


JARO 2020

ZPRÁVY ZE SPRÁVY

 SÚRAO

ZPRAVODAJ SPRÁVY ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ

TÉMA

Propustnost hornin

6 55 let provozu
úložiště Richard

10 Úložiště není skládka XII:
Letní škola SÚRAO

12 Vývoj speciálního betonu
pro hlubinné úložiště

Vážení a milí čtenáři,

je mi velkou ctí Vám opět předložit další číslo našeho občasníku Zprávy ze Správy. Na následujících stránkách si kromě tradičních aktualit představíme i další z našich projektů. Výzkumní a vývojoví pracovníci Správy patří mezi světové špičky v ukládání radioaktivních odpadů. Česká republika má s ukládáním radioaktivních odpadů bohaté zkušenosti. V minulém roce jsme oslavili několik významných výročí – například 60 let ukládání radioaktivních odpadů. Naše úložiště Richard oslavilo 55. narozeniny a jako dárek jsme pro toto úložiště připravili rekonstrukci a modernizaci, do další dekády tak vstoupí “v novém kabátě”.

O tom, jak moc nám záleží na vodě se dočtete například v článku o vodních tlakových zkouškách. Poznání a pochopení hydrologických a hydrogeologických procesů je pro nás naprosto klíčové. Získaná data tak pomohou k poznání a pochopení chování vod nejen v podzemním výzkumném pracovišti na Bukově, ale i ve všech zkoumaných lokalitách.

Komunikace je jednou z našich priorit. Kromě komunikace s veřejností cílíme i na vysokoškolské studenty – přinášíme Vám reportáž z letní školy. Letní škola umožňuje vybraným studentům se aktivně zapojit do úkolů SÚRAO a “nahlédnout pod pokličku” našim odborníkům. I v roce 2020 připravujeme letní školu pro vysokoškolské studenty, která je otevřená všem zájemcům z různých oborů. Budu se moc těšit na jejich účast.

Nejsme v tom sami. I v tomto vydání Zpráv ze Správy pokračujeme v seznamování se s děním ve světě; tentokrát je článek o Kanadě a jejich přístupu k ukládání radioaktivních odpadů.

Přeji Vám příjemné čtení
JUDr. Jan Prachař
ředitel SÚRAO

3 aktuality

- Starostové ve Finsku, aneb Jak se žije s úložištěm
- Nejvyšší správní soud se vyslovil pro jednodušší posuzování podmínek pro geologický průzkum
- Z devíti na čtyři: Poradní panel expertů se schází nad podklady pro zúžení počtu lokalit
- Spolupráce s Rumunskem
- Úložiště Richard oslavilo 55 let v provozu

8 téma

Propustnost hornin

10 seriál

Úložiště není skládka XII.: Letní škola SÚRAO

12 seznamte se

Pro hlubinné úložiště se vyvíjí i speciální beton

14 letem světem

Kanada



Foto na obálce: Magdaléna

Starostové ve Finsku, aneb Jak se žije s úložištěm

Jak probíhá stavba hlubinného úložiště? Jak zasáhne své okolí? Kolik nákladů nám při stavbě denně projede pod okny? Jak blízko úložiště žijí první lidé? A jaký je přínos pro obecní pokladnu? Nejen tyto otázky měli ve Finsku možnost položit zastupitelé obcí z lokality, vytipovaných pro podobnou stavbu v Česku.

Odbornou exkurzí zaměřenou na ONKALO, připravované první hlubinné úložiště na světě, zorganizovala Správa úložišť radioaktivních odpadů, která se touto problematikou zabývá v České republice. Zástupci obcí se mohli zeptat se na vše, co je zajímavé, nejen finských expertů, se kterými SÚRAO dlouhodobě spolupracuje, ale také svých severských protějšků, představitelů města Eurajoki.

Při své návštěvě Finska si prohlédli podzemní úložiště nízké a středněaktivních odpadů na ostrově Olkiluoto a podzemní výzkumnou galerii ONKALO, v návštěvnickém centru pak expozici Elektrina z uranu. A stranou nezůstala ani finská příroda, Olkiluoto je totiž finským ostrovem se vším, co k tomu patří – s šedozeleným mořem s čluny, nad nímž krouží racci, a hlubokými lesy plnými losů, lišek a (to je pro Čecha zvláště potěšující informace) obrovských praváků.

O tom, jak exkurze probíhala, se více můžeme dozvědět třeba v České televizi:



zdroj: Posiva



Zastupitelé obcí a tým SÚRAO na exkurzi

Nejvyšší správní soud se vyslovil pro jednodušší posuzování podmínek pro geologický průzkum

Nejvyšší správní soud se ve svém rozsudku opakovaně vyjádřil k posuzování podmínek pro geologický průzkum potenciálních lokalit pro vybudování hlubinného úložiště jaderného odpadu. Dle Nejvyššího správního soudu geologický průzkum slouží v tomto případě pouze k získání prvotních informací o vhodnosti lokality a je předčasné požadovat předkládání detailních informací o parametrech úložiště již ve správním řízení o stano-

vení průzkumného území za účelem zkoumání existence veřejných zájmů bránících výstavbě hlubinného úložiště.

Předmětné rozhodnutí bylo vydáno v právní věci žalobce Calla – Sdružení za záchranu prostředí, z. s. proti žalovanému Ministerstvu životního prostředí, za účasti osob zúčastněných na řízení Spolek “Nechceme úložiště Kraví hora” a obec Věžná.

Z devíti na čtyři: Poradní panel expertů se schází nad podklady pro zúžení počtu lokalit

Na půdě Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) se v polovině listopadu minulého roku poprvé sešla skupina odborníků, která pravidelně řeší podklady Správy úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) sloužící pro doporučení preferovaných lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva v ČR (HÚ). Ustavení tohoto Poradního panelu expertů je součástí úsilí SÚRAO otevřít problematiku HÚ široké diskuzi za účasti odborné veřejnosti i zástupců potenciálních lokalit.

