

VÝROČNÍ ZPRÁVA 2014

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.....	16
Projekty	18
Schéma podzemí.....	33
Co dalšího se nám letos povedlo	35
Vybrané publikace 2014	37
Kde nás najdete	38

Milí čtenáři,

„Ročenkou“ s pořadovým číslem 6 bychom vám opět chtěli poskytnout ucelený přehled o dění na našich pracovištích v roce 2014 - ve štola Josef a na fakulním pracovišti v Praze. I v uplynulém roce představovaly práce na výzkumných projektech řešených především v Podzemní laboratoři Josef hlavní náplň pracovníků Centra experimentální geotechniky. Výuku a kontakt se studenty však považujeme za neméně důležité i vzhledem k možnostem, které studentům štola Josef nabízí.

Úspěšně pokračovaly in situ práce na výstavbě experimentální tlakové a těsnící zátky (EPSP), jedné ze čtyř, které vznikají v rámci rozsáhlého evropského projektu DOPAS. Systematickou snahou a prezentací Podzemní laboratoře Josef na evropském poli se podařilo CEG podílet se na přípravě dalších evropských projektů.

V průběhu loňského roku jsme „slavili úspěchy“ také mimo vědeckou a pedagogickou činnost. Po dvouletém úsilí se podařilo zpřístupnit pro veřejnost „podzemní katedrálu“, zůstatek po experimentální těžbě v 80. letech 20. století, a rovněž areál štoly doznal významných povrchových změn a úprav.

prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.
vedoucí CEG



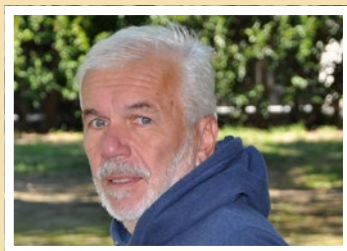
ČVUT v Praze
Fakulta stavební



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 proběhlo dva roky trvající zpřístupňování rozsáhlé kaverny v oblasti Čelina východ 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.



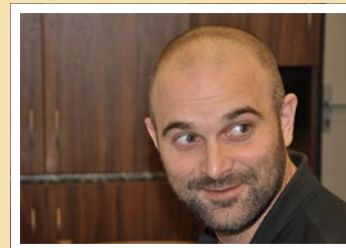
Ing. Danuše Nádherná
odborná asistentka

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.



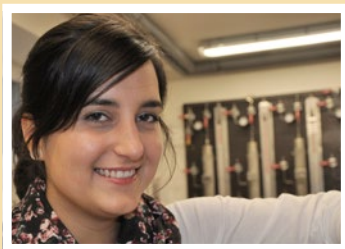
Ing. Dana Pacovská
odborná asistentka

V roce 1979 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. S CEG spolupracovala externě od roku 2009, v roce 2014 se stala stálým zaměstnancem. Přípravuje a zajišťuje prezentaci všech aktivit pracoviště pro veřejnost, spolupracuje na přípravě projektů.



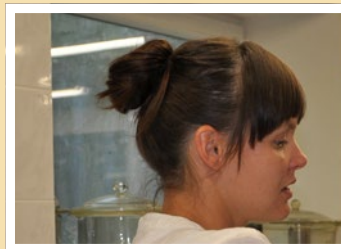
Ing. Radek Vašíček, Ph. D.
odborný asistent

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 Āspř Hard Rock Laboratory ve Švédsku. Odpovídá za pedagogické aktivity CEG, provoz akreditované geotechnické laboratoře a zodpovídá za řešení výzkumných projektů.



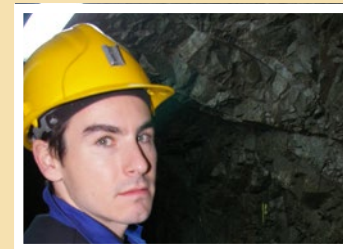
Ing. Lucie Hausmannová
studentka doktorského studia

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, v roce 2013 tříměsíční stáž v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii ve Vídni a v roce 2014 stáž v podzemní laboratoři Mont Terri v rámci evropského projektu LUCOEX. 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. V roce 2011 absolvovala mezinárodní výukový kurz PETRUS II, který se konal v areálu štoly Josef a v Praze a byl zaměřený na geologické ukládání radioaktivního odpadu. V roce 2014 pobývala na tříměsíční stáži na univerzitě v australském Wollongongu. 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 praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef. Jeho specializací jsou in situ tlakové zkoušky horninového masivu. V současnosti také pracuje na projektu zaměřeném na laboratorní studium migrace plynu v bentonitu. Na podzim roku 2014 absolvoval trénink v podzemní laboratoři Mont Terri ve Švýcarsku. Cílem této stáže byla aktivní účast na pracích spojených s FE experimentem (Full-scale Emplacement experiment), který je součástí evropského projektu LUCOEX.



Ing. Jiří Štáštka
student doktorského studia

Studuje doktorské studium - 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.



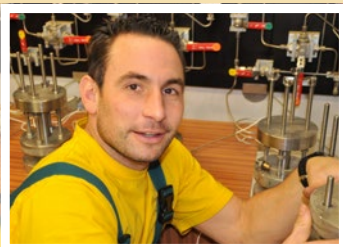
Monika Růžičková
recepční

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.



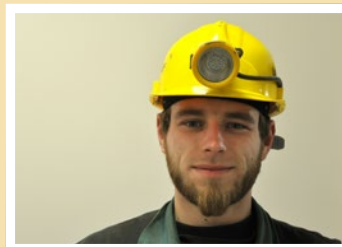
Josef Barták
technik

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 zámečnické a stavební práce při výstavbě experimentů. Podílí se na rekonstrukci a zprovoznování nových úseků štoly Josef. Mezi jeho úkoly patří i příprava a demonstrace praktické výuky studentů.



Josef Kožíšek
technik

Novou posilou v týmu techniků je od ledna 2014. 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.



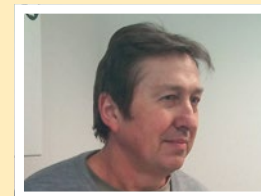
Petr Růžička
technik

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.

Ostraha areálu URC Josef



Ing. Milan Štěrba



Lubor Stoužil

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 demonstračních 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

I v roce 2014 pracovníci Centra experimentální geotechniky většinu svých odborných aktivit **soustředili do štol Josef**, kam je pravidelně každé ráno přiváží „firemní“ Renault Trafic. Kanceláře a laboratoř v budově Fakulty stavební slouží jako zázemí pro administrativní činnost a samozřejmě pro pedagogické aktivity odborných asistentů a doktorandů.

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 štol 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 hlavně v Podzemní laboratoři Josef. Výzkumné projekty jsou v posledních letech z velké **míry zaměřeny na oblast ukládání radioaktivních odpadů (RAO)** v hlubinném úložišti a další související témata.

PODZEMNÍ LABORATOŘ JOSEF

Pracoviště Podzemní laboratoř Josef je centrem dění všech odborných aktivit v areálu štol Josef. Více jak 5 km zprovozněných podzemních prostor poskytuje jedinečné zázemí pro pravidelnou výuku studentů, realizaci výzkumných projektů, tréninkové kurzy, exkurze odborné i laické veřejnosti i pro prezentace našich partnerů.





Výrazné křemenné žíly v jedné z chodeb



Účastníci mezinárodního workshopu o bentonitu



Budoucí generace techniků a inženýrů

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 v Liberci, MU Brno i UK Praha.

Z výše uvedených aktivit představuje realizace výzkumných projektů zásadní směřování Podzemní laboratoře Josef (více o jednotlivých projektech v samostatné kapitole). Jako součást sítě URF (Underground Research Facility) se dostala do podvědomí i v mezinárodním měřítku. Podzemní prostory se stále upravují a rozšiřují tak, aby byly využitelné pro další výzkumnou činnost.

