



Tähtien aktiivisuus havainnoista elinkelpoisiin planeettoihin



András Haris

Tähtien aktiivisuus havainnoista elinkelpoiisiin planeettoihin



András Haris

Tähtien aktiivisuuden tutkimusryhmä

Yliopistotutkijat

Thomas Hackman
Mikko Tuomi

Väitöskirjatutkijat

András Haris
Emilia Rintamäki

Nora Routamo
Jenna Salminen

Postdoc-tutkija

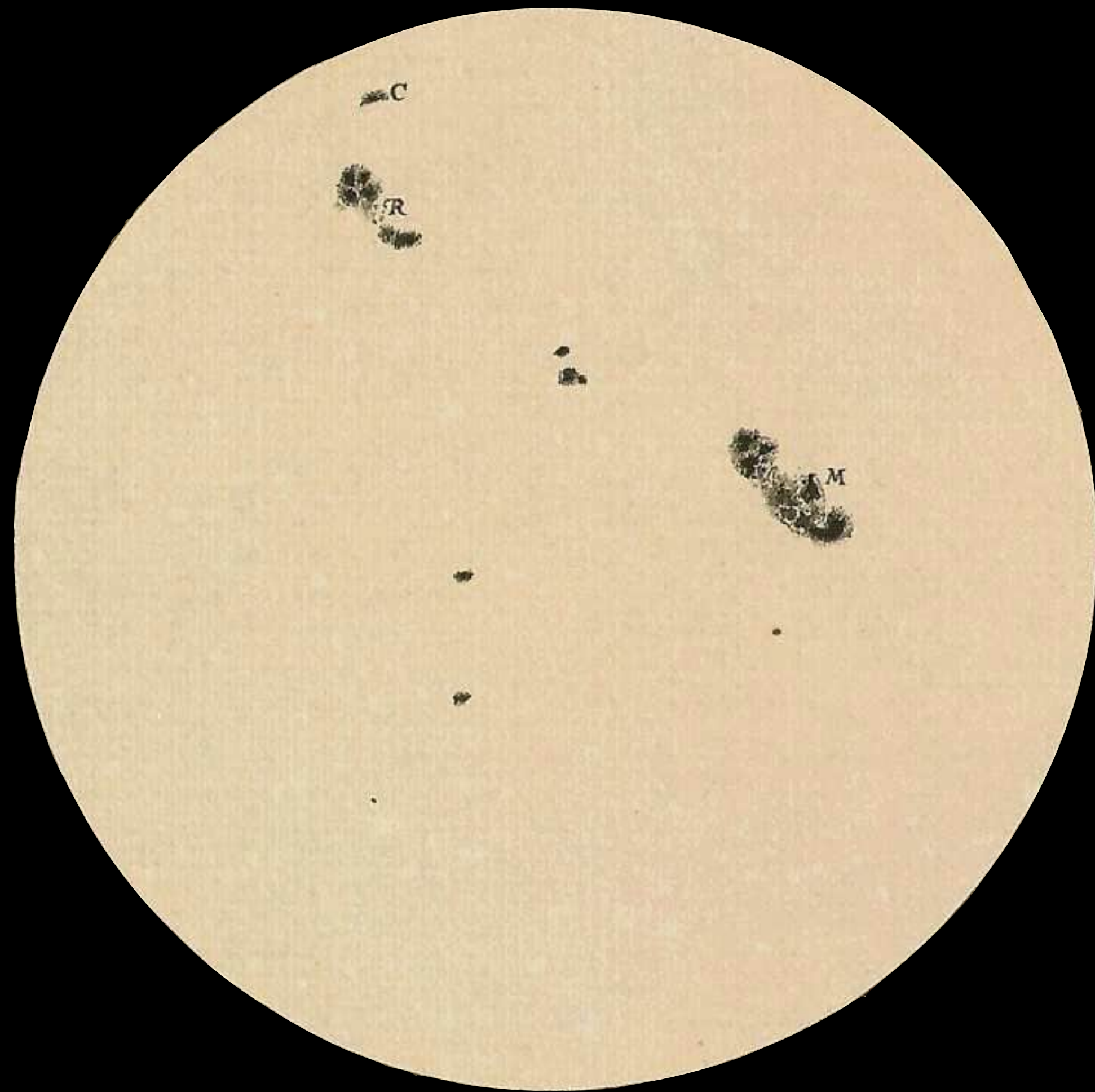
Joonas Uusitalo

Opiskelijat

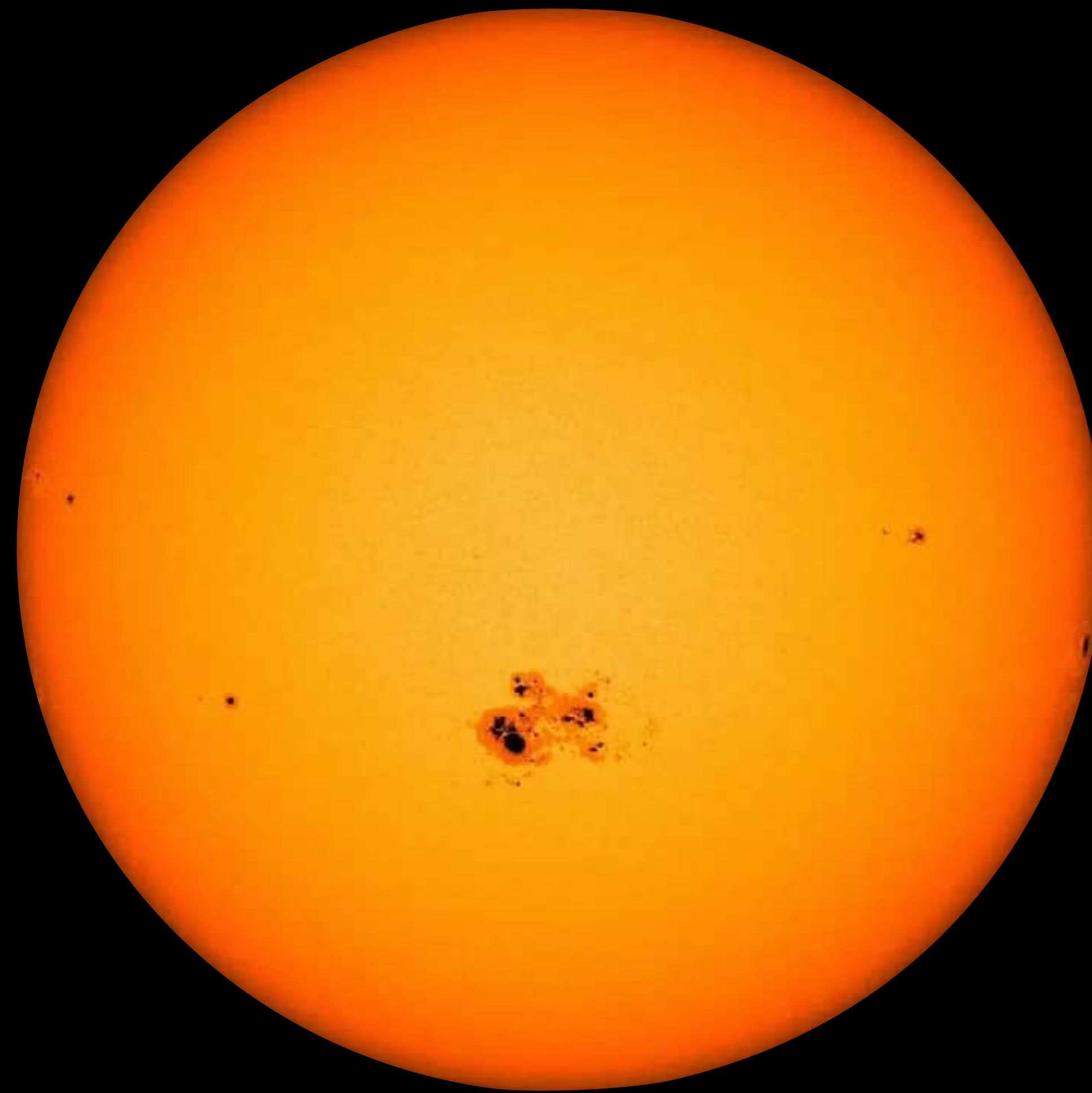
Astrid Korkeamäki
Pilvi Pirttikangas

Ulkopuoliset jäsenet

Teemu Willamo
Jyri Lehtinen



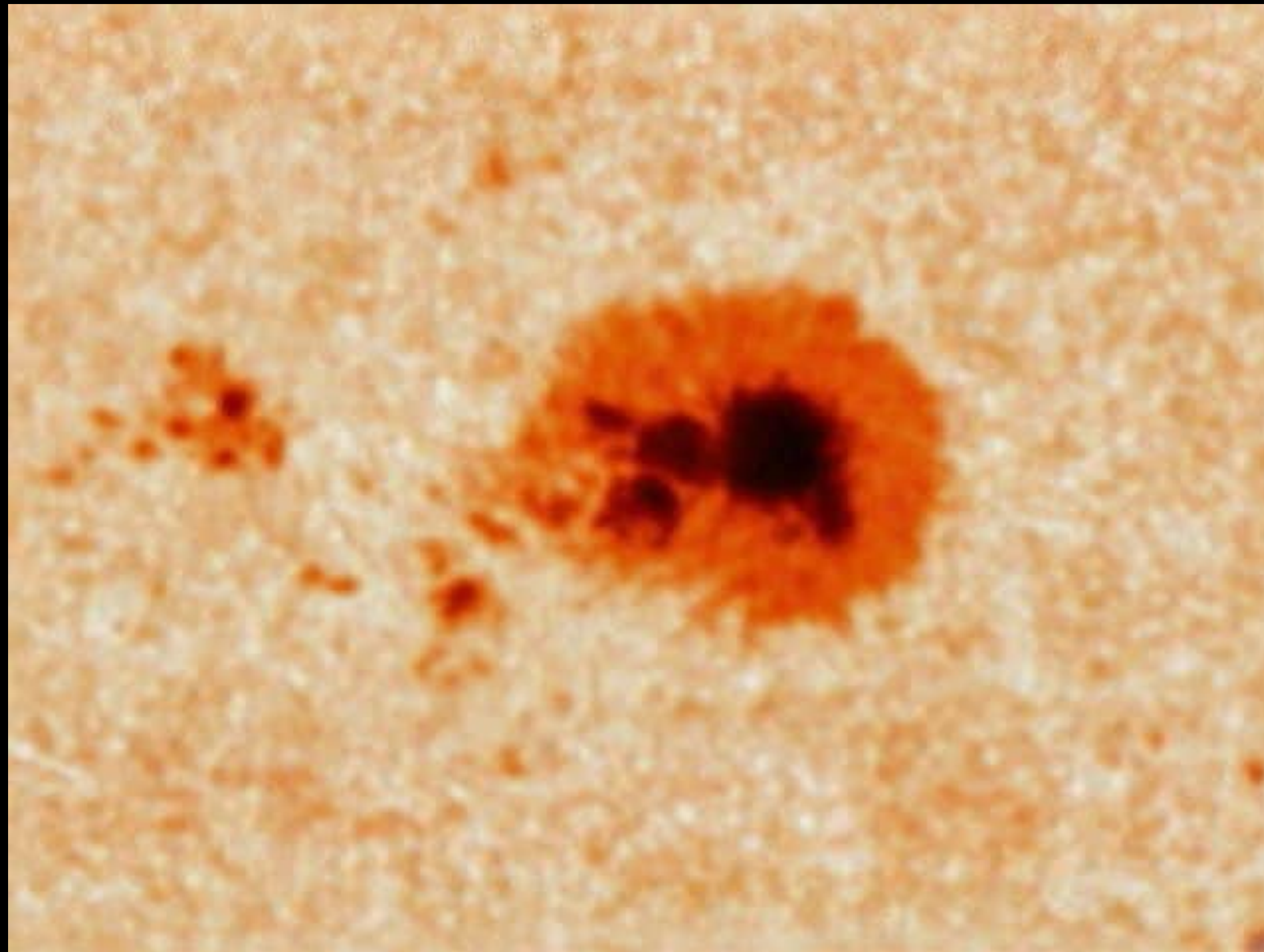
Galilei, c. 1610



NASA SDO, 2014

Auringon aktiivisuus

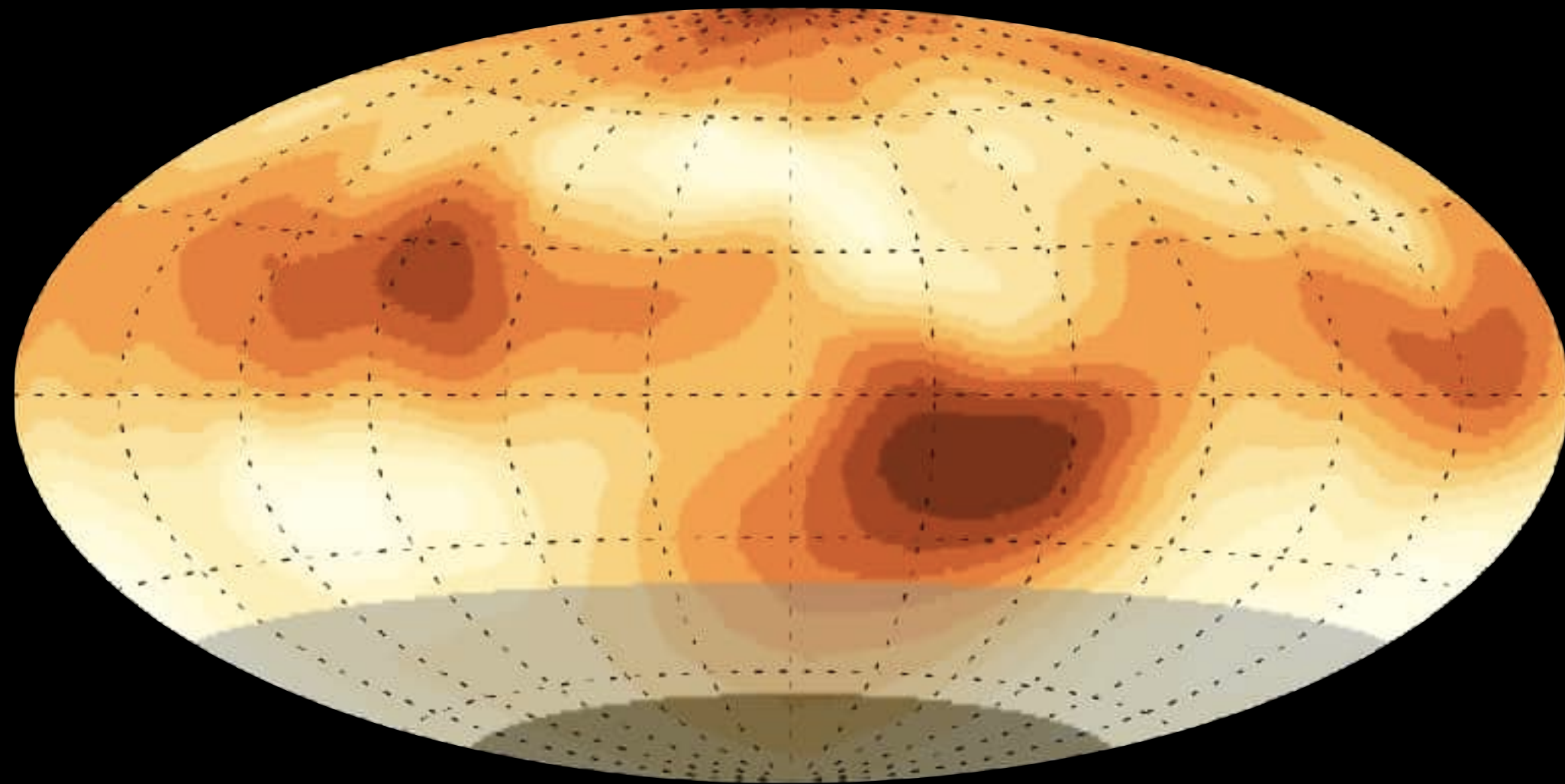
Auringonpilkut



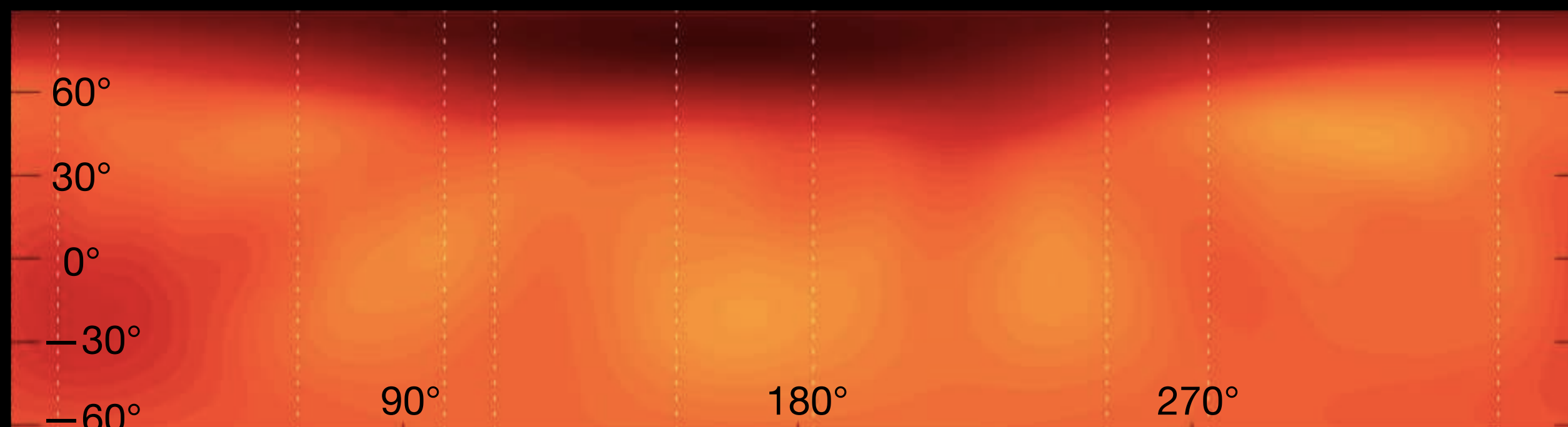
- Umbra (4000 K), penumbra (5500 K)
- Magneettikenttä: umbrassa säteittäinen, penumbrassa vaakasuuntaisempi
- Auringonpilkkuryhmät

Tähtien aktiivisuus

Tähtipilkut



LQ Hya (Kochukhov et al. 2023)

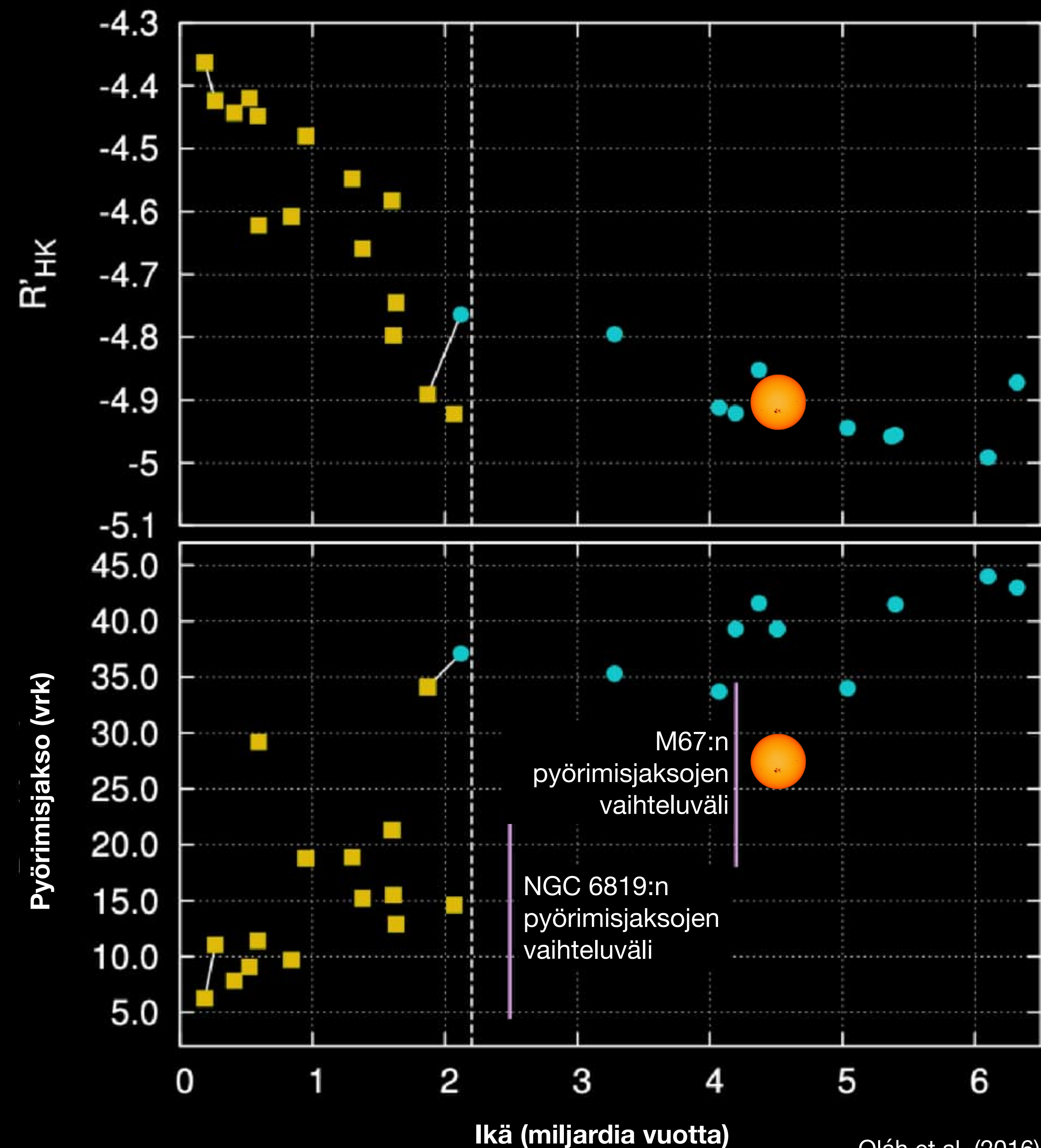


V889 Her (Willamo et al. 2019)

