



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



URC JOSEF



VÝROČNÍ ZPRÁVA 2021

URC JOSEF

OBSAH

Slovo úvodem.....	2
Lidé	3
O pracovišti.....	7
Výuka	8
Studentská grantová soutěž.....	11
Mezinárodní spolupráce	12
Projekty.....	13
...to jsme viděli a zažili.....	23
Vybrané publikace.....	25
Kde nás najdete.....	26



SLOVO ÚVODEM

Milí čtenáři,

vážím si toho, že mohu spolu se svým zástupcem Jiřím Svobodou a ostatními kolegy navázat na předešlou práci prof. Pacovského, jejímž cílem bylo především využití podzemní laboratoře pro výuku a výzkum s důrazem na realizaci *in situ* experimentů.

Rok 2021 byl ve znamení pokračující „covidové“ pandemie, byl to rok plný „home officů“ a distančních výuk. Naše pracoviště přesto fungovalo dál. Trochu roztříštěněji, ale se stejnou touhou získávat nové projekty, nové studenty, přinášet nové nápady či vyzkoumat „něco převratného“. Plynule pokračovala práce na probíhajících projektech *in situ* i v laboratořích.

Pro mě i mé kolegy je výzvou získat nové projekty do podzemí a udržet dobré jméno experimentálního pracoviště.

Zdař Bůh!

Ing. Jiří Štáčka, Ph.D.



Ing. Jiří Štáštka, Ph.D.
vedoucí CEG,
odborný asistent

Absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze - obor Inženýrství životního prostředí (Bc.) a Stavební management (Ing.), titul Ph.D. získal v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství v roce 2018. Odpovídal za přípravu a výstavbu bentonitové vrstvy tlakové a těsnicí zátky projektu DOPAS. Odpovídá za první český model úložného místa pro vyhořelé jaderné palivo (experiment Mock-Up Josef). V roce 2019 se podílel na návrhu a výstavbě experimentu Inženýrská bariéra 200C. Účastní se výuky CEG. Od roku 2019 byl zástupcem vedoucího, v roce 2020 úspěšně prošel výběrovým řízením a stal se vedoucím pracoviště CEG.



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

V roce 1999 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Doktorské studium obor Fyzikální a materiálové inženýrství 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. Odpovídá za výzkumné aktivity CEG. Zastupuje CEG jako odpovědný řešitel mezinárodních projektů. Dlouhodobě se věnuje navrhování monitoringu a instrumentace pro fyzikální *in situ* modely týkající se ověřování materiálů a technologií pro výstavbu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů.



prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.
profesor

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 vedením proběhlo ve štole Josef dva roky trvající zpřístupňování rozsáhlé kaverny. Funkci vedoucího pracoviště vykonával do září 2020, nyní působí v CEG na pozici profesora.



Jana Večeřová
ekonomická asistentka

Je absolventkou gymnázia Budějovic-
ká (1991) a členem týmu CEG je od 1.
ledna 2016. Odpovídá za chod ekono-
mické, finanční a personální agendy
pracoviště. Eviduje a kontroluje daňo-
vé doklady, pracovní výkazy, podílí se
na administraci řešených projektů.



Ing. Danuše Nádherná
odborná asistentka

V roce 1981 absolvovala Fakultu sta-
vební ČVUT v Praze, obor Ekonomika
a řízení stavebnictví. S CEG spolupra-
covala externě od roku 2006, v roce
2008 se stala stálým zaměstnan-
cem. Zajišťuje kompletní inženýrskou
činnost, správu povrchového areálu
a bezpečnostní dozor ve štole Josef.
Účastní se přípravy a administrace
výběrových řízení a projektů. Provádí
laboratorní zkoušky a zapojuje se do
praktické výuky.



Ing. Dana Pacovská
odborná asistentka

V roce 1979 absolvovala Fakultu sta-
vební ČVUT v Praze, obor Ekonomika
a řízení stavebnictví. S CEG spolupra-
covala externě od roku 2009, v roce
2014 se stala stálým zaměstnancem.
S koncem roku 2021 se rozhodla
práci pro CEG ukončit a vyměnit ji za
zasloužený odpočinek. Zajišťovala
prezentaci všech aktivit pracoviště,
spolupracovala na přípravě výběro-
vých řízení a projektů. Od roku 2009
se hlavní měrou podílela na vzniku vý-
ročních zpráv CEG.



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 2004 absolvoval stáž v geotechnické laboratoři na University of Bristol, v roce 2006 studijní pobyt v SKB Äspö Hard Rock Laboratory ve Švédsku. Odpovídá za pedagogické aktivity CEG, provoz akreditované geotechnické laboratoře a za řešení výzkumných projektů. Je spoluřešitelem mezinárodních projektů.



Ing. Kateřina Černochová
asistentka

V roce 2013 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Vodní hospodářství a vodní stavby. Po ukončení magisterského studia působila do roku 2017 na Universidad Pontificia Bolivariana ve městě Bucaramanga v Kolumbii jako pedagog a vědecký pracovník. V současné době je studentkou doktorského studia v programu Inženýrství životního prostředí. V CEG se věnuje především problematice využití bentonitu ve vodním stavitelství a při ukládání radioaktivních odpadů.



