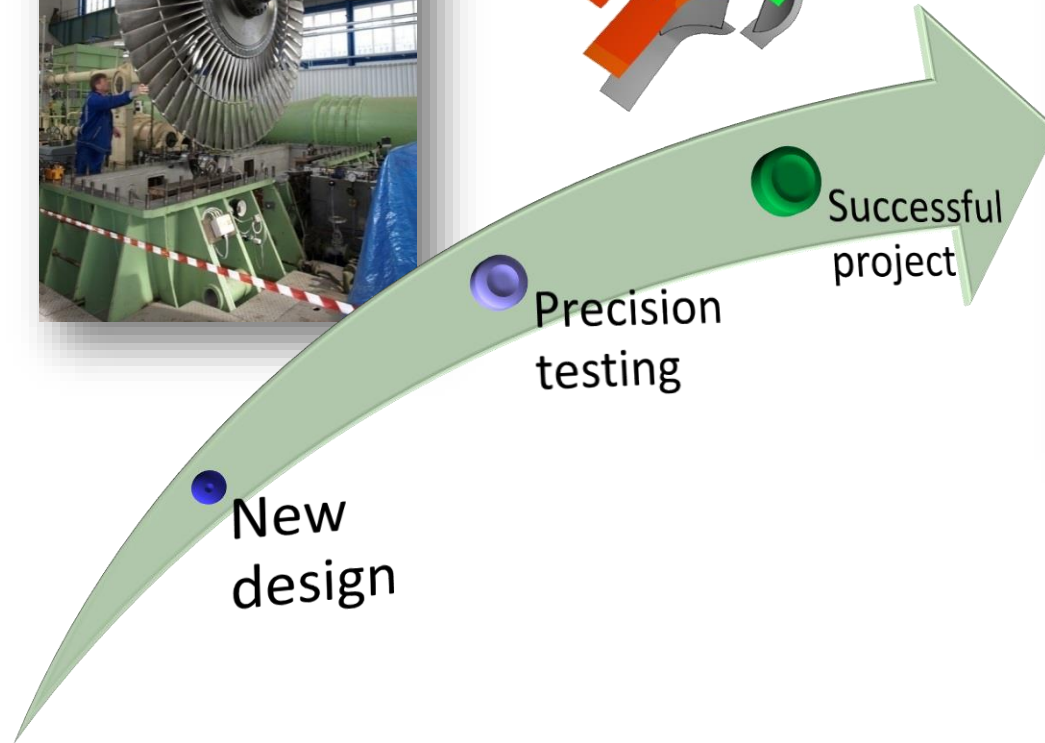
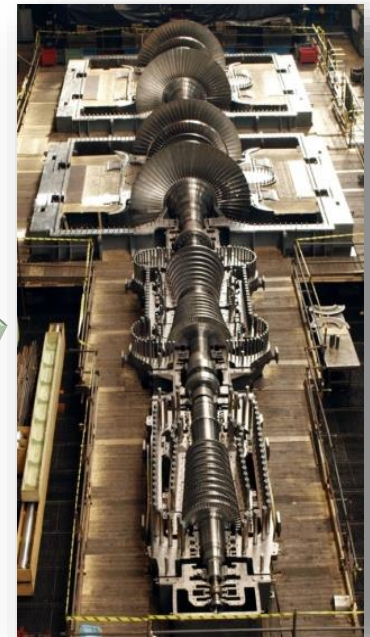
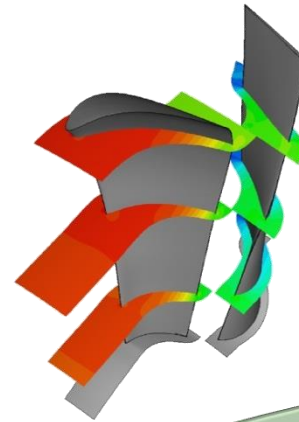


