



# Ilmaradarid – mis need on ja milleks neid kasutada

Tanel Voormansik

Tartu  
26.11.2021

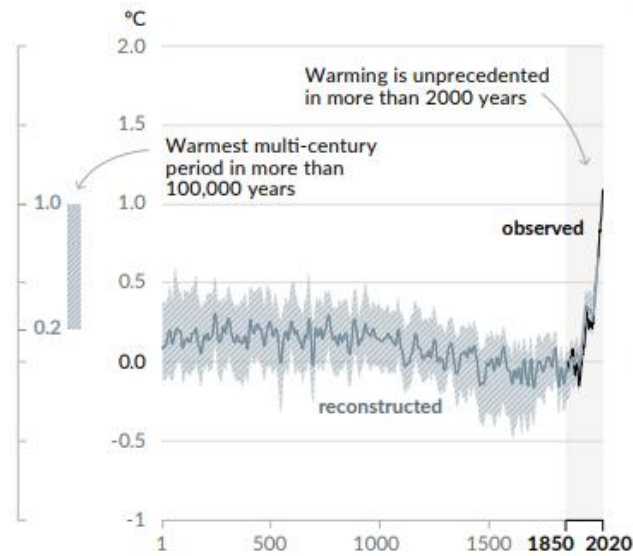
# Ettekande kava

- Milleks meile ilmaradar
- Radari tööpõhimõtted
- Andmete interpreteerimisest
- Näiteid ja juhtumeid

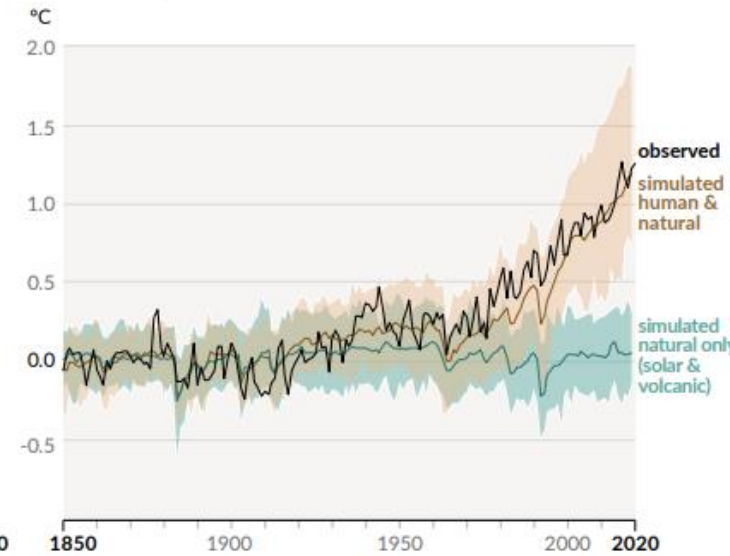
# Motivatsioon

- Kliima soojeneb ja inimese osa selles on leidnud üha tugevamat kinnitust (IPCC AR6, 2021)
- Enim mõjutatud piirkondade hulka kuuluvad kõrgemad laiuskraadid
- Läänemere piirkonnas kuni 20% rohkem sademeid (järgmised 80 a)
- Sademete jaotumine ebaühtlasem -> rohkem ekstreemseid sademeid, aga ka põudasid

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)



[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)

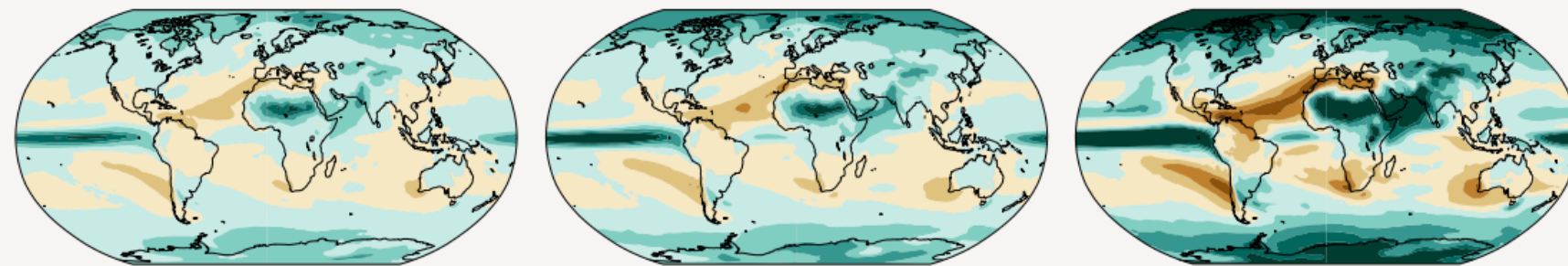
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

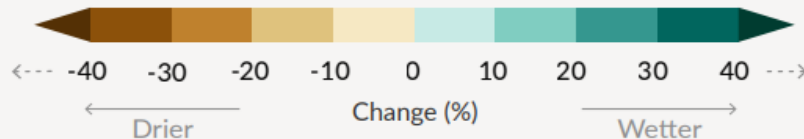
Simulated change at 1.5 °C global warming

Simulated change at 2 °C global warming

Simulated change at 4 °C global warming



Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)

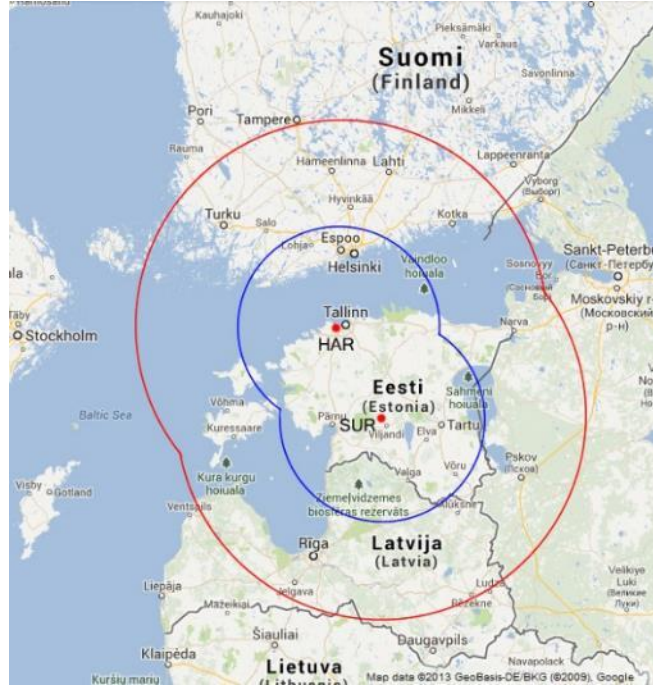
# Motivatsioon

- Hoolimata kaugseire arengust on sademete andmed siiani üks nõrgemaid lülisid Maa veeringe kirjeldamises
- Sademete jaotumine on märkimisväärselt ebaühtlasem muudest meteoelementidest
- Ebatäpsed sademeväljad -> madal ennustustäpsus
  
- Satelliitandmed ei ole piisava lahutusvõimega, eriti kõrgematel laiuskraadidel
- Radariandmed on suurepärase ajalise ja ruumilise lahutusvõimega, samas on probleemiks tehnika heterogeensus (kalibratsioon, andmekvaliteet)
- Maapealsete mõõtmiste tähtsus ei kao kuhugi -> vaja tihedat võrgustikku ja pikki aegridu

