



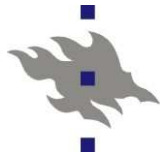
HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Aerosolimitauksia ceilometrillä.

Timo Nousiainen
HTB workshop 6.4. 2006.

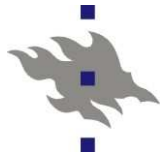
Fysikaalisten tieteiden laitos, ilmakehätieteiden osasto





Projektin kuvaus

- Esitellyt tulokset HY:n, IL:n ja Vaisala Oyj:n yhteisestä, Tekesin rahoittamasta Lidar aerosolitutkimuksessa-hankkeesta (LATU).
- Projektissa oli tarkoituksena selvittää pilven korkeuden mittaamiseen tarkoitetun lidarin (ceilometri) käyttöä aerosolien mittaamiseen.
- Mittauksia tehtiin Vaisalan CL31 ceilometrilla Physicumin katolta (helmikuusta 2005 lähtien). Lisäksi:
 - Meteorologista dataa
 - In situ-mittauksia aerosoleista (Smear III).
- HY tutki aerosolien mittausta (IL sekoituskorkeuden määrittystä aerosoliprofiileista).

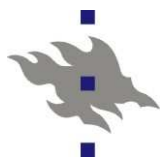


Yleistä CL31 ceilometristä

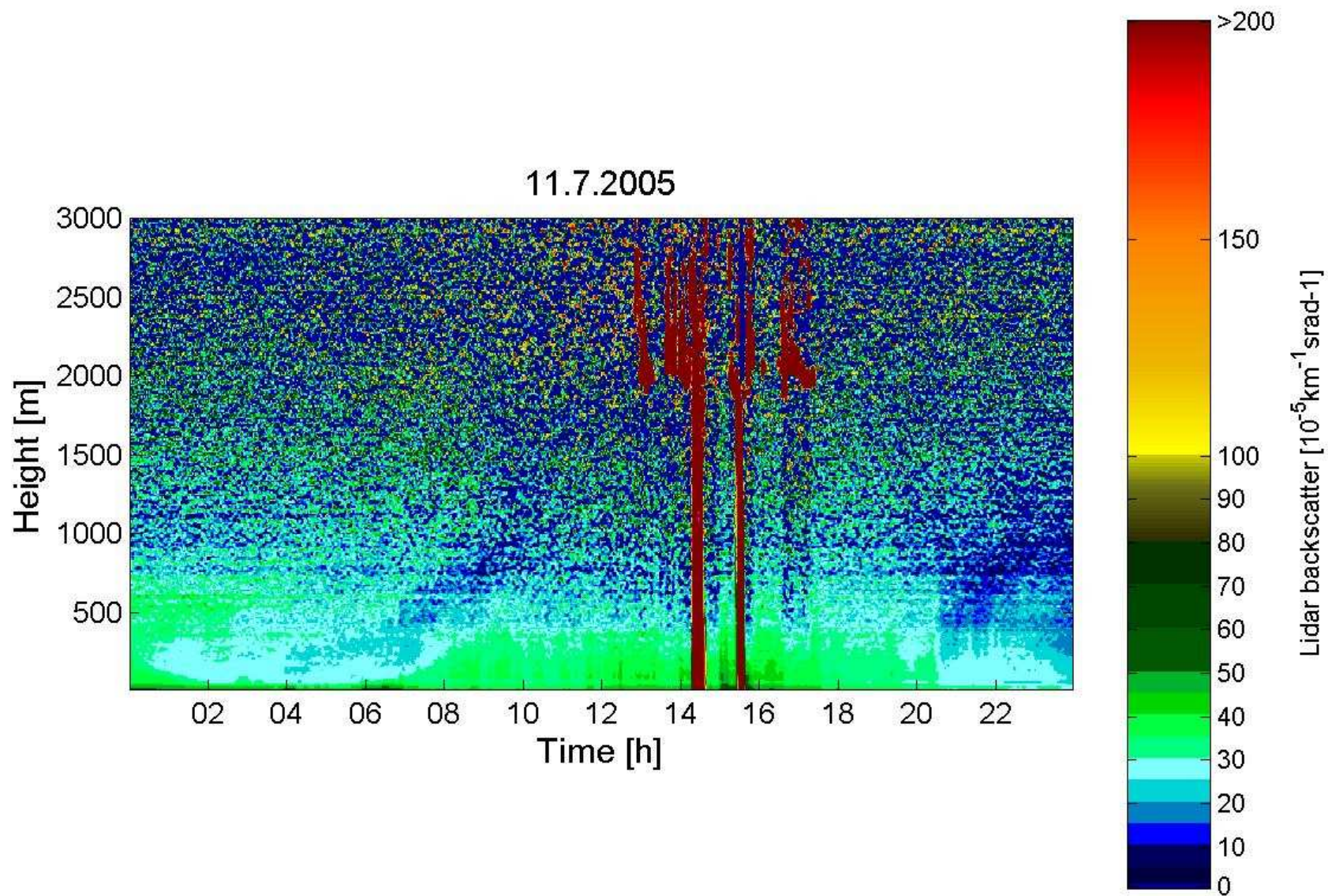
- CL31 on lähi-infrapuna-alueella (910 nm) toimiva lähes huoltovapaa ja silmäturvallinen lidar.
- Mittaus 2 s välein, mittausetäisyys (periaatteessa) pinnasta 7.7 km korkeuteen, 5 tai 10 m pystyerotuskyky.
- Aerosolit havaitaan korkeintaan 1-2 km korkeuteen.

