

# ODHAD HUSTOTY MĚSÍČNÍ KŮRY Z GLOBÁLNÍCH MODELŮ GRAVITAČNÍHO POLE MĚSÍCE Z MISÍ GRAIL A LRO

Vít Perkner\* <sup>1</sup>, Michal Šprlák\*\* <sup>1</sup>



\* vit.perkner@scioskola.cz

\*\* sprlakm@kgm.zcu.cz

<sup>1</sup> Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra geomatiky, Technická 8, 306 14, Plzeň, ČR

# Proč gravitační pole Měsíce?

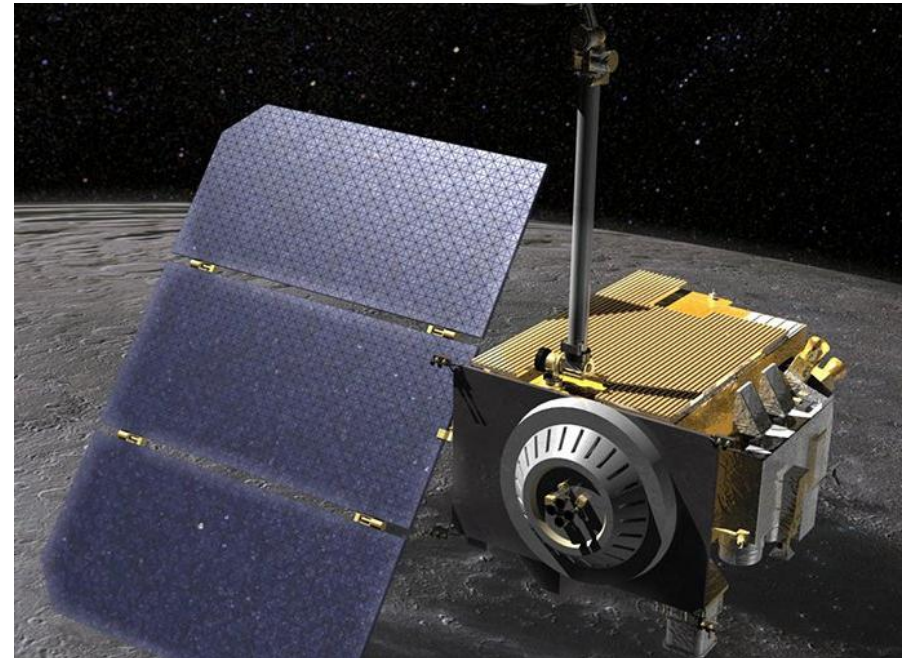
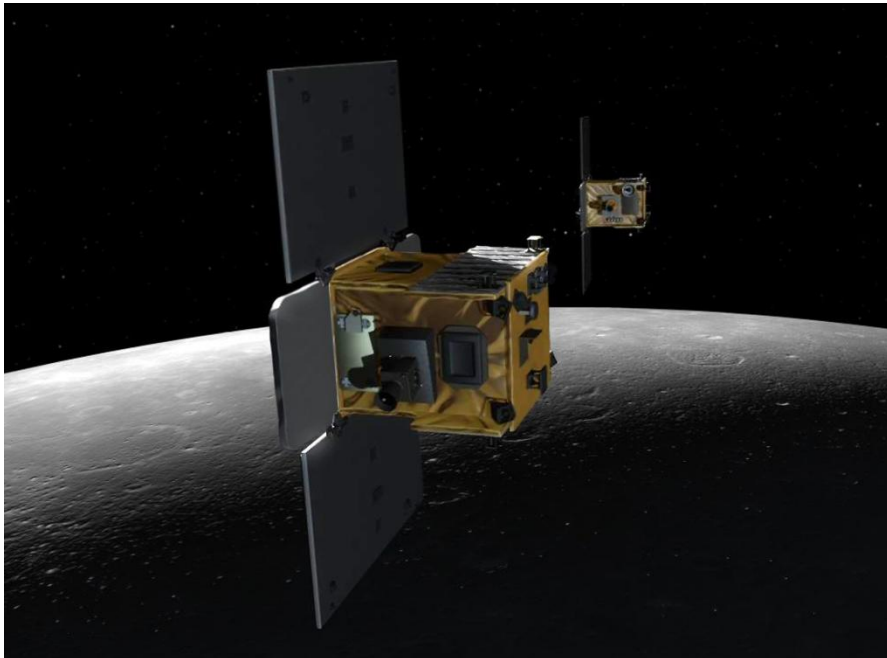
- Gravitace = odraz hmoty
- Tepelný vývoj
- Vývoj sluneční soustavy
- Program Artemis

