

VÝROČNÍ
ZPRÁVA

2020

URC
JOSEF



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



URC Josef

OBSAH

Slovo úvodem	2
Lidé	3
O pracovišti	8
Výuka	10
Studentská grantová soutěž	13
Mezinárodní spolupráce	14
Projekty	15
Schéma podzemí	25
To se nám letos povedlo	27
Vybrané publikace	29
Kde nás najdete	30



URC Josef



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



Centrum
experimentální
geotechniky

Milí čtenáři,

při vstupu do roku 2020 si jen málokdo dovedl představit, co všechno nás v jeho průběhu čeká. V prvních měsících jsme byli optimističtí – ta „divná“ nemoc z Číny se k nám nedostane, jaro proběhlo ve znamení zodpovědného dodržování přísných restrikcí proti rozšíření onemocnění covid-19, následovalo léto plné nadějí na normální fungování světa a poté podzim s koncem roku pod tlakem další mohutné vlny pandemie a opětovného „zavření“ společnosti.

To vše mělo rozhodný vliv i na naše pracoviště. Praktická výuka ve štole Josef byla postupně zrušena. Práce na in situ projektech ve štole přerušeny být samozřejmě nemohly, ale v areálu štole Josef byl počet pracovníků CEG omezen na minimum pro nezbytné servisní práce v podzemí a „službu“ v budově URC Josef. Většina aktivit (výuka, schůzky, kontrolní dny) probíhala on-line, pokud to situace na pracovišti dovolovala, využívali jsme home office.

Změnilo se i personální složení týmu CEG. Pracovní poměr ukončili technici Pepa Kožíšek a jeden z nej-déle „sloužících“ Petr Růžička, na částečný úvazek se po rodičovské dovolené vrátila na pozici vědeckého pracovníka Markéta Kučerová.

Můj „zasloužený odpočinek“ se stal skutečností a od 1. října se do čela pracoviště postavil Jiří Štáštka, jeho zástupcem se stal Jiří Svoboda. Jsem rád, že od vzniku Podzemní laboratoře Josef podzemí stále „žije“ in situ experimenty, výzkumem i výukou a věřím, že moji nástupci přinesou nové nápady, témata a plány pro využití štole Josef. Celému pracovišti přeji hodně úspěchů v další práci.

Zdař Bůh!

prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.





prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.
vedoucí CEG do 30.9.2020

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 geo-techniky (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 štolě Josef dva roky trvající zpřístupňování rozsáhlé kaverny. Funkci vedoucího pracoviště vykonával do září 2020, nyní působí v CEG na pozici profesora.



Ing. Jiří Štáštka, Ph.D.
vedoucí CEG od 1.10.2020

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. Zodpovídal za přípravu a výstavbu bentonitové vrstvy tlakové a těsnící zátky projektu DOPAS. Spoluodpovídá 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. Spolupracuje na vývoji bentonitových pelet pro HÚ a účastní se výuky CEG. Od roku 2019 byl zástupcem vedoucího a v roce 2020 úspěšně prošel výběrovým řízením na funkci vedoucího 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. Spoluodpovídá za výzkumné aktivity CEG. Zastupuje CEG jako zodpovědný 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.



Jana Večeřová

ekonomická asistentka, technička

Je absolventkou gymnázia Budějovická (1991) a členem týmu CEG je od 1. ledna 2016. Zodpovídá za chod ekonomické, finanční a personální agendy pracoviště. Eviduje a kontroluje daňové doklady, pracovní výkazy, podílí se na administraci řešených projektů.



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 a správu povrchového areálu. Podílí se na přípravě a administraci projektů, spolupracuje na aktivitách pro prezentaci pracoviště a organizuje exkurze ve štole Josef. Spoluodpovídá za provoz akreditované geotechnické laboratoře a provádí laboratorní zkoušky.



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. Připravuje a zajišťuje prezentaci všech aktivit pracoviště, spolupracuje na přípravě projektů, zajišťuje laboratorní zkoušky prováděné v rámci výzkumu bentonitu, podílí se na prohlídkách ve štole Josef.



Ing. Radek Vašíček, Ph.D.
odborný asistent

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



Ing. Kateřina Černochová
vědecký pracovník

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.



Ing. Markéta Kučerová
vědecký pracovník

V roce 2010 absolvovala magisterský obor Inženýrství životního prostředí FSv ČVUT v Praze, zaměření Transportní procesy v půdě. V CEG byla zaměstnána na částečný úvazek do roku 2014, podílela se na výuce a spolupodpovídala za laboratorní zkoušky a měření. V roce 2014 pobývala na tříměsíční stáži na univerzitě v australském Wollongongu. Do kolektivu CEG se na částečný pracovní úvazek vrátila po rodičovské dovolené v říjnu 2020, kde nyní působí jako vědecký pracovník se zaměřením na experimentální práce, analýzy výsledků měření, asistenci při výuce a také management kvality.



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 zprovozňování štoly Josef.



Vladimír Kašpar
technik

V CEG pracuje od roku 1998. Zajišťuje především přípravu měření při experimentálních pracích, zodpovídá i za záměrné a stavební práce při výstavbě experimentů. Podílí se na rekonstrukci a zprovozňování nových úseků štoly Josef. Mezi jeho úkoly patří i příprava a demonstrace praktické výuky studentů.



