

Využití metody akustické emise pro zpřesnění diagnostiky vzniku poškození radiálních ložisek

Filip Hort

školitel: doc. Ing. Pavel Mazal, CSc.

*„Život je složen z okamžiků, na které pak vzpomínáme,
dej Pane, ať si pamatujeme jen ty dobré.“*

*Tato prezentace je spolufinancována
Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky.*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

- Formulace řešeného problému
- Zdroje AE na ložiscích
- Metody hodnocení poškození ložisek
- Základní parametry využívané při hodnocení poškození ložisek
- Cíl dizertační práce
- Experimentální zkoušky
- Metodika identifikace vzniku poškození...
- Význam nových získaných poznatků
- Publikace autora k dané problematice



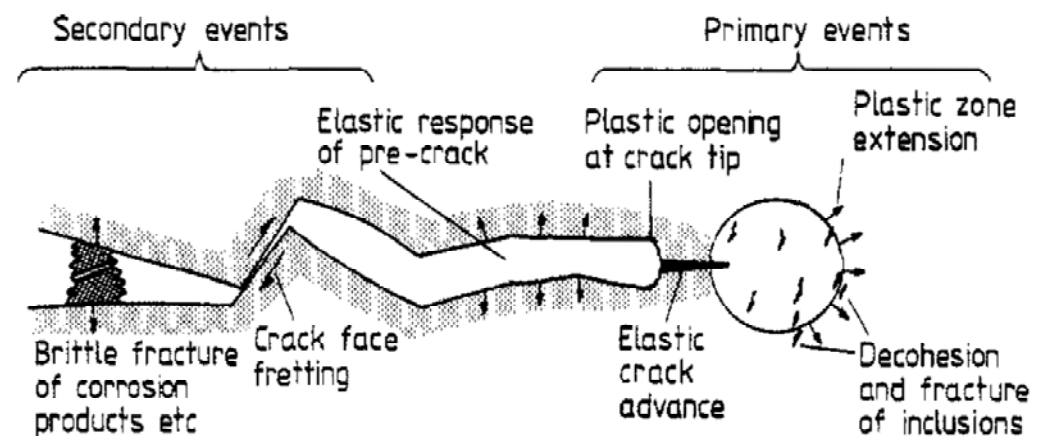
Formulace řešeného problému

Dizertační má odpovědět na následující témata:

- * Je metoda AE vhodnou metodou pro diagnostiku strojních součástí jako jsou valivá ložiska?*
- * Je možné odhalit počátky poškození valivých ložisek přesněji a dříve s využitím nových vyhodnocovacích aparatur?*
- * Lze vyznačit některé parametry metody AE, které výrazněji reagují na vznik poškození?*
- * Jaký postup je vhodné použít v případě zrychlených zkoušek vzhledem k reálnému poškození?*

Zdroje AE na ložiscích – vznik únavového opotřebení

- výrobní vady
- únavové poškození – pitting
- degradace a nedostatek maziva
- tření valivých částí
- porušování korozních produktů
- tření při růstu trhliny
- vznik podpovrchových trhlin ($<1\mu\text{s}$)



Scruby, C. B. *Instrument Science and Technology. An Introduction to Acoustic Emission. Journal of Physics E, Scientific Instruments, 1987, pp. 8. 20: 946-953.*

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metody hodnocení poškození ložisek

↑
HZ
↓
MHZ

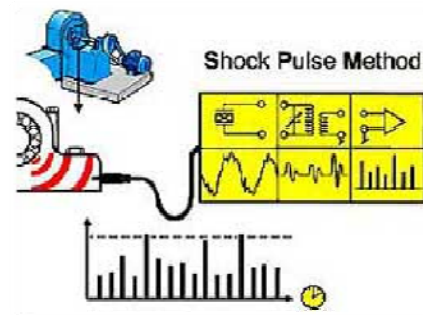
ultrazvuk

vibrace

SPM



<http://www.tsisystem.cz>



<http://www.deterco.com>



<http://www.viditech.cz/produkty>

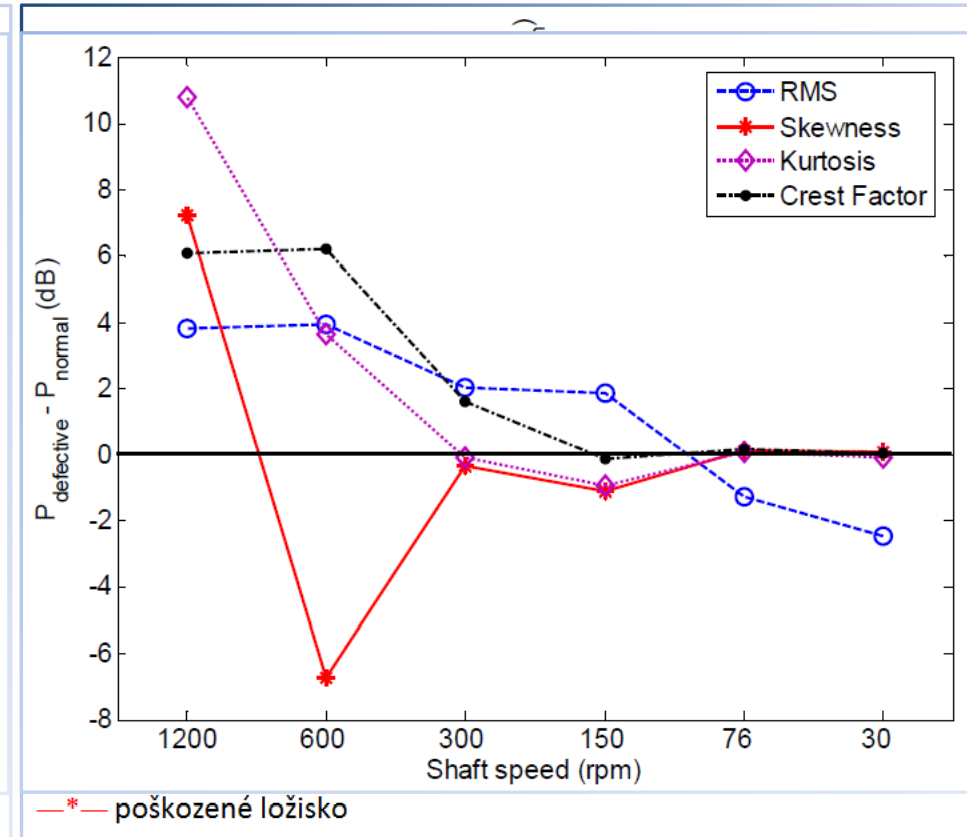
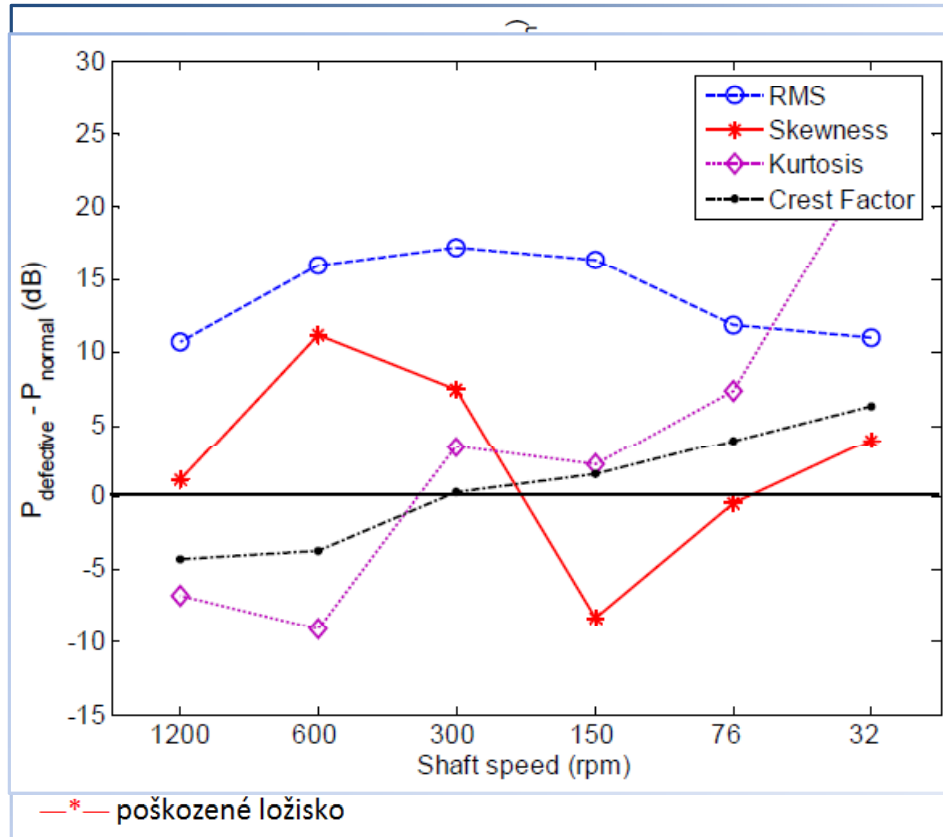
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ultrazvuk

