



# Výroční zpráva **2009**



# ŠTOLA JOSEF



Vážení čtenáři,

v letošním roce jsme se poprvé rozhodli prezentovat Centrum experimentální geotechniky (CEG) Fakulty stavební ČVUT v Praze formou „výroční zprávy“. Chtěli bychom tímto způsobem seznámit odbornou i laickou veřejnost s našimi aktivitami.

CEG FSv ČVUT v Praze je vysokoškolské pracoviště, jehož činnost neodpovídá představě o klasickém stylu výuky na vysoké škole. Při diskuzích s předními odborníky stavebních společností se často objevovalo přání, aby absolventi FSv již během studia nabyli praktické zkušenosti z podzemních staveb, aby získali základní představu o tom, co je v praxi čeká. Proto je naším hlavním cílem poskytnout studentům především praktické poznatky týkající se měření, „in situ“ zkoušek a experimentů právě v této oblasti. K naplnění tohoto cíle se nám podařilo v roce 2007 otevřít Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef). UEF Josef je nejen unikátním místem pro výuku, ale také prostředím pro výzkum a experimenty, které řeší aktuální problémy ze širokého spektra dosud nevyřešených otázek z oblasti podzemního stavitelství.



Prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební



Centrum experimentální geotechniky



Podzemní výukové středisko Josef

## 2 seznam zaměstnanců CEG

Prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.	vedoucí pracoviště
Ing. Jiří Svoboda, Ph.D.	zástupce vedoucího
Simona Průšová	asistentka
Ing. Radek Vašíček, Ph.D.	odborný asistent
Ing. Danuše Nádherná	správce areálu UEF Josef
Mgr. Martin Růžička	manažer rozvoje
Hana Landíková	laborantka
Vladimír Kašpar	technik
Petr Růžička	technik
Bc. Lucie Hausmannová	studentka
Bc. Markéta Levorová	studentka
Ing. Jakub Jann	student
Zbyněk Kaisr	student
Bc. Jan Smutek	student
Bc. Jiří Šťástka	student
Miloslav Kříž	ostraha areálu UEF Josef
Ladislav Kubišta	ostraha areálu UEF Josef
Jan Rýdl	ostraha areálu UEF Josef



**Prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.**  
vedoucí CEG

Absolvoval Stavební fakultu ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby, kde je také od roku 1977 zaměstnán. V roce 1998 se hlavně měrou zasloužil o vznik nového pracoviště – Centra experimentální geotechniky (CEG). V roce 2004 byl jmenován profesorem v oboru Teorie stavebních konstrukcí a materiálů. V roce 2002 inicioval ve spolupráci s evropskými partnery výstavbu fyzikálního modelu Mock-Up-CZ a „in situ“ experimentu TIMODAZ v roce 2009. Je také autorem myšlenky vybudovat Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef), které bylo zprovozněné v roce 2007.



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

V roce 1999 absolvoval Stavební fakultu 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 již jako student – 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 7. RP EU – FORGE a projektu Norm EEA Norway Grants.



**Simona Průšová**  
asistentka

V CEG je zaměstnána od září roku 2009. Zodpovídá za administrativní a účetní agendu všech výzkumných projektů. Dále je pověřena úkony spojenými s personálními záležitostmi, s vedením spisové dokumentace CEG a s každodenní administrativou.



**Ing. Radek Vašíček, Ph.D.**  
odborný asistent

V roce 2001 absolvoval Stavební fakultu 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, je odpovědným řešitelem projektu 7. RP EU – PETRUS II.



**Ing. Danuše Nádherná**  
správce areálu UEF Josef

V roce 1981 absolvovala Stavební fakultu ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení ve stavebnictví.

S CEG spolupracovala externě od roku 2006. Zajišťovala veškerá jednání se státními institucemi v průběhu přípravy i realizace výstavby UEF Josef. V roce 2008 přijala nabídku a stala se zaměstnancem CEG, kde zajišťuje inženýrskou činnost při přípravě a realizaci staveb, zajišťuje bezpečnostní dozor a správu areálu UEF Josef. Zodpovídá také za prohlídky štol Josef pro veřejnost.



**Mgr. Martin Růžička**  
manažer rozvoje

V roce 1999 ukončil studium na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

V CEG je zaměstnán od září 2009. Má na starosti především administrativní přípravu projektů, pracuje s databází dotačních programů s cílem informovat partnery CEG o možnostech řešení projektů v podzemí UEF Josef. Zodpovídá i za PR aktivity.





**Hana Landíková**  
laborantka

V CEG zaměstnána od jeho vzniku. Má na starosti laboratorní zkoušky z mechaniky zemin i mechaniky hornin. Odpovídá za provoz akreditované geotechnické laboratoře. Vykonává funkci odborného pracovníka pro metrologii a provádí zkoušky v rámci akreditované laboratoře CEG.



**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. V současnosti se podílí 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 UEF Josef. Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



**Bc. Lucie Hausmannová**  
studentka

Absolvovala v roce 2009 bakalářský obor FSv ČVUT v Praze Inženýrství životního prostředí.

V současné době studuje navazující magisterský obor Inženýrství životního prostředí, zaměření Geotechnika v životním prostředí.

V CEG je zaměstnána na poloviční úvazek. Zodpovídá za laboratorní zkoušky materiálů inženýrských bariér. Absolvovala mezinárodní kurz pořádaný agenturou IAEA v Peine (Německo) a „Timodaz training course“ pořádaný EU – ITC v Barceloně.



**Bc. Markéta Levorová**  
studentka

Absolvovala v roce 2008 bakalářský obor FSv ČVUT v Praze Inženýrství životního prostředí. Studuje navazující magisterský obor Inženýrství životního prostředí, zaměření Transportní procesy v půdě.

V CEG je zaměstnána na poloviční úvazek. Odpovídá za laboratorní zkoušky a měření, podílí se na projektu TIMODAZ.

Absolvovala „Timodaz training course“ pořádaný EU – ITC v Barceloně.



**Ing. Jakub Jann**  
student

V roce 2004 absolvoval FSv ČVUT v Praze, obor Konstrukce a materiál. Doktorandské studium v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství zahájil v roce 2005.

V CEG pracoval již jako student – pomocná vědecká síla a během doktorandského studia na částečný úvazek. Stálým zaměstnancem byl od roku 2007 do roku 2009.

Podílel se na projektech spojených s problematikou inženýrských bariér.





