



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**



**TECHNOPARK
KRALUPY**



www.vscht.cz

Unikátní zařízení pro monitoring koroze

Tomáš Prošek, Kateryna Popova



VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE

- ▶ Veřejná vysoká škola
- ▶ Vzdělávání, výzkum a vývoj ve většině chemických oborů
- ▶ Druhá VŠ v ČR v mezinárodních žebříčkách (*soukromé zdroje, internacionalizace, výuka*)
- ▶ 300 českých a 20 evropských výzkumných projektů
- ▶ 1500 impaktovaných článků ročně
- ▶ 90 platných patentů
- ▶ Obrat 1,7 miliardy ročně



Zaměstnanci celkem:

990

Akad. pracovníci:

630

Studenti - bakaláři:

2 400

Studenti - magistři:

850

Studenti - doktorandi:

500

Počet budov:

3

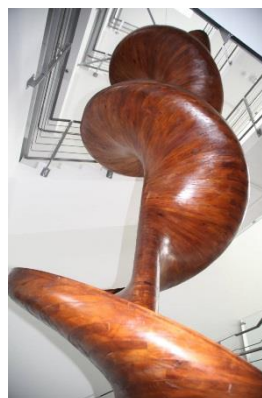
Čistá plocha:

40 000 m²

Plocha laboratoře:

20 000 m

- ▶ Součást VŠCHT zaměřená na **průmyslové aplikace**
- ▶ 30 minut vlakem od Prahy
- ▶ Služby v oboru **chemie materiálů**
 - Zkušebnictví a analytika
 - Aplikovaný vývoj a výzkum
 - Konzultační služby
 - Transfer technologií



► **Atmosférická koroze
a ochrana materiálů
v atmosférických
podmínkách**



**Urychlené korozní
zkoušky**



**Odolnost proti
stárnutí**



**Venkovní expoziční stanice
Kralupy nad Vltavou, Ostrava**

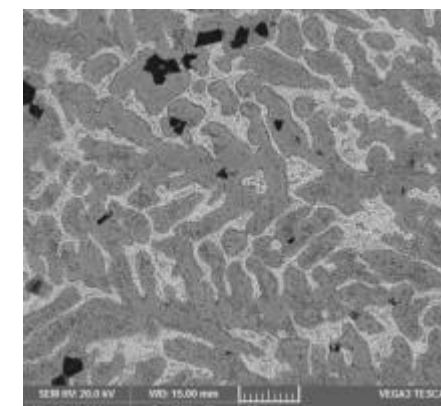
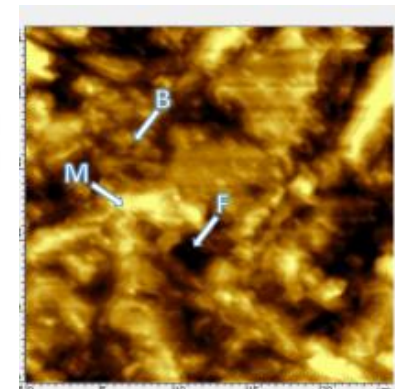
Adheze
Stabilita lepidel

**Odolnost organických
povlaků, ISO 12944**

**Korozní
monitoring**

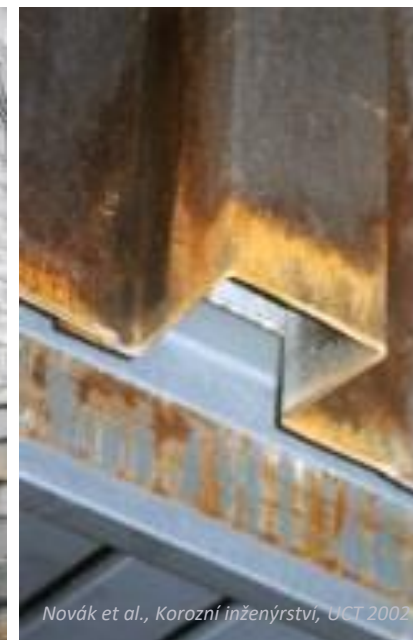
Vodík
Transport, skladování, křehnutí

Kovové povlaky
Zn a Al slitiny



- ▶ 10 evropských, národních a průmyslových projektů
- ▶ Více než 70 zakázek ročně
 - Analýzy poškození
 - Výběr materiálů
 - Vývojové služby
 - Odhad životnosti
 - Expertní posudky
 - Korozní zkoušky





