



 <b>ÚJV Řež a.s. – divize ENERGOPROJEKT PRAHA</b> Husinec-Řež, čp. 130, PSČ 250 68		Řídicí útvar <b>2509</b>	Zpracovatelský útvar	Skartační znak <b>V15</b>
Stavba - akce <b>SÚRAO - Hlubinné úložiště</b>		Objekt-provozní soubor		Pořadové číslo <b>001</b>
Název zakázky				Stupeň ochrany
Název dokumentace <b>Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě</b>  <b>PRŮVODNÍ ZPRÁVA</b>				Číslo výtisku
Soubor <b>TZ_pruvodni.doc</b>	Datum <b>04/2012</b>	Celkem listů <b>117</b>		
Zpracoval <b>kolektiv</b>	Kontroloval <b>Ing. A. Vokál, CSc.</b>	Schválil <b>Ing. I. Pospíšková</b>		
Zpracovatelský kolektiv:				
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <b>Ing. I. Pospíšková</b>  <b>Ing. A. Vokál, CSc.</b> </div> </div>				
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <b>Ing. F. Fiedler</b> </div> </div>				
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <b>RNDr. I. Prachař, CSc.</b> </div> </div>				
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <b>Ing. P. Kotnour</b> </div> </div>				
Zakázkové číslo <b>28-5000-30-010</b>	Archivní číslo <b>EGP 5014-F-120055</b>	Index	Strana <b>1/117</b>	

**Obsah:**

1.	Projekt hlubinného úložiště v ČR .....	10
1.1	Základní koncepce nakládání s VJP v ČR .....	10
1.2	Stručná charakteristika procesu umisťování v ČR .....	12
1.2.1	Oblastní průzkumy .....	12
1.2.2	Doporučené postupy v etapě charakterizace lokality .....	19
2.	Koncepční řešení referenčního projektu hlubinného úložiště .....	21
2.1	Přístup k výběru koncepčního řešení referenčního projektu hlubinného úložiště .....	21
2.2	Základní charakteristika referenční lokality .....	23
2.3	Ukládaný inventář .....	24
2.4	Ukládací soubory .....	25
2.4.1	UOS pro 7 PK VVER 440 .....	27
2.4.2	UOS pro 3 PK VVER 1000 .....	30
2.4.3	Betonkontejner pro uložení sudů s RAO .....	32
2.4.4	UOS pro VJZ z NJZ .....	34
2.4.5	Superkontejner .....	34
2.4.6	Doplnění další bariéry UOS .....	35
2.5	Technické řešení hlubinného úložiště .....	36
2.5.1	Výchozí předpoklady a koncepce řešení .....	36
2.5.2	Nadzemní areál .....	37
2.5.3	Podzemní areál .....	47
2.6	Velikost hlubinného úložiště .....	63
2.7	Popis provozu hlubinného úložiště .....	64
2.7.1	Příjem a skladování VJP/RAO .....	64
2.7.2	Příjem a uložení RAO v betonkontejnerech .....	70
2.8	Provozní bezpečnost .....	72
2.8.1	Scénáře pro bezpečnostní analýzy .....	72
2.8.2	Výsledky výpočtů .....	73
2.8.3	Vyhodnocení .....	75
3.	Vliv výstavby a provozu hlubinného úložiště na životní prostředí .....	77
4.	Dlouhodobá bezpečnost hlubinného úložiště .....	84
4.1	Scénáře vývoje úložiště .....	84
4.2	Koncepční a matematický model vývoje úložiště .....	85
4.3	Výsledky výpočtů .....	88



4.3.1	Screeningový model (etapa 1, 2. dílčí zpráva).....	88
4.3.2	Výsledky výpočtů pomocí výpočetního kódu GoldSim – normální scénář ...	89
4.3.3	Alternativní scénáře .....	90
4.4	Vyhodnocení .....	92
5.	Časový plán projektu a odhad nákladů .....	93
5.1	Časový plán projektu realizace hlubinného úložiště.....	93
5.1.1	Přístup k vytvoření časového plánu .....	93
5.1.2	Celkový harmonogram projektu .....	97
5.2	Odhad ekonomické náročnosti výstavby a provozu hlubinného úložiště .....	100
5.2.1	Investiční náklady .....	100
5.2.2	Provozní náklady .....	101
5.2.3	Celkové náklady .....	101
6.	Doporučení dalších prací .....	103
7.	Použité podklady.....	109
8.	Přílohy .....	111

**Seznam tabulek:**

Tab. 1 – Vybrané potenciální lokality pro umístění HÚ .....	15
Tab. 2 - Vybrané potenciální lokality pro umístění HÚ .....	17
Tab. 3 - Přehled ukládaných odpadů .....	24
Tab. 4 - Aktivita VJP z reaktorů VVER 440 .....	25
Tab. 5 - Aktivita VJP z reaktorů VVER 1000 a NJZ.....	25
Tab. 6 - Celkový inventář radionuklidů v odpadech z vyřazování.....	25
Tab. 7 - Celkový inventář radionuklidů v HÚ .....	25
Tab. 8 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry OS .....	47
Tab. 9 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry SC.....	48
Tab. 10 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry vrtu.....	48
Tab. 11 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry distančních bloků .....	48
Tab. 12 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, počet vrtů .....	49
Tab. 13 – Důlní stavební objekty.....	51
Tab. 14 - Přehled potenciálních expozičních cest pro období uvolnění prostoru úložiště .	85
Tab. 15 - Přehled hlavních časových lhůt vedoucích k uvedení HÚ do provozu .....	98
Tab. 16 – Investiční náklady na realizaci HÚ .....	100
Tab. 17 – Předpokládané provozní náklady .....	101
Tab. 18 – Odhad ekonomické náročnosti výstavby a provozu HÚ .....	102



**Seznam obrázků:**

Obr. 1 - Uplatnění 1. a 2. kroku výběru (převzato z [2] ) .....	14
Obr. 2 - Uplatnění 3. kroku a výběr lokalit (převzato z [3]) .....	16
Obr. 3 - Uplatnění 5. kroku a výběr lokalit .....	18
Obr. 4 - Základní charakteristika vybraných variant .....	22
Obr. 5 . UOS pro 7 PK VVER 440 .....	29
Obr. 6 - UOS pro 3 PK VVER 1000 .....	31
Obr. 7 - Betonkontejner pro uložení sudů s RAO .....	33
Obr. 8 – Schéma superkontejneru .....	34
Obr. 9 – Doplněná bariéra UOS .....	35
Obr. 10 – Propojení nadzemního a podzemního areálu .....	38
Obr. 11 – Schematické zobrazení vazeb mezi jednotlivými moduly nadzemní a podzemní části HÚ .....	41
Obr. 12 – Schematické znázornění jednotlivých modulů nadzemní části HÚ .....	46
Obr. 13– Moduly podzemní části HÚ .....	53
Obr. 14 - Schéma velkoprofilového vrtného stroje (Box Hole Borer) .....	56
Obr. 15 - Pohled do vyvrtané chodby (1), pohled na vrtné zařízení (2) a schéma velkoprofilového vrtného dláta s roubíkovými kotouči (3) .....	56
Obr. 16 - Schéma ukládání SC v ukládacím vrtu .....	57
Obr. 17 - Schéma ocelovo-betonové koncové zátky .....	57
Obr. 18 - Schéma oddělovací zátky (vlevo) a drážky pro její instalaci. ....	58
Obr. 19 - Uspořádání zavážecích chodeb, nik a ukládacích vrtů v ukládací sekci. ....	58
Obr. 20 - Uspořádání sekce ukládání RAO .....	59
Obr. 21 - Profil těžební jámy .....	61
Obr. 22 - Hala příjmu a překládky č.107 .....	65
Obr. 23 - Přeprava OS z Haly příjmu k HK .....	66
Obr. 24 - Spojovací chodba 111 (k m.č.107/109) .....	66
Obr. 25 - Pracoviště zavážení VJP .....	67
Obr. 26 - Centrum přípravy superkontejneru .....	69
Obr. 27 - Umístění superkontejnerů ve vrtu .....	70
Obr. 28 - Ukládací komora RAO .....	71
Obr. 29 - Způsob zavážení betonkontejnerů s RAO .....	71
Obr. 30 - Nehoda při přepravě po areálu HÚ .....	73
Obr. 31 - Únik při zavážce paliva – Integrační doba 2 dny .....	74
Obr. 32 - Únik při zavážce paliva – Integrační doba 1 rok .....	75

Obr. 33 - Schematické rozdělení dotčeného území do oblastí podle intenzity vlivu hlubinného úložiště na životní prostředí .....	78
Obr. 34 - Koncepční model hlubinného úložiště pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti .....	87
Obr. 35 - Srovnání maximální efektivní dávky různých variant ukládání vyhořelého jaderného paliva (A: UO <sub>x</sub> – otevřený cyklus, přímé uložení paliva, B: MOX, VAO, SAO – uzavřený cyklus s přímým uložení paliva typu MOX, vitrifikovaného odpadu (VAO) a středně aktivních odpadů (SAO)). .....	88
Obr. 36 - Výpočty dlouhodobé bezpečnosti úložiště s VJP pro různé hydrogeologické podmínky v ve zvoleném horninovém prostředí .....	89
Obr. 37 - Vliv zemětřesení na bezpečnost hlubinného úložiště (scénář B) .....	90
Obr. 38 - Vliv zemětřesení na bezpečnost hlubinného úložiště při současné předpokladu nefunkčnosti těsnicího systému (scénář D) .....	91
Obr. 39 - Příprava projektu hlubinného úložiště .....	95
Obr. 40 - Celkový harmonogram výstavby a provozu hlubinného úložiště .....	99
Obr. 41 - Užší lokalita Čertovka (Lubenec) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	111
Obr. 42 - Užší lokalita Březový potok (Pačejov) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	112
Obr. 43 - Užší lokalita Magdaléna (Vlksice) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	113
Obr. 44 - Užší lokalita Čihadlo (Lodhéřov) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	114
Obr. 45 - Užší lokalita Hrádek (Rohozná) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	115
Obr. 46 - Užší lokalita Horka (Budišov) – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	116
Obr. 47 - Testovací lokalita Melechov – zdroj: SÚRAO. <a href="http://www.rawra.cz">www.rawra.cz</a> .....	117



## Seznam zkratk

ALARA	Co nejnížší rozumně dosažitelná úroveň se zohledněním hospodářských a společenských faktorů	ALARA	As Low As Reasonable Principle
BK	Beton kontejner	CC	Concrete container
ČEZ	ČEZ, a.s.	ČEZ	ČEZ, a.s. – the largest electricity producer in the Czech Republic
ČGÚ	Český geologický ústav	ČGÚ	Czech Geological Institute
ČGS	Česká geologická služba	ČGS	Czech Geological Survey
ČR	Česká republika	ČR	Czech Republic
SO	Stavební objekt	CS	Civil structure
ČBÚ	Český báňský úřad	ČBÚ	Czech Mining Office
RD	Realizační dokumentace	DD	Detailed Design
HÚ	Hlubinné úložiště	DGR	Deep geological repository
DuPS	Důlní provozní soubor	DuPS	Mining functional unit
DuSO	Důlní stavební objekt	DuSO or MCS	Mining civil structure (Czech abbreviation DuSO is also used)
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany	EDU	Dukovany Nuclear Power Plant
EIA	Posouzení záměru na životní prostředí	EIA	Environmental Impact Assessment
ETE	Jaderná elektrárna Temelín	ETE	Temelín Nuclear Power Plant
PS	Palivový soubor	FA	Fuel assembly
HK	Horká komora	HC	Hot cell
HEPA	HEPA filtr	HEPA	High efficiency particulate air filter
VAO	Vysoce aktivní odpady (viz následující definice základních pojmů)	HLW	High-level waste (see following definitions of basic terms)
VZT	Vzduchotechnika	HVAC	Heating, Ventilation, Air-Conditioning
SAO	Středněaktivní odpad	MLW	Medium-level waste
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu	MPO	Ministry of Industry and Trade
MŽP	Ministerstvo životního prostředí	MŽP	Ministry of the Environment
JZ	Jaderné zařízení	NI	Nuclear installation
NJZ	Nový jaderný zdroj	NJZ	New Nuclear Unit (-s) (Czech abbreviation NJZ is used to prevent possible confusions)
JE	Jaderná elektrárna	NPP	Nuclear power plant

ÚJV	Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s.	NRI	Nuclear Research Institute Řež, plc
OS	Obalový soubor	OS	Cask for SNF; Container for RAW
PD	Projektová dokumentace	PD	Project documentation
PL	Podzemní laboratoř	PL	Underground laboratory
PS	Provozní soubor	FU	Functional Unit
PBZ	Předběžná bezpečnostní zpráva (dokumentace pro povolení výstavby dle Atomového zákona)	PSAR	Preliminary Safety Analysis Report (documentation for the issue of a license for construction pursuant to the Atomic Act)
PHM	Pohonné hmoty a mazadla	PHM	Gas oil, diesel oil, lubricants
RAO	Radioaktivní odpad	RAW	Radioactive waste
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů	RAWRA	Radioactive Waste Repository Authority
RK	Radiační kontrola	RM	Radiation monitoring
RPHÚ 1999	Referenční projekt hlubinného úložiště – verze z r. 1999	RPDGR 1999	Reference Project of a Deep Geological Repository – version 1999
RPHÚ 2011	Referenční projekt hlubinného úložiště – verze z r. 2011	RPDGR 2011	Reference Project of a Deep Geological Repository – version 2011
SC	Superkontejner	SC	Supercontainer
VJP	Vyhořelé jaderné palivo	SNF	Spent nuclear fuel
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost	SÚJB	State Office for Nuclear Safety
SP	Stavební povolení	-	Building permit
TBM	Tunnel boring machine	TBM	Tunnel boring machine
TSFO	Technický systém fyzické ochrany	TMPP	Technical means of physical protection
TUL	Technická universita v Liberci	TUL	Technical University of Liberec
UNIKA	Sazebník pro navrhování nabídkových cen projektových prací a inženýrských činností	UNIKA	Price list for determination of bid prices of design and engineering work
ULPA	Ultra low particulate air filtr	ULPA	Ultra low particulate air filter
UOS	Ukládací obalový soubor	UOS	Disposal canister
ÚR	Rozhodnutí o umístění stavby (Územní rozhodnutí)	-	Siting permit
ÚRS	Ústav racionalizace ve stavebnictví	URS	Institute of Rationalization in Building Industry
VÚ	Vojenský újezd	VÚ	Military District



VVER	Vodovodjanoj Energetičeskij Reaktor	VVER	Water-Water Energetic Reactor (Russian abbreviation of the nuclear reactor)
ČOV	Čistírna odpadních vod	WWTP	Waste water treatment plant
Zk	Zkoušky zařízení	Zk	Equipment tests
ZS	Zařízení staveniště	ZS	On-site facilities

### Definice základních pojmů

Betonkontejner	Obalový soubor pro ukládání RAO z vyřazování a ostatní RAO nepřijatelné do povrchových úložišť.
Hlubinné úložiště	Areál sloužící k trvalému uložení radioaktivních odpadů zahrnující jak podzemní, tak i povrchovou část střeženého prostoru včetně podpůrných zařízení.
Horká komora	Zařízení překládacího uzlu, hermeticky oddělené od ostatního prostoru, ve kterém bude prováděna závazka obsahu přepravního OS do ukládacího OS.
Lokalita	Území do vzdálenosti 20 km od hranice pozemku navrženého pro umístování.
Překládací uzel	Soubor objektů a zařízení sloužících k příjmu přepravních OS a překládce jejich obsahu do ukládacích OS.
Superkontejner	Bezpečnostní jednotka, která je ukládána přímo do horizontálních vrtů úložiště.
Ukládací obalový soubor	Obalový soubor určený k trvalému uložení v HÚ.
VAO	Vysoce aktivní odpady ve smyslu vyhlášky č.307/2002 Sb. o radiační ochraně v platném znění, a v následujícím textu též odpady z přepracování VJP z výzkumných reaktorů apod., nesplňující z hlediska aktivity kritéria přijatelnosti pro přípovrchová úložiště.



# 1. PROJEKT HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ V ČR

Předložená Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště (RPHÚ 2011) [5]-[11], vychází z již dříve provedených koncepčních rozhodnutí a výsledků dosud provedených výzkumných a vývojových prací. Pro snazší pochopení některých východisek, použitých v RPHÚ 2011, je v této kapitole podán stručný přehled jak koncepčních rozhodnutí, tak klíčových studií řešících zejména problematiku výběru vhodné lokality pro umístění hlubinného úložiště.

## 1.1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE NAKLÁDÁNÍ S VJP V ČR

Příprava hlubinného úložiště byla v České republice zahájena již v polovině 80-tých letech, kdy byly realizovány geologicko-průzkumné práce na lokalitě Temelín v rámci státního výzkumného úkolu A 01-159-812/06. Byl vyhlouben 700 m hluboký vrt, který potvrdil, že geologický blok moldanubického krystalinika je vhodný pro výstavbu hlubinného úložiště. V roce 1988 Geologický ústav vybral dalších 27 potenciálně vhodných lokalit pro umístění hlubinného úložiště.

Systematický proces přípravy hlubinného úložiště však začal až po zrušení smlouvy o bezplatném odvozu vyhořelého paliva do Ruské federace v roce 1989. V letech 1991 - 1993 byla problematika ukládání radioaktivních odpadů v Československu řešena v rámci ÚSP RVT A 01-159-812 „Optimalizace systému zneškodňování RAO“. Na tento úkol v roce 1993 navázalo řešení rozsáhlého státního projektu zaměřeného na přípravu hlubinného úložiště. Projekt byl řízen tzv. Radou šesti (MH, MPO, MŽP, SÚJB, ČEZ, ÚJV) a koordinován ÚJV Řež a.s.

Byla provedena obsáhlá rešerše dostupných geologických, geografických a částečně i socio-ekonomických dat o možných lokalitách, kam by bylo možno hlubinné úložiště umístit, shrnuty dostupné informace o množství vyhořelého paliva a ostatních odpadech, které bude třeba uložit do hlubinného úložiště a analyzovány základní informace o vlastnostech odpadů, potřebných inženýrských bariérách a vlastnostech různých horninových prostředí. Ve Škoda JS byly navrženy obalové soubory na bázi uhlíkové oceli. Byly vypracovány základní ideové projekty podzemní i nadzemní části hlubinného úložiště na základě analýzy švédského konceptu KBS3V, který předpokládá uložení vyhořelého jaderného paliva vertikálních vrtech v obalových souborech s měděným přebalem obklopeným zhuštěným bentonitem v granitové hornině v hloubce zhruba 500 m. Ze shrnutých informací byl připraven podrobný návrh harmonogramu výzkumných a projektových prací, potřebných pro získání územního rozhodnutí a výstavbu hlubinného úložiště, který počítal se zahájením provozu hlubinného úložiště v letech 2050 - 2070.

S využitím informací, získaných v rámci předchozího státního úkolu v letech 1993 až 1997, byl vypracován v roce 1999 první referenční projekt hlubinného úložiště v hypotetické lokalitě na území ČR [13]. Ten zahrnoval kromě základních ideových projektů a odhadu ekonomických nákladů na výstavbu hlubinného úložiště i vypracování zadávací bezpečnostní zprávy a studii dopadu úložiště na životní prostředí. Většina provedených analýz sloužila více méně k ilustračním účelům a identifikaci prací, které je třeba provádět v dalším období.



Ačkoliv byl RPHÚ 1999 řešen velice ideově, byl prvním ucelenějším výstupem projektu HÚ, který byl sestaven v souladu s pojetím etapy koncepce a plánování (conceptual and planning stage) dle mezinárodních doporučení (návod 111-G-4.1, IAEA, 1994). Součástí této etapy pak byla další, navazující rozhodnutí a některé rešeršní práce.

V roce 2002 byla Vládou schválena Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem [1], jejíž základní premisou bylo to, že české jaderné elektrárny jsou provozovány v otevřeném palivovém cyklu a realizace skladů vyhořelého jaderného paliva umožňuje zaujetí vyčkávací pozice (tj. že v závislosti na podmínkách bude možné vyhořelé jaderné palivo buď přepracovat nebo využít nově vyvíjené tzv. transmutační technologie). Za základní strategii bylo považováno uložení vyhořelého jaderného paliva v hlubinném úložišti, protože i v případě zavedení přepracování bude existovat vyhořelé palivo a dále vysoceaktivní odpady, které bude nutné uložit v hlubinném úložišti. Vzhledem ke zjednodušení technického řešení pro snížení vývinu tepla a poklesu radiace se předpokládalo, že prvé vyhořelé jaderné palivo bude předáno k uložení okolo roku 2065.

Od roku 1999 SÚRAO iniciovalo řadu projektů, které vedly k hlubšímu poznání procesů probíhajících v hlubinném úložišti. Řada projektů byla řešena i ve spolupráci se zahraničními subjekty, což umožnilo lepe využívat zahraniční poznatky. V procesu výběru vhodné lokality bylo rozhodnuto zúžit výběr na šest lokalit pouze s granitoidní horninou z důvodu zjednodušení jejich hodnocení. Na základě negativních stanovisek dotčených obcí byly další práce v těchto lokalitách rozhodnutím vlády ČR v letech 2004 - 2009 přerušeny.

Pro zajištění výstavby hlubinného úložiště má zásadní význam územní plánování. Usnesením vlády České republiky č. 929 ze dne 20. července 2009 byl schválen dokument Ministerstva pro místní rozvoj Politika územního rozvoje České republiky 2008, kde je v kapitole Odpadové hospodářství pod bodem (169) Sk1 je uveden úkol provést z lokalit s vhodnými vlastnostmi horninového masivu a s vhodnou infrastrukturou výběr dvou nejvhodnějších lokalit pro vybudování hlubinného úložiště s termínem do roku 2015.

V souladu s koncepcí nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem byl vytvořen harmonogram postupu, který zahrnuje následující etapy:

**2010–2015:** Vyhledávací fáze geologického průzkumu

**2015–2025:** Fáze podrobných průzkumů hornin, výzkumných a vývojových prací

**2025–2050:** Práce na finální lokalitě včetně vybudování podzemní laboratoře a výzkumných prací v podzemní laboratoři

**2050–2064:** Výstavba podzemního i povrchového komplexu úložiště

**2065:** Zahájení provozu



## 1.2 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROCESU UMISŤOVÁNÍ V ČR

Základním cílem procesu umisťování (siting) je, jak je uvedeno v čl. 301 návodu 111-G-4.1 (IAEA, 1994), zvolit vhodné místo pro ukládání RAO a prokázat, že toto místo, spolu s technickým řešením a systémem inženýrských bariér, má vlastnosti, které poskytují odpovídající izolaci radionuklidů od okolního prostředí po požadované časové období.

V nejobecnější rovině se profesionální siting opírá o tři základní metodické zásady:

1. konzervativní přístup zajišťující rozumně dosažitelnou bezpečnost jaderného zařízení;
2. variantní přístup umožňující optimalizaci řešení v průběhu výběrového procesu;
3. postupnost a etapovitost prací, což zvyšuje pravděpodobnost úspěšnosti a plynulosti výběrového procesu.

V čl. 303 návodu 111-G-4.1 (IAEA, 1994) jsou uvedeny čtyři etapy, do kterých je možné proces umisťování rozdělit:

- etapa koncepce a plánování (conceptual and planning stage)
- etapa regionálních průzkumů (area survey stage)
- etapa charakterizace lokality (site characterization stage)
- etapa potvrzení lokality (site confirmation stage).

Praktické provádění výběrového procesu musí vycházet z vytvoření systému požadavků a kritérií, která jsou transparentní a dostatečným a věrohodným způsobem dokladovatelná. Dále je třeba podotknout, že proces umisťování je proces multidisciplinární, v němž je nutné řešit otázky geovědní, projektové, bezpečnostní i otázky společenské (viz Appendix I, návod IAEA SSG-14) [15].

Zkušenosti ukazují, že dodržování těchto zásad umožňuje, při plnění tohoto poměrně dlouhodobého úkolu, pružně reagovat na případné změny vstupních podmínek (např. legislativní či technologické), aniž by docházelo k výraznému zdržení postupu prací. Dále tyto přístupy, zejména trvalá informovanost o průběhu procesu výběru a o získaných průkazech bezpečnosti, pozitivně ovlivňují přijatelnost záměru u stavbou dotčeného obyvatelstva.

Optimálním výsledkem výběrového procesu je nalezení prioritní a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště, pro které jsou opatřeny jednak „povinné“ průkazy bezpečnosti a jednak zhodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých stavenišť nebo variant umístění.

### 1.2.1 Oblastní průzkumy

V prvních fázích procesu umisťování HÚ v ČR byly provedeny dvě rozsáhlejší studie, jejichž cílem bylo vytipovat vhodné oblasti nebo lokality na území ČR. Od roku 1992 probíhaly tyto studie v gesci MŽP. Slabinou těchto studií bylo zaměření pouze na geologické aspekty dané problematiky. Výsledkem tohoto zúženého pohledu byla v roce 1991 práce ČGÚ (nyní ČGS), která obsahovala návrhy umístění 32 lokalit HÚ.

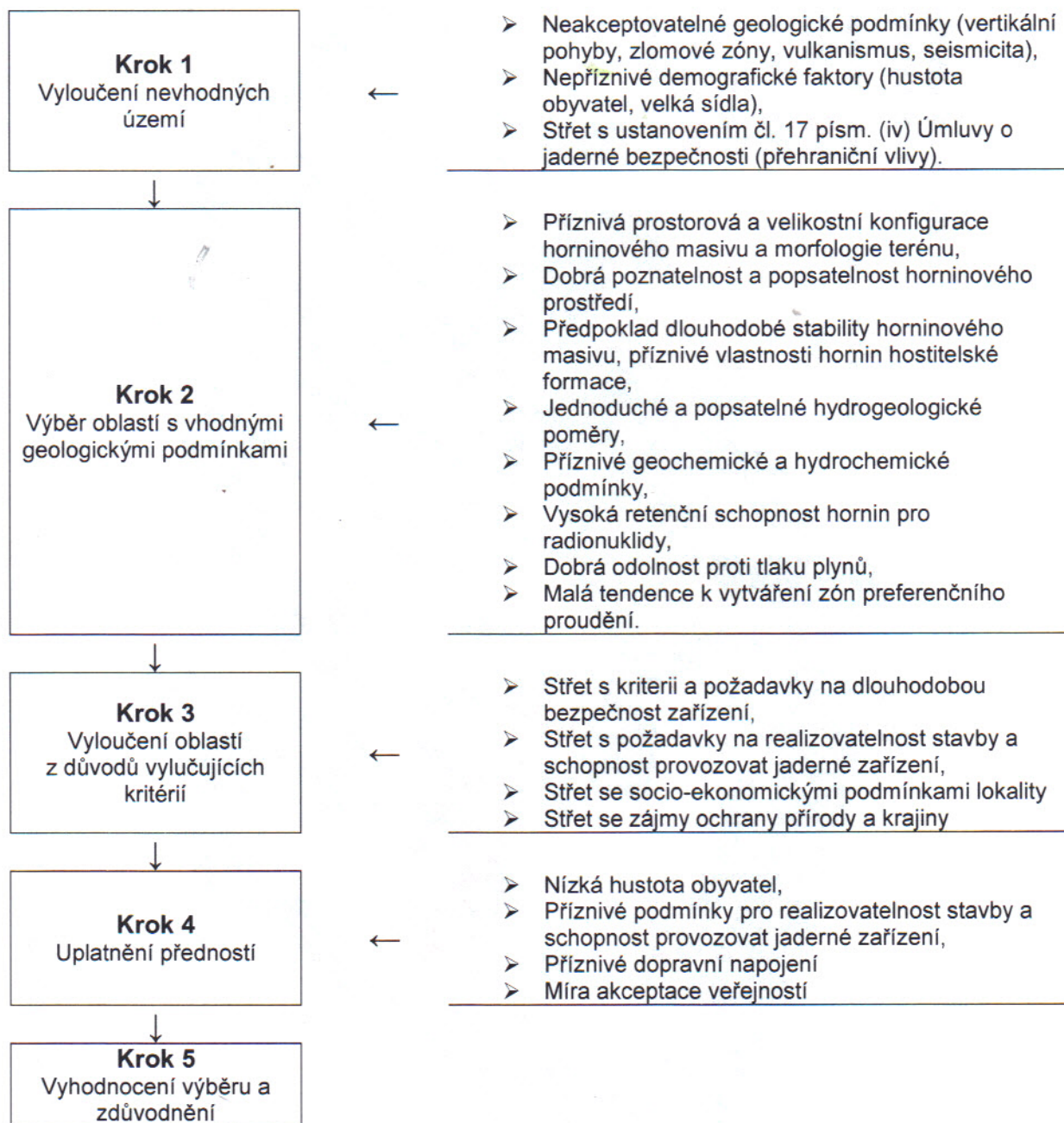
V následujících letech navázaly na tuto výběrovou studii další práce, ve kterých byl předchozí výběr zúžen na 13 lokalit. V roce 1998 byla v ÚJV Řež provedena rešerše



geologických informací [4], která vytipovala osm lokalit. Dalším provedeným vyhodnocením byla práce Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR [2], na kterou v roce 2004 navázala další práce Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR [3].

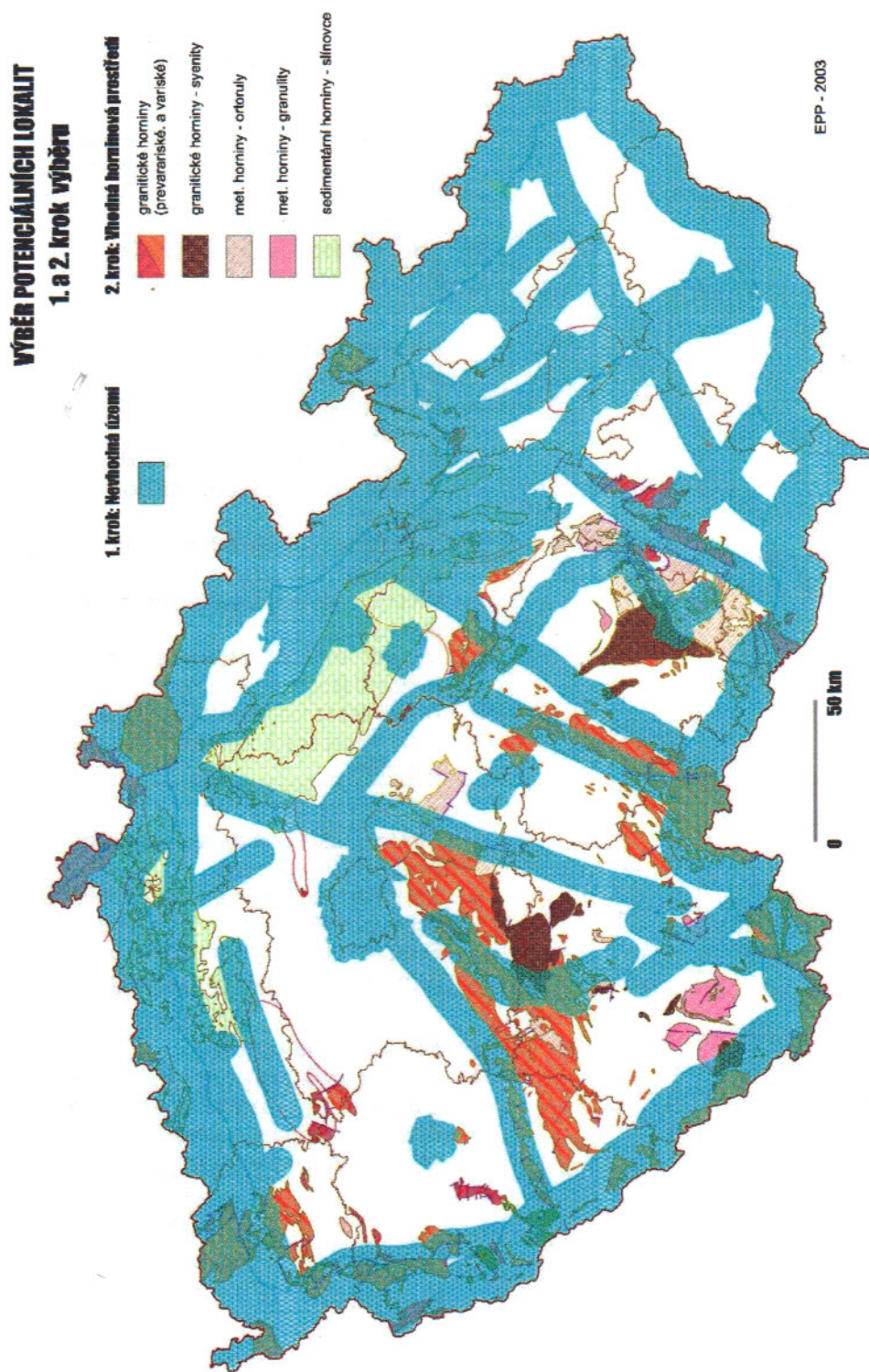
### 1.2.1.1 Screening území ČR

Práce v etapě oblastních průzkumů byly rozděleny do následujících pěti kroků:



Výsledky jednotlivých kroků screeningu území ČR byly prezentovány na tematických mapách.





Obr. 1 - Uplatnění 1. a 2. kroku výběru (převzato z [2] )

Výsledkem 3. kroku, tj. po kritickém zhodnocení možného dosažení dlouhodobé bezpečnosti, možných střetů s jinými antropogenními aktivitami a možné kolize se zájmy ochrany přírody vyplývajícími ze zákona 114/1992 Sb., bylo nalezeno 11 potenciálních lokalit ve třech různých typech hornin (Tab. 1). Lokality jsou vyznačeny na mapce (Obr. 2).

**Tab. 1 – Vybrané potenciální lokality pro umístění HÚ**

poř. č.	č. lokality	Označení lokality
V prostředí granitoidních masivů:		
1.	G/1	Lubenec - Blatno
2.	G/2	Pačejov nádraží
3.	G/3	Božejovice - Vlksice
4.	G/4	Pluhův Žďár - Lodhěřov
5.	G/5	Rohozná – Růžená
6.	G/6	Budišov
7.	G/7	Borohrádek
V prostředí metamorfovaných hornin:		
8.	M/1	Teplá
9.	M/2	Zbytiny
10.	M/3	Opatovice - Silvánka
V prostředí sedimentárních hornin:		
11.	S/1	Lodín - Nový Bydžov

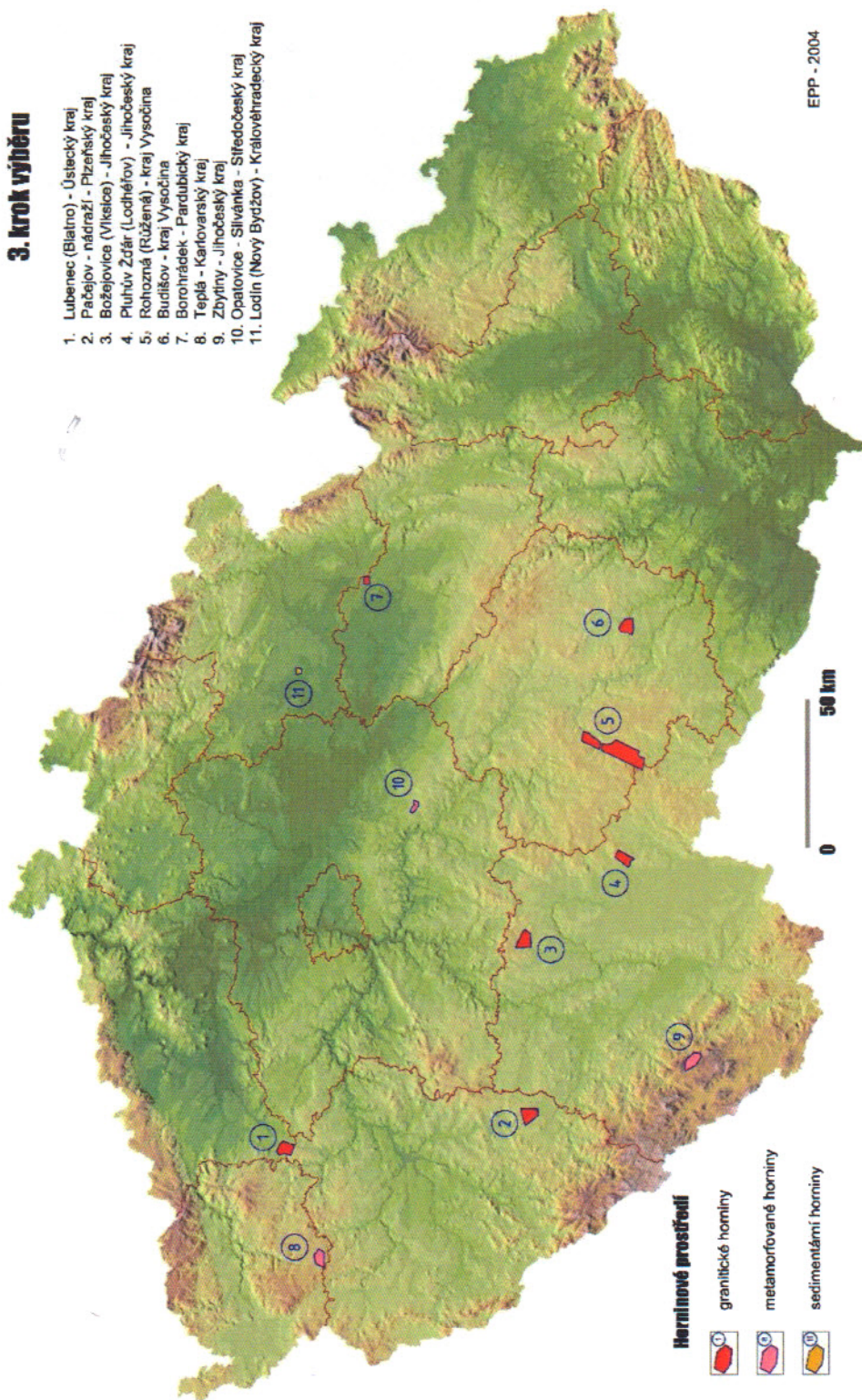
Těchto 11 lokalit bylo hodnoceno i ve 4. kroku výběru [3]. U všech lokalit byly posouzeny možnosti dopravního napojení, vyhodnocena hustota osídlení a určeny výhody a nevýhody umístění.



## VÝBĚR POTENCIÁLNÍCH LOKALIT

### 3. krok výběru

1. Lubenec (Blatno) - Ústecký kraj
2. Pačejov - nádraží - Plzeňský kraj
3. Božejovice (Vlče) - Jihočeský kraj
4. Píluhův Zdr (Loděňov) - Jihočeský kraj
5. Rohozná (Růžena) - kraj Vysočina
6. Budišov - kraj Vysočina
7. Borohrádek - Pardubický kraj
8. Teplá - Karlovarský kraj
9. Zbýlín - Jihočeský kraj
10. Opatovice - Slváneka - Středočeský kraj
11. Lodin (Nový Bydžov) - Královéhradecký kraj



Obr. 2 - Uplatnění 3. kroku a výběr lokalit (převzato z [3])



### 1.2.1.2 Výběr potenciálních lokalit (5. krok)

Po roce 2004 SÚRAO v pátém výběrovém kroku upřednostnilo lokality v granitovém horninovém prostředí (vyjma lokality G/7) a na těchto lokalitách zahájilo geologické práce vedoucí ke zúžení velikosti potenciálních lokalit. Rozhodnutí o jednom horninovém prostředí bylo motivováno tendencí soustředit výzkum procesů v poli blízkých i vzdálených interakcí na jeden horninový typ a netříštit síly a prostředky do řady paralelních aktivit. Toto rozhodnutí neznamená automatické a definitivní odmítnutí dalších lokalit, na nichž je vybudování HÚ možné, protože v tomto stádiu prací není vyloučeno, že může nastat potřeba návratu k některé z lokalit vybraných v předchozím období [4].

Průzkumné práce, jako např. letecký geofyzikální průzkum, vyhodnocování družicových snímků a pozemní geochemie, na výše zmíněných lokalitách provádělo sdružení Geobariéra [14]. Výsledkem této studie bylo upřesnění ve vymezení výše zmíněných šesti lokalit situovaných v granitoidech (viz Obr. 3). Jsou to lokality Čertovka (Lubenec, Blatno, Ústecký kraj), Březový potok (Pačejov, Chanovice, Plzeňský kraj), Magdalena (Jistebnice, Vlksice, Jihočeský kraj), Čihadlo (Pluhův Žďár, Lodhéřov Jihočeský kraj), Hrádek (Nový Rychnov, Rohozná, Vysočina) a Horka (Budišov, Oslavička, Vysočina).