V roce 2014 se v areálu štoly Josef uskutečnilo několik mezinárodních akcí. V květnu se zde za účasti 17 odborníků ze 7 evropských zemí konal **pravidelný workshop skupiny expertů zabývajících se výzkumem bentonitu** (ABM – Alternative Buffer Material). Se zájmem o budoucí spolupráci na poli výzkumu navštívili štolu Josef kolegové z Petrohradu, další obdobná návštěva dorazila až z dalekého Singapuru. V rámci evropského projektu PETRUS III pořádko CEG s přispěním našich dlouhodobých partnerů - SÚRAO a ÚJV Řež výukový kurz pro zahraniční studenty, kteří se specializují na problematiku nakládání s radioaktivními odpady.

Každoroční „Den štoly Josef“ byl tentokrát zaměřen na žáky vyšších ročníků ze tří základních škol s cílem přiblížit jim studium technických oborů. Z prostředků „Fondu ČVUT na podporu celoškolských aktivit 2014“ byla připravena prezentace pracoviště a prohlídka podzemí, kde se žáci seznámili s praktickou výukou v in situ prostředí podzemní laboratoře i s výzkumnými projekty.

Jednou z hlavních preferencí pracoviště je zpřístupnit štolu Josef široké veřejnosti. Přivítali jsme např. zájemce z řad českých geodetů, žáky a studenty základních i středních škol, účastníky mezinárodního mistrovství ČR v rýžování zlata, klub důchodců z Příbrami apod. V únoru byla dokončena výstavba schodiště v bývalém lezném oddělení, tzn., že **je možné ze základní úrovně bezpečně vystoupat do úrovně +20 m a následně do +40 m**, větrací štolou vyjít z podzemí na úbočí Koňského vrchu a pěšinou sestoupit do areálu štoly. Tímto

počinem byla rozšířena nabídka možných tras pro návštěvníky štol. Prohlídky pro laickou veřejnost probíhají od května do října (<http://ceg.fsv.cvut.cz>). V sezoně 2014 navštívilo štolu téměř 1500 návštěvníků.

Zástupci spolku pro ochranu netopýru již potřetí sčítali netopýry v páteřní chodbě (celkem 29 kusů těchto létajících savců), **v květnu se uskutečnil druhý ročník cyklistického závodu „Ze štol do štol“ pro sportovně založené partnery a pracovníky CEG**, poprvé s mezinárodní účastí.

V průběhu roku 2014 doznal areál štol Josef nepřehlédnutelných změn. Buňkoviště bylo přestěhováno a nově natřeno, rovněž „mašinky“ změnily své stanoviště, plocha před portály byla srovnána a zatravněna, osobní auta nyní mohou parkovat na dvou nových parkovištích, pro stavební i jiný materiál vznikly skladové prostory a rozsáhlý stavební dvůr.

URC JOSEF

Také „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“, které spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex, se dostává do podvědomí odborné veřejnosti.

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**
- **trénink a rekvalifikace pracovníků podzemních staveb**
- **marketinkové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví**

S končícími výzkumnými projekty odchází z budovy několik nájemců, do budoucna je našim cílem získat nové začínající nebo inovativní firmy, které si uvolněné prostory pronajmou a budou využívat zázemí URC Josef.

Personálně a odborně zajišťuje provoz URC Josef tým pracovníků Centra experimentální geotechniky. **V České republice ani v Evropě neexistuje pracoviště**, které poskytuje



Sčítání netopýrů na páteřní chodbě



Přesun buňkoviště



Start 2. ročníku „Ze štol do štol“



Návštěvníci z řad veřejnosti v úrovni +40 m



„Nový“ pohled na portály

infrastrukturu, prostředí a služby jako URC Josef. Svým zaměřením nabízí jedinečné podmínky pro výzkum, trénink a marketink v oblasti podzemních staveb.



Pracovní ruch při úpravě areálu

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 štol 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 v Liberci, 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 studenty oboru Inženýrství životního prostředí, resp. Konstrukce a dopravní stavby na vypracování bakalářské práce tematicky zaměřené na experimentální geotechniku. Studenti se seznamují s odbornou literaturou, 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 štol Josef.



Stanovení zmitostní křivky



Určování vlastností hornin z odvrtných jader



Studenti z „Erasmu“ v laboratoři URC Josef



Určování meze tekutosti



Seznámení s kotevní technikou



Prosevací zkouška

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 zpracovávanými 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

Pedagogové CEG rovněž vedou studenty doktorského studia v oboru „Fyzikální a materiálové inženýrství“. V roce 2014 se studiu a přípravě své disertační práce věnovali čtyři studenti.

Pod vedením prof. Jaroslava Pacovského se připravují Markéta Levorová a Jiří Štástka. Oba studují pátým rokem a téma jejich práce je „Redistribuce napětí v horninovém masivu vyvolaná teplotním namáháním“ a „Fyzikální modelování při řešení problematiky izolování radioaktivních odpadů“. M. Levorová počátkem roku 2014 pobývala na povinné zahraniční tříměsíční stáži na univerzitě v australském Wollongou.

Lucie Hausmannová ukončila čtvrtý rok studia a zpracovává téma „Hydrofyzikální vlastnosti smektitických jíílů v podmínkách hlubinného úložiště radioaktivních odpadů“ pod dohledem Ing. Radka Vašíčka. Jana Smutka pátým rokem vede Ing. Jiří Svoboda, téma práce je „Výzkum plynopropustnosti horninového prostředí založený na experimentálním in situ měření“. Oba na podzim 2014 absolvovali dvoutýdenní stáž v podzemní laboratoři Mont Terri v rámci evropského projektu LUCOEX.

Všichni doktorandi se aktivně, ústní prezentací nebo postery, zúčastnili 7th Mid-European Clay Conference 2014 v Drážďanech.

Studentská grantová soutěž

V roce 2014 skončil tříletý projekt **Výzkum plynopropustnosti těsnících a přírodních bariér**. Tým řešitelů tvořili doktorandi Ing. Markéta Levorová a Ing. Jan Smutek, projekt vedl Ing. Jiří Svoboda, Ph.D. Účelem byl výzkum chování českého Ca-Mg bentonitu z hlediska propustnosti pro plyn při jeho různých aplikacích. Výsledky projektu byly prezentovány v září v německých Drážďanech na konferenci 7th Mid-European Clay Conference.

V rámci projektu byly prováděny in situ a velkoobjemové laboratorní zkoušky zaměřené na výzkum klíčových vlastností těsnících bariér - propustnost bentonitu a jeho schopnost samohojení. In situ experiment, situovaný v rozrážce M-JP57, představoval instrumentovaný vrt vyplněný bentonitovými tvárnici, kterými procházela sonda pro tlakování bentonitové náplně vodou a plynem. Testování vrtu spočívalo v opakovaném sycení a provádění plynových tlakových zkoušek. Během testovací fáze trvající více než 2 roky bylo provedeno



Ocelová cela pro velkoobjemové testování



Cela s bentonitovou náplní



Uzavřená cela připravená k testům



Vytlačování vzorku z komory



Kontrola komory před zahájením zkoušky

celkem 6 plynových tlakových zkoušek. Opakované plynové zkoušky ukázaly dobrou samohojící schopnost bentonitu.

Pro velkoobjemové testování byla využita ocelová cela upravená pro syčení a tlakování bentonitové náplně. Za dobu trvání projektu byly provedeny 4 experimenty, během nichž byl testován ručně hutněný granulovaný bentonit, stříkaný granulovaný bentonit, směs pelet a směs drceného recyklovaného bentonitu. Navržený injektážní systém byl použit pro syčení bentonitu i provádění plynových tlakových zkoušek, podobně jako u in situ experimentu. Výsledky testů potvrdily teorii o otvírání preferenčních cest v bentonitu při překročení bobtnacího tlaku a jeho následnou schopnost zacelení vzniklých cest při opětovném syčení.

