

Koroze a životnost kontejneru v HÚ

Jan Stoulil A SPOL.



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



SÚRAO

RADIOACTIVE
WASTE REPOSITORY
AUTHORITY

T A
Č R

Technologická
agentura
České republiky

Spolupráce širokého spektra institucí



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**



**NUCLEAR
RESEARCH
INSTITUTE**



**TECHNICAL
UNIVERSITY
OF LIBEREC**
www.tul.cz



Centrum výzkumu Řež s.r.o.
Research Centre Řež



ŠKODA
ŠKODA JS a.s.



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



**ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV
AV ČR PRAHA**



ujp praha

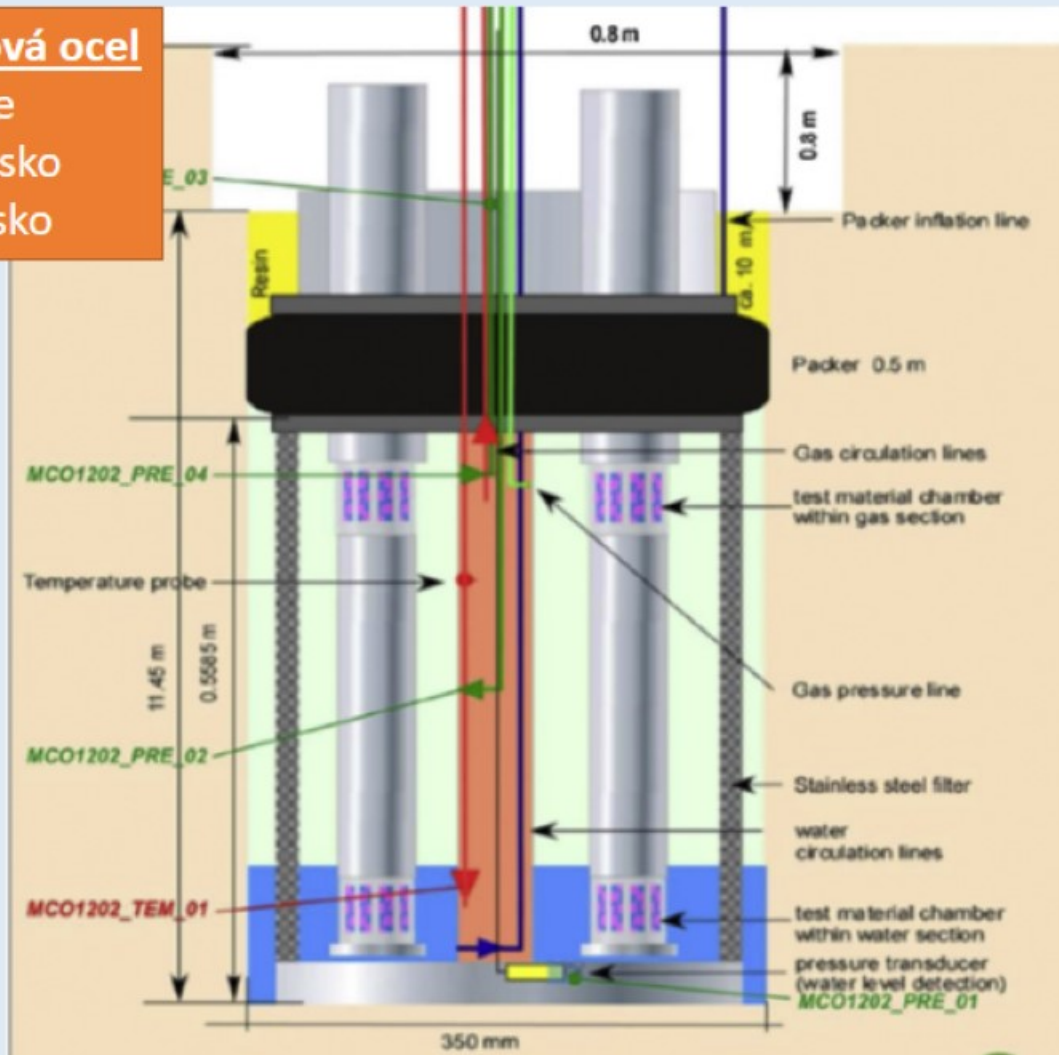
chemcomex

**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**

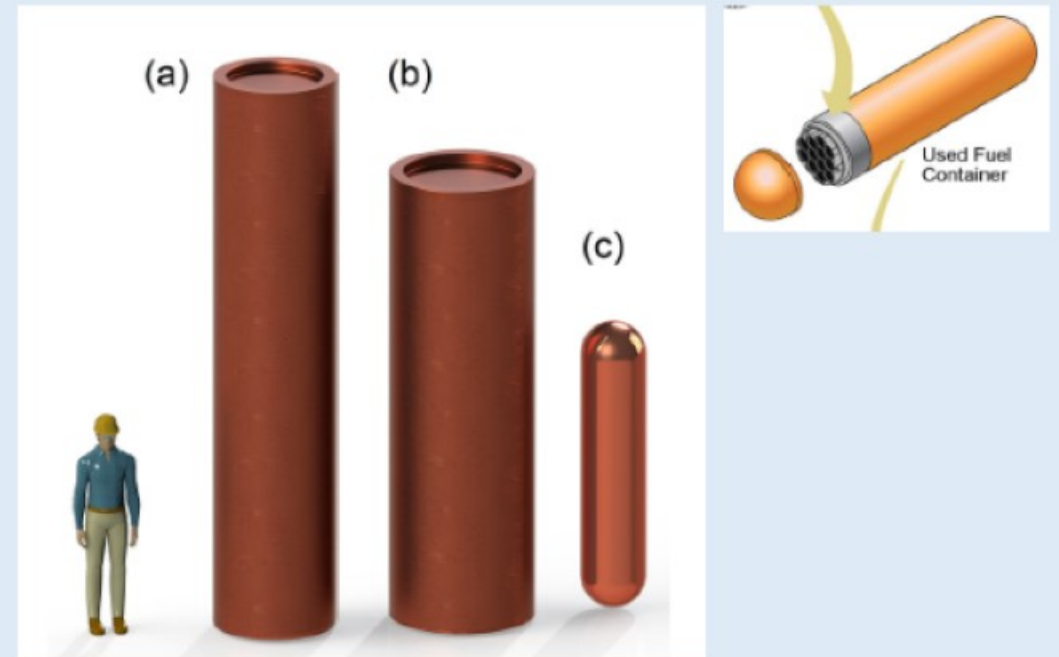
Zahraniční koncepty

Uhlíková ocel

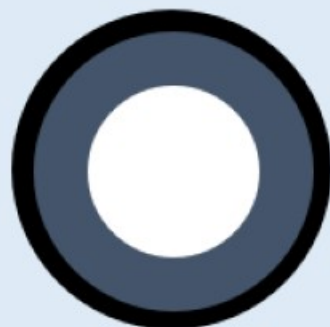
Francie
Švýcarsko
Japonsko



Měď
Švédsko
Finsko
Kanada



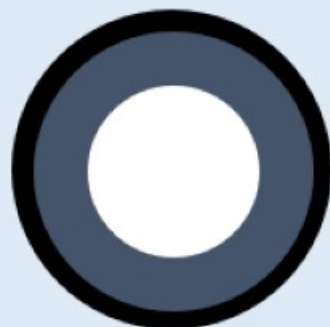
Původní české koncepty kontejneru



Materiály:
uhlíková ocel
korozi vzdorná ocel
měď
slitina Ti-Pd

nutná **predikovatelnost** konceptu → aktivní nebo stabilně pasivní materiál vnějšího pouzdra

Původní české koncepty kontejneru



Materiály:
uhlíková ocel
korozi vzdorná ocel
měď
slitina Ti-Pd

Není možné použít korozi vzdorné oceli ani Ni-slitiny na povrchu jako primární bariéru. Na počátku uložení je ještě prostředí aerobní a má vysokou teplotu, což by vedlo k bodové korozi těchto materiálů a rychlou penetraci skrz stěnu kontejneru!!!!

Proč ne měď a titan?

