



KLIIMAMINISTEERIUM



Kaasrahastanud
Euroopa Liit

KeMIT
11111011101



REPUBLIC OF ESTONIA
ENVIRONMENT AGENCY



Tuleohu arvutuste kaasajastamine

Valentina Sagris

Tõnu Oja

Ahto Mets

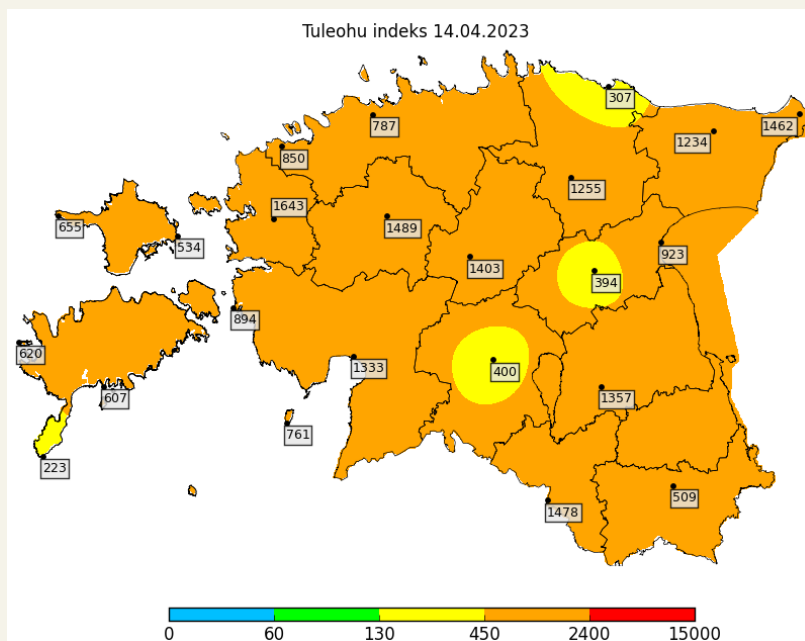
22.03.2024.



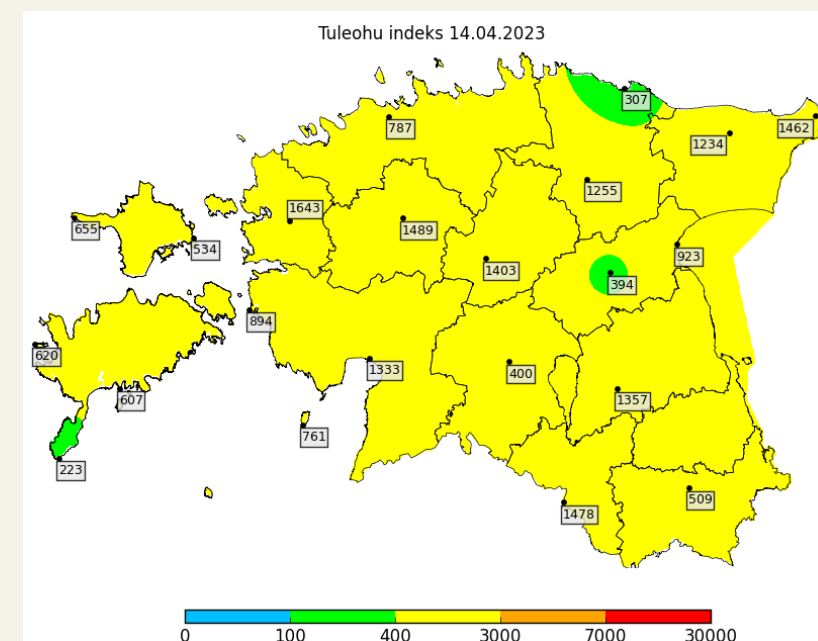
Praegune seis

- Tuleohu indeksi arvutamine toimub Nesterovi meetodi järgi iga päev ennelõunal.
- Indeksi väärtuse põhjal määratakse tuleohu klass.
- Eristatakse „kevadist“ ja „suvist“ skaalat:

- „Kevadine skaala“:
- Kui maa on kaetud kuiva kuluga.



- „Suvine skaala“:
- Kui maa on kaetud värskel muruga.



