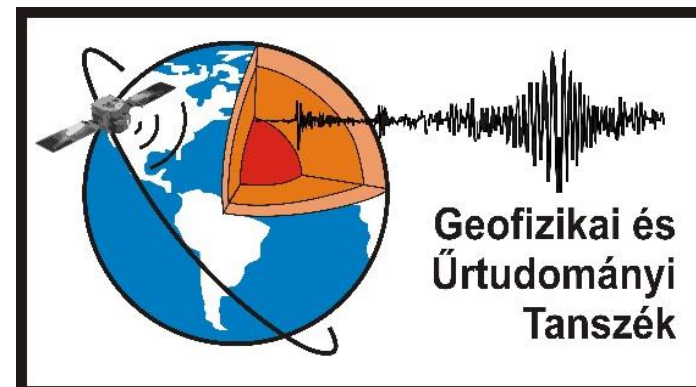


DINAMIKUS LÓPATKÓ-PÁLYA EGY CIRKUMSZOLÁRIS PORGYŰRŰ MAGYARÁZATAKÉNT A MERKÚR SZOMSZÉDSÁGÁBAN?

Szerző: Péterfy Simon

(földtudomány alapszak, csillagász specializáció)

Témavezető: Dr. Székely Balázs egyetemi docens





Kutatási motiváció

01

A por lehetséges hatásainak feltérképezése földi vonatkoztatásban

02

A Naprendszerben található por térbeli és sűrűségbeli eloszlásának vizsgálata

03

A cirkumszoláris porgyűrű létrejöttének és fennmaradásának körülményeit megérteni



(Science Photo Gallery)

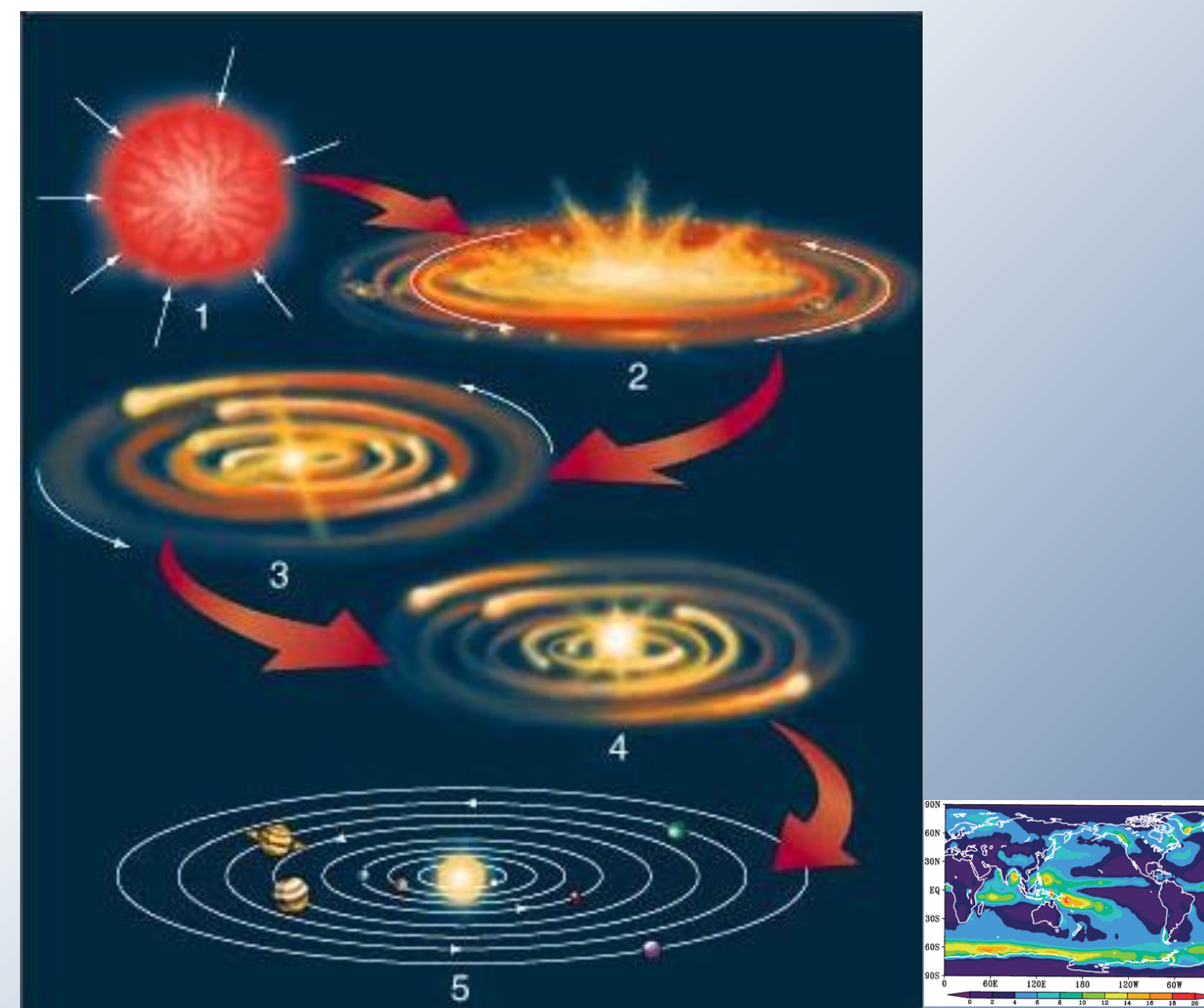


Bolygóközi por a Naprendszerben

Szerepe a Naprendszer keletkezésében

- Molekuláris felhők
- Gravitációs összehúzódás
- Protocsillagok
- Protoplanetáris korong
- Naprendszer kialakulása

Hatása a Föld éghajlatára



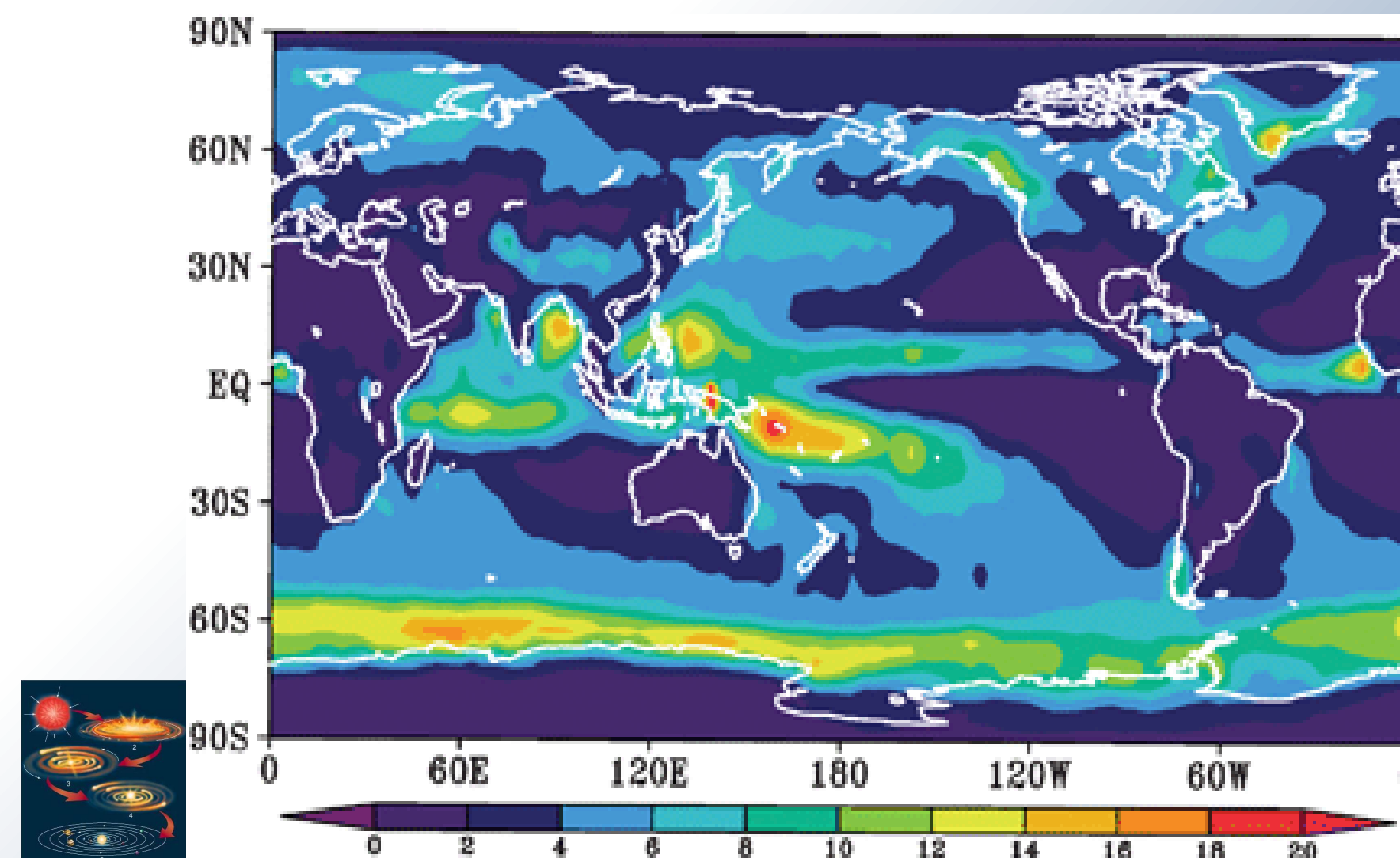


Bolygóközi por a Naprendszerben

Szerepe a Naprendszer keletkezésében

Hatása a Föld éghajlatára

- Por az atmoszférában
 - Termoszféra: 100-300 tonna/nap
 - sarki jégfuratokból és mélytengeri üledékekből megfigyelt mennyiség (Patterson & Farley, 1998)
 - Mezoszféra: 5-50 tonna/nap
 - Nedves ülepedés
 - Fitoplanktonok
 - szén – dioxidot vonnak ki a légkörből
 - dimetil – szulfidot termelnek
 - Kondenzációs magok

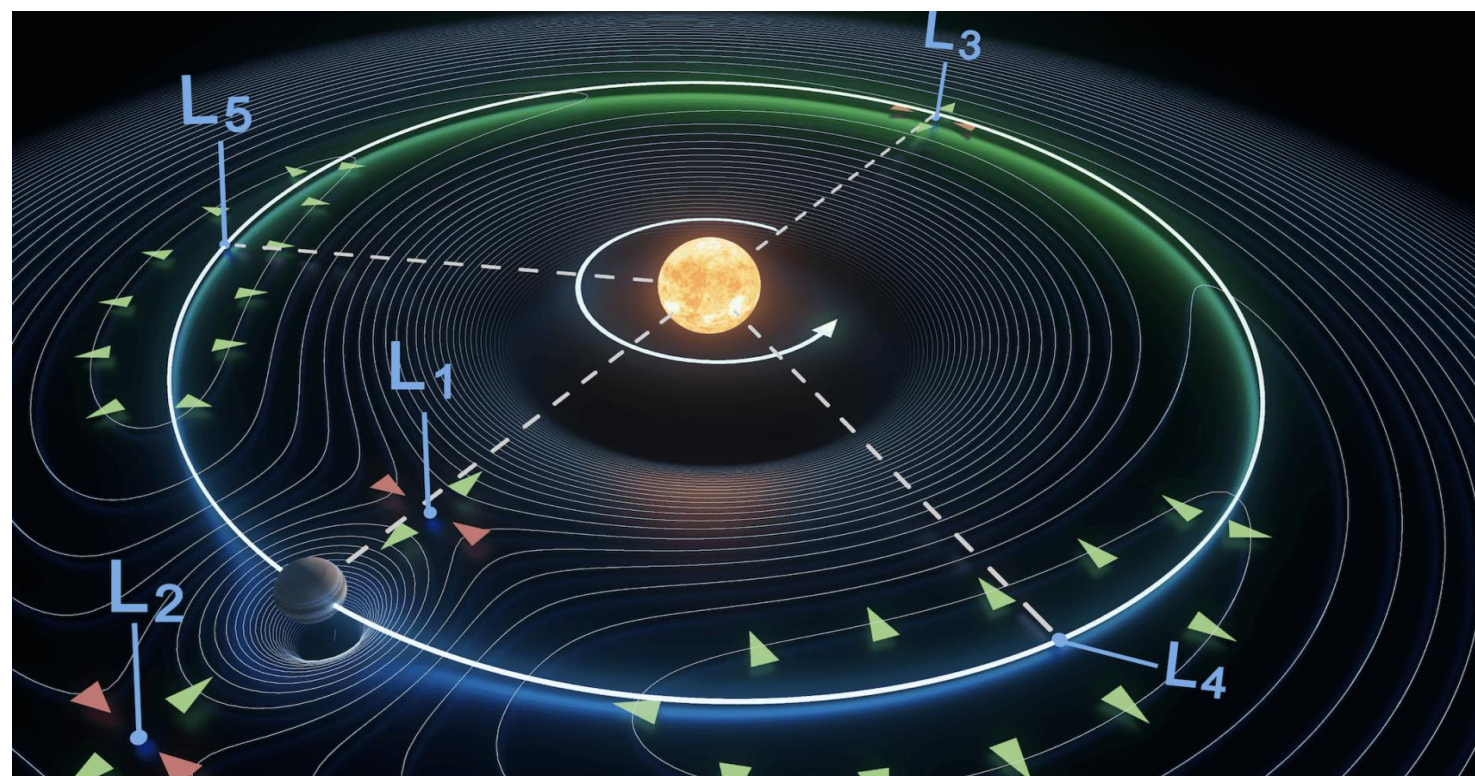


(Plane, 2012) *Unified Model* (Units: $10^{-11} \text{ g cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$)



