
Sampling robot for primary circuit pipelines of decommissioned nuclear facilities

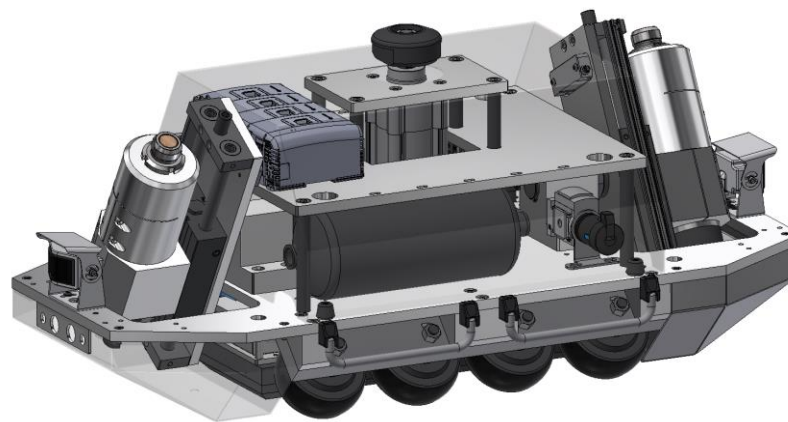
Ondřej Matúšek
Martin Kašpar
Martin Strejc

26. 6. 2019



Introduction

- Nuclear energy facility decommission requires objective evaluation of decontamination process efficiency;
- based on an analysis of samples taken from a pipeline surface of nuclear reactor primary circuit;
- sampling realized after the decontamination liquid drain off by automatic service robot.