Ing. Markéta Kučerová
asistentka

V roce 2010 absolvovala magisterský obor Inženýrství životního prostředí FSV ČVUT v Praze, zaměření Transportní procesy v půdě. V CEG byla zaměstnána do roku 2014, podílela se na výuce a odpovídala za laboratorní zkoušky a měření. V roce 2014 pobývala na tříměsíční stáži na univerzitě v australském Wollongongu. Do kolektivu CEG se vrátila po rodičovské dovolené v říjnu 2020. Svou činnost zaměřuje na experimentální práce a analýzy výsledků, výuku a management kvality. Od března 2021 se připravuje na doktorát z Fyzikálního a materiálového inženýrství.



Josef Barták
technik

V CEG pracuje od roku 2010. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef a za údržbu mechanizace. Provádí pravidelné prohlídky a udržovací práce pro zajištění bezpečnosti podzemí štoly Josef. Podílí se na technické přípravě výuky a na technické podpoře výzkumných aktivit.



Vladimír Kašpar
technik

V CEG pracuje od roku 1998. Zajišťuje především přípravu měření pro experimentální práce, odpovídá za elektroinstalační, zámečnické a stavební práce při výstavbě experimentů. Provádí udržovací práce pro zajištění bezpečnosti podzemí štoly Josef. Mezi jeho úkoly patří i příprava a demonstrace praktické výuky studentů.

OSTRAHA



Karel Dřevěný



Petr Groš



Zbyněk Vokrouhlík



Zimní štola Josef



Pracovní porada v době covid-19



Sčítání netopýřů ve štole Josef

O PRACOVIŠTI

Pracovní režim Centra experimentální geotechniky (CEG) probíhal v roce 2021 v souvislosti s pandemií covid-19 nestandardně. Různá přísná a opakovaně se měnící pravidla v průběhu roku měla vliv na chod pracoviště jak Praze, tak i ve štole Josef. Technici CEG se věnovali přípravě, výrobě nebo servisu komponent pro nové i stávající projekty a experimenty, prováděli nezbytnou údržbu podzemí a venkovního areálu.

Výuka probíhala převážně online a my jsme se postupně naučili řešit pracovní úkoly „z domácích kanceláří“, v nutných případech se uskutečnily i osobní schůzky.

Hledání vhodných dotačních programů, které tematicky odpovídají odbornému zaměření pracoviště, zůstalo naší nejvyšší prioritou, neboť dotační programy jsou pro CEG hlavním zdrojem financí.

Podzemní laboratoř Josef

Praktická výuka v podzemní laboratoři se obnovila až v posledním čtvrtletí roku 2021. Technici v podzemí nepřetržitě zajišťovali chod stávajících projektů a prováděli pravidelné kontroly.

I přes zájem veřejnosti se neuskutečnila žádná odborná exkurze.

Jedinou výjimkou bylo - při dodržení základních hygienických opatření - už jedenácté zimní sčítání v podzemí spících netopýřů. A tentokrát byl rekordní jak počet netopýřů (108 ks), tak i jejich druhová rozmanitost (9 druhů).

Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef

URC Josef má za sebou kulatých deset let své existence. Spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří unikátní vědecko-technický park.

URC Josef poskytuje zázemí, které slouží pro řešení projektů jak v podzemí, tak v přilehlém areálu. Intenzivně je využíváno technické zázemí v podobě experimentální haly, geotechnické laboratoře nebo mechanické dílny, v menší míře prostory k pronájmu jako jsou konferenční místnosti a kanceláře.

VÝUKA

Předměty vyučované pedagogy CEG jsou svým specifickým zaměřením určeny především pro studenty oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí. Jedná se o předměty orientované na experimentální geotechniku, jejichž výuka probíhá jak v laboratořích CEG na Fakultě stavební, tak v Podzemní laboratoři Josef.

V areálu štolý Josefa a v podzemí se vyučují předměty studijních programů Geodézie a kartografie a Architektura a stavitelství, praktickou výuku zde pravidelně absolvují i studenti dalších vysokých škol jako je Vysoká škola chemicko-technologická Praha nebo Masarykova univerzita Brno.

Bakalářské studium

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 řeší praktické úlohy související se zvolenou problematikou jak v laboratořích CEG, tak *in situ* v Podzemní laboratoři Josef. Informace čerpají z odborné literatury i z interních materiálů CEG. Dle aktuálně řešených výzkumných úkolů a osobní preference studentů je možný výběr z široké palety témat – od prací teoretických, přes laboratorní až po úkoly související s přípravou, provozem a vyhodnocením experimentů v reálném prostředí „Josefa“.

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 využít geotechnickou laboratoř URC Josef i podzemí štolý Josefa. Témata navazují na úkoly řešené v rámci Projektu 2/D.



Stáziště z Francie



Měření tepelné vodivosti



Výuka studentů geodézie



Oedometr - měření stlačitelnosti



Vysušený vzorek bentonitu

Geomechanika je povinný předmět bakalářského studijního programu Stavební inženýrství; specializace Pozemní stavby a specializace Vodní hospodářství a vodní stavby. Cvičení jsou zaměřena na základní vlastnosti zemin a na proudění vody v zemině.

Pomocí aplikačních úloh studenti řeší pevnostní a deformační vlastnosti zemin. V rámci výuky je organizována odborná exkurze do geotechnické laboratoře URC Josef.

Ateliér architektonické tvorby – základní 1 je předmět studijního programu Architektura a stavitelství, v rámci kterého studenti absolvují exkurzi do štol Josef. Seznámí se zde s ojedinělým prostorem podzemní kaverny, jejíž využití následně řeší ve svých projektech.

