné výsledky pro vylučující kritérium „Povodně“

Lokalita	Povodně
	Pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší.
Březový potok	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Březového potoka.
Čertovka	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Blšanka.
Čihadlo	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Dírenského a Radouňského potoka.
Horka	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toků Balinka a Oslava.
Hrádek	PA se nachází zcela mimo záplavová území.
Janoch (ETE-jih)	PA se nachází zcela mimo záplavová území.
Kraví hora	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Bobruvka (Loučka) a Nedvědička.
Magdaléna	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Smutná.
Na Skalním (EDU-západ)	PA je navržen mimo dosah stanoveného záplavového území Q100 toku Rouchovanka.

Z hlediska kritérií pro externí přírodní jevy nebylo na žádné lokalitě nalezeno kritérium, které by vylučovalo danou lokalitu pro umístění HÚ.

3.2 Jevy vyvolané člověkem

Žádné kritérium v této skupině jevů nemá vylučující charakter.

3.3 Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky

Žádné kritérium v této skupině jevů nemá vylučující charakter.

3.4 Faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací

V Tab. 4 je uveden seznam vylučujících kritérií pro faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací. Požadavky na posouzení území jsou uvedeny v § 17 vyhlášky č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení.

Tab. 4 Vylučující kritéria pro faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací

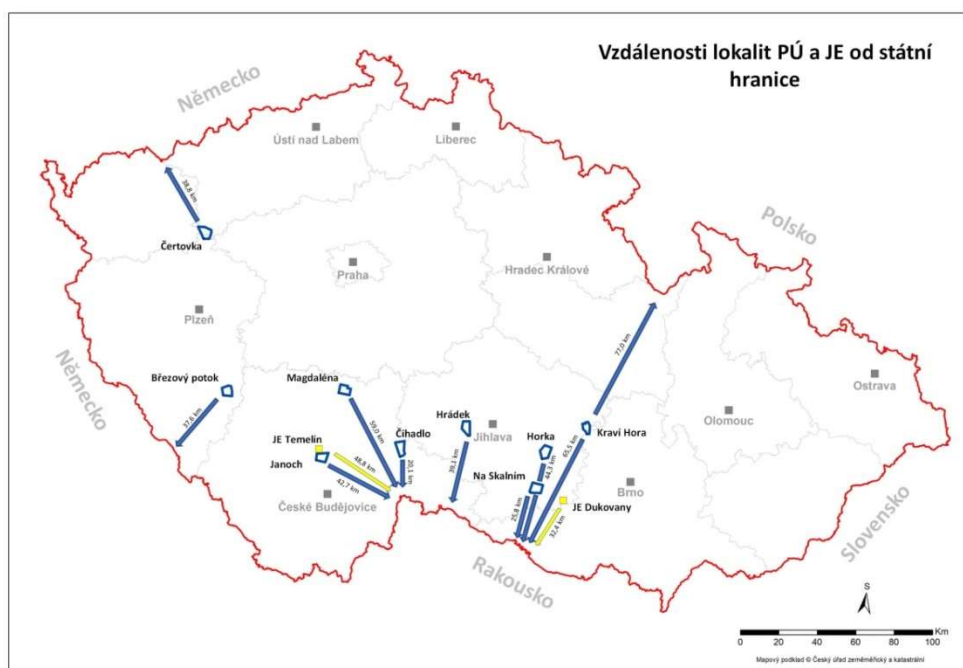
Název kritéria	Popis kritéria
Blízkost státní hranice	Blízkost státní hranice či sídel omezující proveditelnost havarijního plánu. Kritérium je definováno v metodickém pokynu MP.22.
Zajištění dojezdu záchranných jednotek	Kritérium je definováno v metodickém pokynu MP.22 v návaznosti na možnost efektivní realizace ochranných opatření v případě mimořádné situace a minimalizace negativních dopadů na obyvatelstvo.
Zajištění informovanosti a evakuace	Kritérium je definováno v metodickém pokynu MP.22 v návaznosti na možnost efektivní realizace ochranných opatření v případě mimořádné situace a minimalizace negativních dopadů na obyvatelstvo.
Zajištění opatření proti sabotáži	Kritérium je definováno v metodickém pokynu MP.22 v návaznosti na možnost efektivní realizace ochranných opatření v případě mimořádné situace a minimalizace negativních dopadů na obyvatelstvo.