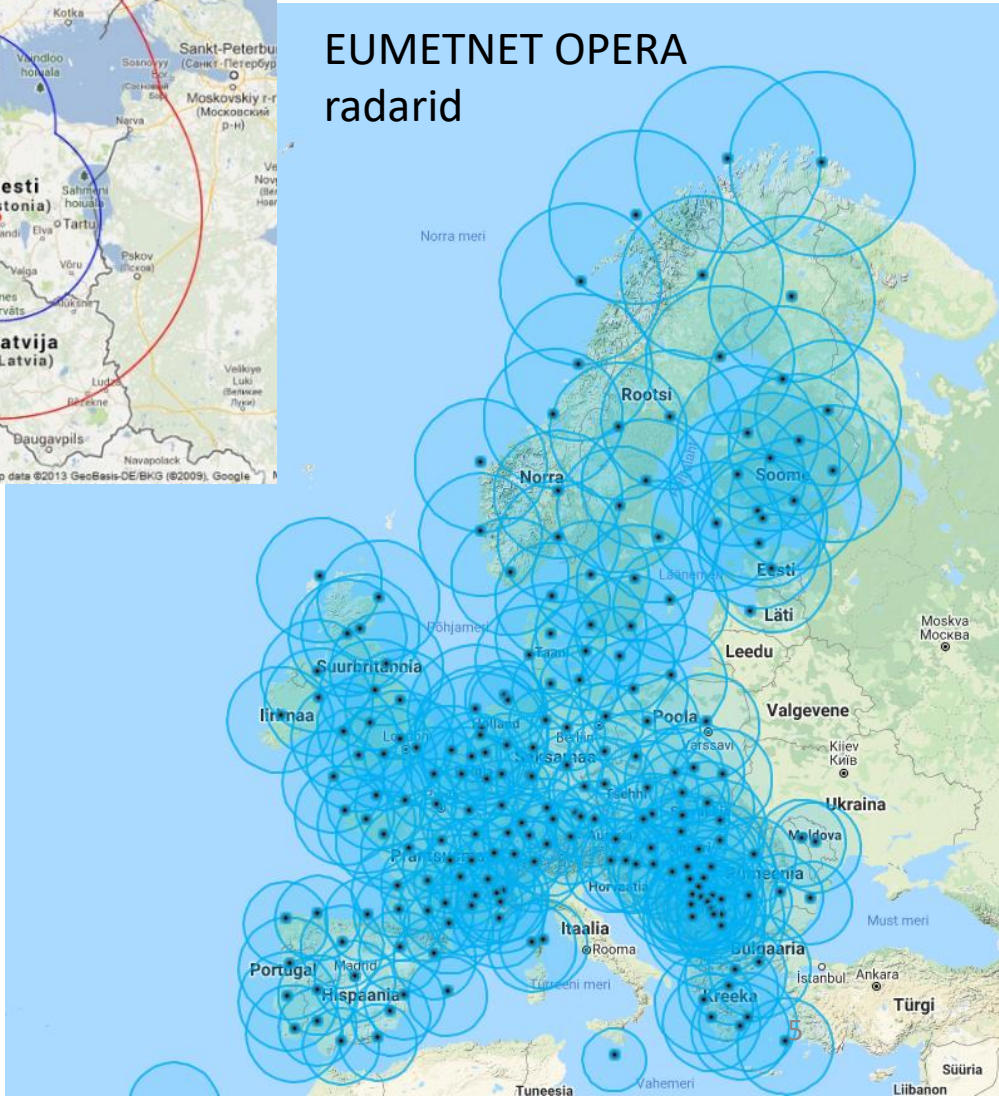
Harku radar



Eesti ilmaradarite mõõteulatus



EUMETNET OPERA radarid



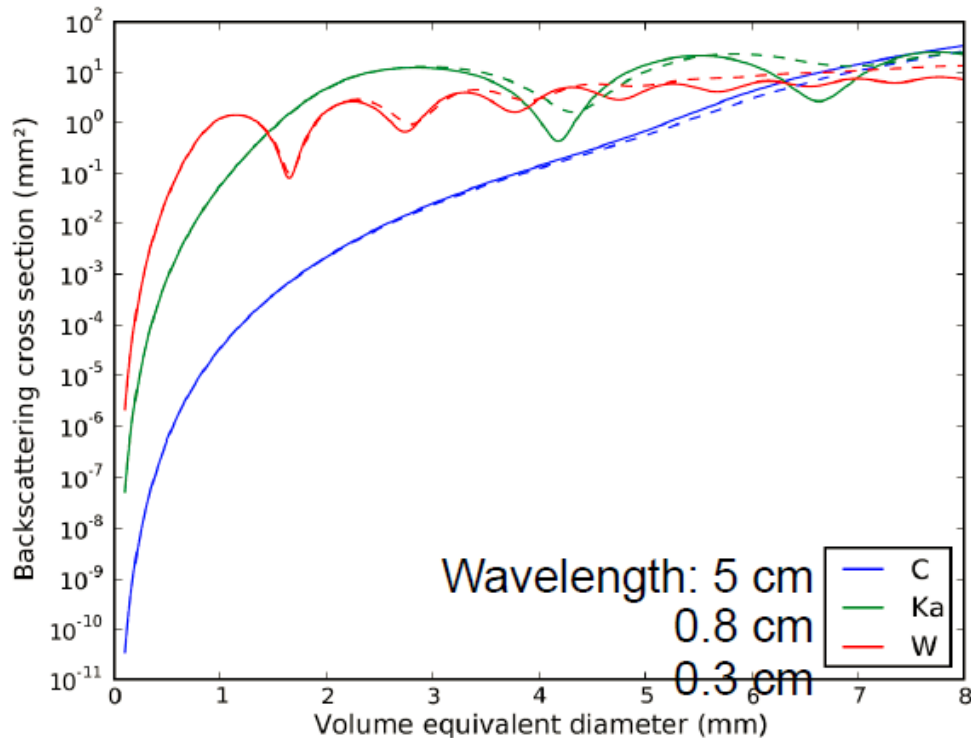
Sürgavere radar



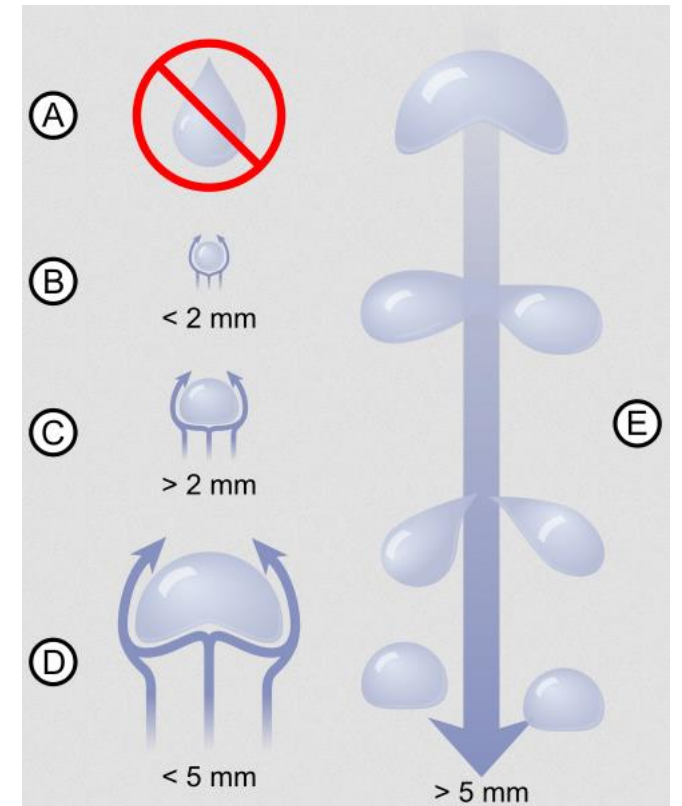


# Mida ilmaradar meile näitab?

- C-riba ilmaradar pilvi ei „näe“ (tüüpilise pilvepiisa  $D = 0.002 \text{ mm}$ )
- Veeosake peab olema vähemalt ca  $D = 0.1 \text{ mm}$ , et see oleks radarile „nähtav“



Rayleigh hajumine C-riba puhul kehtiv ca  $D = 0.1\text{-}10 \text{ mm}$  (peegeldunud signaali tugevus on lineaarses sõltuvuses osakese suurusega)



- Pilvede uurimiseks eraldi nn pilveradarid (<3 cm lainepikkused, nt K<sub>a</sub> ja W-riba)