Navazující magisterské studium

Laboratoř geotechniky má ve své náplni geotechnické laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů zemin a hornin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry. V první části studenti provádějí zkoušky nutné pro zařazení zemin dle platných norem. Následuje měření charakteristik klíčových pro návrh geotechnických konstrukcí dle kritérií únosnosti a přetvoření. V závěrečné části se provádějí další v praxi využívané zkoušky zemin a hornin.

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.

Doktorské studium

Měření a modelování geotechnických úloh I (D32MMG1) se vyučuje v zimním semestru oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. Předmět je věnován měření a modelování základních laboratorních zkoušek metodou konečných prvků. Pozornost je zaměřena na popis nelineárního chování zemin s využitím tradičních materiálových modelů. Poznatky získané z jednoduchých modelů laboratorních zkoušek jsou využity při modelování vybraných typů geotechnických konstrukcí. CEG přispívá výukou laboratorních měření geotechnických parametrů.

Měření a modelování geotechnických úloh II (D32MMG2) se vyučuje v letním semestru a navazuje na výuku D32MMG1. Předmět je zaměřen na modelování časově závislých úloh v geomechanice. CEG přispívá řešením *in situ* úloh ve štole Josef.



Plnění pyknometru



Příprava teploměru



Výukový experiment



Experimentální model hráze



Bentonitová těsnící vrstva na povrchu hráze



Vysušený vzorek bentonitové těsnící vrstvy

STUDENSKÁ GRANTOVÁ SOUTĚŽ

Tříletý projekt **Výzkum bentonitové těsnící vrstvy**, který byl v roce 2021 úspěšně ukončen, si kladl za cíl specifikovat geotechnické vlastnosti několika druhů bentonitů pro pozdější využití jejich charakteristik v simulačních modelech proudění vody hrází. Bentonit byl použit jako dodatečné těsnění návodní strany hráze.

Projekt byl v experimentální části zaměřen na měření hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku. Tyto dva parametry jsou hlavními indikátory těsnící schopnosti bentonitu. Testována byla již dříve vyvinutá směs o specifické křivce zrnitosti REC MIX I. Po laboratorním testování byla směs aplikována na experimentální model hráze a tím dlouhodobě vystavena klimatickým vlivům. Směs byla poté testována za účelem zjištění změn její těsnící schopnosti.

Získaná data budou sloužit jako vstupy do matematického modelu, pomocí kterého bude možné odhadnout míru účinnosti bentonitového návodního těsnění nejen bezprostředně po nanesení, ale také po určité době v provozu. Poznatky budou využity jako součást disertační práce.

MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

Spolupráce s mezinárodními institucemi je pro Centrum experimentální geotechniky přirozenou cestou k posílení povědomí o aktivitách ČEG a podporuje jeho zapojení do mezinárodních projektů.

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 88 členů. ČEG se zapojuje v oblasti hlubinného ukládání radioaktivních odpadů. (<https://enen.eu>)

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

Jde o síť IAEA (International Atomic Energy Agency), která sdružuje podzemní výzkumná pracoviště za účelem praktického výcviku a demonstrací technologií pro hlubinné ukládání radioaktivních odpadů. Podzemní laboratoř Josef nabízí v rámci aktivit IAEA organizování tréninkových pobytů či mezinárodních odborných exkurzí. (<https://nucleus.iaea.org/sites/connect/URFpublic/Pages/default.aspx>)

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 ze 27 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>)





chemcomex



PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova



TECHNICKÁ
UNIVERZITA
V LIBERCI
www.tul.cz



PROJEKTY

Úvod k projektům

Práce na projektech postupovaly dle daných harmonogramů. V Podzemní laboratoři Josef pokračovalo dlouhodobé sledování fyzikálních veličin a odběry vzorků u experimentů Mock-Up Josef, Experimentální tlaková a těsnící zátka (projekt DOPAS) a Inženýrská bariéra 200C. V Podzemním výzkumném pracovišti Bukov byly třetím rokem provozovány interakční fyzikální *in situ* modely.

Řešení dle zadání postupovalo i na dalších projektech. EURAD a Beacon jsou dva běžící evropské projekty, kde má CEG své zastoupení při řešení dílčích zadání zaměřených na chování bentonitových bariér, cementových materiálů a na management znalostí.

Zahájeny byly práce na novém projektu Výplně a ostatní inženýrské komponenty HÚ. Cílem projektu je provedení dlouhodobého, uceleného a vzájemně provázaného výzkumu a vývoje inženýrských bariér (výplně, zátek a konstrukčních komponent) v hlubinném úložišti.

T A Č R Program **Théta**

Název projektu: **Inženýrská bariéra 200C**
Doba trvání: **2018 - 2025**
Příjemce: **Fakulta stavební ČVUT**
Spolupříjemce: **Přírodovědecká fakulta UK, Česká geologická služba, Teramed, s.r.o.**
Aplikační garant: **SÚRAO**
Poskytovatel dotace: **TAČR – program THÉTA**

Hlubinné úložiště (HÚ) je v současnosti jedinou bezpečnou cestou pro ukládání vyhořelého jaderného paliva. Bezpečnost HÚ je založena na multibariérovém systému, který brání šíření kontaminantů do životního prostředí.

