

Koronan massapurkaukset ja niiden synty

Sanni Hoilijoki

Teoreettisen fysiikan syventävien opintojen seminaari

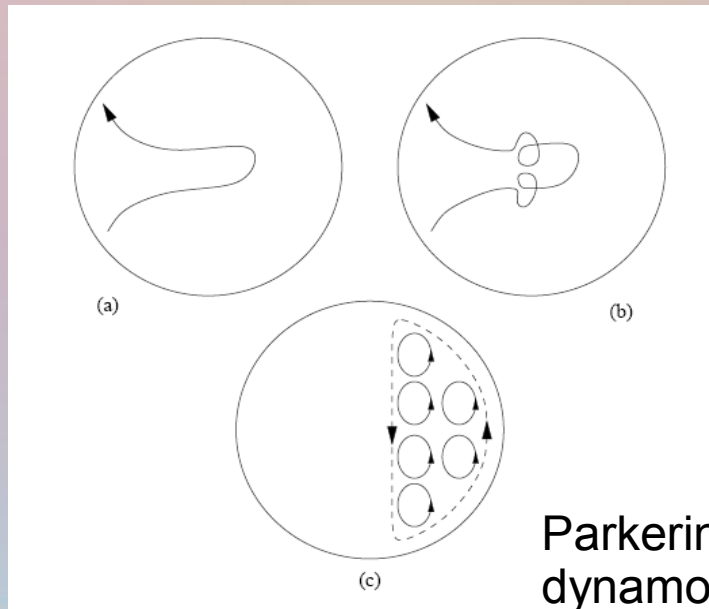
24.11.2011

Sisältö

- Auringon magnetismi
- Korona
- Koronan massapurkaukset (CME)
- CME:n synty ja initaatiomallit
- Ongelmia
- Yhteenveto

