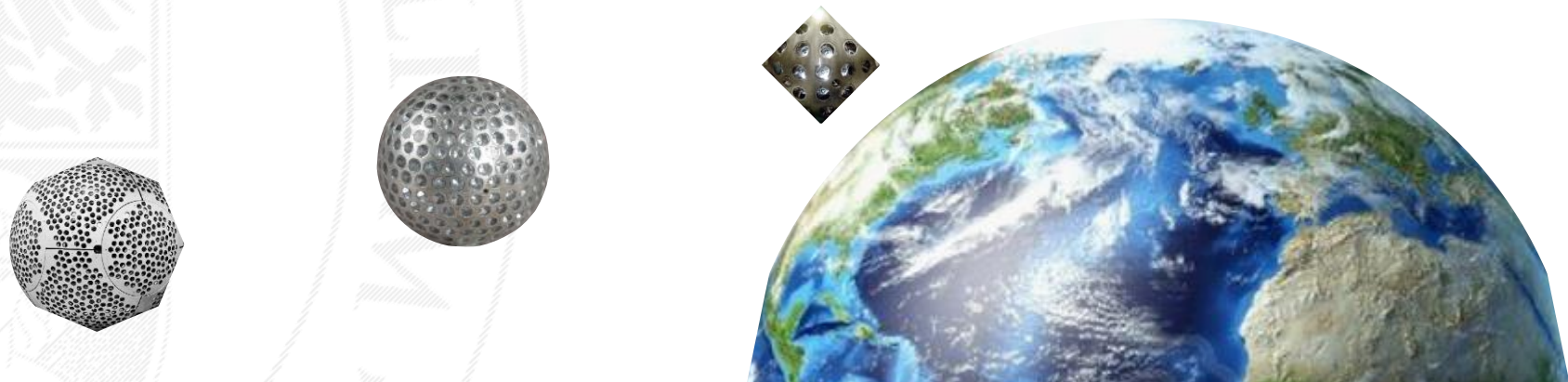


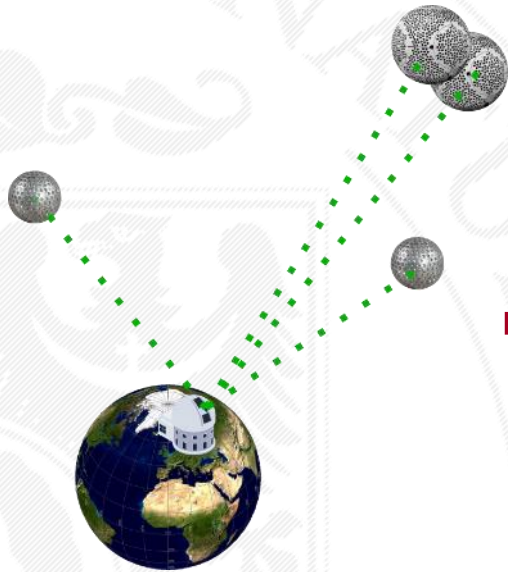
Symulacja orbit oraz globalnych parametrów geodezyjnych dla przyszłych geodezyjnych misji satelitarnych



Joanna Najder, Krzysztof Sośnica, Dariusz Strugarek

Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

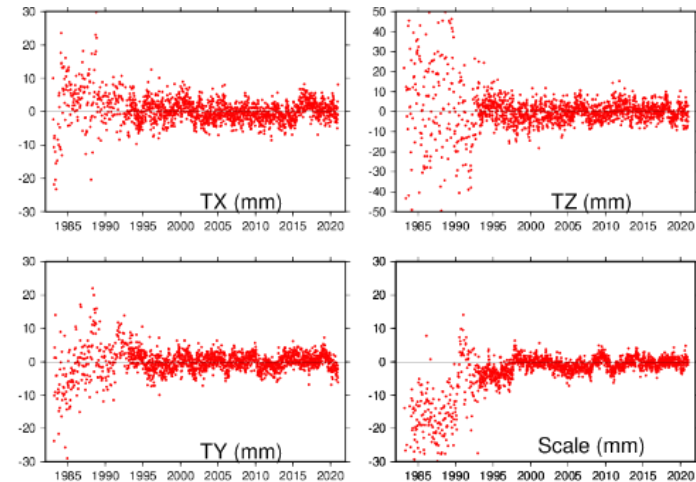
SLR – LASEROWE POMIARY ODLEGŁOŚCI



Początek układu (X, Y, Z)

Skala układu

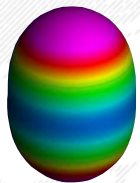
obserwacje do
LAGEOS-1/-2,
Etalon-1/-2



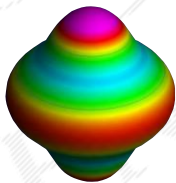
Parametry ruchu obrotowego Ziemi

Współrzędne stacji laserowych

Modele potencjału grawitacyjnego

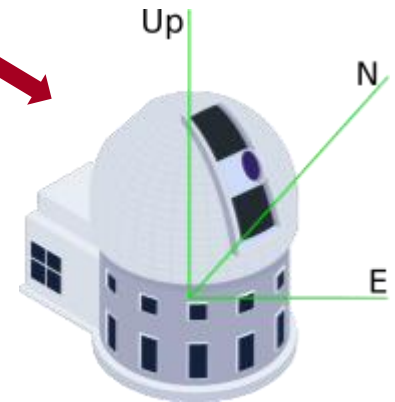
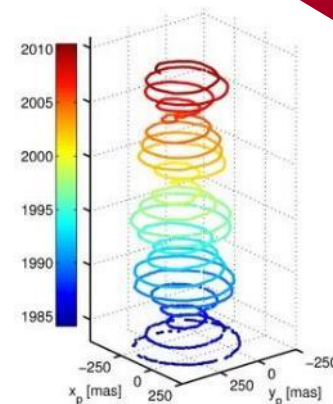
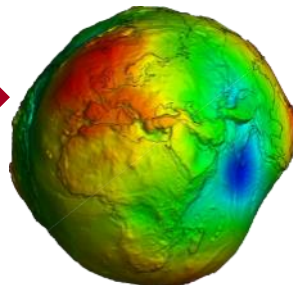