Na konci roku 2014 byl ukončen dvouletý studentský výzkumný projekt **Hydrofyzikální vlastnosti nehomogenního materiálu na bázi bentonitu**. Navrhovatelkou byla Ing. Lucie Hausmannová, členy týmu byli Ing. Jiří Štáštka a Ing. Radek Vašíček, Ph.D. Cílem projektu byl výzkum vlivu nehomogenity vzorků bentonitů, tj. směsi pelet a drtě, na hydraulickou vodivost a bobtnací tlak. Výzkum vycházel 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.

Ve druhém roce projektu probíhalo měření v propustoměrech, které byly upraveny pro testování nehomogenních vzorků větších rozměrů. Každý test trval cca 10 týdnů. Předpokládalo se, že během testu dojde k výraznému zhomogenizování vzorku. Po vyjmutí z komory propustoměru se vzorek jevil jako stejnorodý, ale po detailním prozkoumání byly uvnitř vzorku v některých místech identifikovány nezhomogenizované segmenty pelet.

Výsledné hodnoty bobtnacího tlaku a hydraulické vodivosti byly porovnány s hodnotami získanými pro homogenní materiál (zhtněný práškový bentonit). Oba materiály vykazují stejné hodnoty bobtnacího tlaku, hydraulická vodivost směsi pelet a drtě je nižší než vodivost zhtněného práškového materiálu.

OBHÁJENÉ BAKALÁŘSKÉ A DIPLOMOVÉ PRÁCE

Měření hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku českého bentonitu při teplotách do 90 °C

Jaroslav HLOUŠEK

Náplní **bakalářské práce** byl výzkum vlastností bentonitu – bobtnacího tlaku a hydraulické vodivosti a ověření jejich stability při tepelném zatěžování. Bentonit je materiál, který bude použit pro konstrukci geotechnické bariéry při výstavbě hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva. Testování bentonitu se uskutečnilo v laboratorních podmínkách, ve speciálním zařízení – propustoměrech. Testován byl český bentonit z Červeného vrchu.

Komory propustoměrů byly upraveny tak, aby vzorky bentonitu mohly být zahřívány pomocí topných spirál umístěných okolo prstence se vzorkem na max. teplotu 90 °C. Stálost podmínek byla zajištěna izolačními boxy vytvořenými okolo komor propustoměrů. Vzorky byly rovněž zatěžovány silou vyvíjenou utahovacími šrouby komory a pro měření hydraulické vodivosti byly vzorky syceny vodou.

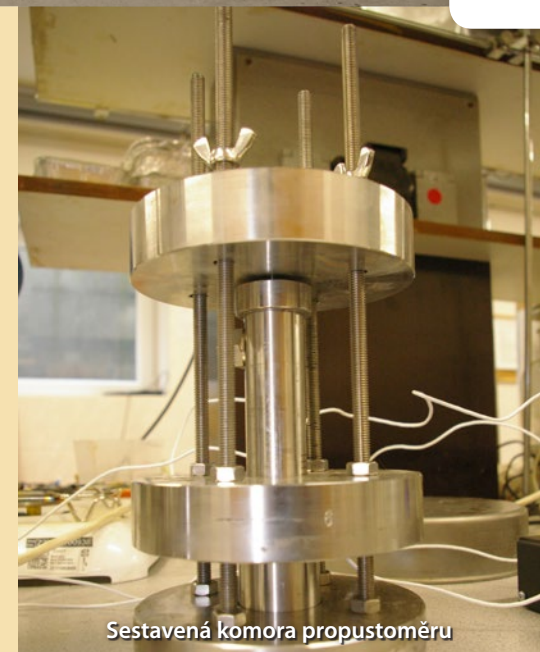
Výsledky měření ukázaly, že při zahřívání vzorků až na 90 °C bobtnací tlak klesá v rozmezí od 0,4 do 2,0 MPa v závislosti na objemové hmotnosti vzorku a že hydraulická vodivost je o jeden řád vyšší. Obdobné výsledky byly zaznamenány při experimentech prováděných ve Švédsku a Španělsku.

Analýza THM procesů in situ experimentu Mock-Up-Josef

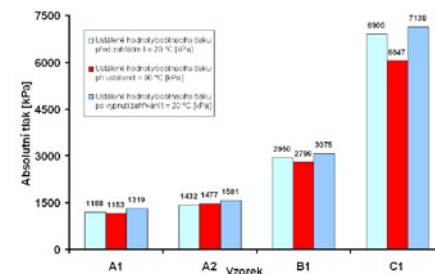
Václav PÁTEK

Tato **diplová práce** se zabývala tvorbou počítačového modelu na bázi metody konečných prvků. Model simuluje THM (teplotně-hydraulicko-mechanické) procesy, o kterých se předpokládá, že budou probíhat v hlubinném úložišti v bentonitové bariéře obklopující kontejnery s vyhořelým jaderným palivem.

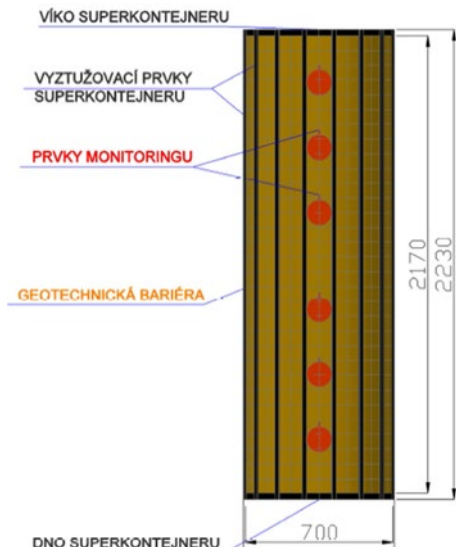
Byl vytvářen počítačový model, resp. několik modelů, in situ experimentu Mock-up Josef, který byl v Podzemní laboratoři Josef spuštěn 14. prosince 2012. Jedná se o první fyzikální model v České republice simulující vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem.



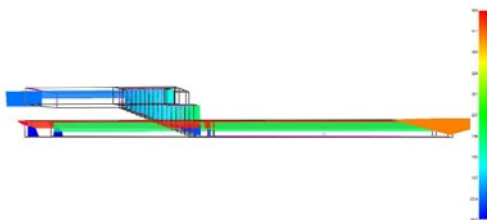
Sestavená komora propustoměru



Graf změn hodnot bobtnacího tlaku



Superkontejner a jeho jednotlivé části



Model stanice metra s vývinem teplot za 360 s

Výsledkem této práce je simulační model vytvořený v programu Code Bright a zároveň porovnání výstupů simulace s hodnotami naměřenými v in situ experimentu Mock-Up Josef. Zejména se jedná o průběh vlhkosti a její šíření v závislosti na čase a o vyjádření vývoje bobtnacího tlaku v průběhu zatěžování bariéry teplem. Dále byly porovnávány simulované a naměřené průběhy teplot v bentonitové bariéře a v okolním horninovém prostředí.

Porovnání výsledků počítačového modelu s výsledky experimentu přispěje k lepšímu porozumění chování bentonitové bariéry při zatížení teplem, které odpovídá podmínkám v reálném hlubinném úložišti. Diplomová práce byla oceněna jako nejlepší práce v roce 2014 v soutěži pořádané firmami Fine s.r.o. a Mott MacDonald Praha s.r.o.

Studie alternativního požárně bezpečnostního řešení stanice metra Tereza SYROTIUKOVÁ

Studentka se ve své **diplomové práci** zabývala požární bezpečností metra a navrhla alternativní požárně bezpečnostní řešení ve stanici Palmovka na trase B.

V současné době neexistuje právní předpis, který by se podrobněji zabýval požární bezpečností metra. I když je pravděpodobnost vzniku požáru v metru nízká, jak vyplývá ze statistik uvedených v diplomové práci, v souvislosti s potenciálním množstvím ohrožených osob by mělo být vyvinuto úsilí na zpřísnění požadavků, vylepšení vybavení stanic metra a na větší informovanost cestujících v prostorách metra.

