

Detekce erozně korozního poškození parovodů (FAC) metodou akustické emise

Autoři:

Václav Koula

ZD Rpety – DAKEL
Ohrobecká 408, 142 00 Praha 4
e-mail: info@dakel.cz

Martin Dráb

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT
Břehová 7, 115 19 Praha 1

Michal Havavka

Slovenské elektrárne, a.s.
Atómové elektrárne Bohunice, 919 31 Jaslovské Bohunice

Úvodní poznámky

- Po roce 2000 došlo k řadě poruch sekundárních potrubních systémů v JE v celém světě
- Nejvážnější porucha: rok 2004 - JE Mihama, Japonsko
- Vznik a rozvoj nových oborů: FAC Management, Wall Thinning Management
- FAC - Flow Accelerated Corrosion:
 - Koroze urychlená prouděním
 - Eroze vodními kapkami
 - Kavitace

Současné metody: měření tloušťek stěn kritických uzlů potrubních systémů při odstávkách bloku
výpočetní postupy, např. BRT – CICERO v EDF,
KOROZION&EROZION firmy MOVYM v SE,a.s.
diagnostické metody ???

- ❑ Otázka: je možné pro diagnostiku procesu FAC využit metodu AE?
- ❑ Úloha RVT č. 4600003655 „Vývoj a implementácia systému detekcie procesu poškodzovania potrubí posobením prúdiaceho média v podmienkach prevádzky elektrárne EBO V2“

Akustická emise (AE)

❑ Diagnostická metoda

❑ Princip:

- ❑ Detekce napět'ových vln, vyvolaných tepelnými nebo mechanickými poškozeními materiálu

- ❑ Pasivní metoda

- ❑ Detekce v ultrazvukovém pásmu

❑ Jiné zdroje signálu

- ❑ Turbulence generované únikem stlačeného média

- ❑ Jiné hluky

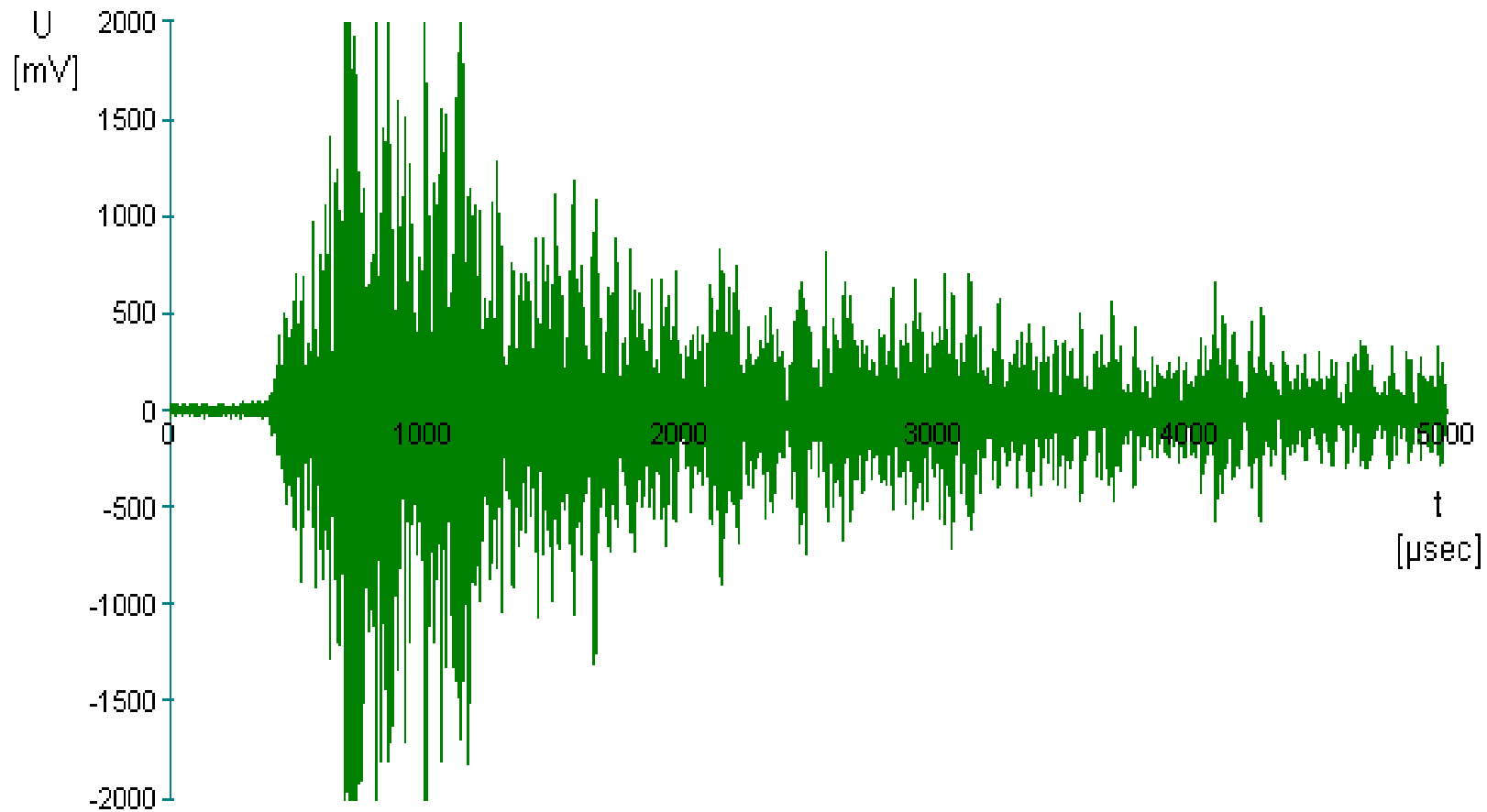
❑ Typy akustické emise

- ❑ Nespojité (Burst acoustic emission)

- ❑ Spojité (Continual acoustic emission)

Nespojitá akustická emise

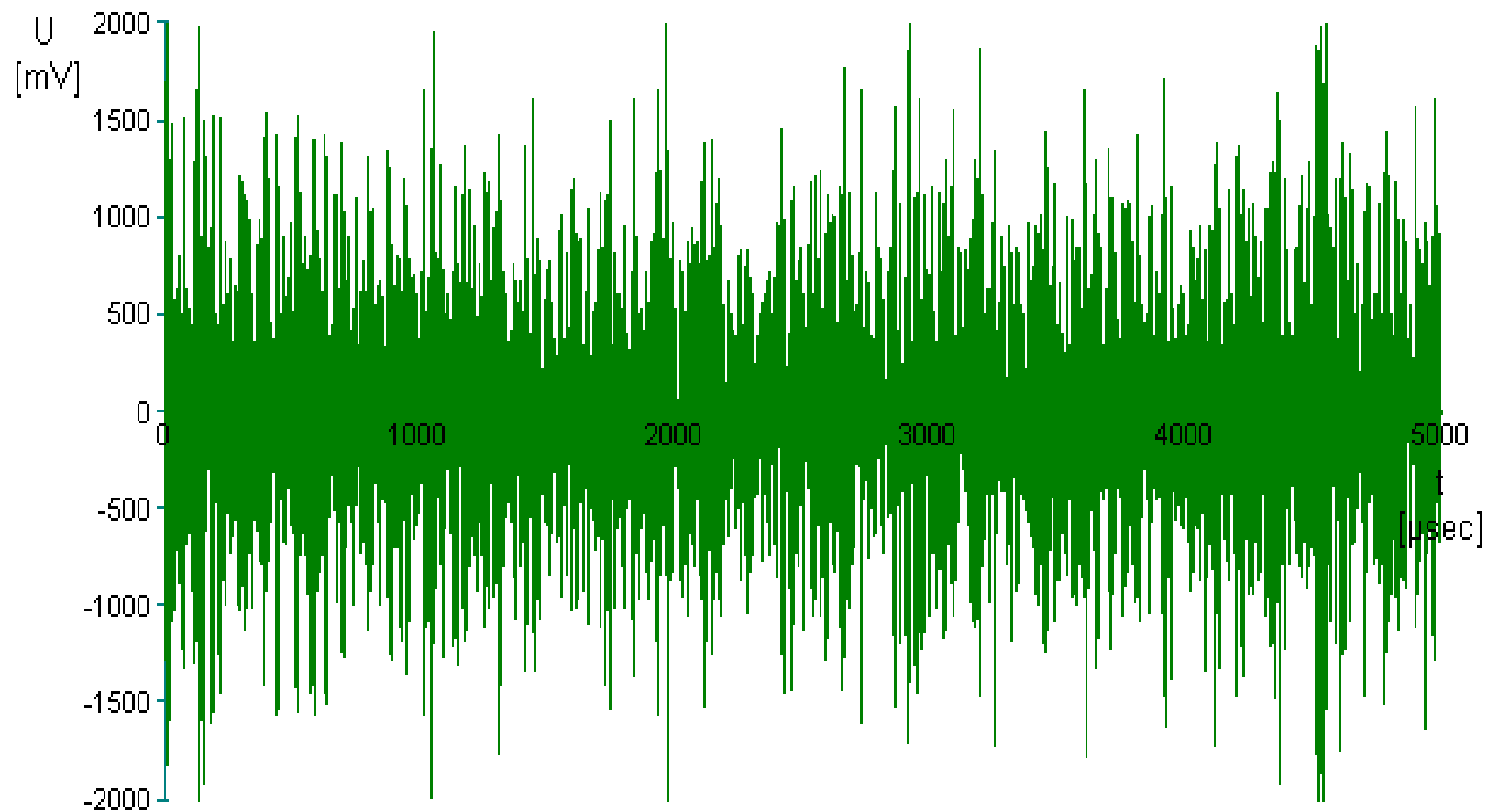
- ❑ Krátké neperiodické signály AE
- ❑ Jsou generovány vznikem nebo rozvojem materiálových vad