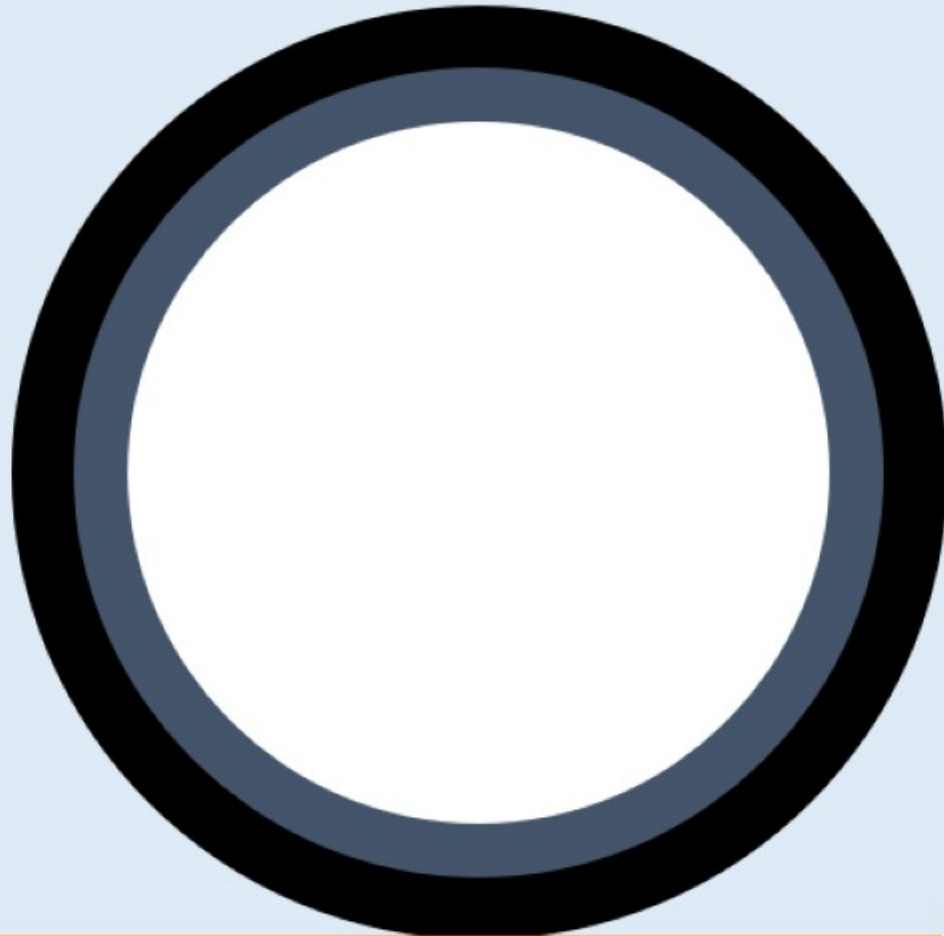
- **Měď**

- výrazně ovlivněna:
 - radiolýzou pórového roztoku
 - mikrobiální aktivitou
- nejistota v predikovatelnosti
- velmi nepřesné stanovení životnosti kontejneru

- **Titan**

- vlivem:
 - galvanického článku
 - bludných proudů
- dochází k navodíkování a tvorbě hydridů titanu
- kompletní rozpad materiálu

Český koncept kontejneru



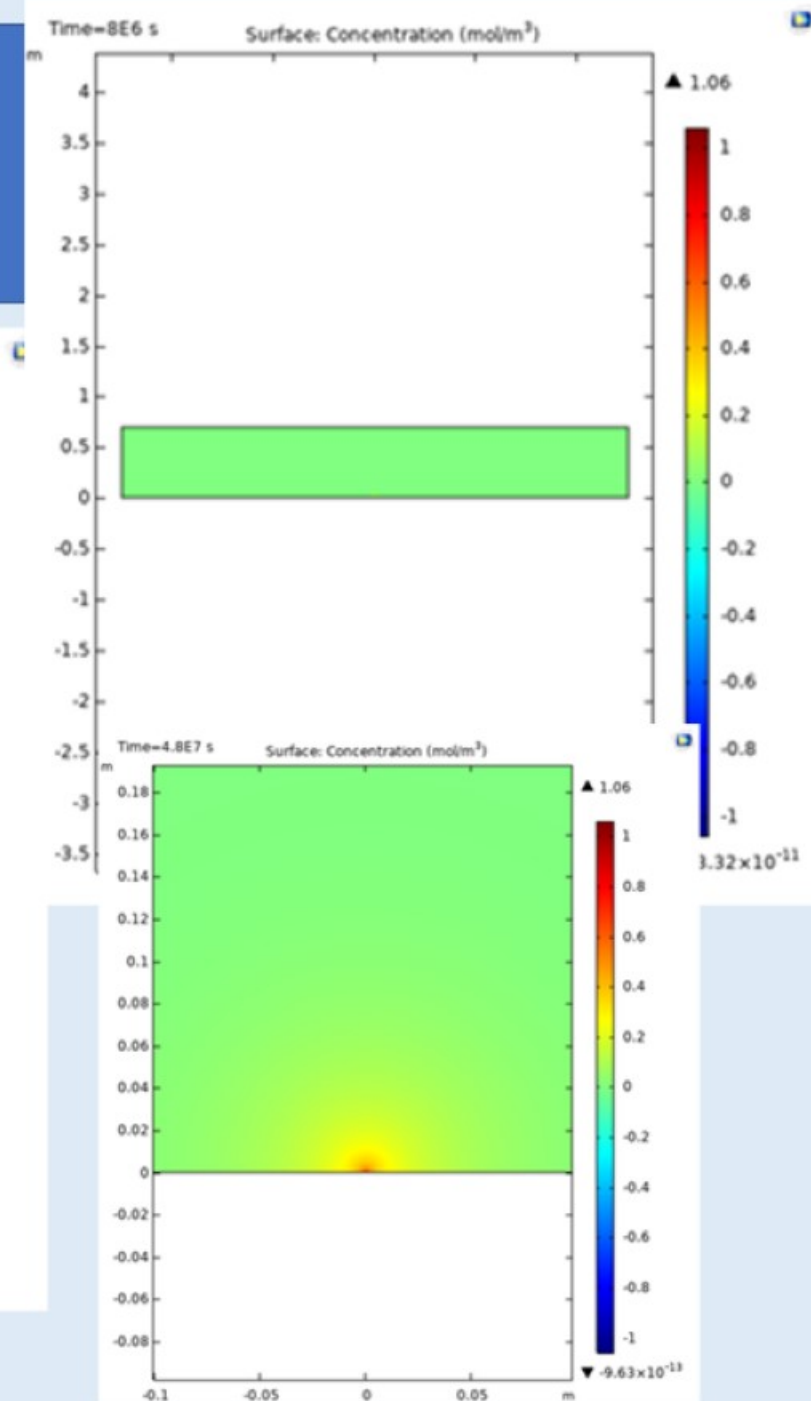
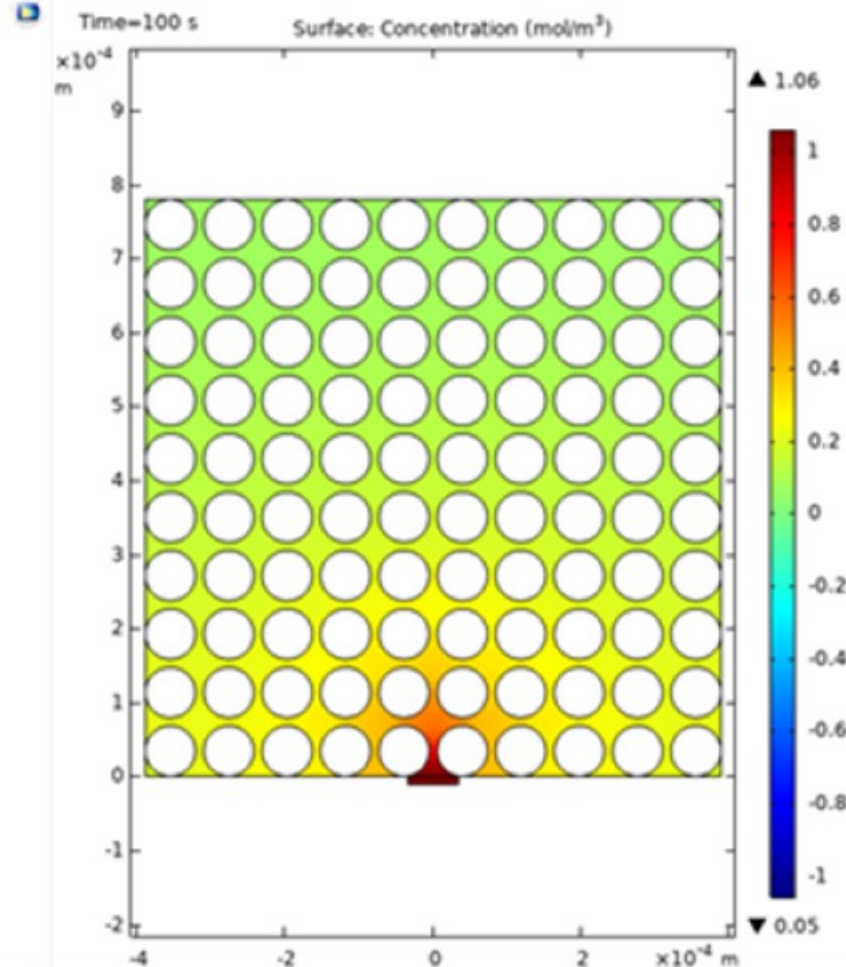
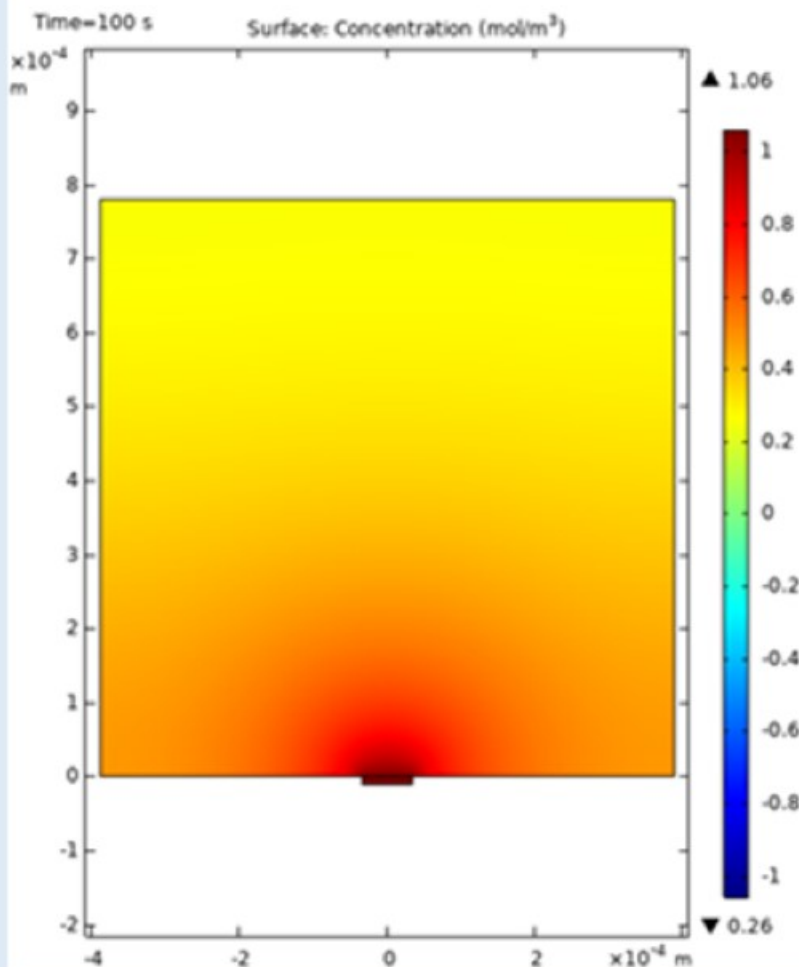
- životnost je rozdělena na obě vrstvy kontejneru
- uhlíková ocel má predikovatelnou korozní penetraci i v aerobních podmínkách a za vysokých teplot

