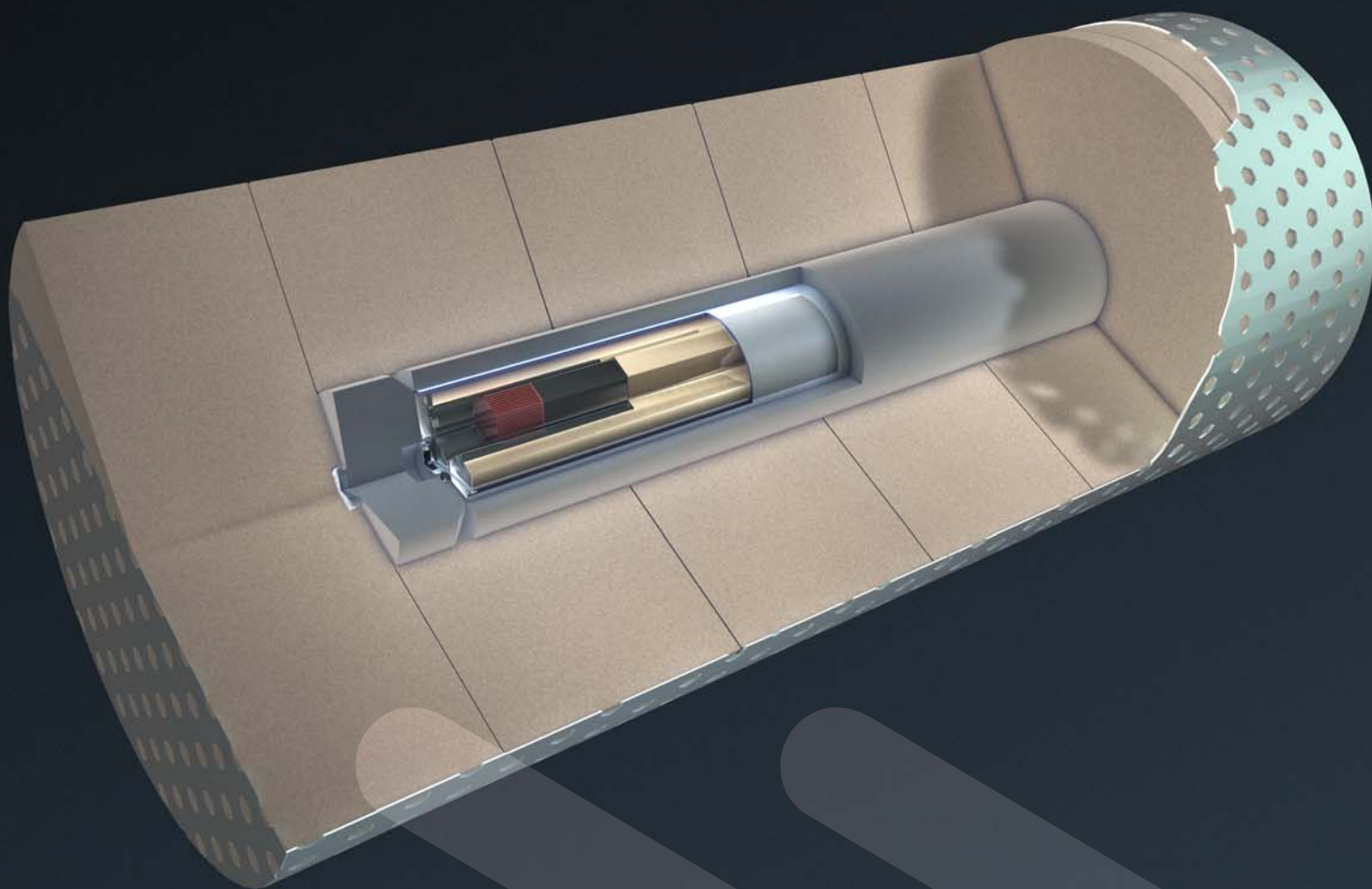


Hlubinné úložiště

*radioaktivních odpadů
a vyhořelého jaderného paliva*



Správa úložišť
radioaktivních odpadů



Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) je organizační složkou státu zřízenou na základě § 26 zákona č. 18 /1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.

Posláním SÚRAO je zajišťovat bezpečné ukládání radioaktivních odpadů dosud vyprodukovaných i budoucích v souladu s požadavky na jadernou bezpečnost a ochranu člověka i životního prostředí.

Tato publikace se zabývá projektem „hlubinného úložiště“. Cílem projektu je zajistit pro Českou republiku bezpečné, dlouhodobé uložení vyhořelého (použitého) paliva z jaderných elektráren a dalších vysokoaktivních odpadů, které vznikají v jaderné energetice, průmyslu, zdravotnictví či výzkumných zařízeních.

Informace obsažené v této brožuře jsou určeny především širší veřejnosti, zejména obyvatelům a voleným zástupcům obcí, v jejichž blízkosti probíhají nebo by měly proběhnout průzkumné práce ověřující možnosti budoucí výstavby hlubinného úložiště. Jsou zde prezentovány v základní, stručné podobě. Detailněji jsou k dispozici v dalších materiálech SÚRAO, na internetových stránkách a také prostřednictvím osobních setkání a jednání.

Partnerský vztah mezi SÚRAO a obcemi, transparentnost všech aktivit, plná informovanost, účast obcí a občanů při všech důležitých rozhodnutích jsou – vedle bezpečnostních, technických a ekonomických podmínek – neoddělitelnou a velmi významnou součástí celého projektu. Ten může být realizován jedině při vybudování vzájemné důvěry a dostatečných záruk, že příprava i budoucí provoz hlubinného úložiště budou založeny na principech bezpečnosti, ochrany zdraví i životního prostředí a celkového přínosu pro další sociální i ekonomický rozvoj života dotčených obcí.

100 1000 1et

Trvalé řešení...

Po zvážení všech možností Česká republika i naprostá většina ostatních zemí využívajících jaderné elektrárny považuje vybudování hlubinného úložiště za jediné správné, zodpovědné a technicky i ekonomicky proveditelné řešení.

Za ukládání radioaktivních odpadů ručí stát

Přijetím atomového zákona (č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření) převzal zodpovědnost za bezpečné ukládání radioaktivních odpadů stát. V souladu s tímto zákonem zajišťuje SÚRAO jako organizační složka státu řadu funkcí souvisejících s bezpečným nakládáním se všemi druhy radioaktivních odpadů a s výzkumem a vývojem v oblasti nakládání s radioaktivními odpady. Součástí je i projekt přípravy hlubinného úložiště.

Dohled prostřednictvím Rady SÚRAO

Na účelnost vynakládání prostředků SÚRAO dohlíží jedenáctičlenná Rada SÚRAO. Její činnosti jsou stanoveny atomovým zákonem. Členy Rady jsou zástupci orgánů státní správy (ministerstva průmyslu a obchodu, ministerstva financí a ministerstva životního prostředí), původců radioaktivních odpadů a veřejnosti. Veřejnost reprezentují tři zástupci obcí a regionů, kde jsou v provozu úložiště radioaktivních odpadů (Jáchymov, Litoměřice, Dukovany), a zástupce Parlamentu ČR. Členy Rady jmenuje ministr průmyslu a obchodu.

Financování z jaderného účtu

Finanční zajištění nakládání s radioaktivními odpady vychází ze zásady „původce platí“. Celkové náklady na přípravu hlubinného úložiště včetně jeho výstavby jsou v referenčním projektu vyčísleny na 47 miliard Kč v cenách z roku 1999. Významná část těchto nákladů se vztahuje k hledání vhodných lokalit a detailnímu průzkumu horninového prostředí na vybrané lokalitě.

