



Czasowe zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych oraz potrzeba ich uwzględnienia w wysokościowym układzie odniesienia

Walyeldeen Godah, Małgorzata Szelachowska, Jan Kryński

Instytut Geodezji i Kartografii
Centrum Geodezji i Geodynamiki



*Systemy odniesień przestrzennych — podstawy geodynamiczne,
aktualne realizacje oraz kierunki rozwoju
Grybów, 8–10 czerwca 2022 roku*

Plan prezentacji

1. Wprowadzenie
2. Wpływ na wysokości **czasowych zmian rozkładu mas w systemie Ziemia**
3. Czasowe **zmiany wysokości** ortometrycznych/normalnych (o/n)
4. Wyznaczenie **dynamicznych wysokości** o/n
 - **Statyczne wysokości** o/n
 - **Wyznaczenie** czasowych zmian wysokości o/n
 - **Analiza i modelowanie** czasowych zmian wysokości o/n
 - **Predykcja** czasowych zmian wysokości o/n
 - **Dynamiczne wysokości** o/n
5. Dyskusja i wnioski

Wprowadzenie

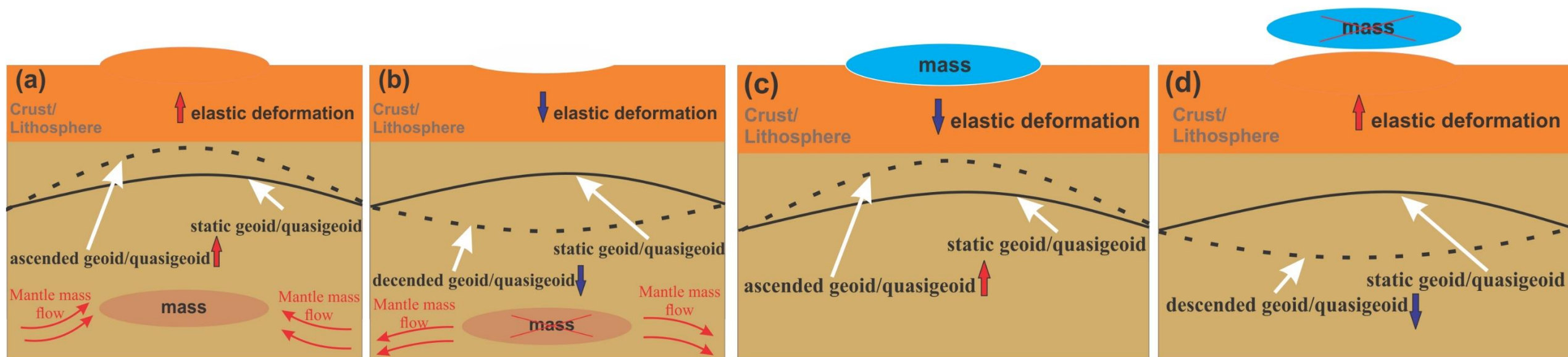
Motywacja

- Wysokości o/n są przyjmowane jako **statyczne** dla większości obszarów lądowych. Jedyny wyjątek to obszary o widocznym osiadaniu/podnoszeniu się terenu
- Na punktach osnowy wysokościowej I rzędu zarówno do celów naukowych, jak i prac inżynierskich jest potrzeba posiadania **wysokości o/n o milimetrowej dokładności**
- Obecnie **wysokości o/n o wysokiej dokładności** są często wyznaczane jako kombinacja wysokości elipsoidalnych otrzymanych z pomiarów GNSS i wysokości geoidy/quasigeoidy otrzymanych z danych grawimetrycznych
- **Grawimetryczne misje satelitarne** GRACE, GRACE Follow-On oraz przyszłe misje nowej generacji, a także niwelacja chronometryczna umożliwiają monitorowanie czasowych zmian rozkładu mas w systemie Ziemia i w następstwie monitorowanie **czasowych zmian wysokości**

Cel

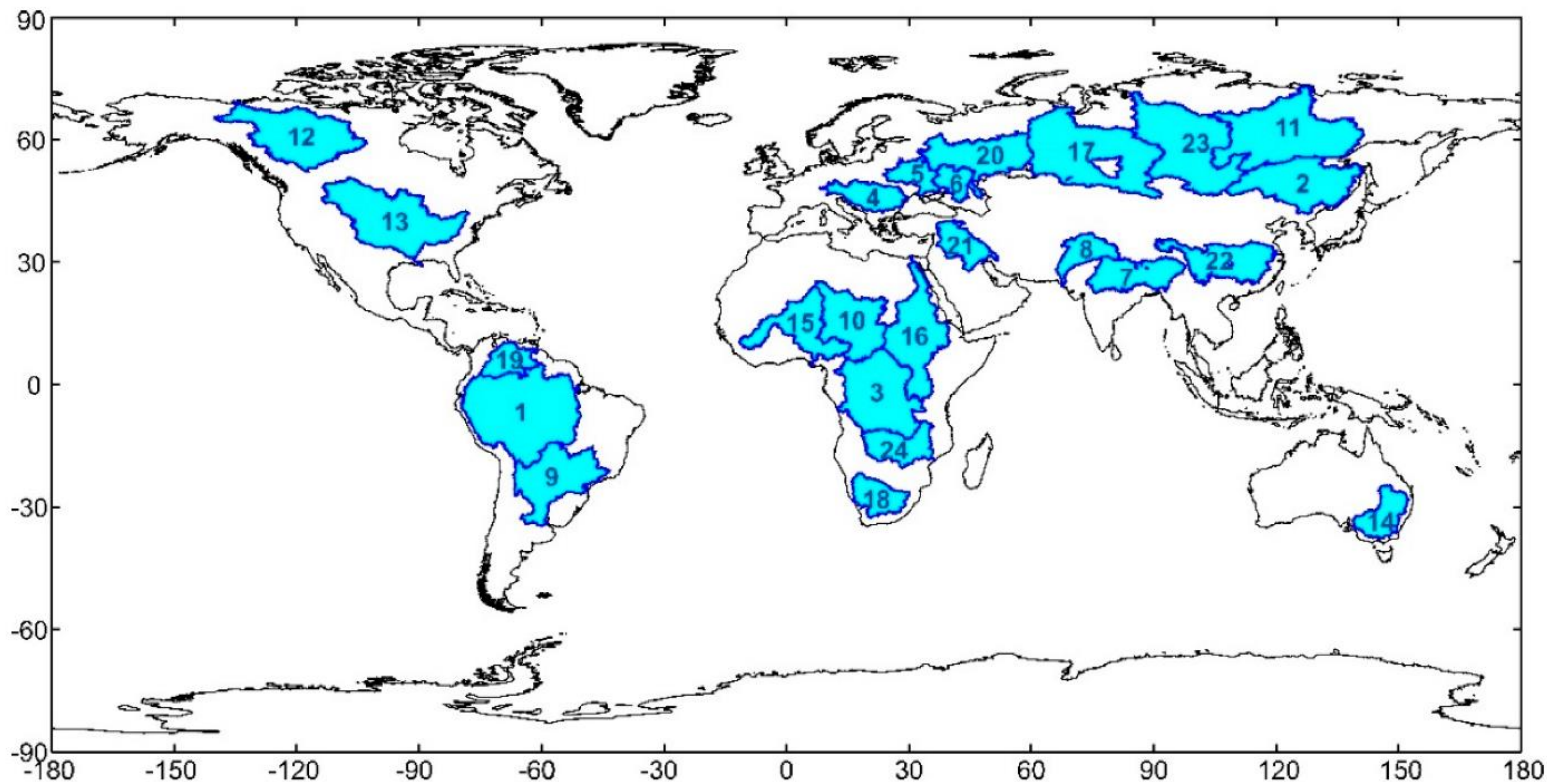
- Przedyskutowanie potrzeby uwzględnienia **czasowych zmian wysokości** o/n wywołanych transportem mas w systemie Ziemia do wyznaczenia **dokładniejszych wartości wysokości**