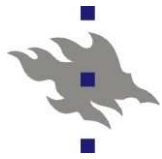
Lidar-yhtälö

$$P_r(z) = C \frac{\beta(z)}{z^2} \exp \left\{ 2 \int_0^z \sigma(z') dz' \right\}$$



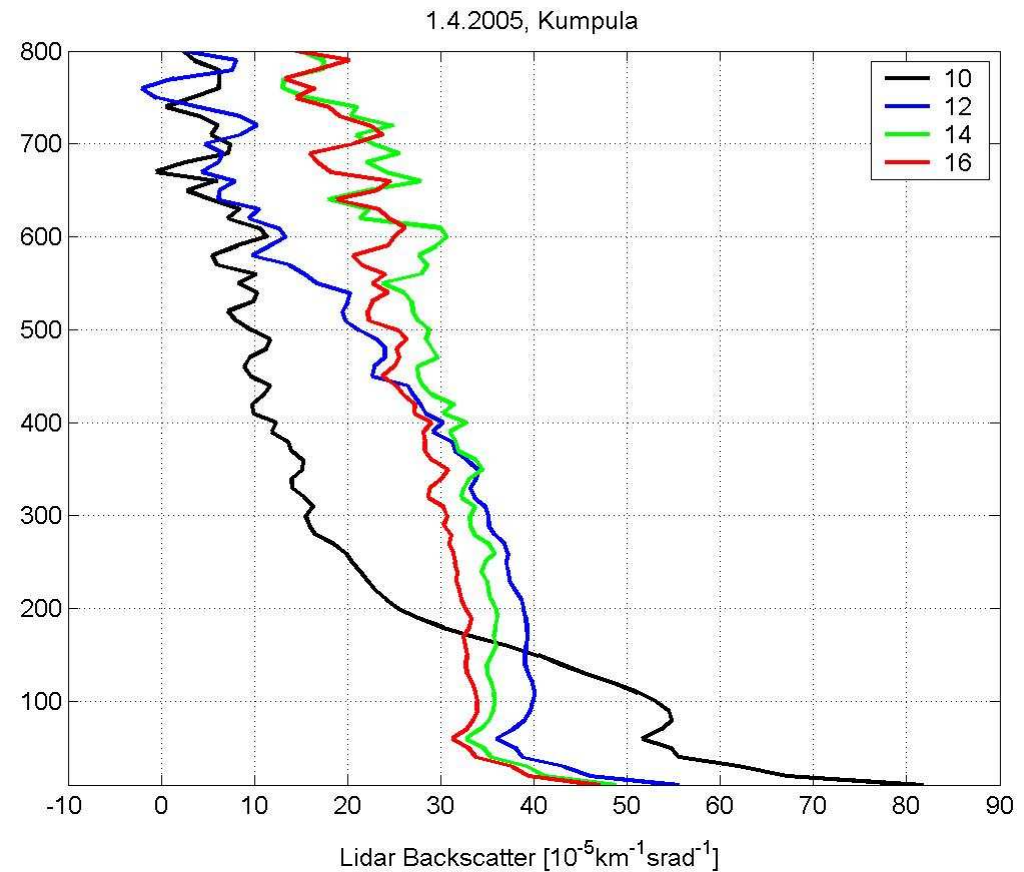
Esimerkki päivänäkymästä

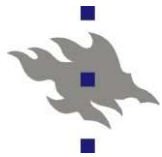




Esimerkkiprofiileja osa I: Kumpula

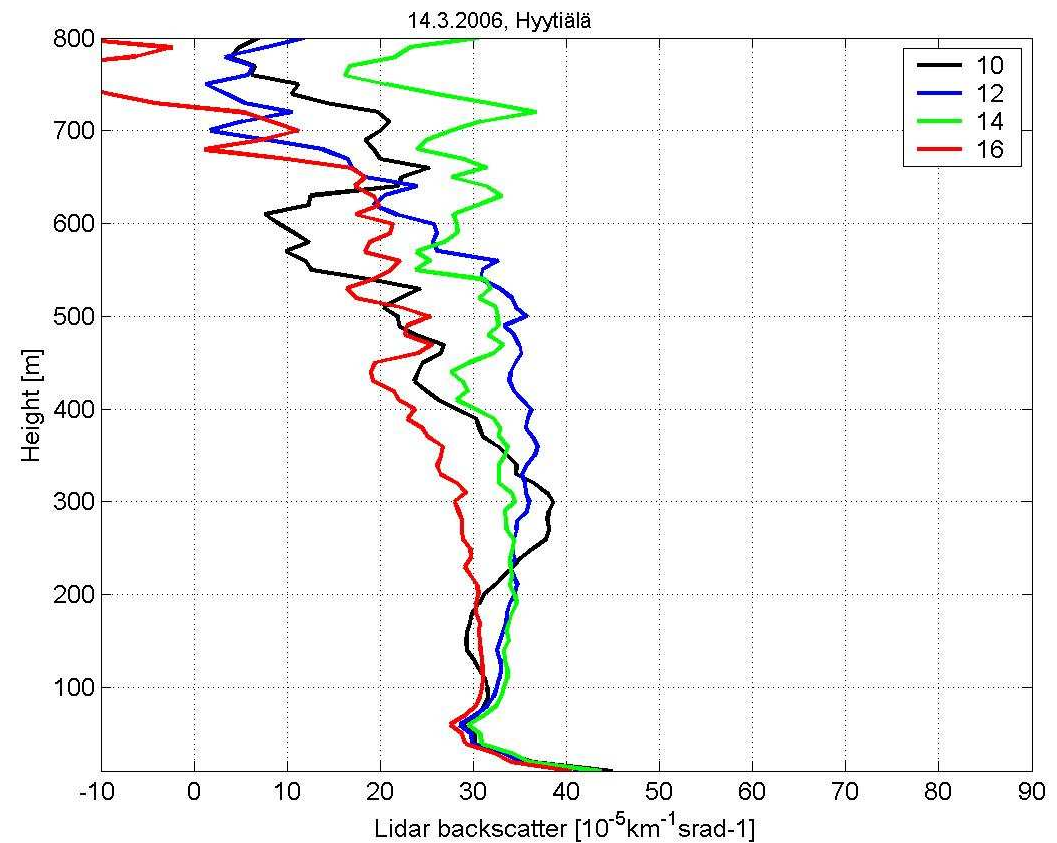
- Aamulla hiukkaset keskittyneet matalaan kerrokseen.
- Iltapäivällä sekoittuneet paksumpaan kerrokseen, jolloin pitoisuudet pinnassa laskevat.