Uhlíková ocel
Korozivzdorná ocel

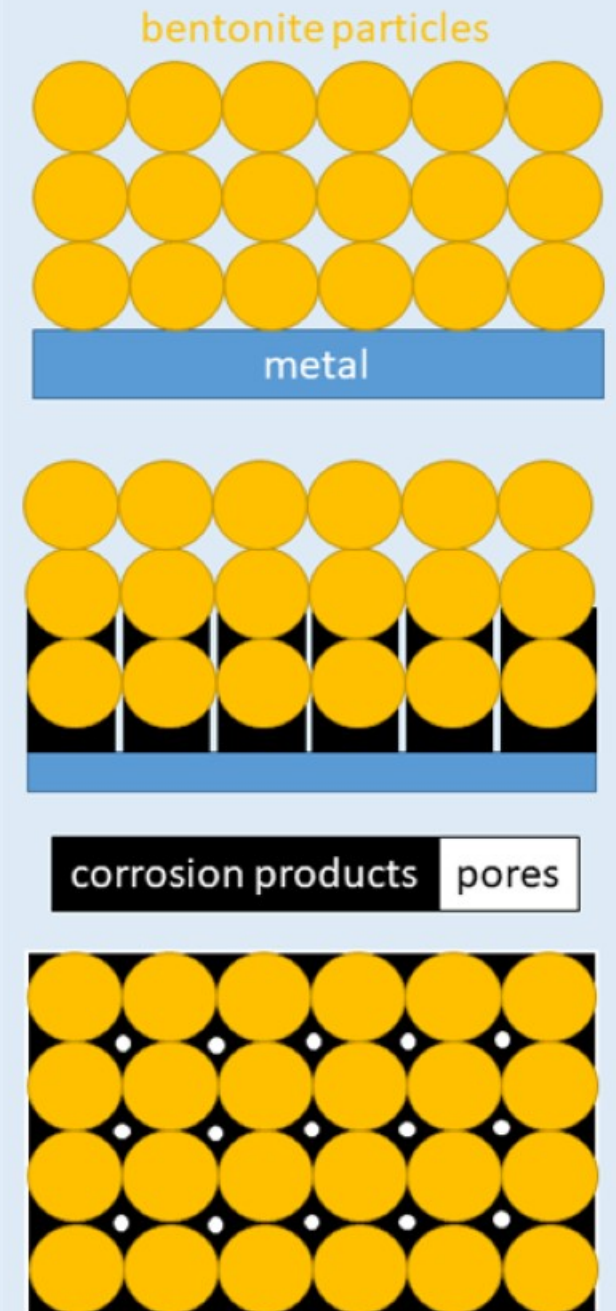
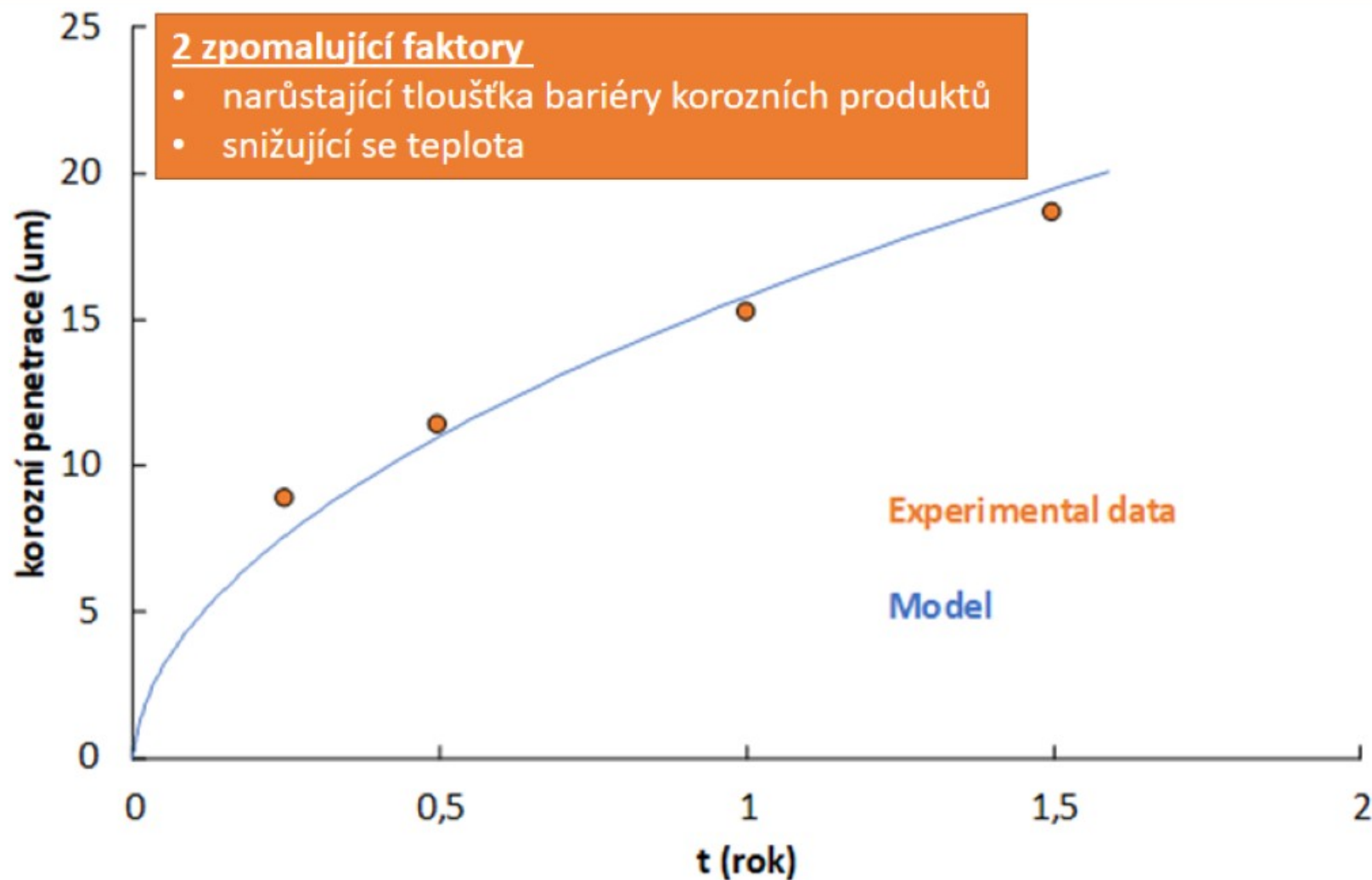