Spojitá akustická emise

□ Kontinuální šum

□ Je generovaný únikem stlačeného média, také procesem FAC





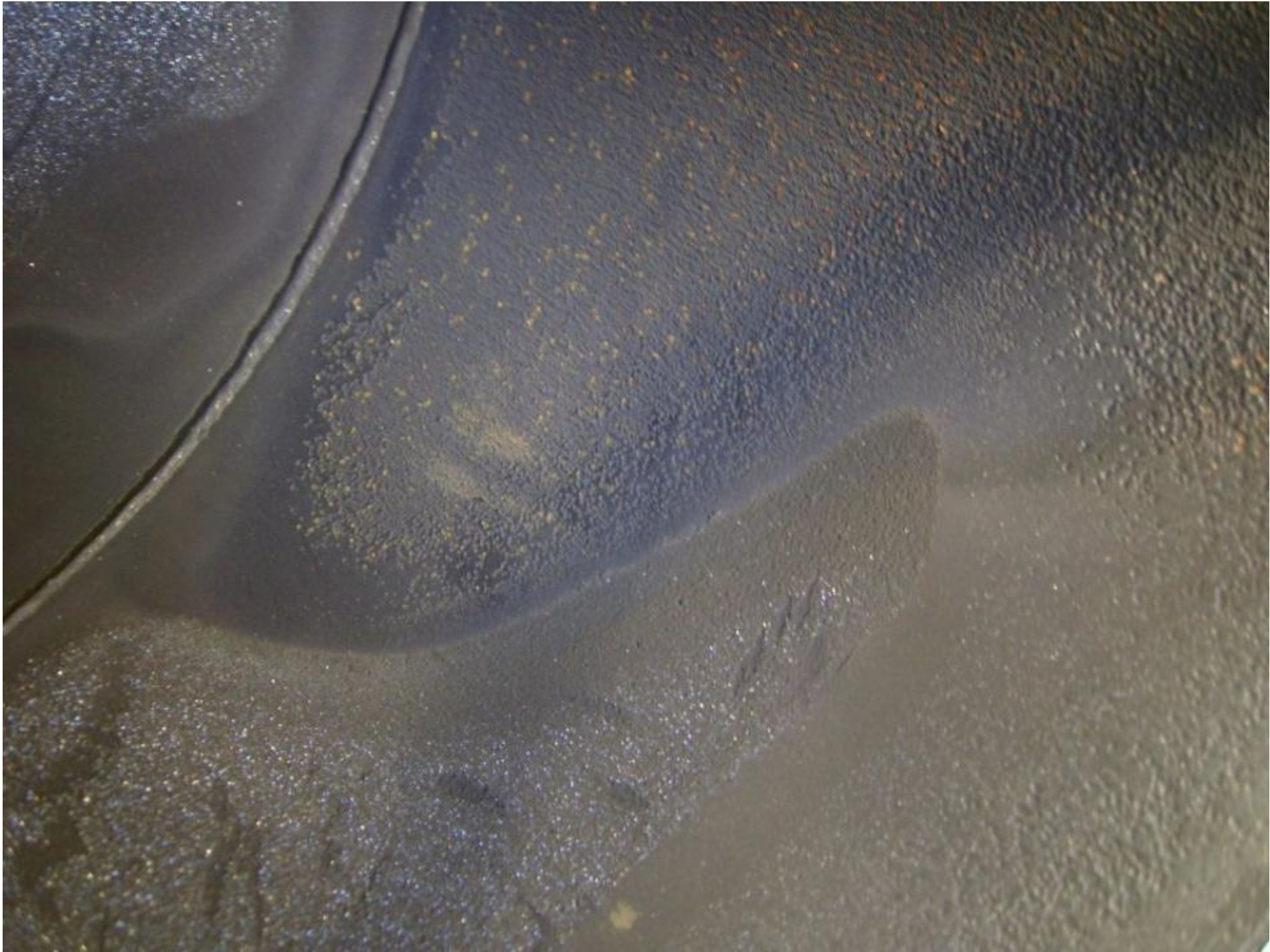
Koleno parovodu
(průměr 426 mm)