# Prediktivní diagnostika lopatek parních turbín s využitím pokročilých metod



Zdeněk Kubín  
Research & Development

Technical Computing Prague - 20.11.2019



# Motivace

Dlouhodobé a levné sledování chování lopatek za provozu

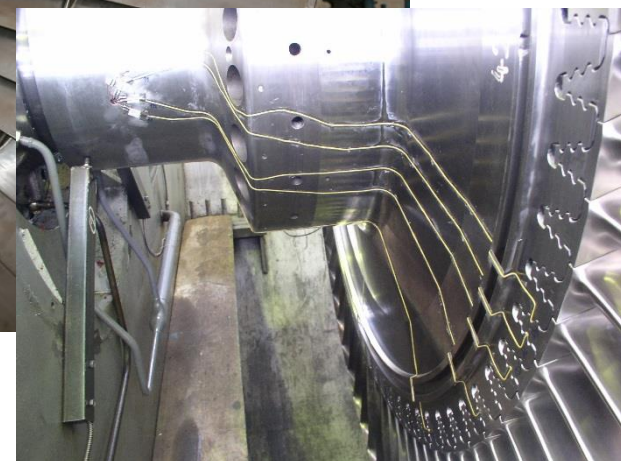
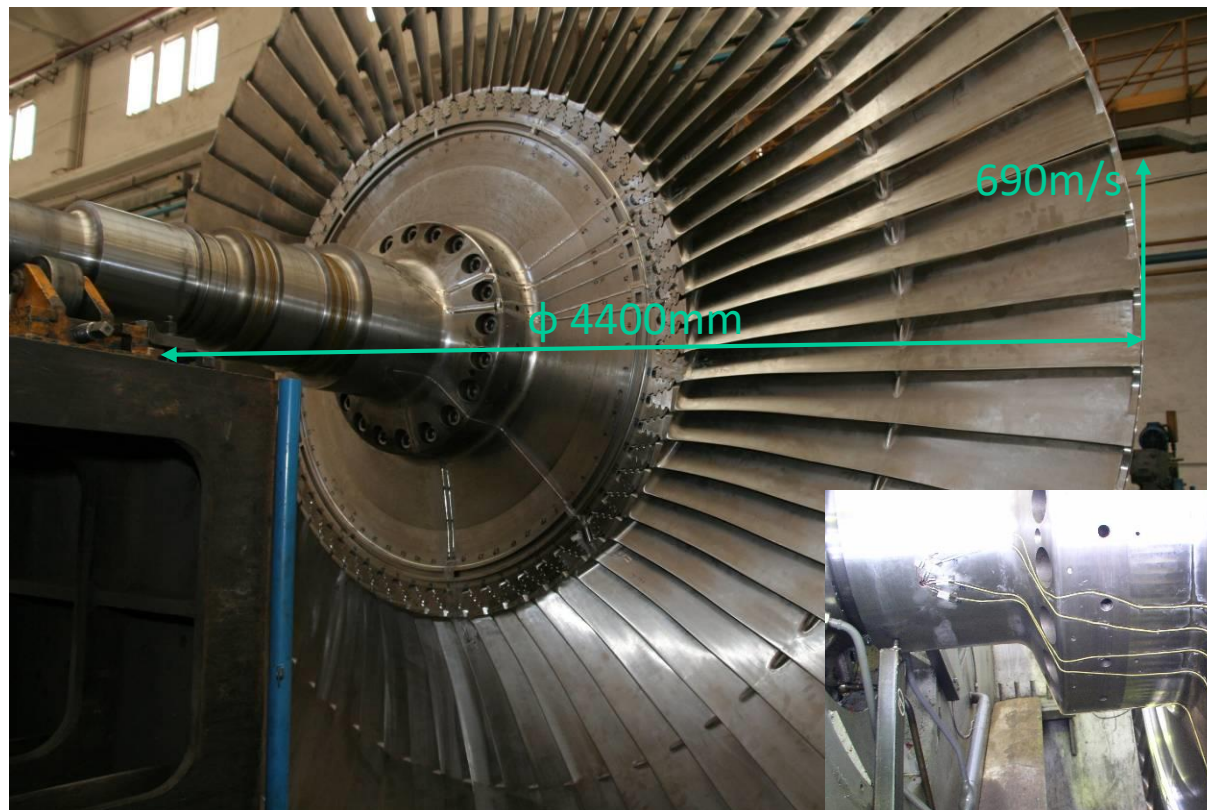
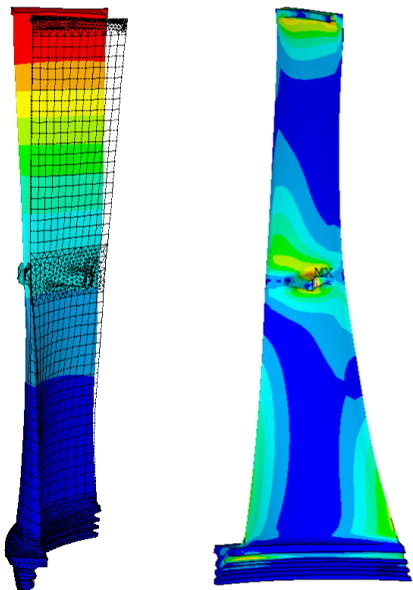
## Výzva

Včasné odhalení poškozené lopatky na základě omezených informací z rotorových vibrací