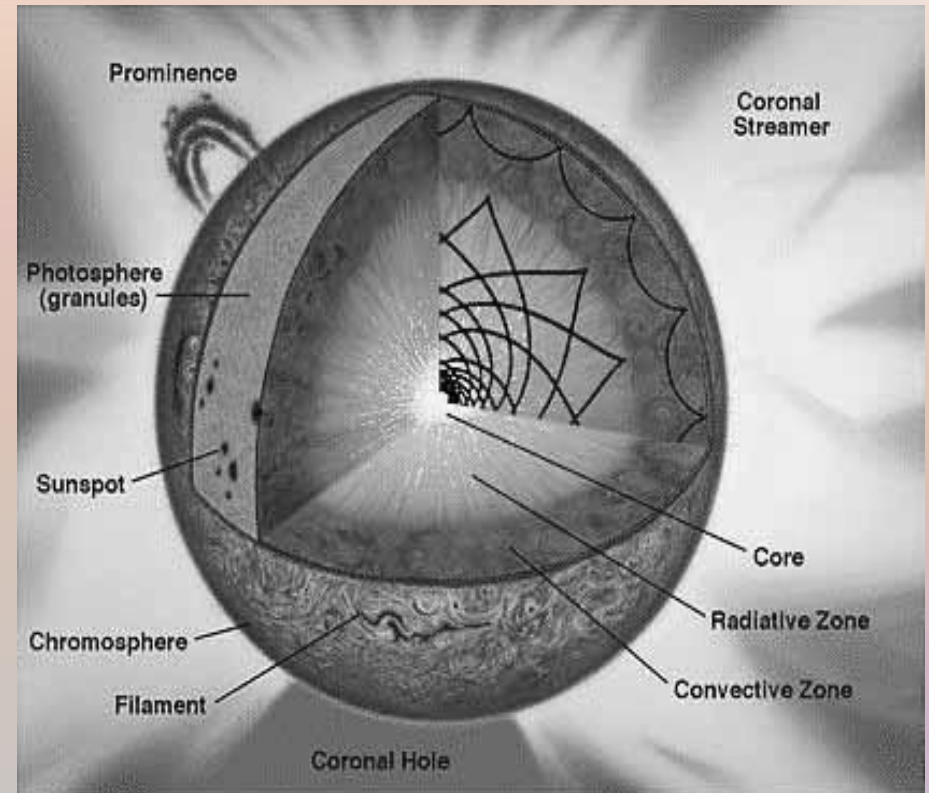
Auringon magnetismi

- Auringon magneettikenttää ylläpitää dynamo
 - syntyy Auringon konvektiivisessa kerroksessa (uloin 0,25R)
- Napaisuus vaihtelee 11 vuoden sykleissä
 - yksinkertaisimman mallin mukaan differentiaalisesti pyörivä Aurinko ja magneettinen rekonnektio selittävät dynamon ja 11 vuoden syklin