# Radari tööpõhimõtted – mida ilmaradar meile näitab?

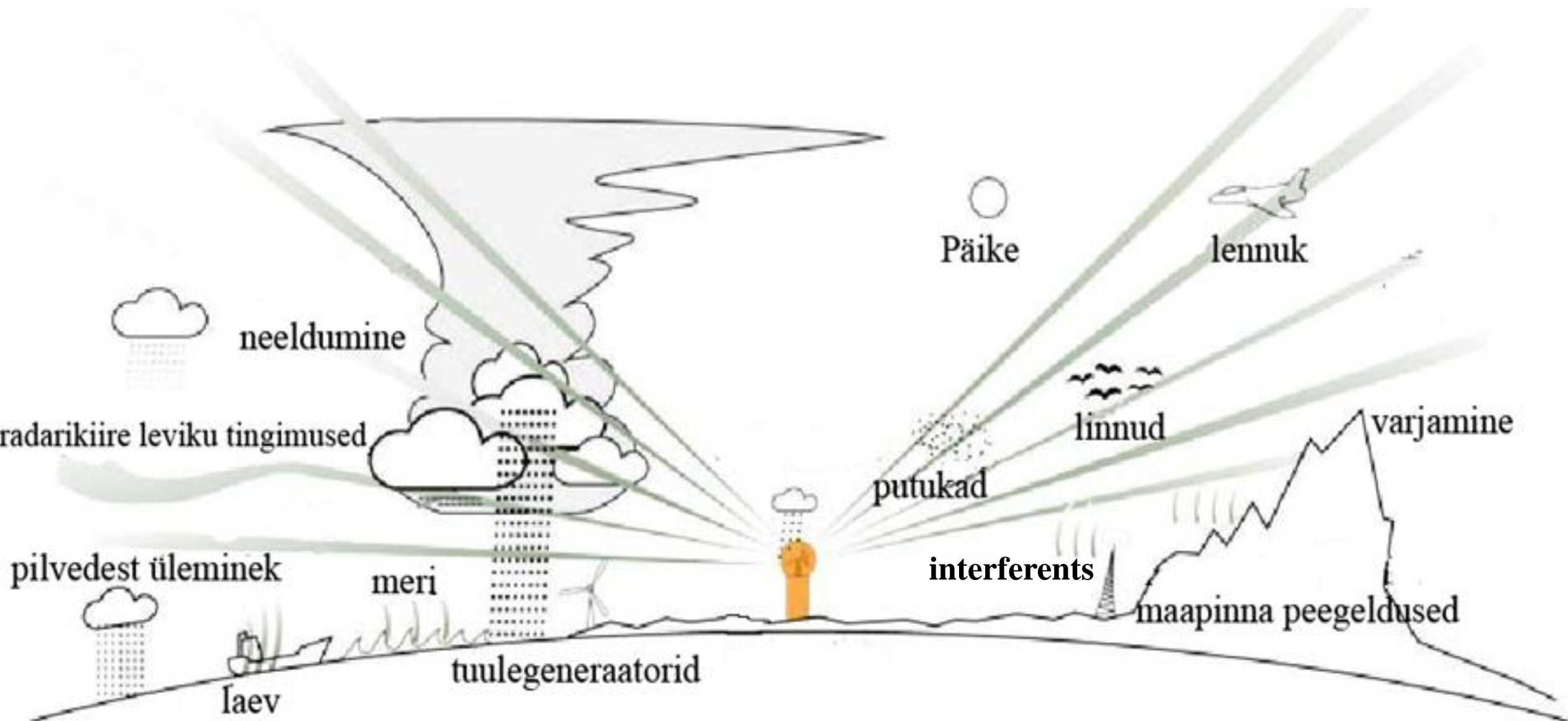
- Sademete info on kaudne
- Radar mõõdab peegelduvust ( $Z$ ) – saadetud ja vastuvõetud elektromagnetlainete võimsuste suhet.
- Väärtuste suure varieeruvuse tõttu ühik logaritmilises skaalas, **dBZ**.
- Peegelduvusest ( $Z$ ) saadakse sajuintensiivsus ( $R$ ) läbi empiirilise seose  $Z = aR^b$ . Levinuim  $Z = 200R^{1.6}$  (Marshall-Palmer (1948))

Reflectivity in dBZ versus Rainrate

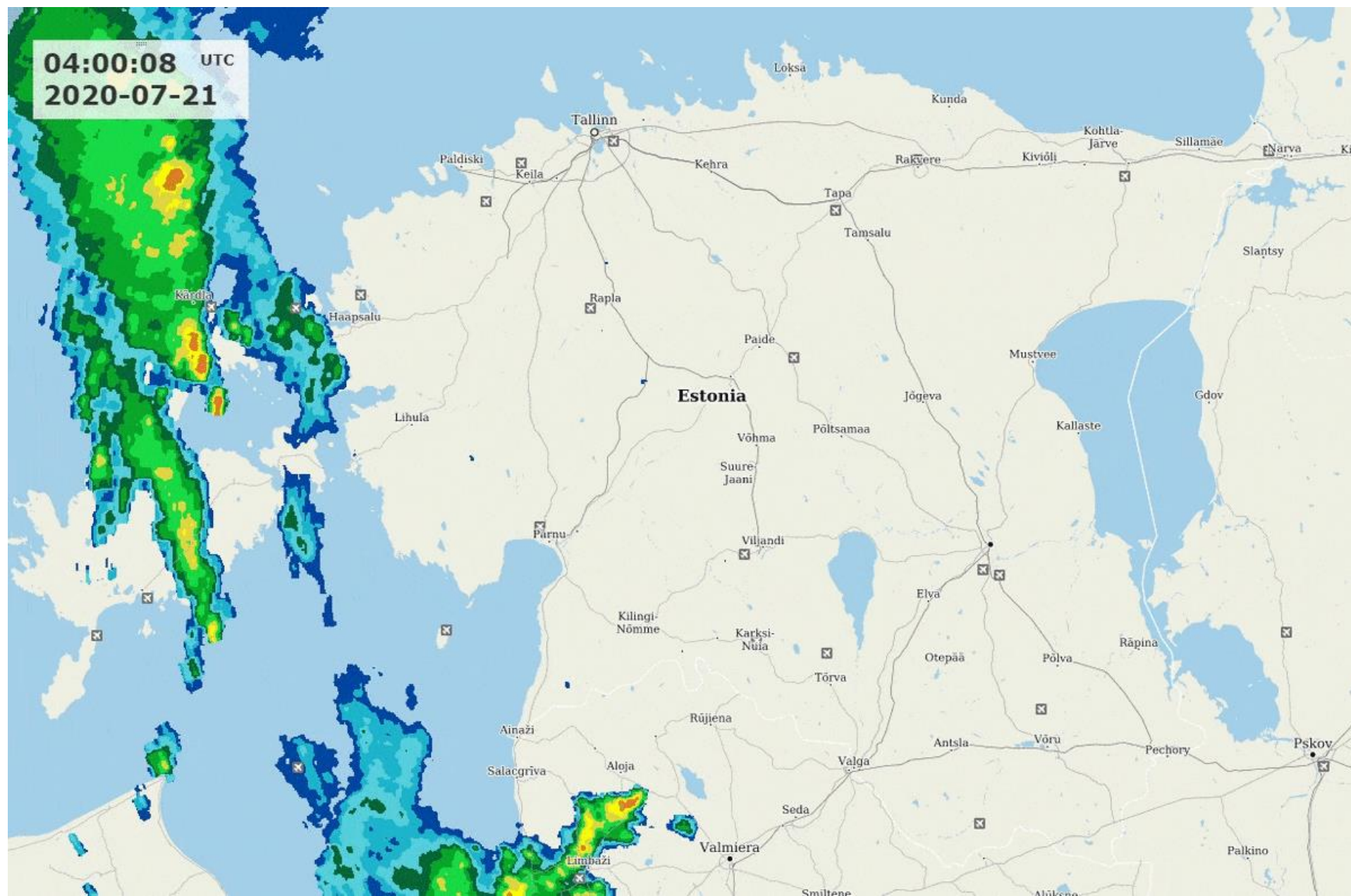
$L_Z$ (dBZ)	$R$ (mm/h)	$R$ (in/h)	Intensity
5	0.07	< 0.01	Hardly noticeable
10	0.15	< 0.01	Light mist
15	0.3	0.01	Mist
20	0.6	0.02	Very light
25	1.3	0.05	Light
30	2.7	0.10	Light to moderate
35	5.6	0.22	Moderate rain
40	11.53	0.45	Moderate rain
45	23.7	0.92	Moderate to heavy
50	48.6	1.90	Heavy
55	100	4	Very heavy/small hail
60	205	8	Extreme/moderate hail
65	421	16.6	Extreme/large hail

[https://en.wikipedia.org/wiki/DBZ\\_\(meteorology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/DBZ_(meteorology))