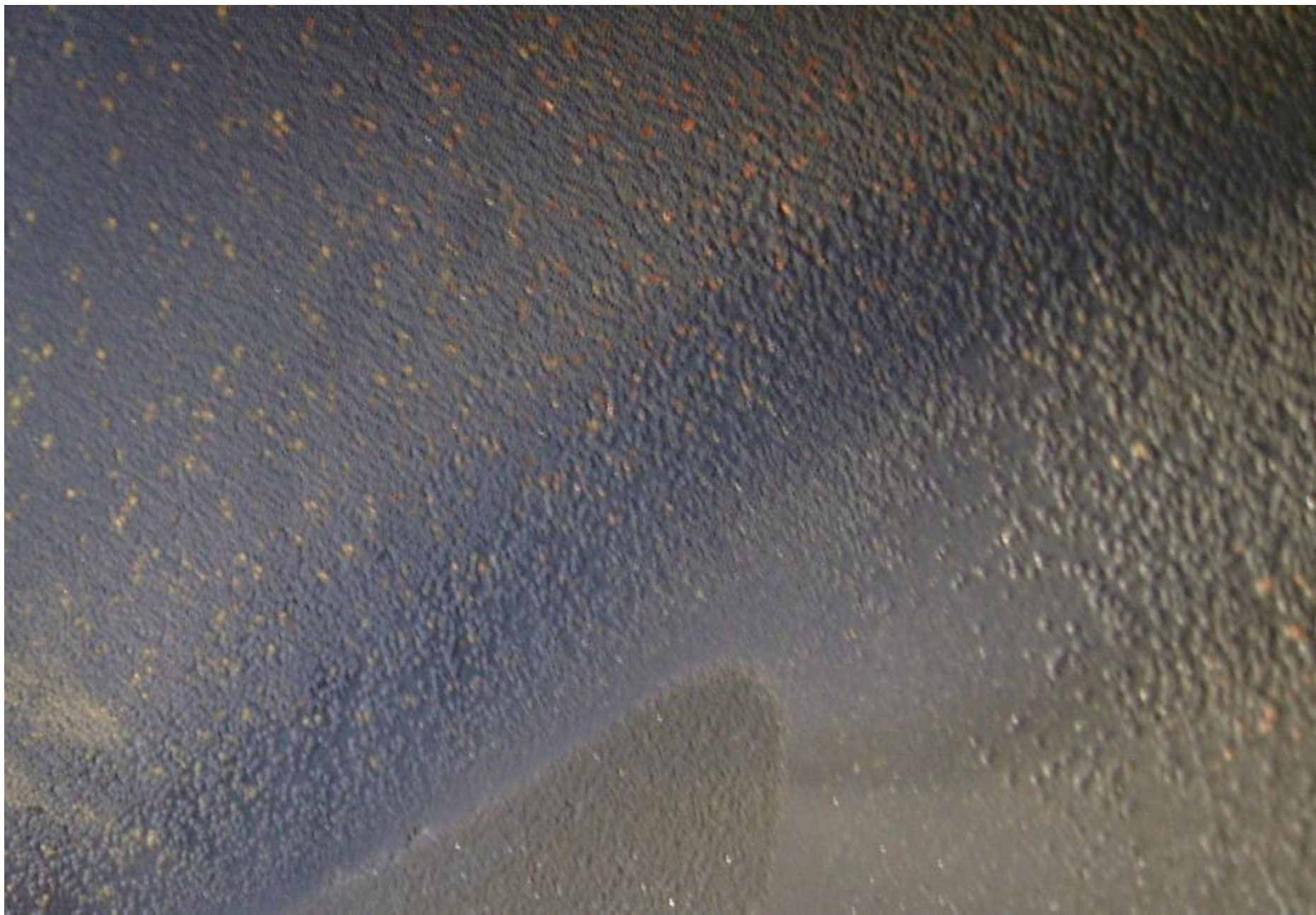
Detail umístění
snímače AE



Poškozené koleno parovodu







Segmentové koleno na 6. odběru TG32 EBO

průměr 426 mm, síla stěny 8mm

materiál ČSN 11416.1

tlak 1,059 MPa

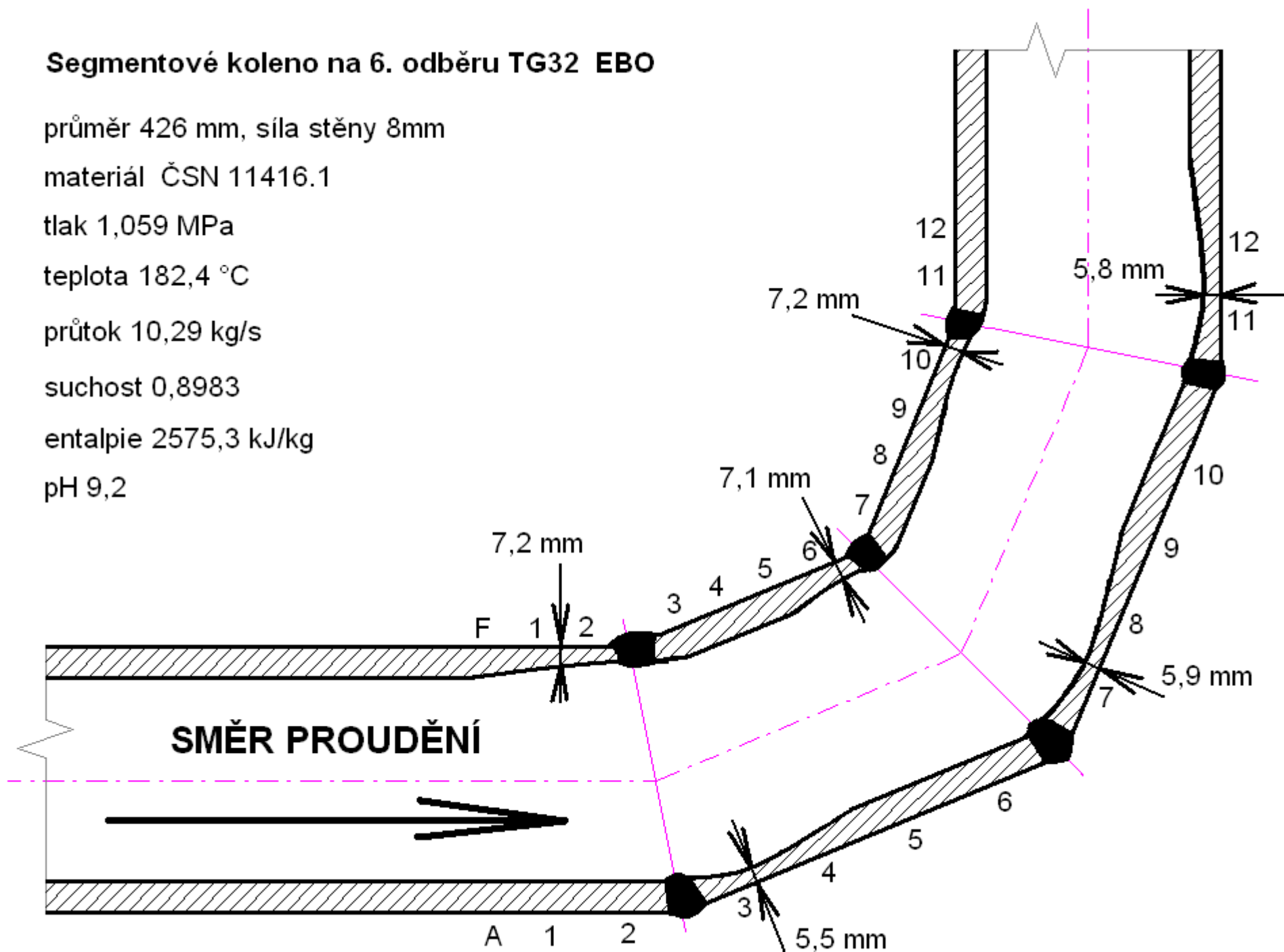
teplota 182,4 °C

průtok 10,29 kg/s

suchost 0,8983

entalpie 2575,3 kJ/kg

pH 9,2



Detekce FAC pomocí akustické emise – 1. etapa

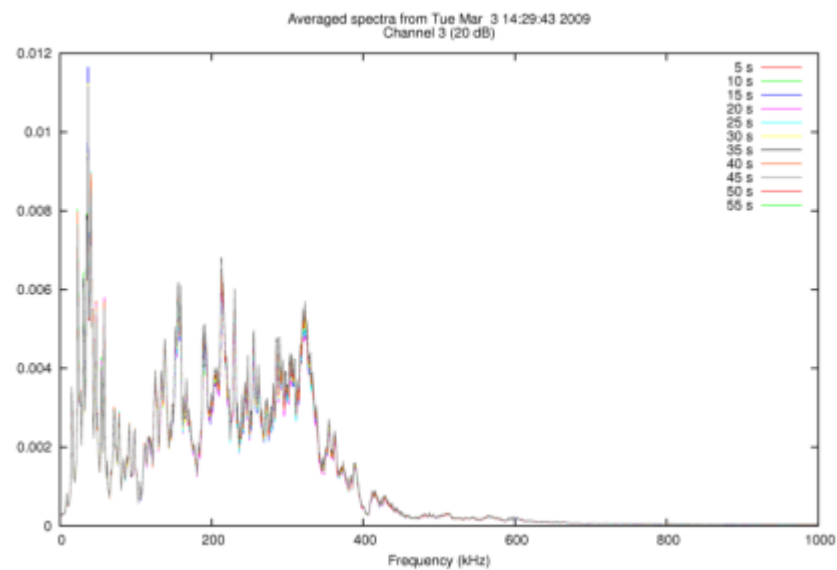
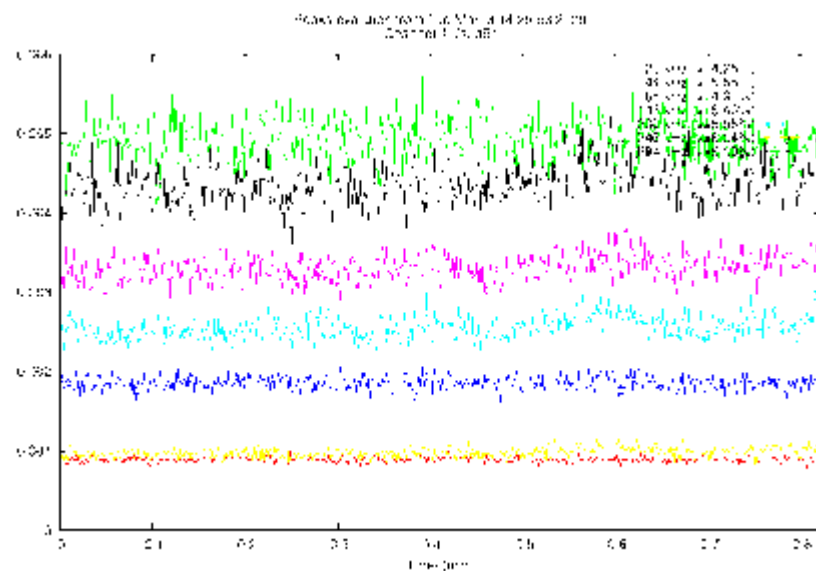
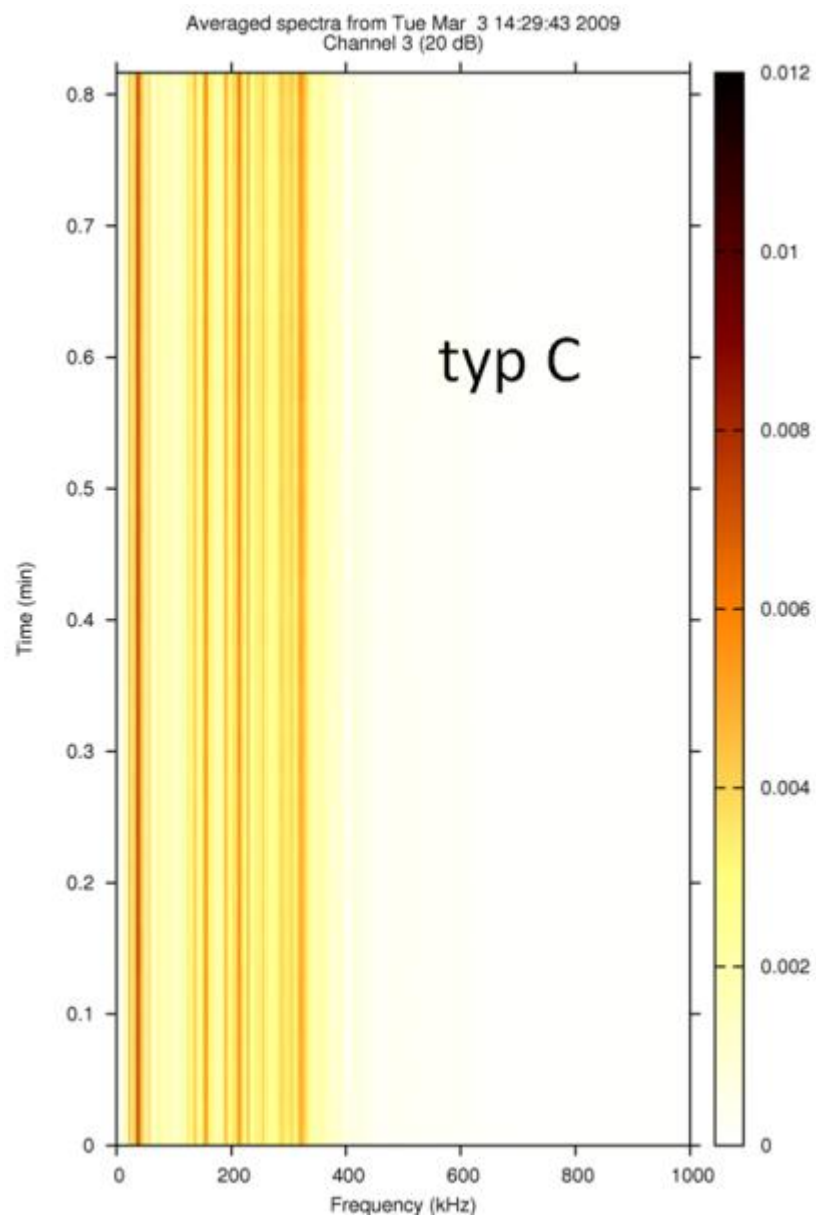
- ❑ Dva identické parovody ($\varnothing 172 \times 8$ mm, 0.7 MPa, 195 °C)
- ❑ Jeden s detekovaným zeslabením stěny o 30%, velikosti 50 x 200 mm za kolenem ve směru proudění páry
- ❑ Druhý bez poškození
- ❑ Snímače AE upevněné tangenciálními vlnovody, ve stejných pozicích 500 mm za kolenem