Posouzení území na základě zvládání mimořádných situací bylo provedeno s ohledem na rozložení a hustotu osídlení a jeho vývoj a možnosti zavedení neodkladných ochranných opatření.

Vzdušné vzdálenosti hranice povrchového areálu lokalit od státní hranice s Rakouskem nebo Německem jsou uvedené v Tab. 5 (Zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální). Státní hranice je nejbližší na lokalitě Čihadlo cca 20 km od hranice PA. Tato vzdálenost nemá vylučující hodnotu Vokál et al. (2017). Příležitost v tomto případě převažuje nad rizikem složitějších jednání se zahraničními partnery (především s Rakouskem) o přeshraničních vlivech.

Tab. 5 Vzdálenost lokalit od státní hranice

Lokalita	Vzdálenost v km od hranice s	
	Rakouskem	Německem
Březový potok		38
Čertovka		39
Čihadlo	20	
Horka	44	
Hrádek	39	
Janoch (ETE-jih)	43	57
Kraví hora	66	
Magdaléna	59	
Na Skalním (EDU-západ)	26	



Obr. 1 Vyznačené nejkratší vzdálenosti PA lokalit od státní hranice (Zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální)

Dojezd záchranných složek na všech lokalitách bude na základě demografických studií do 10 minut, viz Studie ZBZ (Martinčík et al. 2018 a-i). Příležitosti převažují nad rizikem nemožnosti integrovaného záchranného systému zajistit včasný dojezd záchranných složek na lokalitu.

Zajištění informovanosti a evakuace obyvatelstva a zajištění opatření proti sabotáži nejsou v této fázi přípravy HÚ relevantní kritéria. Splnění těchto kritérií bude zajištěno projektovými technickými opatřeními.

Z hlediska faktorů ovlivňujících zvládání mimořádných situací nebylo na žádné lokalitě nalezeno kritérium, které by vylučovalo danou lokalitu pro umístění HÚ.

Pro všechny indikátory hodnotící provozní bezpečnost platí, že u žádné lokality nebyl nalezen jev, faktor, který by umístění hlubinného úložiště na dané lokalitě vyloučil.

4 Provedení hodnocení podle klíčového kritéria

U kritéria „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“ jsou k dnešnímu dni k dispozici takové informace a data, na základě kterých může být provedeno porovnání lokalit. V případě HÚ jde především o posouzení dopadu možné mimořádné události při manipulacích s VJP. Podklady pro hodnocení lokalit z hlediska tohoto kritéria byly získány ze zpráv Studie ZBZ (Martinčík et al. 2018 a-i) a zprávy (Zahradník et al. 2020). Kritérium je vyhodnoceno na základě dvou indikátorů. Jedním z indikátorů je „Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky“ a druhý indikátor je „Vzdálenost lokalit od jaderných elektráren“.

4.1 Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky

Posouzení hustoty osídlení je provedeno podle § 17 vyhlášky č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení. Vliv úniku radionuklidů z jaderného zařízení je možné posuzovat na základě výpočtu kolektivní efektivní dávky. Kolektivní dávka byla spočítána pro různé alternativní scénáře. Protože v této etapě hodnocení nemáme k dispozici přesná meteorologická data přímo z lokalit, musela být pro výpočet kolektivní efektivní dávky použita data z nejbližší meteorologické stanice ČHMI. Tato data se mohou lišit od skutečných hodnot odpovídajících lokalitám, a proto výpočet kolektivní efektivní dávky je zatížen velkou nejistotou, která je řádově srovnatelná s hodnotami rozdílu mezi lokalitami. Z tohoto důvodu není možné vypočtenou kolektivní dávku použít pro porovnání lokalit. Kolektivní efektivní dávka je však závislá na počtu obyvatel, který vstupuje do výpočtu a počet obyvatel je znám s velkou přesností ze Sčítání lidu, domů a bytů 2011 prováděného Českým statistickým úřadem. Tyto důvody vedly k rozhodnutí, že počet obyvatel byl v této etapě zařazen do hodnocení jako samostatný indikátor.