Wpływ czasowych zmian rozkładu mas w systemie Ziemia na wysokości



Czasowe zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych (1)

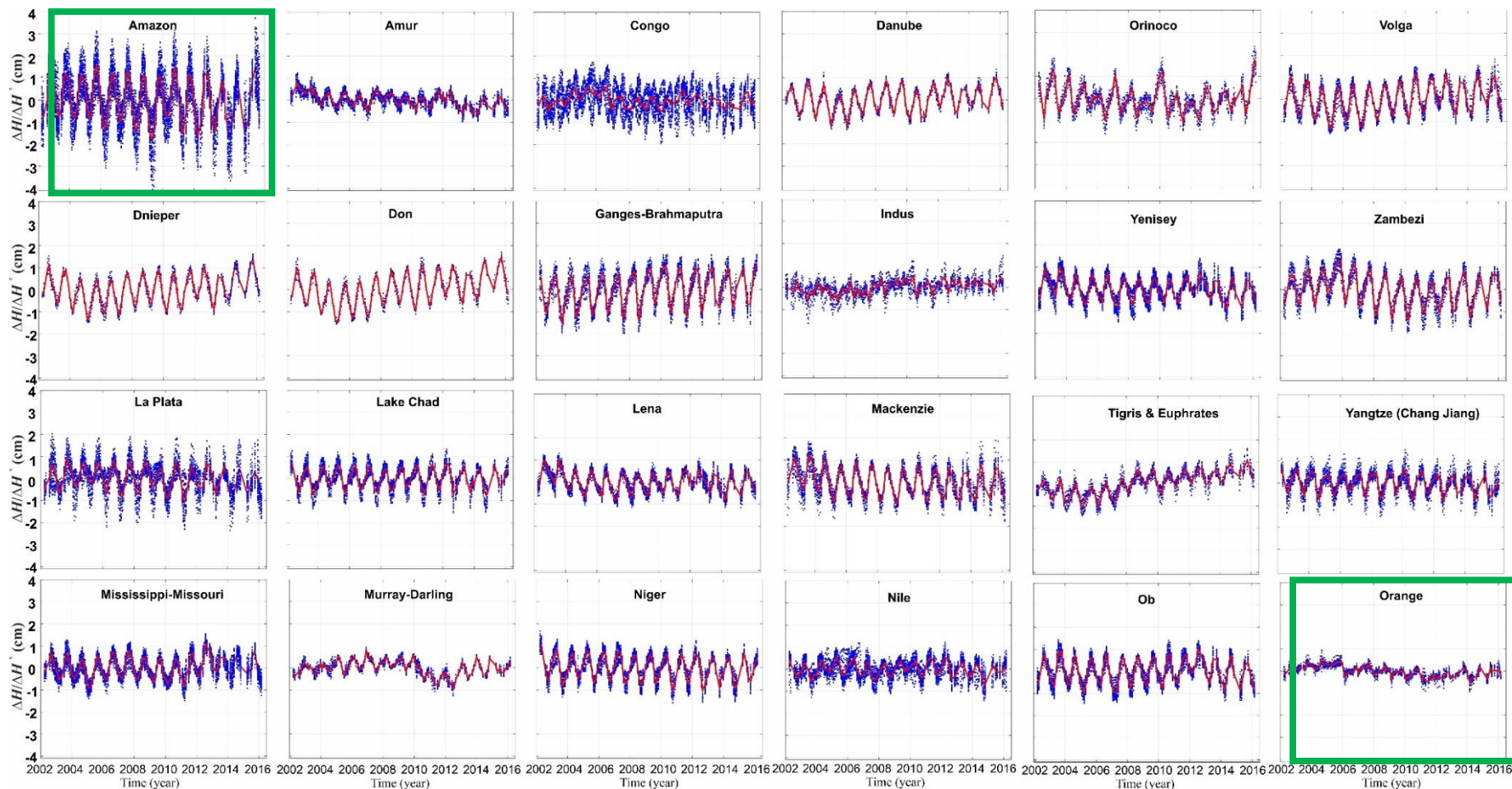
Największe dorzecza Ziemi



- | | |
|------------------------|----------------------------|
| (1) Amazon | (13) Mississippi–Missouri |
| (2) Amur | (14) Murray–Darling |
| (3) Congo | (15) Niger |
| (4) Danube | (16) Nile |
| (5) Dnieper | (17) Ob |
| (6) Don | (18) Orange |
| (7) Ganges–Brahmaputra | (19) Orinoco |
| (8) Indus | (20) Volga |
| (9) La Plata | (21) Tigris & Euphrates |
| (10) Lake Chad | (22) Yangtze (Chang Jiang) |
| (11) Lena | (23) Yenisei |
| (12) Mackenzie | (24) Zambezi |

Czasowe zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych (2)

Największe dorzecza Ziemi

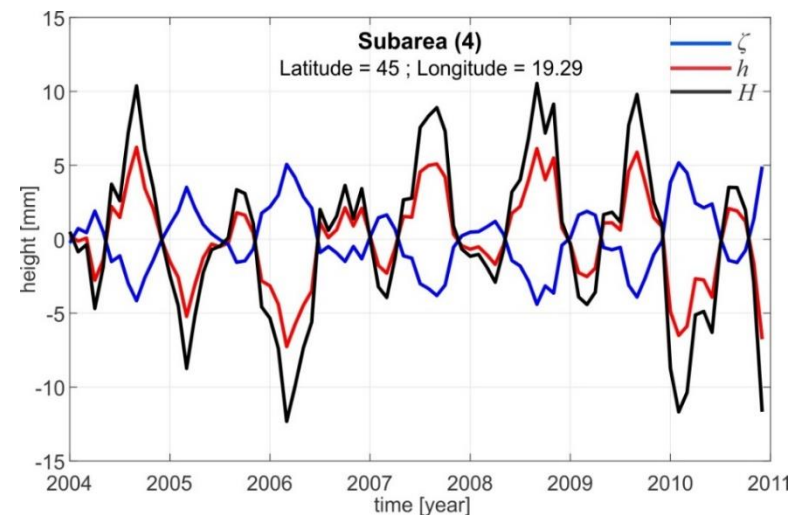
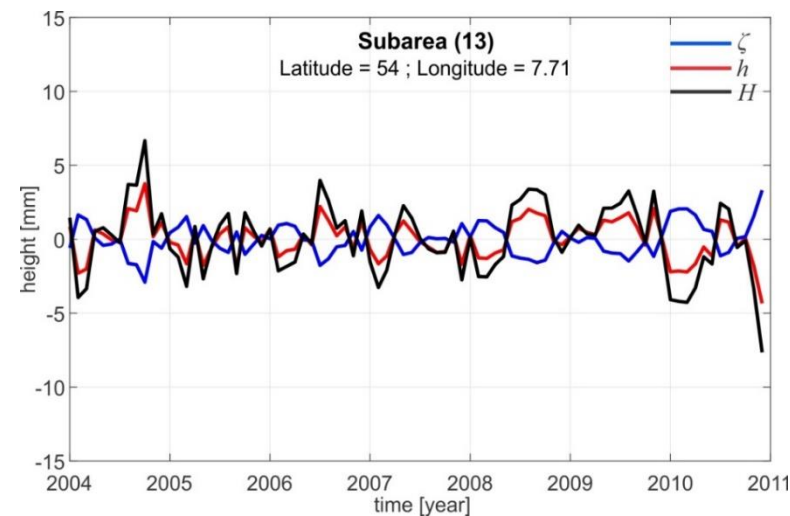
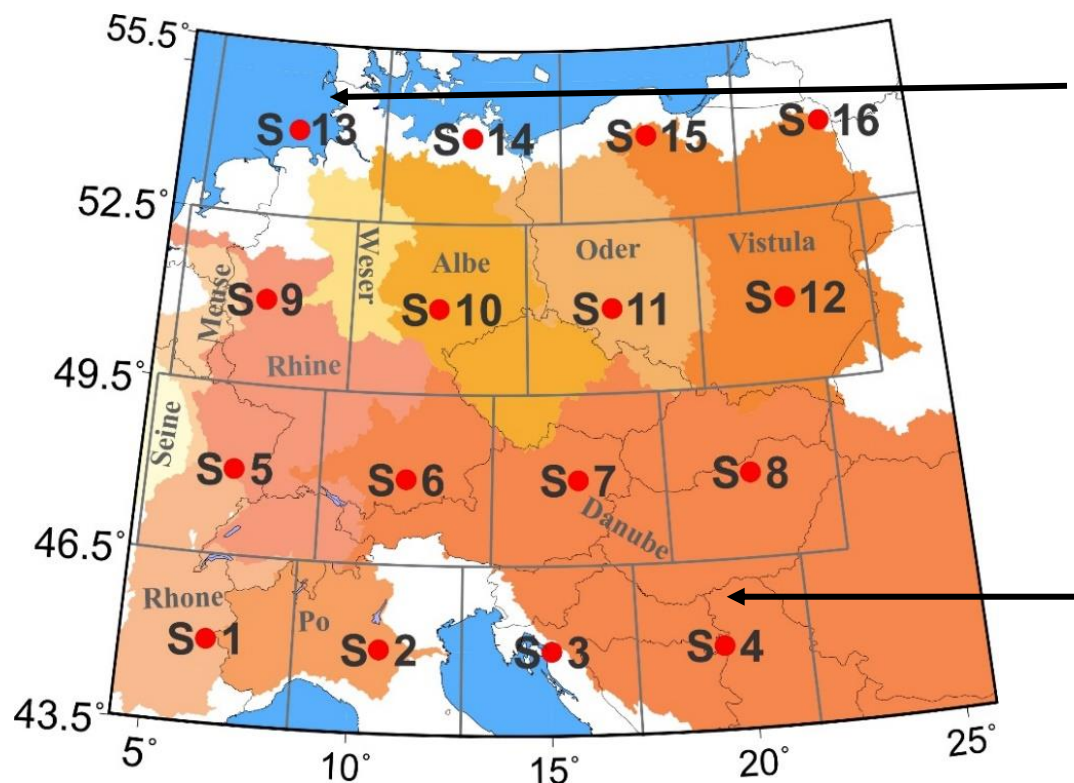