Detekce FAC pomocí akustické emise – 2. etapa

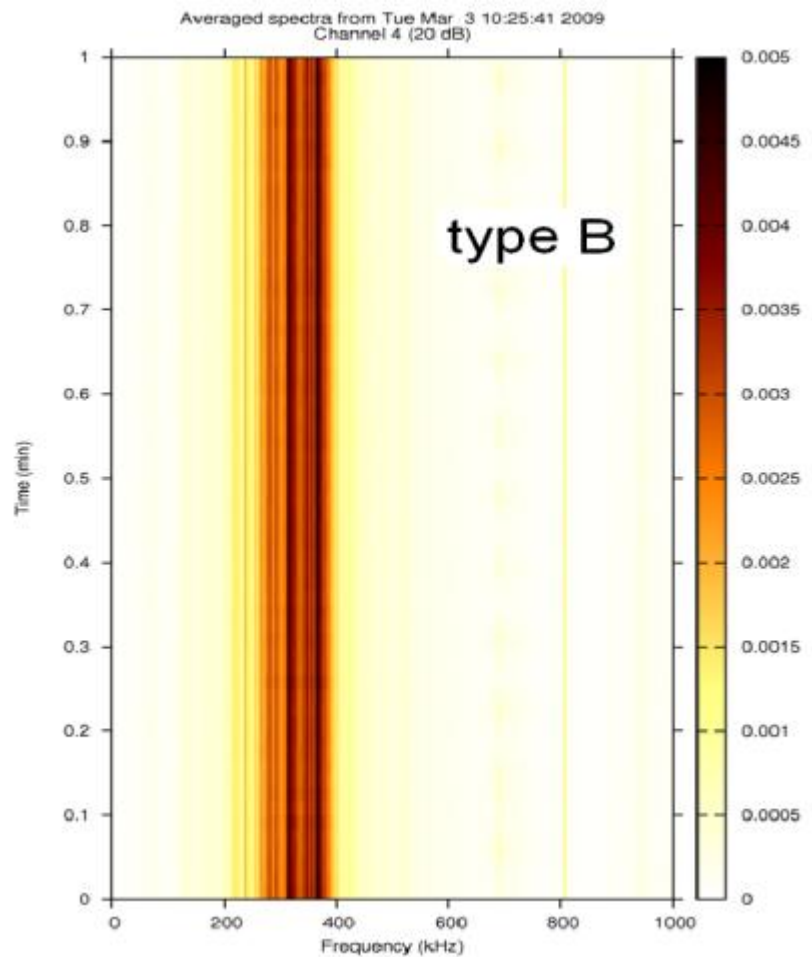
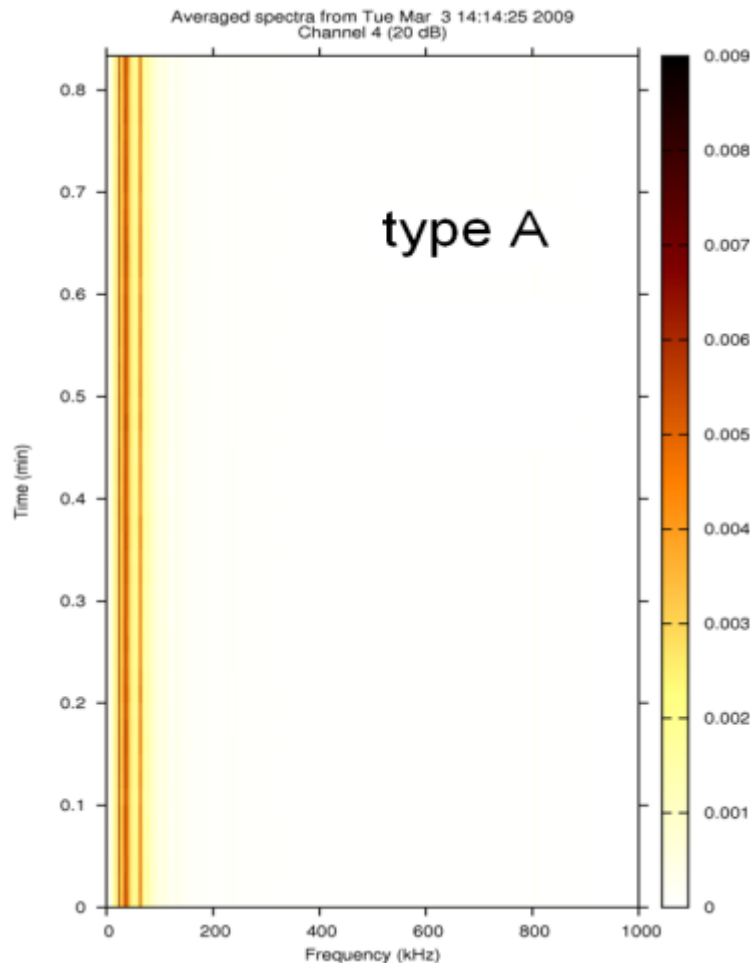
- ❑ Definován parameter STV jako výsledek
- ❑ Vyvinuta vyroben analyzátor DAKEL-STV
 - ❑ Jednoduchá měření na provozních podmínkách jaderné elektrárny
 - ❑ Rychlé vyhodnocení naměřených dat
 - ❑ Poskytuje
 - Spektrogramy
 - Hodnotu STV parametru
 - Hodnotu RMS signálu
 - Hodnoty významných frekvencí





Detekce FAC pomocí akustické emise – 2. etapa

- ❑ Parovod ($\varnothing$ 457 x 14 mm, 4.7 MPa, 260 °C)
- ❑ Asi 120 instalovaných snímačů pro detekci úniku
- ❑ Definovány 4 typy spektrogramů: A, B, C, a D

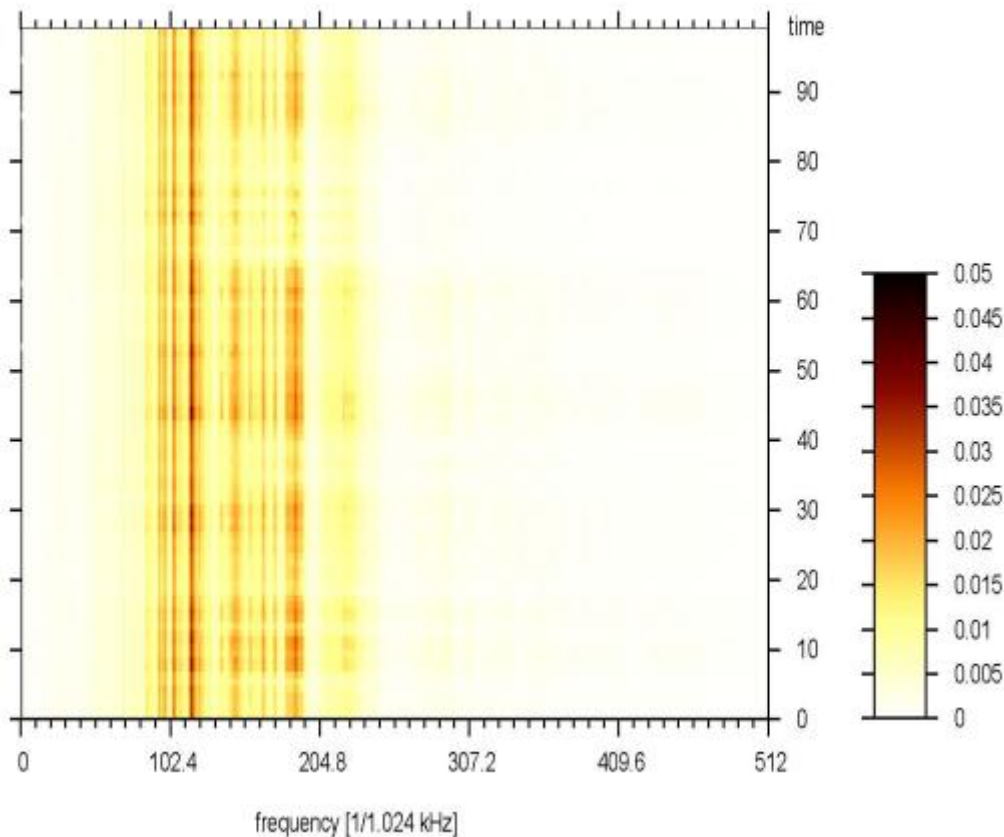


Detekce FAC pomocí akustické emise – 1. etapa

- ❑ Opakovaná měření s výměnami snímačů pro ověření reprodukovatelnosti výsledků
- ❑ Hypotéza: FAC je charakterizováno fluktuacemi amplitud některých spektrálních čar, celý tvar spektra závisí na geometrii potrubí, tlaku teplotě... ale na na FAC

