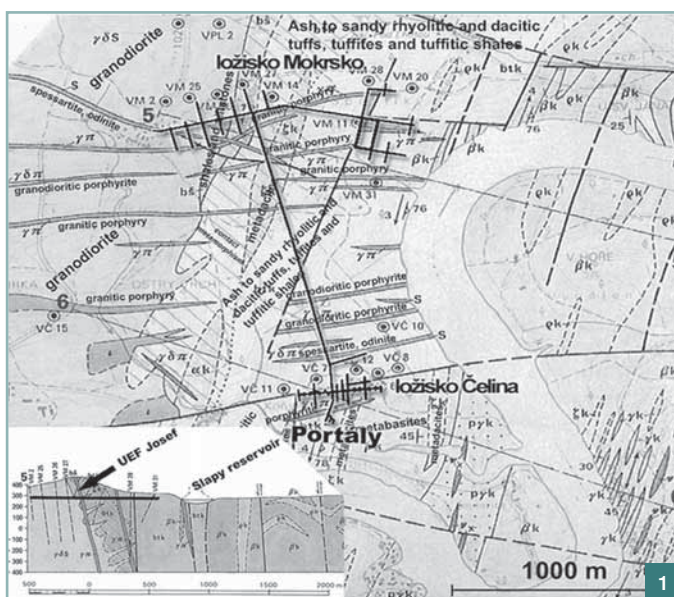


ČESKÁ EXPERIMENTÁLNÍ ZÁTKA V RÁMCI EVROPSKÉHO PROJEKTU DOPAS ■ CZECH EXPERIMENTAL PLUG WITHIN THE EUROPEAN DOPAS PROJECT

Jiří Svoboda

Projekt DOPAS je zaměřen na jednu z komponent systému hlubinného úložiště radioaktivních odpadů – na zátky. Cílem projektu je ověřit funkčnost návrhu, vhodnost materiálů a příslušné technologické postupy pro zátky hlubinného úložiště. V rámci projektu je budováno několik zátek, jedna z nich v ČR. ■ The DOPAS project is focused on one of the components of deep geological repository of radioactive waste – plugs. The aim of the project is to verify design, materials and technological procedures for DGR plugs. Several plugs are being built within the project, one of them in the Czech Republic.

Obr. 1 Geologická mapa Podzemní laboratoře Josef (založeno na mapě ČGS 1991) ■ Fig. 1 Geology of the Josef Underground Laboratory (based on map by Czech Geological Survey 1991)



Problematika bezpečného uložení vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů je jedním z citlivých témat dneška. S tím, jak se postupně hromadí vyhořelé palivo z jaderných elektráren a další vysoce aktivní odpad, je nutné nalézt bezpečné dlouhodobé řešení. V současnosti jediným technicky přijatelným a bezpečným řešením je uložení v hlubinném úložišti (HÚ), kde je bezpečnost založena na multibariérovém konceptu. Protože dosud žádné HÚ není v provozu (první úložiště se ve světě teprve začínají stavět), je nutno dokázat bezpečnost pomocí experimentů, simulací a bezpečnostních analýz. Podporu pro tyto činnosti proto představují rozsáhlé výzkumné a demonstrační aktivity, jejichž součástí je i projekt DOPAS (Full Scale Demonstration of Plugs and Seals).

Projekt je zaměřen na jednu z komponent systému hlubinného úložiště radioaktivních odpadů – na zátky. A to jak na zátky provozní oddělující provozované části úložiště od již zaplněných a uzavřených, tak na zátky uzavírající přístupové tunely, chodby a štol. DOPAS je čtyřletý evropský projekt, na kterém spolupracuje čtrnáct institucí z osmi zemí Evropy – České republiky, Finska, Francie, Holandska, Německa, Švédska, Švýcarska a Velké Británie. Jedná se o národní organizace, které jsou ve své zemi zodpovědné za výstavbu HÚ radioaktivních odpadů (RAO), a výzkumné instituce, které se

na vývoji HÚ podílejí. Koordinátorem projektu, který probíhá od září 2012, je jeden z finských partnerů – Posiva Oy.

Cílem projektu je ve skutečném měřítku vystavět čtyři experimentální zátky v různých geologických podmínkách – v České republice, Francii, Finsku a Švédsku. Zátky by měly v HÚ bezpečně oddělovat již zaplněné prostory (úložné tunely) od prostor nezaplněných, resp. uzavírat přístup do HÚ. Požadovaná funkčnost zátek je nejméně 100 let. V souvislosti s jejich konstrukcí bude nutné navrhnout a ověřit i příslušné technologické postupy pro jejich výstavbu a testování.

Česká zátka (EPSP – Experimental Pressure and Sealing Plug) je vystavěna v Podzemní laboratoři Josef, v rozrážce SP-59 v oblasti Mokrsko-západ. Na její konstrukci se podílejí SÚRAO, Fakulta stavební ČVUT v Praze a ÚJV Řež, a. s.

PODZEMNÍ LABORATOŘ JOSEF

Štola Josef se nachází asi 60 km jižně od Prahy u Slapské přehrad. Byla vyražena v letech 1981 až 1991 v rámci geologického průzkumu zlatonosných ložisek. Je součástí zlatorudního revíru Psí hory. Horninové prostředí tvoří slabě metamorfované vulkanické a vulkanosedimentární horniny (bazalty, andezity, ryolity, tufy, tuffity) pronikane mladšími intruzivními horninami (granodiority, albitické žuly).

Páteřní chodba prochází SSZ smě-

rem napříč horninovým masivem Veseleho vrchu. Na páteřní chodbu navazují další liniová průzkumná díla s četnými rozrážkami sledujícími rudní struktury, částečně s napojením do dalších dvou pater. Převážná většina (cca 90 %) výlomů není vystrojena. Konec páteřní štoly je s povrchem terénu propojen 135 m vysokým nevystrojeným větracím komínem.

Fakulta stavební ČVUT v Praze zde v roce 2007 otevřela pracoviště Podzemní laboratoř Josef.

EXPERIMENT EPSP

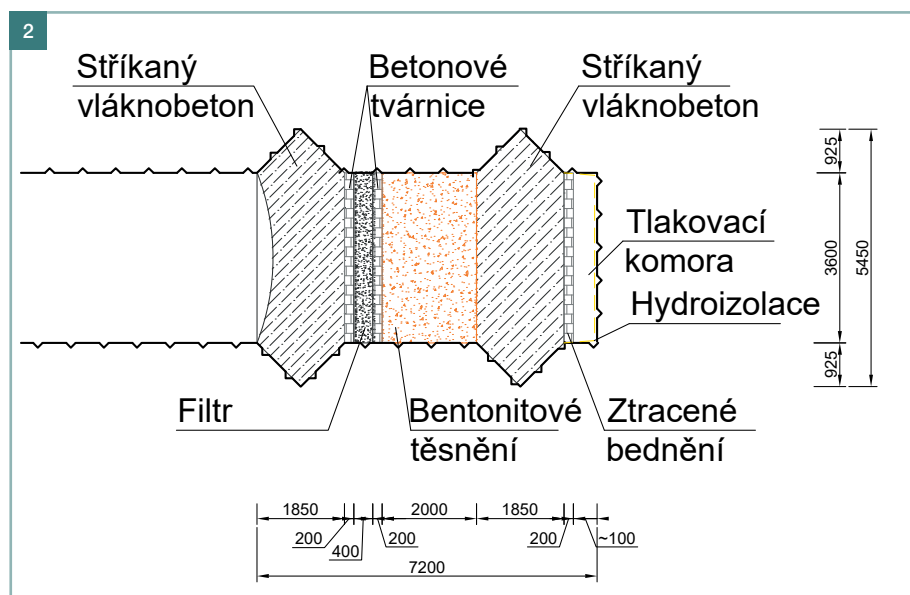
Současný koncept pro HÚ předpokládá, že by zátky měly být funkční nejméně po celou dobu jeho provozu, tzn. že je nutná životnost nejméně 100 let. Zároveň musí zátky odolat předpokládanému teoreticky možnému maximálnímu tlaku 7 MPa. Z těchto kritérií vychází návrh experimentu EPSP.

Současný referenční projekt HÚ v ČR však zatím neobsahuje podrobnou specifikaci zátky. Proto byl experiment navržen tak, aby mohl flexibilně otestovat kandidátní materiály, postupy, funkčnost a proveditelnost konstrukce. Výstupy experimentu pak budou sloužit pro aktualizaci relevantních částí referenčního projektu.

Experiment využívá dvě rozrážky (SP-55 a SP-59) v oblasti Mokrsko-západ. V rozrážce SP-59 je vystavěn vlastní experiment a SP-55 je využita pro technologii a měření. Rozrážky jsou propo-

Obr. 2 Podélný řez experimentální zátkou | Fig. 2 Longitudinal cross section of the experimental plug

Obr. 3 a) Překládka betonové směsi u portálu, b) transfer betonové směsi do čerpadla, c) nástřik vnitřní zátky, d) instalace instrumentace do zátky v pauze mezi nástřiky | Fig. 3 a) Reloading of concrete mixture at portals, b) transfer of concrete mixture into the pump, c) shotcreting of the inner plug, d) installation of the instrumentation into the plug



jeny vystrojenými vrty pro instrumentaci a tlakování.

Experimentální zátka je navržena jako vícebariérový systém, který se skládá ze tří hlavních komponent – vnitřní zátky ze stříkaného vláknobetonu, bentonitového jádra (těsnění) a vnější zátky ze stříkaného vláknobetonu (obr. 2). Ce-

lá zátka je namáhána tlakem vody (případně vzduchu či bentonitové suspenze) z tlakovací komory za vnitřní zátkou. Případné průsaky jsou sbírány a monitorovány za bentonitovým těsněním ve filtru.

Vlastní zátka experimentu EPSP je vystavěna v hostitelském prostředí tonali-

tů. Rozrážka byla před výstavbou důkladně geologicky zmapována a následně byla vybrána optimální poloha pro zátka. Tvar výrubu (klínové vybrání) byl upraven bez pomoci trhavin. Byly použity hydraulické klíny a beztrhavinové expanzní rozpojování.

Aby se eliminoval vliv puklinové sítě v hostitelském prostředí, byl horninový masiv k okolí zátky zainjektován, a tím se jeho vlastnosti přiblížily podmínkám budoucího HÚ.

Výstavba zátky začala po instalaci tlakovacího potrubí reprofilací tlakovací komory pomocí stříkaného betonu. Objem tlakovací komory byl snížen tak, aby komora měla hloubku cca 100 mm. Povrch komory byl ošetřen těsnicí stěrkou. Komoru uzavřela propustná stěna ze ztraceného bednění, která se stala podkladem pro nástřik vnitřní zátky. Nástřik komory sloužil zároveň jako test technologické sestavy před nástřikem vnitřní zátky.

Vnitřní zátka plní dvě hlavní funkce – statickou a těsnicí. Jejím účelem je zajistit mechanickou stabilitu experimentu, musí tedy být schopna odolat bobtnacímu tlaku aktivovaného bentonitu a tlaku vody v tlakovací komoře. Zároveň musí omezit tok vody z tlakovací komory do bentonitového jádra, aby nedošlo k jeho rozplavení předtím, než bude plně aktivován. Tvar zátky (a výru-





bu) byl zvolen tak, aby co nejlépe odolával tlakovému namáhání a přenášel jej do hostitelského horninového prostředí.

Pro vnitřní a vnější zátku byl použit stříkaný vláknobeton se sníženým pH, které má omezit možnost poškození bentonitu výluhem z betonu. Pro dosažení sníženého pH byla v betonové směsi nahrazena značná část cementu mikrosilikou. Jako rozptýlená výztuž byla použita skelná vlákna, jejichž funkce spočívala zejména ve snížení množství trhlin od smrštění a ve zlepšení pevnostních charakteristik. Jiná výztuž nebyla použita.

Zátka byla realizována mokřým způsobem nástřiku. Válcová pevnost dosáhla hodnoty přes 50 MPa. Maximální teplota uvnitř zátky během hydratace nepřekročila 55 °C s vrcholem jeden až dva dny po nástřiku. Chladnutí zátky trvalo více než měsíc.

Velikost profilu štoly (štolou projede pouze jedno vozidlo s možností vyhnout se v jedné části páteřní štoly) a dlouhá dopravní vzdálenost v Podzemní laboratoři Josef zásadně ovlivnila technologii a logistiku nástřiku. Zároveň se doprava uvnitř laboratoře ukázala jako limitující pro rychlost nástřiku.

Nástřík byl proveden kontinuálně

za 23 h pomocí strojní sestavy s tryskou na manipulátoru. Rychlost nástřiku limitovala omezená rychlost dopravy betonové směsi. Směs k sestavě dopravovaly od portálů (dopravní vzdálenost 2 km; délka obrátky 40 min) podzemím střídavě dva domíchávače o kapacitě 1 m³.

Betonová směs byla vyráběna v TBG Metrostav v Praze a k portálům převážena autodomíchávači. Po přejímce byla směs postupně překládána do malých domíchávačů pro dopravu k místu nástřiku.

Po vyztžení vnitřní zátky byl proveden tlakový test. Na základě jeho výsledků byla zainjektována kontaktní spára mezi zátkou a horninou.

Po dokončení injektážních prací byl instalován hlavní těsnicí element experimentu – bentonitové jádro (obr. 4). Jádro tvoří pelety z lisovaného bentonitu B75, které byly po uložení vibračně hutněny (obr. 5). Přístropí, tedy části, kde nemohlo být použito klasické ukládání a hutnění, byly zaplněny metodou stříkaného jílu opět z bentonitových peletek. Bentonit byl jako těsnicí materiál vybrán pro svou bobtnací schopnost a velmi nízkou propustnost.

Současně s ukládáním bentonitu se

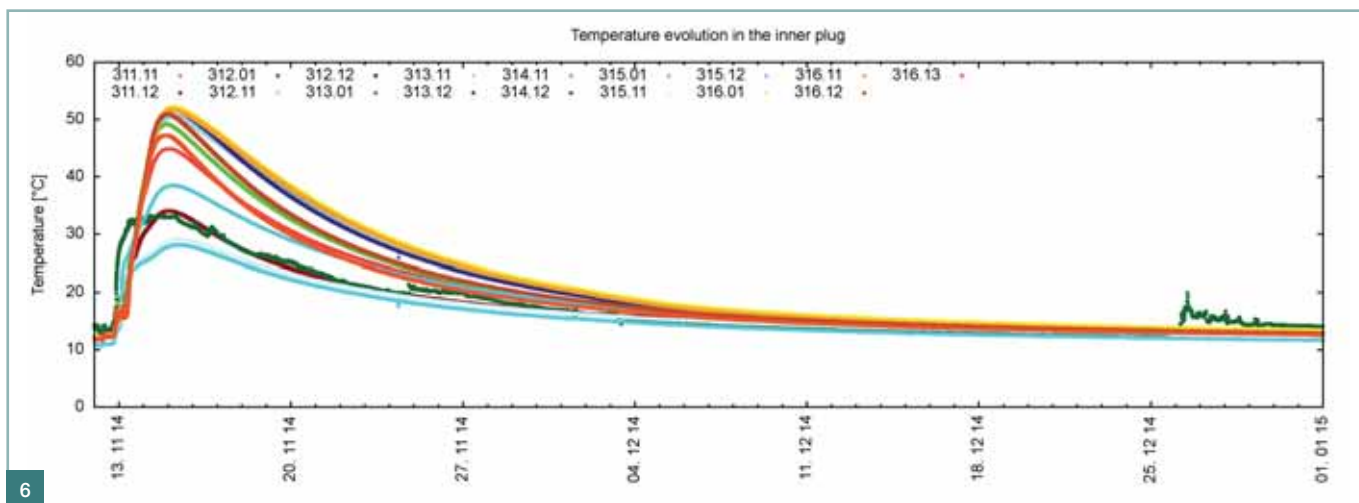
Obr. 4 Vibrační hutnění uložených pelet
Fig. 4 Vibration compaction of pellets

Obr. 5 Pelety z lisovaného B75 před a po hutnění
Fig. 5 Pellets from B75 before and after compaction

Obr. 6 Vývoj hydratačního tepla uvnitř vnitřní zátky
Fig. 6 Development of the hydration heat in the inner plug

stavěly pomocné separační stěny filtru, neboť vnitřní separační stěna zároveň sloužila jako opora pro ukládaný bentonit. Filtr tvoří štěrk mezi těmito separačními stěnami. Jeho funkcí je sbírat případné průsaky z experimentu. K tomu je vybaven patním drénem, který je vyveden skrz vnější betonovou zátku. Kromě patního drénu je filtr vybaven i tlakovací armaturou. To umožňuje v případě potřeby využít filtr i jako tlakovací komoru a vyzkoušet zátku v dalších režimech.

Vnější zátka ze stříkaného vláknobetonu má shodný design jako zátka vnitřní. Jejím primárním účelem je zajistit celkovou stabilitu experimentu. Přestože není v přímém kontaktu s bentonitem, jsou na ni kladeny stejné požadavky jako na zátku vnitřní (pro případ, že bude filtr sloužit pro tlakování). Zátka byla stavěna stejným způsobem jako zátka vnitřní.



MONITORING A TECHNOLOGIE

Důležitou součástí experimentu je instrumentace, která monitoruje chování jednotlivých komponent již od počátku výstavby. V průběhu výstavby byl sledován vývin hydratačního tepla (obr. 6), rozložení teplot a deformací (smrštění) uvnitř zátek ze stříkaného vláknobetonu.

Od spuštění experimentu je navíc monitorováno chování bentonitového jádra. Sledují se absolutní tlaky (bobotnací tlak a tlak na kontaktu experiment-masiv), pórové napětí a šíření vlhkosti. Kromě chování vlastního experimentu je důležité monitorovat i odezvu masivu pomocí měřících svorníků instalovaných ve vrtech v okolí experimentu. Celkem je v experimentu, jeho okolí a technologii měřeno přes 300 hodnot každých 10 min. Veškerá měření jsou ihned dostupná on-line přes webové rozhraní.

Tlakování experimentu zajišťuje elektronicky řízená sestava čerpadel, která je umístěna ve vedlejší, 25 m vzdálené rozrážce. Tlakovací médium je do experimentu přiváděno spojovacími vrty ústícími do tlakovací komory (a filtru). Sledování tlaku a množství tlakovacího média je součástí monitoringu.

ZÁVĚR

Cílem projektu DOPAS a experimentu EPSP je ověřit funkčnost návrhu, vhodnost materiálů a příslušné technologické postupy pro zátky HÚ. Proto byla důležitou součástí experimentálního programu i vlastní výstavba, během níž byly získávány poznatky o vhodnosti jednotlivých technologií pro realizaci zátek v budoucím HÚ. Dalším, v současné době probíhajícím krokem je vlastní tlakování zátky, kdy je ověřována funkčnost celého návrhu. Výsledky projektu DOPAS a experimentu EPSP budou sloužit jako jeden ze vstupů do bezpečnostní analýzy a pro aktualizaci referenčního projektu.

Tento projekt je realizován za finanční podpory EU sedmého rámcového programu Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom FP7, smlouva č. 323273, projekt DOPAS) a z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR (smlouva č. 7G13002).

Ing. Jiří Svoboda, Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Centrum experimentální geotechniky
e-mail: svobodaj@fsv.cvut.cz



INZERCE V BETON TKS PRO VÁS!

CENÍK ■

Formát	Umístění	Cena v Kč
A4	4. strana obálky	80 000,-
A4	3. strana obálky	50 000,-
A4	vnitřní strana	35 000,-
1/2 A4	vnitřní půlstrana (na šířku / na výšku)	20 000,-
1/3 A4	vnitřní třetina strany (na šířku / na výšku)	15 000,-
1/4 A4	vnitřní čtvrtstrana (na šířku / na výšku)	12 000,-
1/6 A4	inzerát nebo tisková zpráva	8 000,-
1/8 A4	inzerát nebo tisková zpráva	6 000,-
	propagační článek	30 000,-
	- za každou celou stranu	
	vklad vlastních propagačních materiálů	8 000,-

Ceny jsou uvedeny bez DPH.

Způsob placení: inzerce a PR články jsou placeny na základě faktury vystavené po jejich vytištění v časopise. Klient obdrží současně s fakturou dva výtisky časopisu, v případě zájmu lze přiblížit větší množství.

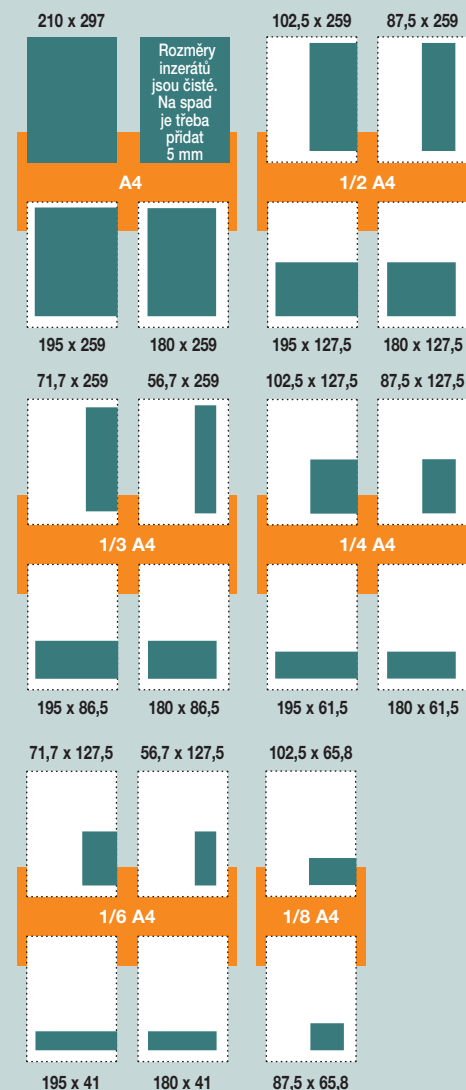
SLEVVY:

při opakování inzerátů v rámci ročníku - 10 %
pro členy SVC ČR, SVB ČR, ČBS ČSSI a SSBK - 15 %
při objednání inzerce do konce ledna - 10 %
při objednání celoroční inzerce (6 ks) - 5 %
Jiné možnosti či kombinace po dohodě s redakcí.

PŘÍRÁZKY:

přesné umístění +10 %
grafické zpracování +10 %

FORMÁTY ■



TECHNICKÉ ÚDAJE ■

PRE-PRESS

zlom	InDesign	přibalit použitá písma a obrázky
inzerce	Acrobat	režim CMYK, formát PDF
grafika	Photoshop (bitmapa)	režim CMYK, formát TIFF
		min. rozlišení 300 b/p - fotografie monochromatický režim, formát TIFF
	Illustrator (vektory)	režim CMYK, formát AI
média	CD, DVD, USB flash	PC / MAC

TISK

čistý formát (maketa)	210 x 297 mm
barevnost	4 barvy (CMYK)
technologie tisku	plochy ofset
papír obálka	250 g/m ² lesklá křída/lamino
papír vnitřní strany	150 g/m ² matná křída
tiskový rastr / rozlišení	175 lpi / 3810 dpi

Nepoužívejte prosím formát Corel, ale export pro AI (všechny texty v křivkách, obrázky ve CMYK režimu).
Není možné použít „hotové“ inzeráty z PowerPointu a Wordu.

PŘÍJEM INZERCE ■

Beton TKS, s. r. o.,
Na Zámecké 9, 140 00 Praha 4
tel.: 602 839 429, e-mail: redakce@betontks.cz

www.betontks.cz

EDIČNÍ PLÁN BETON TKS NA ROK 2016

Číslo	Hlavní téma	Redakční uzávěrka	Objednání inzerce	Dodání podkladů inzerce	Datum vydání
1/2016	Pozemní stavby	18. 12. 2015	15. 1. 2016	25. 1. 2016	15. 2. 2016
2/2016	Technologie provádění betonových staveb	22. 2. 2016	15. 3. 2016	25. 3. 2016	15. 4. 2016
3/2016	Sanace a rekonstrukce	22. 4. 2016	16. 5. 2016	25. 5. 2016	15. 6. 2016
4/2016	Mosty a dopravní stavby	22. 6. 2016	15. 7. 2016	25. 7. 2016	15. 8. 2016
5/2016	Beton a architektura	22. 8. 2016	15. 9. 2016	23. 9. 2016	14. 10. 2016
6/2016	Vodohospodářské a inženýrské stavby	21. 10. 2016	15. 11. 2016	23. 11. 2016	15. 12. 2016