Projekt je zaměřen na výzkum chování inženýrské bariéry za vysoké teploty. Pokud by byla na povrchu ukládacího obalového souboru (UOS) použita teplota 150 °C - 200 °C, může to přinést výrazné finanční úspory díky vyšší hustotě ukládání UOS. Provozováním fyzikálního modelu budou rovněž získány kvalitnější vstupy pro bezpečnostní analýzu.

Po úspěšném dokončení výstavby „Modelu úložného místa za vysoké teploty“ v říjnu 2019 začalo plnění dalších deklarovaných výstupů. „Provozování pokročilé bariéry za vysoké teploty“ probíhá bez zásadnějších zádrhelů, průběžně jsou zaznamenávána, ukládána a zpracovávána data z čidel umístěných v modelu.

V roce 2021 pokračovalo provozování fyzikálního modelu bariéry a práce na ostatních výstupech projektu. Podruhé se odebíraly vzorky materiálu z oblasti u topidla experimentu a byly zahájeny práce na jejich charakterizaci.

Průběžně jsou získávána data pro databázi materiálových charakteristik, probíhá laboratorní tepelné zatěžování bentonitu a mikrobiologická studie, postupně je rozvíjen THM matematický model.

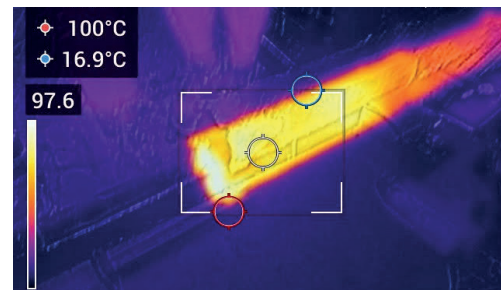
Výsledky projektu byly prezentovány v odborném článku *Mineralogical, Geochemical and Geotechnical Study of BCV 2017 Bentonite—The Initial State and the State following Thermal Treatment at 200 °C* autorů Laufek a kol. (2021), který byl publikován ve speciálním čísle impaktovaného časopisu *Minerals*.



Odběr vzorku jádrovým vrtáním



Jádrovnice s odebraným vzorkem



Termosnímek jádrovnice se vzorkem

T A
Č R Program **Epsilon**

Název projektu: **Tiché tunely**
Doba trvání: **2019 - 2021**
Příjemce: **EKOLA group, spol. s r.o.**
Spolupříjemce: **Fakulta stavební ČVUT**
Aplikační garant: **ŘSD ČR**
Poskytovatel dotace: **TAČR – program EPSILON**

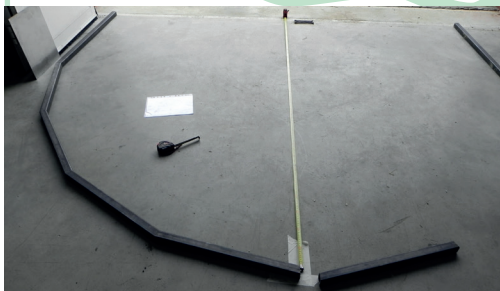
Cílem projektu bylo objasnit způsob prostorového šíření hluku uvnitř tunelu a na jeho ústí. Hlavním výstupem projektu měly být nové materiály a prvky s vhodnou akustickou funkcí, splňující veškeré technické i jiné požadavky pro prostředí tunelů. Pro jejich vývoj byly využívány laboratorní i *in situ* měření a počítačové simulace.

U testovacího polygonu vystavěného ve štolě Josef byly kontinuálně zajišťovány servisní práce pro neměnné funkční a akustické vlastnosti. V roce 2021 byl testovací polygon pro potřeby závěrečné série měření doplněn o variabilní portálovou konstrukci. Ta umožňovala simulovat různé tvary vyústění tunelu pro možnost ověřit efekt akustického obkladu ostění i pro jiné tvary tunelového ústí. Průběžně byly aktualizovány a kalibrovány softwarové modely, které byly využity jak pro polygon ve štolě Josef, tak pro reálnou lokalitu.

Laboratorní vzorky vyvíjeného akustického obkladu byly průběžně testovány a optimalizovány. Výsledkem je modulární sendvičová konstrukce, kterou lze přizpůsobit s ohledem na konkrétní plánované použití.



Výstavba variabilní portálové konstrukce



Dvakrát měř...



Testovací polygon ve štolě Josef



SÚRAO

Název projektu:

Interakční fyzikální modely in situ v PVP Bukov

Doba trvání:

2017 – 2022

Příjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Poddodavatelé:

ÚJV Řež, a.s., Česká geologická služba

Zadavatel výzkumu:

SÚRAO

Cílem projektu je - na základě provozování interakčních experimentů (IE) v reálném horninovém prostředí - porovnat několik druhů materiálů a jejich reakce v přirozeném prostředí hlubinného úložiště (HÚ). Následné vyhodnocení doporučí nebo vyloučí použití konkrétních materiálů a jejich kombinací v budoucím HÚ.

10 fyzikálních modelů (FM) je provozováno od března 2019. Všechny jsou uměle saturovány vodou a teplota topidel u pěti FM (ve vrtech o průměru 250 mm) je nastavena na cca 100, resp. 200 °C. Sledované veličiny (teplota, pórový tlak, totální napětí, relativní vlhkost) jsou online přenášeny datovou sítí na webové rozhraní.