Peníze na výstavbu hlubinného úložiště se postupně ukládají na zvláštním účtu zřízeném u České národní banky a spravovaném ministerstvem financí. Každý rok na něj přichází více než miliarda korun od provozovatele jaderných elektráren v ČR – ČEZ, a.s., a od dalších původců radioaktivních odpadů. Na konci roku 2010 bylo na účtu uloženo přibližně 15 miliard korun.



Kazeta čerstvého jaderného paliva společnosti TVEL, používaná v jaderné elektrárně Temelín
(Z továrny na výrobu paliva MSZ – Mashinostroitelny zavod)



Skladovací kontejnery CASTOR v meziskladu použitého jaderného paliva v jaderné elektrárně Dukovany
(Zdroj: ČEZ, foto: Jan Sucharda)

Zatím se vyhořelé jaderné palivo skladuje v areálech elektráren

V České republice je v současné době v provozu šest jaderných reaktorů – čtyři v JE Dukovany a dva v JE Temelín. Vyrábějí přibližně 30 % tuzemské elektřiny. Během své projektované životnosti dohromady vyprodukují asi 4 000 tun vyhořelého jaderného paliva. Životnost elektráren se však může prodloužit a také se do budoucna uvažuje o výstavbě dalších reaktorů.

Palivové články s použitým jaderným palivem jsou na první pohled stejné jako kazety s palivem čerstvým. Od čerstvého paliva, které není radioaktivní, se však liší vysokou radioaktivitou řady prvků, které v nich vzniknou během štěpné reakce. V reaktoru musely vydržet teploty okolo 300 °C a velmi vysoký tlak, odolají tedy bez problémů i v mnohem mírnějších podmínkách při skladování a další manipulaci.

Použité jaderné palivo putuje z jaderného reaktoru nejdříve na několik let do sousedících bazénů. Z bazénů se palivo překládá do kontejnerů CASTOR, které se umísťují do meziskladů v areálech jaderných elektráren. Po 50 až 60 letech skladování klesne aktivita vyhořelého jaderného paliva umístěného v kontejneru zhruba 200krát.

Kontejner CASTOR je 4 m vysoký litinový válcovitý kontejner. Jeho 37 cm tlustá stěna odstiňuje záření vyhořelého jaderného paliva umístěného uvnitř, takže se v případě potřeby mohou pracovníci pohybovat i v těsné blízkosti kontejneru. Kapacita jednoho kontejneru je 10 tun použitého jaderného paliva.



Máme zájem vést efektivní dialog s občany a zastupiteli v územích spojených s naší současnou i budoucí činností. Bez dialogu s veřejností, státní správou a obcemi v místech našeho působení bychom nemohli naplňovat své poslání. Snažíme se komunikovat s respektem, důvěrou a pochopením, usilujeme o nalezení shody a řešení přijatelných pro všechny zúčastněné.

O naší činnosti a cílech vedoucích k bezpečnému uložení radioaktivních odpadů poskytujeme pravidelně informace. Veřejnost má právo znát rizika spojená s provozem jaderných zařízení a jejich vlivem na životní prostředí. Komplexní hodnocení vlivů jaderného zařízení na životní prostředí může být základem pro vyváženou a transparentní komunikaci.



Vizualizace - informační středisko hlubinného úložiště

Průzkum i případná výstavba a provoz hlubinného úložiště musí znamenat pro obce přínos

PRINCIPY KOMUNIKACE A SPOLUPRÁCE SÚRAO S OBCEMI

SÚRAO si uvědomuje, jak je důležité, aby obce a jejich občané měli v celém procesu přípravy hlubinného úložiště nejen dostatek informací, ale také dostatečné pravomoci a záruky. Snahou SÚRAO je dosáhnout partnerské spolupráce a shody o postupu i konečném řešení.

Pod slovem „shoda“ si můžeme představit situaci, kdy se obec, na jejímž území by mělo být úložiště vybudováno, dohodne na stanovisku, které by mohlo znít například takto:

„Chápeme nutnost vybudování úložiště. Získali jste naši důvěru, že si počínáte a budete nadále počínat odpovědně vzhledem k riziku s tím spojenému, budete v největší možné míře brát ohledy na životní prostředí, potřeby a oprávněné požadavky místních obyvatel. Ano, jsme ochotni vzít na sebe odpovědnost, která se nedá rozdělit mezi obce a občany celé země. Kontrolní a rozhodovací možnosti, které máme k dispozici, považujeme za dostatečné. V nabízené finanční motivaci a souvisejících pracovních a dalších příležitostech vidíme dlouhodobou možnost dalšího rozvoje naší obce (lokality).“

SÚRAO proto navrhla několik zásad pro vytváření partnerského vztahu mezi státem a obcemi:

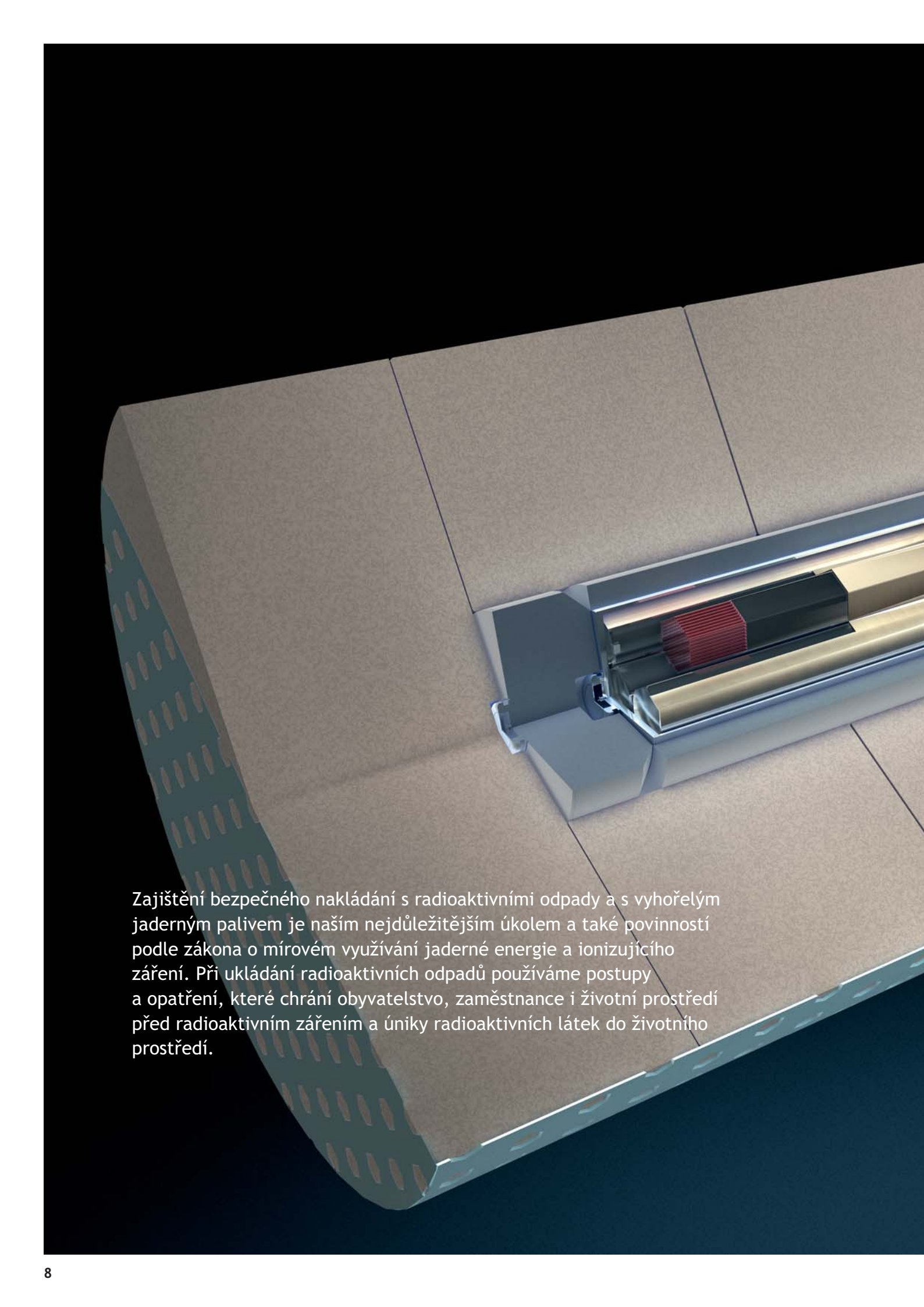
- Obce mají právo odmítnout hlubinné úložiště.
- Obce mají právo účastnit se všech zásadních jednání týkajících se přípravy průzkumných prací i budoucí výstavby hlubinného úložiště.