~2 cm –dorzecze Orange

~8 cm –dorzecze Amazonki

Czasowe zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych (3)

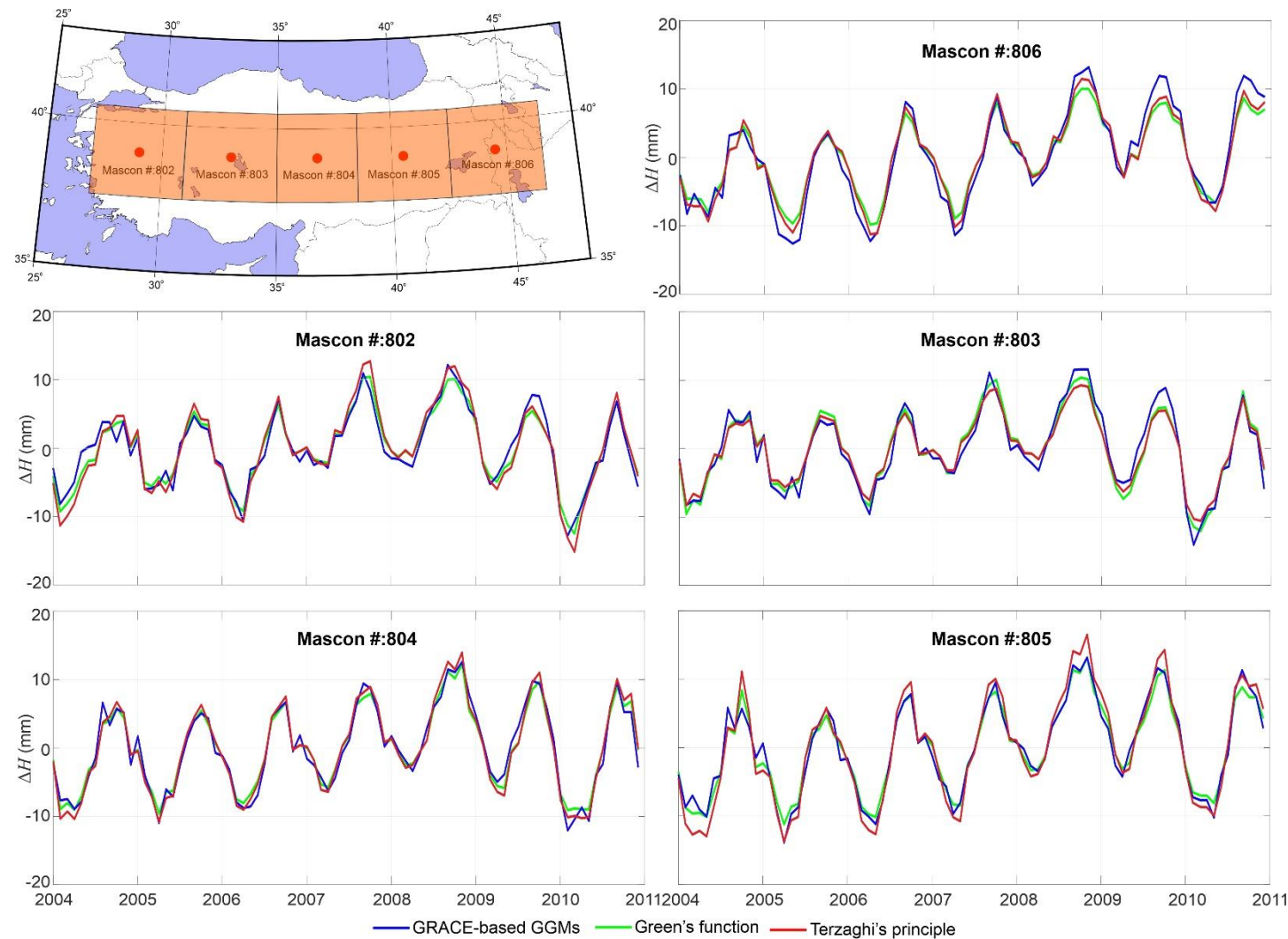
Europa Centralna



2.3 cm

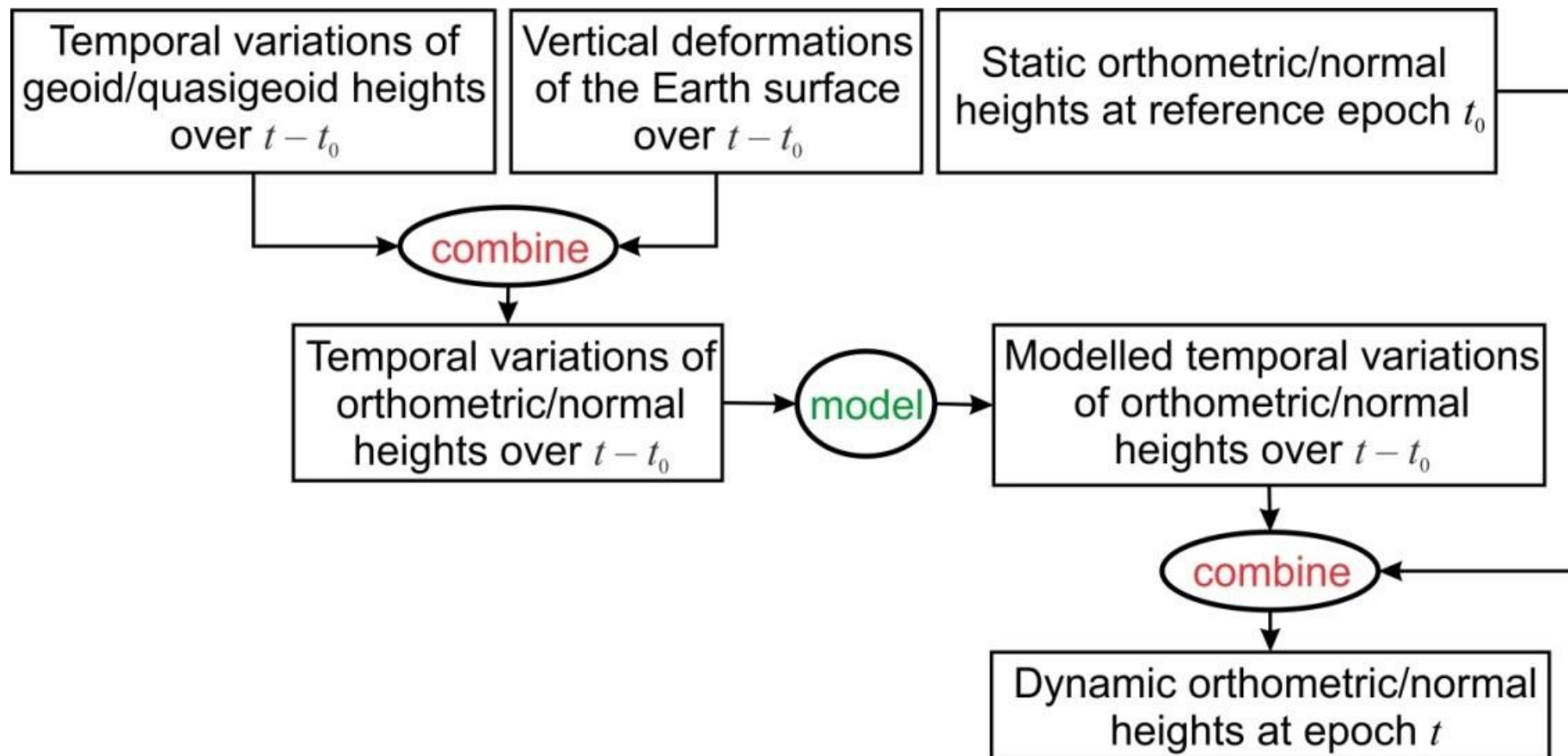
Czasowe zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych (4)