Vzhledem k tomu, o jaké jaderné zařízení se jedná (horká komora bude sloužit k přeložení PS z přepravních do ukládacích OS, výška komínu bude maximálně 15 m nad terénem, vertikální rychlost vzdušnin bude 2,2 m/s), a vzhledem k tomu, jaký vliv může mít případná mimořádná událost na obyvatelstvo (selhání řetězce vzduchotechnických filtrů v horké komoře), se ukazuje, že radiační zátěž bude velmi nízká a projeví se nejvíce v nejbližším okolí od místa vypouštění (komín vedoucí z horké komory), a proto je hodnocení provedeno pro hodnoty počtu obyvatelstva do vzdálenosti 10 km, viz Tab. 6.

Tab. 6 Počet obyvatel do vzdálenosti 10 km a známky lokalit

Lokalita	Počet obyvatel do vzdálenosti 10 km	Známka
Březový potok	12 820	1,57
Čertovka	7 966	1,00
Čihadlo	30 290	3,64
Horka	41 765	5,00
Hrádek	18 338	2,23
Janoch (ETE-jih)	19 039	2,31
Kraví hora	20 366	2,47
Magdalena	18 552	2,25
Na Skalním (EDU-západ)	15 026	1,84

4.2 Vzdálenost od jaderných elektráren

Pravděpodobnost mimořádné události při přepravě VJP je úměrná přepravní vzdálenosti z lokality od skladů, které jsou umístěny v areálech Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín. Cílem je porovnat celkový počet ujetých kilometrů. Celkový počet ujetých kilometrů je dán délkou přepravních tras ze skladu vynásobenou počtem přeprav z daného skladu.

Současná Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR počítá s výstavbou tří nových jaderných bloků. Předpokládá se, že dva nové bloky budou vybudovány v areálu Jaderné elektrárny Dukovany a jeden v areálu Jaderné elektrárny Temelín. Přepravní OS určený pro palivo typu VVER-440 pojme 84 PS, pro palivo typu VVER-1000 a NJZ je to 19. V jedné přepravě budou současně odvezeny 3 POS. Popsané informace jsou přehledně shrnuty v Tab. 7. Odhad množství a vlastností VJP z NJZ vychází z obecného požadavku pro pokročilé reaktory III. generace a je srovnatelný s typem VVER-1000.

Návrh trasy pro železniční přepravu VJP z areálů JE do areálů HÚ na potenciálních lokalitách je zpracován v zprávě (Zahradník et al. 2020). Návrh přepravní trasy byl zvolen tak, aby byla dosažena nejkratší přepravní vzdálenost po stávajících tratích, které splňují požadavky nákladní přepravy, tedy především hmotnosti na nápravu alespoň 20 t. Délky přepravních tras jsou stanoveny od výjezdu z areálu JE po vjezd do areálu HÚ.

Tab. 7 Počet PS, POS a počet přeprav pro EDU, ETE a NJZ

	EDU	ETE	2x EDU / 1x ETE
Typ reaktoru	VVER-440	VVER-1000	NJZ
Počet PS	21 700	5 400	5 400 / 2 700
Počet PS v POS	84	19	19
Počet POS	259	285	285 / 143
Počet přeprav	87	95	95 / 48

Pro stanovení bodového hodnocení byly použity přepravní vzdálenosti lokalit od skladů s VJP ležících v areálech Jaderných elektráren Dukovany a Temelín. Data byla získána ze zprávy (Zahradník et al. 2020). Hodnoty vzdáleností od jaderných elektráren a celkové vzdálenosti se započítáním všech přeprav jsou uvedeny v Tab. 8. Lokalita Na Skalném (EDU-západ) má vzdušnou vzdálenost od Jaderné elektrárny Dukovany 20 km Martinčík et al. (2019i). Nyní, pokud má být splněna podmínka na železniční trať, aby hmotnost na nápravu byla alespoň 20 t, je přepravní vzdálenost 127,3 km. Přeprava VJP by se pro lokalitu Na Skalném (EDU-západ) dala vyřešit vybudováním železniční přípojky přímo z areálu EDU. Toto je jeden z důvodů, proč má indikátor „Vzdálenost od jaderných elektráren“ malou váhu, viz kapitola 5 – Celkové hodnocení.