- Ohleduplnost k životnímu prostředí a důkladně doložené zajištění bezpečnosti jsou samozřejmé podmínky.
- Průzkum lokality neproběhne bez souhlasu obcí a bez projednání příslušných detailů.
- Průzkum i případná výstavba a provoz hlubinného úložiště musí znamenat pro obce přínos. Jeho součástí je i motivační příspěvek za účast v procesu výběru od počátku zahájení průzkumných prací.
- Celý proces musí probíhat transparentně, s plnou informovaností obcí a občanů, mimo jiné například prostřednictvím moderních informačních center vybudovaných v lokalitách, kde byly zahájeny výzkumné práce.

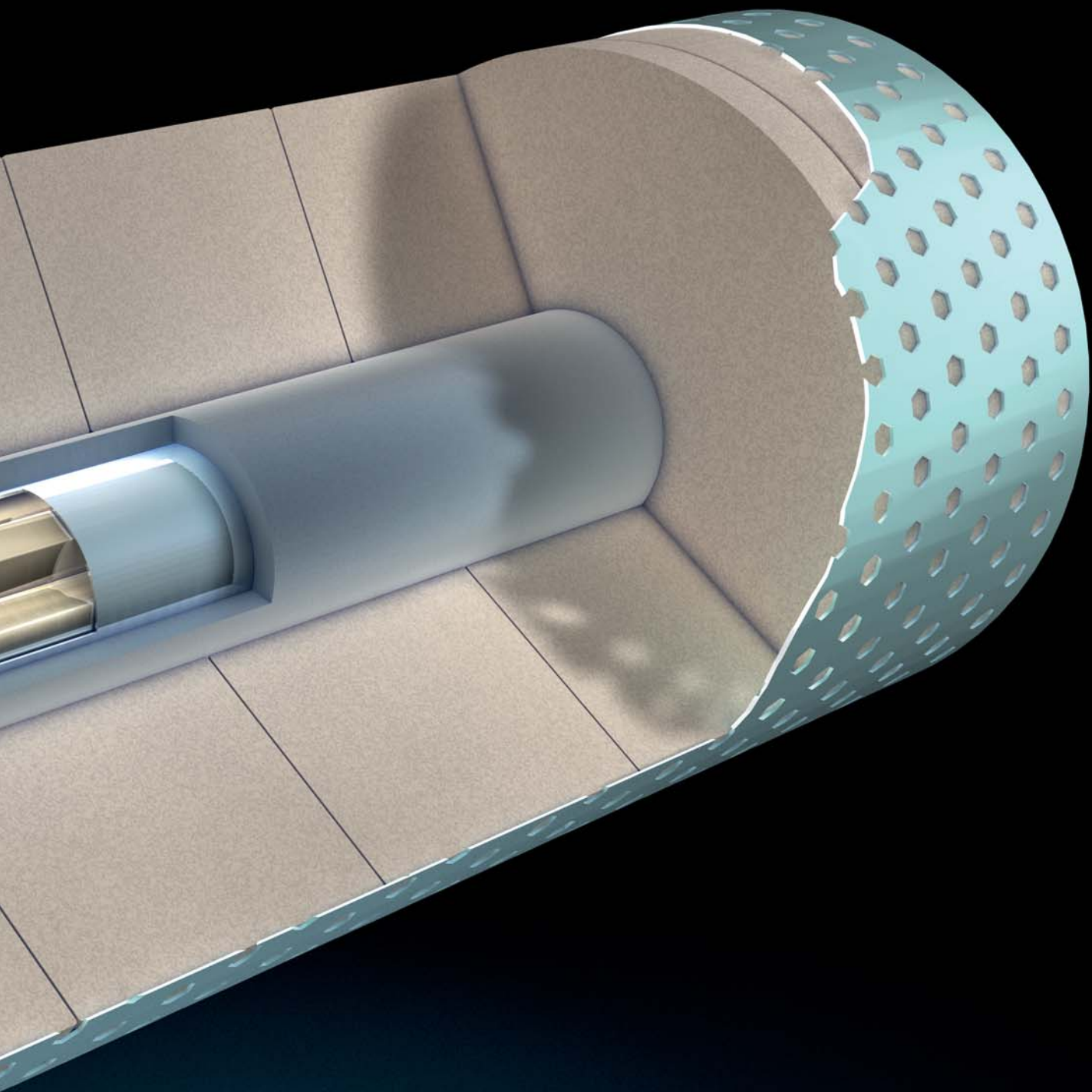
Tyto zásady se SÚRAO snaží v co největší možné míře uplatňovat při všech svých aktivitách. Zároveň usiluje o odpovídající úpravy legislativy, pokud uvedené zásady dostatečně neobsahuje.



Mnozí lidé, kteří bydlí v lokalitách vytipovaných pro vybudování hlubinného úložiště, přijali pozvání na exkurze do elektrárny Temelín, lokality Onkalo ve Finsku nebo do švédského úložiště nízkoaktivních a středněaktivních odpadů SFR (obr. 3 – Návštěvníci ve Forsmarku; zdroj: SKB; fotograf: Curt-Robert Lindqvist)



Zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady a s vyhořelým jaderným palivem je naším nejdůležitějším úkolem a také povinností podle zákona o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření. Při ukládání radioaktivních odpadů používáme postupy a opatření, které chrání obyvatelstvo, zaměstnance i životní prostředí před radioaktivním zářením a úniky radioaktivních látek do životního prostředí.



Vizualizace - utěsnění kontejneru v úložné komoře

Několikanásobný systém bariér použitých v hlubinném úložišti zajišťuje, že radioaktivita zůstane oddělena od okolí

BEZPEČNOST HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Hlubinné úložiště nemůže být postaveno a provozováno bez věrohodného prokázání bezpečnosti. Bezpečnostní rozbor prováděné pomocí matematických modelů se opakovaně zpřesňují s pomocí nově získávaných poznatků a údajů z praktických měření a výzkumů.