Hlavním cílem je garantovat odbornost, správnost, objektivnost a otevřenost procesu zužování počtu lokalit HÚ a zajištění efektivní komunikace technických výstupů. V sedmičlenné skupině jsou zastoupeny: SÚRAO (RNDr. Lukáš Vondrovic, Ph.D.; vedoucí úseku přípravy hlubinného úložiště), Ministerstvo průmyslu a obchodu (Ing. Tomáš Rosendorf; vedoucí oddělení RAO, odbor jaderné energetiky), Masarykova univerzita (Mgr. Petr Špaček, Ph.D.; Ústav fyziky Země), ČVUT (Prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.; vedoucí Centra experimentální geotechniky Fa-



Ministr průmyslu a obchodu Karel Havlíček (uprostřed)

kulty stavební ČVUT), Státní ústav radiační ochrany (Mgr. Aleš Froňka, Ph.D.; vedoucí odboru přírodních zdrojů), Ministerstvo životního prostředí (RNDr. Martin Holý; ředitel odboru geologie, zástupce náměstka pro řízení sekce ochrany přírody a krajiny) a představitel nominovaný lokalitami (Mgr. Matěj Machek, Ph.D.; Geofyzikální ústav AV ČR).

„Poradní panel expertů vytváří platformu pro posuzování kritérií výběru ze strany odborných institucí, státu, ale i reprezentantů lokalit,“ uvedl ředitel SÚRAO Jan Prachař.

Jednání Poradního panelu expertů mohou být navíc přítomni i tzv. pozorovatelé, které si sami zvolili zástupci obcí z 9 potenciálních lokalit, a další představitelé relevantních státních či vědeckých institucí. Hlavními body prvního zasedání panelu bylo představení celkové koncepce hlubinného úložiště a klíčových dokumentů, geologický popis jednotlivých lokalit, informace o hodnocení bezpečnosti, proveditelnosti a vlivu na životní prostředí a také seznámení se s metodologií hodnocení. „Očekávám, že SÚRAO předloží vládě ČR svá doporučení na zúžení počtu potenciálních lokalit ze současných 9 na 4 do 30. června roku 2020,“ připomněl všem zúčastněným už dříve dohodnutý termín ministr průmyslu a obchodu Karel Havlíček.

Poradní panel se schází v měsíčních intervalech a na svých jednáních od listopadu roku 2019 do první čtvrtiny roku 2020 prozatím probral jednotlivá kritéria zahrnující zejména geologické vlastnosti lokalit, jakožto i vybavenost infrastruktury v lokalitách, či vlivy výstavby na životní prostředí. Na základě těchto kritérií pak SÚRAO doporučí 4 lokality, na kterých by v budoucnu měly pokračovat výzkumy a průzkumy.

Podle původních předpokladů měl panel ukončit svou činnost v březnu, nakonec ale SÚRAO vyhovělo požadavkům expertů termín posunout na později, a poskytnout tak více času pro zhodnocení kritérií.



Předseda Poradního panelu expertů Prof. Ing. Jaroslav Pacovský (druhý zprava)

Spolupráce s Rumunskem

Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) podepsala memorandum o spolupráci s rumunskými kolegy z Agentia Nucleara (ANDR). Podle dokumentu podepsaného ve Vídni na půdě Mezinárodní agentury pro atomovou energii si budou obě strany vyměňovat zkušenosti v oblasti zajištění bezpečnosti, přípravy projektu hlubinného úložiště, vývoje technologie bezpečného ukládání, ale především také v oblasti realizace nezbytných projektů v podzemním výzkumném pracovišti Bukov.

„Problematiku hlubinného úložiště řeší prakticky všechny státy, včetně Česka a Rumunska. Určitě dosáhneme lepších výsledků a vyšší bezpečnosti, když v různých oblastech dokážeme spojit síly,“ uvedl k podpisu smlouvy ředitel SÚRAO Jan Prachař. Za

rumunskou stranu dohodu stvrdil prezident ANDR Horia Grama. Obě strany rovněž zdůraznily, že uzavření úmluvy je dalším krokem k prohlubování spolupráce států střední a východní Evropy v oblasti nakládání s radioaktivními odpady. SÚRAO již podobně úzké bilaterální vztahy navázala s řadou dalších států. Například se sousedním Slovenskem, Maďarskem, Finskem, Jižní Koreou nebo Čínou. V přípravě je dohoda s Německem, která by měla být uzavřena ještě v letošním roce.

Rumunsko nyní provozuje dva jaderné reaktory (JE Cerna voda) a obdobně jako Česká republika pracuje na projektu hlubinného úložiště. Rumunská strana mimo jiné projevila velký zájem účastnit se vědeckých prací v podzemní výzkumné laboratoři Bukov (ve vlastnictví SÚRAO) umístěné v hloubce 500 metrů v prostorech bývalého uranového dolu Rožná. Zde SÚRAO testuje technologii, konstrukční řešení a ověřuje vhodnost a trvanlivost navržených materiálů v podmínkách blízkých budoucímu hlubinnému úložišti.



Ředitel Jan Prachař a zástupci SÚRAO s rumunskými kolegy z Agentia Nucleara (ANDR)

Úložiště Richard oslavilo 55 let v provozu

Nacistická podzemní továrna – nejznámější a nejděsivější kapitola historie někdejšího vápencového dolu Richard. Kromě toho, že stále přitahuje pozornost zájemců o dějiny II. světové války, slouží už mnoho let jako úložiště radioaktivních odpadů.