Korona

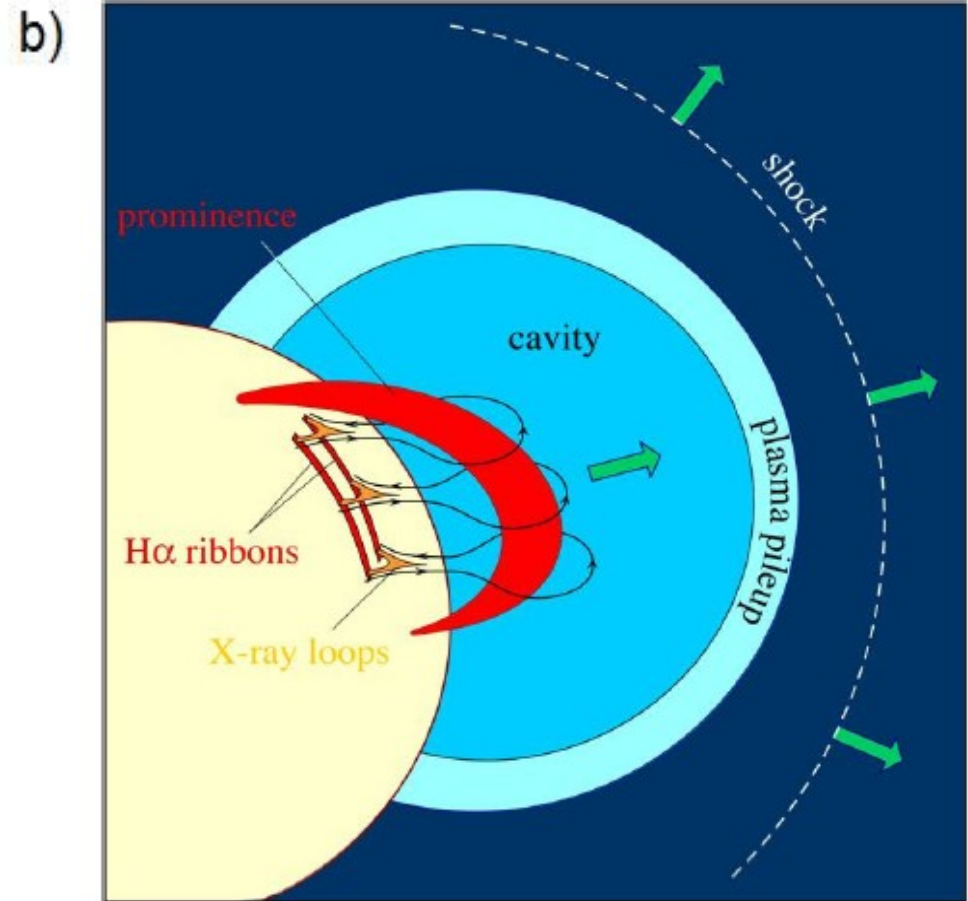
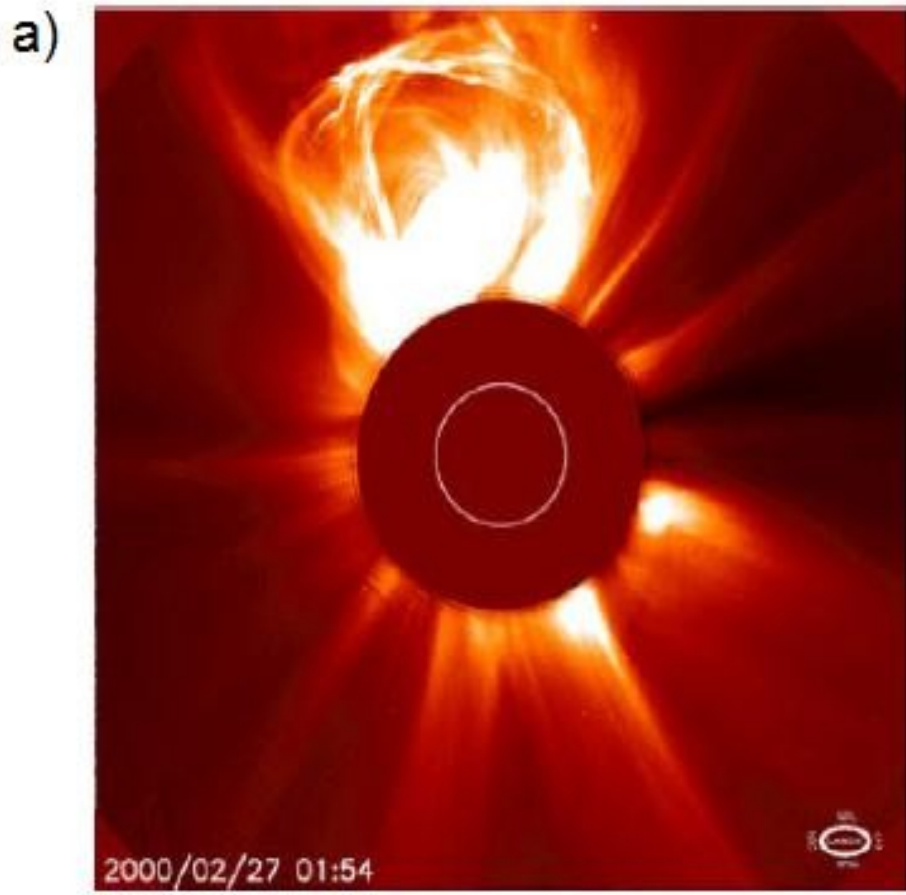
- Auringon kaasukehän uloin kerros
- Koronan lämpötila on noin 1 MK, Auringon pinnalla vain vajaa 6000 K.
- Plasman paine pienempi kuin magneettikentän paine – magneettikenttä dominoi plasman liikettä