Lagrange - pontok

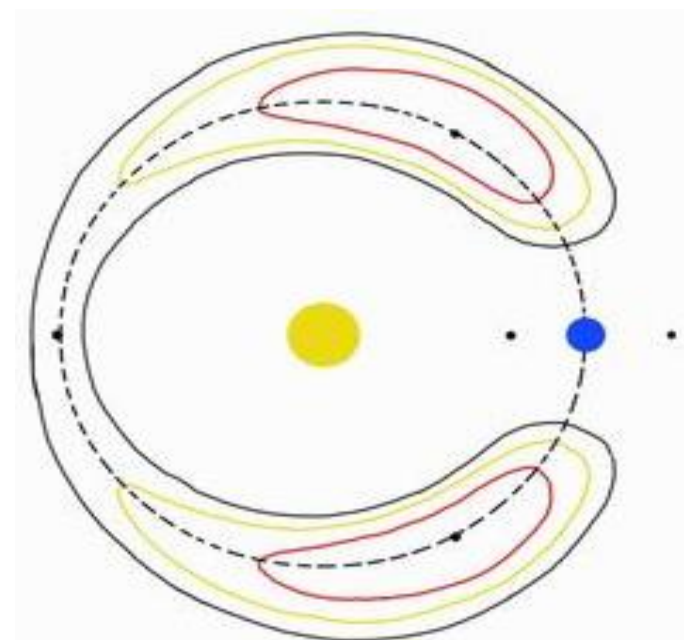
- Egyensúlyi pontok



(Illusztráció: Yunxuan Wei)

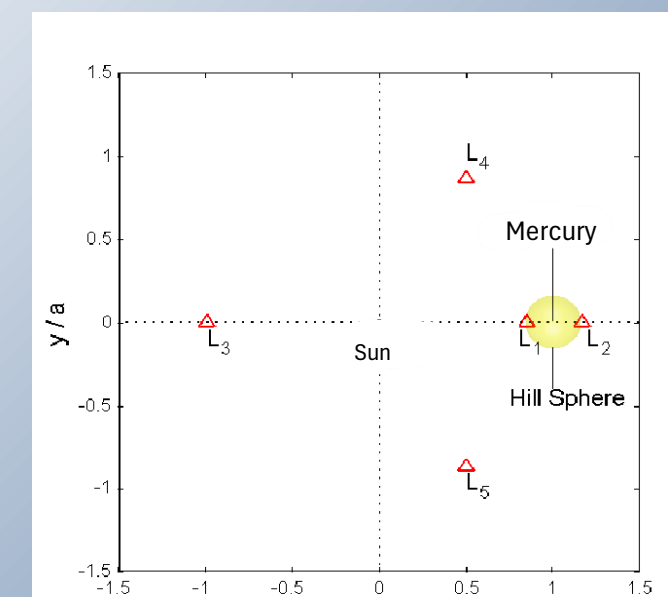
Lópatkó - pálya

- 1:1 középmozgás rezonancia



Hill - szféra

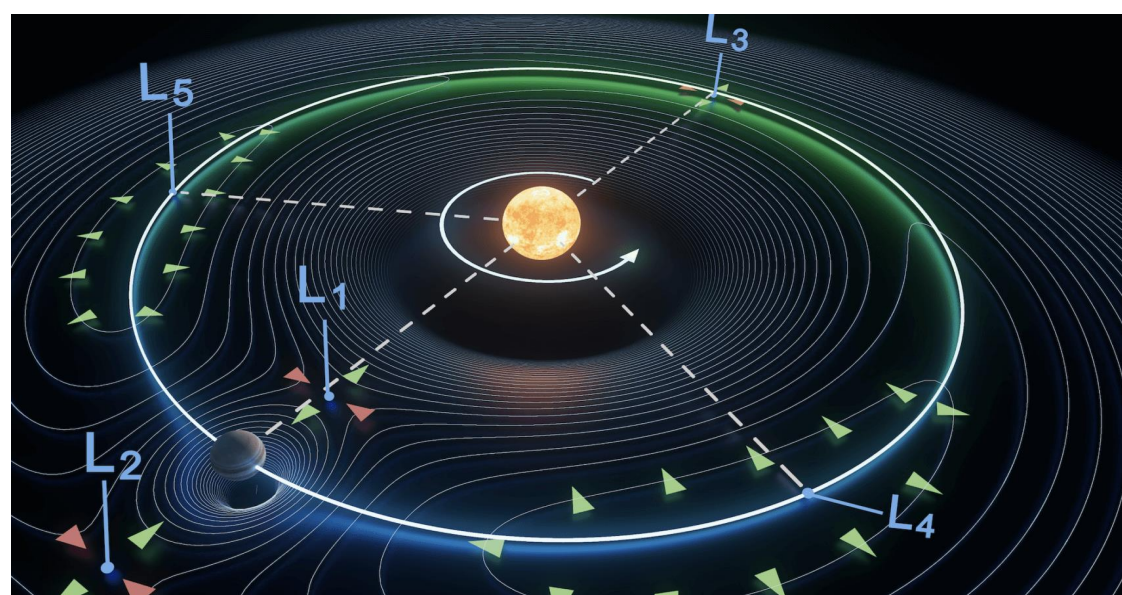
- Ezen a határon belül a kisebb tömegű test hatása érvényesül





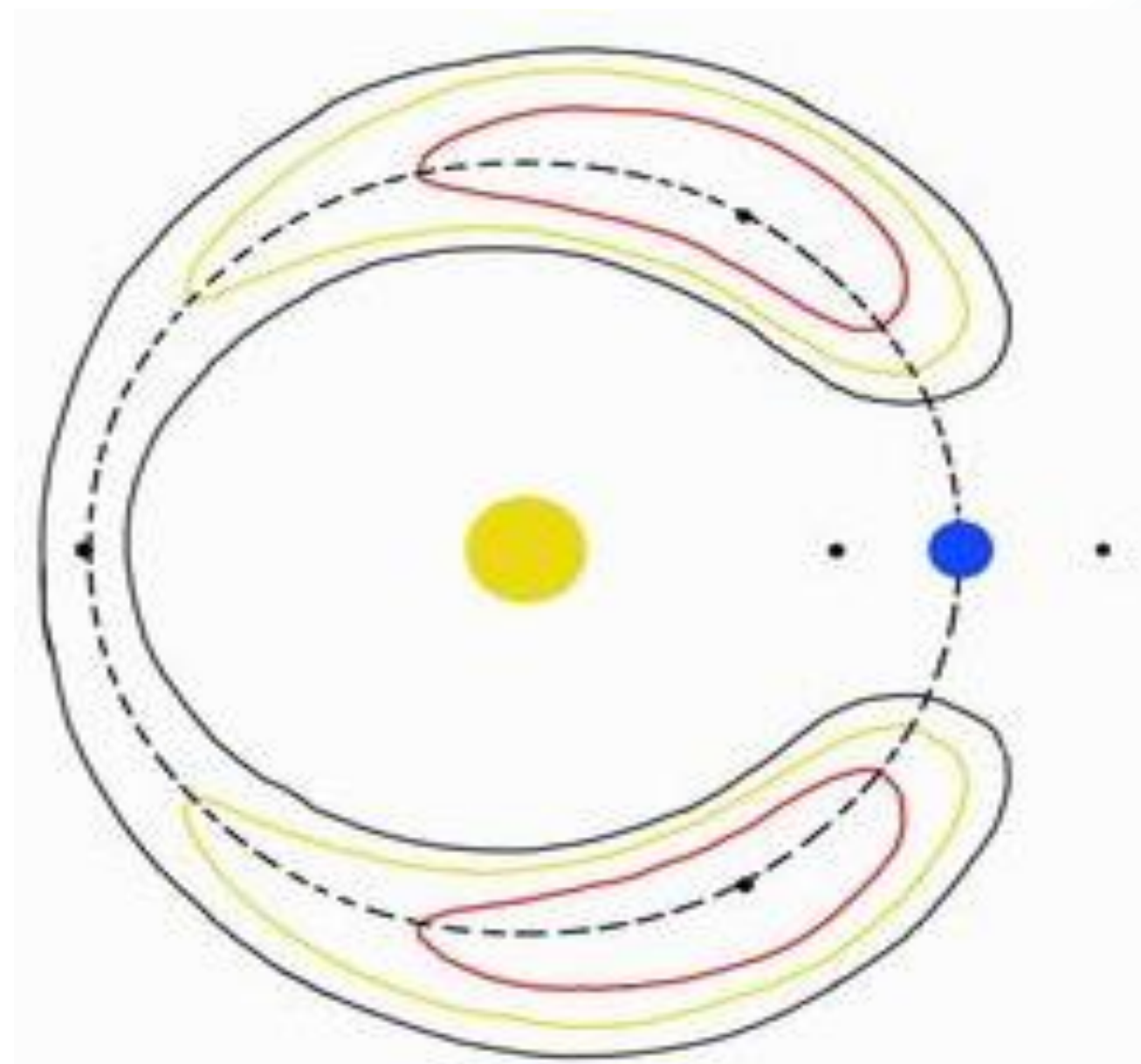
Lagrange - pontok

- Egyensúlyi pontok



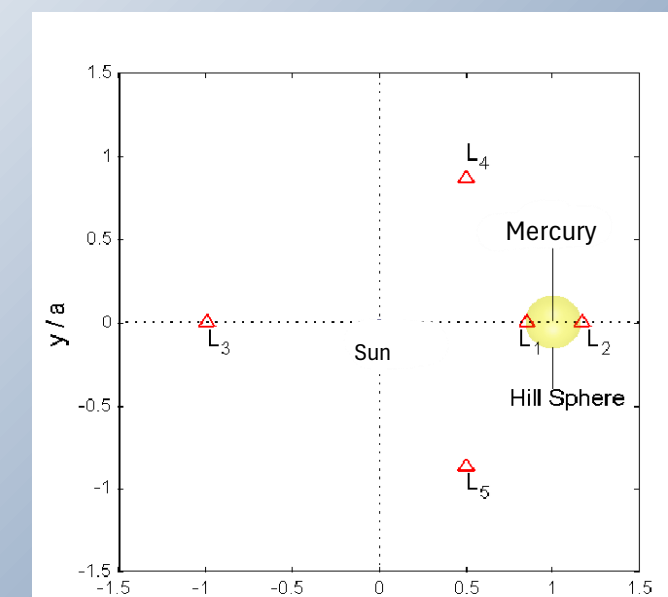
Lópatkó - pálya

- 1:1 középmozgás rezonancia



Hill - szféra

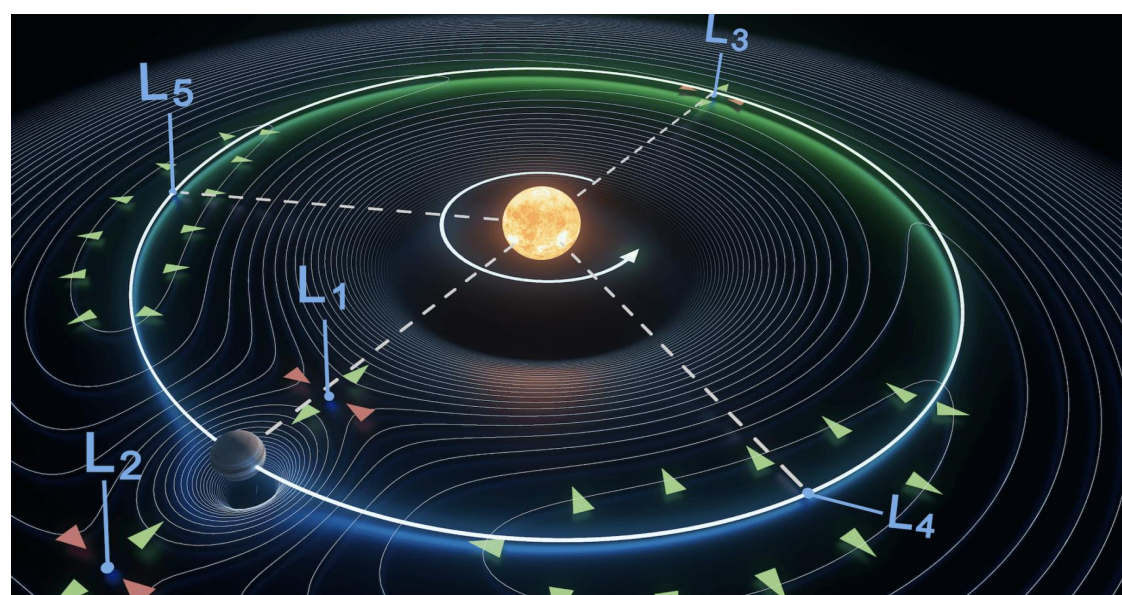
- Ezen a határon belül a kisebb tömegű test hatása érvényesül