Systém bezpečnostních bariér

Několikanásobný systém bariér použitých v hlubinném úložišti zajišťuje, že radioaktivita zůstane oddělena od okolí. Bariéry se skládají z geologické, zcela přírodní části a z inženýrských bariér vytvořených člověkem. Vzájemně se podporují tak, aby zajišťovaly bezpečnost úložiště na dostatečně dlouhou dobu stovek tisíc let.

Existující přírodní důkazy o účinnosti bezpečnostních bariér

Procesy, které mohou v úložišti nastat, lze zkoumat nejen na počítačích a v laboratořích. Důkazy o tom, že úložný systém bude splňovat přísné podmínky kladené na dlouhodobou bezpečnost, lze najít i na příkladech známých přírodních jevů (analogů). Některé z nich probíhaly či probíhají i miliony let. Tyto přírodní jevy slouží vědcům k ověřování a dalšímu zpřesňování matematických modelů.

Přírodní reaktor Oklo v Africe

Jedním z nejznámějších analogů je přírodní jaderný reaktor v uranovém ložisku v Oklo v africkém Gabunu. Zde probíhala před dvěma miliardami let samovolná řetězová reakce podobná té, kterou známe ze současných jaderných reaktorů. Radioaktivní prvky, které při ní vznikly, se okolní horninou pohybují nesmírně pomalu, rychlostí přibližně 10 metrů za milion let.

Ložisko uranu v lokalitě Ruprechtov v ČR

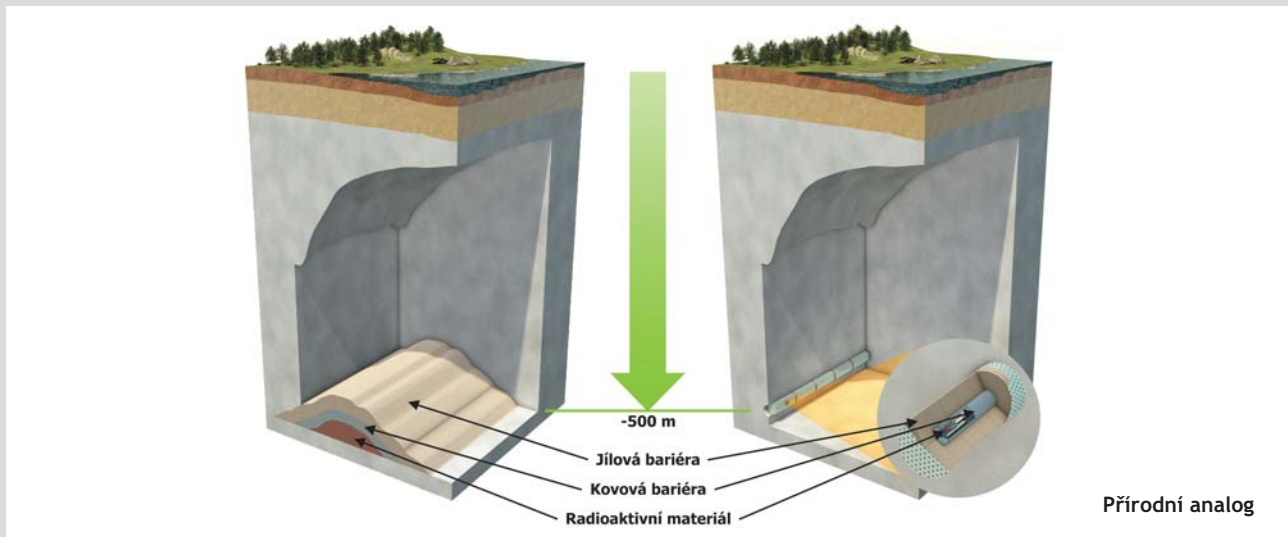
Podobný, ale menší přírodní analog je studován i v České republice, jež je známa četným výskytem uranové rudy. V těsném okolí ložiska uranové rudy na lokalitě Ruprechtov v západních Čechách se zkoumal pohyb uranu v jílech. I zde uran proniká do okolí velmi pomalu a na povrchu jej nelze zaznamenat.

Ložisko radioaktivních látek u Cigar Lake v Kanadě

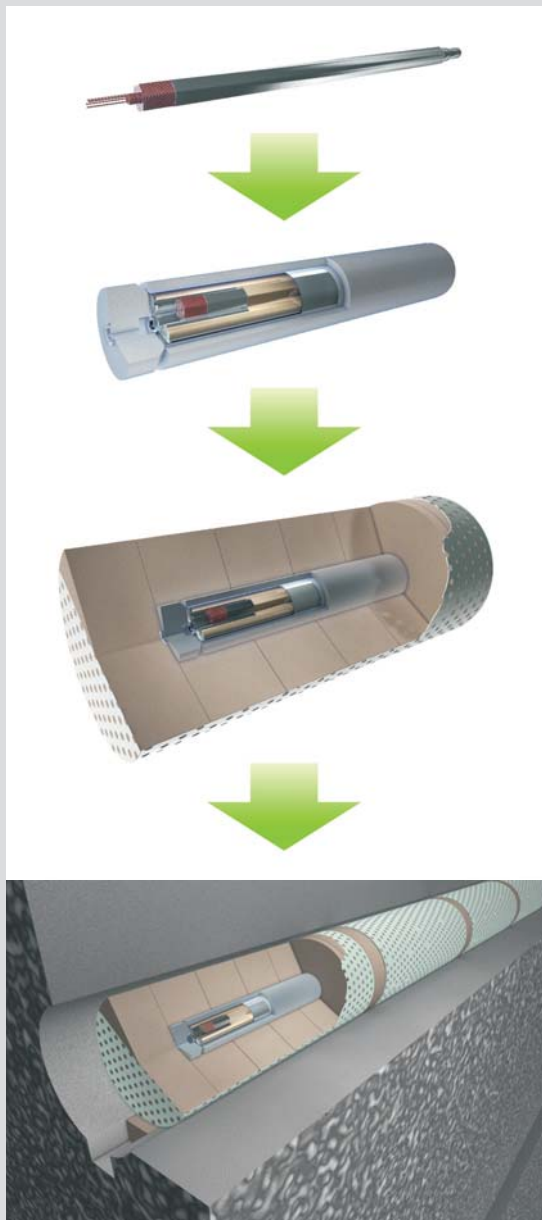
V hloubce 430 metrů pod kanadským jezerem Cigar Lake se před 1,3 miliardy let vytvořilo ložisko uranové rudy se 60% koncentrací uranu v rudě. Více než milion kubických metrů takto bohaté uranové rudy leží na žulovém masivu a je překryto zhruba třicetimetrou vrstvou jílu. Měření prokázala, že k povrchu žádný uran nepronikl.

Kovové předměty vylovené z moře

Příroda vědcům umožňuje ověřit i odolnost kovových materiálů, z nichž by mohly být vyrobeny kontejnery pro hlubinné ukládání. Například u měděných předmětů vyzdvižených z potopených řeckých a egyptských korábů, které ležely na mořském dně déle než dva a půl tisíce let, se ukázalo, že jsou prakticky nepoškozené korozí. S jejich pomocí mohou vědci ověřit své výpočty o rychlosti koroze kovů uložených hluboko v zemi za nepřítomnosti volného kyslíku. Proto lze předpokládat, že i úložné kontejnery vyrobené z odolných materiálů vydrží v prostředí hlubinného úložiště desetitisíce až statisíce let.



Systém technických a přírodních bezpečnostních bariér



Palivové články: Jsou vyrobeny tak, aby vydržely extrémní podmínky v reaktoru. Palivové tablety u oxidu uraničitého jsou uzamčeny v proutcích z odolné slitiny zirkonia.