**Zbyněk Kaisr**  
student

V roce 2005 zahájil studium oboru Konstrukce a dopravní stavby Fakulty stavební, ČVUT v Praze.

V CEG je zaměstnán na poloviční úvazek. Pomáhá při rekonstrukci a zprovoznování nových úseků štoly Josef i při zajištění experimentálního výzkumu v laboratořích CEG.



**Bc. Jan Smutek**  
student

Absolvoval v roce 2008 bakalářský obor FSV ČVUT v Praze Inženýrství životního prostředí. Studuje navazující magisterský obor Inženýrství životního prostředí, zaměření Dopravní stavby a životní prostředí.

V CEG je zaměstnán na poloviční úvazek. Podílí se na projektech spojených s experimentálním výzkumem plynopropustnosti horninového masivu především ve spojitosti s 7. RP EU FORGE a Norm EEA Norway Grants.



**Bc. Jiří Štáška**  
student

Absolvoval v roce 2008 bakalářský obor FSV ČVUT v Praze Inženýrství životního prostředí. Studuje navazující magisterský obor Stavební management.

V CEG je zaměstnán na poloviční úvazek. Zodpovídá za experimentální práce při řešení problematiky výplňových těsnění nanášených nástřikem. Absolvoval mezinárodní kurzy pořádané agenturou IAEA v Quartenu (Švýcarsko) a v Peine (Německo).

## o pracovišti

**C**entrum experimentální geotechniky (CEG) je samostatné pracoviště Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze.



České vysoké učení technické (ČVUT) je nejstarší technickou školou ve střední Evropě, jejíž vznik se datuje do roku 1707. Tehdy císař Josef I. souhlasil se žádostí Ch. J. Willenberga „...vychovávat v umění inženýrském“. V té době škola nesla název Stavovská inženýrská škola. Výnosem Ministerstva školství a národní osvěty vzniklo 1. 9. 1920 České vysoké učení technické jako svazek sedmi vysokých škol technických, mezi kterými již bylo uvedeno stavební inženýrství i architektura a pozemní inženýrství. V současnosti patří pod ČVUT osm fakult (stavební, strojní, elektrotechnická, jaderná a fyzikálně inženýrská, architektury, dopravní, biomedicínského inženýrství, informačních technologií), z nichž Fakulta stavební patří k největším.

CEG vzniklo v roce 1998. Do té doby bylo součástí katedry geotechniky FSV a plnilo funkci laboratoře zaměřené zejména na praktickou výuku.

Základním posláním CEG je experimentální a pedagogická činnost. Činnost pedagogická je zaměřena na praktické seznámení studentů s laboratorními zkouškami a experimenty, na „in situ“ prováděné zkoušky a na měření související se zakládáním staveb a s podzemními stavbami. Hlavní náplní práce CEG je však výzkumná a experimentální činnost. V posledních několika letech je výzkum soustředěn především na oblast ukládání radioaktivních odpadů (RAO) do hlubinného úložiště a s tím souvisejících témat.





V červnu roku 2007, za podpory a spolupráce společnosti Metrostav a s pomocí finančních prostředků z Evropského sociálního fondu a magistrátu hl. m. Prahy, otevřelo CEG nové pracoviště – Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef) ležící přibližně 60 km jihovýchodně od Prahy. Toto pracoviště bylo vybudováno v opuštěném podzemním díle – štolě Josef a jeho hlavní úkolem je zajistit praktickou výuku studentů v reálném prostředí, podpořit řešení experimentálních výzkumných projektů a přispět k většímu propojení univerzitního vzdělávání a výzkumu s praxí.

V současnosti se stává prioritním cílem CEG realizace projektu Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josef. Tento projekt představuje rozšíření již fungujícího

UEF Josef o další aktivity. Počítá se s rekonstrukcí dosud nevyužívané zchátralé budovy ležící v areálu UEF Josef, čímž vznikne rozsáhlé zázemí s kanceláři, akreditovanými laboratořemi, experimentální halou a dílnou. Toto zázemí spolu již se zrekonstruovanými podzemními prostory bude poskytovat jedinečné podmínky pro další rozvoj výuky, vývojové a výzkumné projekty, tréninkové a rekvalifikační kurzy, marketingové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví. Možnosti URC Josef budou moci využívat zejména podnikatelské subjekty zabývající se podzemním stavitelstvím, geologií, geodézií, aplikovanou geotechnikou, materiálovým inženýrstvím a bezpečnostním inženýrstvím, ale i vysokoškolská pracoviště a výzkumné instituce.



## 10 UEF Josef

**P**rvoční idea týkající se zřízení experimentálního podzemního pracoviště při FSv ČVUT Praha vznikla již v roce 2003 a byla inspirována školním dolem „The Edgar Experimental Mine“, který provozuje univerzita Colorado School of Mines v Goldenu. Vznik podobného pracoviště v České republice byl reakcí na potřebu výrazněji rozvíjet experimentální výzkumnou činnost v „in situ“ prostředí, praktickým tréninkem seznamovat studenty s reálnými podmínkami podzemního díla a propojit výuku a výzkum vysokoškolského pracoviště s potřebami průmyslu. Z možných neprovozovaných menších podzemních děl byla nakonec zvolena štola Josef.



Štola Josef se nachází ve zlatonosném Jílovském pásmu, v oblasti nazývané Psí hory, přibližně 60 km jihovýchodně od Prahy. Byla vyražena v 80. letech 20. století v souvislosti s průzkumem zlatonosných ložisek v této oblasti. Průzkumná činnost ve štole Josef byla ukončena v roce 1991, od dobývání



zlata se upustilo z důvodu negativního vlivu těžby na životní prostředí. Délka páteřní štoly je 1835 m, profil 14 až 16 m<sup>2</sup>, výška nadloží se pohybuje od 90 do 150 m. Na páteřní štolu navazují další liniová průzkumná díla a rozrážky o celkové délce 6018 m. 90 % výlomů je nevystrojeno.

Než mohlo být přikročeno ke zpřístupnění štoly, proběhla řada jednání se státními orgány, mnoho právních i administrativních úkonů, jejichž výsledkem bylo vyjasnění vztahu FSv ČVUT k dotčeným pozemkům, objektům na nich ležících i samotné štoly Josef. Po těchto nezbytných formálních krocích byla pozornost soustředěna na otázky: jak zajistit rekonstrukci, v jakém rozsahu rekonstruovat podzemí, jak rozsáhlé zázemí vybudovat a v neposlední řadě jakým způsobem zajistit potřebné finanční prostředky.