Pěší lávka v Troji, Praha, 2017

Důvod: Koroze ocelových nosných lan v betonových kanálcích (špatná konstrukce nedovolila inspekce a údržbu nosných lan)

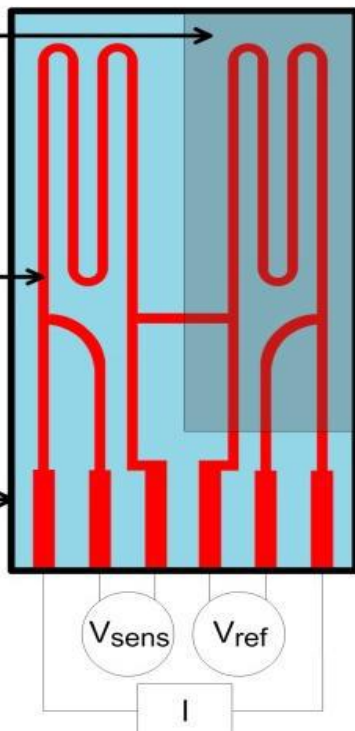


- ▶ 30–50 % ztrát způsobených korozí ($\approx 10\,000$ Kč/osoba/rok), až 1/3 lze zabránit s použitím současných znalostí
- ▶ **Korozní monitoring v reálném čase** má potenciál snížit ztráty: **možnost okamžité akce v případě zvýšení korozivity** nebo **překročení kritického úbytku materiálu**
 - ▶ Monitoring infrastruktury – mosty, budovy, ...
 - ▶ Výpočetní centra
 - ▶ Průmysl
 - ▶ Kontrola kvality ozduší při skladování uměleckých děl ve vnitřních atmosférách
 - ▶ Vývoj a výzkum – automobily, letadla, ...
- ▶ **Monitoring málo využívaný v důsledku nedostupnosti spolehlivých, citlivých a levných zařízení**

Maskovaná
referenční část

Měřicí kovová stopa

Nevodivý podklad



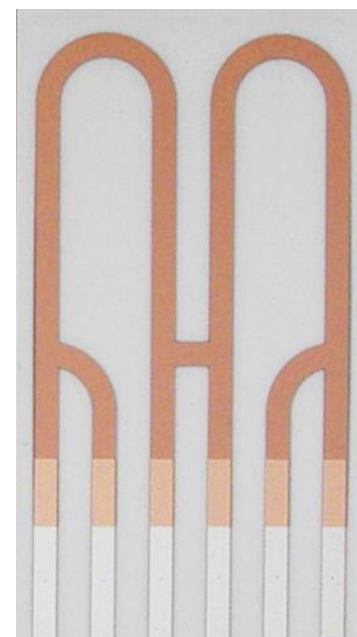
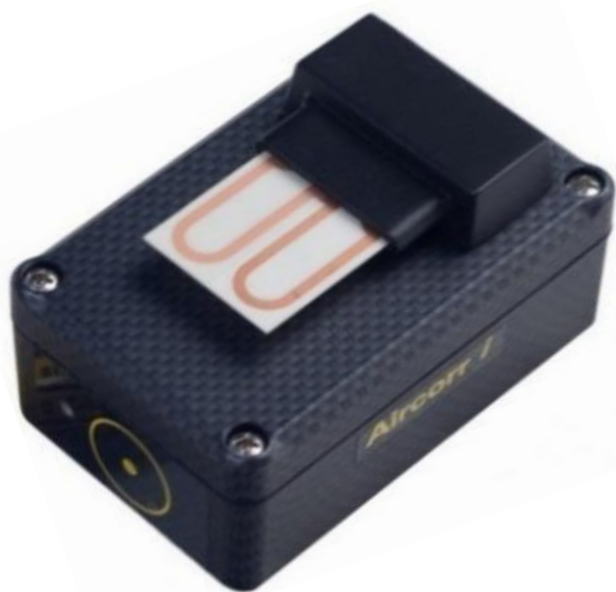
- Měření **elektrického odporu (ER)** tenké vrstvy kovu
- Měřicí část koroduje → ER roste
- Maskovaná referenční část → Kompenzace teploty

$$\Delta h = h_{ref,init} \left(\frac{R_{ref,init}}{R_{sens,init}} - \frac{R_{ref}}{R_{sens}} \right)$$

$h_{ref,init}$	Původní tloušťka referenční části
R_{sens}	Odpor měřicí části
R_{ref}	Odpor referenční části
$R_{sens,init}$	Původní odpor měřicí části
$R_{ref,init}$	Původní odpor referenční části

