

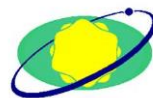


# Časové rady permanentných staníc **SKPOS**<sup>®</sup> (2007-2013)

**Ing. Branislav Droščák PhD.**

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

[branislav.droscak@skgeodesy.sk](mailto:branislav.droscak@skgeodesy.sk)



Nové poznatky z realizácie a interpretácie geodetických meraní – Tatry 2013  
21-22.11.2013, Štrbské Pleso, Slovensko



# Agenda

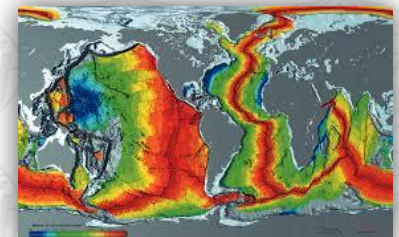
---

- Prečo analýza časových radov
- História analýz časových radov permanentných staníc **SKPOS**<sup>®</sup>
- Analýza údajov 2007 - 2013
  - spracovanie údajov, metodika, odhad skokov, ...
  - skúsenosti z analýzy
  - príspevok ku geodynamike resp. geokinematike
- Záver



# Prečo analýza časových radov

- stabilita staníc – jedna zo základných charakteristík kvality služby
- dôležité informácie pre správcu SKPOS®
  - posúdenie vhodnosti stabilizácie pre účel referenčnej stanice t.j. pre vybraté geodetické činnosti
  - nutné poznať kvalitu SKPOS® nakoľko reprezentuje realizáciu ETRS89 na Slovensku
- príspevok ku skúmaniu geokinematiky  
(v prípade pevného spojenia antény s podložím)
  - EUPOS kombinačné centrum dokazuje, že aj antény na strechách sú vhodné



# SKPOS®

## Krátka sumarizácia

- 30 permanentných staníc na území Slovenska
- 14 staníc s individuálnou kalibráciou antén
- Stabilizácia staníc:
  - 25 staníc – modul s nútenou centráciou na strechách,
  - 5 staníc - modul s nútenou centráciou na pilieroch.



www.skpos.gku.sk/Map/sensorMap.aspx

# SKPOS®

[www.skpos.gku.sk](http://www.skpos.gku.sk)

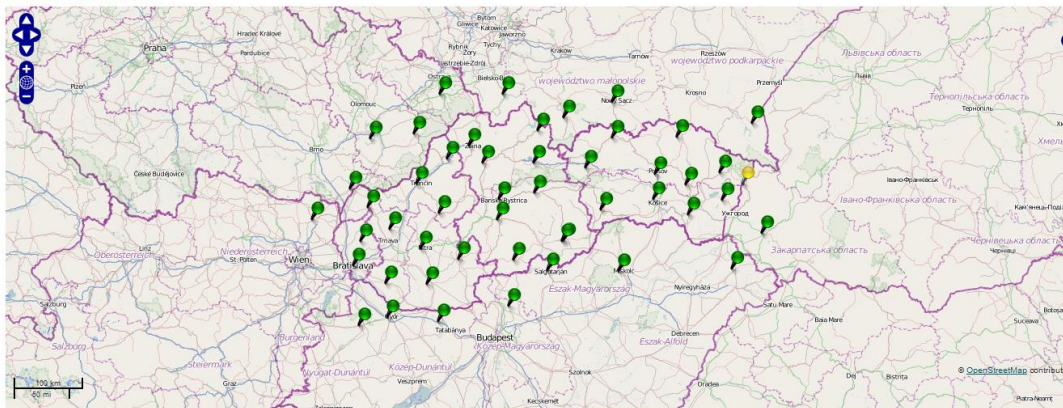


Portál Slovenskej priestorovej observačnej služby GNSS

> Domov > Mapa referenčných staníc

- Domov
- Mapa referenčných staníc
- Prílohy
- Registrovať
- Externé odkazy
- Monitoring SKPOS
- Monitoring CZEPOS

Mapa referenčných staníc



49 staníc  
BBYS  
BREZ  
CFRM  
CKRO  
CSOR  
CVSE  
GANP  
GKUA  
GVFC  
CHOD  
JABO  
KOSE  
KUZA  
LIE1  
MISC  
MOP2  
MSTB  
MUKA  
NWVC  
NWTG  
PEMB  
PEN2  
PRES  
RIS3  
SALG  
SKLS  
SKLM  
SKLV  
SKMT  
SKMTR





SKPOS®

# Typy stabilizácií



# História analýz časových radov staníc

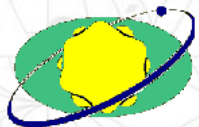
## SKPOS®

- 2008 – Droščák: Stanice SKPOS® z pohľadu časových radov



Medzinárodná vedecká konferencia 70 rokov SvF STU, 4. – 5. december 2008, Bratislava

- 2010 – Droščák: Skúsenosti z monitorovania stability staníc SKPOS®



Odborný seminár s medzinárodnou účasťou na tému „Družicové technológie a súčasná geodézia“. 8. december, 2010. Bratislava, Slovensko.



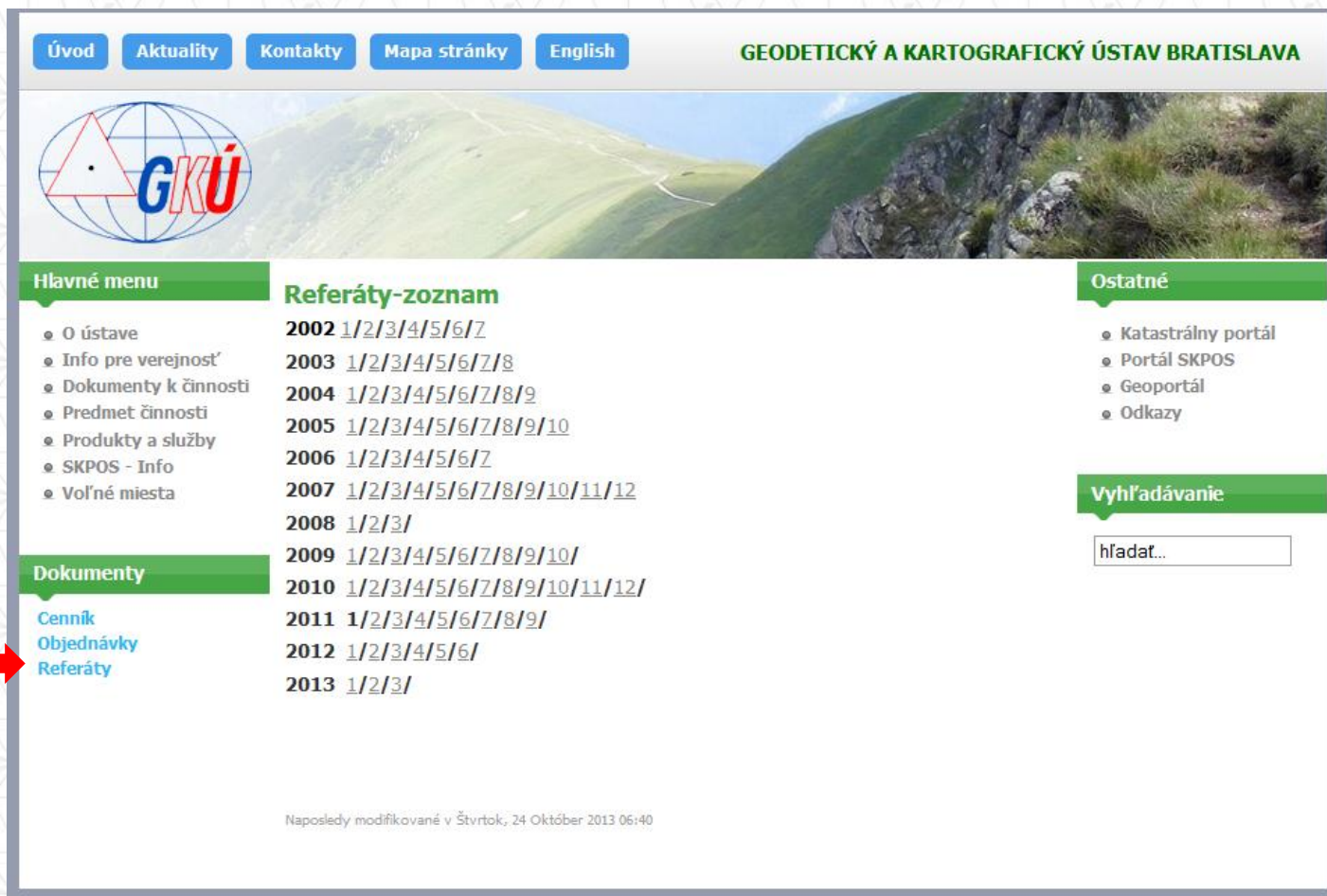
International symposium on *Global Navigation Satellite Systems, Space-based and Ground-based Augmentation Systems and Applications*, Brussels, Belgium, 29-30 November 2010





# História analýz časových radov staníc

## SKPOS®

- práce dostupné na [www.gku.sk/referáty](http://www.gku.sk/referáty)



Úvod   Aktuality   Kontakty   Mapa stránky   English   **GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ ÚSTAV BRATISLAVA**



**Hlavné menu**

- O ústave
- Info pre verejnosť
- Dokumenty k činnosti
- Predmet činnosti
- Produkty a služby
- SKPOS - Info
- Voľné miesta

**Dokumenty**

- Cenník
- Objednávky
- Referáty

**Referáty-zoznam**

2002 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)

2003 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)

2004 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)