Josef Kožíšek
technik

Do týmu techniků patřil od ledna 2014. Odpovídal za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef. Podílel se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovozňování štoly Josef. S kolektivem pracovníků CEG se rozlučil v září 2020.



Petr Růžička
technik

V CEG pracoval od roku 2009. Odpovídal za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef. Podílel se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovozňování štoly Josef. Svě působení na našem pracovišti ukončil v srpnu 2020.

Údržba a ostraha areálu URC Josef



Karel Dřevěný



Petr Groš



Zbyněk
Vokrouhlík



Ledové svíce na páteřní chodbě

0 pracovišti

Pracovní režim Centra experimentální geotechniky (CEG) probíhal v roce 2020 v souvislosti s pandemií covid-19 nestandardně. Různě přísná a měnící se pravidla v průběhu roku měla jistý vliv na chod pracoviště jak Praze, tak i ve štolě Josef. Stálým místem pro práci techniků zůstal areál štolý Josef, kde se věnovali přípravě, výrobě nebo servisu komponent pro nové i stávající projekty a experimenty, prováděli údržbu podzemí i venkovního areálu. Ostatní pracovníci operativně pracovali z domova (výuka probíhala převážně on-line) nebo podle potřeby a interního rozpisu služeb, který omezoval setkávání se na minimální míru, docházeli do školy, případně dojížděli na „Josefa“.

Podzemní laboratoř Josef

Rok pandemie se negativně projevil i na tomto unikátním pracovišti. Téměř veškerá praktická výuka v Podzemní laboratoři Josef byla postupně rušena. I přes stálý zájem odborné i laické veřejnosti o návštěvu podzemí se v důsledku protiepidemických opatření neuskutečnila ani jedna exkurze, odborný seminář nebo workshop. Aktivita techniků a inženýrů byla soustředěna na činnosti související s probíhajícími projekty a experimenty v podzemí i v areálu štolý Josef.

Naše pracoviště náleží do Experimentální základny Fakulty stavební, proto hlavní zdroj financí tvoří dotační programy vypisované především pro aplikovaný výzkum. Tento fakt představuje soustavné hledání vhodných témat (v České re-



Paní zima v plné síle



Střídání „stráží“ ve vedení CEG



Experti z Ústavu geoniky AV ČR při monitoringu vrtů



Jarní areál štoly Josef



Práce v geotechnické laboratoři v době koronavirové



„Rozkvetlé“ lezné oddělení na Mokrsku východ

publice i v zahraničí), která odpovídají zaměření CEG a pro jejichž řešení můžeme poskytnout naše zázemí ve štole Josef nebo v budově URC Josef.

Z dlouhodobých pravidelných akcí se uskutečnilo pouze únorové, desáté sčítání spících netopýrů, s realizací dalších oblíbených jednodenních podniků (např. cyklistická časovka „Ze štoly do štoly“, Den děkanátu...) i případných nových nápadů musíme počkat na „lepší časy“.

URC Josef

„Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“ provozované CEG má za sebou deset let své existence. Spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex. Intenzivně bývá využíváno technické zázemí (experimentální hala, dílny, laboratoř), „covidová sezóna“ ovlivnila provoz i v těchto prostorách a rovněž snaha o pronájem a obsazení administrativního zázemí v budově URC Josef spolupracujícími subjekty vycházela naprázdno.

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, tak v Podzemní laboratoři Josef. V areálu štoly Josef a v podzemí se také vyučují předměty studijního programu Geodézie a kartografie, pro výuku studentů studijního programu Architektura a stavitelství je využíván sken kaverny, svou výuku zde mají i studenti dalších vysokých škol (např. VŠCHT Praha, MU 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“. Předmět je zakončen vypracováním osnovy bakalářské práce s návrhem, jak zadaný problém řešit.



Příprava na výuku v geotechnické laboratoři



Geodeti při měření v podzemí



Aparatura pro měření bobtnacího tlaku bentonitu



Studenti ke štole Josef neodmyslitelně patří



Vzorek bentonitu pro určení hmotnostní vlhkosti



Začínáme s měřením....

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 podzemní štoly Josef. Témata navazují na úkoly řešené v rámci Projektu 2/D.

Úvod do profesní praxe a Ateliér architektonické tvorby – základní 1 jsou předměty vyučované na oboru Architektura a stavitelství, v rámci kterých se studenti seznamují se štolou Josef, resp. s podzemní kavernou a pokoušejí se vytvořit originální projekty pro její využití.

Navazující magisterské studium

Laboratoř geotechniky má ve své náplni geotechnické in situ i laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů zemin a hornin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o mechanicko-fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry. V první části studenti provádějí zkoušky nutné pro zatřídění zemin dle platných norem. Následuje měření charakteristik klíčových pro návrh geotechnických konstrukcí dle kritérií únosnosti i 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 pod-

zemních 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, což využívají zejména zahraniční studenti programu ERASMUS.