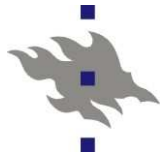




Esimerkkiprofiileja osa II: Hyytiälä

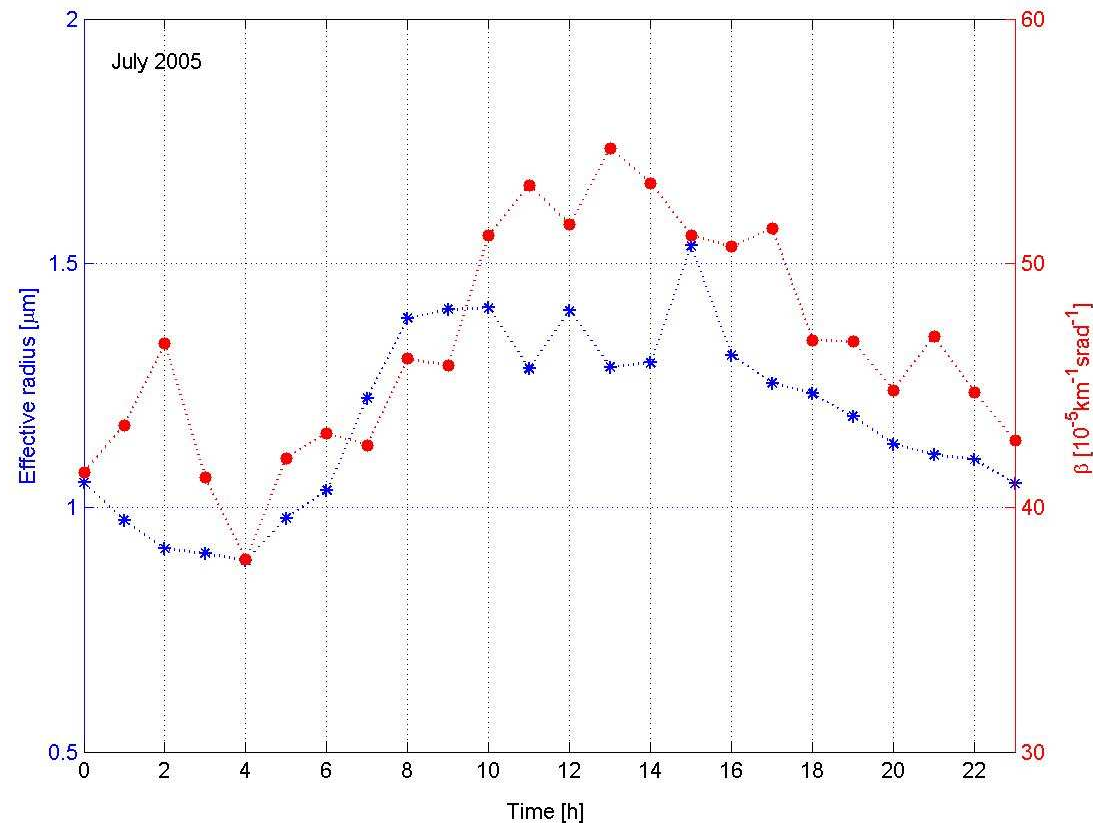
- Tausta-asemalla paljon vähemmän hiukkasia ilmassa.