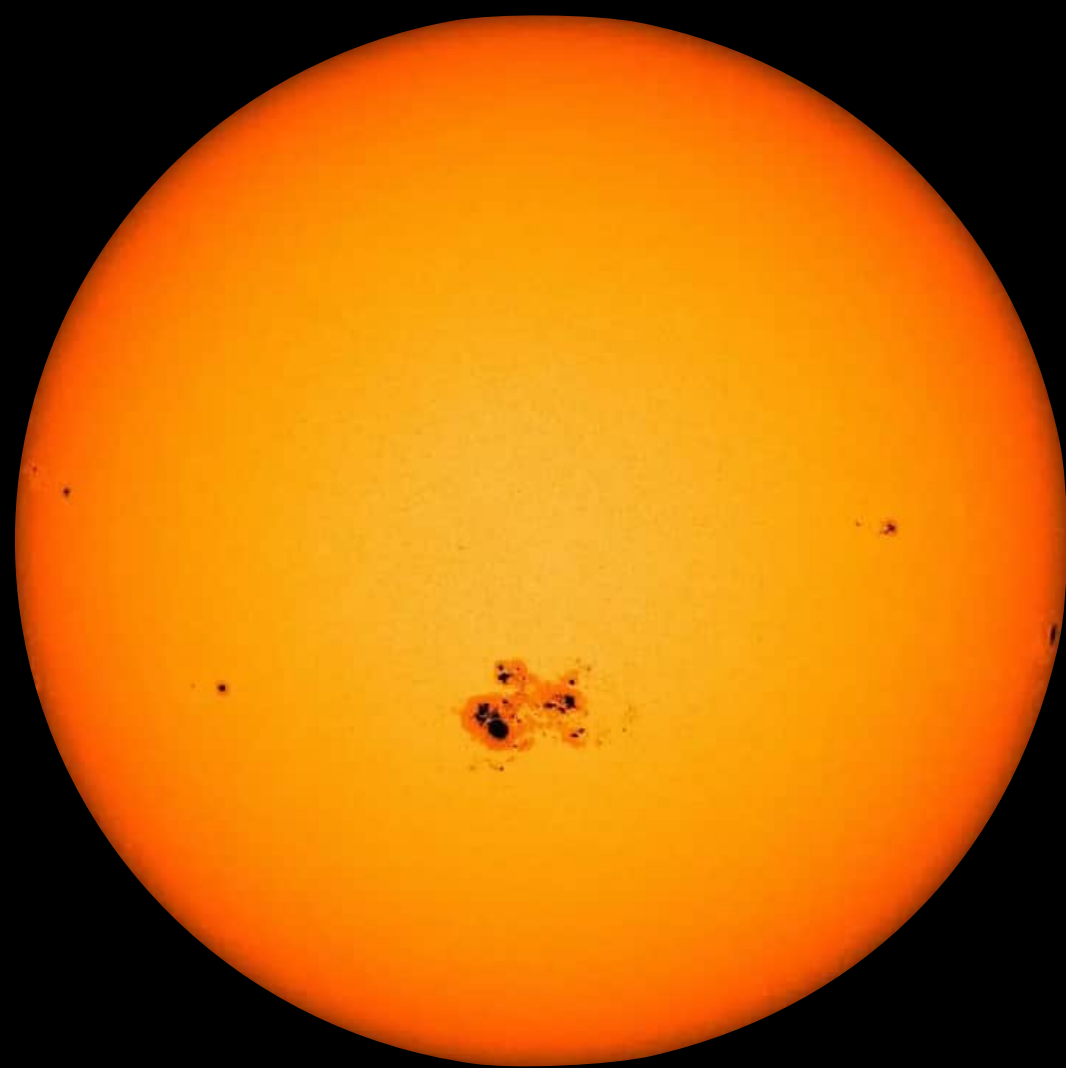
- Samankaltaisia kuin auringonpilkut
- Pilkkujen tai fakuloiden hallitsema kirkkauden vaihtelu (nuoret, aktiiviset tähdet / Aurinko)
- Nuoret tähdet: nopea pyöriminen, suuria napapilkkuja
- Magneettinen jarrutus

Auringon aktiivisuus vs. tähtien aktiivisuus

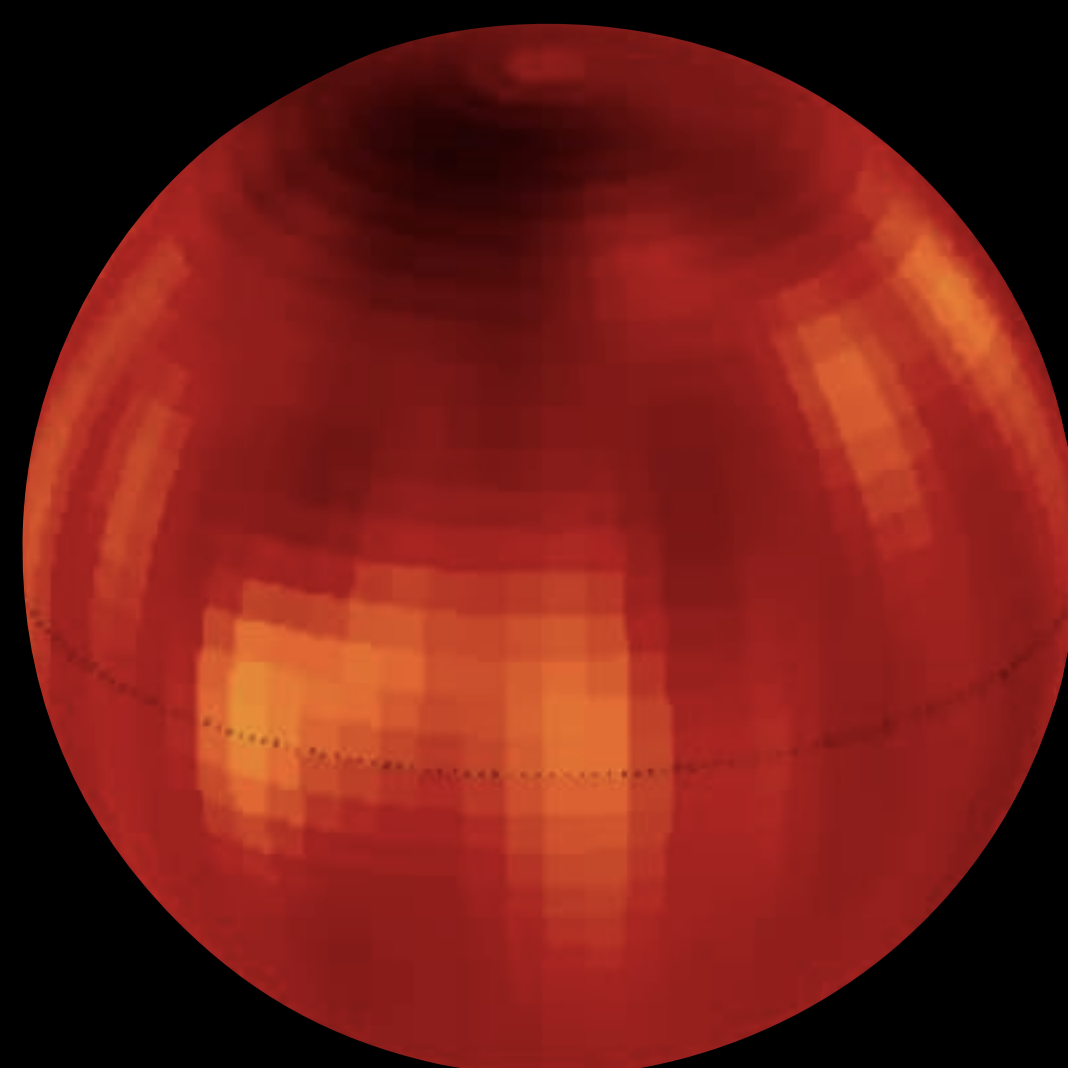
- Tähtidynamo
- Nopea pyöräminen ja syvemmät konvektiovyöhykkeet → voimakkaampi aktiivisuus
- Magneettinen jarrutus (nuoret tähdet pyörivät nopeammin)



Auringon aktiivisuus vs. tähtien aktiivisuus

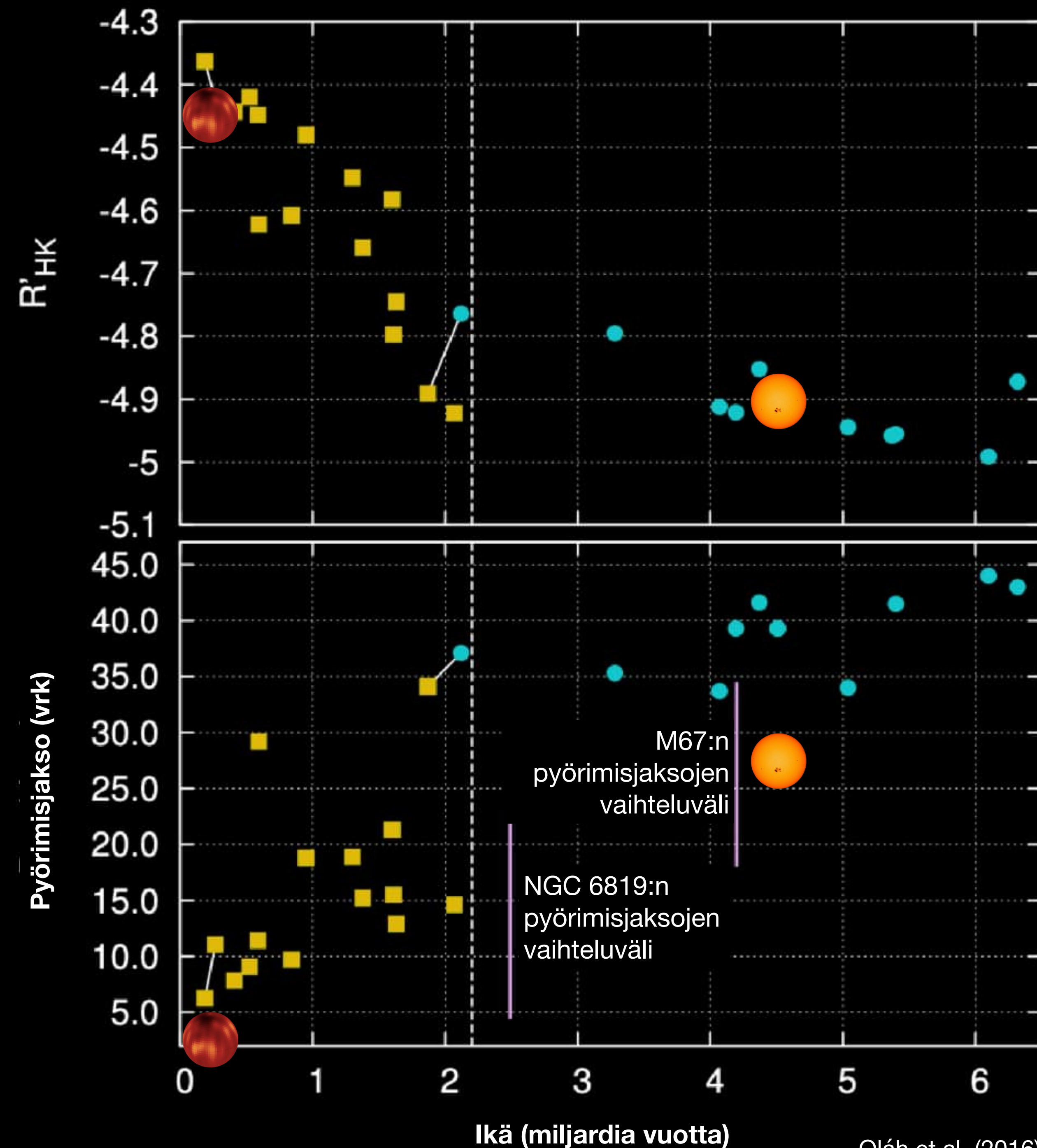


Aurinko



LQ Hya

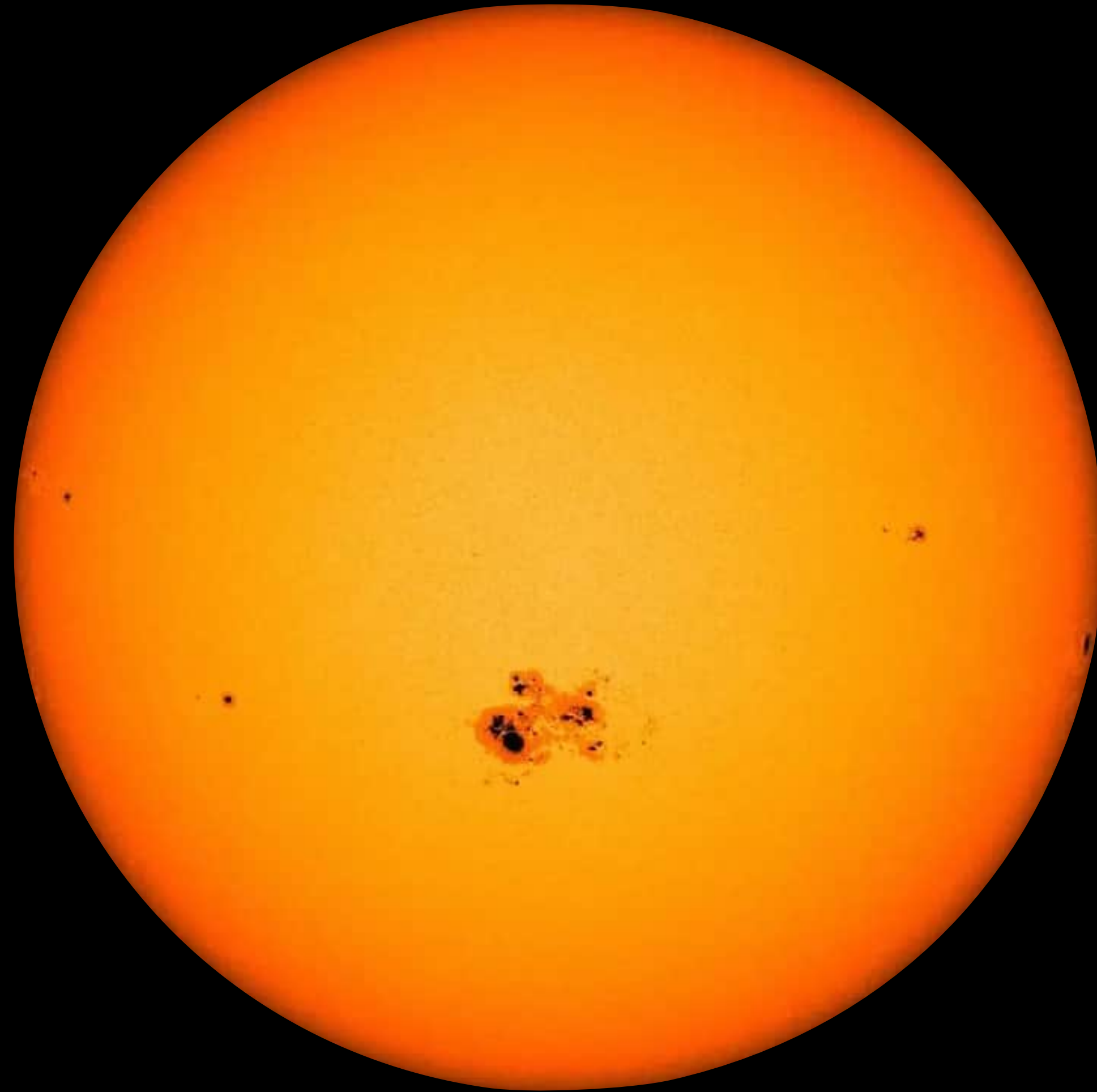
Cole et al. (2015)



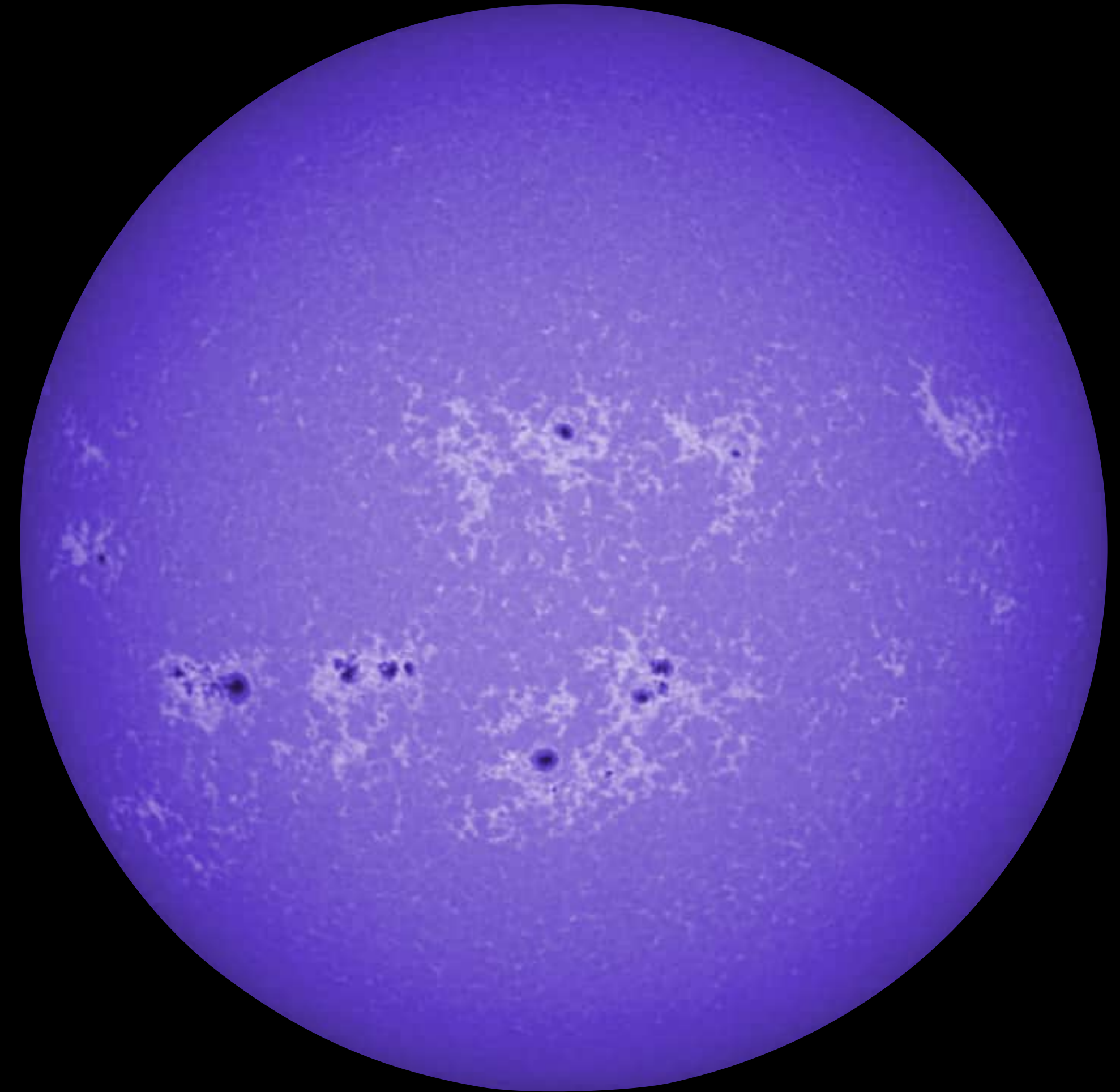
Oláh et al. (2016)