- uhlíková ocel má za úkol vydržet do doby než je spotřebován kyslík a teplota klesne pod 60 °C
- to jsou bezpečné podmínky pro stabilní pasivní vrstvu na korozivzdorné oceli

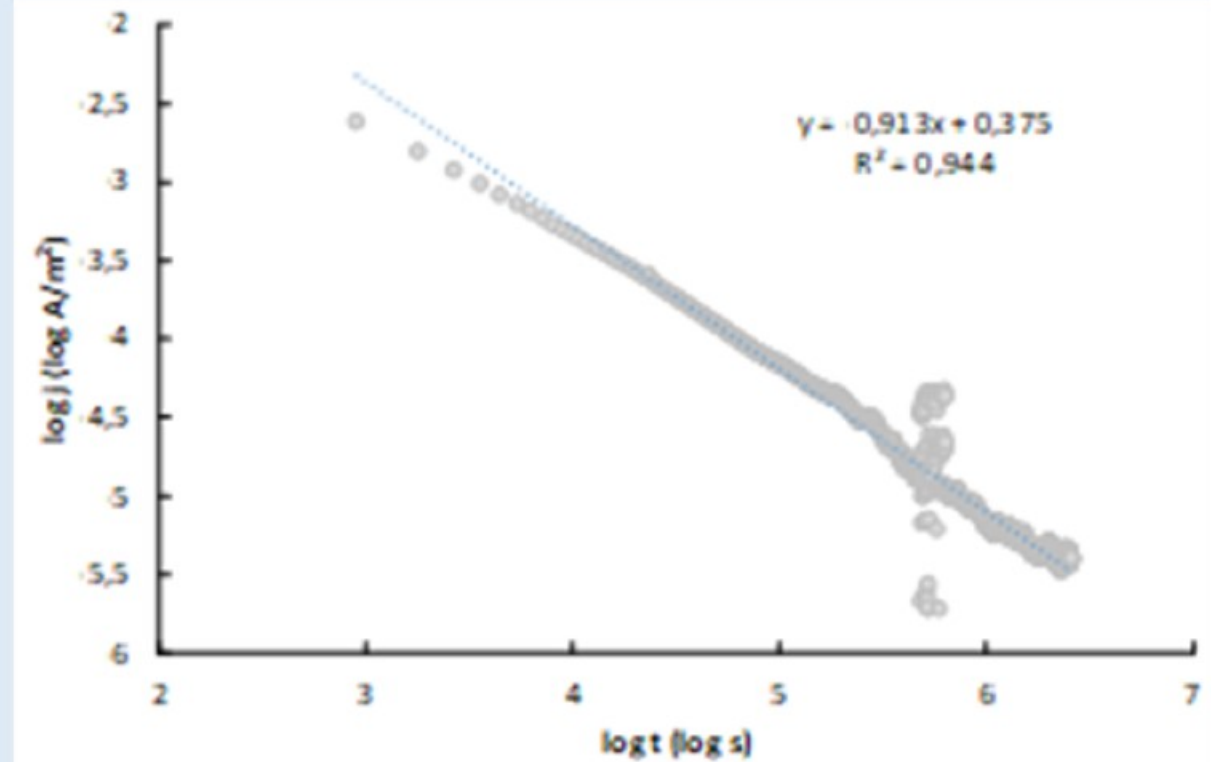
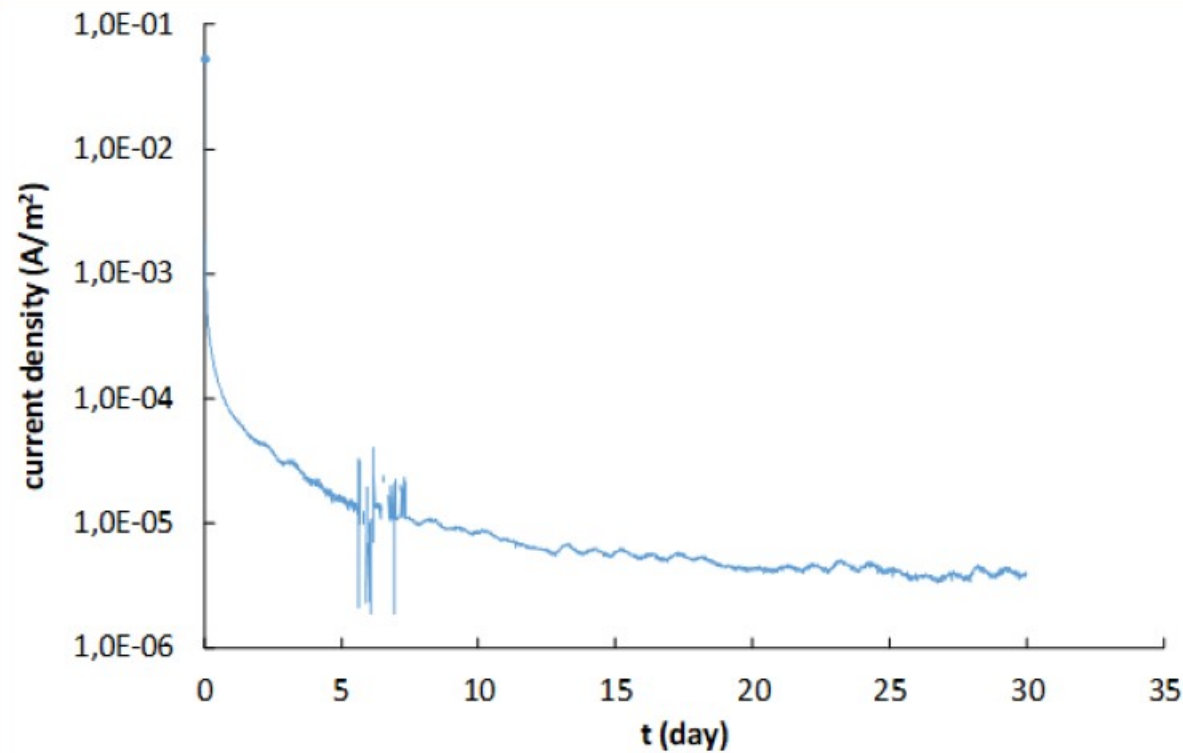
Model korozní penetrace uhlíková ocel