# Možnosti měření vibrací lopatek - tenzometrie

Měření za pomoci tenzometrů – pouze laboratorní případ

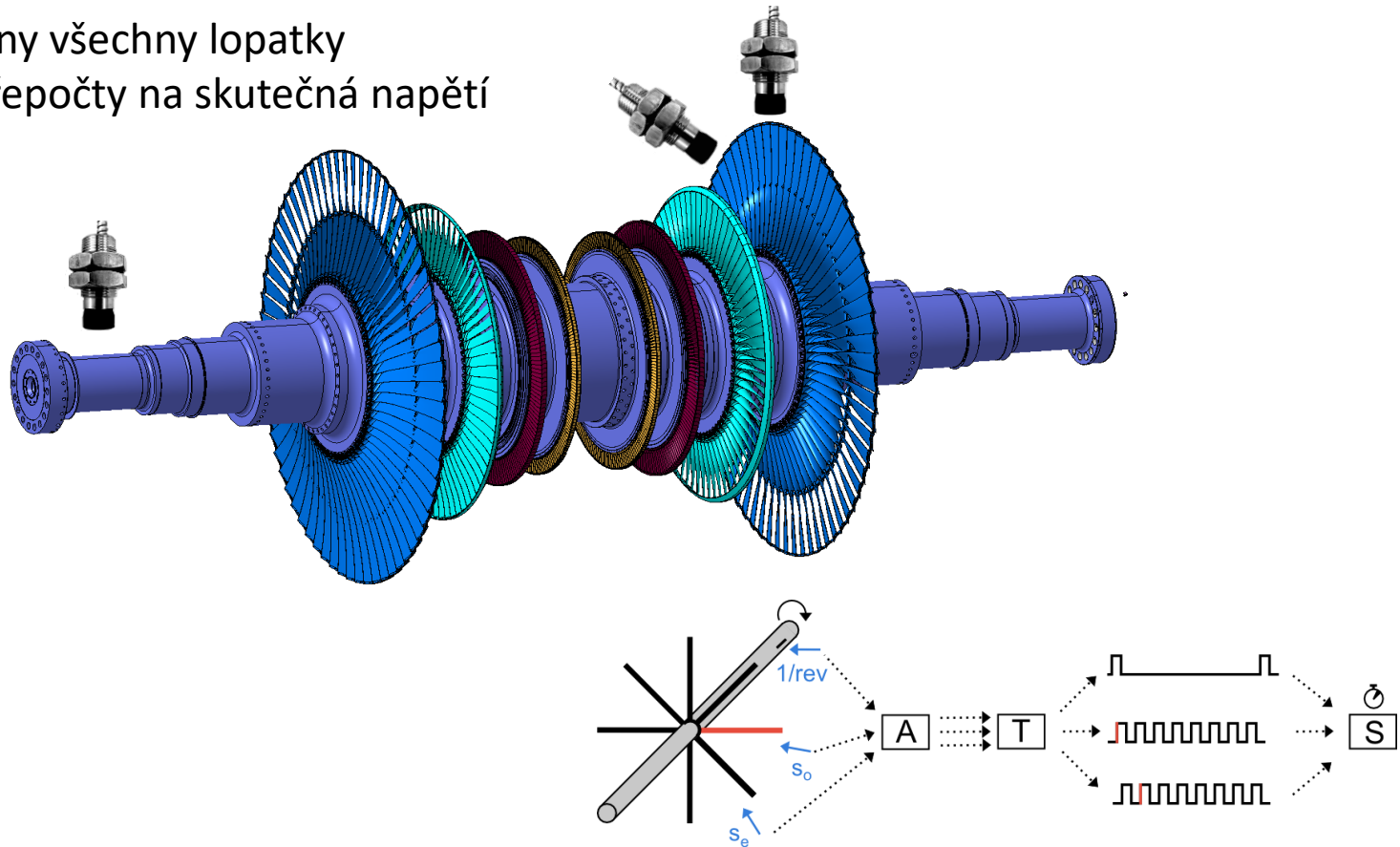
- Obtížný přenos signálu z rotační části na statorovou v parním prostředí
- Měření pouze vybraných lopatek



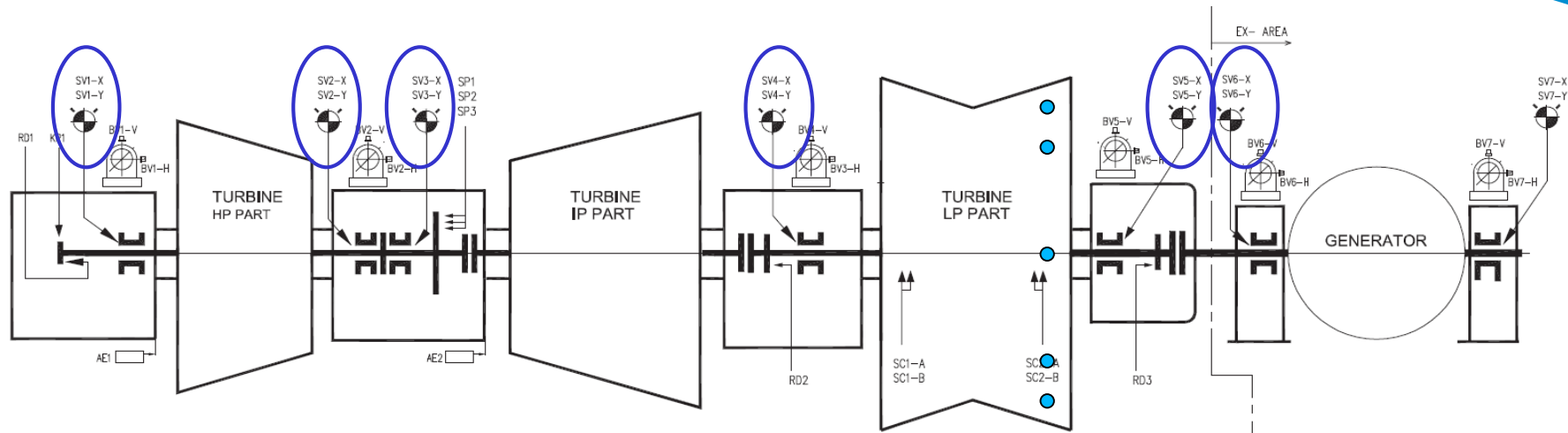
# Možnosti měření vibrací lopatek – bezkontaktně