Tähtien aktiivisuus

Kromosfäärinen emissio



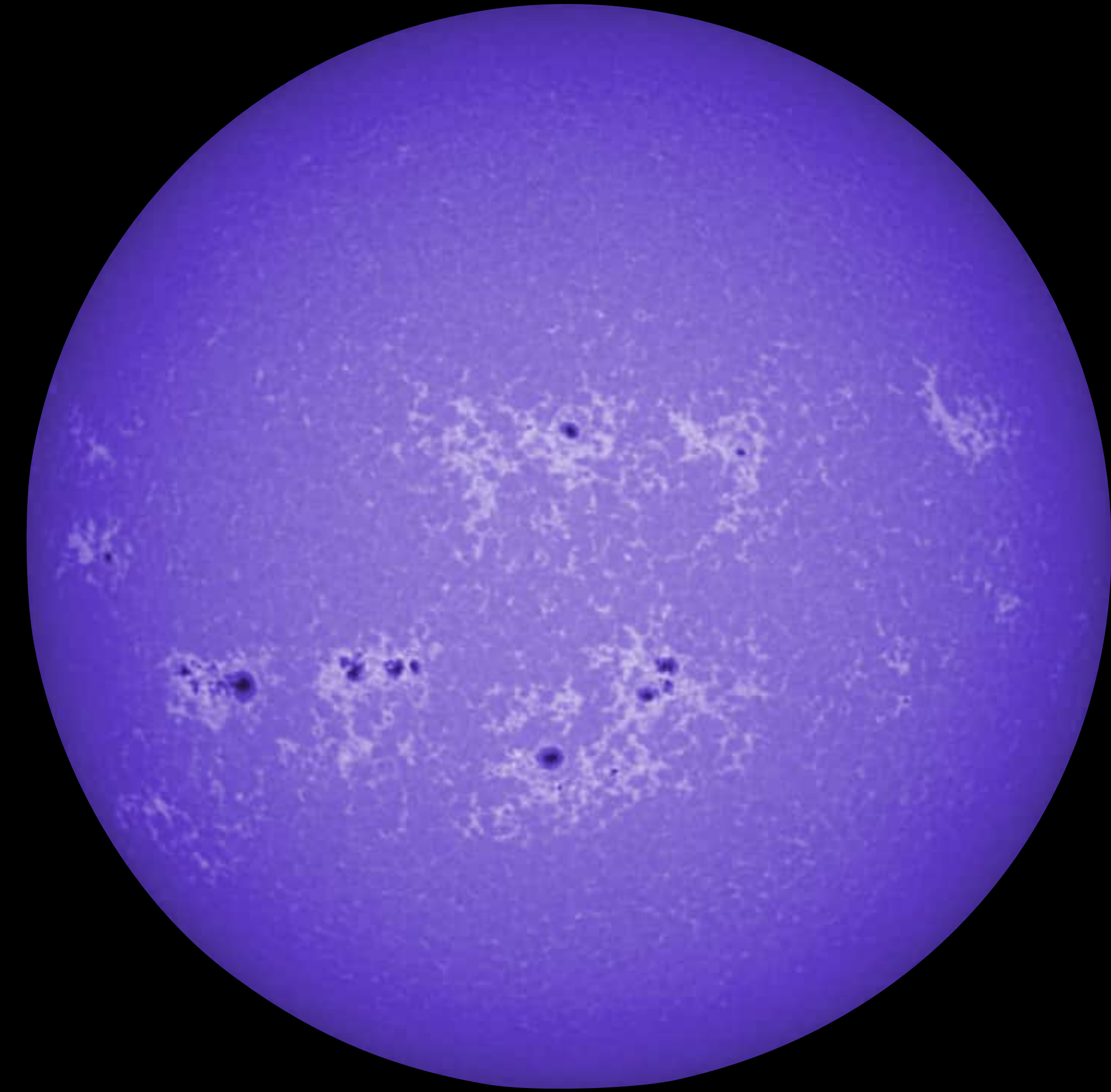
NASA SDO, 2014



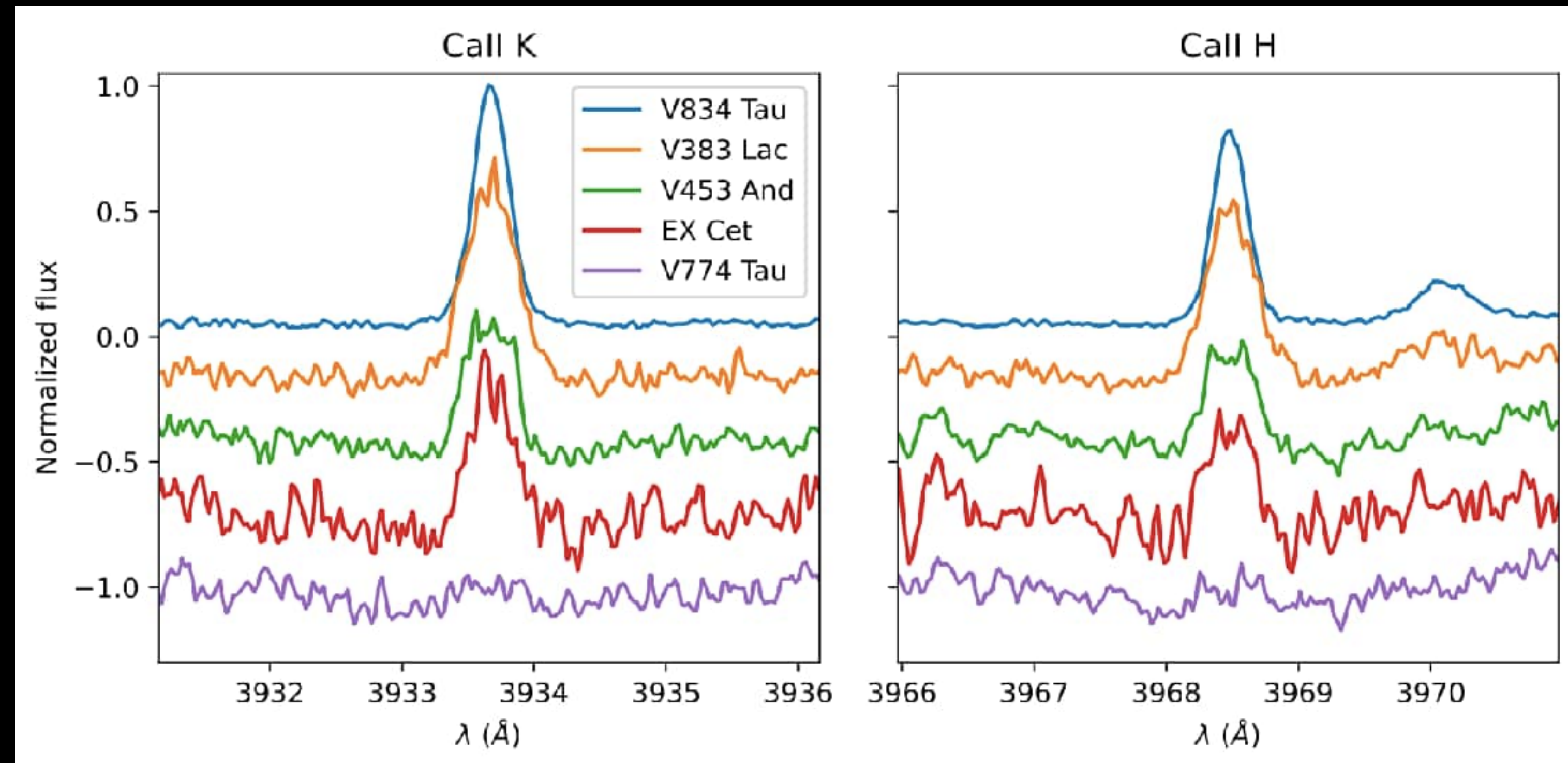
Aurinko, Ca II K (Bill Lee)

Tähtien aktiivisuus

Kromosfäärinen emissio

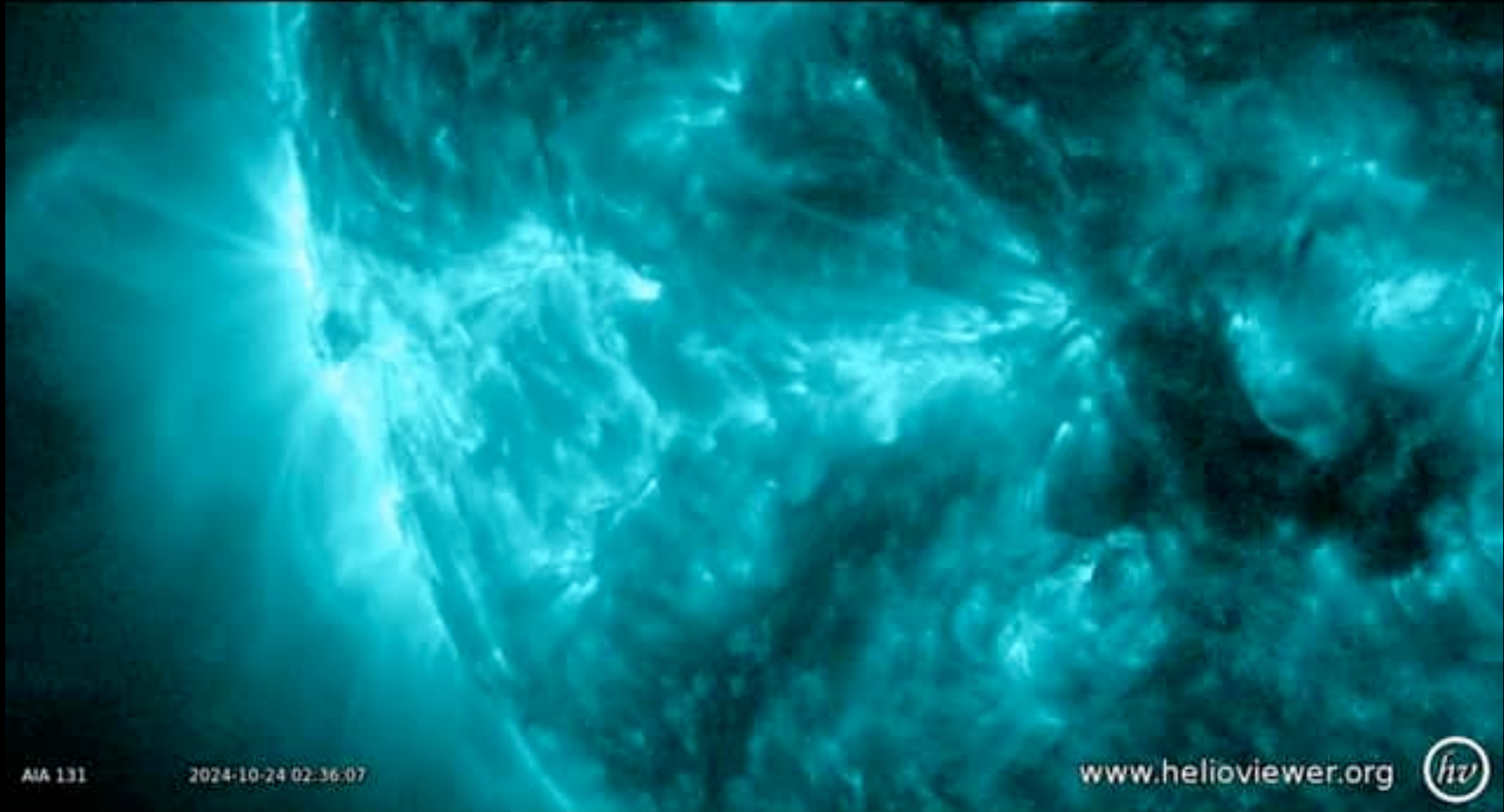


Aurinko, Ca II K (Bill Lee)



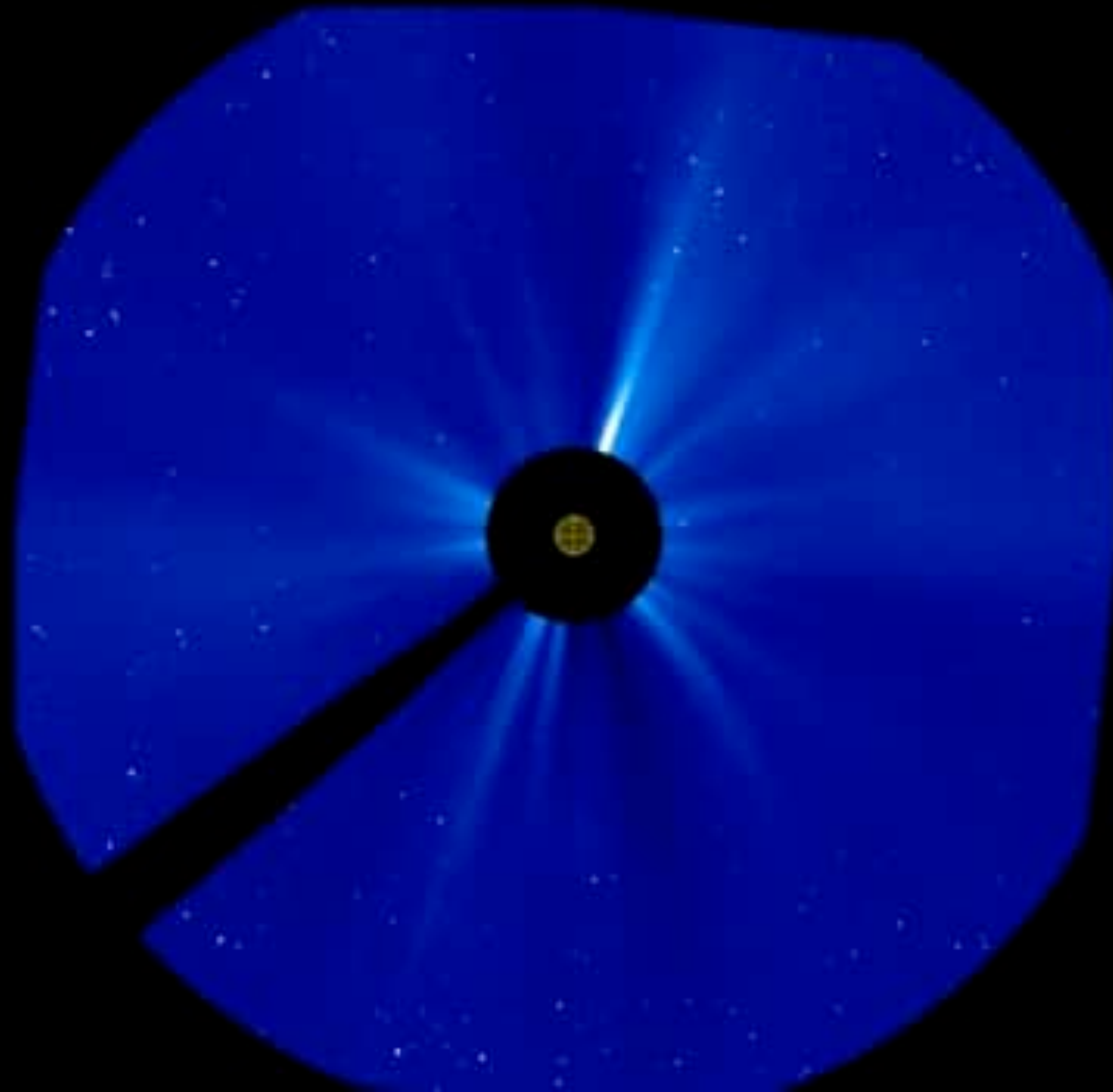
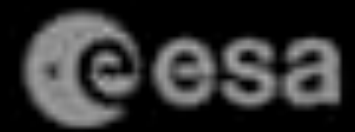
Tähtien aktiivisuus

Fläarit



Tähtien aktiivisuus

Koronamassapurkaukset



Tähtien aktiivisuus

Revontulet



Tähtien aktiivisuus

Koronamassapurkaukset

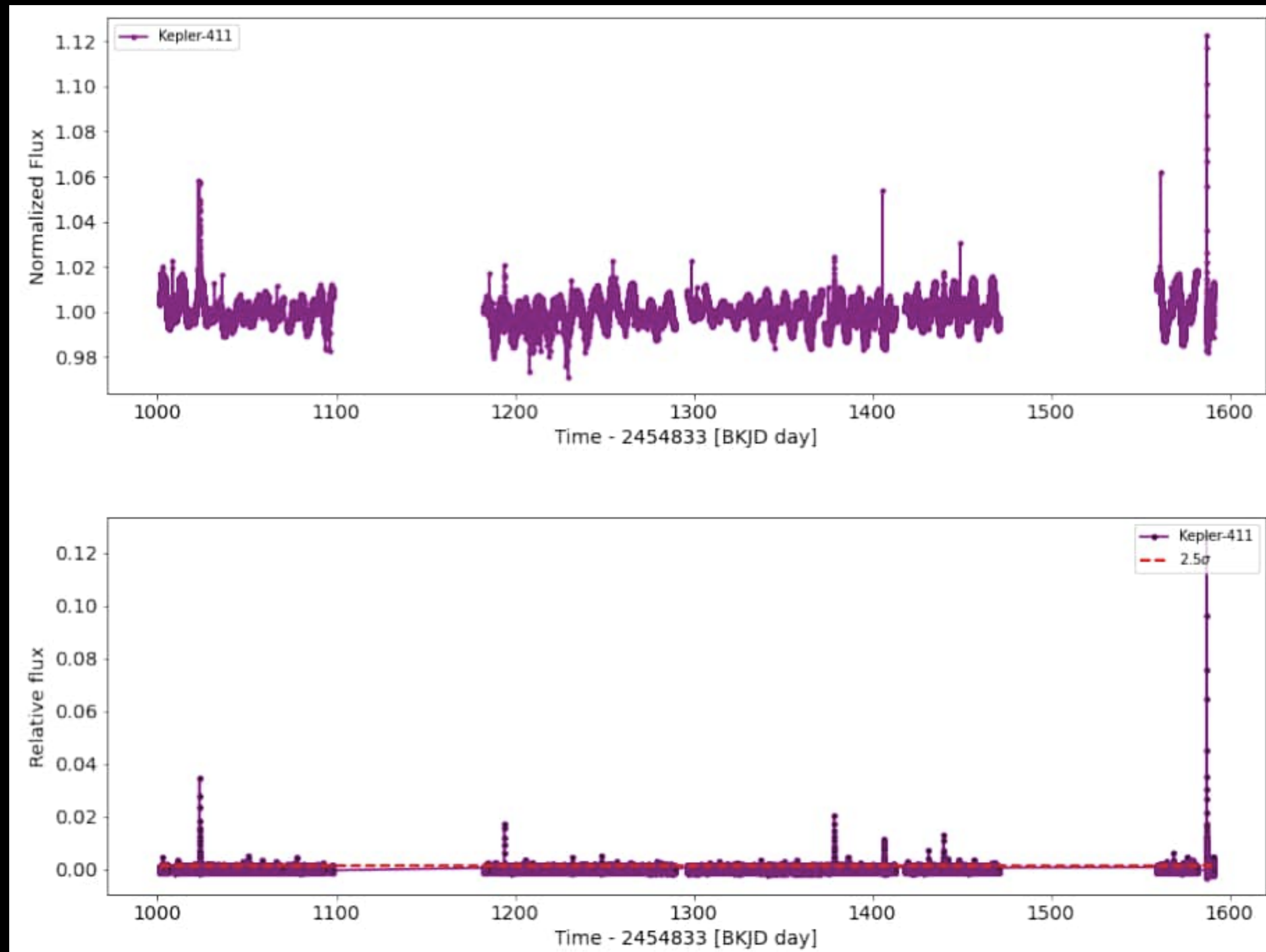
Kymmeniä SpaceX:n Starlink-satelliitteja tuhoutui aurinkomyrskyssä, satelliiteista piti tulla osa "avaruuden internetiä"

SpaceX:n mukaan jopa 40 satelliittia tuhoutui aurinkomyrskyssä viime viikolla. Radaltaan pudonneet satelliitit paloivat ilmakehässä.

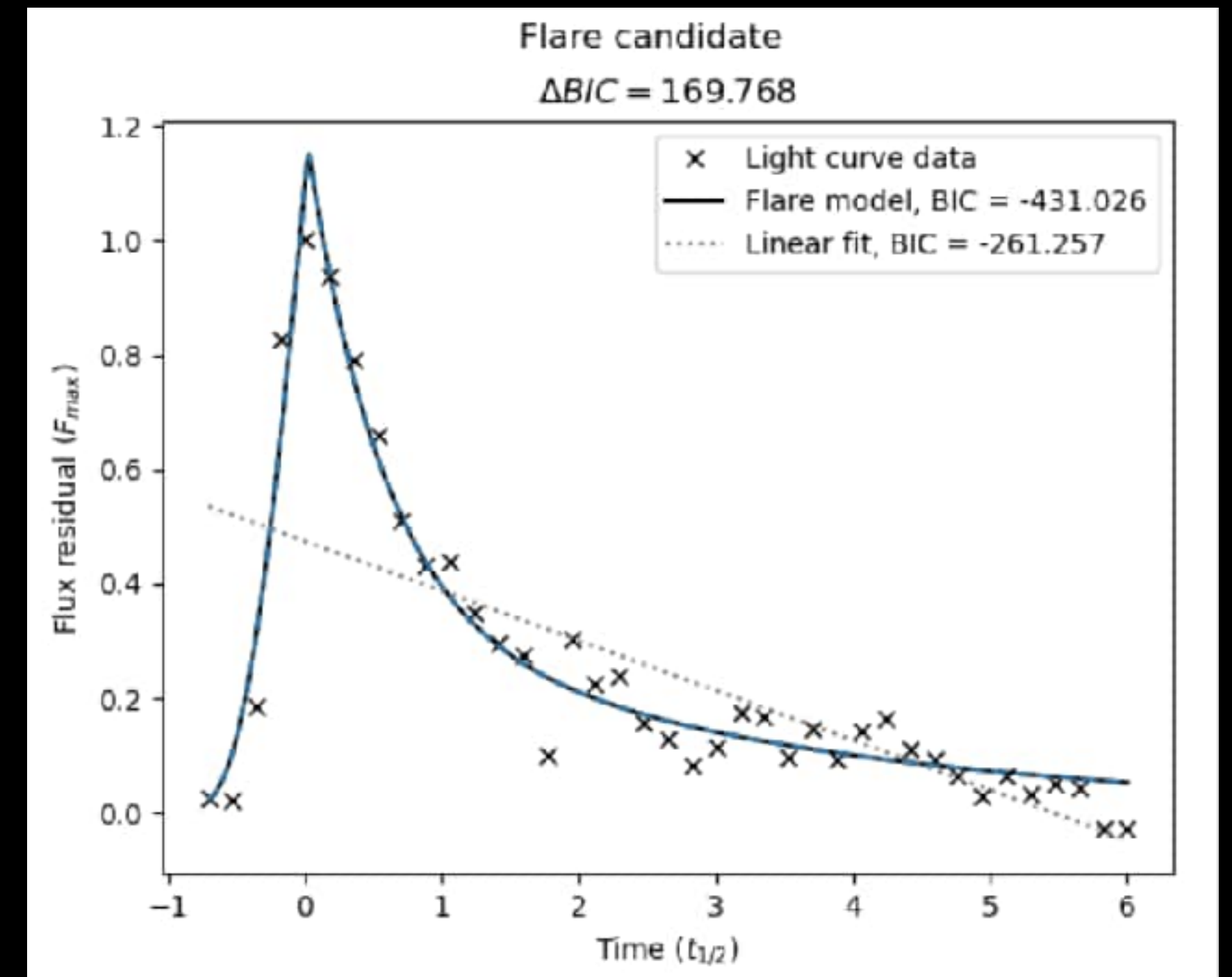


Tähtien aktiivisuus

Fläarit



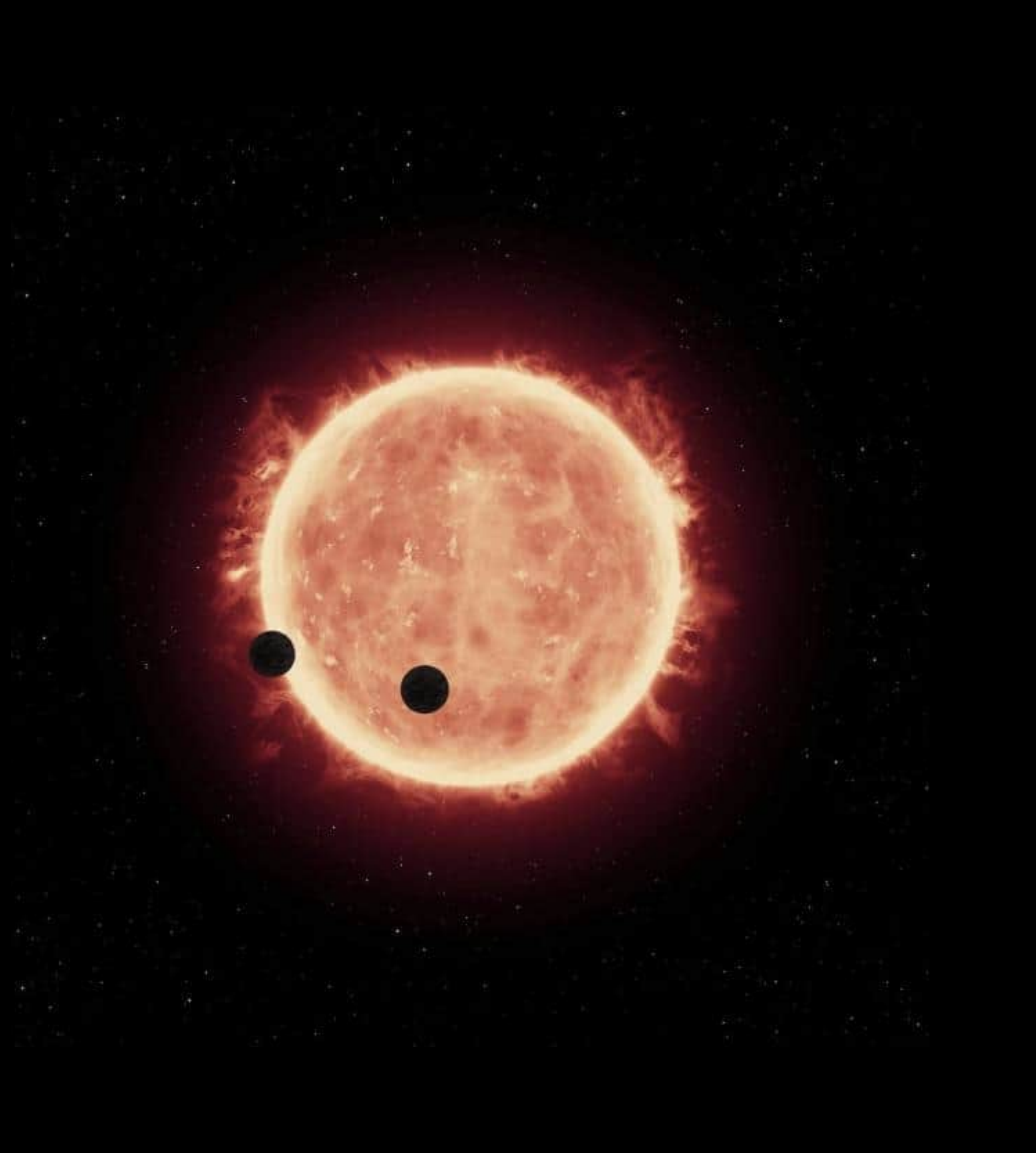
Kepler-411
Araújo ja Valio (2022)