Nesterovi meetod

- Meetod on välja töötatud V. Nesterovi poolt 1949. aastal.
- Arvestab eelmise päeva indeksi väärtuse, jooksva päeva 24h sajusumma, päevase õhutemperatuuri ja kastepunktiga:
- 1) Sajuhulk* alla 3 mm:
 - $t_i = t_{i_vana} + temp * (temp - kaste)$
- 2) Sajuhulk 3..10 mm:
 - Osaliselt kantakse maha tuleohu
- 3) Sajuhulk 10+ mm
 - $t_i = 0$

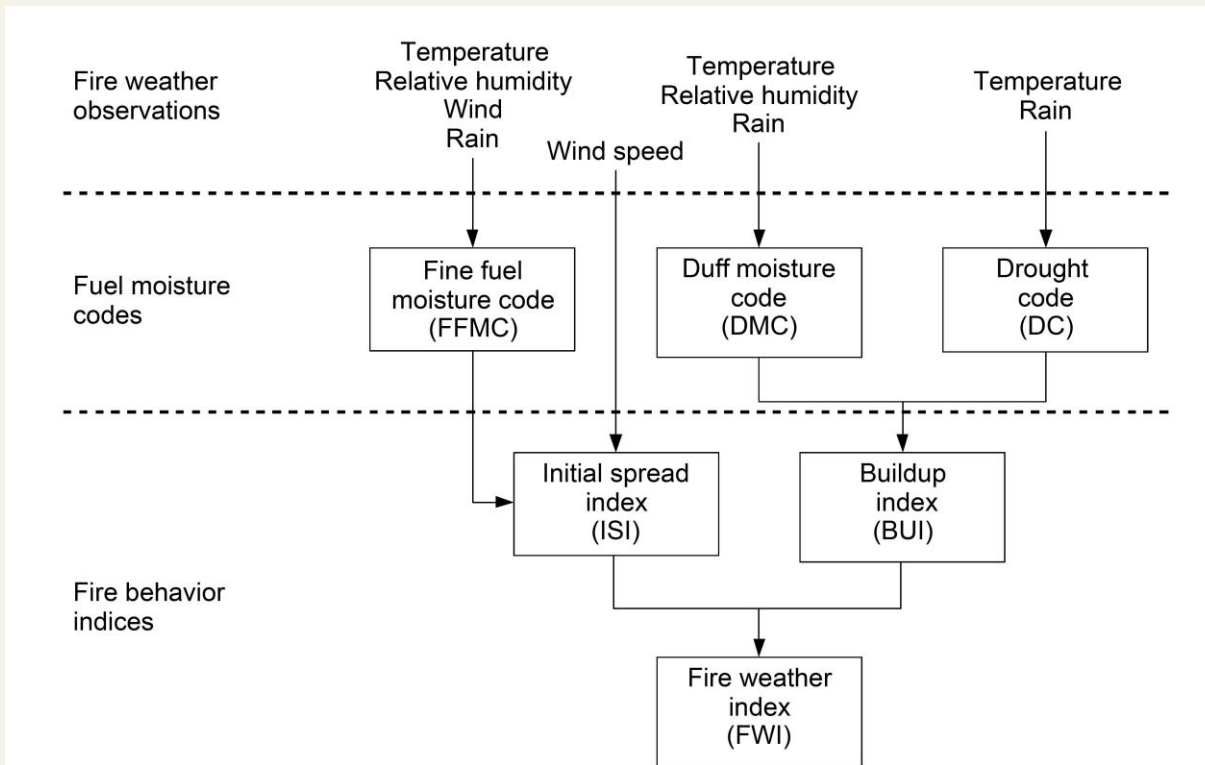
*Sajusummat võetakse ajahetkeks 06 UTC

- Arvutus toimub ilmajaamade andmete põhjal.
- Hinnatakse jooksva päeva tuleohtu.

„Kanada mudel“

- Metsa tuleohtlikkuse arvutamise meetod, arendatud Kanadas 1970-ndatel aastatel; praegu see on rakendatud paljudes riikides.

- Arvutus toimub mitmes etapis [1, 2]:



- **FFMC** – kirjeldab peenema põlevmaterjali niiskust (peenpõlevmaterjali niiskus).
- **DMC** – kirjeldab niiskust väiksema tihedusega kõduneval orgaanilisel ainel (jämpõlevmaterjali niiskus)
- **DC** – kirjeldab sügavama orgaanika kihi niiskust (süvaniiskus=põuamäär)
- **ISI** – kirjeldab potentsiaalse tulekahju leviku kiirust kui kütteks on ainult peenem põlevmaterjal (algse levikukiiruse indeks)
- **BUI** – kirjeldab kõduneva ja sügavama orgaanika kihi kuivuse summaarset panust tuleohtlikkusele (põlevmaterjali hulk).
- **FWI** – kirjeldab potentsiaalse tulekahju intensiivsust, arvestades tule leviku kiiruse ja põlevmaterjali kättesaadavusega.

