



1EOTVOS
www.eotvos100.hu



GRACE és GRACE-FO idősorok elemzése

Földváry Lóránt^{1,2}

¹ÓE AMK, Geoinformatikai Intézet

²MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

Egyesült Nemzetek
Nevelésügyi, Tudományos és
Kulturális Szervezete

100th anniversary of Roland Eötvös
(1848-1919), physicist, geophysicist,
and innovator of higher education

Commemorated in association with UNESCO

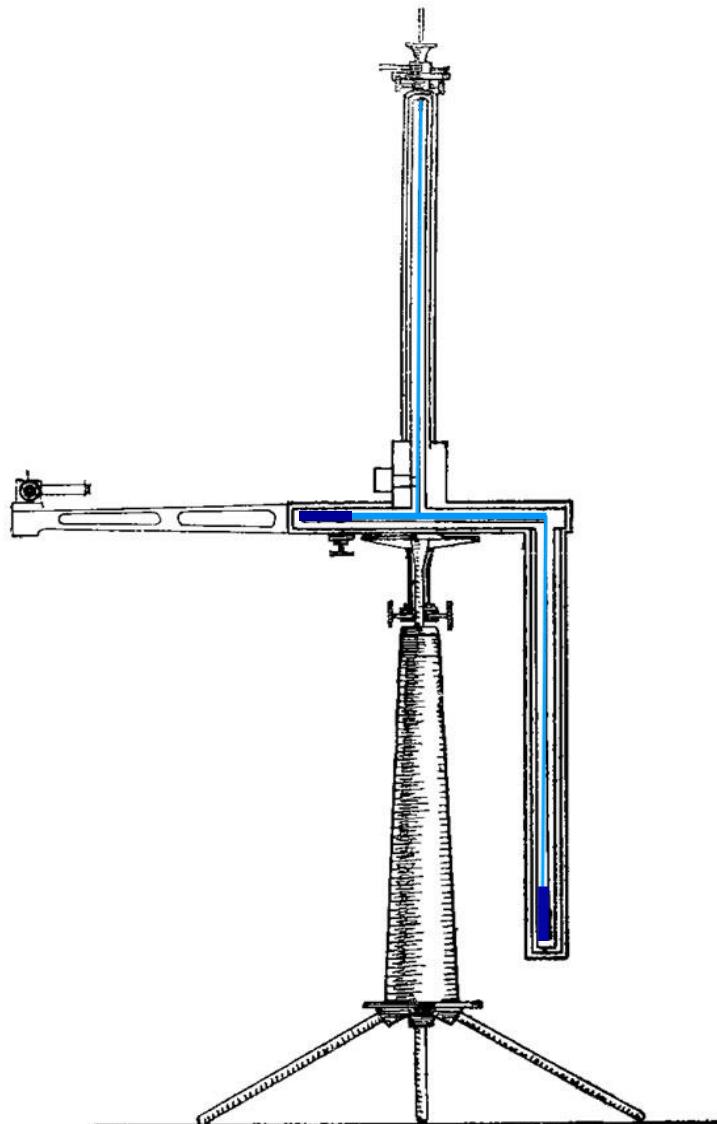
Eötvös Loránd (1848-1919) fizikus,
geofizikus és a felsőoktatás
megújítójának 100. évfordulója
Az UNESCO-val közösen emlékezve

Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.