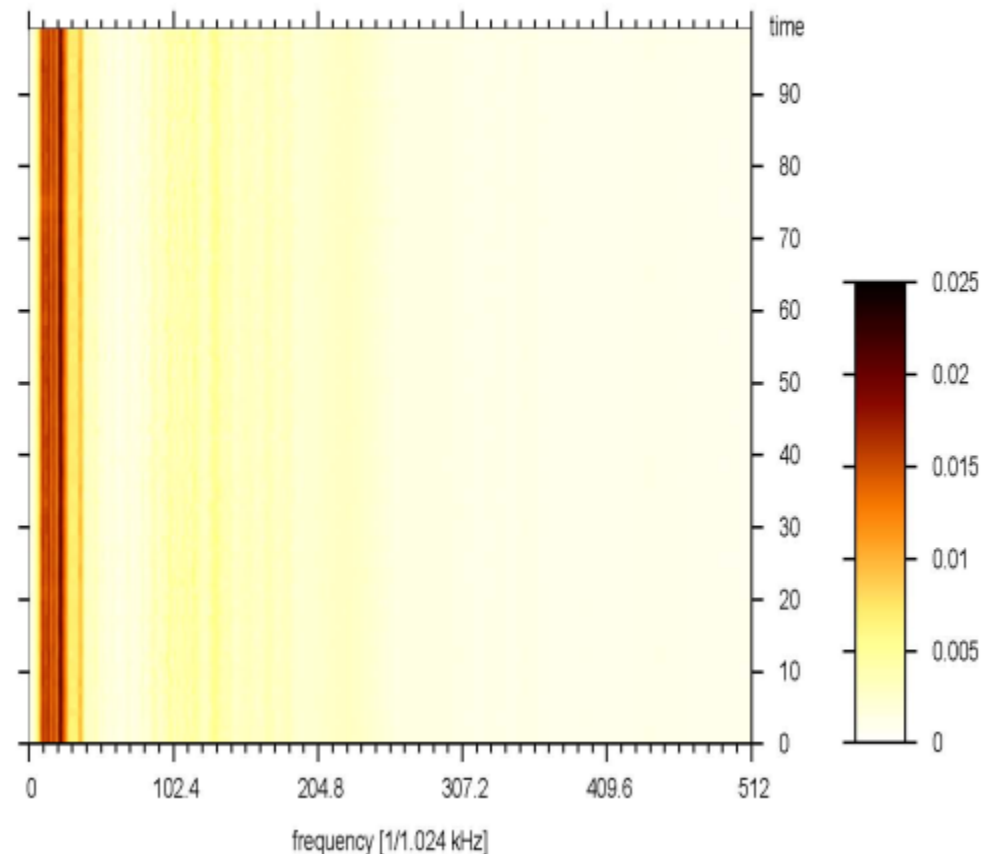
Start Time: Tue Jun 13 15:52:00 2006 +0025876 us
End Time: Tue Jun 13 15:53:39 2006 +0025876 us
data-0000001150206720011827-Ch1

FAC

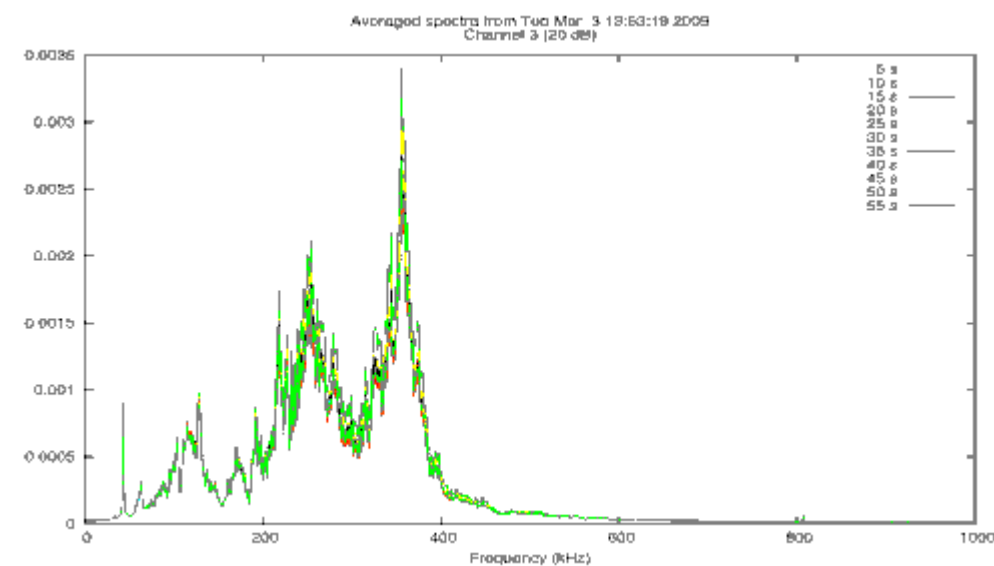
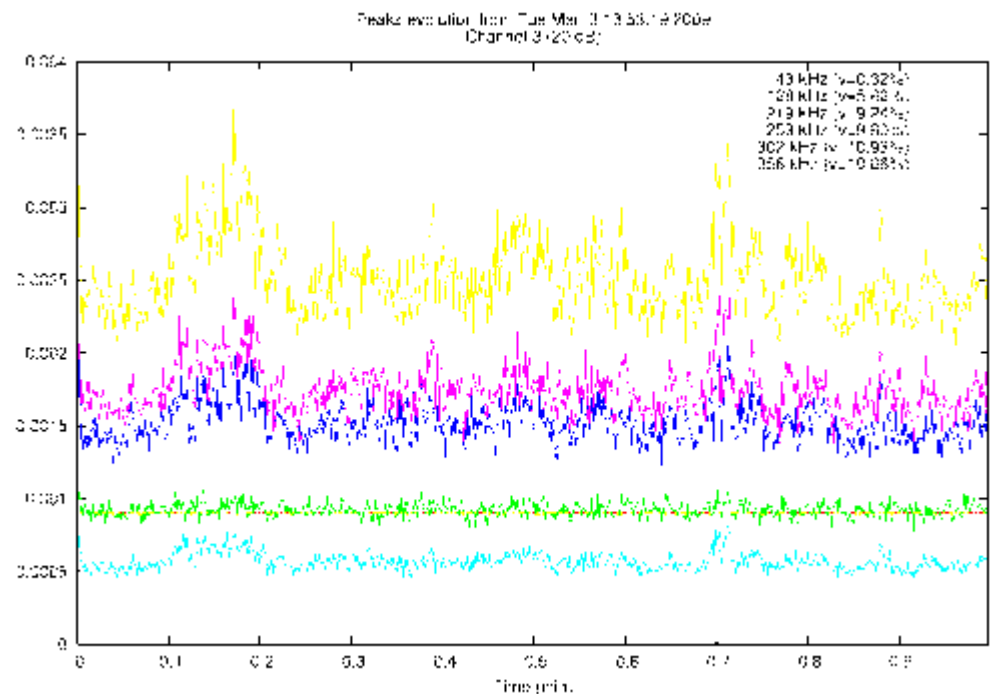
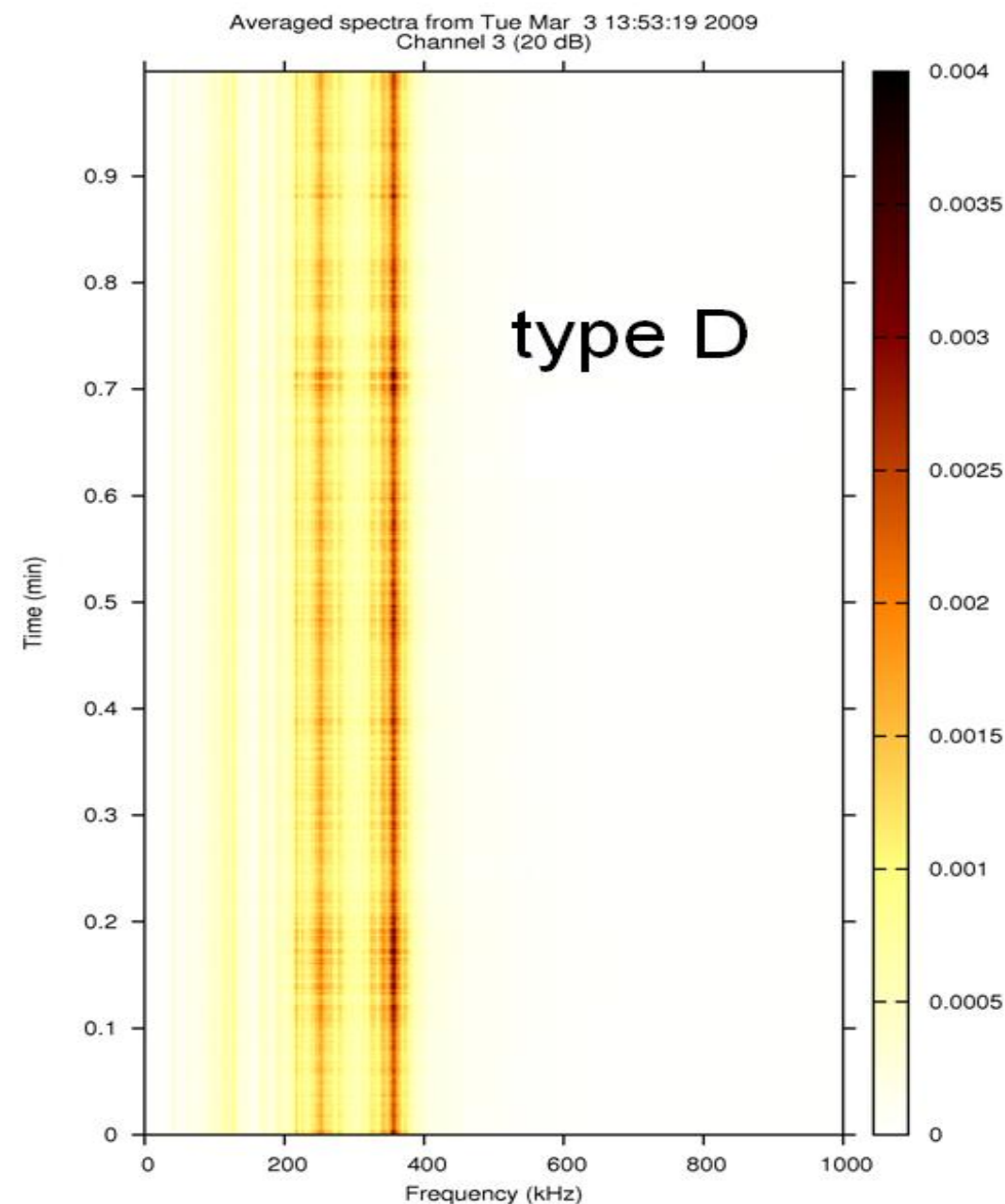