# Data



GRAIL

LRO (senzor LOLA)



# Teorie: sférické harmonické funkce (SHF)

- Rozvoj gravitačního potenciálu do řady SHF

$$V(r, \Omega) = \frac{GM}{R} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-n}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+1} \bar{C}_{n,m} \bar{Y}_{n,m}(\Omega)$$

- Vztah spektra gravitačního potenciálu a hustoty

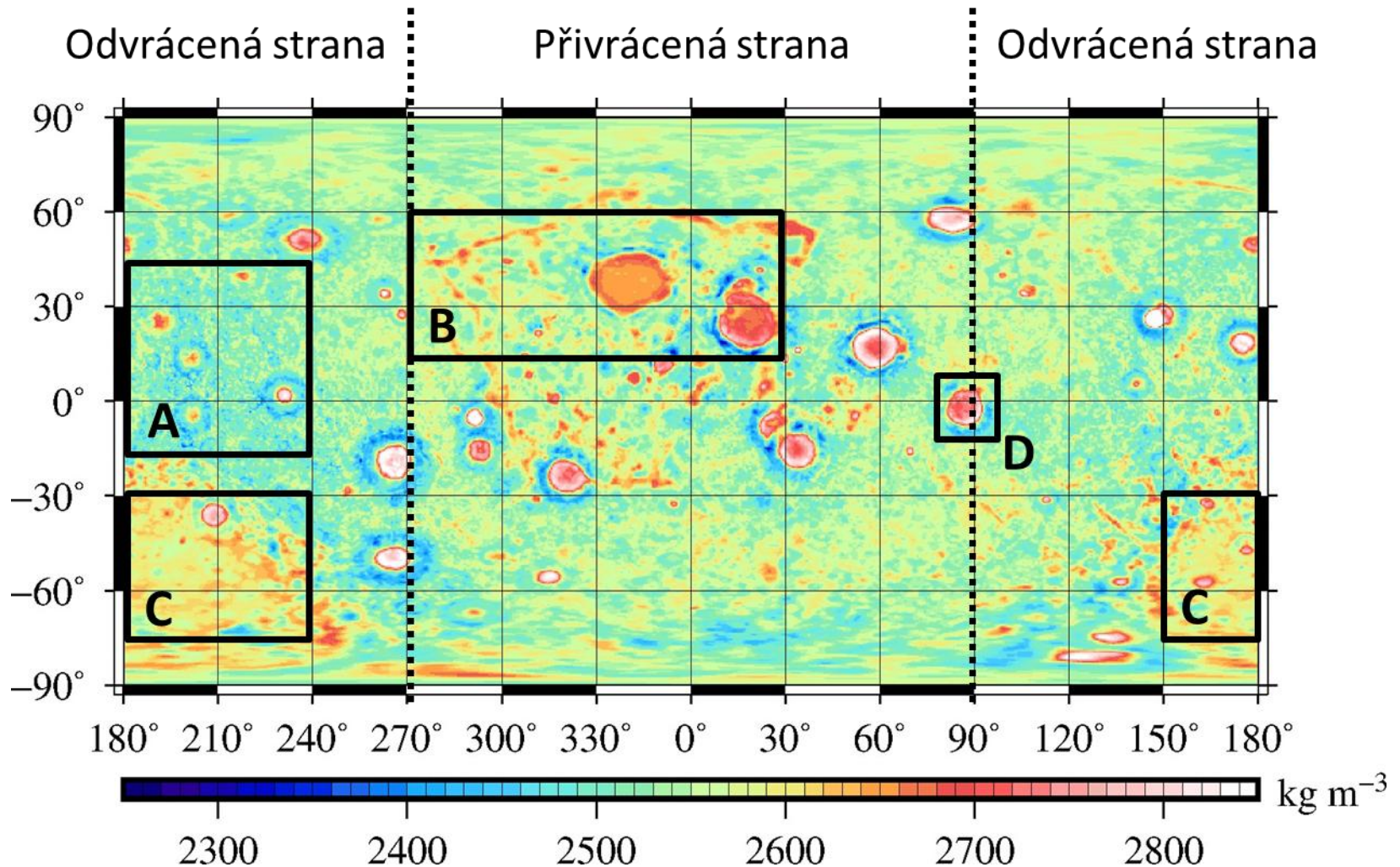
$$\bar{C}_{n,m} = \frac{1}{R^n M (2n + 1)} \int_{\Omega'} \int_{r'=0}^{h(\Omega')} \rho(r', \Omega') \bar{Y}_{n,m}(\Omega') r'^{n+2} dr' d\Omega'$$