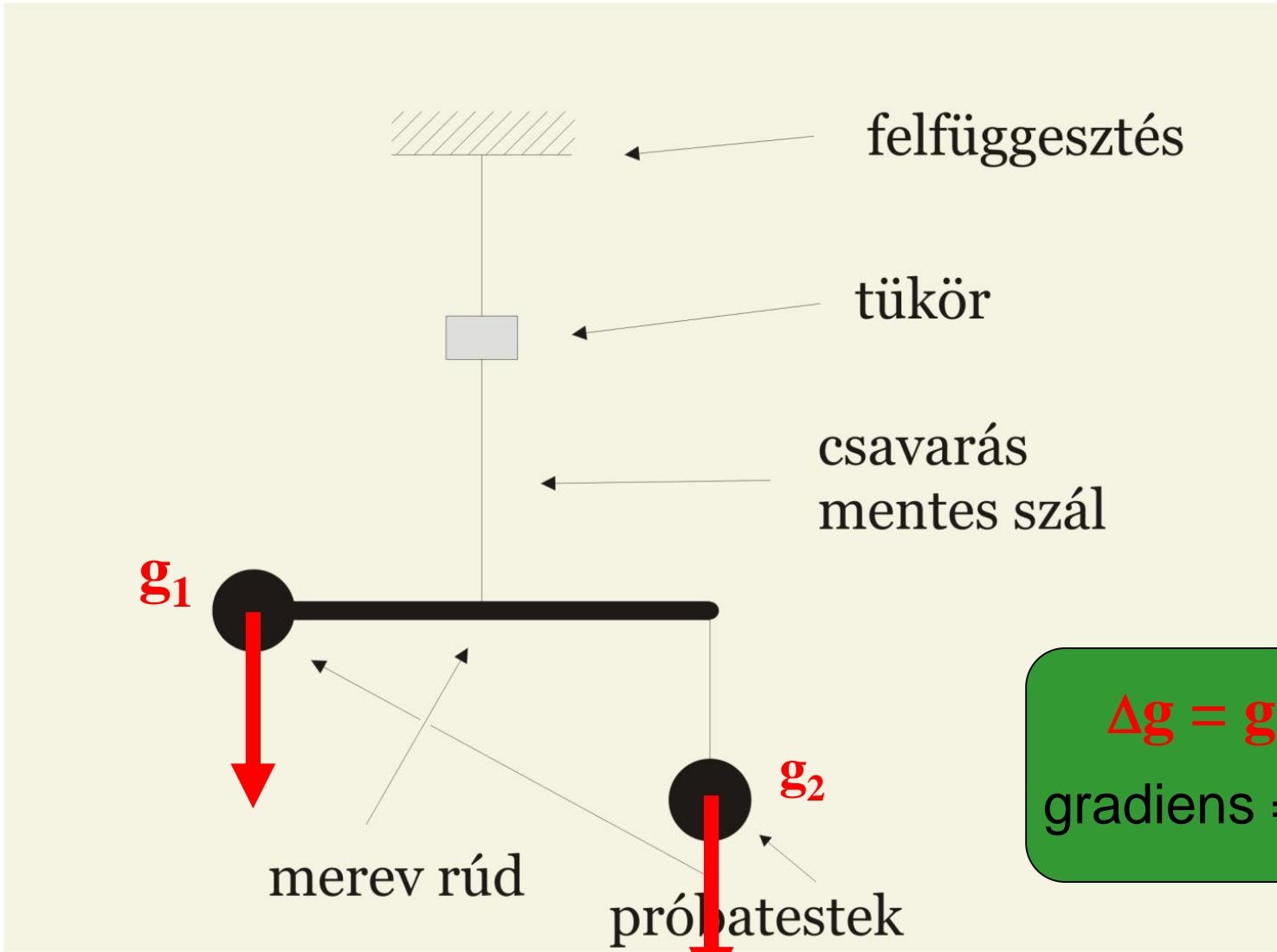


ÓBUDAI EGYETEM
ALBA REGIA MŰSZAKI KAR

Eötvös-inga



Eötvös-inga



GOCE

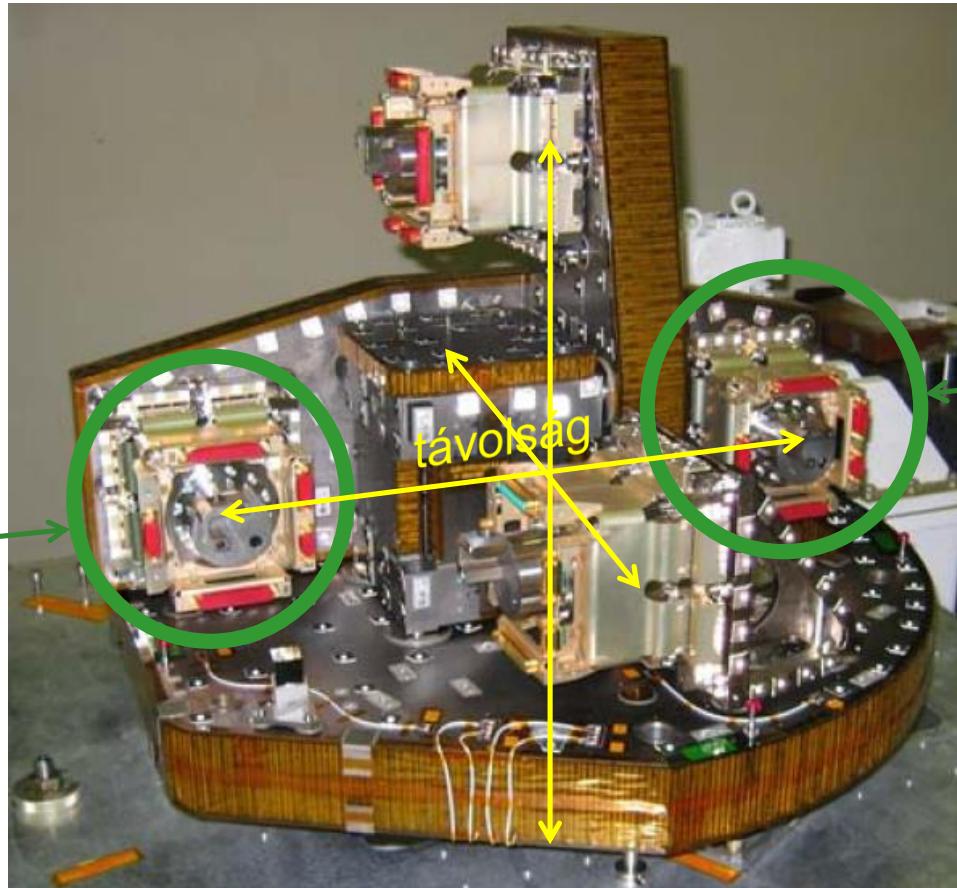
Ürgradiométer mérési alapelve:

$$\Delta g = g_2 - g_1$$

$$\text{gradiens} = \Delta g / r$$

1. gyorsulásmérő

2. gyorsulásmérő

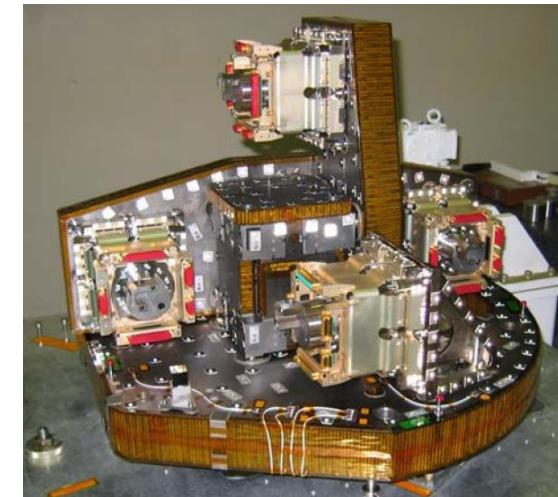
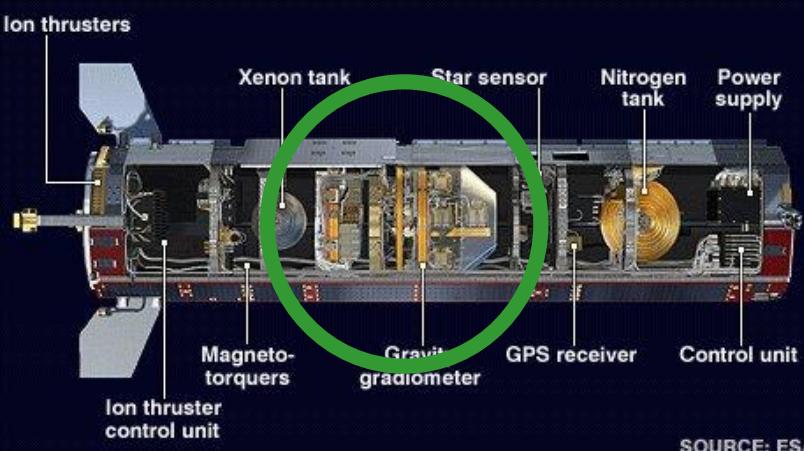
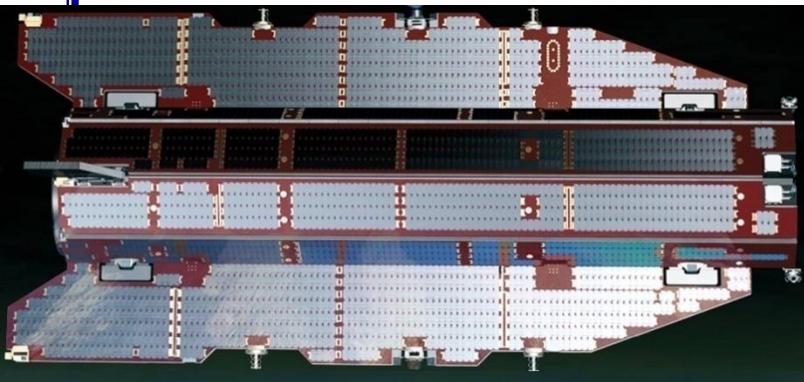


Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.



GOCE

A GOCE ūrgradiométer



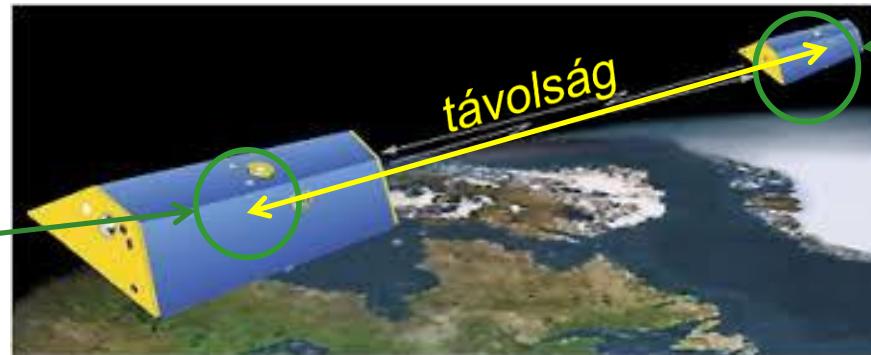
GRACE

Műhold pár közötti távolságmérés alapján a gravitáció meghatározásának alapelve: „egykarú gradiométer”

$$\Delta g = g_2 - g_1$$

$$\text{gradiens} = \Delta g / r$$

1. gyorsulásmérő



2. gyorsulásmérő

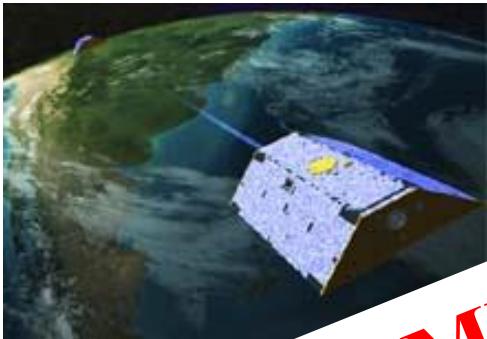


Műholdas gravimetria napjainkban



CHAMP műhold (2000-2010)

- az első gravimetriai célú műhold



GRACE műhold

- a földi működési változásainak
merését is lehetővé tette



GOCE műhold (2009-2013)

- nagyon részletes felbontású képet adta
a Föld gravitációs terének



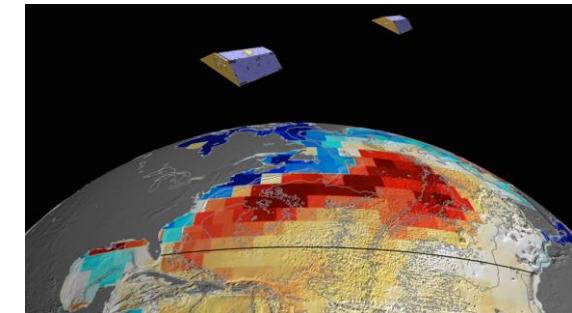
Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.