# Andmeid mõjutavad faktorid

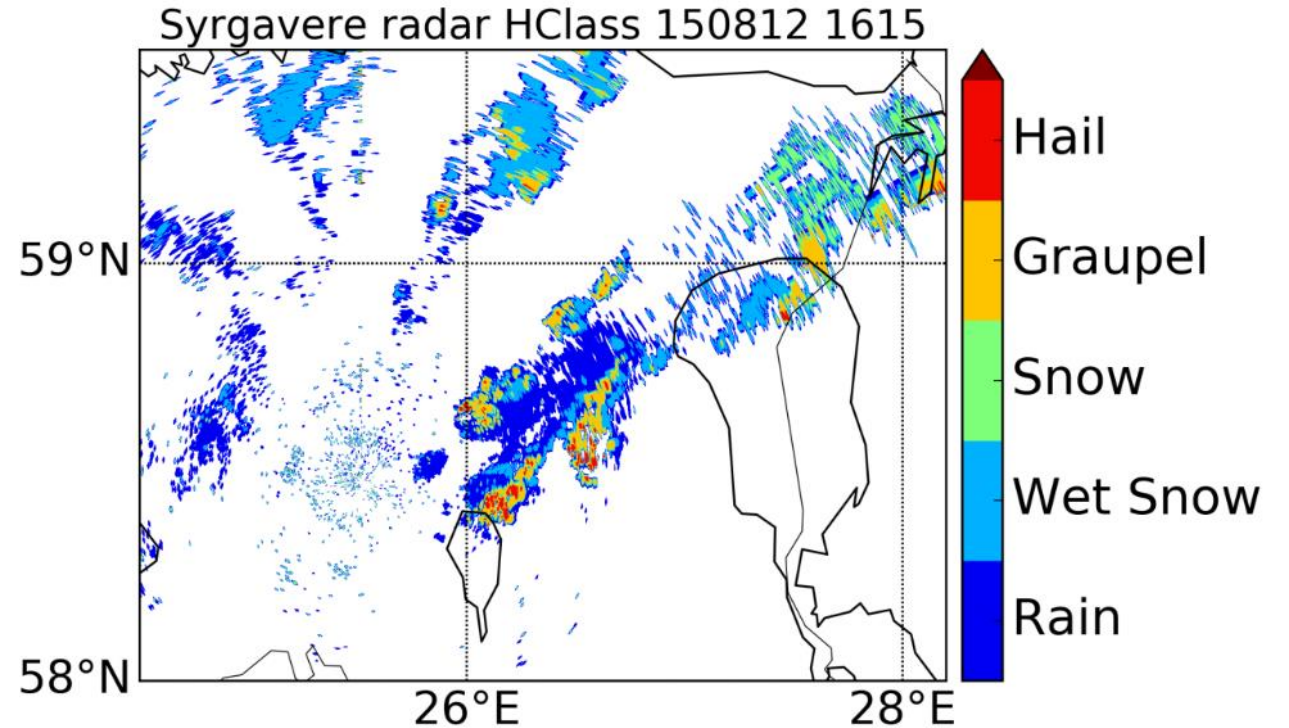
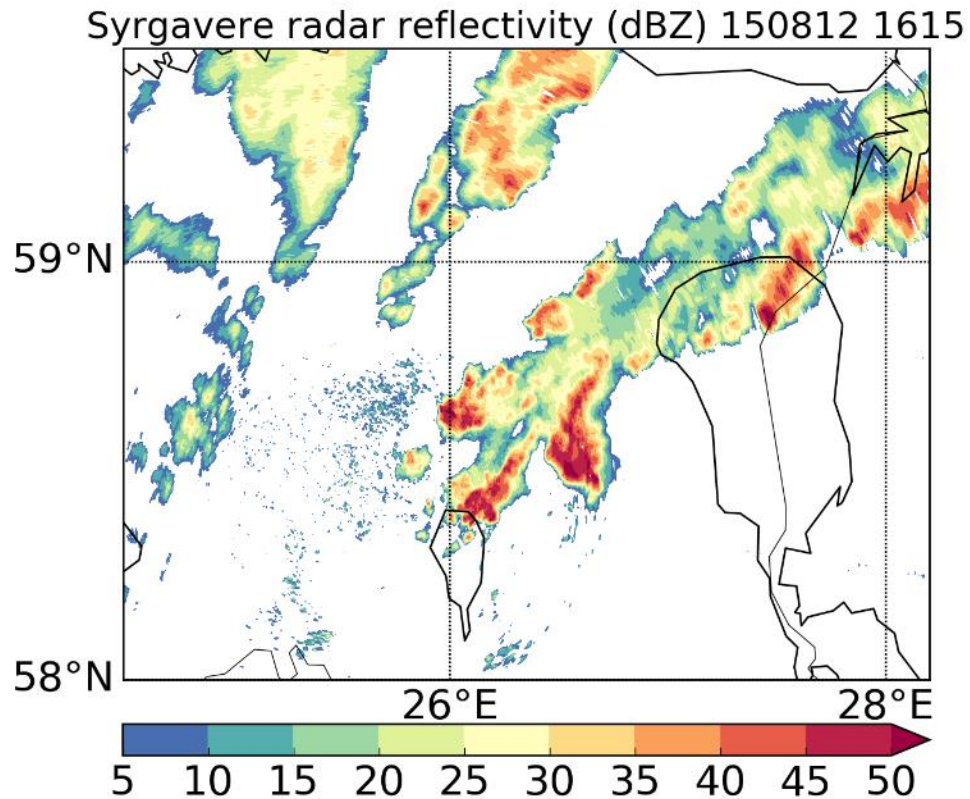


# Suurimad eelised väikesemõõtmeliste ja kiirelt arenevate sadude korral

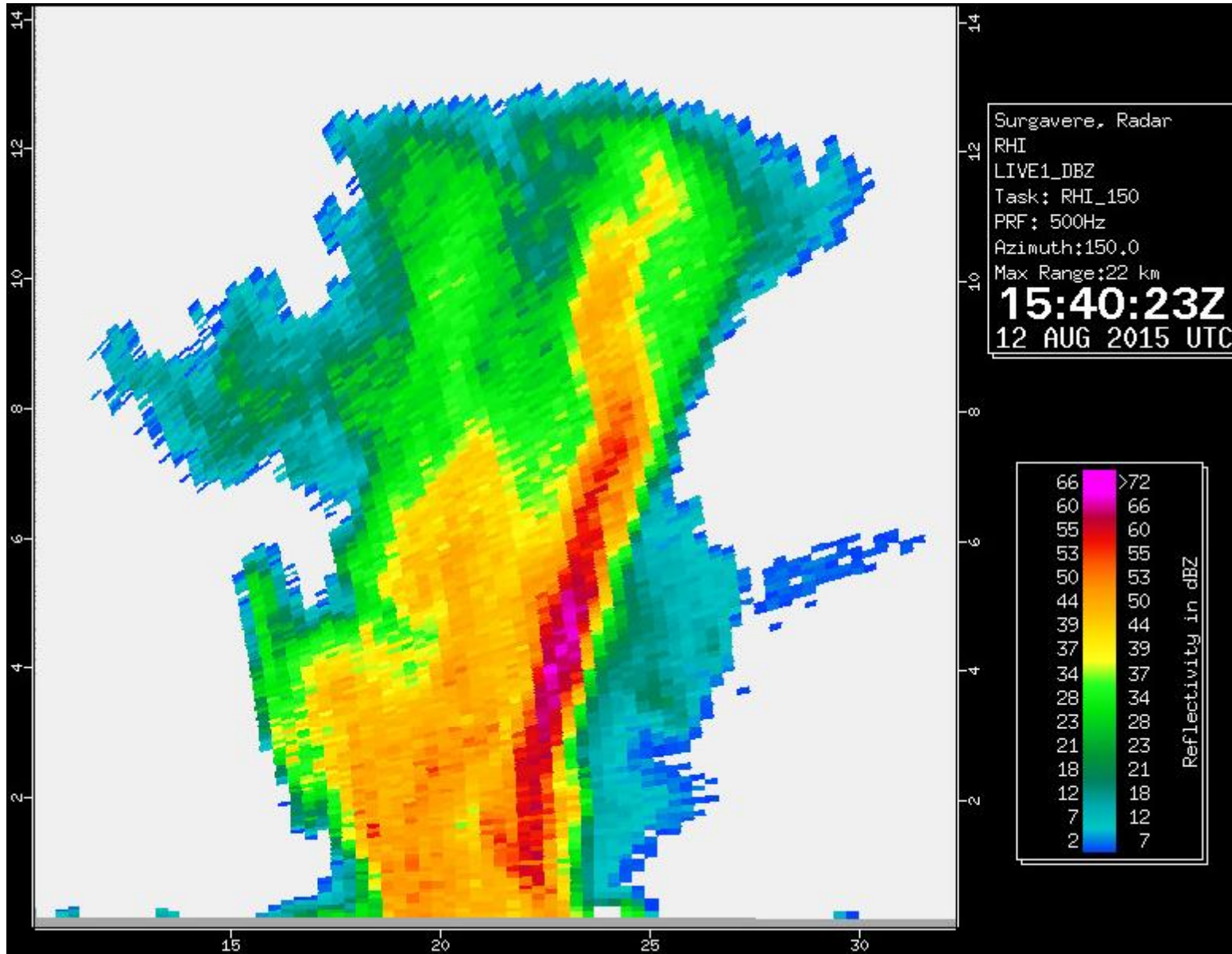




# Äikesetormid koos tugeva rahega 12.08.2015



# Läbilõikeskaneering (RHI) ühest tormist 12.08.2015



- 13 km kõrge
- 60-70 dBZ  
4-5 km kõrgusel

# Tugev rahe ja sellest tingitud kahjustused mitmel pool Kesk- ja Lõuna-Eestis 12.08.2015



<http://m.delfi.ee/galeriid/?id=159609#ldgs=dgsee-159609:3biYYzZxKEMACPapz3rTK3>



[http://2.bp.blogspot.com/-r3QQUAAP7jY/Vc2flzGmS3I/AAAAAAAAIr0/zFyQG7KRVCY/s1600/24244817Of69e8\\_o.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-r3QQUAAP7jY/Vc2flzGmS3I/AAAAAAAAIr0/zFyQG7KRVCY/s1600/24244817Of69e8_o.jpg)

