

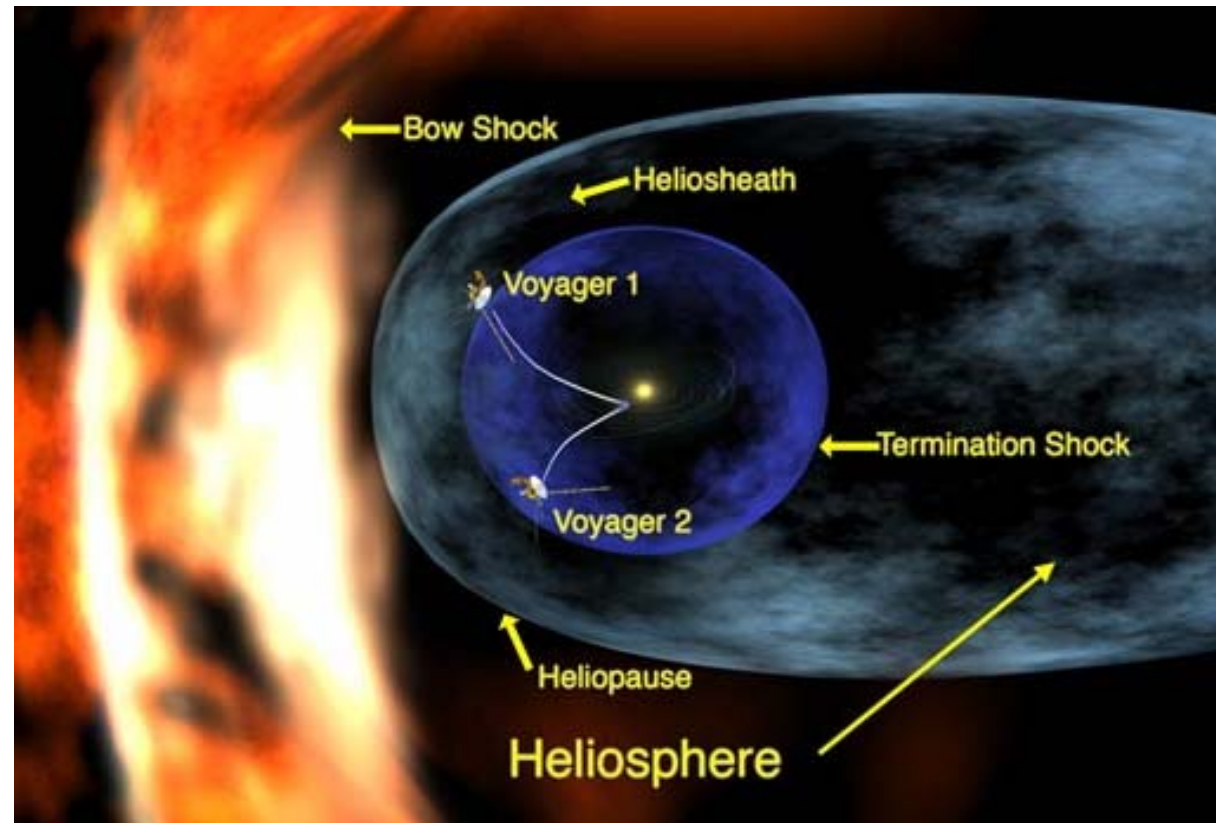
Koronan massapurkaukset ja
avaruusmyrskyjen ennustamisen haasteet