Turcja

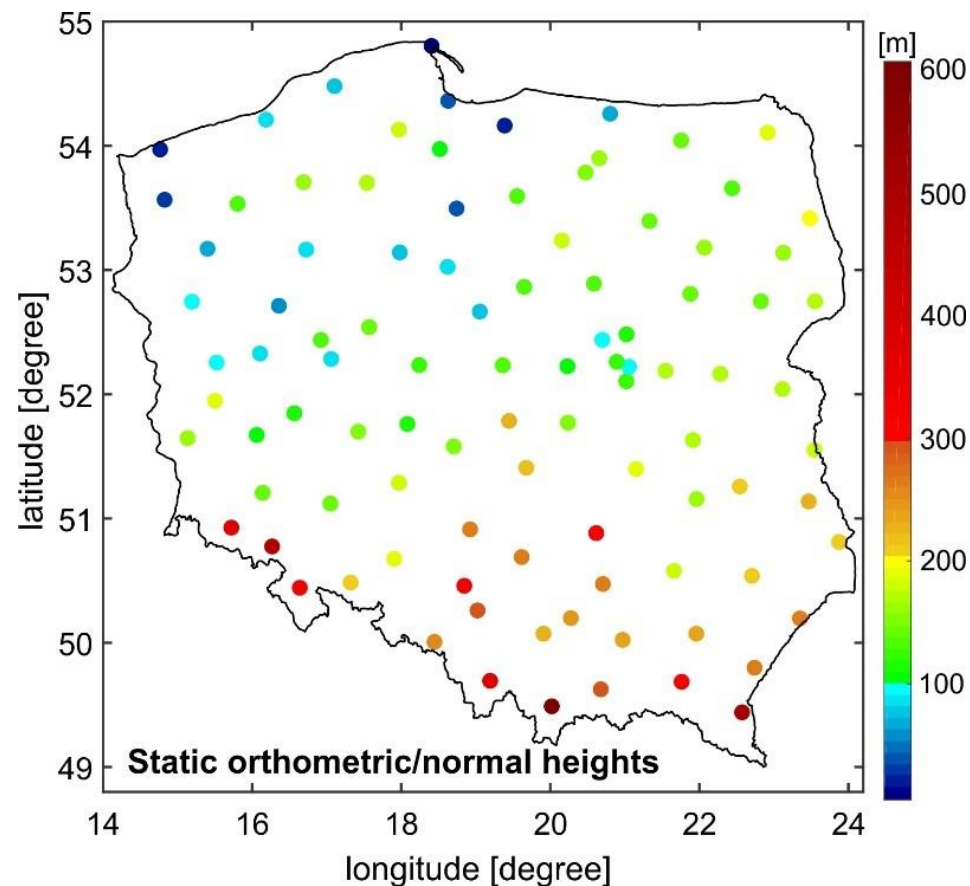


2.5 cm

Wyznaczenie dynamicznych wysokości ortometrycznych/normalnych

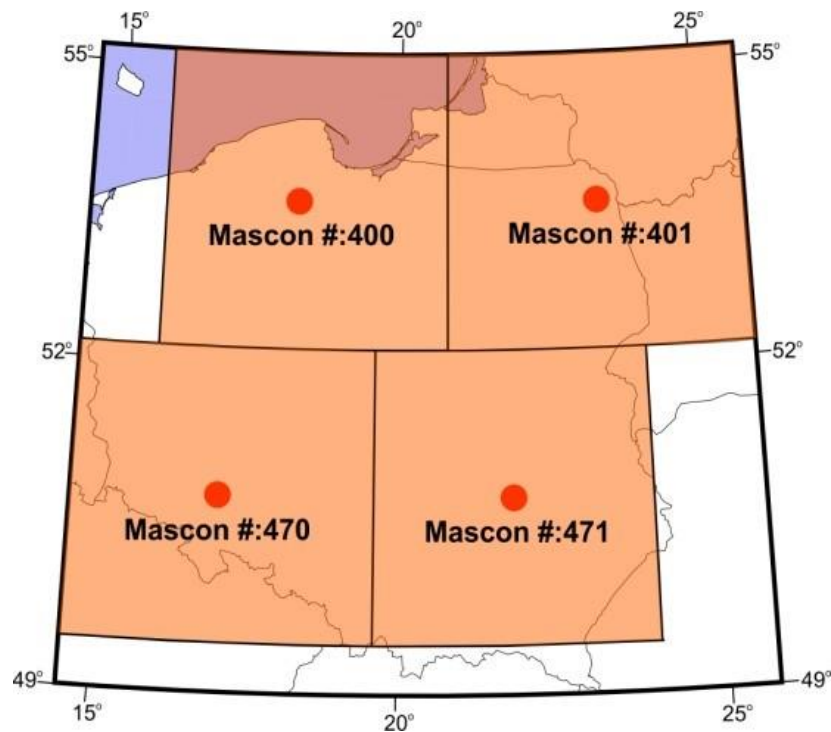


Statyczne wysokości ortometryczne/normalne

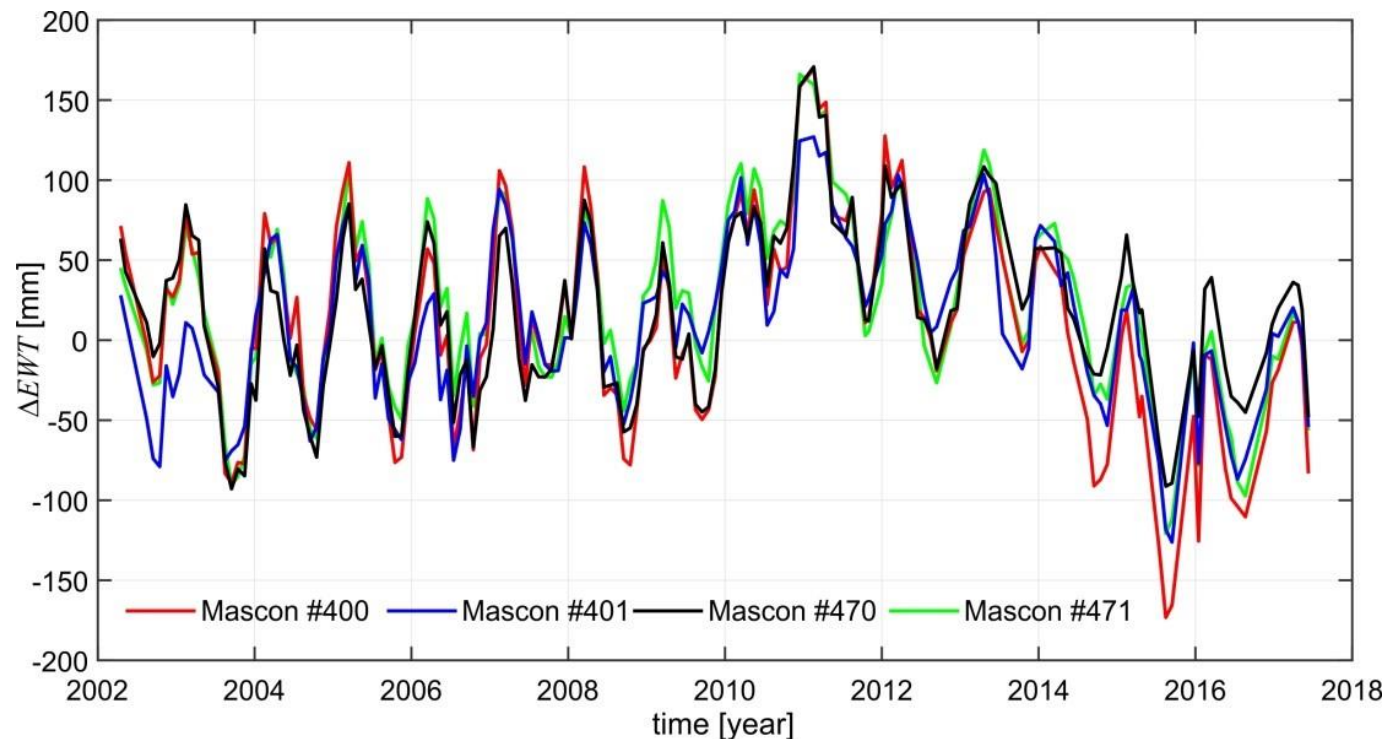


Statyczne wysokości normalne na punktach sieci ASG-EUPOS
