



KESKKONNAAGENTUUR

ETH zürich



TARTU ÜLIKOOL
füüsika instituut

KESKKONNATEADLIKUD VALIKUD IGA ILMAGA

Kui tugevad on Eesti konvektiivsed tormid?

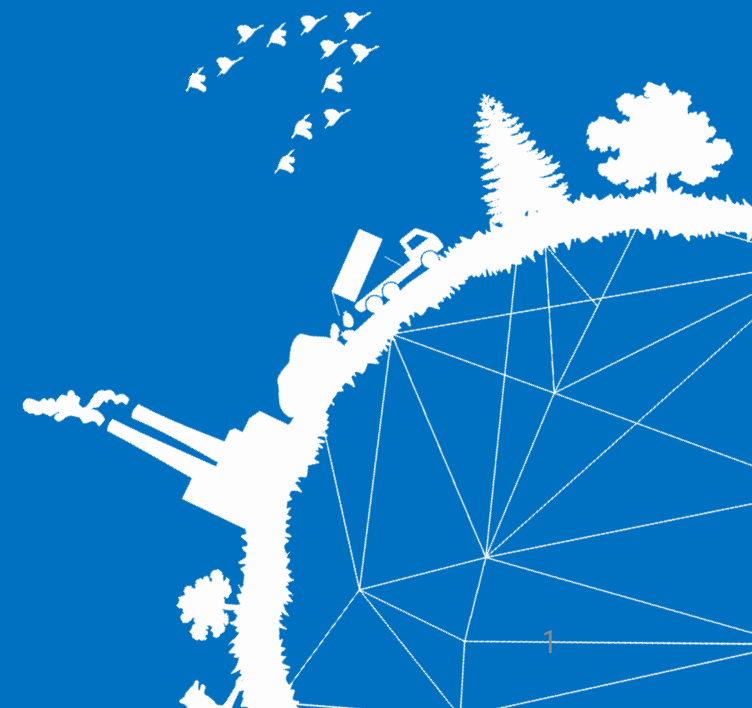
Tanel Voormansik^{1,2}, Tuule Mürsepp^{1,3}, Piia Post¹

¹Füüsika Instituut, Tartu Ülikool

²Keskkonnaagentuur

³Departement Erdwissenschaften, ETH Zürich

23.03.2021



Motivatsioon



- Konvektiivsete tormidega kaasneb mitmeid ohtlikke nähtusi (tugevad tuuled, ohtlik vihm, rahe, äike)
- Lühiajalisuse ja väikese ruumilise ulatuse tõttu keeruline tuvastada
- Konvektiivsed tormid põhjustavad ka Eestis järjest kasvavaid kahjusid
- Mõjutatud sektorid: transport, metsandus, kinnisvara, tervis jm



Foto: <https://lounapostimees.postimees.ee/7027443/aikesetorm-murdis-vorus-puid-teele?gallery=291646&image=13237830>

Motivatsioon



„Tallinna tabanud äikesetormis jäid paljud tänavad vee alla, vesi tungis ka Kristiine keskusesse“
ilmateade.delfi.ee 20.07.2020



Foto: <https://ilmateade.delfi.ee/artikkel/90501999/videod-ja-fotod-tallinna-tabanud-aikesetormis-jaid-paljud-tanavad-vee-alla-vesi-tungis-ka-kristiine-keskusesse?>

„Vihmavesi on uhtunud Padaorus minema hulga teealust pinnast“
virumaateataja.postimees.ee 21.07.2020



Foto: <https://virumaateataja.postimees.ee/7022628/galerii-vihmavesi-on-uhtunud-padaorus-minema-hulga-teealust-pinnast?gallery=291405&image=13225012>

„Äikesetorm murdis Võrus puid teele“
lounapostimees.postimees.ee
28.07.2020



Foto: <https://lounapostimees.postimees.ee/7027443/aikesetorm-murdis-vorus-puid-teele?gallery=291646&image=13237913>

Ülevaade

Konvektiivse tormi eeldused:

- Soosiv sünoptiline situatsioon (sh. üldine õhuvool)
- Lokaalne ebapüsivus
- Suur niiskussisaldus

Kasutatud andmed:

- ECMWF-i ERA5 järelanalüüsi mudelandmed (CAPE, CIN ja tuulenihe ning õhuvoolu suund 500 hPa kõrgusel)
- Keskkonnaagentuuri Sürgavere ilmaradari peegelduvusandmed
- NORDLIS põhjamaade välgudetektorite võrgustiku välguandmed

Uuritav periood 9 suve (mai-september) 2010-2019. Välja jäi 2017 radariandmete kvaliteedi tõttu.