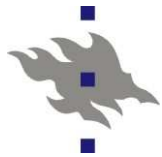




Efektiiivisen säteen ja lidar-kaiun riippuvuus vuorokaudenajasta

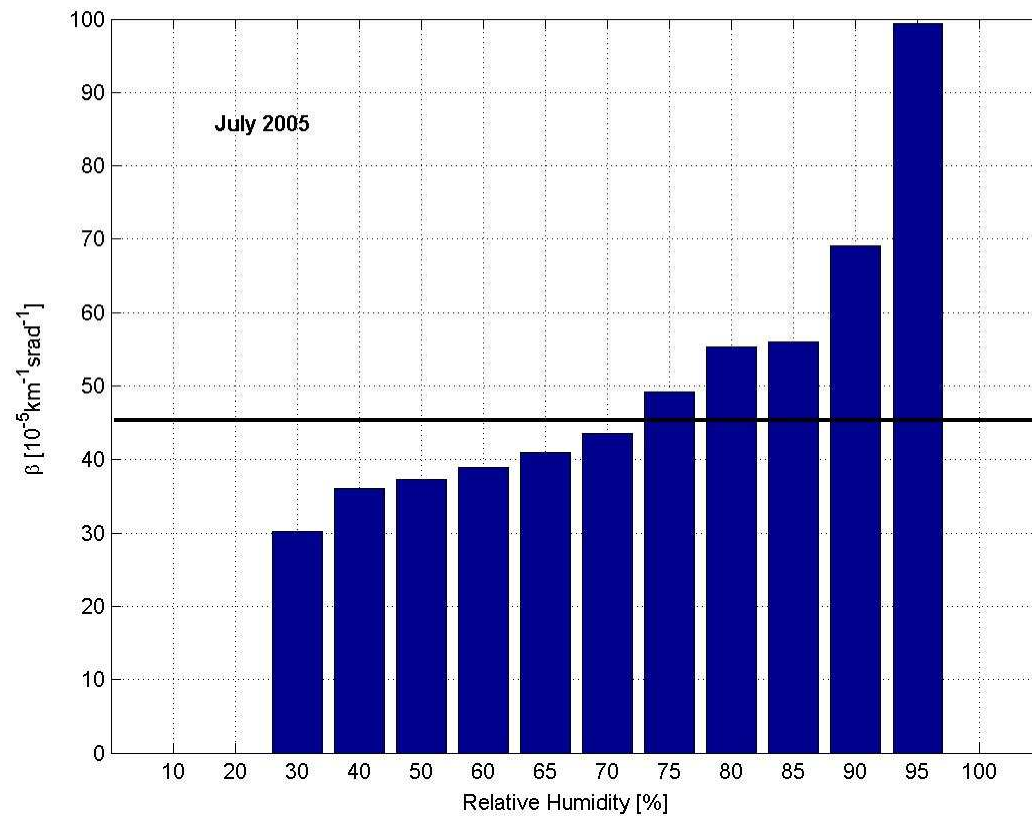
- Sekä r_{eff} :ssä että β :ssa minimi aamulla ja maksimi iltopäivällä.
- Efektiiivinen säde vaihtelee noin 50% vuorokauden aikana, β noin 30%.
- β ei riipu vain hiukkasten koosta vaan myös niiden määrästä.
- β mitattu noin 50 m ylempää.

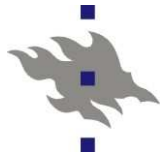




Takaisinsirontakertoimen riippuvuus RH:sta

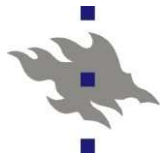
- β kasvaa kun RH kasvaa.
- Ei tarkoita että β :n muutos välttämättä johtuisi RH:n kasvusta.