2005 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)/[10](#)

2006 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)

2007 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)/[10](#)/[11](#)/[12](#)

2008 [1](#)/[2](#)/[3](#)

2009 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)/[10](#)

2010 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)/[10](#)/[11](#)/[12](#)

2011 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)/[7](#)/[8](#)/[9](#)

2012 [1](#)/[2](#)/[3](#)/[4](#)/[5](#)/[6](#)

2013 [1](#)/[2](#)/[3](#)

**Ostatné**

- Katastrálny portál
- Portál SKPOS
- Geoportál
- Odkazy

**Vyhľadávanie**

Naposledy modifikované v Štvrtok, 24 Október 2013 06:40

# História analýz časových radov staníc

**SKPOS**<sup>®</sup>

	<b>Analýza z roku 2008</b>	<b>Analýza z roku 2010</b>
<b>Spracované obdobie</b>	2007-2008	2007-2010
<b>Odhad skokov</b>	malé skoky v dôsledku výmen antén	mm skoky v dôsledku výmeny antén LIE1 – nečakaný skok?
<b>Odhad amplitúd</b>	HZ – pod 2 mm (okrem SKSK) V – pod 4 mm (okrem 3 staníc)	SKSK – 2-3mm sezónne variácie V – mm variácie na pilieroch
<b>Odhad trendu</b>	zložka východ-západ (problém s odfiltrovaním rýchlosti)	zanedbateľný
<b>Anomálne správanie</b>	Nezistené	KUZA – neznámy dôvod
<b>Geodynamika / geokinematika</b>	Nezistovaná	HZ rýchlosti niektorých bodov (KUZA, SKMT, GANP a SKSL) max 2 mm
<b>Celkové zhodnotenie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- výsledky odpovedajú krátkemu obdobiu</li><li>- stanice vhodné pre def. účel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- väčšina staníc stabilný priebeh</li><li>- stanice vhodné pre definovaný účel</li><li>- možnosť detekovania mm pohybov</li></ul>





# Spracovanie údajov Bernese GPS software v5.0

## ■ Presné spracovanie GNSS observácií

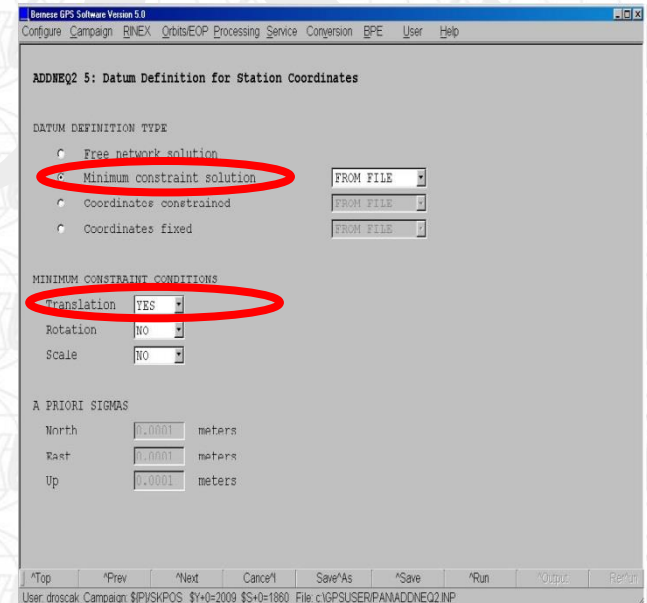
- ITRS - ITRF2005
- Absolútne modely fázových centier antén
- Presné finálne IGS efemeridy
- GPS+GLONASS

## ■ Vyrovnanie (referencovanie)

- podmienka Minimal Constraint – no net translation na vybratých EPN stanicich

## ■ Výsledné SINEX súbory

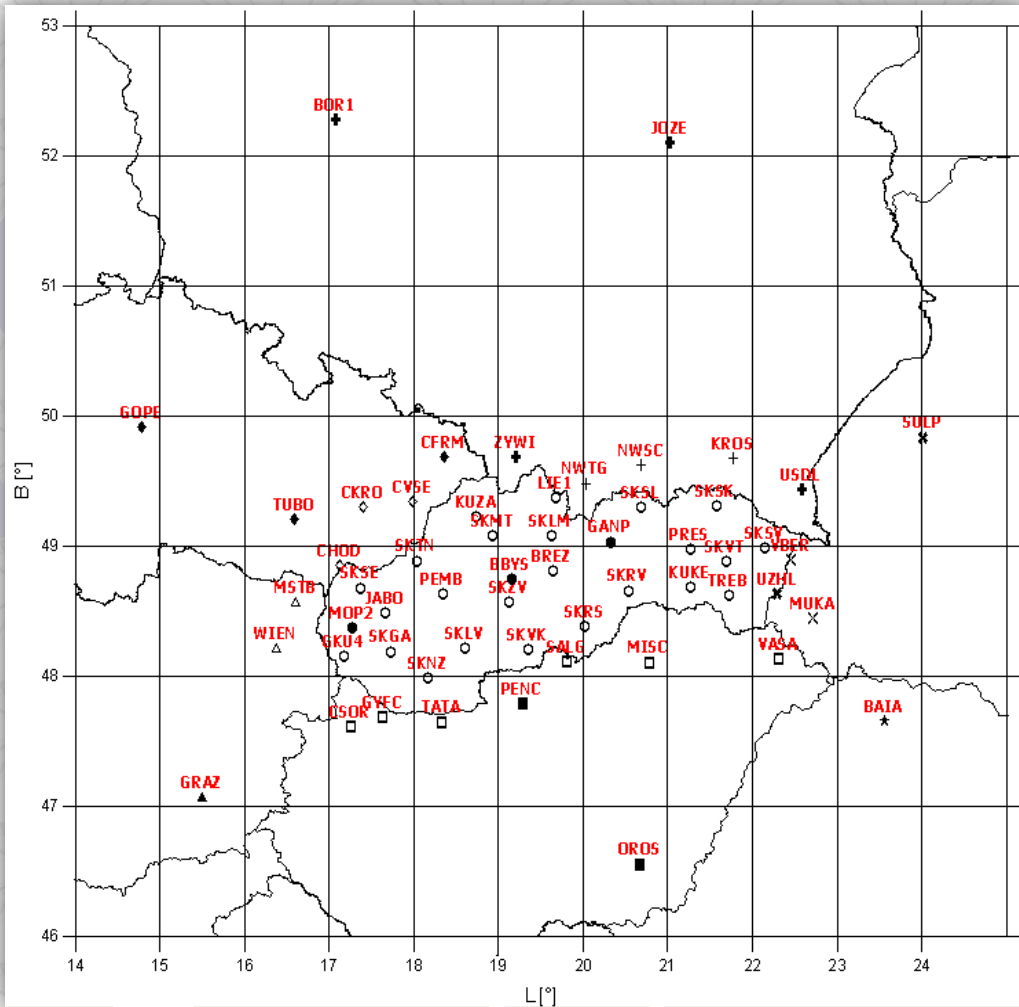
- XYZ súradnice v ITRF2005





# Spracovanie údajov

## Sieť staníc



■ SKPOS int	30/1 EPN
■ SKPOS ext	2/2 EPN
■ APOS	3/1 EPN
■ GNSSnet.hu	8/2 EPN
■ CZEPOS	6/3 EPN
■ ASG-EUPOS	7/4 EPN
■ ZAKPOS	3/1
■ EPN	2

---

Spolu 61 staníc

# Výpočet rezíduí

## Softvér MathCAD 14

### ■ Procedúra:

1. **Eliminácia pohybu Eurázijskej tektonickej platne – rýchlostný model ITRF2005** (Memo, Altamimi et. al.)

$$\mathbf{X}^{Corr}_i(t) = \mathbf{X}_i(t) - \mathbf{v}_i^{ITRF\ 2005}(t)$$

$$d\mathbf{X}_i(t) = \mathbf{X}^{Corr}_i(t) - \overline{\mathbf{X}}^{Corr}_i(t)$$

2. **Transformácia XYZ súradníc do topocentrického súradnicového systému** (neu)

$$d\mathbf{N}_i(t) = \begin{pmatrix} dn_i(t) \\ de_i(t) \\ du_i(t) \end{pmatrix} = \mathbf{R}(B_i, L_i) \cdot d\mathbf{X}_i(t)$$

3. **Vytvorenie časových radov rezíduí** (neu)

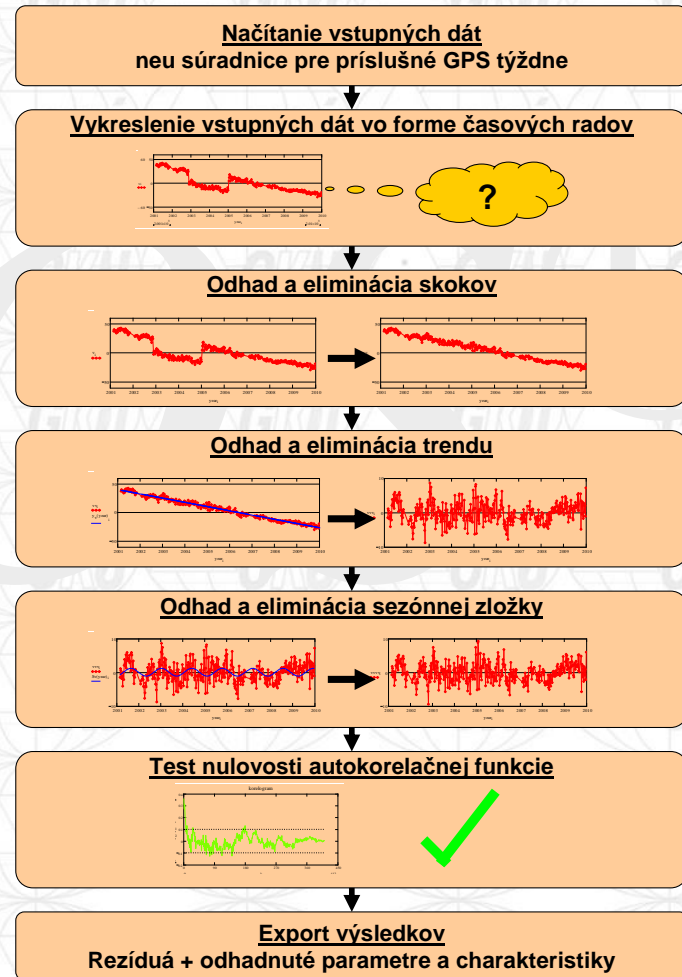


# Dekompozícia časových radov

## Softvér MathCAD 14

■ Metodika vyvinutá v rámci dizertačnej práce (Droščák, 2010)