## Blade Tip-Timing

- Měření času průchodu lopatek pod snímači
- 100MHz
- Jsou měřeny všechny lopatky
- Obtížné přepočty na skutečná napětí



# Možnosti měření vibrací lopatek – využití stávající instrumentace



## Měření rotorových vibrací s využitím stávající instrumentace

- Hledání modulovaných lopatkových frekvencí ve spektrech rotorového chvění
- Amplitudy rotorových vibrací cca **100 $\mu$ m** – amplitudy lopatek pod **1nm**



# Reference

První orientační měření v roce 2010

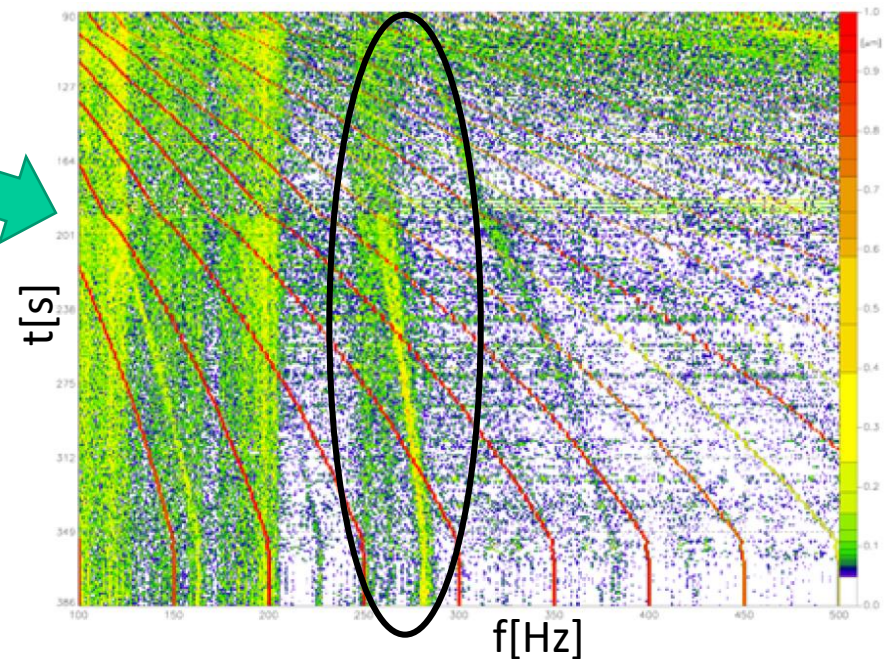
Firmě Siempelkamp se podařilo změřit tvorbu trhliny

- Manuální zpracování signálu

2014 - DŠPW kalibrace pomocí BTT



Incipient crack in an LP end blade after a very short operating period due to excitations from an unfavourable steam current



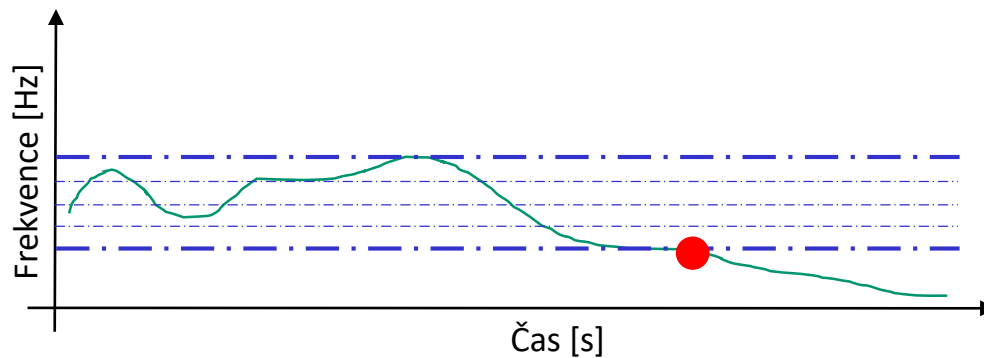
**Siempelkamp**

NIS Ingenieurgesellschaft mbH

## BLAMO

Výpočet FFT z několika senzorů  
Určení hlavních frekvencí v předem definovaných pásmech