Kovové ukládací kontejnery: V nich budou uzavřeny kazety s vyhořelým palivem i další vysokoaktivní odpady. Budou z antikoročních, chemicky stabilních materiálů (např. speciální oceli s obsahem niklu, titanu, chromu či uhlíku, titanu, mědi).

Bentonitový (jílový) obal: Vyplní prostor mezi kontejnerem a okolní horninou. Bentonit ve vlhkém prostředí bobtná a utěsňuje kontejner v úložné komoře.

Přírodní bariéra – horninový masiv: Odpad bude ukládán do stabilní žulové horniny půl kilometru pod povrchem. Tato přírodní bariéra je tím nejstabilnějším prvkem bezpečnosti celého úložného systému. Důkladný geologický průzkum prokáže vhodnost horninového prostředí a zároveň vyloučí blízkost rizikových geologických jevů, jako je například seismická aktivita či geologické zlomy. Bude bránit nejen šíření radionuklidů, ale také poškození úložných prostor například leteckou havárií či jinými vnějšími vlivy.



odpově

Uvědomujeme si velkou odpovědnost, která souvisí s naplňováním našeho poslání – se zajišťováním bezpečného ukládání radioaktivních odpadů. Naše činnost je pravidelně podrobována kontrole kvality i efektivity. Hodnocení provozů úložišť radioaktivních odpadů a jejich vlivu na životní prostředí předkládáme kontrolním orgánům i veřejnosti.



ednost

Vizualizace - hlubinné úložiště

Výsledky geologického průzkumu budou jedním ze základních podkladů pro rozhodování o vhodnosti lokality

PRŮZKUMNÉ PRÁCE – HLEDÁNÍ VHODNÉ LOKALITY

Postup vyhledávání vhodné lokality pro hlubinné úložiště se řídí doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii a dalších mezinárodních institucí. Dělí se na dvě etapy – výzkumnou a průzkumnou.

Etapa výzkumu – hledání potenciálně vhodných území a zjišťování vlastností horninového prostředí – začala již v osmdesátých letech 20. století. V devadesátých letech byly zpracovány první studie. Po roce 2000 výzkumné práce pokračovaly a v současné době je již tato etapa dokončena. Výsledkem je vytipovaných 6 až 8 potenciálně vhodných lokalit, které je třeba dále ověřit ve druhé etapě.

Etapa průzkumu – získávání a ověřování údajů o geologických strukturách a podzemních prostorech přímo v terénu na vytipovaných lokalitách – je plánována od roku 2011 dále.

Geologický průzkum, který má potvrdit, či vyloučit vhodnost vytipovaných lokalit, obsahuje následující kroky:

- Měření na povrchu – pochůzky specialistů v terénu.
- Odběr vzorků horniny – mělké vrty do hloubky 5 metrů.
- Několik vrtů do hloubky 500 metrů.
- Jeden či dva vrty do hloubky až 1 000 metrů (průměr vrtů je několik centimetrů).

Způsob rozhodování o výběru lokality pro hlubinné úložiště

Výsledky geologického průzkumu budou jedním ze základních podkladů pro rozhodování o vhodnosti lokality. Vedle geologických parametrů je však velmi důležitá řada „negeologických“ kritérií. Mezi ně patří například reálná technická možnost vybudování povrchového areálu úložiště a jeho dopravní dostupnost, zajištění bezpečnosti či posouzení vlivů na životní prostředí a na životní úroveň

v dané lokalitě. Nedílnou součástí výběru bude souhlasné stanovisko dotčených obcí. Součástí závěrečného hodnocení samozřejmě budou i ekonomické parametry.

Některá z hodnocených kritérií (například bezpečnostní) jsou takzvaně „vylučující“ – jejich nesplnění automaticky znamená vyloučení lokality z dalšího výběru. Další kritéria (například ekonomická) budou hrát roli při porovnávání vhodnosti lokalit a při doporučení dvou nejvhodnějších (hlavní a záložní). Poté se předpokládá veřejná debata a rozhodnutí o dalším postupu.

Jako podklad pro veřejnou diskuzi a rozhodování bude zpracována dokumentace obsahující:

- Možné projektové řešení hlubinného úložiště v dané lokalitě.
- Předběžný bezpečnostní rozbor prokazující, že hlubinné úložiště splní požadavky na bezpečnost.
- Studii proveditelnosti prokazující technickou a ekonomickou realizovatelnost projektu spolu s hodnocením jeho sociálně-ekonomických dopadů.
- Studii vlivu na životní prostředí.

Pokračování průzkumu na vybrané lokalitě

V dalších letech se předpokládá pokračování detailních průzkumných prací v lokalitě vybrané a odsouhlasené jako nejvhodnější. Vlastnosti a vhodnost horninového prostředí budou zkoumány a testovány přímo v horninovém masivu i v laboratořích.

Předpokládá se, že součástí pozdějšího průzkumu bude vybudování podzemní laboratoře několik set metrů pod zemí. Zde by bylo možné v reálných podmínkách ověřit předpokládané vlastnosti horniny. Při výstavbě laboratoře by se zároveň ověřily nejvhodnější stavební postupy a razicí techniky, které by mohly být využity k budování úložiště.



Lokality připravené ke geologickým průzkumům:

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| 1 Březový potok | Plzeňský kraj |
| 2 Čertovka | Plzeňský a Ústecký kraj |
| 3 Horka | kraj Vysočina |
| 4 Hrádek | kraj Vysočina |
| 5 Čihadlo | Jihočeský kraj |
| 6 Magdaléna | Jihočeský kraj |

Lokality dodatečně zvažované:

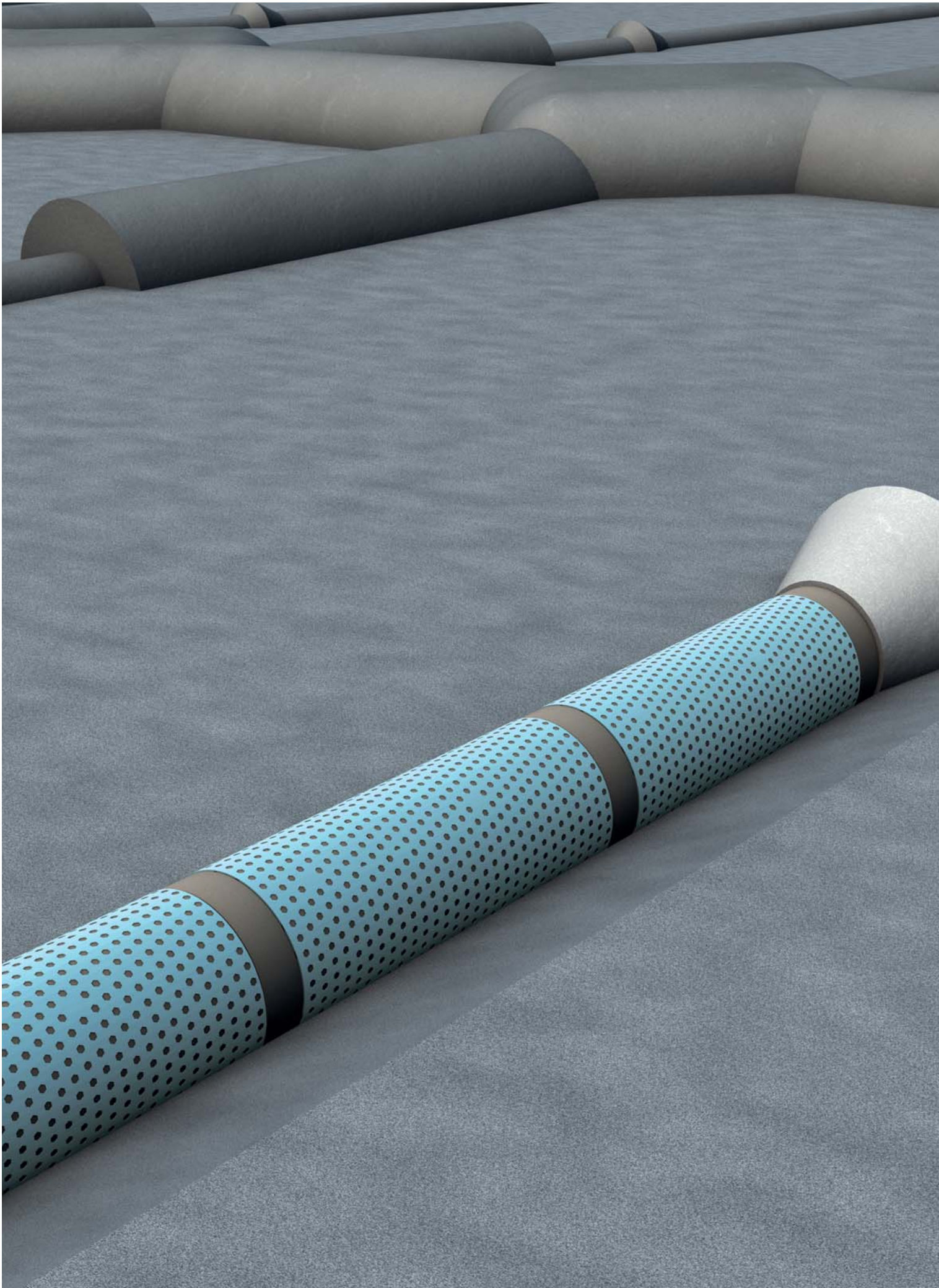
- | | |
|-----------------------|----------------|
| 7 Kraví Hora | kraj Vysočina |
| 8 Voj. újezd Boletice | Jihočeský kraj |

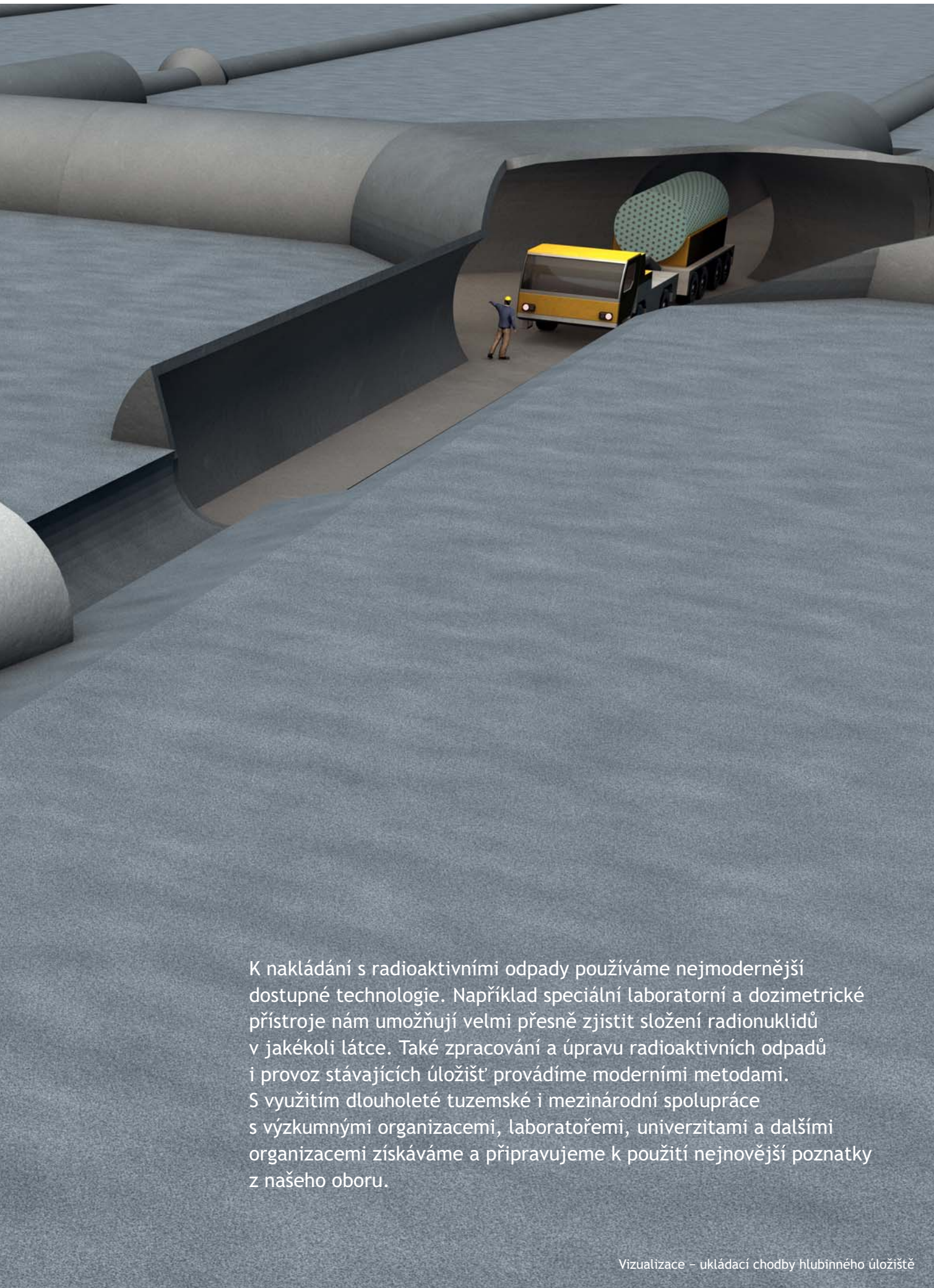


Vzorek bentonitu k experimentům na ČVUT



Štola Josef – studenti v podzemní meziuniverzitní laboratoři vybudované ke studiu a k charakterizaci hornin





K nakládání s radioaktivními odpady používáme nejmodernější dostupné technologie. Například speciální laboratorní a dozimetrické přístroje nám umožňují velmi přesně zjistit složení radionuklidů v jakékoli látce. Také zpracování a úpravu radioaktivních odpadů i provoz stávajících úložišť provádíme moderními metodami. S využitím dlouholeté tuzemské i mezinárodní spolupráce s výzkumnými organizacemi, laboratořemi, univerzitami a dalšími organizacemi získáváme a připravujeme k použití nejnovější poznatky z našeho oboru.

Vizualizace – ukládací chodby hlubinného úložiště

Ukládací chodby budou vybudovány v hloubce zhruba 500 metrů ve stabilní geologické formaci

JAK MŮŽE HLUBINNÉ ÚLOŽIŠTĚ VYPADAT

Koncepční řešení hlubinného úložiště v ČR se podobá obdobným projektům v zahraničí. Konečná podoba úložiště, např. umístění budov, potřebná plocha na povrchu atd., bude velmi záležet na podmínkách v konkrétní zvolené lokalitě. Snahou SÚRAO vždy bude co nejvíce zohlednit požadavky obcí a občanů a začlenit stavbu co nejšetrněji do okolního prostředí. Pokud to bude možné, může být například velká část zařízení umístěna pod zemí, což by podstatně zmenšilo potřebnou plochu na povrchu.