„Alternativní návrh“ vycházel ze současné legislativy a využíval matematického modelu pro návrh bezpečné evakuace osob. Veškeré změny, které byly v rámci návrhu vytvořeny, se primárně odvíjely od nutnosti evakuovat všechny osoby z podzemních prostor. V práci byl použit simulační program CFAST vytvořený institutem NIST (Národní institut pro normalizaci a technologii v USA), pomocí kterého byl simulován dvouzónový model požáru. Ten slouží především pro modelování požáru a pohybu zplodin hoření v uzavřených prostorech. Na základě simulace byla kvůli ochraně lidských životů navržena řada úprav – např. chráněné únikové cesty, samočinné odvětrací zařízení, nové rozdělení stavby do požárních úseků apod.

PROJEKTY

Rok 2014 představoval z hlediska zahájení nových výzkumných projektů řešených v Podzemní laboratoři Josef plodné období. Jako partner se Centrum experimentální geotechniky FSv ČVUT v Praze objevuje v řešitelském týmu celkem u **devíti nově podaných, resp. zahájených projektů**.

Za nové významné projekty lze bezesporu označit tři žádosti o projekty v rámci EU: **Modern2020** (Development and Demonstration of Monitoring Strategies and Technologies for Geological Disposal), **Cebama** (Cement-based Materials, Properties, Evolution, Barrier Functions) a **Price-lab** (Controlled Permeable Fractured Rock in situ Experiments in a Geothermal Research Laboratory). V r. 2014 byl také získán mezinárodní projekt z programu Švýcarsko-české spolupráce „Fond partnerství“. Z pěti zahájených tuzemských projektů se tři týkají rozšíření výukových a experimentálních aktivit ČVUT, další dva jsou podpořeny Technologickou agenturou ČR a Grantovou agenturou ČR.

Završeny byly dva pětileté projekty podpořené Ministerstvem průmyslu a obchodu z Programu TIP. Řešitelé těchto projektů tematicky **zaměřených na jímání geotermální energie, resp. skladování termální energie** jsou připraveni, v případě získání finanční podpory, pokračovat v dalším výzkumu.

V průběhu uplynulého roku se opět konala řada jednání s mimo-evropskými partnery o možné spolupráci. Štola Josef navštívili kolegové z Ruska, ze Singapur, v úzkém kontaktu jsou pracovníci CEG stále s čínskými a korejskými odborníky.

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.



Jádrový vrt pro zhlaví



Nástřik vláknobetonu – vnitřní zátka

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 podílejí Fakulta stavební ČVUT v Praze, ÚJV Řež, a.s. a Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). Projekt koordinuje jeden z finských partnerů – Posiva Oy (finská obdoba SÚRAO). Cílem české účasti v projektu je výstavba experimentální tlakové a těsnicí zátky (EPSP - Experimental Pressure and Sealing Plug) **v žulovém masivu ve štolě Josef**. Těsnicí zátky budou součástí hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů. Jejich primární funkce spočívá v bezpečném oddělení již zaplněných prostor HÚ (úložné tunely) od prostor nezaplněných. V rámci projektu budou vystavěny další tři experimentální zátky v různých geologických podmínkách - ve Finsku, ve Francii a ve Švédsku.

Ve třetím roce projektu pokračovaly laboratorní testy materiálu, ale především in situ práce v rozrážce SP 63 v oblasti Mokrsko západ při výstavbě zátky. **Profil rozrážky byl přibírkou upraven do požadovaného tvaru**. Aby se zabránilo při tlakování zátky úniku použitého média, byla následně hornina okolo rozrážky do vzdálenosti 5 m systematicky zainjektována. Bylo vyvrtáno pět vrtů k propojení stavební rozrážky se sousední rozrážkou, kde bude umístěno technologické centrum. Těmito vrty byla protažena kabeláž k čidlům, která budou monitorovat především napjatostně-deformační, teplotní a vlhkostní změny v tělese zátky a okolním horninovém prostředí. **Zátka i její okolí bude monitorováno více jak 250 čidly**.

Z vlastní konstrukce zátky jsou dokončeny tyto části – tlaková komora, ztracené bednění a vnitřní zátka z vláknobetonu, jejíž nástřik proběhl začátkem listopadu 2014. Tlaková zkouška potvrdila předpoklad netěsností na kontaktu tělesa zátky a horniny, a proto bylo nutné v závěru roku provést dodatečné injektážní práce.

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 evropských 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**. 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 PETRUS. WP6 má za úkol koordinovat práci ostatních WPs, komunikaci a prezentaci výsledků.

V rámci projektu se v září uskutečnil pod vedením pracovníků CEG **12ti denní mezinárodní výukový kurz**. Účastníci byli studenti z Francie, České republiky a Španělska, kteří se specializují na problematiku nakládání s radioaktivními odpady. Hlavní část kurzu proběhla v areálu štol Josefa, kde studenti absolvovali praktická cvičení v laboratoři i v podzemí zaměřená na určování vlastností bentonitu, technologii stříkaného bentonitu a charakteristiku hornin.



Příprava instrumentace v hale URC Josef



Instruktaž před nástříkem bentonitu



Stříkaný bentonit v praxi



Lokace podzemní laboratoře Grimsel

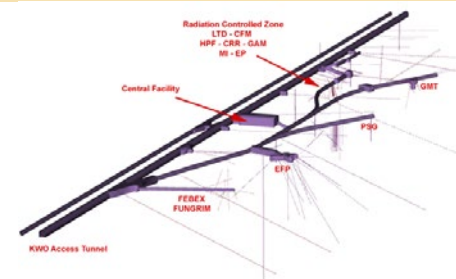


Schéma podzemní laboratoře

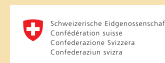
EXPERTNÍ SPOLUPRÁCE PŘI VÝSTAVBĚ 1. ČESKÉ PODZEMNÍ MIGRAČNÍ LABORATOŘE S MOŽNOSTÍ POUŽÍVÁNÍ AKTIVNÍCH STOPOVAČŮ

Doba trvání: 2014 - 2016

Příjemce: ČVUT v Praze – Fakulta stavební

Spolupříjemci: NAGRA - National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, ÚJV Řež, a.s.

Poskytovatel dotace: Ministerstvo financí ČR – Fond Partnerství



Cílem projektu je získat na základě vzájemných návštěv, konzultací a workshopů poznatky zahraničního partnera potřebné k tomu, aby v České republice **byla uvedena do provozu první in situ podzemní laboratoř s možností používat aktivní stopovače**. Protože se v České republice takový výzkum dosud neprováděl (nebylo k dispozici vhodné podzemní pracoviště), je nutné přizvat zahraniční konzultanty. Účast švýcarských specialistů z organizace NAGRA umožní definovat a realizovat experimentální program laboratoře tak, aby byly výzkum a tréninkové procesy smysluplné a neopakovaly se již překonané experimentální postupy a náměty výzkumu. Kromě provozovatele Podzemní laboratoře Josef byla přizvána ke spolupráci i společnost ÚJV Řež, s ohledem na **její kompetence v oblasti laboratorního výzkumu této problematiky**.

Vybudování a provoz specializované laboratoře ve štolě Josef poskytne především trénink odborníků v reálném in situ prostředí, zvládnutí netradičních experimentálních metodik a výzkumných postupů. Dále se zkvalitní příprava mladých odborníků českých univerzit pro oblasti výzkumu transportních procesů.

Po zahájení projektu (listopad 2014) **byla ve štolě Josef vybrána rozrážka pro budoucí laboratoř** a provedeny potřebné úpravy před vlastní výstavbou.