- Odhad a eliminácia skokov
- Odhad trendu
- Odhad sezónnej zložky



# Odhad a eliminácia skokov

## ■ Odhad skokov v okamihoch:

- výmena antény
- manipulácia s anténou (spevňovanie držiaka atď.)
- neznáma príčina (skok odhadnutý z grafického vykreslenia časového radu)



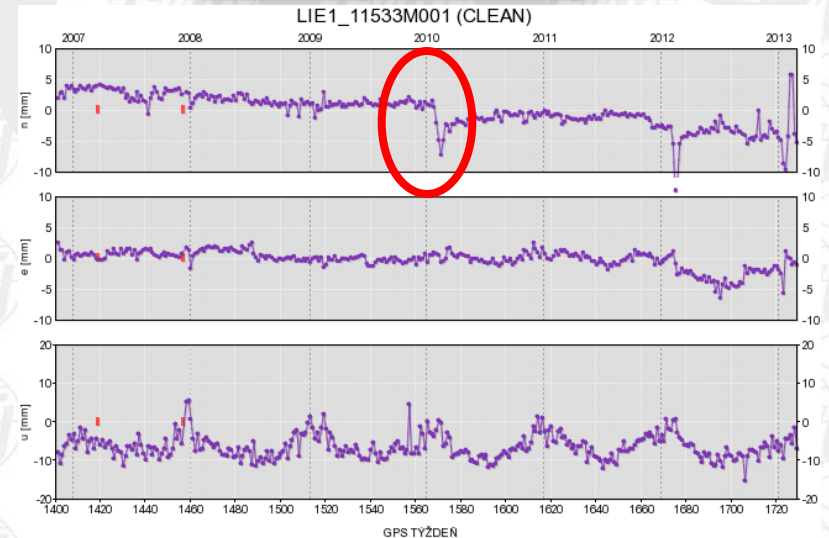
## ■ MNŠ - lineárna regresia

$$y_a = kx_a + q_a$$

$$k = \text{konšt.}$$

$$y_b = kx_b + q_b$$

$$\text{skok} = q_a - q_b$$



Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uväznený ofset



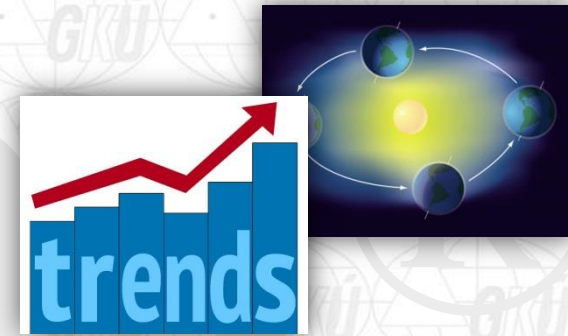
# Odhad a eliminácia skokov

- Odhadnutých skokov: 17
- Počet staníc so skokom: 10
- Príčiny skokov:
  - 11x výmena antény
  - 6x neznáma

Stanica / číslo skoku	Príčina skoku	Dátum (GPS týždeň)	Zložka	Veľkosť skoku (mm)	Stredná chyba (mm)
PRES	výmena antény	1488	n e u	3,2 -2,7 -1,5	0,08 0,12 0,32
SKGA / 1	výmena antény	1486	n e u	6,3 -0,9 -0,5	0,21 0,21 0,76
SKGA / 2	výmena antény	1542	n e u	2,4 1,4 -3,8	0,21 0,21 0,76
SKNZ	výmena antény	1488	n e u	3,3 -2,0 3,5	0,21 0,09 0,30
...	...	...	...	...	...

# Odhad trendu a sezónnej zložky

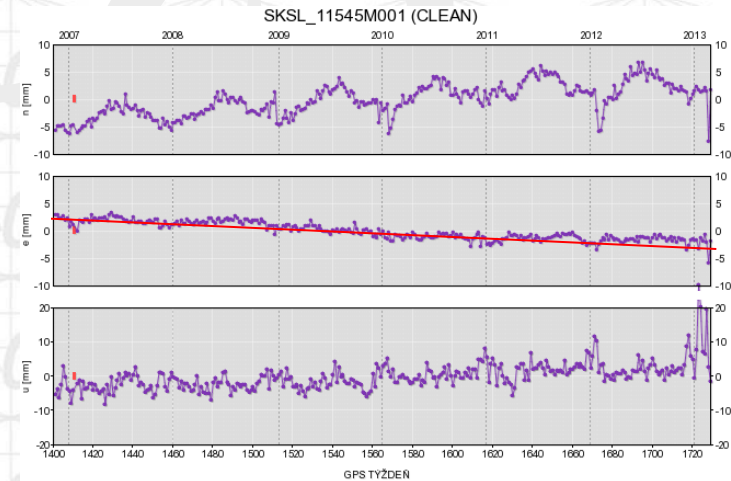
- **Trend** = vnútroplatňová rýchlosť stanice (po eliminácii pohyb eurázijskej tektonickej platne)
- Odhad – MNS lineárna regresia
- **Sezónna zložka**
- Odhad – MNS Metóda harmonickej analýzy (MNS)
  - Amplitúda ročnej periódy ( $A$ )
  - Fázový posunov ročnej ampilúdy ( $\varphi$ )



**Trend**

$$y = \mathbf{a} \cdot x + b + \mathbf{A} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot x - \varphi)$$

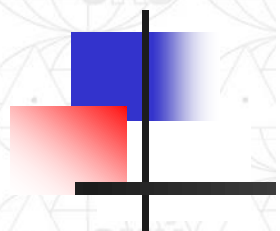
**Komponent sezónnej zložky**



Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uvážený ošet

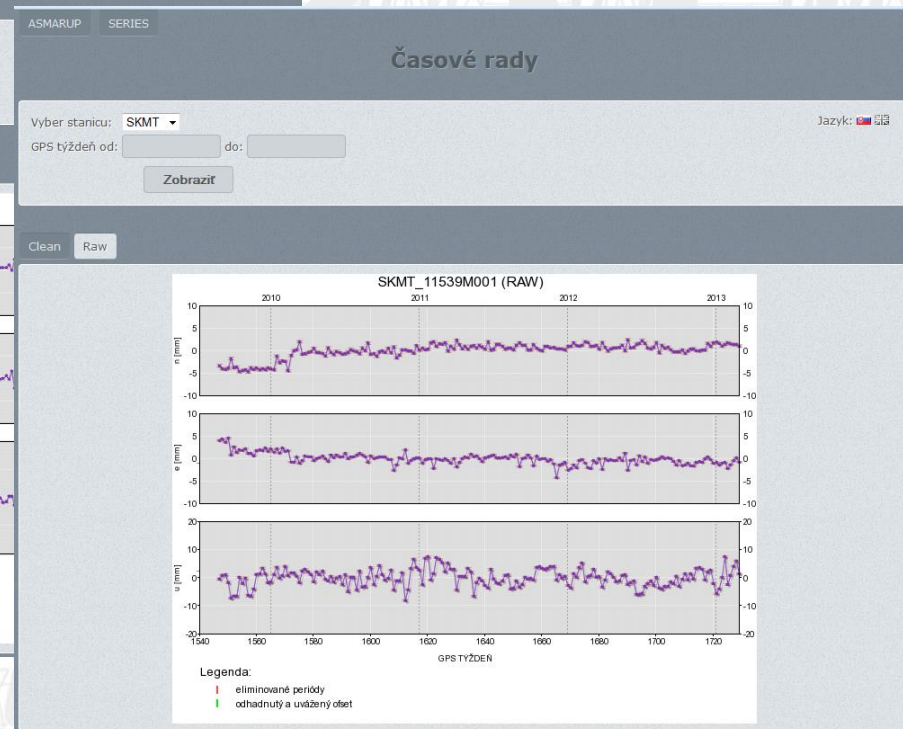
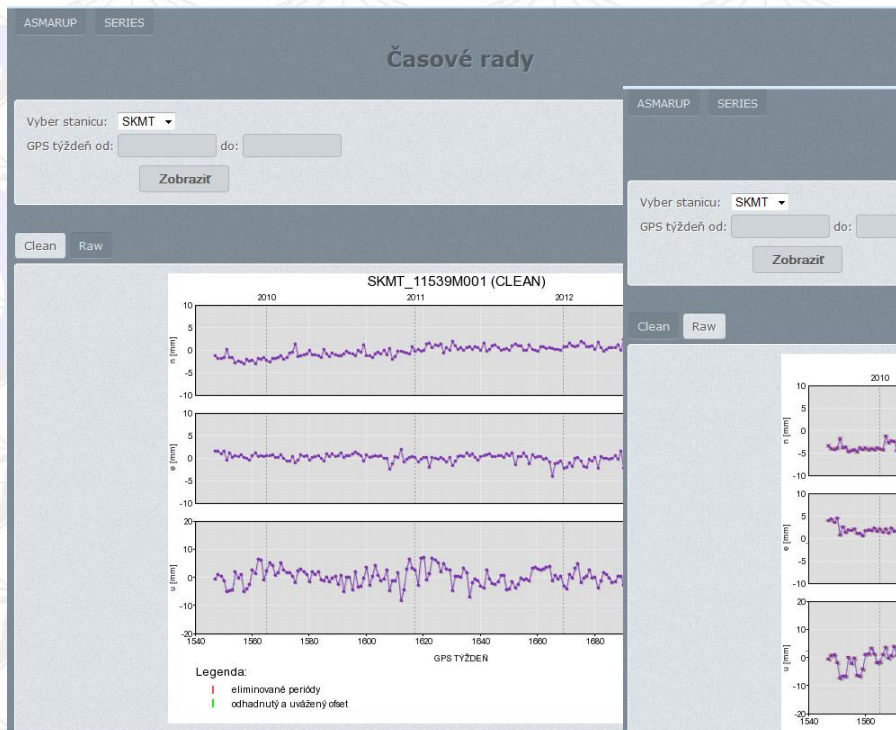


