



Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.  
Geodézie Leděč nad Sázavou s.r.o.



# Expertní systém monitoringu deformací rizikových objektů a lokalit

Podpořeno projektem:

„Výzkum možností pozemního InSAR pro určování deformací rizikových  
objektů a lokalit“

č. FR-T14/436 v programu TIP Ministerstva průmyslu a obchodu ČR.

Příjemce podpory: Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.

Další účastník řešení: Geodézie Leděč nad Sázavou, s.r.o.

Kontaktní osoba: Ing. Milan Talich, Ph.D.,  
tel: 603 942 104, e-mail: Milan.Talich@utia.cas.cz

**i**cena<sup>®</sup>  
**novace**  
**roku**

21. ročník soutěže pod záštitou prezidenta ČR  
Miloše Zemana

# Úvod:

- Přihlášeným produktem je: expertní systém se souborem nových technologických postupů pro využití pozemní radarové interferometrie k určování a monitoringu deformací rizikových objektů a lokalit.
- Jedná se o řešení problematiky určování a monitoringu deformací rizikových objektů a lokalit pozemním interferometickým radarem IBIS-S a IBIS-L využívajícím metodu pozemní radarové interferometrie se syntetickou aperturou (GB-SAR).
- Rizikovými objekty a lokalitami v tomto případě jsou: dálniční, silniční a železniční mosty, výškové stavby včetně vysílačů, větrných elektráren, komínů a věžových vodojemů, dále pak opěrné stěny svahů a zářezů, přehradní hráze, skalní masivy, svahy ohrožené sesuvy, erozní oblasti apod.
- Ty mohou být narušeny přírodními živelnými událostmi (např. přívalové či vytrvalé deště, povodně, vichřice, eroze, seismická aktivita) nebo neopatrnou činností člověka (např. přetížení vozidel u mostů, havárie, důlní činnost) a způsobit tak značné materiální škody nebo ohrožení zdraví, příp. života lidí.

# Přehled systému:

- Jde o vůbec první expertní systém využívající dosažených stupňů technického poznání v daném oboru pro řešení úlohy určování deformací uvedených rizikových objektů a lokalit technikou pozemní radarové interferometrie. Jedná se o zcela původní řešení. Systém je zpřístupněn na: <http://p-insar.cz/apps/>
- Vše je doprovázené ověřením v praxi včetně podrobných návodů jak provádět vlastní měření i jejich zpracování a vyhodnocení. Systém technologie přehledným a interaktivním způsobem zpřístupňuje na Internetu. Součástí jsou i webové aplikace pro analýzu deformací a vizualizaci výsledků analýzy formou 2D a 3D modelů včetně vzorových ukázek analýz.
- Systém obsahuje tyto ověřené technologie pro určování:
  1. svislých průhybů **betonových mostních konstrukcí** pozemním interferometrickým radarem,
  2. svislých průhybů **kovových mostních konstrukcí** pozemním interferometrickým radarem,
  3. vodorovných příčných pohybů **stěn plavebních komor** pozemním interferometrickým radarem,
  4. vodorovných pohybů **továrních komínů** pozemním interferometrickým radarem,
  5. vodorovných pohybů **věžových vodojemů** pozemním interferometrickým radarem,
  6. vodorovných pohybů **stožárů větrných elektráren** pozemním interferometrickým radarem,
  7. vodorovných pohybů **věžových vysílačů** pozemním interferometrickým radarem,
  8. vodorovných pohybů **výškových budov** pozemním interferometrickým radarem,
  9. vodorovných pohybů **hrází údolních přehrad** pozemní radarovou interferometrií se syntetickou aperturou (GB-SAR),
  10. vodorovných pohybů **stěn lomů** pozemním interferometrickým radarem.

# Ukázka z dokumentace expertního systému zpřístupněného na <http://p-insar.cz/apps/>

**Projekty**

Aplikace umožňuje pracovat s projekty. Každý projekt dostane automaticky generovaný unikátní identifikátor, viditelný v URL. Každý projekt má tedy unikátní URL, pomocí kterého lze projekty ukládat do oblíbených položek prohlížeče či sdílet s dalšími osobami nebo mezi různými zařízeními.