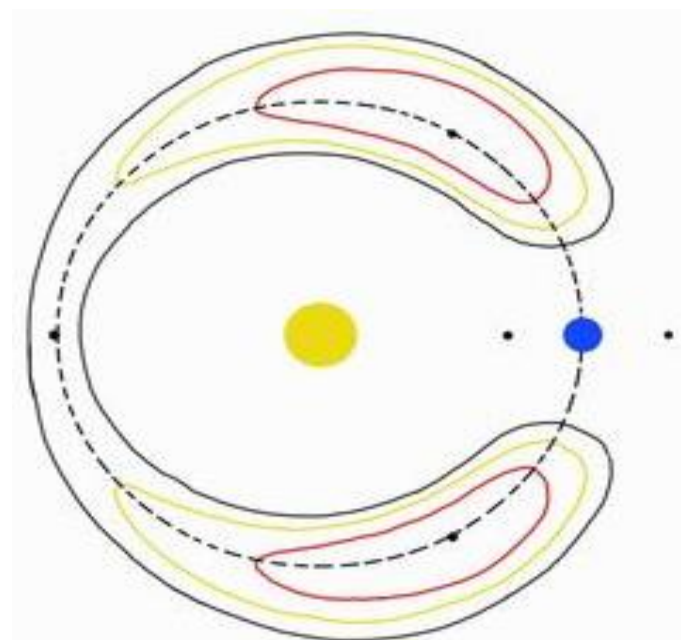
Lagrange - pontok

- Egyensúlyi pontok



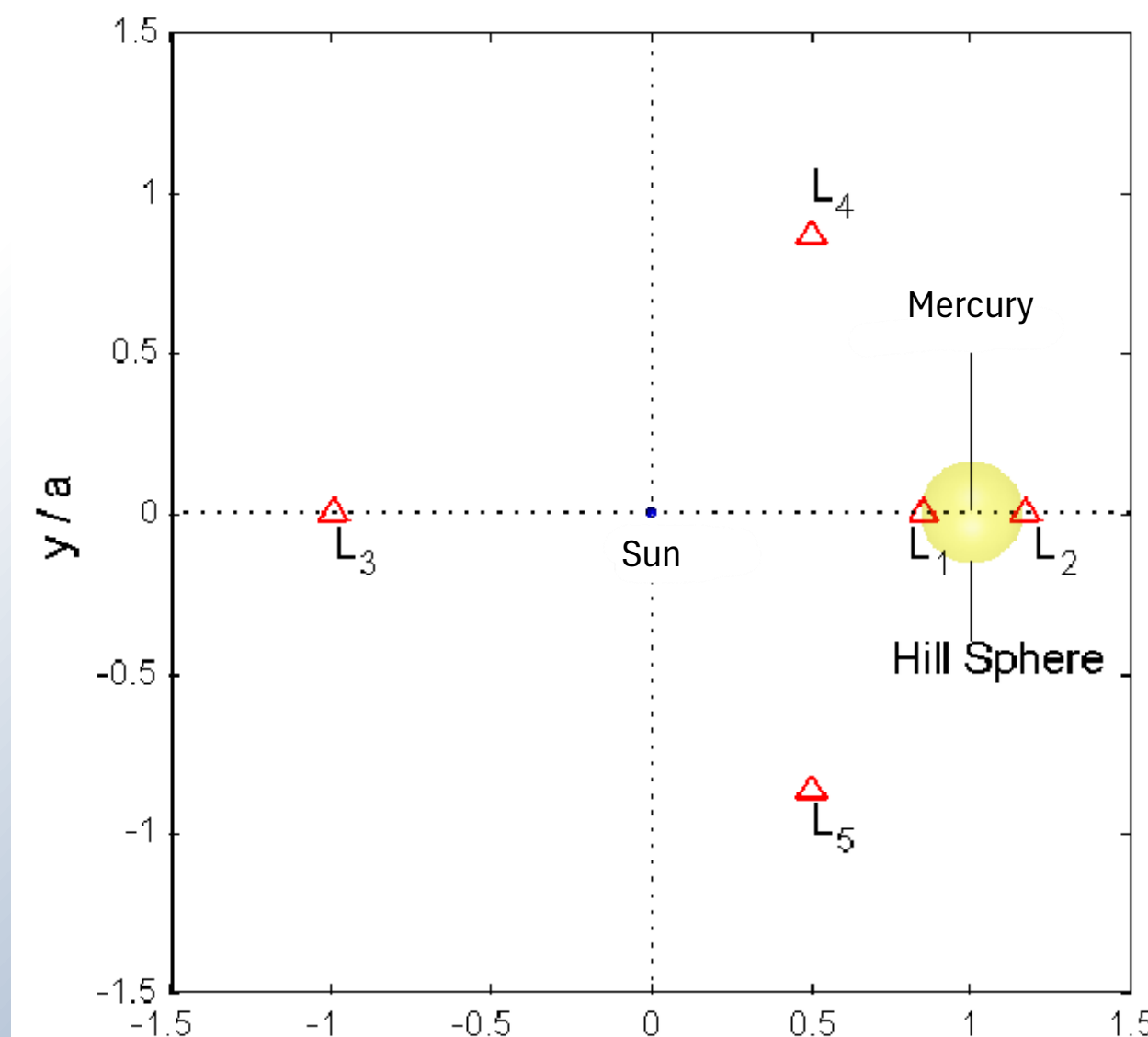
Lópatkó - pálya

- 1:1 közepmozgás rezonancia

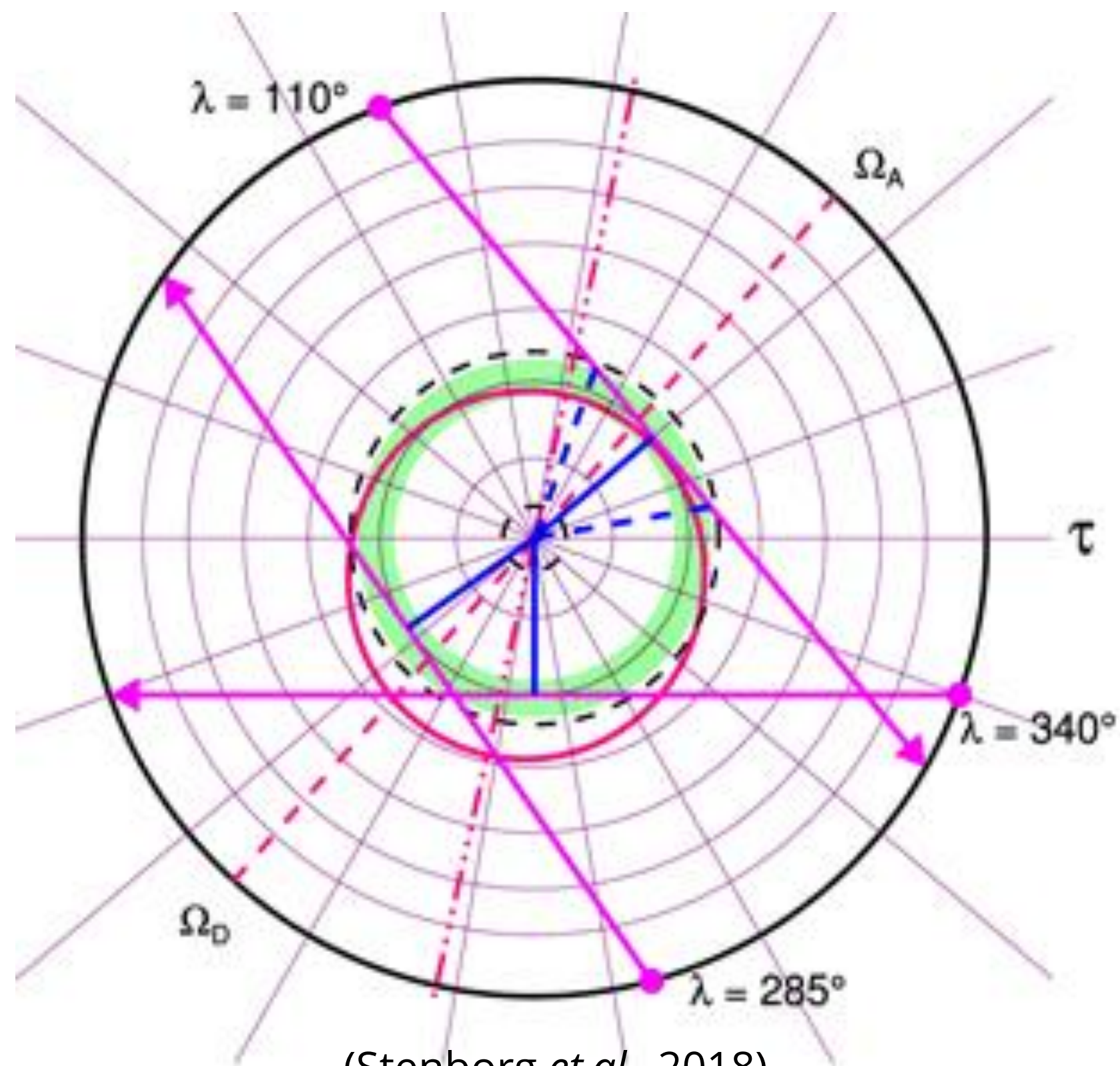


Hill - szféra

- Ezen a határon belül a kisebb tömegű test hatása érvényesül



(Illusztráció: Kathleen Howell)

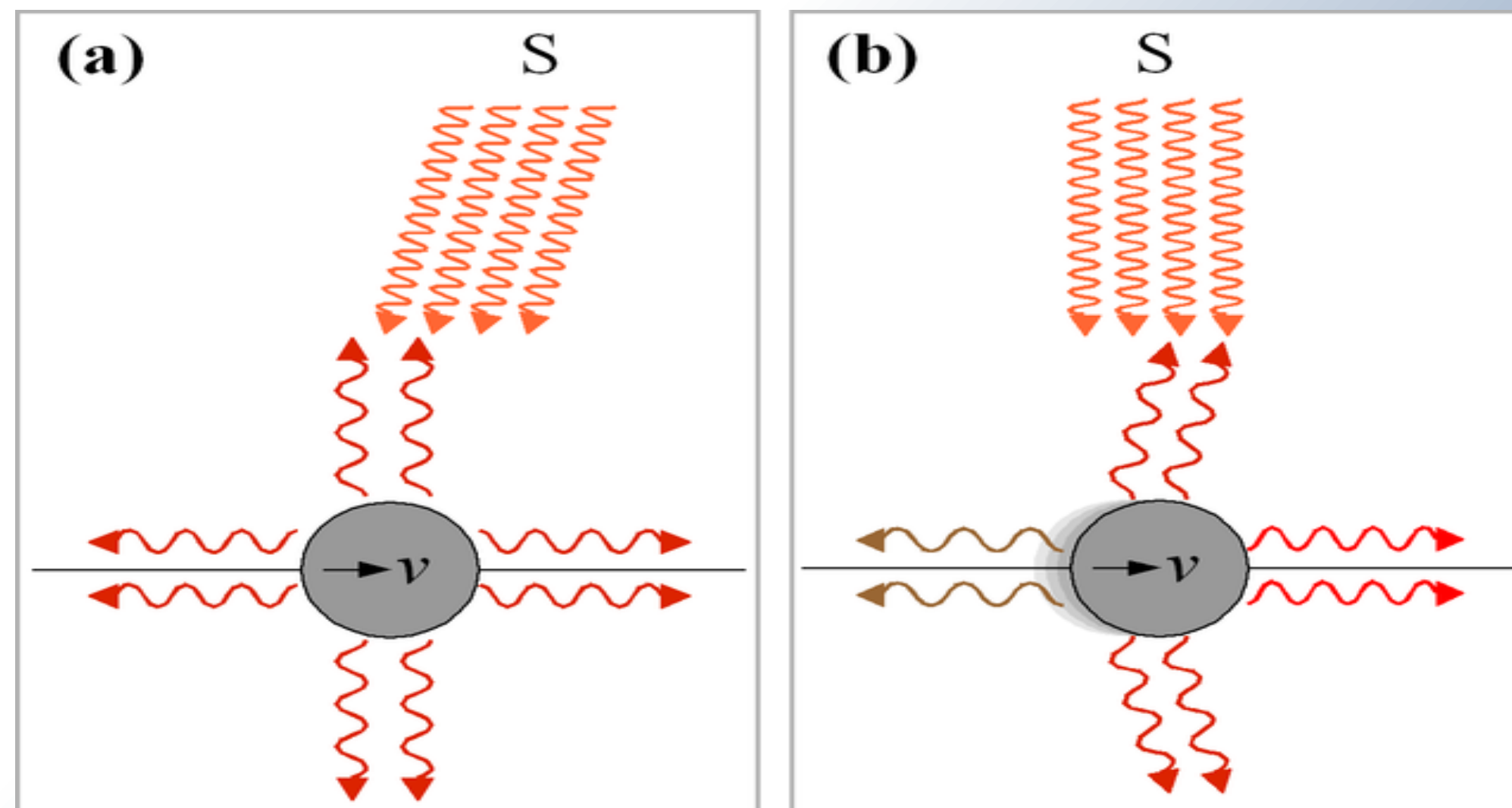


(Stenborg *et al.*, 2018)