Akatemian nuortenklubi 23.11.2009

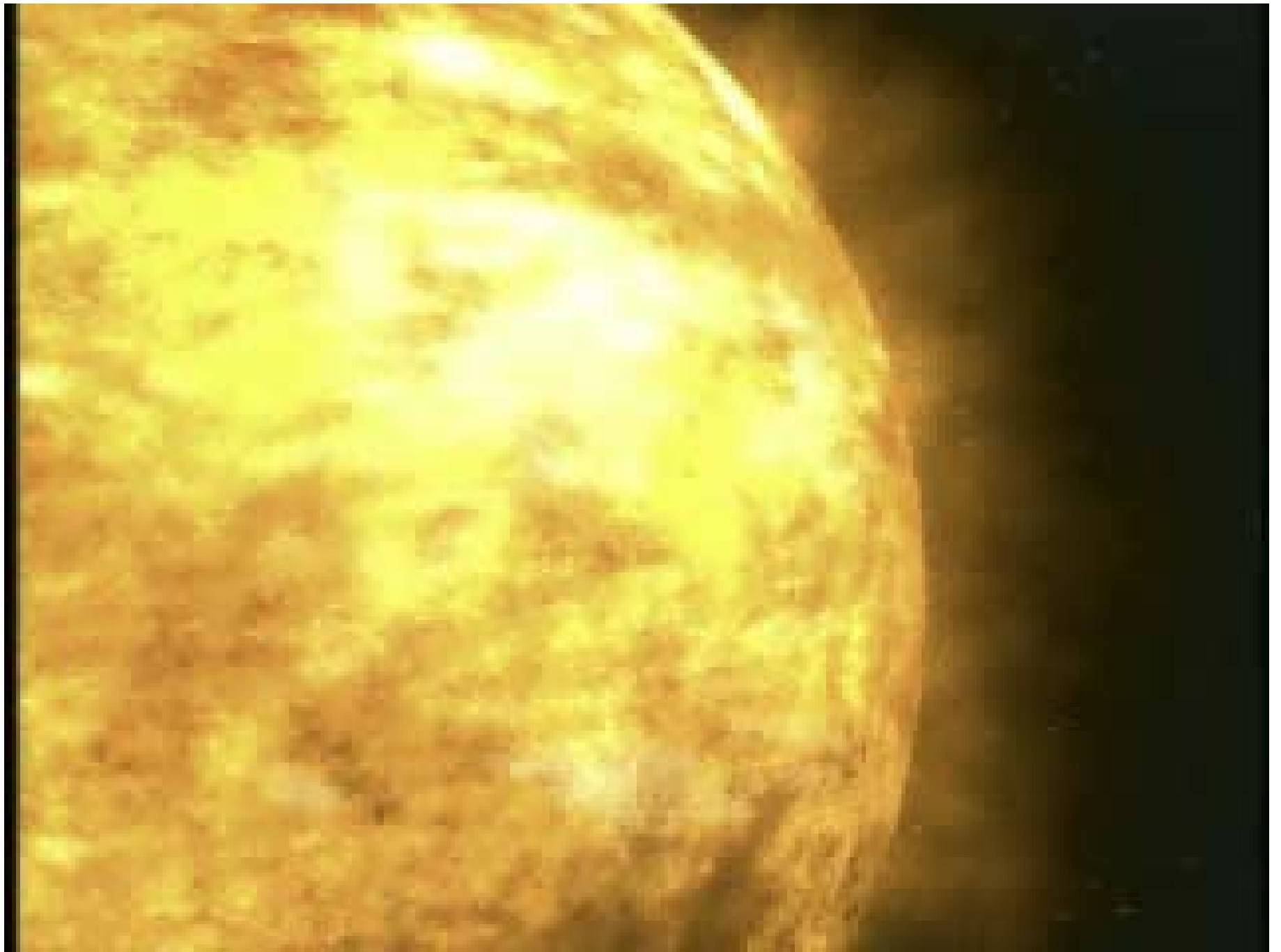
Emilia Kilpua

Helsingin yliopisto

Mitä avaruusfysiikka on?



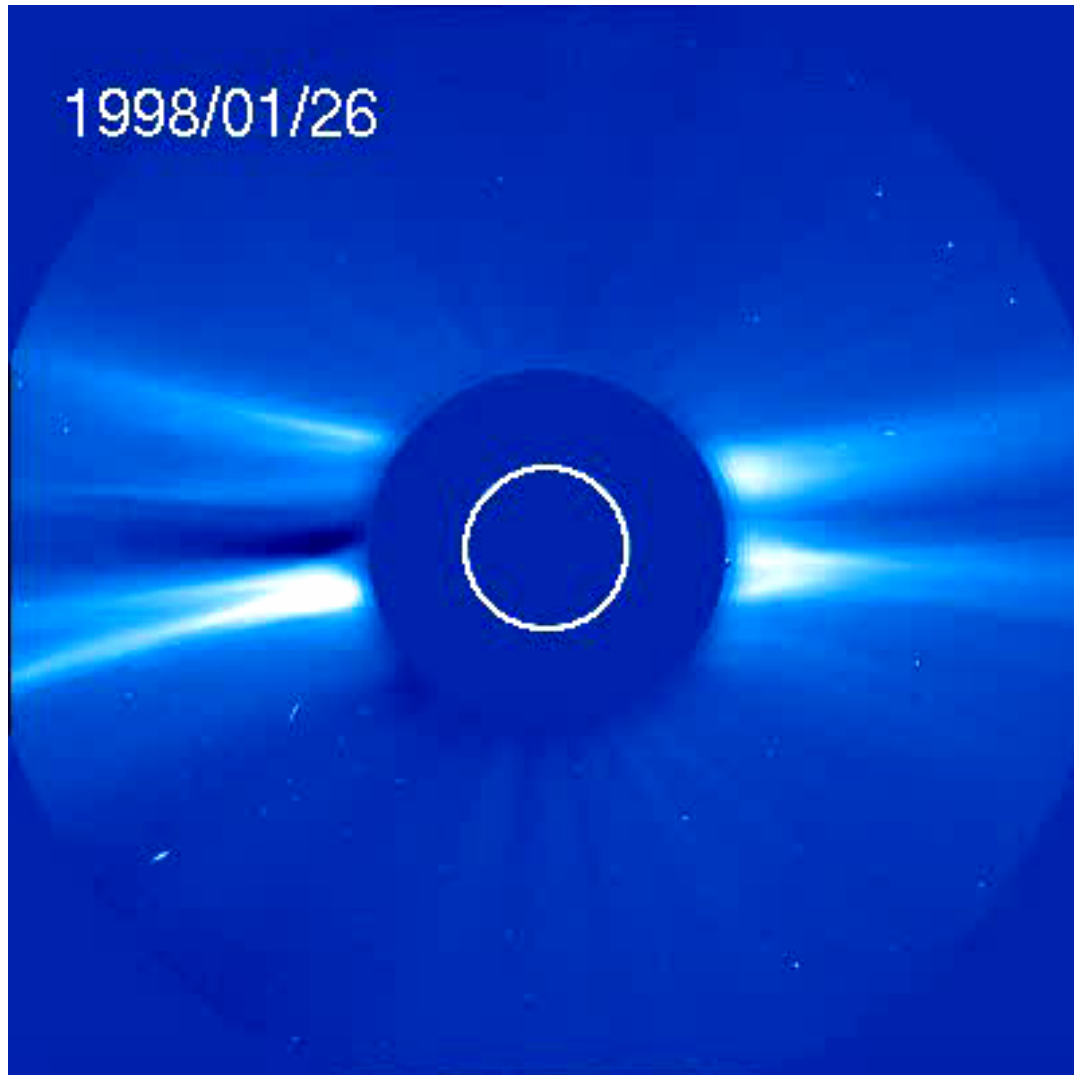
Tässä avaruusfysiikalla tarkoitetaan sellaista avaruuden fysiikan tutkimusta, jossa voidaan ainakin periaatteessa tehdä mittauksia paikanpäällä





Avaruussää: Auringon lyhytaikaisesta aktiivisuudesta johtuvat muutokset aurinkotuulella, magnetosfäärissä, ionosfäärissä, ilmakehässä ja maanpinnalla