**Problém** – Variace frekvenčních pásem na základě operačních stavů turbíny



TCS

MMS

**ABB**  
SIEMENS

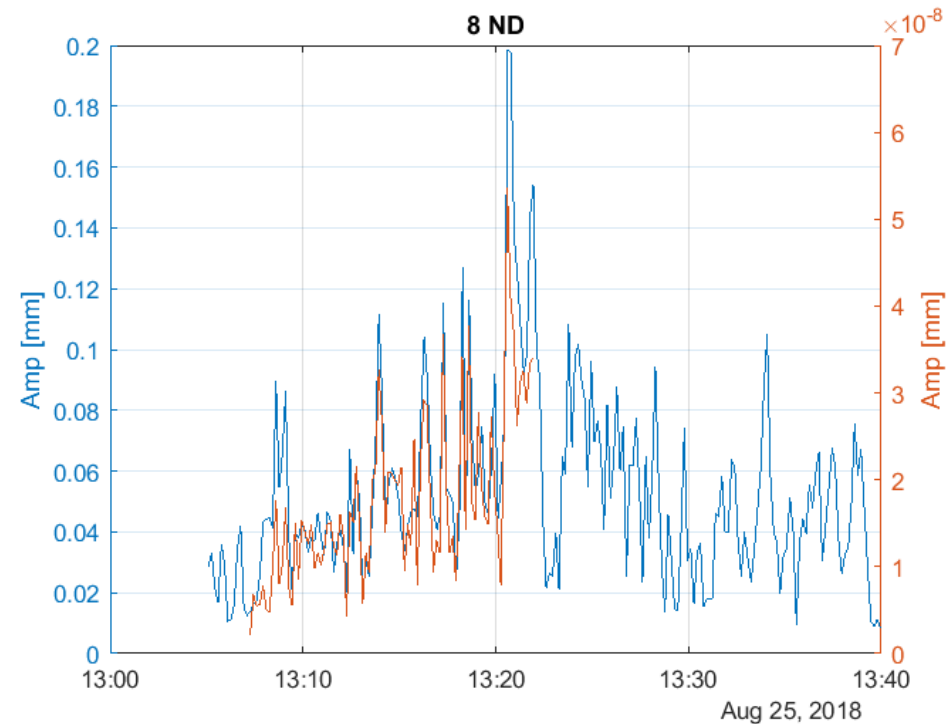
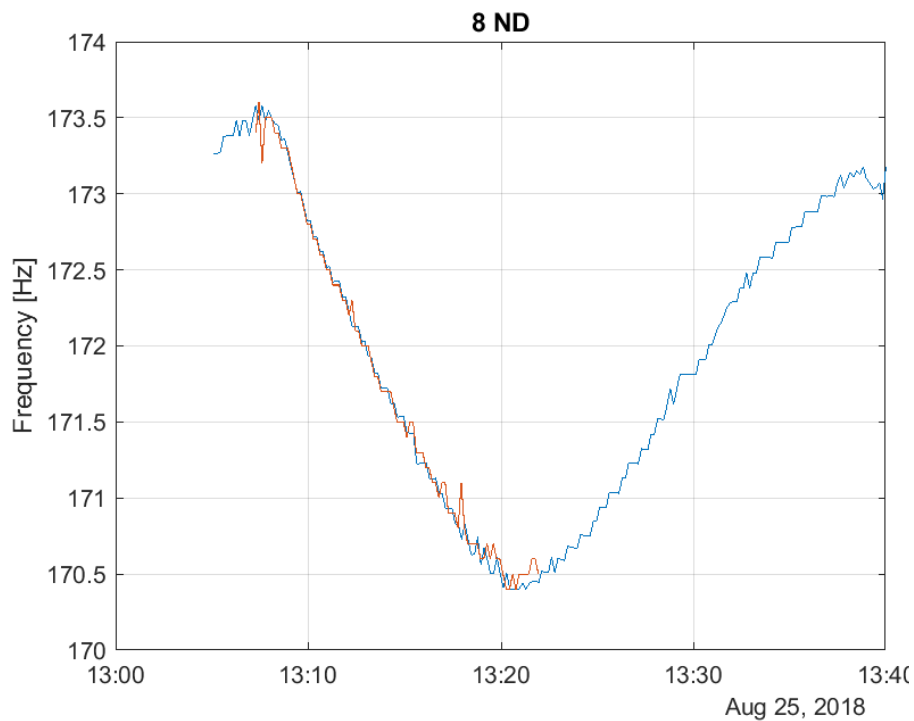
PROFESS



# BTT versus rotorové vibrace

Pomocí BTT jsme měřili amplitudy v All Blade spektru a porovnali jsme je s amplitudami změřenými na daných modulovaných frekvencích z rotorových vibrací

- Porovnání změn vlastních frekvencí lopatek
  - závislost na protitlaku
  - Trhlina ...  $\Delta f = 0.5\text{Hz}$

