

Praha 2020

Dlouhodobé korozní zkoušky v rámci výzkumu a vývoje ukládacího obalového souboru

D. Dobrev¹, M. Kouřil², A. N. Mendoza Miranda¹, J. Steinová³, J. Stoužil²

ÚJV Řež, a.s.¹, VŠCHT v Praze², Technická univerzita v Liberci³

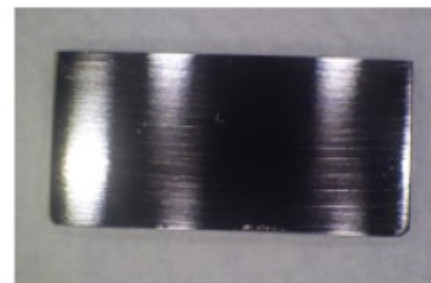
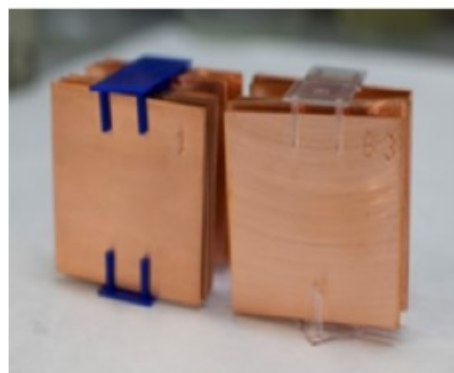
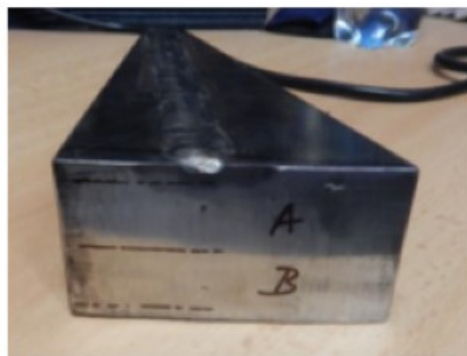
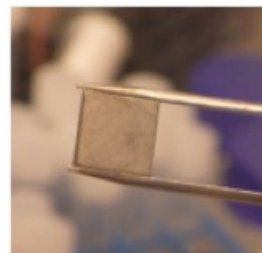
Výzkum materiálů ukládacího obalového souboru

- Korozní zkoušky simulující kritické podmínky v systému
 - Galvanická koroze
 - Vodíkem indukované křehnutí materiálů
 - Lokalizované formy koroze
 - Vliv tepelného toku
 - Vliv složení korozního prostředí
 - Mikrobiálně indukovaná koroze
- Dlouhodobé korozní zkoušky
 - Ozařované systémy
 - Anaerobní korozní zkoušky
 - Korozní zkoušky v přírodním granitoidním prostředí
- Archeologické analogy

Výzkum materiálů ukládacího obalového souboru

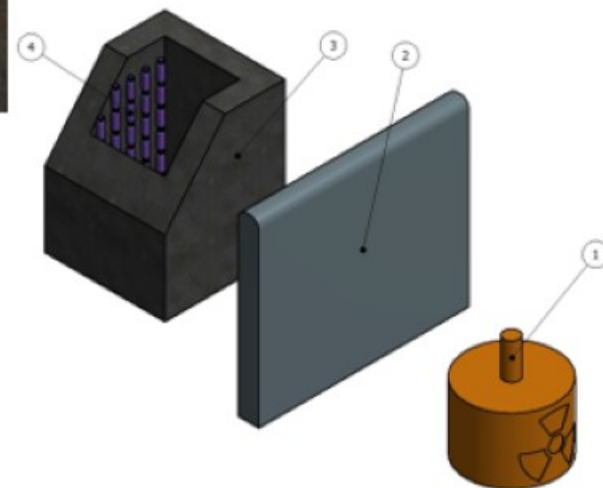
- Materiály pro ukládací obalový soubor

- Uhlíkové oceli
- Korozivzdorné oceli
 - Austenitická a dvoufázová
- Měď OF
- Titanová slitina