Vzhledem k převážně odmítavému postoji veřejnosti byly geologické práce v lokalitách rozhodnutím vlády ČR v letech 2004 - 2009 přerušeny.

V roce 2006 byly navržené lokality zařazeny do Politiky územního rozvoje (schválena usnesením vlády č. 561 ze 17. května 2006). V roce 2008 proběhla její aktualizace s dílčí úpravou v části týkající se výběru lokalit pro HÚ a dokument byl schválen vládou v červenci 2009 (usnesení vlády č. 929 z 20. července 2009) s úkolem provést výběr dvou nejvhodnějších lokalit pro realizaci hlubinného úložiště do roku 2015, a to za účasti dotčených obcí.

Dotčená zájmová území, z nichž budou vybrány lokality do etapy charakterizace lokality, jsou uvedena v Tab. 2 a zakreslena do situačních map (kap.8 - Přílohy, Obr. 41 – Obr. 46).

**Tab. 2 - Vybrané potenciální lokality pro umístění HÚ**

poř. č.	Označení lokality
1.	Čertovka (Blatno)
2.	Březový potok (Pačejov Nádraží)
3.	Magdalena (Božejovice)
4.	Čihadlo (Lodhéřov)
5.	Hrádek (Rohozná)
6.	Horka (Budišov)

Nově byly z hlediska možnosti umístění hlubinného úložiště posuzovány lokality vojenských újezdů; vhodné geologické podmínky byly nalezeny ve VÚ Boletice. Zvažována je rovněž i lokalita v blízkosti uranového dolu v Dolní Rožince (Kraví Hora).

Podmínky na vybraných lokalitách, a zejména na testovací lokalitě Melechov (Obr. 47), byly pro potřeby RPHÚ 2011 zohledněny a následně využity pro konstrukci podmínek "hypotetické lokality". Základní popis referenční lokality pro RPHÚ 2011 je uveden v kapitole 2.2.

V současné době je v ČR zvažováno zahájení další etapy umisťování HÚ, tj. zahájení etapy charakterizace kandidátských lokalit.



## VÝBĚR POTENCIÁLNÍCH LOKALIT

### 5. krok výběru

1. Lubenec - Čertovka
2. Pačejov - Březový potok
3. Vlkašice - Magdalena
4. Pluhův Žďár - Chadlo
5. Rohozná - Hrádek
6. Budišov - Horka



Obr. 3 - Uplatnění 5. kroku a výběr lokalit

### 1.2.2 Doporučené postupy v etapě charakterizace lokality

Další prohloubení a optimalizaci referenčního projektu HÚ, jako určitého východiska pro vytvoření předběžného projektu pro konkrétní lokalitu, vyžaduje provedení dalších průzkumných prací na několika potenciálních lokalitách.

Podle čl. 325 návodu 111-G-4.1 (IAEA, 1994) by v této etapě měly být shromážděny místně specifické informace o lokalitě a horninovém prostředí. Tzn., že je nutné naplánovat a provést terénní průzkumné práce (mapovací práce, geofyzikální měření, vrtné práce, průzkumné práce prováděné hornickým způsobem a řadu laboratorních rozborů). Výsledkem těchto průzkumů by měl být soubor reálných dat o lokalitě (geologických, hydrogeologických, geochemických a environmentálních). Významná jsou též data vztahující se k proveditelnosti stavby (dopravní napojení, střety zájmů apod.), data o demografii a poznatky o socio-ekonomických souvislostech v dané lokalitě. Na základě této etapy by měl být proveden výběr jednoho nebo i více preferovaných míst pro další studium.

V podmínkách, ve kterých se nachází projekt HÚ v ČR, by etapa charakterizace lokality měla být provedena v následujících krocích:

#### 1. krok:

- Zpracování výběrových kritérií, požadavků na lokalitu a postupů jejich aplikace.
- Revize výsledků dosud provedených prací na výběru lokalit, případné přehodnocení některých dříve provedených rozhodnutí např. volby horninového prostředí).
- Provedení studií proveditelnosti pro jednotlivé lokality a získání podkladů pro vypracování plánů průzkumných prací.
- Vytvoření plánů průzkumných prací pro jednotlivé vybrané.

#### 2. krok:

- Provedení mapovacích a průzkumných prací na jednotlivých lokalitách, včetně orientačního vrtného průzkumu.
- Provedení předběžných demografických a socio-ekonomických studií.
- Provedení předběžného posouzení očekávaných environmentálních dopadů.
- Screeningové bezpečnostní hodnocení
- Hodnocení a redukce počtu zkoumaných lokalit na prioritní a záložní.

#### 3. krok:

- Provedení průzkumných prací hornickým způsobem.
- Charakterizace prioritní lokality HÚ. (Pouze v případě, že prioritní lokalita nebude v nějakých závažných důvodech využita, bude provedena charakterizace záložní lokality).
- Bezpečnostní hodnocení kandidátské lokality na základě reálných dat.
- Implementace výsledků bezpečnostního hodnocení do výstupu z 3. kroku výběrového procesu



Závěrečným krokem by měl být výběr lokality vhodné pro výstavbu podzemní laboratoře, její výstavba a příprava (vytvoření plánu průzkumných a ověřovacích prací) na etapu potvrzování prioritní lokality.

## 2. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ REFERENČNÍHO PROJEKTU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Hlubinné úložiště je určeno k bezpečnému uložení VJP (po jeho prohlášení za radioaktivní odpad) a RAO, které není možné uložit do přípovrchových úložišť.

Takový projekt je podporován dlouhodobou vědecko-výzkumnou i projektovou přípravou. Pro ověření proveditelnosti stavby a náročnosti vypracování jednotlivých dokumentů, potřebných pro povolení umístění tohoto jaderného zařízení, bylo rozhodnuto vypracovat tzv. Referenční projekt, který je koncipován jako soubor dílčích vzorových dokumentací pro povolení umístění hlubinného úložiště.

Technicky je řešen jako modelový projekt stavby, jejíž parametry odpovídají soudobému stupni poznání. V současné době není vybrána cílová lokalita, proto je umístěn v hypotetické lokalitě, jejíž vlastnosti však přibližně odpovídají pravděpodobné charakteristice v budoucnu zvolené lokality.

### 2.1 PŘÍSTUP K VÝBĚRU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ REFERENČNÍHO PROJEKTU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Jedním z prvních řešených témat zadaného úkolu byl návrh, hodnocení a výběr optimálních variant technického řešení hlubinného úložiště [5].

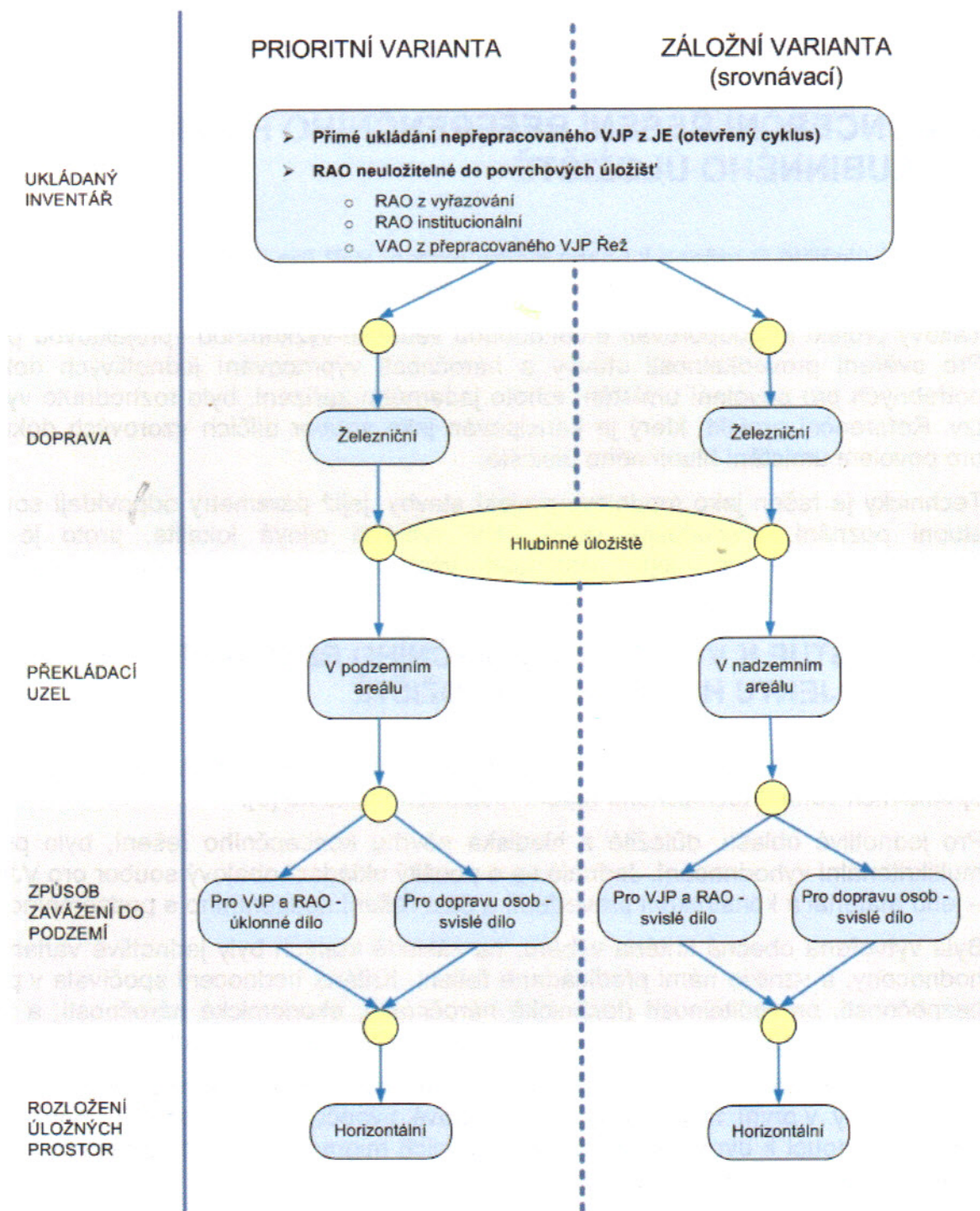
Pro jednotlivé oblasti, důležité z hlediska návrhu koncepčního řešení, bylo provedeno multikriteriální vyhodnocení. Jednalo se o použitý ukládací obalový soubor pro VJP a RAO – jeho materiál a konstrukční provedení, a dále řešení nadzemního a podzemního areálu.

Byla vytvořena obecná kritéria výběru, na základě kterých byly jednotlivé varianty řešení hodnoceny, a vzniklo námi předkládané řešení. Kritéria hodnocení spočívala v porovnání bezpečnosti, proveditelnosti (technické náročnosti), ekonomické náročnosti, a v případě návrhu technického řešení i v posouzení sociálně-politických aspektů.

Pro první přiblížení hodnocení dlouhodobé bezpečnosti vytipovaných variant hlubinného úložiště byly v první fázi využity screeningové výpočty, které popisují pouze základní procesy vedoucí k uvolnění radionuklidů a jejich migraci do životního prostředí. Výsledky screeningových výpočtů jsou diskutovány v kap. 4.3.1.

Na základě multikriteriálního vyhodnocení byly vybrány dvě varianty - prioritní a záložní.





Obr. 4 - Základní charakteristika vybraných variant

Základním rozdílem mezi oběma variantami je umístění překládacího uzlu a doprava obalových souborů s VJP a RAO z překládacího uzlu do úložných prostor hlubinného úložiště.

Prioritní varianta předpokládá umístění do podzemí celého základního provozu, který zajišťuje překládku VJP a veškeré manipulace s obalovými soubory, přepravními i skladovacími. V nadzemním areálu je umístěny pouze související provozy (např. hygienické uzávěry, laboratoře, atd.).



Pro tuto variantu byly zpracovány všechny potřebné vzorové dokumentace, v rozsahu relevantním současným znalostem. Vybraná záložní varianta slouží pouze jako srovnávací pro ekonomické vyhodnocení.

Modulové uspořádání podzemního i nadzemního areálu, rozpracované v referenčním projektu, umožňuje variantní přístup. V uvažovaných lokalitách, kde to morfologie území dovolí, lze umístit překládací uzel do podzemního areálu. V dalších lokalitách pak může být umístěn nadzemním areálu.

## 2.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA REFERENČNÍ LOKALITY

S ohledem na zatím neukončený proces výběru prioritní a záložní lokality bylo nutné při zpracování projektu umístit stavbu do referenční lokality, která poskytla alespoň základní charakteristiku a omezující podmínky, použité pro přípravu technického řešení, bezpečnostní analýzy a vyhodnocení vlivů na obyvatelstvo a životní prostředí.

Uvažovaná referenční lokalita se nachází v oblasti s vhodným horninovým prostředím (granitidy). Prostorová a velikostní konfigurace horninového masivu odpovídá požadavkům pro uložení plánovaného inventáře. Horninový masiv bude dlouhodobě stabilní, s dobrou odolností proti tlaku plynů. Bude mít příznivé geochemické a hydrochemické podmínky s malou tendencí k vytváření zón preferenčního proudění. Bude mít vysokou retenční schopnost hornin pro radionuklidy.

Referenční lokalita se nachází v dostatečné vzdálenosti od státních hranic a zastavěného území tak, aby byly minimalizovány dopady na obyvatelstvo ČR resp. území cizího státu.

Území, v kterém se uvažovaná lokalita nachází, bude s největší pravděpodobností zemědělského charakteru nezatížené většími průmyslovými aktivitami. S ohledem na poměrně značnou hustotu osídlení na území ČR lze očekávat, že v blízkosti lokality se bude vyskytovat ve vzdálenosti několika set m až několika km menší obec, vzdálenost většího sídelního útvaru městského charakteru lze odhadovat na několik km až desítek km.

Referenční lokalita bude dobře přístupná a bude mít zajištěnou dostupnost dopravní infrastruktury tj. napojení na železniční i silniční síť. Rovněž bude mít dostupnou technickou infrastrukturu, tj. přivedení potřebných médií.

Z morfologického hlediska se bude jednat o lokalitu, která bude situována v mírně zvlněném území s nadmořskou výškou mezi cca 480 až 580 m n. m. Nadzemní areál bude umístěn zejména na pozemcích, které bude nutno před zahájením výstavby vyjmout ze zemědělského půdního fondu, okrajově může být dotčeno ochranné pásmo lesa.

Povrchový areál bude umístěn tak, aby nebyl ovlivněn případnými povodněmi, s tím souvisejícími sesuvy půdy nebo průnikem vod do podzemí. Při hodnocení dlouhodobé bezpečnosti byla použita data z analogických horninových prostředí (Melechov, Potůčky, Příbram) a volně dostupných odborných publikací.

Hydrogeologický model byl zpracován s využitím znalostí geologické struktury a hydraulických vlastností melechovského masivu. Základ modelu byl vytvořen v rámci projektu SÚRAO „Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů“. V [7] část C2 jsou uvedeny základní výchozí charakteristiky modelu a jeho výsledky.



## 2.3 UKLÁDANÝ INVENTÁŘ

Důležitou oblastí, která má vliv na koncepci hlubinného ukládání, je ukládaný inventář, a to nejen jeho množství, ale i forma.

Do bilancí bylo zahrnuto VJP jednak ze stávajících provozovaných zdrojů, a rovněž VJP z předpokládané realizace nových jaderných zdrojů [5].

Bilance VJP byly provedeny pro otevřený palivový cyklus, alternativně pro variantu s uložením části nepřepřacovaného VJP, části přepracovaného VJP a VAO z přepracování VJP. Přístup k tomuto zpracování dat není zcela jednoduchý, protože v současné době není znám typ reaktoru ani typ jaderného paliva použitého pro NJZ. Rovněž je nutné vzít v úvahu technické a ekonomické možnosti využití přepracovaného VJP v podmínkách ČR.

Pro potřeby zpracovaného referenčního projektu byly použity bilance pro otevřený palivový cyklus. Dalším předpokladem je, že do HÚ se bude ukládat jak vyhořelé jaderné palivo, tak RAO, které svými parametry nevyhoví podmínkám přijatelnosti pro uložení do stávajících úložišť RAO. Do úložiště budou tedy ukládány následující typy odpadů:

- nepřepřacované VJP provozovaných JE (EDU1-4; ETE1,2),
- nepřepřacované VJP z NJZ (EDU5, ETE3,4),
- VAO z přepracování VJP z výzkumných reaktorů (přepracované palivo z ÚJV Řež),
- RAO neuložitelné v povrchových úložištích (z provozu JE, z vyřazování z provozu JE, z provozu výzkumných pracovišť, z vyřazování výzkumných pracovišť, neuložitelné institucionální RAO).

V následujících tabulkách (Tab. 3 - Tab. 7) jsou uvedeny informace o ukládaném inventáři, které byly použity jako vstupní údaje pro návrh technického řešení hlubinného úložiště a pro bezpečnostní analýzy.

**Tab. 3 - Přehled ukládaných odpadů**

	Původce RAO				RAO
	VJP				
	EDU VVER-440	ETE VVER-1000	EDU, ETE NJZ	ÚJF, ÚJV VVR-S, LVR-15	EDU, ETE, NJZ
počet článků VJP v obalovém souboru	7	3	3	-	
počet obalových souborů s VJP	2050	1130	2700	5	
UOS na VJP celkem		5880		5	
RAO betonkontejnery					2990



Tab. 4 - Aktivita VJP z reaktorů VVER 440

	aktivované produkty [Bq]	aktinoidy [Bq]	štěpné produkty [Bq]	1 PS [Bq]	Σ PS [Bq]
radionuklidy celkem	5.409E+10	4.567E+13	2.085E+14	2.542E+14	3.642E+18

Tab. 5 - Aktivita VJP z reaktorů VVER 1000 a NJZ

	aktivované produkty [Bq]	aktinoidy [Bq]	štěpné produkty [Bq]	1 PS [Bq]	Σ PS [Bq]
radionuklidy celkem	2.790E+12	2.359E+14	1.367E+15	1.606E+15	1,845+19

Tab. 6 - Celkový inventář radionuklidů v odpadech z vyřazování

	EDU [Bq]	EDU_NJZ [Bq]	ETE [Bq]	ETE_NJZ [Bq]	celkem [Bq]
RAO	2.53E+17	4.96E+16	8.95E+16	9.88E+16	4.90E+17

Radionuklidové složení uloženého inventáře se v průběhu doby bude měnit. Z těch, které by mohly mít vliv na životní prostředí v době provozu lze zmínit H-3, Co-60, Kr-90, Sr-90, I-129 a Cs-137; z hlediska dlouhodobé bezpečnosti pak C-14, Cl-36, Se-79, Sr-90, Tc-99, Pd-107, Sn-126, I-129, Cs-135 a Cs-137.

Tab. 7 - Celkový inventář radionuklidů v HÚ

	VVER-440 [Bq]	VVER-1000 [Bq]	NJZ [Bq]	UJV [Bq]	RAO [Bq]	celkem [Bq]
inventář	3.64E+18	5.41E+18	1.30E+19	4.29E+17	4.90E+17	2.29E+19

## 2.4 UKLÁDACÍ SOUBORY

Inženýrské bariéry v HÚ jsou spolu s horninovým prostředím součástí multibariérového systému, jehož funkcí je izolace radioaktivních odpadů od okolního prostředí a po degradaci inženýrských bariér zpomalení migrace radionuklidů do životního prostředí.

Základním prvkem inženýrských bariér je obalový soubor, který plní několik bezpečnostních funkcí:

- zajištění *podkritičnosti a přenosu zbytkového tepla* ven na povrch vnějšího přebalu obalového souboru,



- zajištění *těsnosti* a částečně i *stínění* v době manipulačních a transportních činností souvisejících s přepravou z povrchu do podzemí, přípravou superkontejneru, zavezení do místa uložení a vlastního uložení.

Tyto funkce se dosáhnou zajištěním dostatečné mechanické odolnosti a životnosti obalového souboru.

Bentonitová inženýrská bariéra (o tloušťce 700 mm) po uložení obalového souboru zajišťuje *tlumící a těsnící funkci*. Po určité době, kdy působením podzemní vody dojde k bobtnání bentonitu, dojde k utěsnění spár na styku s geologickou bariérou a také na styku jednotlivých bentonitových bloků. Bentonit však díky svým fyzikálním a chemickým vlastnostem zatěžuje vnější přebal korozním působením a bobtnacím tlakem.

Požadavky na obalové soubory pro ukládání vyhořelého, nebo ozářeného paliva nebo RAO (obalové soubory typu „D“) jsou dány Přílohou č.2 k vyhlášce č.317/2002Sb. Další požadavky, jsou dány Zákonem č.18/1997 Sb., §26, odst. (4).

Naplnění těchto požadavků lze zajistit volbou inženýrských bariér a jejich kombinací.

Základní vlastností obalového souboru je jeho *životnost*. Obecně se hovoří o životnosti obalového souboru  $10^4$  let. Hodnocení chování inženýrských bariér v kontextu s geologickými bariérami se však provádí v horizontu  $10^5$  až  $10^6$  let.

Životnost obalového souboru je zajištěna materiálovou volbou jednotlivých inženýrských bariér a jejich kombinací.

Materiálové složení UOS pro VJP, tj. koš, vnitřní pouzdro, vnější přebal a jeho korozní ochranná vrstva má zásadní vliv na bezpečnostní analýzy. Tvoří ucelený systém, který naplňuje požadavky na inženýrské bariéry kladené – to znamená zabránit úniku radionuklidů do životního prostředí. Musí tedy odolat kromě koroznímu působení prostředí i takovým extrémním vlivům, jako je zemětřesení, postvulkanická činnost nebo výrazná změna klimatu. Časový interval, než dojde k poškození obalového souboru, závisí zejména na korozní odolnosti vnějšího přebalu a na celkové integritě obalového souboru.

Koncepční řešení je převzato z referenčního projektu, zpracovávaného v r. 1999, a je založeno na použití dvouplášťových obalových souborů z uhlíkové oceli s antikorozní povrchovou ochranou. VJP se vkládá do vnitřní vestavby obalového souboru. Podle typu ukládaného VJP se předpokládají použít různé typy kovových OS – pro VJP typu VVER440, VJP typu VVER1000 a VJP z NJZ [5].

Ze zaplněného a uzavřeného kovového obalového souboru bude vytvořen tzv. superkontejner, který bude tvořen vnějším košem z perforované oceli, bentonitovými prefabrikáty a vlastním ukládacím obalovým souborem.

Ostatní odpady, tj. vlastní RAO z provozu hlubinného úložiště a RAO neuložitelné v přípovrchových úložištích, budou do ukládány v betonkontejnerech.

## 2.4.1 UOS pro 7 PK VVER 440

Ukládací obalový soubor 7PK VVER440 je určen pro uložení VJP typu VVER440. Jedná se o dvouplášťový obal s antikorozií povrchovou ochranou, který se skládá z vnitřního pouzdra, vnějšího přebalu a ochranné antikorozií vrstvy na vnějším povrchu přebalu.

Vnitřní pouzdro je vyrobeno z nerez oceli. Plášť pouzdra je zkroužen z plechu tl. 5 mm. Vnější průměr je 530 mm. K plášti je přivařené ploché dno. Uvnitř pouzdra je vestavba ze slitiny hliníku zhotovená ze 7 profilovaných trubek.

Vestavba slouží k usnadnění plnění pouzdra tím, že určuje a fixuje polohu zavezených palivových souborů a zlepšuje navádění palivových souborů při jejich vkládání do pouzdra. Vestavba vytváří lůžka pro palivové soubory, zlepšuje přestup tepla a fixuje polohu kazety z hlediska natáčení v tolerancích nutných pro spolehlivou funkci záchyty.

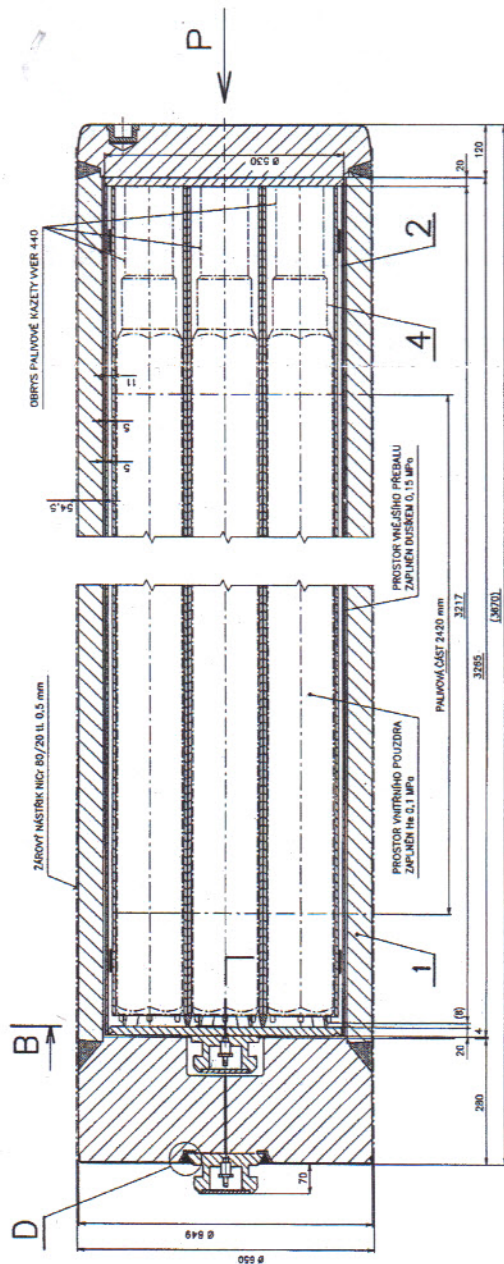
Pouzdro je uzavřeno víkem, které je hermeticky přivařeno k plášti. Víko je opatřeno manipulačním záchytem. Vnitřní pouzdro je zasunuto do vnějšího přebalu z uhlíkové oceli. Vnější přebal je vyroben z trubky z nízkolegovaného materiálu s tloušťkou stěny 54,5 mm. Vnější průměr je 649 mm. Víko vnějšího přebalu je rovněž opatřeno manipulačním záchytem.

Povrch vnějšího přebalu je opatřen ochranou vrstvou proti korozním vlivům okolního prostředí. Pro vytvoření ochranné vrstvy je navrženo použít metodu žárového nástřiku 0,5 mm NiCr 80/20.

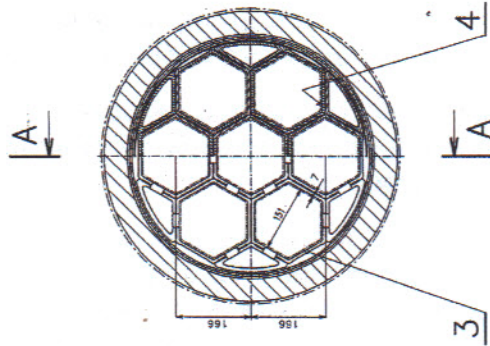
Podrobnější informace o OS jsou patrné z Obr. 5.



A – A



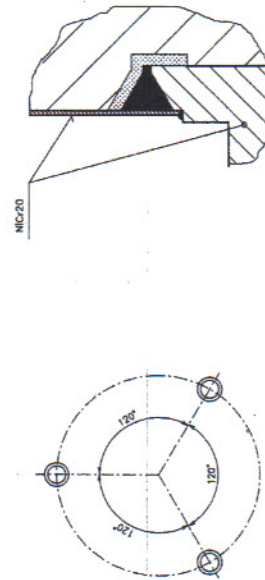
B – B



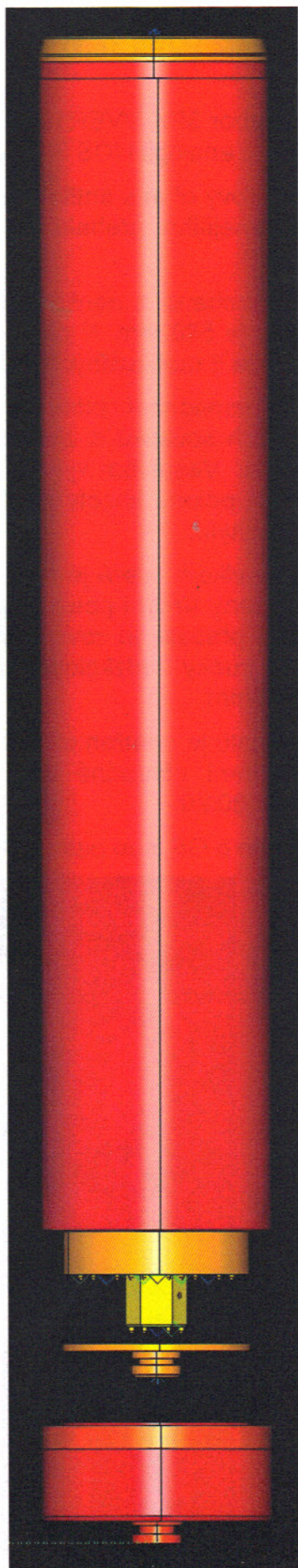
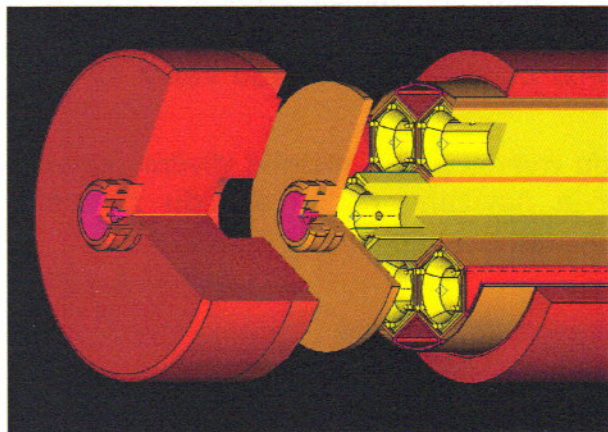
D

1:2

P



4	PALIVOVÁ KAZETA VVER 440	
3	PROFILOVANÁ TRUBKA	AlMgSi 0,5
2	VNITŘNÍ POUZDRO	NEREZ OCEL (17248)
1	VNĚJŠÍ PŘEBAL	UHL. OCEL
POZ.ČE:	NÁZEV:	MATERIÁL:



Obr. 5 . UOS pro 7 PK VVER 440



## 2.4.2 UOS pro 3 PK VVER 1000

Ukládací obalový soubor 3PK VVER1000 je určen pro uložení VJP typu VVER1000. Koncepčně se jedná o analogii UOS 7PK VVER440.

Jedná se o dvouplášťový obal s antikorozi povrchovou ochranou, který se skládá z vnitřního pouzdra, vnějšího přebalu a ochranné antikorozi vrstvy na vnějším povrchu přebalu.

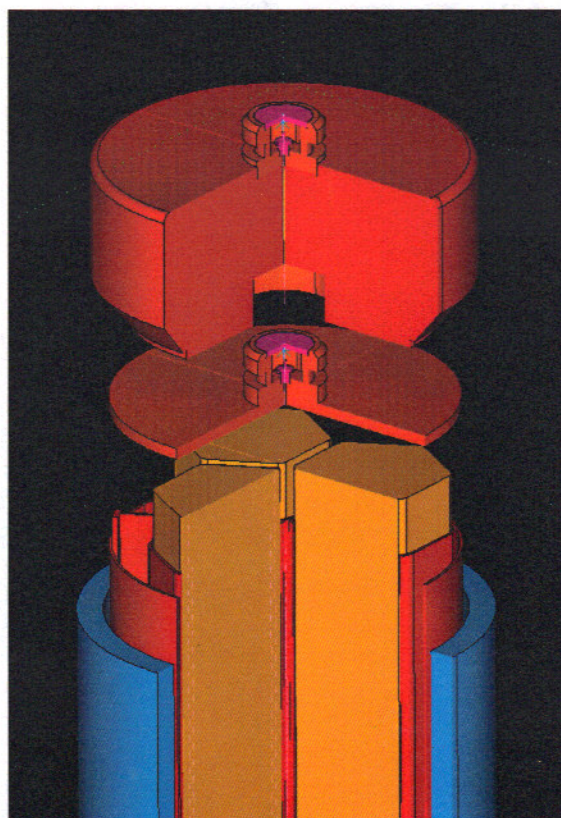
Vnitřní pouzdro je vyrobeno z nerez oceli. Plášť pouzdra je zkroužen z plechu tl. 5 mm. Vnější průměr je 590 mm. K plášti je přivařeno ploché dno. Uvnitř pouzdra je vestavba zhotovená ze 3 profilovaných trubek.

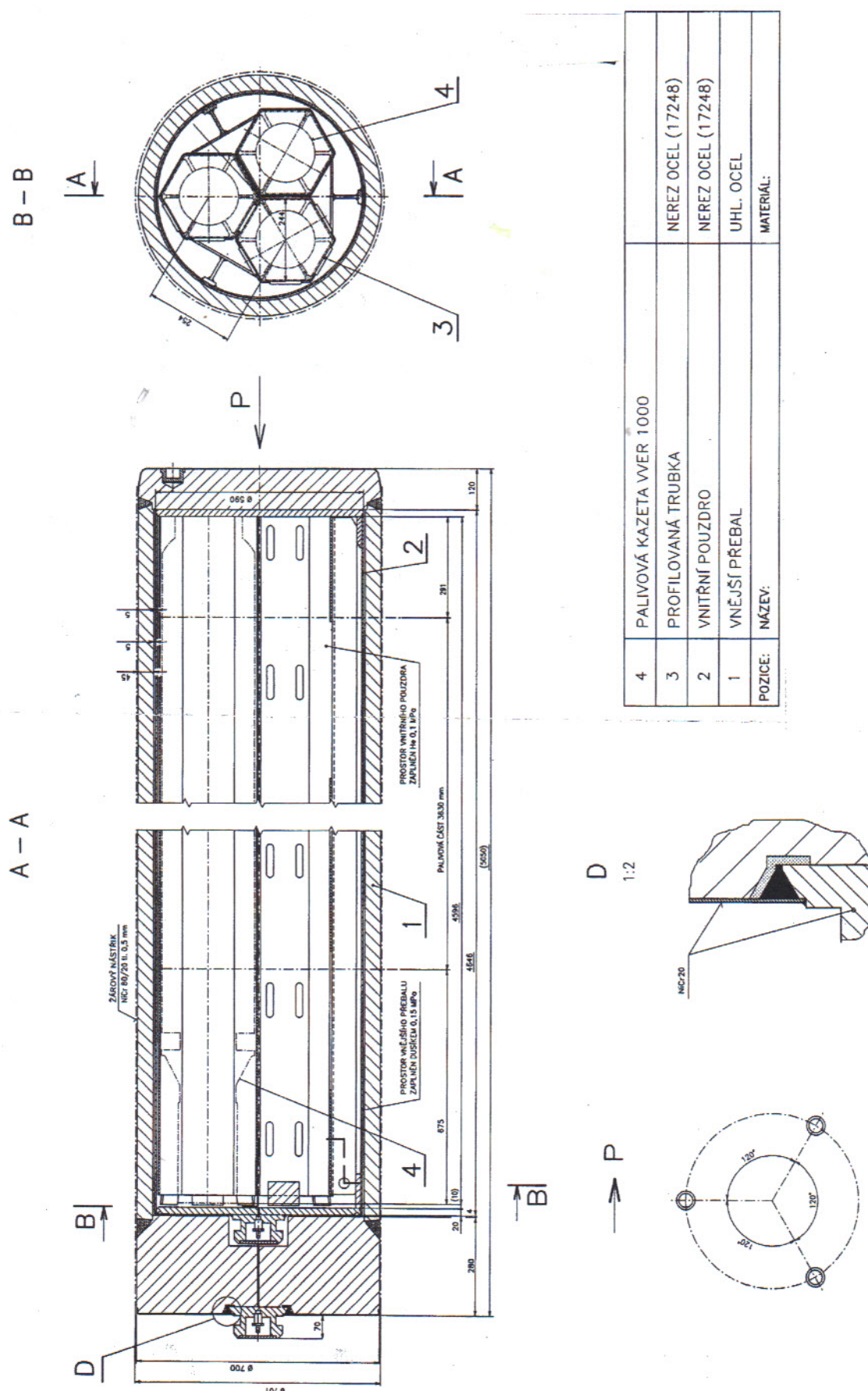
Vestavba slouží k usnadnění plnění pouzdra tím, že určuje a fixuje polohu zavezených palivových souborů a zlepšuje navádění palivových souborů při jejich vkládání do pouzdra. Vestavba vytváří lůžka pro palivových souborů, zlepšuje přestup tepla a fixuje polohu kazety z hlediska natáčení v tolerancích nutných pro spolehlivou funkci záchyty.

Pouzdro je uzavřeno víkem, které je hermeticky přivařeno k plášti. Víko je opatřeno manipulačním záchytem. Vnitřní pouzdro je zasunuto do vnějšího přebalu z uhlíkové oceli. Víko vnějšího přebalu je rovněž opatřeno manipulačním záchytem. Vnější přebal je vyroben z trubky z nízkolegovaného materiálu s tloušťkou stěny 45 mm. Vnější průměr je 700 mm.

Povrch vnějšího přebalu je opatřen ochranou vrstvou proti korozním vlivům okolního prostředí. Pro vytvoření ochranné vrstvy je navrženo použít metodu žárového nástřiku 0,5 mm NiCr 80/20.

Podrobnější informace o OS jsou patrné z Obr. 6.





**Obr. 6 - UOS pro 3 PK VVER 1000**



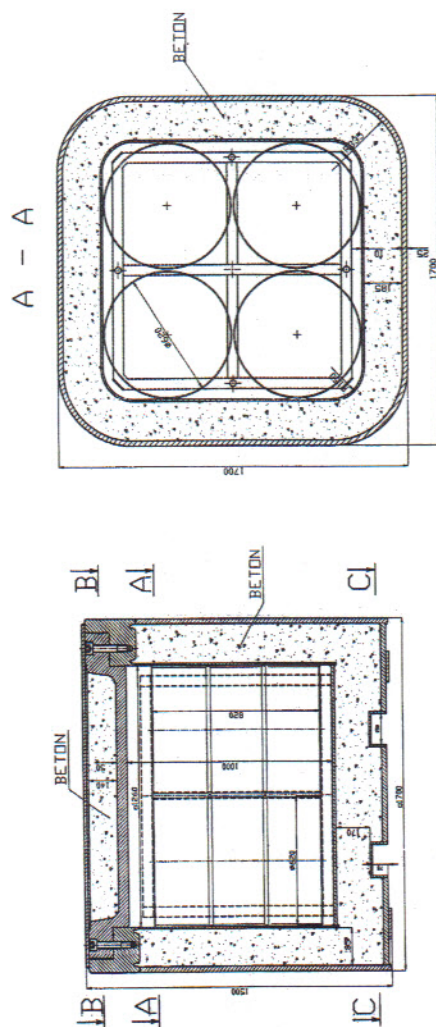
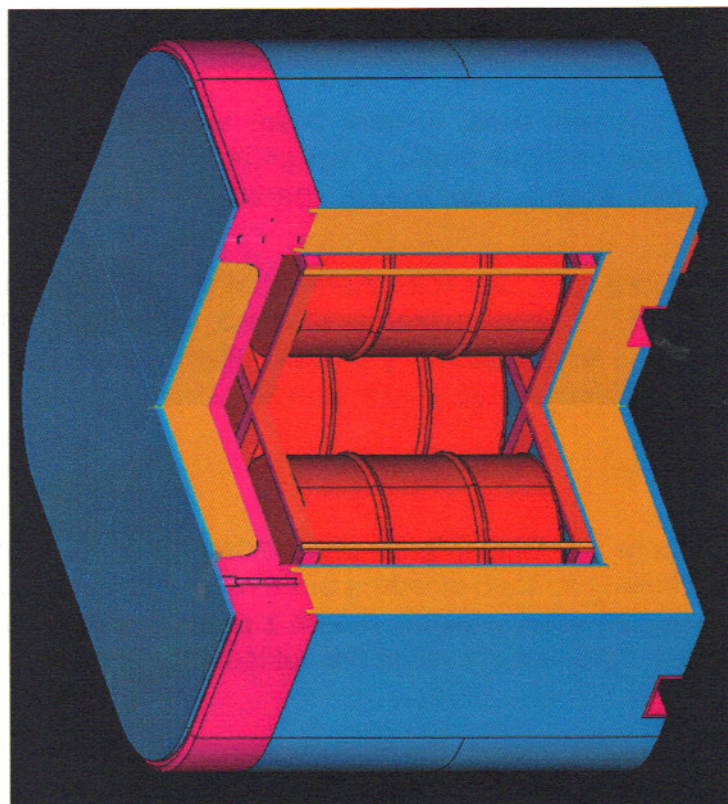
### 2.4.3 Betonkontejner pro uložení sudů s RAO

Obalový soubor (betonkontejner) o vnějších rozměrech 1,7 x 1,7 x 1,5 m je proveden z vnějšího a vnitřního pláště z ocelových plechů tloušťky 10 mm se zavařeným vnitřním a vnějším dnem o tloušťce 15 mm. V horní části jsou tyto pláště přivařeny k hornímu přírubovému prstenci, v kterém jsou závitové otvory. Celý meziprostor obalového souboru je vyplněn betonem.