C_{20}



C_{30}

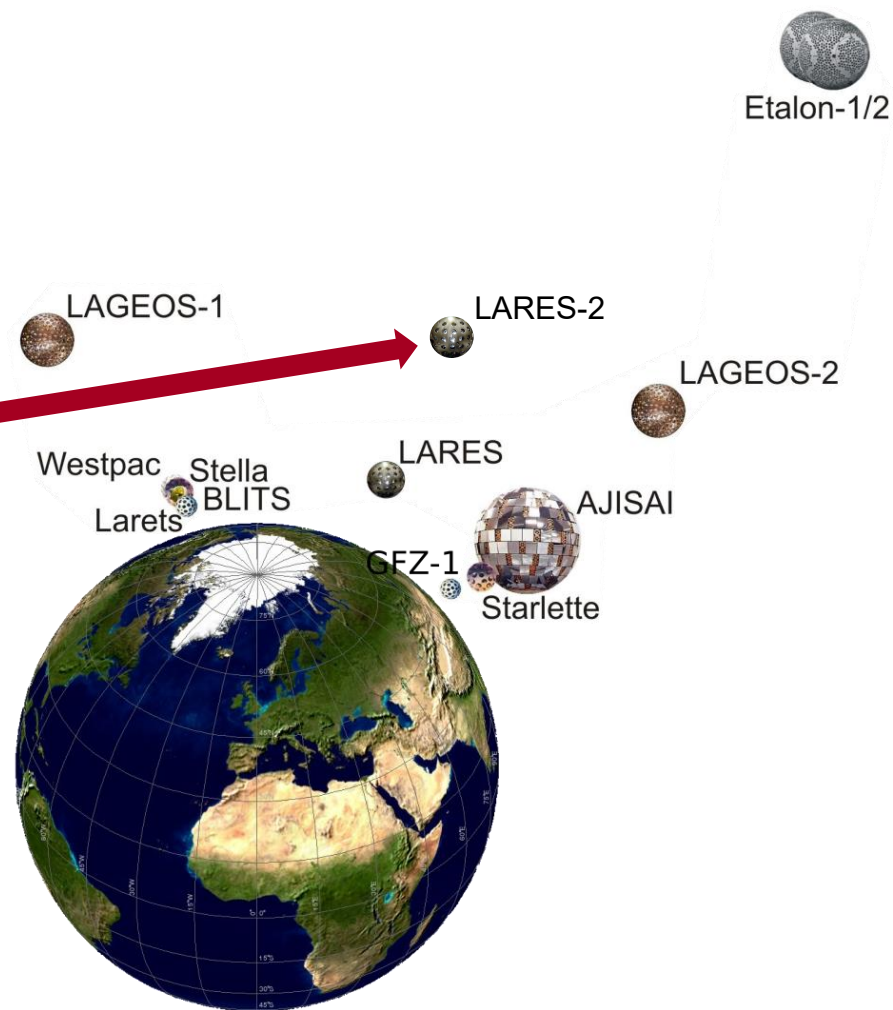
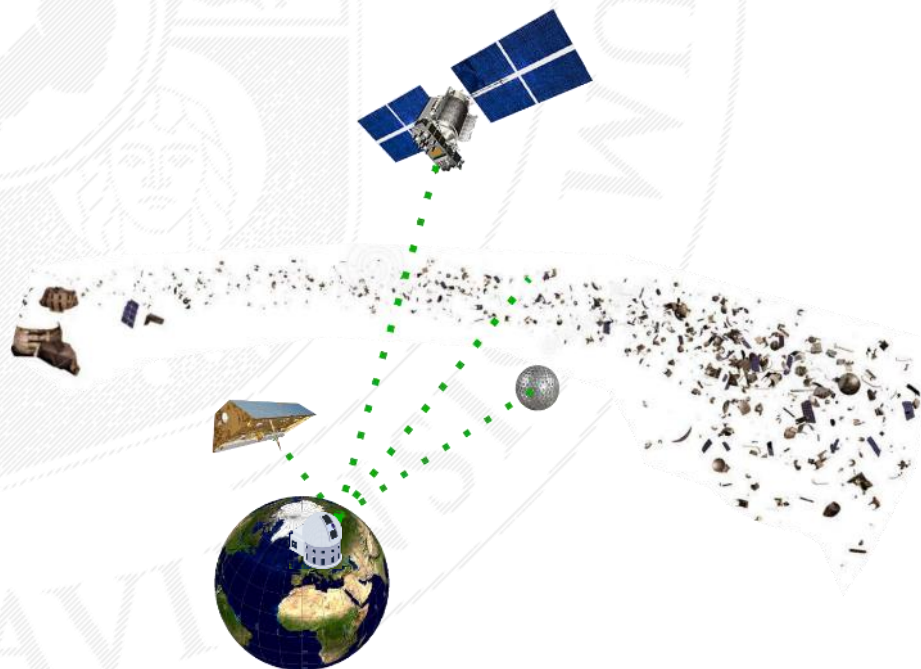
do obserwacji
Grace Follow-On



MOTYWACJA

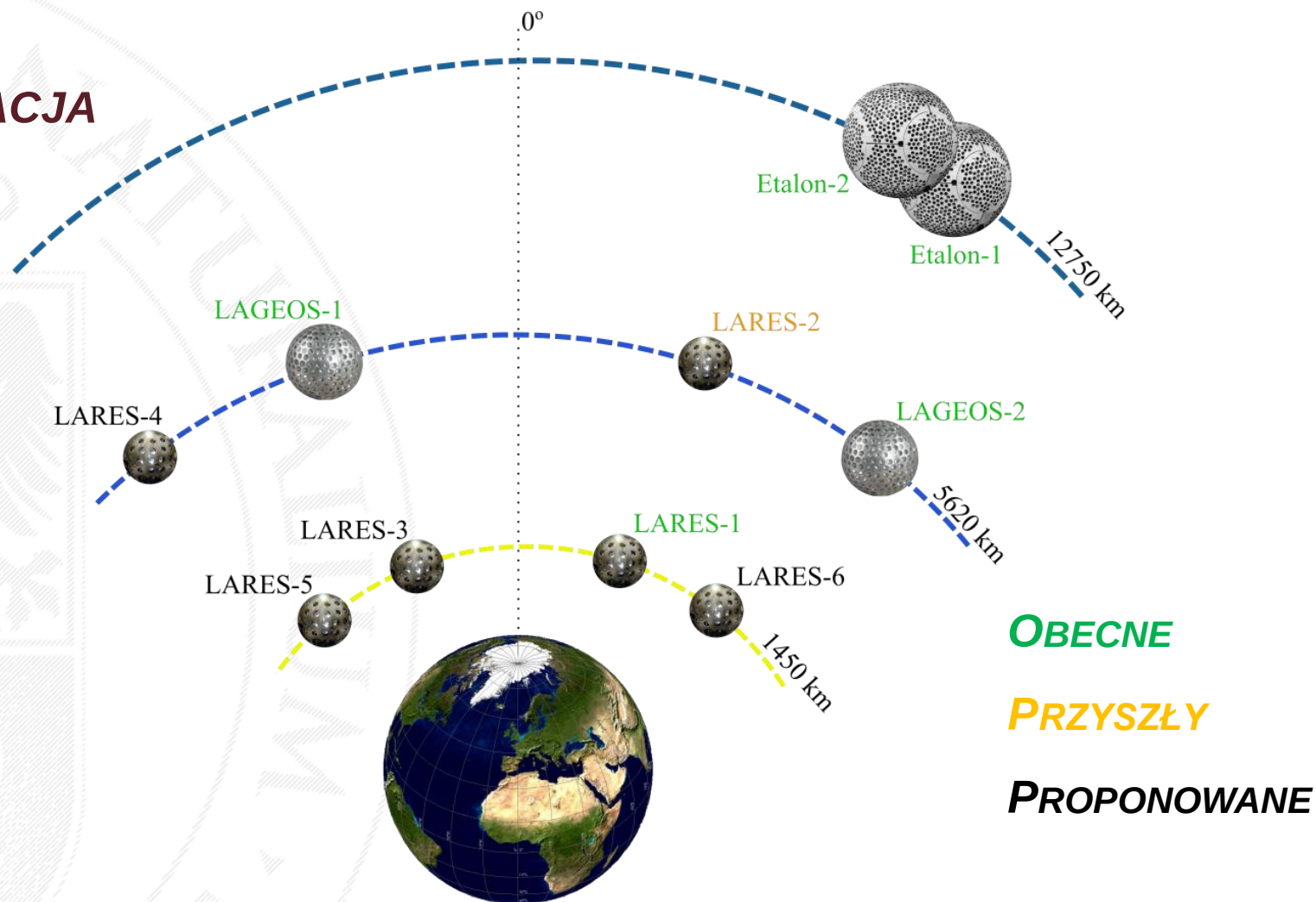
W lipcu 2022 roku planowane jest
wystrzelenie satelity LARES-2.