CME:iden havaitseminen Auringon lähellä

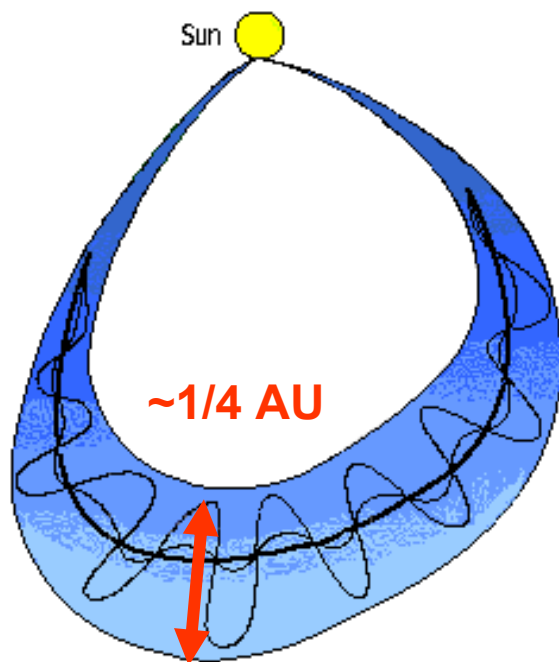


koronan massapurkaus
coronal mass ejection
CME

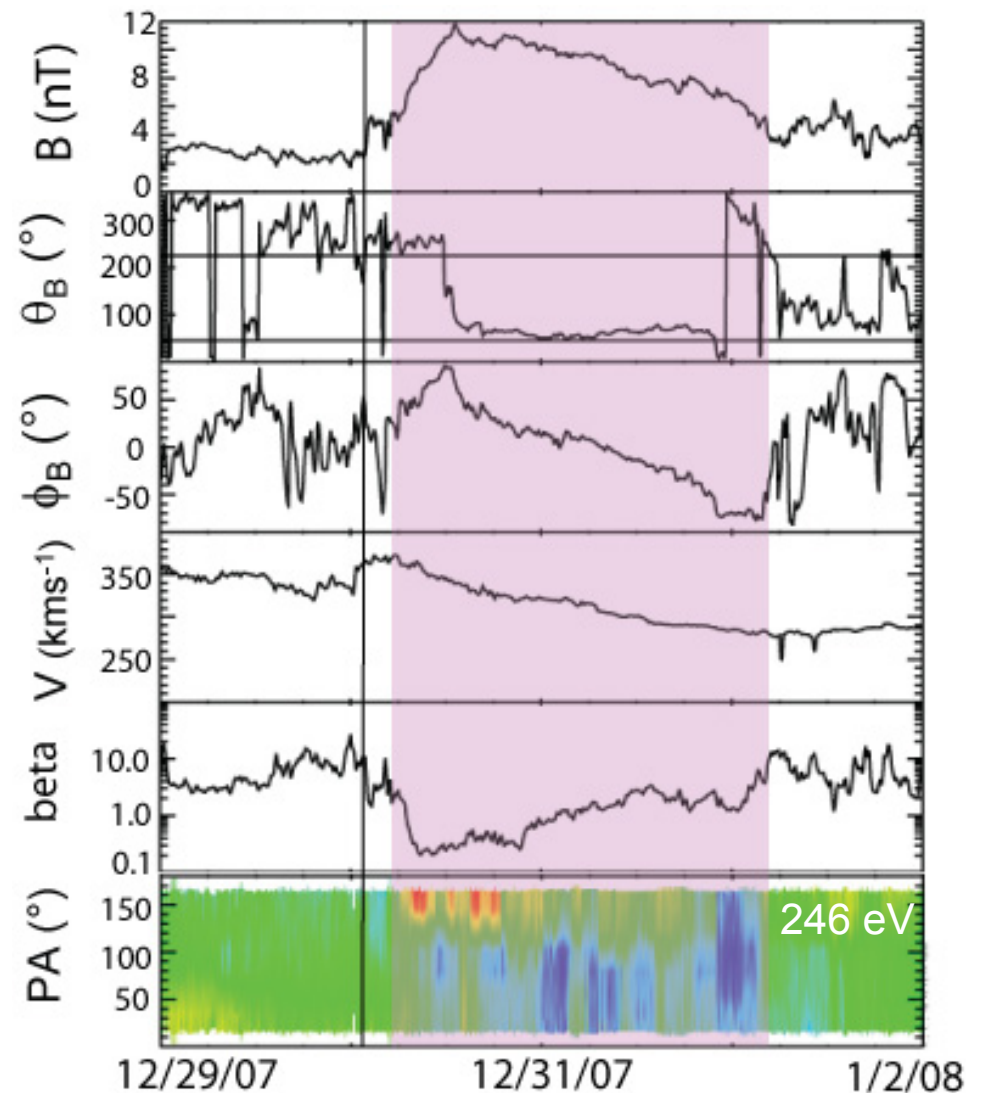
SOHO/LASCO/C2
1.5 -6 R_s

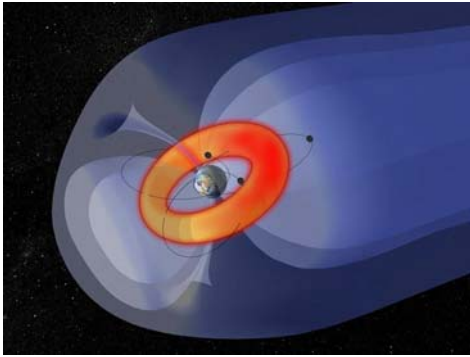
CME:iden havaitseminen aurinkotuulussa

”The identification of CMEs in solar wind plasma and magnetic field data is still something of an art”
Gosling, 1997