Auringon rakenne

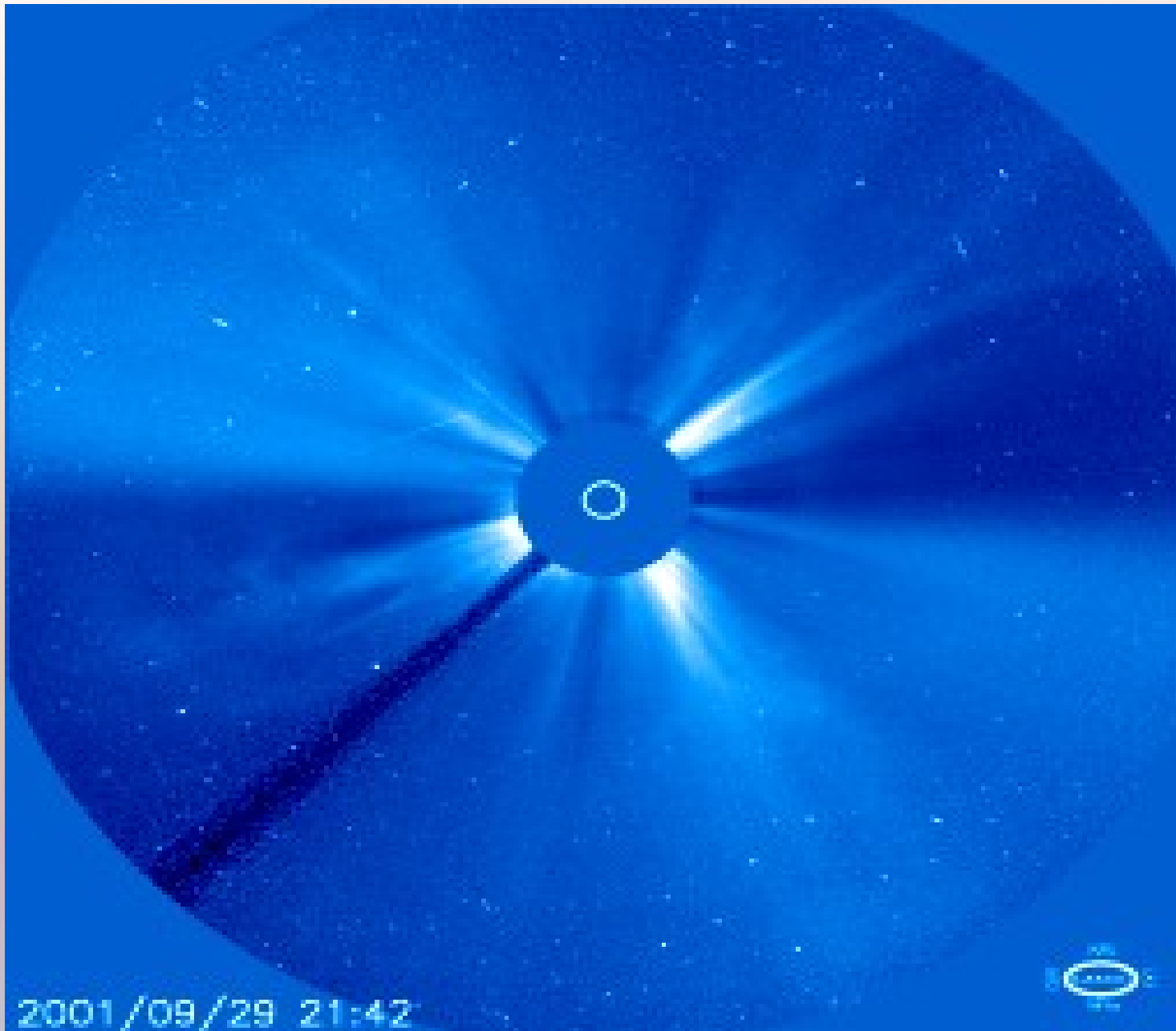
Koronan massapurkaukset (CME)

- Havaittiin ensimmäisen kerran 1970-luvun alussa
- Lukuja:
 - keskimääräinen nopeus: 450 km/s
 - n. 2 purkausta/päivä
 - Keskimääräinen massakato 10^8 kg/s
 - Tyypillinen nopean CME:n energia 10^{25} J



Kolmiosainen rakenne: kirkas kaari
tumma onkalo
prominenssi

1.10.2001
SOHO/LASCO



CME:n synty

- Syntymekanismia ei tunneta.
- Syntyvät alueella, joilla Auringon magneettikentän kenttäviivat ovat suljettuja.
- Koronassa vain magneettikentällä tarpeeksi energiaa purkautumisen synnyttämiseksi ($1-10 \text{ J/m}^3$)
 - liike-energia 10^{-6} J/m^3
 - gravitaatioenergia $0,04 \text{ J/m}^3$
 - termien energia $0,01 \text{ J/m}^3$
 - magneettinen energia 40 J/m^3