PŘENOS HODNOT MIGRAČNÍCH PARAMETRŮ GRANITICKÝCH HORNIN Z MIKROMĚŘÍTKA DO REÁLNÉHO MĚŘÍTKA HORNINOVÉHO MASIVU (PAMIRE)

Doba trvání: 2014 - 2017

Příjemce: ÚJV Řež, a.s.

Spolupříjemci: ARCADIS CZ, a.s., divize Geotechnika,
Fakulta stavební ČVUT, Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.

Zdroj financí: TA ČR – program ALFA



Projekt byl zahájen v červenci roku 2014. Cíl projektu vychází z nutnosti co nejvíce snížit nejistoty, kterými je zatížen přenos výsledků laboratorního výzkumu a simulací do in situ podmínek. V případě projektu PAMIRE se jedná o **migrační procesy v horninovém prostředí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů**. Řešení tohoto projektu napomáhá i účast zahraničních expertů v rámci projektu Fond partnerství (Ministerstvo financí ČR).

Hlavní náplní projektu je tedy posoudit možnost implementovat výstupy laboratorního studia transportních procesů stopovačů do reálných podmínek granitických hornin (experiment in situ) a do modelů, vyhodnocujících difúzi radionuklidů do horniny. Současně budou sestaveny pracovní a metodické postupy, které budou umožňovat přenos informace o vlastnostech hornin a procesech v nich probíhajících z mikroměřítko do reálného měřítko. Pro dosažení uvedených cílů budou vytvořeny **závazné metodiky týkající se využití speciálních stopovačů (radionuklidů)** či moderních analytických metod.

Do konce roku 2014 byla v Podzemní laboratoři Josef upravena v granitických horninách 80 m dlouhá rozrážka, která bude využívána jak pro migrační laboratoř, tak i pro další in situ výzkum vyžadující zvláštní bezpečnostní režim. Od běžného provozu ve štole je tato rozrážka izolována dvojitou stavební bezpečnostní příčkou. V rozrážce bylo **vybudováno osvětlení, rozvody elektřiny, systém nuceného větrání a částečně vybetonována počva**. Počítá se i s rozvodem vysokorychlostního internetu.



Montáž nuceného větrání



Na čelbě 80 m dlouhé rozrážky



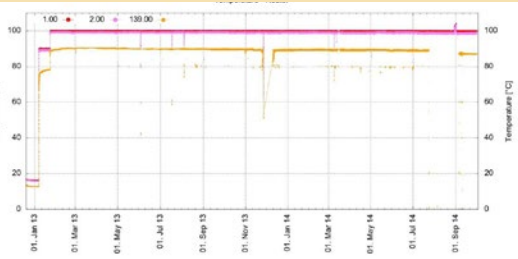
Stavební úpravy v rozrážce



Odborný výklad u experimentu



Vzorky bentonitu odebrané z bufferu



Průběh teploty uvnitř topného systému

VÝSTAVBA, PROVOZOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DEMONSTRAČNÍHO EXPERIMENTU MOCK-UP JOSEF

Doba trvání: 2011-2015

Zadavatel výzkumu: SÚRAO



Mock-Up Josef je in situ provozovaný fyzikální model, první v České republice, simulující vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem. U tohoto experimentu se **jedná o výzkum působení tepla a podzemní vody na těsnící bentonitovou bariéru**, tzv. buffer, která bude obklopotvat kontejner s vyhořelým jaderným palivem.

V roce 2014, tj. ve čtvrtém roce projektu, byly průběžně monitorovány tlak, teplota, relativní vlhkost jak v bentonitové bariéře, tak v okolní hornině. V bentonitové bariéře jsou veličiny každých deset minut měřeny v pěti horizontálních a jednom vertikálním profilu. **Uvnitř bariéry jsou umístěny i korozní vzorky kovů** (z nerezové a uhlíkové oceli, mědi, titanu a cínového bronzu), které budou zkoumány po ukončení a následném rozebrání experimentu.

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. (<http://uef-josef.uef-josef.eu/misc/mereni/>).

V květnu 2014 byl proveden **druhý odběr vzorků z bentonitových tvárníc tvořících těsnící bariéru**. U vzorků byly testovány objemová hmotnost sušiny, váhová vlhkost, stupeň nasycení, hydraulickou vodivost a bobtnací tlak. Získané hodnoty byly porovnávány s hodnotami vzorků z prvního odběru. Na základě vyhodnocení provedených odběrů lze předpokládat, že dosud nedošlo k plnému nasycení bentonitové bariéry. Po diskuzi se zadavatelem výzkumu bude během r. 2015 rozhodnuto, **zda v saturaci a tepelném zatěžování bariéry pokračovat** i v r. 2016, nebo zahájit tzv. dismantling experimentu s jeho komplexním, multidisciplinárním vyhodnocením.

MIGRACE PLYNU V PROSTŘEDÍ (ZHUTNĚNÝCH) SMEKTITICKÝCH JÍLŮ

Doba trvání: 2014 – 2016
Příjemce: Fakulta stavební ČVUT
Poskytovatel dotace: GA ČR



Projekt je zaměřený **na výzkum plynopropustnosti smektitických jílů** v souvislosti s využitím jejich vlastností pro těsnicí vrstvy u skládek odpadu a při konstrukci hlubinného úložiště radioaktivních odpadů.

Jíly a materiály na bázi jílů (zejména smektitických) se pro svoji velmi nízkou propustnost **používají jako těsnicí materiál v inženýrských konstrukcích**. Důležitou oblastí pro využití těchto materiálů je zabezpečení skládek (nejen) komunálního odpadu těsnicí vrstvou a v budoucnu také jejich aplikace při výstavbě hlubinného úložiště vysoce aktivního jaderného odpadu. Jak ve skládkách, tak v hlubinném úložišti může a velice pravděpodobně i dojde k vývinu plynů, které mohou negativně ovlivnit funkci a bezpečnost těsnicích vrstev.

Cílem projektu je výzkum migračních vlastností českých smektitických jílů pro plyny a odhalení klíčových vlastností spojených s dlouhodobou bezpečností skládek a hlubinného úložiště jaderných odpadů. Mezi hlavní úkoly patří **zjistit minimální tlak plynu, při kterém dochází k vytvoření preferenčních cest**, a dále sledovat dynamiku tohoto jevu včetně schopnosti samohojení. Důležitým cílem je také určit vliv nehomogenity prostředí na tyto jevy.



Test s laboratorní sestavou



Soustava testovaná v laboratoři URC Josef



Obvrt malého fyzikálního modelu



Řez odvrtaným jádrem modelu s bentonitem



Řez s bentonitem a topidlem

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 ušlechtilé 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. Poté **byla zavodněna technologická spára mezi modelem a stěnou úložné studny**, pro tepelné zatěžování bentonitu byl spuštěn topný systém a současně se začala kontinuálně odečítat data. 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.

Během provozování experimentu byly v roce 2014 vyhodnoceny „malé“ fyzikální modely a bylo mj. připraveno rozebírání velkého fyzikálního modelu (dismantling). V únoru **2015 bude model rozebrán a následně multidisciplinárně vyhodnocen** tak, aby mohly být stanoveny případné změny mezi nezatíženým a v modelu zatíženým bentonitem.