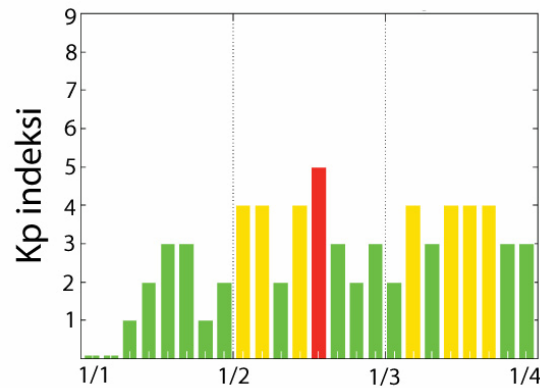
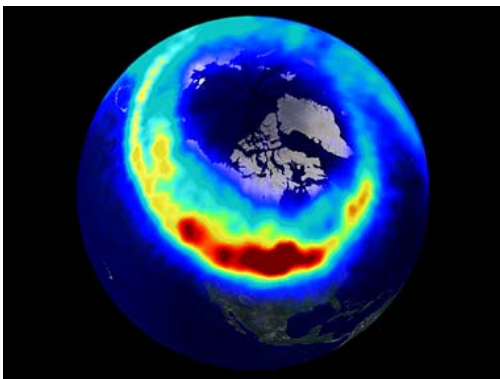
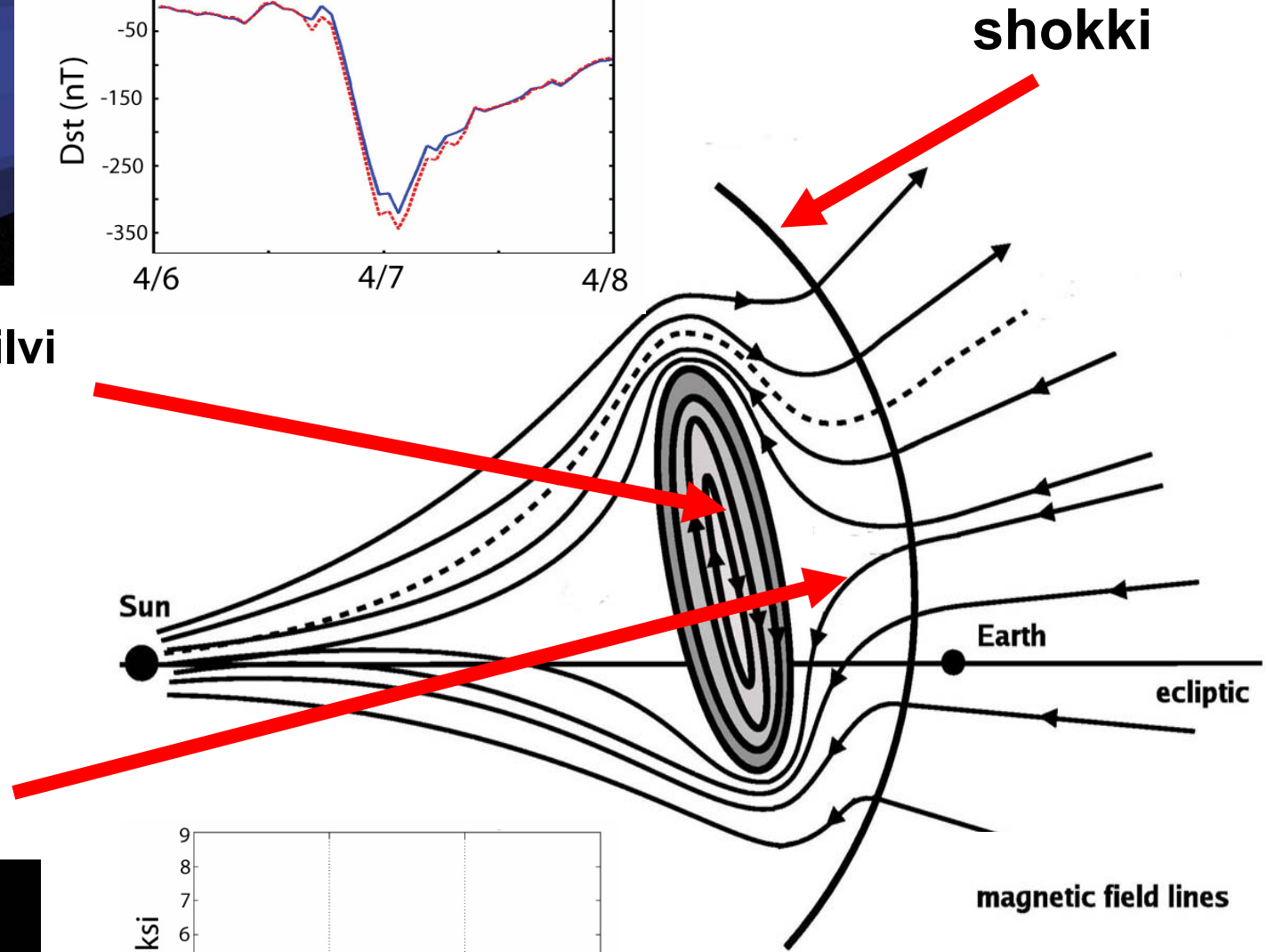
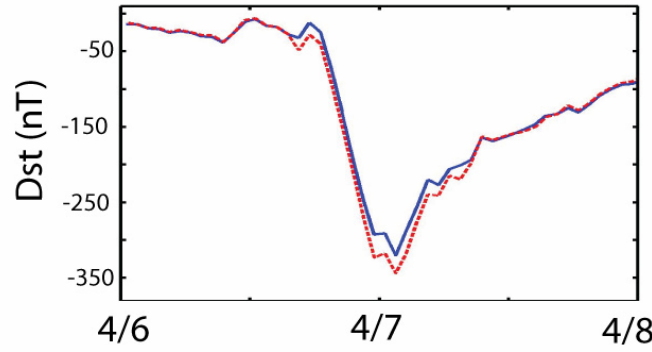