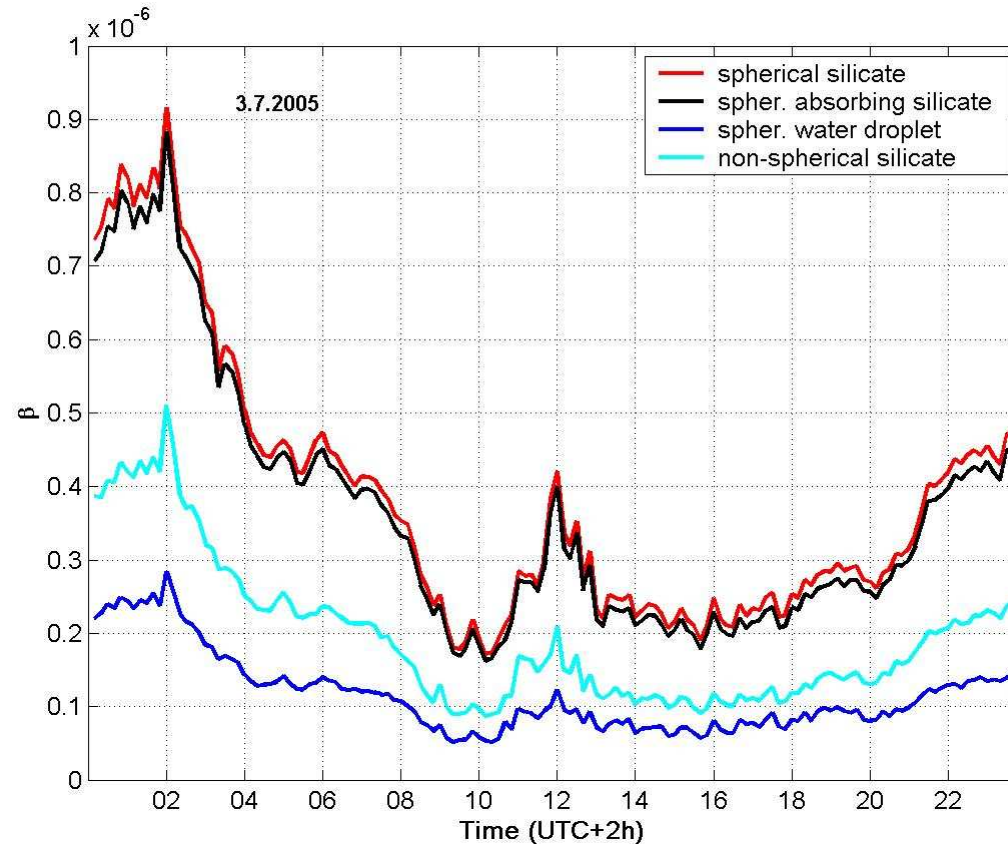
Fysikaalisesta mallituksesta

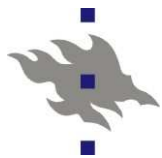
- Takaisinsironta aerosolihiukkasista riippuu oleellisesti niiden kokojakaumasta, koostumuksesta ja muodosta.
- Näiden tekijöiden vaikutusta lidar-signaaliin tutkittiin mallintamalla.
- Kuivakokojakauma pinnan tuntumassa saatiin Smear III aseman mittauksista (DMPS+APS).
- Koostumus vaikuttaa takaisinsirontaan kompleksisen taitekertoimen kautta. Taitekertoimet ei tiedossa, joten oletettiin reaaliosan olevan 1.5 tai 1.33 ja imaginääriosan 0.0 tai 0.001.
- Muodosta ei tietoa, joten oletettiin sen olevan pallomainen tai epäsäännöllinen mineraalihiukkasen kaltainen.



Takaisinsironnan riippuvuus muodosta ja koostumuksesta

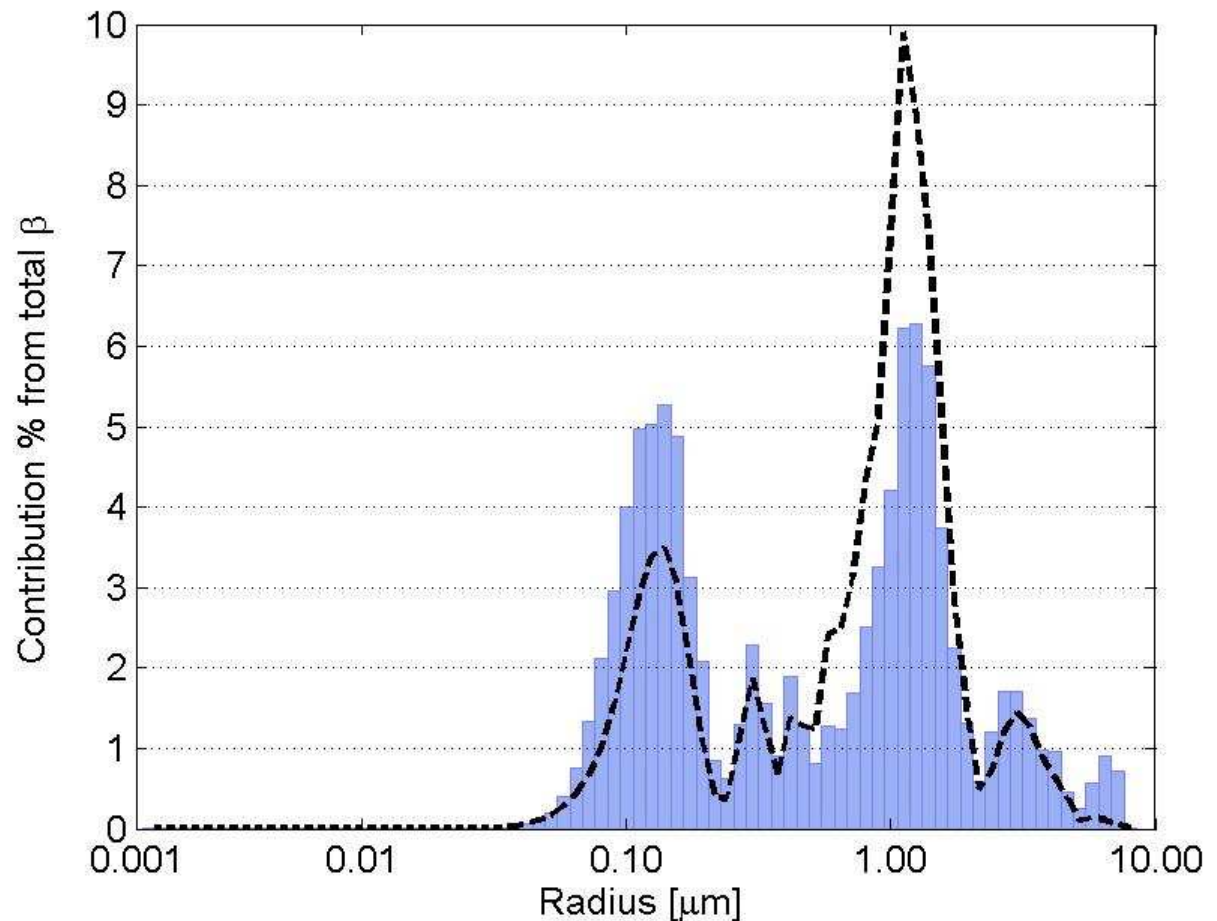
- Fysikaalinen mallitus mahdollistaa β :n muoto- ja koostumusriippuvuuden tutkimisen.
- Sekä muoto että koostumus vaikuttavat huomattavasti.
- Kokojakauma (päivänsisäinen vaihtelu) vaikuttaa myös.