vibrace



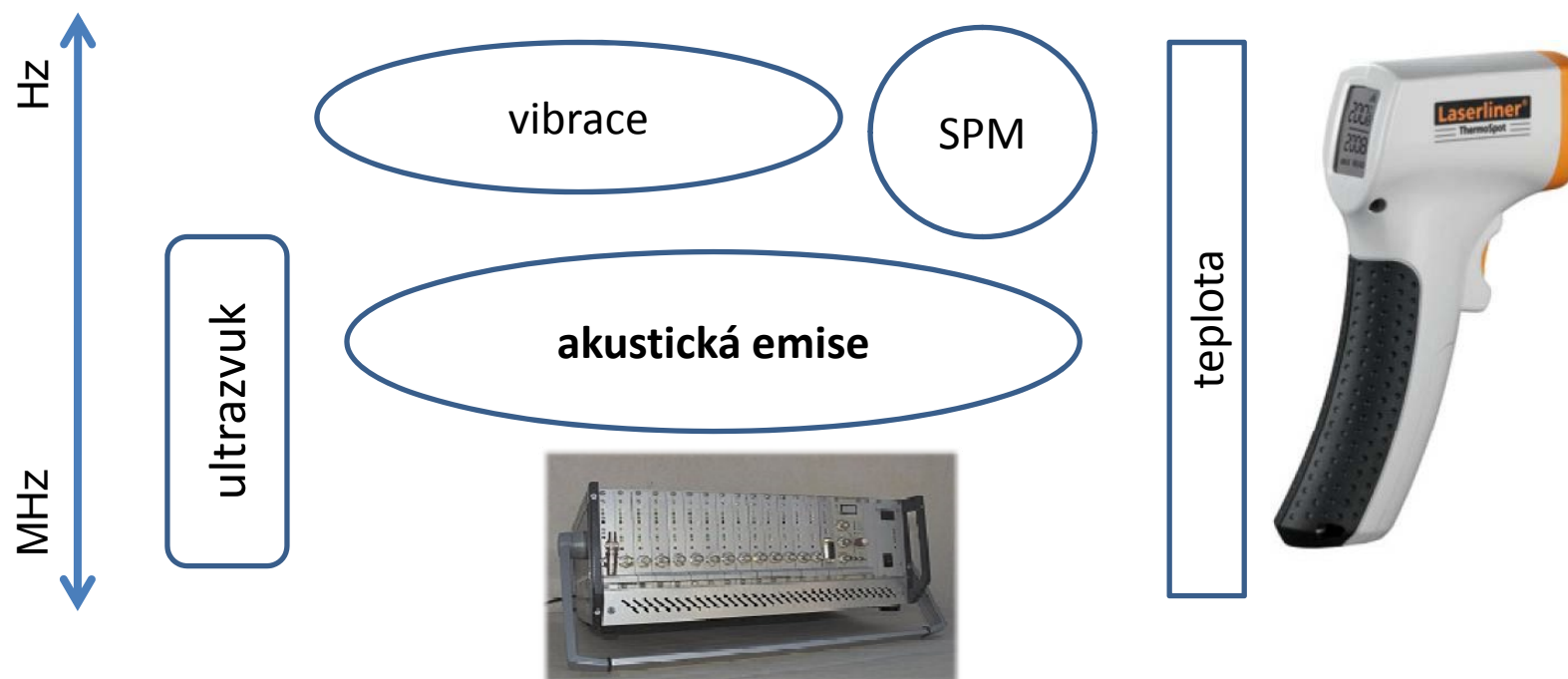
KIM, Y. H., TAN, A.C. C., MATHEW, J., YANG, B. S. Condition Monitoring of Low Speed Bearings: A Comparative Study of the Ultrasound Technique Versus Vibration Measurements. Engineering Asset Management, Springer London, 2006, pp. 182-191. ISBN 978-1-84628-814-2.

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
 "Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
 talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
 reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metody hodnocení poškození ložisek



<http://www.dakel.cz>

<http://www.limanet.cz>

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



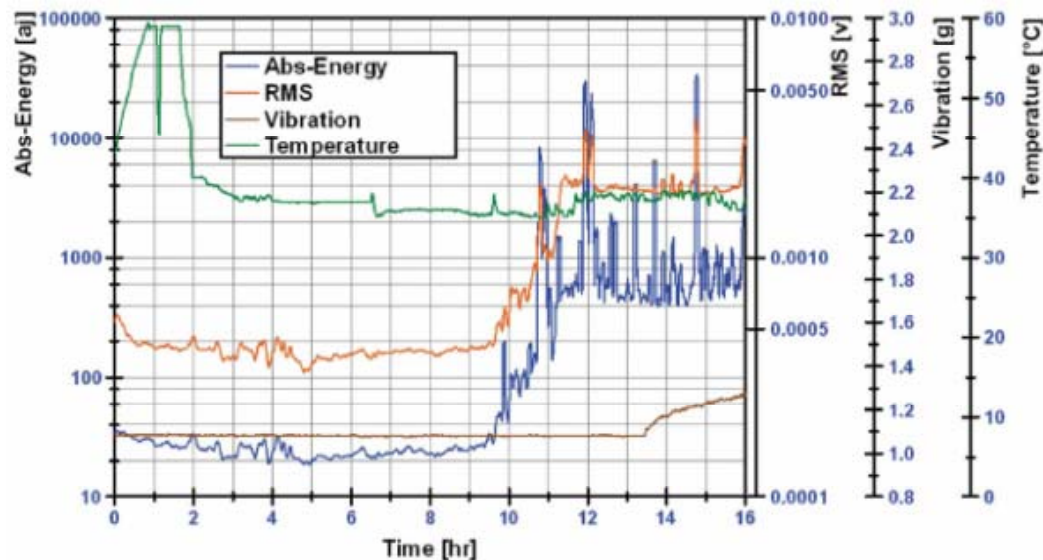
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metody hodnocení poškození ložisek

AE – vibrace – teplota



HENAO-SEPULVEDA, J. A., TOLEDO-QUIONES, M., JIA, Y. Contactless Monitoring of Ball Bearing Temperature, Instrumentation and Measurement Technology Conference 2005, Proceedings of the IEEE, Ottawa, Ontario, Canada, Vol.2, 16-19 May 2005, pp. 1571-1573.

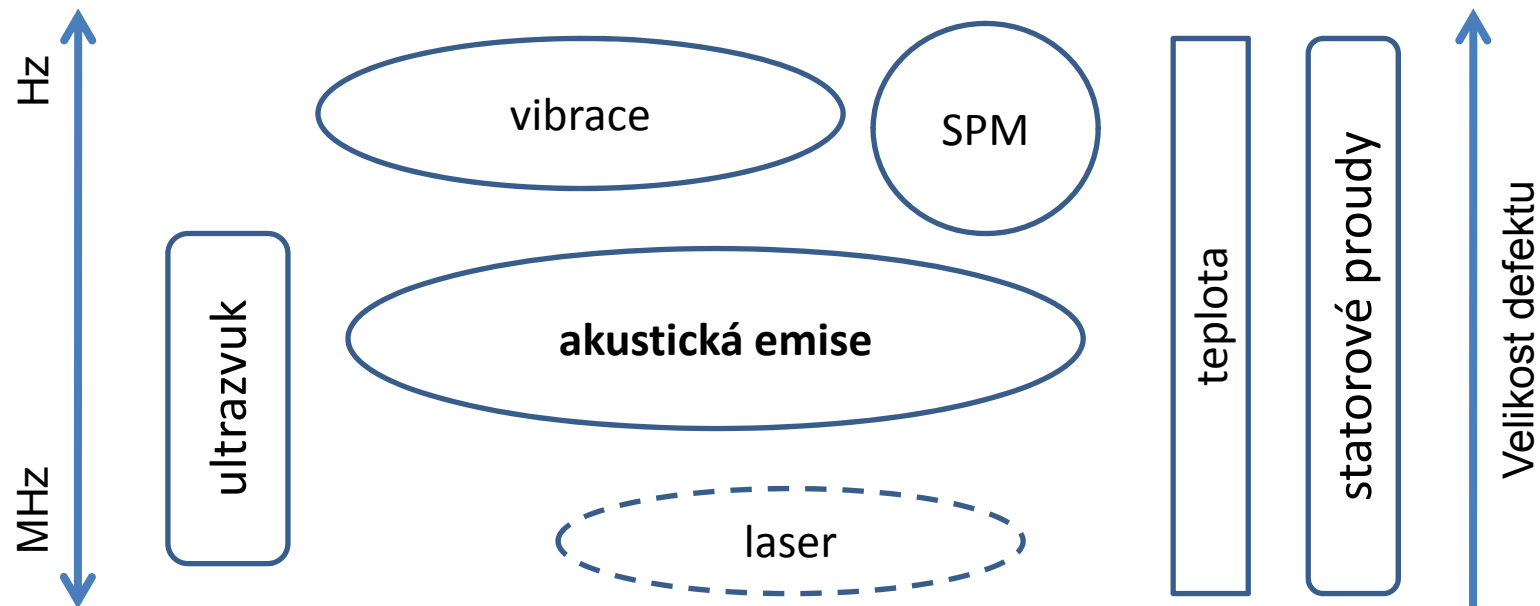
ELFORJANI, M., MBA, D. Monitoring the Onset and Propagation of Natural Degradation Process in Slow Speed Rolling Element Bearing with Acoustic Emission. In Journal of Vibration and Acoustics-Transactions of the ASME, ASME, USA, Vol. 130, No. 4, 2008, pp. 14, ISSN 1048-9002.