Głównym celem tego satelity ma być
zbadanie efektów relatywistycznych,
w szczególności efektu Lensa-Thirringa.



Zwiększająca się liczba celów
obserwacyjnych dla stacji SLR.

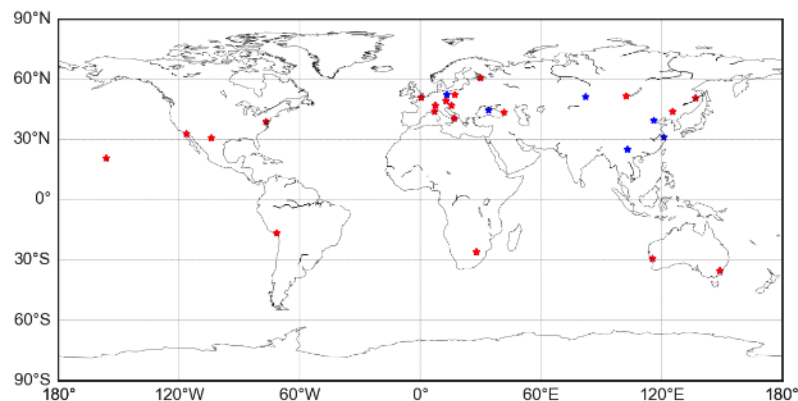
MOTYWACJA



CELE:

- Czy włączenie satelity LARES-2 poprawi jakość wyznaczania globalnych parametrów geodezyjnych?
- Optymalizacja liczby celów obserwacyjnych dla stacji laserowych
- **Znalezienie parametrów orbity satelity, która uzupełniłaby istniejącą konstelację**
- Optymalizacja podejść dla parametryzacji parametrów dynamicznych orbit

SZCZEGÓŁY PRZETWARZANIA



★ LAGEOS-1/-2, LARES

★ Etalony

1 parametry Keplerskie



2 symulowanie orbity



3 symulowanie obserwacji



4 układy równań normalnych
liczenie parametrów



- LAGEOS-1/-2, Etalon-1/-2, LARES 1/2/3/4/5/6
- 20 stacji laserowych (core-station)
- Rok symulowanych orbit i obserwacji SLR (2013)
- Liczba symulowanych obserwacji odpowiada liczbie obserwacji rzeczywistych
 - Lageos 1/2 ~ 2600
 - Etalon 1/2 ~ 400
 - Lares ~ 1600
- Różne szumy obserwacyjne dla różnych satelitów:
 - Lageos 1/2: 4 mm
 - Lares : 4 mm
 - Etalon 1/2: 15 mm
- 7-dniowe długości łuków

RÓŻNE PODEJŚCIA W PRZETWARZANIU

Lepszy współczynnik powierzchni
do masy satelity (D_0) – LARESy

Budowa satelitów (S_S , S_C) –
Lageos-1/-2, Etalon-1/-2

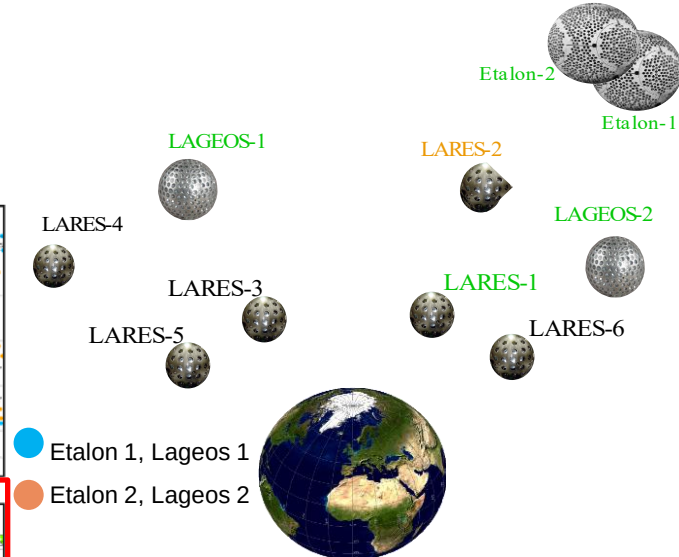
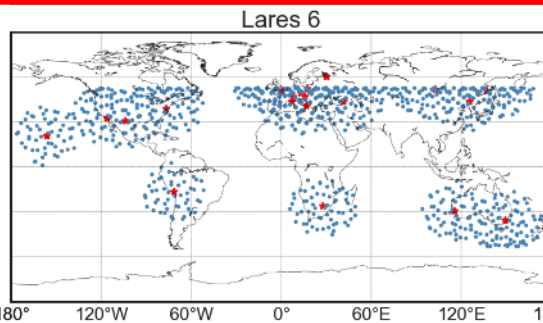
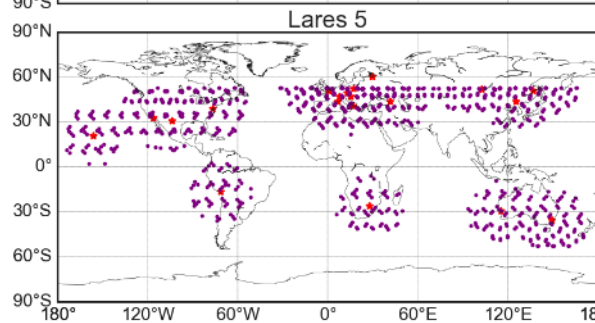
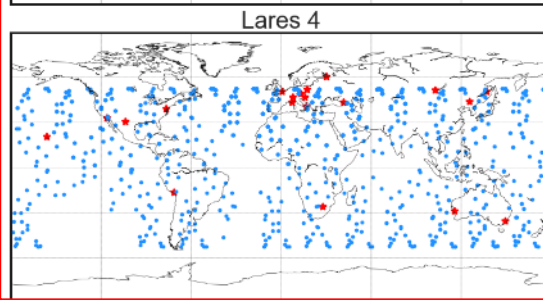
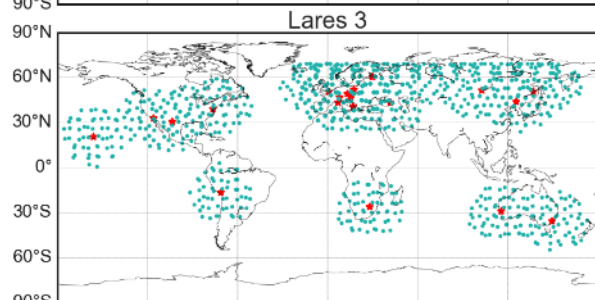
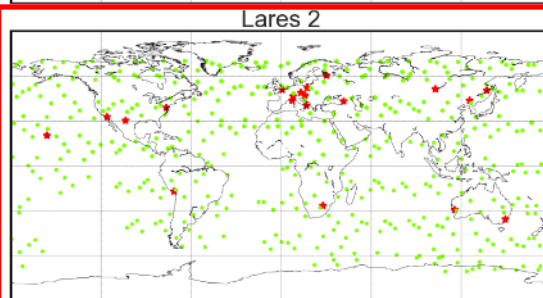
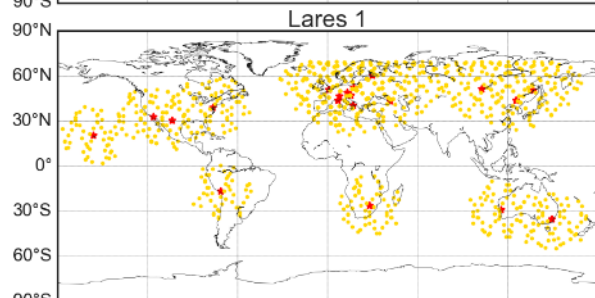
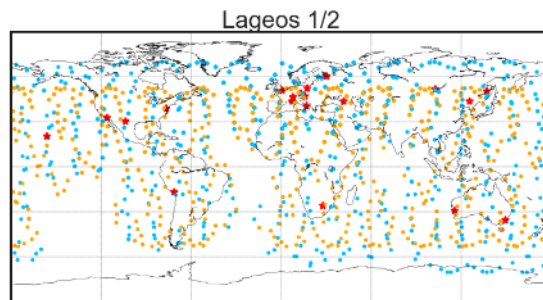
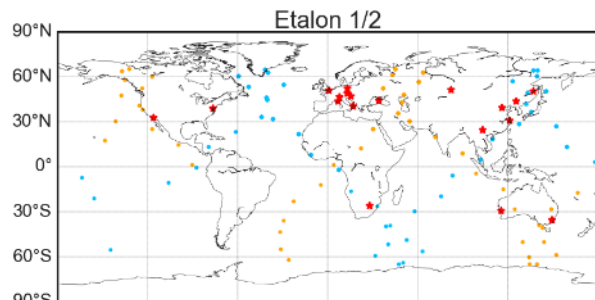
	SRP1	SRP2	IGS-like (ERP)	CSR	ILRS-like (ERP)	SRP3
PODEJŚCIE	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2)	S_0 S_S, S_C	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2) W_S, W_C		S_0 S_S, S_C W_S, W_C	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2)
Geocentrum	X	X	X	X	X	X
Współrzędne stacji	X	X	X		X	X
Potencjał grawitacyjny	X	X		X		X
Parametry rotacji Ziemi	X	X	X		X	X