magneettinen pilvi





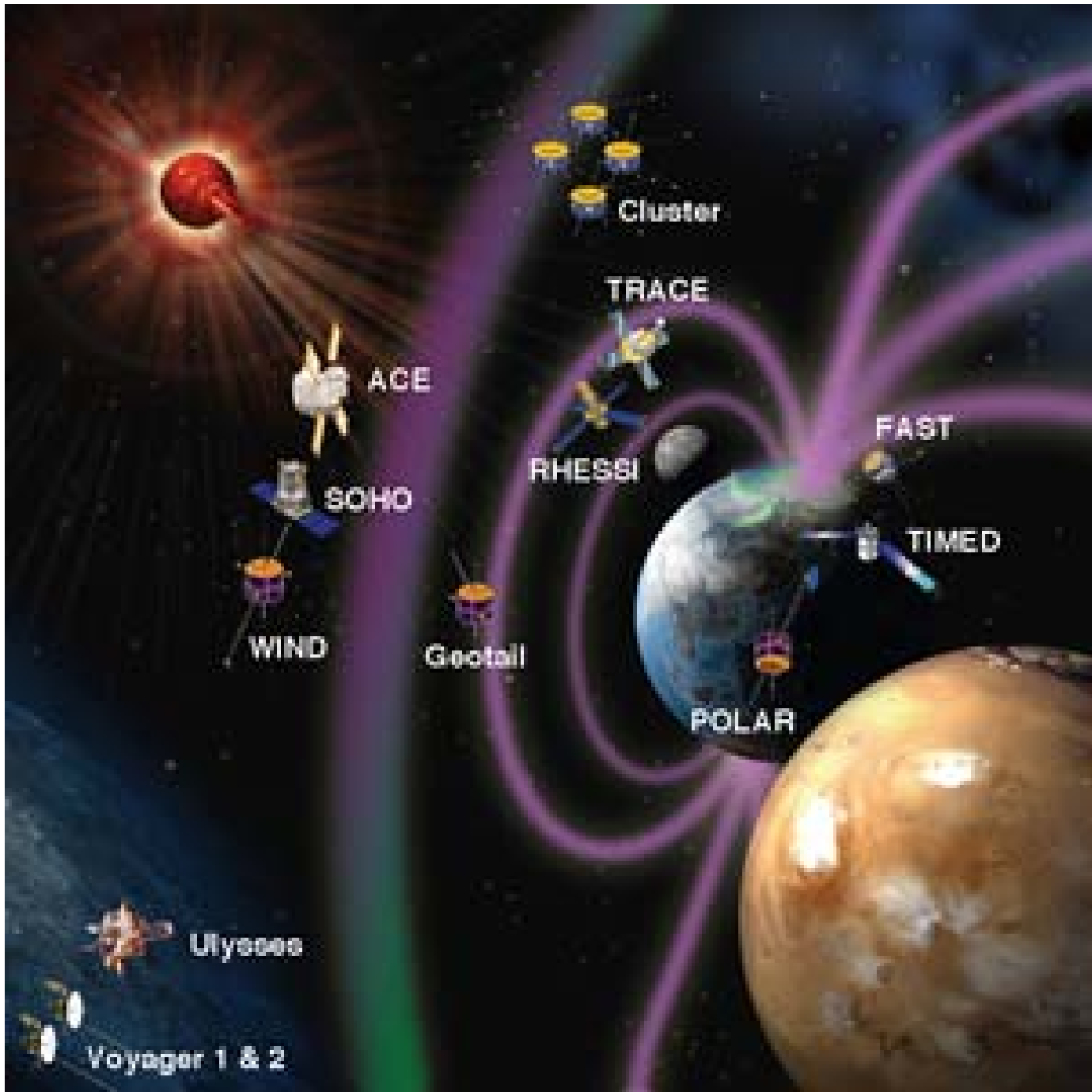
magneettinen pilvi

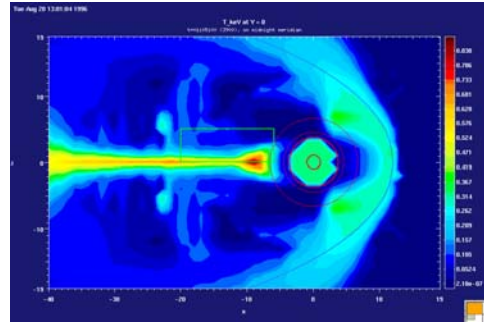


aktiivisuus indeksi



- CME:n syntymekanismi
- CME:n eteneminen planeettainvälisessä avaruudessa
- CME:n nopeus ja magneettinen rakenne aurinkotuulella
- aurinkotuuli-magnetosfääri vuorovaikutus
- magnetosfäärin dynamiikka





simulaatiot



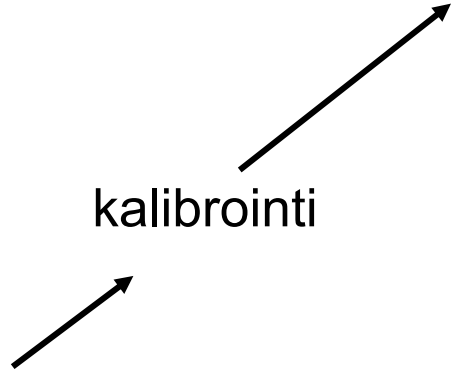
data-analyysi

$$\mathbf{E} = -\left(\partial_r \varphi_{is}, \frac{1}{r} \partial_\theta \varphi_{is}, \frac{1}{r \sin \theta} \partial_\phi \varphi_{is}\right)$$

$$= \left(r_{is} \frac{\partial \theta_{is}}{\partial r} E_\theta^{is}, \frac{r_{is}}{r} \frac{\partial \theta_{is}}{\partial \theta} E_\theta^{is}, \frac{r_{is} \sin \theta_{is}}{r \sin \theta} \frac{\partial \phi_{is}}{\partial \phi} E_\phi^{is}\right)$$