Model korozní penetrace uhlíková ocel



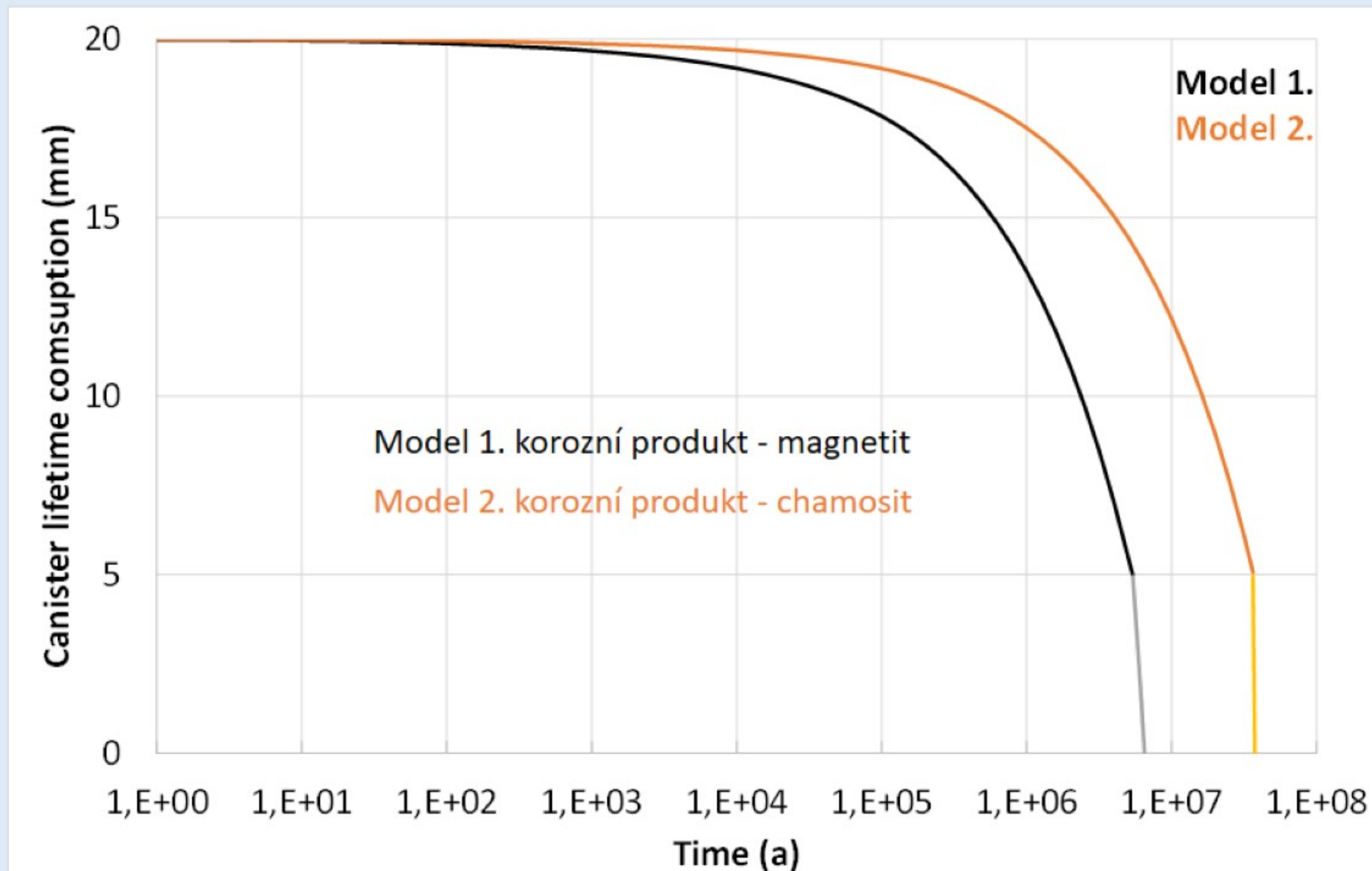
Elektrochemické stanovení korozní rychlosti korozivzdorné oceli



- hyperbolická závislost
- limituje ke konstantní hodnotě?
- korozní rychlost 4,46 nm.a⁻¹

Životnost kontejneru

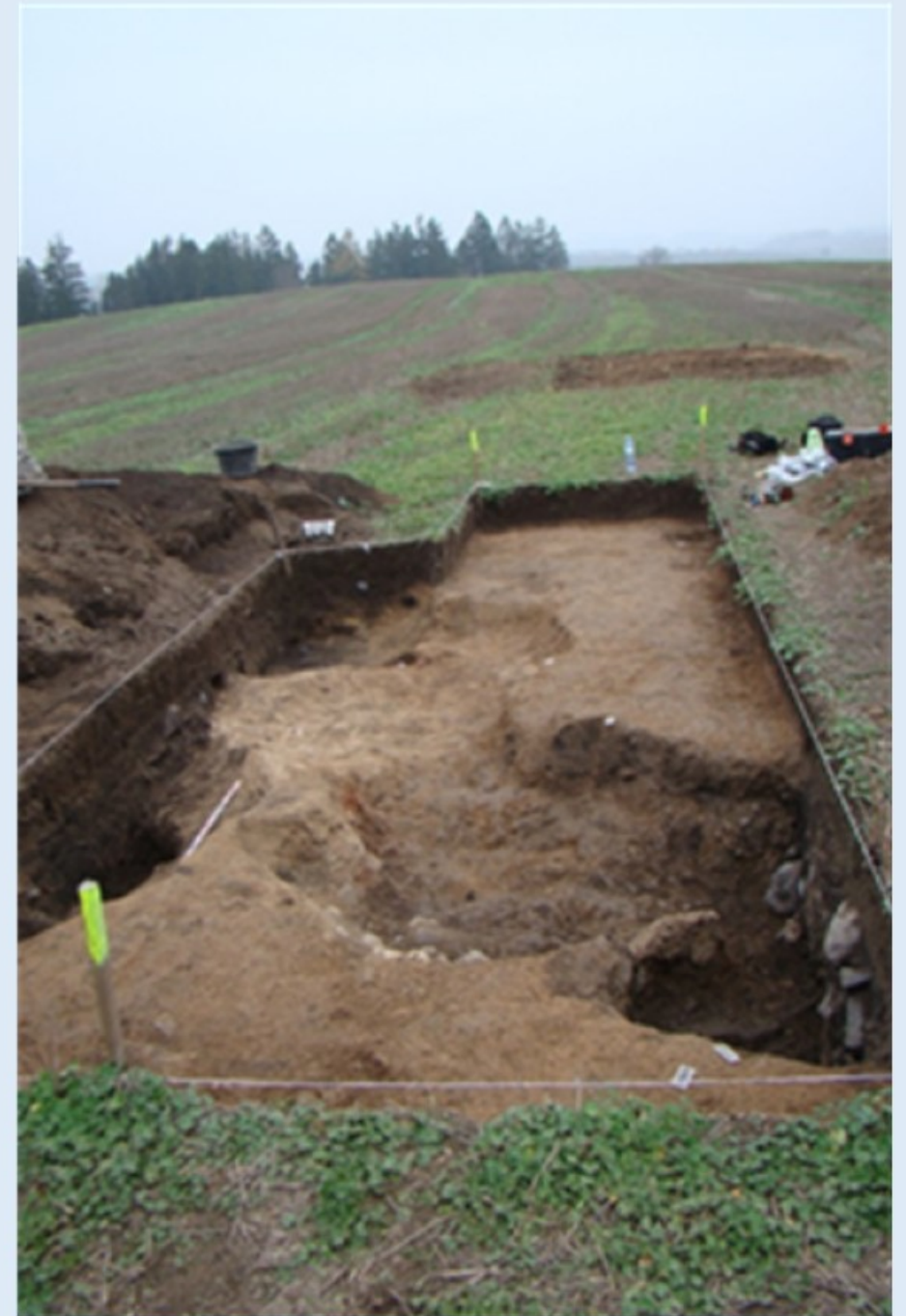
- počítáno pro korozní přídavky
 - 15 mm uhlíková ocel
 - 5 mm korozivzdorná ocel
- pro překonání kritických 1000 let postačuje 0,5 mm uhlíkové oceli
- životnost kontejneru 4,2 Ma