Nadzemní areál

Velikost areálu bude záviset jak na jeho koncepčním řešení, tak terénních podmínkách a možnostech v konkrétní lokalitě. Například nejnovější verze referenčního projektu 2011 pracuje s rozlohou areálu 23,4 ha, přičemž plocha aktivních provozů, kde se předpokládá manipulace s přivezenými kontejnery CASTOR, je jen 2,1 ha velká. Zbytek tvoří plochy pro manipulaci s vytěženou horninou, administrativní budovy a plochy železniční vlečky. Pokud by se manipulovalo s horninou mimo areál, tak jeho plocha může být dokonce poloviční nebo i menší.

Předpokládá se, že vyhořelé jaderné palivo a další radioaktivní materiály budou po přijetí do areálu úložiště překládány do speciálních vysoce odolných ukládacích kontejnerů, transportovány do podzemí a tam uloženy. Souběžně s ukládáním by v podzemí probíhalo budování dalších úložných prostor.

Podzemní prostory

Podzemní ukládací prostory budou s povrchovým areálem propojeny svislými přístupovými šachtami a zároveň tunelem ve tvaru šroubovice. Bude tak oddělena cesta pro dopravu úložných kontejnerů od cest sloužících

k těžbě ukládacích prostorů, přístupu pracovníků do podzemí, zajištění větrání a ústupových cest pro zajištění bezpečnosti.

Ukládací chodby (vrty) budou vybudovány v hloubce zhruba 500 metrů (podle geologických podmínek ve vybrané lokalitě) ve stabilní geologické formaci. Jejich délka může být až 300 metrů. Možný způsob ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem je znázorněn na obrázku. Konečný výběr vhodného způsobu ukládání bude proveden podle nejvhodnější dostupné technologie v době rozhodnutí o výstavbě (okolo roku 2050).

Ukládací kontejnery

Důležitou roli má při zajištění dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště speciální ukládací kontejner s dlouhodobou životností. Musí vyhovět řadě požadavků, mimo jiné na dlouhodobou těsnost, odolnost vůči chemickému prostředí v úložišti a vůči okolnímu tlaku. Materiál, ze kterého bude ukládací kontejner vyroben, proto musí být mechanicky odolný, musí vzdorovat všem typům koroze a musí si zachovávat své vlastnosti i po dlouhodobém vystavení radioaktivitě.

Při projektování kontejneru mohou odborníci čerpat zkušenosti například z návrhu švédsko-finského dvouplášťového kontejneru s ocelovým vnitřkem a měděnou obálkou nebo z návrhu japonského ocelového silnostěnného kontejneru. Současný referenční projekt SÚRAO pracuje s ocelovým kontejnerem.

Ukládací kontejnery budou obklopeny jílovitým materiálem (bentonitem), který bude dobře odvádět teplo z jejich povrchu, utěsní je v ukládacích vrtech a ochrání před kontaktem s vodou. Tím vzniknou takzvané superkontejnery.

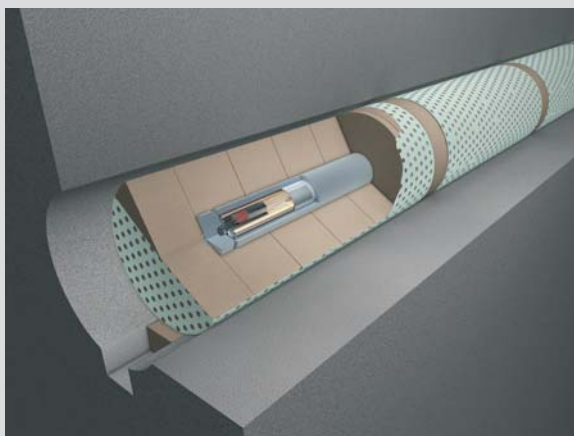


Součástí nadzemního areálu hlubinného úložiště je plocha pro práce s radioaktivními materiály se samostatnou bezpečnostní ochranou – v současné době je projektována zhruba na tři hektary. Dále projekt zahrnuje například zařízení zabezpečující dodávky elektřiny, důlní práce, větrání úložiště, dílny pro servis důlních zařízení, správní budovy, sociální zázemí, potřebné komunikace a podobně.



Studie informačního centra

Součástí povrchového areálu bude také informační centrum – z českých i zahraničních zkušeností je známo, že do informačních center v jaderných zařízeních přijíždí každoročně až desítky tisíc návštěvníků.



Ukládání vyhořelého jaderného paliva ve vodorovně umístěných „superkontejnerech“

Současný referenční projekt počítá s tím, že v bočních stěnách podzemních chodeb bude vodorovně uloženo vyhořelé jaderné palivo v takzvaných superkontejnerech. Ty se skládají z korozně odolného úložného kontejneru obaleného bentonitovým (jílovým) těsněním a dalším konstrukčním obalem. Alternativní možností je ukládání svisle pod ukládací chodbu.

Ve všech zemích je důležitou součástí výběru důkladná diskuze s veřejností, především pak s obyvateli a zástupci lokalit, kde by hlubinné úložiště mohlo být umístěno

SVĚTOVÉ PŘÍSTUPY K HLUBINNÉMU UKLÁDÁNÍ

Průzkumy a přípravy vedoucí k vybudování hlubinného úložiště probíhají ve většině zemí využívajících jadernou energii. Některé země již o vhodném umístění a způsobu výstavby hlubinného úložiště rozhodly, další teprve pro rozhodnutí připravují podklady. Některé státy, které nemají vhodné geologické podmínky, zatím vyhořelé jaderné palivo skladují a společně hledají možnosti definitivního řešení v mezinárodním úložišti.

Výzkum vhodných hornin pro umístění úložiště

Jako vhodné prostředí pro hlubinné úložiště bylo ve světě zkoumáno několik typů hornin: krystalické (hlavně žuly nebo ruly) a usazené (jíly, tuf, solná ložiska). Ve všech těchto horninách byla demonstrována možnost výstavby a bezpečného provozu úložiště.

Pro krystalické horniny se již rozhodli ve Finsku, Švédsku a Japonsku. Ve Spojených státech amerických vybrali tuf nebo sůl. O soli jako o vhodné hornině uvažují v Německu, kde jsou solné formace velmi dobře probádány. Pevné jílovcové horniny jsou považovány za vhodné ve Francii nebo ve Švýcarsku, jíly v Belgii. V České republice se předpokládá vybudování hlubinného úložiště v krystalických horninách – v žulách nebo jim podobných rulách.

Výběr lokality je všude na světě dlouhodobý proces s účastí veřejnosti

Výběr konkrétní lokality pro umístění úložiště je všude na světě dlouhodobý proces, kterého se účastní zástupci veřejnosti a odborníci z celé řady oborů, jako geofyzikové, geochemici, inženýři geologové,

hydrogeologové, dále projektanti a ekonomové, odborníci na životní prostředí, na související sociální aspekty a mnoho dalších. Ve všech zemích je důležitou součástí výběru důkladná diskuze s veřejností, především pak s obyvateli a zástupci lokalit, kde by hlubinné úložiště mohlo být umístěno. Jejich postoje jsou neoddelitelným kritériem pro konečné rozhodnutí. Je nezbytné, aby důvěřovali bezpečnosti úložiště a přijali tuto stavbu jako součást budoucího rozvoje obce a regionu.