Měření průsakové křivky manuálním hladinoměrem



Práce s elektronickým hydrostatickým hladinoměrem



Určování swell indexu bentonitu



Vzorek z bentonitového těsnění hráze



Detail těsnící vrstvy vystavené klimatickým vlivům

Studentská grantová soutěž

Tříletý projekt **Výzkum bentonitové těsnící vrstvy** si klade za cíl specifikovat geotechnické vlastnosti několika druhů bentonitů pro pozdější využití jejich charakteristik v simulačních modelech proudění vody hrází. Hlavním řešitelem projektu je Ing. Jiří Šťástka, Ph.D., spoluřešitelem je Ing. Kateřina Černochová.

Projekt je zaměřen zejména na zjišťování hydraulické vodivosti nasycených vzorků a bobtnacího tlaku, což jsou parametry, které se uplatňují v problematice proudění vody zemní hrází. Ve druhém roce projektu byly práce zaměřeny na zjištění případných změn vlastností bentonitu vystaveného in situ podmínkám v modelech hráze malých vodních nádrží. Zkoušky byly prováděny na materiálu REC MIX I, který byl od května 2019 do dubna 2020 aplikován na povrchu modelové hráze.

Odebrané vzorky materiálu byly vysušeny, rozemlety a umístěny do testovací válcové komory. Poté byly vzorky syceny a zjišťovány hydraulická vodivost a bobtnací tlak. Jeden cyklus měření od umístění vzorku do aparatury až po plné nasycení trvá přibližně 2 měsíce. V roce 2020 byly testovány celkem 4 vzorky. Získané výsledky byly porovnávány s hodnotami, které byly zjištěny na vzorcích neovlivněných klimatickými vlivy testovaných v předcházejícím roce projektu. Dále byl u tohoto materiálu proveden mineralogický rozbor a výsledky opět porovnány s nezatíženým materiálem.

Z porovnání nezatíženého a zatíženého materiálu vyplynulo, že mineralogické změny jsou nevýznamné, a proto je důležité soustředit se na změny fyzikálních vlastností materiálu. Získaná data mohou sloužit jako vstupy do matematického modelu, pomocí kterého je možné odhadnout míru účinnosti bentonitového těsnění nejen bezprostředně po nanesení, ale také po určité době v provozu.

Mezinárodní spolupráce

Spolupráce s mezinárodními institucemi je pro Centrum experimentální geotechniky přirozenou cestou k posílení povědomí o aktivitách CEG 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 77 členů. CEG 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 výzkumných tréninkových pobytů či mezinárodních odborných exkurzí.

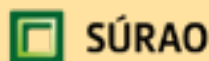
<https://nucleus.iaea.org/sites/connect/URFpublic/Pages/default.aspx>

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>





PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova

Projekty

Úvod k projektům

I v roce tak neočekávaně a zásadně ovlivněném pandemií Covid-19 pokračovaly práce na projektech řešených pracovníky CEG. Do svého „finále“ dospěly tuzemské projekty NAKI, Swicas, Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení HÚ a Návrh a výroba směsi bentonitových pelet II.

Podle stanovených, resp. z „vyšší moci“ upravených harmonogramů pokračovaly práce na třech „velkých“ projektech: v Podzemní laboratoři Josef realizace fyzikálního modelu „hot“ Mock-Upu, v Podzemním výzkumném pracovišti Bukov provozování interakčních fyzikálních in situ modelů a ve vstupní části páteřní chodby projekt „Tunel v tunelu“. Dlouhodobé sledování veličin u projektů Mock-Up Josef a DOPAS, které slouží k ověření stability použitých materiálů i k verifikaci navržených technologií, pokračovalo i v roce 2020. EURAD a Beacon jsou dva evropské projekty, kde má CEG své zastoupení při řešení dílčích zadání.

V nezměněné míře pokračuje naše úsilí při hledání vhodných dotačních programů a partnerů, vypracování a podání projektů, které vyústí v získání finanční podpory pro námi navržený způsob řešení zadaného výzkumu. Finanční prostředky z řešení tuzemských i evropských výzkumných projektů stále představují nezastupitelný zdroj příjmů nutných pro chod a rozvoj pracoviště.

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.**
Aplicační 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, jestliže teplota na povrchu ukládacího obalového souboru (UOS) dosahuje 150 °C – 200 °C, což může 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 a ukládána data z čidel umístěných v modelu. V listopadu 2020 byly pomocí jadrového vrtu odebrány první vzorky bentonitu z inženýrské bariéry, které byly následně podrobeny analýze zaměřené na rozložení objemové hmotnosti, vlhkosti a stupně nasycení, na mineralogickou a mikrobiologickou analýzu.

Další výstupy jsou plánovány do závěrečného období projektu, přesto jejich příprava kontinuálně probíhá. Byl vyroben prototyp pro odběr pórové vody ze saturovaného bentonitu, pomocí fázové XRD analýzy byla provedena mineralogicko-geochemická charakteristika bentonitu zahřívaného po dobu desítek měsíců na 200 °C.