Parametryzacja PWL – piecewise linear –
współrzędnych bieguna i UT1-UTC
jak w podejściu IGS dla satelitów GNSS

Parametryzacja PWC – piecewise constant
- współrzędnych bieguna i LoD
jak w rozwiązaniach ILRS

GEOMETRIA OBSERWACJI

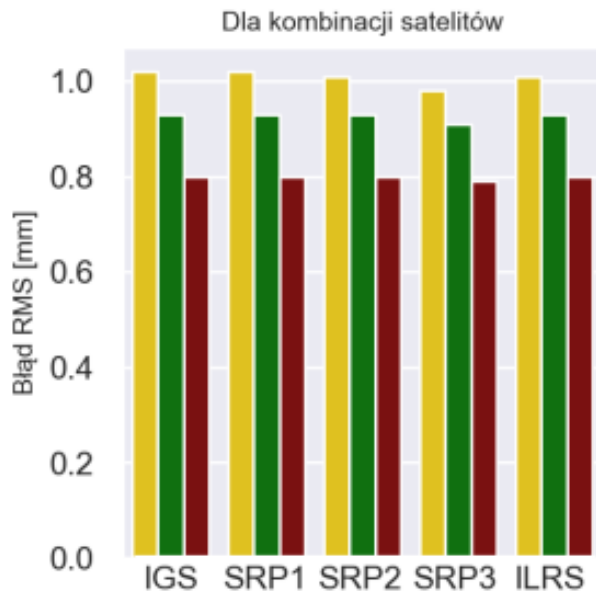
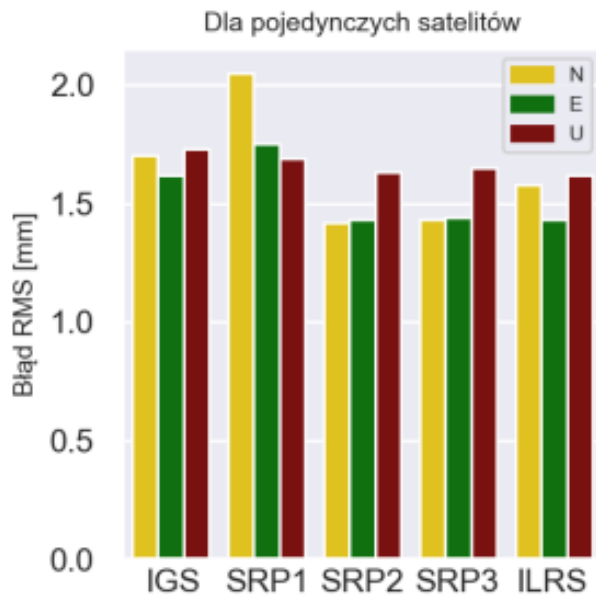
Geometry of observation 21-07-2013 - 27-07-2013



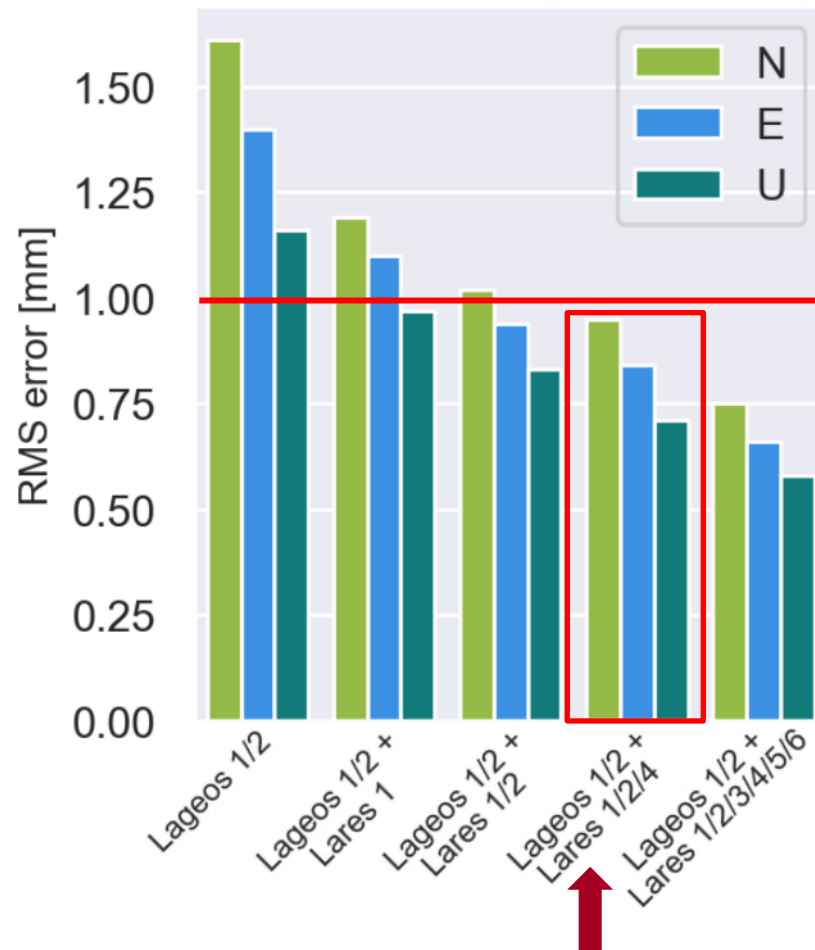
Dla wyższych satelitów lepsze rozłożenie obserwacji