Obalový soubor je zakryt přišroubovaným víkem, které je odlito ze stejné oceli jako přírubový prstenec. Obalový soubor bude těsněn buď niklovým těsněním nebo těsněním Viton. Šrouby a mezera mezi víkem a přírubovým prstencem jsou po zašroubování vnitřního obsahu překryty krycí deskou, která je zavařena těsnícím svarovým spojem.

Ve spodním dnu jsou vytvořeny obdélníkové podélné otvory, které slouží k překládání obalového souboru v HÚ. Povrch obalového souboru je opatřen ZnAl nástřikem.

Tento obalový soubor je v současné době navržen ideově a je pravděpodobné, že jeho konečná podoba se může změnit nebo upřesnit na základě komplexních znalostí o RAO, výsledků bezpečnostních analýz a detailního konstrukčního řešení.



Obr. 7 - Betonkontejner pro uložení sudů s RAO



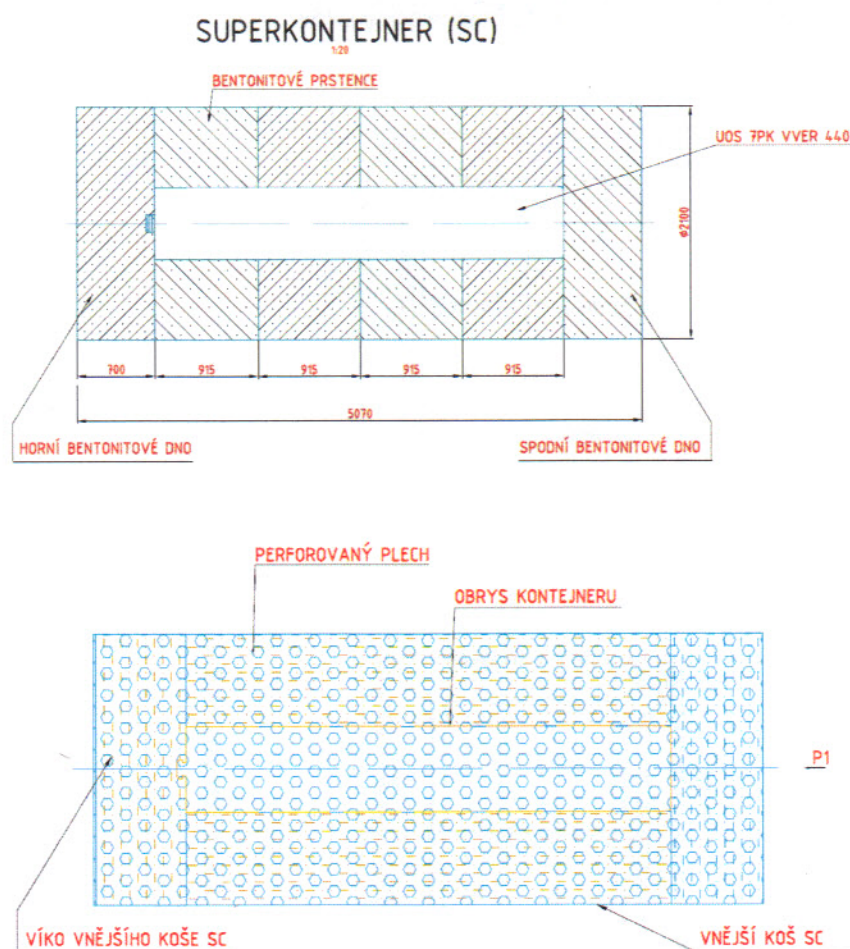
## 2.4.4 UOS pro VJZ z NJZ

V současné době nejsou k dispozici základní data, tj. není znám typ paliva, které v NJZ bude použito. Při zpracování referenčního projektu byl přijat předpoklad, že použité obalové soubory budou mít stejné konstrukční parametry jako 3PK VVER1000.

Navržení geometrie obalového souboru pro jakékoli známé palivo (obohacení, vyhoření, doba skladování, rozměry atd.) z konstrukčního hlediska nepředstavuje zvláštní problém. Jedná se o zvládnutý, i když zdoluhavý proces. Jiným problémem je volba a kombinace materiálů a jejich technologické zpracování.

## 2.4.5 Superkontejner

V referenčním projektu, zpracovávaném v r. 2011 [7], se předpokládá VJP ukládat v horizontální poloze ve vrtech. Pro zvolený způsob ukládání bude na pracovišti v HÚ sestaven tzv. superkontejner, který bude tvořen vnějším košem z perforované oceli, bentonitových prefabrikátů o tloušťce 700 mm a vlastním ukládacím obalovým souborem.



Obr. 8 – Schéma superkontejneru



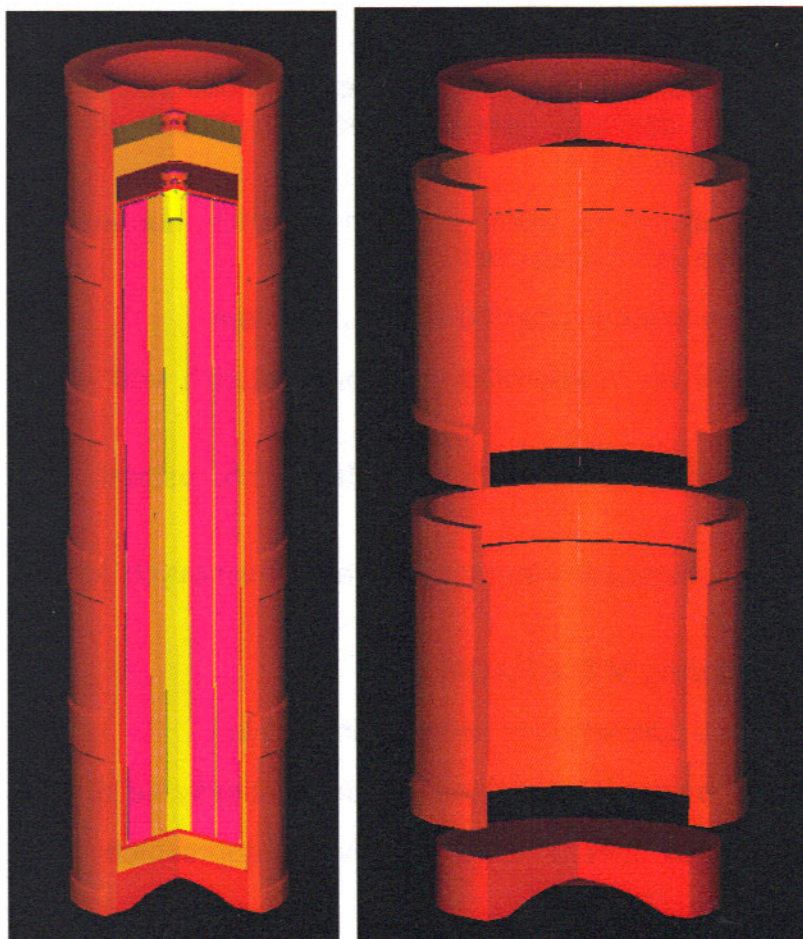
## 2.4.6 Doplnění další bariéry UOS

Použité obalové soubory byly navrženy pro RPHÚ 1999, v aktualizaci referenčního projektu (RPHÚ 2011) byly v podstatě převzaty a doplněny o superkontejner. V rámci příštích prací na hlubinném úložišti bude nutné se problematice výběru konkrétních materiálů, které tvoří obalový soubor, věnovat soustavněji. Bude se zvláště jednat o korozní výzkum kandidátních materiálů, ale třeba i o zvážení možnosti/nutnosti použít další inženýrskou bariéru.

Doplněná bariéra na základě čedičových, keramických či kompozitových materiálů bude mít funkci ochrany vnějšího povrchu vnějšího přebalu před poškozením při manipulacích v rámci výroby superkontejneru, vedlejší funkcí by pak byla další bariéra, oddělující povrch přebalu od působení bentonitu.

Jednalo by se o uložení kovového UOS do dalšího pouzdra, tvořeného např. pěti cylindrickými čedičovými segmenty o průměru 912 mm a celkové délce 4160 mm. Segmenty jsou slepeny cementovým lepidlem stejně jako dvě víka (horní a spodní).

Do tohoto pouzdra by se UOS uložil po aplikaci vnější ochrany žárovým nástřikem. Pouzdro by pak chránilo nástřik před poškozením při manipulacích a transportech. Po uložení do bentonitu by pouzdro tvořilo další bariéru proti průniku vody na povrch kovového přebalu UOS.



Obr. 9 – Doplněná bariéra UOS



Jistým problémem tohoto řešení by mohl být bobtnací tlak bentonitu, který působí na povrch křehkého pouzdra. Tento mechanismus bude nutné výpočtově a případně experimentálně vyhodnotit. Vyhodnotit bude nutné i teplotní poměry, které by se touto konfigurací nastavily.

Rovněž bude nutné zkoumat interakci materiálu s ostatními bariérami (zvláště bentonitu a také vody), ačkoliv jsou výše uvedené materiály pouzdra relativně chemicky stálé.

## 2.5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

### 2.5.1 Výchozí předpoklady a koncepce řešení

Základními předpoklady, na jejichž základě byla vytvořena koncepce řešení HÚ jsou:

- Způsob provozování HÚ

V koncepci řešení je kladen důraz na možnost paralelního průběhu výstavby úložiště a jeho provozu. Tomuto požadavku je přizpůsobeno řešení a velikost jednotlivých nadzemních a podzemních objektů a vazby mezi nimi. V podzemním areálu technické řešení umožňuje zamezit fyzickými zábranami (vč. dočasných) volnému pohybu osob a mechanismů mezi úseky výstavby a ukládání, tak, jak to vyžaduje v současné době platná legislativa.

- Umístění některých vybraných objektů do podzemí

Překládací uzel, horká komora a související provozy, které mají podstatný vliv na velikost nadzemního areálu a zajištění jeho bezpečnosti, bude umístěn v podzemních kavernách na horizontu 0,0 m.

- Podzemní prostory budou vyraženy ve velmi pevných skalních horninách - granitech, ortorulách nebo pokročilých migmatitech.
- Ukládací horizont bude umístěn v hloubce cca 500 m pod povrchem.
- Ukládání VJP se bude provádět do velkoprofilových horizontálních vrtů – tzv. horizontální způsob ukládání.
- VJP bude do horizontálních vrtů ukládáno v superkontejnerech, ostatní RAO v betonkontejnerech (viz kap.2.4)
- Ostatní RAO budou ukládány v betonkontejnerech do velkoobjemových komor, v několika vrstvách.
- Dopravní obslužnost, způsob dopravy VJP a RAO do HÚ.
- Způsob manipulace s rubaninou v podzemním i nadzemním areálu.
- Pro těžbu rubaniny, dopravu lidí a spouštění materiálu bude použito svislé jámy.
- Pro dopravu VJP, RAO, těžkých mechanismů především dopravních bude vybudována úpadnice.
- Úklonná doprava a doprava na ukládacím horizontu bude bezkolejová.

Provedenými analýzami byla prokázána provozní i dlouhodobá bezpečnost navrženého technického řešení (kap. 2.8 a kap.4).

## **2.5.2 Nadzemní areál**

### **2.5.2.1 Popis nadzemního areálu a jeho vazeb na podzemní část**

Celý nadzemní areál sestává z více než 60 stavebních objektů ([6], část E), jejichž rozmístění je patrné z Obr. 10. Vazbu nadzemního areálu na podzemní areál zajišťují tyto objekty:

- SO 01 (Šachetní budova se skipozásobníkem) a SO 2 (Těžní věž),
- SO 57 (Objekt výdušné jámy I.),
- SO 58 (Objekt výdušné jámy II.) a SO 59 (Portál tunelu).



Celý nadzemní areál HÚ je oplocen a opatřen systémem fyzické ochrany. Uvnitř oploceného areálu HÚ jsou umístěny všechny potřebné stavební objekty.

V souladu s požadavky vyhl. č. 144/1997Sb., o fyzické ochraně, v platném znění, je areál HÚ rozdělen do menších celků – prostorů ([6], část B). Nejdůležitější stavební objekty z hlediska radiační bezpečnosti (manipulace s RAO, VJP a související provozy) jsou odděleny další bariérou (oplocením a dalšími požadovanými prvky technického systému fyzické ochrany) a tvoří menší areál uvnitř nadzemního areálu, tzv. střežený prostor. Do kategorie střeženého prostoru je zařazen i Objekt výdušné jámy I. (SO 57), který je zabezpečen obdobným způsobem.

Podle vyhlášky 144/1997 Sb., v platném znění, musí být ozářené jaderné palivo umístěno v chráněném prostoru. Chráněný prostor hlubinného úložiště se nachází uvnitř střeženého prostoru, a jeho obvod je ohraničen dalšími mechanickými prostředky a zabezpečovací technikou. Chráněným prostorem je celý podzemní areál, jsou to především objekty a zařízení aktivních provozů - objekt přípravy VJP a RAO pro uložení (DuSO 41). Vstupem do chráněného prostoru jsou spojovací dopravní tunely do podzemní kaverny s překládacím uzlem.

Opatření fyzické ochrany jaderných zařízení se určují podle nejvyšší kategorie jaderných materiálů, s nimiž se nakládá v jaderném zařízení. Na základě této skutečnosti spadají objekty v areálu HÚ, resp. jejích částí, které obsahují jaderné materiály, do II. kategorie. Vzhledem k publicitě a sledovanosti obdobných staveb i vzhledem k možnému zpřísnění požadavků na zajištění jaderných materiálů uvažuje referenční projekt o jeden stupeň kategorizace náročnější zabezpečení fyzické ochrany (viz §8 Vyhl. SÚJB 144/1997 Sb. o fyzické ochraně, v platném znění).

Areál je napojen na silniční a železniční infrastrukturu. Předpokládá se, že železniční doprava bude využita na přepravu zaplněných/prázdných obalových souborů s VJP a obalových souborů RAO na speciálně upravených vagónech pro přepravu obalových souborů a rovněž na dopravu prázdných UOS do HÚ. Může být využita pro dopravu stavebních a dalších materiálů, příp. na transport rubaniny z areálu HÚ v průběhu výstavby. Silniční doprava bude využita zejména pro osobní dopravu, ale také pro dopravu nebo odvoz materiálu, který se vzhledem k množství nebo objemu nevyplatí transportovat po železnici.

Nadzemní areál je řešen modulově. Jednotlivé objekty v nadzemním areálu jsou dispozičně umístěny podle vzájemných funkčních vazeb. Část plochy areálu zabírá rezervní a manipulační plocha. Je to dáno částečně tím, že bude část této plochy použita pro zařízení staveniště HÚ, částečně možnostmi poloměrů železniční vlečky.

#### **2.5.2.2 Popis funkce nadzemního areálu**

Nadzemní areál obsahuje objekty nutné pro:

- přípravu a ukládání VJP a RAO, včetně jejich technického zázemí,
- těžební činnost, včetně jejich technického zázemí,
- zajištění pobytu pracovníků, administrativu, informační služby,



- provoz nadzemního i podzemního areálu (komunikace, inženýrské sítě, fyzickou ochranu areálů atd.)

Základní funkcí nadzemního areálu HÚ v jednotlivých obdobích provozu HÚ je poskytovat resp. zajišťovat zejména:

- servisní činnosti nezbytně nutné k zajištění bezpečného ukládání VJP a RAO,
- provozní činnosti nutné pro bezpečný a plynulý provoz nadzemního a podzemního areálu
- nutné činnosti vyžadované dozornými orgány, orgány státní správy a platnou legislativou,
- nezbytné činnosti spojené s ochranou životního prostředí, ochranou vlastního areálu HÚ ale i jeho okolí a ochranou vlastních zaměstnanců před možnými riziky provozu HÚ,
- servisní činnosti nezbytně nutné pro výstavbu nadzemní části HÚ, ale zejména hloubení jeho podzemní části, a to i v etapě souběžného ukládání a rozšiřování podzemní části HÚ,
- servisní činnosti nezbytně nutné pro zacházení s vytěženou horninou (rubaninou).

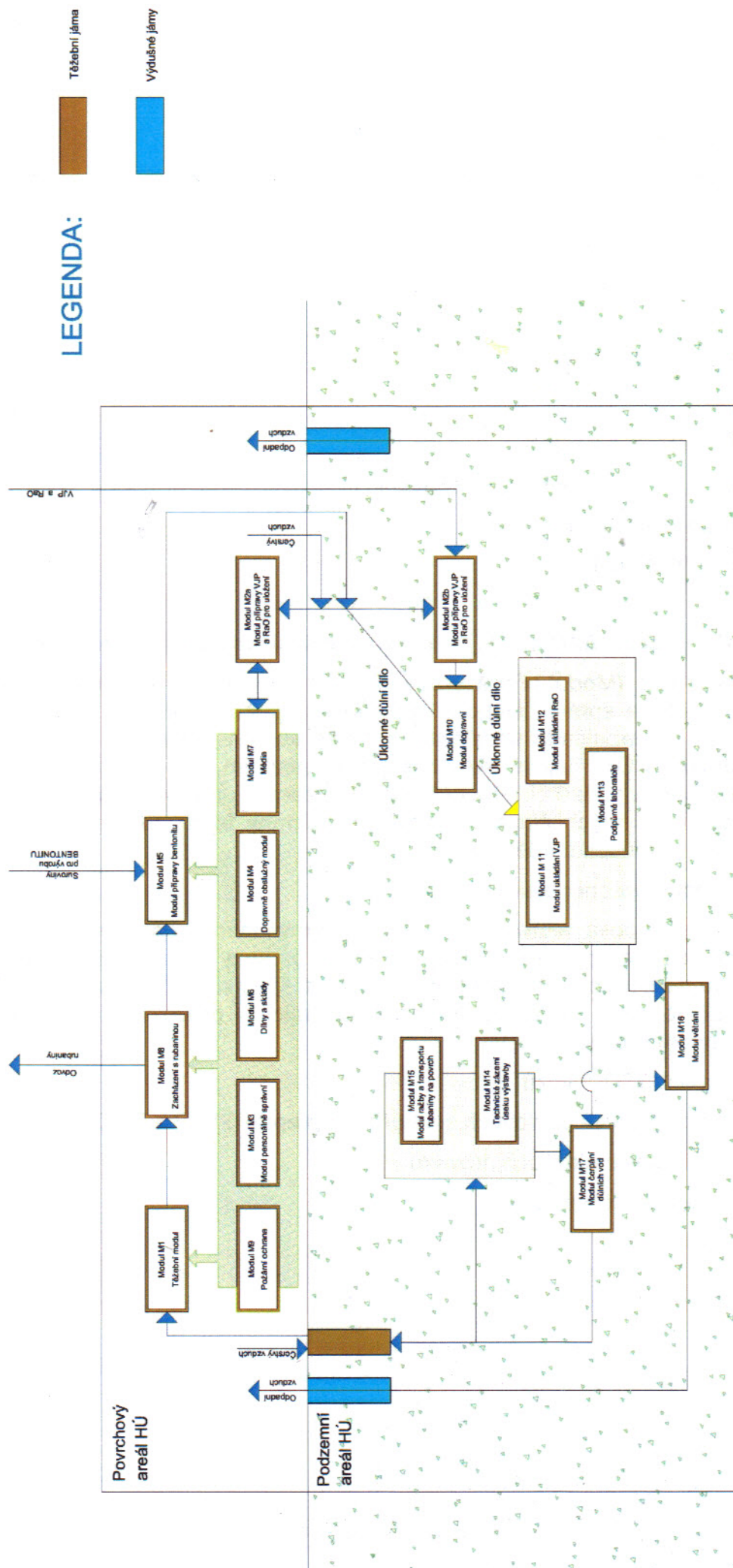
Z výše uvedeného přehledu je patrné, že činnosti, zajišťované v nadzemním areálu se vzájemně prolínají a ovlivňují, a jsou důležité i pro bezpečný provoz podzemního areálu.

To bylo jedním z hlavních důvodů rozdělit objekty nadzemního areálu do funkčních modulů. Funkční modul, nebo jen modul, je skupina stavebních objektů nadzemního areálu zajišťující stejnou nebo podobnou funkci, a mezi nimiž existují technologické, materiálové, transportní a další vazby.

Nadzemní areál HÚ byl rozdělen do 9 modulů:

- Modul M1 – Těžební modul
- Modul M2a – Modul přípravy RAO a VJP pro uložení (aktivní provozy) - nadzemní část
- Modul M3 – Modul personálně správní
- Modul M4 – Dopravně obslužný modul
- Modul M5 – Modul přípravy bentonitu
- Modul M6 – Dílny a sklady
- Modul M7 – Média
- Modul M8 – Zacházení s rubaninou
- Modul M9 – Požární ochrana





Obr. 11 – Schematické zobrazení vazeb mezi jednotlivými moduly nadzemní a podzemní části HÚ

**Modul M1 – Těžební modul:**

Zabezpečuje báňské a těžební práce při výstavbě a rozšiřování HÚ, a speciální činnosti při provozu HÚ.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 01 – Šachetní budova se skipozásobníkem

SO 02 – Těžní věž

SO 03 – Strojovna těžního stroje

SO 04 – Kaloriferna

SO 14 – Šatny, lampovna, mytí bot

SO 15 – Provozní budova výstavby a rozšiřování HÚ

SO 18 – Odkalovací jímka důlních vod

SO 19 – Čistírna důlních vod

**Modul M2a – Modul přípravy RAO a VJP pro uložení (aktivní provozy) - nadzemní část:**

Zajišťuje pro modul M2b (Modul přípravy RAO a VJP pro uložení - podzemní část) veškeré administrativní a správní činnosti spojené s příjmem, evidencí, vyložením a skladováním VJP v meziskladu umístěném v horké komoře; příjmem, přípravou, kontrolou prázdných UOS, jejich skladováním a plněním, a jejich přípravou k definitivnímu uložení v podzemí. Rovněž vytváří zázemí pracovníků pracujících v modulu M2b vč. nezbytných činností k zajištění ochrany jejich zdraví při práci, zajištění pracovních pomůcek a oděvů apod.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 41 – Provozní budova aktivních provozů V nadzemním areálu je umístěna provozní budova, kde se nacházejí podpůrné provozy a hygienická smyčka pro vstup do kontrolovaného pásma. Příprava RAO a VJP pro uložení, vč. překládacího uzlu, horké komory a souvisejících provozů je umístěna v podzemním areálu.

SO 45 – Vrátnice aktivních provozů

SO 46 – Mezisklad prázdných obalových souborů pro přepravu VJP a RAO

SO 47 – Železniční vrátnice aktivních provozů

SO 48 – Oplocení střeženého prostoru

SO 59 – Portál tunelu



**Modul M3 – Modul personálně správní:**

Slouží k zabezpečení administrativních činností spojených s provozem HÚ, ekonomických, personálních, správních agend, služeb zaměstnancům areálu a dalších administrativně-správních agend.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 13/50 – Informační centrum, vrátnice, ošetřovna, ostraha

SO 51 – Centrální administrativní objekt

SO 52 – Centrální kuchyně, jídelna a bufet

SO 54 – Heliport

**Modul M4 – Dopravně obslužný modul:**

Zabezpečuje možnost přepravy VJP a RAO v přepravních obalových souborech do areálu HÚ - vlečka (alternativně silniční napojení nebo i kombinované). Rovněž zabezpečuje dopravu materiálu i osob mezi objekty areálu. Je zajišťována pomocí kolejových manipulačních prostředků a silniční sítě obslužných komunikací.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 21 – Železniční vlečka

SO 43 – Garáž lokotraktoru

SO 44 – Vnitřní komunikace

SO 49 – Železniční vrátnice areálu

SO 55 – Oplocení areálu HÚ

SO 56 – Vnější parkoviště

**Modul M5 – Modul přípravy bentonitu:**

Zajišťuje výrobu bentonitových výrobků pro zabezpečení plynulého ukládání obalových souborů s RAO a VJP.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 22 – Podzemní odběrový zásobník

SO 23 – Meziskládka

SO 24 – Podzemní dopravníková chodba

SO 25 – Sušící zařízení

SO 26 – Výroba a sklad bentonitových polotovarů

SO 27 – Míchárna bentonitové směsi

SO 28 – Zásobníky pojiva a vody

SO 29 – Krytý sklad

SO 30 – Výroba betonových prefabrikátů

SO 32 – Mostní váha

**Modul M6 – Dílny a sklady:**

Zabezpečují základní údržbářské, opravárenské práce v areálu, skladování materiálů pro dlouhodobou potřebu výstavby HÚ, pro jeho zprovoznění a i pro fázi samotného ukládání obalových souborů s VJP a RAO.

Obsahuje následující stavební objekty:

SO 08 – Sklad výbušnin

SO 09 – Sklad olejů

SO 10 – Sklad plynů

SO 11 – Centrální dílny

SO 12 – Skladová hala

**Modul M7 – Média:**

Zajišťuje provozní media pro jednotlivé činnosti HÚ (elektrickou energii, tlakový vzduch, vodu, teplo, chladicí vodu atd.). V rámci tohoto modulu bude zajištěno i větrání podzemní části HÚ.

K tomu slouží tyto stavební objekty:

SO 05 – Centrální trafostanice a rozvodna, náhradní zdroj

SO 06 – Kompresorovna

SO 07 – Výroba a akumulace chladicí vody

SO 16 – Centrální zdroj tepla

SO 17 – Vodojem 2x150m<sup>3</sup>

SO 42 – Centrální čistírna odpadních vod

SO 57 - Objekt výdušné jámy I.

SO 58 - Objekt výdušné jámy II.

SO 60 - Objekt měření odpadních vod

SO 61 - Přívodní komora VZT

**Modul M8 – Zacházení s rubaninou**

Obsahuje stavební objekty, které slouží k manipulaci s rubaninou, jejímu skladování, nutnému transportu mezi SO v rámci areálu HÚ, jejího znovupoužití a případně k odvozu rubaniny mimo areál HÚ.

Jsou to následující stavební objekty:

SO 31 – Zpevněná skládka

SO 33 – Třídírna a zásobníky odběru kameniva

SO 34 – Dopravníkový most



SO 35 – Přesýpací uzel

SO 36 – Výsypný most

SO 37 – Drtírna

SO 38 – Podzemní násypka

SO 39 – Meziskládka odvalu

SO 40 – Meziskládky rubaniny na 5 dnů

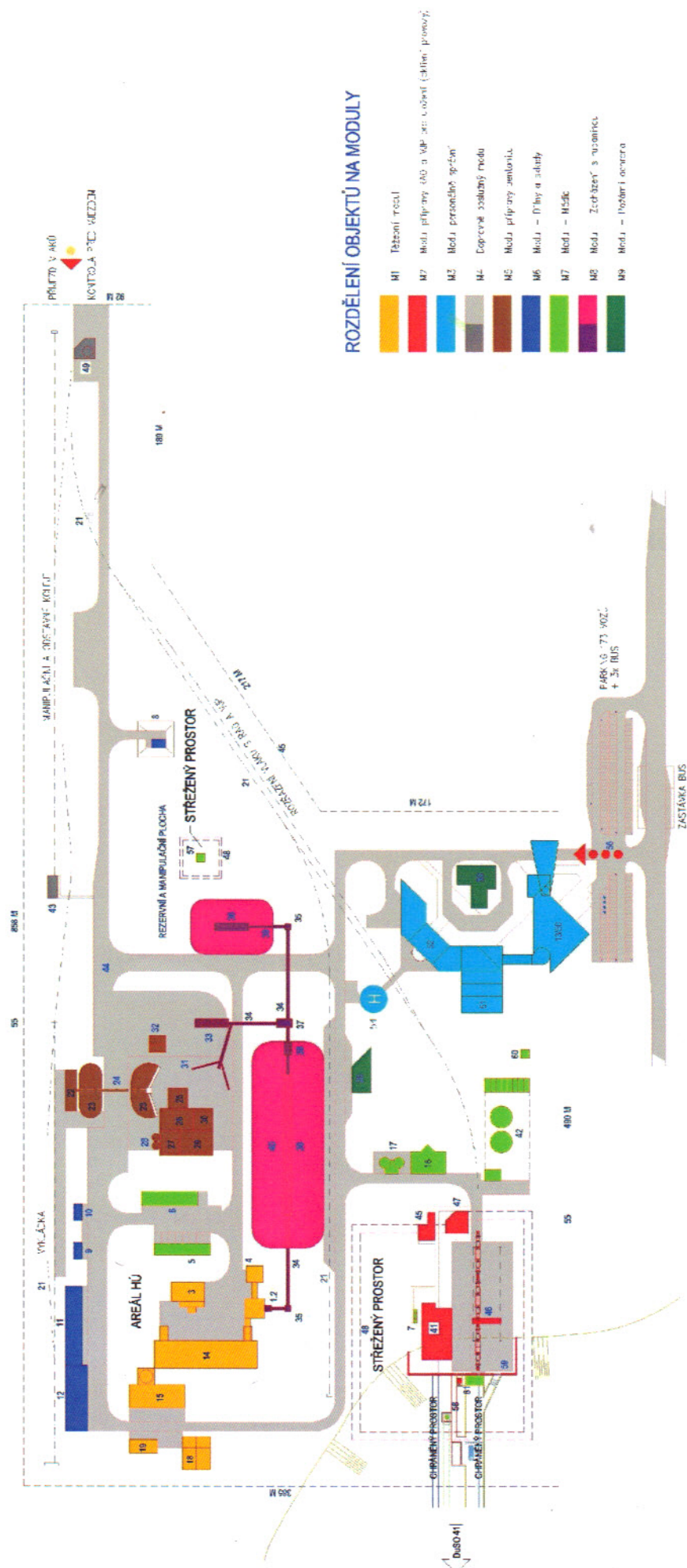
### **Modul M9 – Požární ochrana**

Zajišťuje ochranu před požárním rizikem areálu HÚ. Požární ochrana bude zajišťována Báňskou záchrannou službou.

Modul obsahuje následující stavební objekty:

SO 20 – Stanice báňské záchranné služby

SO 53 – Požární nádrž



**Obr. 12 – Schematické znázornění jednotlivých modulů nadzemní části HÚ**



### 2.5.3 Podzemní areál

Návrh koncepce podzemní části a její design byly vytvářeny zejména za použití tří hlavních východisek:

- splnění požadavků vyplývajících ze zadání a platné legislativy,
- zajištění funkčnosti zařízení,
- zajištění vysoké provozní bezpečnosti zařízení.

#### 2.5.3.1 Určení velikosti prostor pro ukládání VJP a RAO

Prostory v podzemí, velikost objektů, profily důlních děl a potřebné plochy odrážejí množství a způsob ukládání VJP a RAO. Pro ukládání je vyčleněn ukládací horizont - 500 m, který bude sloužit k ukládání jak vyhořelého jaderného paliva, tak ostatních RAO. Jednotlivé druhy RAO budou ukládány odděleně, VJP metodou horizontálního ukládání ve velkoprofilových ukládacích vrtech v superkontejneru a ostatní RAO v ukládacích komorách v betonkontejnerech. V referenčním projektu se předpokládá, že sekce pro ukládání VJP a komory pro RAO budou odděleny významnější tektonickou strukturou (např. puklinou). Při umísťování ukládacích sekcí VJP musí být v maximální míře efektivně využit dostupný horninový masiv, avšak musí být respektovány geologické vlastnosti masivu (usměrnění horniny, rozpukání masivu, směr působení stresu apod.).

##### Ukládací sekce VJP

Pro ukládání VJP jsou na horizontu -500m vymezeny 4 ukládací sekce. V referenčním případě, kdy byla předpokládána 10% rezerva na nepříznivé geologické podmínky ve vrtu, je třeba, pro uložení VJP v množství daném zadáním, mít k dispozici 251 velkoprofilový vrt o délce 300 m.

Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů vyplývá z následujících tabulek:

Tab. 8 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry OS

UOS pro palivo:	ø	h	Počet
	mm	mm	n
VVER440	650	3670	2050
VVER1000	701	5050	1130
NJZ	701	5050	2700
ÚJV Rež			5

Tab. 9 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry SC

SC pro palivo:	BENTONIT		OCEL	SUPERKONTEJNER	
	Mezikruží	Dno-víko	Vnější koš		
	tl. stěny	tl. bloku	tl. stěny+dna	ø	h
	mm	mm	mm	mm	mm
VVER440 + ÚJV	700	700	8	2066	5086
VVER1000 + NJZ	674,5	700	8	2066	6466

Tab. 10 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry vrtu

Velkoprofilový ukládací vrt:	šířka / ø	délka	Profil	Objem rub.
	mm	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Vrt	2166	300	3,68	1104
Rozteč vrtů v ose		32,2		
Ukládací nika	5000	24		
Prostor pro uzávěru	3700	7,5+2,5		drážka = 8,1

Tab. 11 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, parametry distančních bloků

Distanční blok (DB) mezi superkontejnery:	Vypočt. vzdál. mezi UOS	tl. DB mezi SC	SC+DB	Vzdál. od uzávěry
	mm	mm	mm	mm
VVER440+UJV	1400	500 <sup>*)</sup>	5786	1000
VVER1000	6000	9x500	11066	1500
NJZ	10000	17x500	15066	3000



Tab. 12 - Postup při určení počtu velkoprofilových vrtů, počet vrtů

Počty souborů SC+DB:	SC+DB	SCDB na vrt	Počet vrtů
	mm	n <sup>**</sup> )	n <sup>***</sup> )
VVER440+UJV	5786	46	45
VVER1000	11066	24	47
NJZ	15066	17	159
			<b>251</b>

\*) konzervativně vložen 1 standardní blok 500 mm

\*\*) zahrnuta rezerva 10% na nepříznivé geologické podmínky ve vrtu, +zaokrouhleno na celé číslo nahoru

\*\*\*) zaokrouhleno na celé číslo nahoru

### Komory pro ukládání ostatních RAO

Pro ukládání ostatních RAO je na horizontu -500 m vymezena samostatná sekce, ve které je třeba uložit 2990 betonkontejnerů. K tomuto účelu bude vyraženo 16 ukládacích komor (resp. 15 + jedna rezervní) o délce 55 m, šířce 10,50 m a max. výšce 4,80 m. Jedna komora pojme 204 betonkontejnery.

### Variantní možnosti ukládání ostatních RAO v podzemí

Variantně je možné uvažovat o umístění ukládacích komor pro ukládání ostatních RAO na horizontu -250 m. Tato varianta je realizovatelná za předpokladu, že bezpečnostní analýzou bude prokázána přijatelnost takového řešení. K nesporným výhodám tohoto řešení patří značné zkrácení dopravních vzdáleností při zavážení betonkontejnerů a následném zaplňování komor backfillem.

### 2.5.3.2 Uspořádání a velikost podzemní části HÚ

Podzemní část HÚ je koncipována jako víceúrovňové důlní dílo se 4 základními horizonty ([6], část D):

1. **Horizont 0,0 m** tvořený především DuSO 41 (příprava RAO a VJP pro uložení, vč. překládacího uzlu, horké komory a souvisejících aktivních provozů) přístupný z povrchu horizontálním úvodním dílem (dvojkolejným, resp. jednokolejným železničním tunelem).
2. **Horizont -250 m**, který slouží především k přečerpávání důlních vod na povrch. Na tomto horizontu je rovněž umístěna podzemní laboratoř (DuSO 42).
3. **Horizont -500 m**, na kterém jsou situovány sekce pro ukládání VJP, komory pro ukládání ostatních RAO, centrum přípravy superkontejneru, konfirmační laboratoř a technické zázemí pro úsek výstavby HÚ i úsek ukládání. K tomuto horizontu je přidružen horizont -485m, na kterém se nacházejí větrací chodby DuSO 31 a větrací stanice DuSO 32 a jsou sem zavedeny větrací komíny objektů na horizontu -500 m a větrací chodby sekcí ukládání VJP a RAO (DuSO 27, 28 a 29).



#### 4. Horizont -550 m s čerpací stanicí důlních vod a žumpovými chodbami.

Horizonty -250 m, -500 m a -550 m jsou spojeny úvodním důlním dílem - DuSO 01 - těžební jámou. Na uvedených horizontech jsou vybudována náraziště. Dalším úvodním důlním dílem je větrací jáma vedoucí z povrchu SO 57 na horizont -500 m. Horizonty -550 m a -485 m jsou též propojeny větracím komínem. Další propojení je vedeno spirální úklonnou chodbou (úpadnicí) mezi DuSO 41 a horizontem -500 m, se spojením i na horizont -250 m..

Podzemní část HÚ je rozdělena na dva úseky - úsek výstavby a úsek ukládání. V rámci těchto úseků jsou dále vyčleněny tzv. moduly. Oba úseky budou v maximální míře samostatné, jejich propojení (jak je uvedeno výše) bude pouze z důvodů zajištění vybraných činností při výstavbě a provozu (např. při transportu rozměrných kusů spirálním úklonným důlním dílem-úpadnicí). V případě nehody však tyto zábrany umožňují, po verifikaci oprávnění, průchod nebo průjezd. Tím je zajištěn požadavek báňské legislativy na zabezpečení nouzového úniku osob z podzemí dalším úvodním dílem.

V jednotlivých úsecích jsou vymezeny následující moduly:

##### Úsek ukládání:

Modul M2b - Modul přípravy RAO a VJP pro uložení (aktivní provozy), který zajišťuje příjem, vyložení a skladování VJP v meziskladu umístěném v horké komoře, příjem, přípravu a kontrolu prázdných UOS, jejich skladování, plnění, a jejich přípravu k definitivnímu uložení v podzemí.

Modul M10 – Modul dopravní, který zajišťuje spojení mezi jednotlivými důlními stavebními objekty prostřednictvím kolových (pásových) dopravních prostředků. Skládá se z horizontálních dopravních chodeb různých profilů a ze spirální zavázací chodby (úpadnice).

Modul M11 - Modul ukládání VJP, který zajišťuje vlastní uložení superkontejneru v ukládacím vrtu.

Modul M12 - Modul ukládání ostatních RAO, který zajišťuje uložení betonkontejnerů v ukládacích komorách a následné zaplnění obsazených komor vhodným backfillem.

Modul M13 - Podpůrné laboratoře, který zajišťuje výzkumnou podporu a verifikaci postupů ukládání VJP a RAO.

##### Úsek výstavby:

Modul M14 - Technické zázemí úseku výstavby, které zajišťuje technickou podporu a zázemí pro úsek výstavby.

Modul M15 - Modul ražby a transportu rubaniny na povrch, který zajišťuje vlastní razicí práce, manipulaci s rubaninou a její transport na povrch.

Modul M16 - Modul větrání, který zajišťuje přívod čerstvých větrů do podzemí (vtažná důlní díla), jejich cirkulaci podzemními prostory a odvod mdlých větrů na den (výdušná důlní díla).

Modul M17 - Modul čerpání důlních vod, který zajišťuje shromažďování a odvedení (vyčerpání) důlních vod na povrch.

K těmto modulům jsou přiřazeny jednotlivé důlní stavební objekty, jejichž seznam je uveden v následující tabulce.