Stanica	$\gamma^N$	$\gamma^E$	$\gamma^U$	$\sigma_{\gamma^N}$	$\sigma_{\gamma^E}$	$\sigma_{\gamma^U}$	$A_n$	$A_e$	$A_u$	$\sigma_{A_n}$	$\sigma_{A_e}$	$\sigma_{A_u}$
	$\frac{mm}{\%ok}$	$\frac{mm}{\%ok}$	$\frac{mm}{\%ok}$	$\frac{mm}{\%ok}$	$\frac{mm}{\%ok}$	$\frac{mm}{\%ok}$	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
BBYS	0,0	-1,0	-0,1	0,9	0,8	1,9	0,4	0,4	0,8	0,2	0,2	0,4
BREZ	0,8	0,0	<b>1,9</b>	2,2		9,6	0,8	0,5	<b>6,0</b>	0,3	0,2	1,0
GANP	-0,4	<b>-1,5</b>	-0,1	0,6	0,6	1,7	0,9	0,9	<b>3,2</b>	0,1	0,1	0,2
GKU4	-0,2	0,3	1,1	0,6	0,7	1,6	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2	0,3
JABO	0,7	-0,7	-0,5	0,8	1,3	2,2	0,3	1,0	0,7	0,1	0,1	0,3
KUKE	0,0	-0,6	<b>-2,0</b>	0,7	0,5	1,4	<b>1,4</b>	0,5	1,3	0,1	0,1	0,3
KUZA	0,7	<b>-1,4</b>	<b>1,6</b>	0,6	0,9	1,7	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	0,6	0,1	0,2	0,3
LIE1	<b>-1,2</b>	-0,5	-0,1	0,9	0,6	1,7	0,4	0,4	<b>3,0</b>	0,2	0,1	0,2
MOP2	0,7	0,0	0,4	0,7	0,8	3,7	0,5	0,1	1,3	0,1	0,1	0,6
PEMB	<b>-1,4</b>	<b>-1,5</b>	-0,3	0,6	0,7	1,2	0,4	<b>1,1</b>	0,5	0,1	0,1	0,2
PRES	0,4	-0,7	1,2	0,3	0,5	1,3	0,2	0,8	1,2	0,1	0,1	0,2
SKGA	0,8	0,5	-0,1	0,5	0,4	1,6	0,5	0,2	0,7	0,1	0,1	0,3
SKLM	0,5	-0,5	0,8	0,4	0,4	1,3	0,2	0,6	1,4	0,1	0,1	0,2
SKLV	0,3	-0,3	-0,7	0,5	0,5	1,6	0,3	0,9	<b>2,3</b>	0,1	0,1	0,3
SKMT	0,9	-0,3	-0,4	0,8	0,8	3,0	0,4	0,5	<b>2,0</b>	0,1	0,1	0,4
SKNZ	<b>1,2</b>	-0,4	-0,4	0,8	0,4	1,2	<b>1,9</b>	0,6	1,4	0,1	0,1	0,2
SKRS	0,4	-0,5	-0,2	0,6	0,9	1,8	0,6	0,9	<b>2,4</b>	0,1	0,2	0,3
SKRV	0,1	-0,3	-0,1	0,7	0,4	1,8	0,4	0,5	1,9	0,1	0,1	0,3
SKSE	0,8	-0,6	0,9	0,4	0,6	1,3	0,5	1,0	0,6	0,1	0,1	0,3
SKSK	0,9	0,1	0,4	1,5	0,9	1,4	<b>3,2</b>	<b>1,7</b>	1,3	0,2	0,1	0,3
SKSL	<b>1,1</b>	-0,8	1,3	1,1	0,4	1,7	<b>2,3</b>	0,3	0,9	0,1	0,1	0,3
SKSV	0,5	-0,7	0,3	0,6	0,6	1,6	0,8	<b>1,2</b>	1,1	0,1	0,1	0,3
SKTN	1,0	-0,2	-0,7	1,0	0,7	2,1	0,4	0,7	1,5	0,2	0,1	0,4
SKTV	-0,3	-0,3	-0,6	0,5	0,6	2,0	0,1	0,2	0,9	0,1	0,1	0,3
SKVK	-0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	2,1	0,6	0,3	<b>2,3</b>	0,1	0,2	0,4
SKVT	0,6	-0,2	-0,2	1,0	0,9	4,6	0,6	0,7	<b>4,3</b>	0,1	0,1	0,4
SKZV	0,2	-0,2	0,3	0,5	0,4	1,2	0,2	0,5	0,9	0,1	0,1	0,2
TREB	0,8	-0,1	-1,4	1,2	0,8	3,6	1,0	0,5	0,8	0,1	0,1	0,4

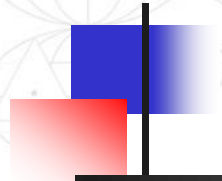


# Vykreslenie časových radov

- Aplikácia ASMARUP/Timeseries
- Raw = „surové“ alebo Clean = „vyčistené“





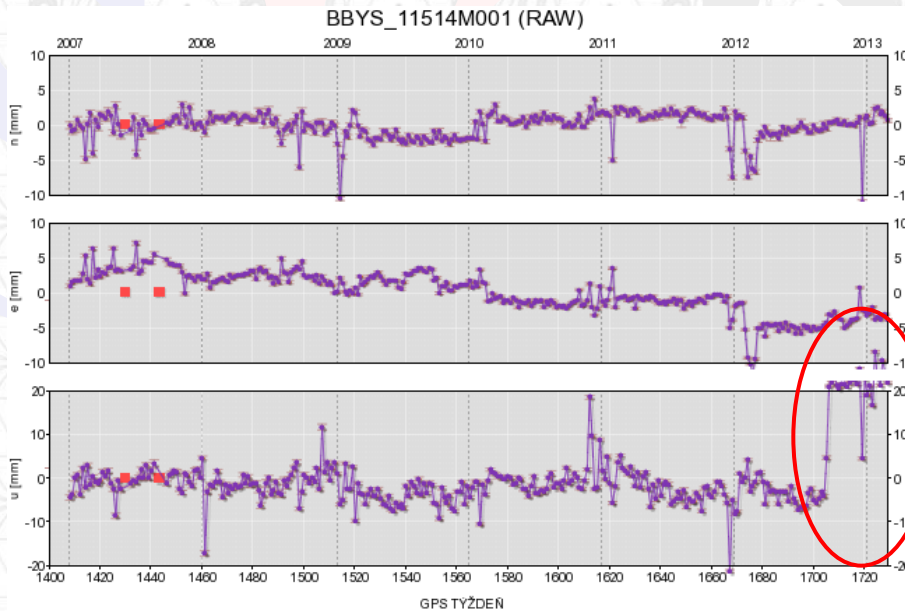


Skúsenosti získané z analýzy časových radov

SKPOS R

# Skoky v časových radoch v dôsledky výmeny antén

- Výmena antén „Zephyr geodetic 2“ na „Choce ring“ (BBYS, PEMB, LIE1)
- Oplyvnená najmä výšková zložka (niekoľko mm skoky)



Legenda:

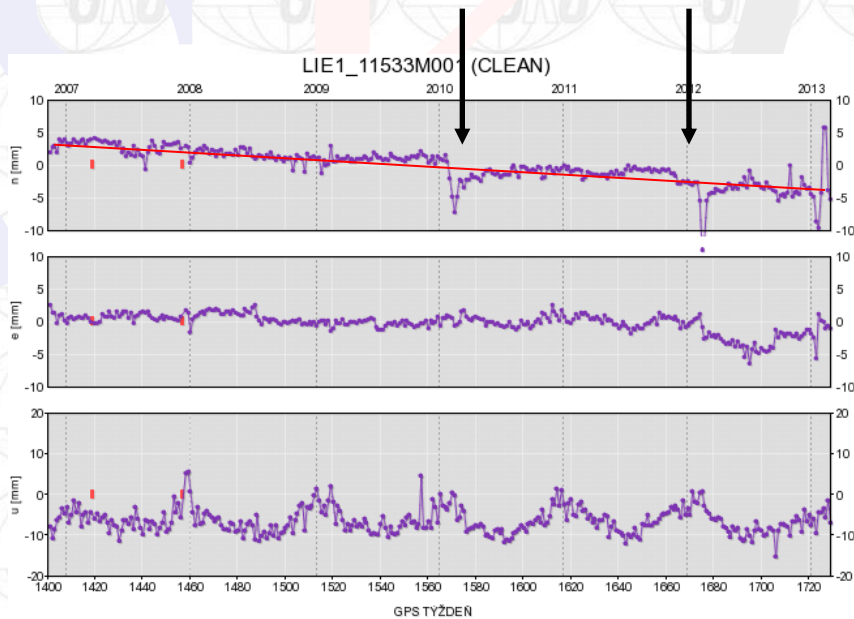
- eliminované periódy
- odhadnutý a uvážený ofset