V průběhu provozování modelů se objevily problémy s průnikem vody do topidel a do kabeláže k měřicímu systému, čímž došlo k poškození některých komponent. Poruchy byly odstraněny, mj. u FM5 muselo být vyměněno topidlo, a k prevenci těchto událostí byla přijata opatření.

Odebírané vzorky podzemních vod pro chemickou a mikrobiologickou analýzu nevykazují u sledovaných parametrů výrazné změny, nebylo prokázáno ovlivnění chemického složení podzemních vod působením experimentů. Z rozboru mikrobiálního osídlení ve vzorcích podzemní vody i bentonitu, který je založen na extrakci a analýze DNA, vyplývá, že převažují organismy aerobní, detekovány však byly i organismy anaerobní.



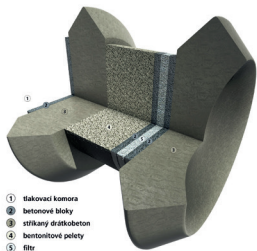
Údržba čerpadla v PVP Bukov



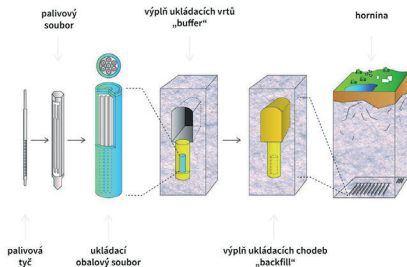
Měření tepelných charakteristik horniny



Porada *in situ* v PVP Bukov



Model zátky pro uzavírání vrtů a chodeb HÚ



Multibariérový systém uložení vyhořelého paliva

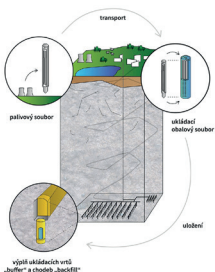


Schéma hlubinného úložiště

SÚRAO

Název projektu:
Doba trvání:
Příjemce:
Poddodavatelé:

**Výplně a ostatní inženýrské komponenty HÚ
2021 - 2026**
Fakulta stavební ČVUT
**AFRY CZ s.r.o.; Technická univerzita v Liberci;
ÚJV Řež, a.s.; SATRA, spol. s r.o.; SG Geotechnika a.s.**
SÚRAO

Zadavatel výzkumu:

Projekt se zabývá problematikou komponent inženýrských bariér v hlubinném úložišti (HÚ), tj. výplněmi ukládacích vrtů/komor a chodeb. Dalšími komponentami sloužícími pro uzavírání úložiště jsou např. výplně zátek a ostatních prostor úložiště. Projekt je rozdělen do 15 dílčích úkolů.

Inženýrské bariéry jsou uměle přidanými materiály do HÚ a jejich účelem je zajistit dlouhodobou bezpečnost úložiště. Patří mezi ně ukládací obalový soubor (UOS) a výplně ukládacích vrtů (v případě ukládání vyhořelého jaderného paliva), výplně komor (v případě ukládání ostatních radioaktivních odpadů RAO) a výplně chodeb. Výplně ukládacích vrtů (tzv. buffer) zabraňují přítoku vody k obalovým souborům, zaručují odvod tepla, zpomalují případnou migraci radionuklidů a tlumí vliv mikrobiální aktivity. Výplně ukládacích chodeb (tzv. backfill) brání zejména vzniku preferenčních cest pro radionuklidy. Dalšími důležitými komponentami jsou především zátky vrtů, které musí bezpečně oddělit již zaplněné části úložiště od těch provozovaných, a výplně ostatních prostor úložiště (např. obslužné prostory), které mohou rovněž tvořit preferenční cesty pro migraci radionuklidů.

V návaznosti na již provedené výzkumy se projekt zaměřuje na analýzu klíčových procesů ovlivňujících chování výplňových materiálů, na charakterizaci vlastností inženýrských bariér na bázi jílu a na posouzení míry jejich transformace za podmínek relevantních pro HÚ. Projekt by měl být ukončen v roce 2026 závěrečnou zprávou obsahující "Návrh českého koncepčního řešení bufferu, backfillu, zátek, výplní komor ostatních RAO, ostatních výplní a konstrukčních prvků (materiál + technické řešení)".



SÚRAO

Název projektu: **Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení technického řešení hlubinného úložiště – analýza FEPs zahájení 2021**

Doba trvání: **AFRY CZ s.r.o.**

Příjemce: **ÚJV Řež a.s., Fakulta stavební a Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT**

Podavatelé: **SÚRAO**

Zadavatel výzkumu: **SÚRAO**

Projekt je zaměřen na prohloubení znalostí nezbytných pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště (HÚ). Tyto znalosti budou využity při přípravě podkladů pro hodnocení bezpečnosti možných technických řešení HÚ a při výběru lokalit pro umístění HÚ.

K řešení projektu budou využity tuzemské i zahraniční zdroje pro identifikaci a analýzu možných FEPs (Features, Events, Processes – Vlastnosti, události, procesy). Dále budou navrženy scénáře potenciálně vedoucí ke ztrátě bezpečnostních funkcí jednotlivých komponent úložného systému. Na základě těchto scénářů by měl být později ověřen, v souladu s legislativními požadavky, stav geologického prostředí a úložných prostor budoucího HÚ.

CEG se podílí na řešení zadání týkající se bentonitových bariér, konstrukčních částí HÚ a jejich rozhraní s horninovým masivem nebo ukládacím obalovým souborem.