Start Time: Tue Jun 13 18:05:48 2006 +0557566 us
End Time: Tue Jun 13 18:07:27 2006 +0557566 us
data-0000001150214748502939-Ch0

No FAC

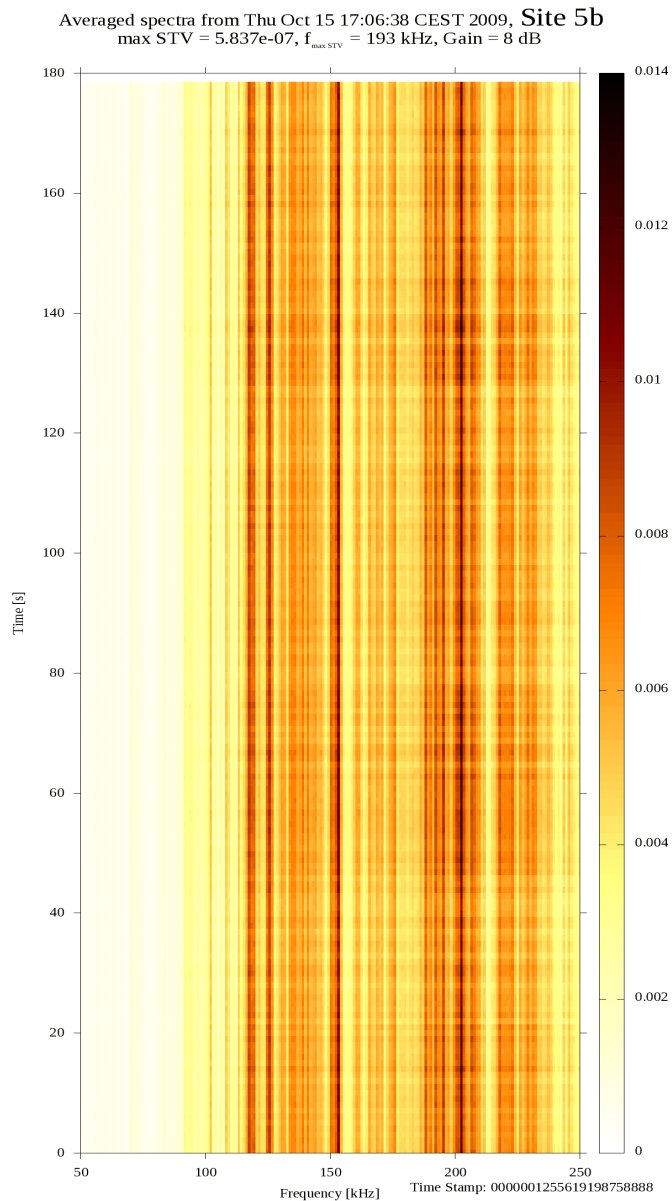


Detekce FAC pomocí akustické emise – 2. etapa

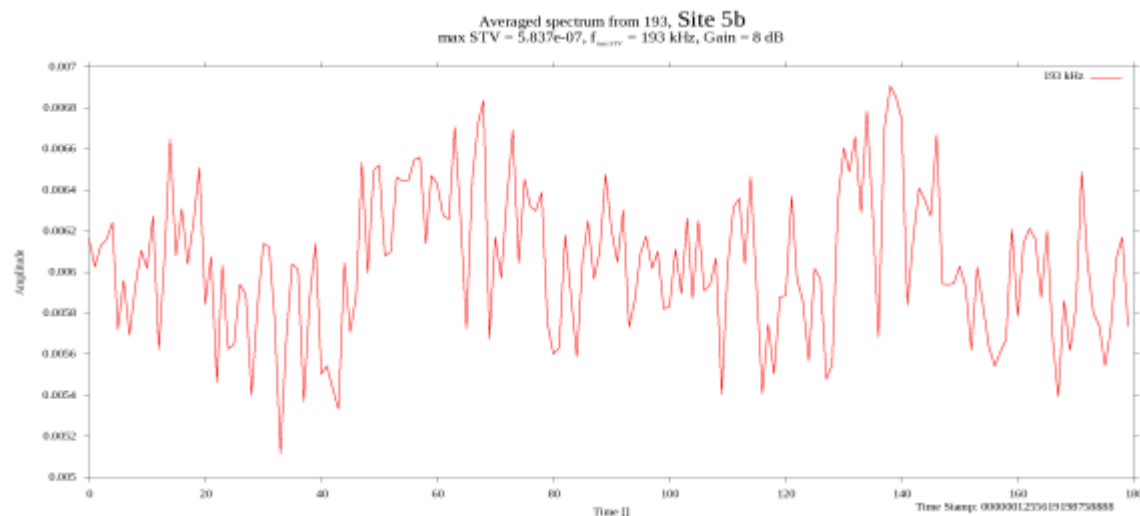


Detekce FAC pomocí akustické emise – 3. etapa

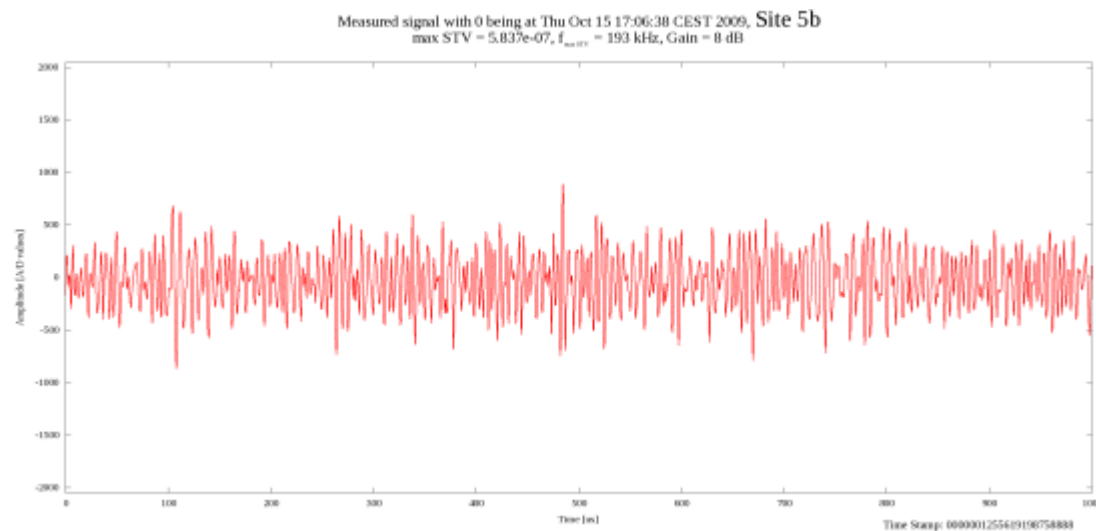
5b - spektrogram



5b – amplituda spektrální čáry 193 kHz



5b – průběh signálu



Detekce FAC pomocí akustické emise – 3. etapa

❑ Výsledky měření ve 3. etapě

Nejvyšší hodnoty parametru STV odpovídají spektrogramům typu D, charakteristickým pro proces FAC

sensor	1	2	3	4	5a	5b	6	7	8	9
STV _{MAX}	$6.4 \cdot 10^{-8}$	$2.4 \cdot 10^{-8}$	$6.4 \cdot 10^{-9}$	$8.8 \cdot 10^{-8}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$	$5.8 \cdot 10^{-7}$	$7.9 \cdot 10^{-8}$	$1.4 \cdot 10^{-7}$	$9.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$
RMS	0.34	0.15	0.28	0.48	0.95	1.13	0.59	1.19	0.07	0.04
Typ Spektro – gramu	B	B	B	D	D	D	D	B-D	B	A