odniesione do układu PL-EVRF2007-NH i umownej **epoki odniesienia** 01.01.2008

Wyznaczenie czasowych zmian wysokości ortometrycznych/normalnych (1)

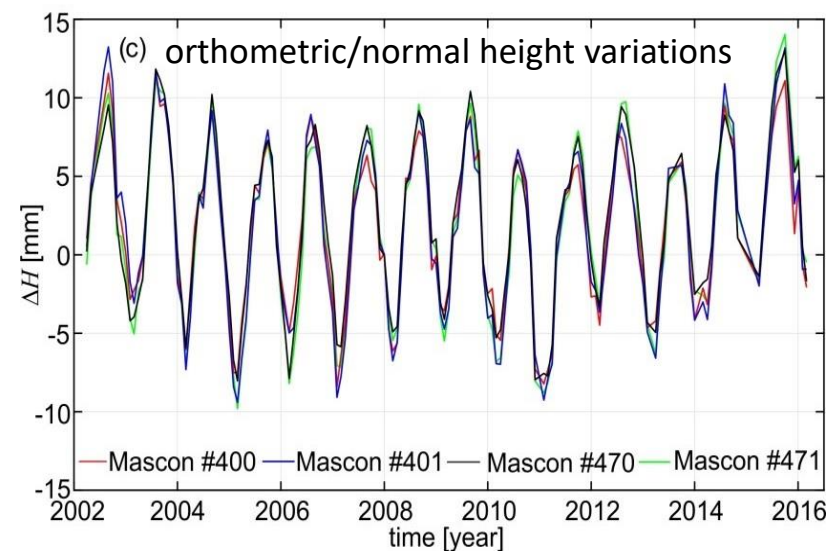
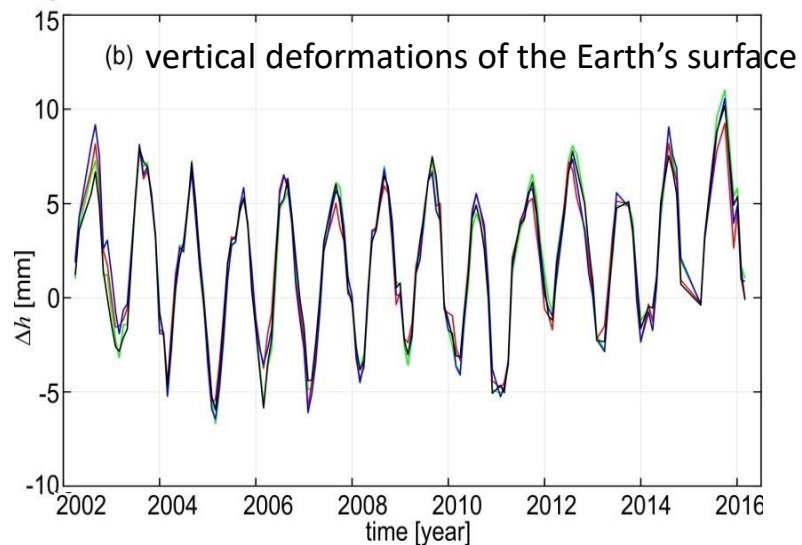
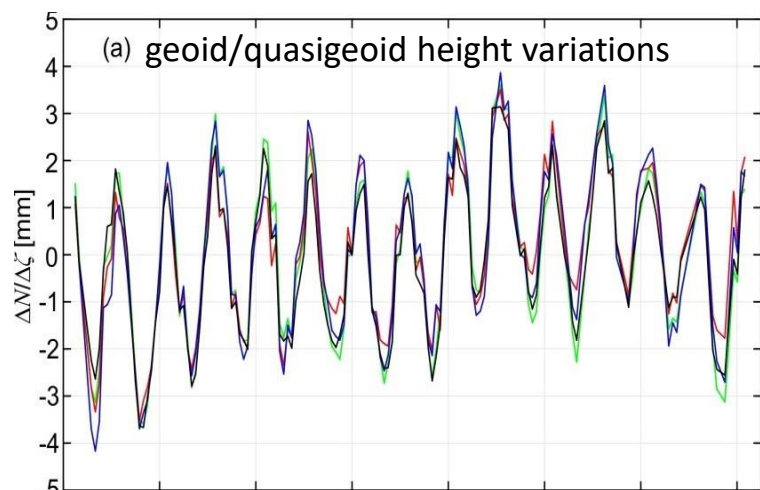


Lokalizacja maskonów na obszarze Polski
(mascons – mass concentration)