V srpnu 2005 byla odstraněna betonová zátka ve vstupním portálu páteřní štoly a v září téhož roku, na základě průzkumu díla Josef, potvrdila Báňská záchranná služba Praha možnost využít štoly pro podzemní laboratoř. Rekonstrukce podzemí a výstavba povrchového zázemí byly zahájeny v květnu 2006. Naším partnerem se stala společnost Metrostav, jejíž dar v hodnotě 9,5 mil. Kč pokryl náklady na rekonstrukci a znovuzprovoznění prvních 650 m štoly. Vybudování povrchového zázemí bylo financováno Evropským sociálním fondem, státním rozpočtem České republiky a rozpočtem hlavního města Prahy. Slavnostní otevření a zahájení provozu UEF Josef proběhlo 20. 6. 2007 za účasti českých i zahraničních akademických pracovníků a předních expertů z oboru podzemních staveb.

Od akademického roku 2007–08 probíhá v UEF Josef pravidelná výuka předmětů jak bakalářských, tak magisterských studijních oborů. Výuka je především prakticky orientovaná na předměty související s podzemním

stavitelstvím, studenti mají jedinečnou příležitost vyzkoušet si v reálném prostředí skutečná měření a experimenty. Souběžně s výukou se ve štole Josef začal realizovat výzkum související s problematikou ukládání radioaktivních odpadů – rozsáhlý evropský experiment TIMODAZ, výzkum stříkaných směsí na bázi bentonitu, výzkum plynopropustnosti hornin. V současné době probíhají intenzivní práce na zpřístupnění dalších podzemních prostor a jsou připraveny další výzkumné projekty, které využijí tohoto jedinečného pracoviště.



S prostředím štoly Josef se mohou seznámit i běžní návštěvníci dané lokality – od začátku dubna do konce září si podle návštěvních dnů (viz [www.uef-josef.eu](http://www.uef-josef.eu)) mohou prohlédnout část zpřístupněných prostor podzemí.



V současné době je úsilí všech pracovníků CEG, kromě pravidelné výuky a probíhajících experimentů, zaměřeno na vznik Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josef. Toto výzkumné centrum by mělo navázat na stávající Podzemní výukové středisko Josef a stát se unikátním pracovištěm nejen v České republice, ale i Evropě. Předpokládá se, že hlavní náplní URC Josef bude výuka (rozšířená o studenty dalších vysokých škol a univerzit), tuzemské i zahraniční výzkumné projekty, tréninkové kurzy (včetně kurzů pro IAEA), rekvalifikační kurzy, marketingové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví. Součástí URC Josef by měly být zrekonstruovaná dosud chátrající a nevyužívaná budova ležící v areálu UEF Josef, nově postavená budova (provozní objekt) a další zrekonstruované a zprovozněné podzemní prostory. S tím souvisí i vybudování veřejného osvětlení, oplocení celého areálu, výstavba areálových komunikací, čističky odpadních vod a konečné terénní úpravy.

Zrekonstruovaná budova se svým moderním zázemím, tvořeným akreditovanými laboratořemi, experimentální halou, dílnou a kanceláři, se stane základnou pro firmy začínající i již působící v oblasti podzemního stavitelství, aplikované geotechniky, geodézie, materiálového a bezpečnostního inženýrství.

Nový sociálně provozní jednopodlažní objekt by měl nahradit stávající provizorní zázemí (buňkoviště),

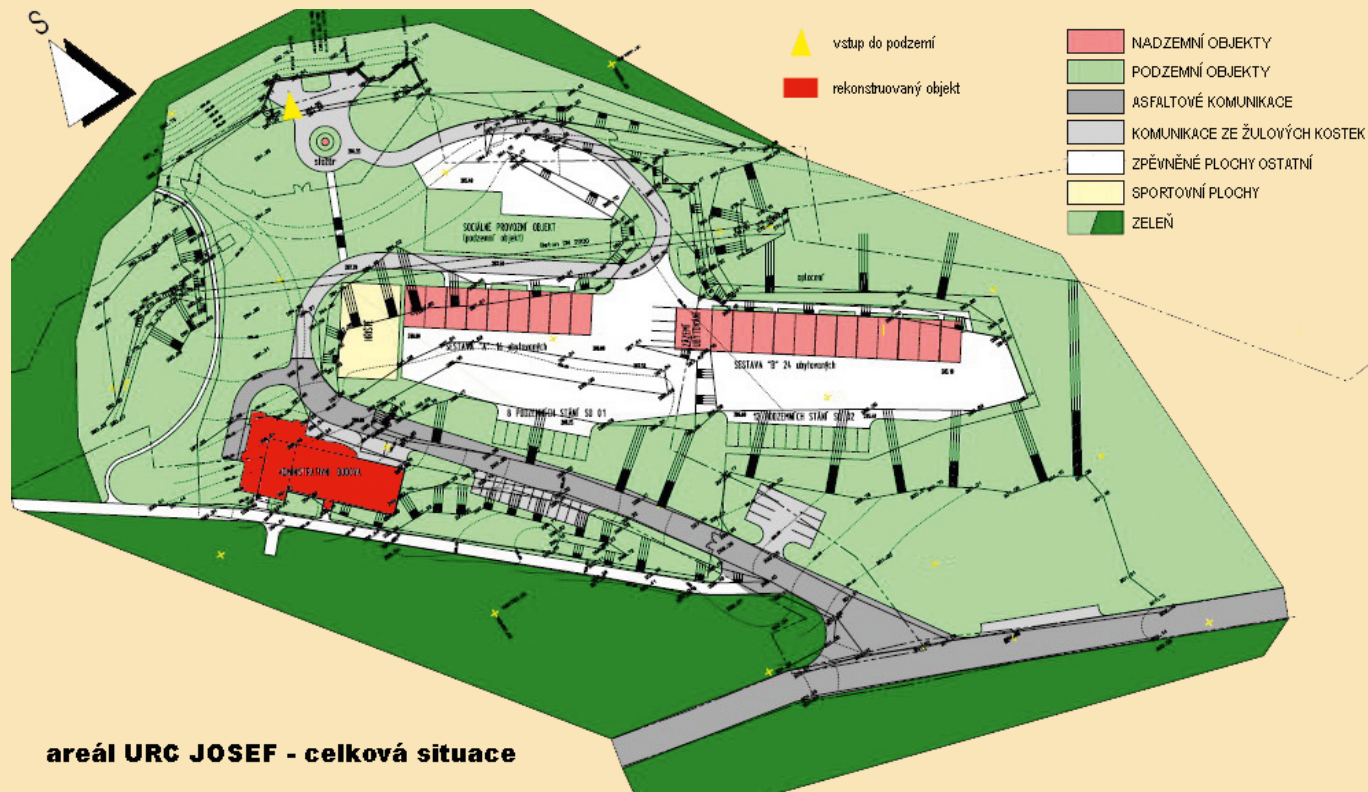
tzp. poskytnout prostor pro šatny a sociální zařízení studentům, pedagogům, výzkumným pracovníkům i ostatním zaměstnancům URC Josef. V objektu se počítá s rozsáhlou plochou pro stálé nebo dočasné expozice tématicky související se zaměřením URC Josef.