Archeologické analogy

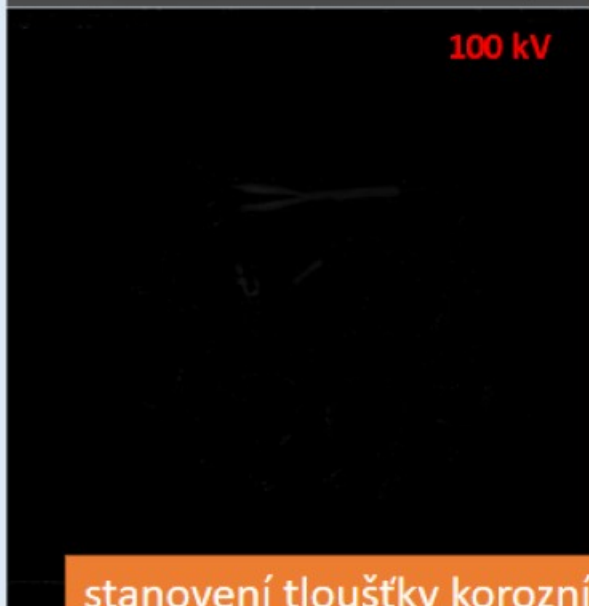
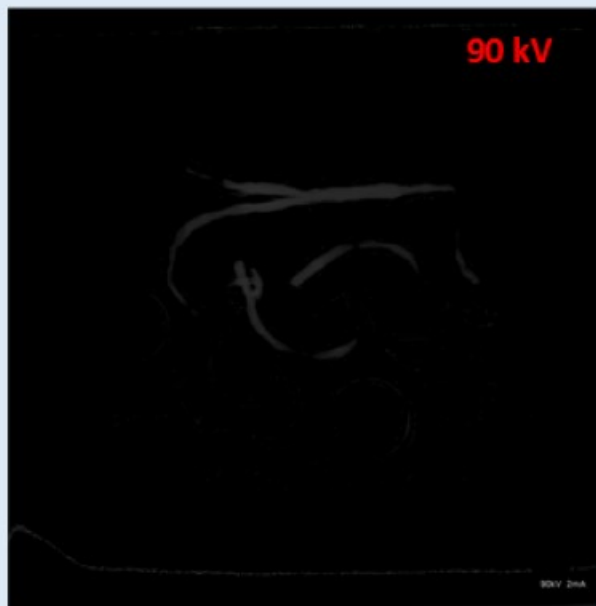


- zaměření na neustále ovlhčená dna rybníků a delty potoků s jílovým podložím

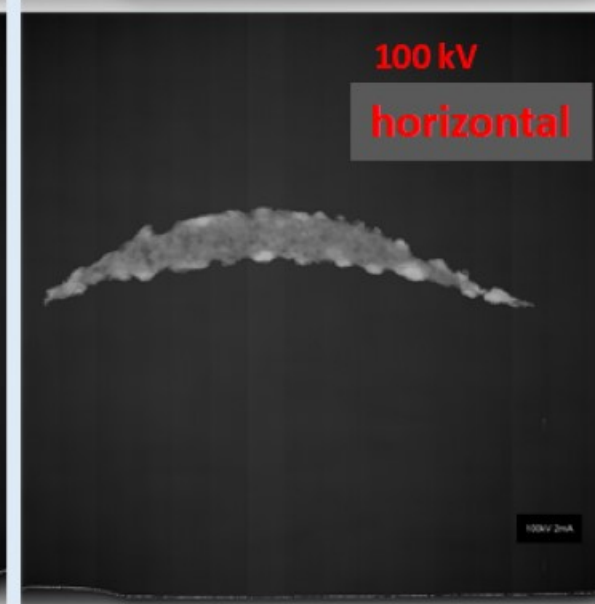
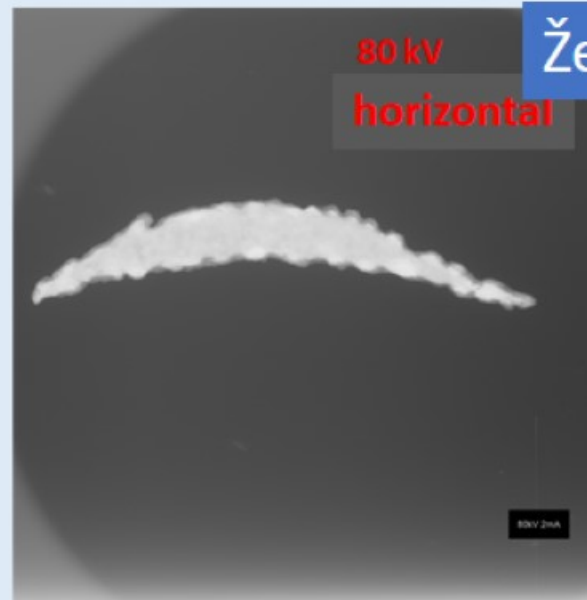