**Ovládací rozhraní aplikace**

Obr. 6 ukazuje projekt v aplikaci IBIS-L. V horní části je hlavní menu aplikace. Postranní panel v levé části aplikace obsahuje nastavení, jméno modelu hráze a seznam souborů měření. Zbývající část okna aplikace zabírá zobrazovací plocha, která ukazuje model hráze (případně pokrytý texturou) a tenzory.

**Dokumentace**

## Expertní systém - IBIS Advisor

IBIS Advisor slouží k výběru vhodné technologie měření a zpracování výsledků měření. Funguje na principu dotazníku - několika otázek ohledně měřeného objektu, dostupného vybavení atd. Výsledkem je seznam materiálů užitečných pro danou situaci zejména:

- odkazy na texty ověřených technologií vztahujících se na konkrétní případ
- odkazy na aplikace pro zpracování výsledků měření
- odkazy na případové studie a odborné články zabývající se daným, nebo podobným tématem

## IBIS-S

Systém nabízí 4 aplikace pro vizualizaci výsledků měření IBIS-S:

- Časové řady
- Animace - linie
- Animace - plát
- Animace - linie + video

## Časové řady

Vizualizace výsledků jako časové řady naměřených posunů v čase. Jedním vstupem je soubor měřených posunů (vyexportovaný z programu IBIS-S Dataviewer), který se do aplikace nahrává pomocí formuláře na úvodní stránce aplikace.

## Animace - linie

Vizualizace výsledků jako dvourozměrné animace objektu v čase. Měřený objekt je zjednodušen na linii, měřené range biny jsou tomové body linie (viz obr. 1). Vstupem je soubor měřených posunů (vyexportovaný z programu IBIS-S Dataviewer), který se do aplikace nahrává pomocí formuláře na úvodní stránce aplikace.

**IBIS-L**

IBIS-L aplikace slouží k výpočtu a vizualizaci tenzorů deformace a z nich odvozených veličin (totální dilatace, úplný střih) pro deformace hráze měřené radarem IBIS-L. Výpočet tenzorů se opírá o objemovou interpolaci měřených posunů.

Vstupními údaji jsou:

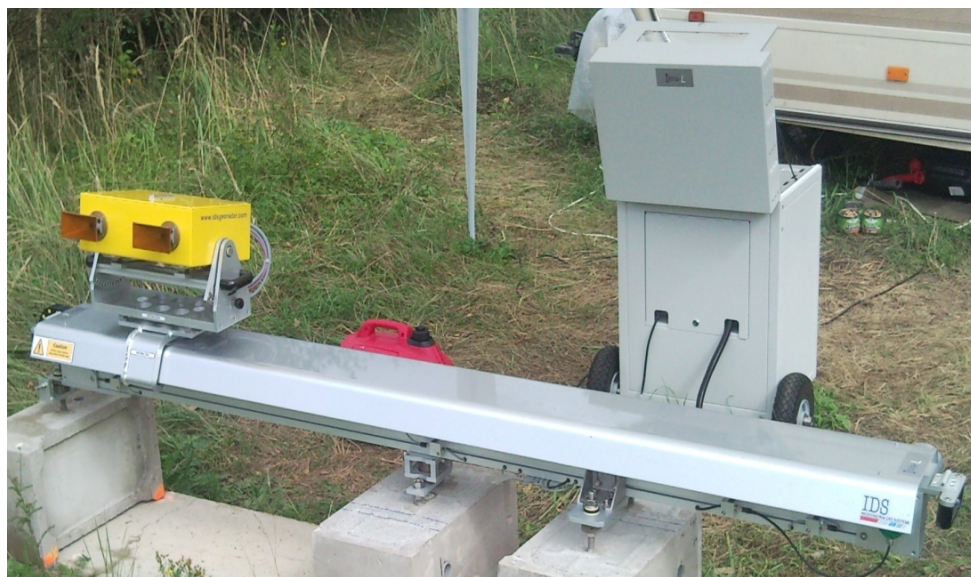
- 3D model hráze
- soubory měřených posunů (vyexportované z programu IBIS Guardian formátů xyz - polygon)
- velikost pixelů exportovaných měření
- maska pro výpočet