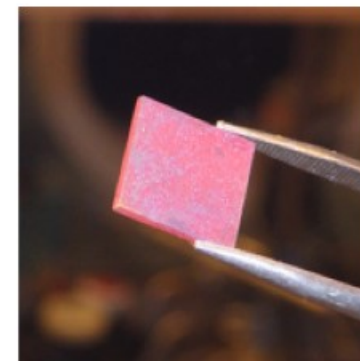
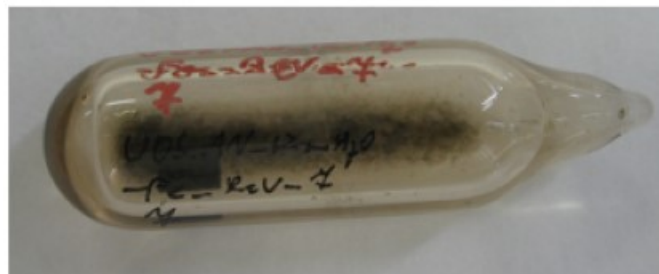
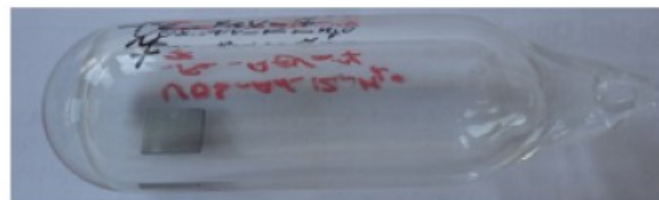
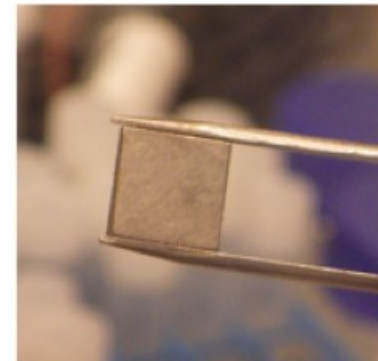
Ozařované korozní systémy

- Simulace počátečních podmínek v HÚ
 - Zvýšená teplota povrchu UOS
 - 90 °C
 - Dávkový příkon na povrchu UOS
 - ~ 0,4 Gy/hod
- Ocel, měď, Ti slitina
- Zdroj IZ
 - ^{60}Co
- Referenční vzorky za anaerobních podmínek v rukavicovém boxu



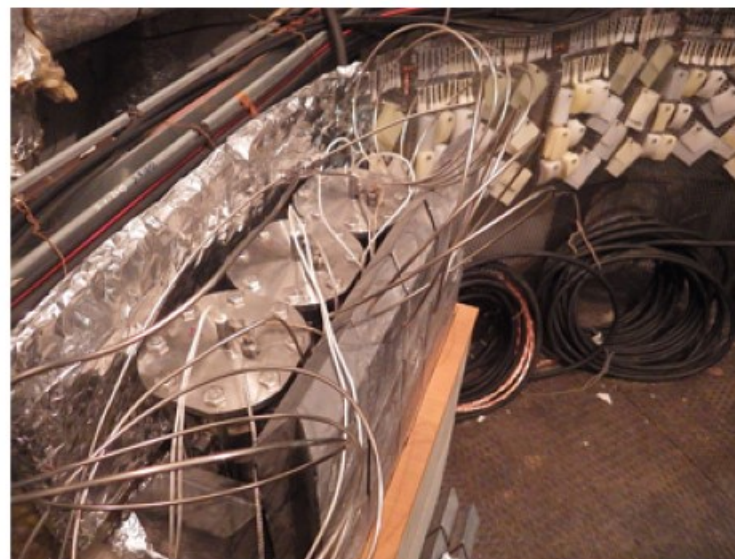
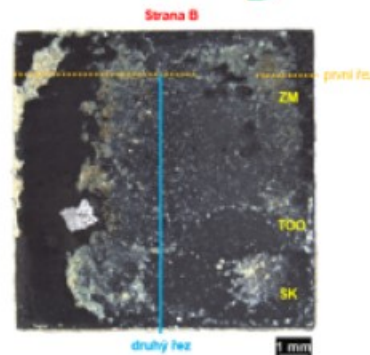
Ozařované korozní systémy