Rentgenová tomografie + Digitální analýza obrazu

Slaný



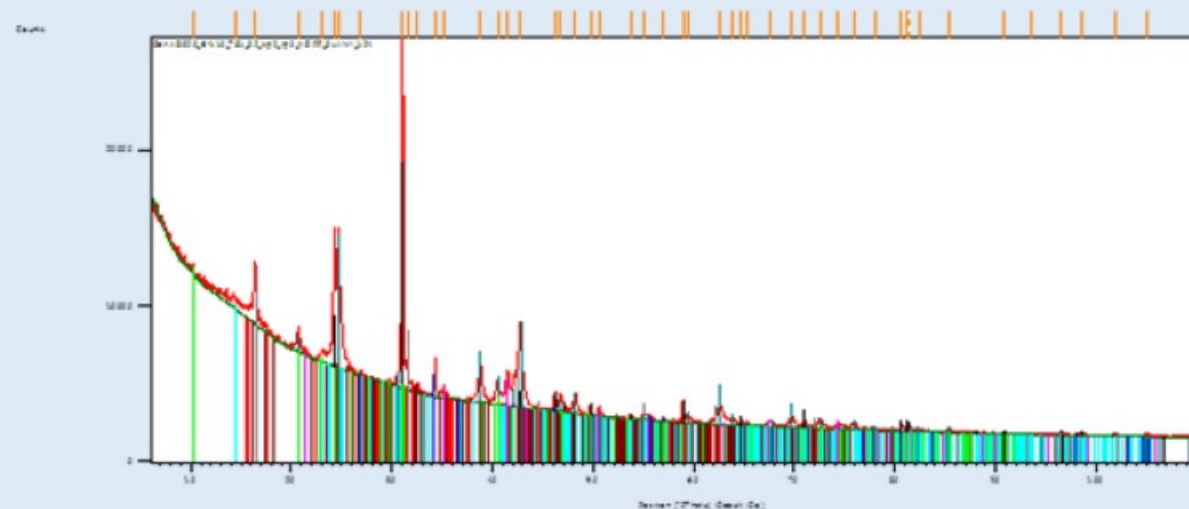
Žehuň



stanovení tloušťky korozních produktů a částic půdy

Rentgenová difrakce – identifikace fází

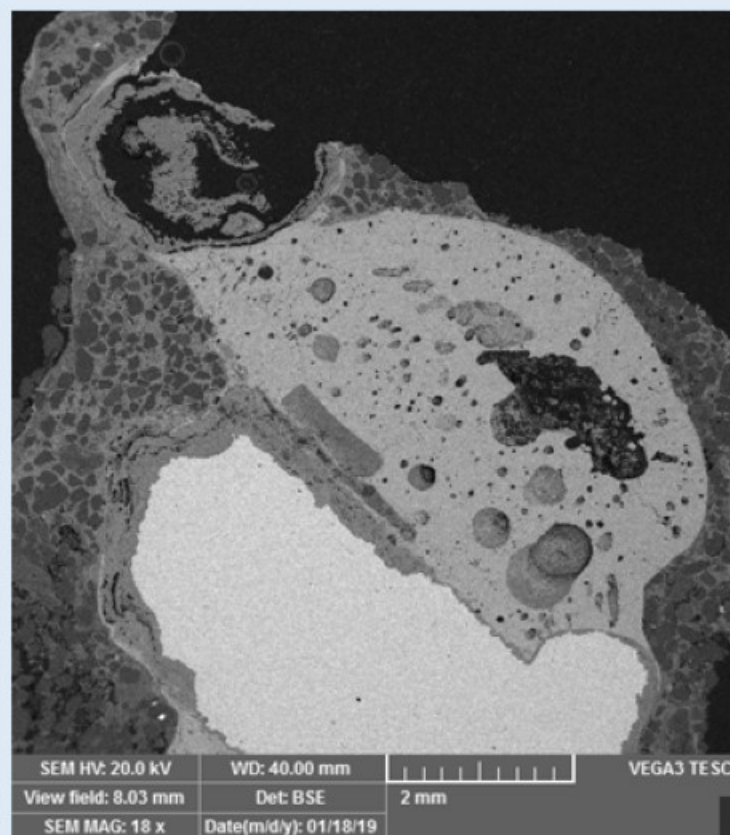
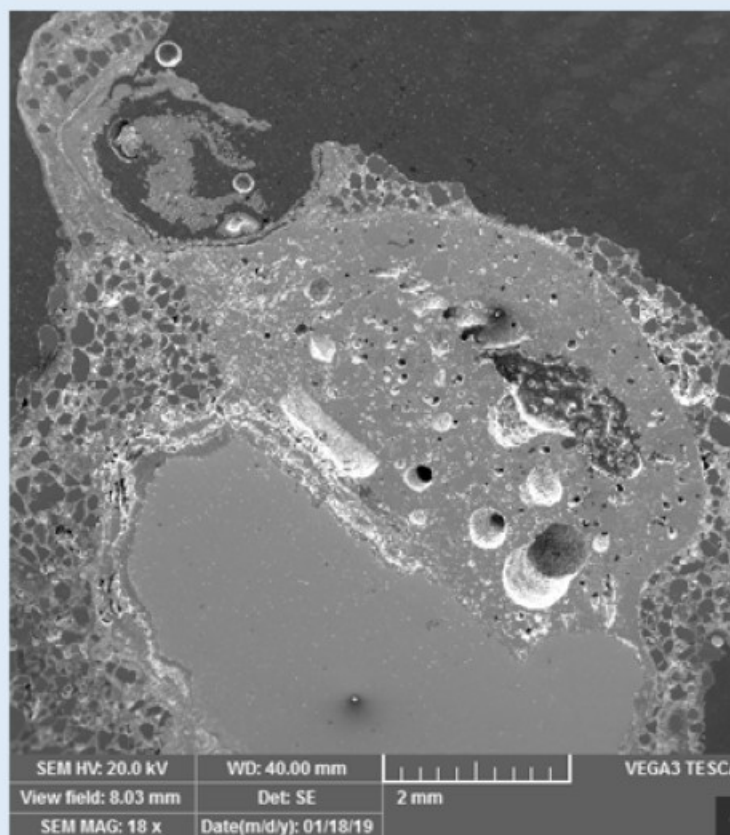
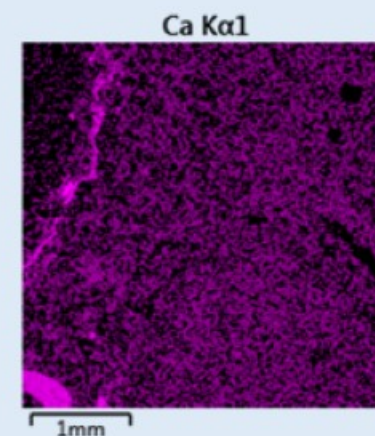
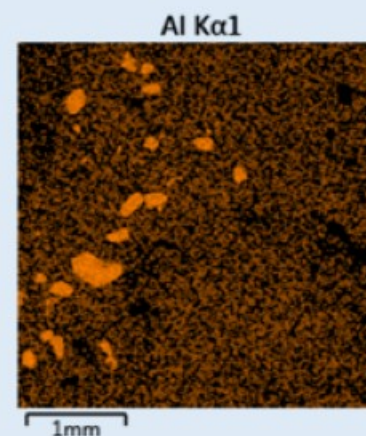
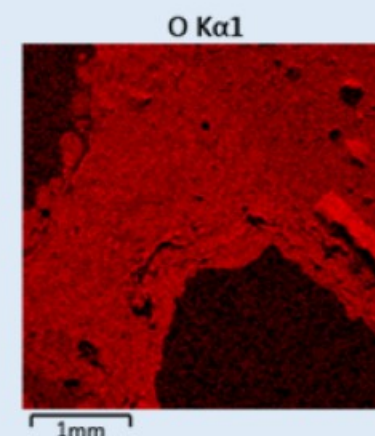
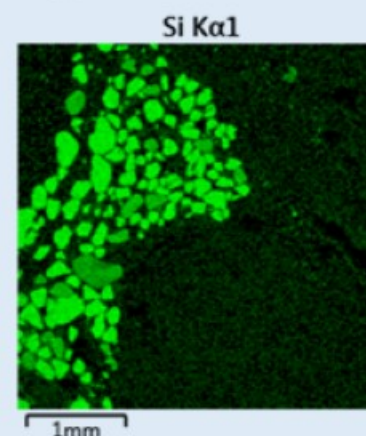
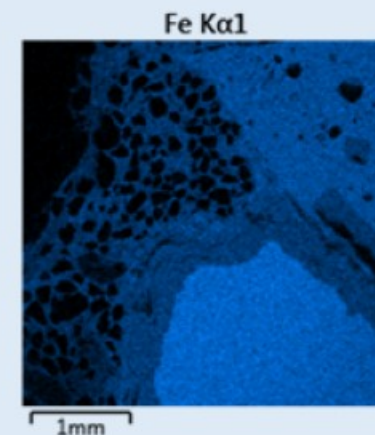
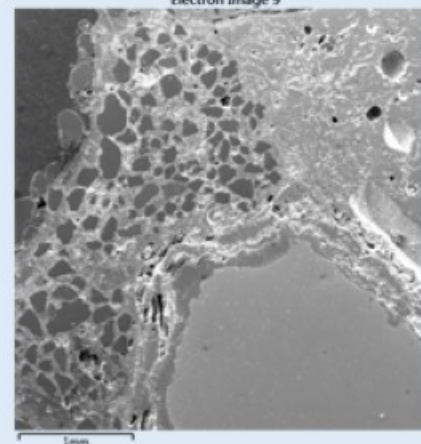
Identified corrosion product or soil component		Content (vol. %)
Goethite	$\alpha\text{-FeOOH}$	23
Lepidokrocite	$\gamma\text{-FeOOH}$	9
Magnetite	Fe_3O_4	3
Quartz	SiO_2	36
Calcite	CaCO_3	4
Microcline	KAlSi_3O_8	7
Muskovite	$\text{K}(\text{Al,Fe})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	8
Albite	$\text{Na}_5\text{CaAl}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}$	7
Caolinite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	2



Corrosion product	Artefact			
(vol.%)	1	2	3	4
Magnetite	33	26	8	4
Hematite	8	9	5	
Goethite	8	2		3

stanovení složení vrstvy korozních produktů a částic půdy, a následné oddělení korozních produktů