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



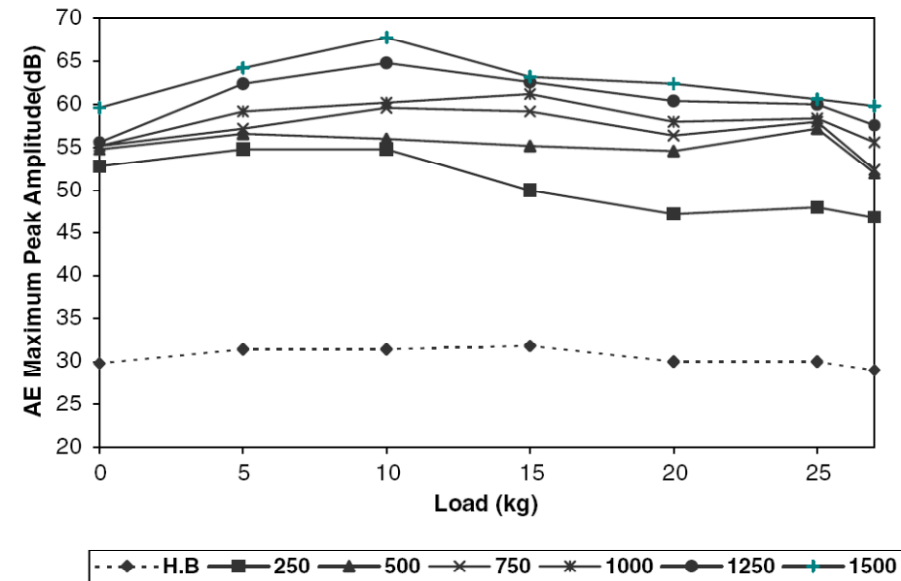
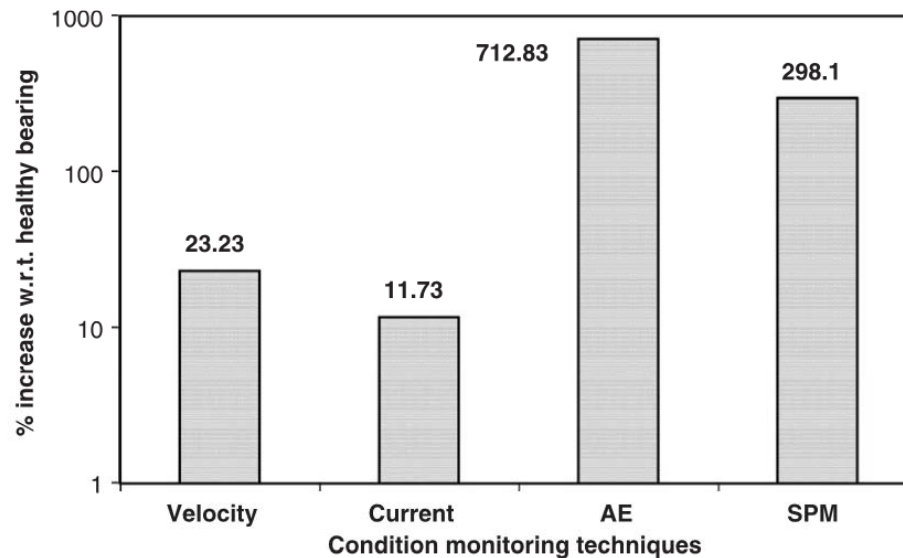
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metody hodnocení poškození ložisek



Metody hodnocení poškození ložisek

Porovnání diagnostických metod vzhledem k velikosti defektu

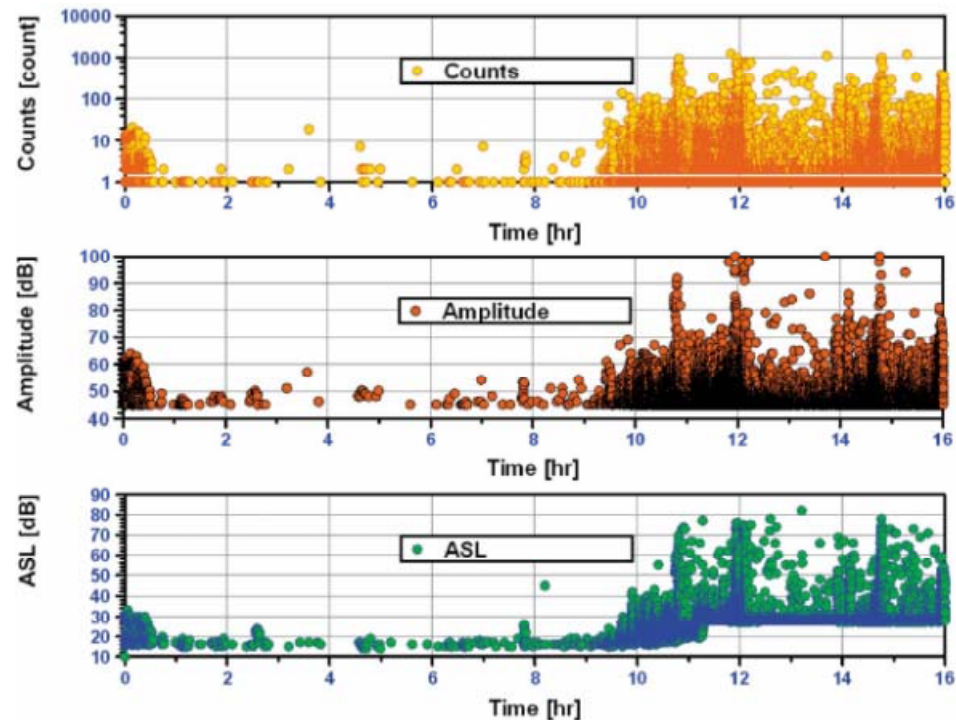


TANDON, N., YADAVA, G.S., RAMAKRISHNA, K.M. A Comparison of Some Condition Monitoring Techniques for the Detection of Defect in Induction Motor Ball Bearings. Mechanical systems and signal processing. Vol. 21, No. 1, INDE : ITMME Centre. New Delphi, 2005, pp. 244-256, ISSN 0888-3270.

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Základní parametry využívané při hodnocení poškození ložisek (časová oblast)

- RMS
- Counts
- maximální amplituda
- Distress



ELFORJANI, M., MBA, D. Monitoring the Onset and Propagation of Natural Degradation Process in Slow Speed Rolling Element Bearing with Acoustic Emission. In Journal of Vibration and Acoustics-Transactions of the ASME, ASME, USA, Vol. 130, No. 4, 2008, pp. 14, ISSN 1048-9002.

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Cíl dizertační práce

Cílem dizertační práce je zpřesnit diagnostiku vzniku poruch ložisek aplikací metody akustické emise.

Dílčí cíle práce

- Návrh a zajištění konstrukčních úprav zkušebních stanic SA 67.
- Realizace hlavní části experimentů na ložiscích typu 6204 a rozbor datových souborů s přiřazením změn parametrů signálu k charakteru a rozsahu poškození.
- Optimalizace nastavení měřícího řetězce s vypracováním návrhu postupu pro společné měření signálu AE, vibrací a teploty.
- Vypracování postupu identifikace vzniku poškození radiálních ložisek metodou AE.