# Odhad hustoty

$$\rho(r, \Omega) \approx \sum_{n=1}^{n_{max}} \sum_{m=-n}^n \frac{R^n M(2n+1)(2n+3)r^n}{4\pi r_s^{2n+3}} \bar{C}_{n,m}^{\rho} \bar{Y}_{n,m}(\Omega) + 2\,550 \text{ kg m}^{-3}$$

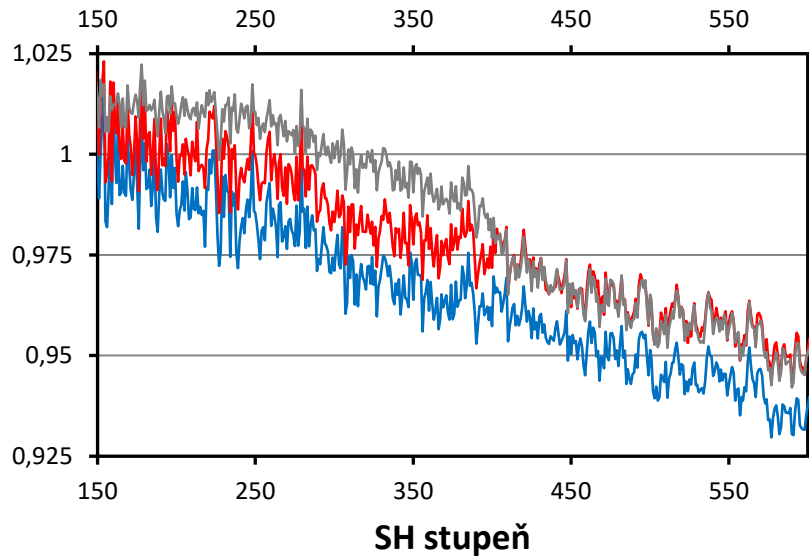
- rozvoj hustoty do řady SHF
- anomální hustota mezi GL1500E a RFM\_2519
- aproximace topografie Brillouinovou sférou 1 748,2 km