Tab. 8 Celková vzdálenost lokalit od Jaderných elektráren Dukovany a Temelín

Lokalita	Přepravní vzdálenost od areálu JE (km)			Známka
	JE Dukovany	JE Temelín	Celková vzdálenost	
Březový potok	339,5	73,5	72 299,5	2,55
Čertovka	455,1	188,1	109 726,5	5,00
Čihadlo	215,7	103,7	54 086,5	1,35
Horka	86,1	231,1	48 717,5	1,00
Hrádek	153,3	150,3	49 393,5	1,04
Janoch (ETE-jih)	304,8	11,8	57 161,0	1,55
Kraví hora	162,8	267,8	67 925,0	2,26
Magdaléna	250,7	150,3	67 120,3	2,21
Na Skalném (EDU-západ)	127,3	232,3	56 387,5	1,50

5 Celkové hodnocení

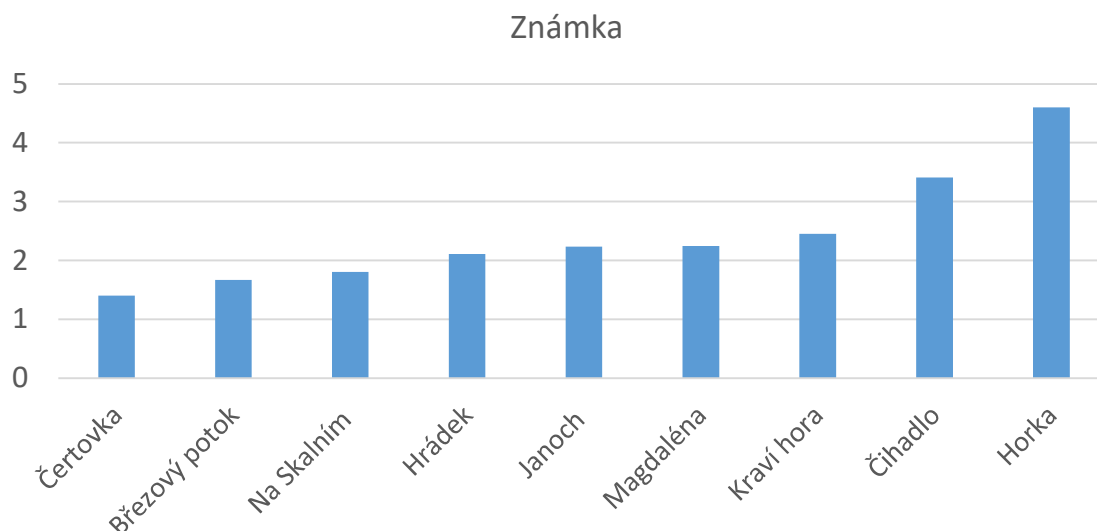
Celkové hodnocení vychází z vah významnosti indikátorů, které byly stanoveny týmem expertů z projektu Výzkumná podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště. Váhy, viz Metodika (Vondrovic et al. 2019), mají hodnoty:

Rozložení a hustota osídlení	90%
Vzdálenost od areálu JE	10%

Celkové známky pro všechny lokality za kritérium „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“ jsou uvedeny v Tab. 9 a graficky znázorněny na Obr. 2. Způsob výpočtu celkové známky je uveden v kapitole 2 – Způsob hodnocení lokalit.

Tab. 9 Celkové známky lokalit za kritérium „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“ (seřazeno podle abecedy)

Lokalita	Zámka		
	Počet obyv.	Vzdálenost od JE	Celková
Březový potok	1,57	2,55	1,67
Čertovka	1,00	5,00	1,40
Čihadlo	3,64	1,35	3,41
Horka	5,00	1,00	4,60
Hrádek	2,23	1,04	2,11
Janoch (ETE-jih)	2,31	1,55	2,23
Kraví hora	2,47	2,26	2,45
Magdaléna	2,25	2,21	2,25
Na Skalním (EDU-západ)	1,84	1,50	1,81



Obr. 2 Celkové známky lokalit za kritérium „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“ (setříděno vzestupně)

Pokud budeme lokality porovnávat podle výsledné známky odpovídající kritériu „Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky“, vychází Čertovka jako vhodnější lokalita. Čertovka má nejnižší počet obyvatel (méně než <8 000) do vzdálenosti 10 km, a to vzhledem k vahám indikátorů převáží i nejdelší vzdálenost od jaderných elektráren. Lokality Čihadlo a Horka jsou méně vhodné z hlediska tohoto kritéria především proto, že mají výrazně vyšší počet obyvatel ve vzdálenosti do 10 km. Ostatní lokality jsou v hodnocení téměř rovnocenné.