Původně to byl vápencový důl, potom továrna, kde vězni za nelidských podmínek pracovali pro nacistickou Třetí říši... nejnovější kapitola lokality nedaleko Litoměřic se začala psát v roce 1964, kdy část komplexu, nazvaná Richard II, začala fungovat jako úložiště radioaktivních odpadů. Dnes je pod správou SÚRAO a končí zde tzv. institucionální odpady, tedy například vyražené radioaktivní zářiče jako požární hlásiče nebo hladinoměry, ale také kontaminovaná suť, plasty a papír.

Sudy v sudech

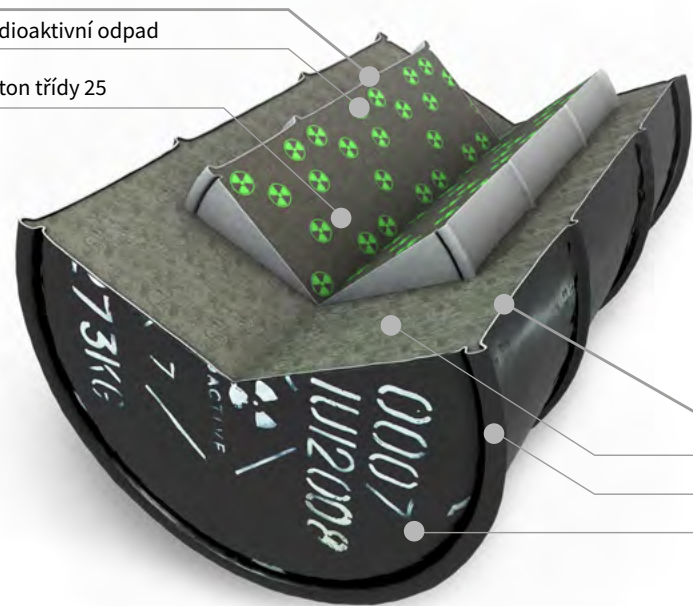
Odpady jsou umístěné ve stolitrových sudech, ty se pak vkládají do větších, dvousetlitrových, a prostor mezi nimi se vyplní betonem. Vnější stěna ochranného sudu je pozinkovaná a natřená antikorozním přípravkem. Takových sudů je v prostorách bývalého dolu ročně uloženo průměrně 400.

Úložiště Richard se nachází nad hladinou podzemních vod, je klasifikováno jako podpovrchové, a po celý rok je v něm stálá teplota 10 °C. Celkový objem využívaných prostor dolu Richard II přesahuje 19 000 m³. Kapacita ukládacích komor je 10 250 m³ a v současné době je naplněna asi ze 79 %. Právě navýšení ukládací kapacity bylo hlavním motivem již probíhající rekonstrukce

Sud 100 l

Radioaktivní odpad

Beton třídy 25



Sud 216 l

Beton třídy 28

Ochranný nátěr

Označení obalové jednotky

tohoto úložiště. V rámci první etapy budou adaptovány dosud nevyužívané prostory v úložišti pro potřeby ukládání odpadů, část prostorů bude sloužit jako obslužná a dopravní chodba. Tyto nové komory navazují na stávající provozovanou část. Vlastní práce budou spočívat ve vyčištění prostorů, zabezpečení stropů a vybudování nové podlahy, takže veškeré činnosti budou probíhat v podzemí.

Po revitalizaci ukládacích prostor pak bude projekt pokračovat druhou etapou, v níž půjde o další sanační práce v podzemních prostorách a hlavně o výstavbu nové přejímací haly, která podpoří rychlou a bezpečnou přejímkou radioaktivního odpadu v souladu s nejmodernějšími technologickými trendy. Součástí Richarda je také certifikovaná zkušebna obalových souborů a radioaktivních látek zvláštní formy, jediná svého druhu v České republice.

Bezpečnost

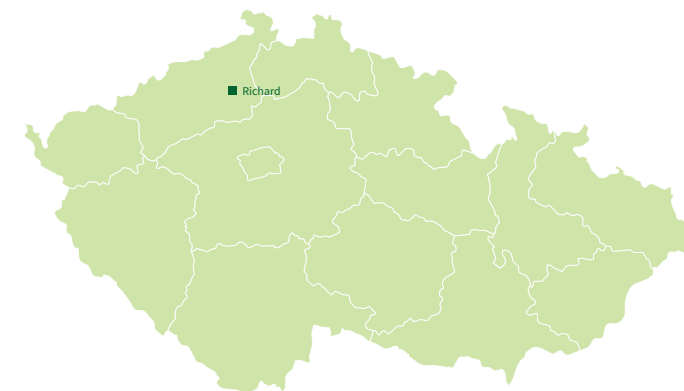
Ve všech svých činnostech klade SÚRAO důraz na bezpečnost a stejně je tomu i v případě Richarda, který ve svém oboru naprosto vyhovuje náročným mezinárodním standardům. Aby Správa prokázala dlouhodobou bezpečnost úložiště a zároveň ochránila zaměstnance, má vyvinutý sofistikovaný systém monitorování, kdy se podrobně sledují osoby, samotné pracoviště i okolí. V případě osob se sleduje vnitřní a vnější ozáření, přičemž roční obdržené dávky pracovníků SÚRAO jsou hluboko pod povolenými limity.

Na pracovišti jsou pak například pravidelně prováděny odběry vzorků důlních vod, které jsou v akreditované laboratoři analyzovány na obsah stanovených radionuklidů. Kontrolují se také

hodnoty koncentrace radonu, odebírají se stěry z podlah, sledují se pracovní pomůcky i dopravní prostředky.

Pozornost se zaměřuje také na okolí, v areálu úložiště a jeho blízkosti jsou na šestnácti místech odebírány vzorky podzemních vod, na místě se nacházejí dva hydrogeologické vrty, dalších sedm vrtů pak v blízkém okolí úložiště. Kromě těchto vrtů jsou vzorky odebírány také třeba v litoměřické čističce odpadních vod nebo v Labi.