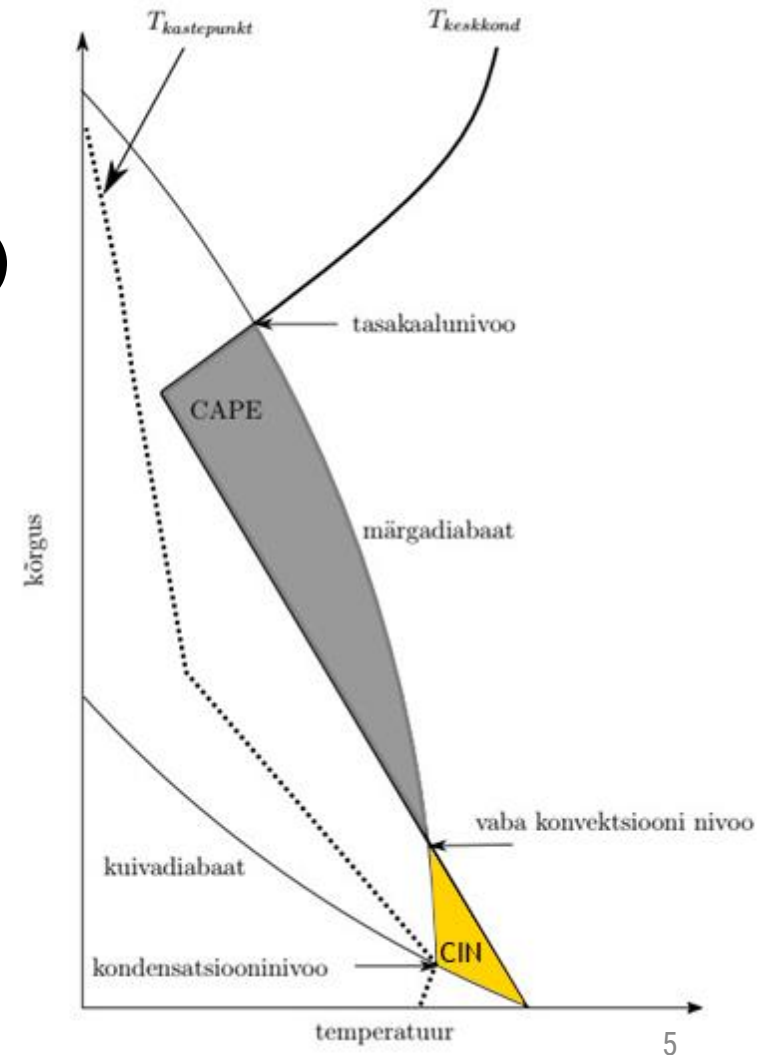
Konvektiivne torm: järelanalüüsi andmetest



- Õhuvoolu suund 500 hPa tasemel
- Tuulenihe (m/s)
- CAPE - *Convective available potential energy* (J/kg)
- CIN - *Convective inhibition* (J/kg)



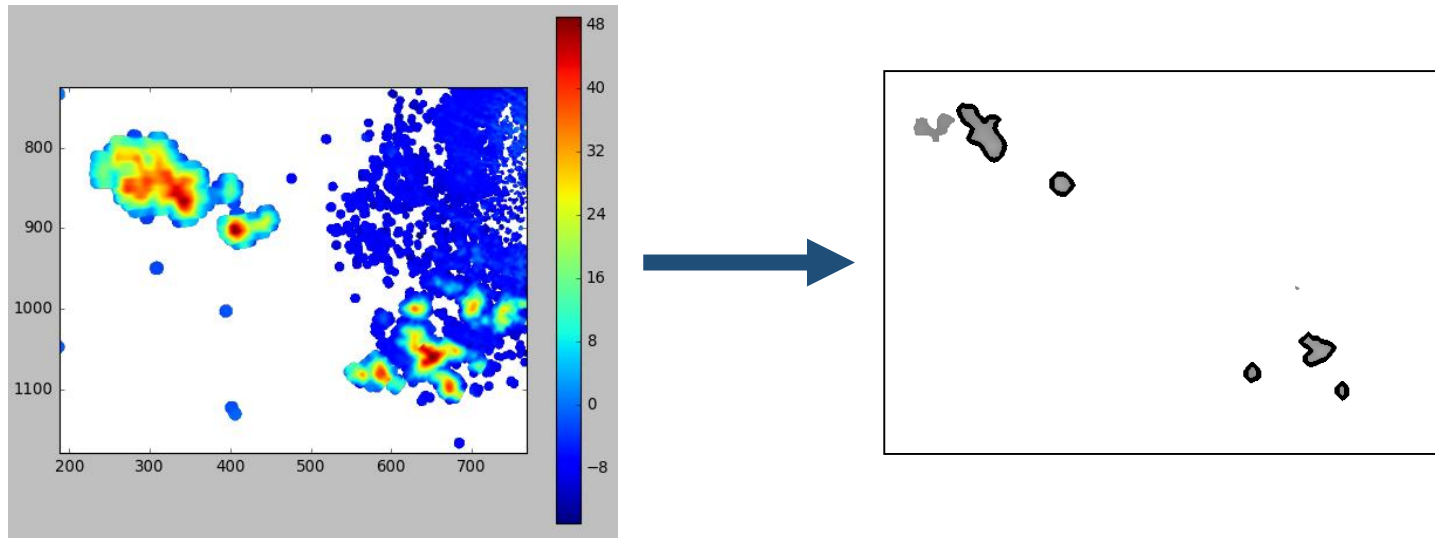
Foto: Tuule Müürsepp



Konvektiivne torm: radariandmetest



- Esimese etapina leiti OpenCV arvutinagemise Python teegi abil radariandmetest 35 dBZ (5 mm/h) peegelduvusega alad
- Välja filtreeriti väiksemad kui 5 km² alad, misjärel jäi alles 692 784 ala



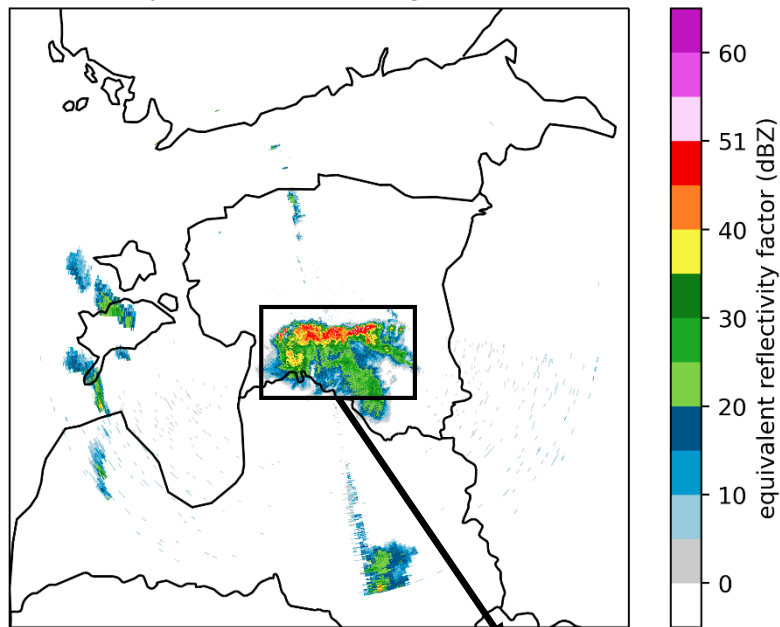
Leitud alade kohta salvestati edasise analüüsi tarbeks rida parameetreid:

- koordinaadid
- maksimaalne peegelduvus
- keskmine peegelduvus
- pindala

Tugev konvektiivne torm: definitsioon

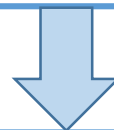


b'Surgavere, Radar' 0.5 Deg. 2010-08-08T16:00:21Z
Equivalent reflectivity factor



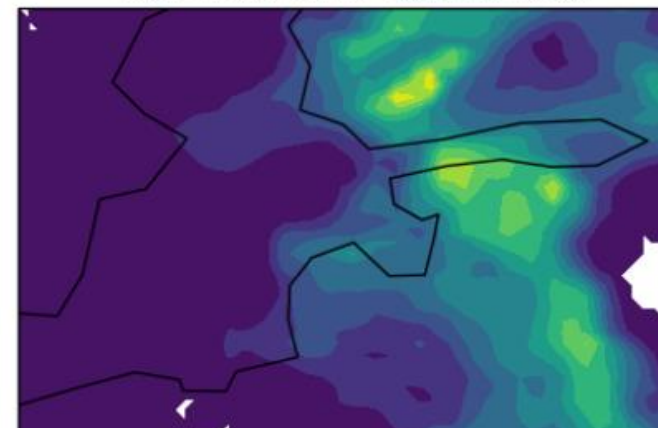
Tugeva konvektiivse tormi piiriks määrati:

- peegelduvus vähemalt 51 dBZ (56 mm/h)
- CAPE vähemalt 80 J/kg

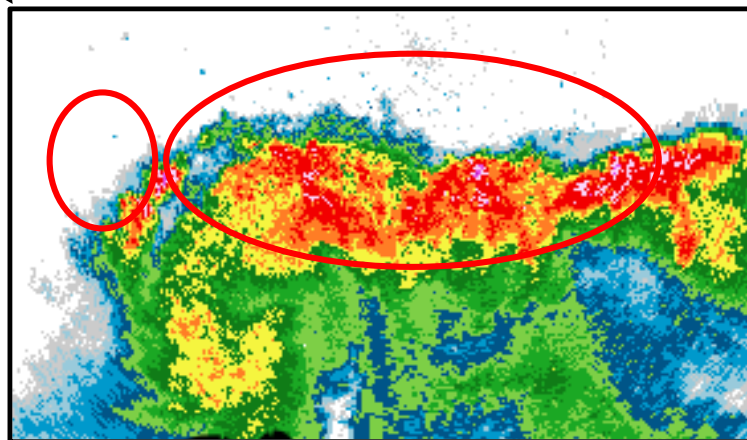
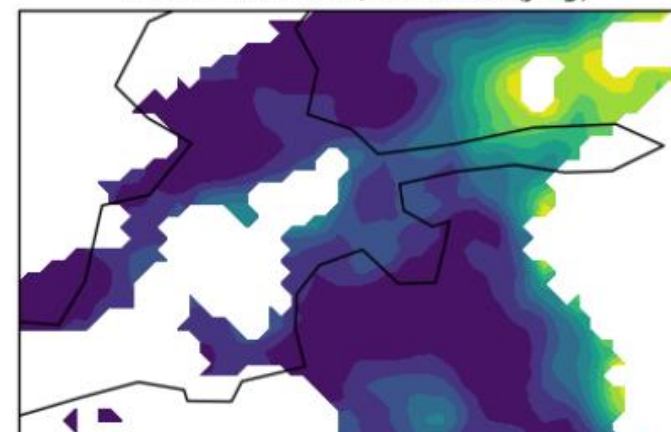


48 936 tugeva konvektiivse tormi ala

CAPE 08-08-2010, 16:00:00 (J/kg)



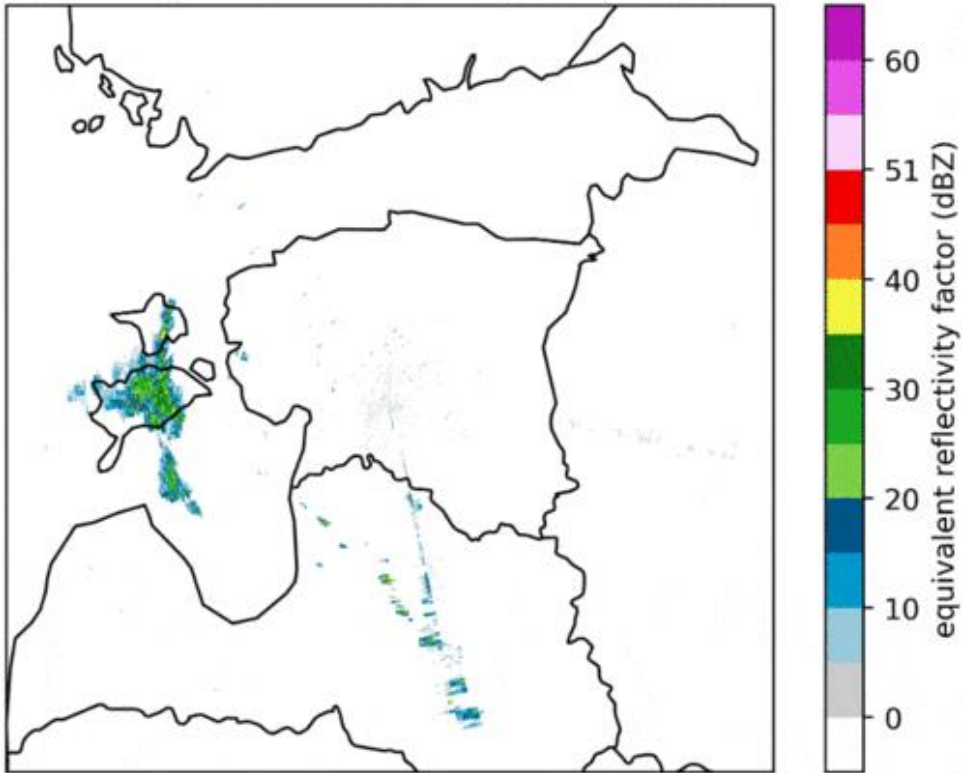
CIN 08-08-2010, 16:00:00 (J/kg)