<http://www.istockphoto.com>

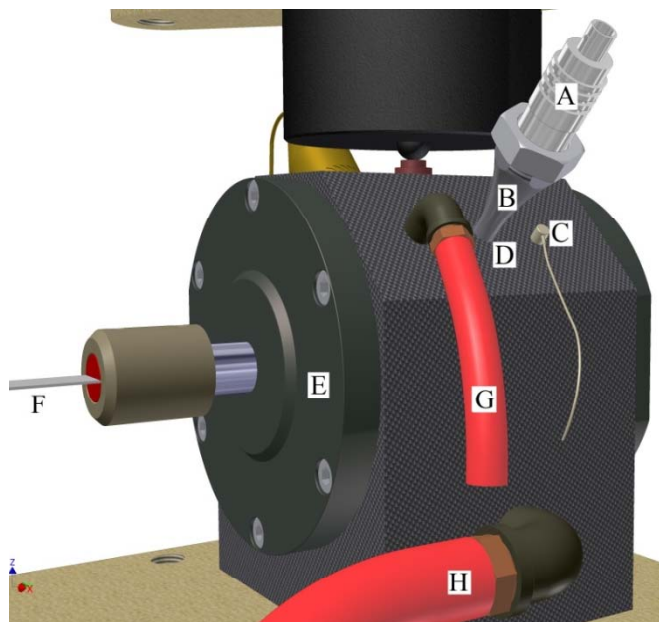
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



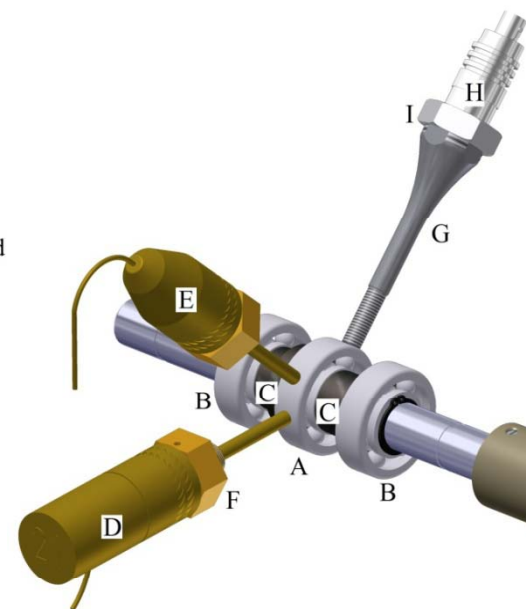
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úprava zkušebního zařízení

Konstrukční úpravy na stanici SA67



- A - snímač AE kovový
- B - vlnovod
- C - snímač AE MIDI
- D - otvor v tělese pro vlnovod
- E - víko tělesa stanice
- F - spojka (pružný plech)
- G - přívod oleje
- H - odvod oleje



- A - zkoušené ložisko
- B - podpůrné ložisko
- C - kroužek
- D - snímač vibrací a teploty (KP)
- E - snímač vibrací a teploty (VDT)
- F - redukce pro upnutí snímače
- G - vlnovod
- H - snímač AE kovový
- I - převlečná matice

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Experimentální zkoušky

trvanlivostní zkoušky

(dlouhodobé)

vs.

zrychlené zkoušky

(uměle zkrácené)

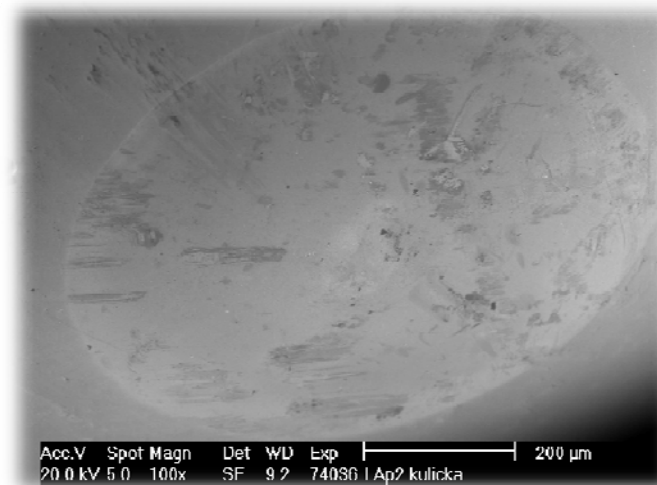
zrychlené zkoušky

- změna provozních podmínek zatížení, mazání, teplota
- změna geometrie styku těles výměna tvarového kroužku za plochý
- uměle vytvořené poškození

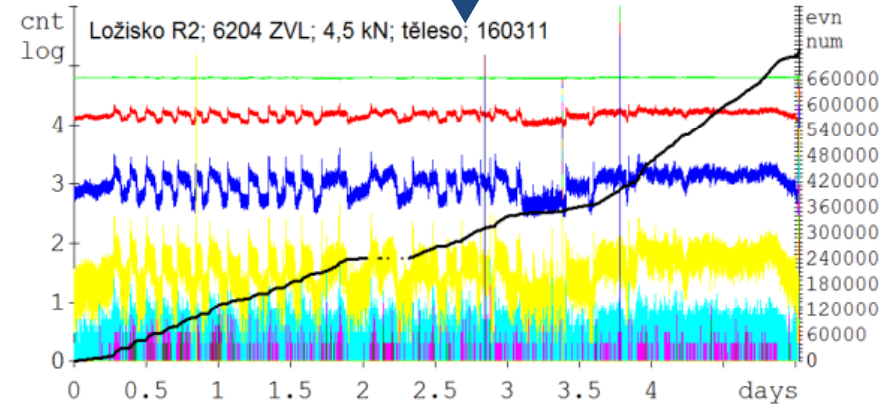
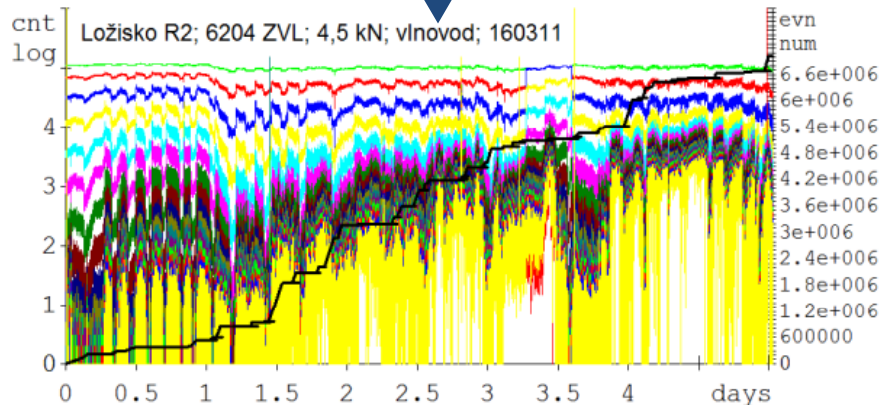
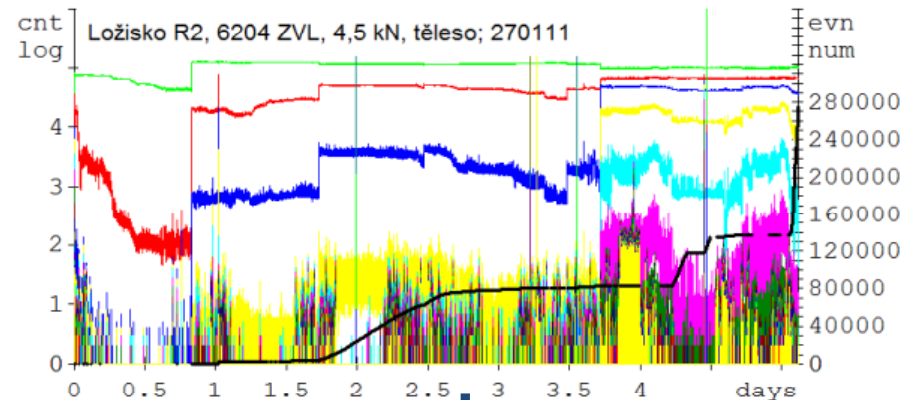
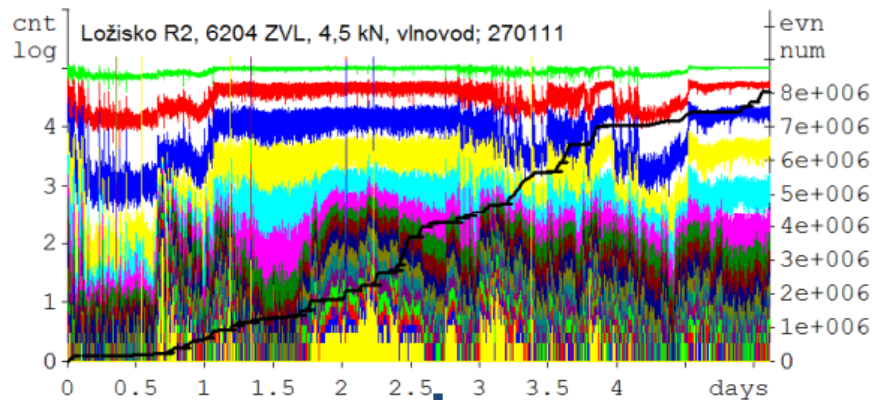
odezva na velikost

vs.