Poynting – Robertson effektus

- A sugárzás hatására a csillag körül keringő porszemcse mozgási energiát veszít
- ↓
- szögsebessége folyamatosan csökken
- ↓
- spirális pálya mentén bezuhanás
- 1 μm és 1 mm közötti porszemcsékre nagyon jelentős a Naprendszerben



(Illusztráció: Michael Schmid)



Poynting – Robertson effektus időskálája

$$\tau_{P-R} \approx \frac{4\pi c^2 \rho r d^2}{3L_{\odot}}$$

Szemcseméret [μm]	P-R effektus időskálája (τ_{P-R}) [év]
0,1	31,5
1	315
10	3150
100	31500



A stabil régió

Lineáris stabilitás analízis

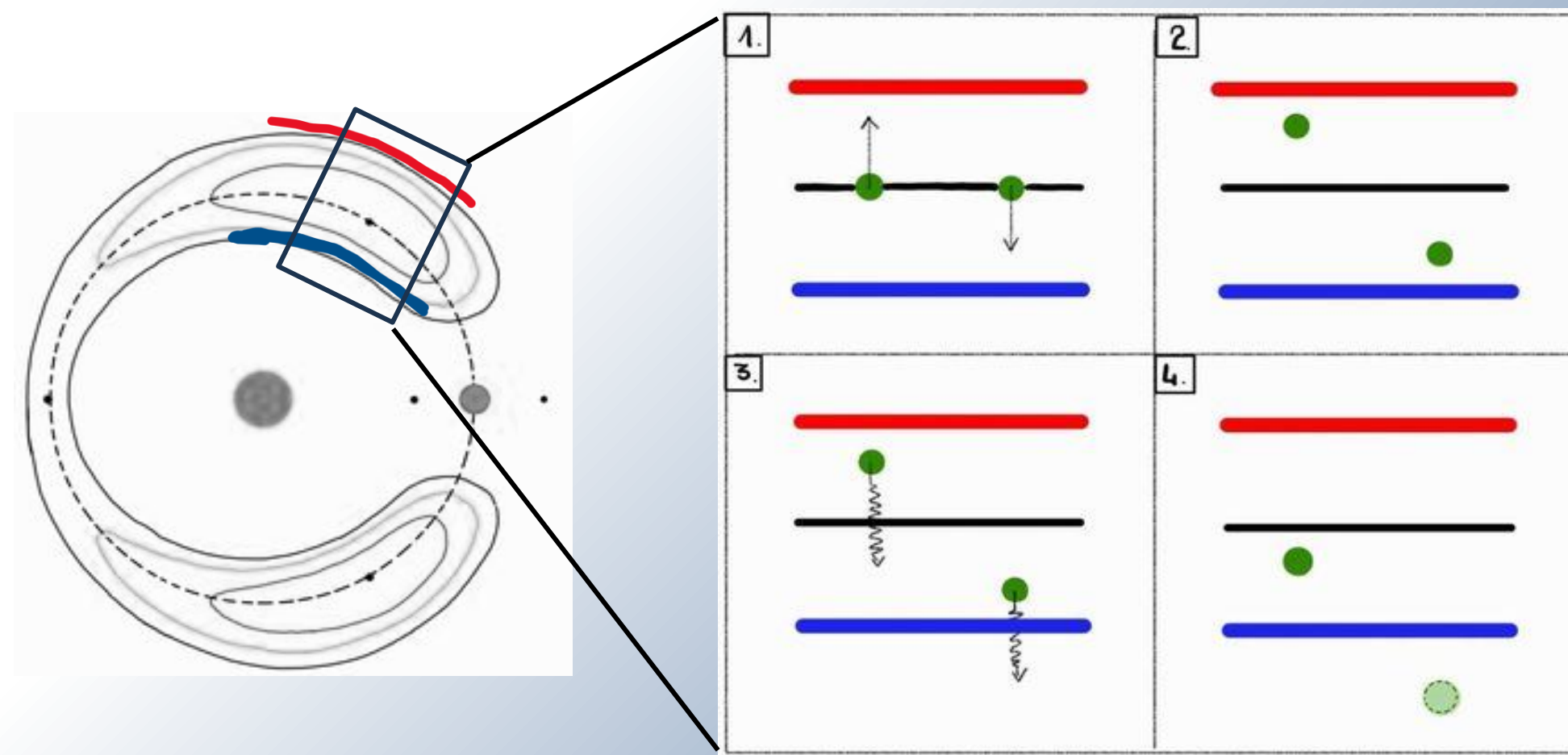
$$U_{\text{eff}}(x, y) = -\frac{GM_1}{r_1} - \frac{GM_2}{r_2} - \frac{1}{2}\omega^2 r^2$$

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 U_{\text{eff}}}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 U_{\text{eff}}}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 U_{\text{eff}}}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 U_{\text{eff}}}{\partial y^2} \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \frac{\text{tr}(H) \pm \sqrt{\text{tr}(H)^2 - 4 \cdot \det(H)}}{2}$$

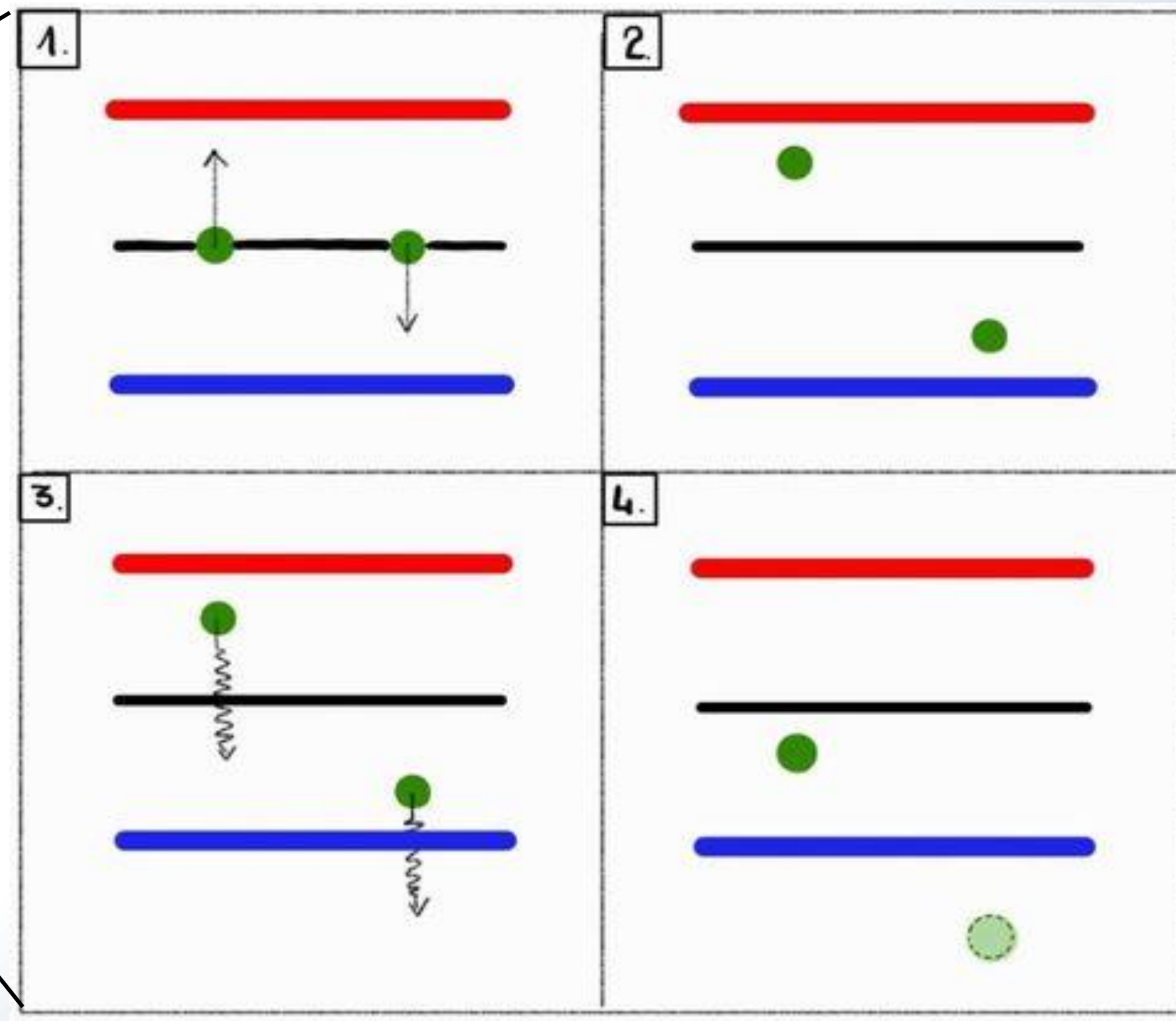
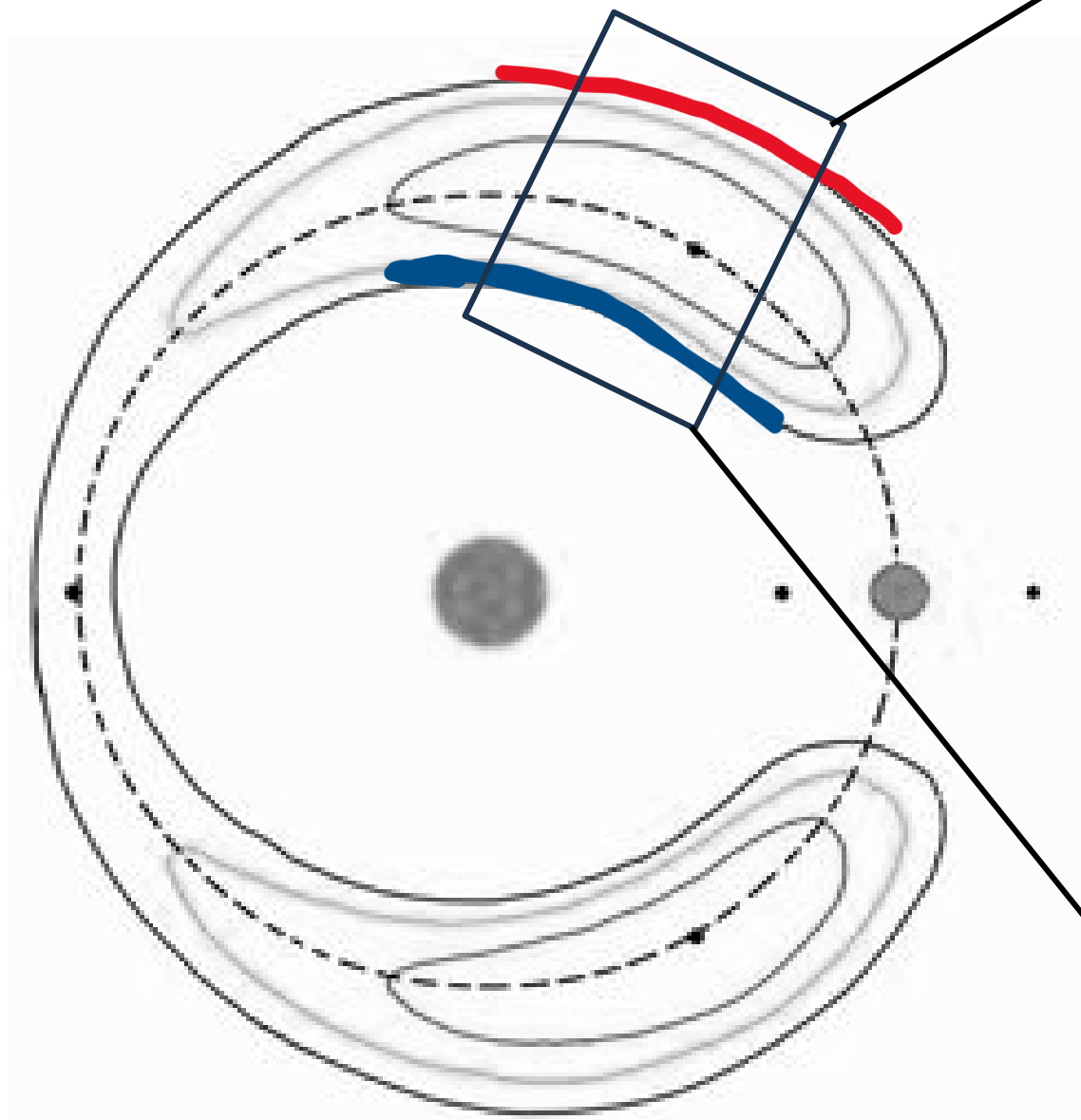
$$\lambda_1 \approx -7.20 \times 10^{-16} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$$

$$\lambda_2 \approx -2.05 \times 10^{-12} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$$