GRACE-FO

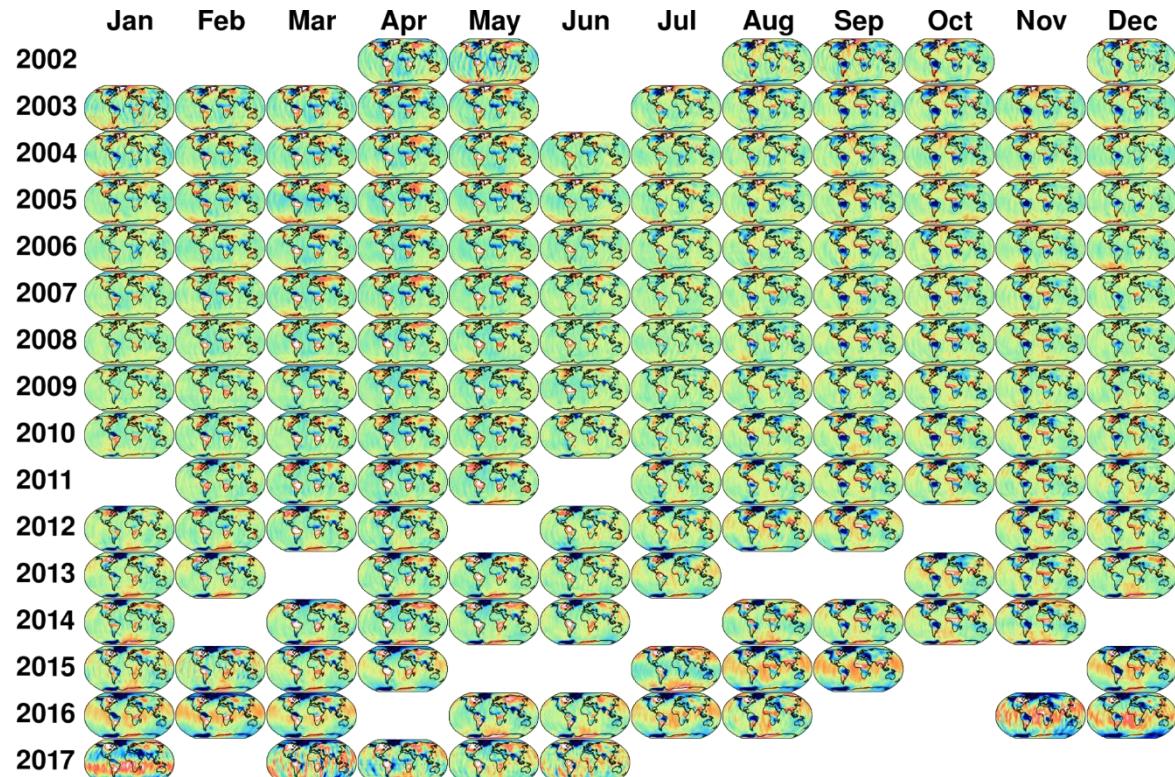
A nehézségi erőtér időbeni változásai

A GRACE 2002 áprilisa és 2017 júniusa között hónapos nehézségi erőtér modelleket szolgáltatott.



GRACE-FO:

- fellövés: 2018 május 22
- első modell: 2018 június
- elérhető: 2019 április



GRACE és GRACE-FO

Hónapos nehézségi erőtér modellek: **legalább 11 hónap kamarad**

2017

Jan.

S	M	T	T	F	S
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
28	29	30	31		

Feb.

S	M	T	F	S
4	5	6	7	8
9	10	11	12	13
11	12	13	14	15
15	16	17	18	19
18	19	20	21	22
25	26	27	28	29
25	26	27	28	29

Mar.

S	M	T	W	F	S
4	5	6	7	8	9
11	12	13	14	15	16
18	19	20	21	22	23
25	26	27	28	29	30
25	26	27	28	29	30

Apr.

S	M	T	T	F	S
1	2	3	4	5	6
8	9	10	11	12	13
15	16	17	18	19	20
22	23	24	25	26	27
29	30	31			

May.

S	M	T	W	F	S
1	2	3	4	5	6
6	7	8	9	10	11
13	14	15	16	17	18
20	21	22	23	24	25
27	28	29	30	31	

Jun.

S	M	T	W	F	S
3	4	5	6	7	8
10	11	12	13	14	15
17	18	19	20	21	22
24	25	26	27	28	29
24	25	26	27	28	29

Jul.

S	M	T	F	S
1	2	3	4	5
8	9	10	11	12
15	16	17	18	19
22	23	24	25	26
29	30	31		

Aug.

S	M	T	F	S
5	6	7	8	9
12	13	14	15	16
19	20	21	22	23
26	27	28	29	30
26	27	28	29	30

Sep.

S	M	T	W	F	S
30	31				
2	3	4	5	6	7
9	10	11	12	13	14
16	17	18	19	20	21
23	24	25	26	27	28
23	24	25	26	27	29

Oct.

S	M	T	F	S
1	2	3	4	5
7	8	9	10	11
14	15	16	17	18
21	22	23	24	25
28	29	30	31	

Nov.

S	M	T	F	S
4	5	6	7	8
11	12	13	14	15
18	19	20	21	22
25	26	27	28	29
25	26	27	28	29

Dec.

S	M	T	W	F	S
30	31				
2	3	4	5	6	7
9	10	11	12	13	14
16	17	18	19	20	21
23	24	25	26	27	28
23	24	25	26	27	29

2018

Jan.

S	M	T	F	S
31	1	2	3	4
7	8	9	10	11
13	14	15	16	17
20	21	22	23	24
27	28	29	30	31
27	28	29	30	31

Feb.

S	M	T	F	S
3	4	5	6	7
10	11	12	13	14
17	18	19	20	21
24	25	26	27	28
24	25	26	27	29

Mar.

S	M	T	F	S
31	1	2	3	4
7	8	9	10	11
14	15	16	17	18
21	22	23	24	25
28	29	30	31	

Apr.

S	M	T	F	S
1	2	3	4	5
8	9	10	11	12
15	16	17	18	19
22	23	24	25	26
29	30	31		

May.

S	M	T	F	S
5	6	7	8	9
12	13	14	15	16
19	20	21	22	23
26	27	28	29	30
26	27	28	29	31

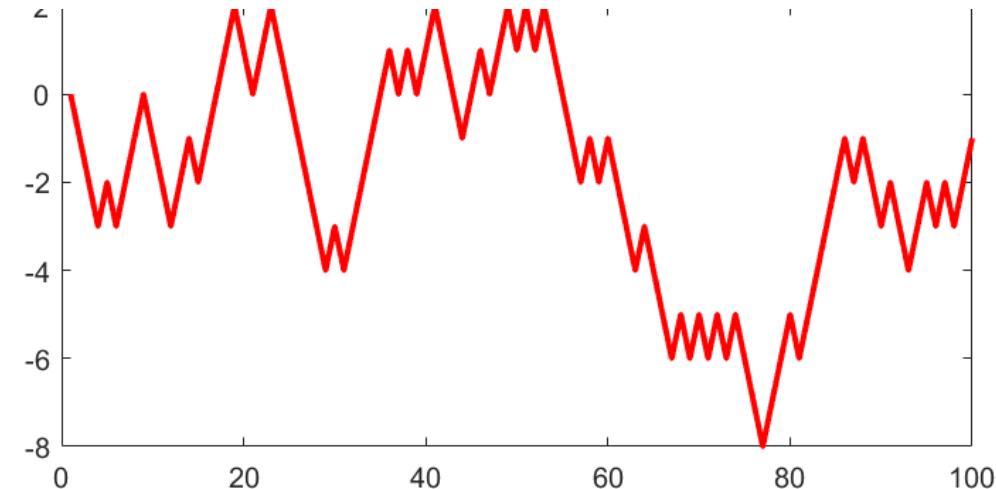
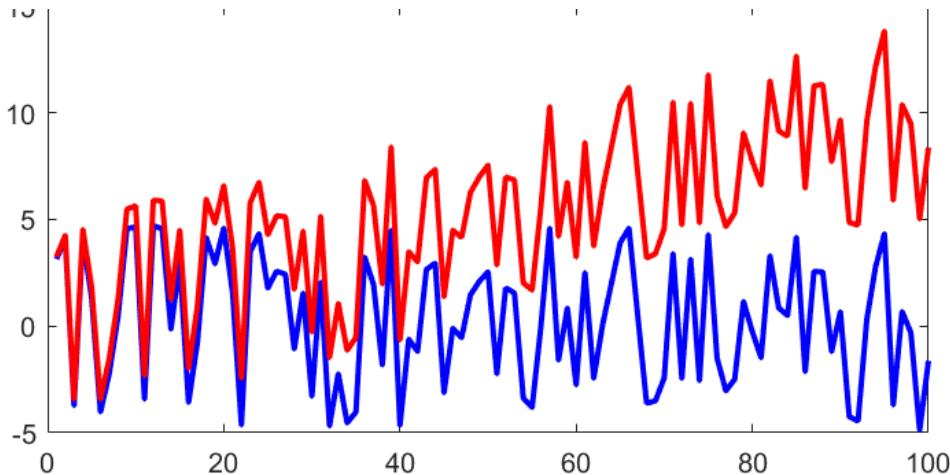
Jun.