### 2.5.3.3 Důlní stavební objekty (DuSO)

Podzemní část HÚ se skládá z následujících důlních stavebních objektů:

Tab. 13 – Důlní stavební objekty

Č. objektu	Název objektu	Modul
DuSO 01	Těžební jáma	M15, M16, M17
DuSO 02	Spojovací dopravní tunely na úrovni 0	M10,
DuSO 03	Výdušná jáma I	M16,
DuSO 04	Spirální zavážecí chodba (úpadnice)	M10,
DuSO 05	Spojovací chodby na úseku výstavby (horizont -500 m)	M10,
DuSO 06	Spojovací chodby na úseku ukládání (horizont -500 m)	M10,
DuSO 07	Náraziště těžební jámy (-500 m)	M14,
DuSO 08	Spojovací chodba s turniketem (horizont -500 m)	M14,
DuSO 09	Násyp do skipostanice s dozornou	M15,
DuSO 10	Dílny a opravní dopravních mechanismů, sklad náhradních dílů	M14,
DuSO 11	Remíza a odstavná plocha dopravních mechanismů	M14,
DuSO 12	Sklad PHM a mazadel	M14,
DuSO 13	Rozvodna (horizont -500 m)	M14,
DuSO 14	Shromáždění osob a stanice první pomoci	M14,
DuSO 15	Zkušebna	M14,
DuSO 16	Okružní chodba	M10
DuSO 17	Zavážecí chodba ukládací sekce I	M10,
DuSO 18	Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce I) - DuSO 18.1L, DuSO 18.1P (Označení jednotlivých vrtů pořadovým číslem a polohou vůči zavážecí chodbě )	M11,
DuSO 19	Zavážecí chodba ukládací sekce II	M10,
DuSO 20	Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce II) - DuSO 20.1L, DuSO 20.1P (Označení jednotlivých vrtů pořadovým číslem a polohou vůči zavážecí chodbě )	M11,
DuSO 21	Zavážecí chodba ukládací sekce III	M10,
DuSO 22	Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce III) - DuSO 22.1L, DuSO 22.1P (Označení jednotlivých vrtů pořadovým číslem a polohou vůči zavážecí chodbě )	M11,
DuSO 23	Zavážecí chodba ukládací sekce IV	M10,
DuSO 24	Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce IV) - DuSO 24.1L, DuSO 24.1P (Označení jednotlivých vrtů pořadovým číslem a polohou vůči zavážecí	M11,

Č. objektu	Název objektu	Modul
	chodbě )	
DuSO 25	Zavážecí chodba ukládací sekce RAO	M10,
DuSO 26	Ukládací komory RAO (DuSO 26.1 až 26.16)	M12,
DuSO 27	Větrací chodby sekcí I a II	M16,
DuSO 28	Větrací chodby sekcí III a IV	M16,
DuSO 29	Hlavní a sběrné větrací chodby komor ukládání RAO	M16,
DuSO 30	Větrací vrty komor ukládání RAO	M16,
DuSO 31	Větrací chodby a komíny provozních objektů (horizont -485 m)	M16,
DuSO 32	Větrací stanice (horizont -485 m)	M16,
DuSO 33	Chodba plnicích čerpadel backfillu (komory RAO)	M10,
DuSO 34	Remíza soupravy TBM	M14,
DuSO 35	Remíza dopravních mechanismů pro úsek ukládání	M2b, M10
DuSO 36	Náraziště těžební jámy (horizont -250 m)	M14,
DuSO 37	Rozvodna (horizont -250 m)	M14,
DuSO 38	Přečerpávací stanice důlních vod (horizont -250 m)	M17,
DuSO 39	Spojovací chodby na horizontu -250 m	M10,
DuSO 40	Větrací stanice (horizont -250 m)	M16,
DuSO 41	Příprava RAO a VJP pro uložení vč. překládacího uzlu, horké komory a souvisejících aktivních provozů	M2b,
DuSO 42	Podzemní laboratoř (horizont -250 m)	M13,
DuSO 43	Centrum přípravy superkontejneru (horizont -500 m)	M2b
DuSO 44	Technické zázemí úseku ukládání (horizont -500 m)	M2b
DuSO 45	Konfirmační laboratoř (horizont -500 m)	M13,
DuSO 46	Náraziště těžební jámy (horizont -550 m)	M14,
DuSO 47	Trafo stanice a rozvodna (horizont -550 m)	M14,
DuSO 48	Čerpací stanice důlních vod (horizont -550 m)	M17,
DuSO 49	Žumpové chodby (horizont -550 m)	M17,
DuSO 50	Spojovací chodby na horizontu -550 m	M10,
DuSO 51	Větrací komín z horizontu -550 na horizont -500 m	M16,

Grafické rozdělení jednotlivých důlních stavebních objektů do modulů podzemní části HÚ vyplývá z Obr. 13.



### 2.5.3.4 Popis modulů podzemní části

#### 2.5.3.4.1 M2b - Modul přípravy RAO a VJP pro uložení

Modul M2b - Modul přípravy RAO a VJP pro uložení (aktivní provozy) - zajišťuje příjem, vyložení a skladování VJP v meziskladu umístěném v horké komoře, příjem, přípravu a kontrolu prázdných UOS, jejich skladování, plnění, a jejich přípravu k uložení v podzemí. Obsahuje následující DuSO:

DuSO 41	Příprava RAO a VJP pro uložení vč. překládacího uzlu, horké komory a souvisejících aktivních provozů (horizont 0,0m)
DuSO 43	Centrum přípravy superkontejneru (horizont -500 m)
DuSO 44	Technické zázemí úseku ukládání (horizont -500 m)
DuSO 35	Remíza dopravních mechanismů pro úsek ukládání

#### 2.5.3.4.2 M10 - Modul dopravní

Dopravní modul zajišťuje spojení mezi jednotlivými důlními stavebními objekty prostřednictvím kolových (pásových) dopravních prostředků. Skládá se z horizontálních dopravních chodeb různých profilů a ze spirální zavážecí chodby (úpadnice). Součástí tohoto modulu jsou následující DuSO:

DuSO 02	Spojovací dopravní chodby na horizontu 0,0m
DuSO 04	Spirální zavážecí chodba (úpadnice)
DuSO 05	Spojovací chodby na úseku výstavby (horizont -500 m)
DuSO 06	Spojovací chodby na úseku ukládání (horizont -500 m)
DuSO 16	Okružní chodba
DuSO 17	Zavážecí chodba ukládací sekce I
DuSO 19	Zavážecí chodba ukládací sekce II
DuSO 21	Zavážecí chodba ukládací sekce III
DuSO 23	Zavážecí chodba ukládací sekce IV
DuSO 25	Zavážecí chodba ukládací sekce RAO
DuSO 33	Chodba plnicích čerpadel backfillu
DuSO 39	Spojovací chodby na horizontu -250 m
DuSO 50	Spojovací chodby na horizontu -550 m



### 2.5.3.4.3 M11 - Modul ukládání VJP

Modul zajišťuje uložení superkontejneru v ukládacím vrtu. Modul se skládá ze čtyř objektů (sekcí ukládání); ukládací vrty jsou označovány jako podobjekty, a to pořadovým číslem a polohou vůči zavážecí chodbě. Číslování vrtů začíná vždy od konce ukládací chodby (ukládání v sekci bude probíhat odzadu). Vrty v jedné řadě jsou levé a pravé.

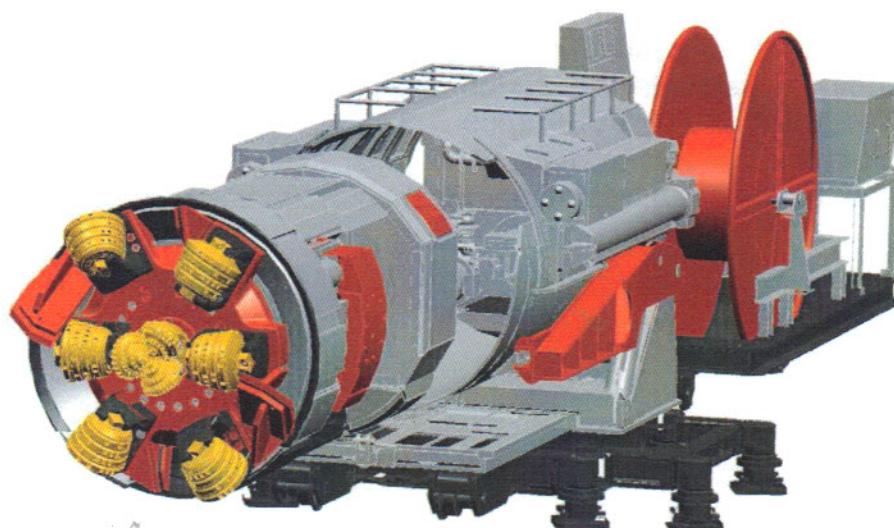
- DuSO 18 Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce I)
- DuSO 20 Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce II)
- DuSO 22 Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce III)
- DuSO 24 Velkoprofilový ukládací horizontální vrt s manipulační nikou (sekce IV)

Koncept horizontálního ukládání VJP v superkontejneru byl převzat z projektu švédského SKB a finské Posivy. Podle tohoto konceptu jsou superkontejnery ukládány ve velkoprofilových ukládacích horizontálních vrtech za sebou, přičemž mezi jednotlivými superkontejnery jsou umísťovány tzv. distanční bloky z bentonitu. Ukládací vrty vycházejí z ukládací niky (deposition niche), která se nachází po stranách zavážecí chodby (main tunnel). Vrty jsou přibližně 300 m dlouhé, jejich průměr je 1 850 mm. Podle projektu SKB mají ukládací vrty rozteč 40 m, v návrhu Posivy je uváděna rozteč 25 m [12].

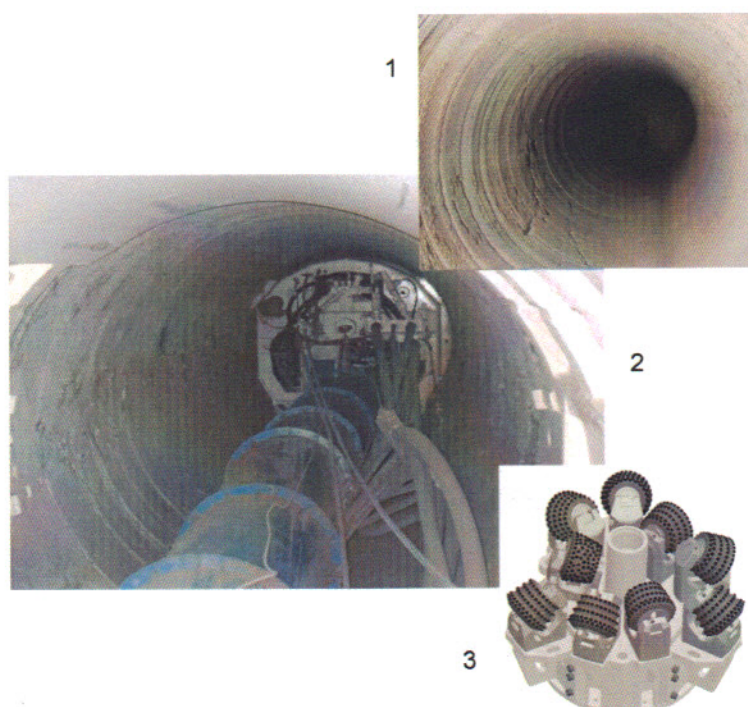
V referenčním projektu je stanoven průměr ukládacího vrtu na 2 166 mm, délka vrtů je předpokládána 300 m. Vrty jsou mírně ukloněny směrem k jejich ústí, cca 2°. Projektovaná osová rozteč jednotlivých ukládacích vrtů je 32 m. Na kvalitu návrtu (odchylku od stanoveného průměru, zaoblení, příčné stupně ve vrtu a odchylku od přímého směru) jsou kladeny obdobné požadavky, jaké jsou uvedeny v projektu SKB ([12], Table 2-1).

Ukládací chodby (vrty) kruhového průřezu budou hloubeny kolmo z páteřních dopravních chodeb technologií velkopřůměrového vrtání. V praxi se jedná o tzv. systém „Box Hole Boring“, kdy je vrtná souprava ustavena ve vrtné komoře (viz Obr. 14) a ve směru budoucí štoly se vrtá pilotní vrt, který se po nasazení rozšiřovacích dlát v jednom, nebo několika stupních rozšíří na požadovaný průměr. Osazení vrtné soupravy a doprovodné technologie vyžaduje realizaci vrtné komory (ukládací niky), která bude vyražena konvenčním způsobem. Vrtací kolona sestává z ocelových trubek, stabilizátorů, vrtacího dláta pro pilotní vrt a antimagnetických tyčí, které umožňují průběžnou kontrolu směru vrtání fotoinklinometrickou sondou. Pokud během vrtání pilotního vrtu dojde k zastižení pásma tektonicky narušených hornin, bude provedena technologická cementace vrtu a použit speciální polymerový výplach. S jeho pomocí bude dosaženo vytvoření zpevněného stvolu vrtu a snížení infiltrace výplachu do tektonicky narušených hornin. Během vrtání pilotního vrtu bude použit vodní výplach. Po odstranění centračních a antimagnetických tyčí bude vrtací dláto malého průměru zaměněno za velké rozšiřovací dláto o průměru ukládací chodby, které je osazené roubíkovými kotouči (viz Obr. 15). Chlazení vrtacích kotoučů a jejich očišťování bude zajišťováno vodním výplachem a vrtná drť vytvořená v průběhu rozšiřování pilotního vrtu bude odtěžována kolovým přepravníkovým nakladačem do kontejnerů, které budou dopravovány k jámě.



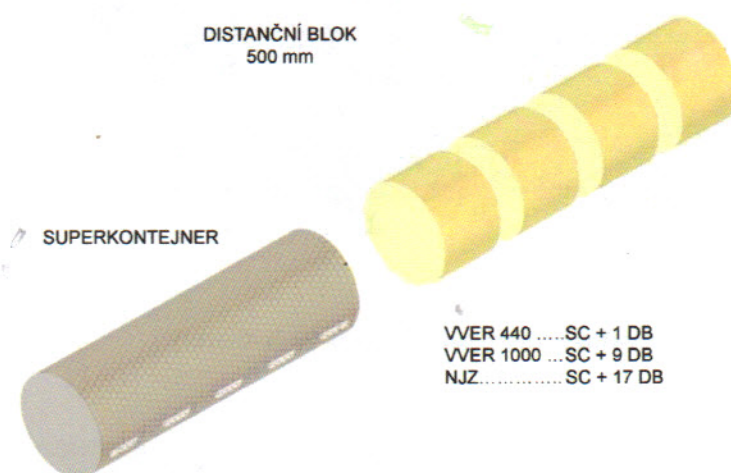


Obr. 14 - Schéma velkoprofilového vrtného stroje (Box Hole Borer)

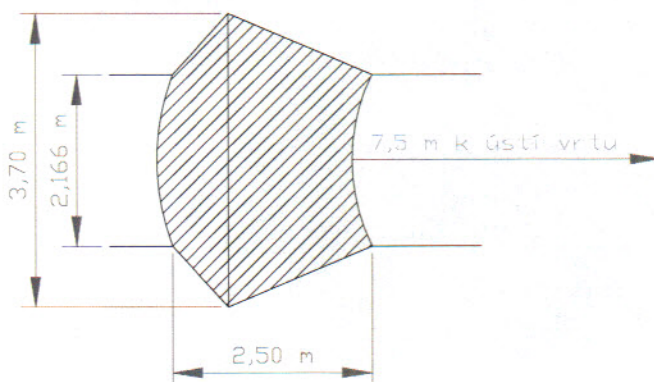


Obr. 15 - Pohled do vyvrtané chodby (1), pohled na vrtné zařízení (2) a schéma velkoprofilového vrtného dláta s roubíkovými kotouči (3).

Při standardním způsobu ukládání se předpokládá, že k čelu vrtu budou zasunuty 2 unifikované distanční bloky à 500 mm<sup>1</sup> a poté první superkontejner. Před uložením dalšího superkontejneru bude zasunut příslušný počet distančních bloků (Obr. 16). Po uložení posledního superkontejneru budou mezi superkontejner a zátku vloženy distanční bloky (VVER 440 ... 2ks; VVER 1000 ... 3 ks a NJZ ... 6 ks bloků). Vrt bude uzavřen ocelovo-betonovou zátkou (Obr. 17), jejíž design byl rovněž převzat z projektu SKB ([12], Figure 4-10), včetně použití speciálního betonu s nízkým pH.



Obr. 16 - Schéma ukládání SC v ukládacím vrtu



Obr. 17 - Schéma ocelovo-betonové koncové zátky

Předpokládáme, že geologické podmínky nedovolí dodržet standardní způsob ukládání v celé délce vrtu. Je velmi pravděpodobné, že vrty se budou křížit s řadou puklin, porušených pásem a dalších litologických nehomogenit. Výskyt těchto nehomogenit bude vždy dokumentován, jejich závažnost bude vyhodnocována podle předem přijatého systému kritérií a následně budou přijímána opatření k eliminaci nebo zmírnění vlivu nehomogenit na proces ukládání.

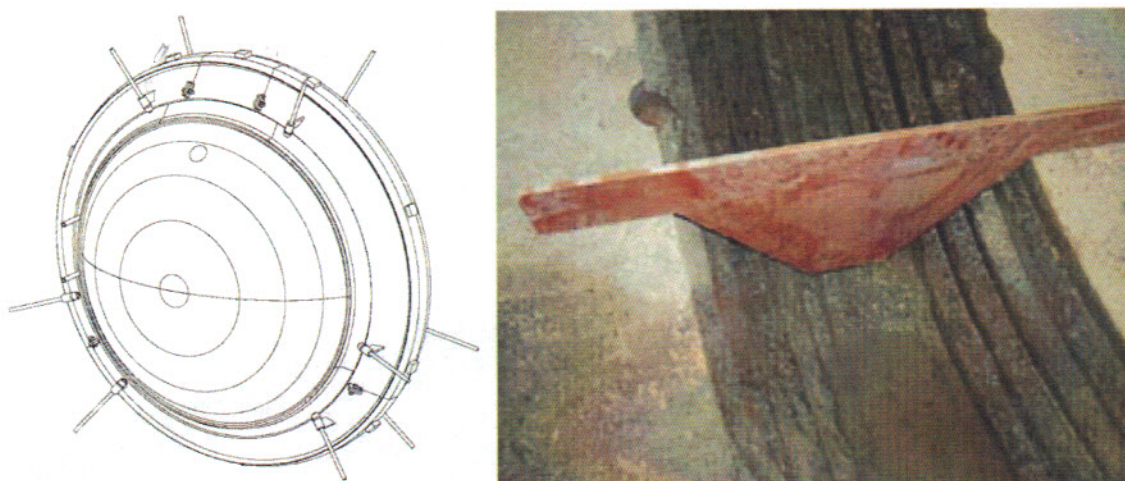
<sup>1</sup> Ve švédském konceptu jsou používány distanční bloky složené ze tří segmentů o tl. 500 mm.



Jednodušší opatření mohou spočívat v injektování puklin nebo porušených zón různými injektážními roztoky (např. v referenčním projektu SKB se uvažuje s kyselinou křemičitou - [12], Chapt. 9.4.2). Porušené zóny budou patrně sanovány již v průběhu vrtání za použití jílových nebo speciálních polymerových výplachů.

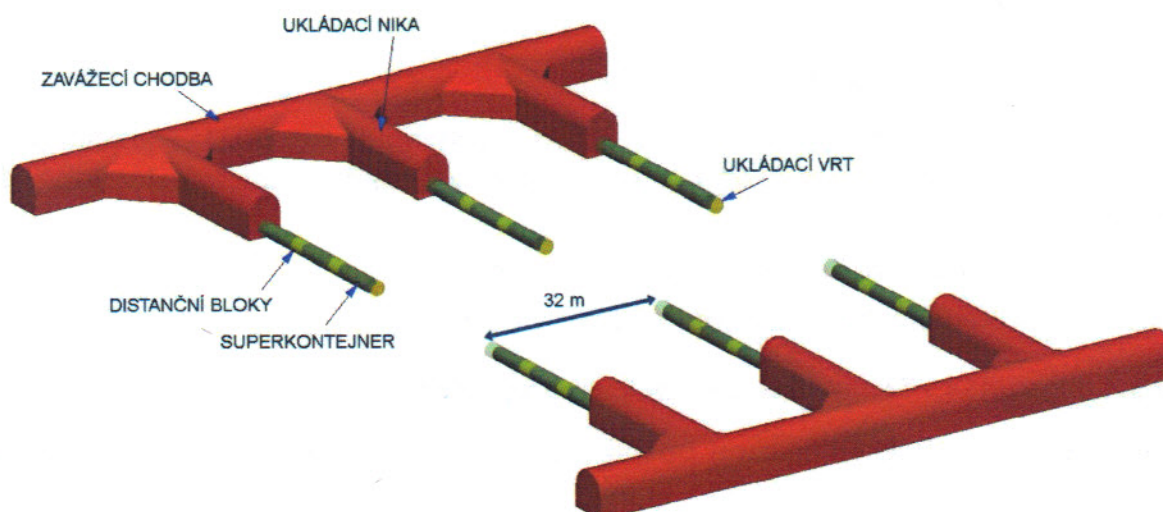
Závažnější nehomogenity (zejména zvodnělé pukliny) bude nutné vyloučit z prostoru pro ukládání. K oddělení nevhodných úseků vrtů budou používány oddělovací zátky. Mezi zátkami tak vznikne úsek vrtu, kde nebude uložen žádný superkontejner a tento úsek bude jen vyplněn bentonitem.

Referenční projekt švédského SKB uvažuje o použití ocelové oddělovací zátky vypouklé na stranu se zvýšeným hydrostatickým tlakem. Zátky se skládají ze segmentů a instalují se do lichoběžníkové drážky po obvodu vrtu (viz Obr. 18, převzatý z [12], figure 4.13 a 4.19).



Obr. 18 - Schéma oddělovací zátky (vlevo) a drážky pro její instalaci.

Uspořádání zavázacích chodeb, nik a ukládacích vrtů vyplývá z Obr. 19



Obr. 19 - Uspořádání zavázacích chodeb, nik a ukládacích vrtů v ukládací sekci.

Závěrečným krokem ukládání VJP bude uzavření sekci - založení prostoru drcenou horninou s jílovým pojivem, která bude ve vrtu zhutňována specializovaným, mobilním pěchovacím strojem.

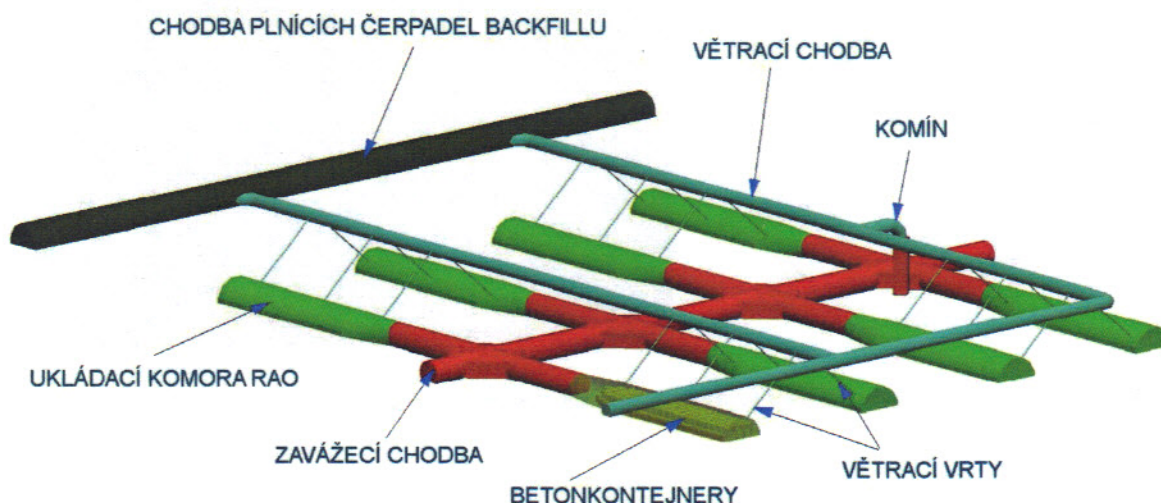
#### 2.5.3.4.4 M12 - Modul ukládání ostatních RAO

Tento modul zajišťuje uložení betonkontejnerů v ukládacích komorách a následné zaplnění obsazených komor vhodným výplňovým materiálem. Modul obsahuje jeden DuSO:

DuSO 26 Ukládací komory RAO (DuSO 26.1 až 26.16)

Ukládací komory 1 – 16 jsou 10,5 m široké a 55 m dlouhé. V plné šíři je komora dlouhá 46,5 m, poté se zužuje do 5 m širokého ústí. Světla výška komory je 4,8 m. Rozměry komory umožňují uložit v jedné řadě 9 betonkontejnerů, 5 dole a 4 nahoře (viz Obr. 28).

Uspořádání ukládacích komor, jejich propojení a systém odvětrání vyplývá z Obr. 20.



Obr. 20 - Uspořádání sekce ukládání RAO

#### 2.5.3.4.5 M13 - Podpůrné laboratoře

Do tohoto modulu jsou zařazeny dva objekty, podzemní laboratoř a konfirmační laboratoř, které zajišťují výzkumnou podporu a verifikaci postupů ukládání VJP a RAO.

DuSO 42 Podzemní laboratoř (horizont -250 m)

DuSO 45 Konfirmační laboratoř (horizont -500 m)

#### 2.5.3.4.6 M14 - Technické zázemí úseku výstavby

Tento modul zajišťuje technickou podporu a zázemí pro úsek výstavby. Zahrnuje následující objekty:

DuSO 07 Náraziště těžební jámy (-500 m)

DuSO 08 Spojovací chodba s turniketem (horizont -500 m)



DuSO 10	Dílny a opravný dopravních mechanismů, sklad náhradních dílů
DuSO 11	Remíza a odstavná plocha dopravních mechanismů
DuSO 12	Sklad PHM a mazadel
DuSO 13	Rozvodna (horizont -500 m)
DuSO 14	Shromáždění osob a stanice první pomoci
DuSO 15	Zkušebna
DuSO 34	Remíza soupravy TBM
DuSO 36	Náraziště těžební jámy (horizont -250 m)
DuSO 37	Rozvodna (horizont -250 m)
DuSO 46	Náraziště těžební jámy -550 m
DuSO 47	Trafostanice a rozvodna (horizont -550 m)

#### **2.5.3.4.7 M15 - Modul ražby a transportu rubaniny na povrch**

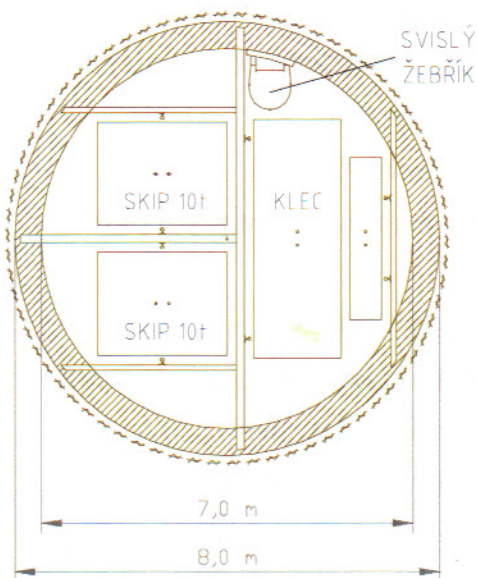
Tento modul zajišťuje vlastní razící práce, manipulaci s rubaninou a její transport na povrch. Modul má dva objekty:

DuSO 01 Těžební jáma

DuSO 09 Násyp do skipostanice s dozornou a skipostanice

Stěžejním objektem je těžební jáma (DuSO 01) pro jízdu lidí, těžbu rubaniny a spouštění materiálů. Jáma bude vyhloubena do hloubky cca 580 m s tím, že na horizontech cca -250 m, -500 m a -550 m budou vyražena náraziště. Vnitřní průměr jámy bude 7 m, obezdívka dle skutečného stavu horninového masivu se předpokládá zhruba z 15% betonová a dále z cca 30% svorníková se sítí a stříkaným betonem.

Jáma bude vybavena dvojím těžním zařízením; pro jízdu lidí a spouštění materiálů z horizontů -250 m a -550 m dvouetážovou klecí s protizávažím a pro těžbu rubaniny z ukládacího horizontu (-500 m) dvojčinným skipovým zařízením o užitečném objemu dopravní nádoby minimálně 10 tun (viz Obr. 21).



Obr. 21 - Profil těžební jámy.

#### 2.5.3.4.8 M16 - Modul větrání

Modul zajišťuje přívod čerstvých větrů do podzemí (vtažná důlní díla), jejich cirkulaci podzemními prostory a odvod mdlých větrů na den (výdušná důlní díla). Vedle vlastních objektů modul větrání využívá řadu stavebních objektů z jiných modulů (označeny kurzívou):

##### Vtažná důlní díla:

*DuSO 01 - Těžební jáma*

*DuSO 02 - Spojovací dopravní tunely na úrovni 0*

*DuSO 04 - Spirální zavážecí chodba (úpadnice)*

*DuSO 41 - M.č. 314 Přívodní strojovna VZT*

*DuSO 41 - M.č. 318 Komora přívodních ventilátorů*

*DuSO 41 - M.č. 320 Přívodní chodba VZT*

##### Větrací chodby a komíny:

*DuSO 27 - Větrací chodby sekcí I a II*

*DuSO 28 - Větrací chodby sekcí III a IV*

*DuSO 29 - Sběrné větrací chodby komor ukládání RAO*

*DuSO 30 - Větrací vrty komor ukládání RAO*

*DuSO 31 - Větrací chodby a komíny provozních objektů na horizontu - 500 m*

*DuSO 51 - Větrací komín z horizontu -550 na horizont -500 m*

*DuSO 41 - M.č. 504 Nasávací objekt haly příjmu*

*DuSO 41 - M.č. 505 Nasávací objekt haly betonkontejnerů*



Výdušná důlní díla:*SO 57 - Objekt výdušné jámy I. vč. fyzické ochrany (nadzemní část)*

DuSO 03 - Výdušná jáma I

DuSO 32 - Větrací stanice (horizont -485 m)

DuSO 40 - Větrací stanice (horizont -250 m)

*DuSO 41 - M.č. 503 Komora odvodních ventilátorů**DuSO 41 - M.č. 506 Výdušná chodba**DuSO 41 - M.č. 106 Místnost měření plyných výpustí**SO 58 - Objekt výdušné jámy II. vč. fyzické ochrany (nadzemní část)***2.5.3.4.9 M17 - Modul čerpání důlních vod**

Tento modul zajišťuje shromažďování a odvedení (vyčerpání) důlních vod na povrch. Součástí modulu jsou následující DuSO:

DuSO 38 Přečerpávací stanice důlních vod (horizont -250 m)

DuSO 48 Hlavní čerpací stanice důlních vod (horizont -550 m)

DuSO 49 Žumpové chodby (horizont -550 m)

**2.5.3.5 Důlní provozní soubory**

Součástí podzemní části HÚ budou rovněž důlní provozních soubory, jejichž podrobná specifikace je uvedena ve zprávě [6]. Zde uvádíme pouze jejich seznam:

01.DuPS 01 – Těžní zařízení těžební jámy

36.DuPS 01 – Náraziště těžební jámy (-250 m)

07.DuPS 02 – Náraziště těžební jámy (-500 m)

46.DuPS 03 – Náraziště těžební jámy (-550 m)

09.DuPS 01 – Skipostanice (-500 m)

03. DuPS 02 – Těžní zařízení výdušné jámy

10.DuPS 01 – Zařízení opravy dopravních mechanismů

11.DuPS 01 – Zařízení remízy dopravních mechanismů

11.DuPS 02 – Důlní mechanismy

47.DuPS 01 – Trafostanice a rozvodna (-550 m)

15.DuPS 01 – Zařízení zkušebny

31.DuPS 01 – Větrací stanice (-500 m)

34.DuPS 01 – Zařízení remízy TBM

34. DuPS 02 – Souprava TBM

35.DuPS 01 – Zařízení remízy dopravních mechanismů úseku ukládání (-500 m)

35.DuPS02– Dopravní prostředky pro přepravu UOS, superkontejnerů a betonkontejnerů

- 37.DuPS 01 – Rozvodna (-250 m)
- 38.DuPS 01 – Přečerpávací stanice (-250 m)
- 40.DuPS 01 – Větrací stanice (-250 m)
- 42.DuPS 01 – Zařízení podzemní laboratoře (-250 m)
- 43.DuPS 01 – Dopravní, zvedací a manipulační zařízení v hale přípravy SC
- 45.DuPS 01 – Zařízení konfirmační laboratoře
- 48.DuPS 01 – Čerpací stanice (-550 m)
- 49.DuPS 01 – Čerpání z jámové tůně
- 49.DuPS 02 – Trubní řady čerpání vod
- .DuPS 01 – Rozvody 6 kV
- .DuPS 01 – Rozvody NN
- .DuPS 01 – Rozvody slaboproudu
- .DuPS 01 – Trubní rozvody požární vody
- .DuPS 01 – Trubní rozvody stlačeného vzduchu
- .DuPS 01 – Osvětlení

## 2.6 VELIKOST HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Hlubinné úložiště je navrženo tak, aby do jeho prostor bylo možné uložit VJP z provozovaných JE, tj. 4 bloků JE Dukovany, 2 bloků JE Temelín, a plánovaných nových jaderných zdrojů (2 bloky NJZ Temelín a 1 blok NJZ Dukovany). Do HÚ se předpokládá uložit i RAO z vyřazování stávajících JE i plánovaných NJZ, které nebude možné umístit v přípovrchových úložištích.

Celková plocha nadzemního areálu se předpokládá cca 23,4 hektaru. Celý areál bude oplocen. Plocha vyhrazená pro manipulace s radioaktivním materiálem a související provozy bude cca 2,1 ha. Tento prostor bude zajištěn odpovídajícími prostředky technického systému fyzické ochrany. Zbývající plocha nadzemního areálu bude využita pro neaktivní provoz (zázemí pro důlní provoz a s tím související činnosti), část bude zabírat železniční vlečka.

Prostory v podzemí a potřebné plochy jsou dány množstvím a systémem ukládání VJP a RAO. Z dostupných podkladů a předpokládaného množství ukládaného inventáře technologií horizontálního ukládání lze vypočítat plochu potřebnou pro ukládání VJP na cca 272 ha + 37 ha rezervy (VJP se v navrženém technickém řešení předpokládá uložit do čtyř, přibližně stejně velkých sekcí, jedna z těchto sekcí nebude zcela zaplněna). Uložení ostatních RAO vyžaduje plochu cca 4 ha. Celkem podzemní část bude zaujímat plochu cca 4,4 km<sup>2</sup>.

Celkový objem prostor podzemního areálu se předpokládá cca 1 800 000 m<sup>3</sup>; z toho kapacita velkoprofilových ukládacích horizontálních vrtů cca 547 500 m<sup>3</sup> a kapacita komor pro ukládání ostatních RAO cca 63 000 m<sup>3</sup>.



## 2.7 POPIS PROVOZU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Výstavba a vlastní provoz hlubinného úložiště budou probíhat v několika časových etapách, pro které budou charakteristické určité činnosti.

Nejprve vybudování podzemní laboratoře, následně výstavba hlubinného úložiště, nadzemního i podzemního areálu, kdy budou probíhat pouze činnosti stavebního a důlního charakteru. V rámci výstavby bude vyražena a připravena pro příjem VJP jedna sekce.

V další etapě, po zahájení provozu HÚ, budou probíhat zejména činnosti, spojené s ukládáním VJP a RAO, a následným utěšňováním zaplněných úložných prostor. Ražba dalších ukládacích sekcí bude probíhat postupně, podle potřeb ukládání VJP. Ukládací prostory budou připravovány bezprostředně před jejich využitím, zejména z důvodu ochrany masivu před větráním a nepříznivými dopady vyplývajícími z tvorby zóny prosté napětí v okolí vyrubaných důlních děl.

V posledním časovém období provozu HÚ se budou provádět činnosti spojené s ukládáním VJP a RAO včetně utěšňování zaplněných úložných prostor, a přípravné činnosti k ukončení provozu úložiště.

Povrchový i podzemní areál je řešen tak, aby zajistil potřeby všech předpokládaných činností, ať už to jsou činnosti spojené s výstavbou nebo rozšiřováním hlubinného úložiště, a jeho provozu. Nejdůležitějším úkonem z hlediska provozu HÚ je příjem obalových souborů s VJP a RAO a jejich následné uložení. Proto jsou následující kapitoly věnovány podrobnějšímu popisu těchto činností.

### 2.7.1 Příjem a skladování VJP/RAO

Obalové soubory s VJP budou do areálu hlubinného úložiště přiváženy na speciálních, pro tyto účely vyrobených železničních vagonech (tzv. vagonkontejnerech), v přepravních obalových souborech (pro VJP z provozovaných JE jsou to obalové soubory CASTOR 440/84, CASTOR 440/84M a CASTOR 1000/19). Transport přijede po vlečce přes železniční vrátnici do areálu, bude provedena první vizuální kontrola a evidence přivážených OS. Předpokládá se, že v jednom transportu budou zavezeny maximálně tři vagonkontejnery. RAO jsou do úložiště rovněž přiváženy po železnici.

Následně budou vagony s VJP/RAO přes vrátnici aktivních provozů zavezeny do střeženého prostoru. Po předepsaných kontrolách (vizuální kontrola, kontrola povrchové aktivity) budou zavezeny vstupním portálem do překládacího uzlu s horkou komorou, umístěném v podzemní části HÚ. V překládacím uzlu, jehož součástí je horká komora, se provádí příjem, skladování a příprava na ukládání VJP.

Operace prováděné v překládacím uzlu a horké komoře lze rozdělit do následujících skupin ([6], část F):

- příjem a skladování VJP,
- příjem a příprava prázdných UOS,
- plnění UOS a jejich příprava k uložení.

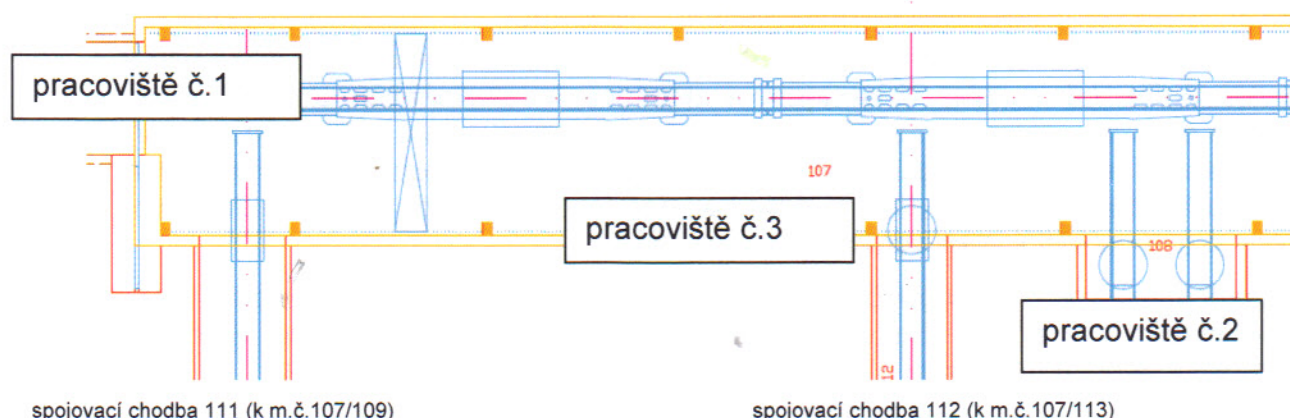
Mezi jednotlivými pracovišti v překládacím uzlu jsou přepravní OS i UOS dopravovány pomocí kolejových vozíků. Během přepravy mezi jednotlivými pracovišti



je zaplněný UOS vždy opatřen doplňkovým stíněním. Všechny operace spojené s příjmem a skladováním se provádějí v kontrolované zóně.

### **Příjem přepravního OS**

Hala příjmu je uzpůsobena pro příjem přepravních OS CASTOR 440/84, CASTOR 440/84M, CASTOR 1000 a pro další přepravní OS pro VJP z nového jaderného zdroje. Hala příjmu umožňuje v rámci jedné přepravy obsloužit 3 vagónkontejnery.



**Obr. 22 - Hala příjmu a překládky č.107**

V hale příjmu se provede demontáž tlumičů nárazů, vizuální kontrola a kontrola povrchové aktivity. Uvolněný OS se vztyčí do svislé polohy a jeřábem se přenese na speciální přepravní vůz, na kterém se zasune do dočasného skladu plných přepravních OS. Zde je připojen na monitorovací systém, kterým se sleduje teplota a tlak v přepravním OS. Dočasný sklad plných OS je dimenzován na 2 ks OS (pracoviště 2).

### **Příjem VJP do horké komory (HK)**

Když se ve skladu VJP v horké komoře uvolní potřebný prostor pro uložení celého obsahu přepravního OS, přepravní OS se odpojí od monitorovacího zařízení a přeloží se na samohybný el. vůz, který jezdí kyvadlově po kolejové dráze spojuvací chodbou mezi halou příjmu a překládky a místností příjmu přepravního OS.