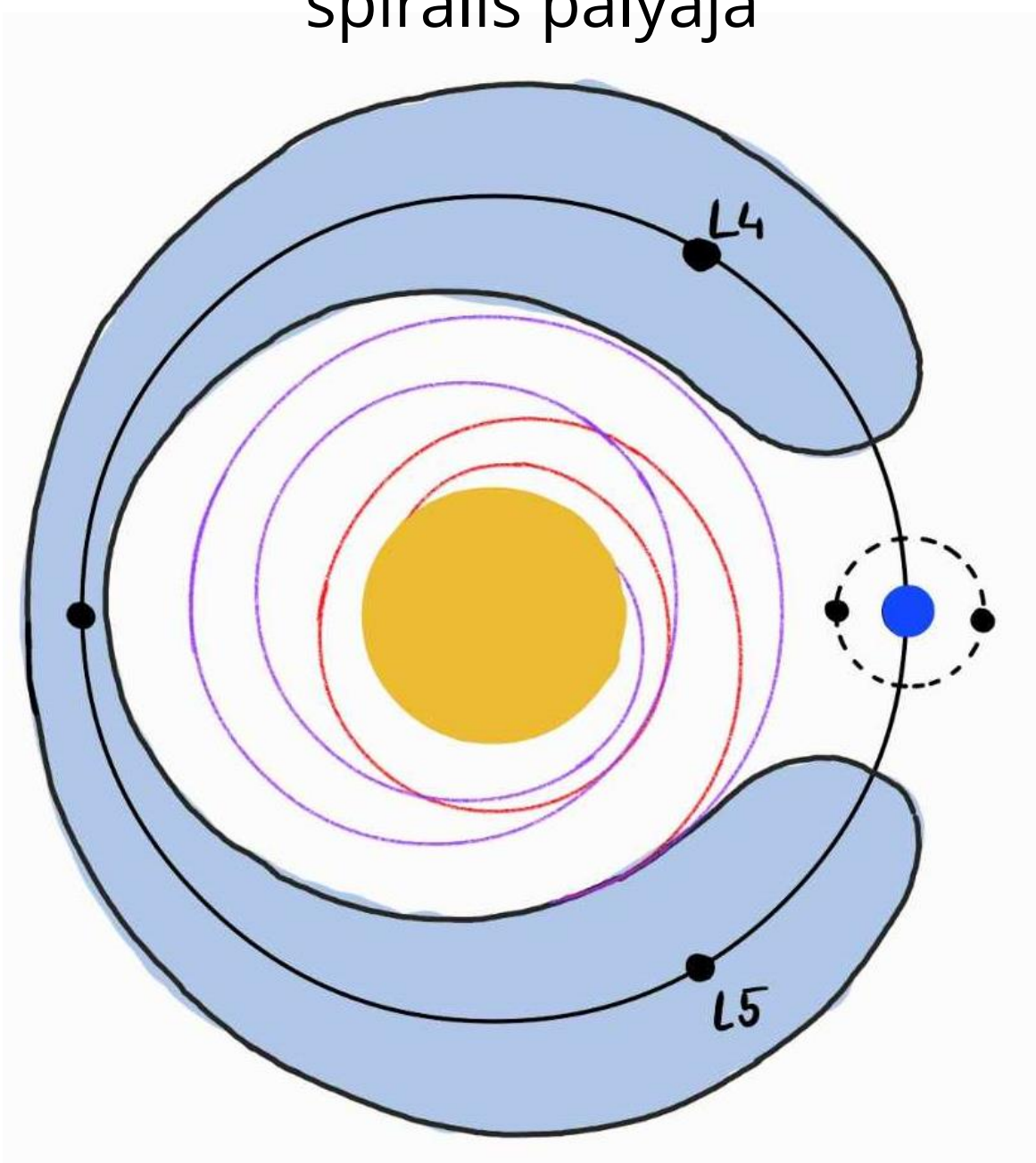
Modell





Modell

Ugyanabból a pontból „kieső” különböző méretű szemcsék P – R effektus hatására megfigyelhető spirális pályája



A sűrűség térbeli változása a gyűrűben
↓
Heliocentrikus távolság csökkenésével csökken a sűrűségérték is

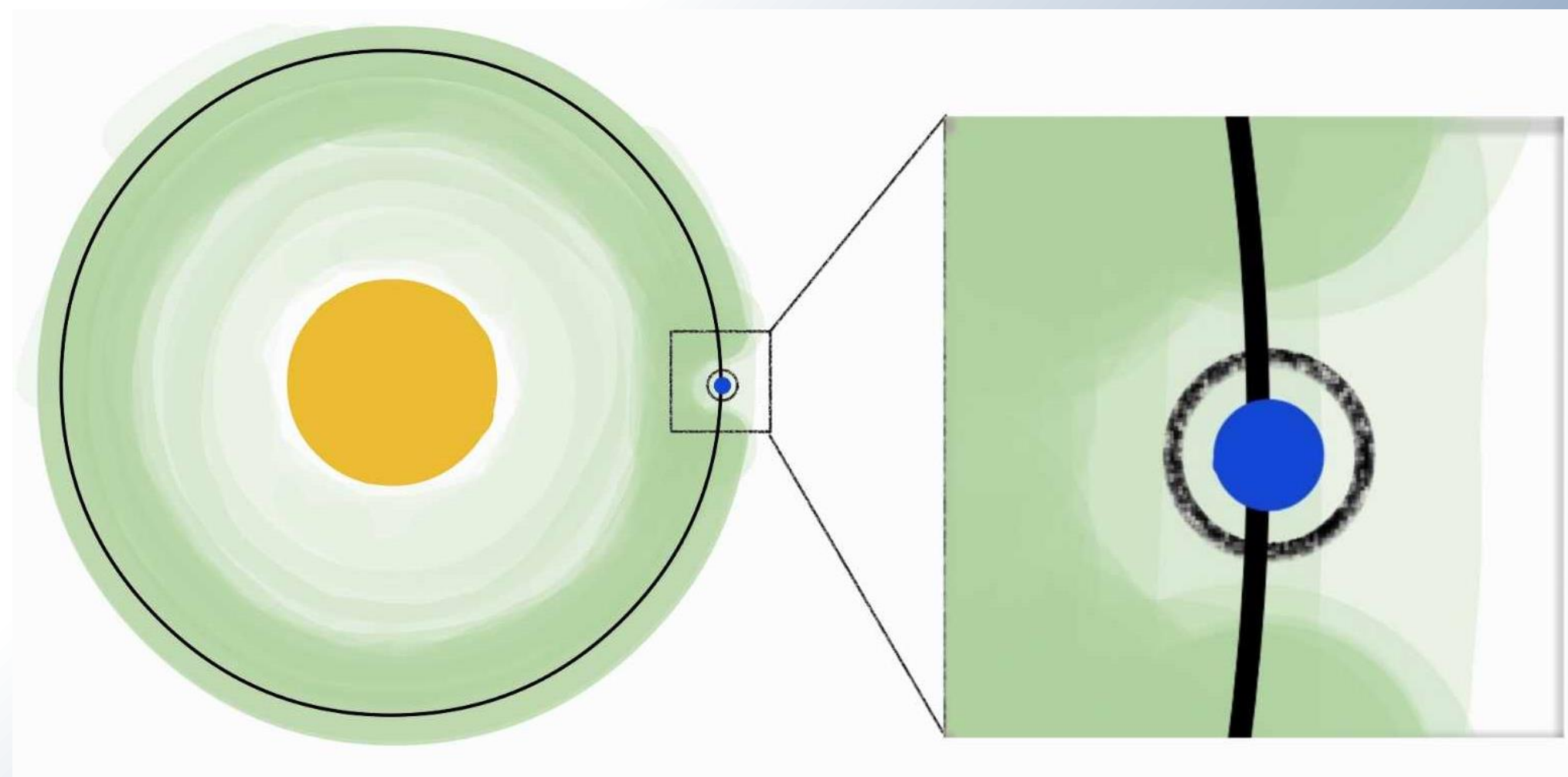




Table 2. Impact velocities of particles arriving at the different planets considering a cometary source.

Particle size (μm)	Comet velocity (km s^{-1})			
	Mercury	Venus	Earth	Mars
10	16.61	16.8	15.86	12.87
50	17.95	21.44	17.07	13.25
100	18.40	26.30	17.67	14.21

Table 3. Percentage of particles arriving on Mercury, Venus, Earth, and Mars considering cometary and asteroidal sources.

Particle size (μm)	Comets				Asteroids			
	Mercury	Venus	Earth	Mars	Mercury	Venus	Earth	Mars
10	25.8	19.9	28.7	25.6	37.6	27.7	24.8	9.8
50	19.0	17.3	29.5	34.2	32.1	26.5	22.9	18.5
100	12.9	15.9	27.1	44.0	30.7	30.9	23.2	15.2

(Borin *et al.*, 2017)

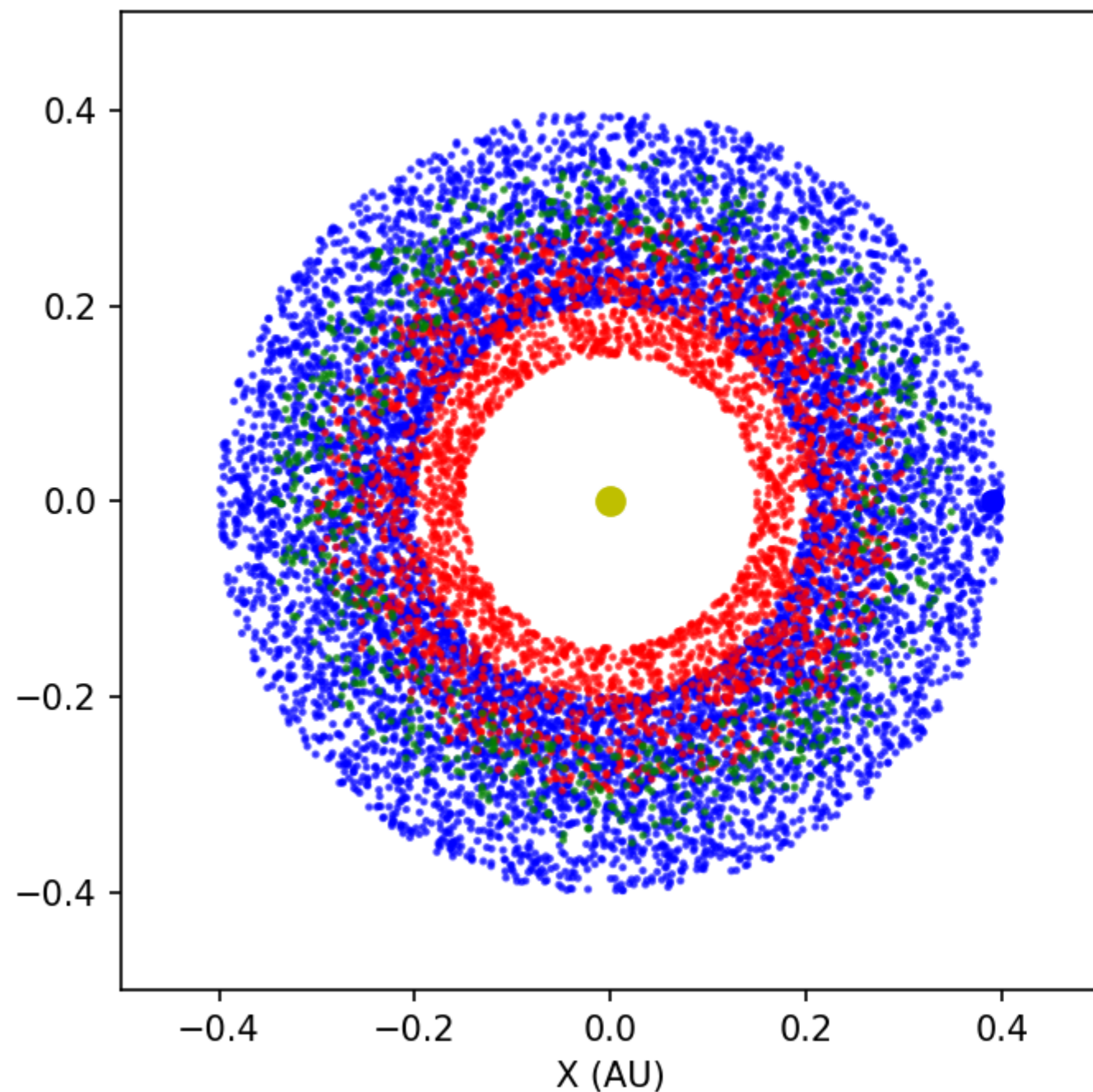
A Merkúr felszínén megfigyelhető, a területhez legjelentősegteljesebben hozzájáruló szemcseméret 10–100 mikrométer között van, ahol a 10 mikrométeres szemcsékből található meg a legtöbb