odezva na rozvoj poškození



Trvanlivostní zkoušky (vlnovod – těleso)

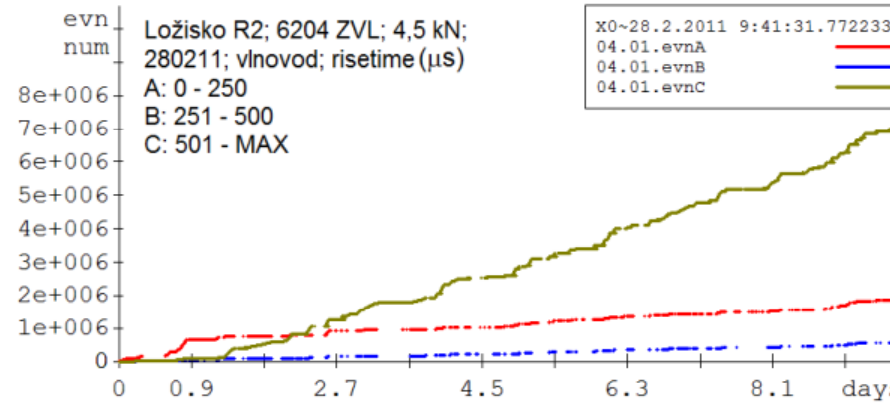
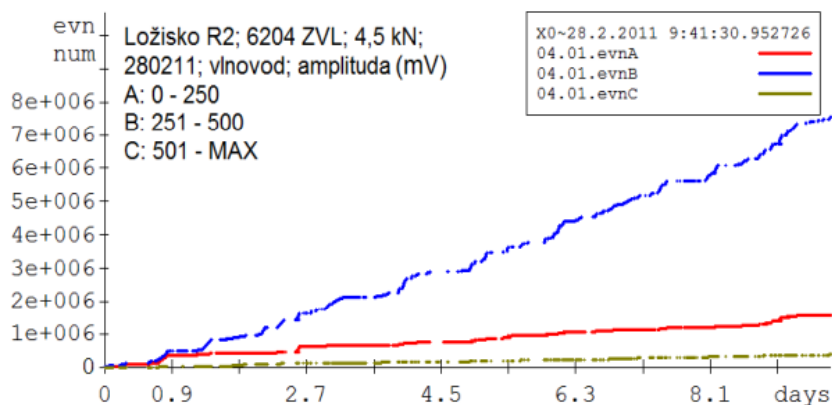
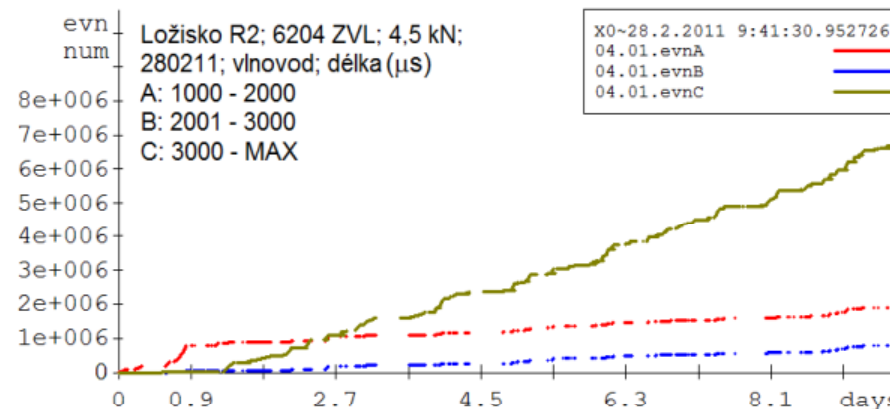
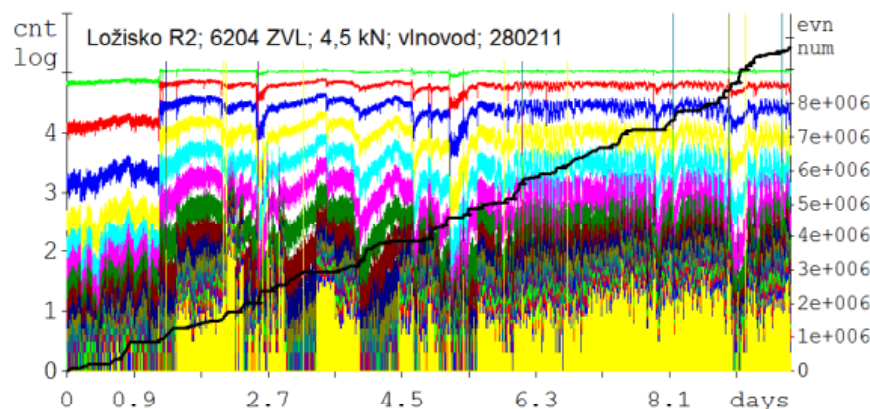


Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

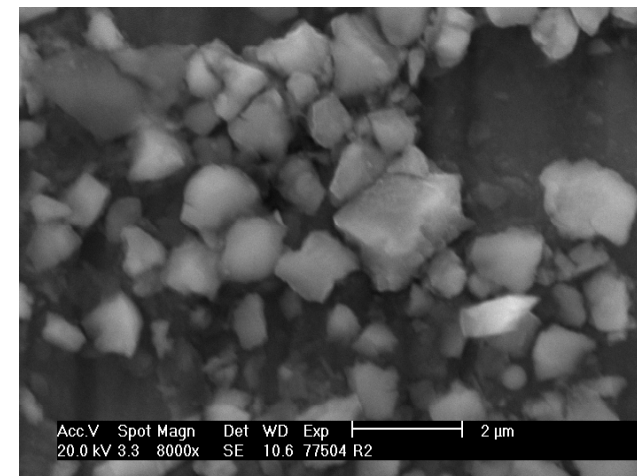
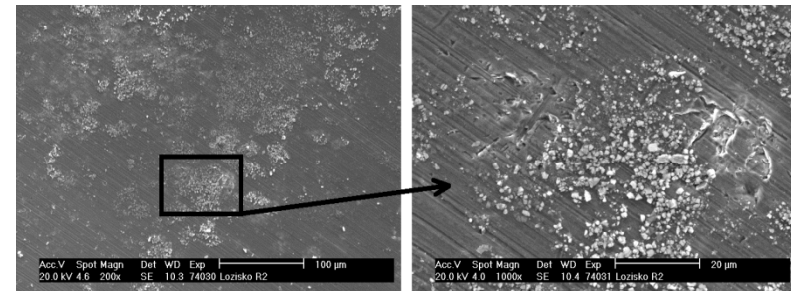
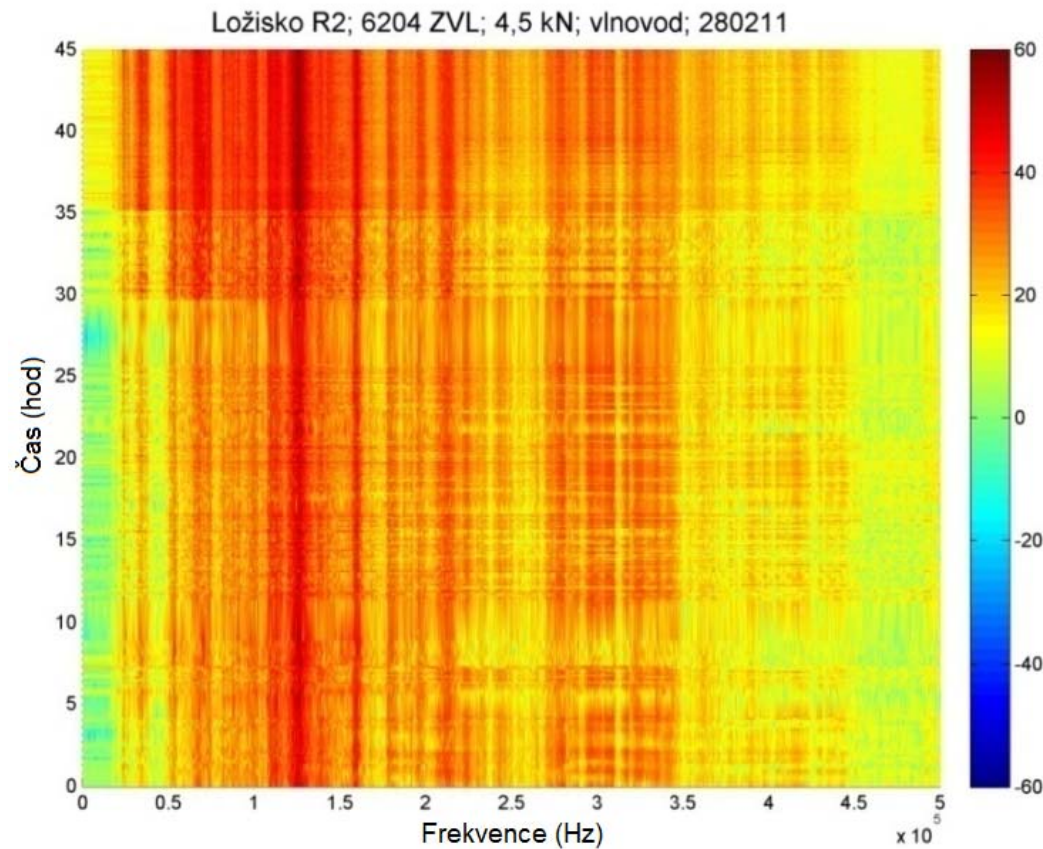
Trvanlivostní zkoušky – délka, amplituda a risetime (hitu)