CME:n initaatiomallit

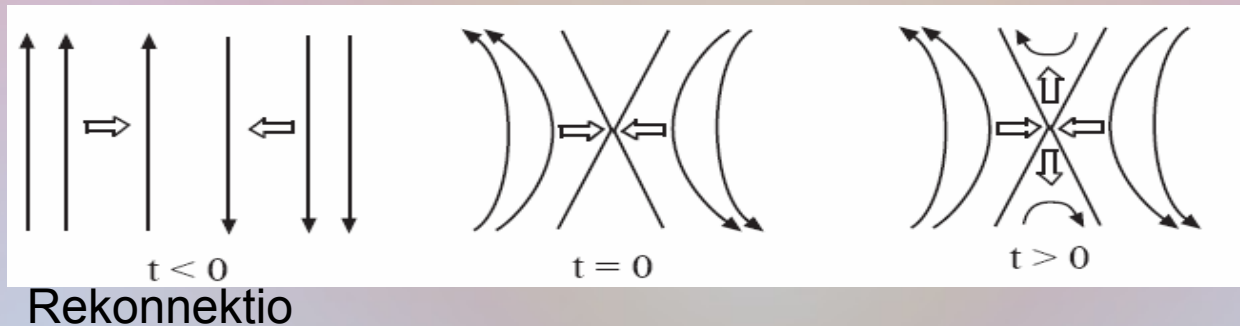
- Erilaisia analyttisiä ja numeerisia malleja useita.
- Voidaan jakaa kahteen ryhmään
 - Varastointimallit
 - Suoran purkautumisen mallit
- Varastointimallit ovat yleisesti hyväksytyjä ja havaintojen tukemia.

Varastointimallit

- Energia kerääntyy ja säilyy koronan magneettikentässä.
- Purkaukseen tarvittava energia kerääntyy päivien ja viikkojen ajan.
- Aluksi koronan magneettikenttä tasapainossa ja kehitys hidasta.
- Kun systeemistä tulee epästabiili, se purkautuu.
- Purkaus tapahtuu verrattain nopeasti.