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE

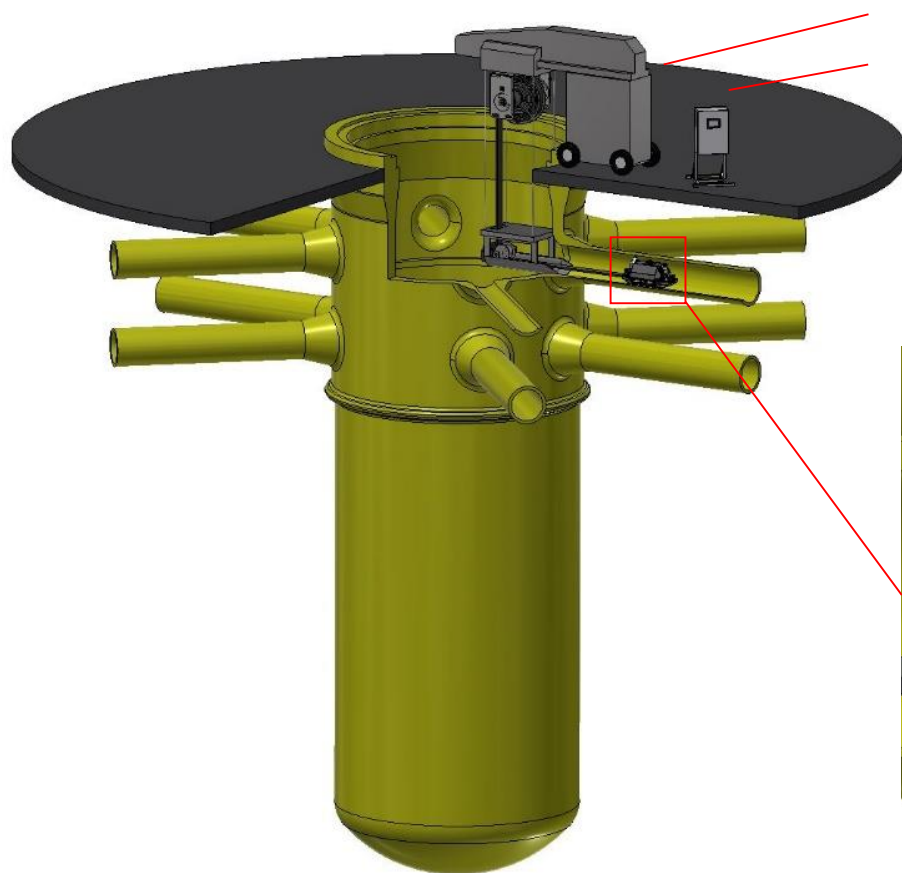


ÚJV



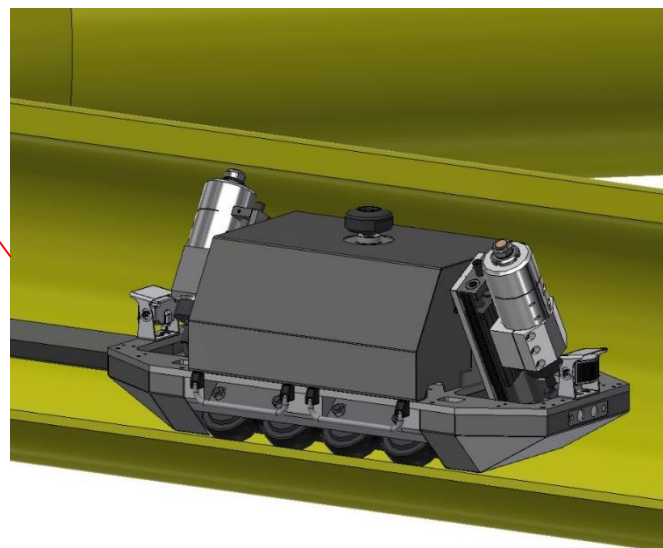
Decomoler

DECOmmissioning MOLE Robot



Auxiliary manipulation device
Control system of an inspection robot

Detail of an inspection robot



VVER-440: pipe inner diameter 500 mm



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



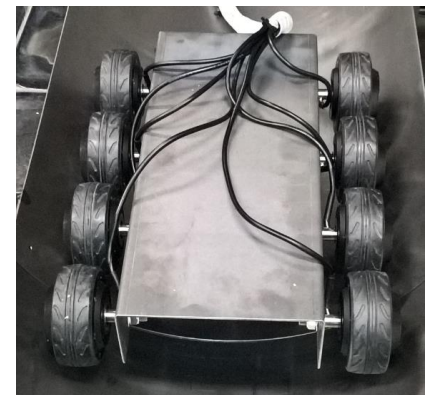
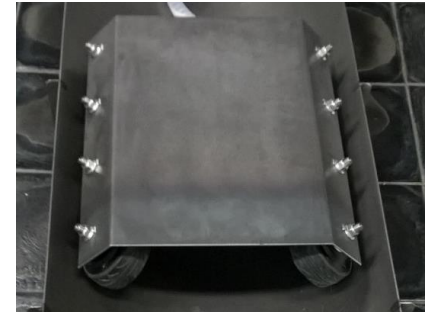
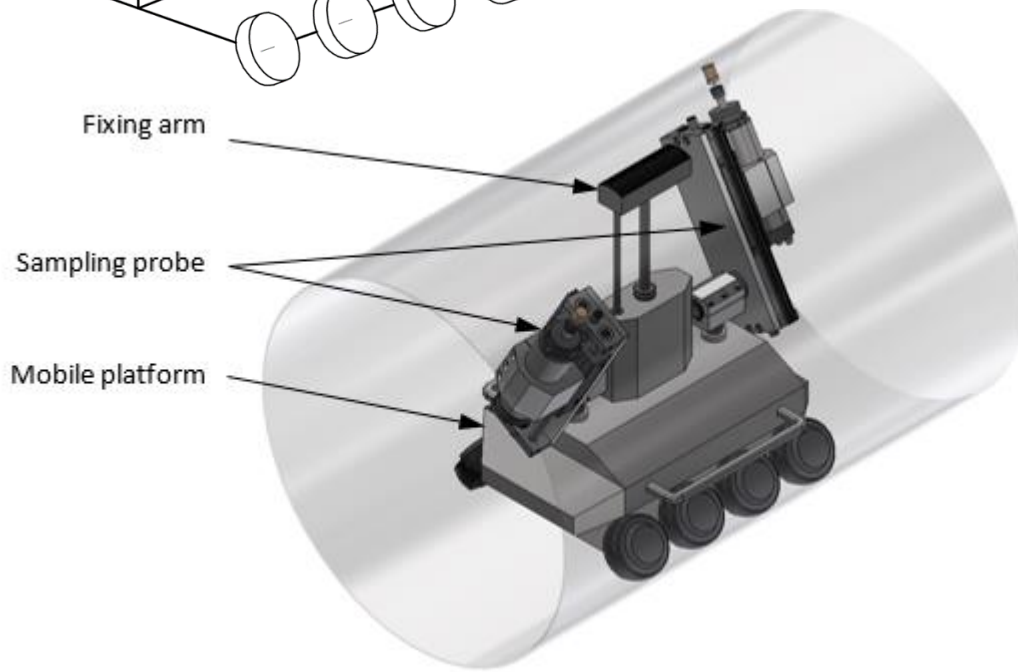
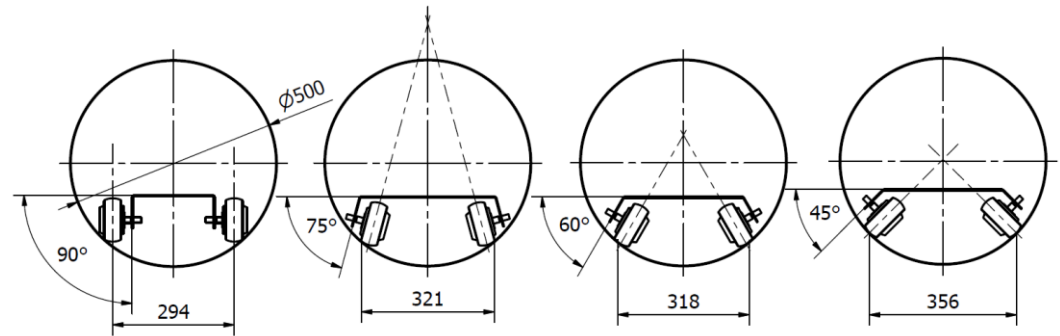
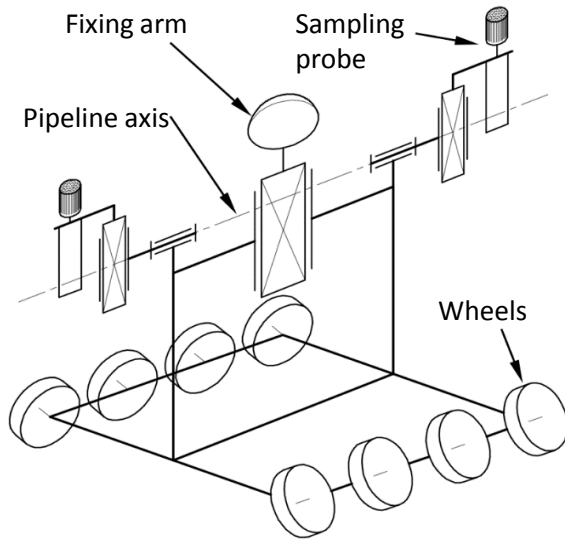
centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE



ÚJV



Concept of an inspection robot





Platform 90° - persist in inclined position



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace

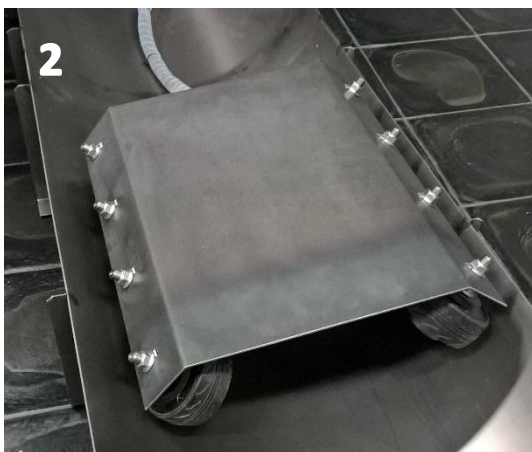


PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Platform 45° - self-centring



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE



Tools



14 brush types



50 optimal
brushes



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

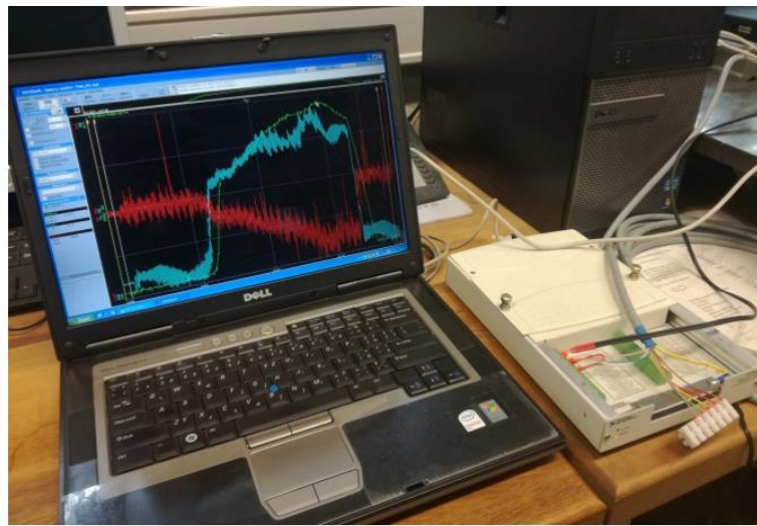
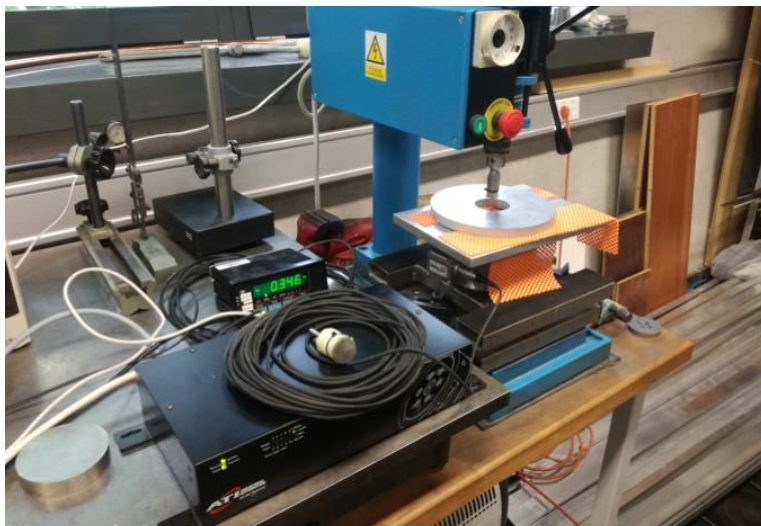


centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Verification of sampling probe



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

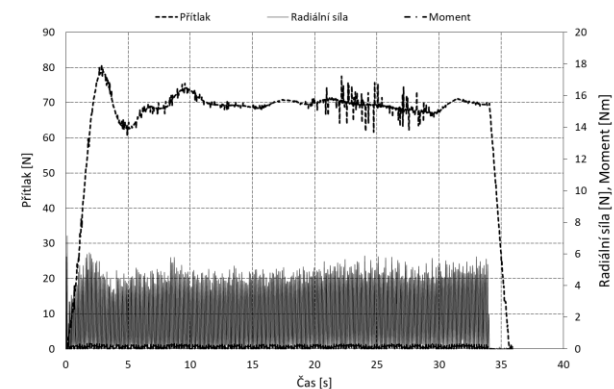


centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Verification of sampling probe