Výsledkem výpočtů jsou pole aproximovaných posunů, pole totální dilatace a úplného střihu, a tenzory deformace ve vybraných bodech (hustota těchto bodů lze nastavit). Posuny, dilatace a střihy jsou zobrazeny lineárně hypsometricky jako textura na modelu hráze. Tenzory jsou zobrazeny graficky na modelu hráze a jejich

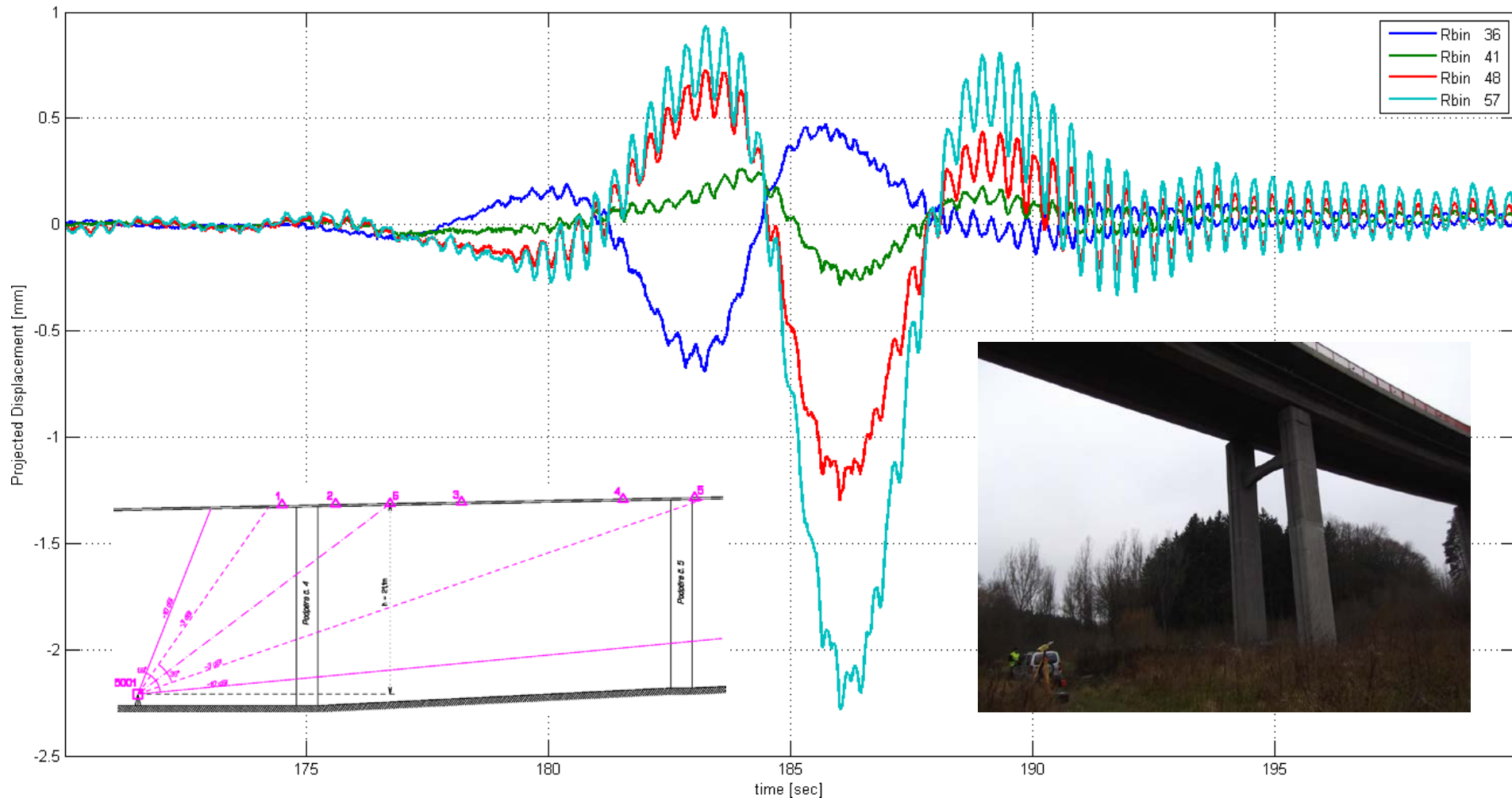
**br. 6 - aplikace IBIS-L**

Měření	Přihl.
2014-09-05 05:58	✓
2014-09-05 06:03	✓
2014-09-05 06:08	✓

# Přístrojové vybavení - pozemní interferometrický radar:

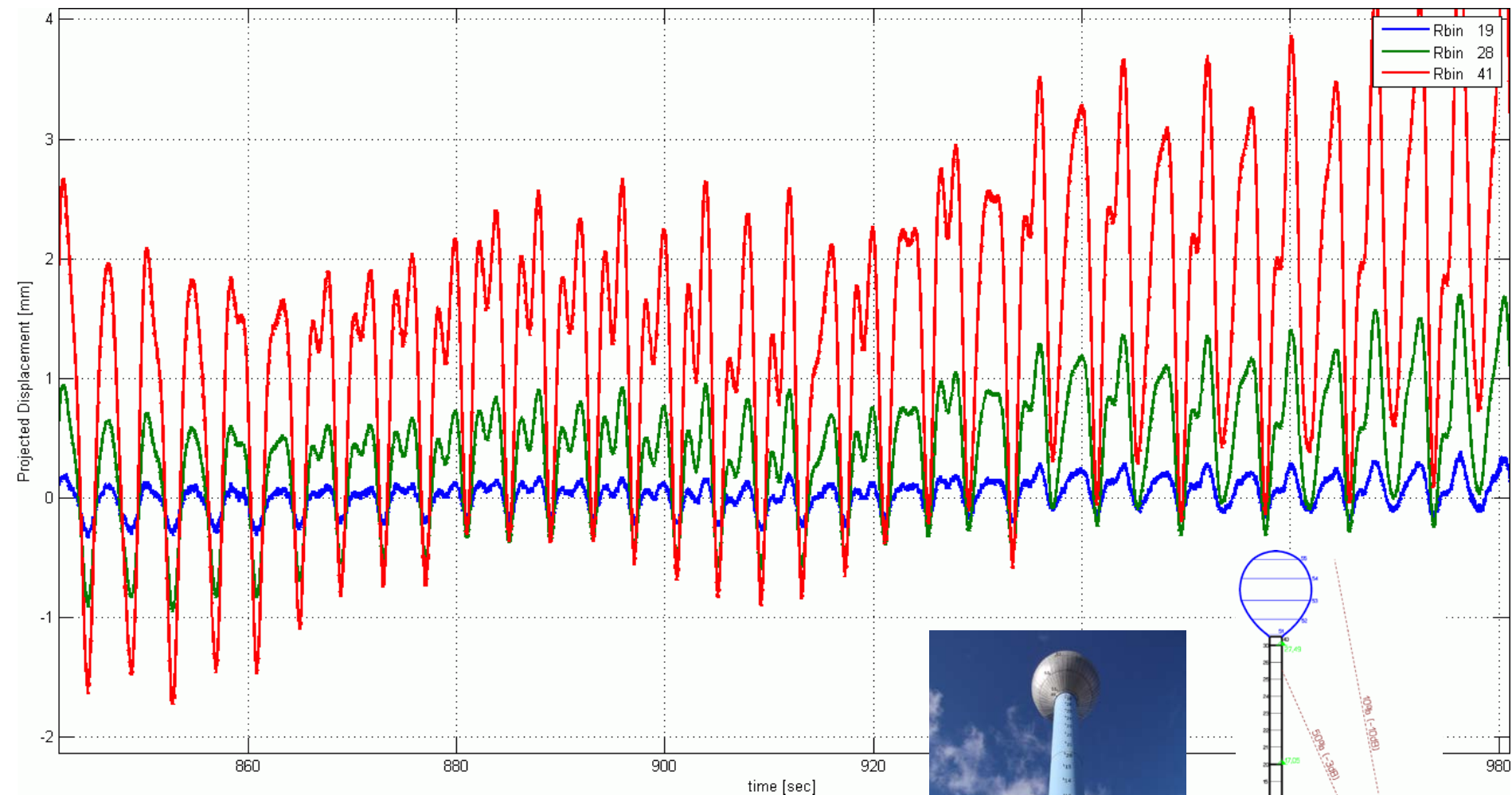