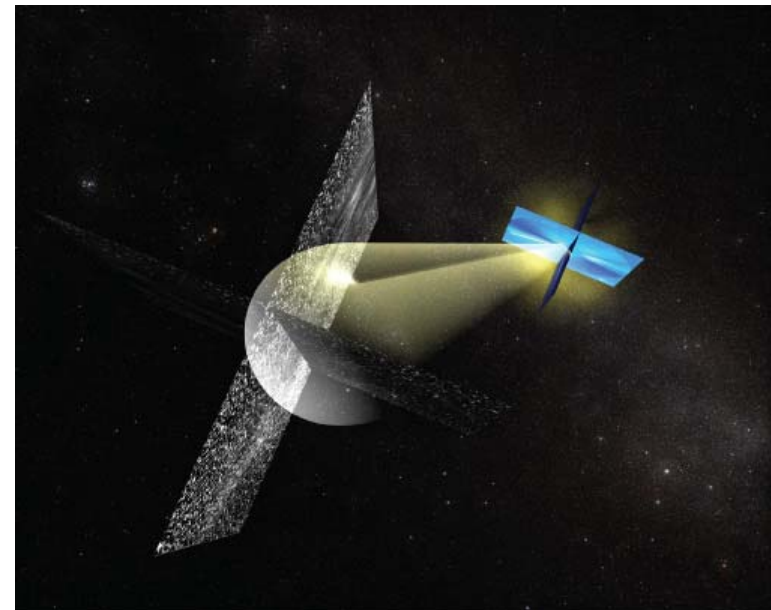
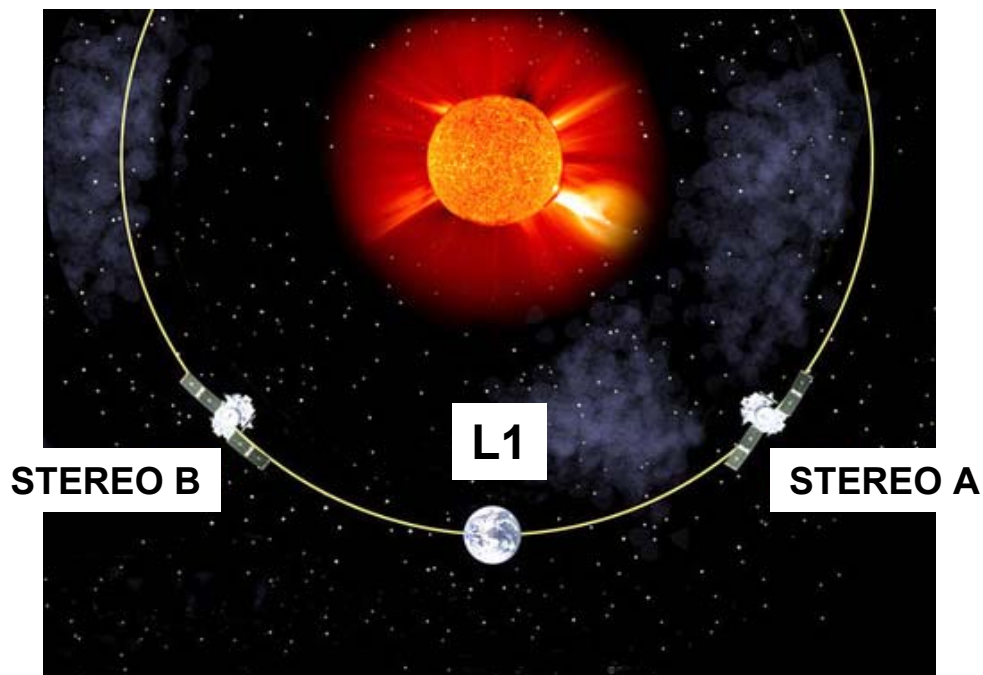
teoria

kalibrointi



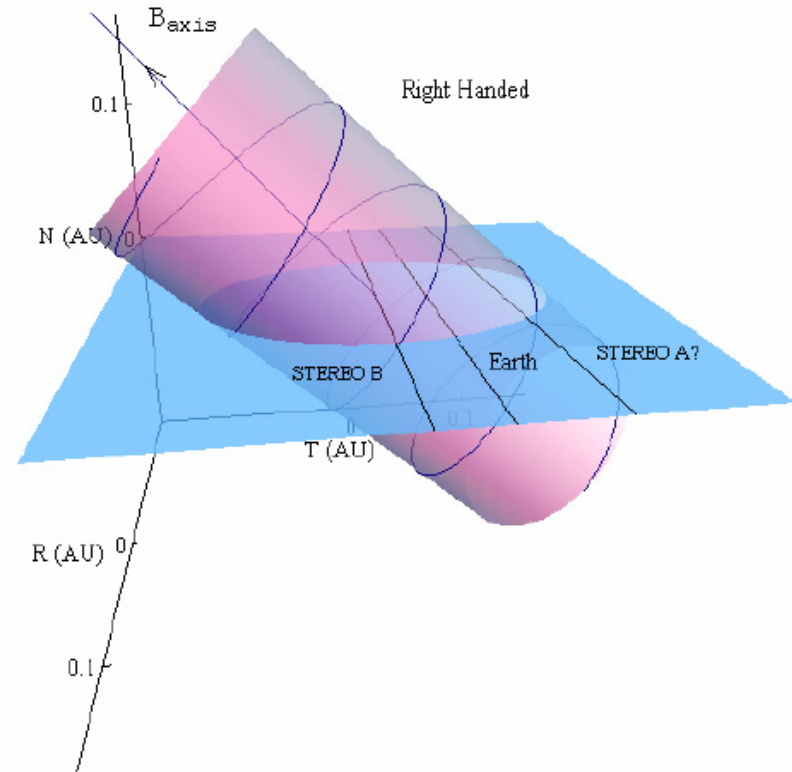
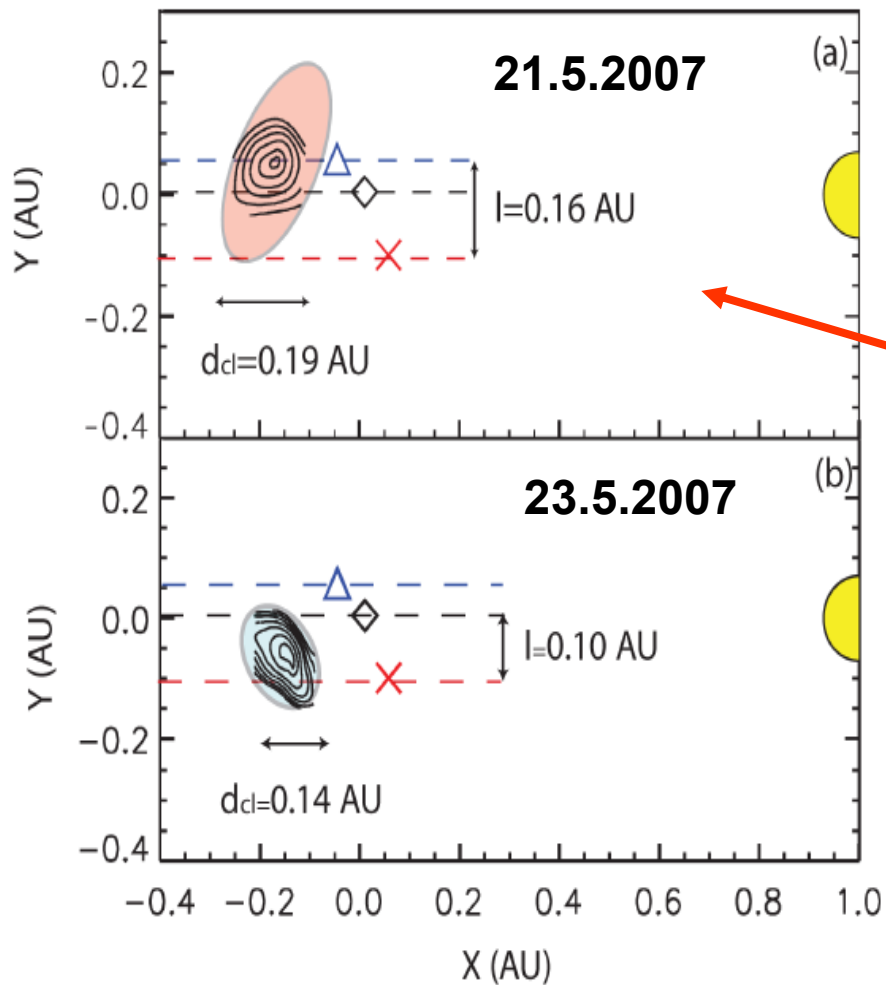
Solar TERrestrial RELations Observatory (STEREO)