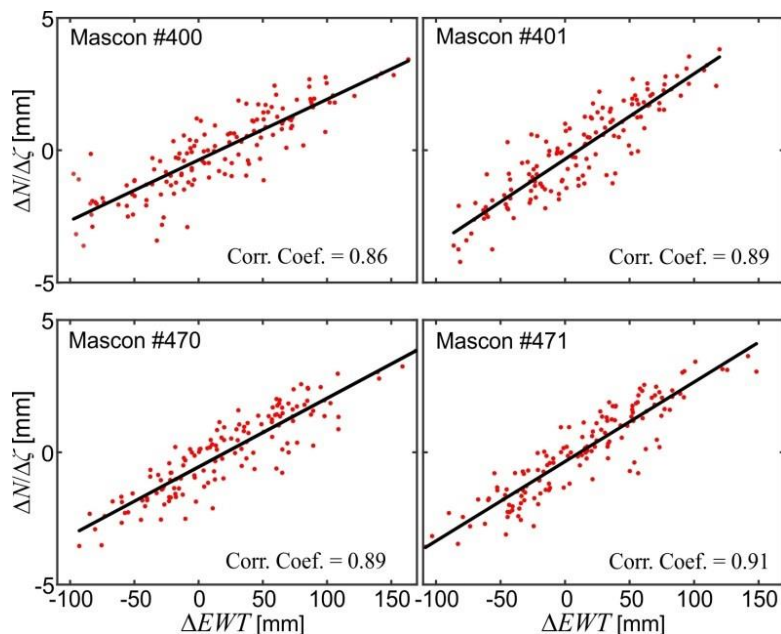


Czasowe zmiany ekwiwalentnej warstwy wody na obszarze Polski

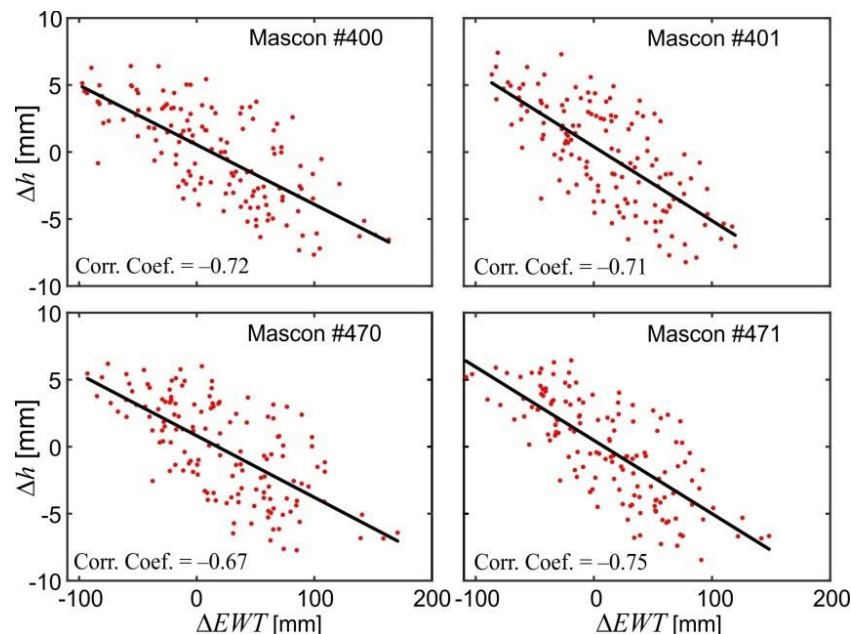
Wyznaczenie czasowych zmian wysokości ortometrycznych/normalnych (2)



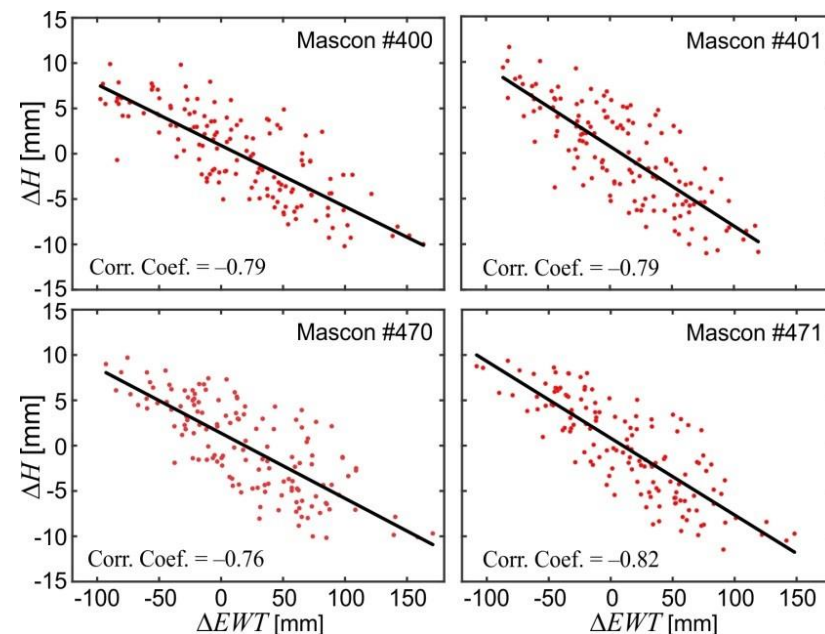
Wyznaczenie czasowych zmian wysokości ortometrycznych/normalnych (3)



Korelacje pomiędzy
czasowymi zmianami **ekwiwalentnej warstwy wody**
i czasowymi zmianami **wysokości geoidy/quasigeoidy**

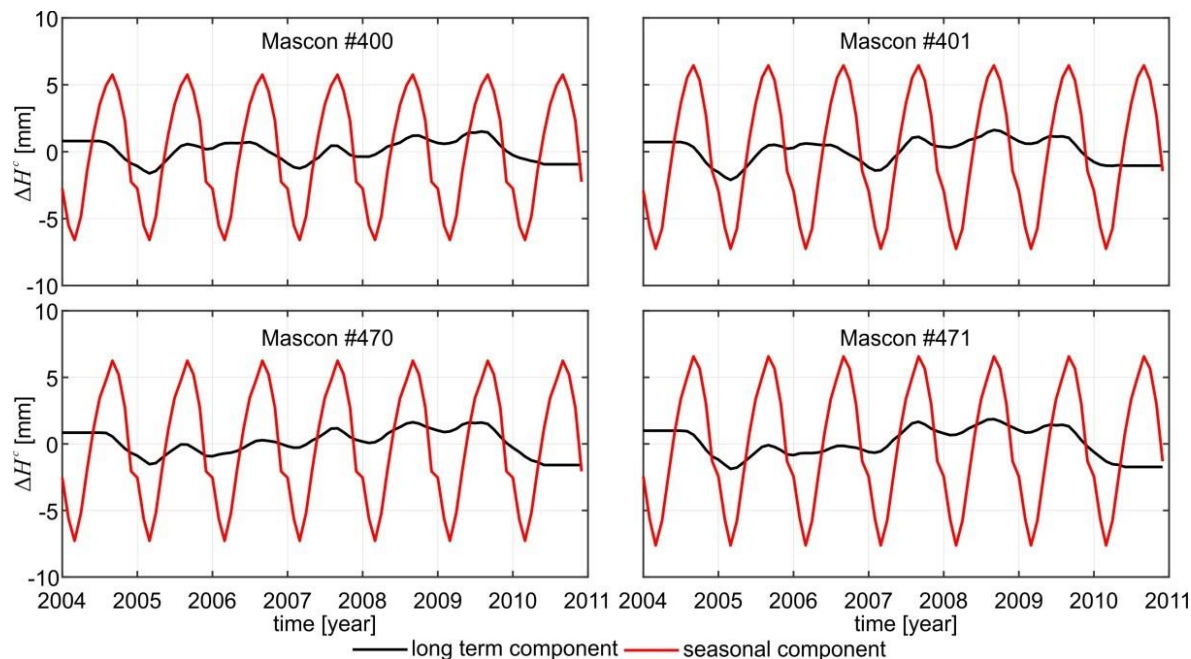


Korelacje pomiędzy
czasowymi zmianami **ekwiwalentnej warstwy wody**
i **deformacjami pionowymi powierzchni Ziemi**