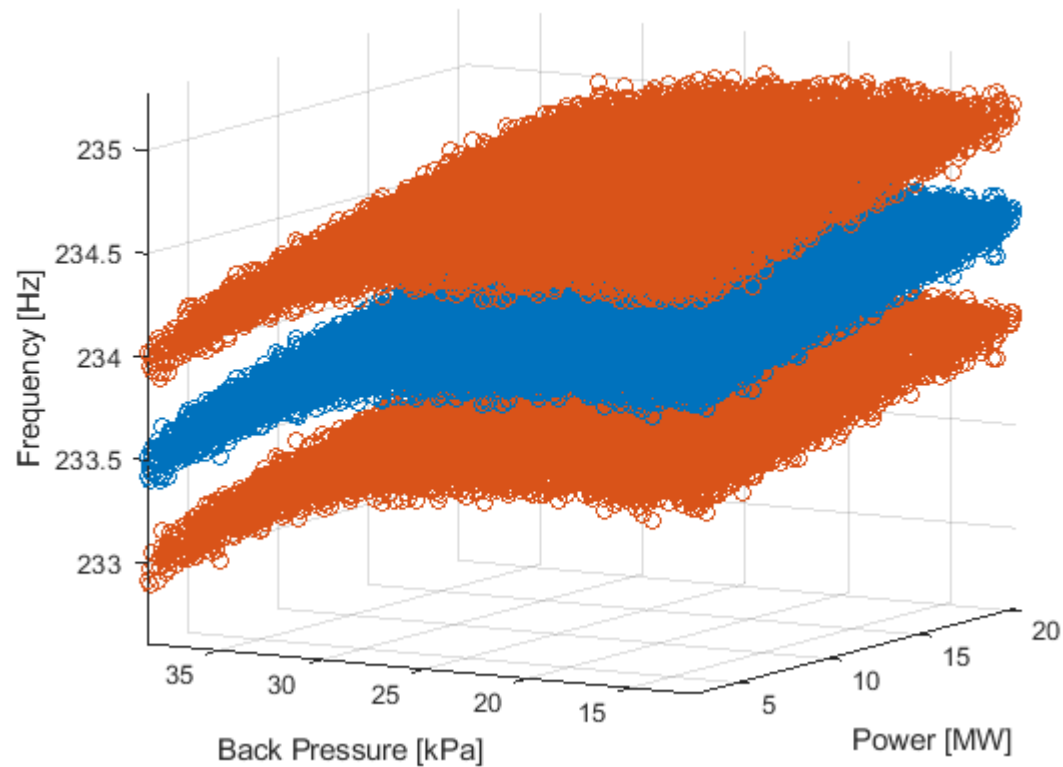


# Automatizace

# Využití neuronových sítí pro identifikaci vad

Člověk si nedokáže zapamatovat závislost frekvencí na parametrech