S	M	T	F	S
30	1	2	3	4
7	8	9	10	11
14	15	16	17	18
21	22	23	24	25
28	29	30	31	

Módszertan

Idősorelemzés: idősorok leírhatók négy független összetevő eredőjeként

$$y(t) = \text{trend} + \text{ciklus} + \text{szezonális ingadozás} + \text{véletlen ingadozás}$$



trend – hosszabb időszakon tartósan érvényesülő tendencia

ciklus – trend feletti vagy alatti tartósabb, szabálytalan ingadozás

szezonális ingadozás – szabályos, többnyire rövid távú ingadozás

véletlen ingadozás – szabálytalan, sztochasztikus változás



Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.



Módszertan

ARIMA modell: Autoregresszív, integrált, mozgóátlag folyamat

Egy p -ed rendű autoregresszív folyamat, $AR(p)$:

$$X(t) = \alpha_1 X(t-1) + \alpha_2 X(t-2) + \cdots + \alpha_p X(t-p) + \sigma_\varepsilon \varepsilon(t)$$

Egy q -ad rendű mozgó átlag folyamat, $MA(q)$:

$$X(t) = \beta_0 \varepsilon(t) + \beta_1 \varepsilon(t-1) + \cdots + \beta_q \varepsilon(t-q)$$

Ezek alapján az autoregresszív és mozgóátlag folyamat, $ARMA(p,q)$:

$$(1 - \sum_{i=1}^p \alpha_i L^i)X(t) = (1 + \sum_{i=1}^q \beta_i L^i)\varepsilon(t)$$

A stacionaritás eléréséhez az idősor d -ed rendű deriváltját képezzük.
Ekkor az autoregresszív, integrált, mozgóátlag folyamat, $ARIMA(p,d,q)$:

$$X(t) = \sum_{i=1}^p \alpha_i (1-L)^d X(t-i) + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon(t-i)$$

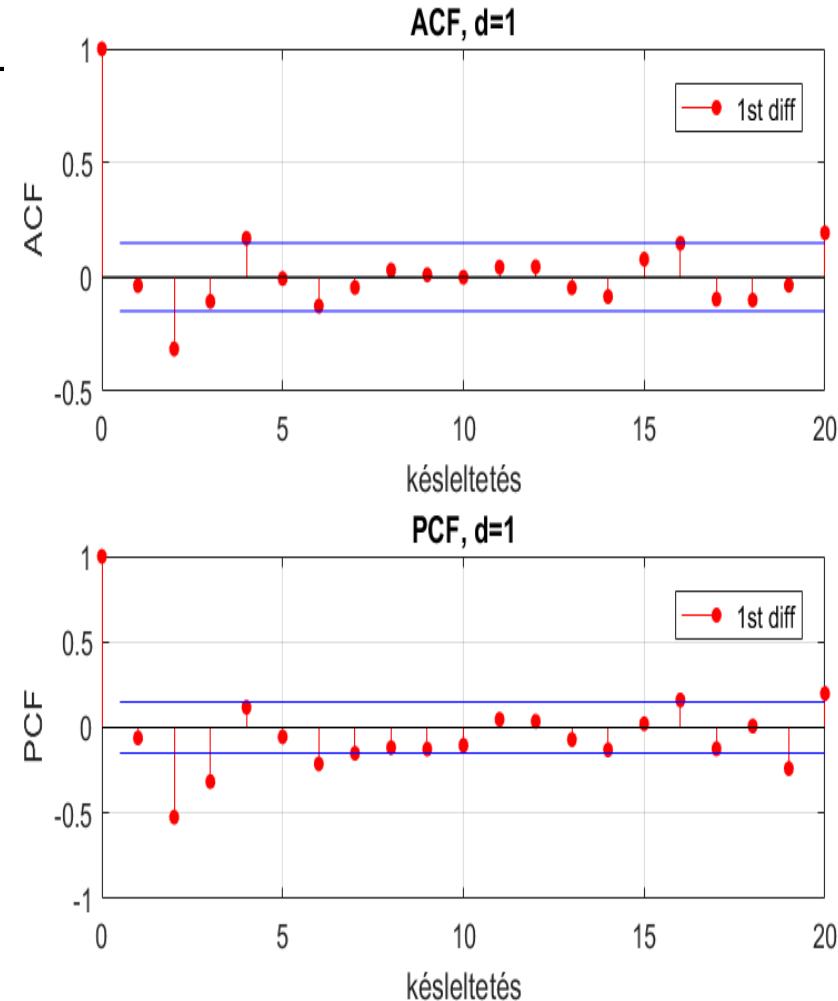


Módszertan

Box-Jenkins módszer: módszer $ARIMA(p,d,q)$ modell paraméterezésére

$$X(t) = \sum_{i=1}^p \alpha_i (1 - L)^i X(t - i) +$$

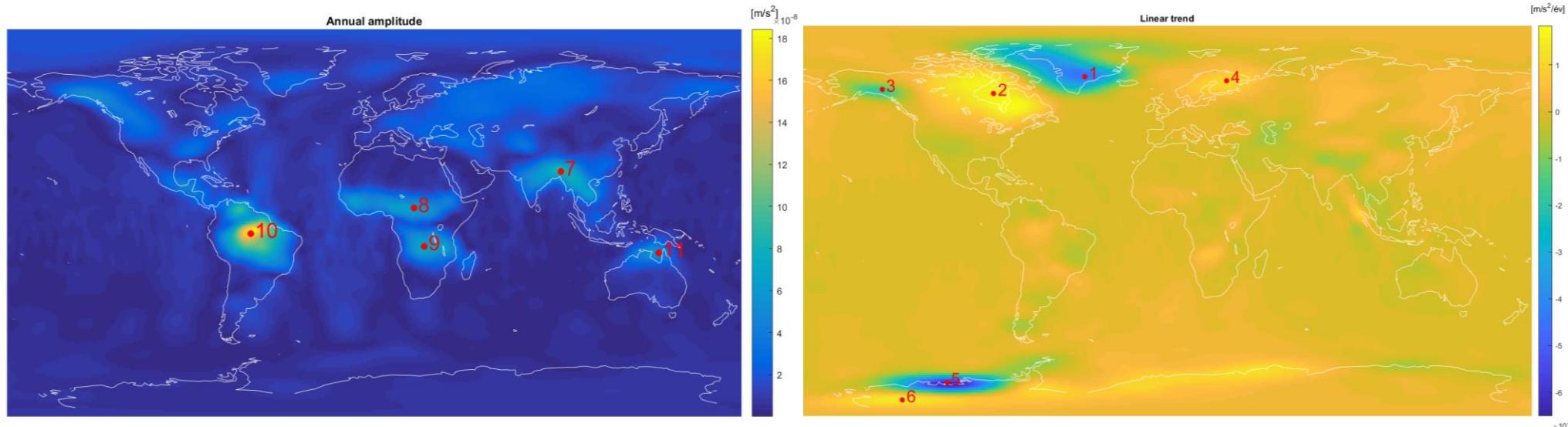
q – ACF függvény levágási értéke alapján
 p – PCF függvény levágási értéke alapján
 d – ha az ACF és PCF függvények nem
vagy túl hosszan csengnek le,
növeljük értékét.