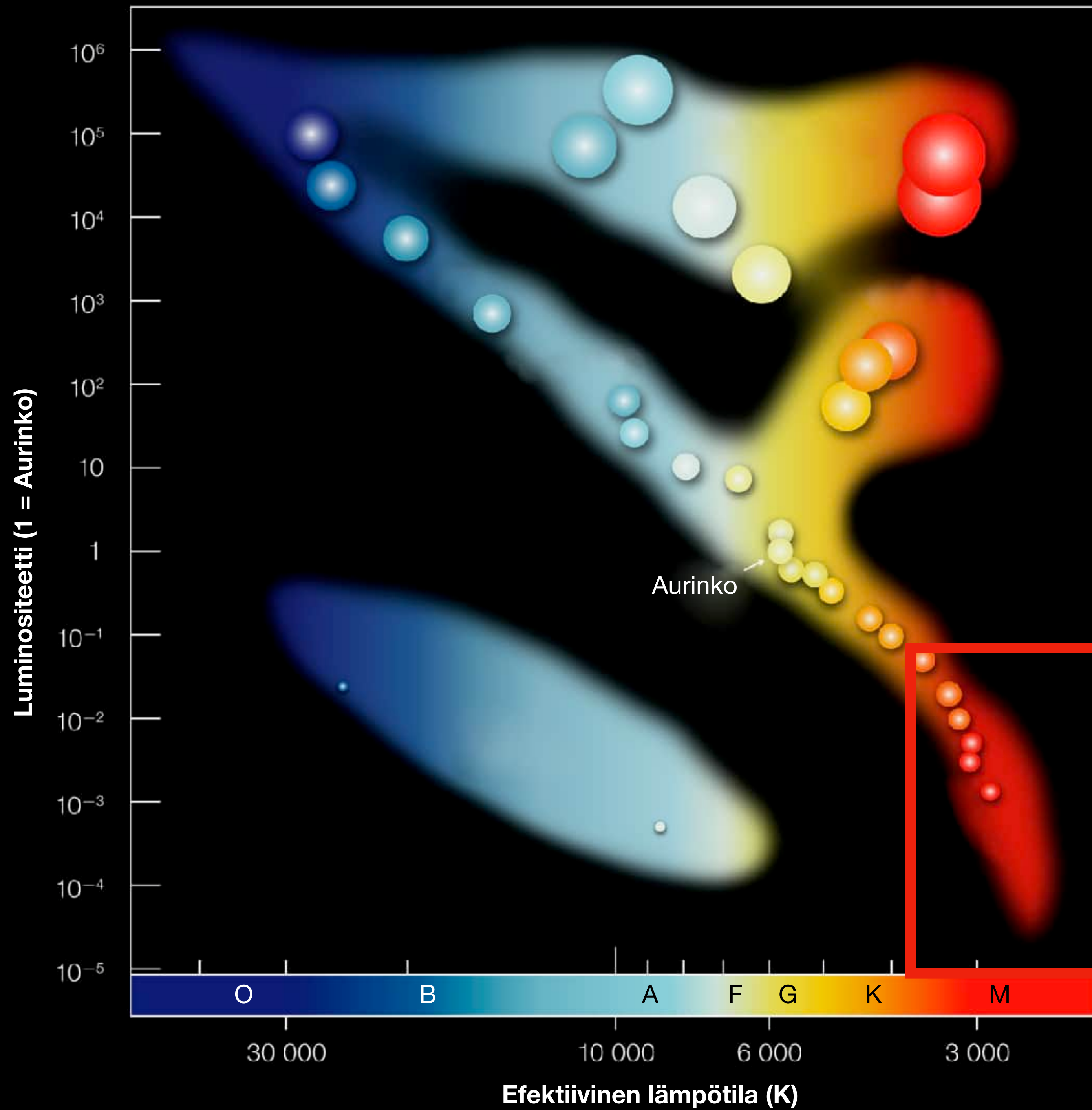


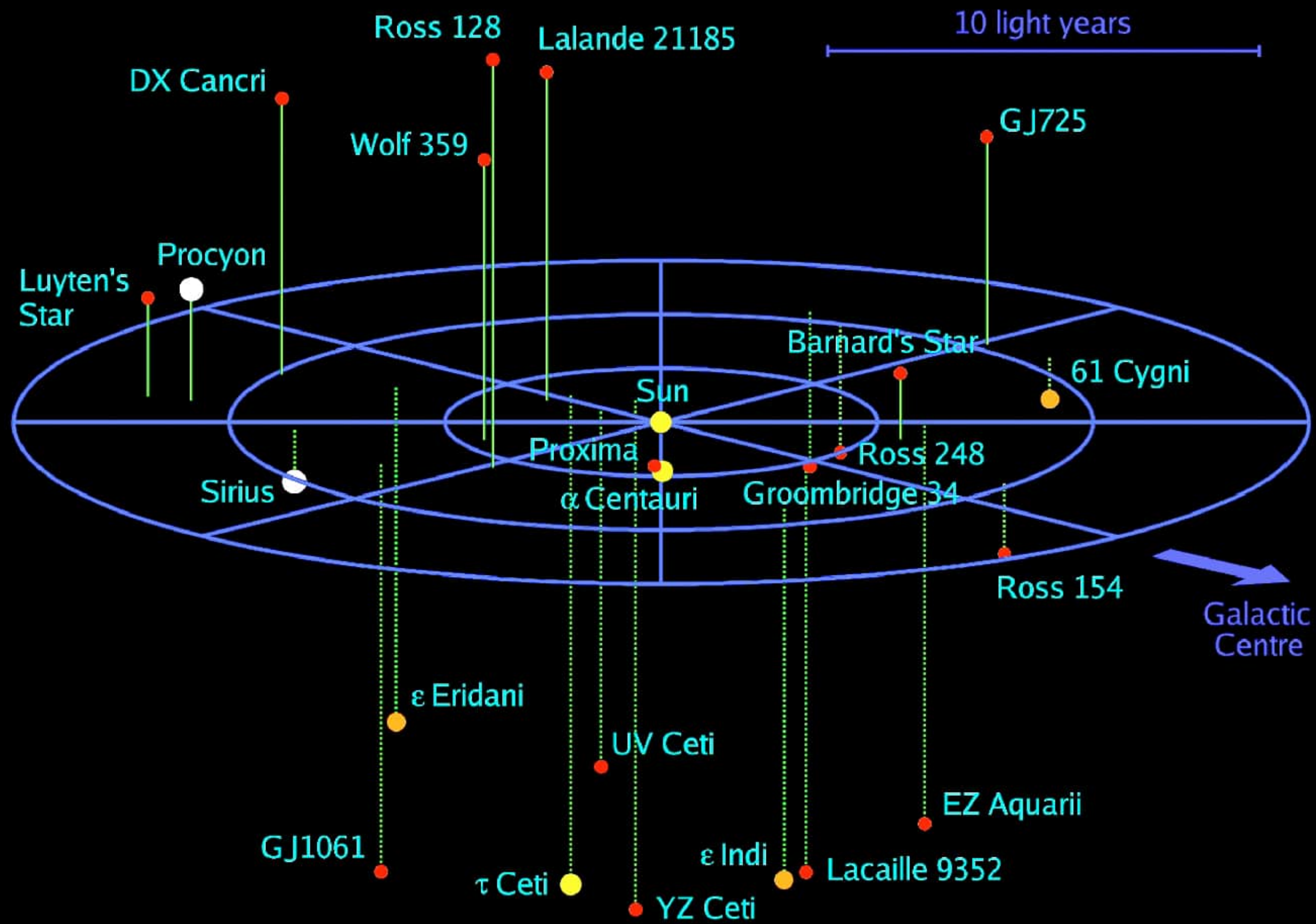
V889 Her, Rintamäki (2025)

Punaiset kääpiöt

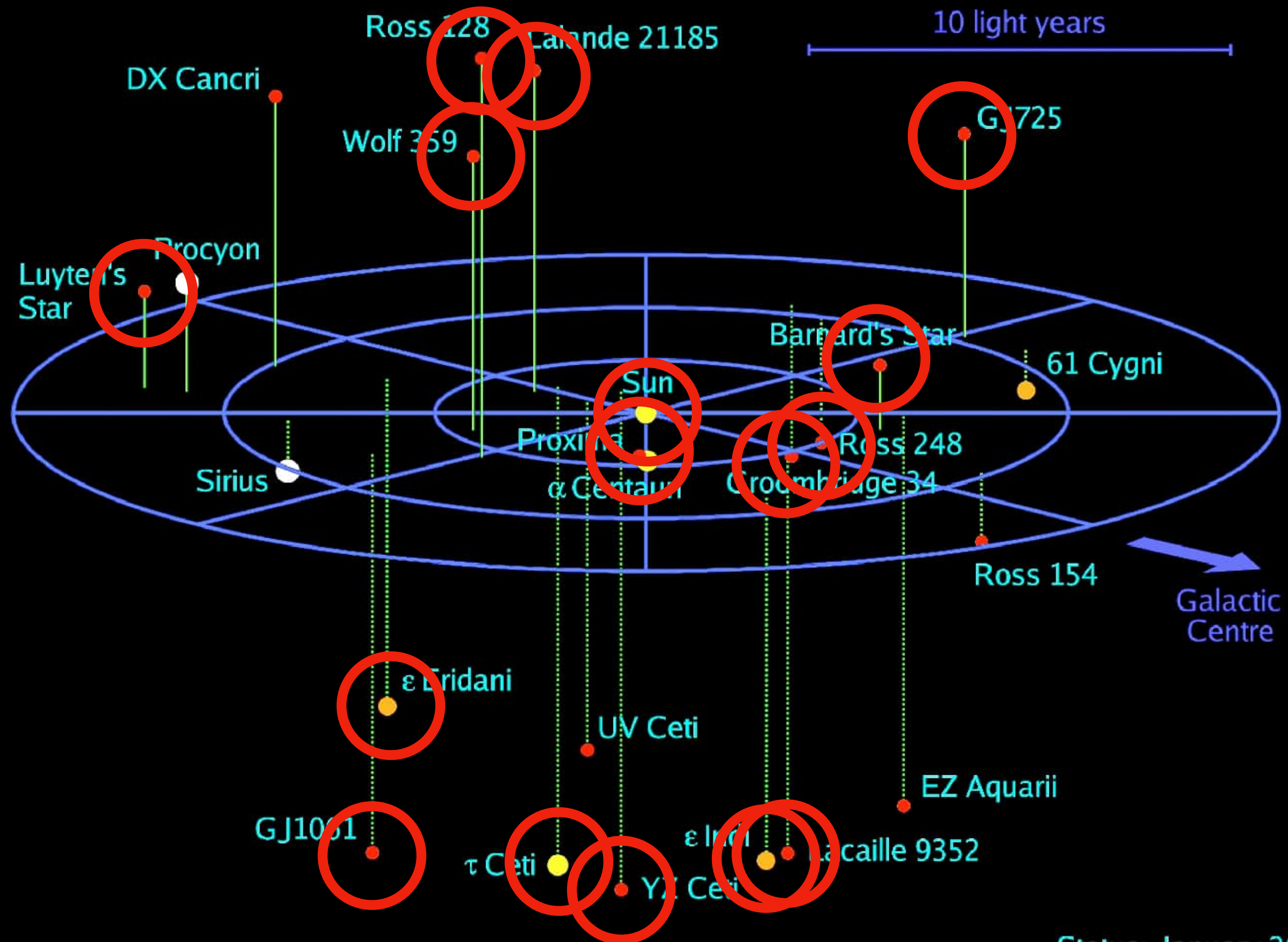
- Massa: $0,1\text{--}0,6 M_{\odot}$
- Säde: $0,1\text{--}0,6 R_{\odot}$
- Pintalämpötila: $2400\text{--}3900\text{ K}$
- Luminositeetti: $0,0003\text{--}0,07 L_{\odot}$
- Elinikä: 10 000–100 miljardia vuotta
- Voimakas magneettinen aktiivisuus