Konkrétní příklady z některých evropských zemí

Švédsko

Deset jaderných reaktorů má 40% podíl na výrobě elektrické energie. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje v centrálním meziskladu CLAB v blízkosti jaderné elektrárny Oskarshamn. V roce 2009 byla definitivně vybrána konečná lokalita pro výstavbu hlubinného úložiště v žulovém masivu blízko jaderné elektrárny Forsmark. Pro ukládání budou použity dvouvrstvé kontejnery (ocel, měď). Výstavba úložiště má začít v roce 2012, provoz by měl být zahájen v roce 2020.

Výzkum problematiky hlubinných úložišť trval několik desítek let. Během té doby byla také vybudována podzemní laboratoř v Äspö v žulovém prostředí 450 metrů pod zemským povrchem. V posledních letech zde probíhá řada prací, jejichž cílem je demonstrovat v reálném měřítku, jak bude vypadat výstavba a provoz hlubinného úložiště – například vrtání a studium stability úložných prostor, ukládání maket úložných kontejnerů o váze téměř 30 tun pomocí prototypu ukládacího stroje atd. Laboratoř navštíví každoročně tisíce návštěvníků.



Švédské Åspö – zázemí areálu podzemní laboratoře
(Zdroj: SKB; fotograf: Curt-Robert Lindqvist)



Experimentální zařízení k výzkumu migrace plynů
v horninovém masivu v podzemní laboratoři Grimsel
(Zdroj: Nagra/Comet Photoshopping)



Letecký snímek z CLAB
(Zdroj: SKB; fotograf: Allan Borg, Rotate AB)

2025 2030 2040

Finsko

Čtyři jaderné reaktory vyrobí 30 % z celkové produkce elektrické energie. Další reaktor je ve výstavbě. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje v mokřích meziskladech (v bazénech) v areálech jaderných elektráren. Okolo roku 2020 by měl být zahájen provoz hlubinného úložiště. Pro jeho umístění byla vybrána lokalita Olkiluoto nedaleko města Rauma. V roce 2004 zde byla zahájena výstavba podzemní laboratoře jako první krok k výstavbě budoucího hlubinného úložiště.

Francie

V současné době provozuje 58 energetických reaktorů, které vyrobí 75 % elektrické energie. Použité jaderné palivo se skladuje v meziskladech a zhruba ze tří čtvrtin se přepracovává. Přitom vznikají vysokoaktivní odpady, které se vitrifikují („zeskelňují“) a zatím skladují ve speciálních kontejnerech. Francie předpokládá vybudování hlubinného úložiště okolo roku 2025.

Německo

V 17 provozovaných jaderných reaktorech vyrábí 26 % elektrické energie. Část vyhořelého jaderného paliva byla do roku 2005 posílána k přepracování do Francie a Velké Británie, přičemž zpátky do země se vracejí vysokoaktivní odpady (návrát bude pokračovat až do roku 2020). Vyhořelé jaderné palivo se skladuje ve třech centrálních meziskladech a ve 12 skladech umístěných v areálech provozovaných jaderných elektráren.

Hlubinné úložiště by mělo být vybudováno do roku 2030. Pro vyhořelé jaderné palivo a další vysokoaktivní odpady byl předběžně vybrán solný důl Gorleben. V letech 1979-2000 zde probíhal průzkum, pak byl na deset let pozastaven. V současné době je zpracována předběžná bezpečnostní zpráva a diskutuje se o dalším pokračování programu.

Švýcarsko

Pět jaderných reaktorů zajišťuje zhruba 40 % elektrické energie. Do roku 2005 bylo vyhořelé palivo odesíláno do zahraničí k přepracování, od roku 2006 byla tato praxe pozastavena na dobu deseti let. V závodě na zpracování a skladování radioaktivních odpadů (Zwilag) se skladuje vyhořelé palivo i vrácené vysokoaktivní odpady po přepracování. Program vývoje hlubinného úložiště předpokládá nalezení vhodné lokality v některém ze tří vytipovaných regionů v jílovcových horninách. Předpokládaný termín zahájení provozu hlubinného úložiště je rok 2040.

Belgie

7 jaderných reaktorů vyrobí více než 50 % elektrické energie. Hlubinné úložiště má být uvedeno do provozu v roce 2030. V současné době probíhá průzkum v jílových formacích v lokalitě Mol. Od roku 1980 je také v provozu podzemní laboratoř Hades.

Nizozemsko

Jediná jaderná elektrárna produkuje zhruba 4 % elektrické energie. Vyhořelé jaderné palivo se zasílá do zahraničí k přepracování. Radioaktivní odpady se shromažďují v meziskladu provozovaném nizozemskou agenturou COVRA pro zacházení s radioaktivními odpady. Nizozemsko počítá se skladováním po dobu minimálně sto let. Zároveň se angažuje v mezinárodních projektech zaměřených na nalezení vhodné lokality pro mezinárodní úložiště pro země s malým množstvím odpadů, respektive s nevhodným geologickým prostředím. Alternativně předpokládá vybudování hlubinného úložiště v solné nebo jílové formaci.



Skandinávské úložné kontejnery s měděnou vnější obálkou
(Zdroj: Posiva)



Hloubení finské podzemní laboratoře
(Zdroj: Posiva; fotograf: Jussi Partanen)



Geologický průzkum v podzemní laboratoři Onkalo ve Finsku
(Zdroj: Posiva; fotograf: Jussi Partanen)

V současné době jsou k dispozici spolehlivě vyzkoušené technologie využitelné při skladování radioaktivních materiálů a výstavbě hlubinných úložišť

ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ

Skladování a ukládání radioaktivních odpadů má již více než šedesátiletou historii.

Vyhořelé palivo z jaderných elektráren je sice možné skladovat po mnoho desítek let, popřípadě je přepracovat a částečně znovu použít, ale na konci všech možných postupů vždy zůstanou vysokoaktivní odpady, které je nutno izolovat od okolního prostředí na desítky až stovky tisíc let.

Z několika zkoumaných variant izolace vysokoaktivních odpadů se jako bezpečnostně, technicky i ekonomicky nejvhodnější ukázalo jejich ukládání do hlubinných horninových struktur. Zde je možné dlouhodobě zachovat celistvost uložených kontejnerů a zabránit šíření radionuklidů.

V současné době jsou k dispozici spolehlivě vyzkoušené technologie využitelné při skladování radioaktivních materiálů i při výstavbě hlubinných úložišť. Většina

vyspělých zemí provozujících jadernou energetiku již také pro tyto účely shromáždila a dále průběžně ukládá na svých jaderných účtech dostatek finančních prostředků. Platí to i o České republice.

V několika zemích (například ve Švédsku a Finsku) se již podařilo nalézt vhodnou lokalitu pro umístění hlubinného úložiště, prokázat jeho bezpečnost a dosáhnout dohody s místními obcemi o možnosti zahájení výstavby. Pro ostatní státy, včetně České republiky, toto zůstává úkolem pro nadcházející roky až desetiletí.

Základem úspěšné realizace projektu hlubinného úložiště jsou principy bezpečnosti, ochrany zdraví i životního prostředí a partnerské vztahy s dotčenými obcemi, včetně záruk jejich účasti na rozhodování a zajištění celkového přínosu pro jejich další rozvoj.





Správa úložišť radioaktivních odpadů
Dlážděná 6, 110 00 Praha 1
Tel.: 221 421 511
E-mail: info@surao.cz
www.surao.cz