- Modelový roztok SBPW
 - Anaerobní podmínky i aerobní podmínky
 - Rychlé ustálení korozní rychlosti oceli
 - Korozní rychlost mědi vyšší oproti neozařovanému systému
 - Titanová slitina bez korozního napadení
 - Jednoduchý systém s odlišnou kinetikou oproti systému s bentonitem



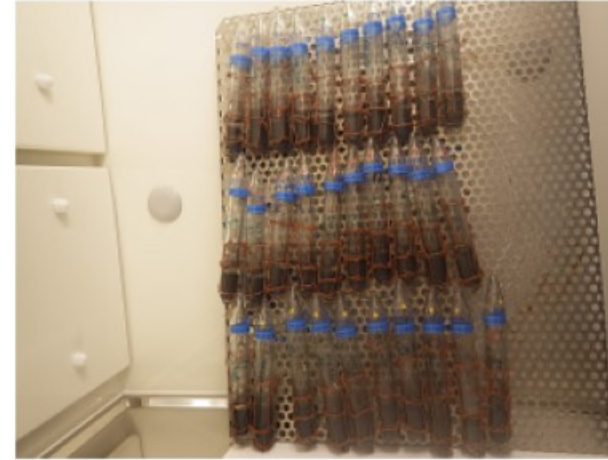
Ozařované korozní systémy

- Ocel v kompaktném bentonitu BaM
 - Základní materiál, svar, TOO
 - Anaerobní podmínky
 - Teplota 90 °C
 - Saturace SGW, 5MPa
 - Dávkový příkon ~ 0,4 Gy/hod
 - Suchá objemová hmotnost bentonitu 1,6 g/cm³
 - Referenční cely za anaerobních podmínek
 - Svar a TOO nemá větší korozní rychlosti než základní materiál



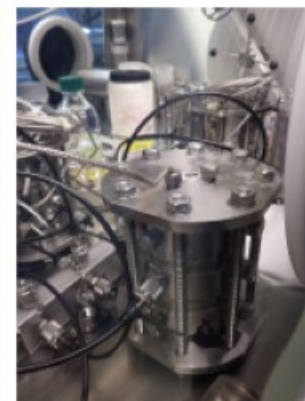
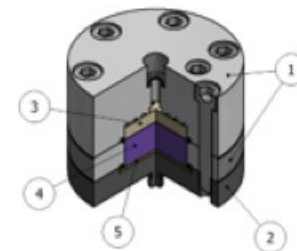
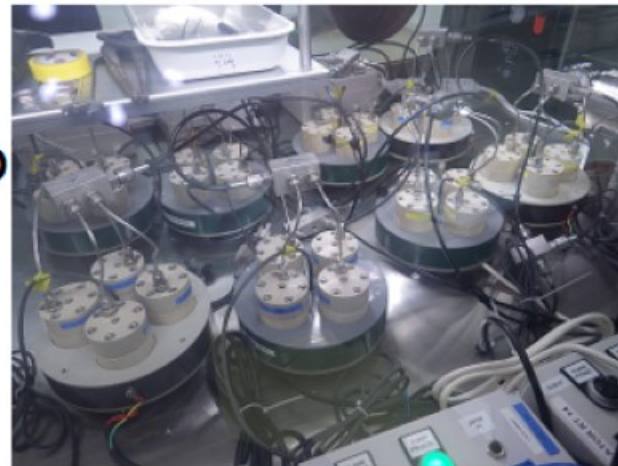
Ozařované korozní systémy

- Korozivzdorná ocel v suspenzi
 - Suspenze
 - BaM + magnetit + siderit + SBPOW
 - Anaerobní podmínky
 - Konzervativní přístup
 - Teplota 60 °C
 - Dávkový příkon ~ 0,4 Gy/hod
- Korozní rychlosti na hranici stanovitelnosti