Vizsgálati idősorok

GRACE: 163 hónapnyi modell rendelkezésünkre áll.

Ezek alapján az egész Földre meghatározunk nehézségi anomália (Δg) idősorokat.



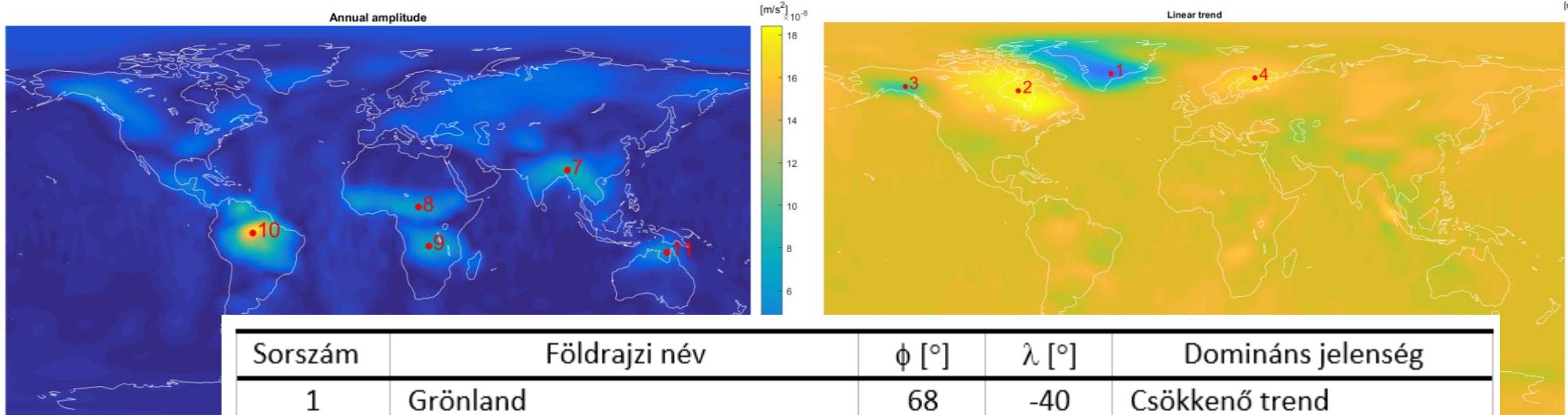
szezonális (éves és féléves
periódusú) változások

lineáris trend



Vizsgálati idősorok

Vizsgálati pontok: a nehézségi anomália idősorának változásai alapján „érdekes” helyek.



Sorszám	Földrajzi név	ϕ [°]	λ [°]	Domináns jelenség
1	Grönland	68	-40	Csökkenő trend
2	Hudson-öböl	60	-85	Növekvő trend
3	Alaszkai-hegység	62	-140	Csökkenő trend
4	Skandinávia	66	30	Növekvő trend
5	Amundsen-tenger (Antarktisz)	-74	-108	Csökkenő trend
6	Marie Byrd Föld (Antarktisz)	-82	-130	Növekvő trend
7	Bengália	25	92	Éves periodusú változás
8	Afrikai szavanna	8	20	Éves periodusú változás
9	Kongó-medence	-10	25	Éves periodusú változás
10	Amazonas-medence	-4	-60	Éves periodusú változás
11	Észak-Ausztrália	-13	140	Éves periodusú változás

ARIMA modell meghatározás

Számítás lépései:

1. Az egyes idősorok determinisztikus részének (trend, szezonális ingadozás) meghatározása

$$f(t) = A \cdot \sin(\omega_{\text{év}} \cdot t + B) + C \cdot \sin(\omega_{\text{félév}} \cdot t + D) + E \cdot t + F$$

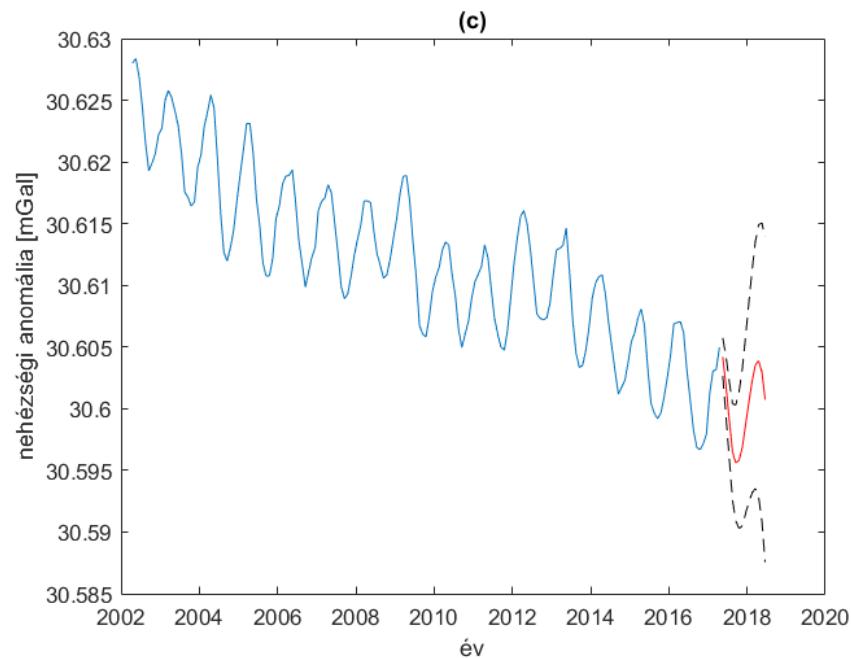
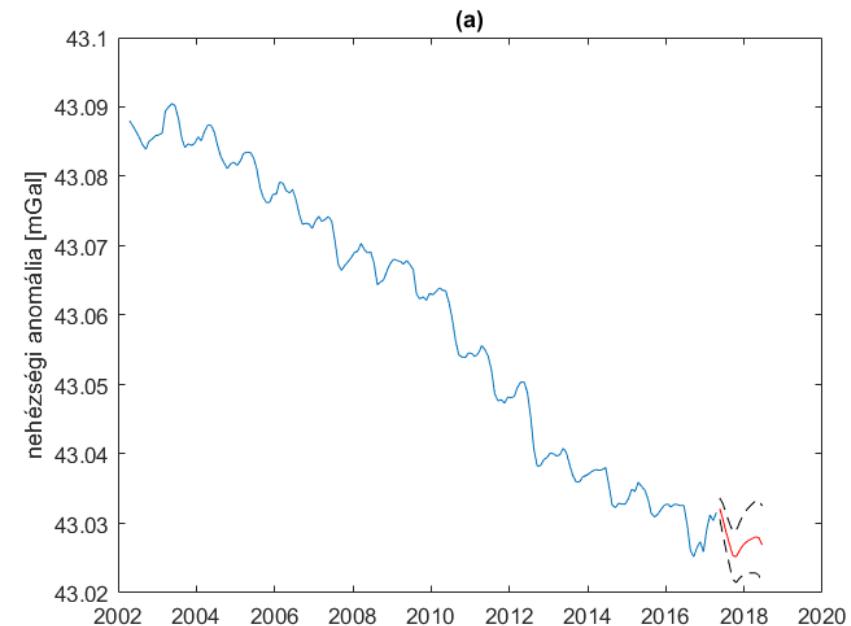
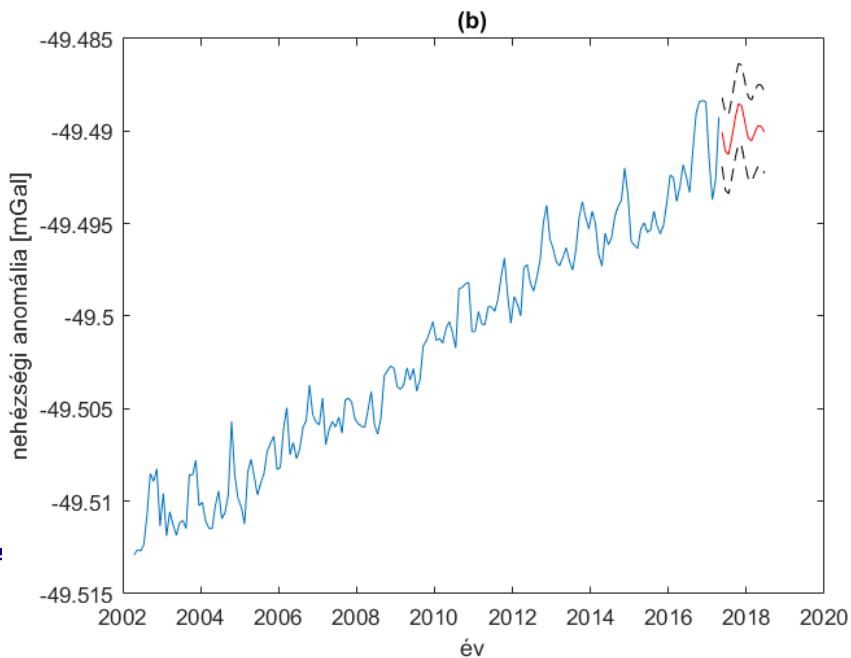
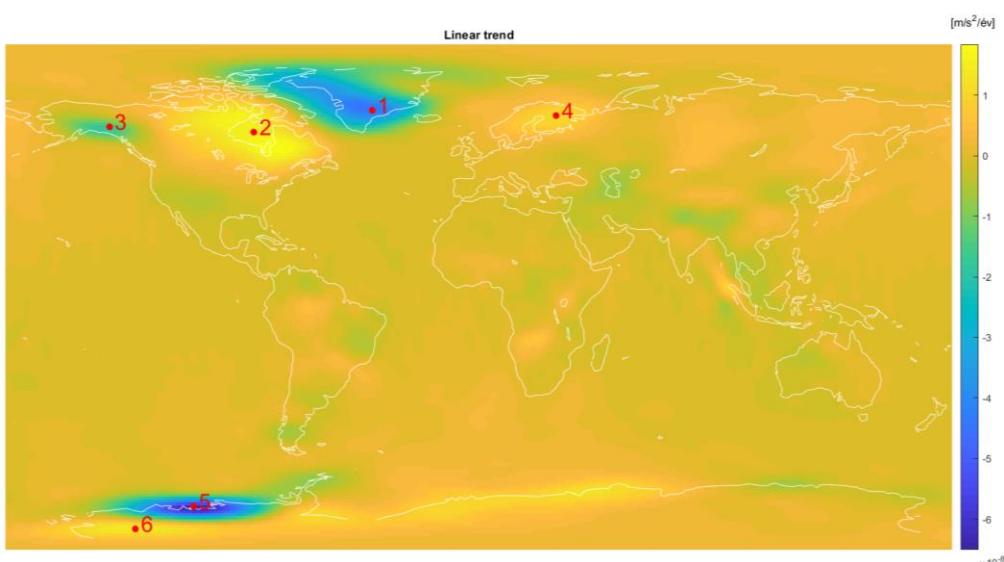
2. A maradék idősor p, d és q paramétereinek becslése Box-Jenkins módszerrel
 - 2.1 stacionaritás vizsgálata kiterjesztett Dickey–Fuller próbával (ADF) és Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin próbával (KPSS)
 - 2.2 paraméterek meghatározása ACF és PCF segítségével
 - 2.3 a paraméterezés minősítése Akaike-féle Információs Kritérium (AIC) és Bayes-féle Információs Kritérium (BIC) alapján