# Příklad měření silničního betonového mostu I/19 u Pelhřimova - detail vyhodnocení poklesů mostovky

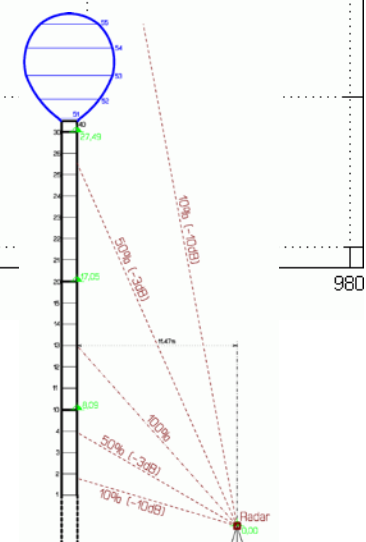


Svislé průhyby mostovky v místech odražečů č. 1,2,6 a 3 v čase 170 až 200s vlivem průjezdu vozidel

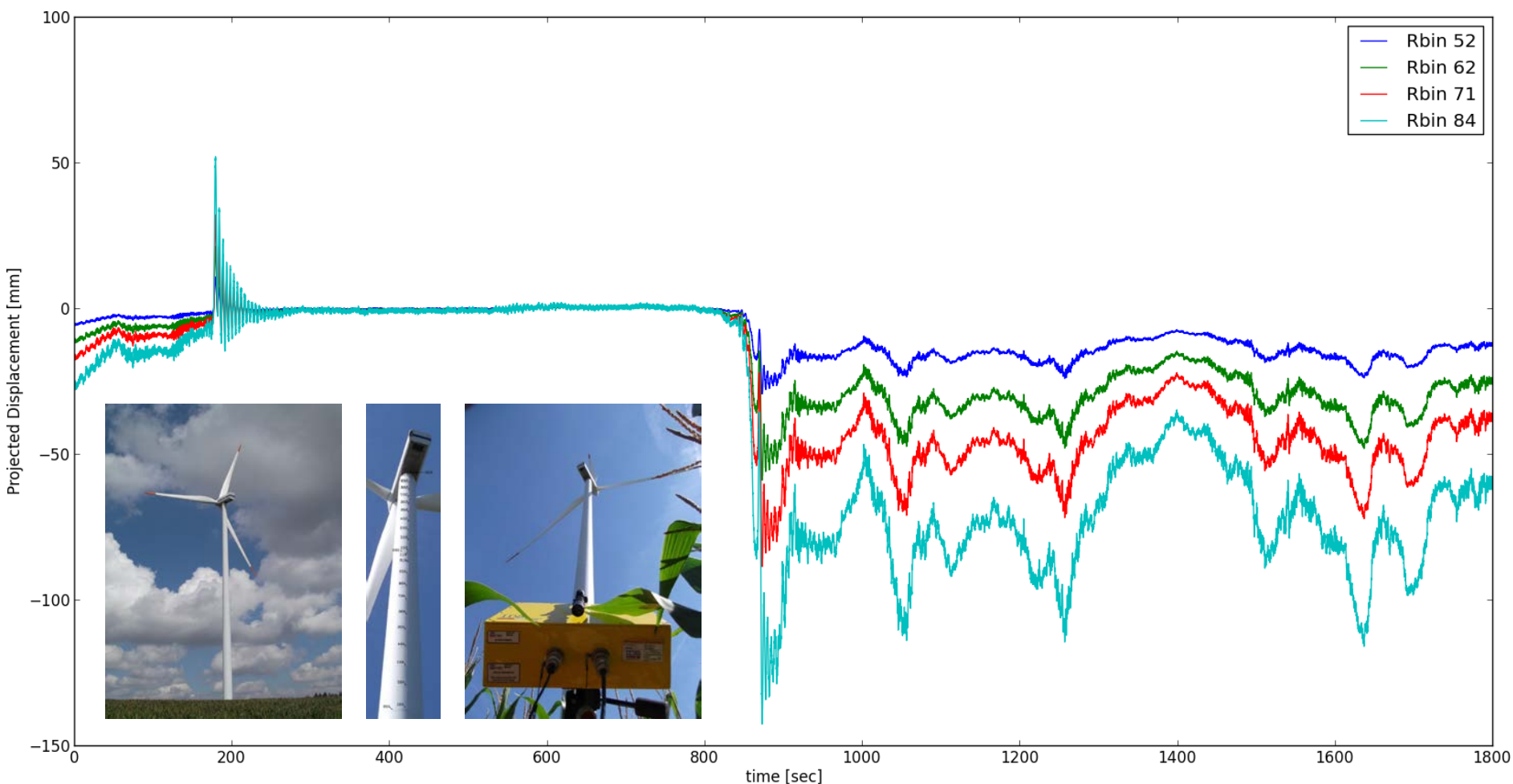
# Příklad měření vodorovných pohybů věžových vodojemů