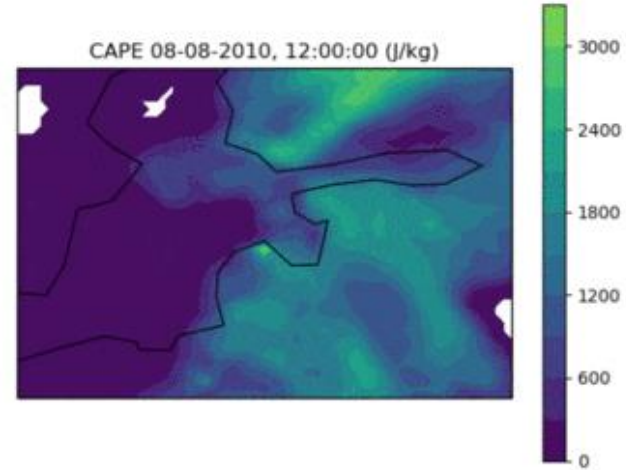
Tugev konvektiivne torm (08.08.2010)



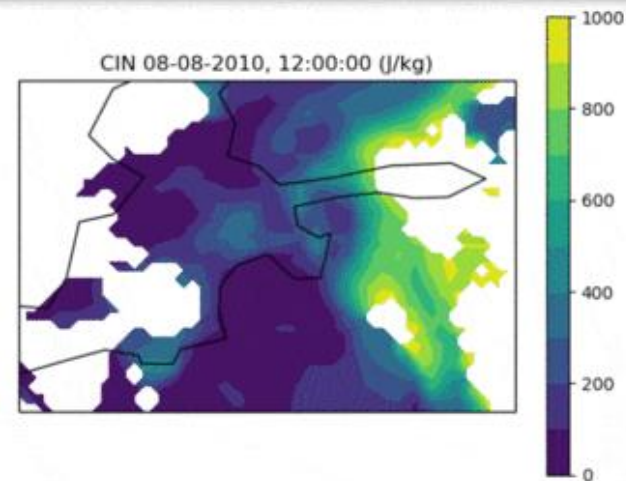
b'Surgavere, Radar' 0.5 Deg. 2010-08-08T12:00:22Z
Equivalent reflectivity factor



CAPE 08-08-2010, 12:00:00 (J/kg)



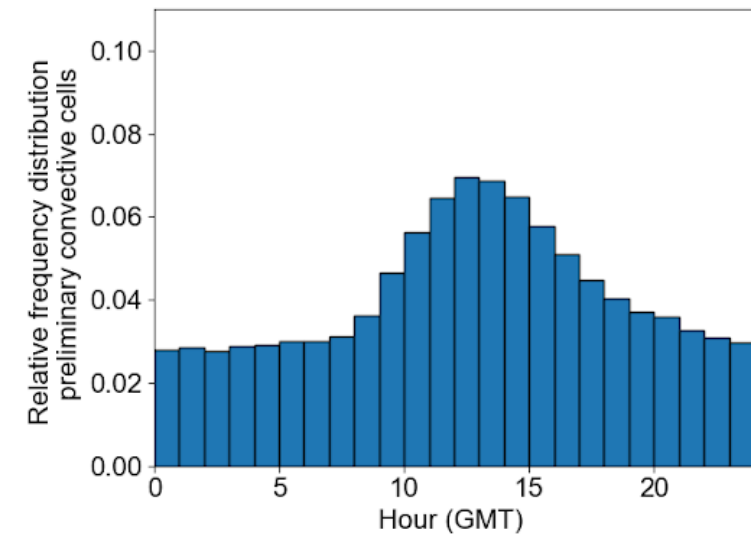
CIN 08-08-2010, 12:00:00 (J/kg)