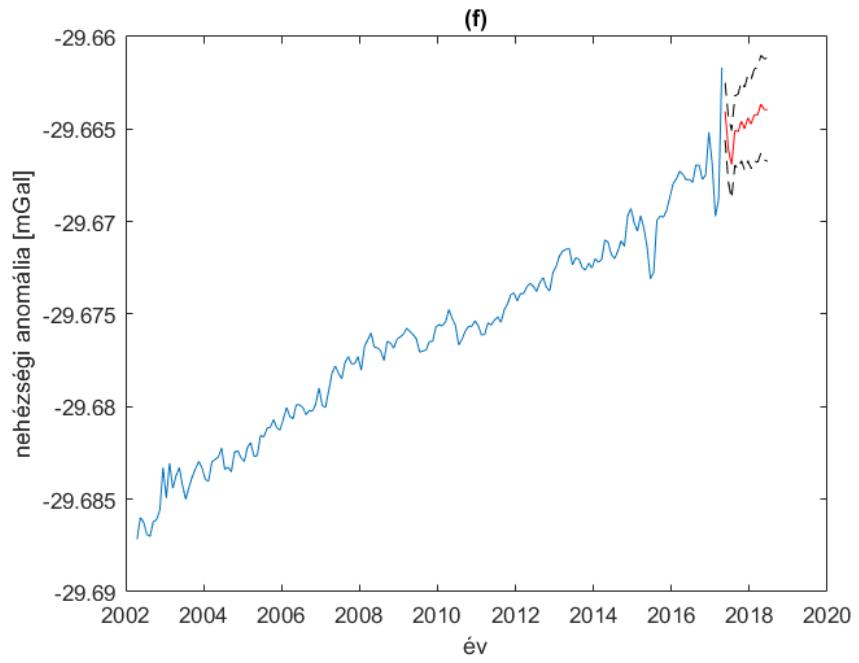
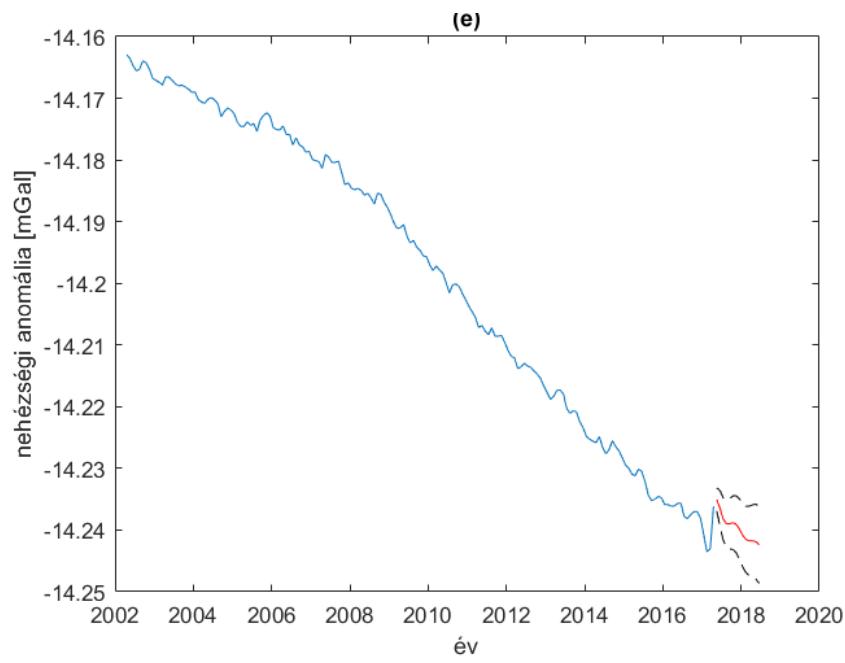
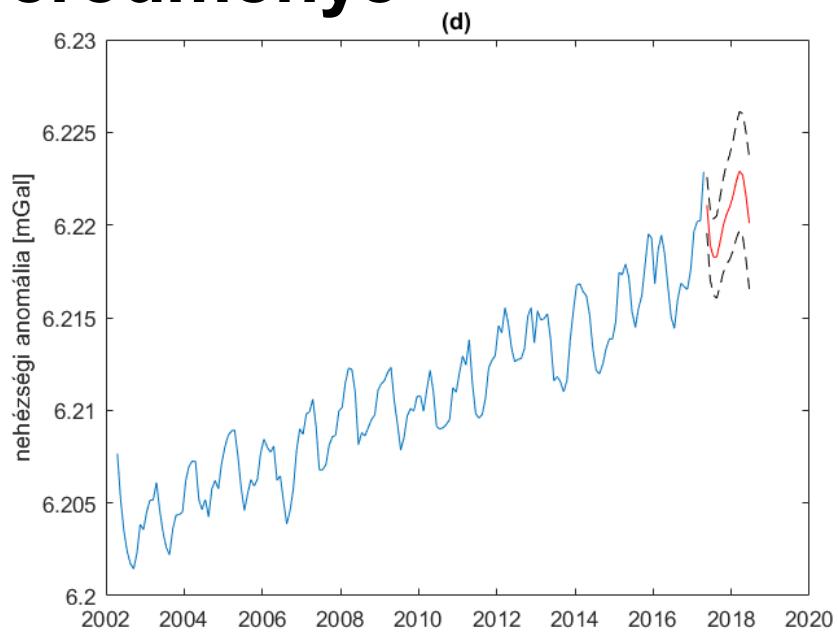
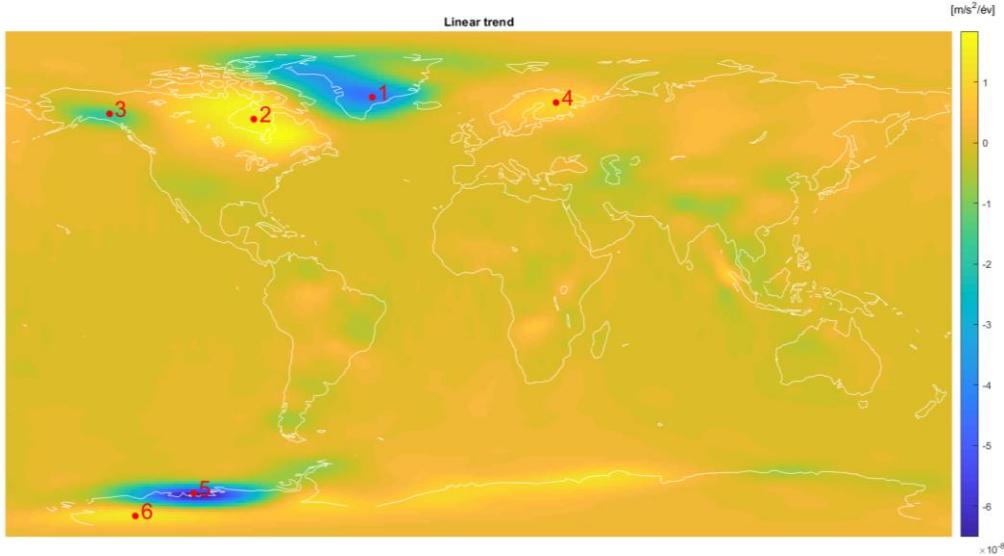
Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.