- laukaistu 26.10.2006
- tavoite: ymmärtää paremmin CME:iden syntyä ja seurauksia



CME forward modeling

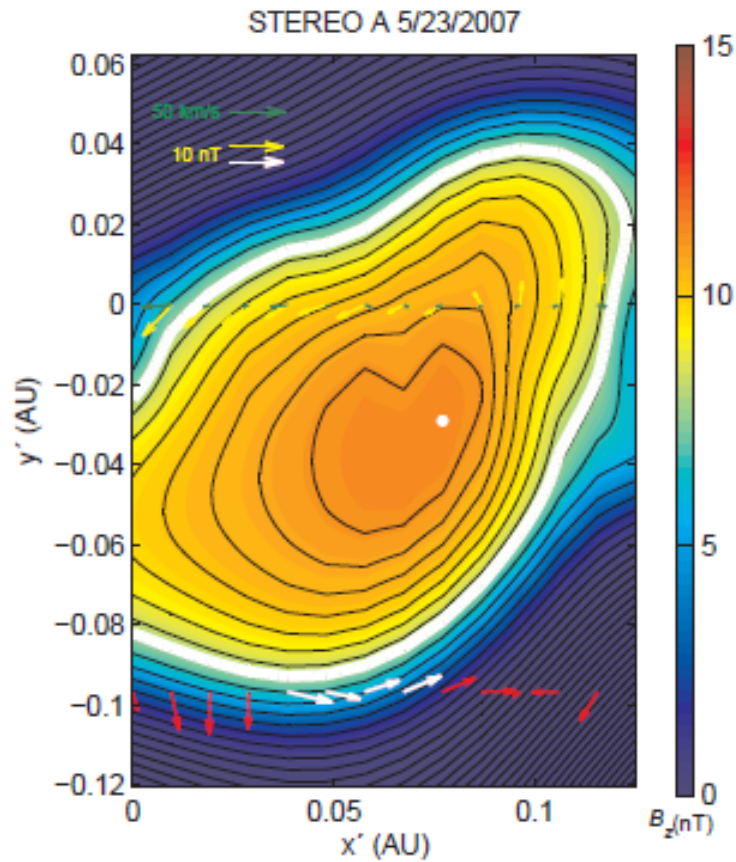
Thernisien et al., 2009



Liu et al., 2008

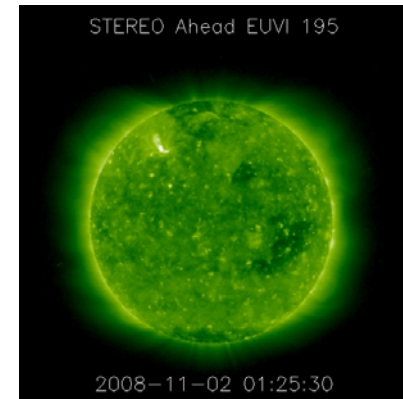
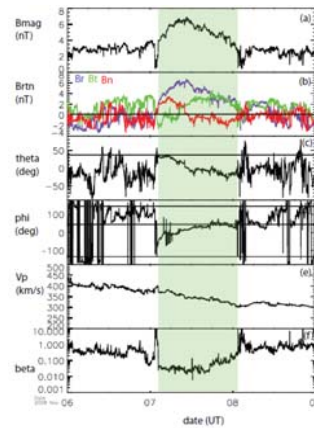
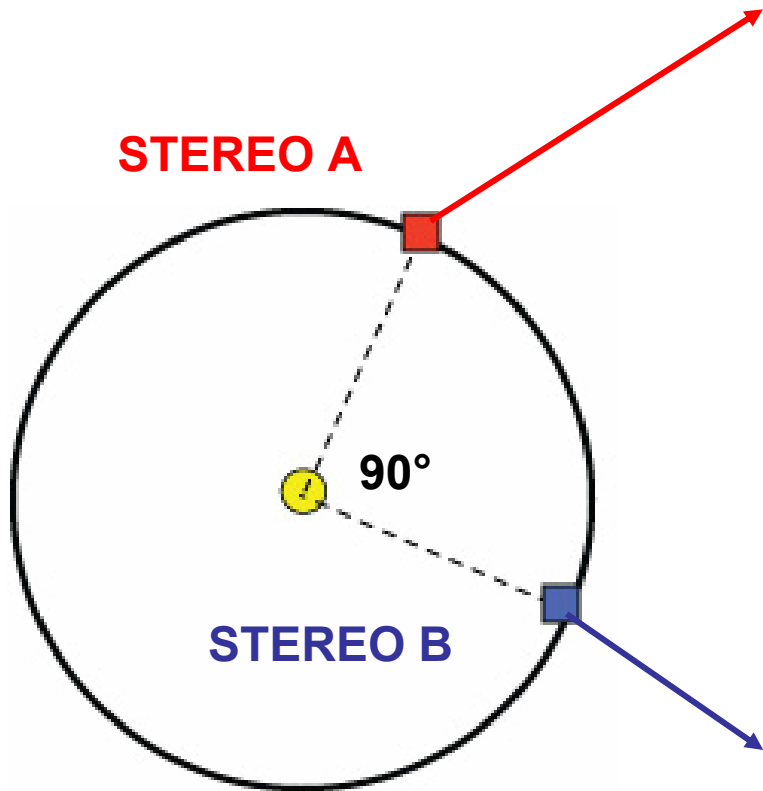
Kilpua et al., 2009