Vůz s přepravním OS se převezí na stanoviště pro demontáž sekundárního víka (pracoviště č.4). Na tomto pracovišti se demontuje sekundární víko a odloží na podstavec. Na primární víko přepravního OS se namontuje pomocný záchyt, který bude využíván při dalších manipulacích s primárním víkem v horké komoře. OS se přesune na další pracoviště pod přepravním otvorem do horké komory (pracoviště č.5).

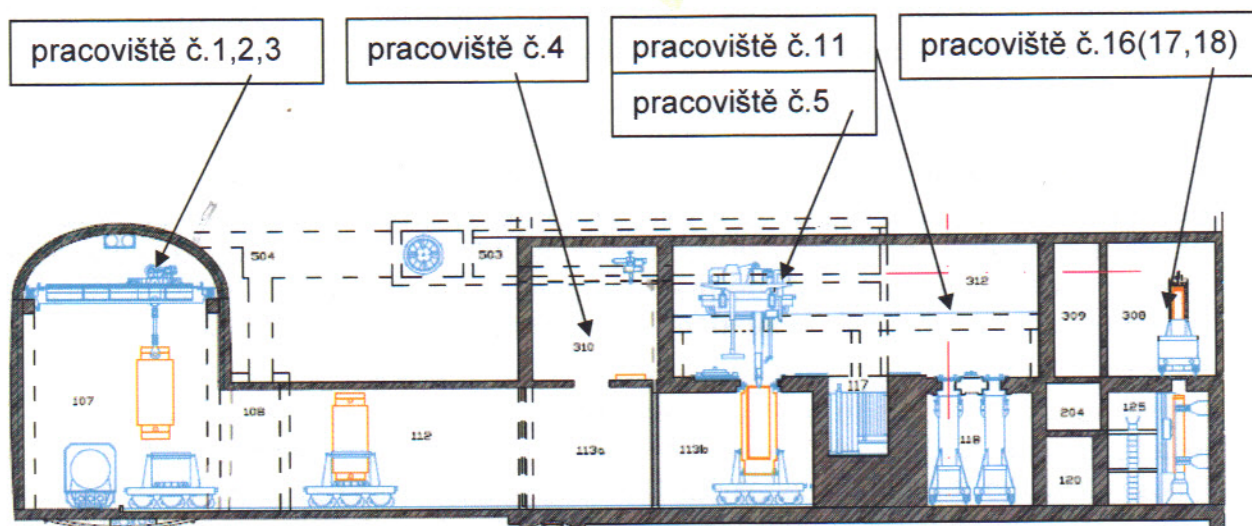
Přepravní otvor do horké komory je těsně uzavřený překrytím s pohonem, které plní zároveň funkci stínění. Přepravní vůz s přepravním OS najede na osy otvoru a zajistí se jeho poloha. Hydraulickým zvedacím zařízením umístěným na voze se přepravní OS zvedá až do polohy, kdy se horní plochou opře o vlnovec s těsněním na rámu překrytí nebo na adaptéru. Aby bylo možné v HÚ přijímat různé typy přepravních OS, je rám překrytí vybaven vyměnitelnými adaptéry pro různé přepravní OS.

Po přistýkování přepravního OS k otvoru se překrytí otevře a nad otvor najede pojízdná plošina se stendy pro demontáž primárního víka (pracoviště 5). Stendy



pracují v automatickém režimu a jsou řízeny dálkově. Když se primární víko uvolní, plošina se stendy odjede stranou a manipulátorem se primární víko sejme z přepravního OS a odloží na podstavec v horké komoře.

Z otevřeného transportního OS se postupně vyjmají kazety s VJP a ukládají se do příslušné mříže ve skladu VJP v horké komoře. Po ukončení překládky se sklad uzavře překrytím, které odděluje prostor skladu od horké komory a zajišťuje stínění skladovaných VJP. Pomocí manipulátoru se opět usadí primární víko na přepravní OS. Přepravní otvor se uzavře překrytím a přepravní OS se spustí zpět do přepravní polohy.

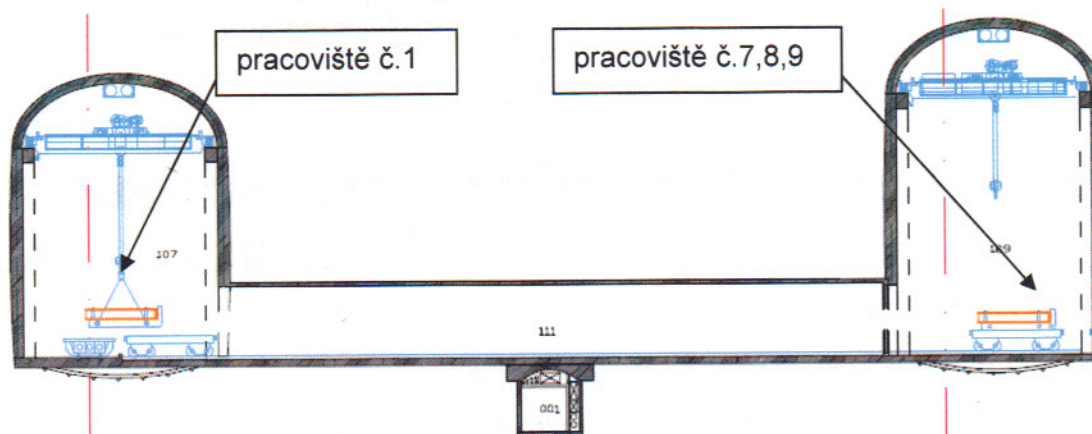


Obr. 23 - Přeprava OS z Haly příjmu k HK

OS bude uzavřen sekundárním víkem. Samohybný el. vůz převezme po případné dekontaminaci přepravní OS zpět do haly příjmu. Tam se přeloží na kolejový vůz pro přepravní OS a převezme se do meziskladu prázdných přepravních OS.

#### **Příjem a příprava prázdných UOS**

Operace spojené s příjmem a skladováním se provádějí v hale příjmu na stendu překlápění. Prázdné UOS na přepravních ložích se přivezou od výrobce do haly příjmu (pracoviště 1). Zde se provede vizuální kontrola, kontrola rozměrů a geometrie, průchodnost šestihranných trubek pomocí makety VJP a správné dosednutí primárního a sekundárního víka. Zkontrolovaný UOS se uloží ve svislé poloze do skladu prázdných UOS (pracoviště 7-9).



Obr. 24 - Spojovací chodba 111 (k m.č.107/109)



### Plnění UOS a jejich příprava k uložení

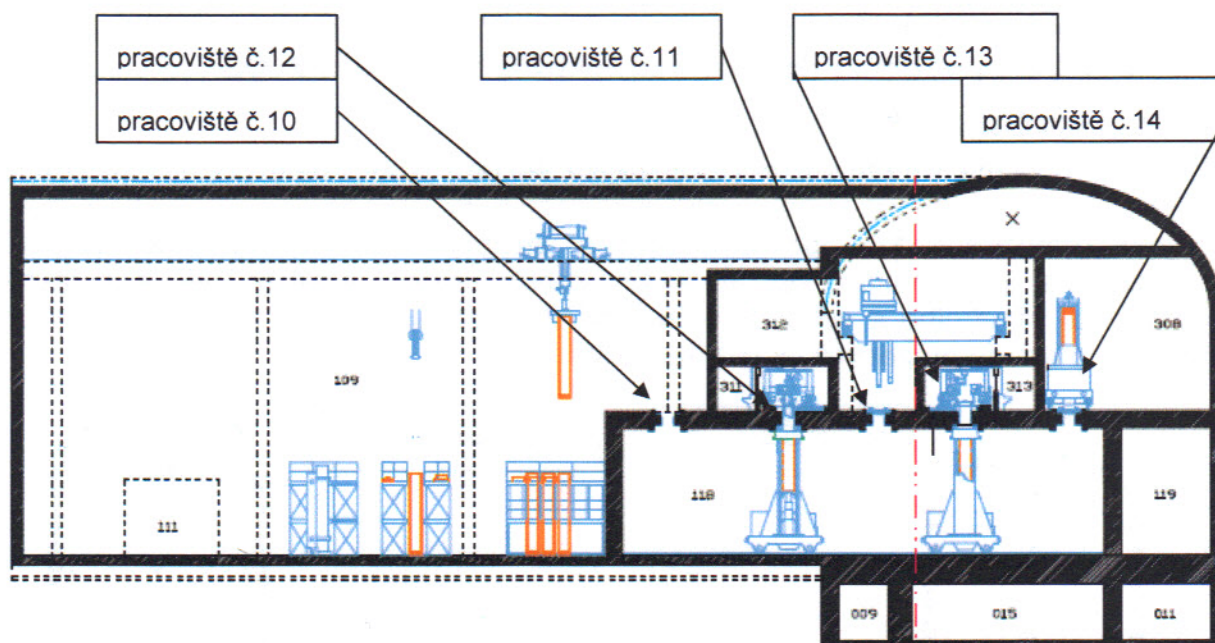
Zavážení VJP do UOS a všechny technologické operace na plných UOS se provádějí na dvou paralelních linkách, které v případě potřeby mohou pracovat souběžně. Jedna linka je trvale nastavená pro práci s UOS 440 a druhá pro UOS 1000. Zařízení obou linek je téměř totožné a v případě potřeby je možné linku provozovat i pro druhý typ UOS.

#### *Zavážení VJP do UOS*

Zavážení VJP se provádí ve svislé poloze do UOS umístěných na vozících, které pojíždějí po kolejové dráze pod úrovní podlahy horké komory.

Do připraveného UOS se ve skladu prázdných UOS vloží sekundární víko a potom se jeřábem přenese nad pracoviště č.10, kde se zasune do stínícího válce samohybného vozíku. Potom se UOS na vozíku přesune pod přepravní otvor do horké komory na pracoviště č.11. Na vozíku se zdvihne přidavné stínění do pracovní polohy a přistykne se k vlnovci rámu překrytí. Otevře se překrytí otvoru a hydraulické zvedací zařízení zvedne UOS do pracovní polohy. Manipulátorem horké komory se postupně sejmou z UOS sekundární i primární víko. Tím je UOS připravený k zavezení VJP.

Otevře se překrytí skladu VJP v horké komoře a manipulátor postupně vyjímá ze skladu určené VJP a vkládá je do připraveného UOS. Práce s VJP probíhá v automatickém režimu. Po naplnění UOS manipulátor vloží zpět do UOS primární víko. Zaplněný UOS je spuštěn do transportní polohy, otvor do horké komory se uzavře a vozík s UOS se přesune pod otvor boxu svařování-I (pracoviště č.12).



**Obr. 25 - Pracoviště zavážení VJP**

#### *Přivaření primárního víka UOS, kontrola přivaření*

Vozík se navede na souřadnice osy otvoru. Na vozíku se zdvihne přidavné stínění do pracovní polohy a přistykne se k vlnovci rámu překrytí. Potom se otevře překrytí



otvoru a UOS se zvedne do pracovní polohy ke stendu pro svařování (pracoviště č.12). Svařovacím automatem se přivaří primární víko k vnitřnímu pouzdru. Kvalita svařování se průběžně sleduje. Po zavaření se nejprve vakuovacím zařízením vysaje vzduch z vnitřního pouzdra, pak se pouzdro zaplní heliem a provede se heliová zkouška těsnosti.

#### *Přivaření sekundárního víka UOS, kontrola přivaření, plnění dusíkem*

UOS se spustí do přepravní polohy, překrytí otvoru se uzavře a samohybný vozík s UOS se přesune zpět pod přepravní otvor do horké komory. Zde se stejným postupem jakým bylo vloženo do UOS primární víko, vloží i sekundární víko. Potom se samohybný vozík s UOS přesune pod otvor do boxu svařování-II. Zde se obdobným způsobem přivaří sekundární víko. Po přivaření se provede zkouška těsnosti heliem a vnitřní prostor vnějšího přebalu se vyvakuuje a vyplní dusíkem.

#### *Uložení plných UOS v meziskladu*

Upravený UOS (s přivařeným primárním a sekundárním víkem, zkontrolovaným a inertními plyny) je už možné uložit v meziskladu plných UOS. UOS se v samohybném vozíku spustí do přepravní polohy a přesune se pod přepravní otvor pracoviště č.14. Nad otvor najede překládací zařízení, které je určeno pro přepravu plného UOS mezi pracovištěm č.14 a Meziskladem plných UOS. Překládací zařízení spustí otvorem ve stropu místnosti záchyt, kterým uchopí UOS a vtáhne ho do svého stínícího válce. V meziskladu plných UOS spustí UOS do skladovací mříže. Překládací zařízení je uzpůsobeno tak, aby bylo možné ukládat ve skladu UOS ve dvou řadách. Zde může být plný UOS skladován do doby, než se uvolní kapacita na dalších pracovištích a může být provedena povrchová ochrana.

#### *Povrchová úprava UOS*

Samohybným vozíkem se UOS převezí nad box pro otryskání povrchu. UOS se otvorem v podlaze místnosti spustí do boxu, kde se ustaví na otočný stůl. Podél UOS pojíždí ve vertikálním směru otryskávací zařízení. Po ukončení operace se provede televizní kamerou kontrola kvality povrchu a UOS se přeloží do boxu ochranného nástřiku. Ochranný žárový nástřik se provádí rovněž ve svislé poloze. Hotový UOS se zkontroluje a uloží se buď do meziskladu plných UOS nebo se přeloží přímo do transportního prostředku, který ho dopraví do podzemí.

#### *Přeprava UOS do podzemí*

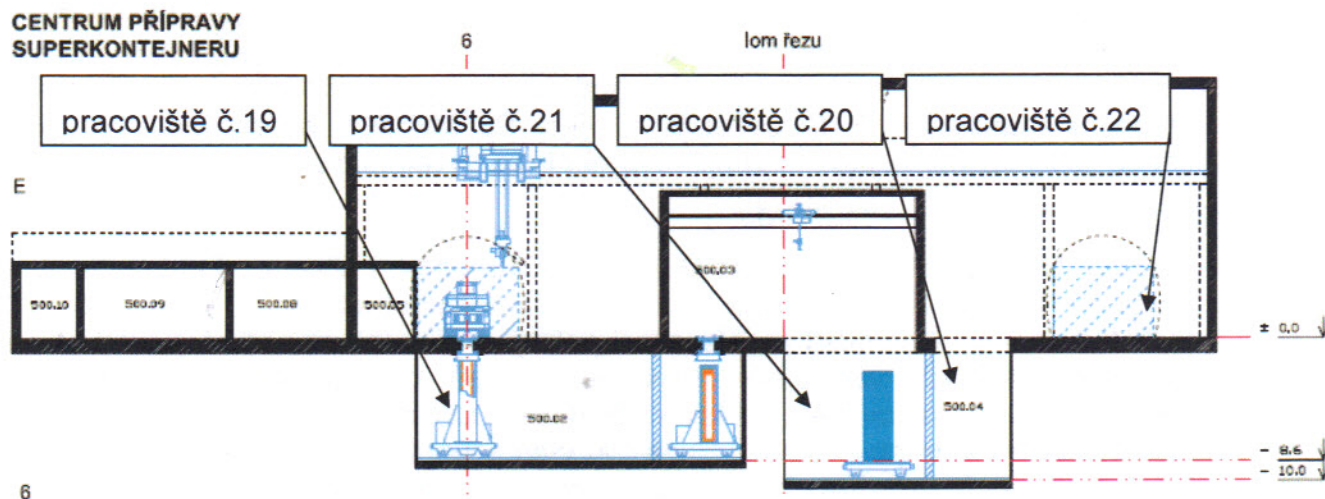
Mobilní kolová souprava pro transport UOS do podzemí najede pod otvor ve stropu zavážecí chodby, stínící válec kolové soupravy se překlopí do svislé polohy. Nad otvor najede samohybný vozík se zavěšeným UOS. Ze samohybného vozíku se spustí UOS stínícím válcem do lůžka mobilní kolové soupravy. Potom se stínící válec překlopí do vodorovné přepravní polohy. Spirálním zavážecím tunelem je UOS dopraven na ukládací horizont -500 m, do centra přípravy superkontejneru.

#### **Manipulace s UOS na ukládacím horizontu -500 m**

Mobilní kolová souprava sjede spirálním zavážecím tunelem na úroveň ukládacího horizontu (-500 m). Vjede do haly centra přípravy superkontejneru na pracoviště č.19 v hale příjmu a expedice nad otvor ve stropu zavážecí chodby UOS, stínící válec mobilní kolové soupravy se překlopí do svislé polohy. Pod otvor najede zavážecí chodbou UOS samohybný vozík. Zvedacím ústrojím v hale příjmu a expedice se UOS spustí na samohybný vozík. Otevrou se vrata kobky výroby superkontejneru (pracoviště 21) a samohybný vozík s UOS do ní najede.



Expediční šachtou (pracoviště č.20) se do kobky výroby SC na samohybném vozíku superkontejneru naveze horní bentonitové dno, víko vnějšího koše SC a stínící víko přepravního pouzdra SC. Dále se na samohybný vozík uloží přepravní pouzdro, do něj se vloží vnější koš SC s osazeným spodním bentonitovým dnem a bentonitovými prstenci. Otevřou se vrata a samohybný vozík najede do kobky výroby superkontejneru (pracoviště č.21).



Obr. 26 - Centrum přípravy superkontejneru

Zvedacím ústrojím v místnosti přípravy SC se z vozíku vyzdvihne UOS a vloží se do připravené soustavy SC. Nad UOS se vloží horní bentonitové dno, přiloží se víko koše SC, které se přivaří. Na přepravní pouzdro se připevní víko přepravního pouzdra.

Samohybný vozík superkontejneru se vrátí na pracoviště č.20 a superkontejner v přepravním pouzdru je vyzdvihnut k pracovišti č.22 a umístěn do lůžka na přepravním prostředku určeném pro převoz superkontejneru v přepravním pouzdru do místa uložení.

Přepravní pouzdro je opatřeno vrstvou neutronového stínění BISCO, které slouží pro zachycení neutronového záření. Kolový přepravní prostředek pro převoz superkontejneru dopraví SC v přepravním pouzdru do příslušné ukládací sekce. Zacouvá do ukládací niky až na doraz k servisnímu stojanu. Servisní stojan je přistýkván k vrtu. Z kolového přepravního prostředku se přepravní pouzdro se superkontejnerem přesune na servisní stojan.

V manipulační drážce vrtu je ustaveno ukládací zařízení, které se pohybuje na principu dvou posunovacích lyžin a superkontejner přemísťuje pomocí hydraulického zdvihu.

Vyrovnaří se osy superkontejneru s osou ukládacího vrtu a dojde k přistýkování přepravního pouzdra k vrtu. Z protější ukládací niky najede zatlačovací zařízení. Zvedne se čelo (víko) přepravního pouzdra a superkontejner se zatlačí dovnitř ukládacího vrtu na ukládací zařízení. Ukládací zařízení potom posune superkontejner do pozice uložení. V určeném místě je superkontejner odložen a ukládací zařízení se vrátí.

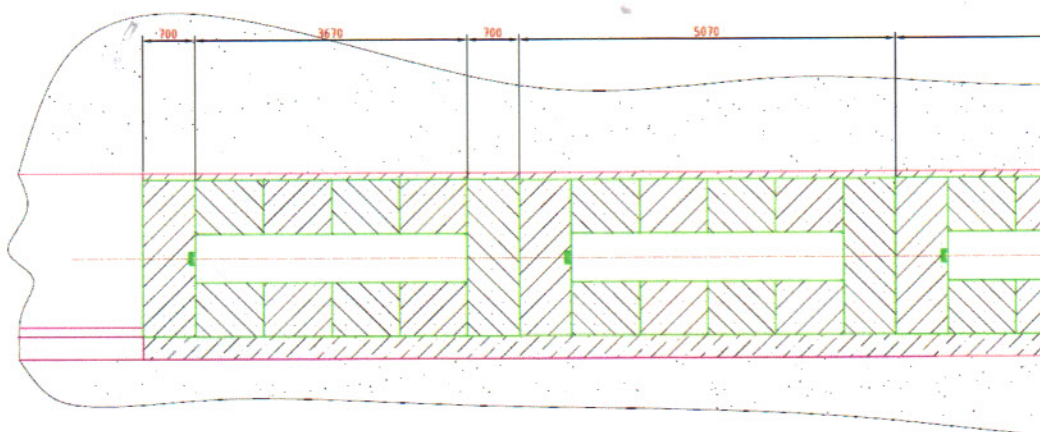


K ukládacímu vrtu jsou přepraveny bentonitové vložky do drážky a bentonitové distanční bloky. Ty jsou přesunuty na ukládací zařízení, které se posunuje k uloženému superkontejneru. Tam jsou bentonitové vložky zasunuty do drážky pod superkontejner. Stejným způsobem jsou přesunuty a uloženy za superkontejner bentonitové a distanční bloky.

Když jsou všechna úložná místa v ukládacím vrtu zaplněná, je ukládací zařízení a plošina s lůžkem přemístěna na další pracoviště. Vrt je potom uzavřen betonovou zátkou.

Údaje o místu, průběhu a způsobu uložení jsou zaneseny do evidence.

## USPOŘÁDÁNÍ TUNELU UOS-440



Obr. 27 - Umístění superkontejnerů ve vrtu

Prostorové uspořádání superkontejnerů ve vrtech je znázorněno na Obr. 19.

### 2.7.2 Příjem a uložení RAO v betonkontejnerech

RAO budou ukládány v univerzálních betonkontejnerech v podzemních kavernách, vyčleněných pro tento druh odpadu. Předpokládá se, že betonkontejnery budou do hlubinného úložiště přiváženy buď již zaplněné (RAO z vyřazování JE), nebo budou odpadem plněny v překládacím uzlu, v prostorách určených pro zpracování a úpravu RAO ([6], část F).

#### Nakládání se zaplněnými betonkontejnery

Betonkontejnery s RAO jsou do areálu HÚ přivezeny po železnici. Betonkontejnery jsou na vagónu uloženy mezi tlumiči nárazu, které je chrání během jízdy. Vagón s betonkontejnery se zaveze do překládacího uzlu. Portálovým jeřábem se přeloží na kolovou soupravu a svezou na ukládací horizont. Je-li to z provozních důvodů nutné, mohou být dočasně skladovány v příjmové hale. Před zavezením do podzemních kaveren jsou zkontrolovány a zaevidovány.

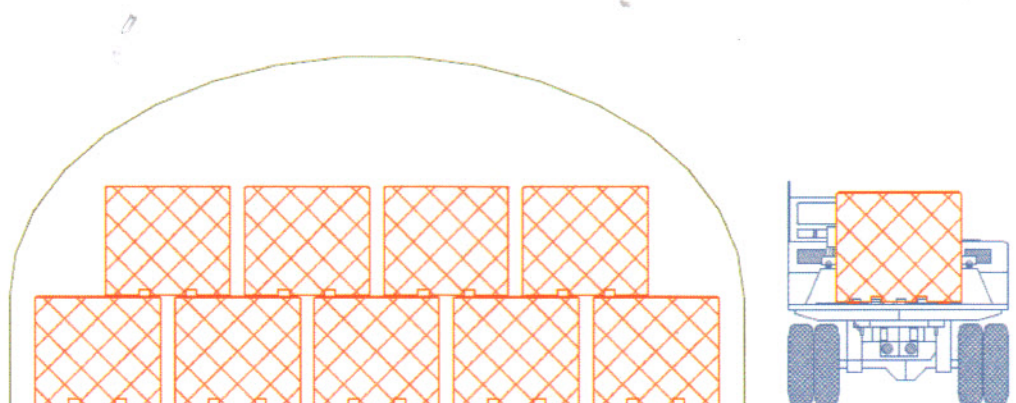
#### Plnění betonkontejnerů RAO v areálu HÚ

Odpady, které budou do areálu HÚ přiváženy v sudech nebo odpady z provozu úložiště budou do betonkontejnerů vkládány v podzemním překládacím uzlu.

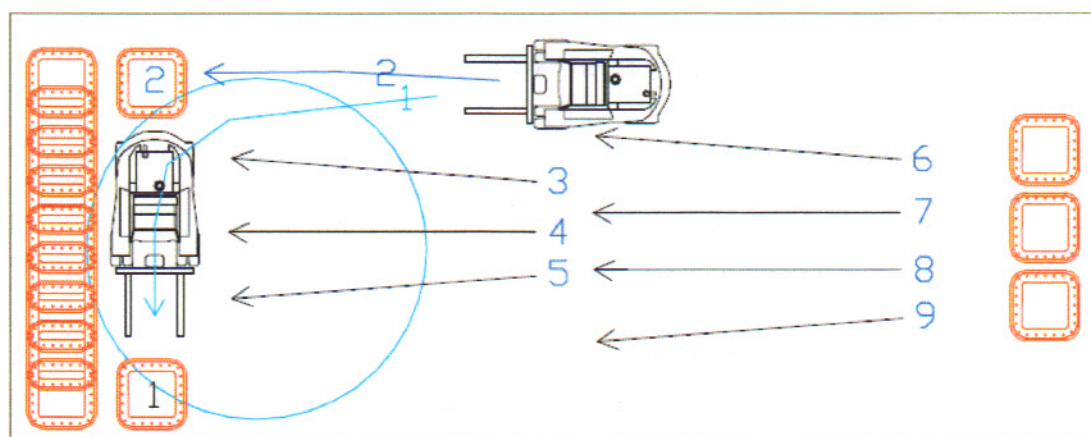
Prázdné obalové soubory (betonkontejnery a sudy) a sudy s RAO jsou do překládacího uzlu přivezeny na železničním vagónu. Plné, zaevidované sudy s odpadem se plní do připravených betonkontejnerů. Po utěsnění víka a přivaření krycího plechu se provede kontrola těsnosti svaru a nástřik svaru ZnAl barvou. Před zavezením do podzemních kaveren připravené betonkontejnery jsou zkontrolovány a zaevidovány.

#### **Zavezení betonkontejneru na ukládací horizont a uložení v podzemní kaverně**

Po provedené kontrole (povrchová aktivita, těsnost a správné provedení svaru a nástřiku), je možné zavést betonkontejnery na ukládací horizont v podzemních prostorách HÚ. Jsou převáženy mobilní kolovou soupravu spirálním zavážečím tunelem na horizont –500 m. Do podzemních kaveren jsou zaváženy pomocí vysokozdvížných vozíků. Betonkontejnery budou v ukládacích prostorech zaváženy do dvou vrstev.



**Obr. 28 - Ukládací komora RAO**



**Obr. 29 - Způsob zavážení betonkontejnerů s RAO**

Prostorové uspořádání podzemních kaveren s RAO je znázorněn na Obr. 20.



## 2.8 PROVOZNÍ BEZPEČNOST

Cílem prováděných bezpečnostních analýz ([7], část C1) bylo poskytnout představu o míře rizika, spojeného s hypotetickým únikem inventáře uvolnitelných radionuklidů při činnostech prováděných za provozu hlubinného úložiště, což je výchozím údajem potřebným pro navržení odpovídajících bezpečnostních bariér dle principu ALARA.

### 2.8.1 Scénáře pro bezpečnostní analýzy

Scénáře pro bezpečnostní analýzy vznikly na základě analýzy manipulačních činností po trase přepravy radioaktivních materiálů v areálu úložiště do místa uložení.

Za primární zdroj, vzhledem k aktivitě obsažených štěpných produktů, lze považovat vyhořelé jaderné palivo. V současné době se vyhořelé jaderné palivo na JE Dukovany skladuje v obalových souborech CASTOR® 440/84 a CASTOR®; 440/84M s typovým schválením B(U)F, a na JE Temelín v obalových souborech CASTOR® 1000/19 rovněž s typovým schválením B(U)F. I když se typ obalového souboru může v budoucnosti změnit, jeho parametry musí splňovat požadavky na něj kladené bezpečnostními předpisy, a důsledky případné nehody by se tak neměly nijak markantně lišit od důsledků nehod vybraných scénářů.

Po příjezdu do areálu úložiště je přepravní OS, uložený na dopravním prostředku ve vodorovné poloze, přivezen do příjmové haly v překládacím uzlu. Zde se pomocí jeřábu OS vztyčí do svislé polohy a je přenesen do skladu plných přepravních OS. Pro případ nehody při těchto manipulacích je v bezpečnostní dokumentaci přepravních OS provedena analýza vlivu pádu na jednotlivé části obalového tělesa za různých krajních konstelací (orientace a výšky pádu).

Pak následuje proces zavezení VJP do UOS v horké komoře. Zde záleží na aktuálním stavu obsahu přepravního OS. V případě, že by OS obsahoval větší počet roztěsněných palivových kazet, může při vyjímání VJP v krajním případě dojít k úniku radioaktivních látek do horké komory. Klíčovou roli hraje stav a typ vzduchových filtrů užitých v horké komoře.

Po úspěšně provedené zavážce VJP je UOS přepraven do podzemní části HÚ na pracoviště, kde je vytvořen superkontejner. Ten je pak dopraven do místa svého uložení. I na této trase však může dojít v hypotetickém případě k poruše na zařízení, popř. k chybě vlivem lidského faktoru, a UOS či superkontejner tak bude vystaven nepříznivým vlivům.

Při rozboru transportních cest a mechanismů uvolňování radionuklidů do životního prostředí byly tedy uvažovány tři scénáře:

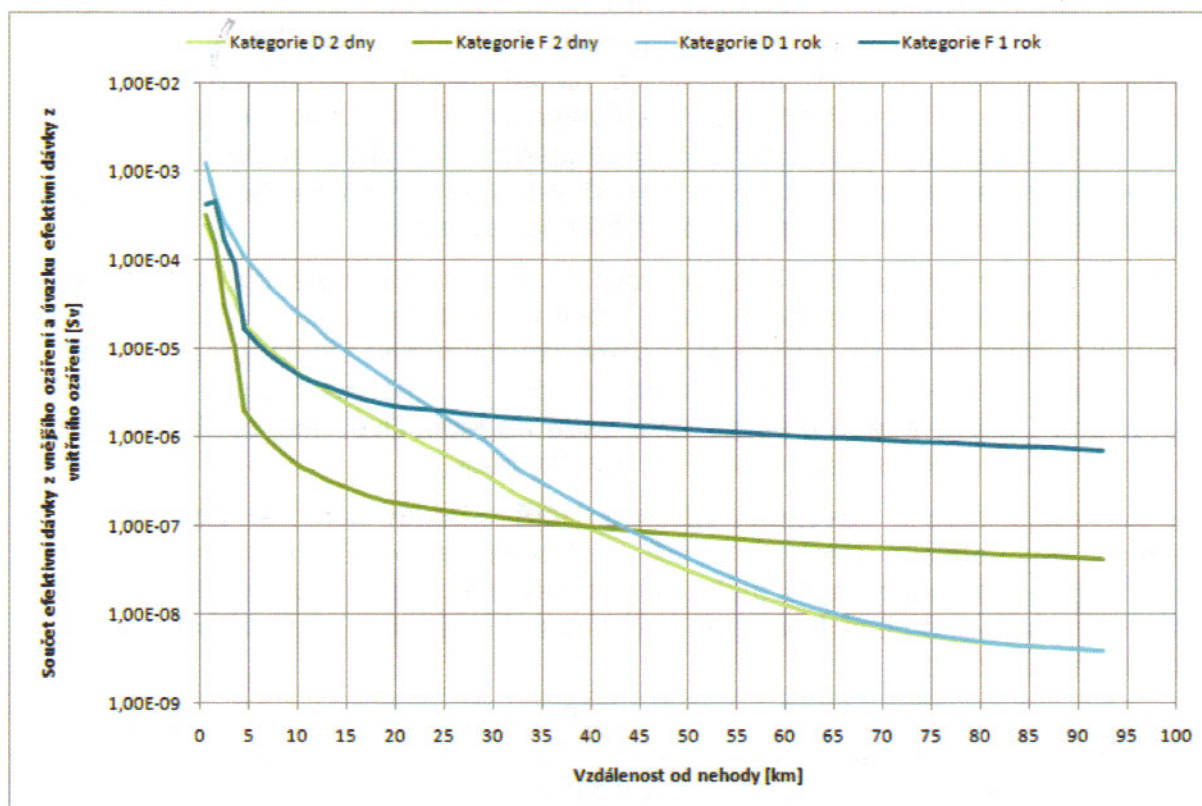
- Nehoda během přepravy přepravního OS po areálu úložiště,
- nehoda při zavážce VJP do UOS,
- nehoda při přepravě UOS a superkontejneru do místa uložení.



## 2.8.2 Výsledky výpočtů

Scénář nehody při přepravě uvnitř areálu hlubinného úložiště je v podstatě nehodou, ke které by mohlo s větší pravděpodobností dojít v kterémkoli místě železniční trati na trase od odesilatele této zásilky. Konstrukce přepravních obalových souborů musí být dimenzována tak, aby úniky v důsledku narušení hermetičnosti byly minimální a nepřekročily přípustné hodnoty dané podmínkami typového schválení obalového souboru.

Výpočet radiačních důsledků nehody přepravního obalového souboru uvnitř areálu HÚ prokázal, že v úvahu připadající ozáření jedince, nacházejícího se v době nehody poblíž úložiště, i v případě konzervativně zvolených meteorologických podmínek, bude bezpečně pod spodními hranicemi směrných hodnot pro zavádění ochranných opatření dle vyhlášky SÚJB 307/2002 Sb.



Pozn: D a F označují kategorii počasí (kategorie F – rychlost větru 2 m/s, srážky 0 mm/h; kategorie D – rychlost větru 5 m/s, srážky 10 mm/h)

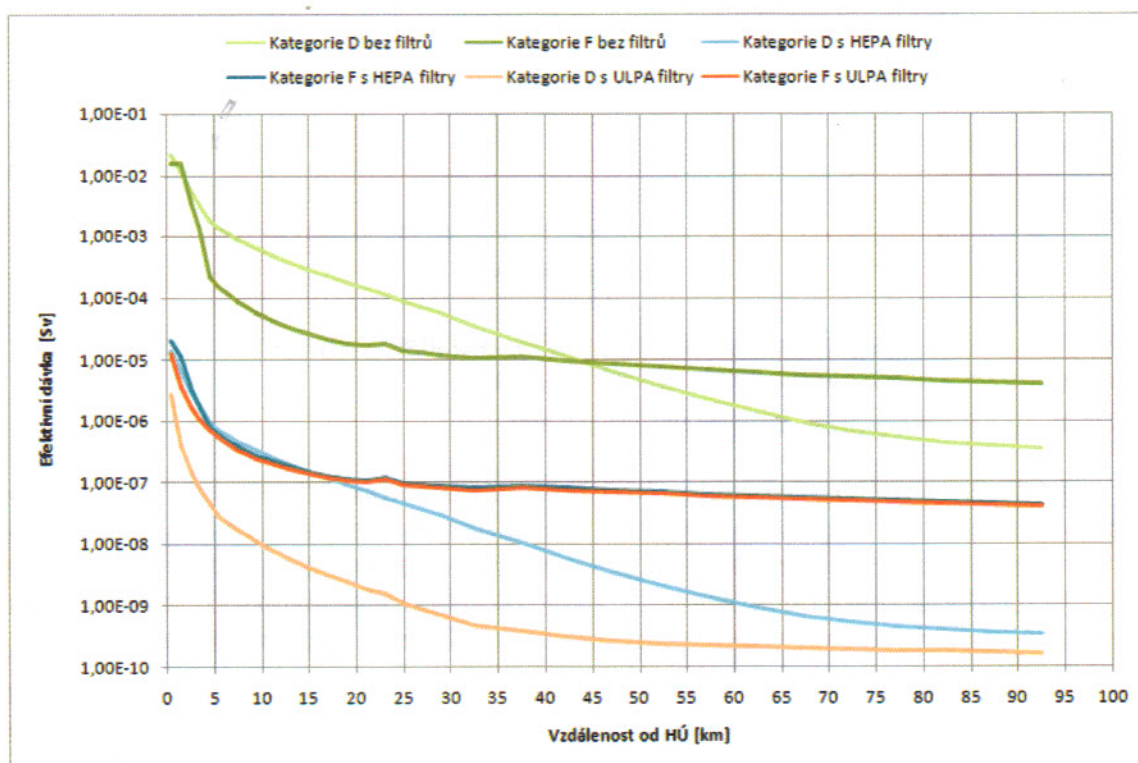
Obr. 30 - Nehoda při přepravě po areálu HÚ

Scénář nehody při zavážce VJP do UOS vychází z hypotetické situace roztěsnění manipulovaných palivových souborů a uvolnění radionuklidů z prostoru pod pokrytím palivových proutků. Jedná se o technologické operace, které budou prováděny v uzavřené horké komoře, ve které bude systémem speciální vzduchotechniky udržován podtlak a odvodní vzduchotechnická jednotka bude vybavena účinnou filtrací. K radiační nehodě by mohlo dojít pouze v případě souběhu nedostatečně bezpečného technického řešení, závady na zařízení a selhání lidského faktoru.



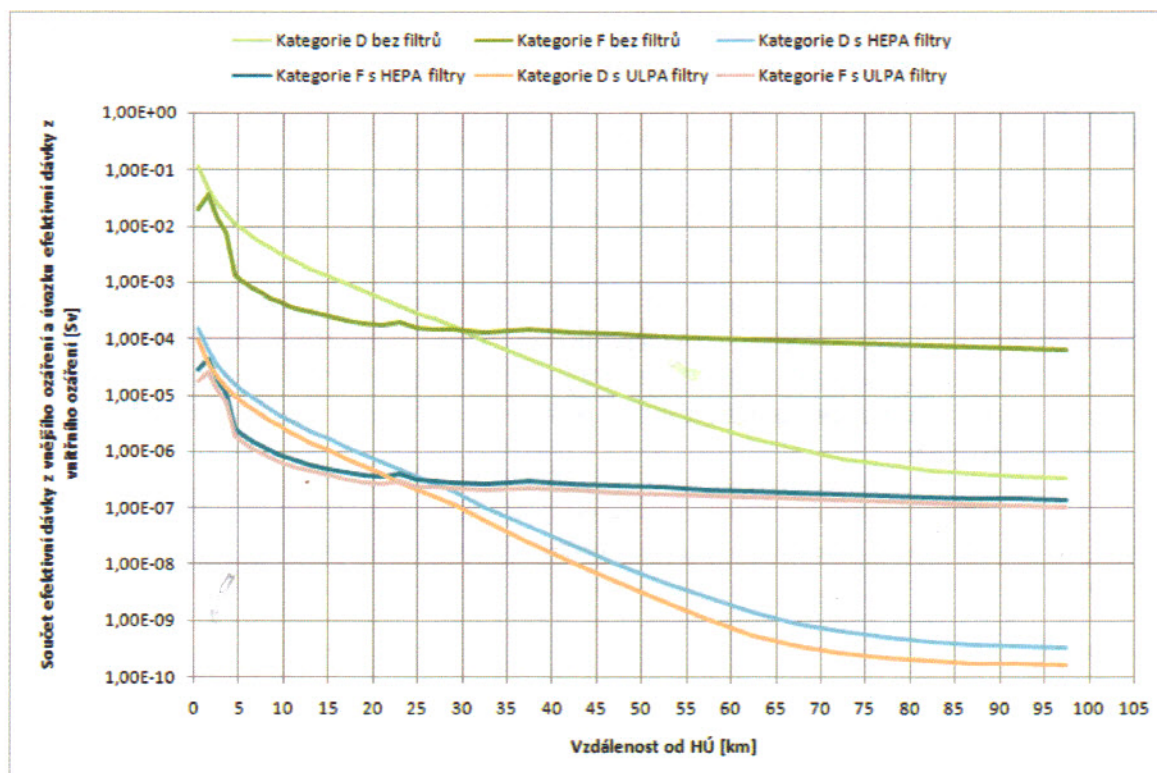
Pro analýzu důsledků nehody při vyjmutí VJP z přepravního OS byly zvoleny tři krajní varianty možných úniků radionuklidů do okolí. Jednotlivé varianty se liší v účinnosti vzduchových filtrů v horké komoře. První varianta předpokládá, že v době nehody nebudou filtry funkční a celý uvolnitelný inventář unikne přímo do životního prostředí. Druhá varianta předpokládá, že v době nehody budou HEPA filtry v provozu s účinností 99,95 procent (třída H13). Poslední varianta uvažuje využití účinnějších filtrů ULPA o účinnosti 99,9995 procent (třída U16).

Výpočet radiačních důsledků nehody při zavážce VJP do UOS ukázal oprávněnost a nezbytnost technického řešení, využívajícího pro překládku horkou komoru vybavenou účinnými vzduchotechnickými filtry. Při užití ať už HEPA nebo ULPA filtrů nepřesáhne ozáření v úvahu připadajícího jedince nacházejícího se v době nehody poblíž úložiště  $50 \mu\text{Sv}$ .