Detail pohybů v průběhu 140s



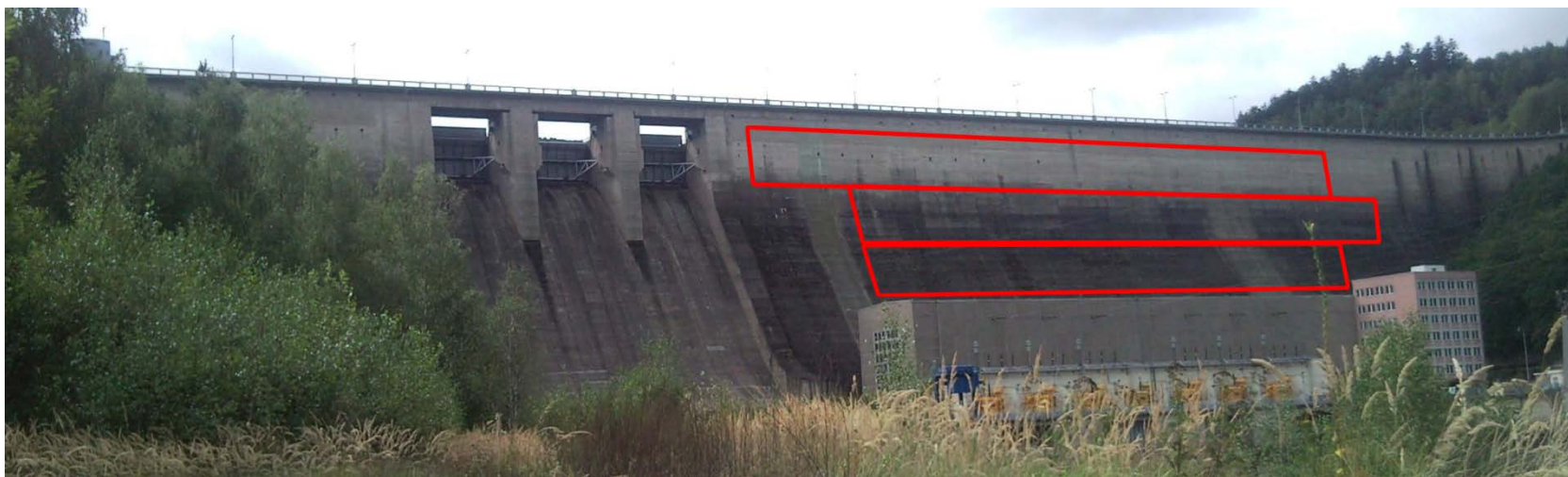
# Příklad měření vodorovných pohybů větrných elektráren