Finální pohled na experiment po jeho spuštění



Odebírání vzorku z bentonitové vrstvy u IB 200C



Odvrtaný vzorek bentonitu

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**



Příprava na akustické měření v tunelu



Protihluková stěna vystavěná v areálu štolý Josef



Akustické měření na protihlukové stěně

Cílem projektu je objasnit způsob prostorového šíření hluku uvnitř tunelu a na jeho ústí a následně navrhnout akustické obklady k omezení negativních vlivů odrazů hluku. Hlavním výstupem budou nové materiály-prvky s akustickou funkcí, které budou splňovat veškeré technické a jiné požadavky pro prostředí tunelů. Pro jejich vývoj jsou 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, konstrukce polygonu byla doplněna o speciální montážní profily k rychlé a flexibilní instalaci různých akustických obkladů. Testovací areál byl rozšířen o konstrukci demontovatelné protihlukové stěny dočasně vybudované před portály štolý Josef. Průběžně byly aktualizovány a kalibrovány softwarové modely, které byly využity jak pro polygon ve štolě Josef, tak pro lokalitu tunelu Radejčín na D8.

Klíčovou aktivitou v roce 2020 byl Návrh principu snížení hlučnosti tunelů na modelových situacích, který vznikl na základě sérií měření na fyzikálním modelu ve štolě Josef (měřítko 1:3), simulací na akustických modelech, jejich vzájemné korelace a kalibrace. Souběžně probíhal vývoj nových materiálů-prvků do prostředí tunelů, požadavky na tyto materiály byly částečně aktualizovány a doplněny. Výsledkem byla výroba a ověření funkčních vlastností laboratorního vzorku akustického obkladu pro prostředí tunelu.

Název projektu: **Interakční fyzikální modely in situ v PVP Bukov**
Doba trvání: **2017 – 2022**
Příjemce: **Fakulta stavební ČVUT**
Zadavatel výzkumu: **SÚRAO**

Cílem projektu „Interakční fyzikální modely in-situ v PVP Bukov“ 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.

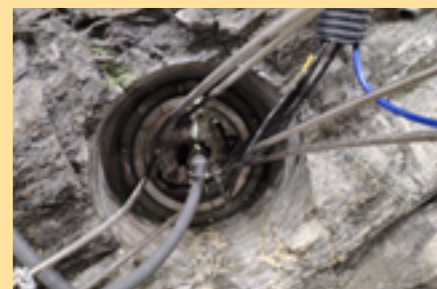
10 fyzikálních modelů (FM) je provozováno od března 2019 – všechny jsou uměle saturovány vodou a teplota topidel u pěti FM (ve vrtech o průměru 250 mm) je nastavena na cca 100, resp. 200 °C. Sledované veličiny (teplota, pórový tlak, totální napětí, relativní vlhkost) jsou on line přenášeny datovou sítí 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. U topidel byla rovněž provedena výměna mechanických stykačů za polovodičové, které zajistí vyšší spolehlivost a přesnost regulace výkonu topidel.

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



Kontrola experimentu v PVP Bukov



Pohled na zhlaví jednoho z experimentů



Kontrola čerpadla

Název projektu:

EURAD

Doba trvání:

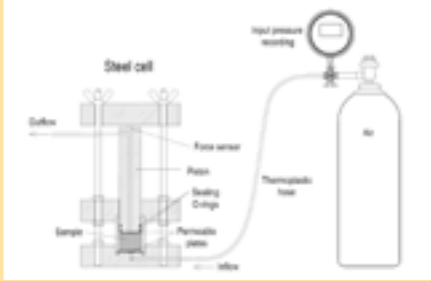
2019 - 2024

Příjemce:

51 institucí z 21 evropských zemí

Poskytovatel dotace:

**Euratom reaserch and training programme
2014 – 2018**



Aparatura pro průlomový test vzorku bentonitu



Malý hot Mock-Up využívaný v úloze HITEC



Vzorky betonu z ÚRAO Richard pro využití v CORI

V červnu 2019 byla zahájena spolupráce 51 institucí z 21 zemí Evropy v rámci platformy **EURAD – European Joint Programme on Radiactive 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.

RD&D aktivity pokrývají 7 tematických okruhů. Ve třech 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) a HITEC (Influence of Temperature on Clay-based Material Behaviour). CEG zastává funkci koordinátora i dalších pracovišť ČVUT pro EURAD a participuje na koordinaci HITEC .

V rámci CORI se CEG podílelo na přípravě vzorků betonu odebraných v ÚRAO Richard a jejich následné analýze. Výzkum proudění plynu v bentonitové bariéře, který je simulován dlouhodobými cyklickými testy na vzorcích Ca-Mg bentonitů, je prováděn v zadání 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 ø 30 cm, výšky 30 cm) vedoucí k získání dat pro matematické modelování.

Název projektu: **Kompozit na bázi odpadních jíílů jako substitut tamponážní směsi pro nízkopotenciální tepelná čerpadla**

Doba trvání: **2019 – 2022**

Příjemce: **CHEMCOMEX, a.s.**

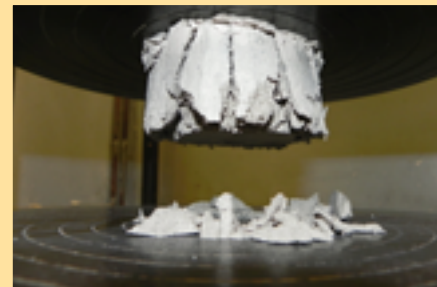
Spolupříjemce: **Fakulta stavební ČVUT**

Poskytovatel dotace: **TAČR – program EPSILON**

Cílem projektu je využít odpadní materiály, které vznikají při průmyslovém zpracování jílových surovin, a zužitkovat je při modifikace 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.