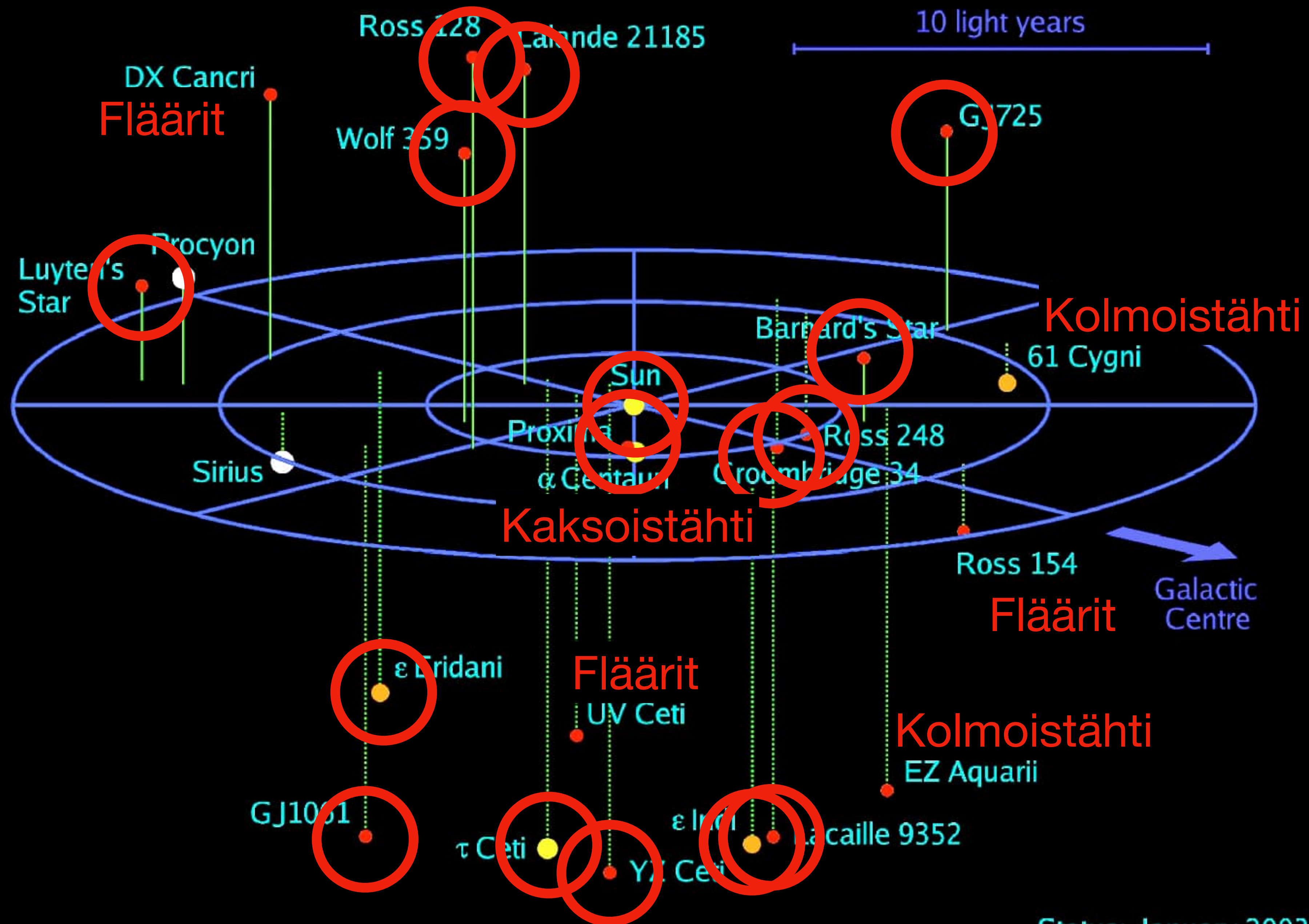




Status: January 2003

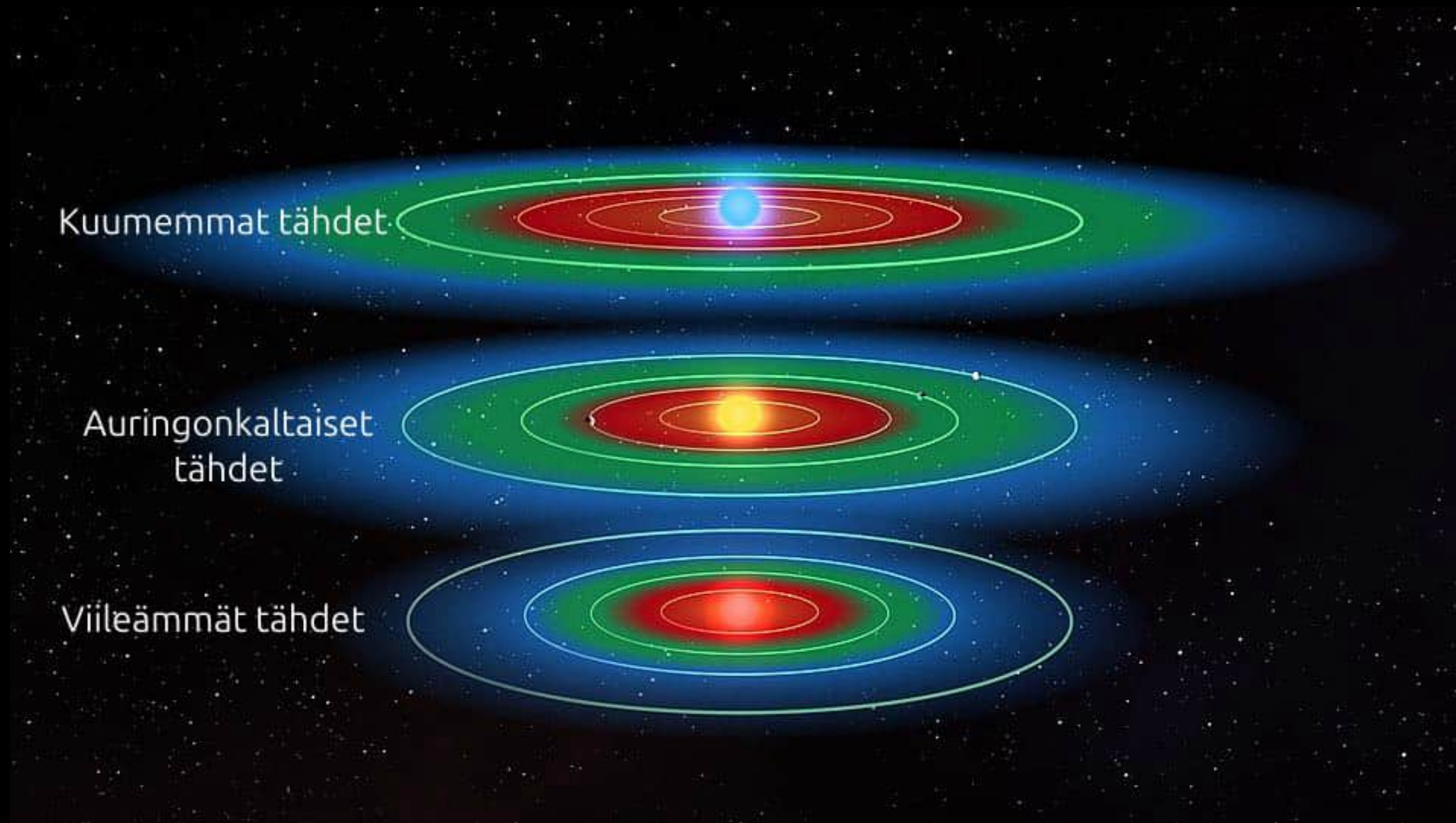


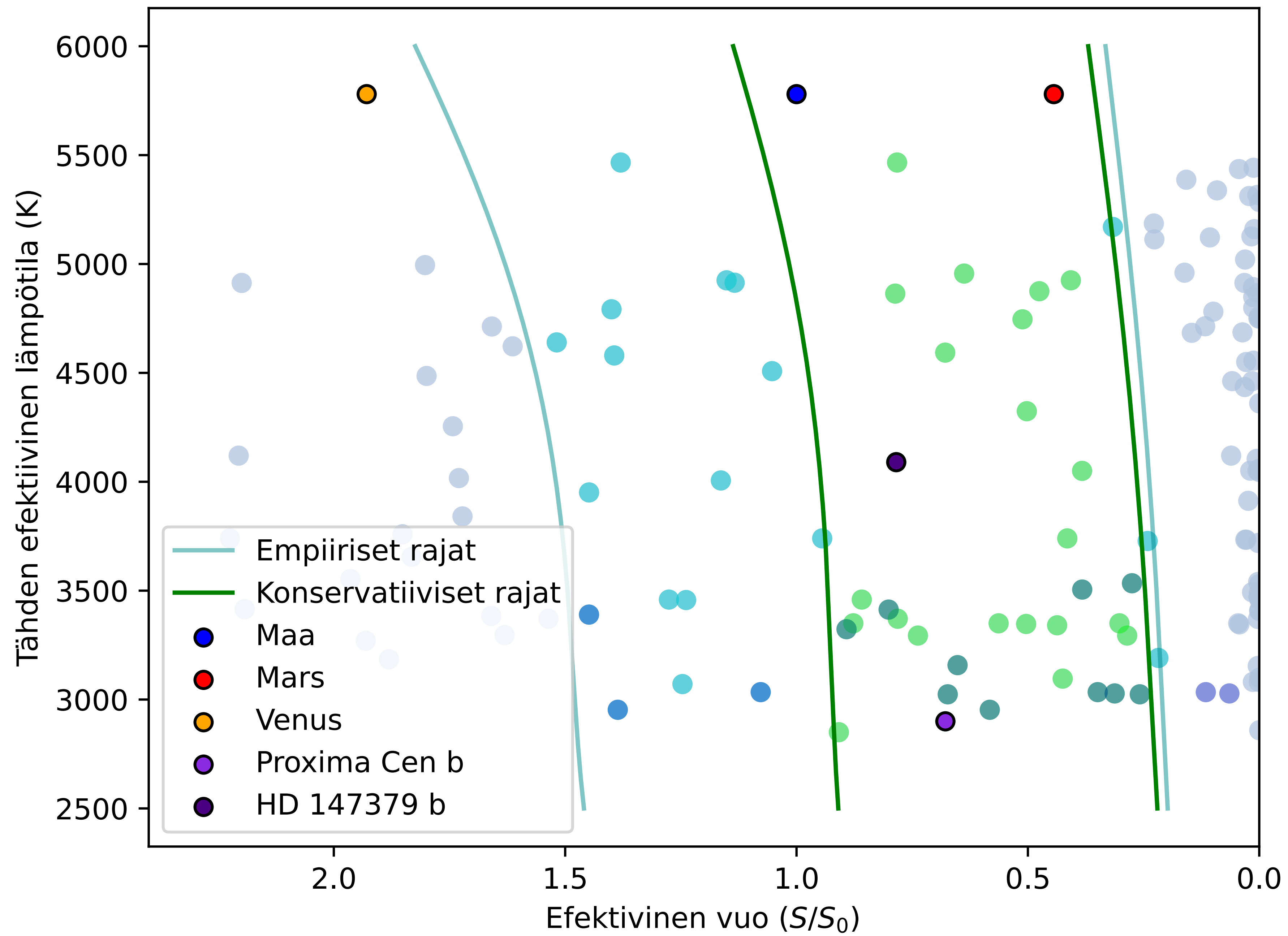
Status: January 2003



Status: January 2003

Elinkelpoinen vyöhyke



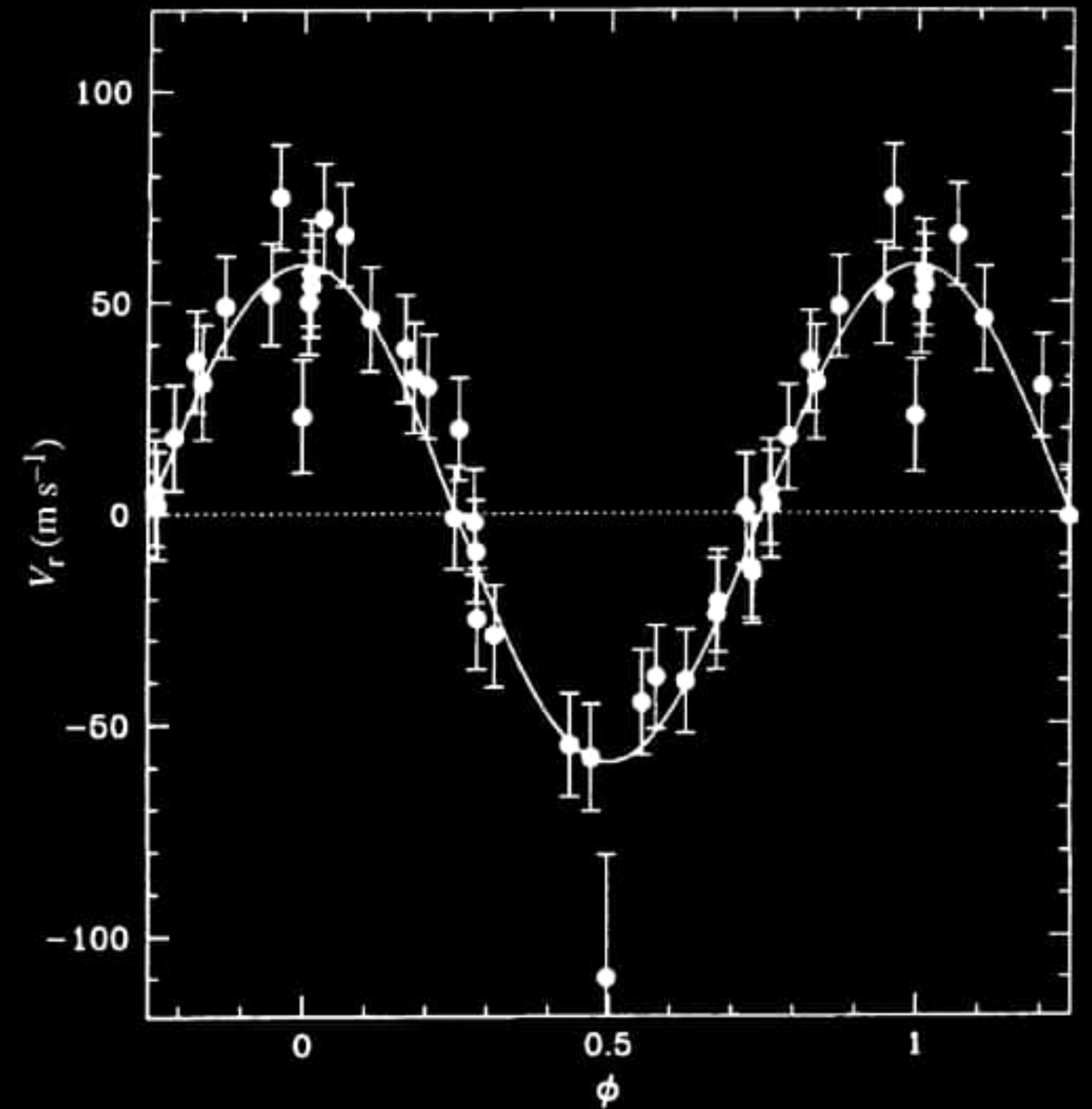




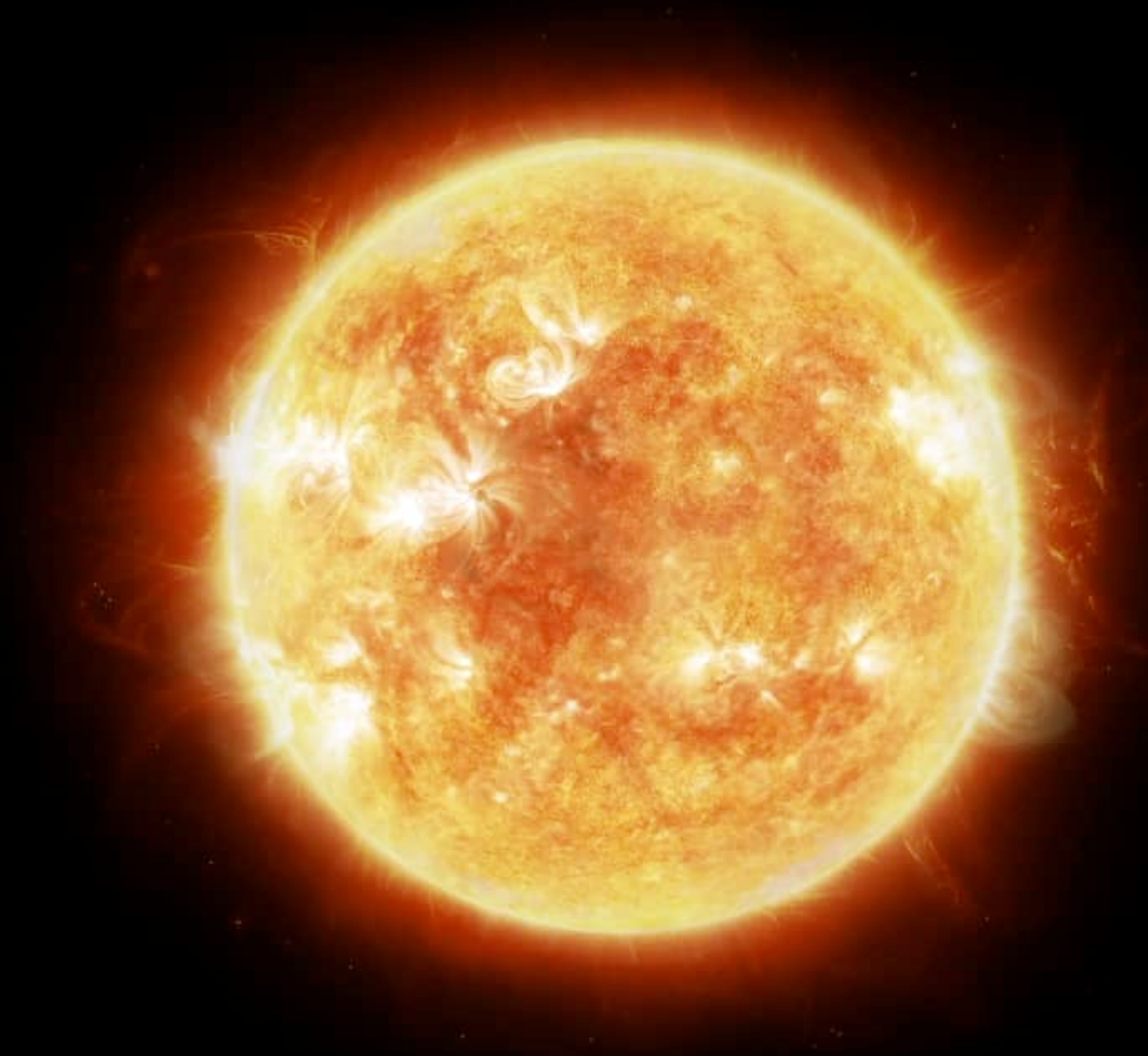
Havaintomenetelmät

Radiaalinopeusmenetelmä

- Spektroskopia
- Spektriviivojen Doppler-siirtymä: tähden radiaalinopeus
- Mitattavissa: kiertoaika ja planeetan minimimassa
- Ensimmäinen löytö: 51 Peg b (1995)
- Fysiikan Nobel-palkinto vuonna 2019



51 Peg b (Mayor ja Queloz, 1995)



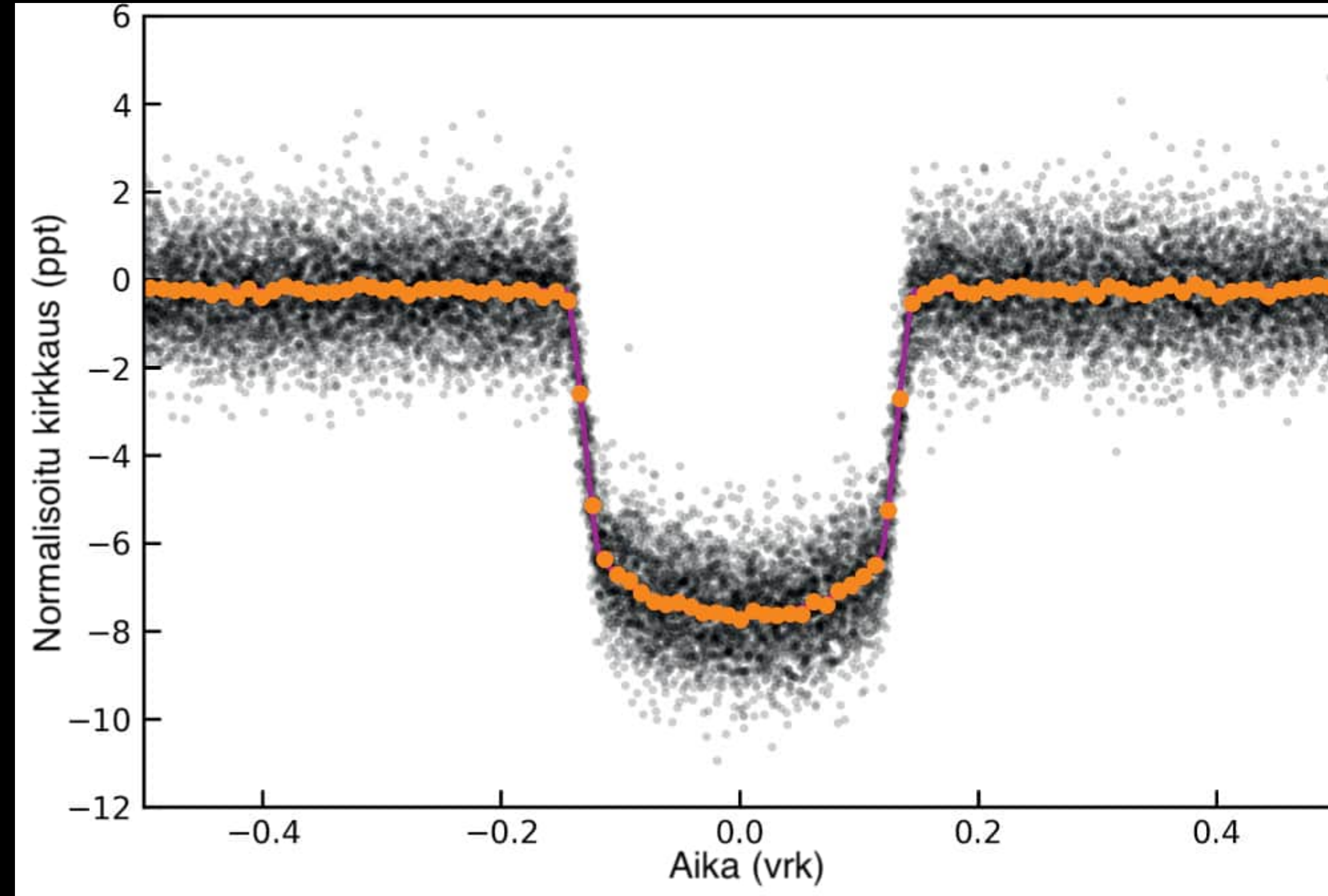
Kirkkaus

Aika

Havaintomenetelmät

Ylikulkumenetelmä

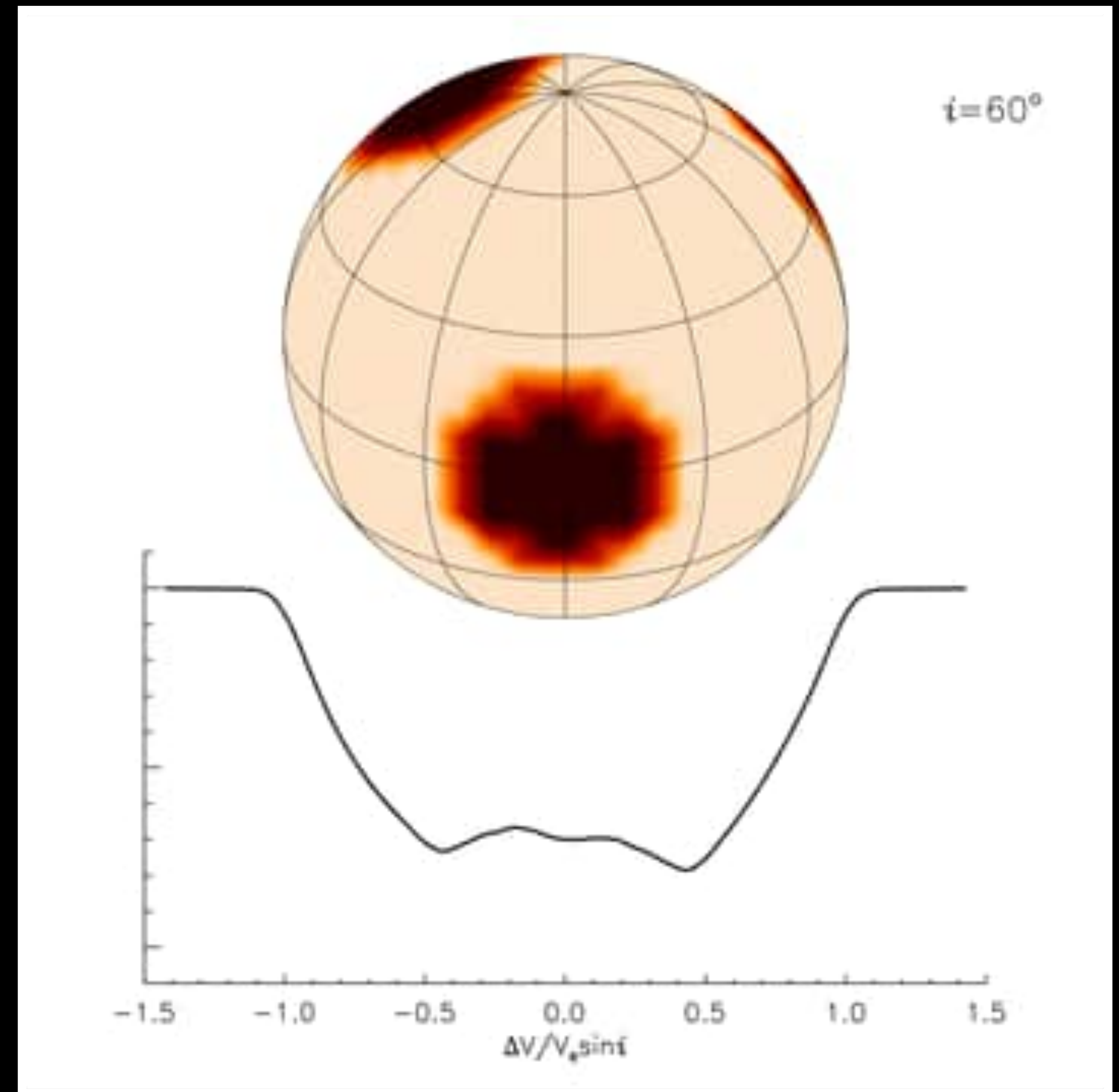
- Fotometria: mitataan tähden jaksollisia himmenemisiä
- Mitattavissa: kiertoaika, inkliinaatio, säteiden suhde, isoakselin puolikas, ...
- Yleisin eksoplaneettojen löytömenetelmä
- Tähden aktiivisuus on merkittävä kohinalähde



HAT-P-67b
(Gully-Santiago et al. 2024)

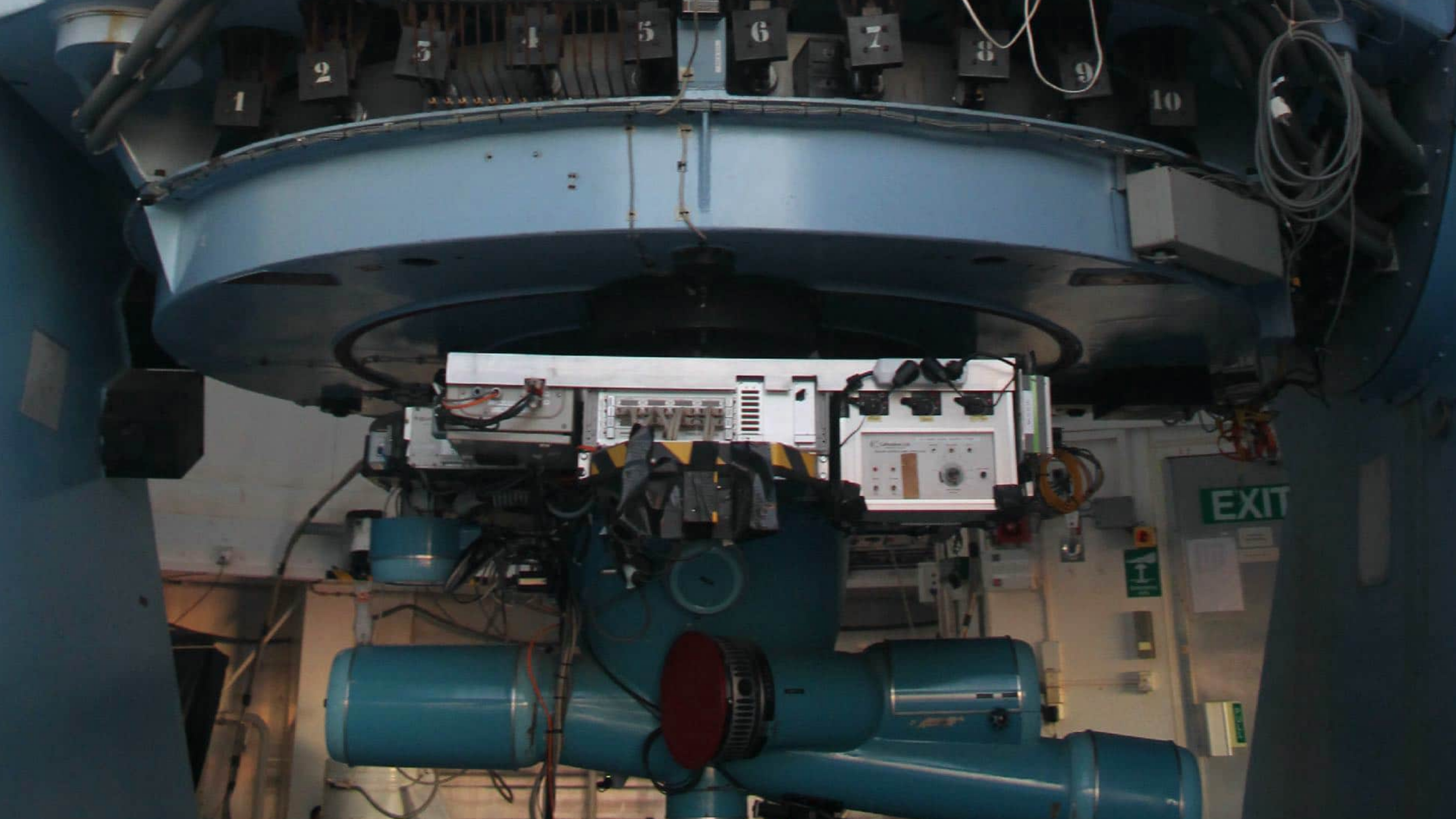
Doppler-kuvantaminen

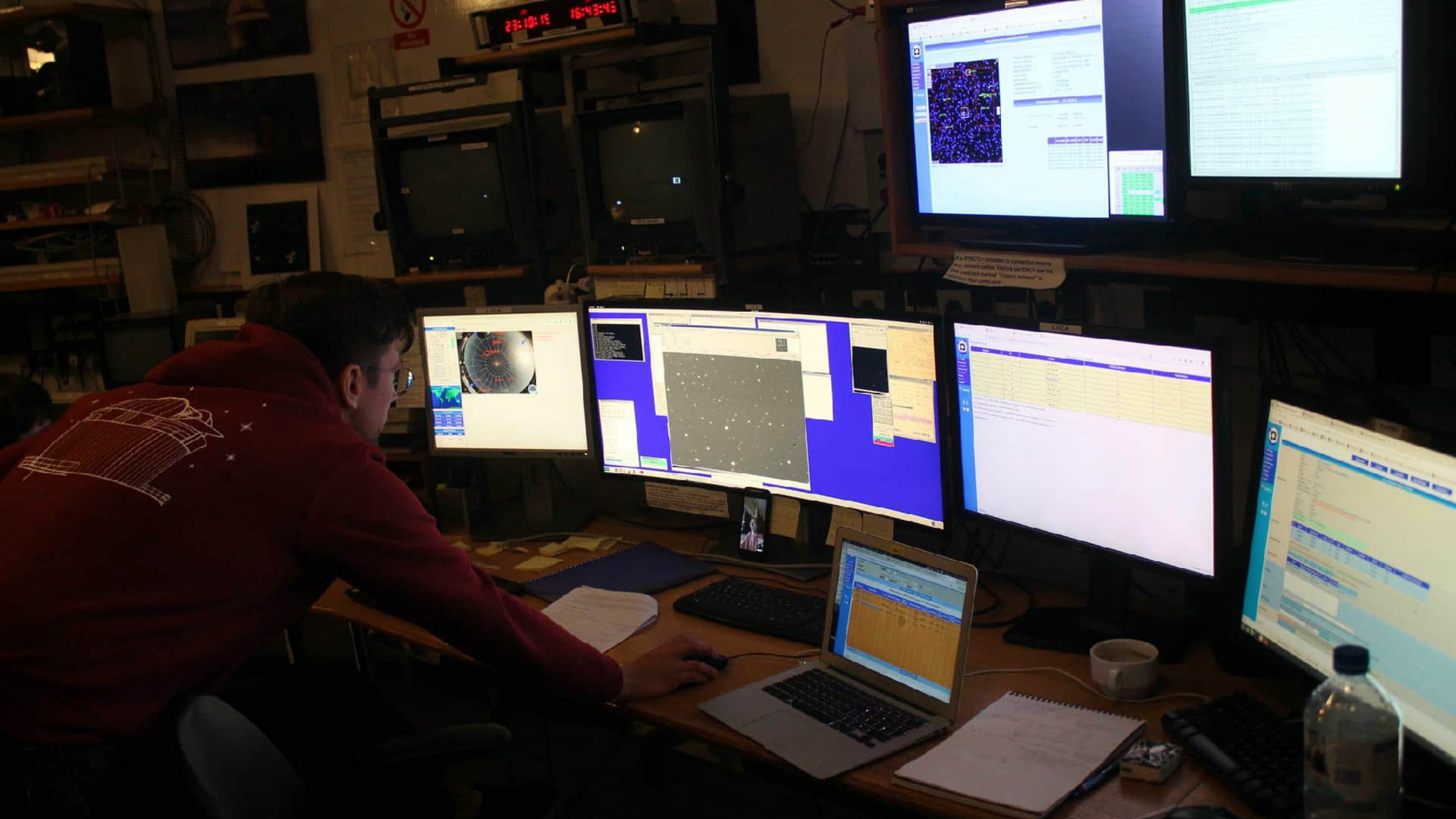
- Useita peräkkäisiä spektroskooppisia havaintoja
- Nopeasti pyörivät tähdet: leveät spektriviivat
- Yhteys aallonpituuden ja radiaalinopeuden välillä
- Etsitään pilkkujakauma, joka rekonstruoii havaitut spektrit mahdollisimman tarkasti