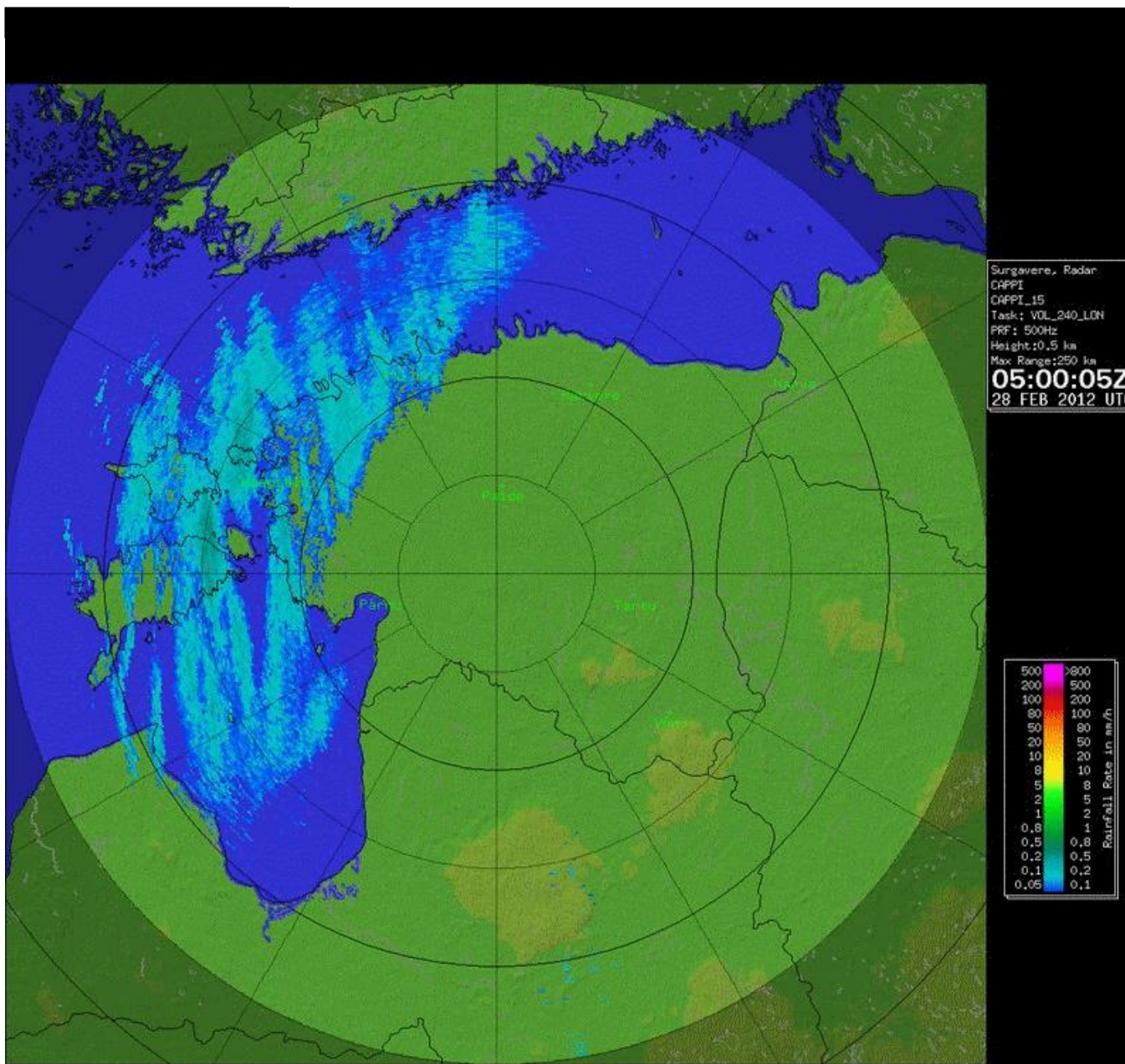


<http://tartu.postimees.ee/3292309/lugeja-pildid-ja-videod-tartumaal-sadas-paksu-rahet/4372759>

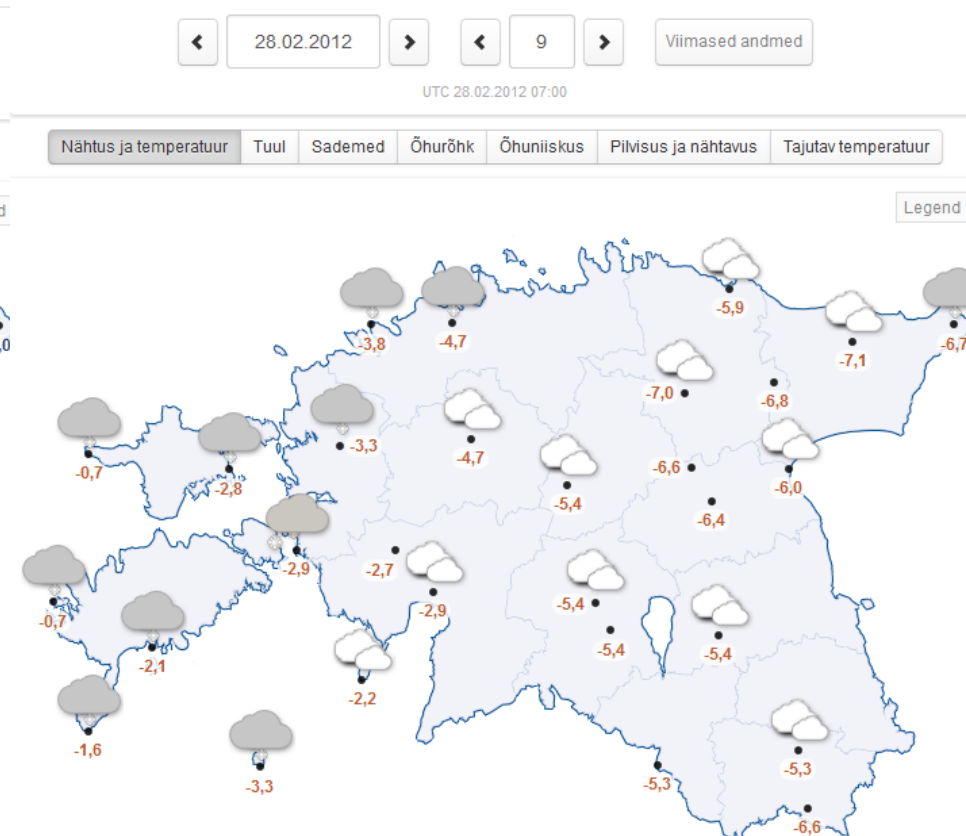
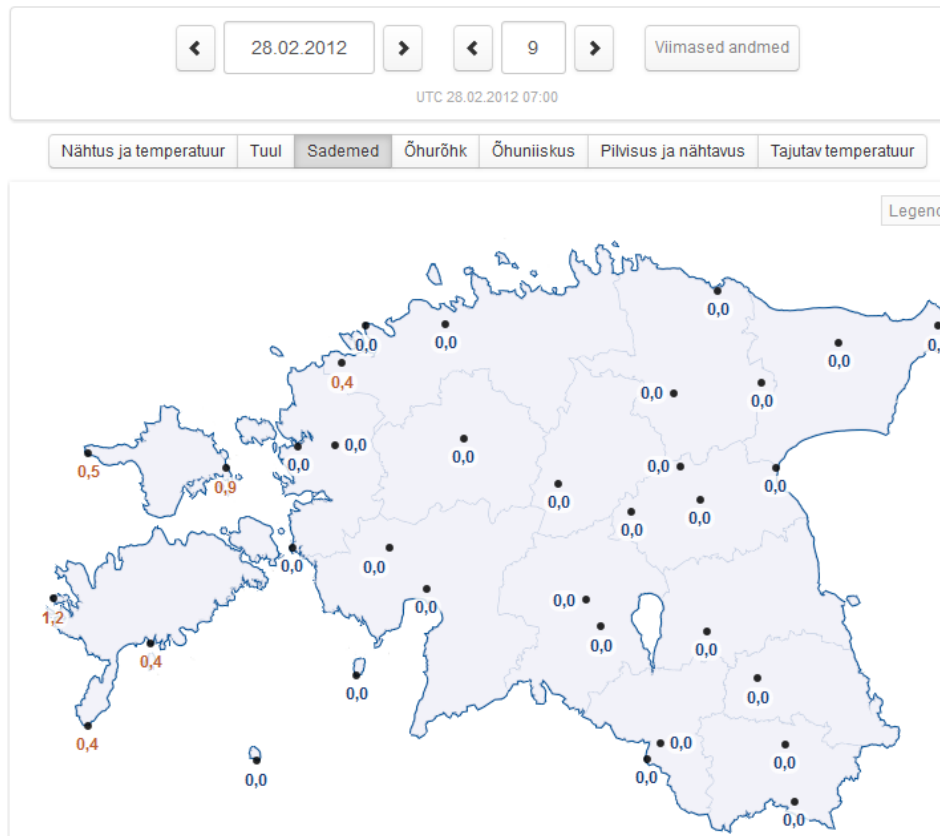