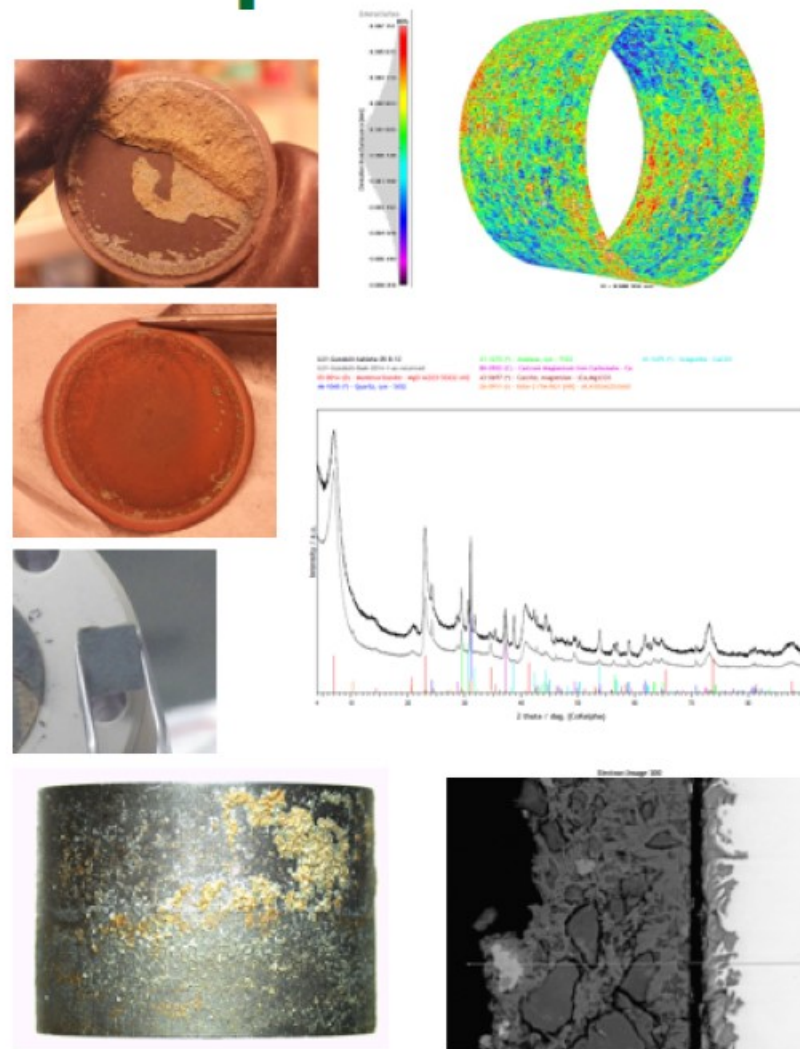
Anaerobní korozní zkoušky v kompaktovaném bentonitu

- Simulace počátečních podmínek v HÚ po poklesu dávkového příkonu na povrchu UOS
- Ocel, měď, Ti slitina
- Bentonit z lokality Černý vrch
 - Alternativní prostředí směsi cement/bentonit
- Sycení systému syntetickou granitickou vodou
- Zvýšená teplota
 - 70°C, 90 °C



Anaerobní korozní zkoušky v kompaktovaném bentonitu

- Korozní rychlosti ocelí nejsou ustálené v prvních jednotkách roků
- Korozní rychlosti mědi na hranici měřitelnosti
- Titanová slitina bez korozního napadení v pozorovaném čase
- U ocelí detekován ve většině případů korozní produkt siderit, u mědi Cu_2O