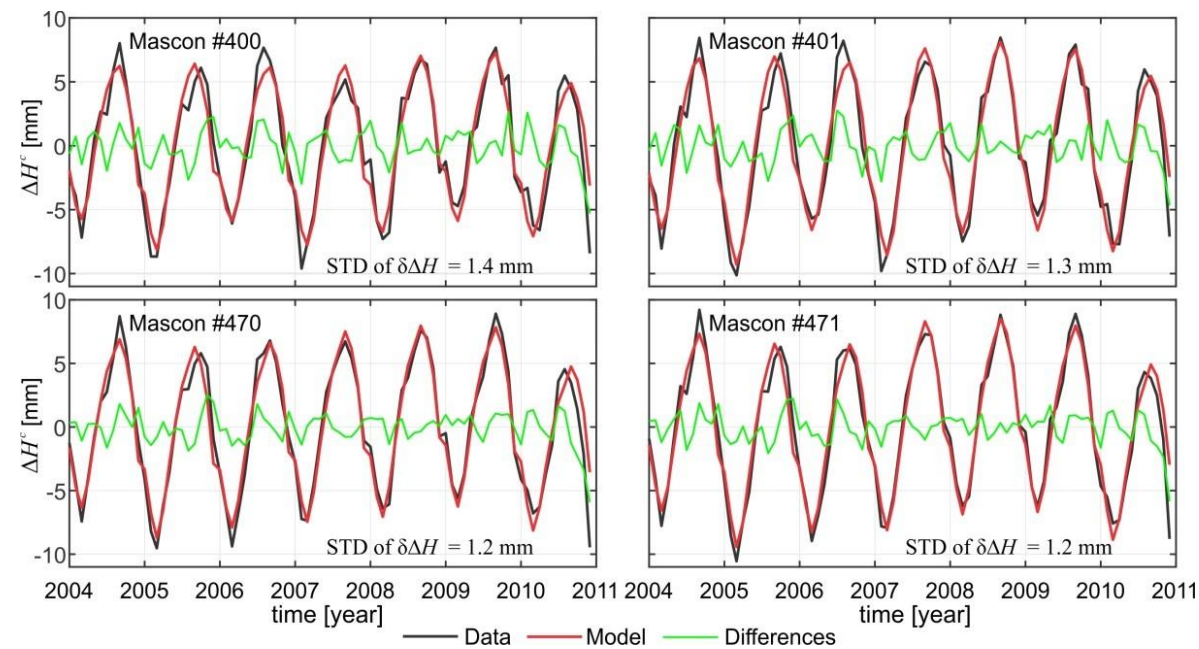


Korelacje pomiędzy
czasowymi zmianami **ekwiwalentnej warstwy wody**
i czasowymi zmianami **wysokości o/n**

Analiza i modelowanie czasowych zmian wysokości ortometrycznych/normalnych



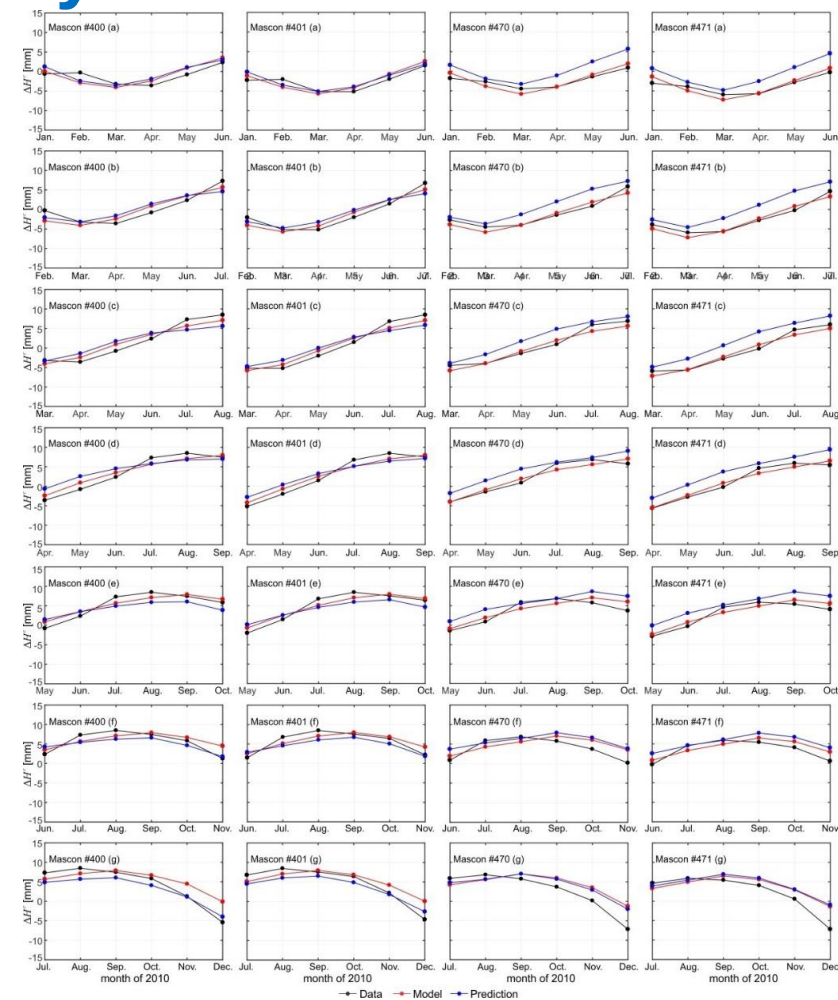
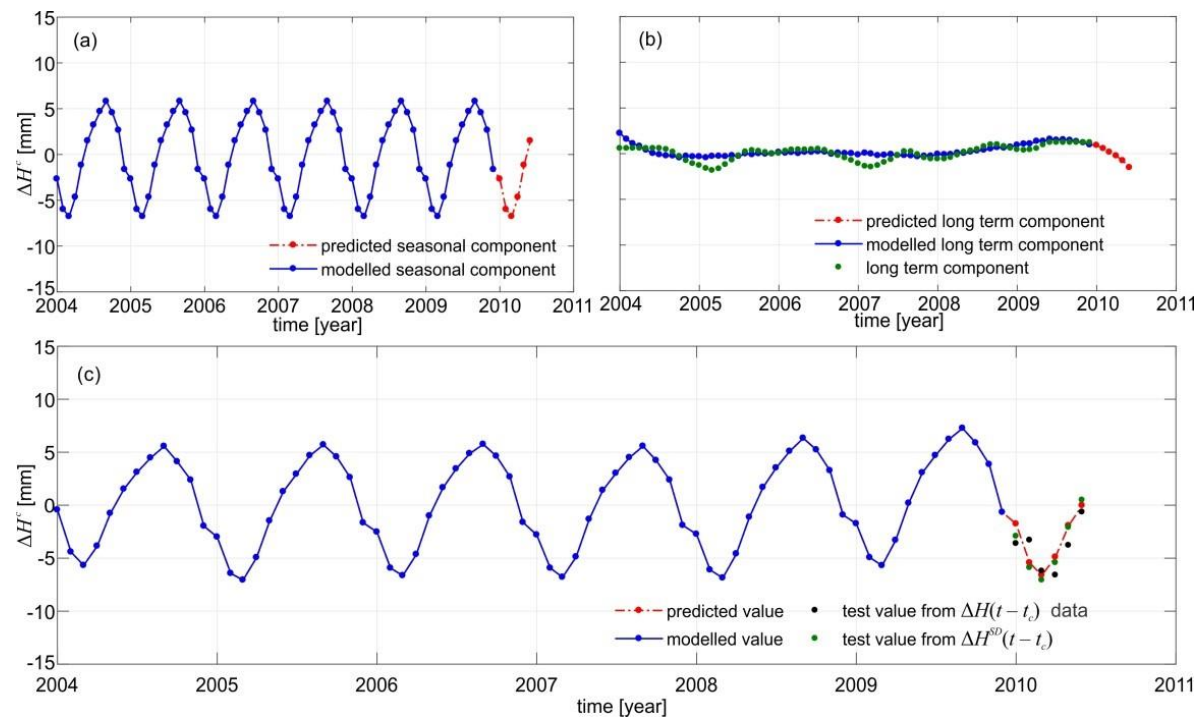
Sezonowe i długookresowe składowe czasowych zmian **wysokości o/n** wycentrowane do zera