Foto: str. 17 a 18 zdroj SÚRAO

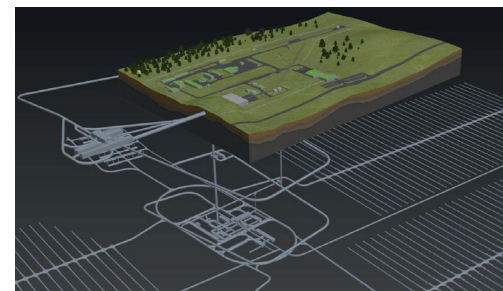


Schéma budoucího hlubinného úložiště



Uložený nízkoaktivní RAO



Ukládací obalový soubor pro vyhořelé jaderné palivo

Název projektu:

European Joint Programme on Radioactive Waste Management

Doba trvání:

2019 - 2024

Příjemce:

51 institucí z 21 evropských zemí

Poskytovatel dotace:

Euratom reaserch and training programme 2014 – 2018



Vzorek bentonitu z little Mock-Up (HITEC)



Vzorek z betonu LPC SURAO (MAGIC)



Odvrt ze vzorku betonu z ÚRAO Richard (CORI)

V červnu 2019 byla zahájena spolupráce 51 institucí z 21 zemí Evropy v rámci platformy **EURAD – European Joint Programme on Radioactive Waste Management**. Hlavními cíli projektu EURAD je podporovat v zúčastněných státech výzkum a vývoj pro bezpečné dlouhodobé nakládání s různými druhy radioaktivního odpadu, rozvíjet stávající znalosti pro bezpečnou konstrukci hlubinných úložišť, posílit správu znalostí a jejich přenos mezi organizacemi a státy.

Výzkumné aktivity pokrývají řadu tematických okruhů. Ve čtyřech z nich se CEG účastní jako „třetí strana“ pro SÚRAO (Waste Management Organisation), a to v pracovních skupinách CORI (Cement-Organics-Radionuclide Interactions), GAS (Mechanics Understanding of Gas Transport in Clay Materials), HITEC (Influence of Temperature on Clay-based Material Behaviour) a MAGIC (Chemo-Mechanical AGIng of Cementitious materials).

CEG zastává funkci koordinátora i dalších pracovišť ČVUT pro EURAD a podílí se na koordinaci HITEC.

V rámci CORI se CEG podílelo na přípravě vzorků betonu odebraných v ÚRAO Richard a jejich následné analýze. Současně se ve spolupráci s dalšími řešiteli věnuje vlivu vnějších podmínek (teplota, radiace) na chování cementových past obsahujících organické plastifikátory.

Výzkum proudění plynu v bentonitové bariéře, který je simulován dlouhodobými a cyklickými testy na vzorcích Ca-Mg bentonitů, je prováděn v rámci pracovní skupiny GAS.

V rámci HITEC CEG zkoumá vliv dlouhodobého tepelného zatížení (suchý i vlhký materiál zatěžovaný 150 °C po dobu 6, 12, 24 měsíců) na geotechnické parametry bentonitu, tyto parametry měří v průběhu tepelného zatěžování (130 °C) a provozuje termo-hydraulický experiment malého měřítka (komora průměr 30 cm, výšky 30 cm) vedoucí k získání dat pro matematické modelování.

MAGIC se zaměřuje na vývoj mechanických vlastností cementových materiálů vystavených chemickým vlivům z prostředí hlubinných úložišť.

V mikro i makro měřítku se zkoumá mechanické chování cementového materiálu s nízkým pH za podmínek podobných úložišti během provozní fáze. Testovací program zahrnuje umělé stárnutí s přihlédnutím k chemickým a mikrobiálním účinkům a skutečným podzemním podmínkám.

Jako zdroj vyzrálého materiálu s nízkým pH pro experiment je použit soubor existujících svědečných vzorků (materiál LPC_SURAO) 3 roky uložených v Podzemním výzkumném pracovišti Bukov. CEG se zaměřuje na mechanické chování v makro měřítku.

CEG se také účastní jednoho ze tří pracovních balíčků zaměřených na znalostní management (Knowledge Management) se specializací na „Trénink a mobility“.



Vzorek cementové pasty po roce (CORI)



Razníková zkouška (MAGIC)



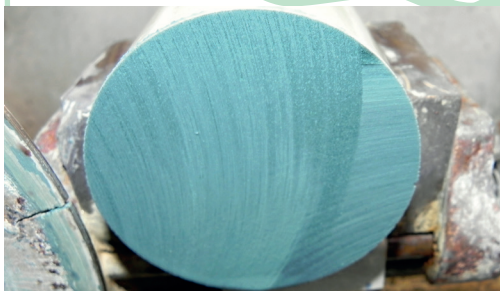
...po razníkové zkoušce (MAGIC)

T A
Č R Program **Epsilon**

Název projektu: **Kompozit na bázi odpadních jíílů jako substitut tamponážní směsi pro nízkopotenciální tepelná čerpadla 2019 – 2022**
Doba trvání:
Příjemce: **CHEMCOMEX, a.s.**
Spolupříjemce: **Fakulta stavební ČVUT**
Poskytovatel dotace: **TAČR – program EPSILON**



Odběr vzorků při *in situ* instalaci



Příprava vzorků vyzrálého materiálu



Míchání zálivky z odpadních jíílů

Cílem projektu je využít odpadní materiály, které vznikají při průmyslovém zpracování jílových surovin, a zužitkovat je při modifikaci tamponážní směsi používané u hloubených vertikálních kolektorů pro nízkopotenciální geotermální technologie. Klíčovou podmínkou je zachovat nebo zlepšit manipulační, vodivostní a těsnící parametry při nezměněné environmentální nezávadnosti.