- + Jednoduchý princip → jednoduchá interpretace dat
- + Monitoring v reálném čase
- + Minimum interferencí
- Citlivost vůči změnám teploty

- ▶ Morálně zastaralé zařízení vyvinuté v rámci evropského projektu
- ▶ Know-how v oblasti výroby senzorů a znalost potřeb oboru

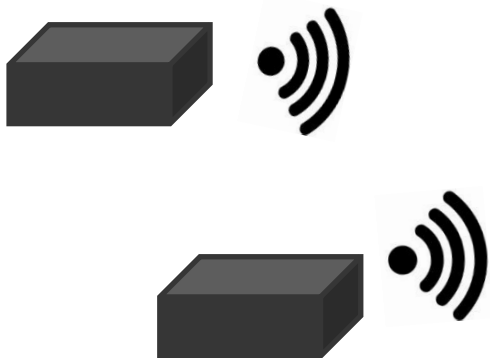
 **2009–2012**
usecorr

► **Vývoj výrazně inovovaného produktu s širší aplikovatelností**

- **Senzory s paralelními čidly** s vyšší citlivostí a z více materiálů
- Integrace měření **teploty** a **relativní vlhkosti** pro lepší interpretaci výsledků
- **Bezdrátová komunikace**
- **Možnost monitoringu v těžko dostupných místech**
- **Pokročilé zpracování dat**
- **Uživatelsky přátelská online aplikace** pro nastavování měření, stahování a prezentaci dat, umožňující integraci do firemních informačních systémů
- Prodloužení životnosti baterie, možnost výměny uživatelem
- Atraktivnější design

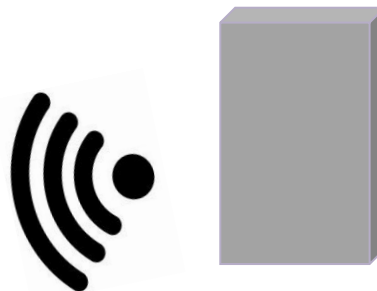
- ▶ Obtížné shánění partnera se zkušenostmi s výrobou elektroniky
 - ▶ Stávající francouzský výrobce neměl zájem o další investice do vývoje
 - ▶ Jednání s dvěma českými společnostmi selhalo
 - ▶ Žádost o pomoc  **STŘEDOČESKÉ INOVAČNÍ CENTRUM**
 - ▶ Zprostředkování jednání s firmou  se sídlem v Unhošti
 - ▶ *Výroba cenových ukazatelů a vizualizačních prvků, zkušenost s vývojem*
 - ▶ Rychlé a hladké jednání, příprava projektu  v programu TAČR Trend
 - ▶ Od ledna 2020 projekt probíhá

	Korozní senzory <i>VŠCHT + TTS</i>	Měřicí zařízení <i>Gema</i>	Software <i>Gema, VŠCHT</i>	Laboratorní zkoušky <i>VŠCHT</i>	Zákazníci <i>Gema, VŠCHT</i>
Etapa 1	Uspořádání a měřicí princip	Volba a optimalizace bezdrátového přenosu dat	Návrh konceptu softwarového řešení	Podklady pro výběr designu senzoru	Dotazníková akce, sběr informací
Etapa 2	Vývoj Cu, Ag, Pb, Fe, Zn a dalších senzorů v několika tloušťkách	Vývoj prototypu 1. verze zařízení	Vývoj softwaru a systému sběru a zpracování dat	Zpětná vazba pro vývoj senzorů – citlivost a další parametry	Výběr zákazníků pro spolupráci na provozních zkouškách
Etapa 3	Zavedení sériové výroby	Doladění prototypu 1. verze a vývoj 2. verze	Pokračování vývoje, zapracování zpětné vazby	Systematické stanovení vlastností senzorů a zařízení	Zkoušky v provozních podmínkách
Etapa 4	Případné finální úpravy	Zavedení sériové výroby zařízení	Dokončení vývoje softwaru	Doplňkové podklady pro prezentaci	Propagace, distribuční síť, informace, publikace



Měřicí zařízení

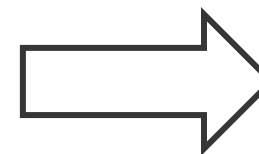
Bezdrátové posílání dat na koncentrátor, pokud se logger nachází v dostatečné blízkosti; ukládání dat do vnitřní paměti mimo dosah bezdrátového připojení