Pozn: D a F označují kategorii počasí (kategorie F – rychlost větru 2 m/s, srážky 0 mm/h; kategorie D – rychlost větru 5 m/s, srážky 10 mm/h)

Obr. 31 - Únik při zavážce paliva – Integrační doba 2 dny



Pozn: D a F označují kategorii počasí (kategorie F – rychlost větru 2 m/s, srážky 0 mm/h; kategorie D – rychlost větru 5 m/s, srážky 10 mm/h)

Obr. 32 - Únik při zavážce paliva – Integrační doba 1 rok

Scénář nehody na manipulační trase mezi horkou komorou, kde se zavází VJP do ukládacího obalového souboru, prostorem přípravy superkontejneru, a na manipulační trase mezi přípravnou superkontejneru a místem jeho konečného uložení, předpokládá poruchu některého z používaných mechanismů, nebo chybu obsluhy, která vede nebo může vést k poškození UOS, resp. superkontejneru.

UOS je navržen tak, aby si i v případě nehody, k níž by mohlo dojít nevhodnou manipulací s ním, zachoval těsnost. Pokud by tedy k takovéto nehodě došlo, pak se nepředpokládá, že by, i při případné deformaci, bylo důsledkem jeho roztěsnění; tím pádem se nepředpokládají žádné radiační důsledky na okolí. Radiační důsledky připadají v úvahu pouze v mezích přípustných profesních dávek, z důvodu delší doby pobytu v kontrolovaném pásmu při odstraňování závady, respektive opravě poškozeného zařízení.

### 2.8.3 Vyhodnocení

Na základě provedených analýz lze vytipovat několik oblastí, ve kterých je možné zavedením vhodných opatření snížit celkový dopad na okolí a zmírnit tak dopady případné radiační nehody.

Pro minimalizaci radiačních důsledků u obsluhy je vhodné zavést postupy tak, aby byla veškerá manipulace s obalovými soubory prováděna dálkově. Tím bude minimalizováno riziko související s možnou inhalací kontaminovaného vzduchu.

Při analýze byla konzervativně odhadnuta doba úniku radionuklidů z obalového souboru. Tato doba byla stanovena na 24 hodin. Rychlejší obnovení hermetičnosti



souboru a následný převoz do uzavřeného prostoru s filtrační technikou by však mohlo vést k daleko mírnějším radiačním důsledkům.

Rozborem nehody při zavážce vyhořelého jaderného paliva do UOS je dokázána nutnost využití vzduchových filtrů, schopných zachytit co možná největší podíl radioaktivních látek. Spolu s důkladným dodržováním stanovených předpisů a postupů lze tak docílit minimalizace pravděpodobnosti výskytu případné nehody.

Shrnutím těchto výsledků lze získat odhad obdržené dávky při případné nehodě (vyjma nehody při zavážce, při které nebudou funkční vzduchotechnické filtry). Ve vzdálenosti okolo 5 km od HÚ se mohou tyto hodnoty pohybovat v řádu desítek  $\mu\text{Sv}$ . Vzhledem k množství konzervativních předpokladů samotného výpočtu (modelová lokalita, přímočaré šíření vlečky, roztěsnění celého obsahu OS, neprovedení žádných ochranných opatření, atd.) docházíme k relativně nízkým hodnotám a bude záviset na konkrétní četnosti jednotlivých událostí, zda bude nutné provádět preventivní či následná opatření.

### 3. VLIV VÝSTAVBY A PROVOZU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Příprava záměru výstavby hlubinného úložiště vyžaduje rovněž posouzení vlivu na životní prostředí [8]. Toto posouzení má dva hlavní specifické rysy - výstavba a provoz jsou plánovány se značným odstupem od současnosti, a lokalita hlubinného úložiště není jednoznačně situována. Posouzení bylo zpracováno pro referenční lokalitu (viz kap. 2.2) a bylo zpracováno tak, aby poskytovalo přehled o vlivu záměru na životní prostředí ve všech fázích jeho existence tj. při výstavbě, provozu, ukončení provozu (resp. uzavření a vyřazování z provozu).

#### Území, které může být ovlivněno přípravou realizace HÚ

Příprava realizace hlubinného úložiště bude spojena s řadou průzkumných prací, a to zejména geologických a hydrogeologických. Z hlediska ochrany životního prostředí je nutno mít na zřeteli nejen vlastní průzkumné (např. vrtné) práce, ale rovněž příjezd techniky do míst odběru vzorků. I když v rámci přípravy se v porovnání s vlastní výstavbou bude jednat o minimální zásahy do území, je nutné je řešit tak, aby životní prostředí bylo dotčeno v minimální míře. Toho lze dosáhnout vhodnou volbou přístupových tras k místu průzkumných prací, realizací průzkumných prací ve vhodném ročním období, a to jak z hlediska ochrany fauny a flóry (např. mimo období rozmnožování obojživelníků, mimo vegetační období atd.), tak i z hlediska minimalizace újmy na zemědělských pozemcích (provádění průzkumných prací v období před výsadbou nebo naopak po sklizni).

Z výše uvedeného vyplývá, že přípravnými pracemi může být ovlivněno území spíše lokálně, avšak tento vliv lze eliminovat na přijatelné minimum vhodnou organizací práce, použitou technikou při průzkumech a i vlastní technologií průzkumu.

#### Území, které může být ovlivněno výstavbou HÚ

Vlastní výstavba hlubinného úložiště bude mít na své okolí plošný vliv. Toto území můžeme pro účely našich prací rozdělit do 3 podoblastí:

**Oblast 1** je ohraničena oplocením nadzemního areálu HÚ. Zahrnuje nadzemní areál o ploše 23,37 ha. Z toho plocha 2,1 ha vymezuje kontrolované pásmo pod samostatným vnitřním oplocením.

V této oblasti lze očekávat za výstavby zejména vliv na půdu, faunu a flóru, krajinný ráz, povrchové vody, ovzduší, akustickou situaci vč. vibrací.

**Oblast 2** se nalézá mezi hranicí nadzemního areálu a hranicí podzemní části hlubinného úložiště. Zahrnuje podzemní část, která zaujímá plochu 4,4 km<sup>2</sup> (z toho je vlastní plocha ukládacích prostor 313 ha).

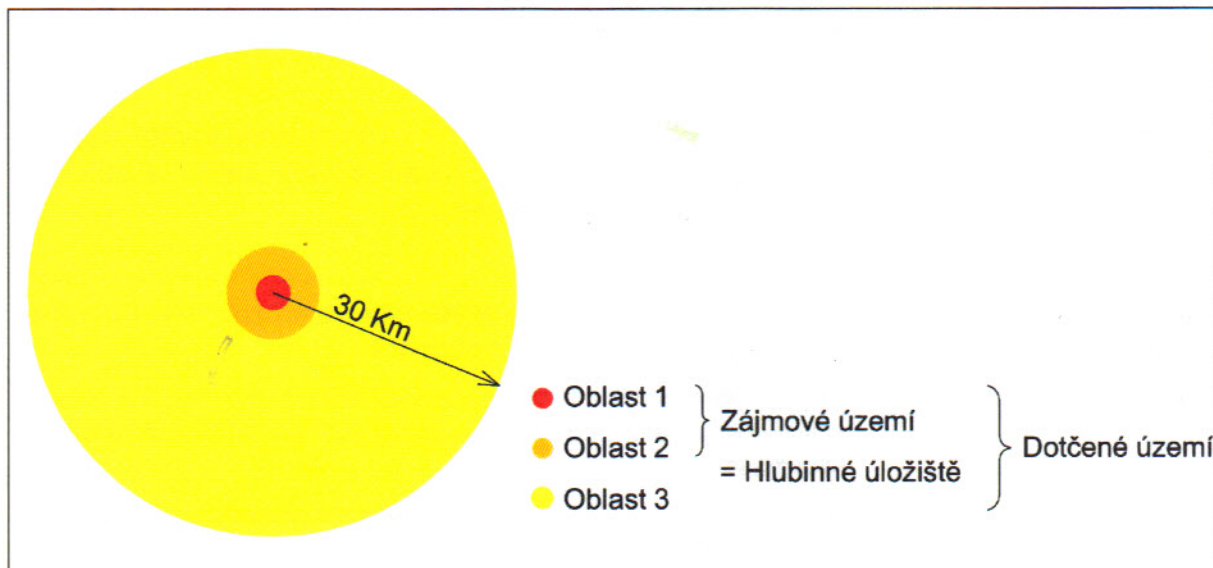
V této oblasti lze očekávat za výstavby zejména vliv na krajinný ráz, horninové prostředí, povrchové vody, podzemní vody, ovzduší, akustickou situaci vč. vibrací.

**Oblast 3** zahrnuje zbytek území, které může být ovlivněno výstavbou, provozem nebo ukončením provozu, tj. kdy dopady na jednotlivé ukazatele kvality životního prostředí budou ještě měřitelné a jednoznačně oddělitelné naopak od vlivů vnějšího prostředí. Zasahuje vně od hranice oblasti 2 řádově do vzdálenosti několika km až



desítek km. Ze znalosti jiných větších staveb se dá říci, že ve vzdálenosti cca 30 km od centra HÚ by již vliv výstavby neměl být měřitelný.

V této oblasti lze očekávat za výstavby zejména vliv na krajinný ráz, povrchové vody, ovzduší, akustickou situaci vč. vibrací.



Obr. 33 - Schematické rozdělení dotčeného území do oblastí podle intenzity vlivu hlubinného úložiště na životní prostředí

#### Území, které může být ovlivněno provozem a vyřazováním HÚ

Rozsah území, které může být ovlivněno provozem, nepřesáhne území dotčeného výstavbou. Převážná část provozních vlivů se bude dotýkat zejména oblastí č. 1 a 2, některé dopady se mohou projevit i v oblasti č. 3. V jednotlivých oblastech se budou lišit pouze svou intenzitou. Z hlediska neradiačních vlivů se pak bude jednat o nové zdroje emisí a hluku, zdroje neionizujícího záření, vliv tepla emitovaného z uloženého VJP atd. Přibudou vlivy, spojené s manipulací a ukládáním VJP a RAO

Po uzavření úložiště bude v přiměřeném rozsahu kontinuálně pokračovat sledování lokality úložiště z důvodu kontroly zajištění bezpečnosti a hodnocení vlivu na okolí (zabezpečení institucionální kontroly), která se předpokládá po dobu 300 – 500 let. Výsledky budou mimo jiné sloužit i k informování veřejnosti.

#### Kumulace vlivů provozu a výstavby

Výstavba a vlastní provoz hlubinného úložiště budou probíhat v několika časových etapách, pro které budou charakteristické určité činnosti.

Nejprve příprava a výstavba hlubinného úložiště, nadzemního i podzemního areálu, kdy budou probíhat pouze činnosti stavebního a důlního charakteru.

V další etapě dojde k souběhu přípravných důlních prací, které budou zaměřeny na ražení a přípravu nových ukládacích sekcí pro VJP a RAO, a vlastního ukládání VJP a RAO a utěsňování zaplněných úložných prostor.

V posledním časovém období provozu HÚ se budou provádět činnosti spojené s ukládáním VJP a RAO, včetně utěšňování zaplněných úložných prostor, a přípravné činnosti k ukončení provozu úložiště.

Předpokládá se, že nedojde k zvětšení dotčeného území nad rámec území uvažovaného pro vlastní výstavbu nebo provoz. V některých časových úsecích však dojde k určité kumulaci vlivů, spojených např. s vyvážením nebo navážením výplňových materiálů (kamenivo, bentonit apod.).

V následujícím přehledu jsou shrnuty vlivy, hodnocené v rámci posuzování dopadu realizace hlubinného úložiště na životní prostředí. Skladba vlivů bude shodná za výstavby i za provozu, bude se pouze měnit jejich intenzita.

<p>Vlivy na obyvatelstvo, včetně sociálně ekonomických vlivů</p>	<p><b><u>Zdravotní vlivy</u></b> - účinky zvýšeného rizika znečištění ovzduší, změna akustické situace a případně i vibrací</p> <p>Výstavba a provoz hlubinného úložiště vč. dopravy by neměla způsobit přestoupení limitů uvedených v příslušných právních předpisech.</p> <p><b><u>Psychologické vlivy</u></b> - narušení faktorů pohody s projevem znepokojení z existence HÚ</p> <p>K snížení negativních psychologických vlivů typu obav by měla být dlouhodobě vedena s obyvateli otevřená diskuse s cílem poskytnout obyvatelstvu maximální informace o záměru HÚ a jeho projevech na okolí zejména z hlediska dlouhodobé radiační bezpečnosti.</p> <p><b><u>Sociální a ekonomické aspekty –</u></b></p> <p><u>Jako kladné vlivy lze očekávat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vznik nových pracovních míst při výstavbě hlubinného úložiště</li> <li>• Vnik nových pracovních míst v okolí hlubinného úložiště ve sféře výroby i služeb</li> <li>• Snížení míry nezaměstnanosti v okolí hlubinného úložiště</li> <li>• Zvýšení kupní síly v okolí hlubinného úložiště</li> <li>• Výstavba ubytovacích kapacit pro výstavbové pracovníky</li> <li>• Kompenzační opatření vedoucí k zlepšení infrastruktury obcí v bezprostřední blízkosti hlubinného úložiště</li> </ul> <p><u>Jako negativní vlivy lze v okolí nadzemního areálu krátkodobě očekávat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení nebo úplné zastavení individuální výstavby pro trvalé bydlení a rekreaci</li> <li>• Pokles cen pozemků a nemovitostí</li> <li>• Pokles rekreační přitažlivosti</li> </ul>
--	---



Vlivy na ovzduší a klima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prašnost z provozu povrchového areálu HÚ</li> <li>- Emise z dopravy a strojů</li> <li>- Tepelné emise</li> </ul> <p>Budou dodržovány platné emisní limity a zároveň rozptylovými studiemi bude nutno prokázat, že nedojde k překročení imisních limitů jak z provozu samotného hlubinného úložiště, tak i podél přepravních tras materiálů souvisejících s jeho provozem.</p>
Vlivy na povrchové a podzemní vody	<p>Konkrétní podmínky pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových budou dány příslušným vodohospodářským rozhodnutím. Při dodržování v něm stanovených podmínek by nemělo dojít k zatížení povrchových vod nad únosnou míru (míru škodlivou pro životní prostředí).</p> <p>Nelze jednoznačně vyloučit případný vliv na hladinu podzemních vod v okolí důlních děl. Protože v bezprostředním okolí staveniště se nepředpokládá osídlení, je nepravděpodobné, že by došlo ke ztrátě vod ve stávajících studních (rozsah ovlivnění závisí na skladbě geologických vrstev). Případný negativní vliv na veřejný zdroj pitné vody je řešitelný odpovídajícím kompenzačním opatřením (např. nový obecní vodovod). Po ukončení provozu se režim podzemních vod postupně stabilizuje do stavu blízkého původnímu před zahájením razících prací.</p>
Vliv na akustickou situaci (vliv hluku a vibrací)	<p>Ve všech fázích existence HÚ musí být dodrženy platné hygienické limity. Pro jednotlivé fáze vč. dopravy je nutno posoudit vliv HÚ na akustickou situaci na základě akustických studií. Součástí akustických studií musí být i návrh protihlukových opatření.</p>
Vlivy ionizujícího záření	<p><b><u>Radiační zdravotní rizika</u></b></p> <p>Radiačním vlivům budou vystaveni v mezích přípustných limitů pouze radiační pracovníci. Pro obyvatelstvo jsou zdravotní rizika vyplývající z možných výpustí radionuklidů do životního prostředí nevýznamná.</p> <p><b><u>Vliv radioaktivních výpustí do ovzduší a vodotečí</u></b></p> <p>Množství radioaktivních látek uváděných do životního prostředí bude udržováno pod úrovní schváleného autorizovaného limitu. Limitování výpustí se provádí podle metodiky zaručující zanedbatelné zdravotní riziko pro dotčené obyvatelstvo.</p> <p>Radiační vlivy vyvolané přírodními radionuklidy obsaženými v těžených horninách lze kvantifikovat až na základě výsledků radonového průzkumu.</p> <p>Vliv na životní prostředí po ukončení provozu HÚ je vyhodnocen v kap.4.</p>
Vlivy neionizujícího záření	<p>V etapě výstavby HÚ je možné předpokládat vznik UV záření, které vznikne při svařování kovů elektrickým obloukem.</p> <p>Pro osvětlení prostor musí být dodržovány hygienické normy pro osvětlení.</p>



Vlivy na půdu	Před zahájením výstavby bude na ploše areálu a v místech výstavby infrastruktury sejmuta ornice. Část půdy bude opětovně využita pro sadové úpravy areálu HÚ. Zbylá část ornice se předpokládá přesunout mimo areál HÚ na vhodnou předem vytipovanou lokalitu.
Vlivy na horninové prostředí a přírodní zdroje	<p>Horninové prostředí pro hlubinné úložiště se vybírá s ohledem na nepřítomnost jakýchkoliv přírodních zdrojů. Je voleno tak, aby bylo maximálně rezistentní vůči vlivům, které souvisí s ukládáním radioaktivních odpadů, a tvořilo tak dostatečně dlouhodobou bariéru chránící životní prostředí. Proto je možno konstatovat, že ionizující záření ani rozpadové teplo nezpůsobí významné změny horninového prostředí.</p> <p>Horninové prostředí bude ovlivněno degradací inženýrských bariér, jejichž degradační produkty mohou v omezeném rozsahu změnit některé parametry horninového prostředí v okolí úložiště. Všechny tyto jevy jsou však přechodné a v průběhu tisíců let se horninové prostředí pomalu vrátí k původnímu stavu před výstavbou úložiště.</p>
Vlivy na geologické a paleontologické památky	Kriteria pro výběr lokality vylučují umístit HÚ na místa s výskytem geologických a paleontologických památek.
Vlivy na faunu, flóru a ekosystémy	<p>Umístění areálu HÚ se uvažuje tak aby svojí realizací, provozem a ukončením provozu negativně nenarušily zvláště chráněná území, evropsky významné lokality NATURA 2000, ÚSES, ochranná pásma památných stromů, biotopy zvláště chráněných druhů rostlin, živočichů a nerostů.</p> <p>V případě narušení významných ekologických oblastí může být na základě povolení orgánu ochrany přírody provedeno kompenzační opatření nebo přesídlení jednotlivých druhů na jim vyhovující stanoviště.</p>
Vlivy na krajinu	<p><b><u>Vliv na krajinný ráz</u></b></p> <p>Technický i architektonický návrh řešení nadzemního areálu bude zohledňovat stávající stav krajiny. Před realizací HÚ bude třeba vypracovat odbornou studii, která posoudí vliv HÚ na krajinný ráz.</p> <p><b><u>Dopad do rekreačního využití</u></b></p> <p>Psychologický vliv přítomnosti hlubinného úložiště pravděpodobně sníží atraktivitu území. Tento vliv je možné částečně kompenzovat vhodným začleněním úložiště do krajiny a naopak jeho zdůrazněním, jako turistického cíle, včetně např. naučné stezky. Součástí projektu je informační centrum, které umožní seznámení nejširší veřejnosti se základními principy HÚ. Cesta osvěty se osvědčila na stávajících jaderných zařízeních.</p> <p><b><u>Dopad na propustnost území</u></b></p> <p>Prostupnost území bude omezena z hlediska pohybu lidí i volné migrace zvěře oplocením území nadzemního areálu. V rámci institucionálního vyřazení však mohou v následném období příslušné dotčené orgány státní správy v lokalitě HÚ definovat jiná omezení.</p>



Vlivy na hmotný majetek a kulturní památky	HÚ bude umístěno mimo zastavěné území, s největší pravděpodobností do zemědělsky obhospodařované oblasti, proto se nepředpokládá takřka žádný vliv na hmotný majetek a kulturní památky.
Vlivy na dopravní nebo jinou infrastrukturu	Zvýšená intenzita dopravy se promítne do dopravní infrastruktury. Výstavba areálu HÚ si rovněž vyžádá dobudování a rozšíření stávající technické a jiné infrastruktury.
Vlivy v důsledku nakládání s neaktivními odpady	S odpady se bude zacházet v souladu s platnou legislativou. Neaktivní odpady budou shromažďovány a skladovány na místech k tomu určených a zabezpečených po dobu nezbytně nutnou, než budou předány oprávněným osobám k nakládání s odpady. Ze vzniklého odpadu budou vyseparovány složky, které jsou dále využitelné jako druhotné suroviny (kovy, plast, papír, sklo atd.) resp. odpad bude průběžně tříděn.
Vlivy v důsledku nakládání s VJP a RAO	<p>Po dobu výstavby bude nutno skladovat odpady, určené k uložení do HÚ, v místě jejich vzniku, nebo v jiných centrálních skladech. Důsledky se proto po dobu výstavby projeví především v lokalitách provozovaných jaderných elektráren.</p> <p>Hlubinné úložiště je specifickým jaderným zařízením, jehož hlavním účelem je bezpečně uložit radioaktivní odpad. Jeho technické řešení tomuto požadavku bude odpovídat. Jediným možným dopadem na okolní prostředí, který v provozním období přichází v úvahu, je pouze organizované uvádění radionuklidů do atmosféry formou plyných výpustí, a do vodoteče formou kapalných výpustí. Tyto výpusti jsou běžným doprovodným jevem všech pracovišť s radioaktivními odpady a jsou omezovány autorizovanými limity na prokazatelně nejnižší nutnou míru. Technickým řešením aktivních provozů bude zajištěno, aby tyto limity nebyly překročeny.</p> <p>Po ukončení provozu a uzavření úložiště se po dobu 300 let předpokládá, že bude prováděna institucionální kontrola úložiště. Po tuto dobu, kdy úložiště bude pod kontrolou a nebude možno využít lokalitu k jiným účelům, budou monitorovány základní parametry dokládající jeho radiační bezpečnost.</p>

### Doporučený seznam průzkumů lokality HÚ ve vztahu k procesu EIA

Pro hodnocení vlivu záměru na životní prostředí v potřebném rozsahu a kvalitě bude nutno v dostatečném časovém předstihu vypracovat:

- specifikaci faktorů životního prostředí, které mohou být uvažovaným záměrem ovlivněny,
- zadání na provedení průzkumu požadovaných složek životního prostředí,
- časový harmonogram těchto činností.
- V neradiační oblasti se doporučuje ve vztahu k procesu EIA provést:
- Průzkum horninového masivu včetně proudění podzemní vody

- Pedologický průzkum v místě výstavby nadzemního areálu a ploch pro umístění deponií ornice, zemin a rubaniny
- Biologický průzkum fauny a flóry v místě výstavby nadzemního areálu a ploch pro umístění deponií ornice, zemin a rubaniny včetně transferu zejména chráněných a zvláště chráněných druhů do náhradních lokalit
- Studii vlivu HÚ na krajinný ráz
- Studii vlivu HÚ na cenu nemovitostí

Veškeré průzkumy a vyhodnocení je nutno provést již ve fázi výběru konkrétní lokality.

Po výběru konečné lokality HÚ je nutno základní průzkum horninového masivu, včetně proudění podzemní vody, doplnit průzkumem podrobným v takovém předstihu (cca několik let), aby jeho výsledky byly k dispozici již při zpracování vlastního projektu HÚ.

Biologický průzkum je nutno pak podrobněji zopakovat ještě 1 rok před zahájením zpracování dokumentace EIA tak, aby podchytil stav fauny a flóry během celého kalendářního roku tj. ve všech ročních obdobích (jaro-léto-podzim-zima).

Pedologický průzkum je nutno zopakovat pouze v případě, že před zahájením dokumentace EIA bude zjištěno místní pochůzkou spojenou s vizuální prohlídkou, že došlo v lokalitě HÚ k jejich změně.

V radiační oblasti se zaměřit na:

- Radiační situaci v lokalitě, tj. úroveň přirozeného pozadí a obsah radionuklidů v jednotlivých složkách životního prostředí se zaměřením především na zemědělské produkty a vodu.
- Výsledky hydrogeologického průzkumu, především otázky kvality podzemních vod, agresivity a jejich pohybu.
- Výsledky geologického průzkumu, především z hlediska migrace radionuklidů.



## 4. DLOUHODOBÁ BEZPEČNOST HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Prokázání bezpečnosti hlubinného úložiště na dobu statisíců až miliónu let v prostředí několik set metrů pod povrchem země vyžaduje specifické přístupy, metody a nástroje, jejichž příprava vyžaduje značné nároky, a to jak na čas, tak i na velmi vysokou kvalifikaci a technické dovednosti pracovníků zavádějících tyto nástroje. Především nedokážeme přesně určit vývoj hlubinného úložiště po dobu tisíců až statisíců let. Proto prvním krokem hodnocení bezpečnosti je odvození tzv. scénářů možného vývoje hlubinného úložiště na základě podrobné analýzy a porozumění všem procesům a událostem, které mohou nastat v úložišti po dobu tisíců a statisíců let.

### 4.1 SCÉNÁŘE VÝVOJE ÚLOŽIŠTĚ

Předpokládá se, že v první fázi po uzavření úložiště budou radionuklidy zcela uzavřeny v obalových souborech do doby jejich poškození, která závisí na typu materiálu použitém pro výrobu obalového souboru. Obalové soubory na bázi oceli mohou zůstat nepoškozeny po dobu tisíců a až statisíců let a obalové soubory na bázi mědi po dobu statisíců až miliónu let. Po degradaci obalových souborů brání rychlému uvolnění radionuklidů z vyhořelého jaderného paliva povlak paliva a vlastní keramická matrice oxidu uraničitého, kde jsou radionuklidy pevně vázány. V případě ostatních odpadů, jejichž objemová aktivita je řádově menší než aktivita vyhořelého paliva jde o dobu desítek, stovek až tisíců let v závislosti na použitém typu obalového souboru. Po poškození obalového souboru, a povlaku paliva se radionuklidy velmi pomalu začnou uvolňovat z odpadů a začnou migrovat přes tlumicí a výplňové materiály do horninového prostředí a poté puklinami v granitové hornině až do povrchových vodotečí.

Nejpravděpodobněji se radionuklidy po velmi dlouhé migraci v horninovém prostředí dostanou do velkých povrchových vodotečí, jako jsou řeky, jezera či rybníky, kde se jejich koncentrace zředí natolik, že bude zcela zanedbatelná ve srovnání s koncentrací přirozených radionuklidů v životním prostředí. Přesto však existuje určitá pravděpodobnost, že za velmi dlouhou dobu, kdy se zapomene, kde úložiště bylo umístěno, se na pozemku nad úložištěm vybuduje zemědělská farma, která bude využívat vyvěrající pramen s kontaminovanou vodou k pití vody a dalším zemědělským účelům. Vzhledem k velmi dlouhé době, po kterou je nutné posuzovat bezpečnost úložiště, je třeba vycházet z toho, že tato zemědělská usedlost na této lokalitě skutečně zřízena bude. Dále se konzervativně počítá s tím, že člověk žijící v této zemědělské usedlosti pije výhradně vodu z kontaminovaného zdroje, jí výhradně zeleninu vypěstovanou na kontaminované půdě a maso ze zvířat, které byly krmeny kontaminovaným krmivem, inhaluje radioaktivní, prachové částice, které se uvolnily do ovzduší a je ozařován jak z půdy, tak ze vzduchu radionuklidy vyzařující gama záření (Tab. 14).



Tab. 14 - Přehled potenciálních expozičních cest pro období uvolnění prostoru úložiště

Potenciálně exponovaná skupina	Expoziční cesta, složka prostředí a místo expozice	Důvody pro výběr expoziční cesty
Obyvatelstvo	Požítí podzemní vody ze studní umístěných ve směru šíření kontaminované podzemní vody	Radionuklidy se mohou uvolnit do podzemních vod z uložených odpadů
	Požítí vody nebo ryb chycených v kontaminované podzemní vodě	Radionuklidy se mohou uvolnit do povrchových vod z kontaminovaných podzemních vod
	Inhalace radionuklidů během kontaktu s uloženým odpadem	Území by mohlo být v budoucnu užíváno k obytným účelům
	Zevní ozáření při kontaktu s uloženým odpadem	
	Požítí zemědělských produktů z kontaminovaného prostředí	Území by mohlo být v budoucnu užíváno k zemědělským účelům

Je zřejmé, že jde o velmi konzervativní předpoklady, které však nelze nyní zcela vyloučit.

V dokumentační části [7]-část C2 jsou dále analyzovány alternativní scénáře, jejichž pravděpodobnost výskytu je výrazně menší než 1.

- Scénář B – iniciovaný tektonickou událostí vedoucí k okamžitému poškození různé frakce ukládacích obalových souborů.
- Scénář C – iniciovaný denudací či erozí a vedoucí k výraznému zkrácení preferenční cesty do životního prostředí
- Scénář D – iniciovaný použitím nevhodné či špatně připravené bentonitové bariéry (například v důsledku nedostatečného výzkumu dlouhodobých vlastností bentonitu), či jiným faktorem vedoucím ke ztrátě plasticity bentonitu.
- Scénář E – intruzní vedoucí k poškození superkontejneru úložiště průzkumným vrtem ihned po době skončení institucionální kontroly úložiště.
- Scénář F – intruzní vedoucí k přímé expozici pracovníků či obyvatel v zemědělské usedlosti z radioaktivního materiálu vytaženého na povrchu v důsledku průzkumných vrtů.

## 4.2 KONCEPČNÍ A MATEMATICKÝ MODEL VÝVOJE ÚLOŽIŠTĚ

Výpočet efektivní dávky, kterou může obdržet jedinec z kritické skupiny obyvatel je ovlivněn velkým množstvím jevů, procesů a událostí, které se mohou vyskytnout po dobu několika stovek tisíců let, po kterou jsou radioaktivní odpady nebezpečné. Pro takhle dlouhé období je zapotřebí mít k dispozici vhodné predikční modely, které je třeba verifikovat a validovat. Jejich validace je však omezená, protože není možno



testovat procesy po dobu několika tisíců let tak, aby bylo možno hodnověrně říci, že skutečně model dobře popisuje nějaký proces. Tento problém se řeší tím, že se zkoušejí a srovnávají různé metody a metodiky predikce, a zároveň se využívají méně příznivé předpoklady o jednotlivých procesech tak, aby byla zaručena konzervativnost výpočtů.

Pro první přiblížení hodnocení dlouhodobé bezpečnosti úložiště byly v první fázi využity screeningové výpočty, které popisují pouze základní procesy vedoucí k uvolnění radionuklidů a jejich migraci do životního prostředí. Vycházeli jsme z analytického řešení základních procesů popisujících degradaci inženýrských bariér, uvolňování radionuklidů z různých forem odpadů a jejich migraci přes inženýrské a přírodní bariéry do životního prostředí. Tento analytický výpočet však umožňuje vypočítat pouze maximální efektivní dávku, kterou může obdržet jedinec z kritické skupiny obyvatel žijící v zemědělské usedlosti nad úložištěm. Samozřejmě je zatížen velkou chybou, protože popis jednotlivých procesů je velmi zjednodušený, takže výpočty jsou vhodné zejména pro srovnávání různých alternativ.

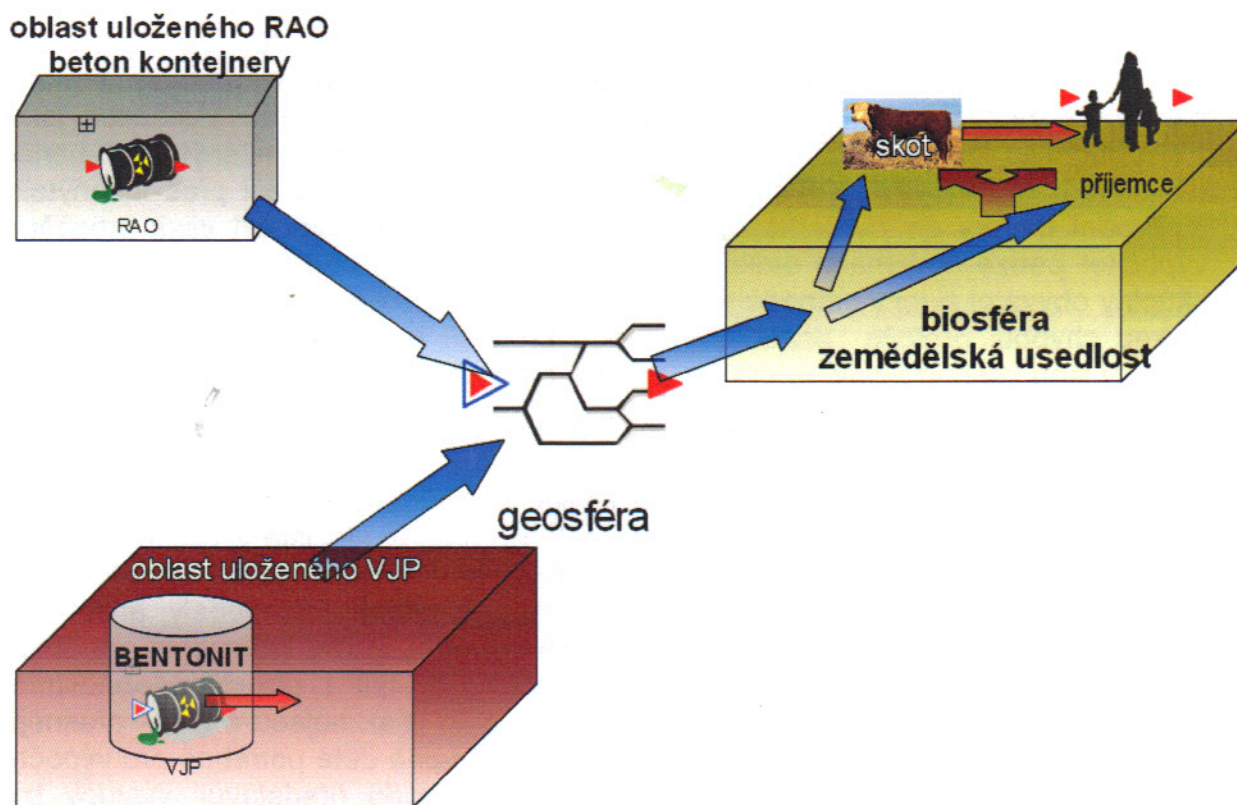
Pro hodnocení referenčního projektu hlubinného úložiště byl v druhé fázi projektu využit komerční, numerický výpočetní kód GoldSim, vyvinutý v USA. Tento kód je účinným a flexibilním nástrojem pro provádění bezpečnostních rozborů a rizikových analýz. Využívá se pro modelování funkčnosti hlubinného úložiště v Yucca Mountain a řadě dalších zemí (Španělsko, Velká Británie, Francie). Jeho výhodou jsou přehledné grafické prvky, které umožňují sestavit i velmi složité modely, aniž by se ztratila přehlednost modelu. Na jeho základě byl vybudován komplexní výpočetní model vhodný jak pro provádění deterministických, tak i pravděpodobnostních výpočtů. Výsledky získané pomocí výpočetních kódů však nejsou o moc přesnější než screeningové výpočty v případě, že nejsou dostupná data potřebná pro výpočty. Zpravidla i data vstupující do tohoto výpočetního kódu představují výstupy tzv. procesních výpočetních kódů popisujících jednotlivé procesy probíhající v úložišti. Někdy jsou výsledky těchto kódů i méně přesné než screeningové výpočty v případě, že není zcela pochopena struktura výpočetního kódu a například se dosazují do dílčích výpočetních modelů data ve formě nevhodné pro vybraný výpočetní kód.

Byl sestaven koncepční model úložného systému (Obr. 34), který shrnuje základní znaky, procesy a události, které jsou důležité pro splnění bezpečnostních funkcí hlubinného úložiště a vyhodnocení jeho bezpečnosti. Stručně lze model použitý k hodnocení v části [7] – část C2 charakterizovat následujícími body:

- 1) Radionuklidy jsou v první fázi zcela izolovány v UOS do doby jejich postupného poškození v důsledku koroze a následně hydrostatického tlaku a tlaku botnajícího bentonitu.
- 2) Po poškození se do UOS dostane podzemní voda. Ihned po vniknutí vody se začnou uvolňovat radionuklidy sorbované na povrchu paliva a dále radionuklidy vzniklé aktivací v konstrukčních materiálech a povlaku vyhořelého jaderného paliva.
- 3) Uvolněné radionuklidy dále difundují přes zhutněný bentonit do pukliny v horninovém prostředí.
- 4) Vybrané pukliny přiléhající k superkontejnerům jsou spojené se spojitou puklinovou sítí granitu v neporušené zóně a radionuklidy mohou dále migrovat advekcí do hydraulicky aktivní zóny horninového prostředí. Hlavním



retardačním procesem v geosféře je difúze do matrice a disperze. Koncentrace radionuklidů se dále výrazně sníží v důsledku mísení s nekontaminovanými zdroji vody.



Obr. 34 - Konceptní model hlubinného úložiště pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti

V biosféře se radionuklidy dostanou do zvodní a dále řekami až do moře. V kontaminované oblasti bude zemědělská usedlost využívající kontaminovanou vodu k pití a dalším hospodářským účelům.

K hodnocení radiologických důsledků byly využity následující modely

- 1) Hydrogeologický model a transportní model pro nesorbující kontaminanty (FLOW123 vyvinutý v TUL Liberec),
- 2) Modely pro uvolnění a transportu radionuklidů z různých matric odpadů a pole blízkých interakcí,
- 3) Transportní model radionuklidů v geosféře (GoldSim)
- 4) Biosferický model vyvinutý v ÚJV Řež.

Nejistoty byly zohledněny provedením citlivostních výpočtů pro:

- Výběr preferenční cesty od úložiště do životního prostředí
- Velikost průtočné plochy přes úložiště
- Hodnotu průtoku vody přes referenční a zároveň preferenční cestu



- Životnost ukládacích obalových souborů
- Sorpci radionuklidů v horninovém prostředí

Hypotetická lokalita byla charakterizována 4 možnými preferenčními cestami (G1 – G4) podle variant geosféry, které se liší celkovou délkou, dobou toku, celkovým přítokem do geosféry a celkovým odtokem z geosféry.

Tyto preferenční cesty jsou charakterizovány

- závislostí rychlosti průtoku vody elementem na vzdálenosti od úložiště a
- závislostí zředění na vzdálenosti úložiště od životního prostředí.

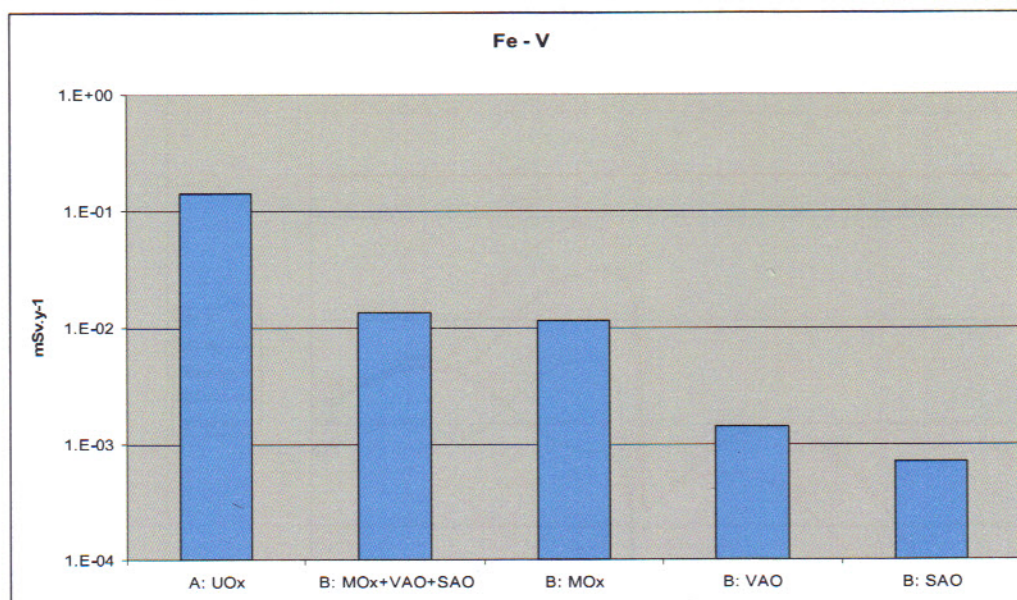
Konzervativně se předpokládá, že 100% radionuklidů bude migrovat jenom přes jednu preferenční cestu. Referenční výpočty byly provedeny za předpokladu, že radionuklidy jsou úplně izolovány v UOS po dobu 50 000 let a po této době se začnou postupně z rozpadajících se UOS uvolňovat, přičemž rychlost selhávání UOS je v době střední životnosti UOS (110 000 let) největší.