V roce 2020 byla sestavena testovací infrastruktura pro ověření technologických vlastností směsí. Byly použity dva typy (rozměry, uspořádání) „fyzikálních modelů vrtů“, které představují postupné kroky v *upscalingu* mezi laboratorní a *in situ* aplikací.

V prvních měsících roku 2021 se infrastruktura používala pro ověření celého technologického řetězce potřebného pro přípravu směsi Reclay při instalaci *in situ*. Infrastruktura byla využita i pro získání rutinních zkušeností pracovníků CHEMCOMEX s přípravou směsi před instalací na testovací lokalitě. Vše probíhalo s vědomím, že při instalaci bude mít kolektiv v zásadě „jeden pokus na úspěch“ v každém vrtu. Dále byly provedeny laboratorní ověřovací zkoušky na vzorcích odebraných při *in situ* instalacích a testy referenčních, komerčně dostupných směsí.

ÚČAST CEG V DALŠÍCH PROJEKTECH

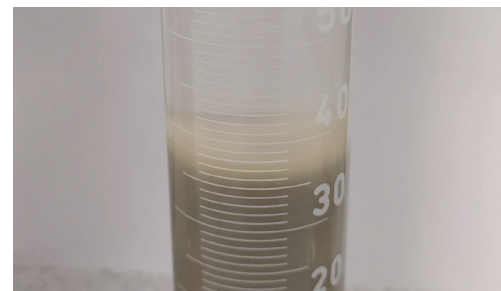
Stále pokračoval monitoring dvou *in situ* experimentů, a to **Experimentální tlaková a těsnicí zátka (EPSP - Experimental Pressure and Sealing Plug) a Mock-Up Josef**. Oba experimenty souvisejí s výstavbou a provozem hlubinného úložiště radioaktivních odpadů a získané výsledky poskytnou úplnější přehled o procesech probíhajících v experimentální těsnicí a tlakové zátce (EPSP) a uvnitř bentonitové bariéry zatěžované teplem a saturované vodou (Mock-Up Josef).

V evropském projektu **Beacon** (Bentonite Mechanical Evolution, 2017 - 2022), jehož hlavní náplní je posoudit hydro-mechanický vývoj nehomogenní bentonitové bariéry, CEG participuje ve třech pracovních oblastech (WP). Výzkum pracovníků CEG se týká laboratorních testů bentonitu Černý Vrch ve WP4, jejichž výstupy poskytují vstupní parametry pro vývoj a validaci numerických modelů.

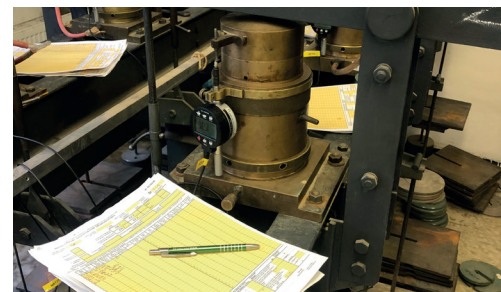
CEG se účastní dvou projektů v Podzemním výzkumném pracovišti (PVP) Bukov.

Prvním je **Pilotní korozní experiment v PVP Bukov**, kde pozici hlavního řešitele zastává ÚJV Řež. Projekt se zabývá testováním korozního chování vzorků materiálů navržených pro výrobu ukládacích obalových souborů. Testování bude probíhat v *in situ* prostředí PVP Bukov.

Druhým je projekt **Geologická a geotechnická charakterizace horninového prostředí - PVP Bukov II**, kde je CEG poddodavatelem České geologické služby. Příspěvkem CEG by mělo být testování zařízení a postupů, hydraulických zkoušek v porušené zóně v okolí výrubu (EDZ). Zkoušky by měly nejprve probíhat ve štole Josef, později - v rámci kruhového testu - v PVP Bukov.



Měření swell indexu na materiálu BaraKade



Dlouhodobá měření v oedometru (Beacon)

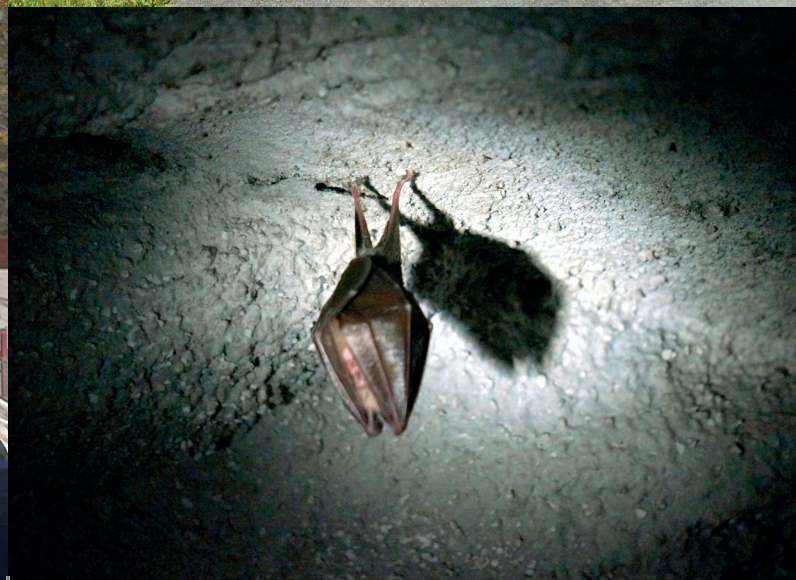


Vana těsnícího experimentu





...to jsme
viděli a zažili



VYBRANÉ PUBLIKACE

Štáštka, J.; Černochová, K.