[http://2.bp.blogspot.com/-22Vx9F\\_TeUk/VcxiFnY7uII/AAAAAAAAIqA/9s38DTB\\_R\\_E/s1600/11886142\\_10203520900261615\\_709153417692353045\\_o.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-22Vx9F_TeUk/VcxiFnY7uII/AAAAAAAAIqA/9s38DTB_R_E/s1600/11886142_10203520900261615_709153417692353045_o.jpg)

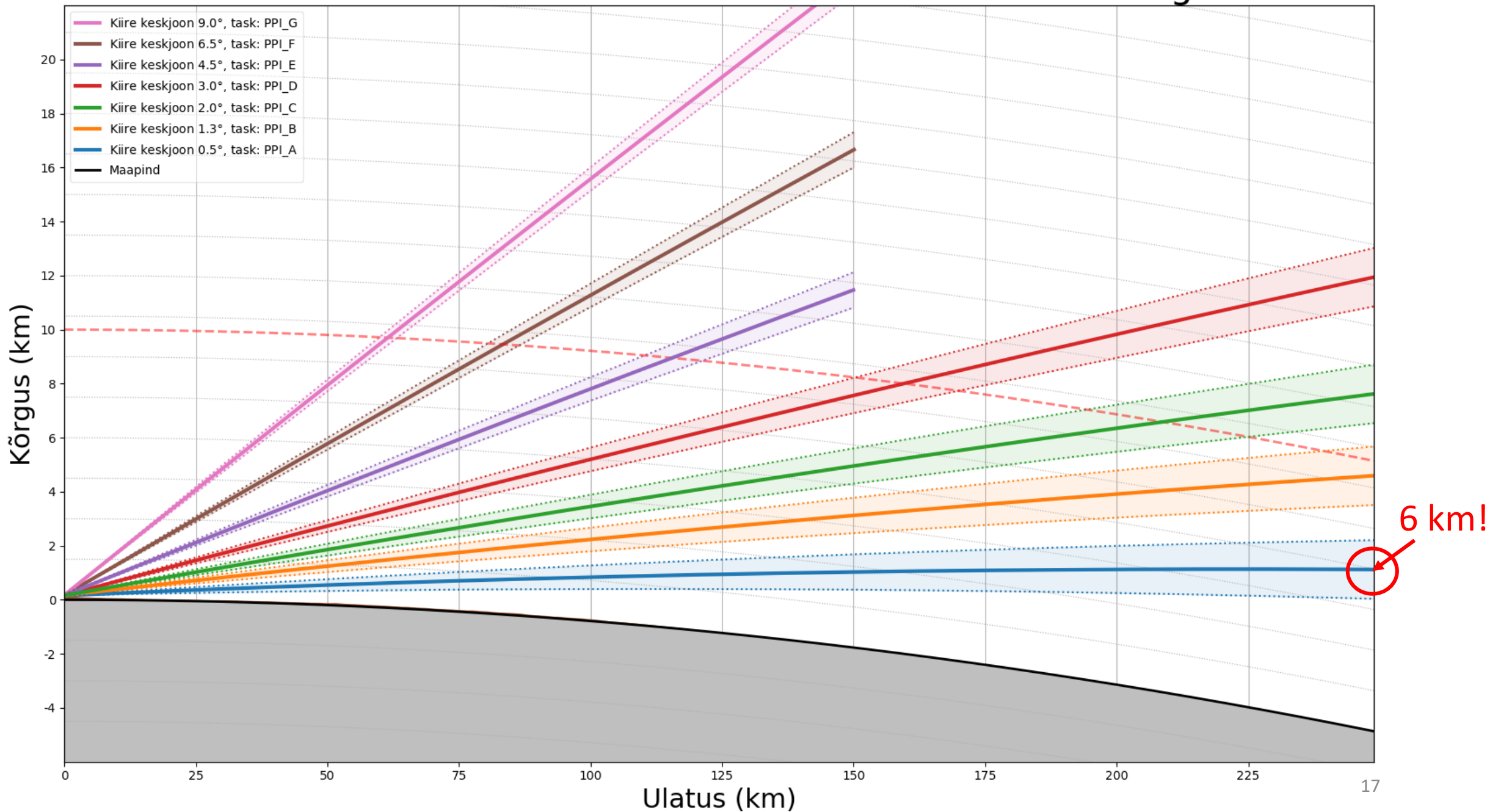
Miks radar talvel sadusid nõrgemalt näitab ja kaugemid sadusid üldse ei näe?



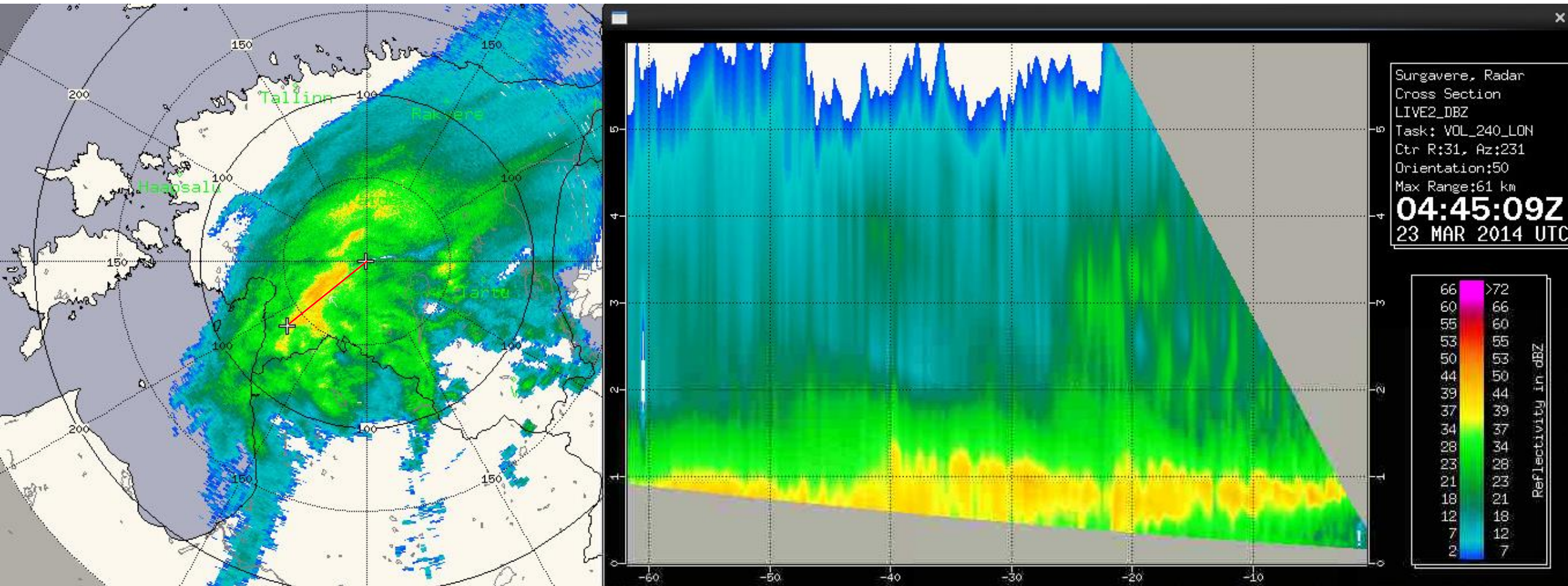
# Miks radar talvel sadusid nõrgemalt näitab ja kaugeid sadusid üldse ei näe?