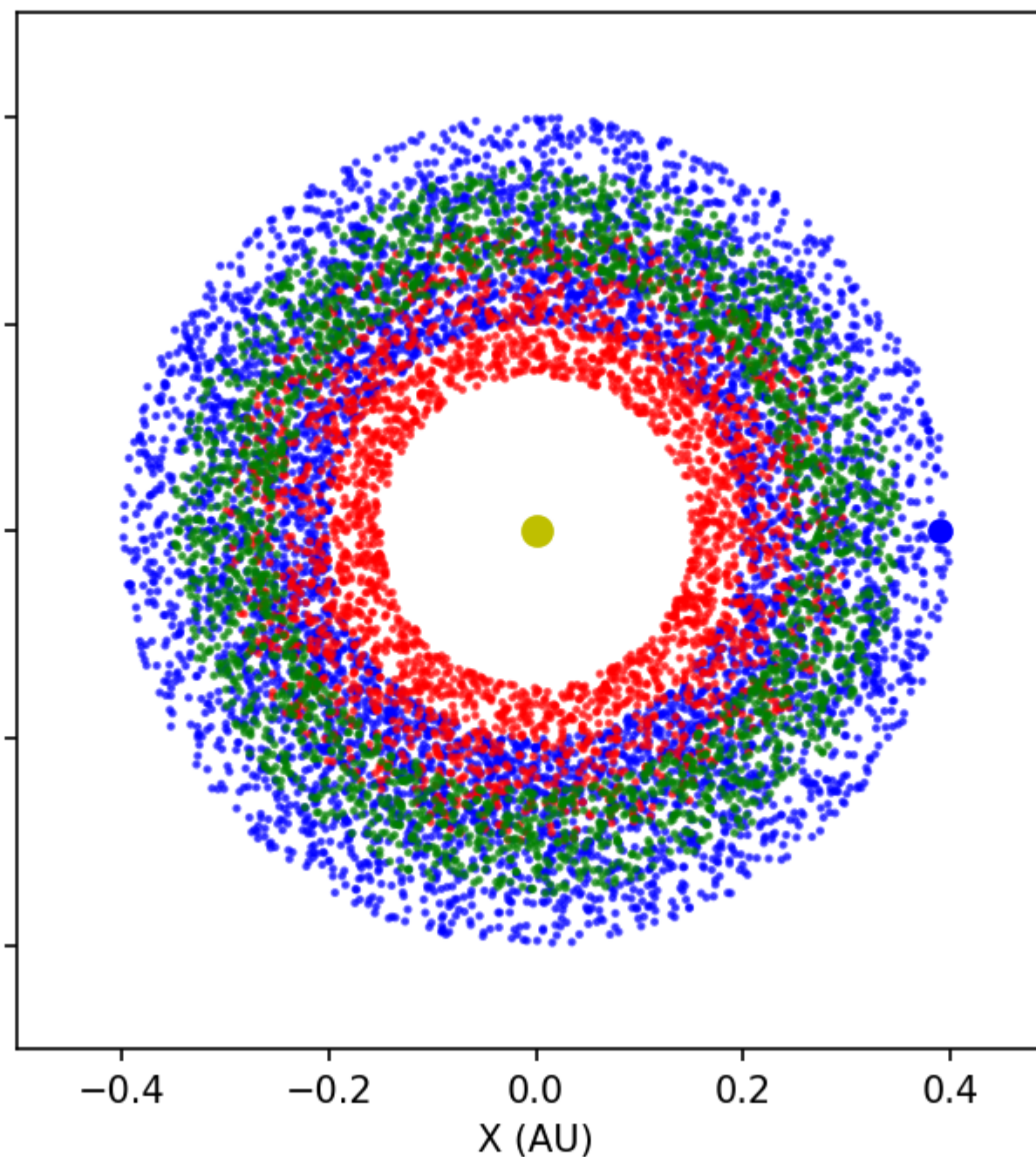
Merkúr Hill – szférája



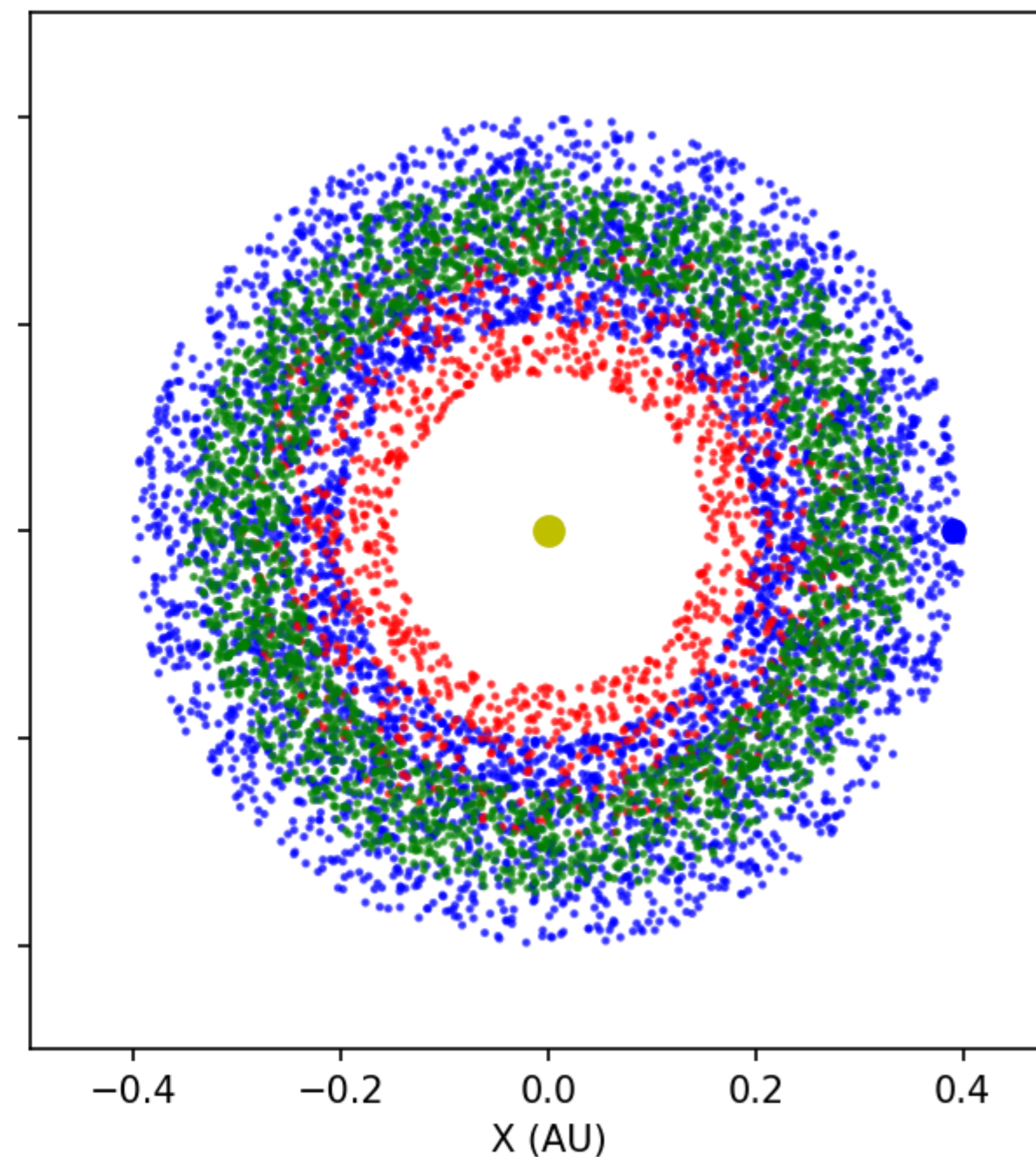
Case 1: 21,000 tons



Case 2: 18,000 tons



Case 3: 13,500 tons

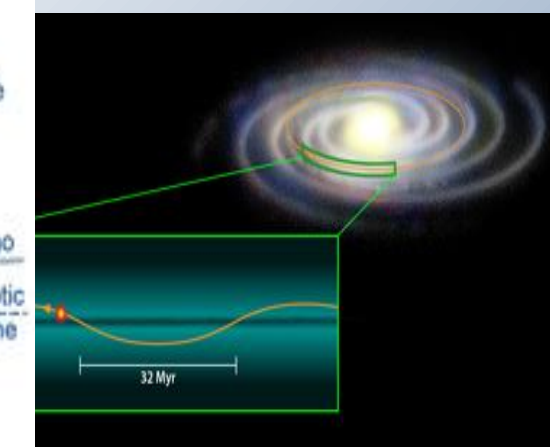
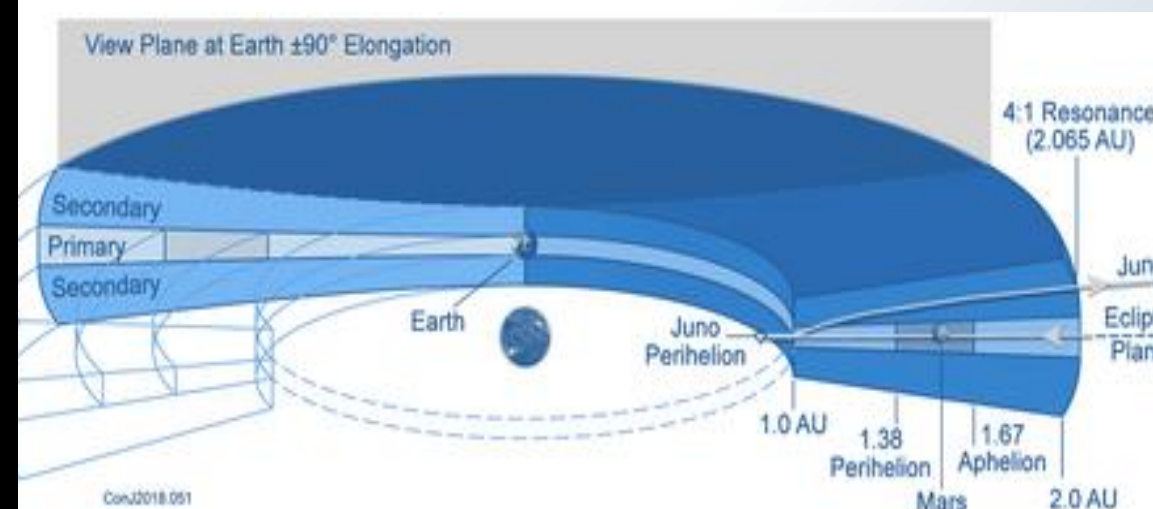
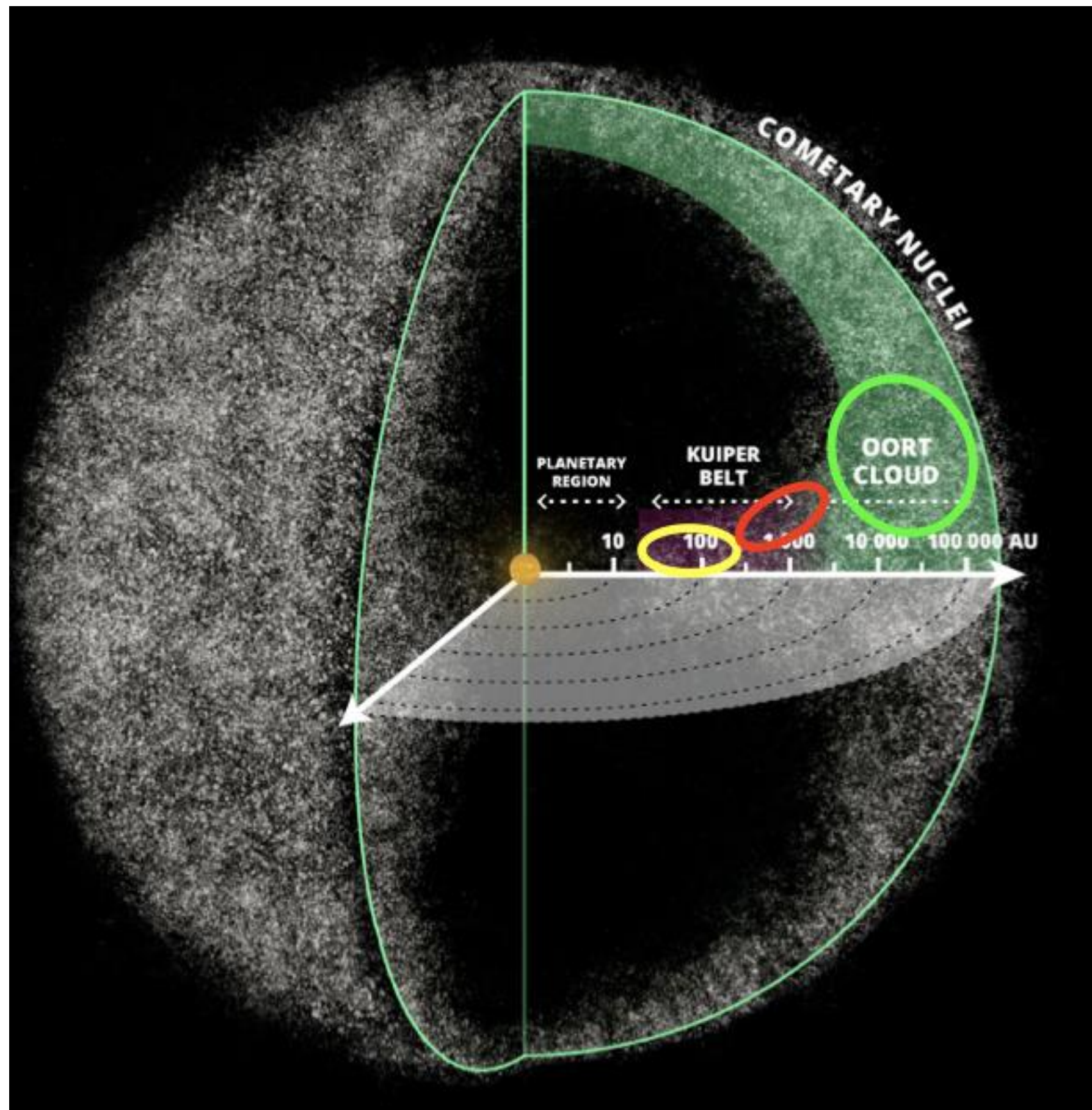