# Výsledný odhad hustoty

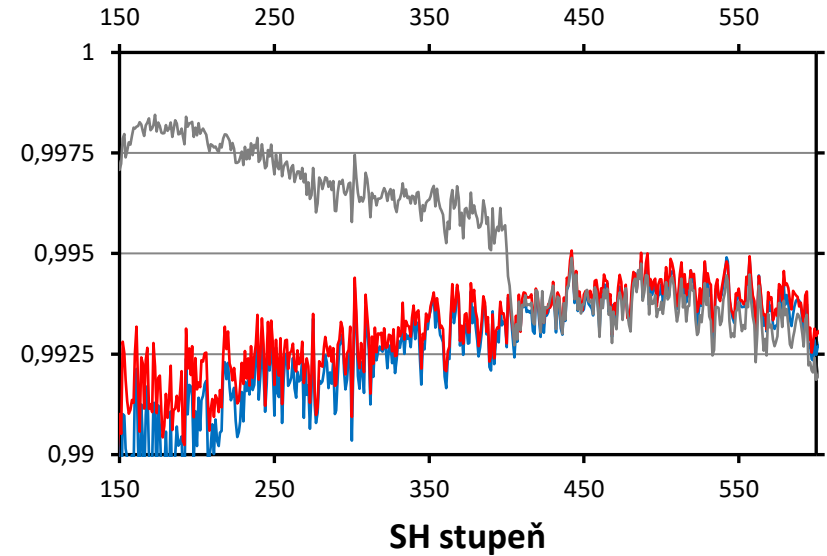


# Admitance a korelace s měřeným gravitačním polem

## Admitance



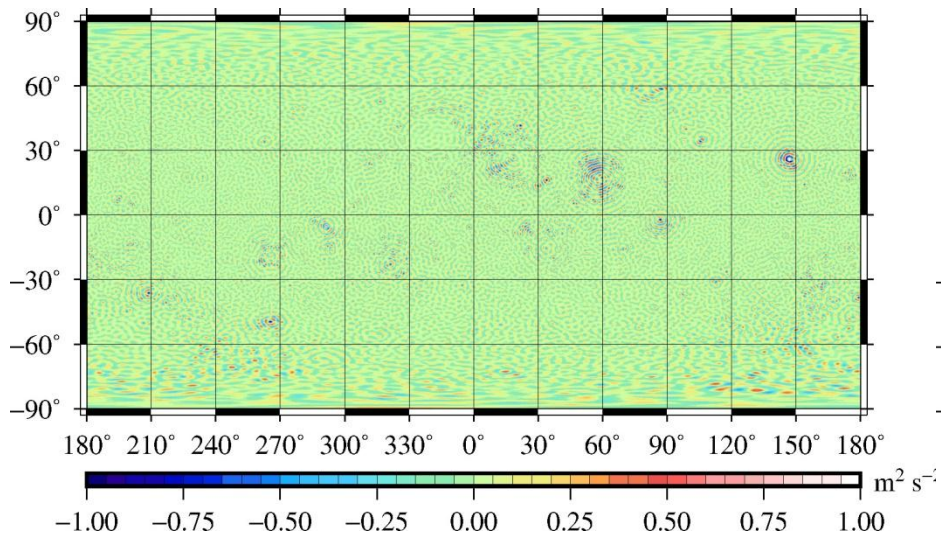
## Korelace



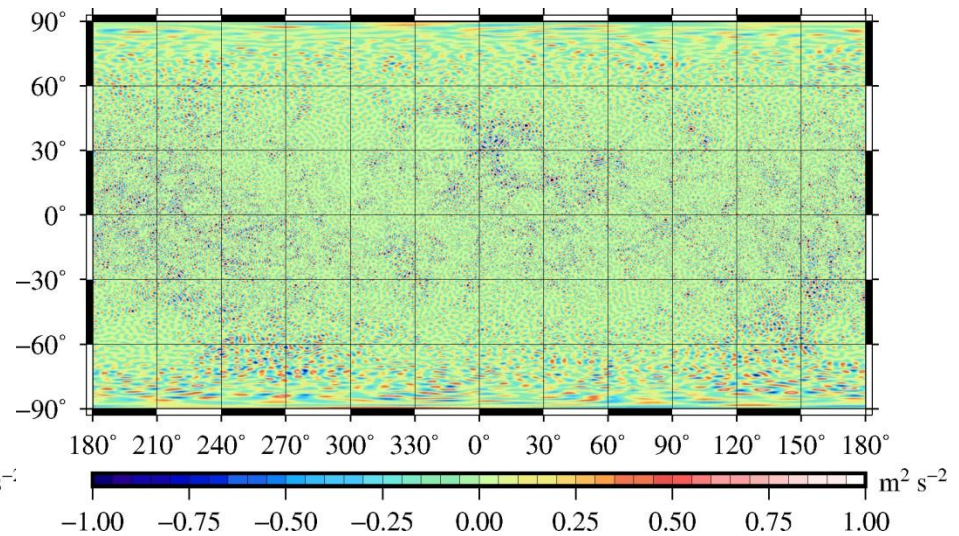
- Validovaný model hustoty
- Odhad horizontálně proměnné hustoty dle Šprlák et al. (2020)
- Konstantní odhad ( $2\,550\text{ kg m}^{-3}$ )

# Bouguerovo pole pro gravitační potenciál

Výsledný odhad hustoty



Odhad hustoty dle Šprlák et al. (2020)



Spektrální rozsah: 150 – 600



# Závěr

- byla vyvinuta a implementována nová metoda odhadu hustoty měsíční kůry
- nový odhad hustoty měsíční kůry byl extenzivně validován
- odpovídající gravitační pole lépe odpovídá měřením

# Poděkování

- práce vznikla v rámci Středoškolské odborné činnosti a vedla k ocenění Česká hlavička 2024
- práce je nyní rozvíjena v rámci projektu Grantové agentury České republiky č. 23-07031S, který se zabývá modelováním gravitačního pole

Děkuji za pozornost.

# Reference

[1] [https://www.mdsc.nasa.gov/index.php/en/past-missions/grail\\_eng/](https://www.mdsc.nasa.gov/index.php/en/past-missions/grail_eng/)

[2] <https://astrobiology.nasa.gov/missions/lro/>

[3] Šprlák M., Han S.-C., Featherstone W. E.: *Crustal density and global gravitational field estimation of the Moon from GRAIL and LOLA satellite data*, 2020. Planetary and Space Science, 192, 105032.

<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105032>