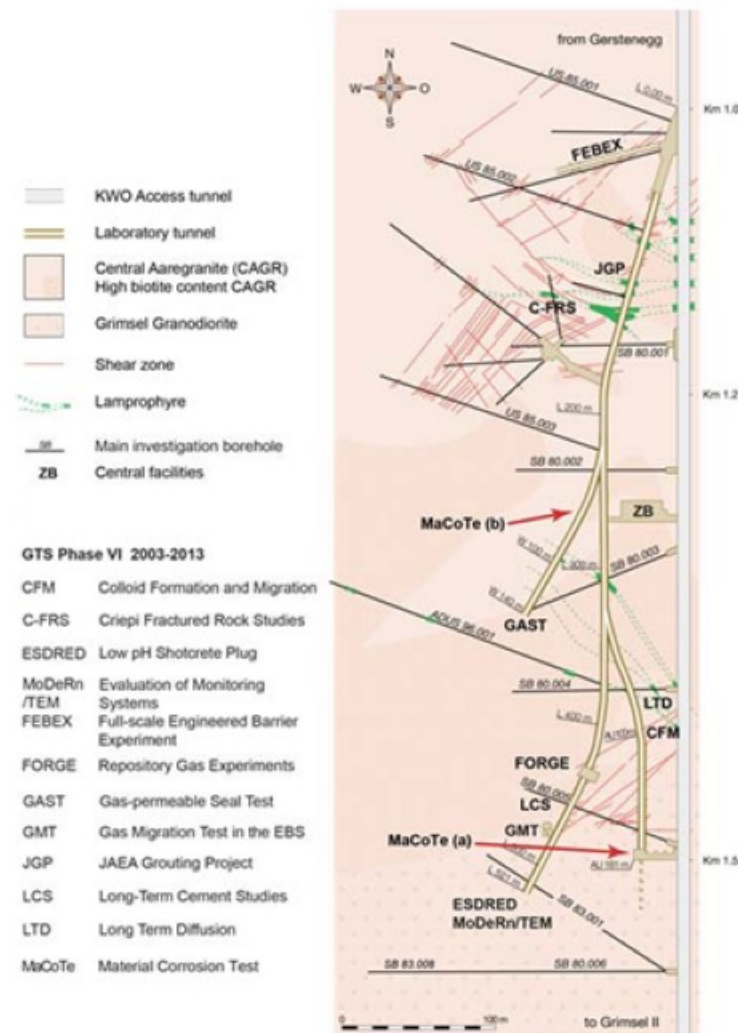
Dlouhodobé korozní zkoušky s korozivzdornou ocelí za anaerobních podmínek

- Korozivzdorné oceli
 - 1.4404, 1.4462
- Modelový roztok SBPOW
- Anaerobní podmínky
- Laboratorní teplota
- Korozní rychlost pod hranicí stanovitelnosti přes hmotnostní úbytky



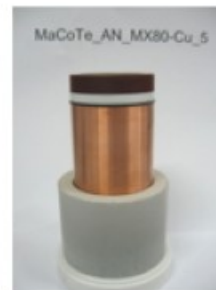
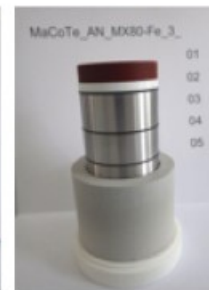
Korozní zkouška v přírodním granitoidním prostředí

- Mezinárodní projekt MaCoTe
 - Nagra (CH), RWM (UK), NWMO (Can), SÚRAO (CZ), NUMO (Jap)
- Podzemní laboratoř Grimsel Test Site
 - Centrální Švýcarsko
 - Granitoidní prostředí
 - Anaerobní podmínky
 - Korozní zkouška při zvýšené teplotě



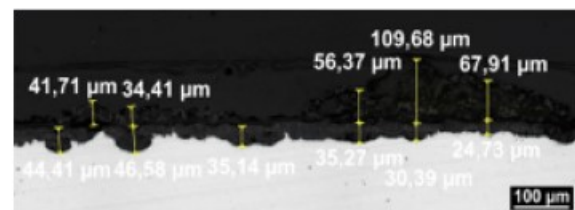
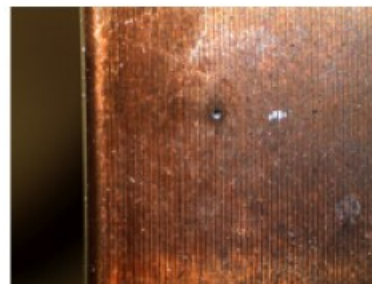
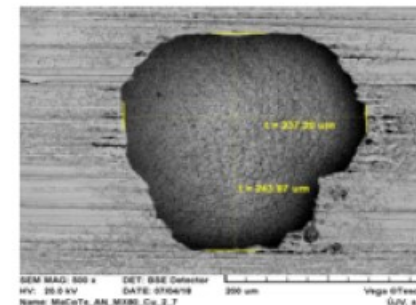
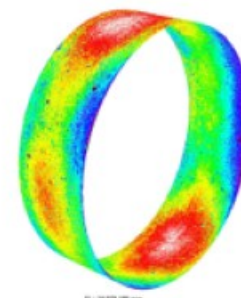
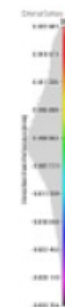
Anaerobní in situ experimentální program