Nap

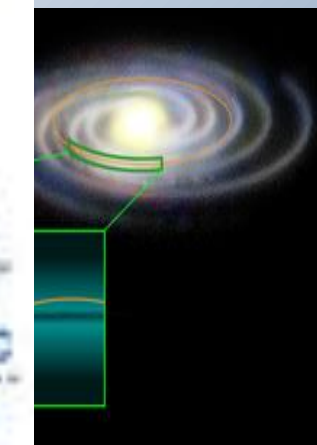
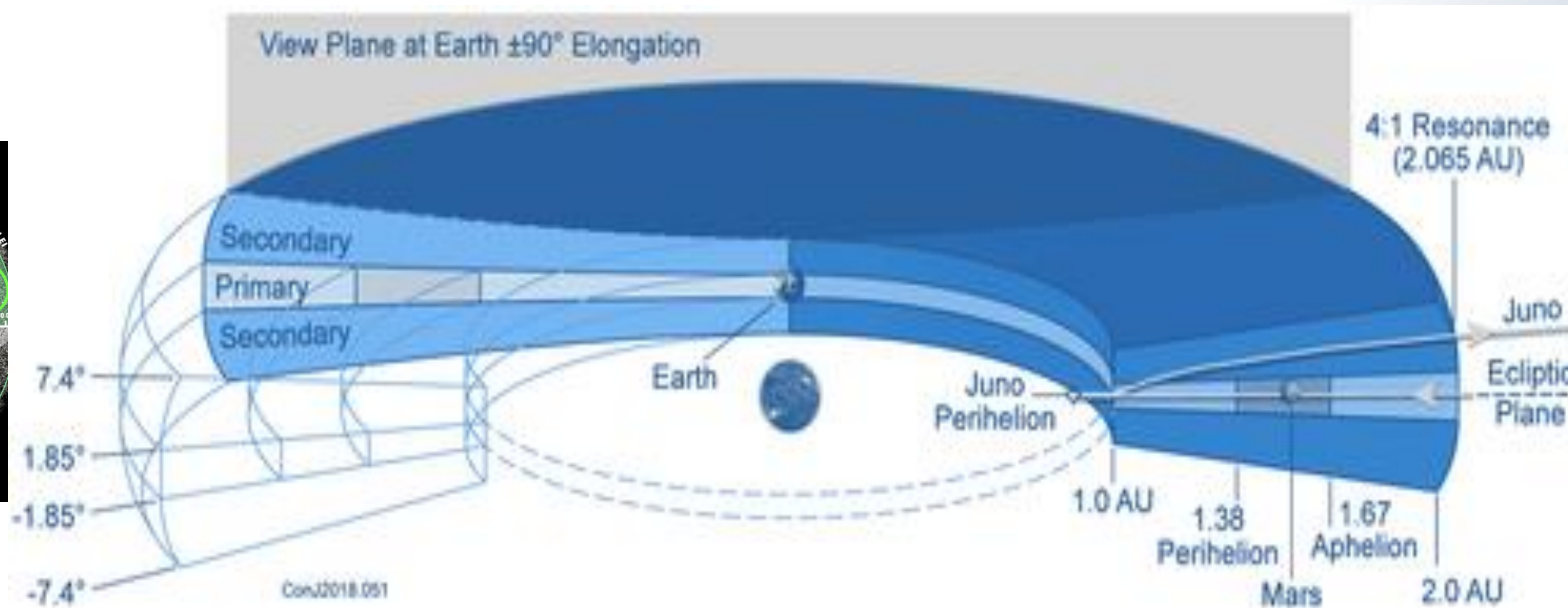
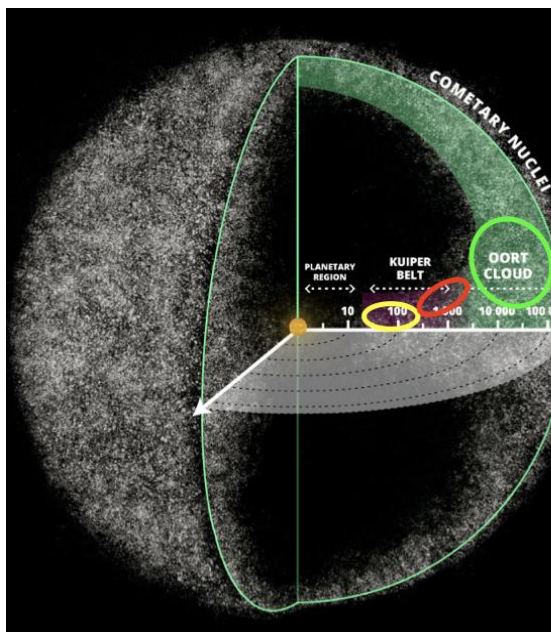
1-10 mikrométeres szemcsék

10-100 mikrométeres szemcsék

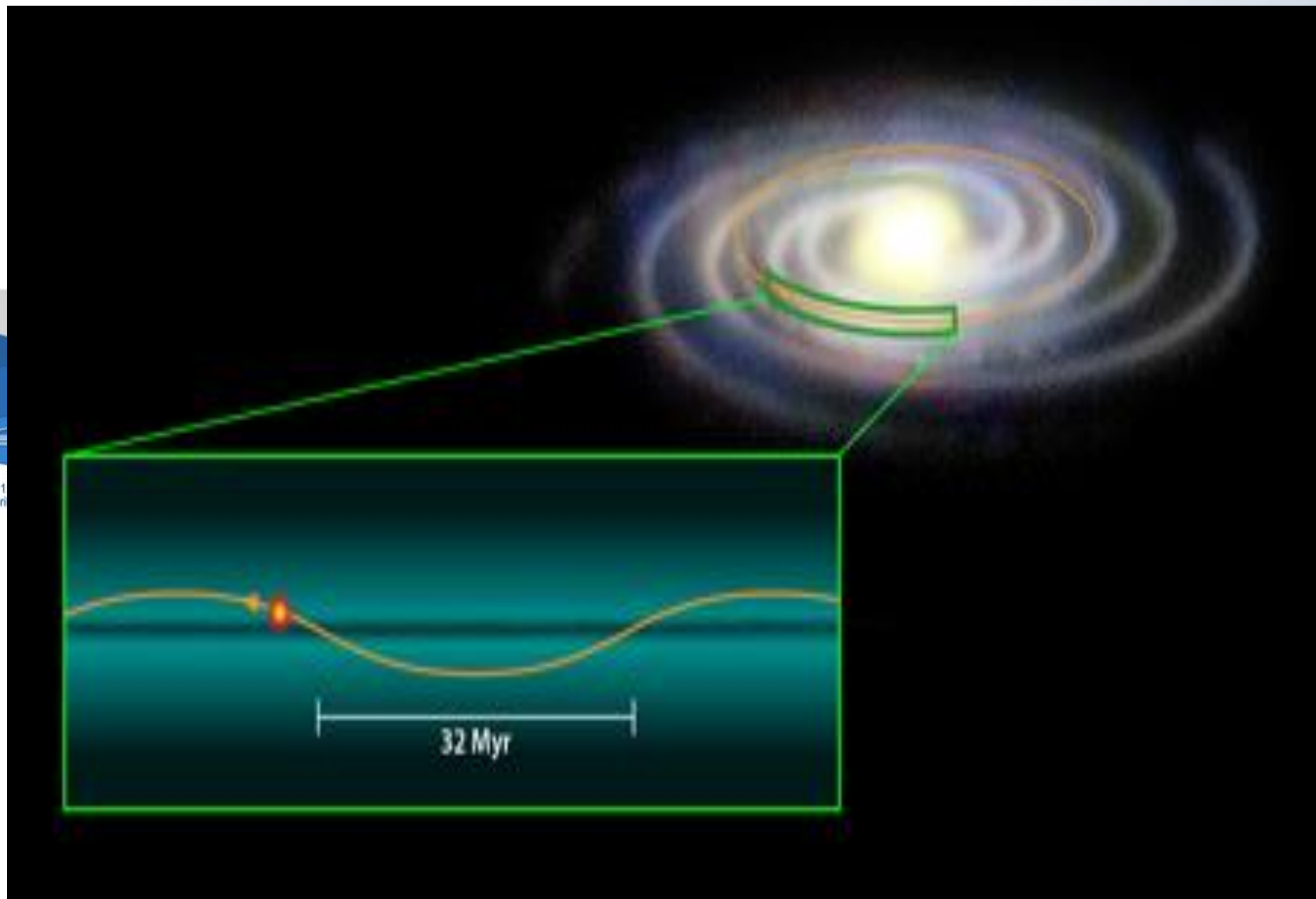
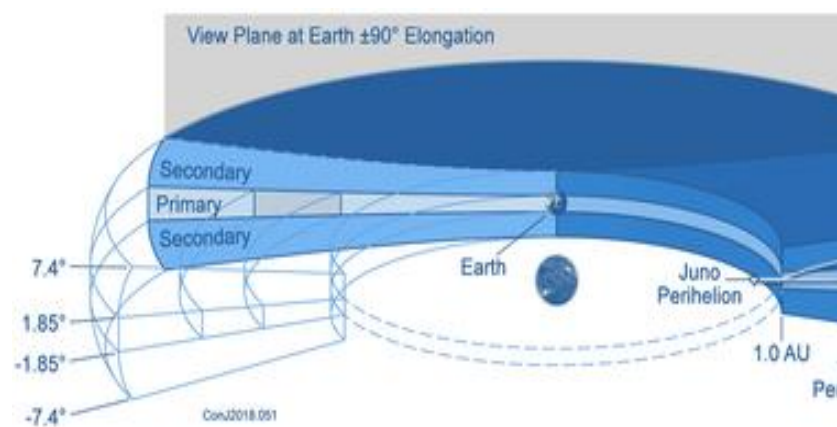
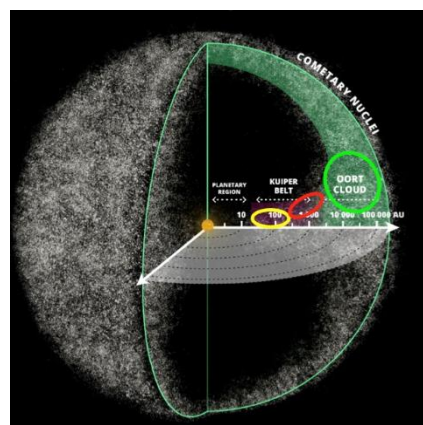
100 mikrométernél nagyobb méretű szemcsék



(Nesvorny *et al.*, 2010)



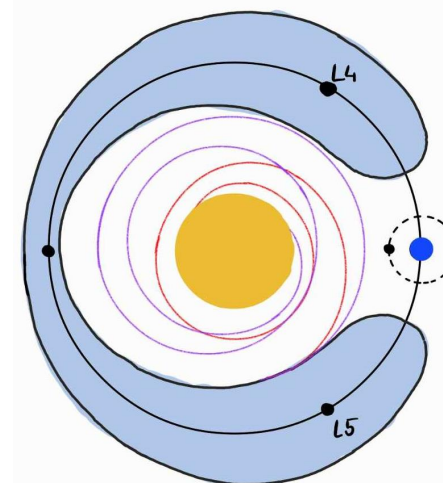
(Jorgensen *et al.* 2021)