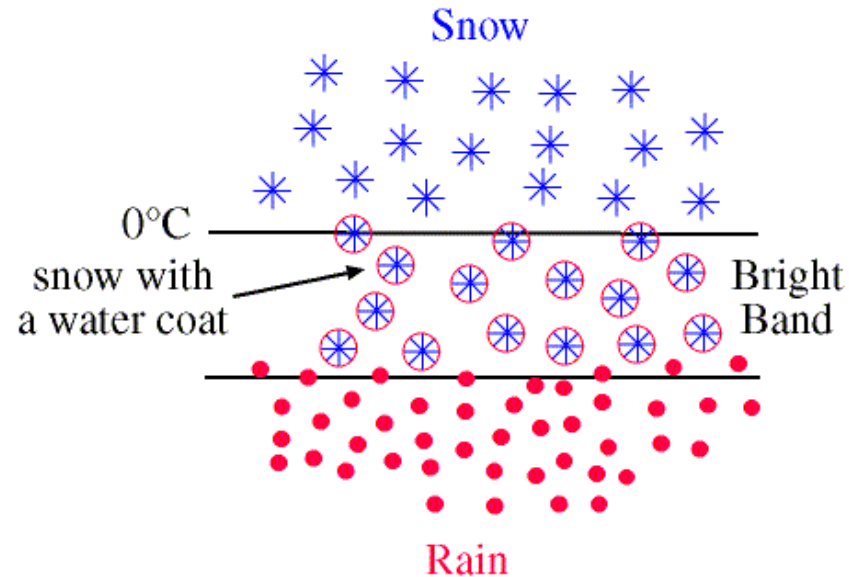
# Kiirte teoreetilised levimise suunad. Pikk skaneering



# Kas radari ümbruses ongi sadu tugevam?



# Heleriba (*bright band*)



Vedel vesi on radari jaoks palju parem peegeldaja kui jää, sest:

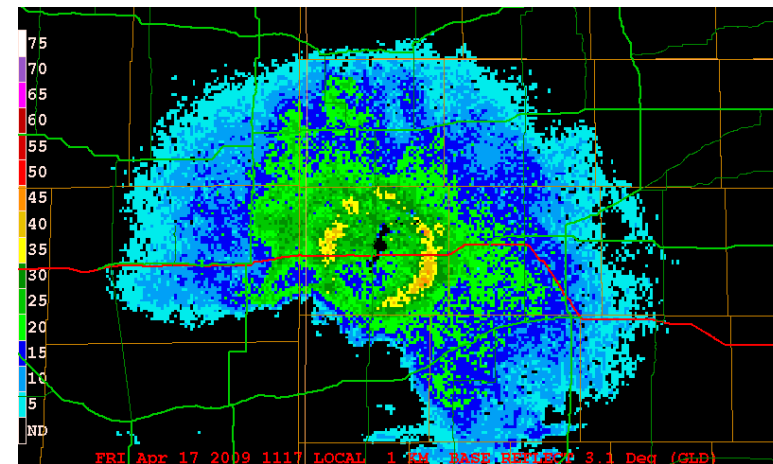
**Dielektriline konstant K,**

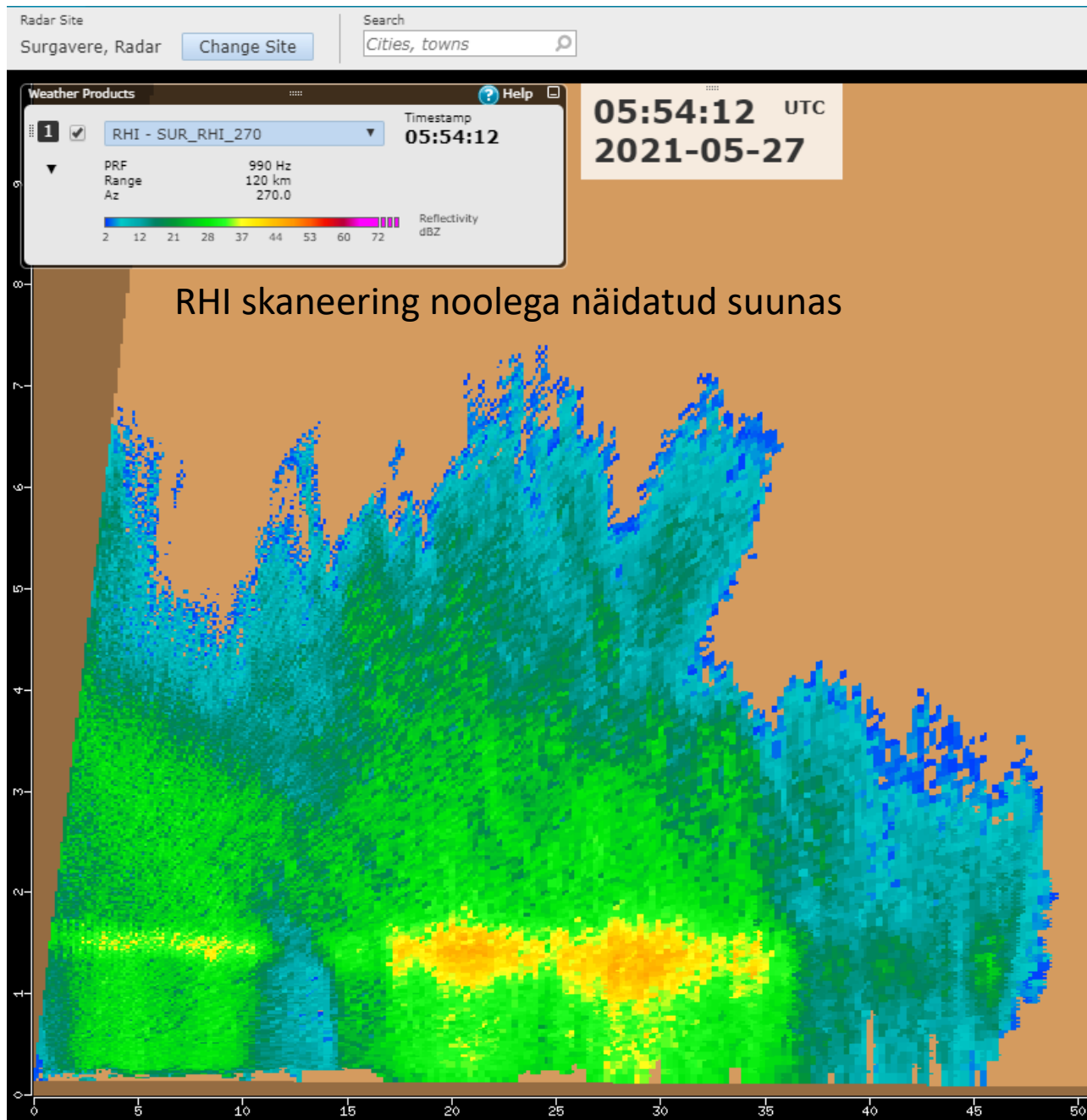
jää korral: 0.17

Vee korral: 0.93

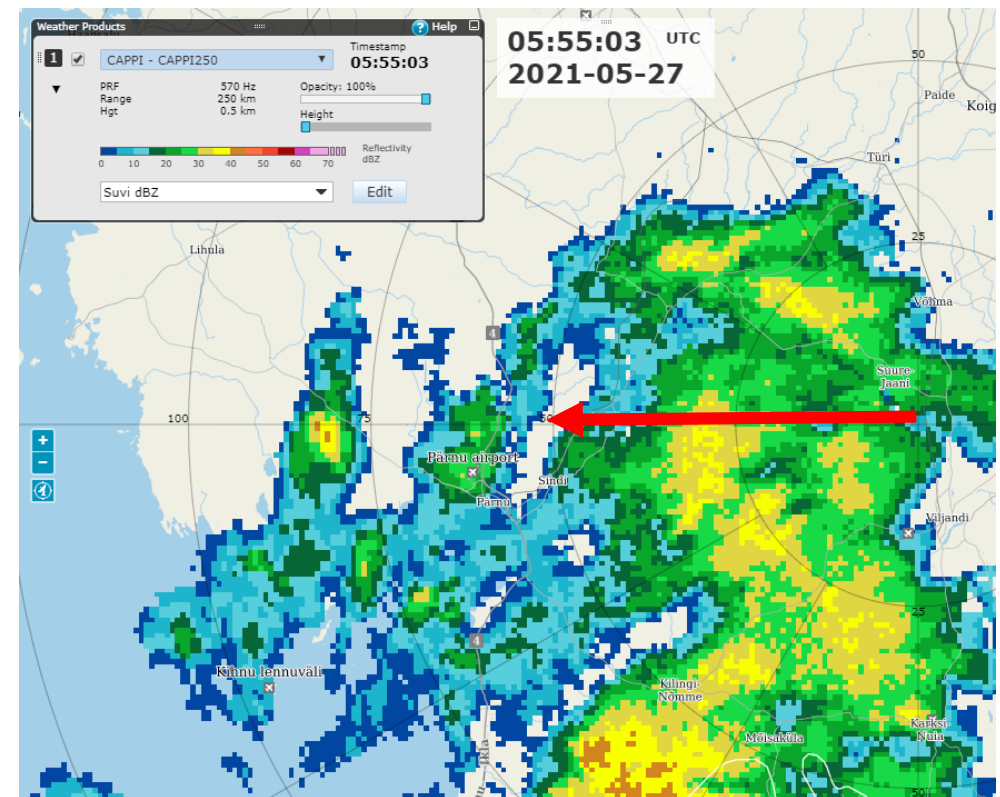
$$Z = \frac{|K_p|^2 \sum_v D_i^6}{|K_w|^2 V}$$

- Esineb selgemini kihtpilvedes ja üldse stabiilses atmosfääris
- Tugeva konvektsiooni puhul on üleminek kaootiline, selget piirkonda ei paista
- Heleriba äikesetormi korral viitab tormi nõrgenemisele