Koncentrátor

Permanentně připojený k Ethernetu a napájený ze sítě

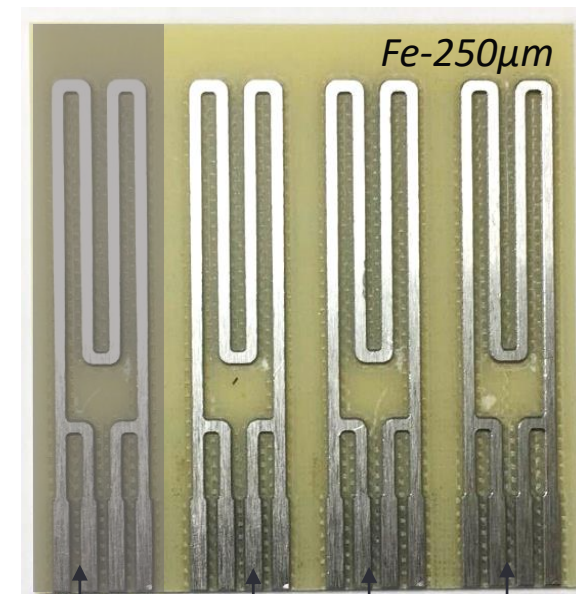
Bezdrátová komunikace s měřicími zařízeními a posílání naměřených dat na server



Cloudový server

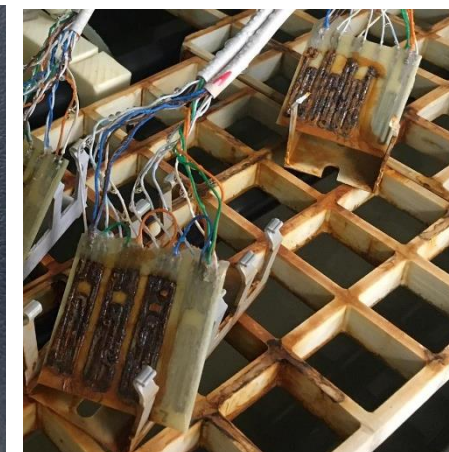
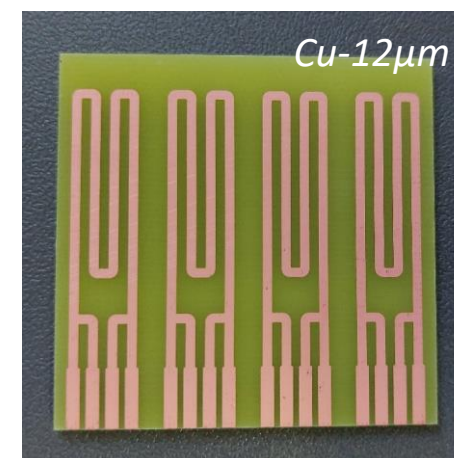
Ukládání, zpracování a prezentace dat

- ✓ Nový design s dlouhou úzká měřicí stopou → **nízký šum**
- ✓ 3 měřicí + 1 referenční část → **statistické zpracování výsledků, detekce lokálního korozního napadení**
- ✓ Propojení měřicích částí v konektoru – **kvalitnější maskování referenční části**
- **Vyvinuty ocelové, Zn, Cu, Al, Mg, Ag, Pb a slitinové senzory s tloušťkou vrstev od 50 nm do 250 μm (citlivost a životnost)**
- Senzor na pružné fólii pro měření v nepřístupných prostorech
- V komorách ověřena citlivost a spolehlivost



Referenční část

Měřicí části



- ✓ Vývoj měřící elektroniky dokončen
- ✓ Měření elektrického odporu s přesností 0,01 mΩ
- ✓ Měření teploty s přesností 0,01 °C

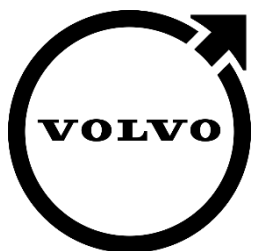
Probíhající kroky

- Integrace senzoru pro měření relativní vlhkosti
- Vývoj koncentrátoru dat
- Dokončení online aplikace pro ovládání přístroje a zpracování dat
- Zpracování a filtrování dat



Rozměry
100×100×40 mm

- Po dokončení vývoje hardware a software bude zahájeno **testování prototypu u potenciálních zákazníků**



Ministry of Defence



ŘEDITELSTVÍ
SILNIC A DÁLNIC ČR



- Rok 2023: finální úpravy na základě zkoušek u zákazníků a marketing