BŁĘDY WYZNACZONYCH WSPÓŁRZĘDNYCH STACJI SLR

Mediana RMSE dla współrzędnych stacji w zaproponowanych podejściach



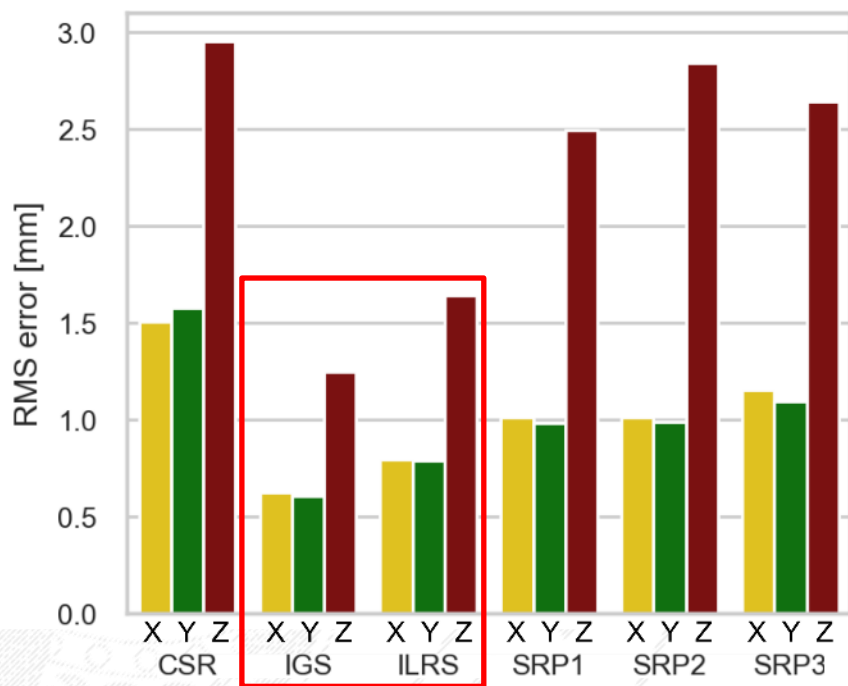
Mediana RMSE dla współrzędnych stacji dla wybranych kombinacji w podejściu IGS



Błędy wyznaczenia współrzędnych stacji poniżej 1 mm!

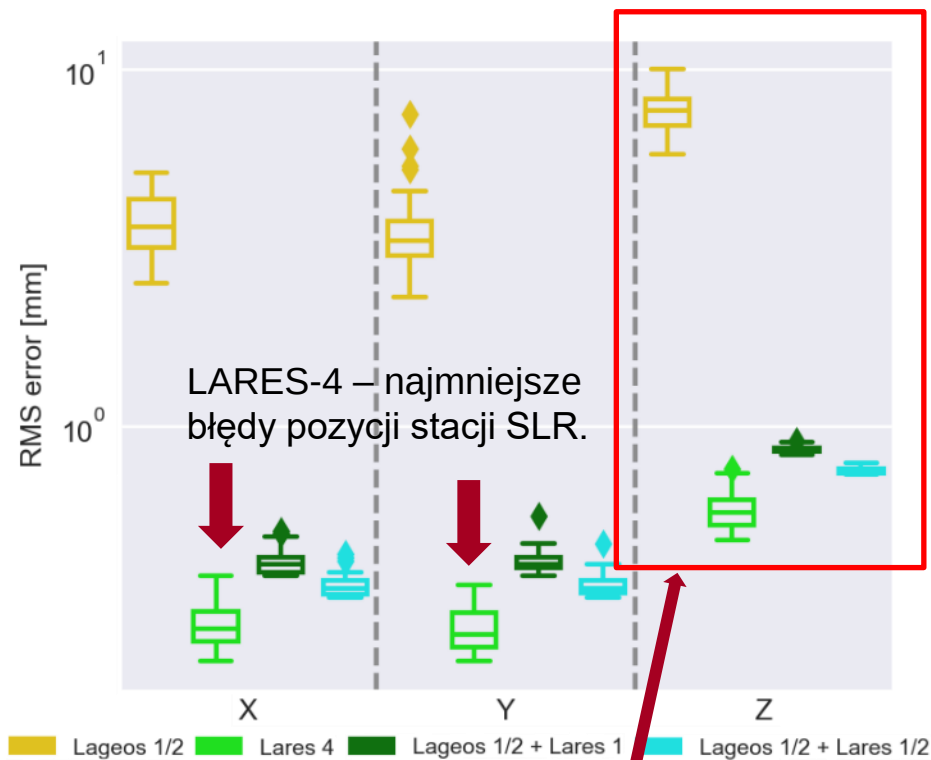
GEOCENTRUM

Średnie mediany dla wszystkich kombinacji dla zaproponowanych podejść.



W podejściach IGS i ILRS nie były liczone parametry potencjału grawitacyjnego.

RMS dla współrzędnych geocentrum dla wybranych kombinacji w podejściu IGS.

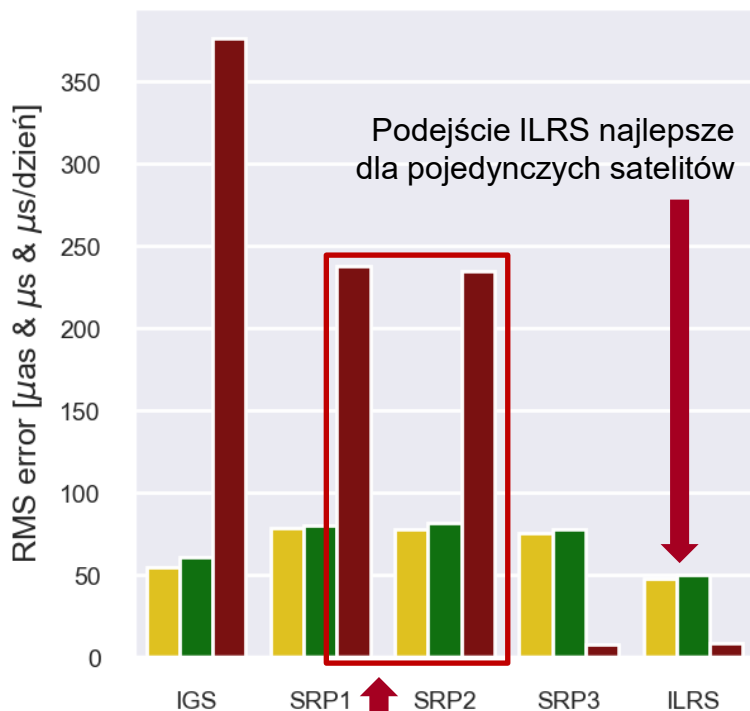


Znacząca poprawa wyznaczania składowej Z!

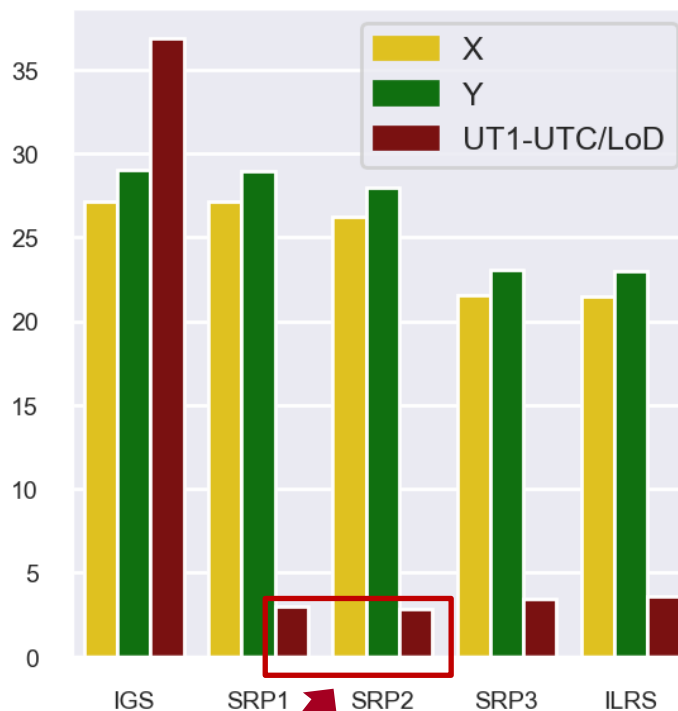
Rozwiązanie Lageos 1/2 + LARES 1/2 zmniejsza błędy geocentrum o 30%, a LARES 4 o około 47% względem Lageosa-1/-2.