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

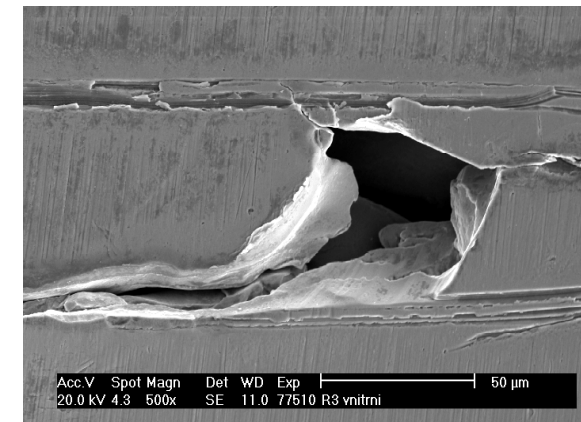
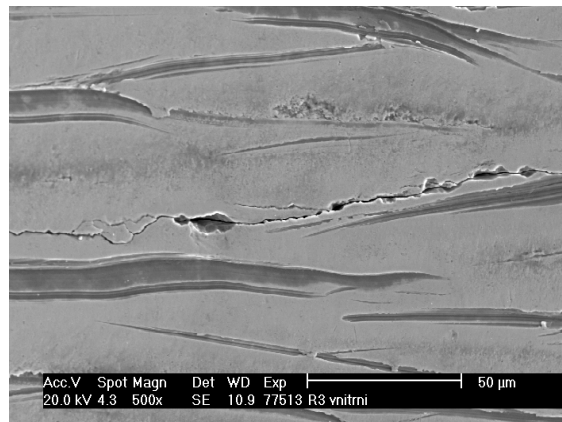
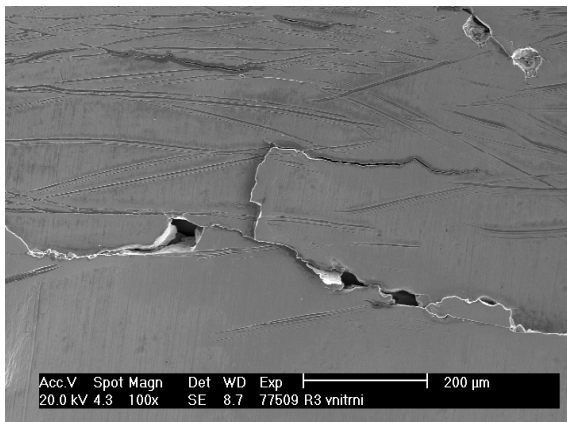
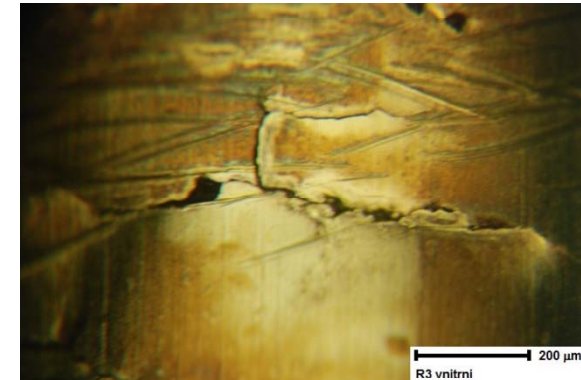
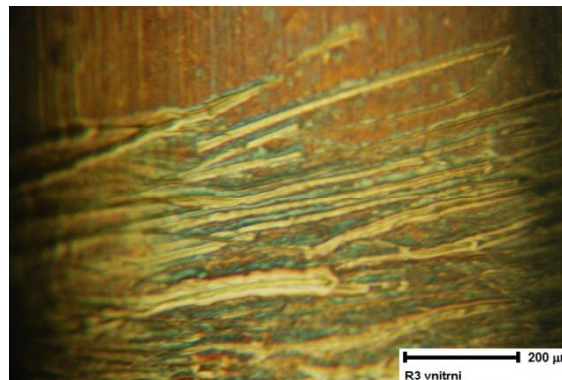
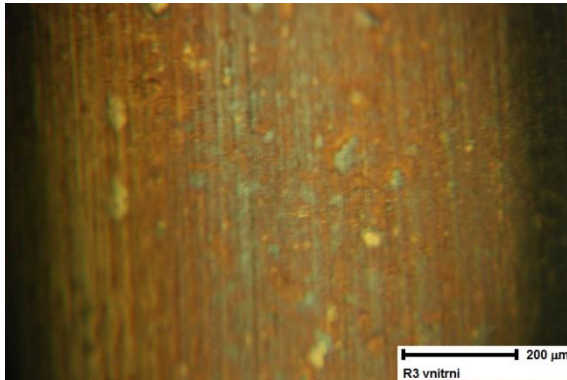


Trvanlivostní zkoušky – spektrogramy, snímky poškození



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Zrychlené zkoušky (uměle vytvořené poškození)



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



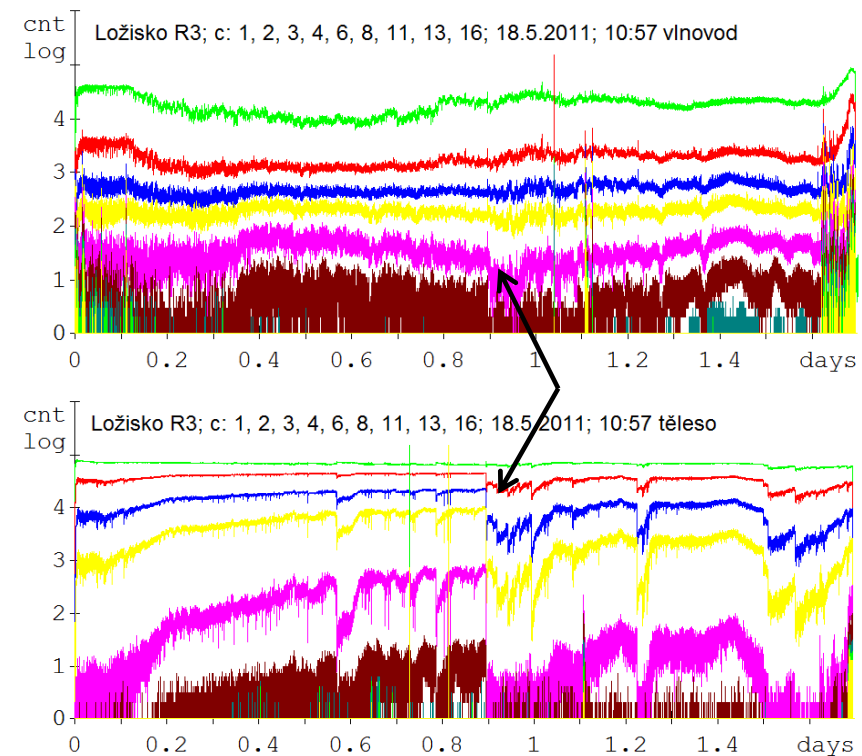
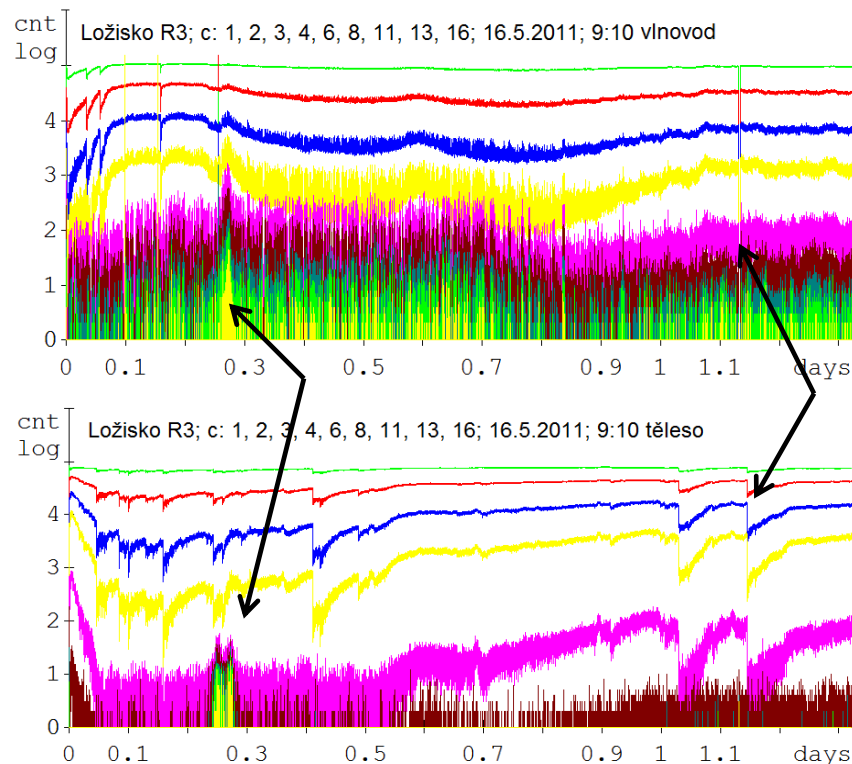
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zrychlené zkoušky (uměle vytvořené poškození)