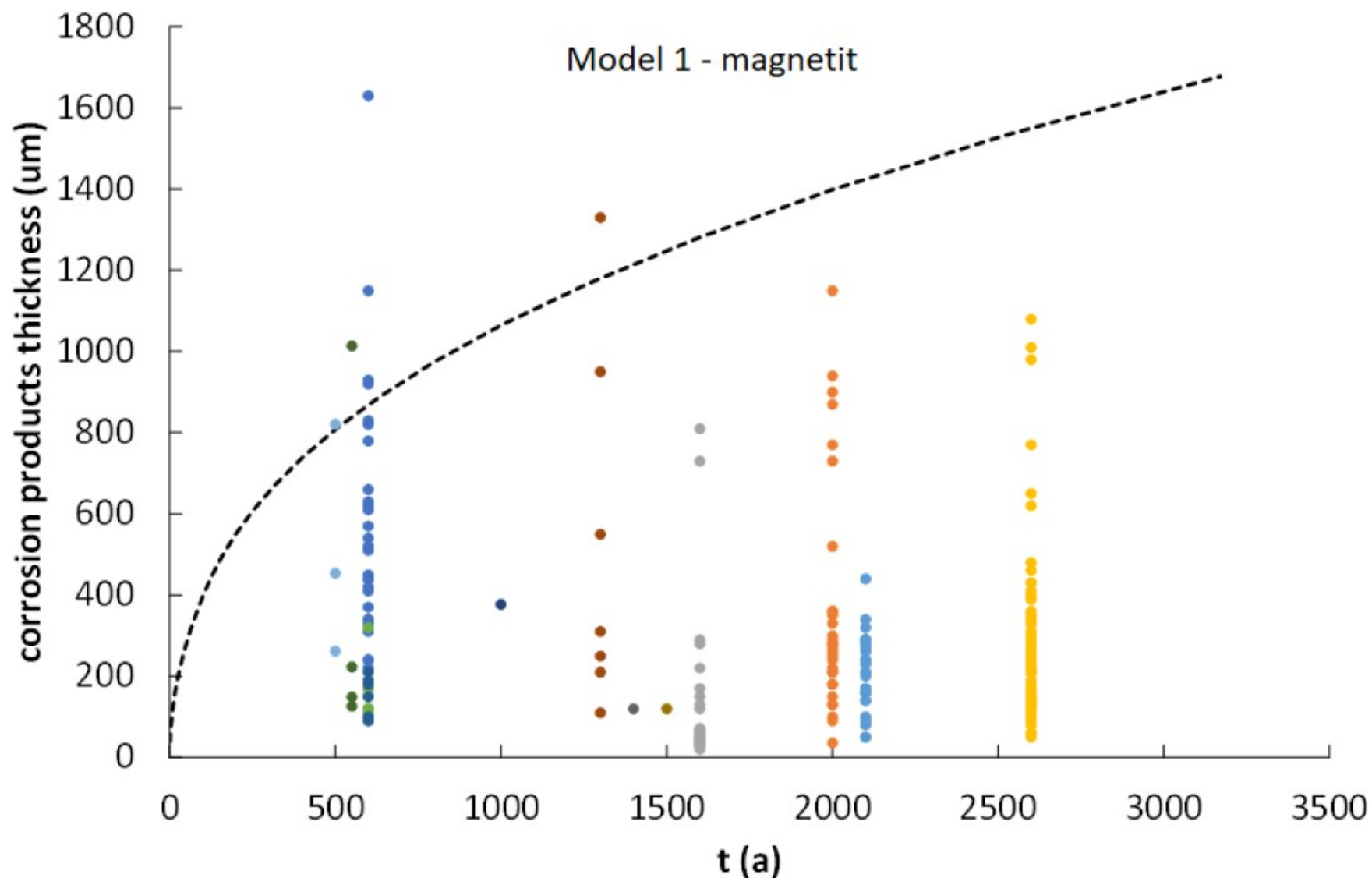
Elektronová mikroskopie a EDS prvková analýza



kontrola tloušťky korozních produktů a morfologie vrstvy

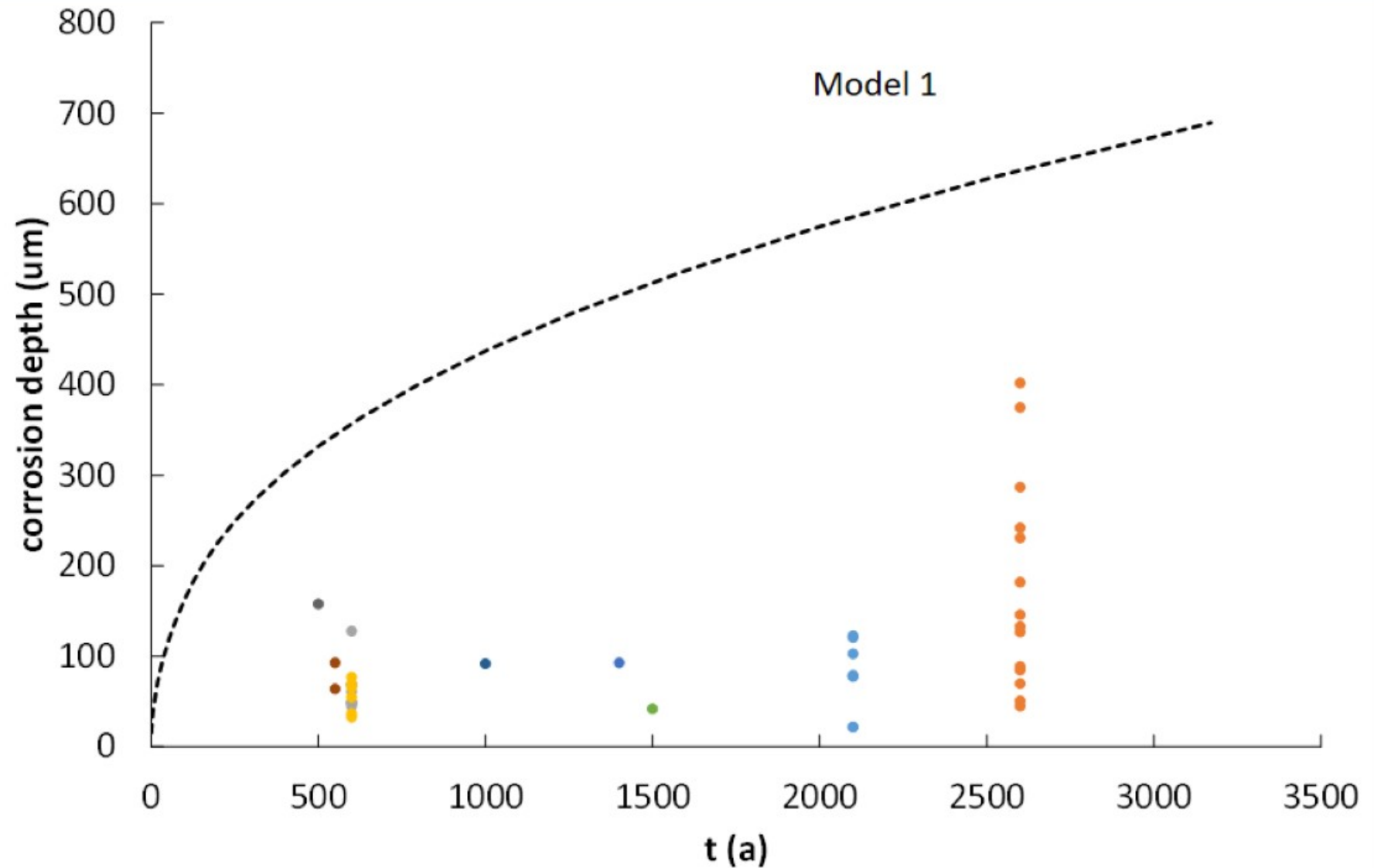
Tloušťka vrstvy korozních produktů

- hrubé porovnání tlouštěk
- některé vrstvy obsahují vyšší množství částic půdy
- hotové pro všechny artefakty
- většina bodů pod křivkou modelu i při tomto hrubém vyhodnocení



Korozní penetrace

- čistá korozní penetrace
- zatím hotové stanovení fázového složení jen pro část lokalit
- všechny body pod křivkou



Děkuji za pozornost