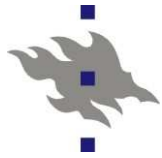




Koon vaikutus lidar-signaaliin

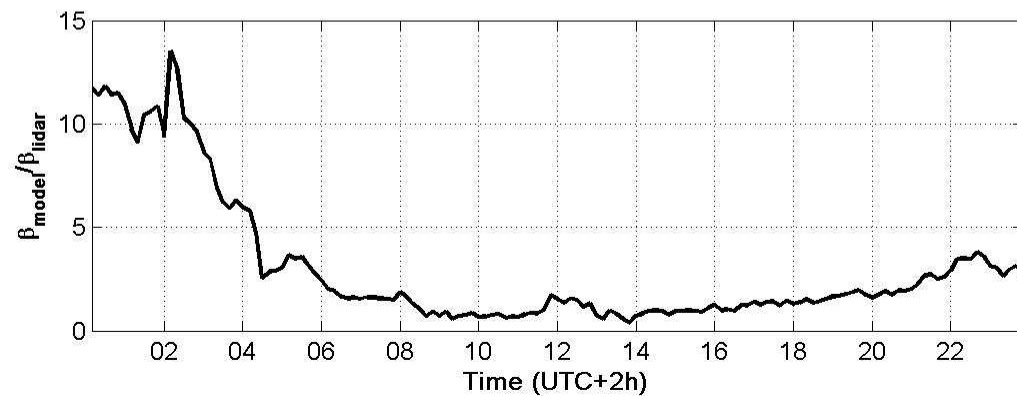
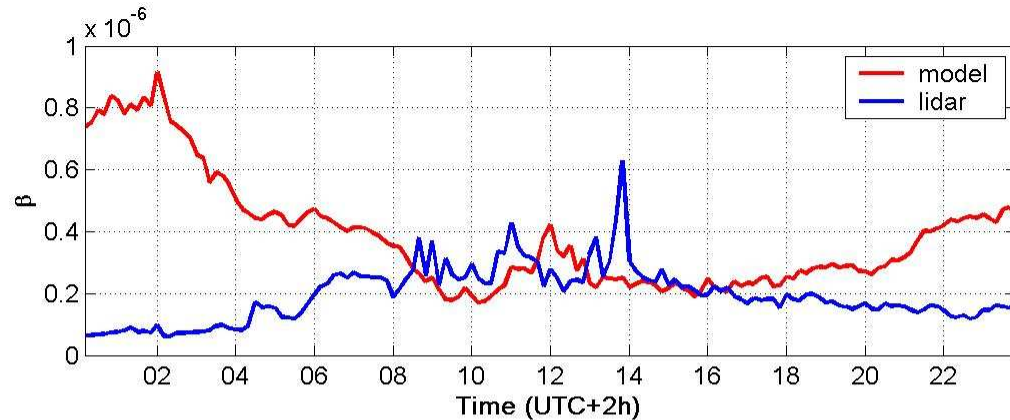
- Siniset palkit hetkellisestä (10 min) kokojakaumasta, katkoviika heinäkuun keskimääräisestä jakaumasta.
- Selvästi havaittavissa kaksi hiukkasmoodia.
- Noin puolet β :sta peräisin yli 1 μm hiukkasista.
- Alle 25 nm hiukkasia ei nähdä.

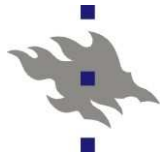




Lidar-mittauksen ja mallituksen yhteensopivuus

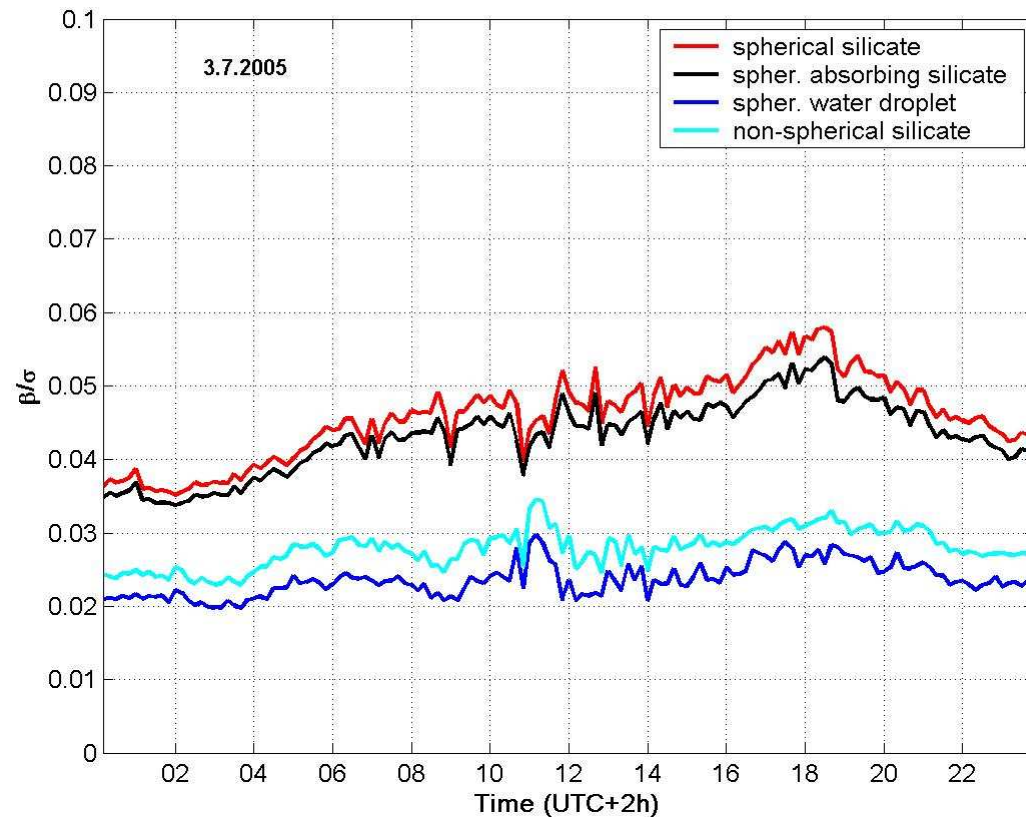
- Havaittu ja laskettu β voivat poiketa kertaluokan verran.
- Yhteensopivuus paljon parempi päiväaikaan (voimakas vertikaalinen sekoittuminen).
- Erot johtunevat paljolti siitä että pinnalla tehdyt in situ-mittaukset kokojakaumasta eivät ole edustavia lidarin mittauskorkeudella.