Výzkum bentonitové těsnící vrstvy - Závěrečná zpráva
[Technická zpráva] 2021.

Drtinová, B.; Vašíček, R.; Večerník, P.; Hlaváč, Z.; Bergelová, K.; Burešová, M.; Čejková, A.; Černochová, K. et al.

WP3 CORI: Souhrn výstupů českých stran projektu EURAD
[Výzkumná zpráva] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2021. Report no. 558/2021.

Černochová, K.; Kašpar, V.; Kruis, J.; Mašín, D.; Najser, J.; Svoboda, J.; Vašíček, R.

WP7 HITEC: Souhrn výstupů českých stran projektu EURAD
[Výzkumná zpráva] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2021. Report no.561/2021.

Vašíček, R.; Frýbort, J.

WP13 Training & Mobility: Souhrn výstupů českých stran projektu EURAD
[Výzkumná zpráva] 2021. Report no.567/2021.

Laufek, F.; Hanusová, I.; Svoboda, J.; Vašíček, R.; Najser, J.; Koubová, M.; Čurda, M.; Ptíčen, F. et al.

Mineralogical, Geochemical and Geotechnical Study of BCV 2017 Bentonite – The Initial State and the State following Thermal Treatment at 200 °C
Minerals. 2021, 11(8), ISSN 2075 - 163X.

Svoboda, J.; Vašíček, R.; Pacovská, D.

Experiment EPSP - provoz 2024 - Průběžná zpráva 03/2021
[Výzkumná zpráva] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2021. Report no. 539/2021.

Svoboda, J.; Vašíček, R.; Rukavičková, L.; Řihošek, J.; Večerník, P.

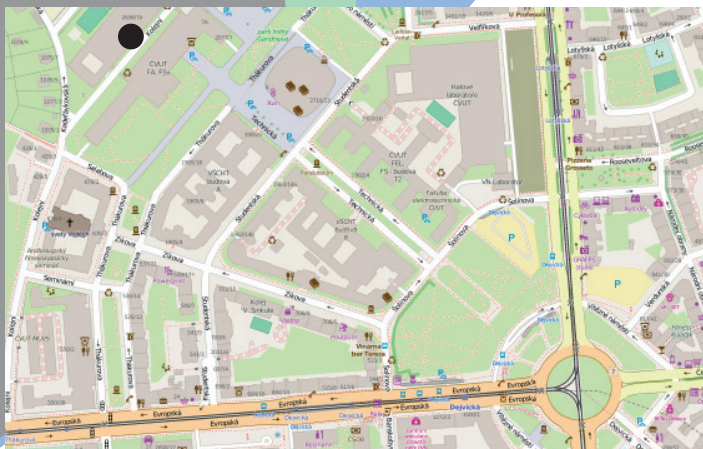
Interakční experiment – Průběžná zpráva etap 7-9 č. 3
[Výzkumná zpráva] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2021. Report no. 537/2021.

Faitová, J.; Ládyš, M.; Moulík, V.; Nesměrác,
M.; Novák, P.; Šimon, O.; Svoboda, J.

ETS-21 – Funkční vzorek
2021

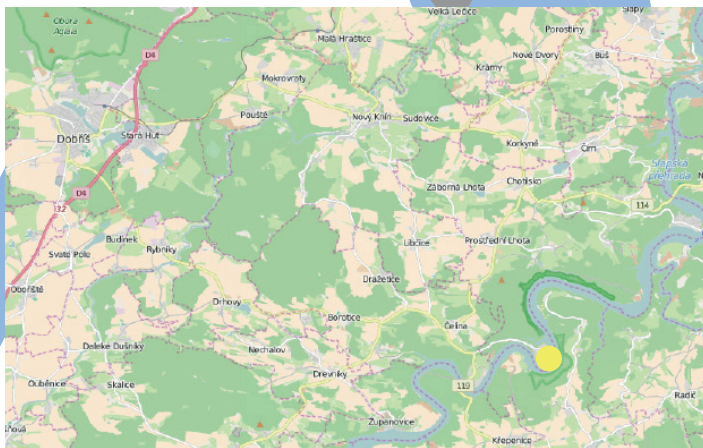
David, V.; Černochová, K.; Štáštka, J.

Těsnění hrází malých vodních nádrží stříkaným bentonitem
[Certifikovaná metodika] 2021.



N 50°06'15.909"
E 14°23'21.581"

N 49°43'50.145"
E 14°20'54.591"



Centrum experimentální geotechniky

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

Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef

Smilovice 93
262 03 Nový Knín
tel. : (+420) 224 355 500

stola.josef@fsv.cvut.cz
<http://ceg.fsv.cvut.cz>



**Centrum
experimentální
geotechniky**



URC Josef



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