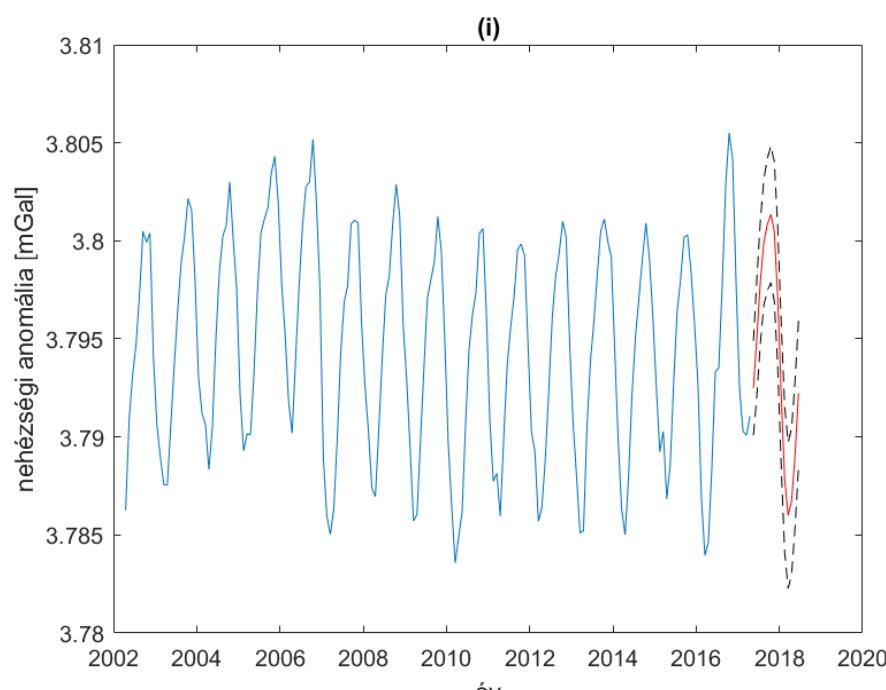
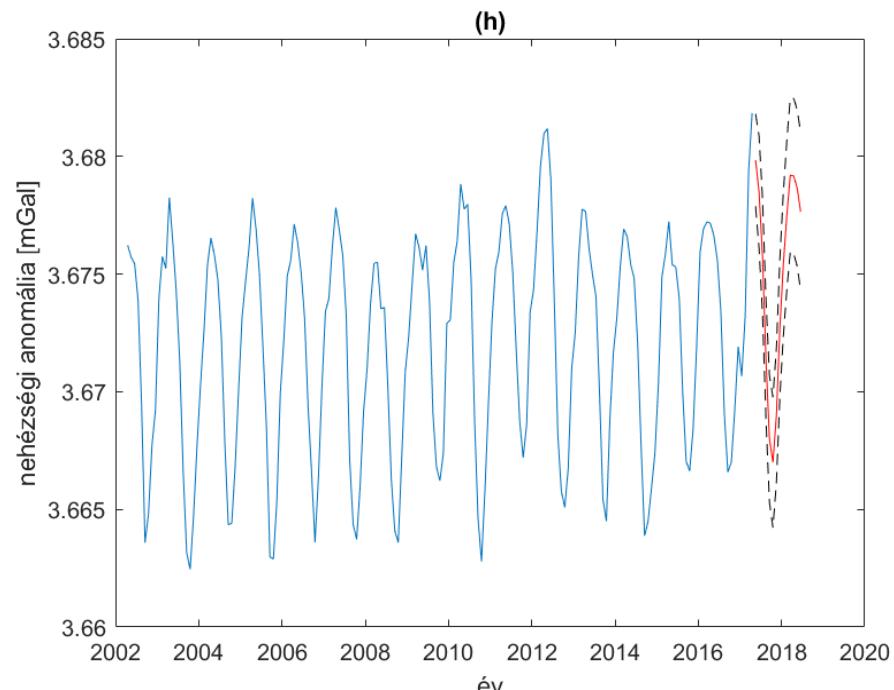
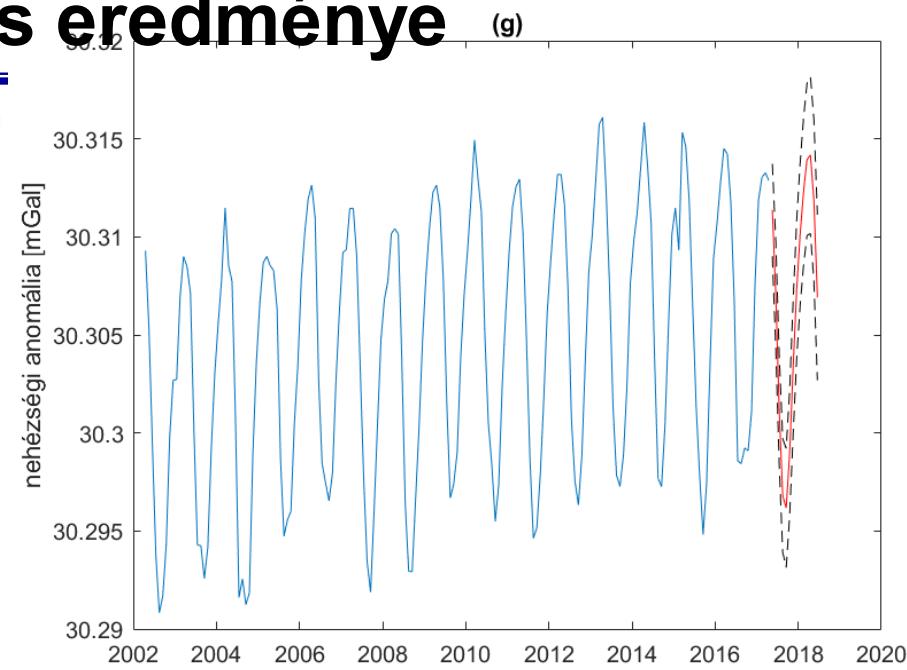
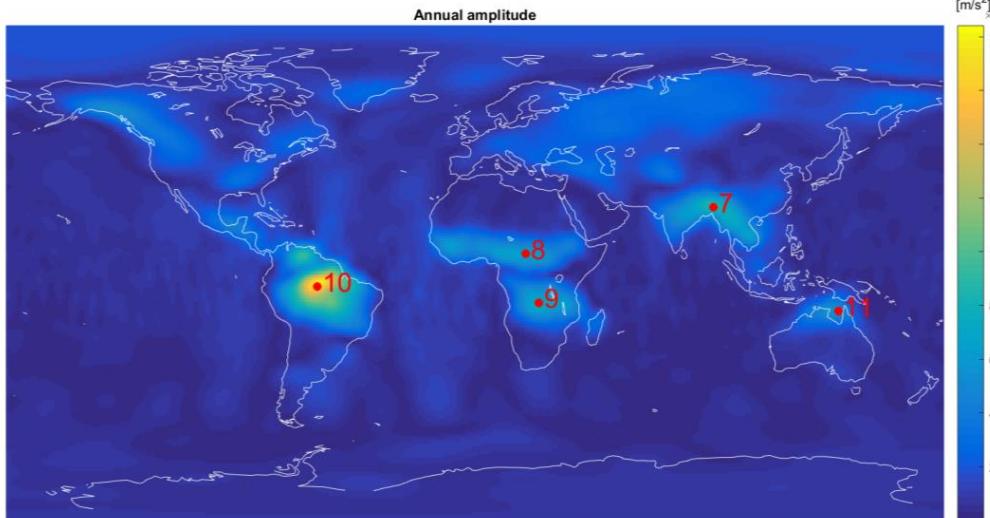
ARIMA modellezés eredménye