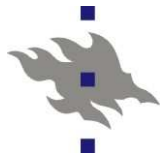




Takaisinsironnan ja vaimenemisen suhteesta

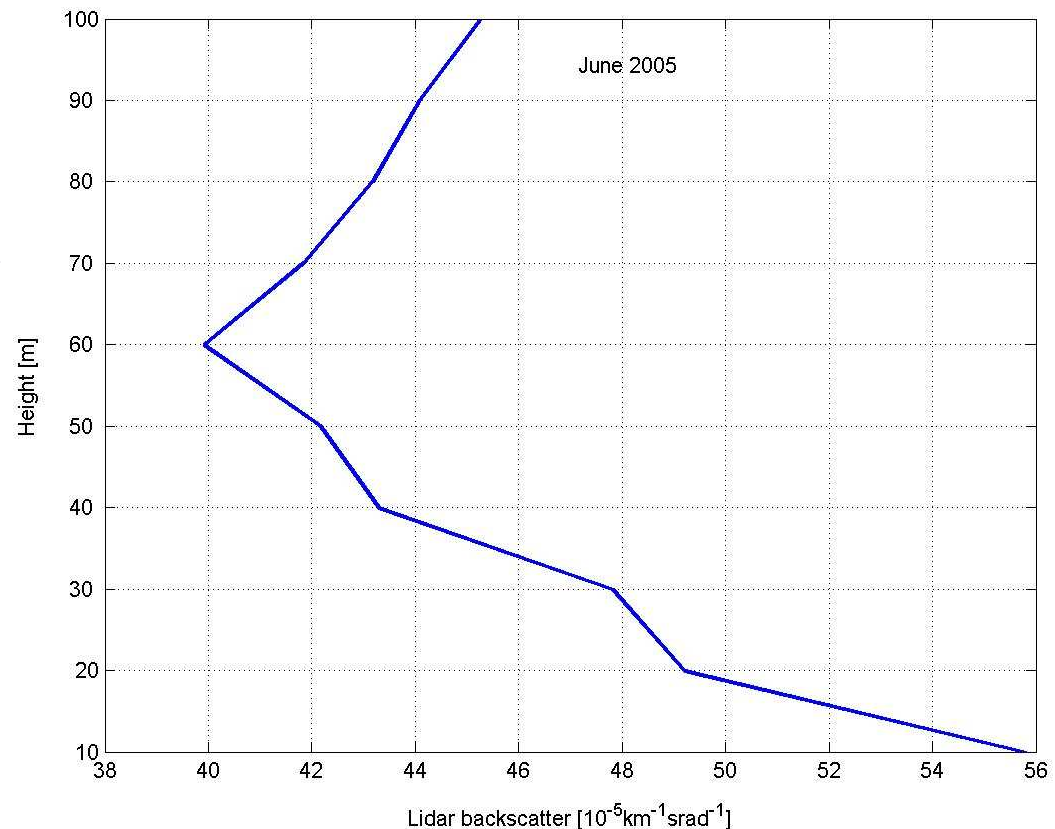
- Fysikaalinen mallitus mahdollistaa β :n ja σ :n suhteen laskemisen.
- Sekä muoto että koostumus vaikuttavat huomattavasti.
- Kokojakauma (päivänsisäinen vaihtelu) vaikuttaa myös.