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



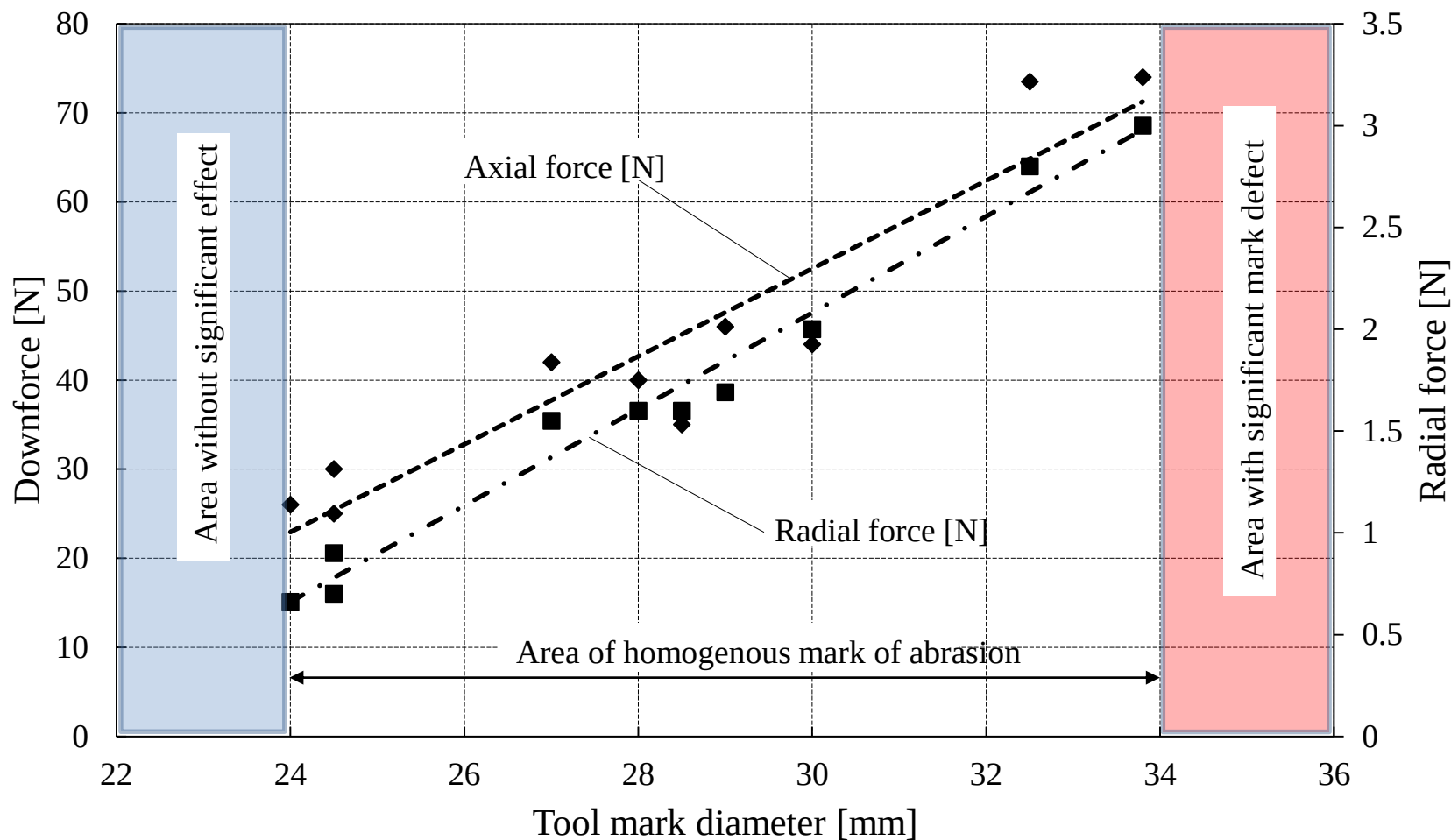
centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Tests of a sampling tool

◆ Experimental points of axial force [N]



EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

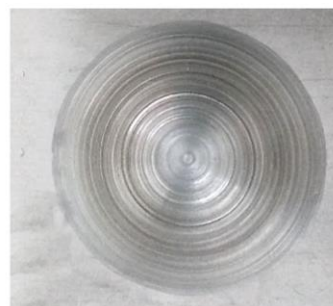
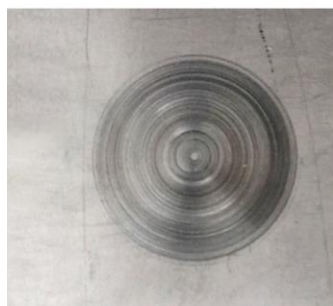
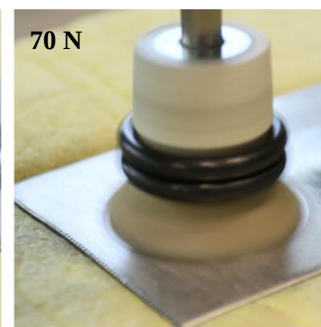
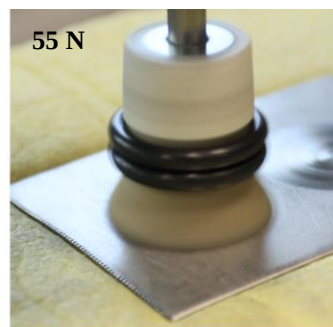
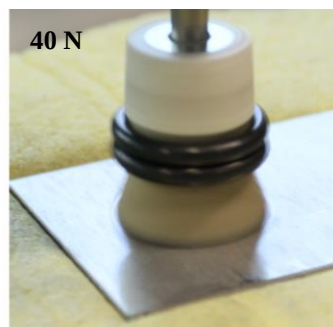
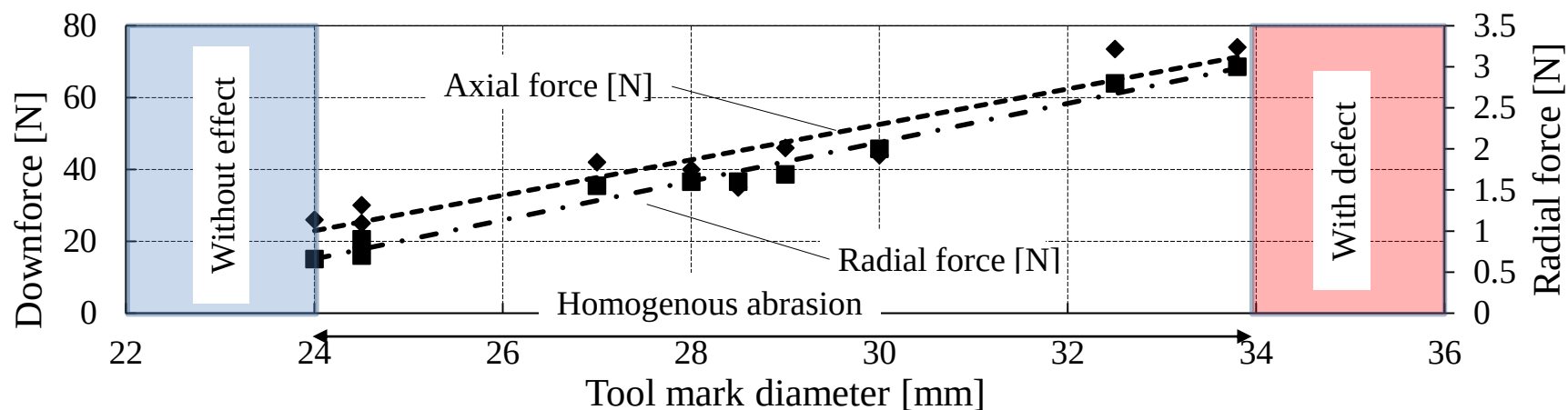


centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Tests of a sampling tool



EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

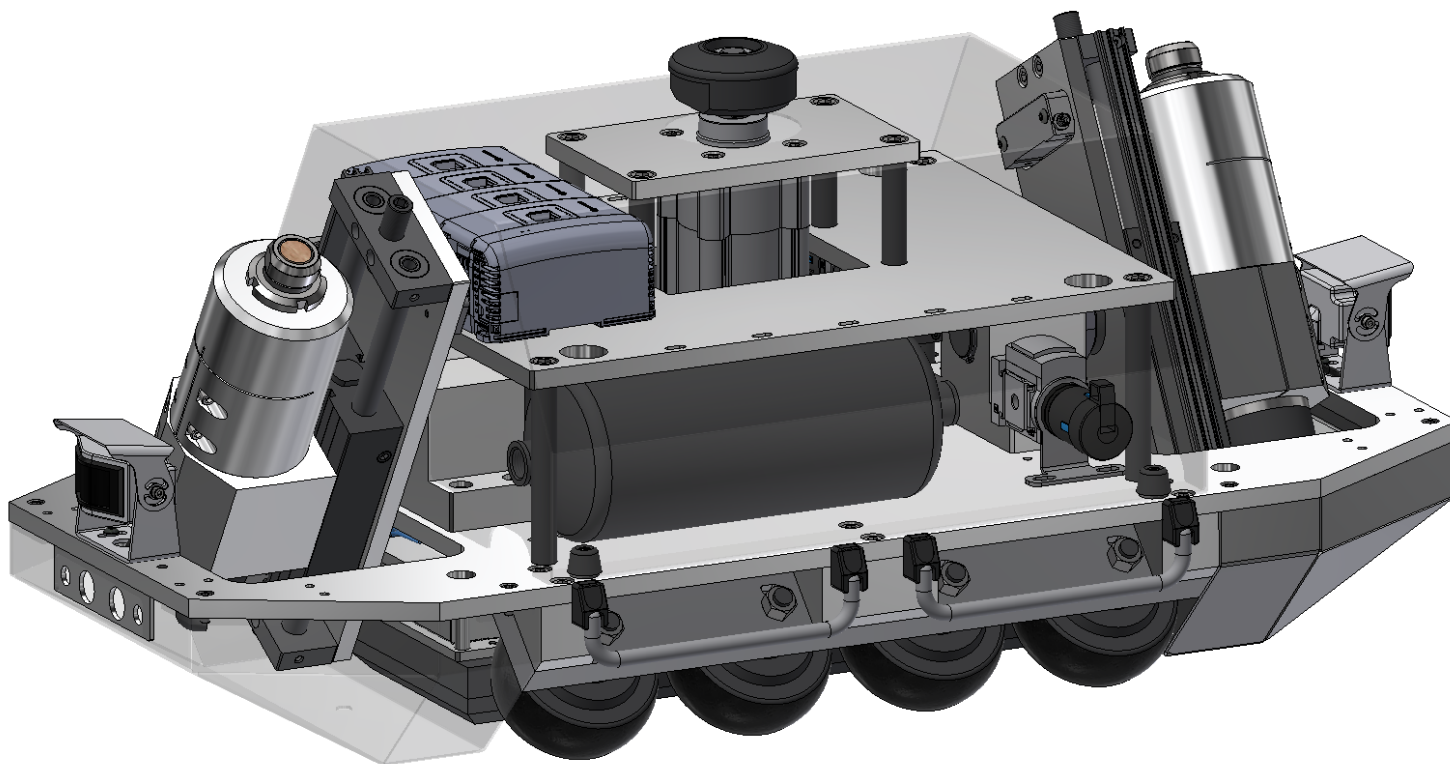


centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Design of the inspection robot