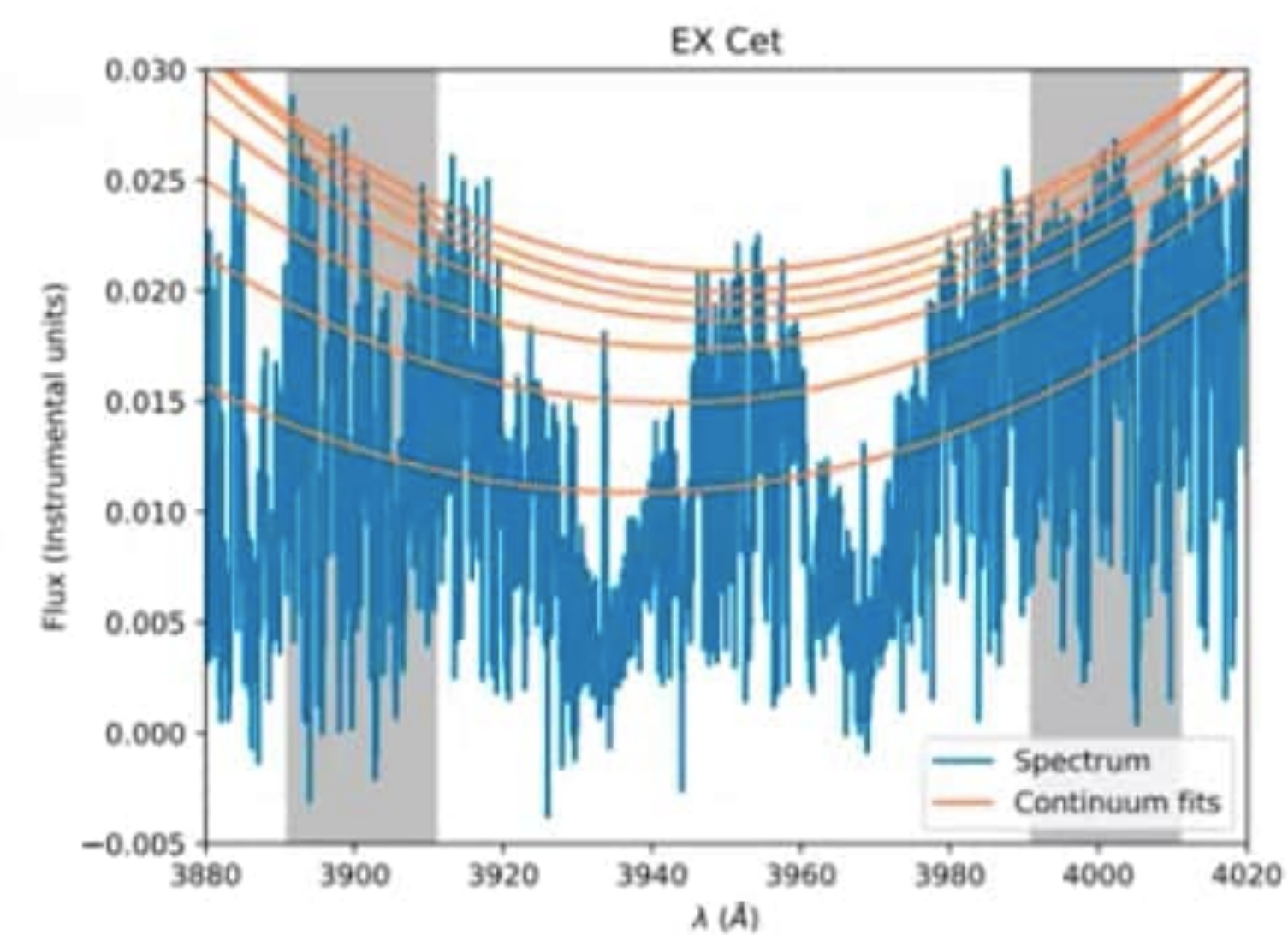
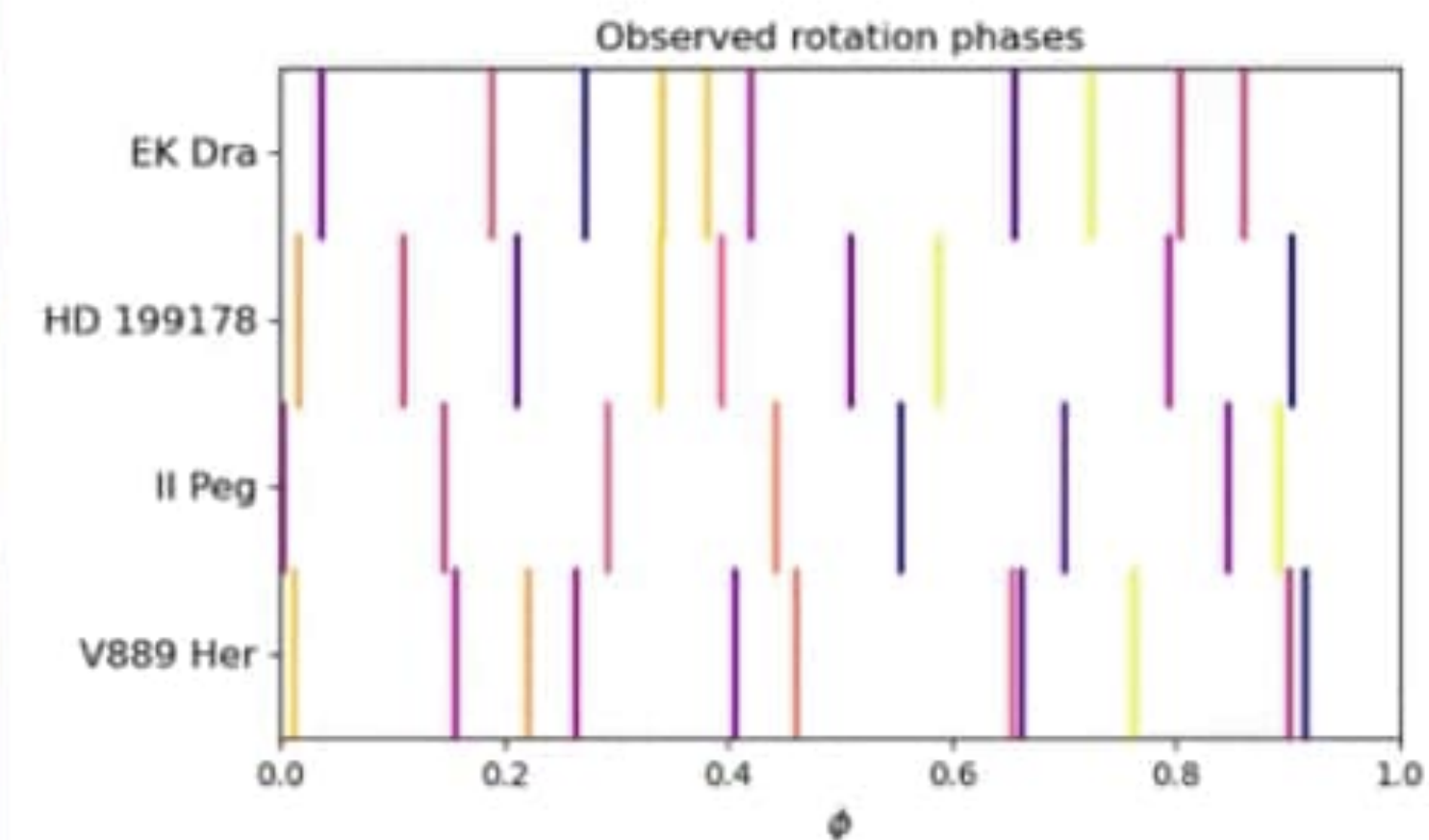
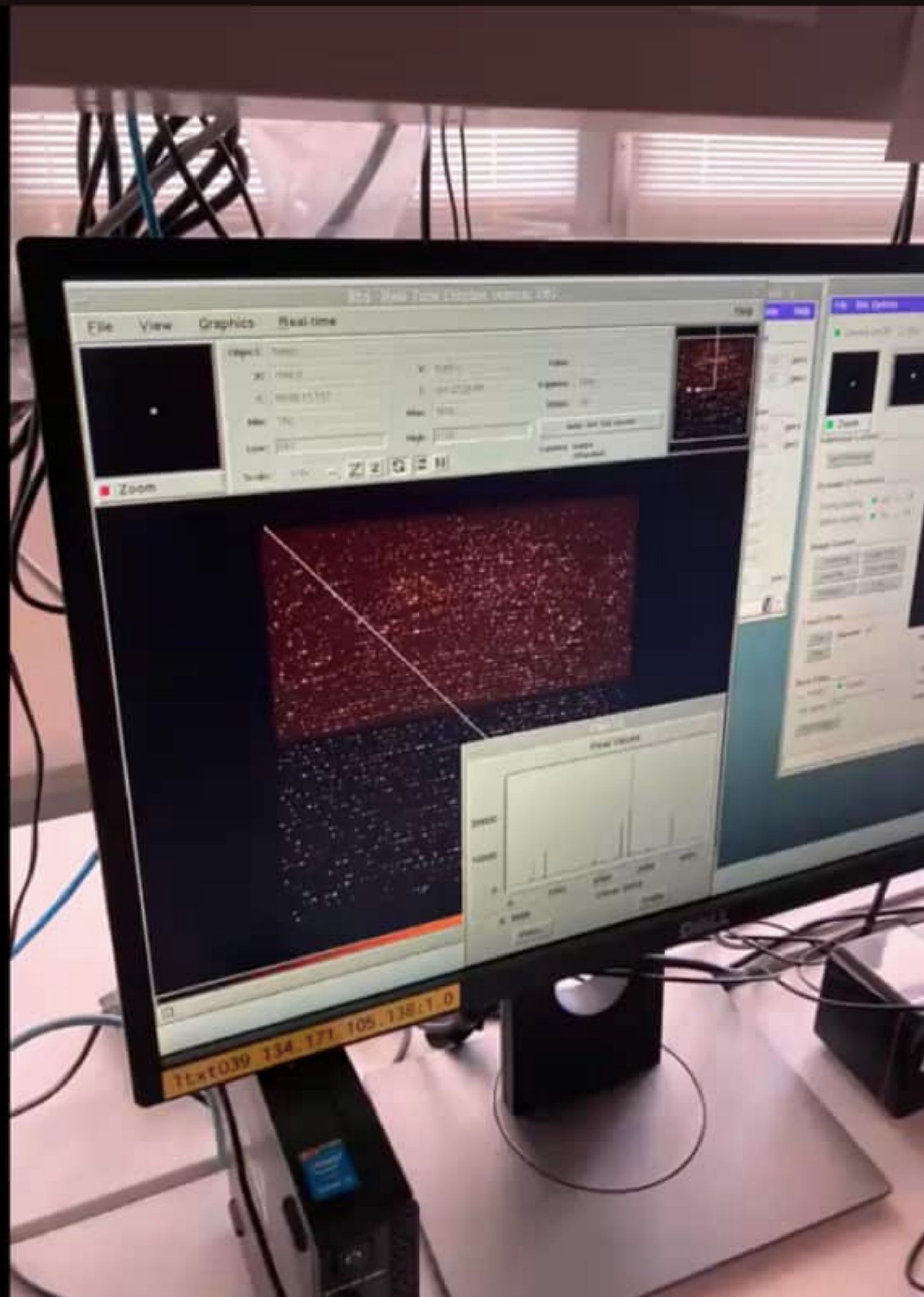




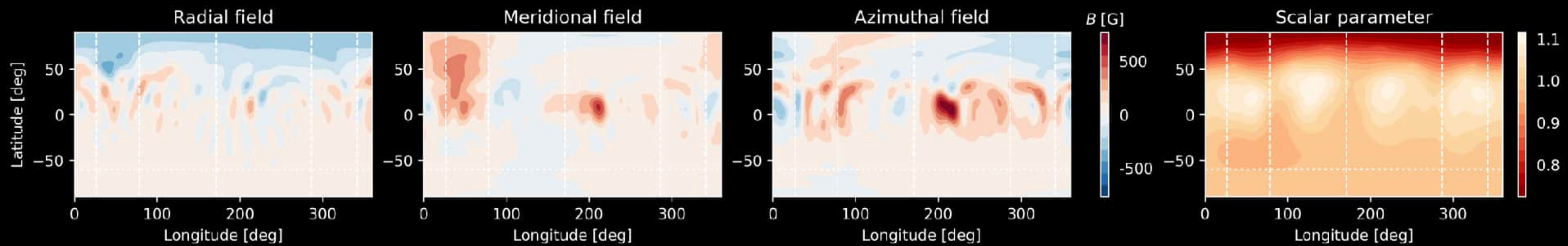


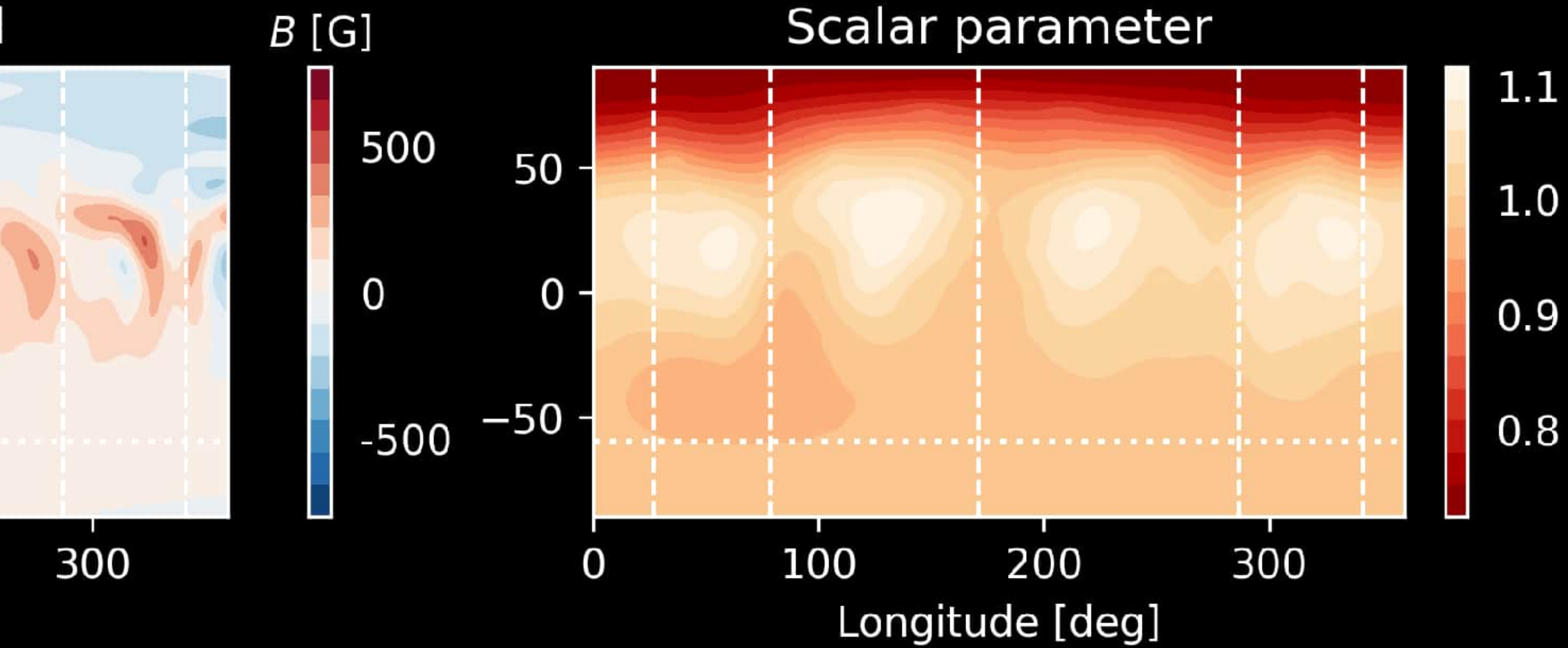




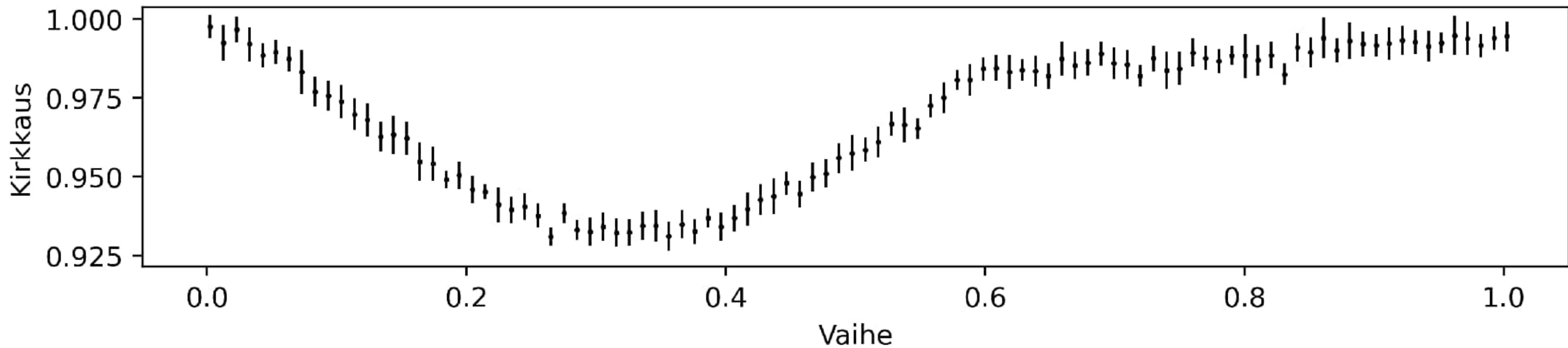
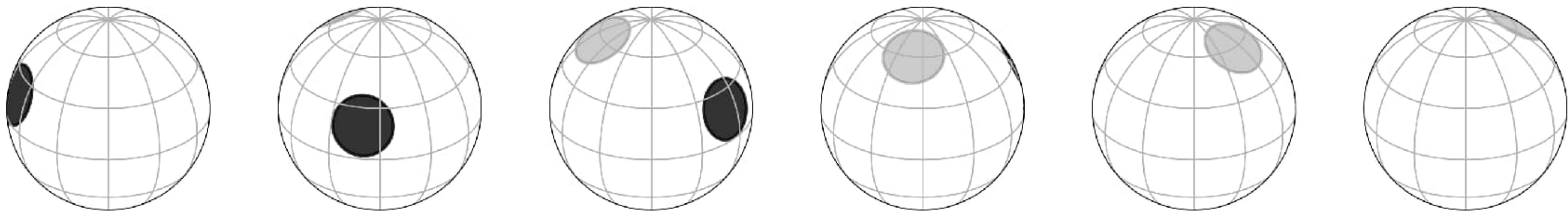


NOT

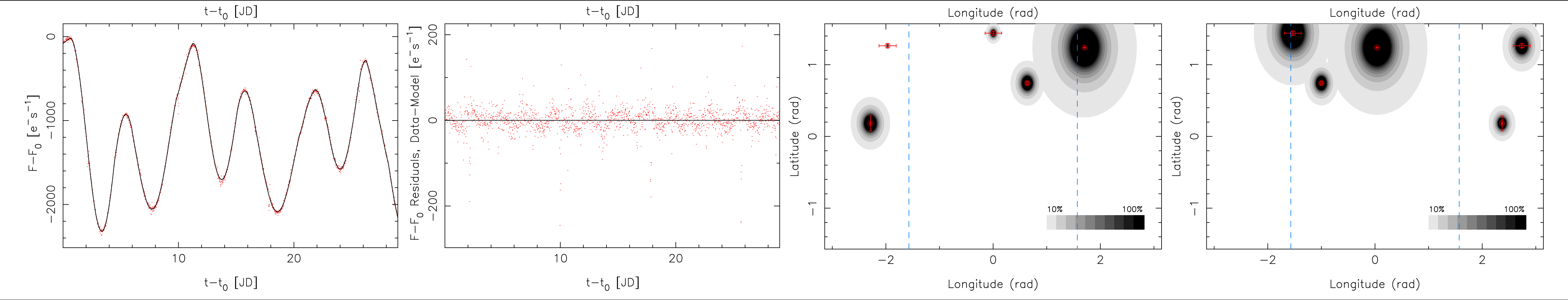




Kirkkausinversio (pyörimismodulaatio)