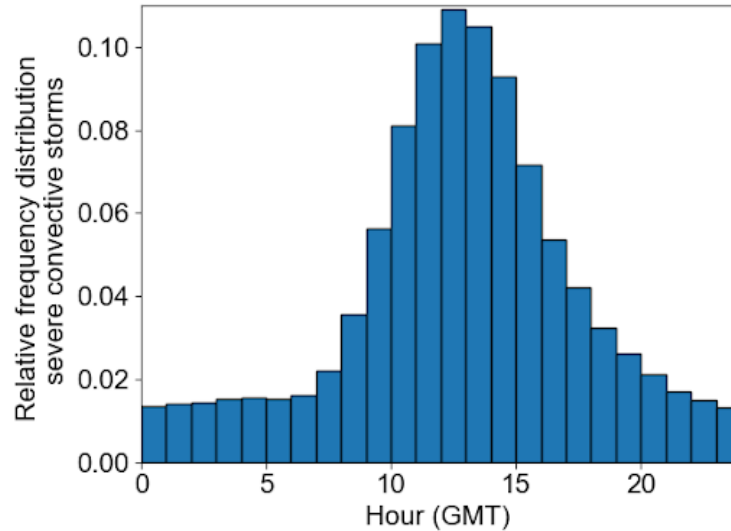
Tormide ajalised jaotused



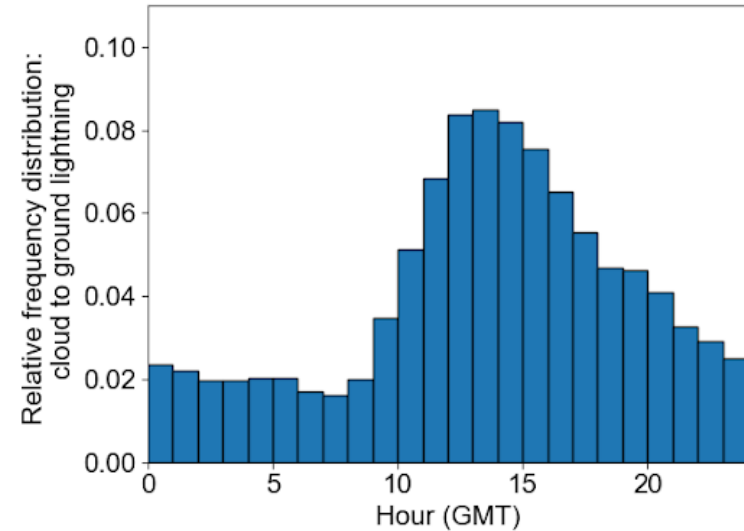
Ööpäevased käigud



Esmased 35 dBZ alad



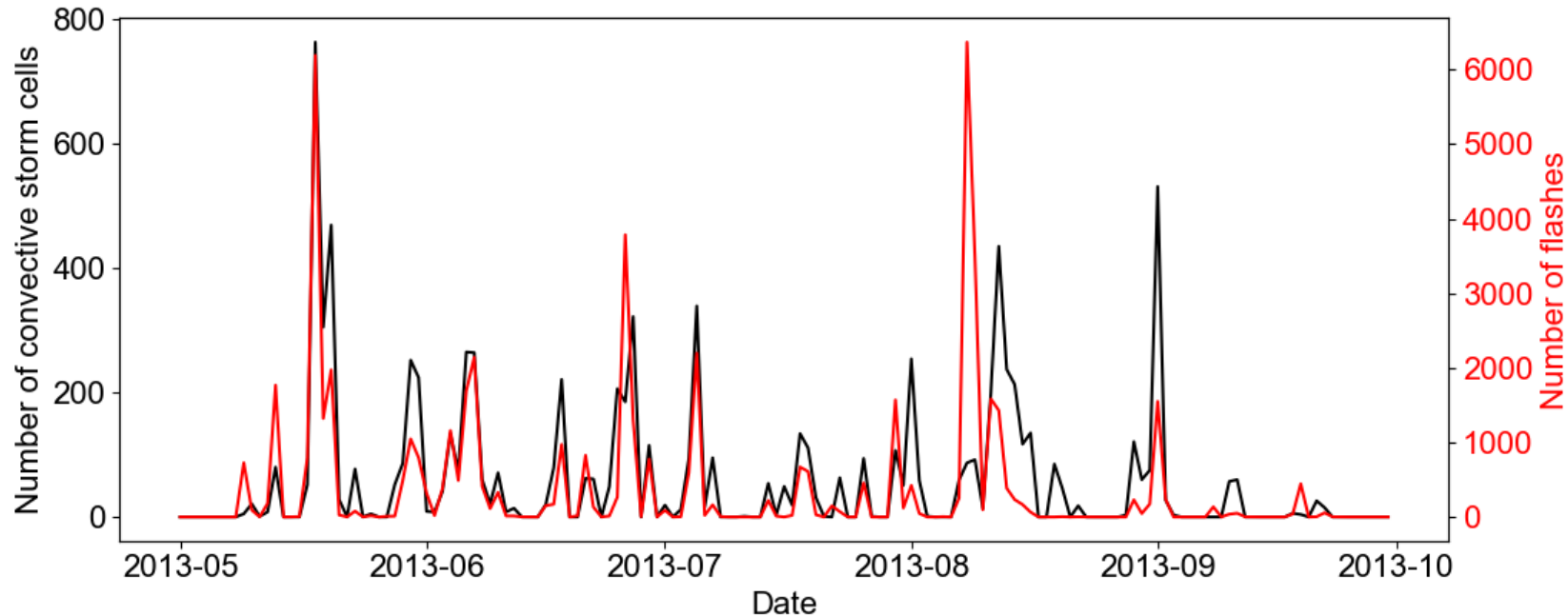
Tugevad konvektiivsed tormid



Pilv-maa välgulöögid

- Maksimumid kõigil pärastlõunasel ajal
- Esmaste 35 dBZ alade suhteline sagedus oluliselt ühtlasem
- Tugevate konvektiivsete tormide jaotus sarnane pilv-maa välgulöökidele