Na základě výsledků laboratorních zkoušek v roce 2019 byly pro další výzkum zvoleny dva materiály – kaolín z kompostárny Jarošovice s.r.o. (nebobtnavý materiál) a podsítné z Keramostu a.s. (bobtnavý materiál). Ve druhém roce řešení projektu pokrčovaly laboratorní zkoušky s vybranými materiály a jejich směsmi s cementem, pro jehož obsah ve směsi byl zvolen limit 20 %. Vhodnost materiálu pro zálivku byla posuzována na základě tepelné vodivosti, hydraulické vodivosti a také zpracovatelnosti. Základem směsí použitých pro in situ testy byl kaolín, resp. šlika jemná, přísady tvořil cement, materiál ze slévárenských forem a menší podíl bentonitových odpadů.

Další fází projektu bylo ověřit vhodnost vybraných směsí pro zálivku na „fyzikálních modelech vrtů“. Fyzikální modely představovaly do výšky 4 m svisle fixované PPR trubky o Ø 70, resp. 200 mm zajištěné proti deformaci vlivem vlastní tíhy modelu s náplní. Po zaplnění zálivkou (ručním, resp. pomocí čerpadla Filamos) a vyzrání směsi byly modely demontovány a vzorky zálivky analyzovány. Pro testovací polygon byla z vytipovaných lokalit zvolena Praha-Zbraslav, pro kterou byl již také vypracován Projekt geologických a vrtných prací.



Zálivková hmota po zkoušce mechanických vlastností



Pohled na in situ model v areálu štoly josef



Plnění in situ modelu zálivkou

Název projektu:

Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví

Příjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Doba trvání:

2016 – 2020

Poskytovatel dotace:

Ministerstvo kultury ČR – program NAKI II



Nástřík hráze těsnící bentonitovou vrstvou



Hráz pokrytá ochrannou geotextilií



Geofyzikální měření proudění a průsaku

Projekt byl zaměřen na zajištění a ochranu hrází historických rybníků, jež jsou součástí našeho kulturního dědictví, prostřednictvím nově navržené technologie pro opravy těles hrází. Technologie byla ověřována na sekčním fyzikálním modelu vystavěném v areálu štoly Josef a výstupem tohoto experimentálního výzkumu je certifikovaná metodika Těsnění hrází malých vodních nádrží stříkaným bentonitem.

V posledním roce projektu byly na sekčním modelu testovány různé způsoby stabilizace a ochrany těsnící bentonitové vrstvy s využitím geotextilních rohoží. Výchozí stav hrází v roce 2020 byl ovlivněn dříve uskutečněnými experimenty, tzn. vrstva bentonitu byla z větší části odstraněna. Na těchto hrázích byly provedeny referenční filtrační experimenty. Poté byla aplikována těsnící vrstva spolu s ochrannou geotextilií a následně provedeny opakované filtrační experimenty. V průběhu experimentů byla prováděna i geofyzikální měření s cílem získat podrobnější informace o průběhu proudění experimentálními tělesy. Monitoring průběhu průsaku tělesy experimentálních hrází byl doplněn piezometry, které umožňují sledovat průběh rozhraní nasycené a nenasycené zóny.

Součástí řešení projektu byly i výstupy týkající se mapování historických rybníků ve čtyřech zájmových oblastech, které byly zpracovány v knize „Vybrané kapitoly z historie rybníků“ zahrnující informace o více než 500 rybnících. Náplň projektu představoval i výzkum vlastností historických hrází, jehož součástí byla aplikace geofyzikálních metod. Takto získané poznatky posloužily jako podklad pro certifikovanou metodiku neinvazivního průzkumu hrází (vyhodnocení nehomogenit, průsaků, deformací).

Název projektu: **Integrované bentonitové těsnění pro zamezení negativního vlivu hydrogeologických vrtů na podzemní vody**

Doba trvání: **2017 – 2020**

Příjemce: **CHEMCOMEX, a.s.**

Spolupříjemce: **Fakulta stavební ČVUT**

Poskytovatel dotace: **TAČR – program EPSILON**

Základním záměrem projektu bylo vyvinout a ověřit funkčnost originálního těsnícího prvku (těsnění SWICAS), který bude umístěn mezi zárubnicí a stěnou hydrogeologických vrtů (v mezikruží). Technické řešení těsnění SWICAS musí splňovat nároky spojené s manipulací, instalací, spolehlivostí, funkčností a hygienickou nezávadností. S jeho využitím se počítá u vrtaných studní i při realizaci monitorovacích či jiných technologických vrtů. V závěrečném roce řešení projektu byly vyhodnoceny dosavadní výstupy, tj. Příprava těsnění a Aplikace těsnění. Získaná data posloužila k nastavení parametrů těsnícího prvku SWICAS a umožnila finalizaci řešení z hlediska optimalizace rozměrů a povrchové modulace bentonitových pelet.