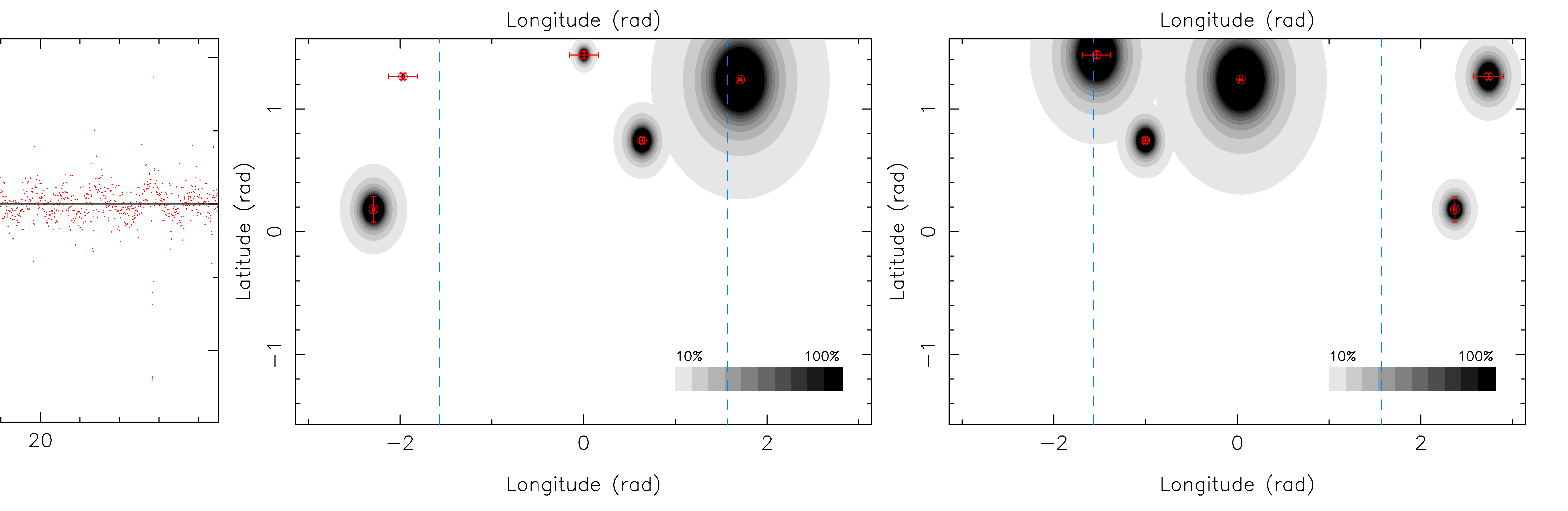


Kirkkausinversio (pyörimismodulaatio)



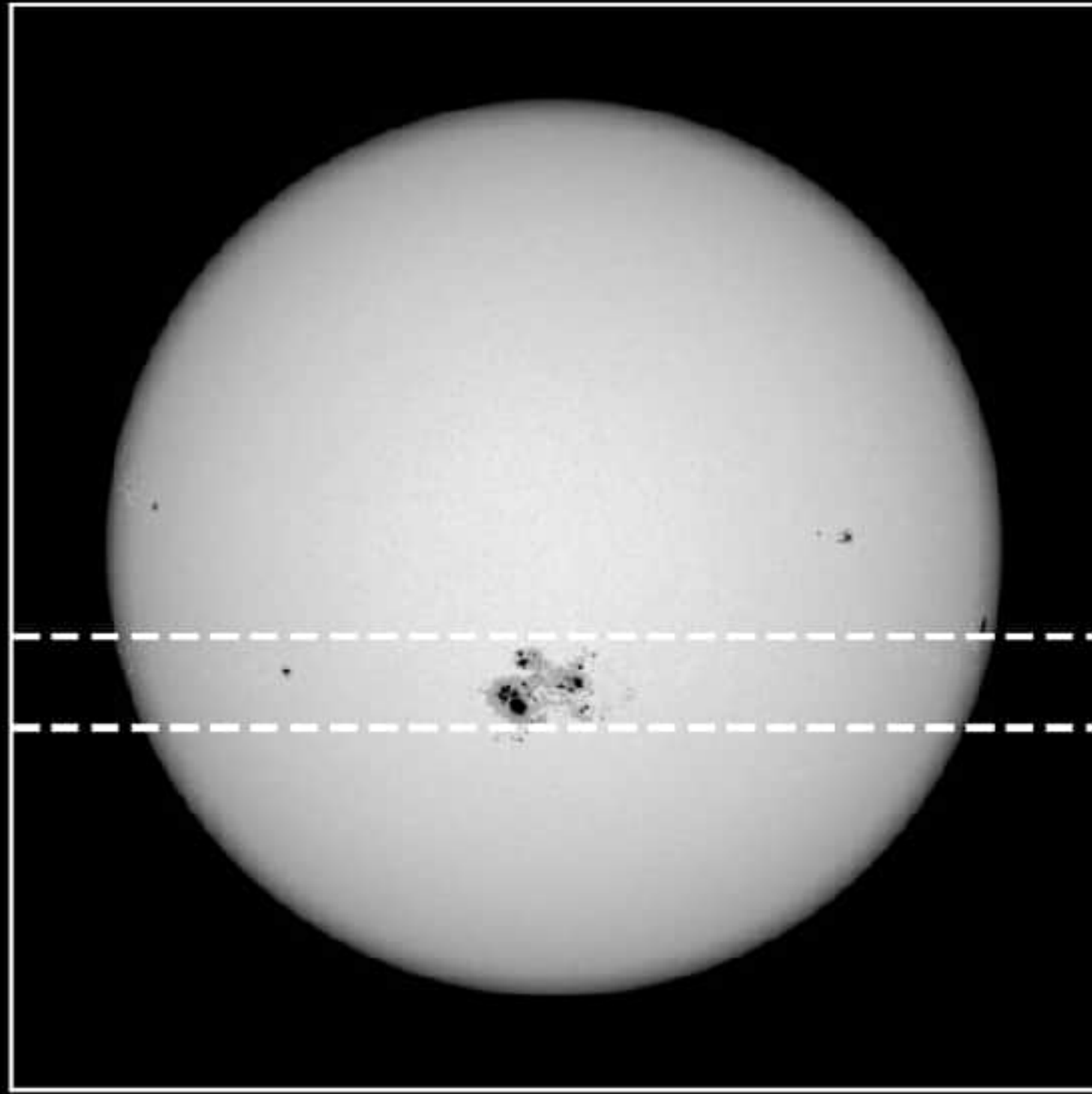
Kepler-411

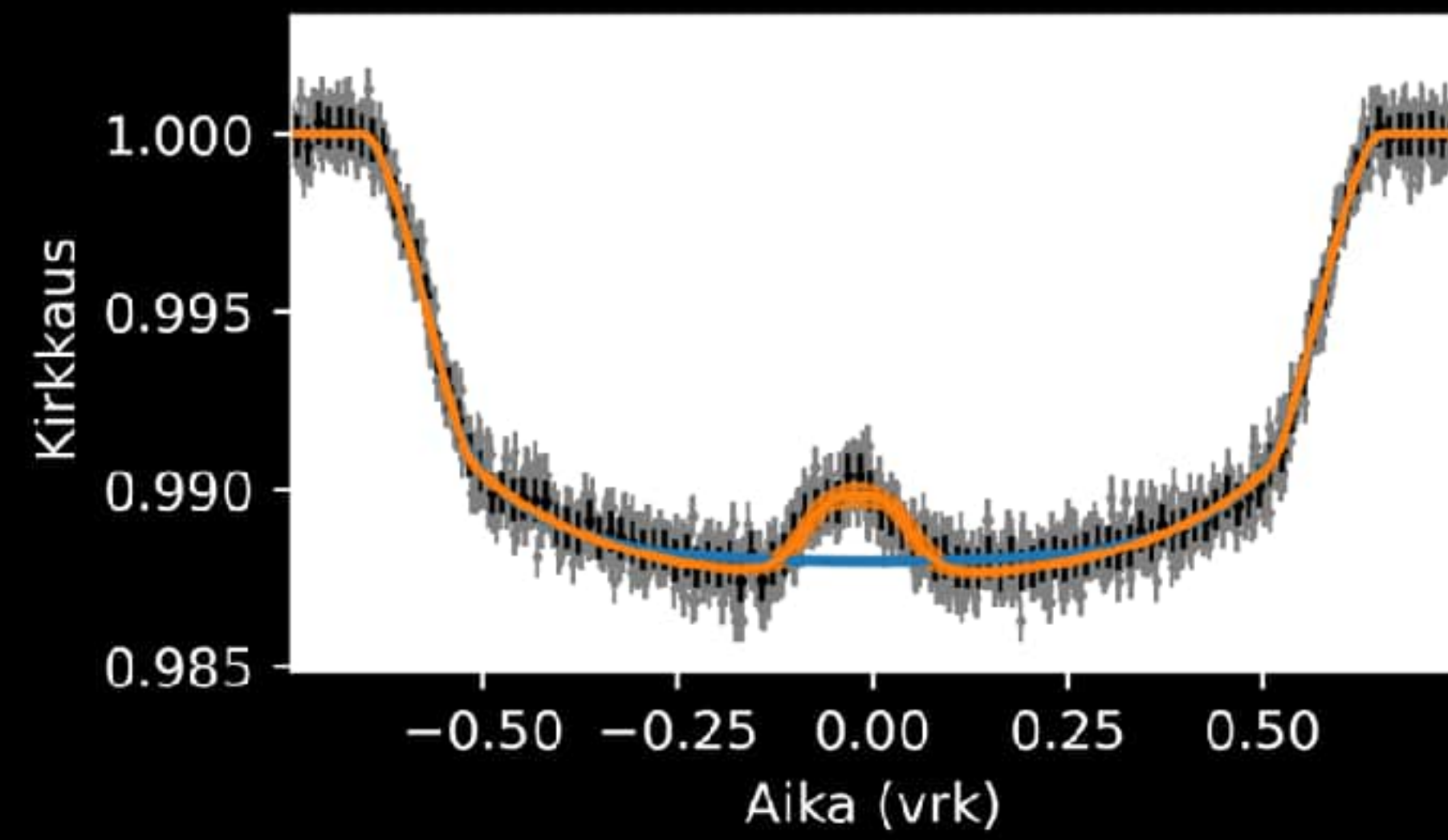
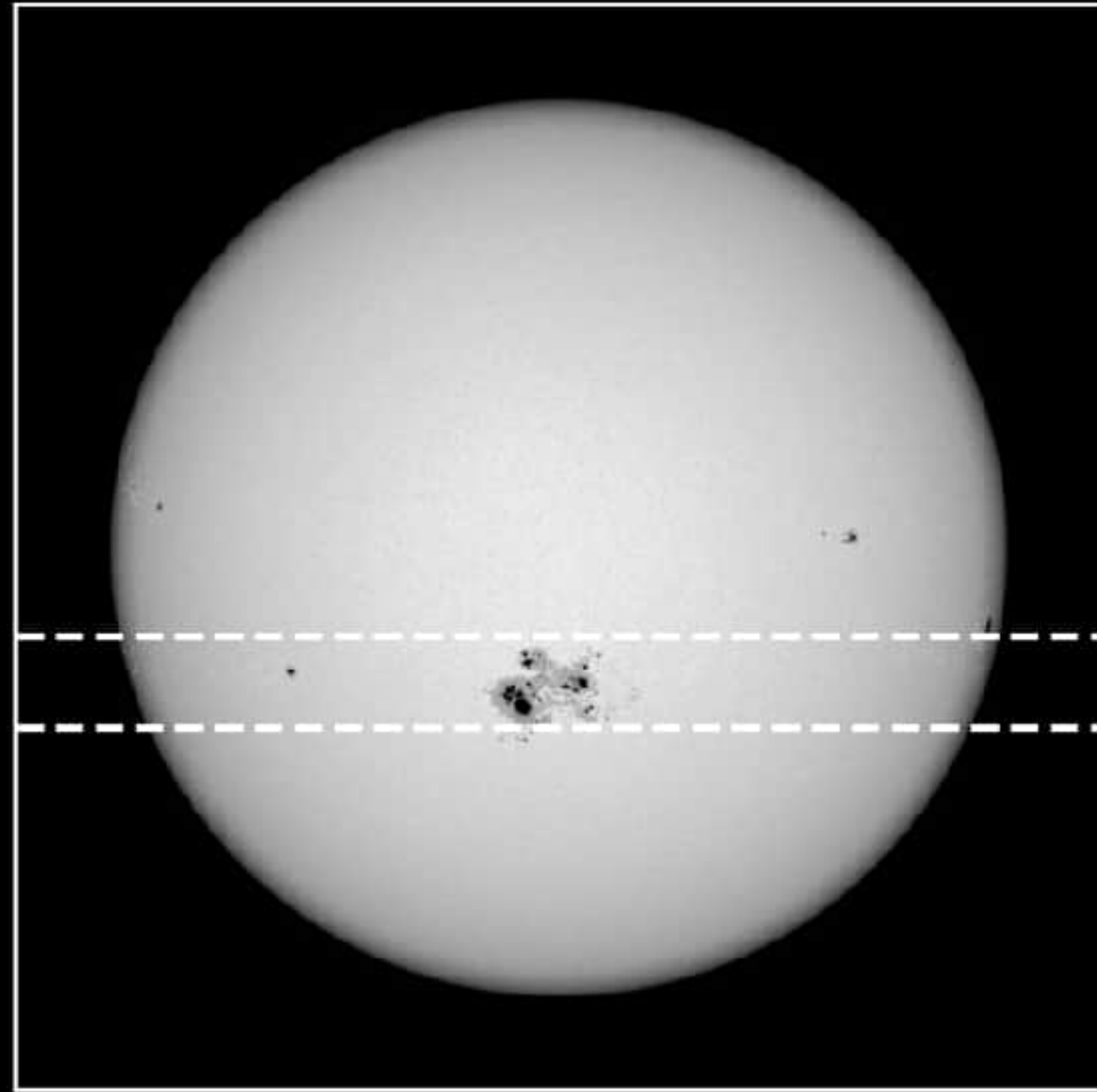
Kirkkausinversio (pyörimismodulaatio)

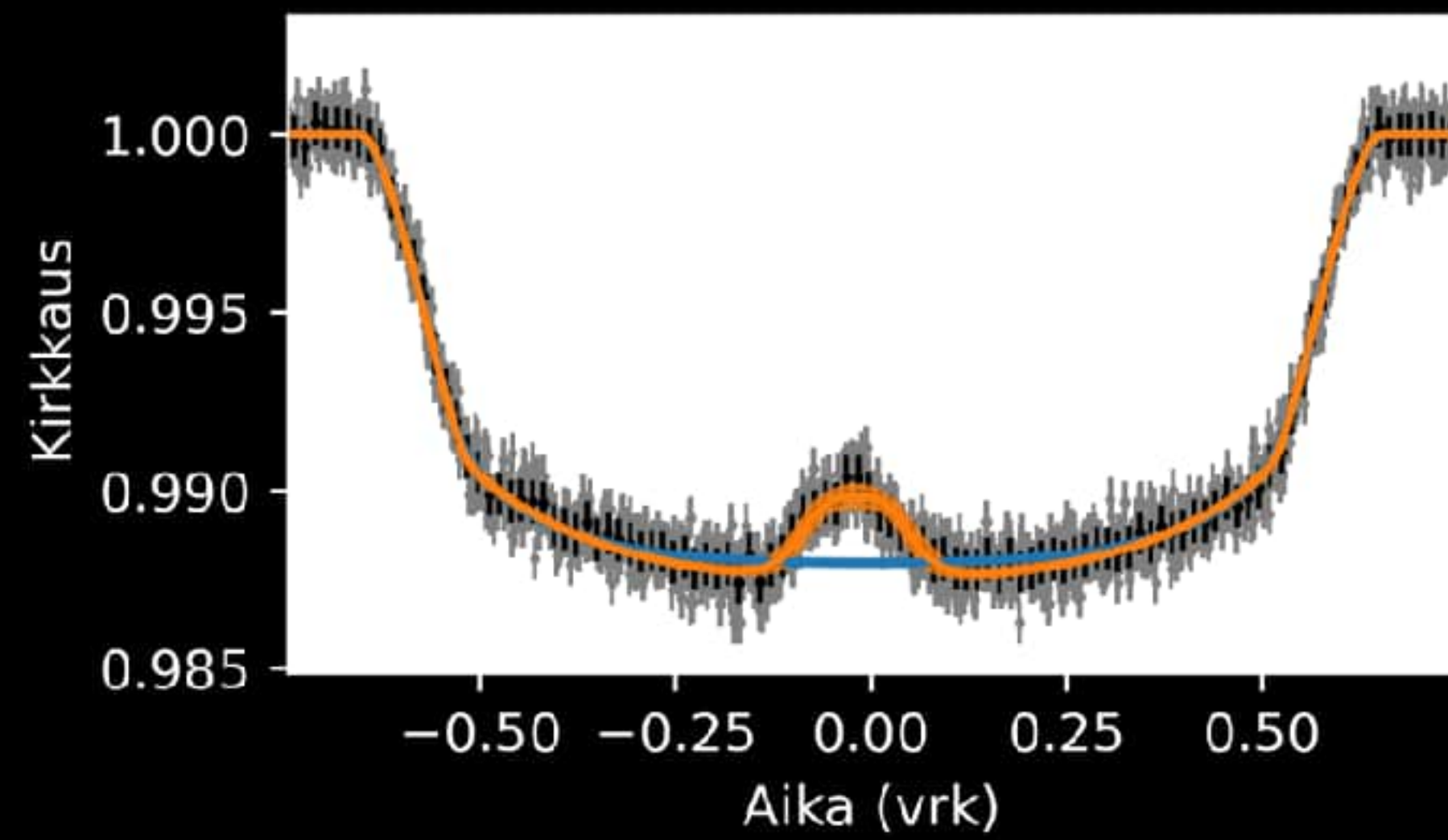
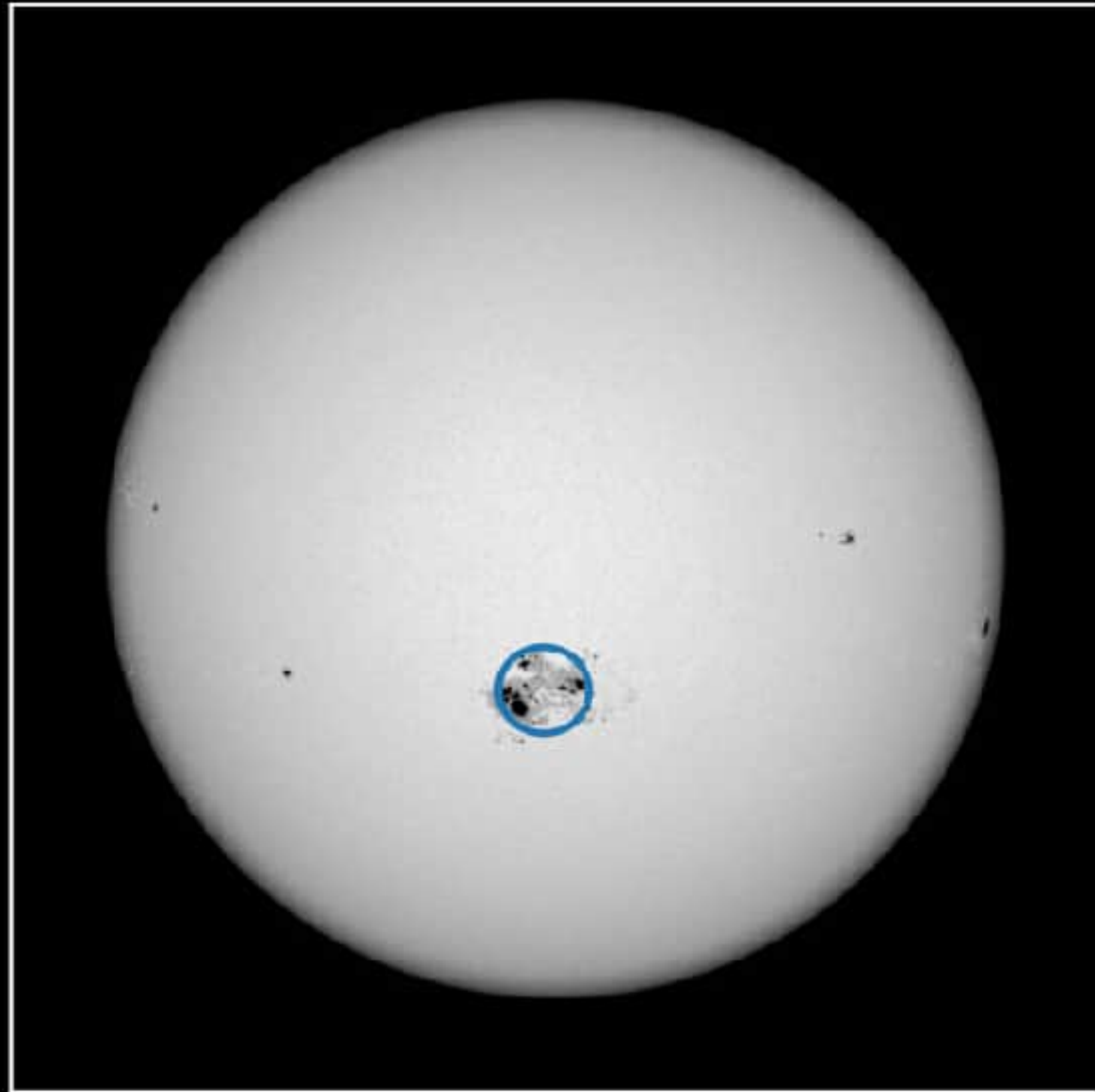


Kepler-411

Tuomi et al. (2025)