Úspěšně se rozvíjí kooperace s vysokými školami a univerzitami. Jako hlavní koordinátor získalo CEG FSv ČVUT spolu s Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT, s Vysokou školou chemicko-technologickou Praha, Masarykovou univerzitou Brno a Technickou univerzitou Liberec Rozvojový centralizovaný projekt MŠMT na rok 2010 s názvem Meziuniverzitní spolupráce na rozvoji podzemní laboratoře Josef v oblasti ukládání nebezpečných látek a plynů o celkové dotaci 20 mil. Kč. Výuková laboratoř vznikne v jedné z rozrážek v granitických horninách v oblasti Mokrsko-západ, která je nově zrekonstruovaná s novými elektrickými rozvody, nově vybudovaným systémem větrání a s rozvodem vysokorychlostního internetu.

Laboratoř bude všem zúčastněným partnerům sloužit při experimentální „in situ“ výuce vysoce aktuální problematiky izolování a ukládání nebezpečných látek a plynů do podzemí.

Vize pracovníků CEG však sahají i do vzdálenější budoucnosti – uvažuje se o výstavbě ubytovacích kapacit a sportovišť v areálu, případně o využití podzemních prostor pro speleoterapii, pro hudební či jiné kulturní akce.





**P**ředměty vyučované pedagogy CEG jsou svým specifickým zaměřením určeny především pro 4. ročníky bakalářského studia a pro magisterské studium oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí. Jedná se o předměty orientované na experimentální geotechniku, jejichž výuka probíhá jak v laboratořích CEG, tak v UEF Josef.

Témata závěrečných prací obvykle úzce souvisí s výzkumnými projekty zpracovávané v CEG. Pro řešení prací studenti využívají jak geotechnické laboratoře, tak Podzemní výukové středisko Josef.



## Bakalářské studium

**Projekt 2:** pro studenty oboru Inženýrství životního prostředí.

**Projekt D:** pro studenty oboru Konstrukce a dopravní stavby.

Oba projekty připravují studenty uvedených oborů na vypracování bakalářské práce tématicky zaměřené na experimentální geotechniku. Studenti se pro vybraná témata seznamují s odbornou literaturou, zpracovávají řešení, řeší praktické příklady související s danou problematikou jak v laboratořích CEG, tak „in situ“ v Podzemním výukovém středisku Josef. Předmět je zakončen vypracováním osnovy bakalářské práce s návrhem, jak zadaný problém řešit.

### Bakalářské práce

Studenti bakalářských oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí mají příležitost vypracovat prakticky orientované bakalářské práce tématicky zaměřené na aktuální problematiku z oboru geotechniky. Pro řešení práce mohou využívat geotechnické laboratoře a Podzemní výukové středisko Josef.

## Navazující magisterské studium

### Laboratoř geotechniky

Náplní předmětu jsou geotechnické „in situ“ i laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů hornin a zemin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry.

### Experimentální výzkum ukládání radioaktivních odpadů

Předmět se zabývá problematikou bezpečného izolování radioaktivních odpadů. Studenti se seznámí se základními principy ukládání radioaktivních odpadů, a s vlastnostmi materiálů na bázi bentonitu pro konstrukci inženýrské bariéry hlubinného úložiště, s fyzikálním modelováním, s praktickými úlohami v Podzemním výukovém středisku Josef.

### Diplomový seminář

V průběhu semináře je zahájeno řešení tématu diplomové práce z oblasti experimentální geotechniky. Součástí je studium literatury, rešerše, a seznámení se s řešenou problematikou na praktických příkladech. Zakončen je konceptem řešení diplomové práce.

### Diplomová práce

Studenti navazujících magisterských oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí mají příležitost, v rámci svého oborového zaměření, vypracovat diplomovou práci z oblasti experimentální geotechniky.



## Obhájené bakalářské práce

**Lucie HAUSMANNOVÁ:**

**Saturační schopnost bentonitu v závislosti na teplotě**



Předmětem práce bylo zkoumání saturačních vlastností bentonitu v závislosti na teplotě při použití malých fyzikálních modelů. V dřívějším experimentu Mock-Up-CZ se pomocí velkého fyzikálního modelu simulovalo uložení teplo produkujícího kontejneru v bentonitové bariéře za dostatečného přísunu saturačního média. Po určité době se vlhkost v celé bariéře ustálila

na podobnou hodnotu, a to bez ohledu na teplotu v daném místě. Vzhledem k obdobné objemové hmotnosti ve většině bariéry se tak nelišil ani saturační stupeň, který nabýval hodnot velmi blízkých stavu plného nasycení. Teplota dosažená v bentonitové bariéře experimentu Mock-Up-CZ se pohybovala v rozmezí 50–90 °C. Cílem práce bylo toto chování pomocí malých fyzikálních modelů experimentálně ověřit a zjistit, zda proces saturace bentonitu bude nezávislý na teplotě i při vyšších hodnotách této veličiny.

**Lenka PINKAVOVÁ:**

**Stabilita hlavních geotechnických parametrů těsnících materiálů hlubinného úložiště**

Práce vznikla v rámci projektu Experimentální výzkum materiálu na bázi bentonitu při dlouhodobém působení teploty a saturačního média extrémními účinky. Cílem bylo ověřit stabilitu základních vlastností těsnících materiálů inženýrských bariér hlubinného úložiště. Během dlouhodobého zatěžování vysokou teplotou a bobtnacím tlakem v kombinaci s různými sytíciemi

medií se vyhodnocují změny charakteristických vlastností materiálů, a to v několikaměsíčních intervalech. Pro zkoušky byly použity suspenze tří různých bentonitů a dvě saturační média. Saturačními médii byla voda ze štoly UEF Josef a uměle připravená granitická voda (dodaná VŠCHT), která by měla mít na bentonit nejnepříznivější účinky. Práce obsahuje výsledky z prvních šesti měsíců experimentu.