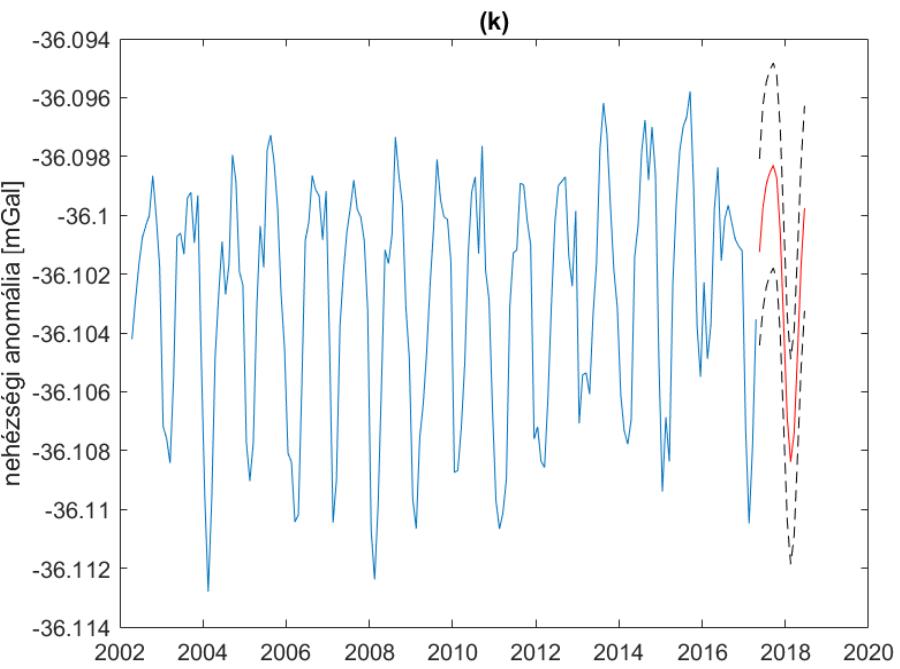
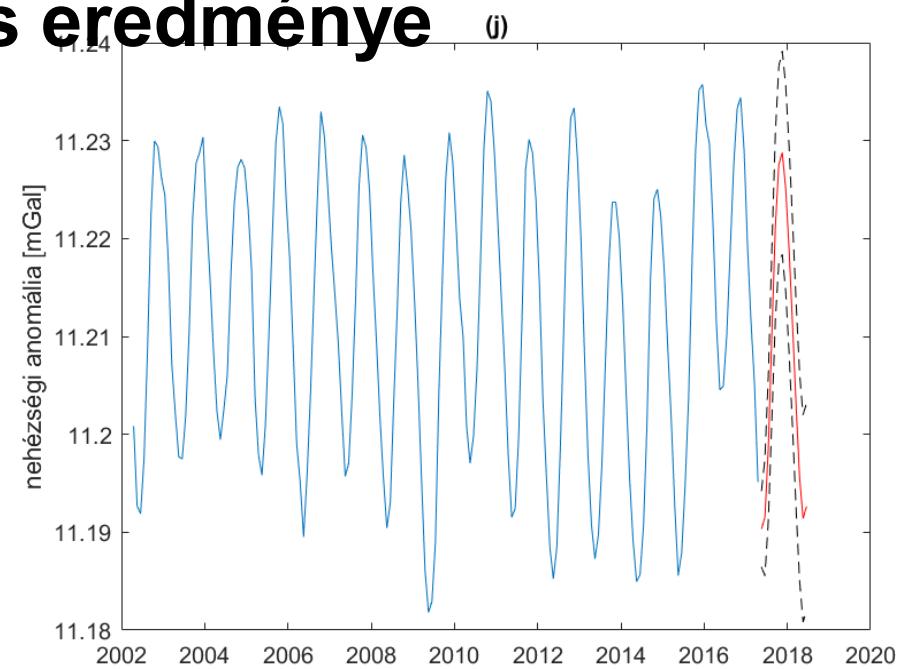
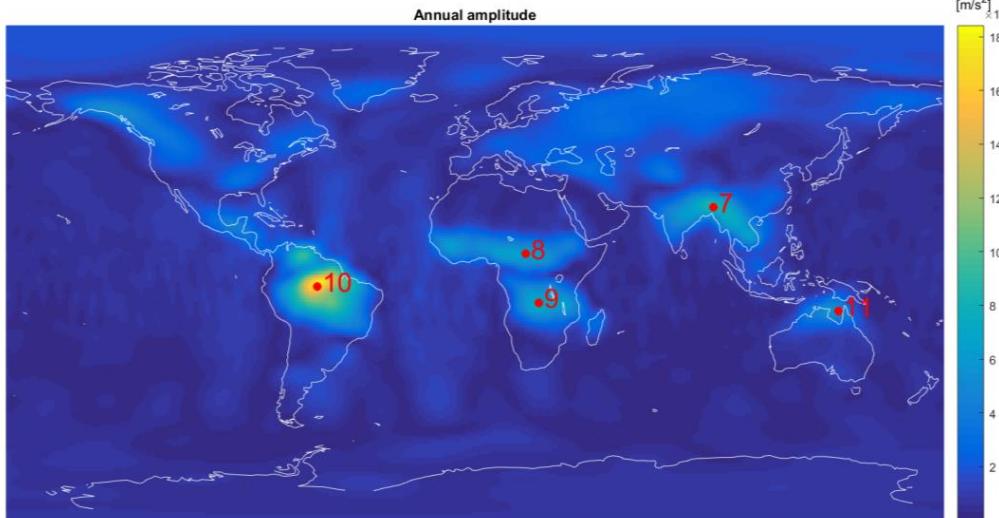
ARIMA modellezés eredménye



ARIMA modellezés eredménye



ARIMA modellezés eredménye



Következtetések

Módszertan: fizikai folyamatok hatásának előrejelzését végeztük a fizikai okok teljes mellőzésével.

Ha azonban a fizikai körülmények számottevően nem változnak, az előrejelzés akár realisztikus is lehet.

Amennyiben a GRACE-FO első modellek ehhez képest eltérést mutatnak, ennek okát érdemes átgondolni.

1. Jégtakaró olvadásának / gyarapodásának intenzitása megváltozott?
2. Óceáni transzport folyamatok megváltoztak?
3. Atmoszferikus korrekció számításba vétele megváltozott?
4. Dinamikus tömegátrendeződések történtek?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Magyar Úrkutatási Fórum
Sopron, 2019. április 24-26.