K prokázání environmentální nezávadnosti těsnícího prvku byl v laboratoři proveden výluhový test, při kterém byl prvek dlouhodobě vystaven působení podzemní vody z lokality Jankov-Podolí. Při druhém testu byl těsnící prvek přímo umístěn po dobu 6 měsíců do mezikruží reálného vrtu v lokalitě Jankov-Podolí do hloubky 3 – 6 m pod povrchem terénu. Chemické analýzy podzemních vod před instalací a po vyjmutí prvku z vrtu neprokázaly ovlivnění kvality podzemní vody.

V konečné fázi projektu byl vyhodnocen i dlouhodobý test těsnícího prvku, jehož cílem bylo ověřit těsnící schopnost simulací nejméně příznivých podmínek při instalaci. Po rozebrání prvku všechny sledované parametry (rozložení vlhkosti a objemové hmotnosti, součinitel hydraulické vodivosti, chemická analýza výluhu) potvrdily, že technické řešení těsnění bezesbytku splňuje podmínky pro užitečný vzor.



Umístění těsnícího prvku v mezikruží modelu HG vrtu



Těsnící prvek po vyjmutí z modelu HG vrtu



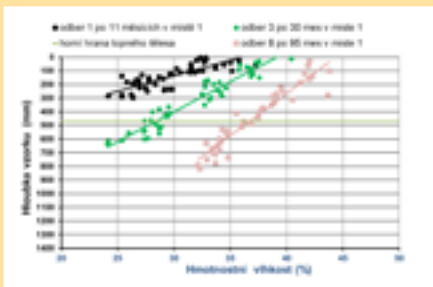
Odběr vzorků těsnícího prvku pro analýzu



Řezání vzorku horniny z odvrtného jádra



Snímek malého hot Mock-Upu termokamerou



Hmotnostní vlhkosti u vzorků z Mock-Up Josefa

Účast CEG v dalších projektech

V roce 2020 skončil rozsáhlý šestiletý výzkum zadaný SÚRAO - „Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště“, jehož cílem bylo získat data, modely, argumenty a další informace potřebné pro podporu SÚRAO při hodnocení bezpečnostních charakteristik potencionálních lokalit pro hlubinné úložiště (HÚ).

Celý projekt zahrnoval širokou škálu na sobě více či méně závislých dílčích projektů, tzv. Zadávacích listů, na jejichž řešení se CEG podílelo. První - „**Experimentální hodnocení plynopropustnosti inženýrských bariér hlubinného úložiště**“ – se týkal tématu, zda plyny vznikající z anaerobní koroze ocelových obalových souborů mohou ovlivnit bezpečnostní funkci inženýrských bariér, resp. bezpečnostní funkci horninového prostředí. Dlouhodobé testy plynopropustnosti (vzduch, vodík) byly prováděny na Ca-Mg bentonitu (tzv. BaM – bentonit a montmorillonit) při různých objemových hmotnostech (ρ_d cca 1200-1800 kg/m³), přirozeně vlhké i plně nasycené.

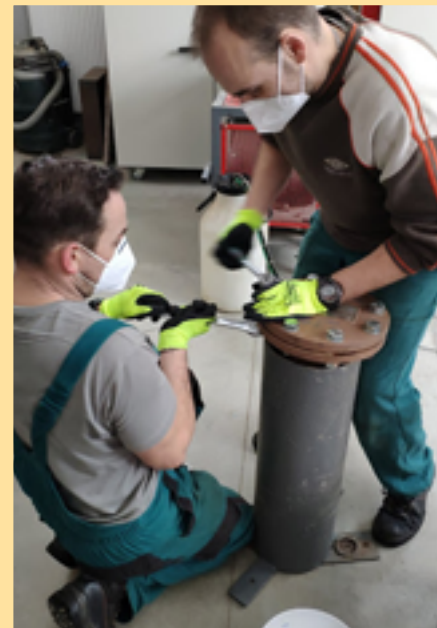
Zadávací list **Transport3** byl zaměřen na transport radionuklidů přes systém inženýrských bariér. Experimentální práce CEG spočívaly v geotechnické charakterizaci bentonitu z ložiska Černý vrch (označovaný jako BCV_2017), u kterého byly stanoveny součinitel hydraulické vodivosti, bobtnací tlak, mez tekutosti apod. Byl sledován vliv změny chemického složení bentonitů – převládající Na-, resp. Ca-kationty v molekulové struktuře – na geotechnické vlastnosti bentonitů.

I výzkumu **Návrh a výroba směsi bentonitových pelet II** (zadaný rovněž SÚRAO) dospěl v roce 2020 do konečné fáze. Hlavním cílem výzkumu byl vývoj techno-

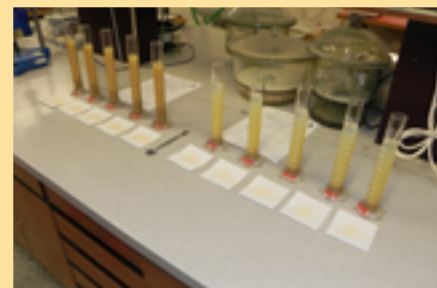
logie pro výrobu pelet z Ca-Mg bentonitu Černý Vrch o objemové hmotnosti nad 2 000 kg/m³.