BŁĘDY WYZNACZONYCH WSPÓŁRZĘDNYCH BIEGUNA ORAZ UT1-UTC/LoD

Dla pojedynczych satelitów



Dla kombinacji satelitów



Dla kombinacji satelitów błąd wyznaczenia współrzędnych bieguna zmniejsza się prawie 3-krotnie, a UT1-UTC UT1-UTC zmniejsza się prawie 80-krotnie!

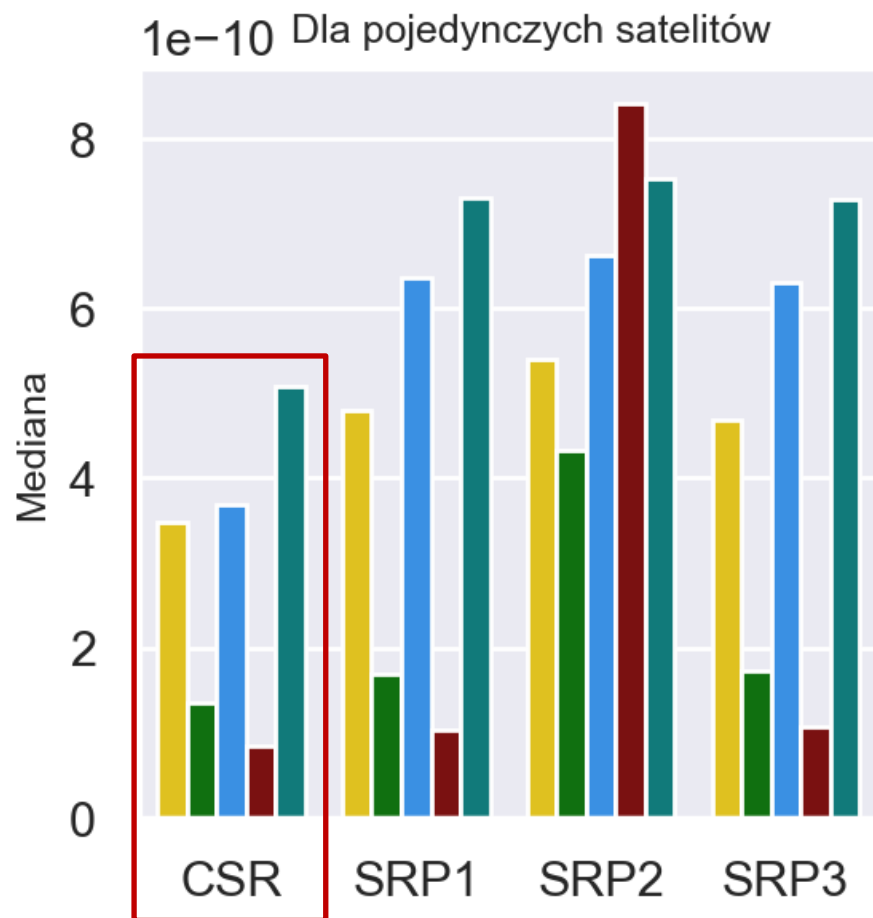
SRP1

	Pojedyncze	Kombinacje
X_{bieg}	78.0	27.2
Y_{bieg}	79.9	29.0
UTC-UT1	237.5	3.0

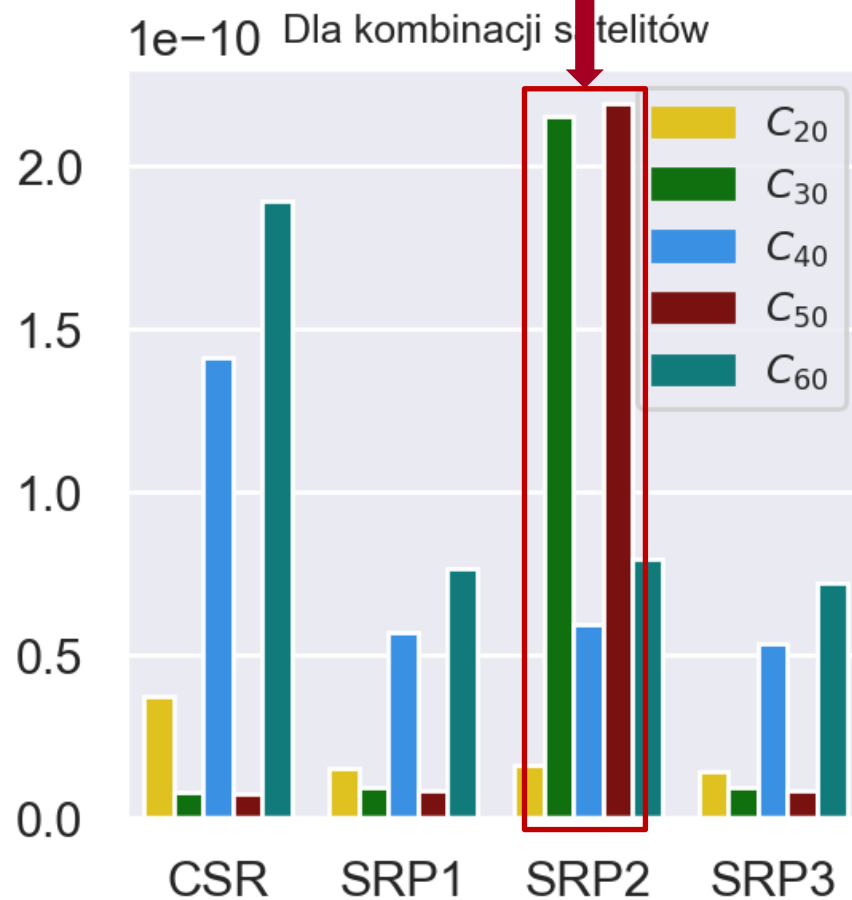
BŁĘDY WYZNACZONYCH WSPÓŁCZYNNIKÓW HARMONICZNO-SFERYCZNYCH STREFOWYCH

Brak modelowania parametrów dynamicznych orbity w kierunkach:

- Stałe przyspieszenie w kierunku do Słońca dla satelitów Lares - D_0
- Raz na obieg – sinus oraz cosinus – w kierunku stycznej do płaszczyzny orbity dla satelitów LAGEOS-1/2 oraz Etalon 1/2 - S_S , S_C