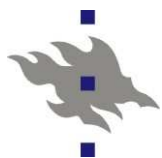




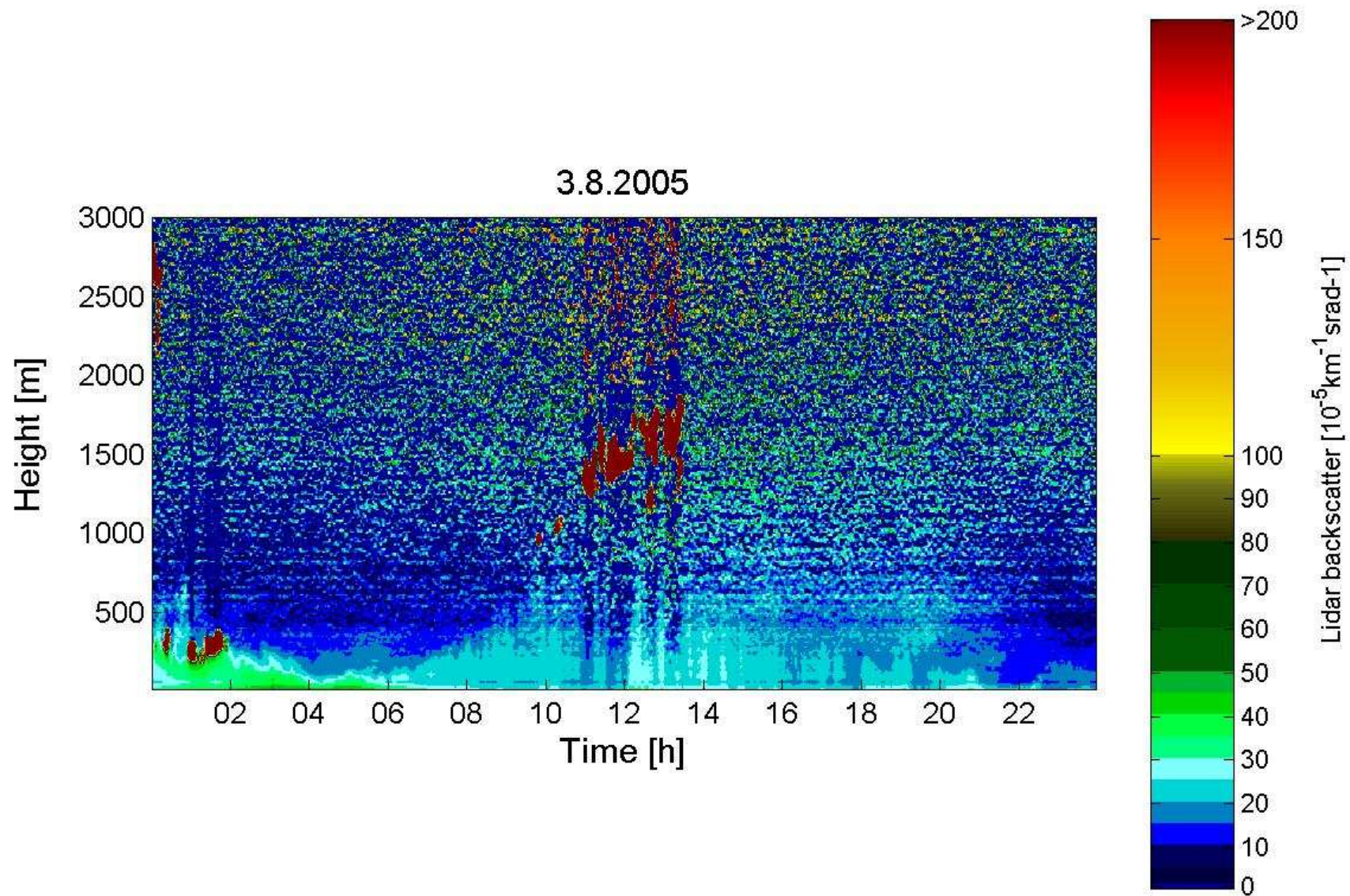
Ongelmia osa I: overlap-funktio?

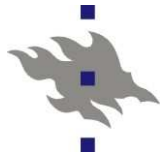
- Profiileissa esiintyy maanpinnan tuntumassa (epärealistinen) minimi.
- Liittyy todennäköisesti ns. overlap-korjaukseen.
- Alakerran havaitut kaiut voivat olla kertoimella ~ 2 liian pieniä.
- Lisäksi ns. ringing-efekti.





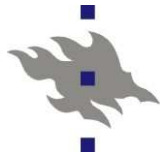
Ongelmia osa II: taustasäteilyn korjaus?





Yhteenveto

- CL31 ceilometri näkee hiukkaset noin 1 km korkeuteen (kaupunkiolosuhteissa).
- Sade, sumu ja pilvet sirottavat paljon voimakkaammin kuin hiukkaset.
- Lidar-kaiusta voidaan todeta mm.:
 - samanlainen vuorokausivaihtelu kuin hiukkasten efektiivisellä säteellä (korreloi tilavuuden kanssa).
 - hyvin pieni kontribuutio pienistä ($r < 25$ nm) hiukkasista.
 - ilmeisesti reagoi hygroskooppiseen kasvuun.
 - riippuu huomattavasti hiukkasten muodosta ja koostumuksesta.
 - ~ennustettavissa hiukkasten kokojakaumasta.



Yhteenveto (2)

■ Eriasteisia ongelmia kuitenkin mm.:

- Mitatun ja lasketun takaisinsironnan erot.
- Ceilometrin mittauskyky alimmassa 100 metrissä.
- Kirkkaiden taustojen aiheuttamat häiriöt mittauksiin.

■ Tulevaisuudessa huomioitavia asioita mm.:

- In situ- ja kaukomittaukset samasta tilavuudesta.
- Riippumatonta informaatiota muodosta ja koostumuksesta.
- Vaimentumiskorjatut ([vesihöyrytieto](#)) profiilit.