Stále pokračoval monitoring u dvou projektů, jejichž oficiální doba trvání již uplynula, a to u projektu **DOPAS** a u **experimentu Mock-Up Josef**. Oba projekty souvisejí s výstavbou hlubinného úložiště radioaktivních odpadů a získané výsledky poskytnou úplnější přehled o procesech probíhajících v experimentální těsnici a tlakové zátce (DOPAS), resp. uvnitř bentonitové bariéry, která je zatěžována teplem a saturována 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 WPs. Výzkum pracovníků CEG se týká laboratorních testů bentonitu Černý Vrch ve WP4, jejichž výstupy poskytují vstupní parametry pro vývoj a validaci numerických modelů. V roce 2020 byl dokončen pracovníky spolupracující Katedry mechaniky matematický model, pro který byly použity vstupní parametry (bentonit MX80) z projektu Canister Retrieval Test realizovaného SKB v laboratoři Åspö Hard Rock Laboratory a provozovaného v letech 1999 až 2006. Simulace byla rovněž provedena pro český bentonit B75, který vykazuje podobné chování jako bentonit MX80.



Naplněná tlaková nádoba pro zahřívání v peci



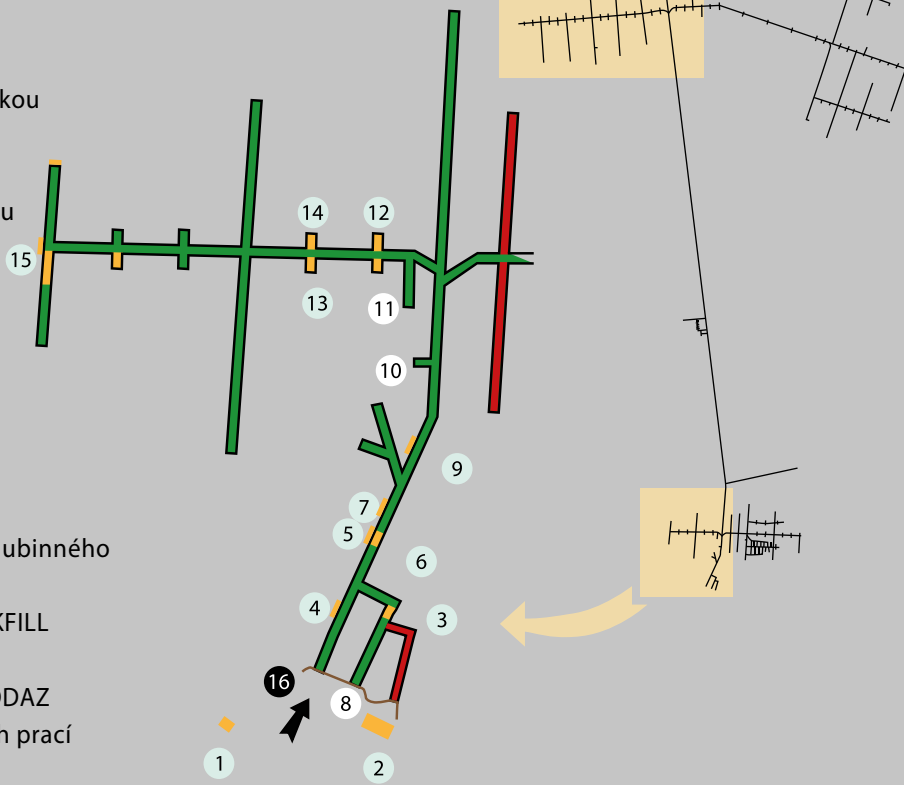
Zkouška volného bobtnání

Čelina západ

schéma podzemní štoly Josef

Legenda

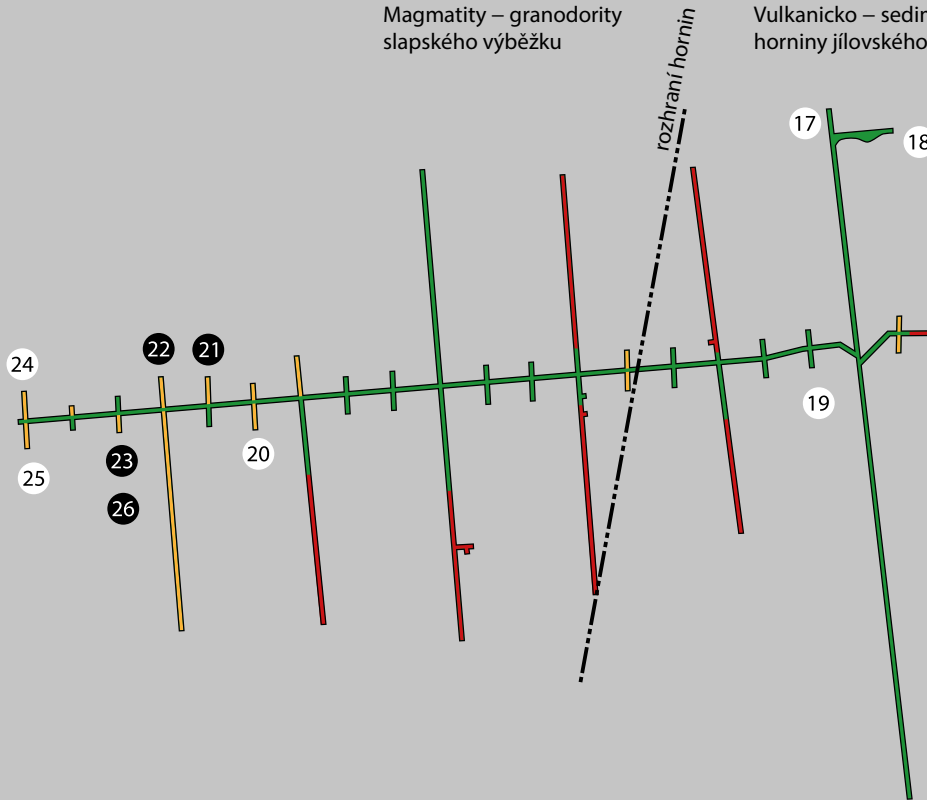
1. Prefabrikované ostění TOM (s ukázkou konvergenčního měření)
2. Ukázka důlní mechanizace
3. Model 1:1 historické výdřevy tunelu - rakouská soustava
4. Cvičná stěna - jádrové vrtání
5. Měření kontaktního napětí
6. Konvergenční měření
7. Kotevní technika (firma ORICA)
8. „Café Underground“
9. Kotevní technika (firma HILTI)
10. Jímka s technologickou vodou
11. Model zaplnění přístupové štoly hlubinného úložiště (BACKFILL)
12. Informační centrum projektu BACKFILL
13. EU experiment TIMODAZ
14. Informační centrum projektu TIMODAZ
15. Vrtné schéma a výuka destruktivních prací
16. Projekt Tiché tunely