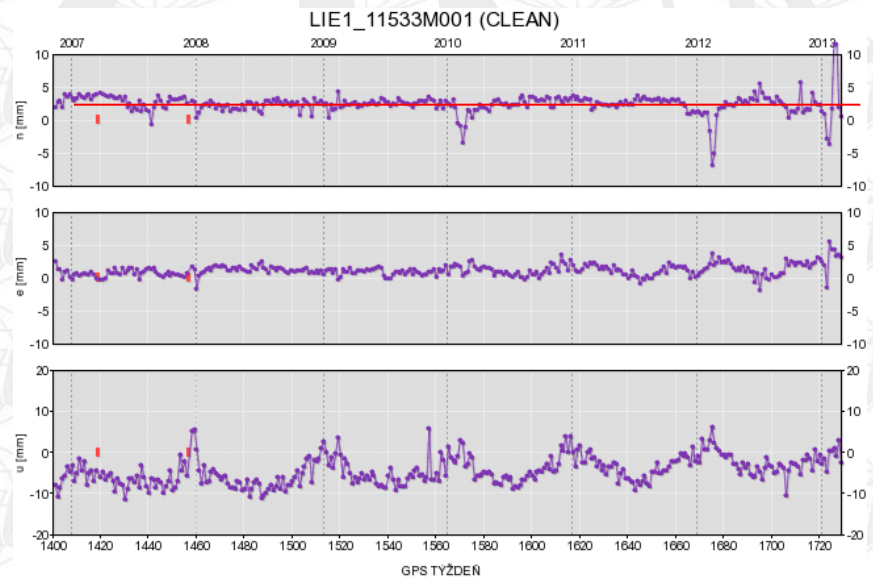
# Neznáme skoky v časových radoch

- Niekoľko mm skokov odhalených „opticky“ (LIE1, BBYS, SKRS, KUKE)
- Hľadanie príčiny skoku: vo všetkých prípadoch negatívne
- Po ich odhade a eliminácii: vylepšenie priebehu časového radu (trendu)



Legenda:

- eliminované periódy
- odhadnutý a uvážený offset



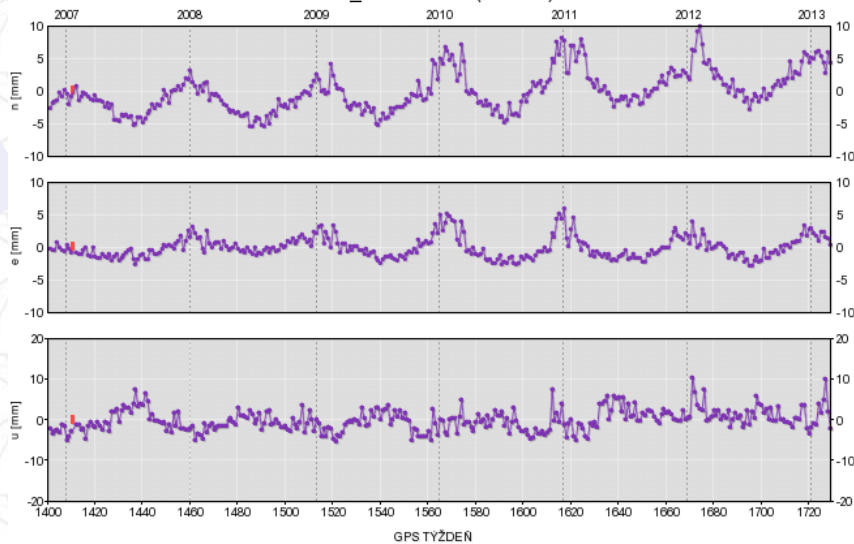
Legenda:

- eliminované periódy
- odhadnutý a uvážený offset

# Permanентné stanice s dominantnou sezónnou zložkou

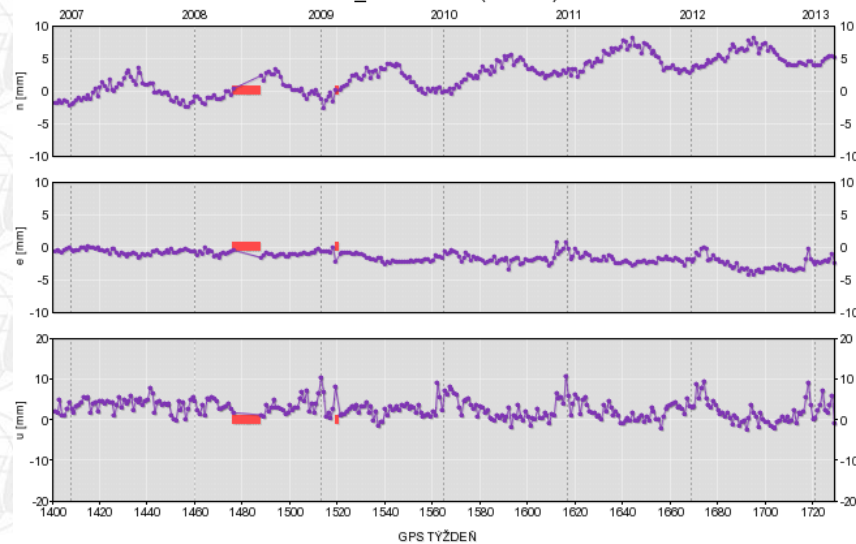
- Stanice s 2-4 mm sezónnou zložkou (LIE1, GANP, BREZ, SKRS, SKLV, SKVT, SKVK, SKSL, SKSK)
- Príčina: predpokladáme pohyb nosného systému (držiaka) antény

SKSK\_11544M001 (CLEAN)



Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uvážený ofset

SKNZ\_11540M001 (CLEAN)

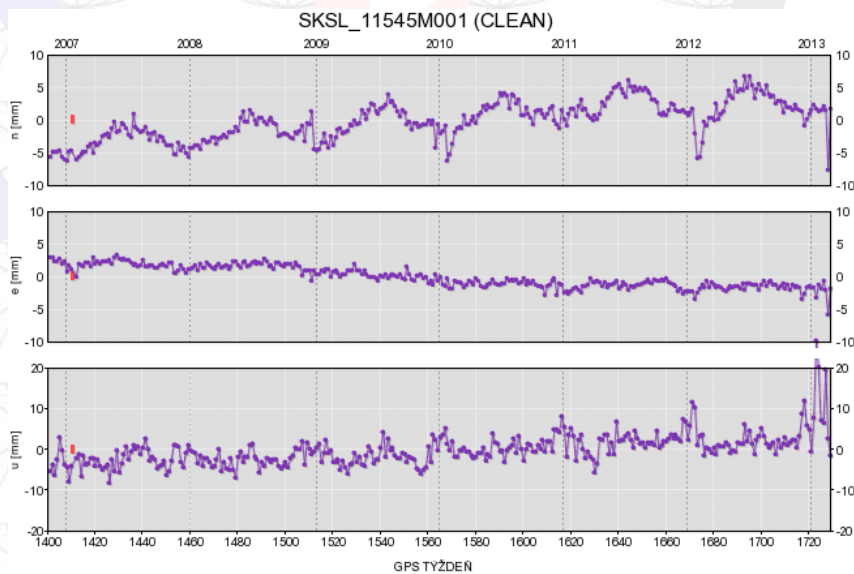


Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uvážený ofset



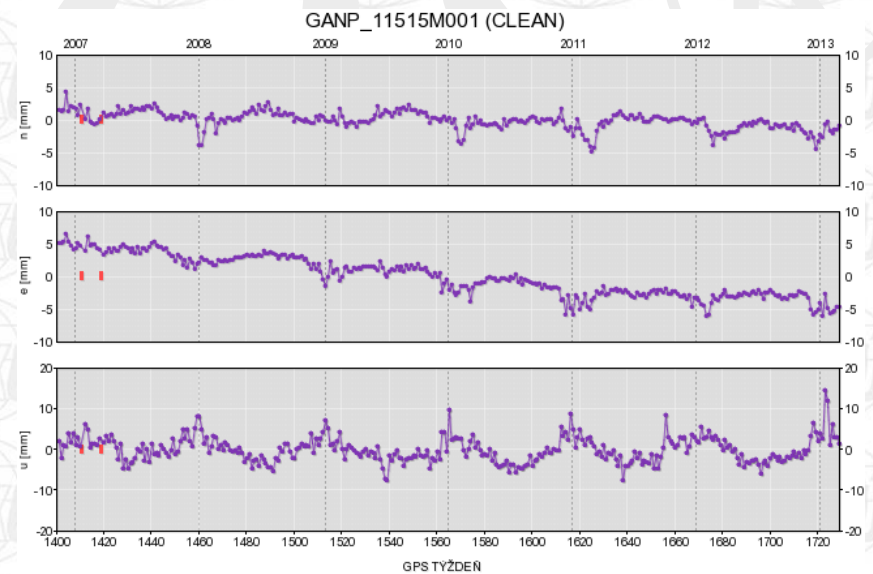
# Permanentné stanice s dominantným trendom