Zdrojový člen byl definován jako celkové množství aktivity jednotlivých radionuklidů, které vystupují z úložiště o celkovém objemu  $3,09 \times 10^7 \text{ m}^3$  do puklinové sítě geosféry.

## 4.3 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

### 4.3.1 Screeningový model (etapa 1, 2. dílčí zpráva)

Srovnání maximální efektivní dávky vypočtené analyticky screeningovým modelem pro různé způsoby uložení VJP včetně přepracování je ukázáno na Obr. 35.



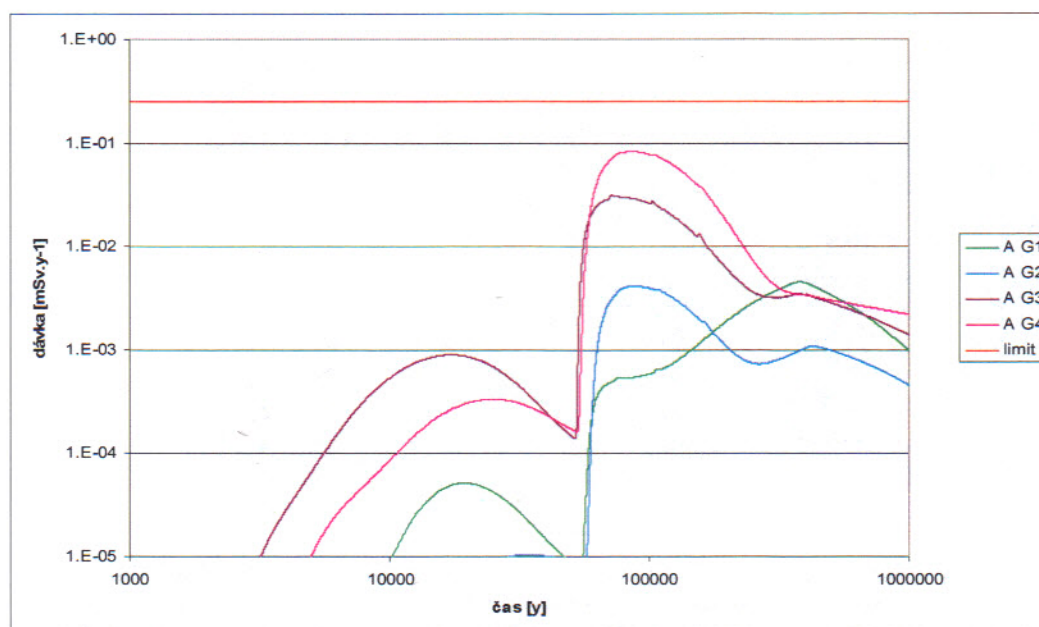
Obr. 35 - Srovnání maximální efektivní dávky různých variant ukládání vyhořelého jaderného paliva (A: UOx – otevřený cyklus, přímé uložení paliva, B: MOX, VAO, SAO – uzavřený cyklus s přímým uložení paliva typu MOX, vitrifikovaného odpadu (VAO) a středně aktivních odpadů (SAO).



Screeningový výpočet byl proveden pouze pro základní, tzv. normální scénář vývoje úložiště (scénář A), v němž se nepředpokládá žádná mimořádná událost, například velké zemětřesení, která by negativně ovlivnila vývoj úložiště. Ve výpočtu byla uvažována jednak varianta přímého uložení vyhořelého jaderného paliva v obalovém souboru na bázi uhlíkové oceli o životnosti 100 000 let, jednak varianta uložení po jeho přepracování, tj. uložení paliva typu MOX (tj. paliva vyrobeného s využitím plutonia z přepracování), a vitrifikovaných vysoce aktivních odpadů a středně aktivních odpadů s konstrukčními materiály, které rovněž musí být uloženy do hlubinného úložiště. V obou variantách byly uvažovány stejné inženýrské a přírodní bariéry. Z obrázku plyne, že ani přímé uložení vyhořelého jaderného paliva ani uložení zbytků po jeho přepracování nepřekročí optimalizační mez pro bezpečné uložení radioaktivních odpadů, tj. efektivní dávku 0,25 mSv za kalendářní rok pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatel podle vyhlášky SÚJB 307/2002 Sb. v platném znění, a to i při přijetí velmi konzervativních předpokladů použitých při výpočtech. Přepracováním paliva se bezpečnost úložiště zvýší zhruba o jeden až dva řády. Velmi významnou roli zde hraje to, zda do hlubinného úložiště bude třeba uložit palivo typu MOX vyrobené z plutonia z přepracování uranového paliva a znovu použitého pro výrobu elektrické energie v jaderných elektrárnách. V případě potřeby uložit i toto palivo je efekt přepracování na zvýšení bezpečnosti úložiště mnohem méně výrazný. Bezpečnost přímého uložení paliva však lze zvýšit použitím odolnějších obalových souborů na bázi mědi využívaných ve skandinávských konceptech hlubinného úložiště.

#### 4.3.2 Výsledky výpočtů pomocí výpočetního kódu GoldSim – normální scénář

Výsledky výpočtů aktualizovaného referenčního projektu přímého uložení paliva v granitickém horninovém prostředí pomocí výpočetních modulů vytvořených s využitím výpočetního kódu GoldSim pro normální scénář vývoje úložiště (scénář A) jsou uvedeny na Obr. 36.



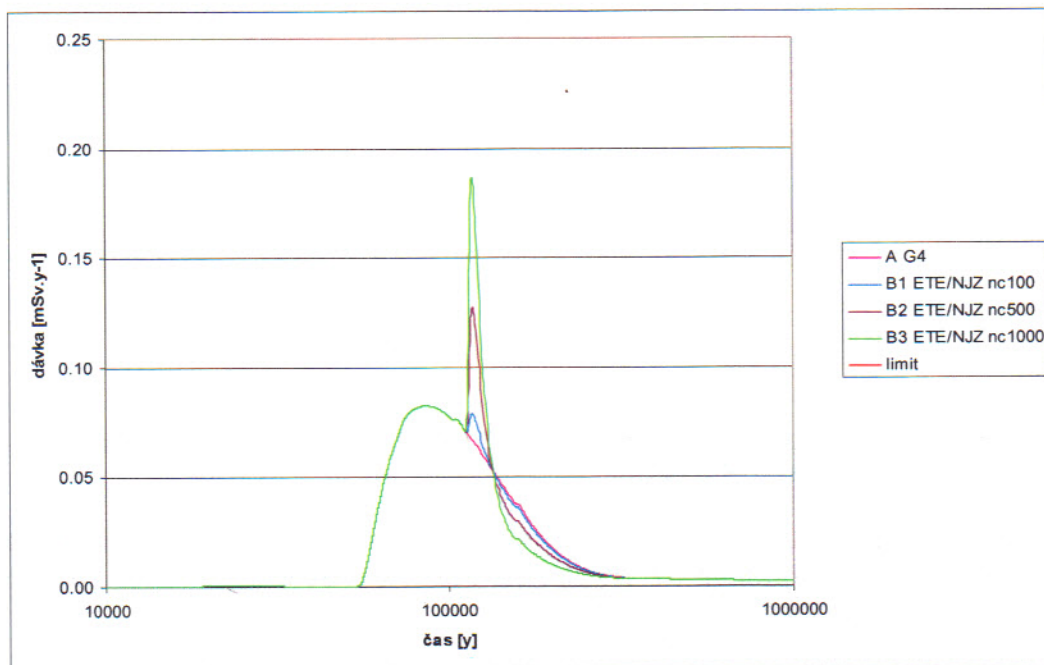
Obr. 36 - Výpočty dlouhodobé bezpečnosti úložiště s VJP pro různé hydrogeologické podmínky v ve zvoleném horninovém prostředí



Z Obr. 36 plyne, že pro všechny preferenční cesty (G1 až G4) nebude za normálního vývoje úložiště překročena optimalizační mez 0,25 mSv/rok pro bezpečné uložení vyhořelého jaderného paliva v případě, že budou splněny všechny předpoklady o vlastnostech inženýrských bariér (zejména, předpokládaná životnost obalových souborů a požadavek na zachování funkčnosti těsnícího systému po celou dobu nebezpečnosti odpadů). Vidíme, že maximální efektivní dávka vypočtená pomocí výpočetního kódu GoldSimu se neliší výrazně od analytického řešení uvedeného na Obr. 35.

#### 4.3.3 Alternativní scénáře

Lokalita pro hlubinné úložiště se vybírá i s ohledem na seismickou stabilitu prostředí. Úložiště bude umístěno pouze v prostředí, kde nehrozí velké zemětřesení. Pravděpodobnost výskytu zemětřesení, které by mohlo ovlivnit úložiště, je obecně v ČR velmi malá. Přesto není možno zcela vyloučit, že v průběhu statisíců let nedojde k zemětřesení (scénář B), které by mohlo poškodit určitou frakci obalových souborů v jednom okamžiku. Nejhorším možným případem by bylo, kdyby k tomuto zemětřesení došlo v době kolem střední životnosti obalových souborů, tj. v našem případě, kolem doby 100 tis. let, kdy se předpokládá, že může dojít k poškození největší frakce obalových souborů. Na Obr. 37 jsou prezentovány výsledky vlivu zemětřesení vedoucího k poškození 100 až 1000 obalových souborů v jednom roce. Při výpočtech zároveň uvažujeme nejhorší preferenční cestu proudění podzemní vody v hypotetické lokalitě. Vidíme, že ani v tomto případě není překročena optimalizační mez pro bezpečné uložení radioaktivních odpadů 0,25 mSv/rok.



Obr. 37 - Vliv zemětřesení na bezpečnost hlubinného úložiště (scénář B)

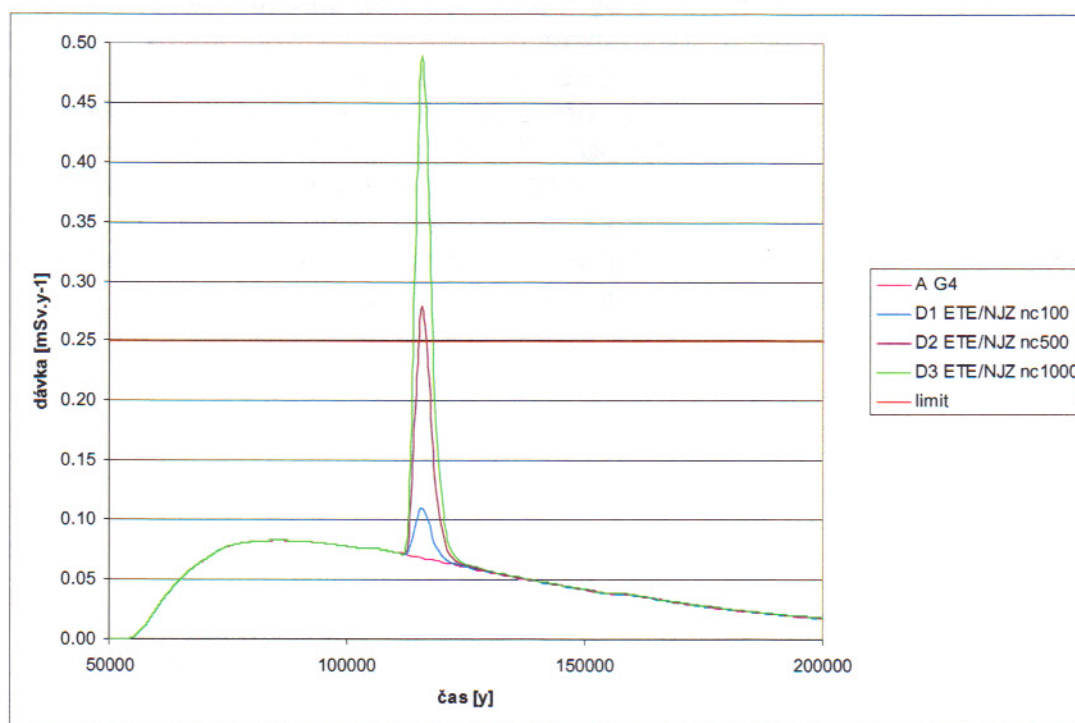
Z výpočtů podle modelu simulujícího snížení délky preferenční cesty na polovinu vlivem denudace a eroze (scénář C) plyne, že snížení délky preferenční cesty se na efektivní dávce projeví velmi málo a radiální důsledky pro jedince z kritické skupiny nedosahují optimalizační meze.



Nejhorší dopad na bezpečnost hlubinného úložiště může mít použití nevhodných inženýrských bariér, které nebudou plnit svoje bezpečnostní funkce podle přijatých předpokladů (scénář D). K této situaci může dojít v důsledku nedostatečného výzkumu dlouhodobé funkčnosti inženýrských bariér. Na Obr. 38 je simulována situace, při které zemětřesení poškodí nejenom obalové soubory s vyhořelým jaderným palivem, ale i bentonitový systém, obklopující tyto obalové soubory.

Výsledky simulace pro poškození určité frakce UOS a průnik radionuklidů advekci přes poškozený bentonit ukazují, že za těchto okolností by byla překročena optimalizační mez již při selhání 500 UOS v jednom roce. Pravděpodobnost tohoto scénáře je však velmi malá. Mohl by nastat pouze v důsledku souběhu více příčin, tj. použitím nevhodného typu bentonitu, vlivu nevhodného úložného místa, atd. Za určitých podmínek by však mohl nastat i bez vnější události, například při nevhodné konstrukci UOS působením isostatického tlaku či vzniku preferenčních cest v bentonitu v důsledku působení plynů z koroze uhlíkové oceli.

Je třeba vývojovými pracemi dosáhnout, aby pravděpodobnost tohoto scénáře byla zanedbatelná ( $<10^{-6}$ ).



Obr. 38 - Vliv zemětřesení na bezpečnost hlubinného úložiště při současné předpokladu nefunkčnosti těsnícího systému (scénář D)

V případě poškození UOS průzkumným vrtem (scénář E) se může maximální dávka z tohoto poškozeného UOS projevit až zhruba za 5000 let. Bylo spočítáno, že tato dávka je hluboko pod optimalizační mezí 0,25 mSv.rok<sup>-1</sup>.

Pravděpodobnost scénářů vedoucích k expozici člověka v důsledku neúmyslné intruze člověka do úložiště (scénář F) je značně snížena výběrem lokality a zejména hloubkou úložiště kolem 500 m pod povrchem země. V současné době ani ve světě nejsou vyjasněny metodiky jak ji řešit a zda ji vůbec řešit. Je rovněž zřejmé, že nebezpečnost odpadů z hlediska intruzních scénářů bude výrazně klesat s časem, protože se bude snižovat radiotoxita odpadů v důsledku přeměny radionuklidů. Kvantifikace tohoto scénáře je proto poměrně obtížná. Dávka, kterou by teoreticky



mohli jedinci z kritické skupiny (pracovníci provádějící geologické vrty) obdržet při neúmyslné intruzi, může však přesahovat výrazně 0,25 mSv či celkový obecný limit pro obyvatelstvo (1 mSv).

#### 4.4 VYHODNOCENÍ

Ve výpočtech provedených při hodnocení referenčního projektu je velká řada nejistot. Hodnocení bylo provedeno za podmíněk, že

- v současné době nejsou k dispozici konkrétní parametry žádné v úvahu připadající lokality (dosud nebyl zahájen geologický průzkum) a
- nejsou specifikovány konkrétní inženýrské bariéry (jsou popsány pouze na koncepční úrovni).

Proto byla pro výpočty použita data z analogických horninových prostředí (Melechov, Potůčky, Příbram) a volně dostupných odborných publikací.

Přesto tyto výpočty jasně ukázaly, že uložení vyhořelého paliva do hlubinného úložiště podle aktualizovaného referenčního projektu je bezpečné a nemůže ohrozit zdraví člověka či životní prostředí, za předpokladu, že bude prokázáno a demonstrováno v příštích několika desítkách let, které zbývají do předpokládaného zahájení provozu úložiště (2065), že všechny inženýrské a přírodní bariéry budou plnit svoje bezpečnostní funkce podle předpokladů.

## 5. ČASOVÝ PLÁN PROJEKTU A ODHAD NÁKLADŮ

### 5.1 ČASOVÝ PLÁN PROJEKTU REALIZACE HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

#### 5.1.1 Přístup k vytvoření časového plánu

Projekt hlubinného úložiště představuje z hlediska časového plánu zcela mimořádnou akci. Plánování v horizontu budoucích cca 150 let naráží kromě nejistot v oblasti vývoje techniky, používání lidských zdrojů, nákladů, legislativy apod., také na limity standardně používaných nástrojů časového plánování.

Celkový harmonogram projektu ukládání VJP byl modelován v několika důležitých etapách realizace hlubinného úložiště ([10]):

- Příprava projektu hlubinného úložiště
- Výstavba podzemní laboratoře na horizontu -250 m
- Výstavba hlubinného úložiště
- Provozu hlubinného úložiště

#### **Etapu přípravy projektu hlubinného úložiště**

Tato etapa je charakterizována přípravnými činnostmi, které povedou k vydání územního rozhodnutí. V tomto období by rovněž měly být prováděny výzkumné a vývojové činnosti, které povedou k upřesnění koncepčního a technického řešení úložiště a jeho prověření z hlediska dlouhodobé bezpečnosti.



SÚRAO

Připrava projektu hlubinného úložiště RA odpadů

PŘÍLOHA 1

Návrh harmonogramu

ID	Název úkolu	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	Celková časová rezerva
1	Stanovení průzkumných, chráněných území pro zvláštní zásah do zemské kůry	529 d	1.9.11	10.2.13	2 d
2	Přípravná projektová studie pro určení cílů geologických prací podle vyhl. 369/2004 Sb. vč. stanovení kritérií pro užší výběr lokalit	136 d	1.9.11	14.1.12	2 d
3	Potvrzení lokalit na základě dohod s obcemi	0 d	15.12.11	15.12.11	0 d
4	Vypracování a schválení rámcového PLJ pro etapu 1	122 d	15.1.12	15.5.12	30 d
5	Podání žádosti o stanovení průzkumných území pro 6 vybraných lokalit	61 d	15.1.12	15.3.12	0 d
6	Správní řízení o stanovení průzkumných území Ministerstvem a vydání rozhodnutí	61 d	15.4.12	14.6.12	0 d
7	Návrh na stanovení chráněných území pro zvláštní zásah do zemské kůry pro vybrané lokality	61 d	16.3.12	15.5.12	1043 d
8	Řízení o stanovení chráněných území pro zvláštní zásah do zemské kůry	180 d	16.5.12	11.11.12	1043 d
9	Vyznačení chráněných území v územně plánovací dokumentaci	91 d	12.11.12	10.2.13	1043 d
10	Průzkumné geologické práce na lokalitách	1436 d	15.1.12	20.12.15	0 d
11	Zadávací řízení na dodavatele průzkumných prací dle zák. 137/2006 Sb. vč. uzavření smlouvy	150 d	15.1.12	12.6.12	2 d
12	Vypracování projektu geologických prací pro vybraných 6 lokalit	60 d	15.6.12	13.8.12	0 d
13	Projednání a schválení projektu geologických prací	30 d	14.8.12	12.9.12	0 d
14	Podklady pro evidenci geologických prací	15 d	13.9.12	27.9.12	0 d
15	Evidence geologických prací dle §7 zákona č. 62/1988 Sb.	31 d	28.9.12	28.10.12	0 d
16	Provádění průzkumných geologických prací a jejich vyhodnocení	845 d	28.11.12	22.3.15	0 d
17	Zúžení výběru na 2 perspektivní lokality a rozhodnutí, která z lokalit bude hlavní a která záložní ( r. 2015)	273 d	23.3.15	20.12.15	0 d
18	Průzkumné práce na 2 vybraných lokalitách	3653 d	21.12.15	20.12.25	0 d
19	Pokračování geologických prací	3380 d	21.12.15	22.3.25	0 d
20	Rozhodnutí o zúžení výběru na jednu lokalitu	273 d	23.3.25	20.12.25	0 d
21	Hodnocení vlivu na životní prostředí	910 d	23.8.25	18.2.28	0 d
22	Zadávací řízení na dodavatele dokumentace o vlivu na ŽP	150 d	23.8.25	19.1.26	0 d
23	Vypracování dokumentace o vlivu na ŽP dle Příl. 4 zákona	244 d	20.1.26	20.9.26	0 d
24	Oznámení záměru příslušnému úřadu	0 d	20.9.26	20.9.26	0 d
25	Zjišťovací řízení	80 d	21.9.26	9.12.26	0 d
26	Obdržení závěru oznamovatelem	0 d	9.12.26	9.12.26	0 d
27	Dopracování dokumentace a oznámení záměru	35 d	10.12.26	13.1.27	0 d
28	Vyjádření k dokumentaci	60 d	14.1.27	14.3.27	0 d

ÚJV Řež a.s.

Stránka 1/2

7.6.11

Stránka 1/2

SÚRAO

PŘÍLOHA 1

Příprava projektu hlubinného úložiště RA odpadů

Návrh harmonogramu																																	
ID	Název úkolu	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	Celková časová rezerva	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
29	Zpracování posudku a jeho zaslání přísl. úřadu	90 d	21.3.27	18.6.27	0 d																												
30	Oznámení posudku, vyjádření k posudku a veřejné projednání	65 d	19.6.27	22.8.27	0 d																												
31	Stavovisko k posouzení vlivů na ŽP, zaslání oznamovatelů a zveřejnění	51 d	3.7.27	22.8.27	0 d																												
32	Rezerva na mezinárodní projednávání	180 d	23.8.27	18.2.28	0 d																												
33	Proces podle čl. 6. 37 smlouvy EURATOM	474 d	20.1.26	8.5.27	392 d																												
34	Výběr dodavatele dokumentace dle příl. č. 1 nařízení 1989/829 Euratom	110 d	20.1.26	9.5.26	392 d																												
35	Vypracování dokumentace (příloha č.1 Nařízení 1989/829 Euratom)	90 d	10.5.26	7.8.26	392 d																												
36	Předání dokumentace na SÚJB s žádostí o zahájení procesu dle čl. 37	30 d	8.8.26	6.9.26	392 d																												
37	Posuzování dokumentace SÚJB a předání Komisi	61 d	7.9.26	6.11.26	392 d																												
38	Stanovisko Komise Euratom	183 d	7.11.26	8.5.27	392 d																												
39	Povolení k umístění JZ	912 d	20.1.26	19.7.28	0 d																												
40	Zadávací řízení na dodavatele dokumentace k žádosti o povolení k umístění JZ	110 d	20.1.26	9.5.26	349 d																												
41	Vypracování Zadávací bezpečnostní zprávy	240 d	10.5.26	4.1.27	349 d																												
42	Vypracování Analýzy potřeb a možností zajištění fyzické ochrany	240 d	9.7.26	5.3.27	350 d																												
43	Vypracování PZJ pro umístění JZ	61 d	5.1.27	6.3.27	349 d																												
44	Podání žádosti o povolení umístění JZ na SÚJB	15 d	19.2.28	4.3.28	0 d																												
45	Administrativní proces posuzování žádosti, schválení PZJ a vydání povolení k umístění JZ	122 d	5.3.28	4.7.28	0 d																												
46	Povolení SÚJB k umístění JZ - nabytí právní moci	0 d	19.7.28	19.7.28	0 d																												
47	Rozhodnutí o umístění stavby	1257 d	20.1.26	29.6.29	0 d																												
48	Žádost a poskytnutí územně plánovací informace	60 d	20.1.26	20.3.26	581 d																												
49	Zadávací řízení na dodavatele dokumentace k žádosti o vydání územního rozhodnutí	150 d	20.1.26	18.6.26	491 d																												
50	Zpracování dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby	150 d	19.6.26	15.11.26	491 d																												
51	Projednání a stanoviska DOSS	90 d	16.11.26	13.2.27	491 d																												
52	Zpracování připomínek DOSS do dokumentace	31 d	19.2.28	20.3.28	121 d																												
53	Podání žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby	30 d	20.7.28	18.8.28	0 d																												
54	Územní řízení	60 d	19.8.28	17.10.28	0 d																												
55	Odvola k výsledku územního řízení, rozhodnutí ministerstva	240 d	18.10.28	14.6.29	0 d																												
56	Územní rozhodnutí na HÚ - nabytí právní moci	0 d	29.6.29	29.6.29	0 d																												

ÚJV Řež a.s.

Stránka 2/2

7.6.11

Obr. 39 - Příprava projektu hlubinného úložiště



### **Etapa výstavby podzemní laboratoře na horizontu -250 m**

Před zahájením výstavby HÚ musí být v časovém předstihu vybudována podzemní laboratoř na horizontu -250 m. Objekt laboratoře se bude skládat ze systému vzájemně propojených chodeb a komor, kde bude možné instalovat měřicí a zkušební zařízení.

Laboratoř bude sloužit k vývoji a odzkoušení metod výzkumu hostitelského prostředí, získání místních charakteristik horninového masivu, k vývoji, zkoušení a demonstraci technologií, které budou používány v HÚ, a k posuzování bezpečnosti HÚ.

Budování podzemní laboratoře je tedy nutností, která na základě praktických zkušeností prokáže, že předpokládané technické řešení je pro tuto lokalitu vhodné, případně ukáže na potřebu změnit technické řešení tak, aby v daných podmínkách bylo realizovatelné.

Aby bylo možné podzemní laboratoř vůbec provozovat, je třeba vybudovat i nutné technické zázemí. To znamená stavební objekty, včetně technologického vybavení, které jsou potřebné nejprve pro budování laboratoře a posléze i pro zajištění jejího provozu. Většina realizovaných objektů bude využita při následujícím provozu HÚ, některé budou provizorní (např. oplocení areálu), některé budou vybudovány v relevantním rozsahu (některé skladovací prostory, vnitřní komunikace, elektrorozvody, atd.).

Z vytvořeného harmonogramu vyplývají následující průběžné lhůty [10]:

- od vydání pravomocného ÚR do předání staveniště po vydání stavebního povolení a výběru dodavatele cca 22 měsíců
- od předání staveniště do zahájení báňských prací cca 24 měsíců
- od předání staveniště do zahájení provozu podzemní laboratoře cca 7 let

### **Etapa výstavby hlubinného úložiště**

Tato etapa zahrnuje činnosti vedoucí k vydání stavebního povolení, výběr dodavatele, vypracování realizační dokumentace, napojení staveniště na infrastrukturu a vybudování zařízení staveniště a vlastní výstavbu podzemního a nadzemního areálu.

V době zahájení provozu bude vyražena a připravena pro příjem VJP jedna sekce. Ražby dalších sekcí budou ve skutečnosti realizovány bezprostředně před jejich potřebou pro ukládání. Je to zejména z důvodu ochrany masivu před větráním a nepříznivými dopady, vyplývajících z tvorby zóny prosté napětí v okolí vyrubaných důlních děl.

Z vytvořeného harmonogramu vyplývají následující průběžné lhůty [10]:

- od potvrzení záměru výstavby HÚ do předání staveniště po vydání povolení a výběru dodavatele cca 31 měsíců
- od předání staveniště do zahájení báňských prací cca 48 měsíců



- od předání staveniště do zahájení báňských prací na horizontu -500 m  
cca 9 let
- od předání staveniště do předání ukládací sekce I do provozu a zahájení ukládání VJP  
cca 14,5 let
- od předání staveniště do zahájení ukládání ve IV., poslední ukládací sekci  
cca 25,5 let

### **Etapu provozu hlubinného úložiště**

Při vytváření harmonogramu provozu byla nejprve provedena analýza jednotlivých činností nakládání s VJP prováděných v HÚ. Na základě této analýzy byly vypracovány variantní hypotetické podkladové harmonogramy pro ukládání VJP palivových souborů VVER 440 a VVER 1000 (od zavezení přepravních OS do překládacího uzlu, přeložení VJP z přepravních OS do UOS, po uložení superkontejneru).

Tyto harmonogramy byly zpracovány ve třech analytických modelových scénářích charakterizovaných použitým kalendářem, tzn. hypotetickým nasazením pracovních směn na jednotlivé činnosti (1-3 směny). Podle přijatých předpokladů se činnosti, spojené s ukládáním VJP budou provádět celkem 200 pracovních dní v kalendářním roce. Zbýlý čas, mimo dny pracovního klidu, byl uvažován na provádění údržby, revize a opravy zařízení.

Zvolené nasazení pracovních směn je pouze hypotetické a je prostředkem k získání údajů o průchodu UOS od jeho zaplnění VJP, o přípravě a uložení superkontejneru, a tím získání představ o době, potřebné k uložení uvažovaného inventáře radionuklidů (viz. kap. 0), a následně ke stanovení provozních nákladů.

Předpokládaná doba, potřebná pro uložení VJP z našich JE (včetně NJZ), by se měla pohybovat mezi 63 a 86 léty, tj. mezi dobami, zjištěnými použitím okrajových modelových scénářů troj- a dvousměnného nasazení pracovních sil. Scénář jednosměnného provozu se ukázal jako nevhodný z důvodu ekonomiky provozu a životnosti staveb a zařízení.

Je však nutné si uvědomit, že celý model je ovlivněn velkou mírou nejistot, a že změna jakékoliv okrajové podmínky, za kterých byl vytvořen, ho může výrazně změnit.

Stanovení optimální doby provozu si vyžádá provést podrobnou analýzu vlivu nasazení směn na ukládání VJP a na náklady provozu, se současným ověřením okrajových podmínek, které vyplývají z předpokladu ukončování provozu našich stávajících a plánovaných JE.

### **5.1.2 Celkový harmonogram projektu**

Na základě dílčích etapových časových plánů bylo možné sestavit celkový harmonogram projektu, který podává celkový přehled o časovém průběhu projektu a vlivu nasazení pracovních sil na trvání provozu HÚ.



Tab. 15 - Přehled hlavních časových lhůt vedoucích k uvedení HÚ do provozu

Průzkumné geologické práce na lokalitách	do roku 2015
Zúžení výběru na 2 perspektivní lokality	2015
Pokračování průzkumných geologických prací na 2 lokalitách	2016 - 2025
Rozhodnutí o zúžení výběru na jedinou lokalitu, zahájení činností potřebných k vydání územního rozhodnutí	2025
Projektové a ostatní činnosti vedoucí k vydání ÚR	2025 – 2029
Vydání pravomocného ÚR	2029
Příprava a vybudování podzemní laboratoře	2030 – 2038
Průzkumné a vývojové práce v podzemní laboratoři	2039 – 2050
Projektové, povolovací činnosti a výstavba hlubinného úložiště (ukládací sekce č. I)	2048 - 2064
Ukládání VJP (scénář 2 směnného provozu – celkem 86 let)	2065 - 2150
Ukládání VJP (scénář 3 směnného provozu – celkem 63 let)	2065 - 2127
Ukončování provozu, uzavírání HÚ (5 let)	2155 / 2132

V rámci výstavby do zahájení provozu (tj. do r. 2065) bude vyražena a připravena pro příjem VJP jedna sekce. Příprava dalších ukládacích sekcí bude probíhat postupně, v závislosti na zvoleném harmonogramu ukládání a dostupnosti VJP určeného k uložení. Budou raženy bezprostředně před jejich potřebou pro ukládání VJP. Prozatím se v referenčním projektu počítá se čtyřmi sekcemi. Ve finálním projektu však ukládací prostory mohou být rozděleny i do více sekcí - s ohledem na vlastnosti konkrétního horninového masivu, např. na tvaru vhodného masivu, jeho porušení diskontinuitami nebo jinými nehomogenitami, které mohou být zjištěny postupně prováděnými průzkumnými pracemi.

## 5.2 ODHAD EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI VÝSTAVBY A PROVOZU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Odhad nákladů [11] se skládá ze dvou základních částí – odhadu investičních nákladů na výstavbu hlubinného úložiště a odhadu jeho provozních nákladů.

Finanční ohodnocení v obou částech je provedeno v cenové úrovni zpracování odhadu nákladů, tj. I. pololetí roku 2011.

### 5.2.1 Investiční náklady

Propočet investičních nákladů byl zpracován na základě koncepčního technického řešení a odpovídá hloubce zpracování technického řešení.

Tab. 16 uvádí odhad investičních nákladů pro obě varianty – základní a srovnávací. Podstatným rozdílem mezi oběma variantami je umístění překládacího uzlu a doprava obalových souborů s VJP a RAO z překládacího uzlu do úložných prostor hlubinného úložiště (viz Obr. 4).

Tab. 16 – Investiční náklady na realizaci HÚ

<b>Investiční náklady</b>		
	<b>Základní varianta v mil. Kč</b>	<b>Srovnávací varianta v mil. Kč</b>
Náklady k roku zahájení provozu (2065)	21 364, 2	20 067,2
Investice k výstavbě modulů pro ukládání VJP – II, III. a IV sekce (v následujících letech po zahájení provozu, dle potřeb ukládání VJP)	8 975, 3	9 041,3
<b>Celkem</b>	<b>30 339, 4</b>	<b>29 108,5</b>
Z toho investiční náklady, potřebné pro		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ výstavbu podzemní laboratoře na horizontu –250m</li> <li>○ náklady na výzkum a vývoj (geologický průzkum a výzkum, výzkum a vývoj UOS, tlumících výplňových a konstrukčních materiálů, bezpečnostní výzkum, zahraniční spolupráce)</li> </ul>		
	4 013,4	4 022,5

*Pozn.: Finanční ohodnocení je provedeno v současné cenové úrovni tj. I. pololetí roku 2011, ceny jsou uváděny bez DPH.*

Do investičních nákladů uvedených v tabulce nejsou zahrnuty náklady na inženýrské sítě z veřejné technické infrastruktury ke staveništi, např. vlečka, komunikace, média,



atd. Je to proto, že v současné době není vybrána konkrétní lokalita. Tyto náklady by při vzdálenosti 5 km odpovídaly **cca 450-500 mil Kč**.

V případě, že budou ukládány VJP a RAO z vyřazování pouze ze stávajících JE, předpokládá se, že investiční náklady v základní variantě technického řešení dosáhnou cca 25 725,8 mil. Kč, ve srovnávací variantě 24 494,9 mil.Kč. K tomu je nutné opět připočíst náklady na inženýrské sítě.

Je třeba ovšem podotknout, že porovnání s RPHU 1999 nelze provést, protože oba referenční projekty měly jiné vstupní předpoklady, jak ukládaného inventáře, tak technického řešení podzemního areálu. Doporučujeme tedy provést aktualizaci technického řešení z r.1999 do hloubky RPHÚ 2011, aby tyto údaje byly porovnatelné.

### 5.2.2 Provozní náklady

Při vytváření časového plánu provozu HÚ byly vytvořeny a analyzovány modelové scénáře ukládání VJP. Na jejich základě byly pak byl stanoven odhad provozních nákladů. Dále byly vzaty v úvahu významnější položky, které v konečném důsledku mohou ovlivnit celkové provozní náklady. Jedná se o náklady na UOS, náklady na provoz, náklady na opravy, údržbu a modernizaci zařízení, a náklady na pracovní síly.

Do provozních nákladů byly rovněž zahrnuty náklady na uzavírání úložiště (činnosti spojené s dekontaminací a demontáží zařízení, uzavírání podzemních prostor, apod.).

V Tab. 17 jsou uvedeny provozní náklady pro vyhodnocované modelové scénáře.

Tab. 17 – Předpokládané provozní náklady

<b>Provozní náklady</b>		
	<b>Délka provozu <sup>*)</sup> [roky]</b>	<b>Provozní náklady<sup>*)</sup> v mil. Kč</b>
Ukládání VJP – scénář dvousměnného provozu	90	75 458,9
Ukládání VJP – scénář třisměnného provozu	67	61 968,2

<sup>\*)</sup> včetně uzavírání úložiště

Pozn.: Finanční ohodnocení je provedeno v současné cenové úrovni tj. I. pololetí roku 2011, ceny jsou uváděny bez DPH.

### 5.2.3 Celkové náklady

Tab. 18 prezentuje odhad ekonomické náročnosti výstavby a provozu HÚ. Je však nutné si uvědomit, že ačkoliv ke stanovení nákladů ekonomické náročnosti výstavby i provozu zařízení bylo přistupováno s maximální zodpovědností, jedná se o odborný odhad, do kterého vstupuje mnoho nejistot a více či méně konzervativních předpokladů. Nejedná se pouze o nejistoty technického charakteru, ale i značnou

měrou nejistoty vyplývající z nestandardně vzdáleného časového horizontu, vymykajícímu se běžným plánovacím lhůtám.

Je tedy otázkou následné optimalizace, a to jak technického řešení, tak i způsobu provozování, jak dosáhnout rozumné míry vynaložených prostředků. Postupné zpřesňování jednotlivých vstupních a okrajových podmínek pak může dovést k reálnému stanovení nákladů, potřebných pro výstavbu a provoz hlubinného úložiště.

**Tab. 18 – Odhad ekonomické náročnosti výstavby a provozu HÚ**

	<b>Základní varianta v mil. Kč</b>	<b>Srovnávací varianta v mil. Kč</b>
Modelový scénář dvousměnného provozu ukládání VJP	<b>105 798,3</b>	<b>104 567,4</b>
Modelový scénář třísměnného provozu ukládání VJP	<b>92 307,6</b>	<b>91 076,7</b>

*Pozn. Nejsou zahrnuty náklady na inženýrské sítě z veřejné technické infrastruktury ke staveništi, např. vlečka, komunikace, média, atd., protože v současné době není vybrána konkrétní lokalita. Tyto náklady by při vzdálenosti 5 km odpovídaly cca 450-500 mil Kč.*



## 6. DOPORUČENÍ DALŠÍCH PRACÍ

Řešení projektu hlubinného úložiště je v současné době zatíženo řadou neurčitostí a nejistot. Nejde jenom o nejistoty plynoucí z faktu, že zatím nejsou k dispozici konkrétní data z vybrané lokality, ale i o neurčitosti, které ovlivňují vlastní technické řešení a vyplývají z dlouhodobosti projektu. Je jisté, že změny technického řešení ovlivní i ekonomickou náročnost stavby. Postupné upřesňování vstupních podmínek a jejich aplikace do řešení projektu HÚ může pak vést k vytvoření optimálního řešení z bezpečnostního, technického i ekonomického hlediska.

V Usnesení vlády České republiky ze dne 20. července 2009 č. 929 je požadováno do roku 2015 vybrat dvě nejvhodnější lokality z uvažovaných kandidátských lokalit s vhodnými vlastnostmi horninového masivu a s vhodnou infrastrukturou (Tab. 2).

Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů je specifické tím, že na rozdíl od jaderných elektráren je třeba posuzovat jeho vliv na člověka a životní prostředí nejenom v horizontu několika desítek let, ale po období desetitisíců až statisíců let. Formulace požadavků na lokalitu tedy musí vycházet z požadavků bezpečnosti a z návrhu technického řešení. Prohloubení znalostí o lokalitě, jako určitého východiska pro vytvoření předběžného projektu pro konkrétní lokalitu, vyžaduje provedení průzkumných prací. V současné době se předpokládá zahájení další etapy umisťování HÚ, tj. zahájení etapy charakterizace kandidátských lokalit.

Koncepční nejistotou řešení hlubinného úložiště je výběr materiálů pro obalový soubor. Ve světě jsou uvažovány tři základní varianty přebalů, a to z uhlíkové oceli, z mědi a z titanu. Všechny uvedené varianty mají své přednosti a své zápory. V referenčním projektu [13] byl navržen, a v současné aktualizaci referenčního projektu [5] - [11] byl potvrzen, výběr vícevrstvého obalového souboru složeného ze silnostěnného uhlíkového přebalu s vnitřním pouzdem z nerezového materiálu a s definovanými atmosférami uvnitř a v meziprostoru. Je nutné zahájit systematický výzkum materiálů obalových souborů, aby bylo možné seriózním způsobem rozhodnout o materiálech, použitých pro konstrukci UOS. Výzkum by měl být zaměřen na prokázání použitelnosti navržených materiálů v podmínkách ukládacího horizontu hlubinného úložiště.