STEREO luotainten etäisyys: 10°

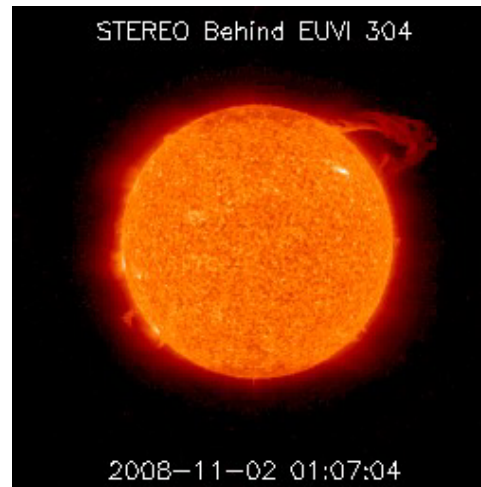


Möstl et al., 2009

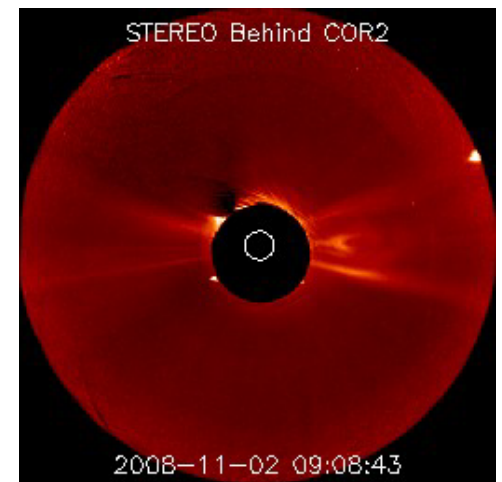
- magneettisen pilven akselin suunta ja magneettinen rakenne
 - geoefektiivisyys
 - CME:n poistama magneettinen vuo
 - määrittäminen: minimivarianssi analyysi, Grad-Shafranov rekonstruktio, ...



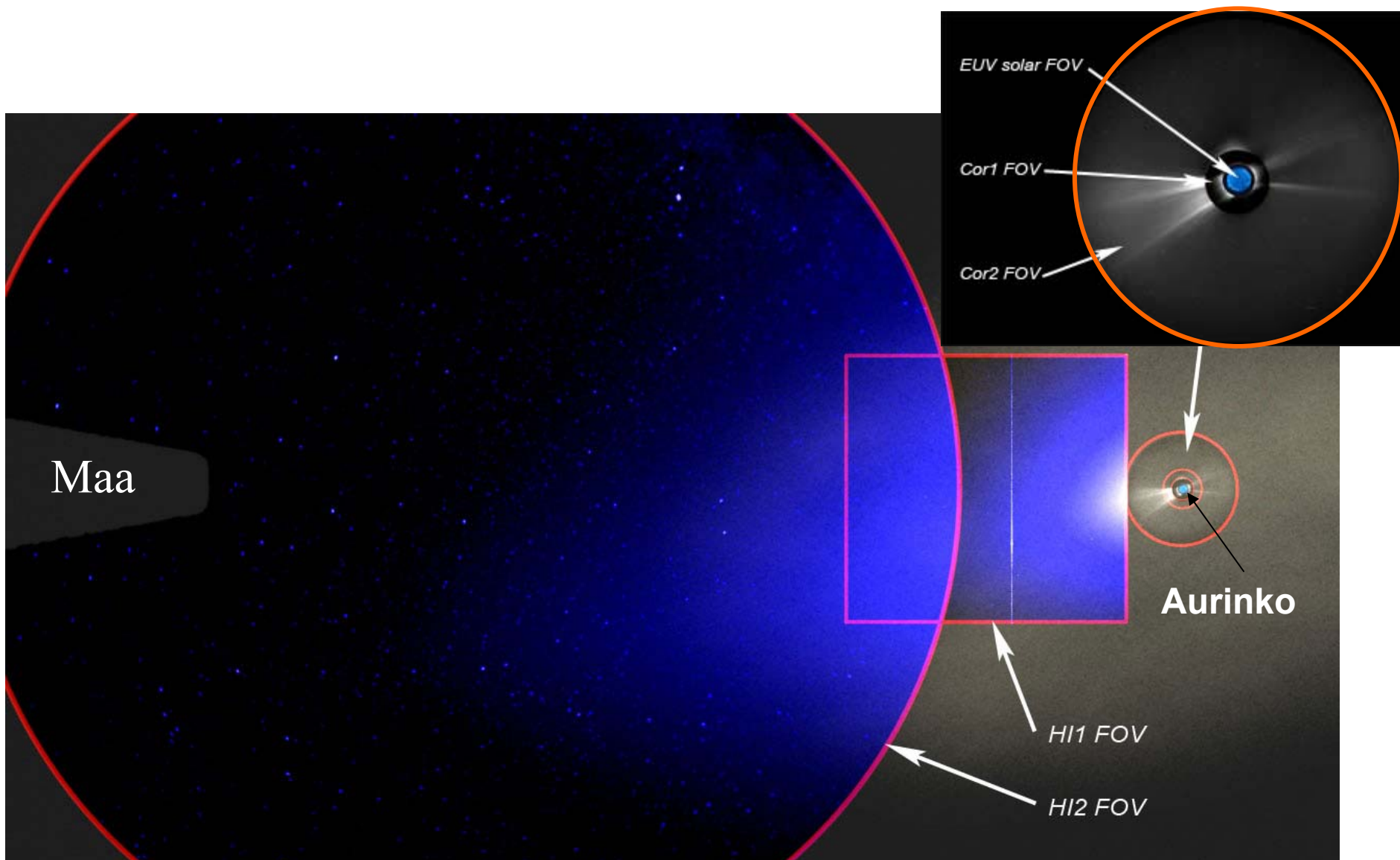
STEREO A/EUVI 195 Å



STEREO B/EUVI 304 Å



STEREO luotainten koronagrafit



- CME:iden 3D rekonstruktio
- CME:iden seuraaminen Auringosta Maahan
 - kiihtyminen/hidastuminen aurinkotuulella
- CME:n suuren skaalan rakenne aurinkotuulella
- koronagrafihavaintojen ja *in-situ* havaintojen yhdistäminen
 - mikä määrittää planeettainvälisen CME:n?