## Obhájené bakalářské práce

**Tomáš SKORKOVSKÝ:**

### Studium příčin změn teploty v podzemních konstrukcích

Změny teploty v podzemních stavbách způsobuje řada faktorů, často obtížně vysvětlitelných. Mezi hlavní příčiny změn patří střídání ročních období, denních a nočních cyklů, změna intenzity nuceného větrání apod. Úkolem bakalářské práce bylo, na základě v minulosti již provedených teplotních měření a na základě vlastních měření v Podzemním výukovém středisku UEF Josef, alespoň částečně přispět ke zjištění zákonitostí, které teplotu v podzemí ovlivňují.



## 18 projekty

Již od svého vzniku směřovalo CEG část svého potenciálu do experimentální a výzkumné činnosti související s podzemními stavbami. Postupem času, s přibývajícimi zkušenostmi z řešení projektů v rámci ČR, ze spolupráce s významnými českými institucemi a firmami, začalo CEG rozšiřovat své výzkumné aktivity i do zahraničí. V současné době je CEG členem několika mezinárodních organizací.

Na výzkumných projektech CEG spolupracuje s řadou evropských univerzit a institucí – např. Institut National Polytechnique de Lorraine Nancy z Francie, Universidad Politecnica de Madrid ze Španělska, Posiva Oy z Finska, SCK-CEN z Belgie, ANDRA z Francie, SINTEF Byggeforsk z Norska.

Mezi významné partnery z ČR, se kterými CEG spolupracuje v oblasti výzkumu, patří např. VŠCHT Praha, MU Brno, TU Liberec, ÚJV Řež, Správa úložišť radioaktivních odpadů, Mott MacDonald Praha. V posledních několika letech jsou výzkumné projekty zaměřeny na oblast ukládání radioaktivních odpadů do hlubinného úložiště a s tím souvisejících témat (např. plynopropustnost horninového prostředí, stříkaný backfill, výzkum materiálů na bázi bentonitů).





## TIMODAZ – Thermal Impact on the Damaged Zone Around a Radioactive Waste Disposal in Clay Host Rocks

Doba trvání: 2006–2010  
Partneři: 14 evropských výzkumných institucí  
a univerzit  
Zdroj financí: 6. RP EU

Projekt zkoumá vliv dlouhodobého tepelného zatížení na stabilitu ostění úložného tunelu pro kontejnery s vyhořelým jaderným palivem. Stabilita ostění úložného tunelu musí zůstat zachována po extrémně dlouhou dobu především z důvodu možného budoucího vyjmutí kontejneru s radioaktivním odpadem.



Opětovné vyjmutí kontejneru lze předpokládat v případě objevení „dokonalé“, dnes neexistující technologie na přepracování odpadu. Cílem výzkumu je ověřit, zda dlouhodobé zatížení teplem, které bude produkováno odpadem v kontejneru, nevyvolá v betonovém ostění úložného tunelu takové změny, jež by vyčerpaly pevnostní charakteristiky betonu, a tím negativně ovlivnily stabilitu ostění. Experiment dlouhodobě probíhá na dvou fyzikálních modelech. Laboratorní model je umístěn v laboratoři CEG v Praze, „in situ“ model je vystaven ve slepé štolě v UEF Josef.

## FORGE – Fate of Repository Gases

Doba trvání: 2009–2013  
Partneři: 23 evropských výzkumných institucí  
a univerzit  
Zdroj financí: 7. RP EU, MŠMT

Náplní projektu je studium transportu plynů skalním prostředím v podmínkách, které lze předpokládat v hlubinném úložišti vysoce radioaktivních odpadů. Zákonitosti transportu



plynů diskontinuitním prostředím přírodní bariéry patří dosud mezi nedostatečně prozkoumanou problematiku bezpečného izolování těchto odpadů. CEG získalo unikátní zařízení

na měření plynopropustnosti přírodní bariéry. Po jeho zkušebním provozu v podzemí UEF Josef zařízení poskytuje důležitá „in situ“ naměřená data.

V rámci projektu je prováděn výzkum plynopropustnosti skalního masivu jak pomocí krátkodobých, tak dlouhodobých zkoušek „in situ“.



Cílem výzkumu je přispět k návrhu bezpečného, a přitom ekonomicky akceptovatelného izolování radioaktivních odpadů, při splnění extrémních požadavků na dlouhodobou funkčnost hlubinného úložiště.

## PETRUS II – Towards an European Training Market and Professional Qualification in Geological Disposal

Doba trvání: 2009–2012  
Partneři: 15 evropských institucí a univerzit  
Zdroj financí: 7. RP EU



Náplní projektu je vytvořit koncepci celoevropského systému přípravy odborníků, který se týká problematiky nakládání s radioaktivními odpady a jejich uložení v hlubinném úložišti. Dalším úkolem je harmonizovat učební plány zúčastněných evropských univerzit tak, aby mohla být zahájena výuka plnohodnotného mezinárodního

master kurzu (90 ECTS - European Credit Transfer System). Hlavními zúčastněnými univerzitami jsou INPL Nancy, UPM Madrid, TU Clausthal a ČVUT v Praze (CEG FSv). Studenti budou využívat sdílené přednášky pomocí on-line e-learningových technologií. Součástí výuky bude také praktický týdenní kurz, který se uskuteční v laboratořích CEG a v reálném prostředí podzemního výukového střediska UEF Josef.

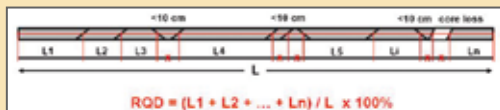


## Využití norské klasifikace horninových masivů pro zvýšení kvality vstupních parametrů při návrhu monitorovacích systémů podzemního ukládání a skladování plynů

Doba trvání: 2009–2010  
 Partneři: SINTEF Byggborsk, Trondheim  
 NTNU Trondheim  
 Zdroj financí: NORSKÉ FONDY (NORWAY GRANTS),  
 MŠMT

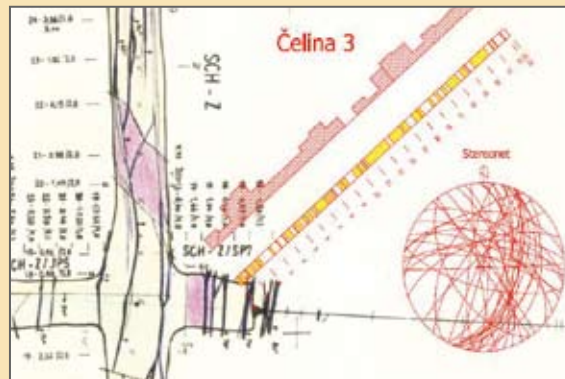
Projekt řeší způsob monitorování plynopropustnosti hornin u podzemních zásobníků nebezpečných látek a plynů, včetně CO<sub>2</sub>, neboť tato otázka není dosud zcela spolehlivě vyřešena.