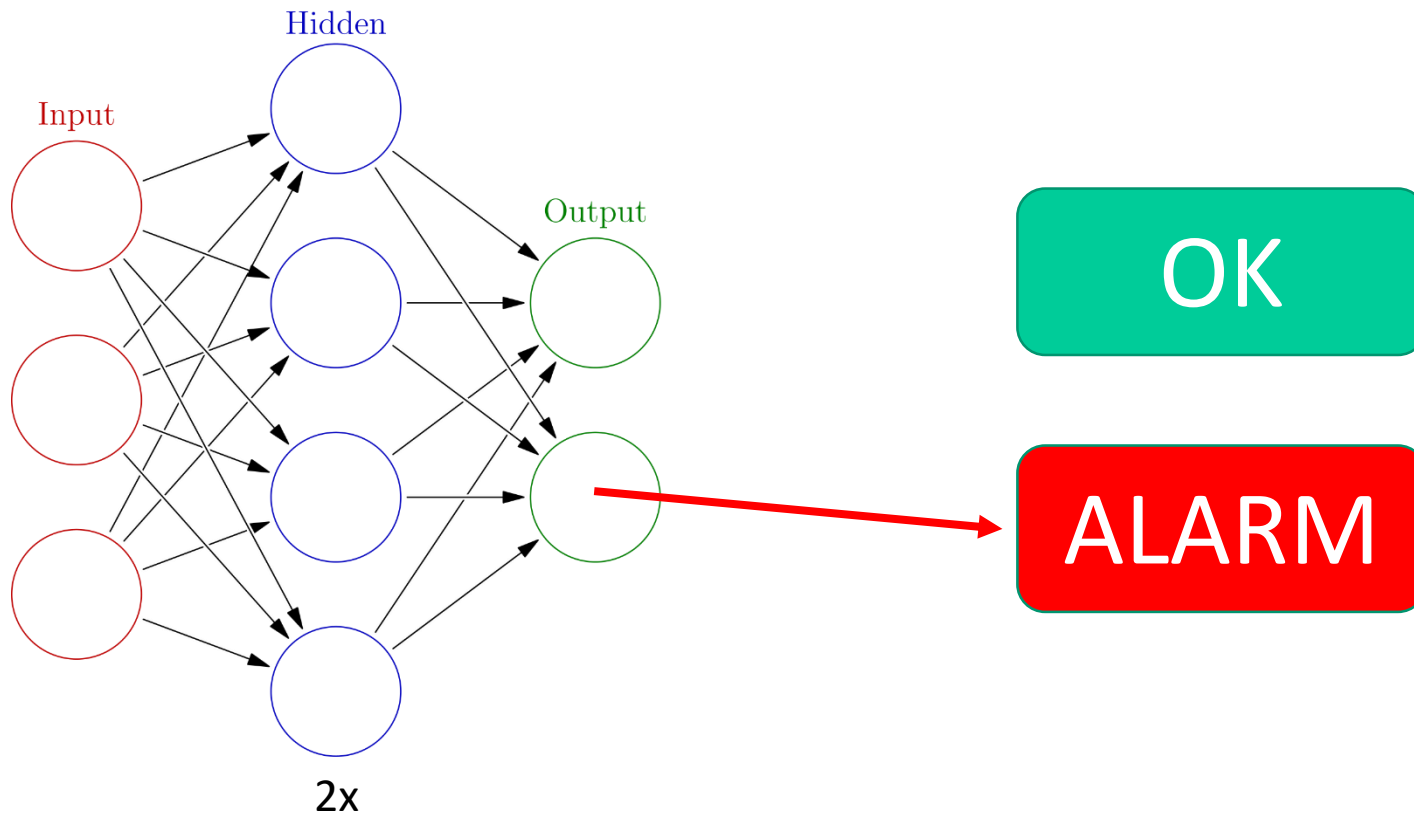
Je obtížné určit exaktní rovnice



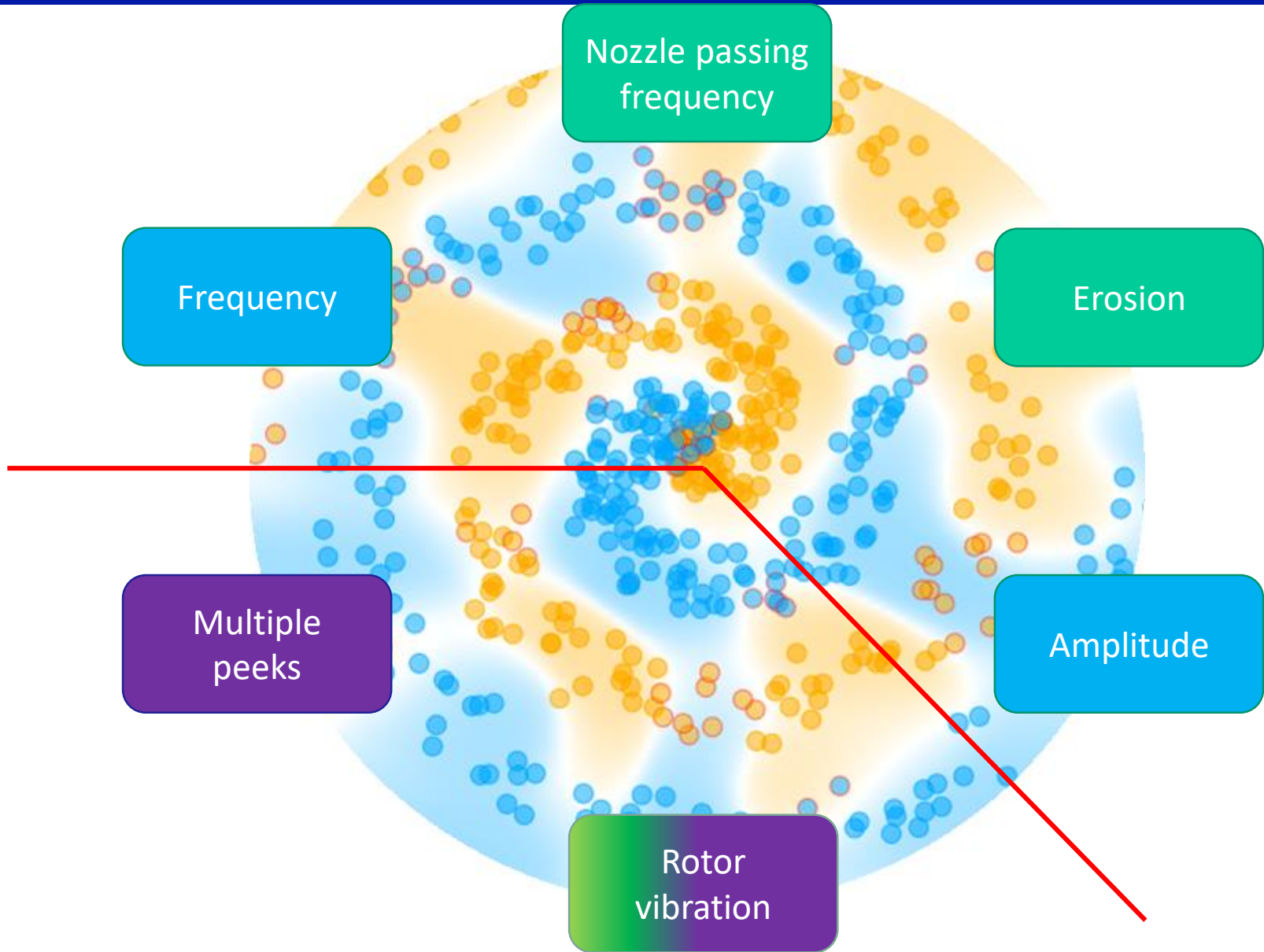
# Využití neuronových sítí pro identifikaci vad