Tormide ajalised jaotused



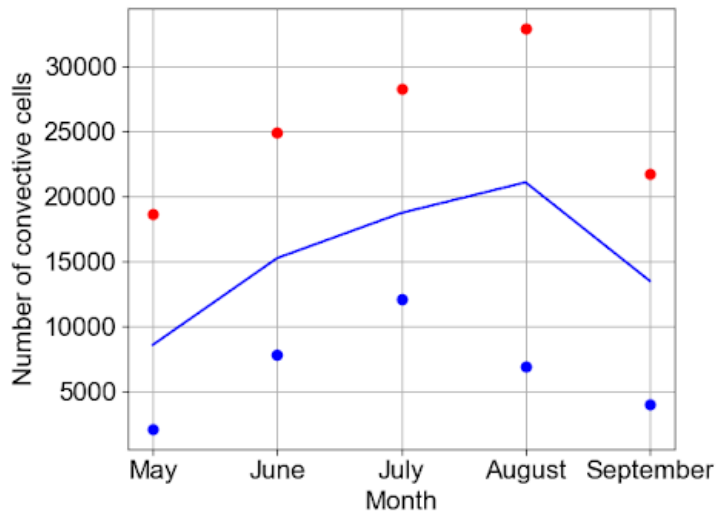
Päevased tugevate konvektiivsete tormide arvud (must joon) ja pilv-maa välgulöökide arvud (punane joon)

- Ka päevade tasemel tugevate konvektiivsete tormialade arvu hea kooskõla pilv-maa välkudega
- Mõned erinevused on, nt 9. august

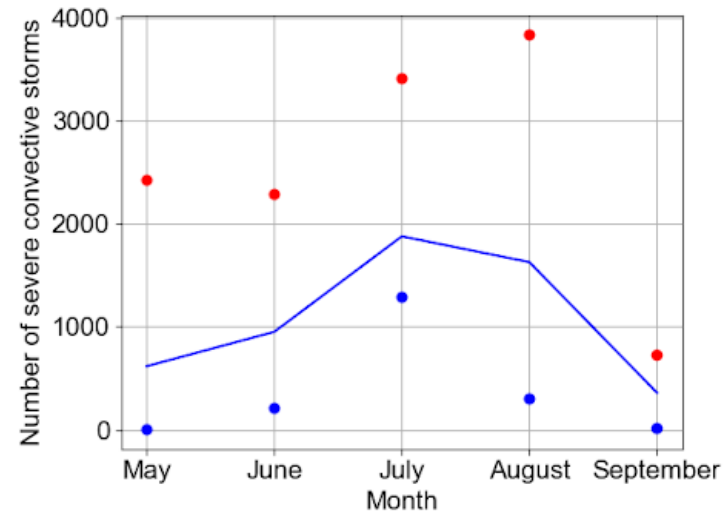
Tormide ajalised jaotused



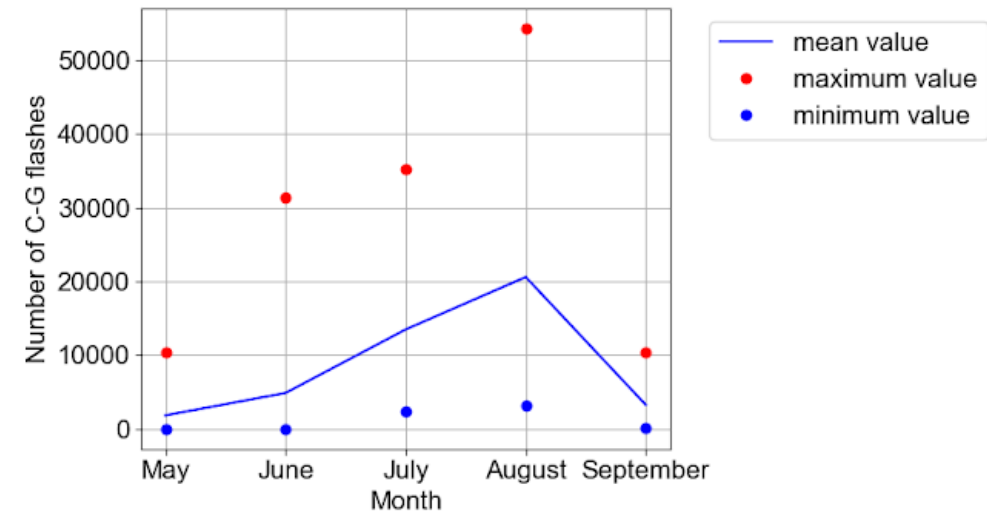
Kuude keskmised (sinine joon), maksimumid (punane täpp) ja miinimumid (sinine täpp)