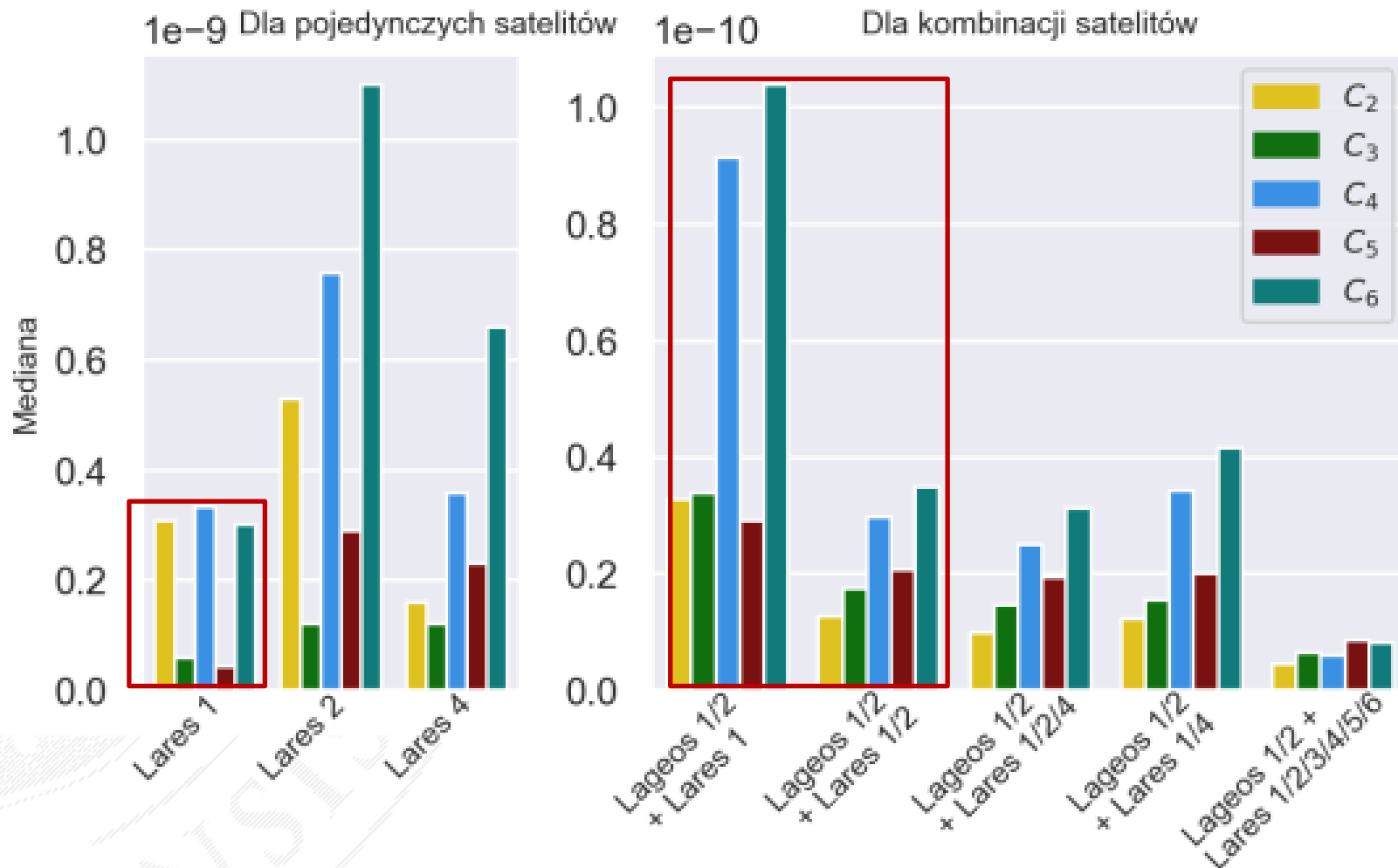
Najlepsze podejście dla pojedynczych satelitów.



POTENCJAŁ GRAWITACYJNY

WSZYSTKIE PARAMETRY

BŁĘDY WYZNACZONYCH WSPÓŁCZYNNIKÓW HARMONICZNO-SFERYCZNYCH – W PODEJŚCIU SRP1



Dodanie satelity LARES-2 do rozwiązania zmniejsza 3-krotnie błędy wyznaczanych współczynników C_{4n} i C_{6n} .

PODSUMOWANIE

- Uwzględnienie przyszłych obserwacji do satelity LARES-2 pozwoli poprawić jakość wyznaczanych parametrów geodezyjnych, w szczególności osiągnąć poprawę wyznaczania Z – geocentrum, a także zejść a poniżej 1 mm dla dwóch składowych współrzędnych stacji laserowych co jest jednym z celów Globalnego Geodezyjnego Systemu Obserwacyjnego (GGOS).
- Najwyższą poprawę jakości wyznaczanych globalnych parametrów geodezyjnych można uzyskać dzięki dodaniu do obecnej konstelacji satelity LARES-4 (symetryczny względem Lageos-2) – spełnienie warunku dla wszystkich składowych zejścia poniżej 1 mm dla stacji SLR.
- Wybór podejścia powinien być dostosowany do celów obliczeniowych, jednakże w przypadku wyznaczania wszystkich parametrów jest większa możliwość dekorelacji



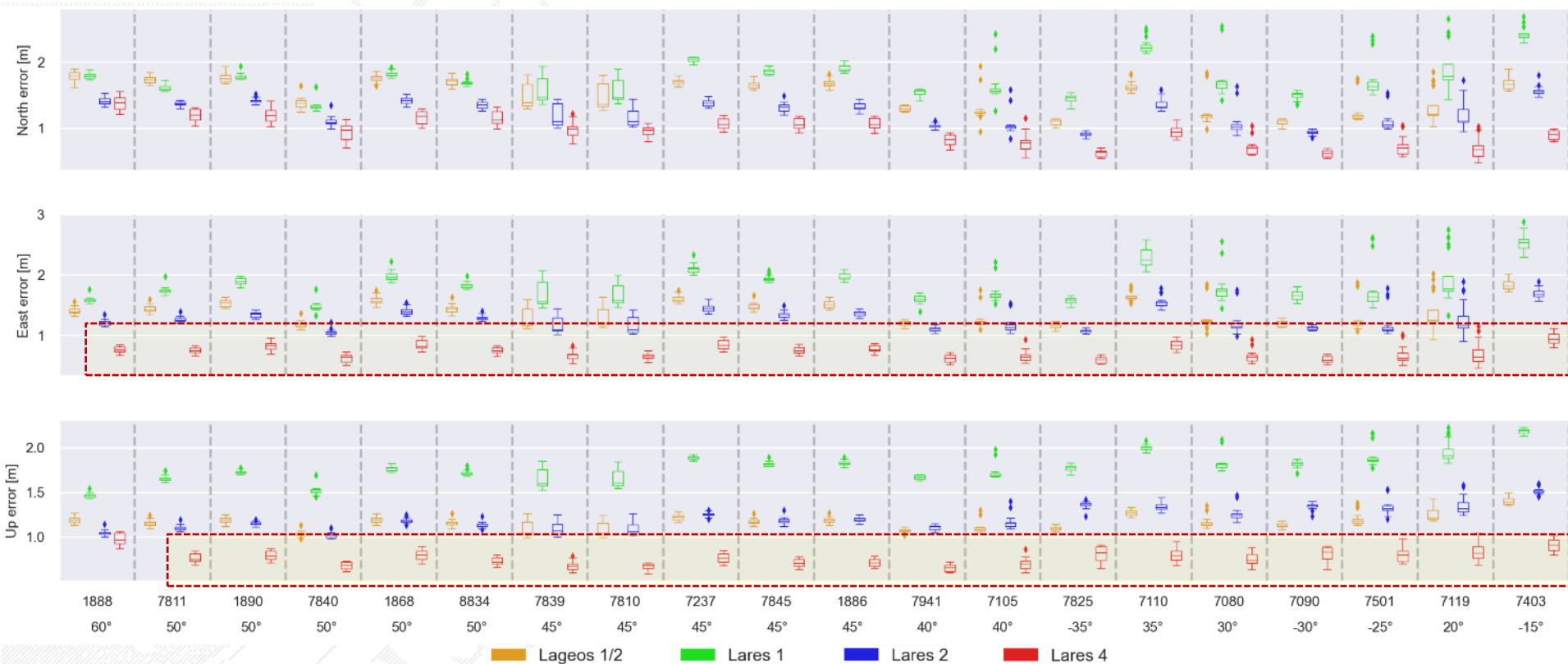
UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu

Dziękuję bardzo za uwagę!