- Stanice s dominantným trendom 1,5- 2 mm (GANP, PEMB, KUZA, BREZ, KUKE)
- Príčina: predpokladáme vnútroplatňový pohyb platne = geokinematika



Legenda:

- eliminované periódy
- odhadnutý a uviazený ofset

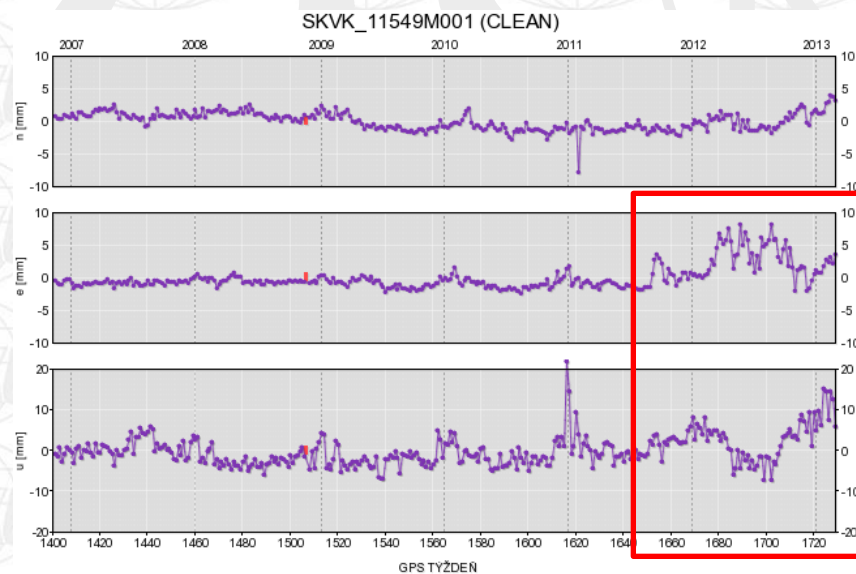
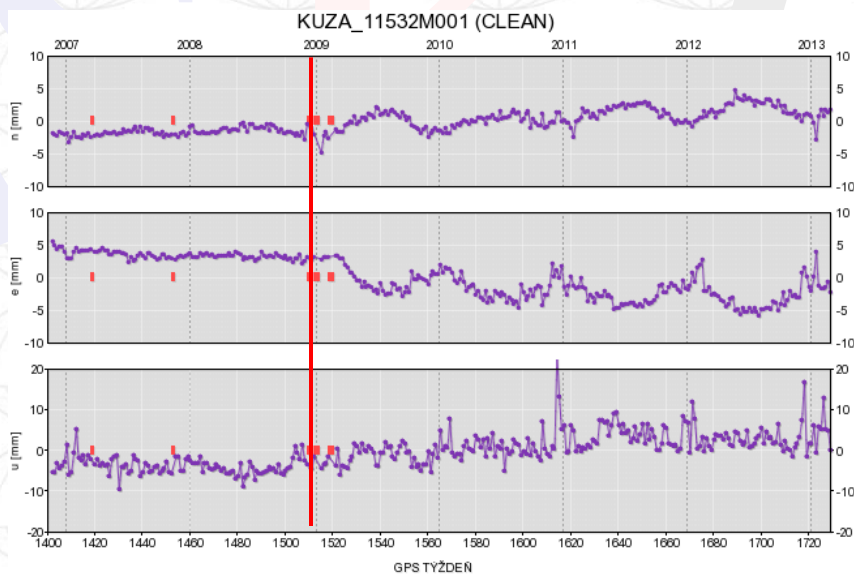


Legenda:

- eliminované periódy
- odhadnutý a uviazený ofset

# Permanентné stanice so zisteným anomálnym správaním

- Stanice (KUZA, SKTN, SKVK)
- Príčina: neznáma
- Riešenie: výmena prijímača (SKTN, SKVK)

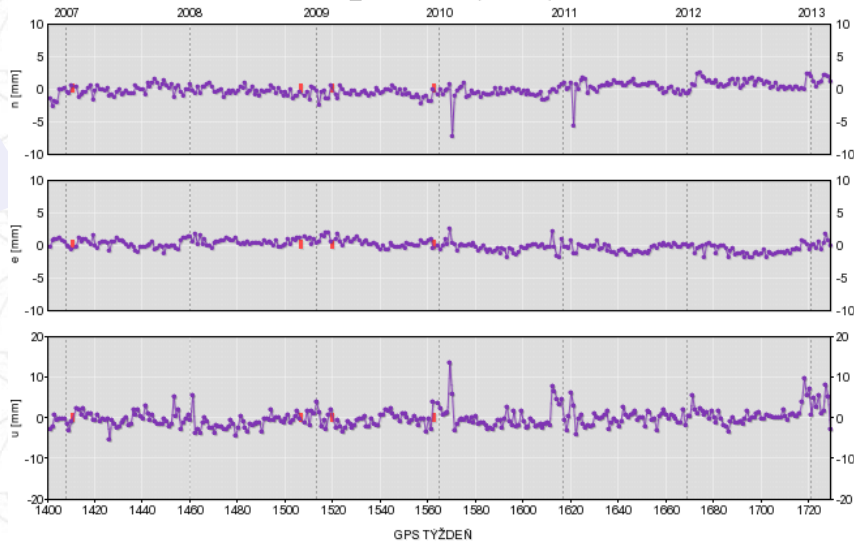




# Veľmi stabilné permanentné stanice

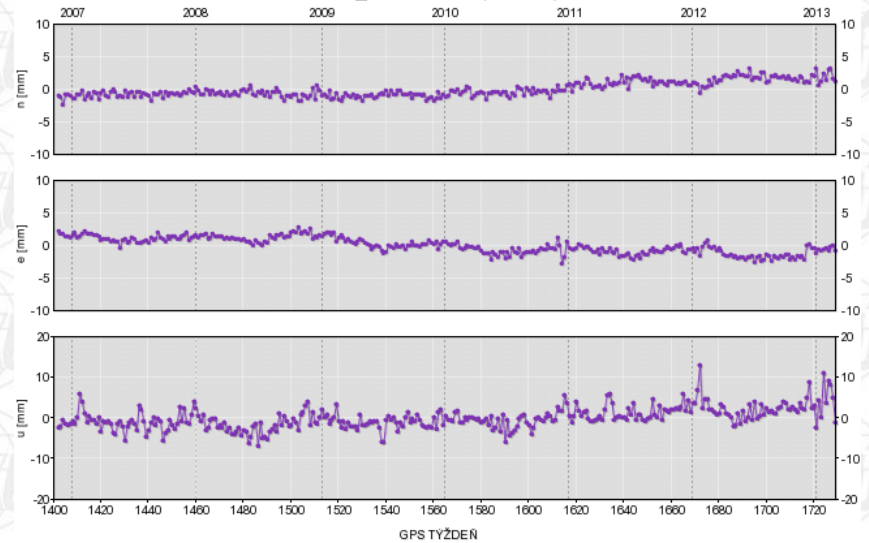
- Väčšina permanentných staníc SKPOS® nevykazuje žiadne anomálie, ale má stabilný charakter

SKZV\_11550M001 (CLEAN)

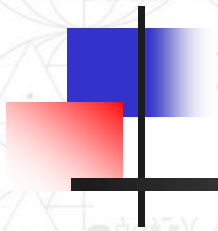


Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uvážený ofset

SKLM\_11537M001 (CLEAN)