❑ Měřicí místo 5b – segmentové koleno z této prezentace

UZ měření prokázalo zeslabení stěny asi o 30%

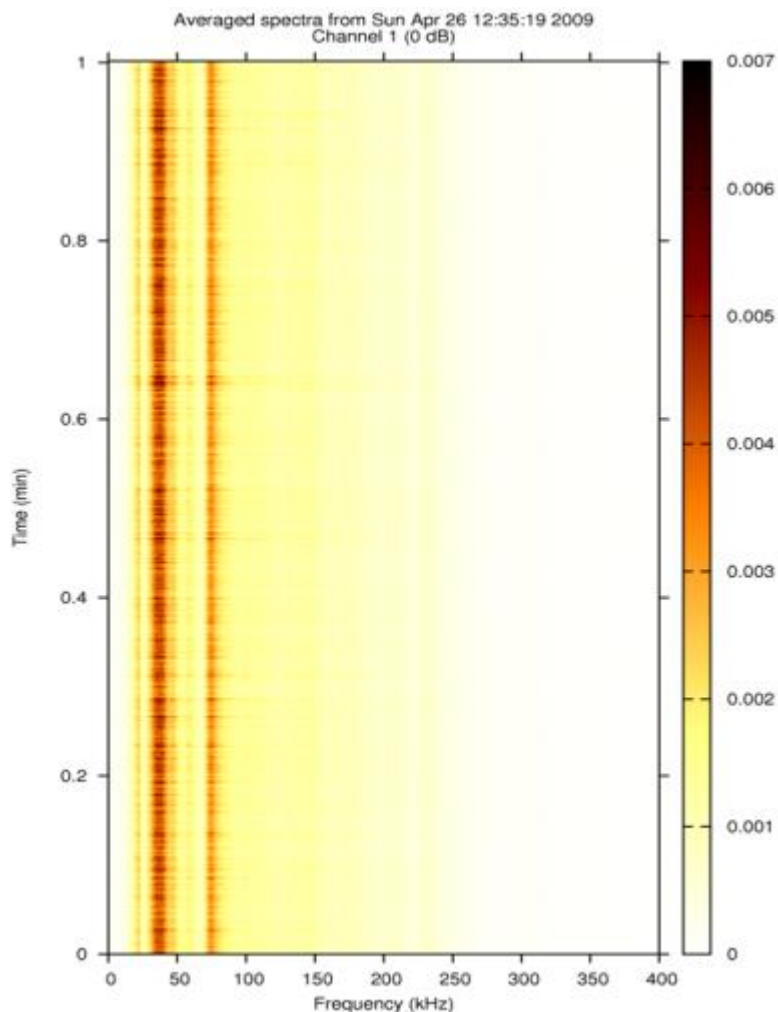
Vypočtená předpověď životnosti 3 roky

❑ Malá amplituda signálu (RMS) => neprobíhá FAC

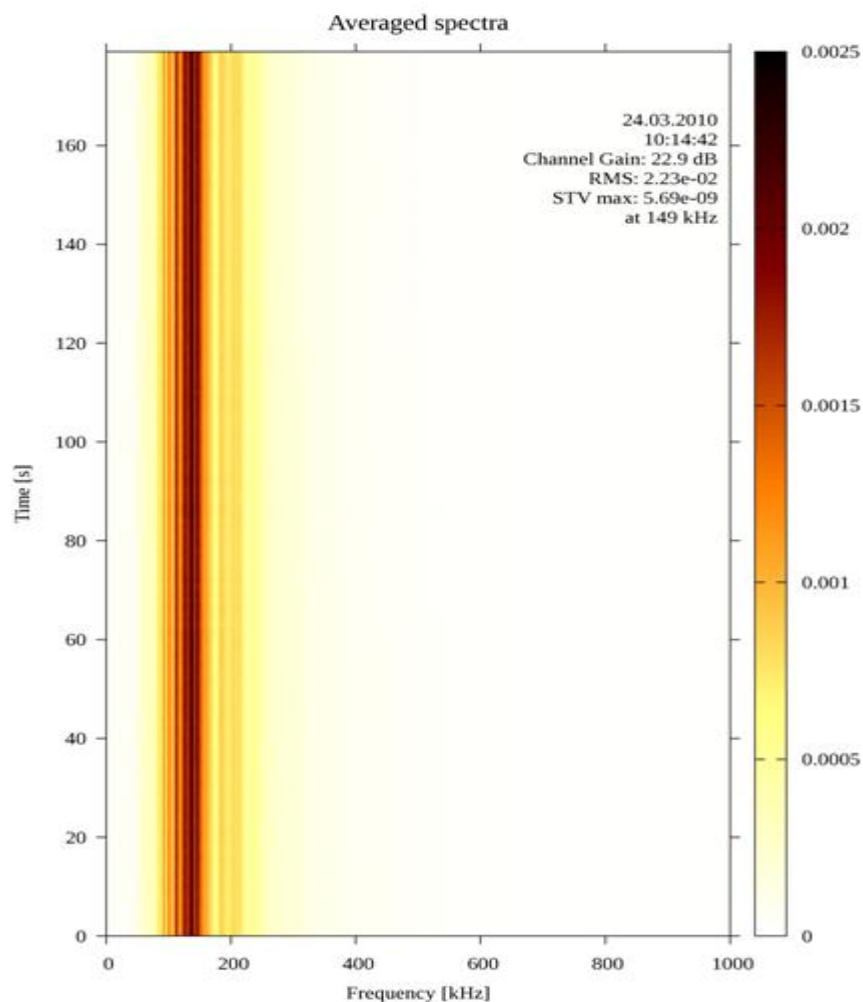
❑ Neexistence FAC nemusí nutně znamenat slabý signál