Jednou z cest je při výzkumu plynopropustnosti hornin využít norský klasifikační systém, který horninový masiv posuzuje i na základě parametrů charakterizující plochy nespojitost (diskontinuity). Ty jsou pro monitorování plynopropustnosti hornin rozhodující.



V rámci projektu se uskutečňuje řada „in situ“ experimentů v Podzemním výukovém středisku UEF Josef.

Experimentální „in situ“ výzkum je založen na tlakování malo až velkoprofilových vrtů, na sledování a monitorování možné migrace plynů – jak plochami nespojitosti, tak vlastní testovanou horninou. Cílem projektu je nalézt vzájemný vztah (korelaci) mezi zjištěnými hodnotami plynopropustnosti a vyhodnocením kvality horniny norským klasifikačním systémem, který bude použit jako podklad pro návrh optimálního monitorovacího systému.



## Výzkum vlastností materiálů pro bezpečné ukládání radioaktivních odpadů a vývoj postupů jejich hodnocení

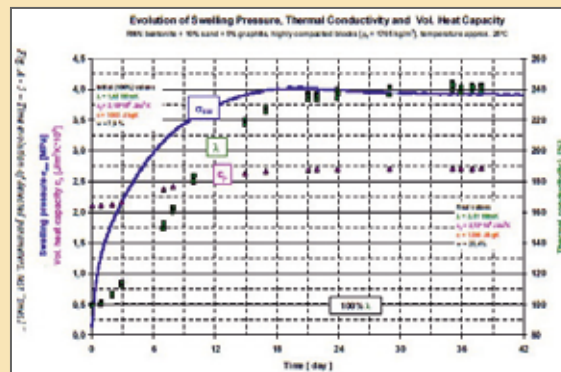
Doba trvání: 2009–2013  
 Příjemce: ÚJV Řež  
 Spolupříjemci: ČVUT – FSv a FJFI; VŠCHT; TUL  
 Zdroj financí: MPO – Program TIP



Bezpečné ukládání vyhořelého jaderného paliva je v oblasti jaderné energetiky primárním úkolem pro odborné týmy na celém světě. Z tohoto důvodu je nezbytné se dlouhodobě a systematicky věnovat především výzkumu materiálů a postupů pro bezpečné ukládání radioaktivních odpadů. Protože se jedná o velice citlivé téma, zejména

pro laickou veřejnost, je nutné transparentně prokázat a demonstrovat bezpečnost hlubinného úložiště při uvážení všech možných procesů a událostí, jež se mohou vyskytnout.

Výstupem projektu bude soubor dat, metodik, argumentů a poznatků, na jehož základě bude možno zhodnotit lokality pro hlubinné úložiště, vybrané inženýrské bariéry (obalové soubory, formy odpadu, těsnící a výplňový systém), uspořádání úložiště, postupy ukládání i jadernou bezpečnost celého systému.



## Technologie a metodika stanovení plynopropustnosti horninových struktur pro účely skladování plynu a ukládání radioaktivních odpadů

Doba trvání: 2009–2013  
Příjemce: Mott MacDonald Praha spol. s r.o.  
Spolupříjemce: ČVUT – Fakulta stavební  
Zdroj financí: MPO – Program TIP

Cílem projektu je vyvinout vlastní technologii zkoušení plynopropustnosti v různých horninových prostředích, navrhnout experimentální tlakoměrné sestavy a vypracovat obecnou metodiku pro určování plynopropustnosti hornin. Předpokládá se, že plynopropustnost se bude zkoušet při dvou tlakových úrovních. Vysokotlaké zkoušky do 15 MPa budou určeny pro testování plynopropustnosti hornin u podzemních zásobníků plynů. Nízkotlakými zkouškami se bude simulovat proudění plynu (vzduchu) v horninovém masivu.

Plynopropustnost horninového prostředí není ani ve světě systematicky zkoumána a testována. V České republice jsou známy údaje o plynopropustnosti v granodioritech středočeského plutonu v hloubce 1000 m pod povrchem ze zkoušek prováděných při budování podzemního zásobníku plynu v Hájích u Příbrami. Plynopropustnost hornin v hloubkách cca 100–500 m není vůbec ověřena a právě tyto hloubkové úrovně budou v budoucnosti nejvíce průmyslově využívány.

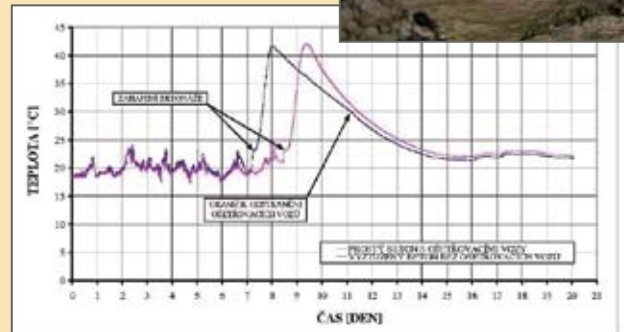




## Dlouhodobé sledování tunelových ostění

Doba trvání: 2008–2010  
 Partner: Česká betonářská společnost ČSSI  
 Zdroj financí: GAČR

Cílem projektu je získávat experimentální data pro návrh tunelového ostění z měření probíhajících během výstavby i provozu tunelu. V rámci tohoto projektu jsou prováděny dva typy měření. První měření, které je realizováno během ražby tunelu, kontinuálně zaznamenává pomocí speciálních hydraulických tlakových buněk změny napětí. Druhým typem měření se monitoruje dlouhodobý vývoj deformací v sekundárním ostění tunelu pomocí strunových tenzometrů. Naměřená data jsou porovnávána s výsledky numerických analýz s cílem ověřit předpoklady statických výpočtů. Dalším výstupem projektu bude doporučení, v jakém rozsahu sledovat parametry geotechnického prostředí relevantní pro návrh tunelových ostění. Důležitým záměrem také je definovat a doporučit rozsah monitorování tunelů během jejich výstavby a provozu.