VÝZKUM TERMÁLNÍ ZÁTĚŽE HORNIN – PERSPEKTIVY SKLADOVÁNÍ TERMÁLNÍ ENERGIE

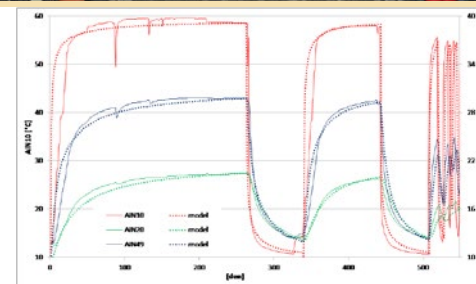
Doba trvání: 2011-2014
 Příjemce: Česká geologická služba
 Spolupříjemci: ISATech, s. r. o.,
 Technická univerzita v Liberci, ARCADIS CZ a.s.,
 divize Geotechnika, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR
 Poskytovatel dotace: MPO – Program TIP



V roce 2014 byl završen projekt, jehož náplní byl výzkum problematiky ukládání tepelné energie v prostředí granitických hornin při relativně nižších teplotách (cca 90 °C). Poslední, čtvrtá etapa projektu zahrnovala především **terénní výzkumné a technické práce soustředěné ve štole Josef** do rozrážky SP-47. Provedené práce byly spojené s realizací a monitoringem ohřevných a chladicích fází in situ experimentu a jejich porovnání s výsledky numerických simulací.

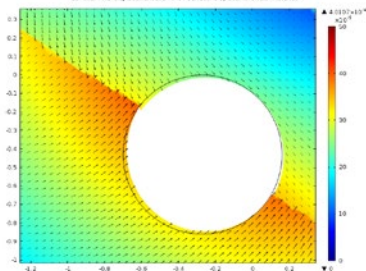
Z laboratorních prací byla dokončena podrobná charakteristika horninového prostředí experimentu ve štole Josef. Současně se laboratorní práce zaměřily na detailní popis chování tepelně vodivého geopolymery na styku s horninou a vodou. Nedílnou součástí laboratorních prací bylo **studium párů zahřátých a nezahřátých horninových vzorků** – jejich mikrostrukturní a petrologická charakterizace. Ta je zaměřená na popis změn v hornině souvisejících se zahříváním v průběhu ukládání tepelné energie.

V poslední etapě projektu pokračovalo i numerické modelování a jeho výstupy byly konfrontovány s in situ naměřenými hodnotami. Softwarem COMSOL byl simulován průběh teplotního pole pro pět kompletních zahřívacích cyklů. Další **simulace se týkaly reprezentace puklin v modelu napjatosti** a inverzní úlohy toku v puklinách při vodních tlakových zkouškách ve vrtech. Z hlediska plnění výstupů projektu byla přiznána právní ochrana 2 užitným vzorům, v pokročilé fázi je uznání 2 patentových přihlášek, 1 užitného vzoru a certifikace metodiky.

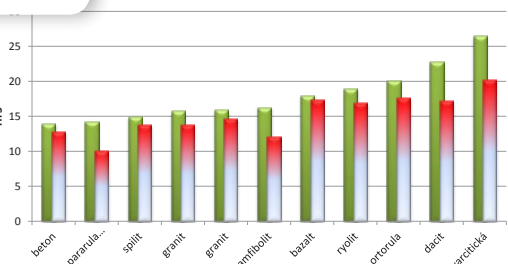


Graf modelových a naměřených teplot

Surface: Total Displacement (m) Arise Surface: Displacement field (vertical)



Vertikální řez puklinou protínající hlavní vřt



Hodnoty lineárních a pulsních štěpných pevností



Pohled do rozrážky s in situ experimentem



Měření georadarem ve dvojici vrtů

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



Závěrečná, čtvrtá etapa projektu byla vymezena **pro zpracování a souhrn všech informací získaných za celou dobu řešení** a pro analýzu možných zákonitostí plynoucích z výzkumu. Definované výstupy této etapy byly metodiky, technologie pro tlakové testy a výzkum vlivu způsobu hydraulického štěpení na pevnostní charakteristiky vytipovaných hornin a betonu.

Metodika pro hydraulické štěpení se týkala testování mikrovzorků, makrovzorků a in situ experimentu pro použití jak lineárního nárůstu tlaku, tak pro štěpení s pulzním buzením tlaku. Testováno bylo celkem **114 mikrovzorků z 10 horninových typů a referenčního betonu, 58 makrovzorků z 5 horninových typů** a referenčního betonu. Ověření metodiky v in situ prostředí proběhlo v horizontálním vrtu v daci v hloubce od 4,4 m do 7,8 m. Metodika hydrogeologického modelování testů makrovzorků a in situ experimentu vznikla na základě matematického modelování hydrodynamických poměrů pomocí komerčního software Visual MODFLOW.

Vyvinuté zařízení pro rozrušování horninového masivu in situ pomocí pulzního tlaku je „funkčním vzorkem“ a technologie hydraulického štěpení v pulzním režimu je považována za výsledek typu „ověřená technologie“. Kromě toho bylo v květnu 2014 vydáno **osvědčení o zápisu „užitého vzoru“ na technické řešení zařízení pro hydraulické štěpení**. Jednotlivé etapy, postupy prací, výsledky, vyhodnocení a interpretace popsali řešitelé v závěrečné zprávě tohoto čtyřletého projektu.

MEZIUNIVERZITNÍ LABORATOŘ PRO IN SITU VÝUKU TRANSPORTNÍCH PROCESŮ V REÁLNÉM HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ – MEZILAB II

Doba trvání: 2014-2015
Příjemce: Fakulta stavební a Fakulta jaderná
a fyzikálně-inženýrská ČVUT v Praze,
VŠCHT Praha

Poskytovatel dotace: MŠMT – CRP



S transportními procesy se lze v současné době setkat **při řešení většiny aktuálních geotechnických problémů**, např. při skladování energetických zdrojů v podzemí (plynové zásobníky, skladování přebytečné energie v diskontinuálním horninovém prostředí), při řešení problematiky bezpečného izolování vyhořelého jaderného paliva v hlubinném úložišti (studium migrací radionuklidů) apod.

Pro pochopení a praktickou výuku transportních procesů byla vybudována v jedné z rozrážek **v oblasti Mokrsko západ samostatná podzemní laboratoř**. Zde se budou pro výuku využívat v in situ prostředí 4 různá stanoviště – pro vodní a plynové tlakové zkoušky, pro dlouhodobý monitoring migračních procesů, pro korozní experimenty a pro difúzní experimenty. Laboratoř byla uvedena do provozu v červnu 2014, kdy se v areálu štol Josef uskutečnil zahajovací seminář projektu MeziLab II. Zúčastnili se ho pedagogové a studenti doktorského studia z obou zainteresovaných univerzit.

V zimním semestru akademického roku 2014/2015 byla zahájena výuka inovovaných úloh **v rámci stávajících předmětů zaměřených na problematiku transportních procesů**. Předměty jsou modifikovány pro potřeby jednotlivých škol. Laboratoř projektu MeziLab II bude sloužit studentům ke sběru dat pro vypracování jejich bakalářských, diplomových a dizertačních prací.



Příprava vrtů pro budoucí stanoviště výuky



Odebírání vody z jádrového vrtu



In situ experiment v laboratoři Stoplab



Schéma umístění a orientace vrtů v rozrážce JP-17



Vrtání horního vtláčečho 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



Projekt je zaměřen na využití fluorescenčních látek pro stopovací zkoušky. Tyto látky **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 vznikla ve štole Josef v oblasti Čelina **specializovaná laboratoř (Stoplab) pro potřeby stopovacích experimentů na makrovzorcích**. V lokalitě Mokrsko západ byla vybrána rozrážka JP-17 pro realizaci in situ stopovacích experimentů.

V roce 2014 byly práce soustředěny na laboratorní zkoušky inertní výplně umělé pukliny makrovzorků a na přípravu stanoviště pro realizaci in situ experimentů ve vybrané rozrážce. Inertní materiál, který byl zvolen, je tzv. balotina – průmyslově vyráběné mikrokuličky. Laboratorními zkouškami byly určeny její základní vlastnosti - zdánlivá hustota (specifická hmotnost), **objemová hmotnost volně sypaného a setřeseného materiálu, zrnitostní složení a hydraulická vodivost**.

V rozrážce pro in situ experimenty bylo, na základě geofyzikálních měření a geologického mapování, rozhodnuto o umístění pěti přibližně vodorovných vrtů. Tyto vrty byly následně od září do listopadu vyvrtány a jsou připraveny pro stopovací experimenty.