Magmatity – granodority
slapského výběžku

Vulkanicko – sedimentární
horniny jílovského pásma

Mokrsko západ



Legenda

- 17. Záchraná komora
- 18. Větrací komín
- 19. Jímka s technologickou vodou
- 20. Anaerobní laboratoř
- 21. Technologické centrum DOPASu
- 22. Projekt DOPAS
- 23. Mock-Up Josef experiment
- 24. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab)
- 25. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab II.)
- 26. Inženýrská bariéra 200C

Zpřístupněné části

Nepřístupné části

Experiment, stanoviště výuky

Projekty uvedené v roce 2000

Dřevo „jako koně“...





... a pořád nás to baví!

Vybrané publikace

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

Efficiency of Sprayed Bentonite for Sealing of Fishpond Dams - Experimental Testing

In: Proceedings of the 5th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'20). Ottawa: Avestia Publishing, International ASET Inc., 2020. p. 137-1-137-8. ISSN 2371-5294. ISBN 978-1-927877-74-6.

Černochová, K.; Šťástka, J.

Stanovení geotechnických vlastností bentonitové těsnicí vrstvy pro malé vodní nádrže

[Technical Report] 2020.

Svoboda, J.; Kruis, J.; Krejčí, T.; Rukavičková, L.; Večerník, P.

Interakční experiment – Průběžná zpráva etap 7-9 č. 2

[Research Report] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2020. Report no. 478/2020.

Šťástka, J.; Svoboda, J.; Kučerová, M.

Kontinuální sledování a vyhodnocování in-situ zatížené bentonitové vrstvy experimentu MOCK-UP-JOSEF - Závěrečná zpráva k projektu

[Research Report] Praha 1: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2020. Report no. 532/2020.

Hansen, J.; Palmu, M.; Koho, P.; White, M.; Bosgiraud, J.M.; Foin, R.; Rubel, A.; Dvořáková, M. et al.

TUNNEL PLUGS AND SHAFT SEALS DEMONSTRATIONS – DOPAS

In: EURADWASTE '19. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. p. 188-197. ISBN 978-92-79-98750-2.

Vehmas, T.; Montoya, V.; Alonso, M.C.; Vašíček, R.; Rastrick, E.; Gaboreau, S.; Večerník, P.; Leivo, M. et al.

Characterization of Cebama low-pH reference concrete and assessment of its alteration with representative waters in radioactive waste repositories

Applied Geochemistry. 2020, 121 ISSN 0883-2927.



URC Josef



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



Centrum
experimentální
geotechniky

stola.josef@fsv.cvut.cz

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

Centrum experimentální geotechniky

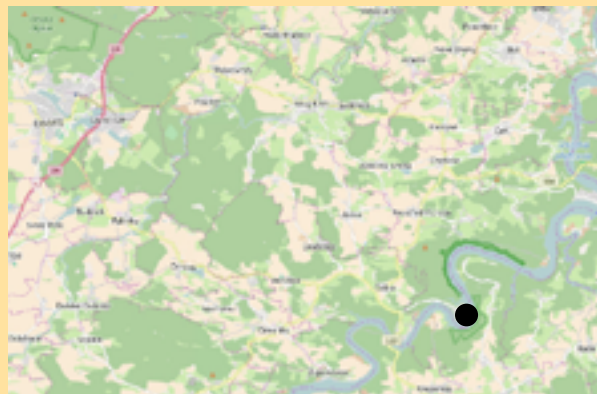
Thákurova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice
tel. : (+420) 224 355 507

Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef

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



● N 50°06'15. 909"
E 14°23'21. 581"



● N 49°43'50.145"
E 14°20'54.591"

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Centrum experimentální geotechniky
Thárukova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice

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

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef
Smilovice 93
262 03 Nový Knín