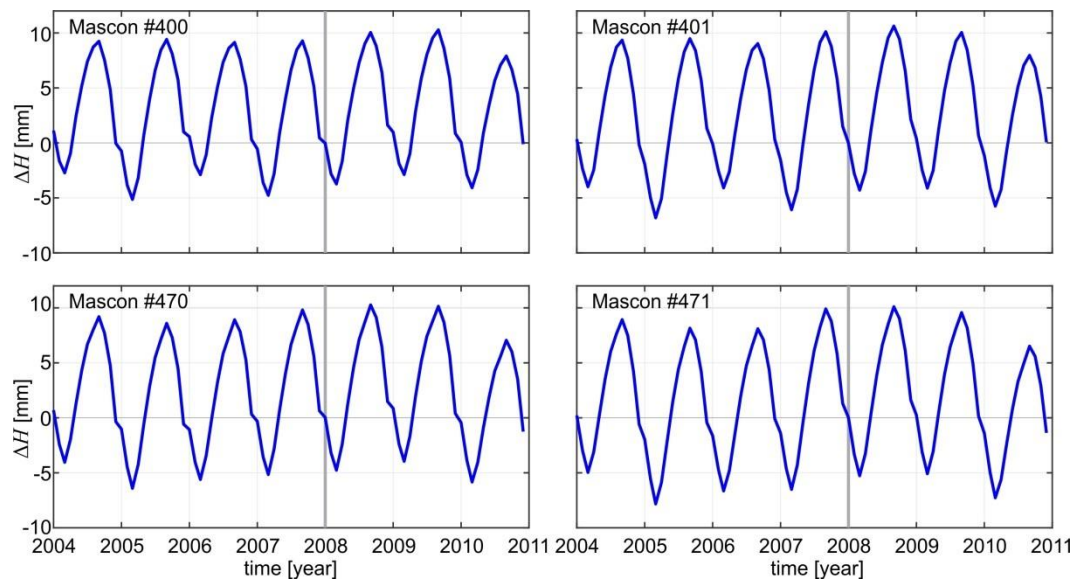


Czasowe zmiany **wysokości o/n** wycentrowane do zera (czarna linia), ich **modele** otrzymane przy użyciu metody SD (**czzerwona linia**), **różnice** między zmianami wysokości i ich modelami (**zielona linia**)

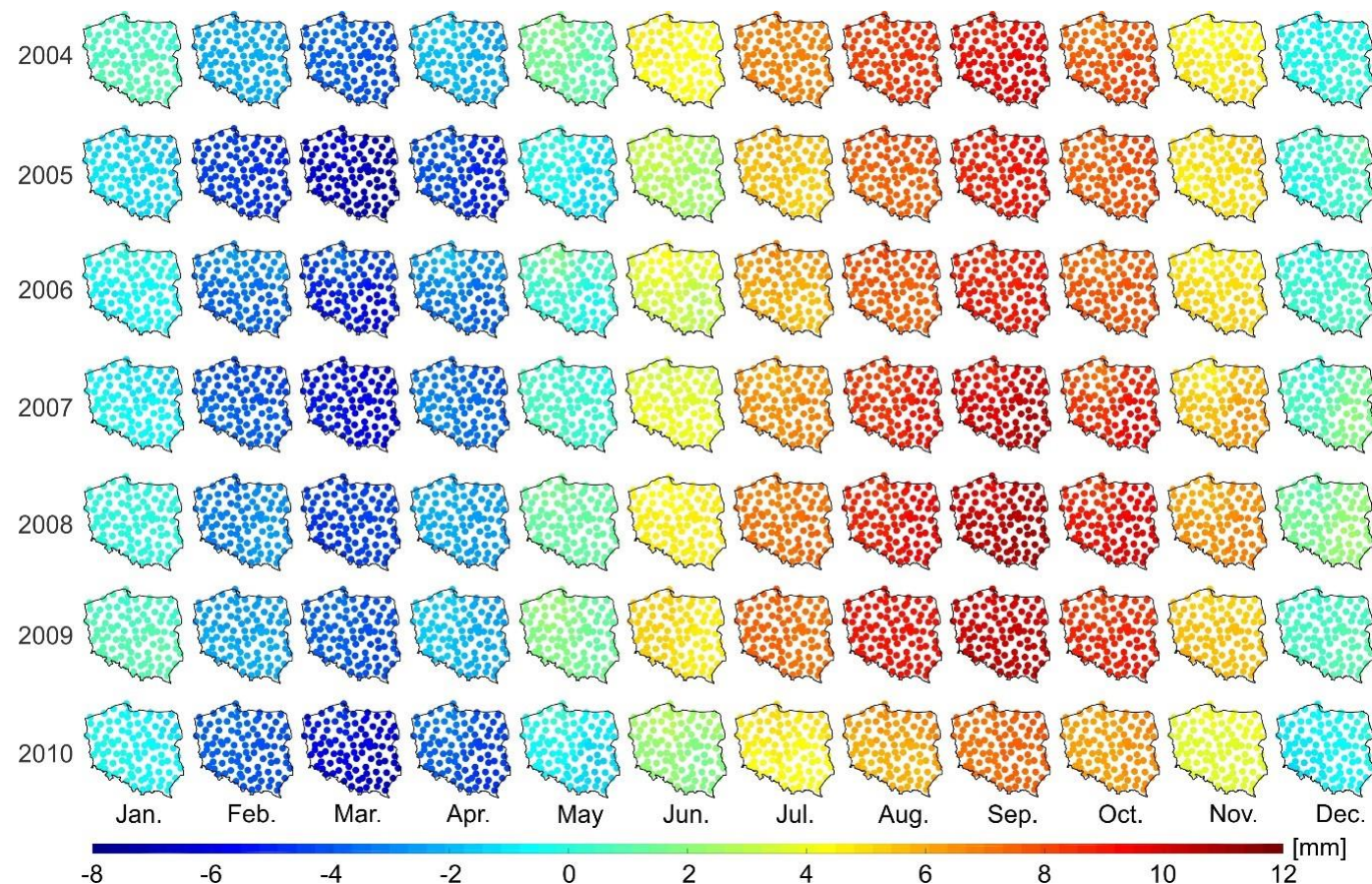
Predykcja czasowych zmian wysokości ortometrycznych/normalnych

P
R
Z
Y
K
Ł
A
D





Modele czasowych zmian wysokości o/n
odniesione do epoki odniesienia t_0 , tj. 01.01.2008



Czasowe zmiany wysokości o/n wyznaczone na punktach sieci ASG-EPOS

Dyskusja i wnioski (1)

Zmiany wysokości ortometrycznych/normalnych

- **sięgają**
 - **80 mm** – dorzecze Amazonki
 - **23 mm** – Europa Centralna
 - **25 mm** – Turcja
 - **23 mm** – Polska
- mogą być **modelowane** z **dokładnością 1 mm** dla obszaru Polski
- mogą być **predykowane** na sześć miesięcy wprzód z **dokładnością 1 – 2 mm** dla obszaru Polski

Dyskusja i wnioski (2)

Dokładne wysokości ortometryczne/normalne są potrzebne do realizacji **celów naukowych i praktyki współczesnej geodezji** poprzez wykorzystanie, np. **niwelacji satelitarnej – GNSS/geoida lub GNSS/quasigeoida**

wysokości geoidy/quasigeoidy o dokładności **1 cm lub sub-cm** mogą być otrzymane z lokalnych grawimetrycznych modeli geoidy/quasigeoidy lub danych z grawimetrycznych misji satelitarnych (np. GOCE, GRACE, GRACE-FO)

GNSS: Precise Point Positioning
dokładność kilku centymetrów

GNSS: Double-differencing
dokładność kilku milimetrów

Podziękowania

Badania wykonano w ramach:

- Projektu Narodowego Centrum Nauki (NCN) nr 2021/42/E/ST10/00218
- Projektu EPOS-PL (European Plate Observing System for Poland) nr POIR.04.02.00-14-A0003/16