ZLEPŠENÍ INFRASTRUKTURY PRO VÝUKU GEODÉZIE VE ŠTOLE JOSEF

Doba trvání: 2014
Příjemce: Fakulta stavební ČVUT
Poskytovatel dotace: MŠMT - IRP



Cílem projektu byla **modernizace praktické výuky úloh geodézie** studijního programu Geodézie a kartografie (oboru Geodézie a kartografie) v podzemních prostorách. Jedná se o přesun části praktických cvičení z nevyhovujících prostor v budově Fakulty stavební v Praze Dejvicích na pracoviště Podzemní laboratoř Josef. Toto pracoviště nabízí prostředí blízké reálným podmínkám v praxi a současně také potřebné zázemí.

Praktické úlohy předmětu Geodézie v podzemních prostorách byly dlouhou dobu zaměřené pouze na základní klasické metody důlního měřictví. To vyplývá mimo jiné z dosavadního omezení dostupných prostor pro výuku tohoto specifického předmětu. Se zahájením provozu Podzemní laboratoře Josef se nabídla **možnost přiblížit výuku reálným podmínkám**. Prostor ale nabízí možnosti i pro další typy úloh, včetně moderních tunelářských metod (automatizace měření, laserové skenování aj.), které dosud do praktické výuky téměř nemohly být zařazeny, a přitom jsou dnes od absolventů tyto dovednosti (nejen znalosti) často požadovány. Hlavním důvodem pro přesun části výuky z FSv do zprovozněné části oblasti Čelina východ je záměr využít šibík (důlní dílo propojující jednotlivá důlní patra - výška 40m), který spojuje 3 horizontální úrovně. Z toho důvodu bude z FSv **do okolí šibíku přesunuta i další úloha využívající horizontální část díla** a v rámci úkolu vybudovaný cvičný polygon.



Výuka geodetů v oblasti Mokrsko západ



Vytyčování na hlavním překopu Mokrska západ



SPOLEČNÉ EXPERIMENTÁLNÍ ZÁZEMÍ NA VNĚJŠÍCH PLOCHÁCH CENTRA EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY FAKULTY STAVEBNÍ KE ZKOUŠKÁM SYSTÉMU VOZIDEL A VLASTNOSTÍ SILNIČNÍCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ

Doba trvání: 2014
Příjemce: Fakulta stavební ČVUT
Poskytovatel dotace: MŠMT – IRP



Tento rozvojový projekt dvou kateder Fakulty stavební ČVUT navazuje na projekt z roku 2013, kdy byl vybudován **základ zkušební kruhové dráhy pro zkoušky vozidel v ustálených jízdních stavech**. Pokračování projektu umožnilo zkušební kruhovou dráhu kompletně dokončit tak, aby vyhovovala i pro zkoušky požární odolnosti vozidel.

Protože pro studenty, kteří přijíždějí z ČVUT do stoly Josef na praktickou výuku, dosud nebylo v provozu odpovídající povrchové zázemí, v rámci projektu **vznikl jednopatrový objekt z bývalého buňkoviště** se šatnami, sociálním zařízením a zasedací místností s audiovizuálním vybavením, celoročně využitelný pro potřeby studentů a pedagogů.

Z prostředků projektu byla zakoupena lehká dynamická deska LDD100 a statická zatěžovací deska ECM-Static. Tato zařízení se využívají ke zjišťování únosnosti některých vozovkových vrstev a podloží. Hledanými výstupy jsou modul přetvárnosti u statické zatěžovací zkoušky a hodnota dynamického modulu u lehké dynamické desky. S těmito údaji se dále **pracuje při návrhu a posuzování konstrukcí vozovek**. Jedná se o zařízení využitelná pro praktickou výuku studentů i pro výzkum.





Areál štoly Josef z ptačí perspektivy



Pracovníci ARCADISu v rozrážce projektu DOPAS




Carmix pro přepravu vláknobetonu do podzemí

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. Vrtné schéma a výuka destruktčních prací
17. Vrtné schéma
18. Detekce kritických míst geotechnických konstrukcí