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



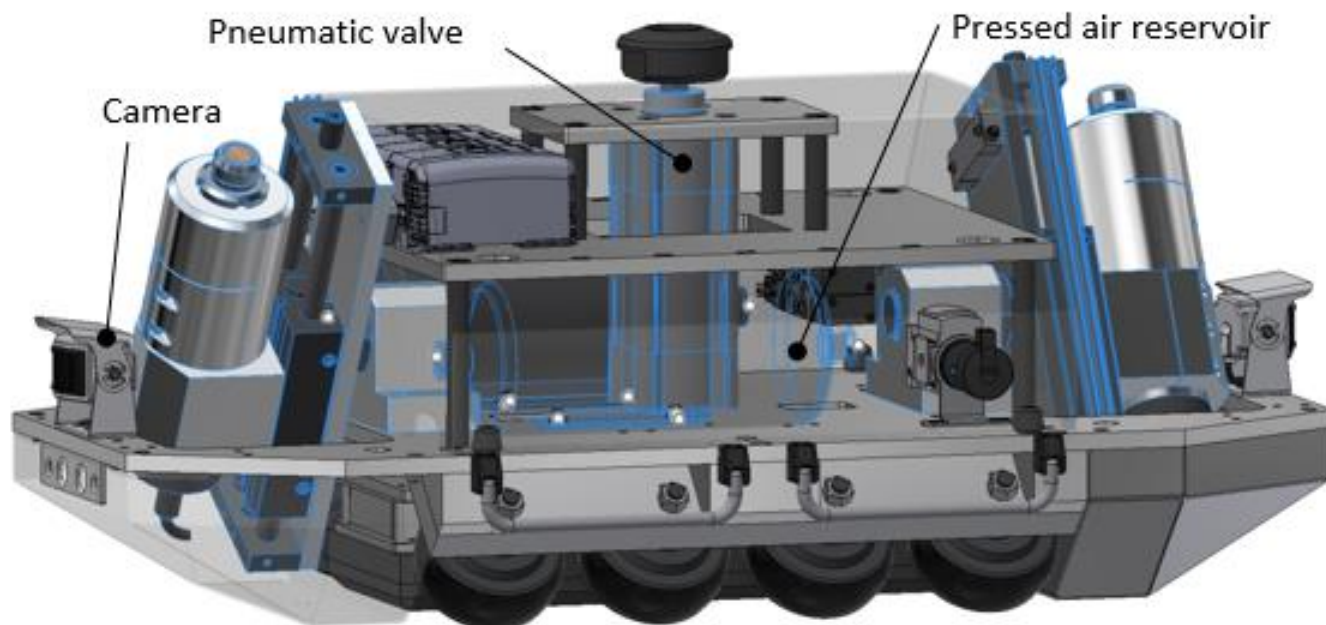
centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE



ÚJV



Design of the inspection robot



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



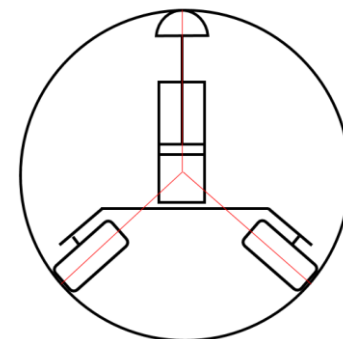
centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE



ÚJV



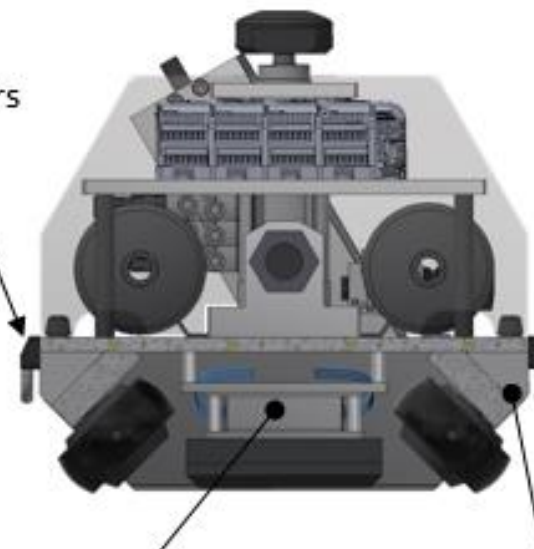
Design of the inspection robot



Plate

Additional load

Holders



Sandwich block

Wheel segment



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

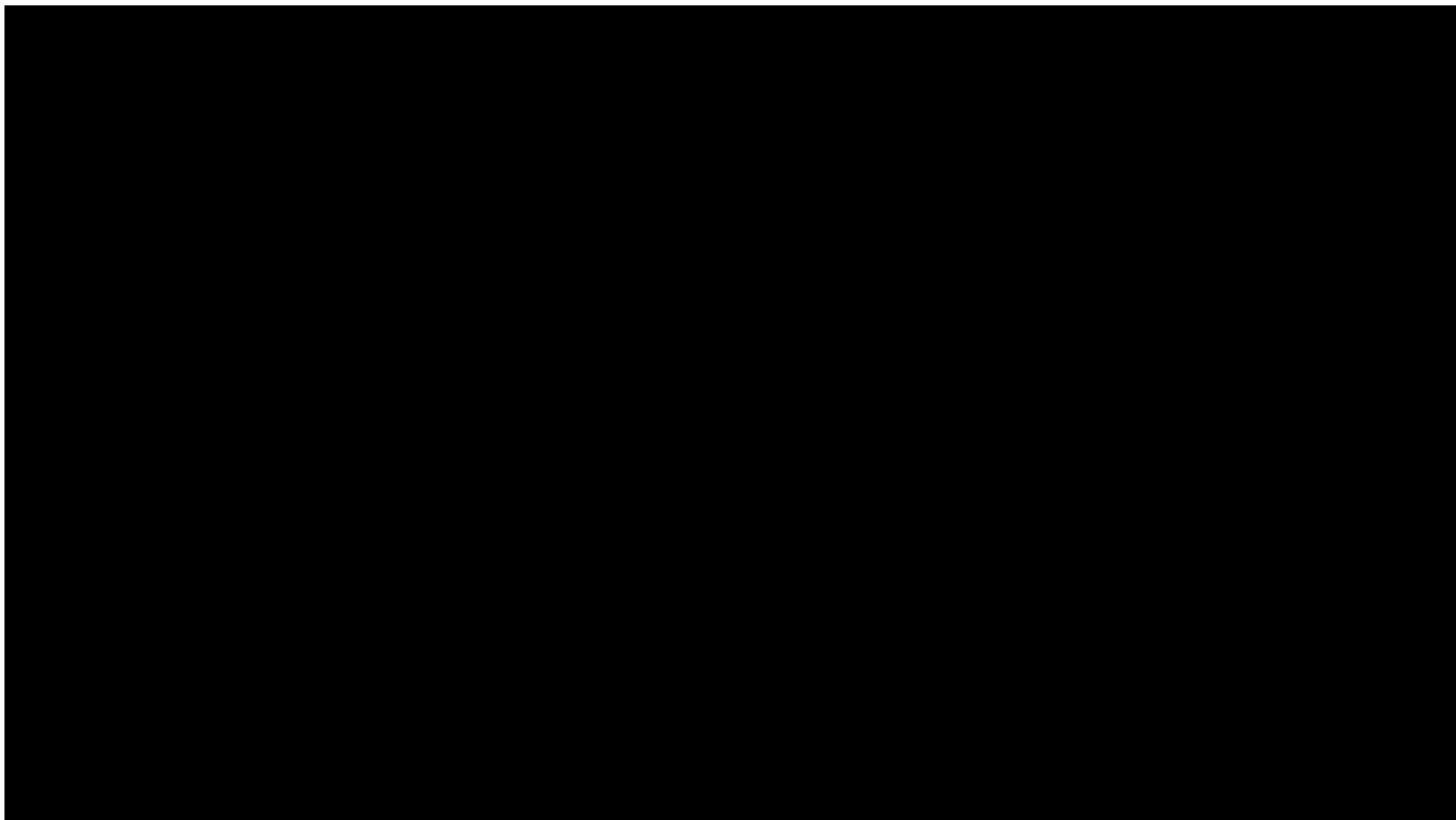


centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Decomoler in action



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace

 **centrum**
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Corrosion layer

- Real corrosion layer – characterization
- Model corrosion layer – preparation



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace

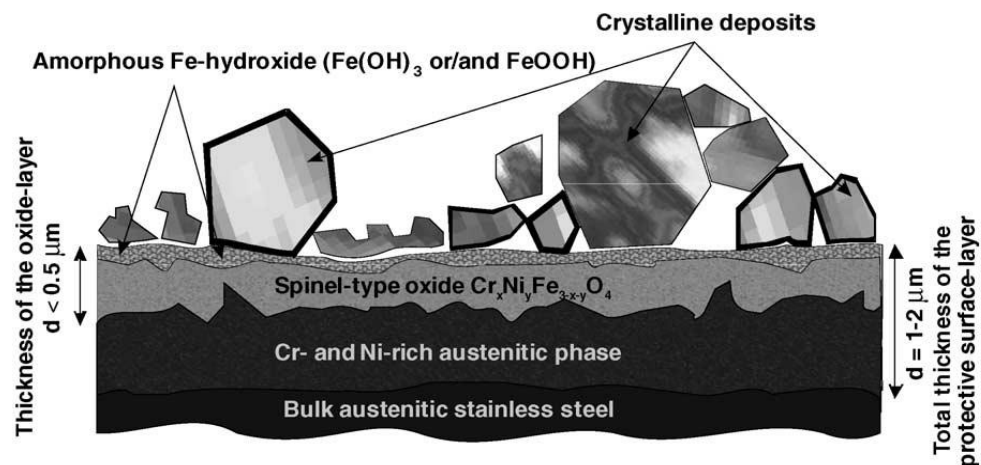


PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE

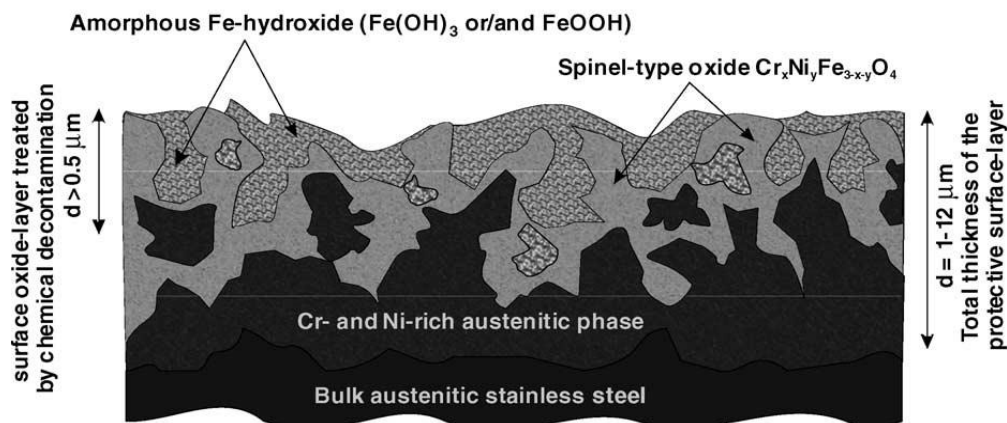




Real corrosion layer



Corrosion layer before decontamination



Corrosion layer after decontamination

Homonnay, Z.; Kuzmann, E.; Varga, K.; Németh, Z.; Szabó, A.; Radó, K.; Makó, K. É.; Kövér, L.; Cserny, I.; Varga, D.; Tóth, J.; Schunk, J.; Tilky, P.; Patek, G., Comprehensive investigation of the corrosion state of the heat exchanger tubes of steam generators. Part II. Chemical composition and structure of tube surfaces. *Journal of Nuclear Materials* **2006**, 348 (1), 191-204.