Legenda:  
■ eliminované periódy  
■ odhadnutý a uvážený ofset

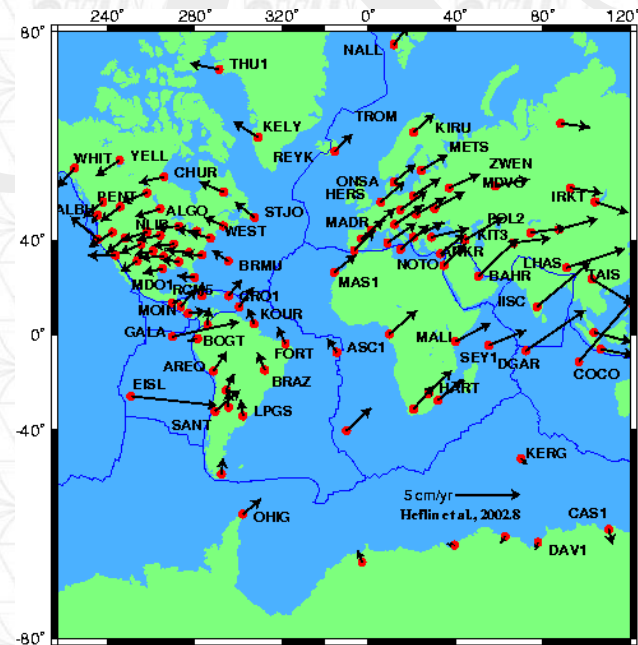


# Príspevok analýzy údajov 2007-2013 do geokinematiky

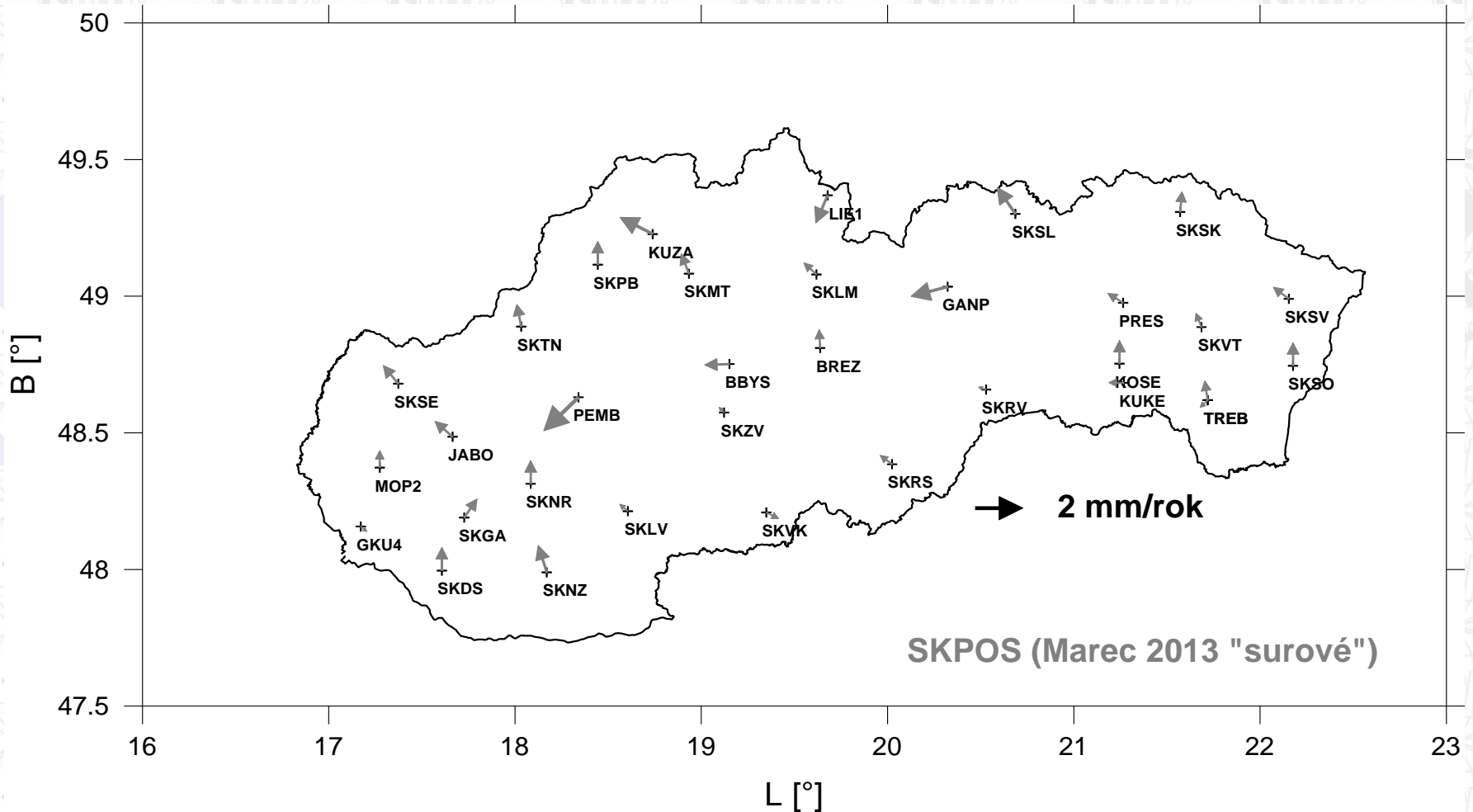


# Ako môžu výsledky analýzy prispieť ku výskumu geokinematiky Slovenska?

- Odhad trendu = vnútroplatňové rýchlosti  
(Odhadnuté rýchlosti staníc reprezentujú pohyby príslušných časti zemského povrchu)
- Zobrazovanie rýchlosti cez vektorové pole
  - pohyby v Hz rovine
  - pohyby vo V rovine
- Interpretácia pohybov

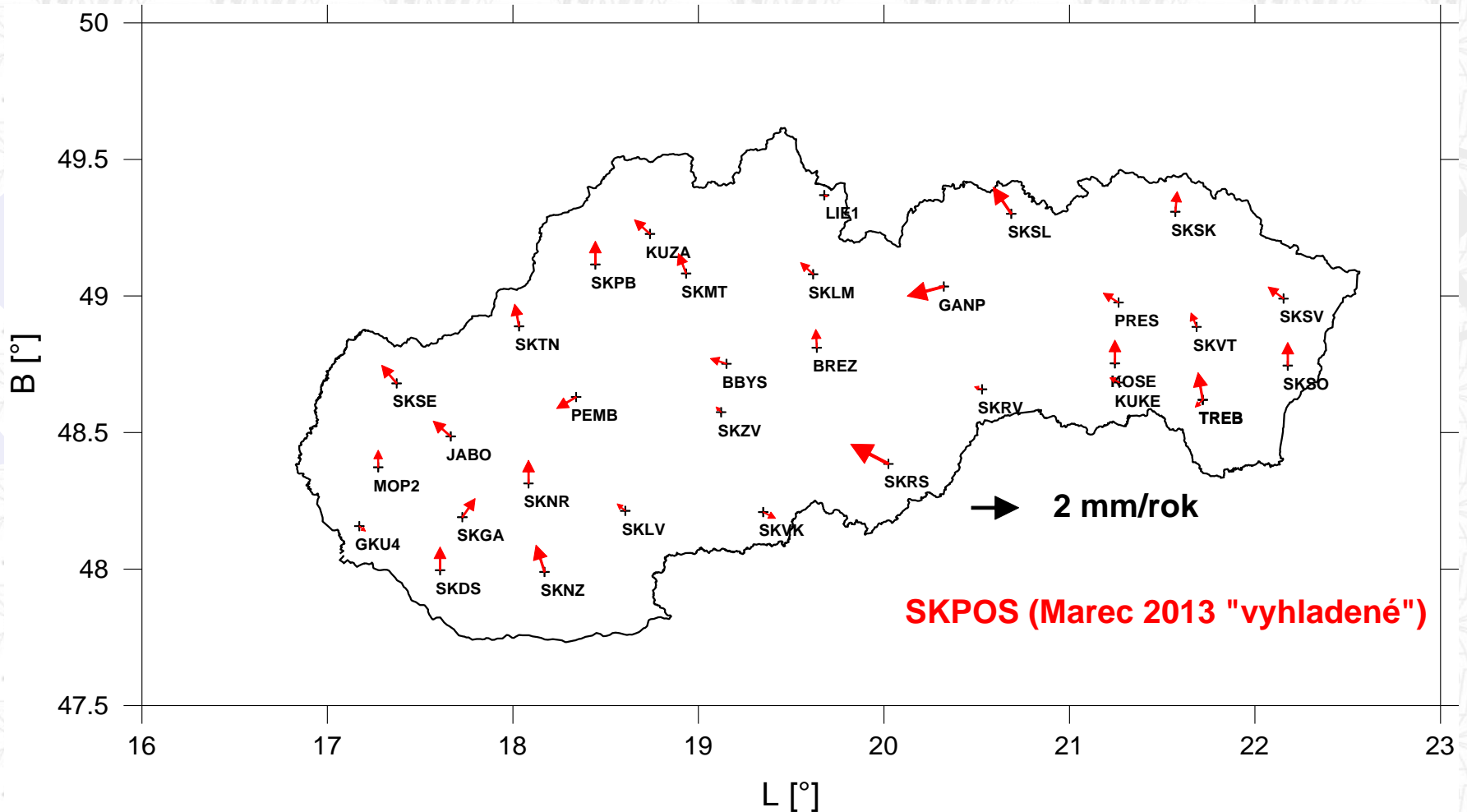


# Vnútroplatňové rýchlosti staníc SKPOS® Hz rovina („surové“ rýchlosti)





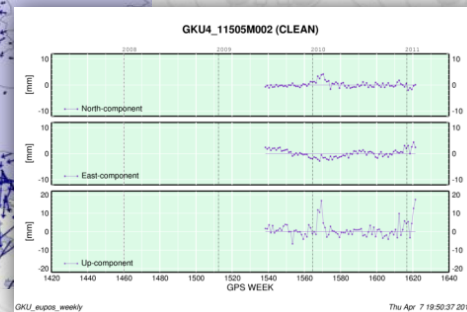
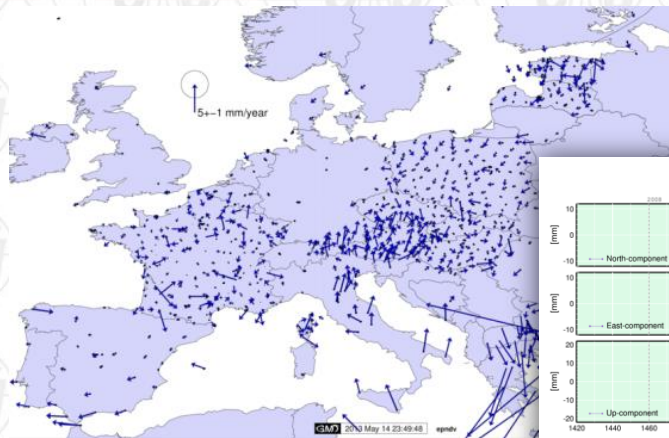
# Vnútroplatňové rýchlosti staníc SKPOS® Hz rovina („vyhladené“ rýchlosti)