Pohyby při vypnutí a zapnutí rotoru během 30 min měření



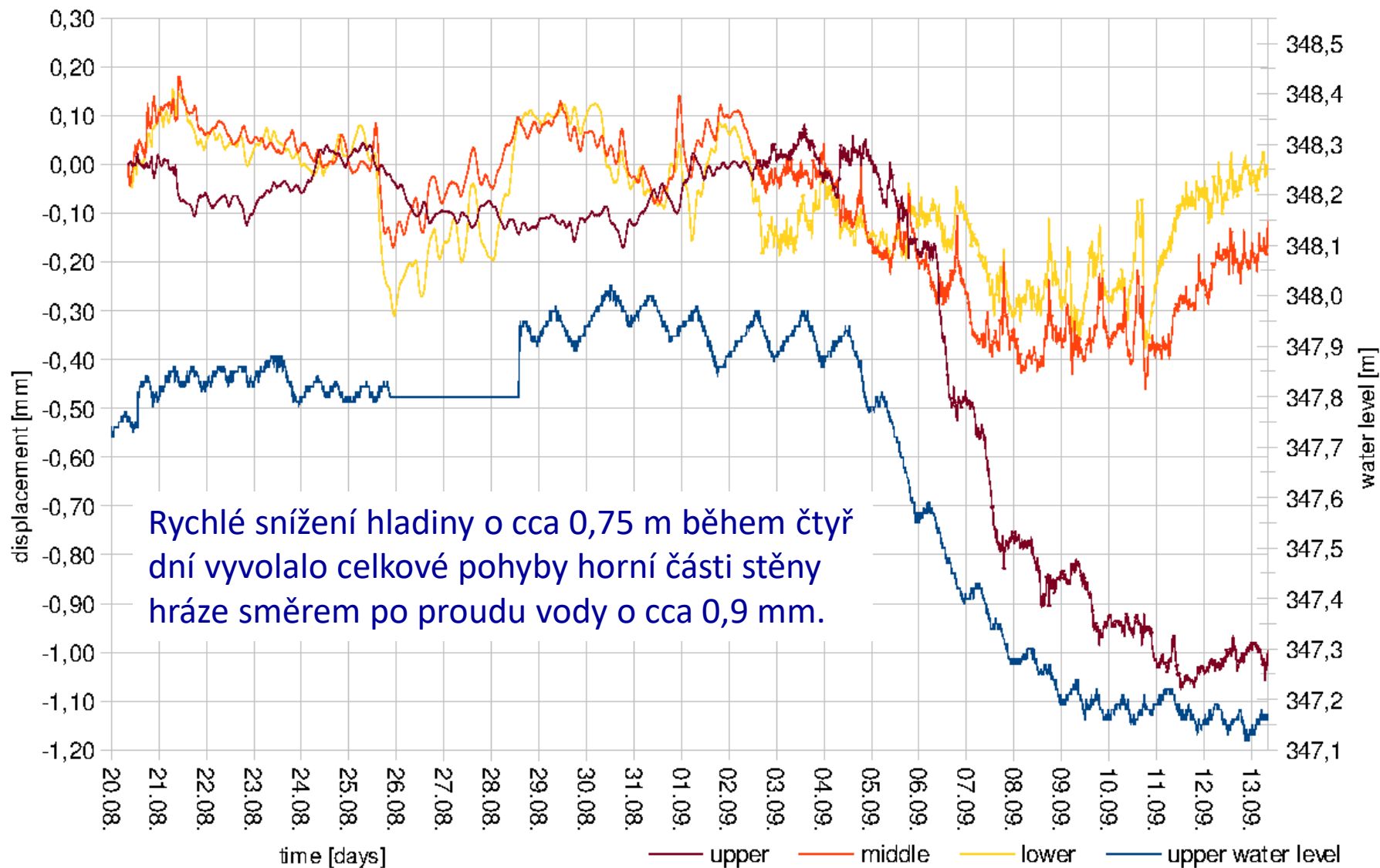
# Příklad měření vodní nádrže Orlík - detekce celkových pohybů jednotlivých částí stěny hráze



- Hráz byla rozdělena na tři přibližně stejně velké vodorovné oblasti
- Pro každou část byly určeny její průměrné pohyby (průměrné pohyby horní, střední a spodní části hráze)



# Příklad měření vodní nádrže Orlík - detekce celkových pohybů jednotlivých částí stěny hráze



Rychlé snížení hladiny o cca 0,75 m během čtyř dní vyvolalo celkové pohyby horní části stěny hráze směrem po proudu vody o cca 0,9 mm.

Průměrné pohyby **horní**, **střední** a **spodní** části hráze (3591 etap)