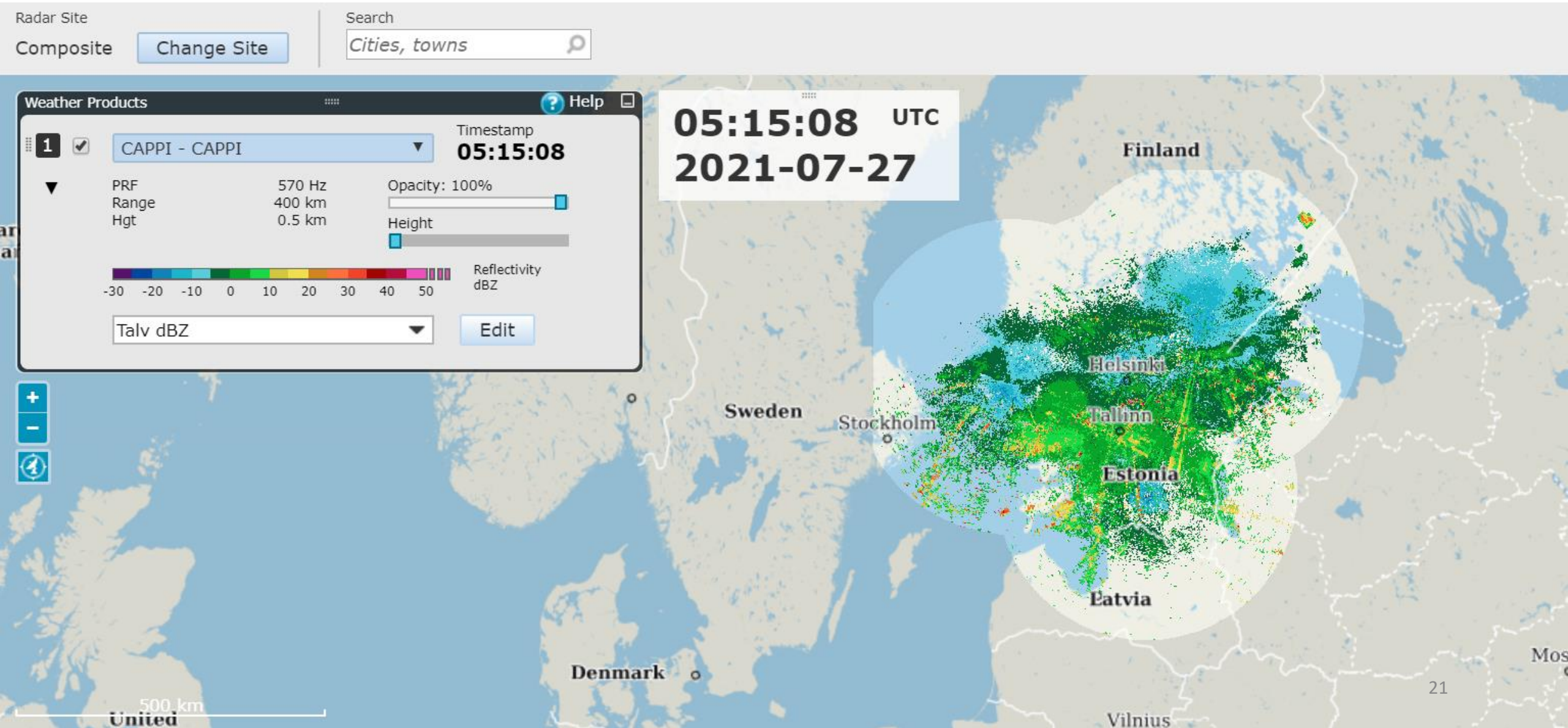




Heleriba nähtus on samas hea  
0 °C isotermi kõrguse indikaator

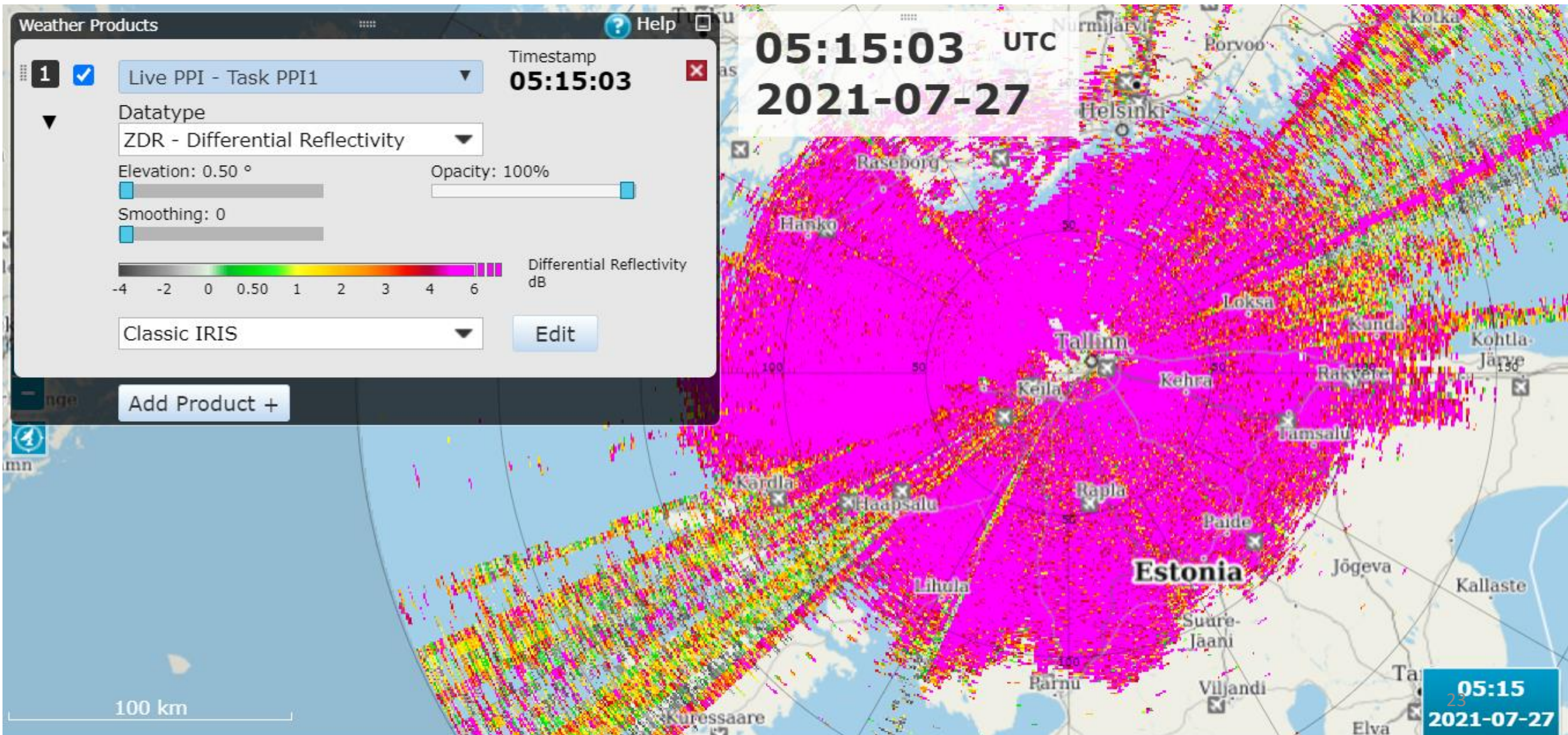


# Laiaulatuslikud sajud?





# Inversioonist tingitud ülimurdumine + putukad



- Eesti radarid: <http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/radaripildid/komposiitpilt/>
- Euroopa ilmateenistuste radarid (ametlik leht): <http://www.eumetnet.eu/activities/observations-programme/current-activities/opera-radar-animation/>
- Soome ilmateenistus: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/sade-pohjoismaat>
- Läti: <https://videscentrs.lv/gmc.lv/karte/meteorologiska-radara-informacija>
- Rootsi: <https://www.smhi.se/en/weather/radar-and-satellite/radar-and-lightning>
- Leedu: <http://www.meteo.lt/en/web/guest/radar-information>
- Poola: <https://meteo.imgw.pl/dyn/#group=radar>
- Windy: <https://www.windy.com/et/-Ilmaradar-radar?radar,58.828,25.378,7,m:fjTagUq>
- NSSL (USA): [https://mrms.nssl.noaa.gov/qvs/product\\_viewer/](https://mrms.nssl.noaa.gov/qvs/product_viewer/)

# Kokkuvõtteks

- Radariandmed on kiirelt arenevate ja väikesemõõtmeliste sajualade piiritlemisel asendamatud
- Kvantitatiivse sajuhinnangu osas esineb tehnikast ja keskkonna- ning atmosfääritingimustest lähtuv määramatus
- Suhtu andmetesse alati kriitilise pilguga – kõik mis paistab sademetena, ei pruugi seda olla

Täna tähelepanu eest!

tanel.voormansik@envir.ee

tanel.voormansik@ut.ee