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Věda a vývoj
pro inovace



centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE





Contents

- Literature spinel forms
 - $(\text{NiFeCr})_3\text{O}_4$
 - NiFe_2O_4
 - FeCr_2O_4
 - Fe_3O_4
 - $(\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_{0.4}\text{Cr}_{0.4})_3\text{O}_4$
 - $(\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{0.5}\text{Cr}_{0.4})_3\text{O}_4$
 - $(\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{0.45}\text{Cr}_{0.45})_3\text{O}_4$
- Prepared spinel form
 - NiFeCrO_4



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE



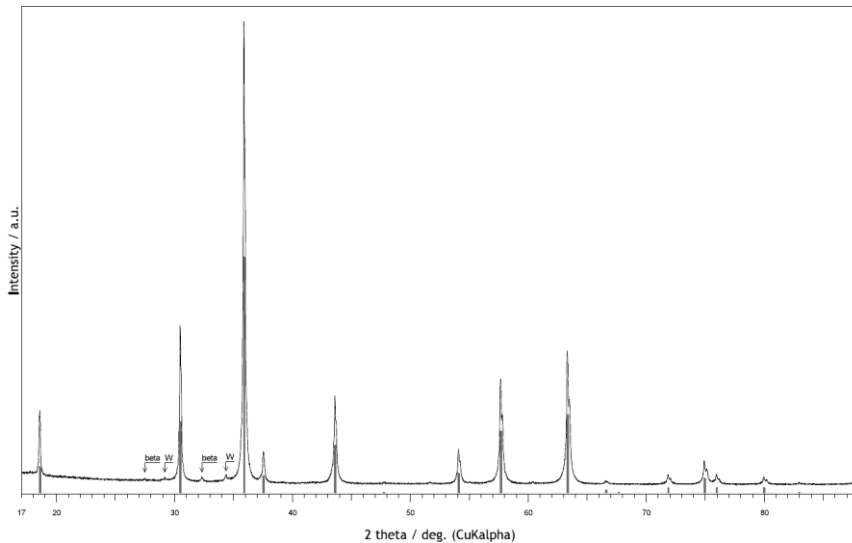


Model corrosion layer

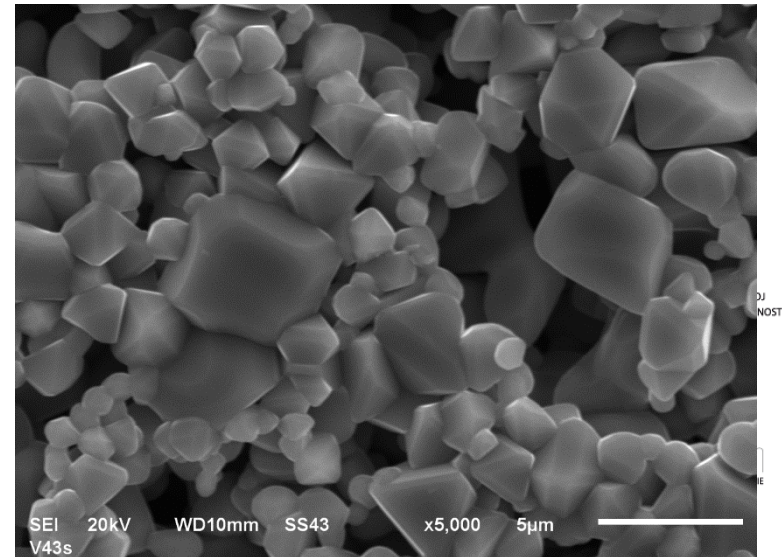
- NiFeCrO_4
 - XRD
 - SEM EDAX

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O	50.85	1.5823	25.08	0.12	53.68
Cr	32.43	0.9975	25.37	0.09	16.71
Fe	27.91	0.9305	23.40	0.10	14.35
Ni	29.90	0.8919	26.16	0.11	15.26
Totals			100.00		

EDAX - elements analysis



X-ray diffractogram



SEM - surface of sample 43 (V43s)



Summary

- Concept of the inspection robot mobile platform
- Sampling method verification
- Current status
 - NiFeCrO_4
- Future goals
 - Sophisticated composition
 - $(\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{0.45}\text{Cr}_{0.45})_3\text{O}_4$
 - Complete corrosion layer
 - Steel X6CrNiTi18-10 (AISI 321) - primal circuit material
 - $(\text{Ni}_x\text{Fe}_{y-x}\text{Cr}_z)_3\text{O}_4$
 - $\text{Fe}(\text{OH})_3$
 - FeOOH

This work was supported by Operational Program Business and Innovation for Competitiveness financed by the Ministry of Industry and Trade, Czech Republic, project Knowledge Basis for Decommission of Nuclear Energy Facility, (reg. no.: CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_019/0004507)



EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI





Summary

Thank you for your attention



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ FOND
PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



centrum
PRO NANOMATERIÁLY,
POKROČILÉ TECHNOLOGIE
A INOVACE