Esmased 35 dBZ alad



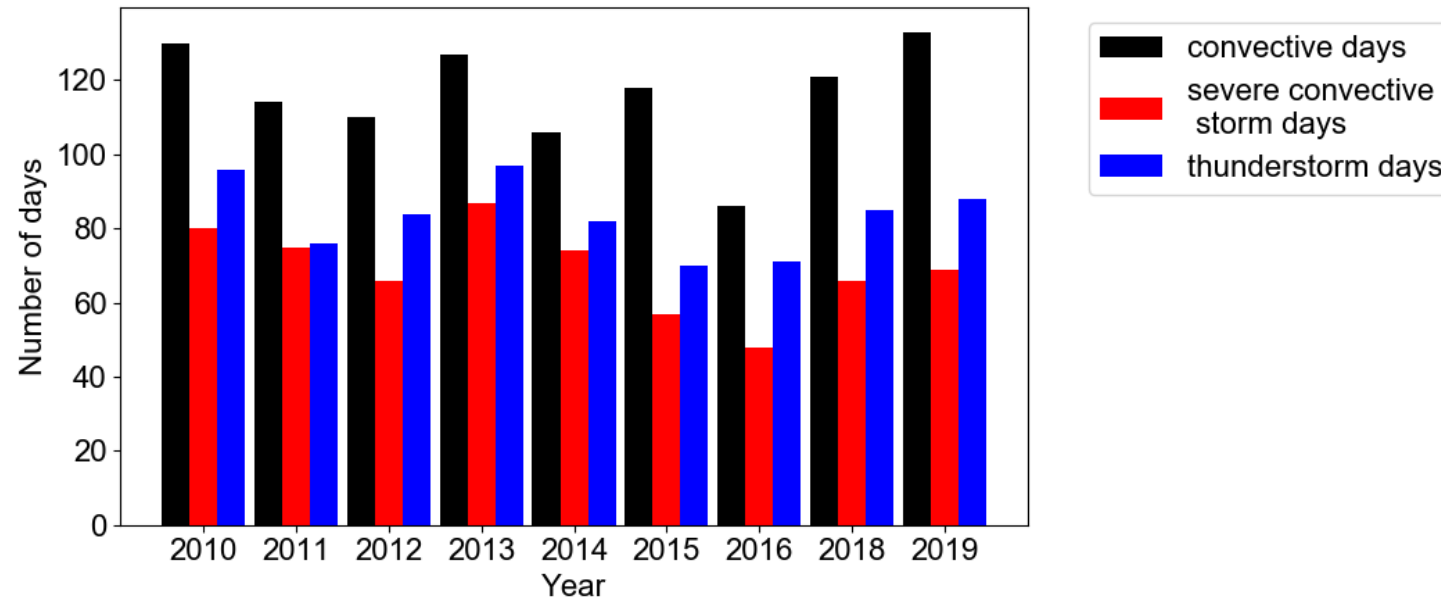
Tugevad konvektiivsed tormid



Pilv-maa välgulöögid

- Kuude lõikes suured erinevused ja ka aastate vaheline suur varieeruvus
- Madal konvektiivne aktiivsus mais ja septembris, kõige aktiivsem periood juunist augustini
- Tugevate konvektiivsete tormide arvu maksimum juulis, pilv-maa välgulöökidel augustis

Tormide ajalised jaotused



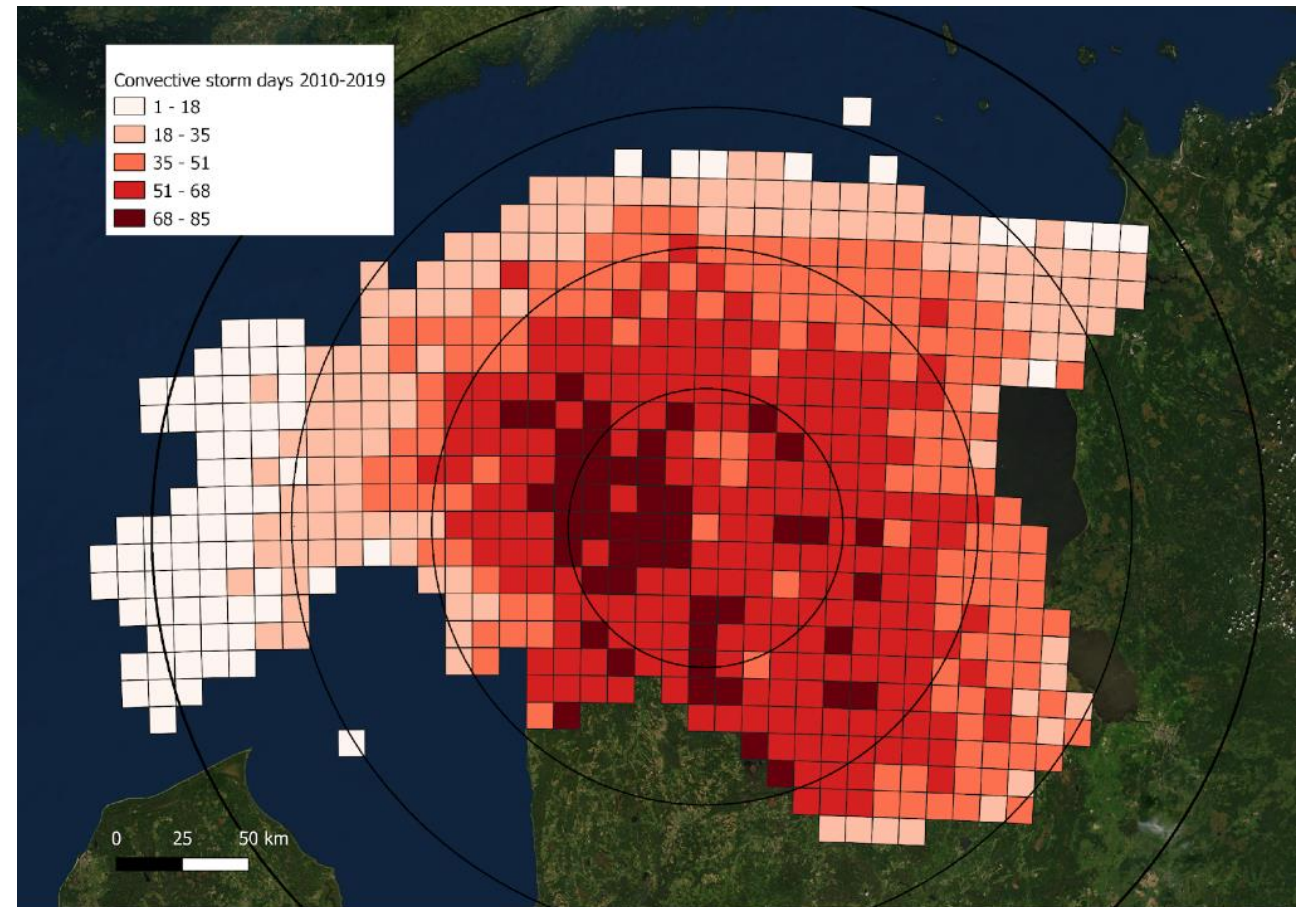
Konvektiivsete päevade arv (35 dBZ), tugevate konvektiivsete tormide päevade arv ja äikesepäevade arv 2010-2019.