- Vícevrstvá neuronová síť
- Vstupy – Výkon, Protitlak, Tlak v odběru, RPM,  $X_2$ , Frekvence (1 .. 5)

97%

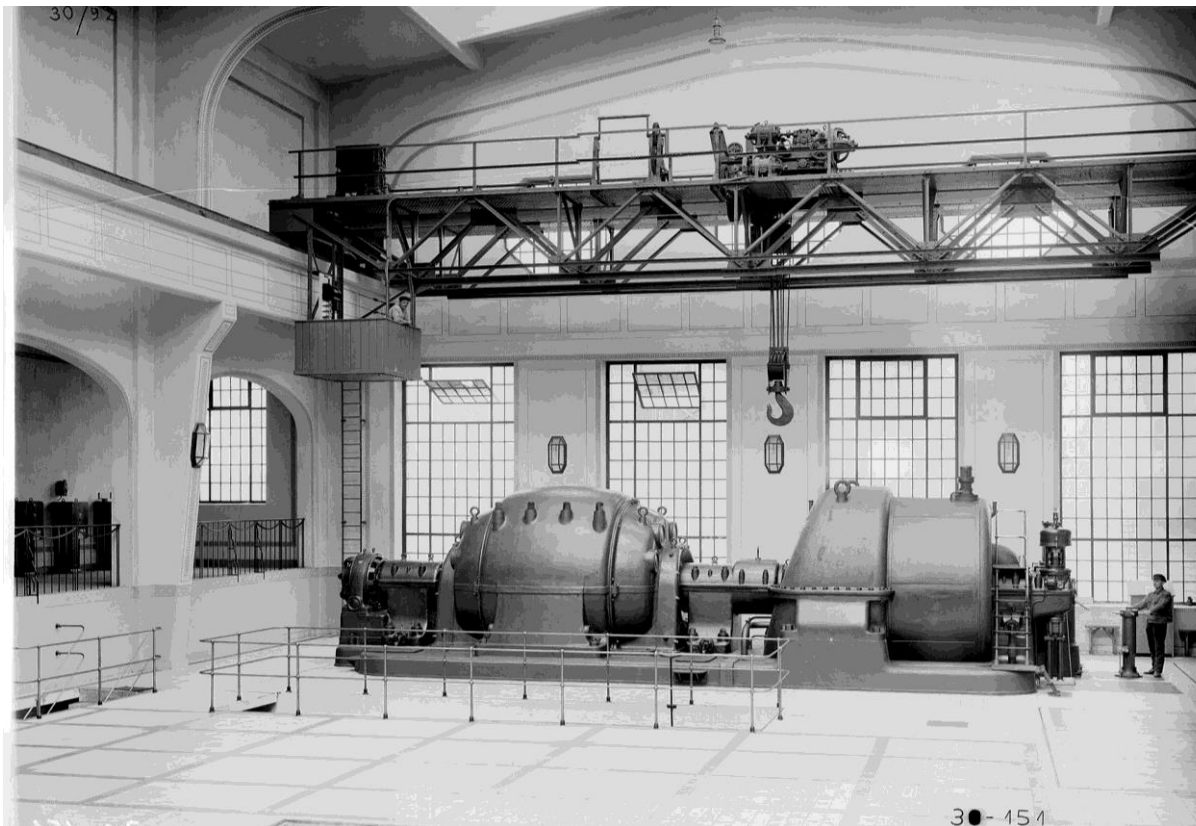


# Různé druhy neuronových sítí a doplňků



- Měření vibrací na rotoru pomáhá **zefektivnit** měření vibrací pomocí BTT
- Výsledné kalibrační křivky nelze z jednoho stroje přenést na jiný (**co stroj, to unikát**)
- Vyhodnocení lopatkových frekvencí z rotorových vibrací se dá plně automatizovat s využitím **neuronových sítí**

# Děkuji za pozornost



**Doosan Škoda Power**  
**Tylova 1/57, 301 28 Plzeň**  
**Czech Republic**  
**[www.doosanskodapower.com](http://www.doosanskodapower.com)**