před umělým poškozením

vs.

po umělém poškození



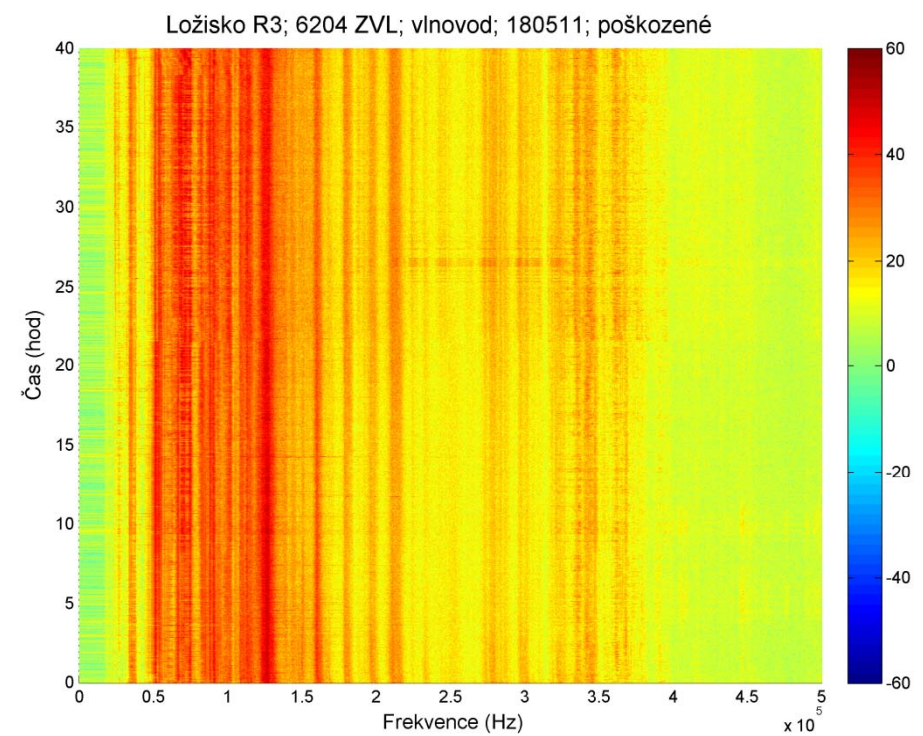
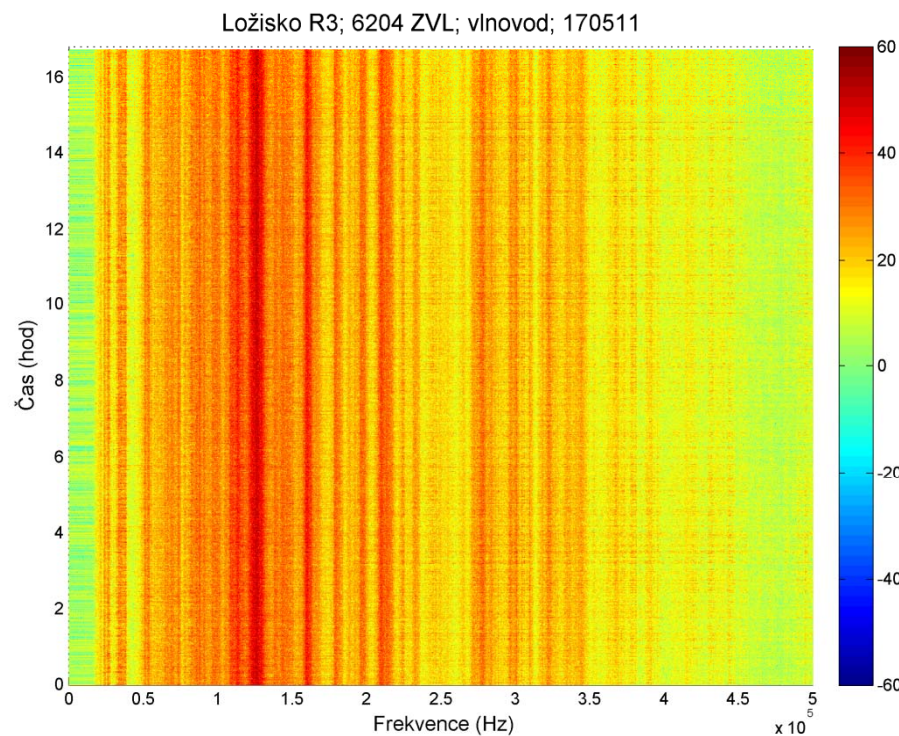
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Zrychlené zkoušky (uměle vytvořené poškození)

před umělým poškozením

vs.

po umělém poškození



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



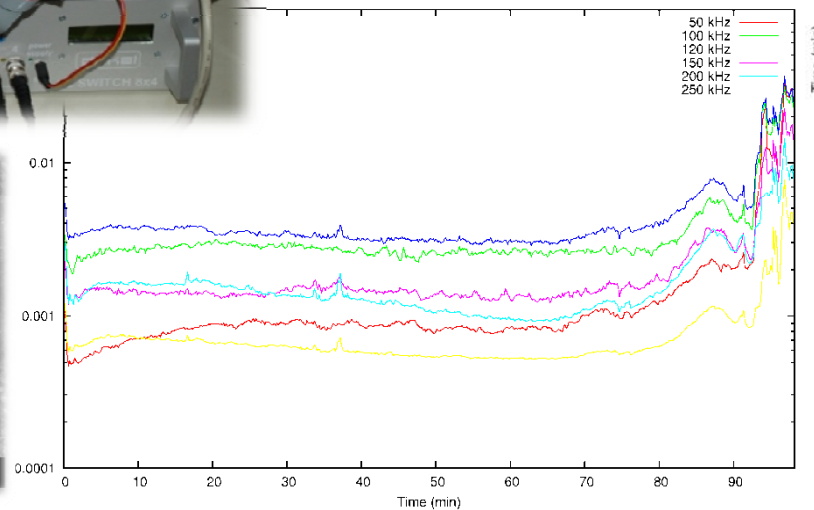
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zrychlené zkoušky (změna provozních podmínek) záměna plastického maziva za konzervační olej