Výzkum obalových souborů je úzce spojen s nejistotami ve znalostech o ostatních uvažovaných inženýrských bariérách, které obklopují obalové soubory a na životnost obalových souborů mají větší vliv, než vlastní granitické prostředí. Některé požadavky na tyto materiály jsou však protichůdné, což znamená, že není možno se zaměřit například jenom na to, aby tlumící materiály nepůsobily nepříznivě na korozi obalových souborů nebo aby nedocházelo k nežádoucím interakcím s okolním prostředím. Opět je zde podobný problém jako v případě obalových souborů. Ve světě se běžně využívá bentonit na bázi sodného bentonitu, v České republice jsou však bohatá naleziště vápenato-hořečnatého bentonitu. Prozatím není prokázáno, zda tyto bentonity budou vyhovovat pro účely hlubinného úložiště, proto je v této oblasti třeba spolupráce odborníků z mnoha oblastí, tj. nejenom koroze materiálů či geotechnických vlastností, ale i mineralogů, geochemiků a jaderných chemiků, protože bentonit je velmi důležitý pro zpomalení migrace radionuklidů uvolněných z obalového souboru.



Nejistoty a neurčitosti, které provázely vytvoření koncepčního řešení HÚ, byly shrnuty a diskutovány v jedné z postupných etap RPHÚ 2011 [9]. Po jejich vyhodnocení bylo možné doporučit postupné kroky, které povedou k optimálnímu vývoji prací na realizaci HÚ.

V nejbližším časovém období (tj. do 2015 - 2016) doporučujeme zaměřit se na následující úkoly a činnosti:

#### **V oblasti řízení projektu:**

- **Sestavení manažerského týmu a týmu specialistů pro přípravu a realizaci HÚ**

Pro úspěšné řešení přípravy hlubinného úložiště doporučujeme vytvořit manažerský tým pro přípravu hlubinného úložiště. Tvorba vrcholových manažerských pozic může vycházet ze základních požadavků na hlubinné úložiště, kterými jsou:

- Bezpečnost hlubinného úložiště
- Projektové řešení
- Ekonomická optimalizace
- Komunikace s veřejností

Manažeři za jednotlivé oblasti by měli být zkušení odborníci, kteří budou trvale sledovat dění v této oblasti, vyhledávat, shromažďovat a analyzovat příslušné informace a navrhnout dílčí projekty potřebné pro získání dodatečných informací.

Vzhledem k dlouhodobému časovému horizontu realizace HÚ doporučujeme zajistit kontinuální výchovu nových odborníků v jednotlivých oblastech (generační obměna a zajištění kontinuity znalostí a přenosu informací a získaného know-how).

- **Vypracování a schválení programu zajištění jakosti pro program vývoje HÚ**

V dokumentech systému jakosti musí být určeny procesy a činnosti, které mohou ovlivňovat úroveň jaderné bezpečnosti nebo radiační ochrany. Při plánování, provádění, ověřování a hodnocení těchto procesů a činností musí být používána kritéria přijatelnosti a metody zajišťující potřebnou jakost položky. Musí být rovněž jednoznačně určeny kompetence a odpovědnosti zúčastněných osob a organizací. Pro dosažení potřebné jakosti položek musí být zajištěny personální, technické, materiálové a finanční zdroje. Plánování, řízení, ověřování, provádění a hodnocení procesů a činností v systému jakosti budou provádět osoby s odpovídající kvalifikací.

#### **V oblasti technického řešení:**

- **Aktualizace dat o ukládaném inventáři**

Protože ukládaný inventář je jedním ze základních vstupů, je třeba se zaměřit na aktualizaci dat o VJP a RAO, které se předpokládá uložit do HÚ. Tuto aktualizaci je přinejmenším nutné provádět současně s aktualizací projektu hlubinného ukládání nebo při zpracování dílčích úkolů, týkajících se UOS a bezpečnostních rozborů.

- **Upřesnění projektového řešení úložiště**

Doporučujeme v co nejbližší době dopracovat vertikální způsob ukládání VJP do úrovně horizontálního ukládání, rozpracovaného v RPHÚ 2011. Pak je možné



provést odborné posouzení obou způsobů ukládání, včetně ekonomického vyhodnocení a posouzení bezpečnostních aspektů. Následně pak lze provést optimalizaci technického řešení způsobu ukládání UOS.

Dále doporučujeme řešit koncepční otázky, jako je umístění horké komory, způsob dopravy VJP a RAO do podzemního areálu a možnosti minimalizace nadzemního areálu. Musí být provedeny potřebné teplotnické výpočty.

Rovněž je třeba se v rámci aktualizace a rozpracování technického řešení věnovat výzkumu a vývoji manipulačních a dalších technologií.

- **Výzkum a vývoj UOS a ostatních inženýrských bariér**

Doporučujeme řešit jeden z klíčových problémů konceptu hlubinného úložiště, kterým je výběr materiálů pro ukládací obalové soubory a ostatní inženýrské bariéry. V projektu se vychází z využití tuzemských surovin (bentonit) a možností českého průmyslu pro výrobu ocelových ukládacích obalových souborů. Zatím byl zahájen systematický výzkum geotechnických vlastností bentonitu, stejná pozornost však nebyla věnována ostatním důležitým vlastnostem bentonitu, jako je jeho schopnost zpomalovat migraci radionuklidů či neovlivňovat nepříznivě korozi materiálů UOS či rychlost uvolňování radionuklidů z matrice odpadů. Výběr lokalit je třeba provádět i s ohledem na jejich interakci s inženýrskými bariérami úložiště. Například výběr lokalit ve Švédsku či Finsku byl prováděn i s ohledem na jejich vliv na měděný přebal obalového souboru a možnost eroze bentonitových prefabrikátů.

Vývoj UOS by měl rovněž řešit a upřesnit soubor technických požadavků na obalové soubory a ostatní inženýrské bariéry v souladu s vyhláškou SÚJB 132/2008 Sb., vyhláškou 309/2005 Sb. a 317/2002 Sb.

- **Hodnocení možných koincidencí při ukládání VJP a RAO**

Doporučujeme řešit problematiku možných koincidencí mezi „úložištěm pro vyhořelé jaderné palivo“ a „úložištěm pro ostatní radioaktivní odpady nepřijatelné do přípoверхových úložišť“, které jsou zpravidla fixovány do cementových matic. V zahraničí se často tato úložiště řeší zvlášť, právě z důvodu eliminace možných negativních vlivů. Na základě bezpečnostních a projektových analýz bude stanovena minimální vzdálenost úložišť tak, aby byly minimalizovány možné negativní vlivy.

## **V oblasti bezpečnostních studií:**

Hodnocení bezpečnosti je do určité míry závislé zejména na vnějších faktorech, které vstupují do analýz. Jsou to zejména parametry lokality, ukládaný inventář a přijaté technické řešení. Vlastní nejistotou bezpečnostního rozboru je zejména analýza možných scénářů vývoje úložiště a použité predikční modely. Identifikace možných scénářů souvisí se systematickou identifikací a analýzou všech jevů (znaků), procesů a událostí, které se mohou vyskytnout v úložišti, a které mohou ovlivnit vývoj úložiště. Bezpečnostní rozbor, v jejichž rámci je třeba predikovat chování bariér v horizontu tisíců až statisíců let, je třeba založit na verifikovaných, a pokud možno validovaných modelech. Zde nejde pouze o celkový transportní model výpočtu migrace radionuklidů do životního prostředí, ale o mnoho podpůrných modelů predikujících vývoj prostředí (geochemický, hydrologický, tektonický a další) a vlastností technických bariér (predikce životnosti obalových souborů, predikce vývoje pórové



vody bentonitu, predikce rychlosti vymývání pórových vod z betonových konstrukcí atd.).

V oblasti bezpečnostních analýz tedy doporučujeme řešit:

- hodnocení rychlosti a mechanismu koroze obalových souborů a jejich jednotlivých komponent, přípravu vstupních dat a argumentů pro bezpečnostní rozbor,
- hodnocení funkčních vlastností tlumících a výplňových materiálů, přípravu dat a argumentů pro bezpečnostní rozbor,
- hodnocení THMC procesů probíhajících v úložišti, přípravu dat a argumentů pro ostatní etapy,
- hodnocení forem odpadů, přípravu dat a argumentů pro výpočty,
- výzkum a vývoj migračních procesů probíhajících v inženýrských a přírodních bariérách, přípravu data a argumentů pro výpočty,
- přípravu robustního modelu hodnocení bezpečnosti hlubinného úložiště v deterministickém a pravděpodobném módu, provádění citlivostních analýz a přípravu bezpečnostních zpráv.

#### **V oblasti výběru lokalit:**

- Pro výběr dvou nejvhodnějších lokalit je třeba specifikovat soubor požadavků na lokalitu, který je výchozím podkladem pro koncipování projektu průzkumných prací na lokalitě. Na jeho základě lze optimalizovat práce v lokalitě tak, aby prioritně byly získávány takové parametry lokality, které jsou nutné pro další pokrok v oblasti technického řešení a hodnocení bezpečnosti HÚ.

#### **V oblasti styku s veřejností doporučujeme:**

- Sestavit soubor požadavků pro hodnocení z hlediska dalšího rozvoje lokality a jejich aplikaci na vybraných lokalitách
- Provést socio-ekonomických studie na vybraných lokalitách
- Provádět průběžné průzkumy veřejného mínění
- Zapojit veřejnost do procesu přípravy a realizace hlubinného úložiště.

Veřejnost musí mít dostupné a komplexní informace, na základě kterých přestane vnímat jako „hrozbu“ radioaktivní odpad a jeho uložení. Dále doporučujeme zapojit dotčené obce a další subjekty do procesu rozhodování o umísťování úložiště a motivovat je tak, aby umožnily pokračování prací – jak při rozhodování o finálním výběru lokality, tak při následných činnostech.



Na tyto činnosti by pak měly v následujících letech navázat práce zaměřené na potvrzení vybraného řešení, tj. provádění geologických průzkumů v podzemní laboratoři, demonstračních testů UOS, tlumících, výplňových a konstrukčních materiálů, a předpokládaných technologií (technologie ražby, manipulací při ukládání, utěšňování a zátkování ukládacích míst, atd.).

Současně s těmito činnostmi bude nutné, na základě upřesňujících se informací, zpracovávat bezpečnostní studie, potvrzující bezpečnost vybrané lokality, a optimalizovat technické řešení úložiště.

#### Činnosti do zahájení výstavby podzemní laboratoře – do roku 2031

- Geologické průzkumné práce na vybraných lokalitách
- Pravidelná aktualizace vstupních parametrů ukládaných odpadů (inventář, vlastnosti, atd.)
- Výzkum a vývoj geotechnických postupů (EDZ, stabilita výrubů, hodnocení ukládacích míst, atd.)
- Výzkum a vývoj UOS, tlumících, výplňových, a konstrukčních materiálů, výroba a testy prototypů
- Výzkum a vývoj manipulačních a dalších technologií
- Pravidelná aktualizace bezpečnostních studií pro HÚ, potvrzující bezpečnost vybrané lokality na základě upřesněných vstupních dat, příprava podmínek přijatelnosti
- Pravidelná aktualizace a optimalizace technického řešení HÚ, zohledňující výsledky prováděných experimentů, bezpečnostních studií a technického pokroku
- Příprava dokumentace pro povolení výstavby podzemní laboratoře

#### Průzkumné a vývojové práce v podzemní laboratoři – 2039 - 2050

- Geologický průzkum v podzemní laboratoři
- Demonstrační testy UOS
- Demonstrační testy tlumících, výplňových a konstrukčních materiálů
- Demonstrační testy technologií (technologie ražby, manipulací při ukládání, utěšňování a zátkování ukládacích míst, atd.)
- Pravidelná aktualizace vstupních parametrů (ukládání inventář, vlastnosti odpadů, atd.)
- Bezpečnostní studie, potvrzující bezpečnost vybrané lokality s využitím výsledků s podzemní laboratoře, výzkum interakcí, upřesnění podmínek přijatelnosti
- Optimalizace technického řešení HÚ, zohledňující výsledky prováděných experimentů, bezpečnostních studií a technického pokroku

Souběžně s provozem podzemní laboratoře, do zahájení provozu HÚ 2048-2064

- Příprava dokumentace pro povolení výstavby HÚ
- Příprava výroby / výroba UOS
- Příprava výroby / výroba tlumících, výplňových, těsnících a konstrukčních materiálů
- Příprava výroby / výroba / nákup manipulačních a dalších technologií
- Výstavba podzemního a nadzemního areálu HÚ
- Předprovozní komplexní vyzkoušení

Po celou dobu přípravy realizace HÚ je třeba sledovat vývoj české a evropské legislativy s posouzením možných dopadů na problematiku ukládání radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva.



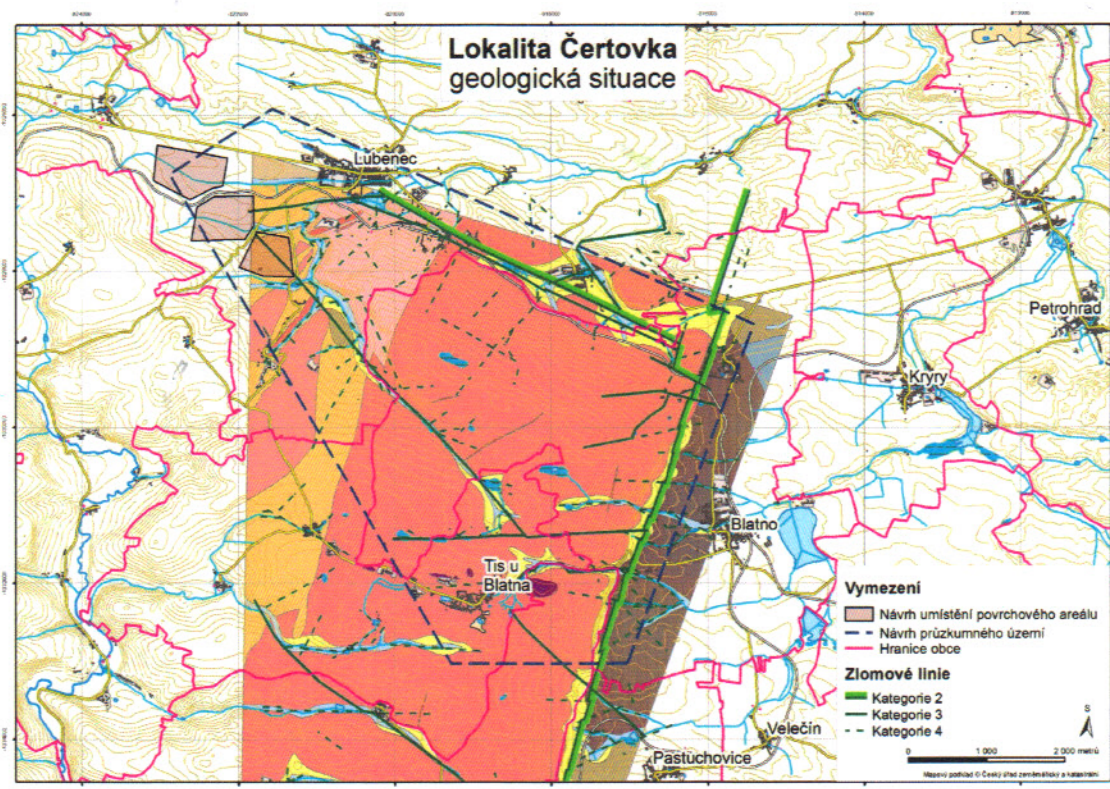
## 7. POUŽITÉ PODKLADY

- [1] Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR, MPO, 2001
- [2] Šimůnek P., Piskač J., Prachař I., Tucauerová D., Romportl B., Blažek J.: Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR. Analýza území ČR – fáze regionálního mapování.- MS, Energoprůzkum Praha, 2003
- [3] Šimůnek P., Prachař I., Blažek J.: Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR. Hodnocení lokalit HÚ ve 4. kroku - uplatnění předností.- MS, Energoprůzkum Praha, 2004
- [4] Woller F. et al.: Kritická rešerše archivovaných geologických informací. Závěrečné zhodnocení.- Úkol č. 59 94 0001, ÚJV Řež, 1998
- [5] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, I.etapa - Analýza vstupních předpokladů řešení, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2009
- [6] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, II.etapa -Varianty řešení a jejich návrh, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2010
- [7] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, III. etapa – Studie Zadávací bezpečnostní zprávy, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2010
- [8] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, IV. etapa - Dopady výstavby hlubinného úložiště na životní prostředí, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2011
- [9] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, V. etapa – Nejistoty řešení hlubinného úložiště a návrh dalších prací, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2011
- [10] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, VI. etapa – Návrh časového harmonogramu realizace hlubinného úložiště, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2011
- [11] Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě, VII. etapa – Odhad ekonomické náročnosti výstavby a provozu hlubinného úložiště, ÚJV Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha, 2011
- [12] Autio J., Johansson E., Hagros A., Anttila P., Rönqvist P.E., Börgesson L., Sandén, Eriksson M., Halvarsson B., Berghäll J., Kotola R., Parkkinen I. (2008): KBS-3H Design Description 2007 - SKB Report R-08-44, Svensk Kärnbränslehantering AB

- [13] Referenční projekt povrchových i podzemních systémů HÚ v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie, EGP Invest spol. s r.o., 1999
- [14] Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště, Zkrácená závěrečná zpráva sdružení GEOBARIÉRA, s korekturami Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2006
- [15] Safety guide SSG-14, Geological disposal facilities for radioactive waste – International Atomic Energy Agency, Vienna, 2011



## 8. PŘÍLOHY



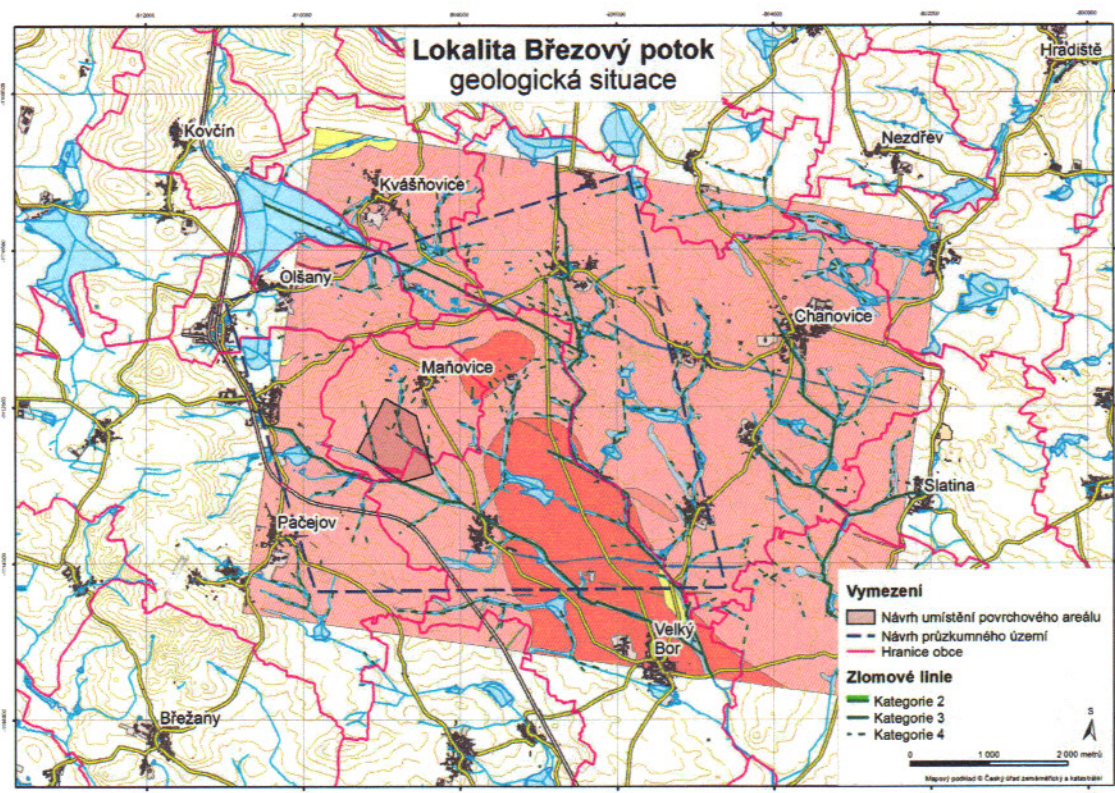
Obr. 41 - Užší lokalita Čertovka (Lubenec) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

Lokalita se nachází na území obcí Blatno, Lubenec v Ústeckém kraji a na území obcí Tis u Blatna a Žihle v Plzeňském kraji.

Z geologického hlediska se lokalita situována do tělesa tiského úseku čistecko-jesenického masivu. Převažujícím horninovým typem je porfyrický alkalicko-vápenatého monzogranit, který je doprovázen dvojslídovým granitem facie tiského granitu. Pokračování čistecko-jesenického masivu k severu až severovýchodu se označuje jako lounský masiv. Do svého pláště proniká masiv velmi složitě četnými apofýzami s kontaktními rohovci při hranici s okolními horninami.

Východní okraj tělesa granitoidů vůči karbonským sedimentům (zakreslené hnědou barvou na Obr. 41) je tektonický, podle zlomů směru SSV-JJZ. K významnějším zlomům náleží zlom probíhající SZ-JV směrem, podél jihozápadního svahu kóty Čertovka a zlomy tzv. kračínsko-tiského zlomového pásma, které probíhají ZSZ - VJV směrem severně od obce Tis u Blatna.





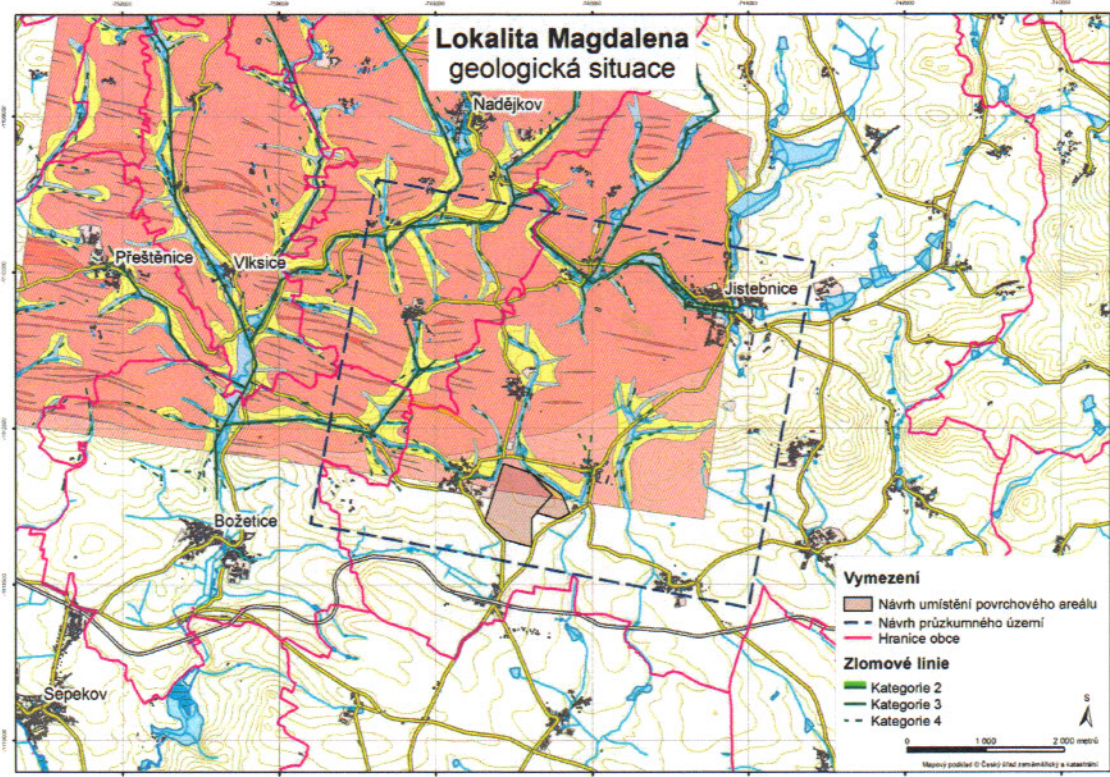
Obr. 42 - Užší lokalita Březový potok (Pačejov) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

Lokalita se nachází na území obcí Pačejov, Kvášňovice, Olšany, Maňovice, Chanovice a Velký Bor v Plzeňském kraji.

Lokalita se nachází v jihozápadní části středočeského plutonu. Převažující horninou je biotitický granodiorit s amfibolem blatenského typu ve stejnoměrně zrnitém i porfýrickém vývoji. Mezi Velkým Borem a Maňovicemi zasahuje do zájmového území další lokální facie - amfibol-biotitický granodiorit červenského typu. Masiv granitoidních hornin je poměrně homogenní, s nepříliš velkými vložkami žilných granitických hornin.

Granodiorit blatenského typu má velmi pravidelné rozpukání se strmými a sevřenými puklinami. Z tektonických struktur lze zmínit nepříliš významné dislokace převážně SZ – JV a S-J směru.





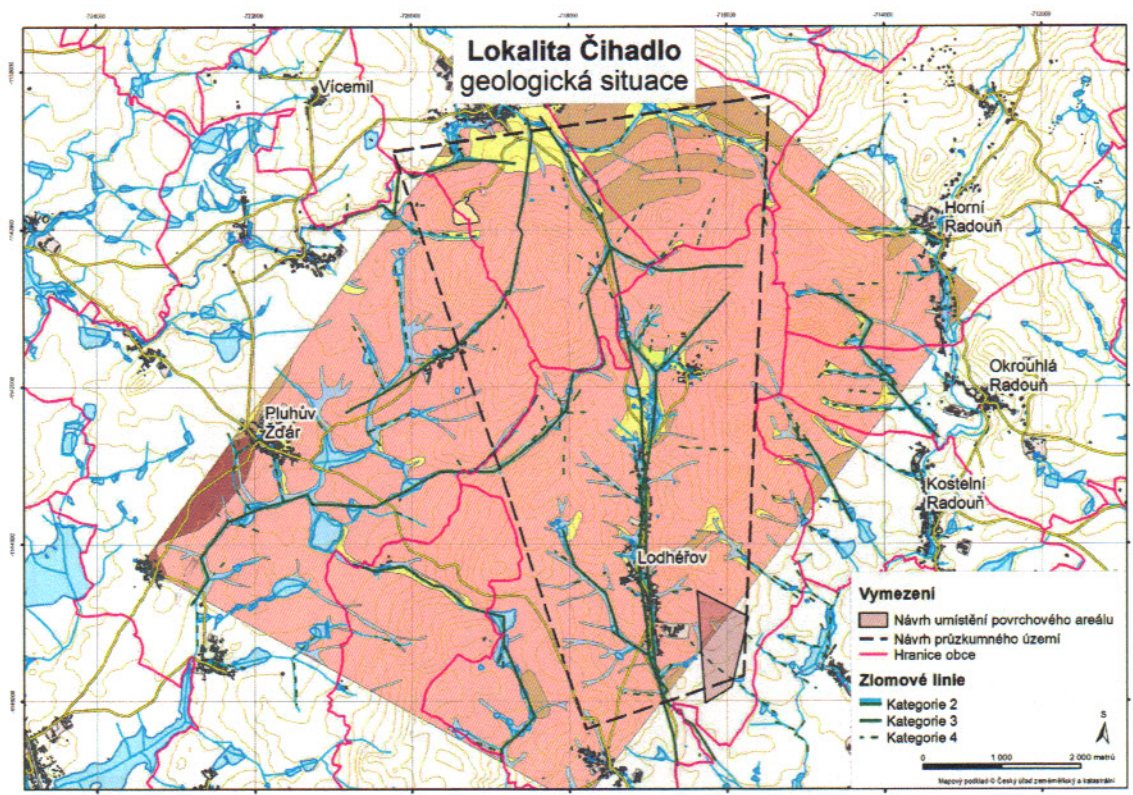
Obr. 43 - Užší lokalita Magdalena (Vlksice) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

Lokalita se nachází na území obcí Jistebnice, Nadějkov a Božetice v Jihočeském kraji.

Lokalita je součástí středočeského plutonu. Lokalita je umístěna v masivu granitu typu Čertova břemene, tj. melanokratického, amfiboliticko-biotitického granitu. Vyznačuje se nápadnými tabulovitými vyrostlicemi K-živce, které jsou často paralelně orientované. V jižní části lokality, severně od obce Božetice, se nachází drobnozrnnější granit typu Čertova břemene - facie Dehetník (usměrněný, středně zrnitý, amfibolicko-biotitický granodiorit s pyroxénem).

Masiv Čertova břemene je protkán řadou žilných leukokratických granitických hornin, které jsou orientovány převážně směrem V – Z.





Obr. 44 - Užší lokalita Čihadlo (Lodhéřov) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

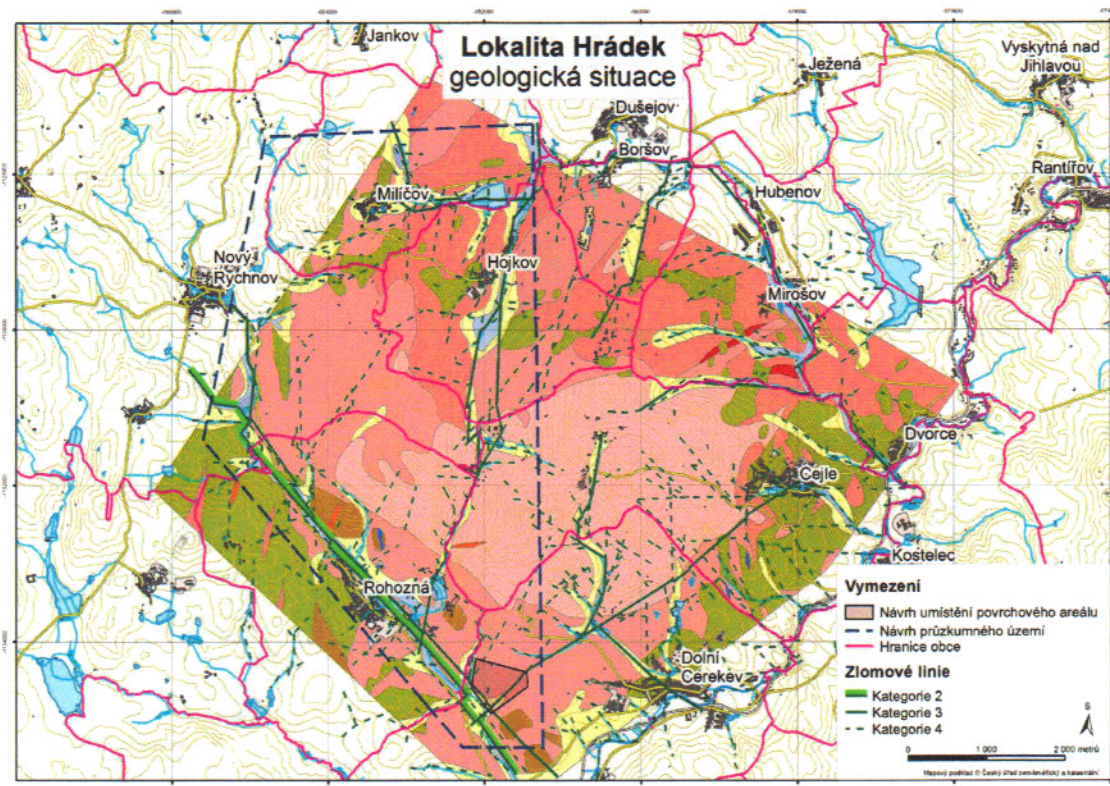
Lokalita se nachází na území města Deštná a obcí Světce, Lodhéřov a Pluhův Žďár v Jihočeském kraji.

Lokalita je situována v tzv. klenovském masivu, což je samostatné granitoidní těleso protažené ve směru JZ – SV, v prostoru mezi Lomnicí nad Lužnicí a Kamenicí nad Lipou. V hloubce je patrně napojeno na hlavní těleso centrálního plutonu moldanubika.

Klenovský masiv je poměrně homogenní těleso, tvořené granitem mrákotínského (eisgarnského) typu. Dominantní horninou je peraluminiový dvojslídny mesogranit typu Mrákotín. Hornin žilného doprovodu je velmi málo.

Rovněž tektonické porušení masivu je malé, významnější je pouze tektonická linie směru S – J, mezi obcemi Studnice a Lodhéřov.





Obr. 45 - Užší lokalita Hrádek (Rohozná) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

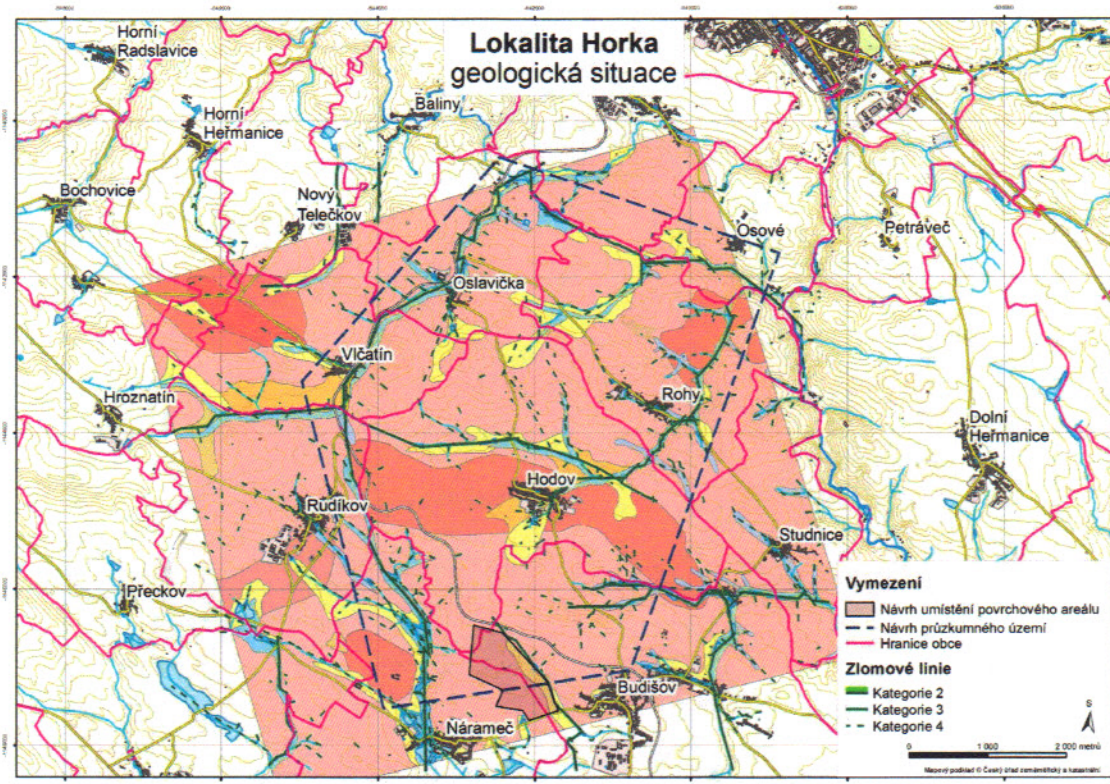
Lokalita se nachází na území obcí Rohozná, Dolní Cerekev, Cejle, Hojkov, Milíčov a městyse Nový Rychnov v Kraji Vysočina.

Zájmové území je situováno v severní části moldanubického plutonu, která je označována jako centrální masiv. Toto těleso, značného plošného rozsahu, probíhá od Nové Bystřice a Slavonic směrem SSV přes vrcholovou část Českomoravské vysočiny až do Posázaví. Je to nejmladší část plutonu, která je tvořená kyselými dvojslídňými granity.

Převládajícím typem granitu v lokalitě je granit mrákotínského (eisgarnského) typu. Dále zde vystupuje oválné těleso dvojslídňého, středně až hrubě zrnitého granitu landštejnského typu (Masív Čeříňku). Žilné horniny jsou v této části masivu zastoupeny pouze podružně.

Centrální část lokality není příliš významně postižena tektonikou.





Obr. 46 - Užší lokalita Horka (Budišov) – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)

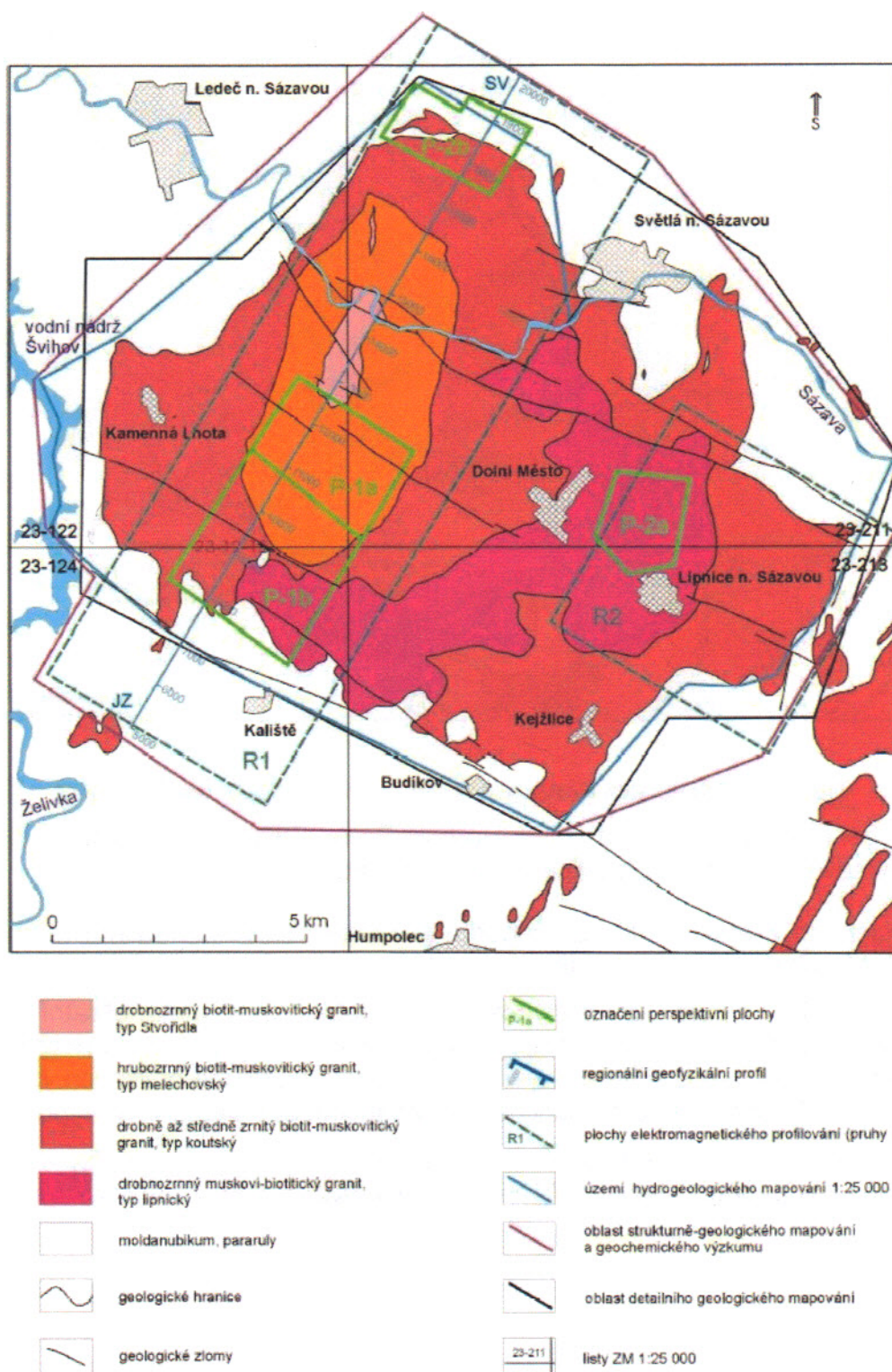
Lokalita se nachází na území obcí Hodov, Rohy, Oslavička, Budišov, Nárameč, Vlčatín, Osově, Rudíkov a Oslavice v Kraji Vysočina.

Z geologického hlediska leží ve východní polovině třebíčsko-meziříčského masivu, který vytváří rozměrné intruzivní těleso trojúhelníkového tvaru.

Nejrozšířenějším typem je porfyrický amfibol-biotitický melanokratický granitoid s rozptylem od převládajících monzogranitů a kvarcmonzonitů k syenogranitům až kvarcsyenitům. Tato durbychitová vyvřelina má řadu zrnitostně odlišných variet, které vytvářejí neostře ohraničené ostrůvky v převládajícím, středně zrnitém typu.

Aplitické a leukokratické žuly jsou vázány výlučně na okraj masivu, aplity a pegmatity jsou hojněji zastoupeny v severní části třebíčsko-meziříčského masivu.





Obr. 47 - Testovací lokalita Melechov – zdroj: SÚRAO. [www.rawra.cz](http://www.rawra.cz)