- 5 vrtů obsahující moduly se vzorky
 - Vrtné práce s omezením průniku kyslíku do systému
- Moduly
 - Uhlíková ocel a měděný povlak
 - Bentontity BaM (Černý vrch) a MX-80
 - Teplota 70 °C
 - Vyjímání modulů z vrtů po 1, 2, 3, 4 a 7 letech
 - Demontáž v rukavicových boxech s Ar atmosférou
- Vzorkování podzemní vody
 - Anaerobní podmínky



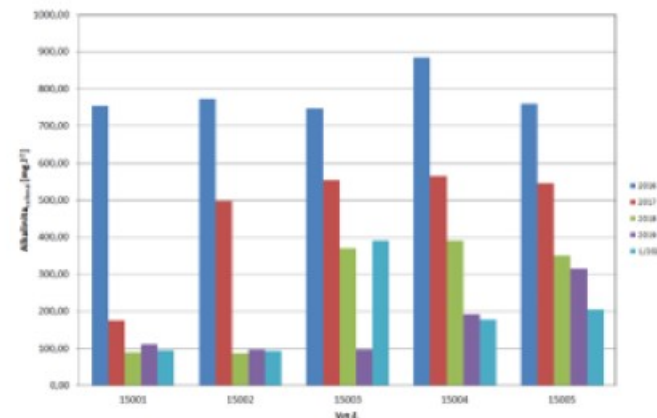
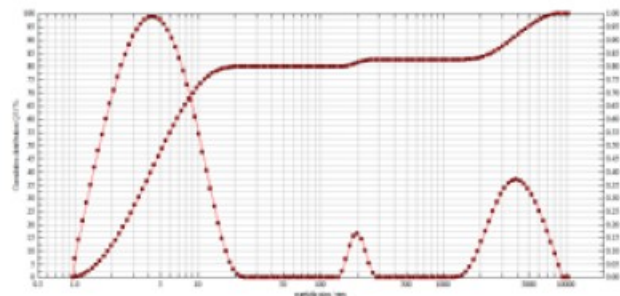
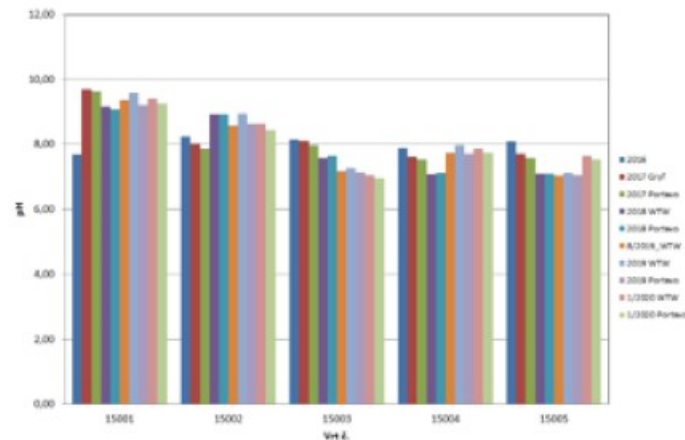
Anaerobní in situ experimentální program

- Korozní rychlost uhlíkové oceli
 - Není významný rozdíl mezi bentonity BaM a MX-80
- Lokální korozní napadení uhlíkové oceli
 - V čase se jeví jako přechod k rovnoměrnému koroznímu napadení
- Nerovnoměrné korozní napadení měděného nástřiku
 - Pravděpodobně způsobeno mikrobiální aktivitou
- Výsledky ve shodě s laboratorním programem



Anaerobní in situ experimentální program

- Analýza podzemních vod
 - pH, oxidačně redukční potenciál, vodivost, zbytkový kyslík
 - Kationtů a aniontů
 - Koloidních částic
 - Bentonitové koloidy
 - Mikrobiální analýzy
- Analýzy bentonitů
 - Mikrobiální analýzy
 - Mikrobiální aktivita v bentonitu



Závěr

- Výstupy z experimentů slouží jako podklad pro výpočet životnosti ukládacích obalových souborů
 - Korozní rychlosti
 - Nerovnoměrné korozní napadení
 - Korozní produkty
- Na základě provedených korozních zkoušek byly specifikovány požadavky na materiály pro ukládací obalové soubory

DĚKUJI ZA POZORNOST