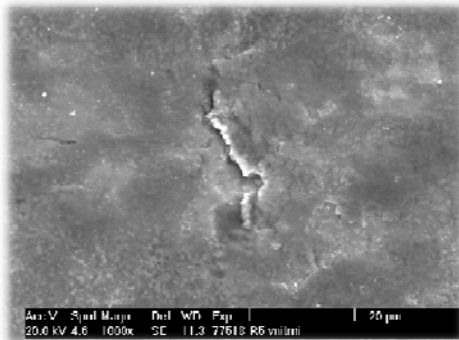
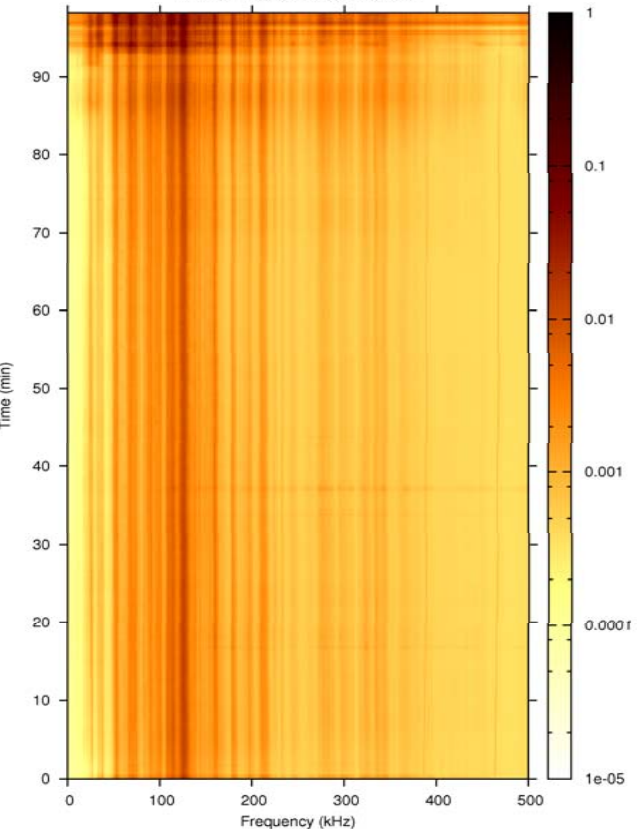


XEDO + SWITCH + IPL

Peaks evolution from Fri Jun 3 10:52:26 2011
Channel 1 (30 dB): Xedo Channel 1



Averaged spectra from Fri Jun 3 10:52:26 2011
Channel 1 (30 dB): Xedo Channel 1



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

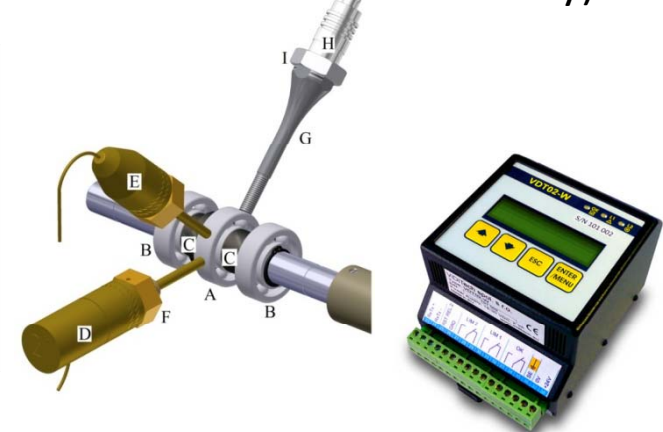


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metodika identifikace vzniku poškození radiálních ložisek s nastavením řetězce pro společné měření AE, vibrací a teploty dle normy ČSN EN 13554 (Nedestruktivní zkoušení – Akustická emise – Všeobecné zásady)

1) Příprava experimentu

- 1.1 Volba typu zkoušky
- 1.2 Volba ložiska
- 1.3 Příprava ložiska
- 1.4 Uměle vytvořené poškození ložiska
- 1.5 Zatížení zkoušeného ložiska
- 1.6 Volba snímačů a jejich upevnění



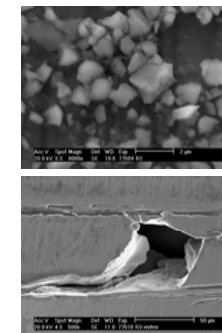
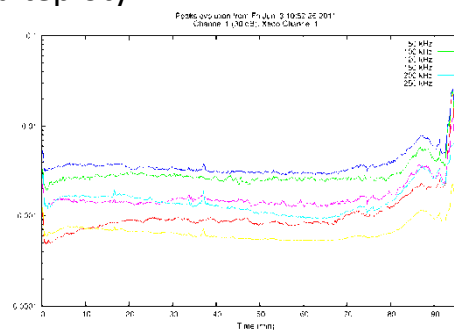
2) Zkoušení

- 2.1 Předběžná příprava a nastavení měření AE
- 2.2 Předběžná příprava a nastavení měření vibrací a teploty
- 2.3 Sběr dat a on-line analýza

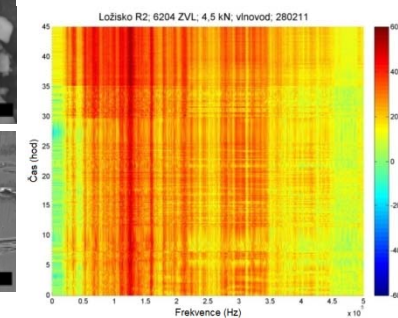
3) Vyhodnocení naměřených parametrů

- 3.1 Vyhodnocení parametrů AE
- 3.2 Vyhodnocení vibrací a teploty

4) Analýza poškození



<http://www.viditech.cz/>



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

Význam nových získaných poznatků

Byla nalezena:

- **přítomnost energetických cyklů v signálu během trvanlivostních zkoušek. (dosud nepublikováno)**

Bylo ověřeno:

- v problematice zrychlených zkoušek je vhodné volit počáteční iniciaci, která se později rozvine v přirozené únavové poškození.
- metoda akustické emise detekuje vznik a šíření poškození radiálních ložisek dříve, než je tomu u jiných běžně užívaných nedestruktivních metod.

Byly vytvořeny:

- **metodika hodnocení vzniku poškození radiálních ložisek** (další rozvoj vědní oblasti).
- konstrukční úpravy stanice (detailnějšího sledování zkoušek metodou AE, vibracemi a teplotou).
- nová aparatura: XEDO+SWITCH+IPL (spolupráce na testování při vývoji)

Publikace autora k dané problematice

HORT, F., MAZAL, P. Application of Acoustic Emission for Measuring of Contact Fatigue of Axial Bearing. *Engineering Mechanics, ENGINEERING ACADEMY OF THE CZECH REPUBLIC, Vol. 18, no. 2, 2011, pp. 1 – 9, ISSN 1802-1484.*

HORT, F., MAZAL, P. Application of Acoustic Emission for Monitoring of Bearing Lifetime. *Doprava, 2011, ISSN: 0012-5520. Accepted to printing*

HORT, F., MAZAL, P., VLAŠIC, F. Monitoring of Acoustic Emission Signal of Loaded Axial Bearings. *Journal of Materials Science and Engineering, USA, David Publishing, 2011, ISSN 1934-8959. Accepted to printing (9. - 10. 2011)*

MAZAL, P., HORT, F., DRAB, M., SLUNECKO, T. Some Possibilities of AE Signal Treatment at Contact Damage Tests of Materials and Bearings. *Journal of Acoustic Emission. 2008, 2008 (28)(1), p. 189 - 198, ISSN 0730-0050.*

MAZAL, P., HORT, F., VLAŠIC, F. Możliwość oceny stopnia zużycia łożysk metoda emisji akustycznej. *Badania Materialow - Materials Testing, 2009, 20(8), p. 11 - 17, ISSN 1734-4611.*

VLAŠIC, F., MAZAL, P., HORT, F. Comparison of Acoustic Emission Signal and X-Ray Diffraction at Initial Stages of Fatigue Damage. *Journal of Acoustic Emission. 2010, 28(1), p. 170 - 178, ISSN 0730-0050.*

MAZAL, P., VLAŠIC, F., HORT, F. Applications of Continuous Sampling of AE Signal for Detection of Fatigue Damage. In *Vth Workshop NDT in Progress. 2009. Brno, ČNDT. 2009. p. 383 - 390. ISBN 978-80-214-3968-9.*

MAZAL, P., HORT, F., VLASIC, F. Acoustic Emission Diagnostics of Roller Bearings Damage. In *International Symposium on Nondestructive Testing of Materials and Structures, NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, Springer in RILEM Bookseries, 15-18 May 2011. Accepted to printing.*

MAZAL, P., LISKUTIN, P., VLASIC, F., HORT, F., FIALA, J. Usage of Acoustic Emission Signal and X-ray Diffraction Analysis for Detection of Microstructural Changes in Cyclically Loaded AlMg Alloys. In *International Symposium on Nondestructive Testing of Materials and Structures, NDTMS-2011, Istanbul, Turkey, Springer in RILEM Bookseries, 15-18 May 2011. Accepted to printing.*

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Děkuji za pozornost.

*Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