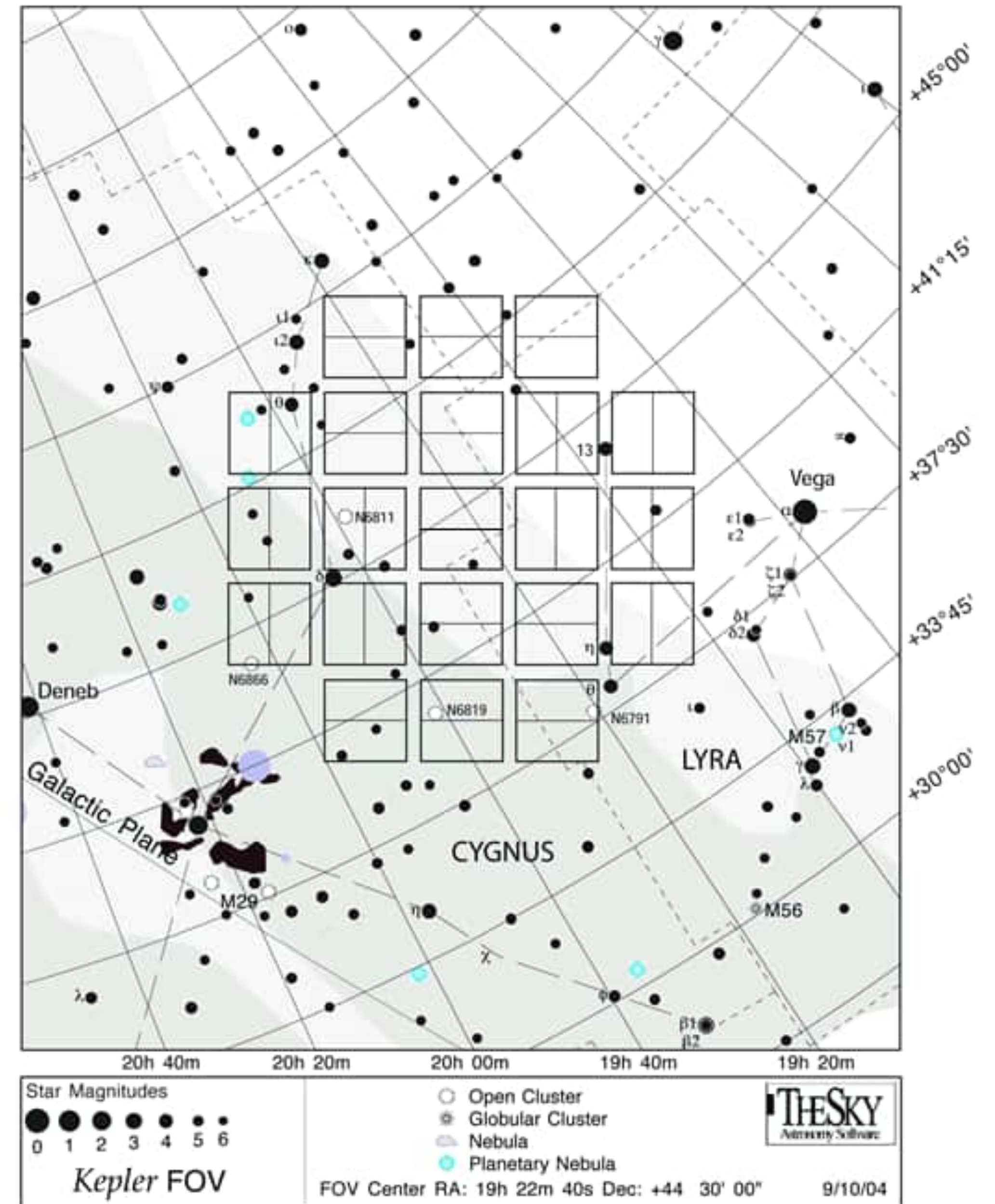
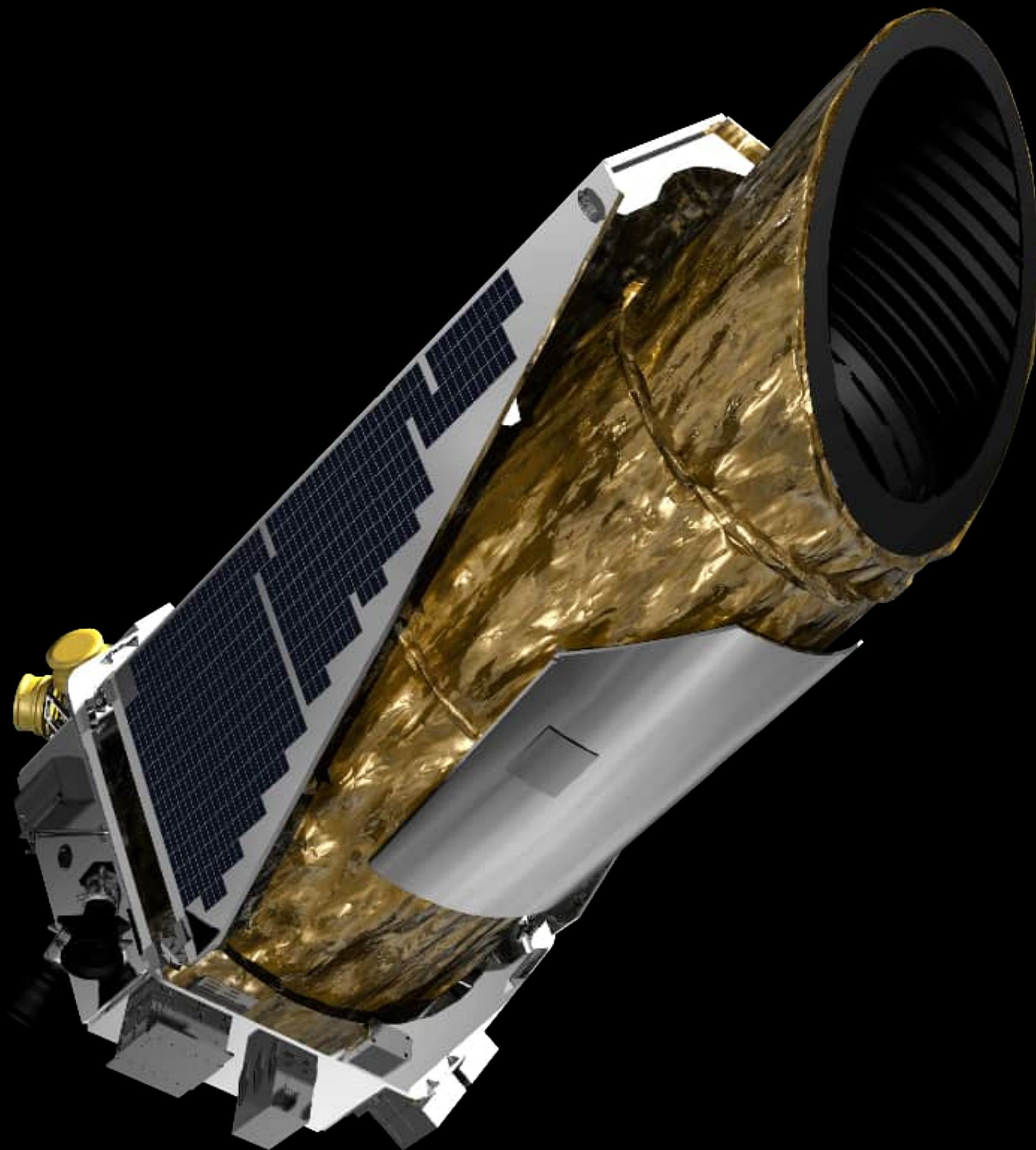






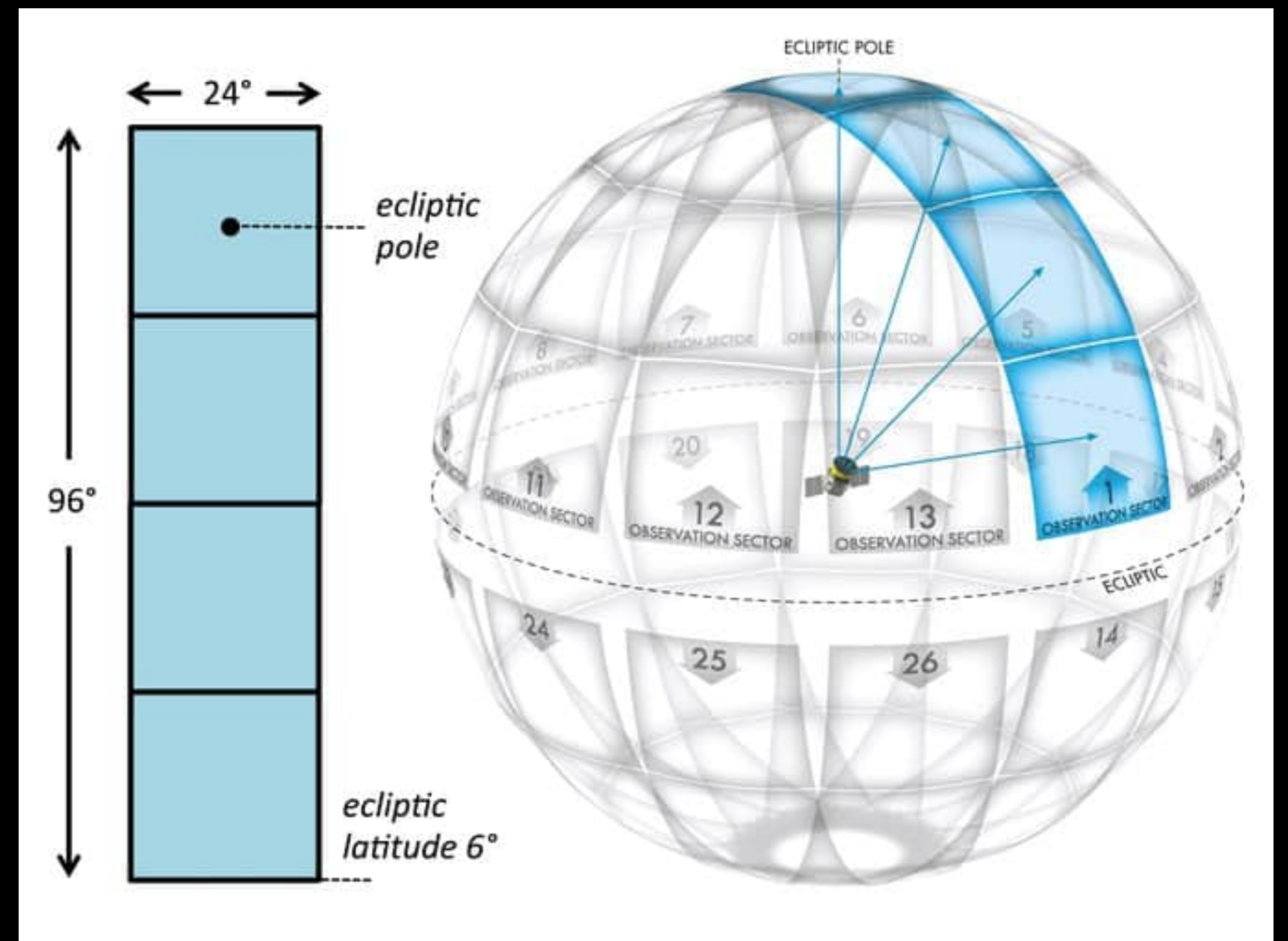
Kepler, K2

2009 — 2013 — 2018

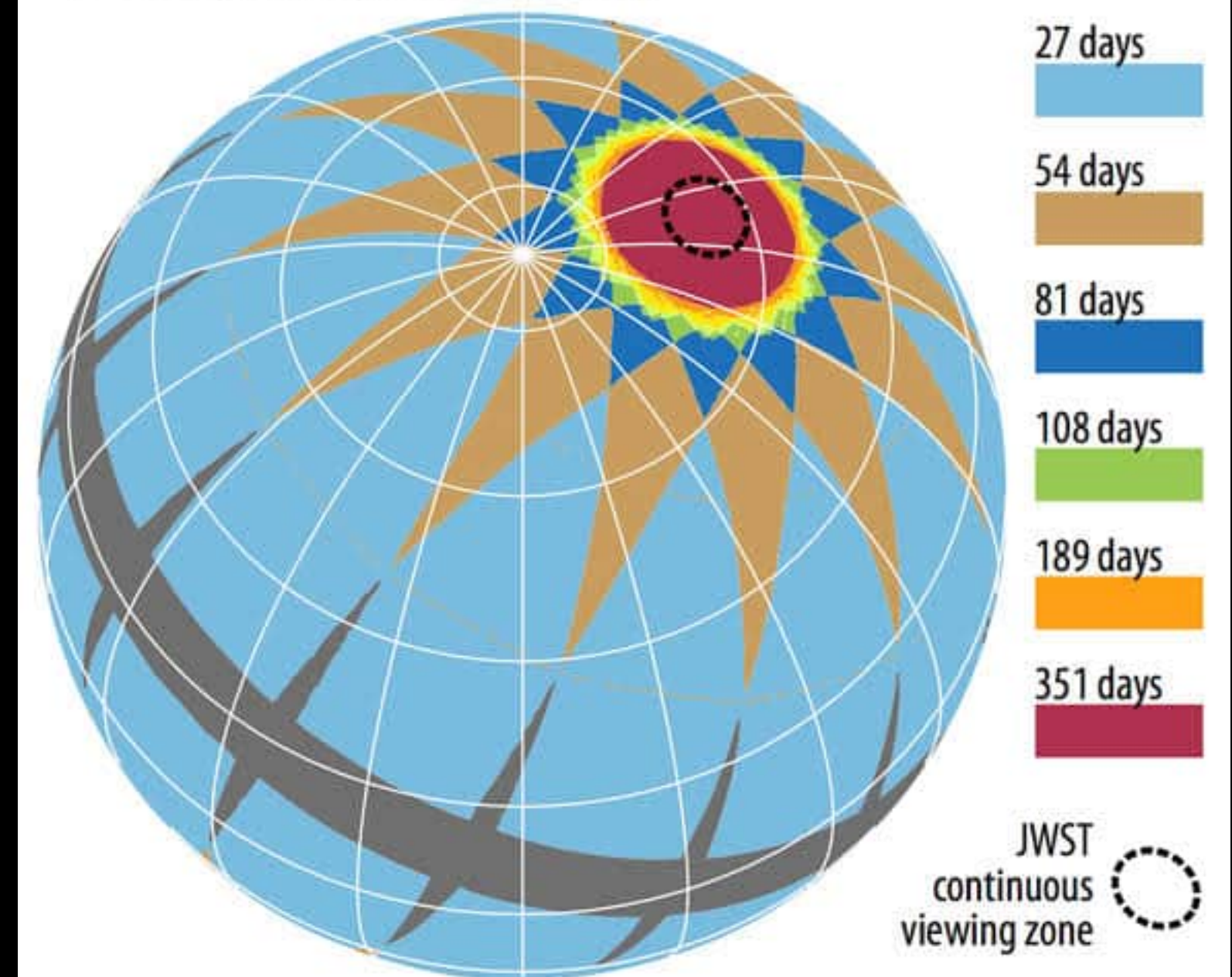


TESS

2018 —

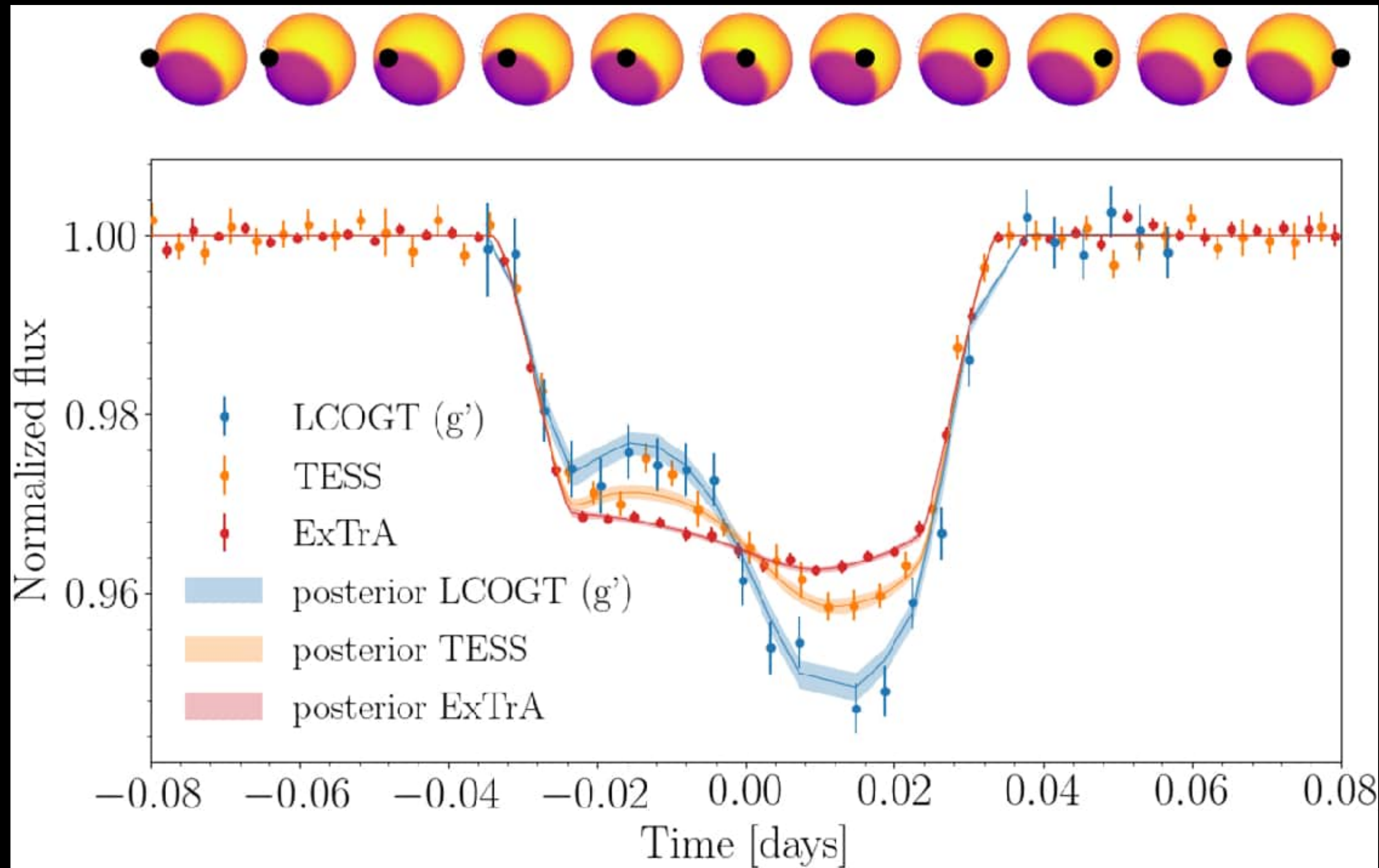


TESS 2-year sky coverage map



Esimerkit

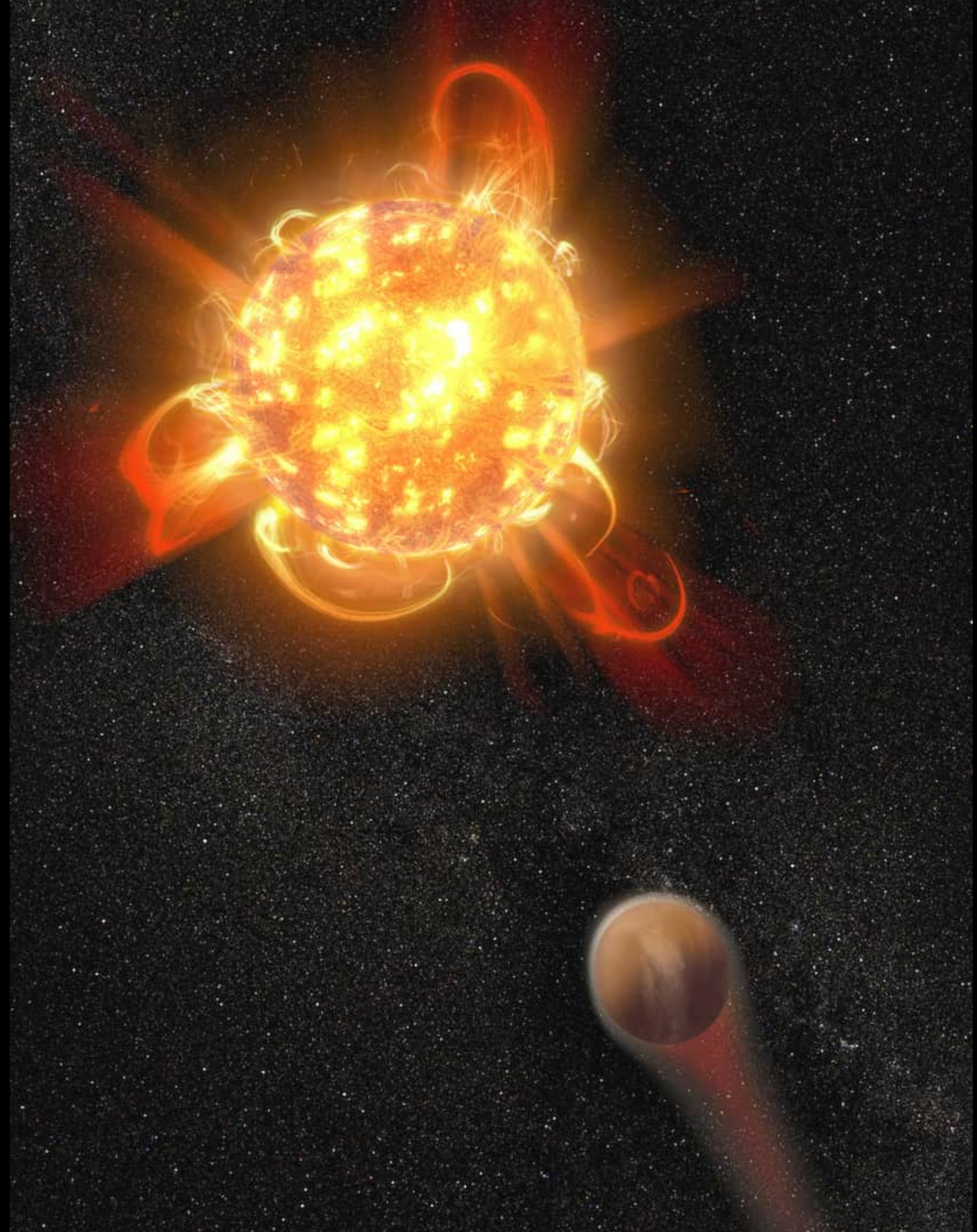
TOI-3884: pysyvä napapilkku



Kiertoaika: 4,54 päivää, halkaisija: 0,3 Auringon halkaisijaa, pintalämpötila: 3270 K (Almenara ym. 2022)

Tähtien aktiivisuus ja planeettojen elinkelpoisuus

- Punaisten kääpiöiden valokäyrissä esiintyy usein roihuja ja suuria pilkkuja
- Voiko voimakas roihu tuhota elämän planeetalta?
- Kuinka hyvin magneettikenttä ja ilmakehä suojaavat planeettoja?



Cumulative Detections Per Year

22 Mar 2022
exoplanetarchive.ipac.caltech.edu