## Technologie stříkaného backfillu

Doba trvání: 2007–2009

Zdroj financí: SÚRAO

Bentonit je ekologický přírodní materiál, který bude použit jako těsnící a výplňový materiál v konstrukci hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Vývoj technologie je určen pro aplikaci materiálu s převážně výplňovou funkcí.

Kde to dovolí prostorové podmínky, bude výplňový materiál zhutněn za použití hutnicích mechanismů. V prostoru blízko klenby přístupových štol hutnicí mechanismy použít nelze, a proto se vyvíjí technologie zaplnění (backfill) těžko přístupných míst zastříkáním. Výzkum byl zaměřen na optimalizaci složení směsi na bázi bentonitu a optimalizaci



zařízení pro nástřik. Technologie stříkaného backfillu vychází z technologie stříkaných betonů běžně používané v podzemním stavitelství.



Pro stříkaný backfill je používána technologie suchého způsobu nástřiku směsi, při kterém je nezavlhčená směs pneumatically dopravována potrubím a záměsová voda je přidána v nástřikové trysce na konci nástřikové sestavy. V průběhu zkušebních nástřiků se měnilo složení stříkané směsi a došlo i ke změně komponentů nástřikové sestavy - byla navržena, vyrobena a odzkoušena originální tzv. SC tryska. Navržená technologie se ověřuje v jedné z rozrážek UEF Josef.

## Experimentální výzkum materiálu na bázi bentonitu při dlouhodobém působení teploty a saturačního média s extrémními účinky

Doba trvání: 2008–2010

Zdroj financí: SÚRAO

Cílem výzkumu je stanovit vliv saturačního média a tepla na stabilitu požadovaných parametrů bentonitu (THM stabilita) a dále určit podmínky (chemizmus, teplotu, čas), při kterých dochází k degradaci rozhodujících parametrů testovaných bentonitů.



Je realizován geotechnický „in situ“ a laboratorní výzkum stability THM parametrů materiálu inženýrské bariéry na bázi bentonitu při dlouhodobém působení tepla a saturačního

média s extrémními účinky. Za rozhodující geotechnické parametry jsou považovány propustnost, bobtnací schopnost, schopnost samohojení, plasticita, tepelná vodivost a pevnost v tlaku. Dále je pomocí malých fyzikálních modelů zkoumán vliv saturačního média na schopnost samohojení. Jako saturační médium se používá reálná podzemní voda jímaná přímo v podzemí (UEF Josef) nebo reálná podzemní voda s chemickými přísadami urychlujícími degradaci bentonitu.



## Výzkum bezpečné funkce ostění úložného tunelu hlubinného úložiště dlouhodobě zatíženého teplem

Doba trvání: 2009–2010

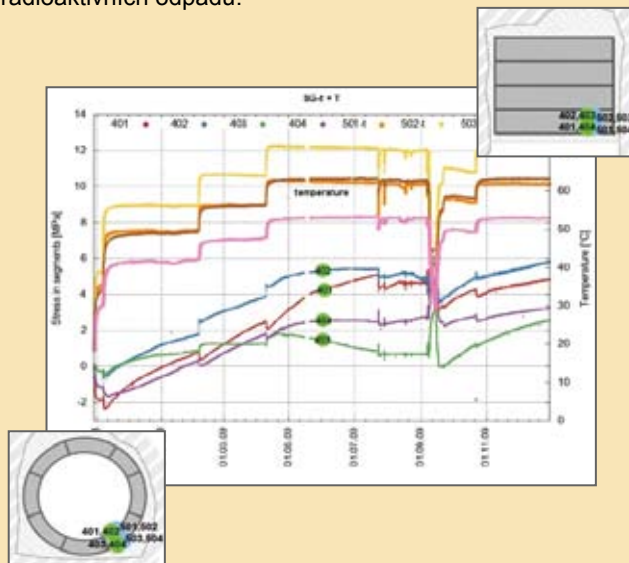
Zdroj financí: SÚRAO

Cílem výzkumu je stanovit hraniční napjatostní a deformační podmínky vyvolané tepelným zatěžováním ostění na vysokou teplotu (cca 90 °C).



Tento výzkum je realizován na dvou fyzikálních modelech. První z nich je postavený v laboratoři CEG FSv Praha a druhý je vybudován v Podzemním výukovém středisku Josef. Oba modely jsou plně instrumentovány, měřidla každých 10 minut zaznamenávají údaje o teplotě, zatížení, napětí a deformacích.

Poznatky z obou experimentů budou důležité pro posouzení dlouhodobé stability ostění úložného tunelu radioaktivních odpadů.



## Příprava projektu demonstračního experimentu Mock-Up-Josef pro reálné podzemní podmínky granitických hornin

Doba trvání: 2009–2010

Zdroj financí: SÚRAO

Centrum experimentální geotechniky FSv má bohaté zkušenosti s provozováním a vyhodnocováním výstupů fyzikálního modelu Mock-Up-CZ z let 2002–2007. Tyto zkušenosti se zúročí při návrhu a realizaci fyzikálního modelu Mock-Up-Josef, který bude simulovat uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem v granitických horninách. Model bude vystaven v UEF Josef v oblasti

Mokrsko-západ. Úložné hnízdo bude vytvořeno v žule pomocí velkoprofilového vrtu. Kontejner s vyhořelým jaderným palivem nahradí topné těleso, prostor mezi spirálou a horninou vyplní lisované bentonitové tvárnice (geotechnická bariéra). Rovněž se počítá s přirozenou, případně nucenou, saturací bariéry. Experiment bude plně instrumentován pro kontinuální měření teploty, tlaku, deformace, vlhkosti atd.



Experiment bude dlouhodobě poskytovat relevantní data z reálného prostředí granitických hornin a přispěje k ověření dlouhodobé funkčnosti inženýrské bariéry na bázi českého bentonitu.