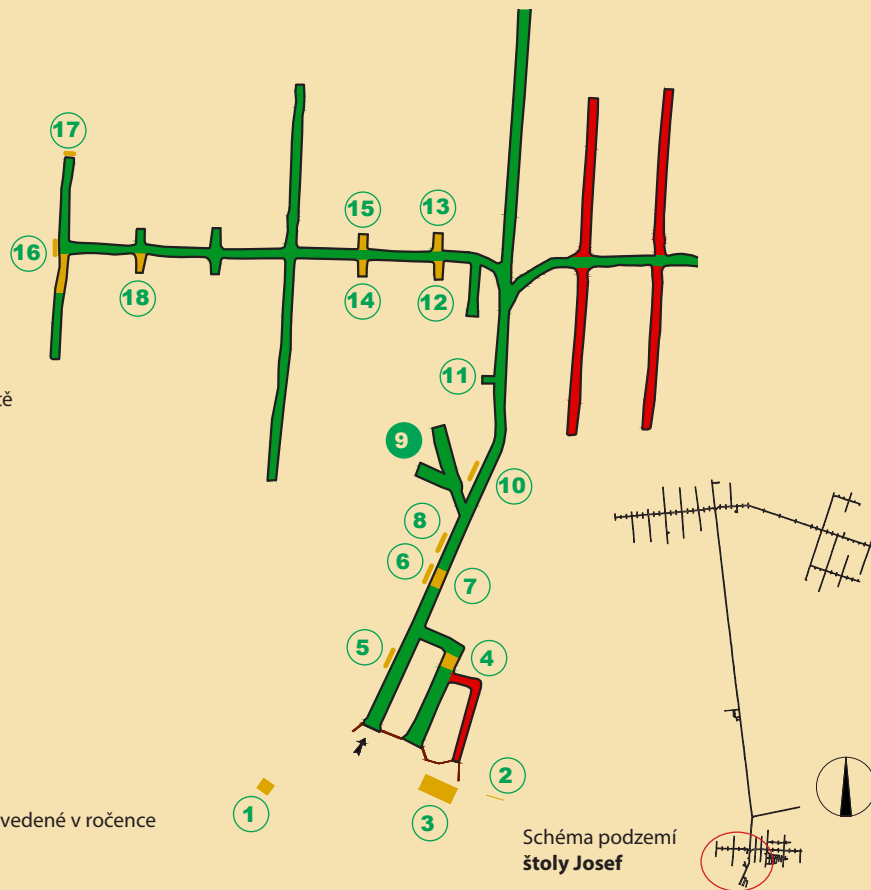
 Experiment, stanoviště výuky

 Zpřístupněné části

 Nepřístupné části

 9 Projekty uvedené v roce

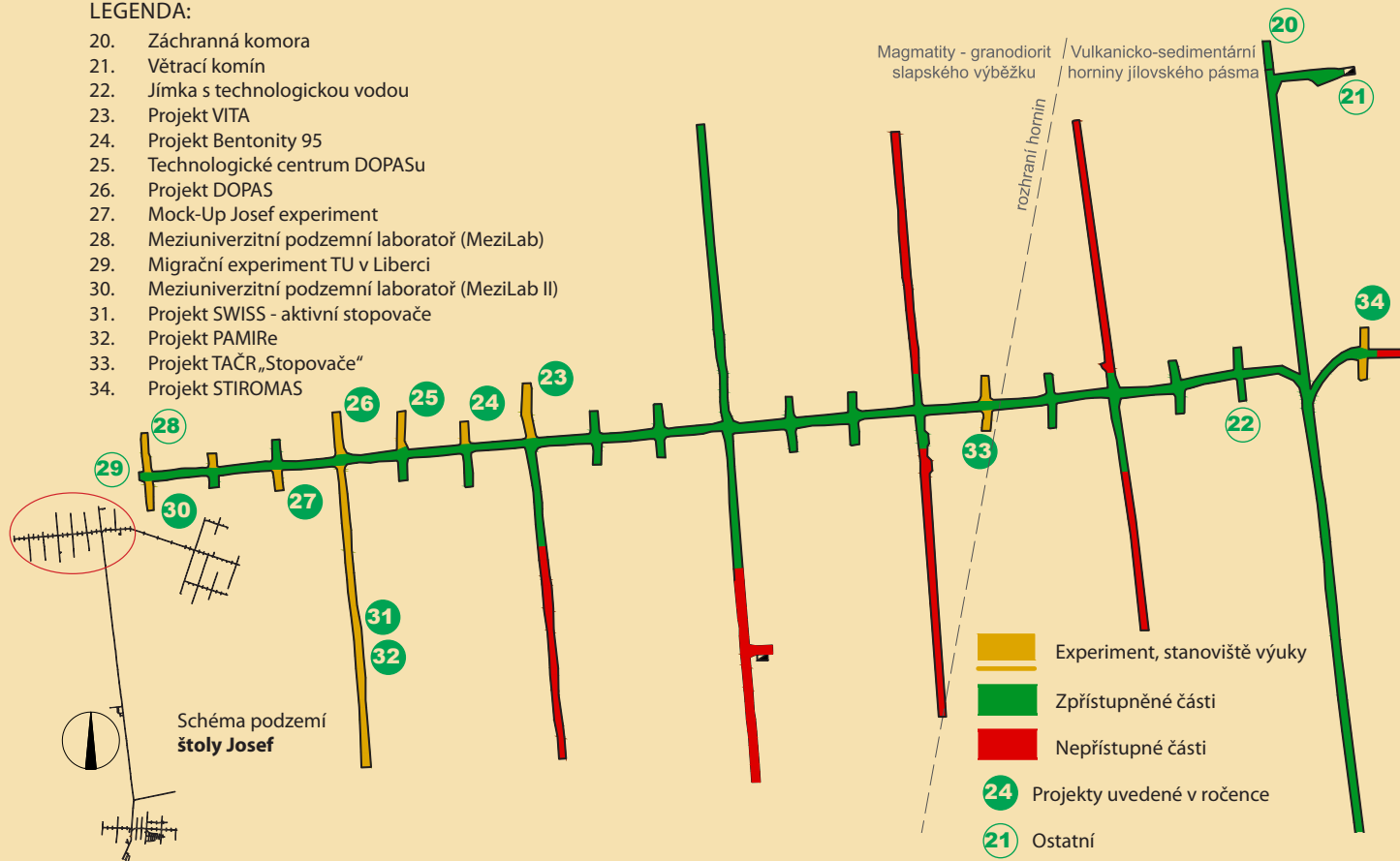
 1 Ostatní



PODZEMÍ - MOKRSKO ZÁPAD

LEGENDA:

20. Záchranná komora
21. Větrací komín
22. Jímka s technologickou vodou
23. Projekt VITA
24. Projekt Bentonity 95
25. Technologické centrum DOPASu
26. Projekt DOPAS
27. Mock-Up Josef experiment
28. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab)
29. Migrační experiment TU v Liberci
30. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab II)
31. Projekt SWISS - aktivní stopovače
32. Projekt PAMIRe
33. Projekt TAČR „Stopovače“
34. Projekt STIROMAS



SVOU PRÁCI DĚLÁME KAŽDÝ ROK LÉPE...



ATRAKTIVNĚJŠÍ PROPAGACE

MÁŠ NA VÍC – DOSÁHNI NA Ph.D.

K220 – Centrum experimentální geotechniky

ČPřítelství do 28.5.2014 nálepka v rámci ZD14

CSG

K220
Školící pracoviště doktorského studia oboru FM – Fyzikální a materiálové inženýrství

Týmista doktorských prací specifické složky podzemního stavitelství a problematika izolování výsoce radioaktivních odpadů v hlubinném úložišti

Tříletá prac experimentální činnost v Podzemní laboratoři Josef a v povrchové akreditované geotechnické laboratoři

NA CO SE MLADÍ VÝZKUMNÍCI MOHOU ZABĚHNĚT...

Vyhodnocení dat experimentu DOPAS (Experimental Pressure and Sealing Plug)

Numerické modelování in situ experimentů

Problematika plynopropustnosti jílových bariér

Vývoj Bentonit

V SOUČASNOSTI ŘEŠENÁ ZADÁNÍ DOKTORSKÝCH PRACÍ:

Výzium plynopropustnosti hominového prostředí zřízeny na experimentálním – stu měření Ing. Jan Šimůnek

Hydrofyzikální vlastnosti smektitických jílu v podmínkách hlubinného úložišti radioaktivních odpadů Ing. Lucie Hasenmannová

Vliv teploty na změnu napjatosti hominy; Ing. Markéta Levorová

Fyzikální izolování



...A MÁME Z TOHO RADOST!



VYBRANÉ PUBLIKACE 2014

- Štáštka, J.: **Bentonite pellets for use as gap filling**. In: 7th Mid-European Clay Conference 2014, PROGRAMME AND ABSTRACTBOOK. Freiberg: Deutsche Ton- und Tonmineralgruppe e.V., 2014, p. 323.
- Smutek, J. - Levorová, M.: **Laboratory and in situ testing of gas permeability and self-healing ability of Czech Ca-Mg bentonite**. In: 7th Mid-European Clay Conference 2014, PROGRAMME AND ABSTRACTBOOK. Freiberg: Deutsche Ton- und Tonmineralgruppe e.V., 2014, p. 318.
- Hausmannová, L. - Vašíček, R.: **Measuring hydraulic conductivity and swelling pressure under high hydraulic gradients**. In: Geological Society Special Publication [online]. 2014, vol. 400, no. 400, p. 292-301.
- Štáštka, J.: **Bentonite Gap Filling For High-Level Waste**. In: SGEM2014 GeoConference Proceedings. Sofia: International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2014, p. 139-146. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7105-08-7.
- Svoboda, J. - Štáštka, J. - Smutek, J.: **Verification of Sprayed Clay Technology with Respect to the Geological Disposal of Radioactive Waste**. In: Acta Geodynamica et Geomaterialia. 2014, vol. 2014, no. 174, p. 145-152. ISSN 1211-1910.
- Hausmannová, L. - Vašíček, R.: **Amount of water in saturated compacted bentonite samples at various temperatures**. In: 7th Mid-European Clay Conference 2014, PROGRAMME AND ABSTRACTBOOK. Freiberg: Deutsche Ton- und Tonmineralgruppe e.V., 2014, p. 179.
- Pacovský, J. - Levorová, M. - Hausmannová, L. - Štáštka, J.: **Dílčí zpráva č.8- Výstavba, provozování a vyhodnocení demonstračního experimentu Mock-up Josef**. [Výzkumná zpráva]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Centrum experimentální geotechniky, 2014. 45 s.
- Dvořáková, M. - Hanusová, I. - Svoboda, J. - Vencel, M.: **Experiment EPSP - Stavba zátky pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů v rámci evropského projektu DOPAS**. In: Tunel. 2014, roč. 23, č. 2, s. 4-10. ISSN 1211-0728.
- Štáštka, J.: **Mock-up Josef Demonstration Experiment**. In: Tunel. 2014, vol. 23, no. 2, p. 65-73. ISSN 1211-0728.



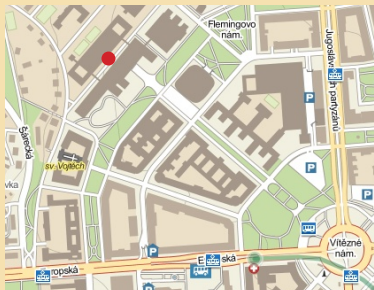
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební



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 URČ 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>