Stále a dlouhodobě se tak ověřuje, že hodnoty naměřené na hranici areálu odpovídají hodnotám přírodního pozadí, a úložiště Richard na své okolí a lidi v něm žijící nemá vliv. Ostatně areál bývalého dolu spadá do Chráněné krajinné oblasti České středohoří, která patří z hlediska rozmanitosti rostlinných a živočišných druhů k nejbohatším v Čechách.



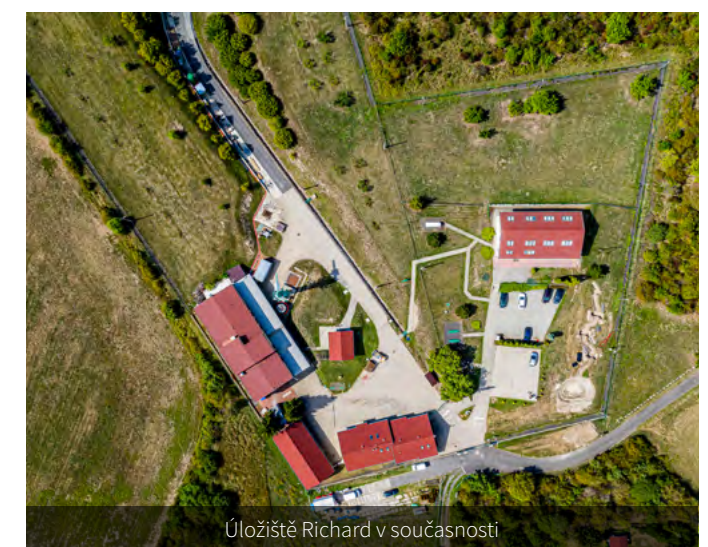
Historická fotografie úložiště

Na prohlídku Richarda s helmou a dozimetrem

Přestože je Richard přísně střeženým objektem, mohou se do něj čas od času, vybaveni helmami, dozimetry a záchrannými dýchacími přístroji, podívat i návštěvníci z řad veřejnosti prostřednictvím dne otevřených dveří. Při tom minulém se do hlubin vydalo na 200 lidí, kteří se mohli dozvědět a na vlastní oči se přesvědčit, jak a za jakých podmínek probíhá proces ukládání radioaktivních odpadů. V současné době se připravuje rekonstrukce dosud nevyužitých komor, které je třeba vyčistit od suti a technologicky připravit pro ukládání. Kvůli stavebním pracím se proto Richard po nějaký čas neotevře a další návštěvníci by měli mít možnost se do úložiště podívat nejspíše za dva roky.



Návštěvníci dne otevřených dveří



Úložiště Richard v současnosti

Klíčový faktor: propustnost hornin

Horniny mohou propouštět tekutiny, i když to tak na první pohled nevypadá a někdy je pohyb těchto kapalin velmi pomalý. Tato vlastnost je ovlivňována jak samotným typem horniny, tak i mírou jejího porušení a deformace. Propustnost může být podle typu horniny například puklinová, průlinová nebo krasová. Asi se ptáte, proč nás to tak zajímá? Z hlediska dlouhodobé bezpečnosti je naprosto klíčové porozumět mechanismům proudění podzemní vody, protože jako nejpravděpodobnější způsob šíření radionuklidů do okolního prostředí se považuje právě jejich migrace prostřednictvím podzemní vody.

Všechny krystalické horniny uvažované v českém konceptu hlubinného úložiště jsou téměř nepropustné a proudění vody probíhá pouze prostřednictvím puklinového prostředí. Propustnost nás zajímá jak na povrchu, tak v úrovni úložiště, ale i pod touto úrovní. Předpokládá se totiž, že směrem do hloubky propustnost hornin klesá se zvětšujícím se tlakem nadloží, nicméně zatím nikdo neověřoval tuto hypotézu v terénu.

Správa řídí celou řadu výzkumných projektů, pojďme si tedy přiblížit další z nich. Unikátní podzemní výzkumné pracoviště Bukov nám umožňuje realizovat experimenty až do hloubky 1200 m pod zemí. To je více jak 700 m pod úrovní plánovaného úložiště!

„Jedním z projektů, který provádíme, je hydrochemický a hydrogeologický monitoring, abychom zjistili zákonitosti proudění vod v podzemí, zejména v hloubkách okolo 500 m, protože toto je předpokládaná hloubka umístění hlubinného úložiště“, říká hydrogeolog Marek Vencel.

V rámci projektu na různých patrech dolu Rožná až do hloubky 1000 m Správa realizuje tzv. vodní tlakové zkoušky. Na základě



Měřicí aparatura pro sběr dat z hydrogeologického testování masívu

výsledků vodních tlakových zkoušek budou detailně identifikovány významné pukliny, puklinové systémy a zájmové polohy hydrogeologického výzkumu, které mají významný vliv na proudění vody a budou následně podrobeny dalšímu vědeckému zkoumání. „Účelem těchto zkoušek je stanovit propustnost horninového prostředí. To se dělá tak, že se vhání voda pod určitým tlakem do úseku vrtu - tzv. etáže, která je z obou stran uzavřena tlakovými roubíky, tzv. obturátory. Tlak se v etáži udržuje určitou dobu konstantní a měří se spotřeba vody“, upřesňuje technik Marek Polák. Předpokládá se, že propustnost hornin směrem do hloubky klesá, vlivem tíhy nadloží dochází k sevření puklin a tím i k omezení proudění vody, tento jev je nutné ověřit v reálném prostředí budoucího úložiště, hloubkách okolo 500 m.

Projekt hydrochemického a hydrogeologického monitoringu se mimo jiné snaží dosáhnout jak kvalitativní, tak kvantitativní parametry vody- tzn. její množství, teplotu, její pH, Eh apod. Všechny odebrané vzorky jsou odesílány na chemické analýzy do laboratoří. Vzorky jsou odebírány jak na povrchu, tak i v samotném PVP Bukov, tj. 550 m pod povrchem a na ostatních patrech dolu Rožná až do hloubky 1000 m pod povrchem. Díky rozmanitosti odběrných míst je schopna SÚRAO lépe pochopit zákonitosti proudění vod v pevných horninách a takto získané zkušenosti aplikovat v procesu výběru vhodné lokality pro umístění hlubinného úložiště.

„Výsledkem pro SÚRAO bude v podstatě poznání o tom, jak se voda v horninovém prostředí chová, k jakým změnám u ní dochází s narůstající hloubkou a nejen tyto údaje lze využít například při plánování ražby důlního díla“, dodává Vencel.

V okolí dolu Rožná tak existuje celá řada odběrných míst, kam se hydrogeologové pravidelně vydávají, odebírají vzorky a opakují měření. „Mezi hlavní prvky monitoringu patří vrty, prameny a povrchové toky. Na pramenech se měří jejich vydatnost, na tocích množství tekoucí vody a ve vrtech se měří pohyb hladiny vody v podzemí“, říká řešitelka projektu, inženýrka Pavlína Vylamová.

Ing. Marek Vencel

Zatím se hydrogeologům podařilo zjistit, že objem vody je stálý a v průběhu roku se výrazně nemění. „Systém je natolik propojený a přesný, že všechny práce, které se na Bukově dělají s vlivem na vodní režim, tak my odhalíme z monitoringu“, vysvětluje Vylamová.

Většina měření probíhá jednou za čtvrt roku, ale některá místa jsou opatřena měřeními nepřetržitým. Získaná data potom geologové použijí například při tvorbě modelů proudění podzemní vody. Nejenom samotná data, ale i metody jejich sběru jsou pro Správu úložiště cennými informacemi, které budou využity v následujících etapách přípravy hlubinného úložiště v České republice.



Průběh vodních tlakových zkoušek v podzemí



Ing. Marek Vencel

Odborný specialista v oblasti hydrogeologie a monitorování

Ing. Marek Vencel vystudoval Hornicko-geologickou fakultu oboru Geologické inženýrství na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě v Ostravě a nyní pokračuje doktorským studiem na Stavební fakultě téže univerzity se zaměřením na modelování termo-hydro-mechanicko-chemických (THMC) procesů. NA SÚRAO se od roku 2012 intenzivně věnuje činnostem zaměřeným na instalaci a zajištění funkční způsobilosti hydrogeologických monitorovacích sítí s důrazem na puklinové prostředí. V rámci studií se podílel na řešení sanace staré ekologické zátěže po bývalé rafinerii v rumuské Pitešti, jejíž nedílnou součástí prací byl právě kvalitní hydrogeologický monitoring.

Úložiště není skládka XII.: Letní škola SÚRAO

Obrázek jako z filmu z dob, kdy Ostravsko patřilo havířům. Parta lidí vchází do šaten, kde čekají podvlikačky, havířské mundúry, holínky...a do nich onuce – včetně návodu, jak je použít. Iluze návratu v čase je tedy téměř dokonalá. Až nové dozimetry, baterky a sebezáchranné dýchací přístroje napoví, že je léto 2019 a místo horníků budou do bývalého uranového dolu Rožná na Vysočině fírat účastníci Letní školy SÚRAO 2019.

Cílem studentů ročníku je nyní 12. patro, kde se v hloubce pod zemí nachází Podzemní výzkumné pracoviště Bukov, místo, které slouží jako testovací lokalita pro získání dat o chování horninového prostředí v předpokládané hloubce budoucího hlubinného úložiště.

Dříve, než účastníci projdou branou, za níž probíhají experimenty, které by se měly využít při budoucím budování plánovaného hlubinného úložiště, čeká na všechny unikátní výtah (nemá se mu prý vůbec říkat výtah, ale prý odborně svislé dopravní zařízení), kterým kdysi do podzemí mířili horníci. Do dvou klecí nad sebou se všech osm lidí vměstná horko těžko, ale horníci prý dolů jezdili ve dvojnásobném počtu, takže je asi potřeba zamyslet se nad svými rozměry. Stejně dobrodružná jako samotné nastupování je i cesta dolů, během níž se za klec míhají jednotlivá patra. Pak už výtah dorazí do hloubky 550 metrů a celá skupina vchází vraty do velkého, světlého prostoru, který důl připomíná snad jen kolejnicemi. Jinak je plný různých experimentů.

„Tamhle, jak vidíte dvě konzole, se měří posun puklinové zóny. Konzoly ji překlenují a celé zařízení funguje na jevu optické interference, kdy jsou sledovány a interpretovány vzájemné posuny spirál na dvojici překrývajících se sklíček. Díky tomu je pak možné určit posuny horniny v řádu mikrometrů ve více směrech,“ vysvětluje Jan Smutek, vedoucí experimentálního programu PVP Bukov.



Letní škola v úložišti v Dukovanech

Podobných experimentů jako je tenhle probíhá v hlubinách dolu daleko více. V podzemí se například získávají data pro testování modelů proudění podzemní vody nebo potenciální materiály pro konstrukci inženýrských bariér hlubinného úložiště.



Účastníci Letní školy SÚRAO 2019

Jak se rekonstruuje úložiště

Prohlídka Bukova byla jen jedním bodem programu letní školy. Sešli se na ní studenti ze tří českých univerzit. Loňský ročník se zaměřil více na provoz úložišť stávajících než na plánované hlubinné. Studenti na úvod absolvovali sérii odborných přednášek, potom přišly exkurze, kromě Bukova měli možnost seznámit se blíže s úložištěm Dukovany, a poslední dva dny byly věnované workshopu. Úložiště Richard, které oslavilo 55 let bezpečného provozu, bohužel nebylo možné navštívit, protože v něm aktuálně probíhá rekonstrukce. Nicméně dostalo se aspoň do zadání úkolu workshopu:

„Zrealizujte projekt rekonstrukce jedné komory úložiště Richard s přílehlou částí chodby.“

Účastníci měli za úkol nejen řešit co s kamennou sutí nebo se zaměřit na radiační ochranu, ale, a možná především, výsledky představit dál – fiktivním zástupcům SÚJB, Českého báňského úřadu a také veřejnosti. Do všech se postupně a s chutí vtělili zaměstnanci SÚRAO. A hledat odpovědi na jejich otázky nebylo snadné:



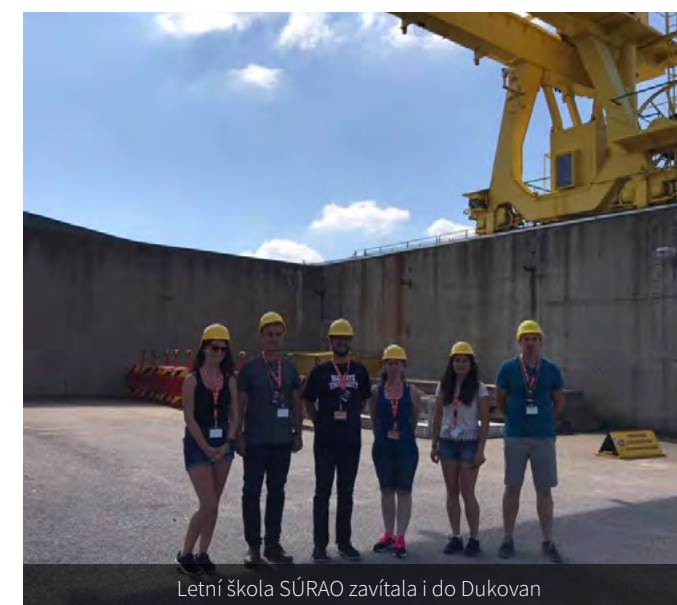
Letní škola SÚRAO zavítala na Bukov

Co budete dělat s materiálem, který vyvezete z chodby?
Co ukládání a rekonstrukce?
Odkud ten odpad vozíte?
Dejte si ho do metra!

Nicméně se všemi více či méně záludnými dotazy se studenti dokázali s úspěchem vypořádat. Jejich úsilí ocenila i vedoucí úseku provozu úložišť Martina Máčelová.

Na vlastní oči a uši

Když zhodnotili studenty odborníci ze SÚRAO, role se obrátily: „Líbily se mi přednášky a na nich pak nejvíce to, že vše vysvětlovali experti nejen velice odborně, ale říkali to i pěkně a srozumitelně. Třeba přednáška paní Zdeny Lahodové o hlubinném úložišti by mohla být klidně delší, jak byla zajímavá.“
„Díky exkurzím jsme se reálně mohli dostat do prostor, o kterých jsme před tím jenom slyšeli. Třeba na úložiště Dukovany.“
„Právě exkurzi do Dukovan jsem velmi ocenil, domníval jsem se totiž, že se tam nikdy nepodívám, protože úplně běžně se tam chodit nemůže. Jsem moc rád a stejně tak mě zaujal Bukov, bylo to pro mě první fárání.“
„O ukládání radioaktivních odpadů jsem neměla ani potuchy a je super, že jsem se k němu mohla dostat tak blízko, jak to jen je možné, a dozvědět se spoustu věcí.“
A největší zážitek vůbec?
„Výtah na Bukově.“



Letní škola SÚRAO zavítala i do Dukovan

I letos pro Vás připravujeme letní školu! Hlásit se můžete do 10. 5. Více informací naleznete na webu SÚRAO či našem Facebooku.

<https://www.facebook.com/suraocz/>



Pro hlubinné úložiště se vyvíjí i speciální beton

Doslova zaklínadlem celého projektu hlubinného úložiště je naprostá bezpečnost stavby. Proto se pečlivě studují charakteristiky horninových masivů, v nichž by mělo být úložiště v hloubce zhruba 500 metrů postaveno. Ale zároveň se neméně puntičkářsky testují veškeré technologie a materiály, které budou použity. Speciální vlastnosti a složení musí mít i zdánlivě bezvýznamný a obyčejný beton.

V České republice je koncept hlubinného úložiště založen na ukládání vysokoaktivního odpadu v krystalinických horninách stejně jako například ve Finsku a Švédsku. Krystalinické horniny jsou typické přítomností puklin, které mohou v budoucnu sloužit jako preferenční cesta pro radionuklidy. Proto je tato přírodní (horninová) bariéra doplněna o systém inženýrských bariér. Ty tvoří především takzvaný ukládací obalový soubor obklopený bentonitem. Zde krátká rekapitulace: ukládací obalový soubor představuje zjednodušeně řečeno masivní kovový kontejner, v němž je uzavřen radioaktivní materiál. Kontejnery jsou konstruovány jako dvouploškové, s vysokou odolností proti korozi i mechanickému namáhání. Předpokládaná životnost činí řádově statisíce let. Ukládací kontejnery budou po svém uložení v podzemí obklopeny jílovitým materiálem (bentonitem), který je svými vlastnostmi ochrání před kontaktem s vodou.

Běžný beton nestačí

Jakou roli hraje v úložišti beton? Také velmi důležitou. Betonové směsi budou v hlubinném úložišti použity především jako konstrukční materiály pro zajištění výrubů (ostění), jako injektážní směsi pro výplň puklin, nebo pro konstrukci těsnících zátek při umístění ukládacích souborů.



Betonová zkušební tělesa uložena v PVP Bukov pro testování jejich stability v čase



Testování aplikace nástřikem nově vyvinutého betonu se sníženým pH

Vzhledem ke specifickým podmínkám v úložišti však betonová směs nemůže být totožná s tou, jaká se používá například při stavbě budov nebo silnic. Bude totiž v podzemí velmi dlouhou dobu, bude vystavena často extrémním podmínkám. Nesmí svým chováním negativně ovlivňovat bentonit ani ukládací kontejner, ale zároveň musí být stejně odolná jako běžný beton.

Proč nelze v úložišti použít standardní betonovou směs? Jednoduše nevyhovuje svými vlastnostmi. Typickou vlastností běžného konstrukčního betonu je vysoké pH (12,5–13), které může negativně ovlivnit vlastnosti bentonitu. Příkladem negativního ovlivnění je možné snížení bobtnací schopnosti bentonitu a tím i jeho těsnící funkce. Z tohoto důvodu bylo nutné zabývat se výzkumem a vývojem betonové směsi, která bude mít snížené pH ($\leq 11,2$), a tudíž vlastnosti a funkci bentonitové bariéry neovlivní.

Betonová alchymie

Vývoje speciálního betonu pro české úložiště se ujala skupina odborníků ze SÚRAO a Kloknerova ústavu ČVUT. Mohli se samozřejmě opřít o výzkumy realizované v minulosti v zahraničí, ale jejich úkolem bylo vyvinout speciální beton složený výhradně z tuzemských materiálů.

Příprava unikátního betonu je doslova alchymí, při níž se vlast-

nosti směsi modifikují a vylepšují přidáním speciálních složek, které ovlivňují její vlastnosti.

Odborný tým se po pečlivých rozborech zahraničních zkušeností rozhodl pro následující postup, který umožnil namíchat beton se sníženým pH (nižším, než 11,2) a obsahem organických látek menším než 2 % a pevností srovnatelnou s běžnými betony. Při přípravě bylo nutné nahradit přibližně 50 % cementu jinými aktivními přísadami. Pro práce byla z různých alternativ nakonec jako nejvhodnější vybrána tříložková pojivová směs cement-struska-mikrosilika (speciální součást sloužící například ke zvýšení pevnosti), doplněná o běžné kamenivo a vodu. Pro lepší zpracovatelnost a mechanické vlastnosti musel být do betonové směsi přidán superplastifikátor (ulehčuje zpracování a prodlužuje jeho dobu, snižuje nároky na použití vody) a odpěňovač (pro snížení obsahu vzduchu).

Směs se důkladně testuje

Ideální směs samozřejmě nevznikla na první pokus, ale na základě průběžné optimalizace. Receptura prošla řadou testů, v nichž bylo třeba prokázat dosažení požadovaných příznivých vlastností betonu. Jen pro zajímavost: vývojové a testovací práce zabraly celkem 22 měsíců!

Při vývoji směsi se nejdříve začalo s návrhem a testováním malt

(kamenivo maximální frakce 4 mm), kde se kladl hlavní důraz na hodnotu pH. Výzkumníci dospěli ke dvěma možným variantám malty. Teprve dalším krokem bylo přidání hrubé frakce kameniva, tj. o velikosti zrna 8–16 mm, a následovaly práce a úpravy směřující k receptuře samotného betonu.

Základní vlastnosti vyvinutého materiálu byly analyzovány po 28 a 90 dnech tuhnutí. Posuzovaly se pochopitelně hodnoty pH, ale také třeba objemová hmotnost, pevnost v tlaku, nasákavost a další parametry. A konečně, po zkouškách v menším měřítku bylo třeba otestovat možnosti výroby větších objemů betonu v běžném komerčním provozu.

Výroba ve velkém byla odzkoušena v TBG Metrostav, s.r.o., kde byl namíchan 1 m³ této finální směsi, která prošla hodnocením v čerstvém i vytvrdlém stavu. V rámci výroby bylo odlito velké množství vzorků – krychlí o rozměrech 150×150×150 mm a válců o průměru 150 mm a výšce 300 mm. Část těchto vzorků byla testována po 10, 20, 28, 60 a 90 dnech od jejich výroby. Prověřovaný beton splňoval všechny požadavky.

Zbývající vzorky byly převezeny do Podzemního výzkumného pracoviště Bukov (PVP Bukov) pro zkoušky dlouhodobějšího charakteru přímo v prostředí s obdobnými podmínkami, jaké budou panovat v hlubinném úložišti.



Tým složený ze zástupkyň SÚRAO (vedoucí projektu), zástupců Kloknerova ústavu (realizátoři) a s.p. DIAMO (specialista na nástřik betonu)

V PVP Bukov byla směs odzkoušena také při aplikaci nástřikem. Z technologických důvodů zde bylo ve směsi nahrazeno hrubé kamenivo pískem a nebyl použit ani plastifikátor ani odpěňovač. Aplikace proběhla úspěšně, směs je přilnavá a dostatečně homogenní. Vývoj tým ale zdaleka neskončil. Po experimentech krátkodobého charakteru je třeba vlastnosti prověřovat i v dlouhodobých in-situ

experimentech v horninovém prostředí, zjišťovat reakce v kombinaci s horninou, bentonitem či obalovým souborem. Z tohoto důvodu je nutné beton vyvinout v předstihu, ač stavba samotného hlubinného úložiště je plánována za desítky let.



Interakční experiment v PVP Bukov - zde je studována interakce betonu se sníženým pH s bentonitem a horninou



Ing. Lucie Hausmannová, Ph.D.

Vedoucí specialista pro technický rozvoj

Vystudovala ČVUT v Praze, Fakultu stavební, obor Inženýrství životního prostředí se zaměřením na geotechniku (absolvovala v roce 2011), na což navázala doktorským studiem v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství, které dokončila v roce 2017. Dlouhodobě se věnovala laboratornímu zkoušení zemin (převážně bentonitu) a pracovala na vědeckých projektech jak českých, tak mezinárodních. V SÚRAO pracuje od roku 2017 v oddělení vývoje systému inženýrských bariér a od roku 2019 je vedoucím tohoto oddělení. Jako specialista přes materiály byla vedoucí projektu na vývoj betonu se sníženým pH a podílí se na řízení projektu interakčního experimentu.



Ing. Markéta Dohnáková

Odborný specialista pro výzkum a vývoj hlubinného úložiště

Vystudovala Vysokou školu báňskou – Technickou univerzitu Ostrava, Fakultu stavební, obor Geotechnika se zaměřením na podzemní stavby. Věnuje se zejména technickým projektům zaměřeným na konstrukční řešení HÚ, in-situ experimentům a mezinárodním vědeckým projektům. V SÚRAO pracuje od roku 2009 na pozici vedoucí specialista pro technický rozvoj v úseku přípravy úložiště RAO. Podílela se na přípravě projektu výstavby PVP Bukov a aktuálně pracuje na přípravě nových výzkumných projektů pro toto pracoviště.

I země javorového listu potřebuje hlubinné úložiště

Kanada není jen kolébkou hokeje a nekonečnou oblastí panenské divoké přírody. Rozlohou druhá největší země světa potřebuje svoji rozvinutou ekonomiku a zhruba 35 milionů obyvatel elektřinu. A tu získává nejen z vody či zemního plynu, ale také v rámci rozsáhlého jaderného programu. Logicky tak i v Kanadě řeší, jak naložit s vysokoaktivním odpadem a vyhořelým palivem. Zdejší přístup je trochu odlišný od „evropského“, ale může být v lecčems inspirující.

V zemi jsou v provozu čtyři jaderné elektrárny s 19 reaktory, které vyrobí 16 % celkové elektřiny. Elektrárna Bruce v provincii Ontario je přitom považována za nejvýkonnější zařízení svého druhu na světě. V Kanadě je nyní skladováno na 3 miliony použitých palivových souborů a 90 000 jich každoročně přibývá. A samozřejmě, zarytí fanouškové hokeje spočítali, že nyní zabírají plochu osmi hokejových hřišť. Podobně jako v Česku je nyní vyhořelé palivo uloženo v meziskladech ve speciálních kontejnerech. Nesporně tedy otázku ukládání jaderného odpadu musí řešit.

Kanada tak, obdobně jako většina „jaderných“ států, sází na vybudování hlubinného úložiště. Celý projekt zastřešuje nezisková firma Nuclear Waste Management Organisation (NWMO). Ta byla založena v roce 2002 přímo provozovateli jaderných

vány nejen požadavky geologického charakteru, ale například i potenciální přínosy plynoucí z umístění úložiště v příslušné oblasti. Následně NWMO v roce 2010 vyzvala regiony, aby vyjádřily svůj zájem se účastnit dalších kol výběru optimální lokalizace úložiště. Do prvotního hodnocení bylo zařazeno (se dobrovolně přihlásilo!) 22 lokalit. Na základě řady kritérií nakonec postupně NWMO zúžila jejich počet na 2, které bude dále zkoumat. Proces výběru postupně pokračuje a očekává se, že preferované místo pro podrobnou charakterizaci lokality by mělo být vybráno do



zdroj: www.nwmo.ca

Kanada má navíc 4. největší prokázané zásoby uranu na světě. Nesporně tedy otázku ukládání jaderného odpadu musí řešit.

elektráren. Postup NWMO při hledání vhodné lokality je ovšem diametrálně jiný než třeba v Německu, Francii či České republice. NWMO jej nazývá Adaptive Phase Management.

NWMO nejprve vypracovala dokument, v němž definovala základní předpoklady a požadavky pro to, aby příslušný region mohl být vůbec zařazen do potenciálního výběru. Byly defino-

roku 2023. Finální místo musí být ve vhodném skalním masívu a musí kromě technických podmínek splňovat i společenskou přijatelnost. Veškeré průzkumné práce by měly být podle plánu ukončeny v roce 2023, již nyní ale v některých lokalitách probíhají hloubkové vrty. Následně počítá NWMO s deseti lety výstavby úložiště. Provoz a uzavření jsou odhadovány na periodu 140 let.

Z technického hlediska postupuje Kanada v zásadě obdobně, jako další státy. Plánuje umístit úložiště zhruba v hloubce 500 metrů ve stabilním a kompaktním horninovém masívu. Jaderný odpad se bude ukládat v kontejnerech a bude navíc jistěn vrstvou bentonitu. Ale i do tohoto procesu přináší zdejší odborníci inovace. Aktuálně vyvinuli technologii, v níž může být ocelový ukládací kontejner pomocí elektrolýzy obalen vrstvou odolnější mědi. Takový obal je levnější než čistě měděný kontejner a zároveň odolnější než obal ocelový.

Potomci Wayne Gretzkeho mají tedy jistotu, že jejich rodiče postupují maximálně odpovědně.

Zprávy ze Správy vydává čtvrtletně Správa úložišť radioaktivních odpadů, Dlážděná 6, Praha 1, IČO: 66000769.
Vydávání tohoto zpravodaje je povoleno Ministerstvem kultury ČR a bylo mu přiděleno evidenční číslo MK ČR E 20612.
ISSN 2533-5073

Vaše nápady a náměty zasílejte na e-mail: zpravyzespravy@surao.cz



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

Redakce:

Mgr. Martina Bílá, Bc. Tereza Kameníková, Ivana Škvorová, Jan Karlovský
tel.: 221 421 522, fax: 221 421 544, email: zpravyzespravy@surao.cz

www.surao.cz