Joanna Najder

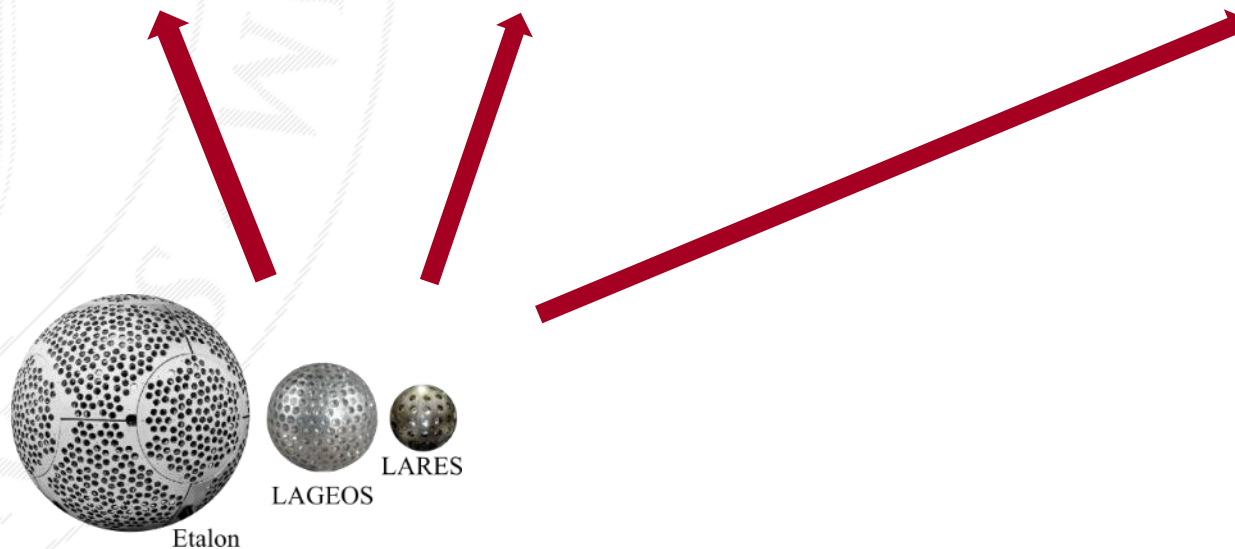
joanna.najder@upwr.edu.pl

BŁĘDY WYZNACZONYCH WSPÓŁRZĘDNYCH STACJI SLR

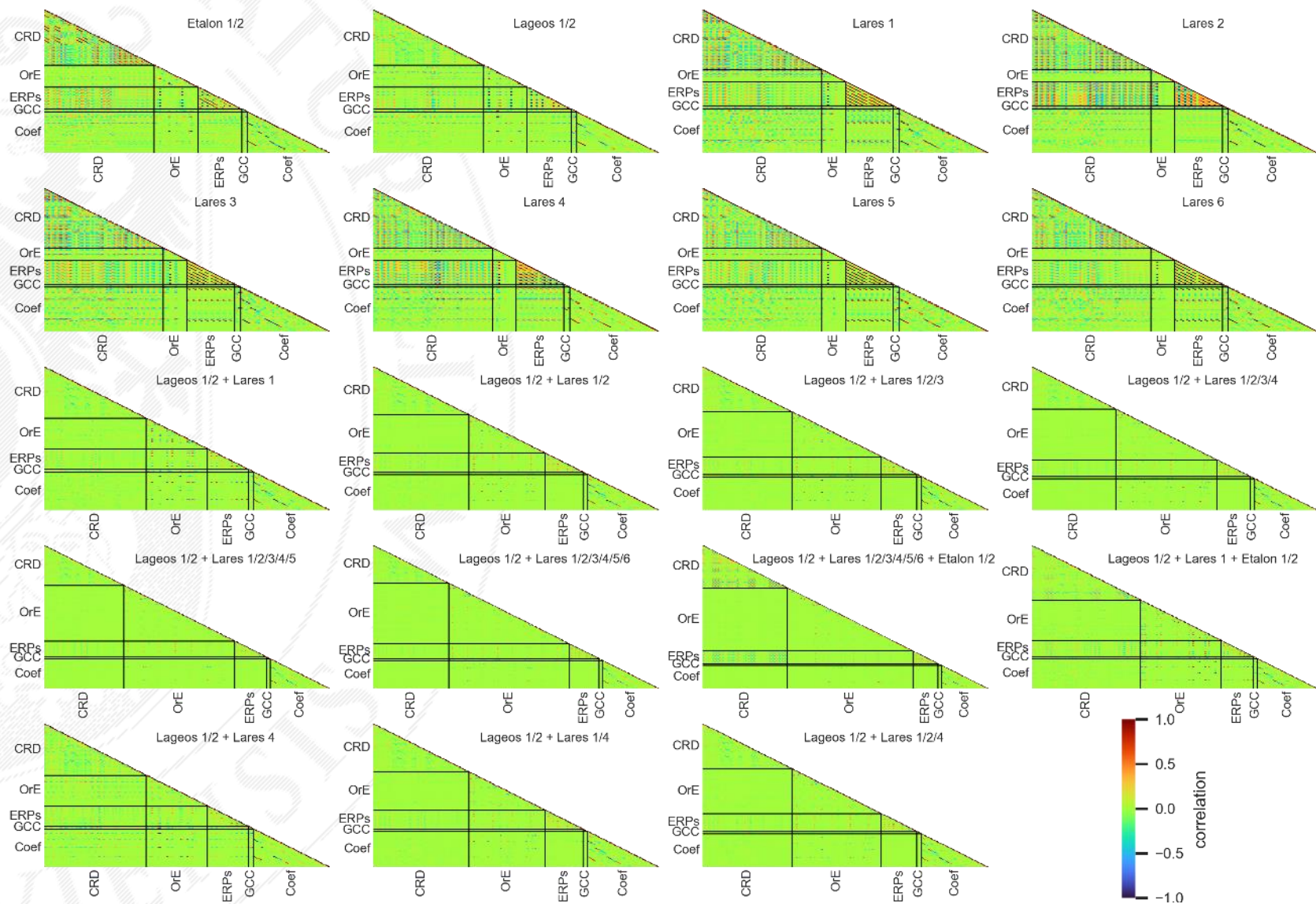


RÓŻNE PODEJŚCIA W PRZETWARZANIU

PODEJŚCIE	SRP1	SRP2	IGS-like (ERP)	CSR	ILRS-like (ERP)	SRP3
6 elementów Keplera: $e, a, i, \Omega, \omega, v$						
WYZNACZANE PARAMETRY EMPIRYCZNE (raz na 7-dniowy łuk)	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2)	S_0 S_S, S_C	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2) W_S, W_C	D_0	S_0 S_S, S_C W_S, W_C	D_0 (LARES) S_0 S_S, S_C (LAGEOS-1/2, Etalon-1/2)



KORELACJE POMIĘDZY WYZNACZANYMI PARAMETRAMI



KORELACJE POMIĘDZY WYZNACZANYMI PARAMETRAMI