# Príspevok ku „Európskej“ geokinematike

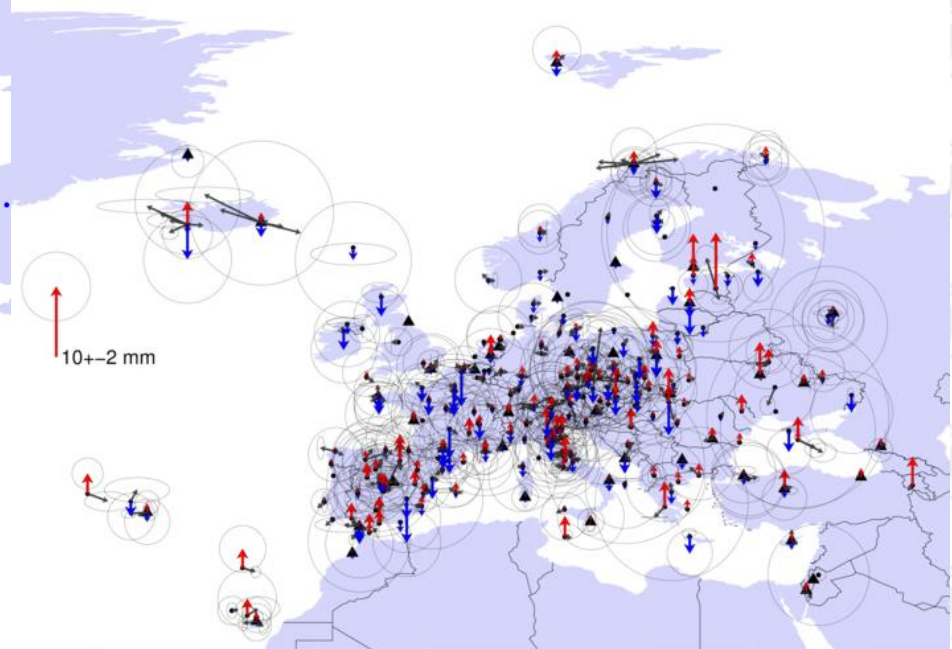
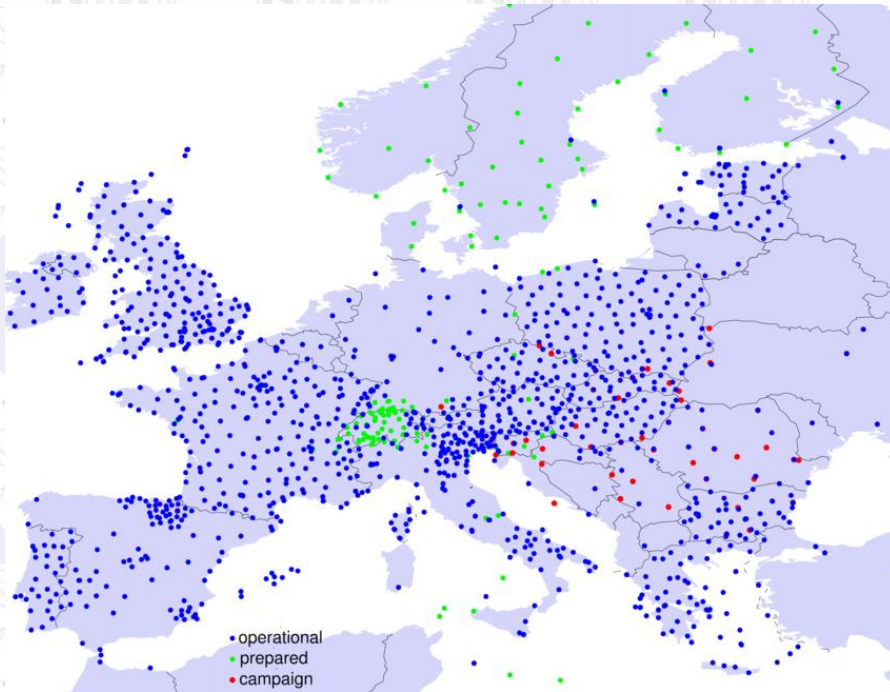
- GKÚ prispieva do ECC = **EUPOS**<sup>®</sup> Combination Center  
European Position Determination System
- SINEX súbory s označením **GKUwww7.SNX** (GPS týždne 1408-1729)
- Filozofia ECC
  - využiť SINEX riešenia polohových služieb pre účel vytvorenia vnútroplatňového rýchlostného modelu = základu pre hľadanie novú definíciu ETRS89
- Kombinácie vykonáva A. Kenyeres (FOMI, EUPOS, EUREF)





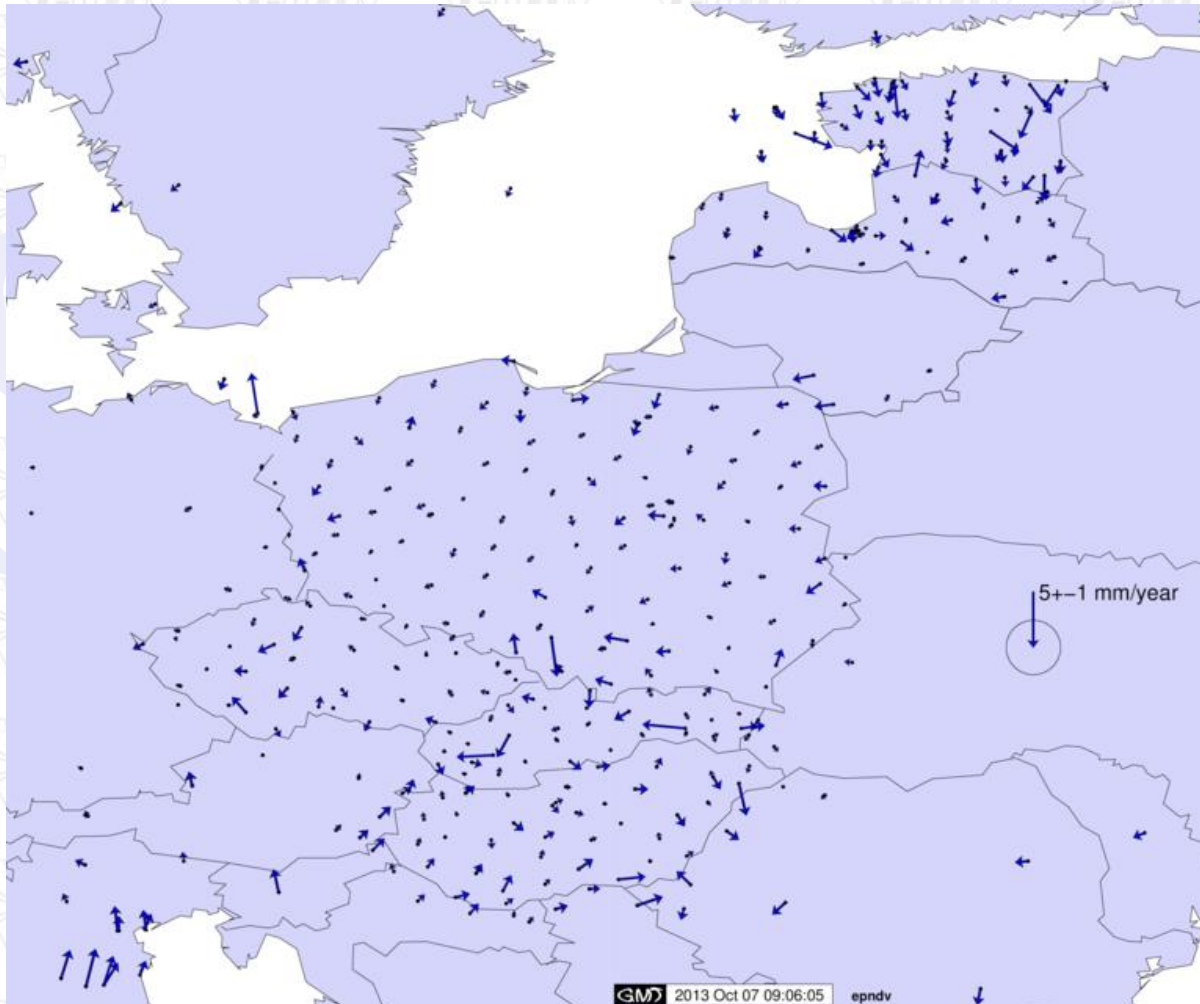
# Príspevok ku „Európskej“ geokinematike

## A.Kenyeres (Status report – October 2013)



# Príspevok ku „Európskej“ geokinematike

## A.Kenyeres (Status report – October 2013)



- ECC výsledky:
  - korešponujú s GKÚ riešením (väčšie vektory = stanice s krátkeho časového obdobia)
  - potvrdzujú, že stanice s anténami na budovách môžu prispieť ku geokinematike
  - potvrdzujú stabilitu regiónu strednej Európy na *mm* úrovni





## Záver

- prezentované výsledky a skúseností opäť poukázali, aké komplikované je analyzovať a interpretovať časové rady permanentných staníc napriek ich zdanlivo dostatočnej dĺžke
- v časových radoch staníc **SKPOS**<sup>®</sup>, aj napriek snahám o zabezpečenie ich čo najkvalitnejšieho chodu, dochádza niekedy k neznámym situáciám, ktoré sa prejavujú formou skokov, alebo anomálnym správaním, čo síce komplikuje ich použitie napr. na geokinematické interpretácie, ale v žiadnom prípade neznehodnocuje ani neznižuje primárny účel služby, ktorým je poskytovanie spoľahlivého referenčný základu pre vybrané geodetické činnosti či práce v katastri nehnuteľností





Ďakujem za pozornosť!

**Ing. Branislav Droščák PhD.**

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

[branislav.droscak@skgeodesy.sk](mailto:branislav.droscak@skgeodesy.sk)