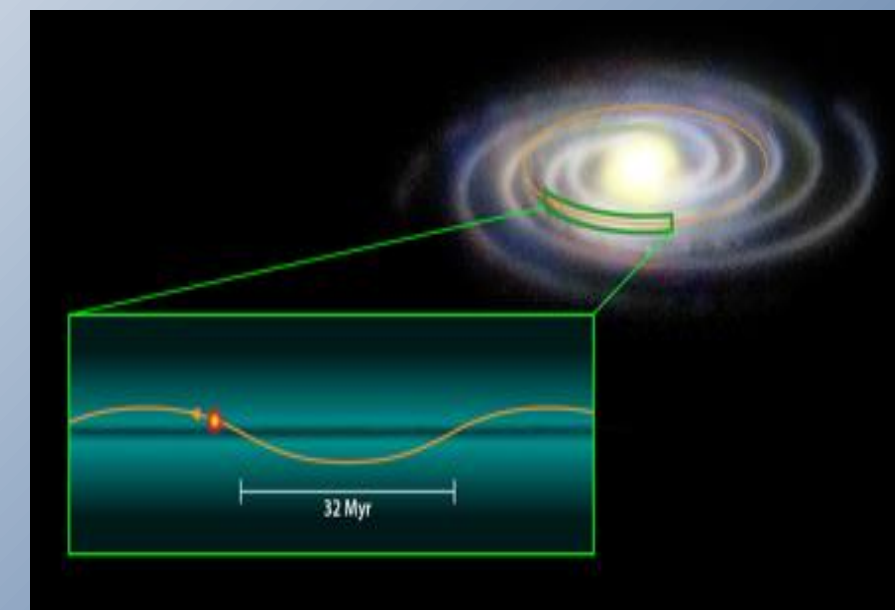
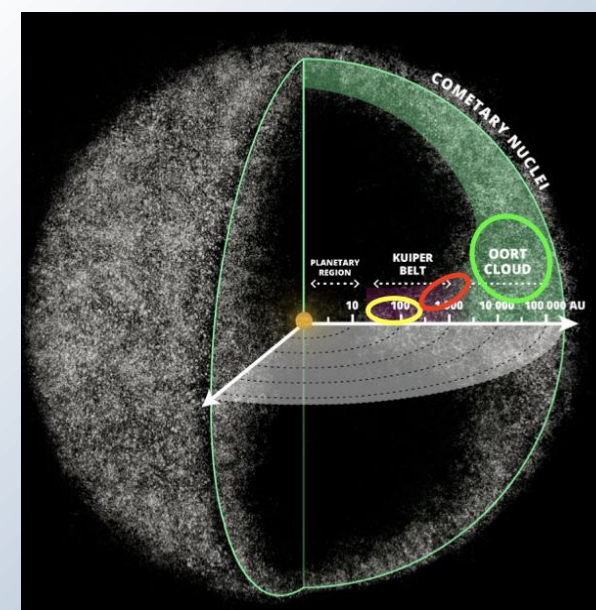
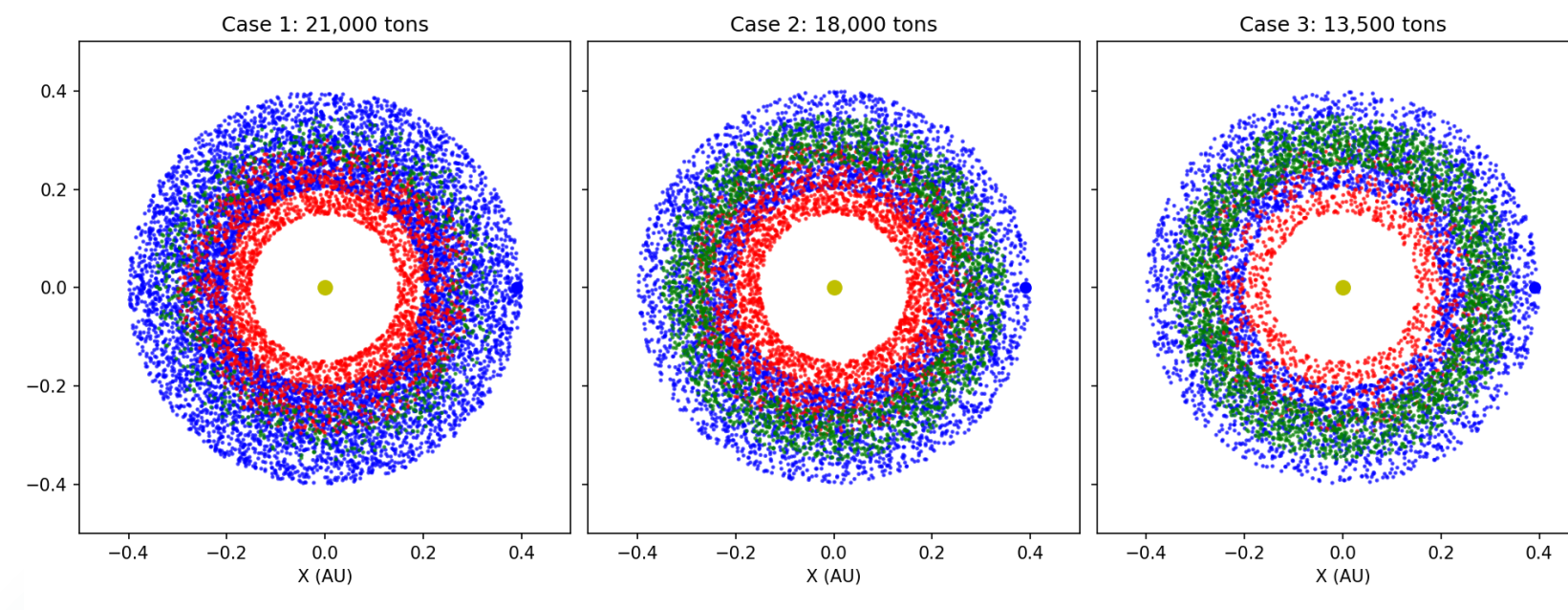


Konklúzió

- Folyamatos utánpótlással rendelkező dinamikus rendszer képes lehet fenntartani egy struktúrát a Merkúr közelségében
- Tudomásom szerint ezt még senki nem számolta ki
- Poynting – Robertson effektus folyamatosan „üríti” a rendszert
- A Naprendszer útja a galaxis síkjában egy lehetséges utánpótlási forrásként szolgálhat
- A Nap – Merkúr rendszerben megmaradni képes anyag mennyisége változhat



Szemcseméret [μm]	P-R effektus időskálája ($\tau_{\text{P-R}}$) [év]
0,1	31,5
1	315
10	3150
100	31500

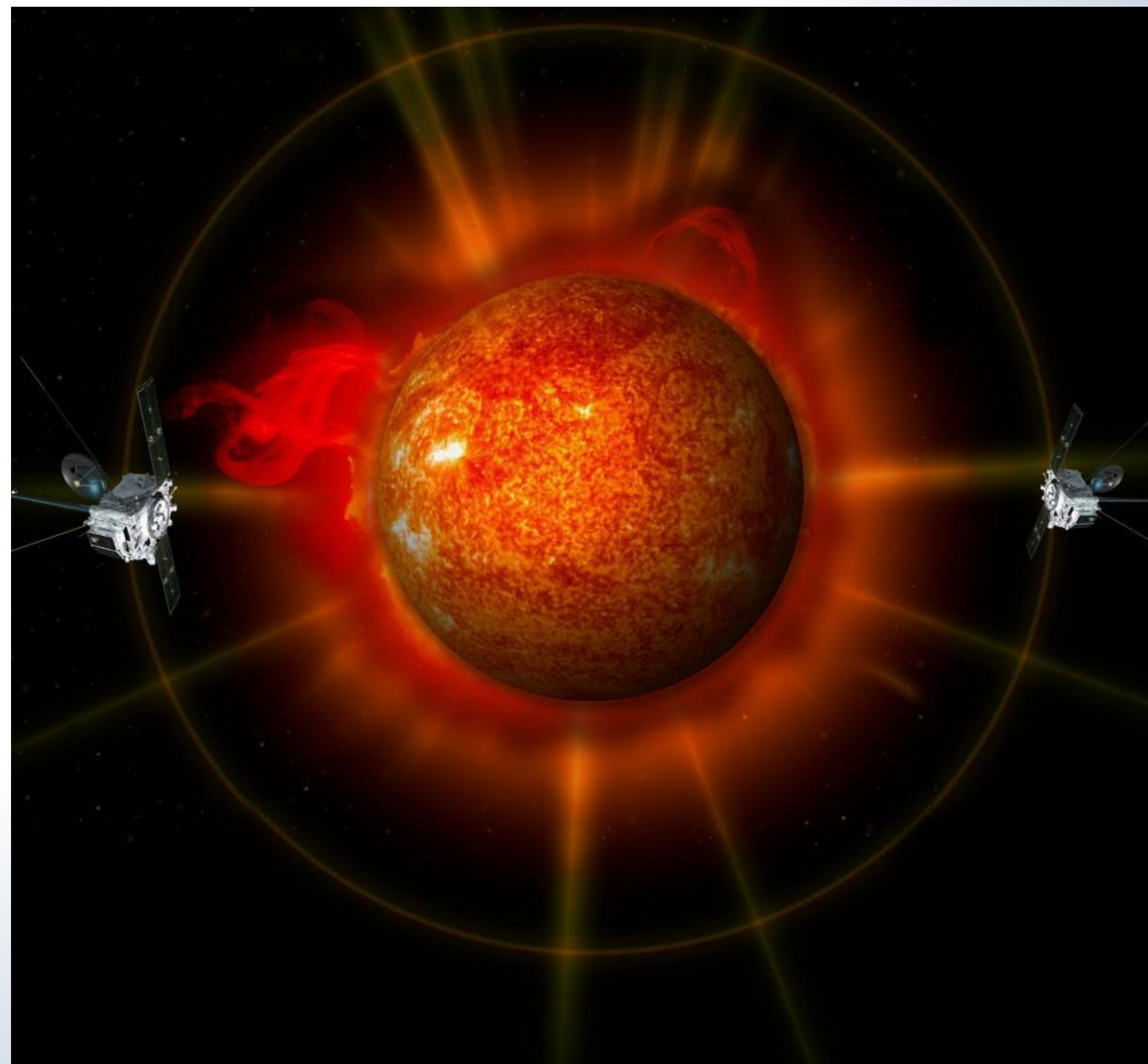
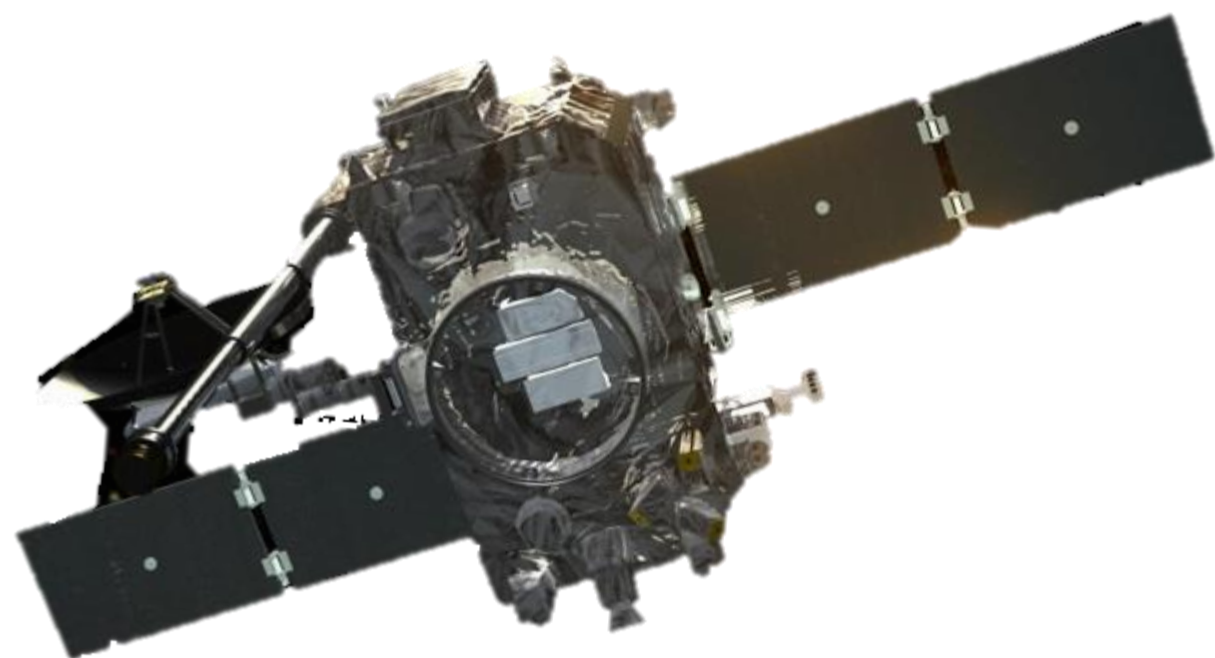




STEREO

Két különböző fény

1. Koronából érkező
2. Visszavert fény
(fényesebb)



OPEN ACCESS

PSP/WISPR Observations of Dust Density Depletion near the Sun. II. New Insights from within the Depletion Zone

Guillermo Stenborg, Russell A. Howard, Angelos Vourlidas, and Brendan Gallagher


Published 2022 June 17 • © 2022. The Author(s). Published by the American Astronomical Society.

[The Astrophysical Journal](#), [Volume 932](#), [Number 2](#)

Citation Guillermo Stenborg *et al* 2022 *ApJ* **932** 75

DOI 10.3847/1538-4357/ac6b36

Mercury's Circumsolar Dust Ring as an Imprint of a Recent Impact

Petr Pokorný^{1,2,3} , Ariel N. Deutsch⁴ , and Marc J. Kuchner² 

¹ Department of Physics, The Catholic University of America, Washington, DC, 20064, USA; petr.pokorny@nasa.gov

² Astrophysics Science Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 20771, USA

³ Center for Research and Exploration in Space Science and Technology, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 20771, USA

⁴ Division of Space Science and Astrobiology, NASA Ames Research Center, Mountain View, CA, 94035, USA

Received 2022 November 10; revised 2023 January 12; accepted 2023 January 18; published 2023 February 14