Kavitace

Spektrogram s probíhající kavitací



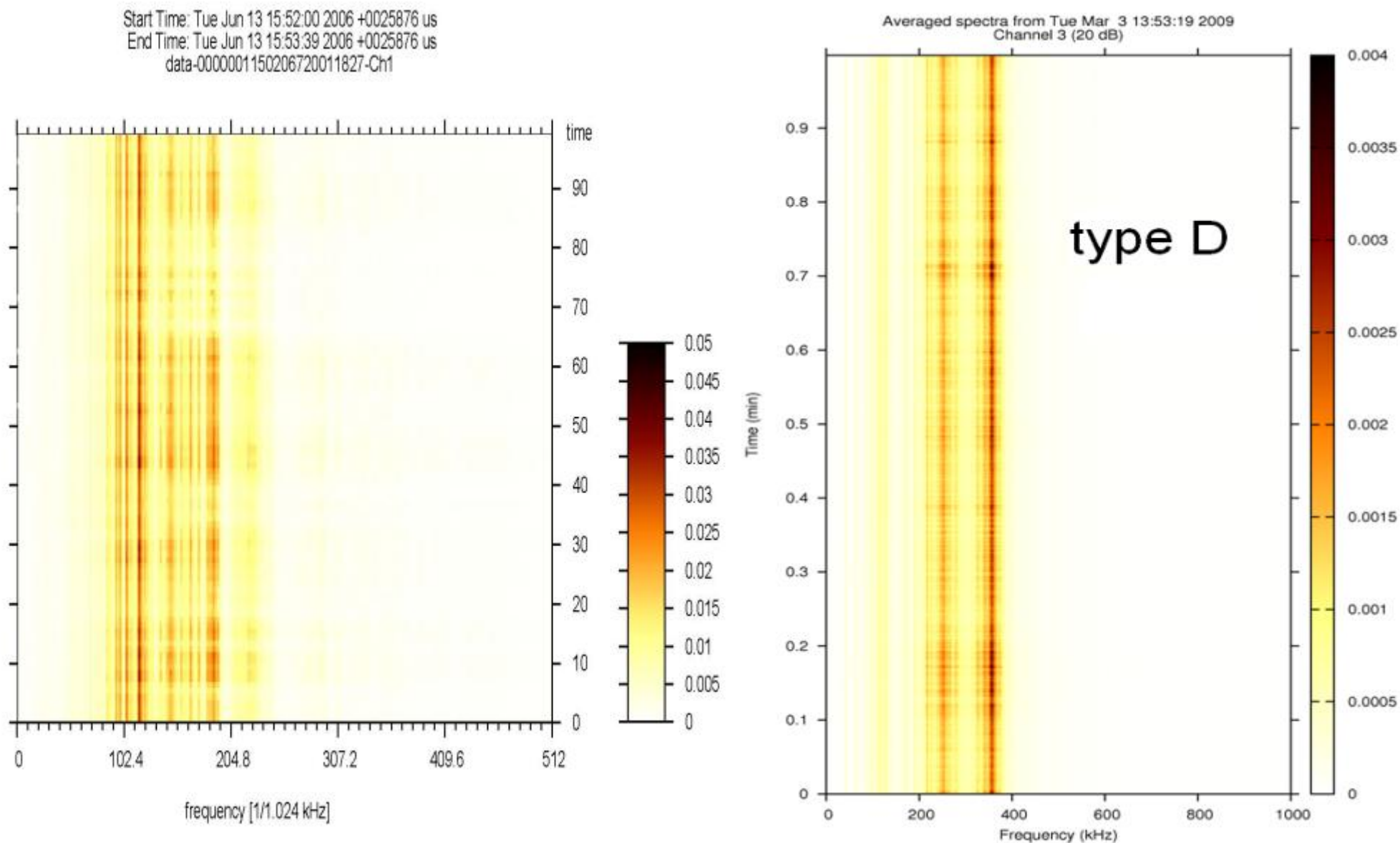
Spektrogram s únikem páry

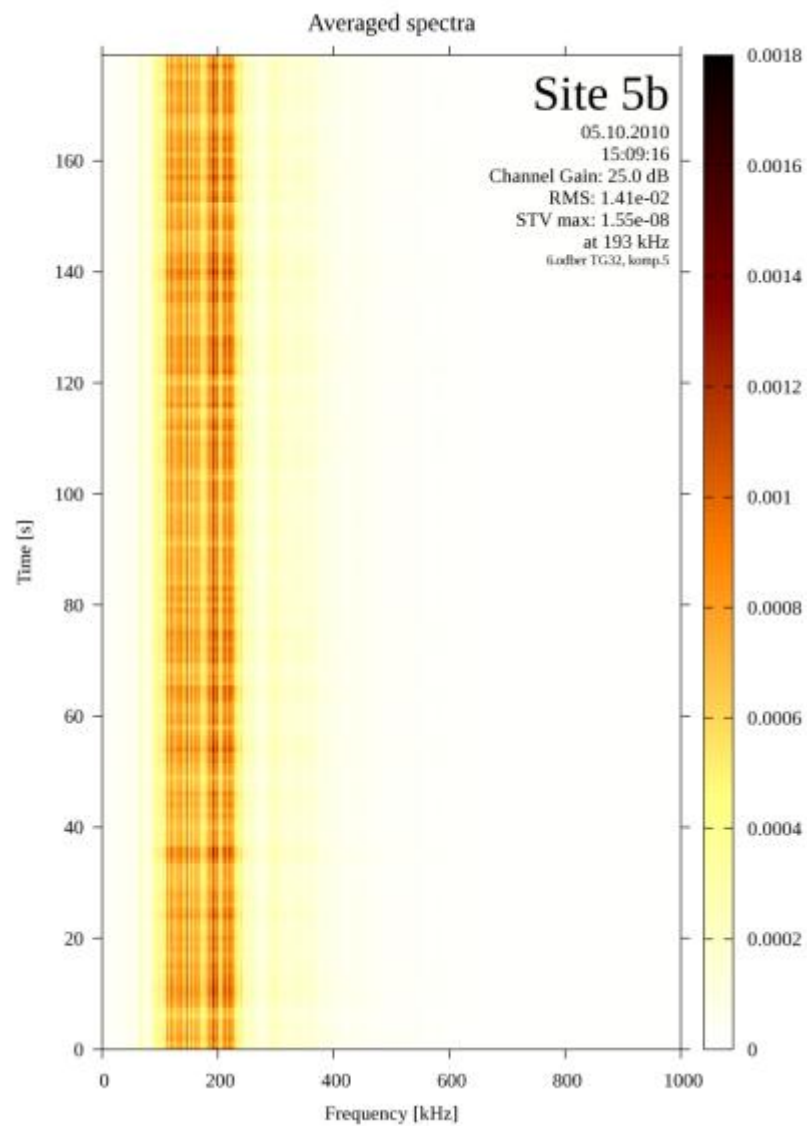
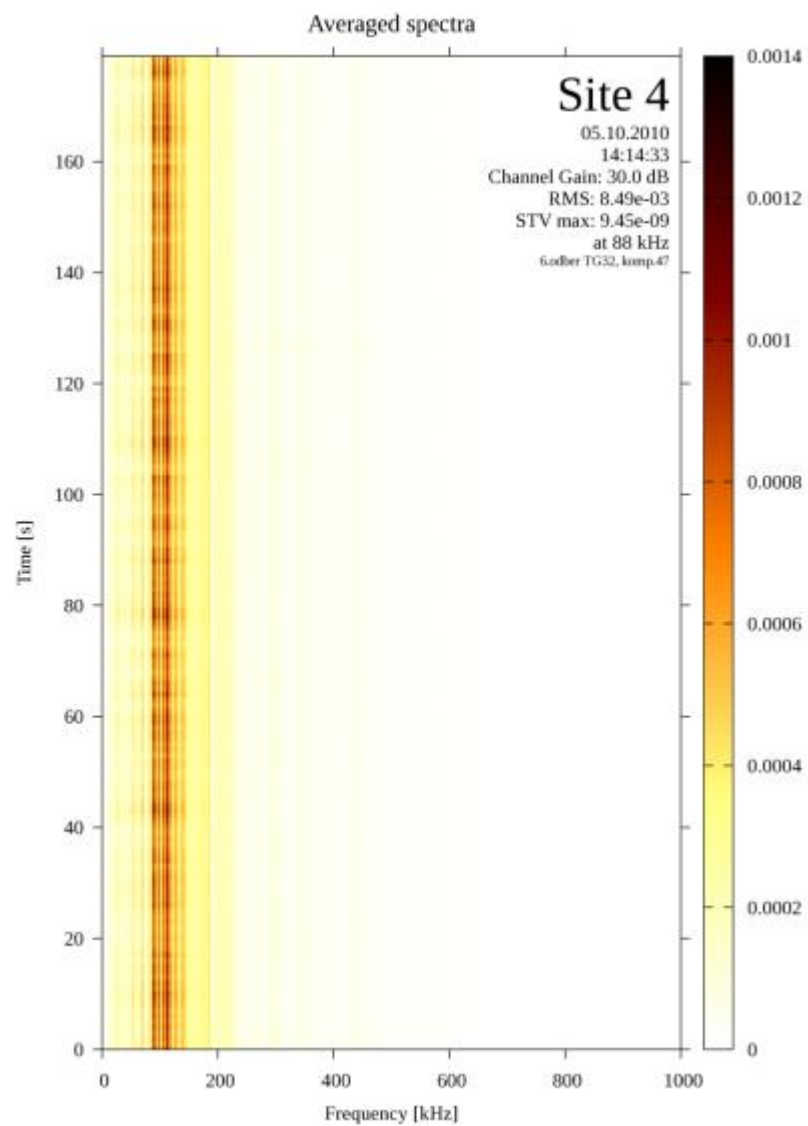


- ❑ Proces FAC i kavitace poskytují shodně spektrogramy typu D
- ❑ AE metoda detekce procesu FAC je použitelná také pro detekci kavitace

Detekce procesu FAC pomocí akustické emise – 2. etapa

Shledána podobnost mezi spektrogramy typu D a spektrogramy FAC z 1. etapy





Závěry

- ❑ Detekce procesů FAC na parních potrubích metodou akustické emise v provozních podmínkách jaderných elektráren je možná
- ❑ Byla použita metoda průměrovaných frekvenčních spekter, definován parametr STV korelující s intenzitou procesu FAC
- ❑ Maximální hodnota parametru STV byla zjištěna na segmentovém koleni č. 5b s probíhajícím zeslabováním stěny a predikovanou životností 3 roky
- ❑ Toto segmentové koleno považujeme za referenční zdroj AE signálu generovaného FAC procesem, který bude využit pro další výzkum této metody
- ❑ Vyvinutá metodika a měřicí technika – analyzátor DAKEL STV umožňuje další efektivní výzkum procesů FAC a standartní měření v provozních podmínkách elektrárny na vybraných komponentách

❑ **Úloha RVT č. 4600003655**

„Vývoj a implementácia systému detekcie procesu poškodzovania potrubí posobením prúdiaceho média v podmienkach prevádzky elektrárne EBO V2“

❑ **Projekt MPO ČR TIP 09 č. FR-TI1/371**

„Integrovaný systém průběžného monitorování vybraných strojních uzlů a technologických procesů s využitím akustické emise“

Děkuji za pozornost.