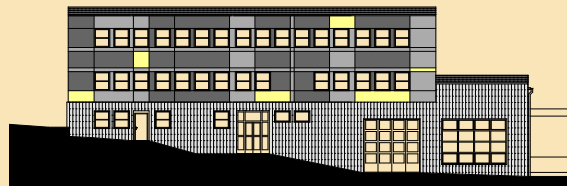
### Příprava projektu VaVpl Regionální výzkumné centrum URC Josef

Doba trvání: 2009  
Zdroj financí: MŠMT

Cílem bylo zkompletovat dlouhodobě připravovaný projekt URC Josef a předložit jej k posouzení pro 1. výzvu Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace. Z důvodu vyšší pravděpodobnosti získat dotaci byl projekt URC Josef upraven a podán do programu Prosperita Operačního programu Podnikání a inovace. V červnu byla přijata registrační žádost projektu a začátkem prosince 2009 byl kompletně předán k závěrečnému hodnocení.

Dalším úkolem bylo připravit podklady pro výběrové řízení na zhotovitele stavby. Dokumentace pro výběrové řízení, včetně agregovaného rozpočtu, byla zpracována za součinnosti s rektorem ČVUT. Výběrové řízení na dodavatele stavby bylo vyhlášeno 28.12.2009. V případě získání dotace z programu Prosperita a za předpokladu dodržení všech termínů by měly být stavební práce zahájeny v dubnu 2010.

Součástí projektu byla i úprava studijních plánů FSV, tak aby byly sladěny s provozem URC Josef.





**S**polupráce na mezinárodní úrovni představuje důležitý podnět pro rozvoj teoretických i praktických poznatků v řadě zájmových oblastí CEG a stává se běžnou součástí každodenní činnosti pracovníků centra. Členství či partnerství v mezinárodních institucích posiluje povědomí o výzkumných aktivitách CEG a podporuje jeho stále širší zapojení do mezinárodních projektů.

### **ENEN: European Nuclear Education Network**

ENEN asociace je nezisková mezinárodní organizace založená v roce 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.

[www.enen-assoc.org](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. UEF Josef nabízí v rámci

aktivit IAEA organizování výzkumných tréninkových pobytů či mezinárodních odborných exkurzí, jako pomoc při výchově odborníků ze zemí, které jsou členy IAEA.

[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

### **IGD-TP: Implementing Geological Disposal – Technological Platform**

Hlavním cílem IGD-TP je iniciovat a uskutečňovat strategie plánování a technickou spolupráci, které jsou potřebné k postupné implementaci bezpečného způsobu hlubinného ukládání vyhořelého jaderného paliva a dalších vysoce aktivních a dlouhodobě nebezpečných radioaktivních odpadů.

[www.igdtp.eu](http://www.igdtp.eu)

### **ITC School: School of Underground Waste Storage and Disposal**

ITC School poskytuje teoretický i praktický výcvik a výzkum v širokém spektru technických i sociálních věd (inženýrství, rozhodovací procesy, komunikace), v oblastech zabývajících se hlubinným ukládáním odpadů, jeho managementem a v dalších tématech souvisejících s ochranou životního prostředí.

[www.itc-school.org](http://www.itc-school.org)

Pacovský, J. - Šťástka, J. **Development of Sprayed Backfill Technology** In: Ecosystems and Sustainable Development VII. Southampton: WIT Press, 2009, vol. 1, p. 523-533. ISBN 978-1-84564-194-8.

Pacovský, J. - Svoboda, J. - Šťástka, J. **Technologie stříkaného jílu** In: IDEAS 09. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, díl 1, s. 103-104. ISBN 978-80-248-2091-0.

Pacovský, J. - Vašíček, R. **The Effects of Long-term Thermal Load on the Stability of the Lining of a Deep Underground Repository** In: Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards. Southampton: WIT Press, 2009, vol. 2, p. 99-110. ISBN 978-1-84564-204-4.

Pacovský, J. **TIMODAZ: Lining Stability under Thermal Load** In: Fourteenth International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems 2009. La Grande Park, Illinois 60526: American Nuclear Society, 2009, vol. 2.

Svoboda, J. - Vašíček, R. **Preliminary Geotechnical Results from the Mock-Up-CZ experiment** In: Applied Clay Science. 2009, ISSN 0169-1317.

Šťástka, J. **Stříkané jíly** In: Zakládání staveb Brno 2009. Brno: Sekurkon, 2009, díl 1, s. 77-82. ISBN 978-80-86604-46-6.

Vašíček, R. - Svoboda, J. **Potential Retrieval of Buried Spent Nuclear Fuel and Civil Engineering Aspects** In: Nuclear Energy for New Europe 2009. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2009, ISBN 978-961-6207-30-0.

Vašíček, R. - Svoboda, J. **The Josef Underground Educational Facility – a New Training Opportunity for Students of Geotechnics** In: ICEE & ICEER 2009 KOREA. SEOUL: ICEE & ICEER 2009 KOREA, 2009, ISBN 978-89-963027-1-1.



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

**CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY**

Thákurova 7

166 29 Praha 6 - Dejvice

tel.: (+420) 224 354 307

fax: (+420) 224 354 330

e-mail: [ceg@fsv.cvut.cz](mailto:ceg@fsv.cvut.cz)

web: [ceg.fsv.cvut.cz](http://ceg.fsv.cvut.cz)



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

**PODZEMNÍ VÝUKOVÉ STŘEDISKO JOSEF**

Chotilsko - Smilovice 92

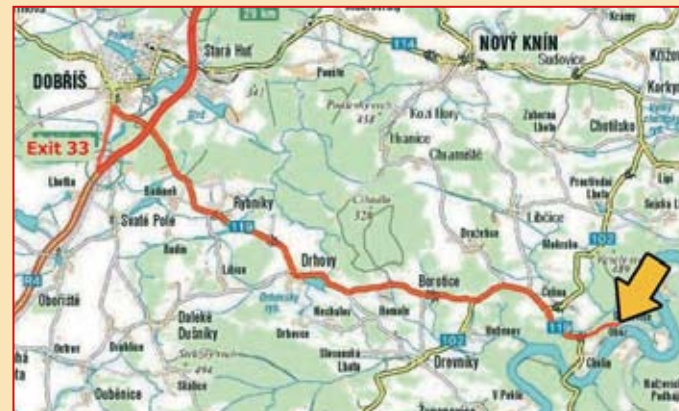
263 01 Dobříš

GPS: N 49°43'50.145" E 14°20'54.591"

tel.: (+420) 312 312 410

e-mail: [uef-josef@fsv.cvut.cz](mailto:uef-josef@fsv.cvut.cz)

web: [www.uef-josef.eu](http://www.uef-josef.eu)



[www.uef-josef.eu](http://www.uef-josef.eu)