- Tugevate konvektiivsete tormidega päevade arvu aastatevaheline muutlikkus on väga suur - 48 aastal 2016 ja 87 aastal 2013
- 76% päevadest detekteeriti konvektiivne ala; 45% päevadest tugev konvektiivne torm; 54% päevadest pilv-maa välk

Tormide ruumilised jaotused



- Maksimumid Eesti edelaosas
- Selgelt näha detekteerimise efektiivsuse langus radarist kaugematel aladel
- Usaldusväärsus langeb kaugemal kui 100 km

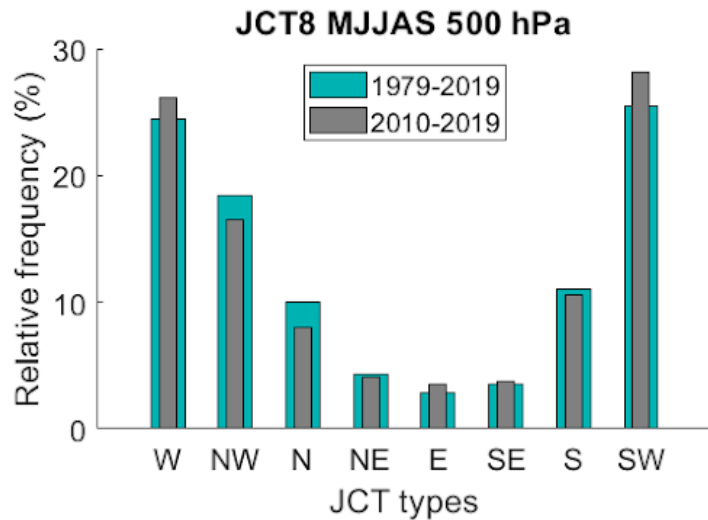


Tugevate konvektiivsete tormipäevade jaotus 10 x 10 km ruudustikul (2010-2019).

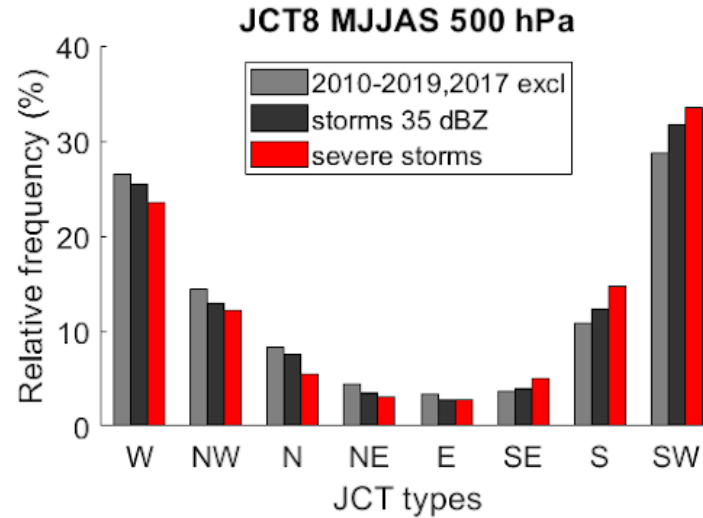
Tormid ja õhuvoolu suunad



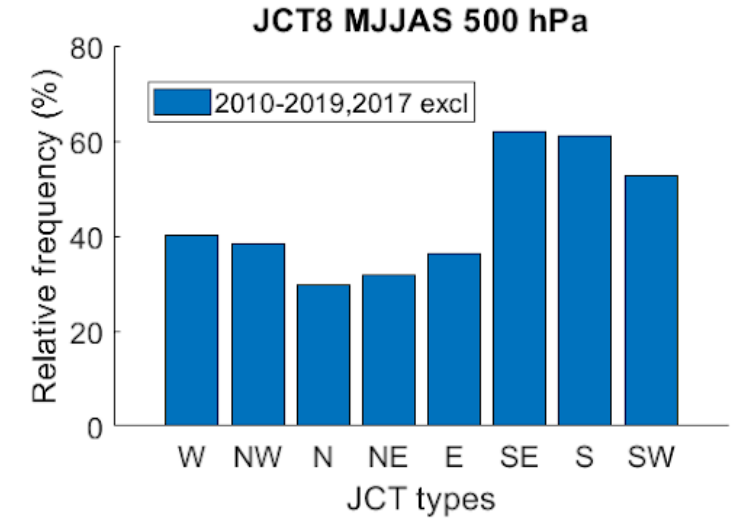
Valdava õhuvoolu suuna suhtelised sagedusjaotused



Kõik päevad MJJAS 1979-2019 vs 2010-2019



Kõik päevad MJJAS; 35 dBZ tormid ja tugevad konvektiivsed tormid



Tugeva konvektiivse tormi tõenäosus vastava tsirkulatsioonitüübi korral.

- Kõige enam konvektiivseid torme esineb SW, W ja S õhuvoolu korral
- Tugevate tormide puhul kasvab lõunasuuna osatähtsus
- Tugeva tormi tõenäosus suurim aga SE ja S õhuvoolude korral



- Kasutades kaugseire ja mudelite andmeid suudame leida tugevate konvektiivsete tormide ajalised ja ruumilised jaotused
- Leitud tormide jaotused on välgudetektori andmetega heas kooskõlas
- Tugevaid konvektiivseid torme on keskmiselt kõige enam juulis, pilv-maa välgulööke augustis
- Kuna valdav õhuvool on edelast, siis on sealt ka kõige enam tugevaid konvektiivseid torme
- Kõigi kolme lõunakaare õhuvooluga päevade puhul on tugeva konvektiivse tormi esinemise tõenäosus üle 50%
- Leitud lävendeid saaks tulevikus kasutada tugevate konvektiivsete tormide lühiennustuses (*nowcasting*)



Täna tähelepanu eest!