6 Závěry z hodnocení lokalit

V dalších etapách procesu výběru finální lokality pro hlubinné úložiště je třeba získat co nejvíce relevantních dat, která by mohla sloužit k porovnání lokalit. Bude třeba zaměřit se na provádění dlouhodobých meteorologických měření přímo na lokalitách, měření radonu a jeho dceřiných produktů v dané oblasti, zajistit pravidelná monitorování radioaktivních aerosolů, monitorování objemových aktivit vzduchu v místě PA atd. V budoucnu bude nutné provést i podrobnou studii přeprav VJP ze skladů do HÚ a posoudit nejen reálné vzdálenosti, ale i jak jsou plánované trasy frekventované, přes jaké důležité železniční uzly je přeprava vedena.

Reference

IAEA Safety Standards (2015): Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, No. SSG-35, Vienna, 2015.

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

Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v České republice (2019), usnesení vlády České republiky č. 597/2019.

BUREŠ P., BUTOVIČ A., ZAHRADNÍK O., GRÜNWARD L., ŠPINKA O., MARTINČÍK J., KOBYLKA D. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií technické proveditelnosti, TZ 457/2020.

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

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018a): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Kraví hora – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 157/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018b): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Horka – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 158/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018c): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Hrádek – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 159/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018d): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Březový potok – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 160/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018e): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Čihadlo – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 161/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018f): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Čertovka – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 162/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018g): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Magdaléna – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 163/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018h): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Janoch – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 317/2018.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018i): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Na Skalním – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 318/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BUKOVSKÁ Z., DUŠEK K., FIFERNOVÁ M., FRANĚK J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ

E. (2020a): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Březový potok, MS SÚRAO TZ 447/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., DUŠEK K., FIFERNOVÁ M., FRANĚK J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KŮRKOVÁ I., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČEK V., ŽÁČKOVÁ E. (2020b): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Čertovka, MS SÚRAO TZ 448/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., DUDÍKOVÁ B., DUŠEK K., FRANĚK J., HEJTMÁNKOVÁ P., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., NÝVL T., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VERNER K., VOJTĚCHOVÁ H. (2020c): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Čihadlo, MS SÚRAO TZ 449/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BUKOVSKÁ Z., DUŠEK K., FRANĚK J., HANŽL P., HOLEČEK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÉNEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČKOVÁ I., SOJONO I., ŠÍR P., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ E. (2020d): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita EDU-západ, MS SÚRAO TZ 450/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., DUŠEK K., FRANĚK J., HEJTMÁNKOVÁ P., HOLEČEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., NAHODILOVÁ R., PACHEROVÁ P., PETYNIÁK O., PEŘESTÝ V., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŘÍHOŠEK J., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ E. (2020e): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita ETE-jih, MS SÚRAO TZ 451/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BURIÁNEK D., DUŠEK K., FRANĚK J., GRUNDLOCH J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H. (2020f): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Horka, MS SÚRAO TZ 452/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BUKOVSKÁ Z., DUDÍKOVÁ B., DUŠEK K., FRANĚK J., HOLEČEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ E. (2020g): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Hrádek, MS SÚRAO TZ 453/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BURIÁNEK D., BUKOVSKÁ Z., DUŠEK K., FRANĚK J., HOLEČEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PEŘESTÝ V., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H. (2020h): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Kraví hora, MS SÚRAO TZ 454/2020.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BUKOVSKÁ Z., DUDÍKOVÁ B., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J. KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PACHEROVÁ P., PETYNIÁK O., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H. (2020i): Hodnocení lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti, lokalita Magdaléna, MS SÚRAO TZ 455/2020.

Vondrovic L. et al, Metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019-2020, Praha: SÚRAO, TZ 423/2019.

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

ZAHRADNÍK O., et al. (2020): Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách. MS SÚRAO, TZ 442/2020.

Vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení, 2016.

ZÁKON č. 263/2016 Sb., Zákon atomový: Sbírka zákonů, 2016. – Částka 102, 3938–4060.



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST