



ŠTOLA JOSEF

VÝROČNÍ ZPRÁVA 2013

**REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM
URC JOSEF**



**ČVUT v Praze
Fakulta stavební**



URC Josef

OBSAH

Slovo úvodem.....	1
Zaměstnanci CEG	2
Spolupráce CEG na mezinárodní úrovni.....	7
O pracovišti	8
CEG	8
Podzemní laboratoř Josef	8
URC Josef	10
Výuka.....	12
Předměty bakalářského studia	12
Předměty navazujícího magisterského studia ..	13
Doktorské studium	14
Obhájené bakalářské a diplomové práce.....	15
Projekty	18
Schéma podzemí.....	31
Vybrané publikace 2013	33
Kde nás najdete	34

Vážení čtenáři,

výtisk Ročenky 2013 je již pátým v pořadí, tzn. naše snaha přiblížit aktivity v areálu štol Josefa i v Praze slaví „půlkulatiny“. Pracoviště Centrum experimentální geotechniky se jako součást Fakulty stavební podílí na výuce studentů. Přesto naší hlavní aktivitou je práce na výzkumných projektech řešených především v Podzemní laboratoři Josefa.

Z tohoto důvodu musíme zajistit, aby provoz Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josefa i Podzemní laboratoře Josefa stále spolehlivě a bezchybně fungoval. Práce v podzemí vyžaduje respekt a pokoru k přírodě, jinak příroda každé nedodržení bezpečnosti tvrdě potrestá.

Za velký úspěch v r. 2013 považujeme nejen zahájení in situ prací na rozsáhlém evropském projektu DOPAS, ale i to, že Mezinárodní agentura pro atomovou energii opět vybrala naše pracoviště pro tréninkový kurz mladých odborníků z celého světa, který se uskutečnil v září. Naším přetrvávajícím, a zatím nenaplněným, přáním je využívat podzemní prostory i k jiným účelům, např. k ozdravným speleo-terapeutickým pobytům dětí.

Prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CS.
vedoucí CEG



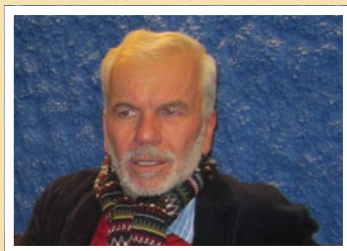
ČVUT v Praze
Fakulta stavební



Centrum
experimentální
geotechniky



URC Josef



prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc
vedoucí CEG

Absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Zde je také od roku 1977 zaměstnán. V roce 1998 se hlavní měrou zasloužil o vznik nového pracoviště - Centra experimentální geotechniky (CEG). V roce 2004 byl jmenován profesorem v oboru Teorie stavebních konstrukcí a materiálů.

Je autorem myšlenky zprovoznit pro výuku a výzkum opuštěné důlní dílo štola Josef, inicioval rovněž vznik vědecko-technického parku „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“. Pod jeho dohledem začalo v roce 2013 postupné zpřístupňování rozsáhlé podzemní kaverny pro veřejnost.



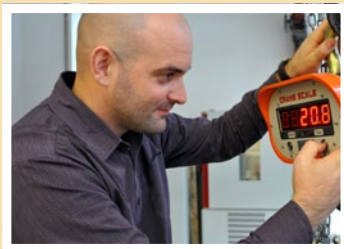
Ing. Jiří Svoboda, Ph. D.
zástupce vedoucího, odborný asistent

V roce 1999 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Dále pokračoval v doktorském studiu obor Fyzikální a materiálové inženýrství, které ukončil v roce 2004. V CEG pracoval při studiu jako pomocná vědecká síla, během doktorského studia na částečný úvazek, stálým zaměstnancem je od roku 2004. Spoluzodpovídá za výzkumné aktivity CEG. Zastupuje CEG jako zodpovědný řešitel mezinárodních projektů.



Ing. Jana Hubálovská
ekonomka

V roce 1979 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. Členem týmu CEG je od 1.1.2011. Zodpovídá za administrativní a ekonomický chod pracoviště, podílí se na administraci řešených projektů, zajišťuje jejich technickou podporu a provádí kontrolu jejich průběžného financování. Dále je pověřena úkony spojené s personálními záležitostmi.



Ing. Radek Vašíček, Ph. D.
odborný asistent

V roce 2001 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. V roce 2007 zakončil doktorské studium v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG pracoval již jako student, stálým zaměstnancem je od roku 2007. V roce 2006 absolvoval studijní pobyt v SKB Åspö Hard Rock Laboratory ve Švédsku. Odpovídá za pedagogické aktivity CEG, provoz akreditované geotechnické laboratoře a spolupracuje na výzkumných projektech.



Ing. Danuše Nádherná
odborná asistentka

V roce 1981 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. S CEG spolupracovala externě od roku 2006, v roce 2008 se stala stálým zaměstnancem. Zajišťuje kompletní inženýrskou činnost a bezpečnostní dozor ve štole Josef, zodpovídá za správu povrchového areálu a podílí se na přípravě a administraci projektů. Spolupracuje na aktivitách pro prezentaci pracoviště a organizuje prohlídky veřejnosti.



Monika Růžičková
recepční

V roce 2010 absolvovala Obchodní akademii v Příbrami a od srpna 2011 je zaměstnaná v CEG. Podílí se na zajišťování provozu podzemí, budovy URC Josef a objektů umístěných v povrchovém areálu štoly Josef. Zodpovídá za kontrolu a evidenci všech osob vstupujících do areálu štoly Josef i podzemí.



Josef Barták
technik

V CEG pracuje od roku 2010. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef a údržbu mechanizace. Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



Vladimír Kašpar
technik

V CEG pracuje od roku 1998. Zajišťuje především přípravu měření při experimentálních pracích, zodpovídá i za záměčnické a stavební práce při výstavbě experimentů. Podílí se na rekonstrukci a zprovoznování nových úseků štoly Josef. Má na starost podporu výuky.



Petr Růžička
technik

V CEG pracuje od roku 2009. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef.

Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



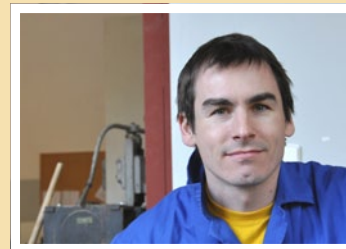
Ing. Lucie Hausmannová
studentka doktorského studia

Je studentkou doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG je zaměstnána na částečný úvazek a podílí se na výuce předmětu Mechanika zemin a Laboratoř geotechniky. Spoluzodpovídá za laboratorní zkoušky materiálů inženýrských bariér. Absolvovala International Interdisciplinary CCS Summer School 2010 na Špicberkách pod záštitou IEA Green house Gas Programme a v roce 2013 tříměsíční stáž v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii ve Vídni. Každoročně se podílí na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef.



Ing. Markéta Levorová
studentka doktorského studia

Je studentkou doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG je zaměstnána na částečný úvazek a podílí se na výuce předmětu Mechanika zemin. Spoluzodpovídá za laboratorní zkoušky a měření. Absolvovala „Timodaz training course“ pořádaný EU – ITC v Barceloně. V roce 2011 absolvovala mezinárodní výukový kurz PET-RUS II zaměřený na geologické ukládání radioaktivního odpadu konaného v areálu štoly Josef a v Praze. Každoročně se podílí na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef.



Ing. Jan Smutek
student doktorského studia

Je studentem doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. Podílí se na výuce předmětu Mechanika zemin a Laboratoř geotechniky a také na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef. Spolupracuje na projektech spojených s experimentálním výzkumem plynopropustnosti horninového masivu. Na podzim roku 2013 absolvoval tříměsíční zahraniční stáž ve Francii v podzemní laboratoři Meuse/Haute-Marne Underground Research Laboratory, což je pracoviště francouzské agentury ANDRA zodpovědné za budování hlubinného úložiště.



Ing. Jiří Štáštka
student doktorského studia

Je studentem doktorského studia - obor Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG je zaměstnán na částečný úvazek a podílí se na výuce předmětu Mechanika zemin. Je zodpovědný za experimentální práce při řešení problematiky výplňových těsnění nanášených nástřikem. V roce 2012 absolvoval tříměsíční stáž v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii ve Vídni. Pod jeho vedením byl vystavěn a začátkem roku 2013 spuštěn fyzikální model projektu „Bentonity 95“, tento projekt nadále technicky řídí. Zodpovídá také za provoz in situ fyzikálního modelu úložného místa pro vyhořelé jaderné palivo Mock-Up Josef.



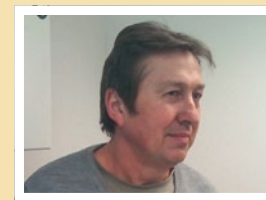
Bc. Zbyněk Venkrbec
student

Od roku 2006 studoval obor Konstrukce a dopravní stavby Fakulty stavební ČVUT v Praze a v roce 2012 obhájil úspěšně diplomovou práci. V CEG byl do června 2013 zaměstnán na částečný úvazek. Pomáhal při rekonstrukci a zprovoznování nových úseků štol Josef i při zajištění experimentálního výzkumu v laboratořích CEG. Každoročně se podílel na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štol Josef.

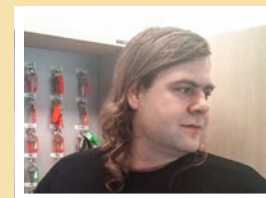
Ostraha areálu URC Josef



Jan Rýdl



Lubor Stoužil



Michal Rýdl

SPOLUPRÁCE CEG NA MEZINÁRODNÍ ÚROVNI

Spolupráce s mezinárodními institucemi je pro Centrum experimentální geotechniky přirozenou cestou k posílení povědomí o aktivitách CEG a podporuje jeho zapojení do mezinárodních projektů. Představuje významný podnět pro rozvoj teoretických i praktických poznatků, poskytuje možnost porovnat úroveň poznání v řadě zájmových oblastí.

ENEN – European Nuclear Education Network

ENEN asociace je nezisková mezinárodní organizace založená v r. 2003. Jejím posláním je ochrana a další rozvoj odborných znalostí v oblasti jaderného inženýrství za pomoci vzdělávání a praktického výcviku. Asociace má 51 členů. CEG se zapojuje v oblasti hlubinného ukládání radioaktivních odpadů. <http://www.enen-assoc.org/>

IAEA URF Net: Training and Demonstration of Waste Disposal Technologies in Underground Research Facilities (URF Network)

Jde o síť IAEA (International Atomic Energy Agency), která sdružuje podzemní výzkumná pracoviště za účelem praktického výcviku a demonstrací technologií pro hlubinné ukládání radioaktivních odpadů. Podzemní laboratoř Josef nabízí v rámci aktivit IAEA organizování výzkumných tréninkových pobytů či mezinárodních odborných exkurzí. http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/wts_URF_homepage.html

IGD-TP: Implementing Geological Disposal - Technological Platform

Tato instituce byla, s podporou Evropské komise, založena v roce 2007 několika evropskými organizacemi, které jsou zodpovědné za nakládání s radioaktivními odpady. V současnosti sdružuje organizace z 23 zemí. Hlavním cílem IGD-TP je iniciovat a uskutečňovat strategické plánování a technickou spolupráci pro postupnou implementaci bezpečného způsobu hlubinného ukládání vyhořelého jaderného paliva. <http://www.igdtp.eu>

O PRACOVIŠTI

V roce 2013 většina pracovníků Centra experimentální geotechniky druhým rokem pravidelně dojížděla do areálu štoly Josef, kde jsou nyní **koncentrovány všechny významné aktivity pracoviště**. V kancelářích a laboratořích v budově Fakulty stavební zůstala soustředěna hlavně administrativní činnost a samozřejmě se zde střídají odborní asistenti a doktorandi při svých „povrchových“ pedagogických aktivitách.

CEG

Centrum experimentální geotechniky (CEG) je samostatným pracovištěm Fakulty stavební ČVUT v Praze od roku 1998 a svou pedagogickou činnost zaměřuje především na **praktické seznámení studentů s laboratorními zkouškami a experimenty z oboru geotechniky**, na in situ prováděné zkoušky a na měření související se zakládáním staveb a s podzemními stavbami. Výuka všech předmětů zůstala zachována ve stejném rozsahu i po dislokaci většiny aktivit CEG do areálu štoly Josef. Veškeré vybavení pro výuku zůstává v budově FSv v Dejvicích, přemístila se pouze některá zařízení určená pro výzkumné účely. Akreditované laboratorní zkoušky týkající se určování vlastností zemin a hornin se provádějí v nových laboratořích v budově URC Josef.

Hlavní náplň práce CEG již řadu let tvoří výzkumná a experimentální činnost, nyní realizovaná především v Podzemní laboratoři Josef. Výzkumné projekty jsou v posledních letech zaměřeny především na oblast ukládání radioaktivních odpadů (RAO) v hlubinném úložišti a dalších souvisejících témat.

PODZEMNÍ LABORATOŘ JOSEF

S potěšením je možné konstatovat, že Podzemní laboratoř Josef se v roce 2013 stala místem neustálého „pohybu“. Více jak 5 km zprovozněných podzemních prostor poskytuje jedinečné



Pracovníci CEG v „Podhradí“



Laboratorní zkoušky lisovaného bentonitu



Mokrsko západ - hlavní překop



Účastníci IAEA kurzu při výuce ve štole



... a v laboratoři



Mikrobus pro dopravu do podzemí

zázemí pro pravidelnou výuku studentů, realizaci výzkumných projektů, tréninkové kurzy, exkurze odborné i laické veřejnosti i pro prezentace našich partnerů.

Standardně zde probíhá **výuka předmětů bakalářských a magisterských oborů Fakulty stavební** orientovaná na podzemní stavitelství, studenti zde řeší experimentálně zaměřené bakalářské, diplomové a doktorské práce. Z FSV se aktivně do výuky ve štole Josef zapojují také pedagogové a studenti ze studijního programu Geodézie a kartografie. Z ostatních univerzit pravidelně přijíždějí studenti z VŠCHT Praha, TU Liberec, MU Brno i UK Praha.

Výzkumné projekty související s problematikou ukládání RAO jsou jednou z nejdůležitějších aktivit pracoviště od samého zahájení provozu. Rozrážky, ve kterých se projekty a experimenty realizují, se nacházejí v lokalitách Čelina západ, Mokrsko západ a postupně se začínají zprovožňovat i části v oblasti Mokrsko východ (více o jednotlivých projektech v samostatné kapitole).

Významnou akcí se v září stal **mezinárodní tréninkový kurz pořádaný pod hlavičkou Mezinárodní agentury pro atomovou energii** ve Vídni pro mladé specialisty v oblasti ukládání radioaktivních odpadů. Kurzu se zúčastnilo 16 odborníků z Evropy, Asie i Afriky. Pracovníci CEG zajišťovali jak teoretické přednášky, tak následná praktická cvičení. Při závěrečném hodnocení kurzu byly reakce „studentů“ velmi pozitivní, zvláště vyzdvihovali praktická cvičení, se kterými se mnozí do té doby nesetkali.

Již potřetí se uskutečnila jednodenní akce „Den štoly Josef“, určená pro středoškoláky, tentokrát byli osloveni studenti z pražských odborných škol. Z prostředků „Fondu ČVUT na podporu celoškolských aktivit 2013“ byla připravena prezentace pracoviště a prohlídka podzemí, které studentům **v netradičním vysokoškolském prostředí přiblížily studium technických oborů.**

V neposlední řadě je štola Josef přístupná široké veřejnosti. V průběhu roku 2013 se stal areál štoly Josef cílem řady exkurzí pro odbornou veřejnost – přivítali jsme např. účastníky mezinárodní konference Podzemní stavby 2013, geology z Holandska, zájemce z řad českých geodetů apod. Prohlídky pro laickou veřejnost probíhají od května do září (<http://ceg.fsv.cvut.cz>), poprvé si mohli návštěvníci **díky zavedené podzemní dopravě mikrobusem prohlédnout i lokalitu Mokrsko západ.** V sezoně 2013 navštívilo štolu opět téměř 1000 návštěvníků.

Správa úložišť radioaktivních odpadů – dlouholetý partner pracoviště – několikrát využil areál štoly Josef pro prezentaci svých záměrů ohledně ukládání vyhořelého jaderného paliva do hlubinného úložiště (HÚ). **Prezentace byla určena pro obyvatele vytipovaných lokalit**, kde by měl proběhnout geologický průzkum související s výběrem vhodné lokality pro výstavbu HÚ v ČR.

Práce na zpřístupnění dílčích úseků štol a velkoprostorové kaverny („katedrály“) v oblasti Čelina východ značně pokročily. V bývalém lezném oddělení je nyní vybudováno schodiště, po kterém lze z bývalé větrací štoly sestoupit z úrovně 40 m do úrovně 20 m. Zde je část štoly upravena na „hlediště“, kde je možné v jedinečném podzemním prostoru zažít hudební a světelnou produkci. **V předvánočním čase se zde uskutečnilo několik zkušebních „koncertů“.**

Dalšími zajímavými akcemi, které nesouvisejí s hlavním odborným zaměřením pracoviště, bylo např. druhé sčítání netopýrů v páteřní chodbě (celkem 37 kusů těchto létajících savců) nebo květnový první ročník cyklistického závodu „Ze štoly do štoly“ pro sportovně založené partnery a pracovníky CEG.

URC JOSEF

V loňském roce již druhou sezónu v plné míře fungovalo „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“, které spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex.

Vědecko-technický park URC Josef si klade za cíl:

- **technologický vývoj a inovace zaměřené na nové technologie, konkurenceschopné výrobky a služby v oboru podzemních staveb**
- **rychlejší transfer výsledků výzkumu k praktickým aplikacím**
- **třénink a rekvalifikace pracovníků podzemních staveb**
- **marketinkové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví**



Jedna z čestných lóží v katedrále



Na startu



Jezírko v zimním



Výstup k portálku



Před portálkem na úbočí Koňského vrchu

Objekt poskytuje zázemí zejména inovačním firmám. Prostředí vědecko-technického parku přilákalo kromě malých a středních firem (FILAMOS s.r.o., WATRAD spol. s r.o.) i renomované společnosti, jakými jsou Metrostav a.s., ÚJV Řež a.s., Správa úložišť radioaktivních odpadů. Všechny uvedené firmy jsou od zahájení provozu klienty URC Josef a zůstávají ve svých pronajatých prostorech i pro další rok.

Personálně a odborně zajišťuje provoz URC Josef tým pracovníků Centra experimentální geotechniky. **V České republice ani v Evropě neexistuje pracoviště**, které poskytuje infrastrukturu, prostředí a služby jako URC Josef. Svým zaměřením nabízí jedinečné podmínky pro výzkum, trénink a marketink v oblasti podzemních staveb.



Výklad o projektech ve štolě

VÝUKA

Předměty vyučované pedagogy CEG jsou svým specifickým zaměřením určeny především pro studenty oborů Konstrukce a dopravní stavby, Inženýrství životního prostředí a Požární bezpečnost staveb. Jedná se o předměty orientované na experimentální geotechniku, jejichž výuka probíhá jak v laboratořích CEG, tak v Podzemní laboratoři Josef. V areálu štoly Josef a v podzemí se také vyučují předměty studijního programu Geodézie a kartografie, svou výuku zde mají i studenti dalších vysokých škol (např. VŠCHT Praha, TU Liberec, MU Brno).

PŘEDMĚTY BAKALÁŘSKÉHO STUDIA

Požární spolehlivost podzemních staveb je povinný předmět pro studijní obor Požární bezpečnost staveb. Studenti jsou seznámeni se základní charakteristikou podzemních děl, s riziky a jejich prevencí při výstavbě a provozování, báňskými předpisy i dalšími tématy souvisejícími s podzemními stavbami. Důraz je kladen především na požární a bezpečnostní problematiku.

Projekt 2 a Projekt D připravují studenti oboru Inženýrství životního prostředí, resp. Konstrukce a dopravní stavby na vypracování bakalářské práce tematicky zaměřené na experimentální geotechniku. Studenti se seznamují s odbornou literaturou, zpracovávají rešerše, řeší praktické příklady související se zvolenou problematikou jak v laboratořích CEG, tak in situ v Podzemní laboratoři Josef. Předmět je zakončen vypracováním osnovy bakalářské práce s návrhem, jak zadaný problém řešit.

Bakalářská práce nabízí studentům oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí příležitost vypracovat prakticky orientované bakalářské práce, zaměřené na aktuální témata z oboru geotechniky. Pro řešení mohou využívat povrchové geotechnické laboratoře i podzemí štoly Josef.



Ukázka vrtání



Výuka studentů Geodézie a kartografie



Rozebírání malého fyzikálního modelu



Výuka důlního mapování studentů MU Brno



Exkurze studentů Fakulty stavební

PŘEDMĚTY NAVAZUJÍCÍHO MAGISTERSKÉHO STUDIA

Laboratoř geotechniky má ve své náplni geotechnické in situ i laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů hornin a zemin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o mechanicko-fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry.

Experimentální analýza konstrukcí - část geotechnika je zaměřena na praktická cvičení v reálných podmínkách v Podzemní laboratoři Josef. Po seznámení s Provozními řády pracoviště následují celodenní cvičení z oblasti monitoringu podzemních konstrukcí, aplikace a kontroly provedení těsnících jílových materiálů a analýzy vybraných parametrů horninového prostředí.

Diplomový seminář představuje přípravu pro řešení tématu diplomové práce z oblasti experimentální geotechniky. Součástí je studium literatury, rešerše, seznámení se s řešenou problematikou na praktických příkladech. Zakončen je konceptem řešení diplomové práce.

Diplomová práce je určena pro studenty navazujících magisterských oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí, kteří v rámci svého oborového zaměření řeší diplomovou práci z oblasti experimentální geotechniky. Témata prací obvykle úzce souvisejí s výzkumnými projekty zpracovávaných v CEG. Pro řešení prací studenti využívají jak geotechnické laboratoře, tak Podzemní laboratoř Josef.

Experimentální výzkum ukládání radioaktivních odpadů je volitelný předmět a zabývá se problematikou bezpečného izolování radioaktivních odpadů. Studenti se seznámí se základními principy ukládání radioaktivních odpadů, s vlastnostmi materiálů na bázi bentonitu pro konstrukci inženýrské bariéry hlubinného úložiště, s fyzikálním modelováním, s praktickými úlohami v Podzemní laboratoři Josef. Předmět se vyučuje také v angličtině.

Geotechnika v Podzemní laboratoři Josef je také volitelný předmět, který nabízí praktická cvičení z geotechniky studentům všech oborů. Výuka probíhá v Podzemní laboratoři Josef. Nejprve jsou studenti seznámeni s pracovištěm (historie, současná podoba, výzkumná činnost), pravidly pohybu v podzemí a s příslušnými Provozními řády. Následují celodenní praktická cvičení, jejichž základem jsou geotechnická cvičení předmětu „Experimentální analýza konstrukcí“.

DOKTORSKÉ STUDIUM

CEG je pracoviště, které rovněž vede studenty doktorského studia oboru „Fyzikální a materiálové inženýrství“. V roce 2013 se studiu a přípravě své disertační práce věnovali čtyři studenti.

Pod vedením prof. Pacovského se připravují Markéta Levorová a Jiří Štáštka. M. Levorová i J. Štáštka studují čtvrtým rokem a téma jejich práce je „Redistribuce napětí v horninovém masivu vyvolaná teplotním namáháním“, resp. „Fyzikální modelování při řešení problematiky izolování radioaktivních odpadů“.

Lucie Hausmannová ukončila třetí rok studia a zpracovává téma „Hydrofyzikální vlastnosti smektitických jííl v podmínkách hlubinného úložiště radioaktivních odpadů“ pod dohledem Ing. Vašíčka, Ph.D. Jana Smutka čtvrtým rokem vede Ing. Svoboda, Ph.D., téma práce je „Výzkum plynopropustnosti horninového prostředí založený na experimentálním in situ měření“. Oba na podzim 2013 absolvovali povinné tříměsíční zahraniční stáže – L. Hausmannová v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii ve Vídni a J. Smutek ve Francii v podzemní laboratoři agentury ANDRA.

Studentská grantová soutěž

Druhým rokem pokračoval tříletý studentský projekt **Výzkum plynopropustnosti těsnících a přírodních bariér**. Studentský tým tvoří studenti doktorského studia Ing. Markéta Levorová a Ing. Jan Smutek, navrhovatelem projektu je Ing. Jiří Svoboda, Ph.D. Účelem tohoto projektu je výzkum chování bentonitu z hlediska propustnosti pro plyn při jeho různých aplikacích.

V roce 2013 byly provedeny ve štolě Josef v rozmezí několika měsíců čtyři plynové tlakové zkoušky u jádrového vrtu částečně vyplněného bentonitem. Bentonitová náplň ve formě lisovaných prefabrikátů byla mezi jednotlivými testy průběžně sycena vodou. Jedním z cílů opakovaných tlakových zkoušek je sledování tzv. průlomového tlaku (breakthrough pressure), tj. hodnoty tlaku, při které dojde k otevření preferenční cesty pro proudění vzduchu v bentonitu.

Rovněž se uskutečnily tzv. velkoobjemové zkoušky, při kterých byla plynopropustnost bentonitu v závislosti na jeho nasycení zkoumána v ocelové formě o rozměrech 400 x 400 x 400 mm. Byly realizovány celkem dvě velkoobjemové zkoušky, při první byl do formy



Jádrové odvrtý bentonitových vzorků



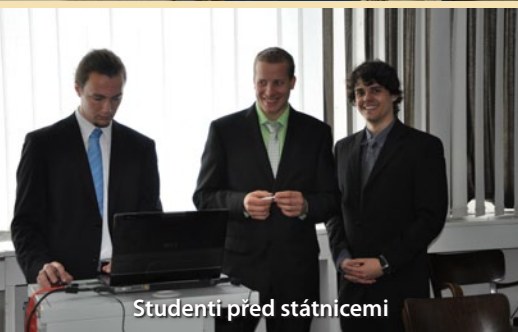
Testovací sestava



Vzorek bentonitu po zkoušce pevnosti v tlaku



Kuželová zkouška meze tekutosti



Studenti před státnicemi

nastříkán granulovaný bentonit, u druhé se jednalo o směs pelet a granulovaného bentonitu ručně hutněné do formy.

V roce 2013 byl zahájen nový studentský výzkumný projekt **Hydrofyzikální vlastnosti nehomogenního materiálu na bázi bentonitu**. Navrhovatelkou je Ing. Lucie Hausmannová, členy týmu jsou Ing. Jiří Štástka a Ing. Radek Vašíček, Ph.D. Cílem projektu je výzkum vlivu nehomogenity vzorků bentonitů na hydraulickou vodivost a bobtnací tlak. Výzkum vychází z požadavků na vlastnosti bentonitu, který bude použit pro konstrukci těsnící, resp. výplňové vrstvy v multibariérovém systému hlubinného úložiště radioaktivních odpadů a kde je výskyt nehomogenního materiálu reálný.

V prvním roce projektu byl proveden výběr konkrétního materiálu - průmyslově dodávaný B75. Vybraný bentonit byl nejprve podroben sadě vstupních zkoušek, určovala se zdánlivá hustota pevných částic, mez tekutosti, mez plasticity a další vlastnosti. Hydrofyzikální vlastnosti materiálu budou ověřovány pomocí propustoměrů, unikátního zařízení pracoviště CEG. Protože zkoumané vzorky budou větší než běžné v propustoměru testované, součástí prvního roku projektu byl i návrh úpravy zařízení pro testování velkých vzorků.

OBHÁJENÉ BAKALÁŘSKÉ A DIPLOMOVÉ PRÁCE

Návrh a příprava měření hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku jílu při teplotách do 90 °C
Tomáš BARÁNEK

Záměrem **bakalářské práce** bylo navrhnout úpravy komory zařízení pro měření hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku bentonitu tak, aby bylo možné provádět měření při teplotách do 90 °C a otestovat funkčnost navržených úprav. Důvodem úprav je snaha přiblížit se reálným podmínkám hlubinného úložiště, kde bude bentonit, jako materiál těsnící vrstvy, vystaven teplu, které bude vyzařováno kontejnerem s radioaktivním odpadem.

Práce byly zahájeny přípravou a zprovozněním systému pro kontinuální zahřívání zkušební komory (topná spirála, řídicí jednotka a referenční teploměr, tepelná izolace). Ověření funkce komory proběhlo ve dvou krocích. První krok se zabýval měřením rozložení teplot

v komoře, na jejím povrchu a v nejbližším okolí (tepelné izolaci). Součástí bylo i měření teploty uvnitř instalovaného vzorku. Jako materiál byl zvolen český práškový hořečnatovápennatý bentonit. Ve druhé fázi byl ověřován, bez vzorku v komoře, vlastní vliv teploty na tlak vyvolaný na píst komory. V obou krocích bylo využito cyklického zahřívání v rozsazích 22 °C až 60 °C a 60 °C až 90 °C. Výstupem práce je zahřívací systém komory a popis chování komory při teplotách do 90°C.

Využití pelet ve stříkaných jílových těsněních

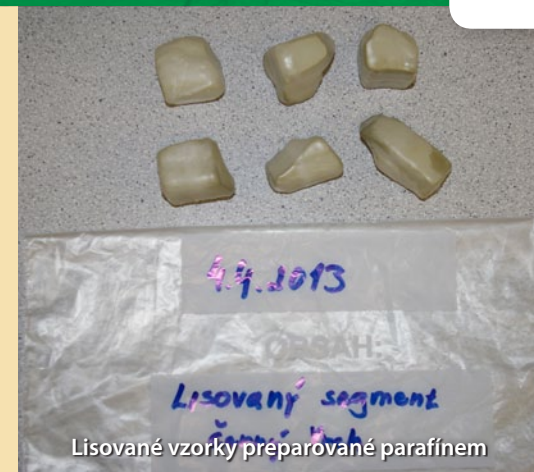
Jan VOŽECH

Cíl **bakalářské práce** vycházel z požadavků na geotechnické vlastnosti bentonitu jako materiálu pro těsnící (buffer) a výplňovou (backfill) vrstvu inženýrské bariéry hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva. Byl zkoumán bentonit ve dvou formách – lisované pelety a drtě z vysoce slisovaného materiálu. Materiál dodala firma Keramost, a.s., jednalo se o neaktivovaný český Ca-Mg bentonit. Využity byly dvě drtě – „jemnozrná“ (do 5 mm) a hrubozrná (frakce nad 5 mm). U vzorků byly nejprve určeny základní vlastnosti – objemová hmotnost, váhová vlhkost a zrnitostní složení. Dále byly provedeny zkoušky sypné hmotnosti pro různé druhy uložení materiálu. Podle dosažené objemové hmotnosti (co nejvyšší) byly zvoleny dvě směsi, které byly dále použity pro zkušební nástříky pomocí torkretovacího stroje. Z nástříků byly odebrány a laboratorně vyhodnoceny vzorky. Na základě vyhodnocení testů byla provedena optimalizace složení nástříkové směsi.

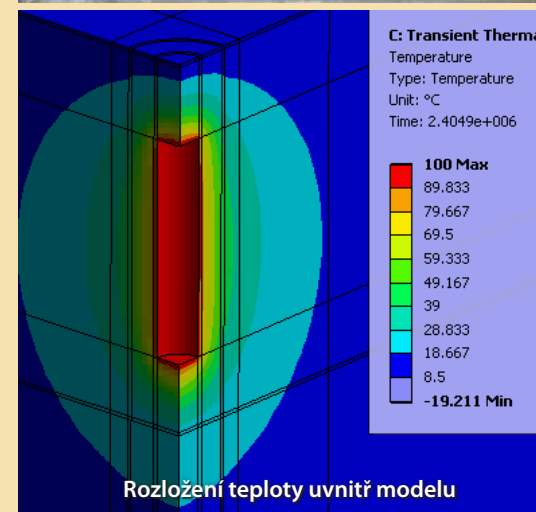
Numerická analýza experimentu Mock-Up Josef

Witman ESQUIVEL FERNÁNDEZ

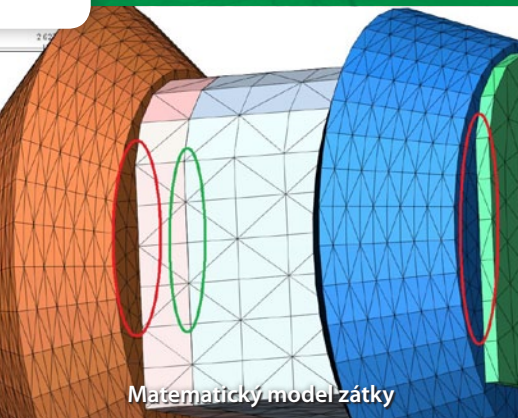
Diplomová práce, řešená v CEG zahraničním studentem, se týkala numerického modelování experimentu Mock-Up Josef. Cílem práce bylo vytvořit modely predikující chování experimentu a odezvu okolního prostředí. Za tímto účelem byla vytvořena pomocí metody konečných prvků série numerických modelů simulujících jak chování vlastní bentonitové těsnící bariéry (bufferu), tak hostitelské horniny (granodioritů). Simulovány byly tepelné a mechanické procesy probíhající uvnitř a vně experimentu. Pro modelování byl zvolen software ANSYS Workbench V14.



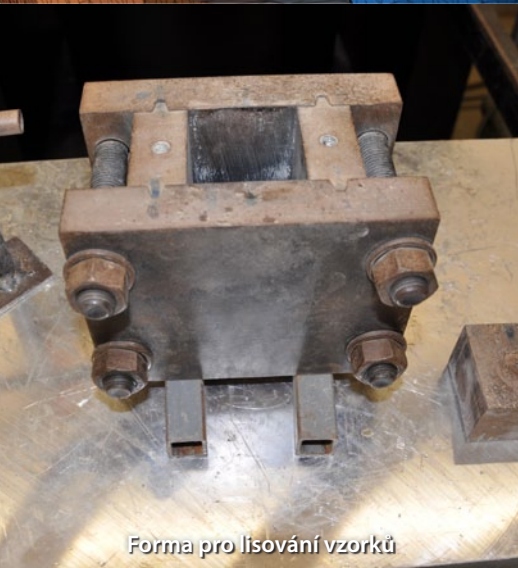
Lisované vzorky preparované parafínem



Rozložení teploty uvnitř modelu



Matematický model zátky



Forma pro lisování vzorků

Komplexní návrh tlakové a těsnící zátky hlubinného úložiště Zbyněk VENKRBEČ

Diplomové práce se zabývala návrhem tlakové a těsnící zátky, která bude součástí konstrukce hlubinného úložiště (HÚ). Její funkce spočívá v oddělení zaplněných prostor HÚ (štol s úložnými studnami) od prostor nezaplňných.

Česká zátka EPSP (Experimental Pressure and Sealing Plug) budovaná v Podzemní laboratoři Josef je jedna z pěti zátek, které budou vystavěny v rámci evropského projektu DOPAS. V diplomové práci byly navrženy tři konstrukční varianty zátky lišící se od sebe uložením (vetknutím) betonových bloků, které z obou stran zátku uzavírají, do okolního horninového masivu.

Podstatnou část práce tvoří návrh matematického 3D modelu pomocí zvoleného softwaru GTS Midas. Na vytvořených matematických 3D modelech pro všechny tři varianty bylo simulováno tlakové zatížení zátky. Simulací byl získán přehled o vývoji napjatosti v horninovém masivu a v tělese zátky.



Studenti FJFI při výuce ve štole

PROJEKTY

I v roce 2013 probíhaly v Podzemní laboratoři Josef intenzivní práce na řešení výzkumných projektů a CEG, jako spoluřešitel převážně části z nich, se na této práci rovněž podílelo. Pro dva zahraniční a dva tuzemské projekty byl loňský rok finálním rokem, **završeným závěrečnými zprávami a dalšími plánovanými výstupy.** Na třech nových projektech naopak byly práce zahájeny. (Podrobnosti o všech projektech v ročenkách na webu <http://ceg.fsv.cvut.cz>.)

Po přípravné fázi se začaly realizovat první kroky rozsáhlého evropského projektu DOPAS (Full Scale Demonstration of Plugs and Seals), které spočívaly v systematické úpravě rozrážky SP-63, **kde bude vystavěn model české zátky** (EPSP – Experimental Pressure and Sealing Plug). Ve fázi intenzivních testů, laboratorních i in situ zkoušek a monitoringu se nacházejí projekty Mock-Up Josef, Stiromas, Bentonity 95 a Víta.

Zájem výzkumných institucí o řešení projektů v Podzemní laboratoři Josef svědčí jednoznačně o správném směřování tohoto pracoviště. S rostoucím počtem realizovaných projektů v podzemí se jako nutnost jeví záměr postupně zprovozňovat oblast Mokrsko východ, a tím **navýšit rozlohu prostor vhodných pro realizaci nových projektů.**

Zatím se, i přes usilovnou snahu, nepodařilo získat projekty, na kterých by se podíleli spolu s CEG partneři mimo Evropskou unii (např. Rusko, Korea...). Nadějně vypadal projekt předložený společně s kolegy z korejského KAERI, ale pro nesoulad v administrativních náležitostech mezi oběma zeměmi nebyl přijat.

PARTNEŘI PROJEKTŮ



SÚRAO



Mott MacDonald



VŠCHT PRAHA



ÚJV



ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA
1919



ARCADIS



ISATech s.r.o.



WATRAD, spol. s r.o.



GEOMEDIA®



Geologický ústav AV ČR, v.v.i.
Institute of Geology AS CR, v.v.i.



Příprava rozrážky před injektážemi



Detail jádrových vrtů



Vrt pro monitoring zátky

DOPAS - FULL SCALE DEMONSTRATION OF PLUGS AND SEALS

Doba trvání: 2012-2016
 Spolupříjemci: 14 evropských institucí
 Poskytovatel dotace: 7. RP EU, MŠMT



DOPAS je rozsáhlý evropský projekt, na kterém se z České republiky podílí Fakulta stavební ČVUT v Praze, ÚJV Řež a SÚRAO. Projekt koordinuje jeden z finských partnerů – Posiva Oy (finská obdoba SÚRAO). Ambiciózním cílem české účasti v projektu je **výstavba experimentální tlakové a těsnící zátky** (EPSP - Experimental Pressure and Sealing Plug) ve štole Josef. Těsnící zátka budou součástí hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů. Jejich primární funkce spočívá v bezpečném oddělení již zaplněných prostor HÚ (úložné tunely) od prostor nezaplňných. Po přípravných a administrativních činnostech v první polovině roku 2013 začaly být realizovány konkrétní aktivity dle harmonogramu celého projektu.

V laboratoři CEG byly testovány vlastnosti českého bentonitu B75, který představuje, spolu s betonem vyztuženým skelnými vlákny, **hlavní materiál pro výstavbu EPSP**. Provedeny byly základní geotechnické testy i stanovení hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku. Pro výstavbu zátky se počítá s bentonitovými peletami, které budou mít požadovanou objemovou hmotnost. Proto probíhá mj. i výběr českého producenta, který dokáže pelety vyrobit v požadovaném množství, kvalitě a čase.

Rovněž začaly úpravy 2 rozrážek v oblasti Mokrsko západ – byly provedeny úpravy výlomů, vystavěna hrázka na rozhraní rozrážky SP-63 a hlavního překopu. V jedné z rozrážek bude vystavěna zátka EPSP (SP-63) a **ve druhé bude v provozu technologické centrum**, ze kterého bude řízeno zatěžování zátky zkušebními médii. V závěru roku proběhly již první práce na horizontálních vrtech propojující obě rozrážky.

FORGE – FATE OF REPOSITORY GASES

Doba trvání: 2009-2013

Partneři: 23 evropských výzkumných institucí
a univerzit



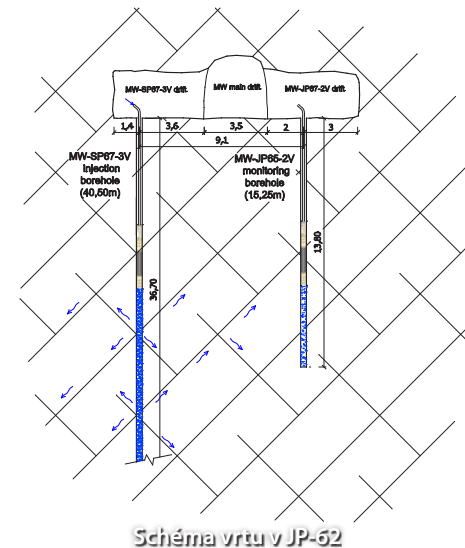
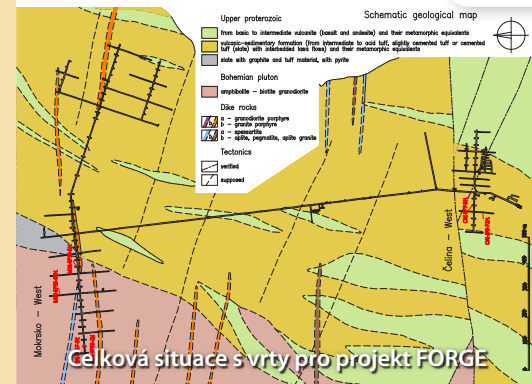
Poskytovatel dotace: 7. RP EU, MŠMT

FORGE byl rozsáhlý evropský projekt zaměřený na **studium vzniku, chování a migrace plynů** v přírodních i inženýrských bariérách hlubinného úložiště. CEG se v rámci projektu zabývalo in situ výzkumem migračních vlastností granitových hornin, které souvisejí s projektováním hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Důraz byl kladen na porovnání hodnot plynopropustnosti u narušené (EDZ) a nenarušené zóny v krystalických horninách.

Testování plynopropustnosti v EDZ jednoznačně prokázalo jejich negativní vliv na migraci plynů v horninové masivu. Systém trhlinek v EDZ může fungovat jako „kolektor“, a tím **může docházet ke koncentraci plynu v určitých lokalitách** (ekvivalent stratigrafické pasti). Tento poznatek je zásadní pro návrh konstrukce hlubinného úložiště radioaktivních odpadů.

Pro měření plynopropustnosti vyvinulo CEG speciální sestavu pro injektování plynného média a unikátní mobilní měřicí stanici s možností zaznamenávat měřené hodnoty tlaku, teploty a objemu plynu. Od roku 2010 byly v Podzemní laboratoři Josef systematicky prováděny tlakové zkoušky různých typů ve vrtech v oblasti Mokrsko a Čelina. **Také byly realizovány migrační testy mezi dvěma vertikálními vrty.**

Během řady tlakových zkoušek vznikla rozsáhlá databáze měřených hodnot, které se staly vstupními údaji pro matematické modelování zkoumané problematiky. Získané údaje pokrývají různé tlakové režimy a rozsahy pro proudění plynu v narušených horninového prostředí.





Jedno ze setkání účastníků projektu



Odborná diskuze

ECNET - EU-CHINA NUCLEAR EDUCATION AND TRAINING COOPERATION

Doba trvání: 2011-2013

Spolupříjemci: 10 evropských a 7 čínských institucí

Poskytovatel dotace: 7. RP EU



Cílem projektu ECNET, který v roce 2013 skončil, bylo vytvořit společný rámec pro účinnou **spolupráci mezi evropskými a čínskými institucemi** týkající se vzdělávání, výchovy, tréninku a managementu znalostí v oblasti jaderné energetiky. Na financování projektu se podílely Evropské společenství pro atomovou energii (Euratom) a Čínská agentura pro atomovou energii (CAEA). Evropsští partneři byli koordinováni sdružením ENEN (The European Nuclear Education Network) a koordinátorem čínských partnerů byla univerzita v Tsinghua.

Spolupráce se týkala magisterského, postgraduálního i dalšího profesního vzdělávání a tréninku odborníků. Záměrem bylo vytvořit podmínky pro vzájemné uznávání vzdělání a odborné přípravy mezi EU a Čínou, **rozšířit výměnné pobyty studentů, lektorů a výzkumných pracovníků**, sestavit přehled dostupných výzkumných a výukových zařízení a podmínky jejich vzájemného využití, věnovat se i managementu znalostí. Výše uvedené cíle by měly zajistit koncovým uživatelům lépe připravené odborníky a podpořit širší spolupráci v této oblasti.

Práce na projektu byly rozděleny do 6 pracovních skupin, v jedné z nich se podílelo na činnosti i Centrum experimentální geotechniky.

PETRUS III - IMPLEMENTING SUSTAINABLE E&T PROGRAMMES IN THE FIELD OF RADIOACTIVE WASTES DISPOSAL

Doba trvání: 2013-2016
 Partneři: 20 evropských institucí a univerzit
 Poskytovatel dotace: 7. RP EU



Mezinárodní projekt PETRUS III, který byl zahájen na podzim roku 2013, navazuje na projekt PETRUS II. Snahou všech partnerů je koordinovat úsilí vysokých škol, vzdělávacích a výzkumných institucí i organizací z praxe při společném vzdělávání a tréninku studentů doktorského studia a odborníků v oblasti nakládání s radioaktivními odpady a jejich uložení do hlubinného úložiště. **Cílem je vybudovat a implementovat vzdělávací a tréninkový program** založený na předem definovaných kompetencích absolventů. Pro organizaci programu budou využity principy a nástroje nově budovaného celoevropského systému profesního vzdělávání ECVET („European Credit system for Vocational Education and Training“).

Práce na projektu jsou rozděleny do šesti pracovních skupin (WPs). WP1 a WP2 mají za úkol připravit modul pro magisterské studium a implementovat jej nejméně na jedné ze spolupracujících univerzit. WP3 se zaměří **na přípravu multidisciplinárního vzdělávání pro PhD studenty** a na organizaci PhD mezinárodních workshopů. Cílem WP4 a WP5 je, spoluprací s koncovými uživateli a pracovní skupinou CMET (IGD-TP), usilovat o formování dlouhodobého rozvoje vzdělávacích a tréninkových programů. WP6 má za úkol koordinovat práci ostatních WPs, komunikaci a prezentaci výsledků.

V říjnu 2013 **se uskutečnila úvodní schůze** na pracovišti koordinátora projektu - Ecole des Mines de Nancy (University of Lorraine). Vedoucími jednotlivých pracovních skupin byly prezentovány plány řešení projektu a proběhla rozsáhlá diskuze o strategii vedoucí k dosažení cílů projektu.



Účastníci projektu



Schéma procesu akreditace



Mezinárodní kurz projektu Petrus II v URC Josef



Kontrola monitoringu

VÝSTAVBA, PROVOZOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DEMONSTRAČNÍHO EXPERIMENTU MOCK-UP JOSEF

Doba trvání: 2011-2015

Zadavatel výzkumu: SÚRAO



Třetí rok projektu Mock-Up Josef, tj. fyzikálního modelu simulujícího vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem, proběhl ve znamení zapojení rozsáhlého monitoringu (cca **300 čidel umístěných uvnitř modelu a okolní hornině**) a sběru měřených dat.

Monitoring byl zapojen ihned po uložení modelu do úložné studny. Topné těleso produkující „teplo vyzařované kontejnerem s vyhořelým jaderným palivem“ začalo topit 2 týdny po uložení modelu. V průběhu provozu modelu jsou sbíraná data kontinuálně ukládána do databáze měřicího systému. Sledovanými a měřenými veličinami jak v okolním horninovém prostředí, tak v bentonitové bariéře jsou tlak, teplota, relativní vlhkost. **Součástí měřicího systému je webové rozhraní**, které umožňuje získat přehled o dění v experimentu, např. seznam čidel s možností vykreslení grafů za zvolené období, 3D vizualizace aktuálního stavu, přehled o funkčnosti systému a deník experimentu. Webové rozhraní je dostupné na webu Centra experimentální geotechniky (<http://uef-josef.uef-josef.eu/misc/mereni/>).

V listopadu 2013 **byl proveden první odběr vzorků z bentonitových tvárníc** tvořících těsnící vrstvu (buffer). Svislým vrtem přes horní nerezové víko bylo získáno 14 kusů (vzorků) jádra. Laboratorní zkoušky provedené na vzorcích prokázaly nerovnoměrnou saturaci bentonitu. Dva vzorky jsou dlouhodobě testovány na propustnost (hydraulickou vodivost) a bobtnací tlak pro budoucí porovnání hodnot nezátíženého bentonitu a v modelu zatíženého bentonitu.



Vzorky bentonitu odebrané z bufferu

VÝZKUM VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ PRO BEZPEČNÉ UKLÁDÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ A VÝVOJ POSTUPŮ JEJICH HODNOCENÍ

Doba trvání: 2009-2013
 Příjemce: ÚJV Řež a.s.
 Spolupříjemci: ČVUT – FSv, FJFI; VŠCHT; TUL
 Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP



CEG se na projektu podílelo na řešení dvou dílčích etap – „Výzkum a vývoj metodik hodnocení geotechnických a geochemických vlastností tlumících, výplňových a konstrukčních materiálů“ a „Výzkum vlastností horninového prostředí a vývoj postupů jejich hodnocení“. V poslední fázi projektu (do července 2013) **se řešitelé soustředili na rekapitulaci získaných výsledků** a na přípravu deklarovaných výstupů – metodik, funkčních vzorků a prototypu.

V rámci první dílčí etapy vypracovali řešitelé z CEG na základě laboratorních zkoušek i in situ testů 8 metodik a nových interních postupů. Ty mají sloužit ke stanovení významných vlastností bobtnavých jííl (bentonitů), které bentonity musí splňovat při svém využití v konstrukci hlubinného úložiště. **Výsledkem bylo dále 9 funkčních vzorků**, které souvisí s testováním bentonitových vzorků v in-situ prostředí, lisováním bentonitových tvárnic, resp. výstavbou bariér z těchto tvárnic. Prototyp představuje vlastní bariéra - kruhová vrstva pro těsnění kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem ve vrtech.

Ve druhé dílčí etapě byl výzkum zaměřen na vliv tepla od kontejneru s vyhořelým jaderným palivem na okolní horninové prostředí (přírodní bariéru). K tomu byl využit in situ experiment již dříve instalovaný v horizontálním vrtu ve štole Josef. **Experiment byl podroben cyklickému zahřívání** (3 měsíční cykly). Naměřená data byla zpracována a výsledky využity mj. při vyhodnocení metod pro stanovení deformačního modulu horniny. Průběh experimentu byl rovněž simulován výpočty v programu ANSYS.



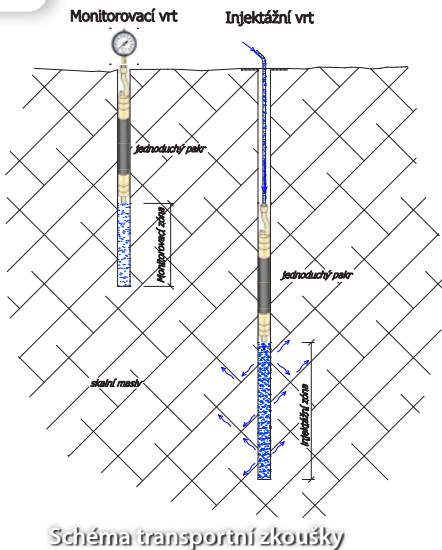
Příruba pro zajištění experimentu



Sestava pro sběr měřených dat



Odečet měřených dat



TECHNOLOGIE A METODIKA STANOVENÍ PLYNOPROPUSTNOSTI HORNINOVÝCH STRUKTUR PRO ÚČELY SKLADOVÁNÍ PLYNU A UKLÁDÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ

Doba trvání: 2009-2013

Příjemce: Mott MacDonald CZ, spol. s r. o

Spolupříjemce: Fakulta stavební ČVUT

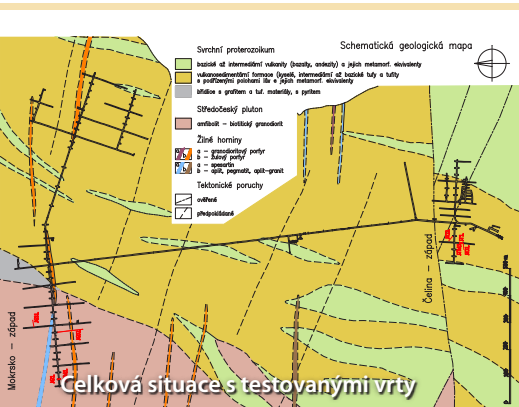
Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP



Pětiletý výzkumný projekt „Technologie a metodika stanovení plynopropustnosti horninových struktur pro účely skladování plynu a ukládání radioaktivních odpadů“ sledoval dva hlavní cíle. Prvním cílem byl vývoj technologie a **metodiky pro určování plynopropustnosti horninového masivu**. Ta je důležitá např. v souvislosti se skladováním plynných energetických médií, jako jsou podzemní zásobníky plynu. Druhým cílem byl výzkum proudění plynu (vzduchu) v horninách. Údaje o proudění plynů jsou důležitými vstupními údaji při projektování hlubinného úložiště RAO.

Pro splnění obou cílů byly v Podzemní laboratoři Josef vyvrtány jádrové vrty jak v oblasti Čelina (tufy a tufty), tak v oblasti Mokrsko (granitoidní horniny). V těchto vrtech (horizontálních i vertikálních) **byla uskutečněna celá řada zkušebních tlakových zkoušek** (vysokotlakých i nízkotlakých). Za pomoci těchto zkoušek byly vyvinuty metodiky, které poskytují informace o plynopropustnosti horninového masivu. Součástí metodik je zejména postup několika typů tlakových zkoušek a jejich vyhodnocení. Provedené tlakové zkoušky zároveň sloužily pro zkoumání proudění vzduchu v horninovém prostředí zejména s ohledem na zónu porušení a puklinový systém.

Zkoušky plynopropustnosti, resp. proudění vzduchu **se uskutečnily v 8 jádrových vrtech**, během projektu bylo provedeno cca 70 zkoušek a vyhodnoceno cca 160 testů.



STIMULACE HORNINOVÉHO MASIVU PRO VYTVOŘENÍ PUKLINOVÉHO REZERVOÁRU PRO JÍMÁNÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE SYSTÉMEM HOT-DRY ROCK

Doba trvání: 2011-2014
 Příjemce: Geomedia s. r. o
 Spolupříjemci: ISATech, s. r. o., Subterra a. s.,
 ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Fakulta stavební ČVUT
 Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP



Pozornost řešitelského týmu byla ve třetím roce projektu zaměřena na in situ výzkum a na testování makrovzorků. Hlavní **důraz byl kladen na vypracování metodik** hydraulického štěpení v makroměřítku a in situ podmínkách, testy v makroměřítku, dokončení podzemní laboratoře pro in situ testy a realizaci in situ testů.

Pět geotypů pro makrovzorky bylo odebráno ze stejných lokalit jako pro mikrovzorky. Vzorky byly naformátovány do tvaru krychle o objemu 1 m³, resp. 0,125 m³. Kromě toho byly testovány i vzorky vyrobené z betonu třídy C30/37. Následně proběhla **instrumentace makrovzorků nutná pro testy hydraulického štěpení**. Štěpící zkoušky byly realizovány pomocí speciálního zařízení vyvinutého jako prototyp pro výzkumný úkol Stiromas. Podle vypracované metodiky byly vzorky namáhány jednak lineárním způsobem a dále také pulzním způsobem.

In situ testy proběhly ve štolě Josef v rozrážce SP4, v prostředí vulkanických metamorfovaných hornin. V přípravné fázi **zde bylo vyvrtáno 5 jádrových vrtů** – centrální byl vybrán k hydraulickému štěpení, zbývající sloužily jako monitorovací. I při in situ testech byly použity oba způsoby, tzn. lineární a pulzní způsob zatěžování.



Příprava makrovzorků z betonu ke zkouškám



In situ testy ve štolě



Model připravený k přesunu do podzemí



Spouštění do úložné studny



„Usazený“ model

VÝZKUM STABILITY BENTONITU V IN SITU PODMÍNKÁCH PŘI TEPLOTÁCH DO 95 °C (BENTONITY 95)

Doba trvání: 2012-2015
 Příjemce: WATRAD, spol. s. r. o.
 Spolupříjemci: ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika,
 Česká geologická služba, Fakulta stavební ČVUT
 Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP



Čtyřletý výzkumný projekt Bentonity 95 je zaměřený na výzkum chemických a fyzikálních interaktivních procesů, které jsou vyvolané **umístěním experimentálního bentonitového tělesa do zvodnělého prostředí** hostitelské horniny (granodiority v oblasti Mokrsko západ). Tyto procesy jsou navíc urychlovány tepelným zatížením. Posuzovat se budou interakce ušlechtlé oceli, bentonitu, tepla a horninového prostředí.

V povrchové laboratoři URC Josef vystavěný, plně instrumentovaný fyzikální model byl v lednu 2013 převezen a spuštěn do vyvrtané úložné studny v rozrážce SP-51 oblasti Mokrsko západ. Po instalaci modelu byla zavodněna technologická spára mezi modelem a stěnou úložné studny, **pro tepelné zatěžování bentonitu byl spuštěn topný systém** a současně se začala kontinuálně odčítat data pomocí instalovaného monitoringu. Procesy probíhající uvnitř modelu jsou kontinuálně monitorovány a výsledky měření jsou okamžitě zobrazovány ve webové aplikaci.

Pro průběžné analýzy bentonitu během trvání experimentu byly v roce 2013 připraveny „malé“ fyzikální modely. Ve stejné rozrážce byly vyvrtány **tři jádrové vrty o průměru 57 mm**. Do dvou vrtů byly instalovány modely (bentonitové válečky o průměru 50 mm a výšce 65 mm) bez tepelného zdroje, ve třetím vrtu je navíc tepelný zdroj, který zahřívá bentonitovou náplň vrtu.

STANOVENÍ MIGRAČNÍCH PARAMETRŮ HORNIN S PUKLINOVOU PROPUSTNOSTÍ ZA POUŽITÍ FLUORESCENČNÍCH ROZTOKŮ

Doba trvání: 2013-2016
Příjemce: ISATech, s.r.o
Spolupříjemci: Fakulta stavební ČVUT,
Geologický ústav AV ČR, v.v.i., Geomedia s.r.o.
Poskytovatel dotace: TA ČR – Program ALFA



V hydrogeologii se často používají testy pro vyhodnocení **hydrodynamických a migračních vlastností horninového prostředí** založené na monitorování pohybu látky (stopovače) zvodnělým hydrogeologickým prostředím. V současnosti používané stopovače nejsou zcela optimální – některé mohou způsobit chemické změny, nebo rozvoj mikroflóry v horninovém prostředí, některé mají negativní vliv na životní prostředí a jsou využívány jen v laboratoři.

Projekt je zaměřen na využití fluorescenčních látek (roztoků) pro stopovací zkoušky. Tyto roztoky nezatěžují životní prostředí, **jsou detekovatelné jednoduchými metodami** a umožňují kontinuální záznam změn koncentrace stopovače, což je důležité pro stanovení migračních parametrů horniny v in situ podmínkách. Cílem projektu je určit optimální složení stopovacích roztoků a stanovit podmínky použitelnosti pro konkrétní fluorescenční stopovač v daném horninovém prostředí.

V prvním roce projektu proběhla systematická rešerše dostupných zdrojů zabývajících se touto problematikou. Dále vznikla ve štolě Josef v oblasti Čelina **specializovaná laboratoř pro potřeby stopovacích experimentů** na makrozorcích a v lokalitě Mokrsko západ byla vybrána rozrážka JP-17 pro realizaci in situ stopovacích experimentů.



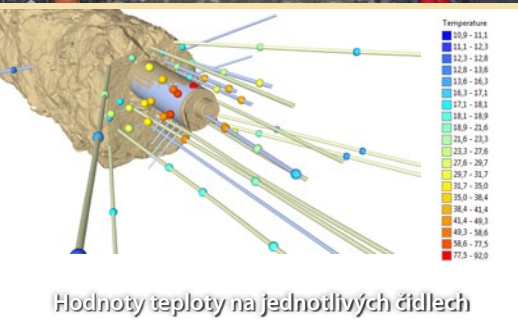
Pohled na část laboratoře



Experiment v podzemní laboratoři



Technické zázemí v rozrážce SP-47



Hodnoty teploty na jednotlivých čidlech



Detail instrumentace čelvy SP-47

VÝZKUM TERMÁLNÍ ZÁTĚŽE HORNIN – PERSPEKTIVY SKLADOVÁNÍ TERMÁLNÍ ENERGIE

Doba trvání: 2011-2014
 Příjemce: Česká geologická služba
 Spolupříjemci: ISATech, s. r. o., Technická univerzita Liberec,
 Ústav struktury a mechaniky hornin AVČR,
 ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika,



Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP

V roce 2013 se řešitelský tým intenzivně věnoval všem aktivitám plánovaným pro toto období. Jednalo se o **laboratorní měření a experimenty**, terénní výzkumné a technické práce a matematické modelování.

Laboratorní práce se zaměřily zejména na pokračující podrobnou charakteristiku horninového prostředí in situ experimentu ve štoli Josefa, která je potřebná pro zpřesnění vstupních parametrů matematických modelů a také pro kvalifikovanou interpretaci terénních dat. **Z 16 monitorovacích vrtů bylo odebráno celkem 87 vzorků** hornin, které byly v laboratoři podrobeny detailní analýze.

Terénní výzkumné a technické práce se soustředily především na monitorovací proces rozrážky SP-47 s in situ experimentem. Monitoring je možné rozdělit na kontinuální sběr dat a kampaňová měření v závislosti na průběhu experimentu. Kontinuální sběr dat zahrnuje veličiny důležité **pro maximálně věrnou konstrukci matematického modelu** zahřívání granitového prostředí a šíření tepla v něm. Kampaňová měření představují činnosti související s popisem masivu před začátkem experimentu, při významných změnách v průběhu experimentu a po jeho skončení. Numerické modely byly v průběhu roku 2013 zpracovány pro hlavní měřené jevy. **Modelování teplotního pole je pokryto modelem** v programu COMSOL. Rovněž byl využit software ISEKIT pro demonstraci vlivu puklin na tepelnou vodivost a program FEFLOW řešící sdruženou úlohu proudění vody a vedení tepla.

SPOLEČNÉ EXPERIMENTÁLNÍ ZÁZEMÍ NA VNĚJŠÍCH PLOCHÁCH CENTRA EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY FAKULTY STAVEBNÍ KE ZKOUŠKÁM SYSTÉMU VOZIDEL

Doba trvání: 2013

Příjemce: ČVUT – Fakula dopravní, Fakulta stavební

Poskytovatel dotace: MŠMT – IRP



Rozvojový projekt dvou fakult ČVUT vychází z možnosti využít vnější plochy v areálu školy Josef k výuce praktických předmětů Fakulty dopravní a dále při **společných zkouškách jízdních vlastností vozidel** a zkouškách požární odolnosti. Z tohoto důvodu byla vystavěna zkušební kruhová dráha pro zkoušky vozidel v ustálených jízdních stavech. Tato dráha představuje i základ pro zkušebnu požární odolnosti.

Zkušební dráha byla **vybetonována ze silničního betonu v tloušťce 120 mm**, při spodním povrchu doplněná výztuží KARI sítí 10/100x10/100. Betonáž byla provedena do předem osazených silničních obrubníků. Poloměr dráhy je 15 metrů.

V rámci projektu byla pořízena dvě nová zařízení. Termokamera Optris je potřebná pro **vyhodnocování jízdních zkoušek na kruhové dráze** nebo pro požární zkoušky. S kamerou komunikuje přístroj firmy National Instruments NI-CRIO 9082, který ze senzorů umístěných ve vozidle a ve zkušební dráze sbírá data z prováděných zkoušek.



Příprava betonáže kruhové dráhy



Betonáž




Kruhová zkušební dráha připravena

PODZEMÍ - ČELINA ZÁPAD


LEGENDA:


1. Prefabrikované ostění TOM (s ukázkou konvergenčního měření)
2. Tréninková stěna - stříkané jíly
3. Ukázka důlní mechanizace
4. Model 1:1 historické výdřevy tunelu - rakouská soustava
5. Cvičná stěna - jádrové vrtání
6. Měření kontaktního napětí
7. Konvergenční měření
8. Kotevní technika (firma ORICA)
9. Laboratoř projektu „Stopovače“
10. Kotevní technika (firma HILTI)
11. Jímka s technologickou vodou
12. Model zaplnění přístupové štoly hlubinného úložiště (BACKFILL)
13. Informační centrum projektu BACKFILL
14. EU experiment TIMODAZ
15. Informační centrum projektu TIMODAZ
16. Vrtý pro projekt FORGE a MPO TIP Mott MacDonald
17. Vrtné schéma a výuka destruktčních prací
18. Vrtné schéma
19. Detekce kritických míst geotechnických konstrukcí

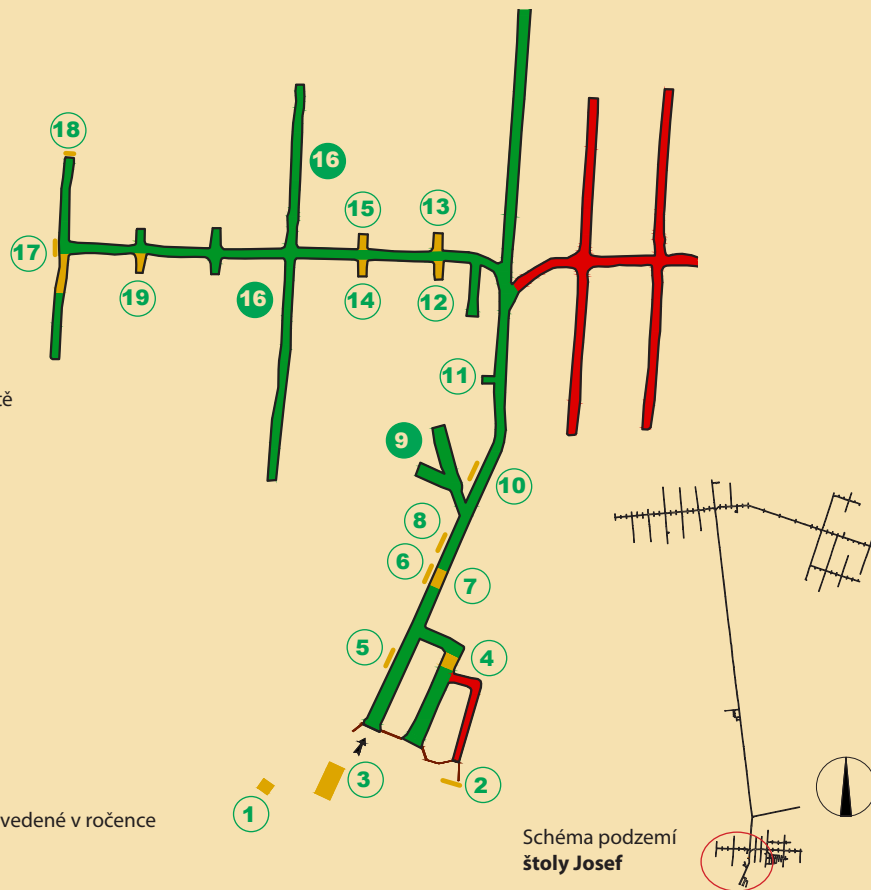
 Experiment, stanoviště výuky

 Zpřístupněné části

 Nepřístupné části

 16 Projekty uvedené v ročence

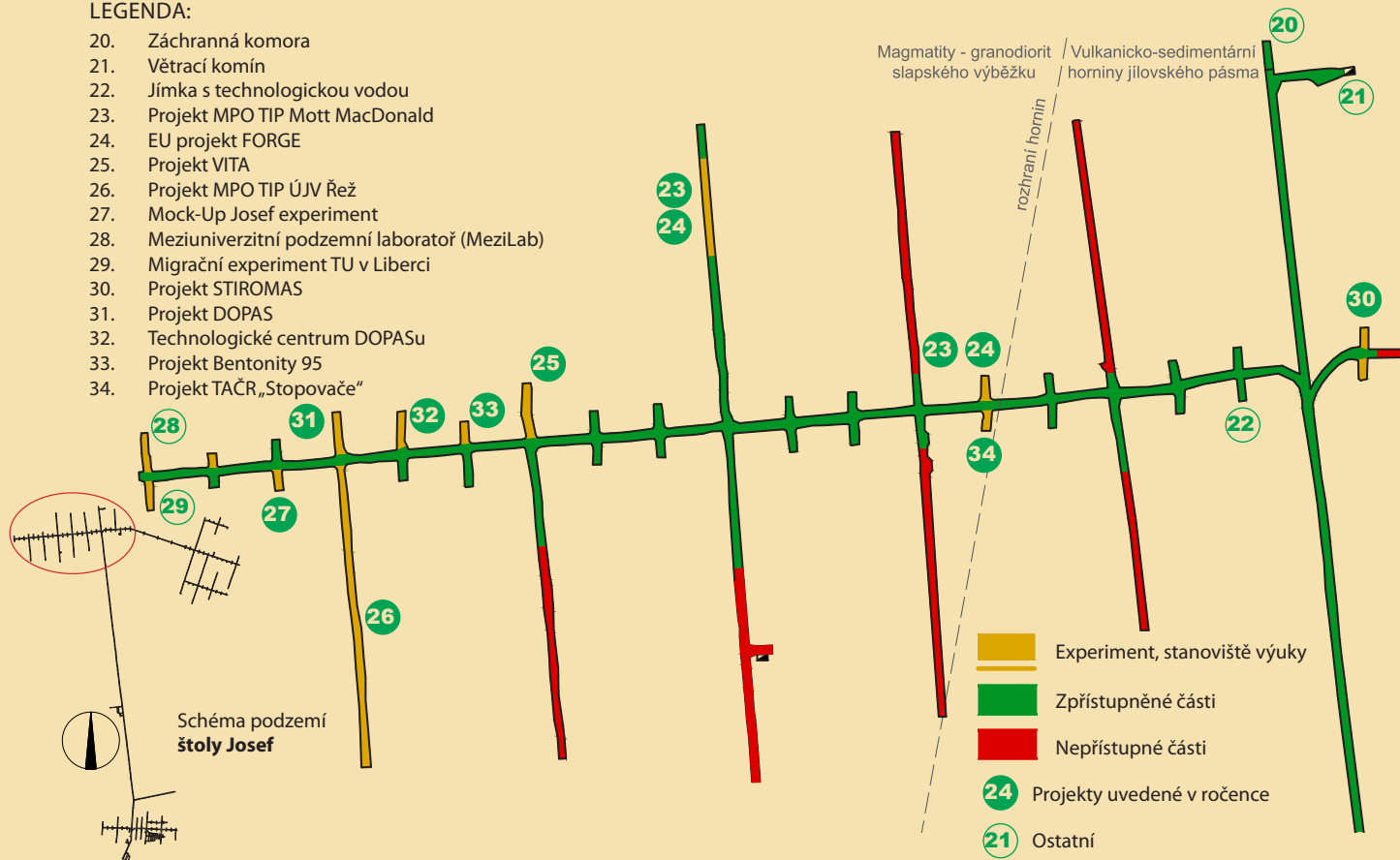
 1 Ostatní



PODZEMÍ - MOKRSKO ZÁPAD

LEGENDA:

- 20. Záchránná komora
- 21. Větrací komín
- 22. Jímka s technologickou vodou
- 23. Projekt MPO TIP Mott MacDonald
- 24. EU projekt FORGE
- 25. Projekt VITA
- 26. Projekt MPO TIP ÚJV Řež
- 27. Mock-Up Josef experiment
- 28. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab)
- 29. Migrační experiment TU v Liberci
- 30. Projekt STIROMAS
- 31. Projekt DOPAS
- 32. Technologické centrum DOPASu
- 33. Projekt Bentonity 95
- 34. Projekt TAČR „Stopovače“



VYBRANÉ PUBLIKACE 2013

Svoboda, J.: **The experimental study of bentonite swelling into fissures.**

In: Clay Minerals [online]. 2013, vol. 48, no. 2, p. 383-389. ISSN 0009-8558.

Štáštka, J.: **The Development of Bentonite Gap Filling for High-Level Waste Disposal.**

In: Proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2013, p. 908.1-908.8. ISBN 978-961-6207-36-2.

Kaisr, Z. - Pacovský, J. - Chabr, J. - Rieger, R.:

Tunnel Lining Loading Measurement of Drainage Gallery of Strahov Tunnel in Prague.

In: Podzemní stavby 2013 - Proceedings. Praha: Czech Tunnelling Association ITA-AITES, 2013, ISBN 978-80-260-3868-9.

Smutek, J. - Svoboda, J. - Zemánek, I. - Vydrová, J. - Zahradník, O.: **Dvojitý obturátor.**

Užitný vzor Úřad průmyslového vlastnictví, 25265. 2013-04-22.

Nádherná, D. - Pacovská, D. - Štáštka, J.: **Podzemní laboratoř Josef.**

In: HPVT 2013 - seznam a texty přednášek. Příbram: DIAMO, 2013, ISBN 978-80-904993-3-1.

Hanuláková, D. - Zeman, J. - Vašíček, R. - Příkrýl, R. - Kuchovský, T.: **Determination of pore water composition during long term interaction of bentonite substrates with water media: Comparative study.**

Applied Clay Science. 2013, vol. 80-81, no. 80-81, p. 69-75. ISSN 0169-1317.

Vašíček, R. - Hausmannová, L. - Levorová, M. - Venkrbec, Z. - Kaisr, Z.: **Swelling Clays and High Level Radioactive Waste Disposal – A Selection of Specific Geotechnical Tests.**

In Recent Advances in Energy and Environment Integrated Systems. Athens: WSEAS Press, 2013, p. 47-52. ISSN 2227-4359. ISBN 978-1-61804-181-4.

Vašíček, R. - Hausmannová, L. - Levorová, M. - Kaisr, Z. - Venkrbec, Z. – et al.: **PODETAPA 4.1 Výzkum a vývoj metodik hodnocení geotechnických a geochemických vlastností tlumících, výplňových a konstrukčních materiálu** - Revize 1. Výzkumná zpráva. 2013. 67 s.

Smutek, J. - Svoboda, J.: **Experimentální výzkum plynopropustnosti horninového masivu.**

In: Podzemní stavby 2013 - Proceedings. Praha: Czech Tunnelling Association ITA-AITES, 2013, ISBN 978-80-260-3868-9.

Nádherná, D. – Levorová, M.: **Josef Regional Underground Research Centre.**

In: Podzemní stavby 2013 - Proceedings. Praha: Czech Tunnelling Association ITA-AITES, 2013, ISBN 978-80-260-3868-9.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY

Thákurova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice
tel. : (+420) 224 355 507

● GPS: N 50°06'15. 909"
E 14°23'21. 581"



REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM
URC JOSEF

Chotilsko - Smilovice 93
263 01 Dobříš
tel. : (+420) 224 355 500

● GPS: N 49°43'50.145"
E 14°20'54.591"



e-mail: ceg@fsv.cvut.cz
web: <http://ceg.fsv.cvut.cz>

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY
Thákurova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice

tel. : (+420) 224 355 507
e-mail: ceg@fsv.cvut.cz
web: <http://ceg.fsv.cvut.cz>

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF
Chotilsko - Smilovice 93
263 01 Dobříš

<http://ceg.fsv.cvut.cz>