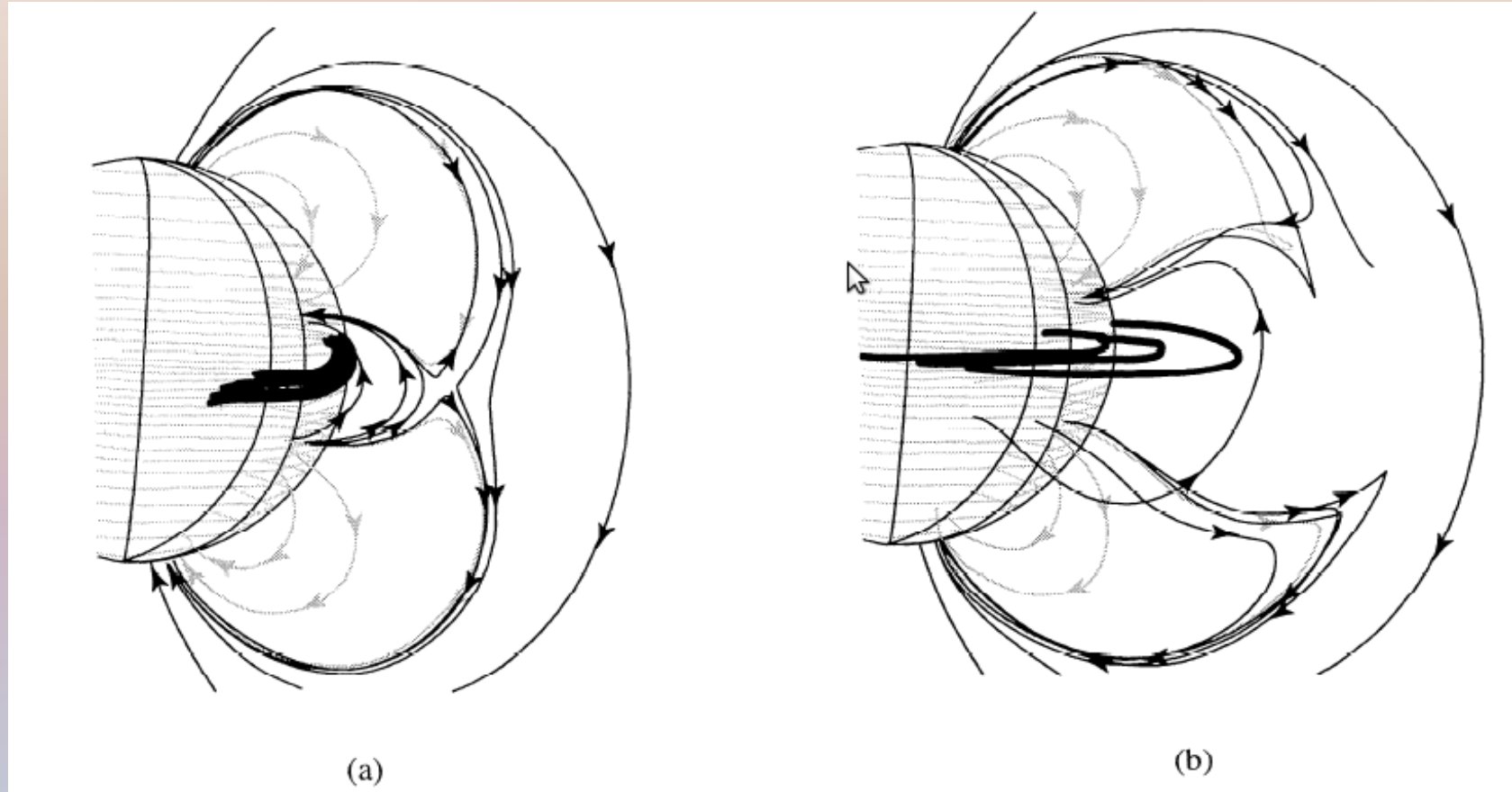
Varastointimallit

- Yhteistä kaikissa varastointimalleissa on kiertynyt magneettikenttä (flux robe).
- Se voi olla olemassa koronassa jo ennen purkausta tai muodostuu purkauksen aikana.
- Eri malleissa magneettinen konfiguraatio ja rekonnektion paikka vaihtelevat.



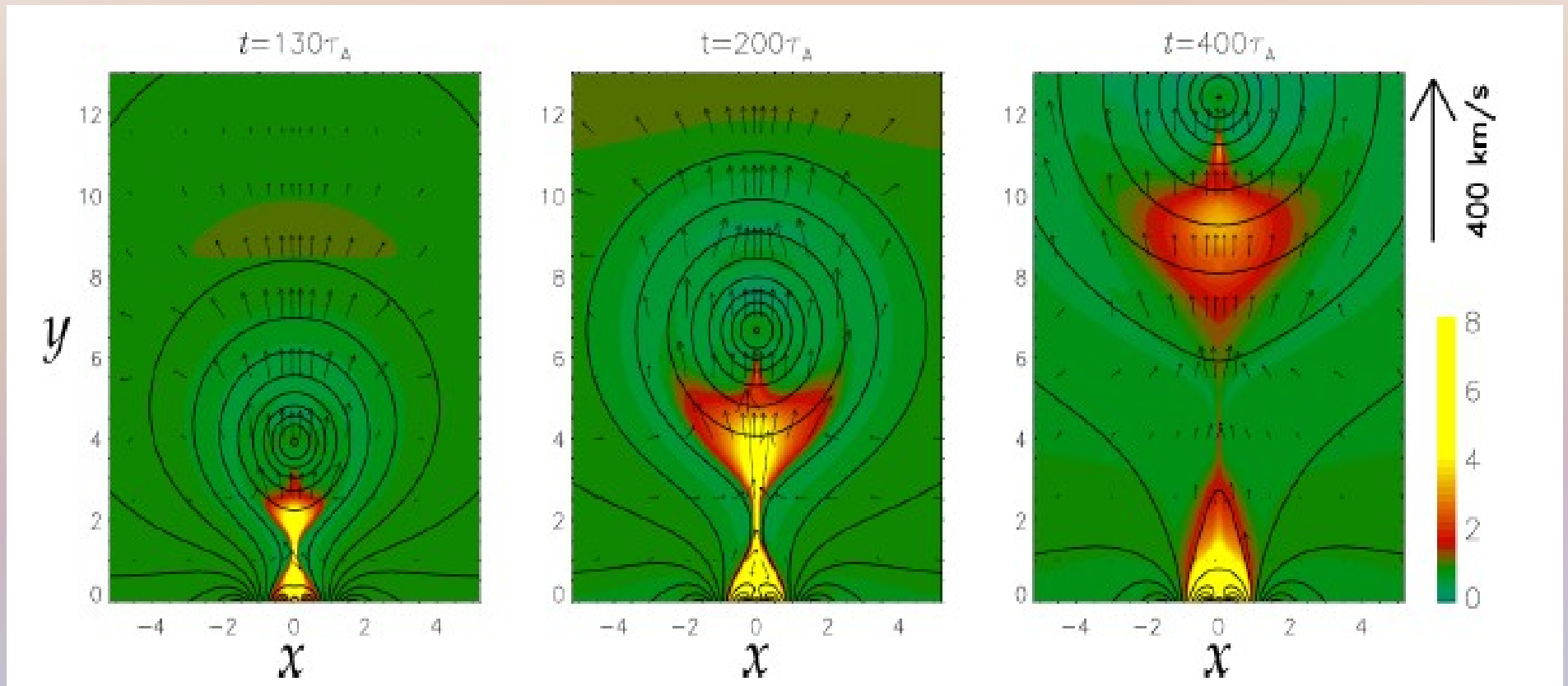
Esimerkejä

- Breakout model (Antiochos et al. 1999)



Esimerkkejä

Emerging flux triggering mechanism (Chen & Shibata 2000)



Paljon ongelmia

- Tutkimuksen kohde kaukana ja havaintojen teko on hankalaa:
 - Ei voida tehdä suoria havaintoja
 - Koronagrafi peittää alueen, jossa CME syntyy
- Ei tarpeeksi tehokkaita koneita simuloimaan tarkasti koronan olosuhteita.

Miksi tärkeää?

- Avaruussää ja geomagneettiset myrskyt:
 - Voitaisiin ennustaa ja suojautua paremmin.
- Purkauksilla voi olla tärkeä osa Auringon 11 vuoden syklissä.
- CME:n synnyn ja kehityksen ymmärtäminen voisi auttaa ymmärtämään muita ratkaisemattomia ongelmia (koronan kuumuus).

Yhteenveto

- CME:n mukana purkautuu paljon massaa ja energiaa.
- Magneettikenttä tärkein CME:n muodostamisessa.
- Purkauksia kuvaavia malleja on paljon erilaisia ja havainnot tukevat varastointimalleja.
- CME:t vaikuttavat avaruussäähän ja mahdollisesti Auringon 11 vuoden sykliin.

Lähteet

- S.K. Antiochos, C.R. DeVore, J.A. Klimchuk, A Model for Solar Coronal Mass Ejections, *Astrophys. J.*, 1999.
- P.F. Chen, Coronal Mass Ejections: Models and Their Observational Basis, *Living Rev. Solar phys.*, 2011
- P.F. Chen, K. Shibata, An Emerging Flux Trigger Mechanism for Coronal Ejections, *Astrophys. J.*, 2000
- T.G. Forbes, A review on the genesis of coronal mass ejections, *J.Geophys. Res.*, 2000.
- H. Koskinen, R. Vainio, *Lectures on Solar Physics: From the core to the heliopause*, 2011.
- M. Zhang, B.C. Low, The Hydromagnetic Nature of Solar Coronal Mass Ejections, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 2005.
- http://www.hao.ucar.edu/research/siv/siv_dynamo.php
- <http://www.spacestationinfo.com/layers-sun.htm>
- <http://trace.lmsal.com/POD/TRACEpodarchive12.html>