„Kanada mudeli“ tuleohu klassid

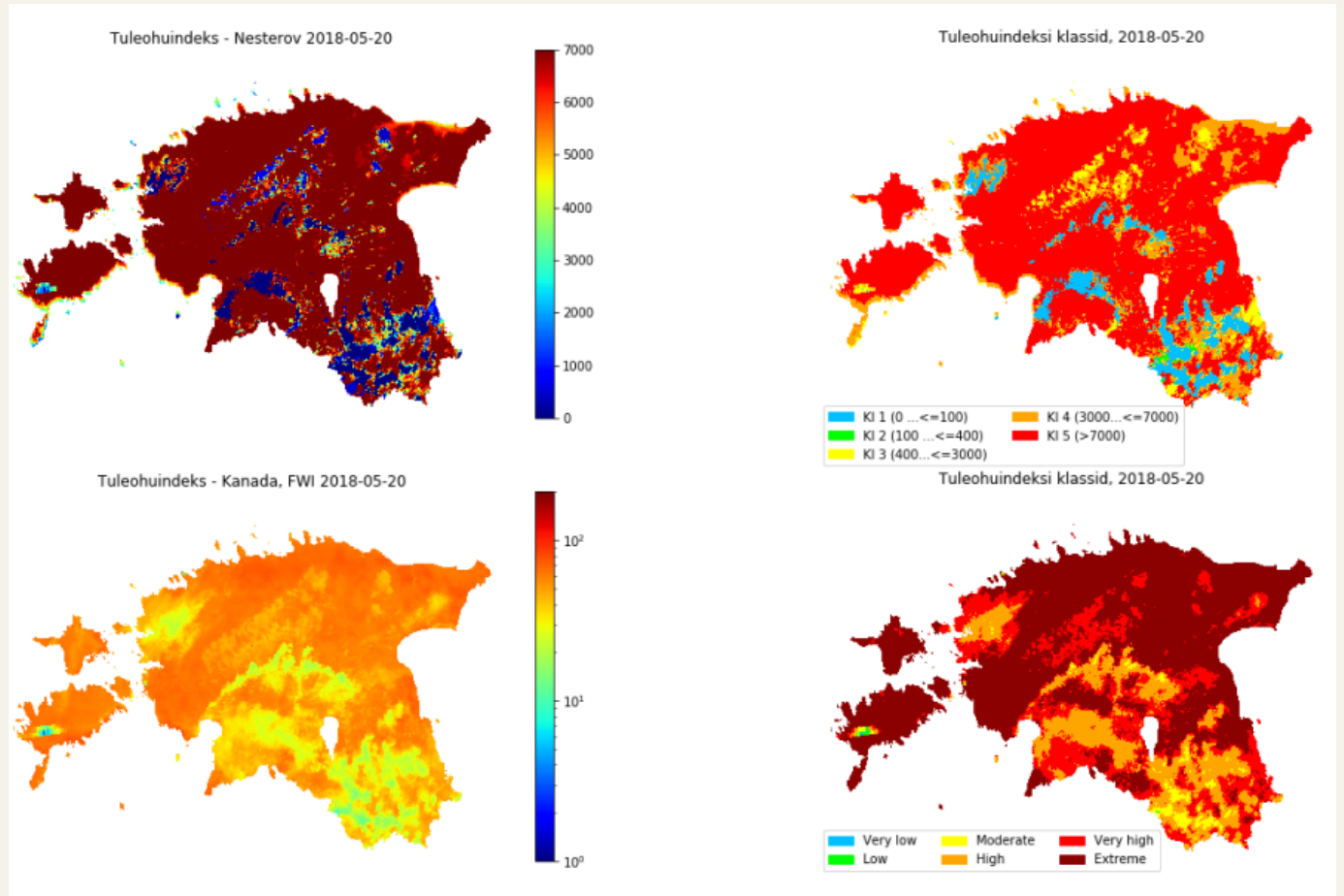
- Iga näitaja puhul on eristatud mitu ohtlikkuse klassi [3]:

Fire Danger Classes	FWI	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI
Very Low	FWI < 5.2	FFMC < 82.7	DMC < 15.7	DC < 256.1	ISI < 3.2	BUI < 24.2
Low	5.2 >= FWI < 11.2	82.7 >= FFMC < 86.1	15.7 >= DMC < 27.9	256.1 >= DC < 334.1	3.2 <= ISI < 5.0	24.2 <= BUI < 40.7
Moderate	11.2 >= FWI < 21.3	86.1 >= FFMC < 89.2	27.9 >= DMC < 53.1	334.1 >= DC < 450.6	5.0 <= ISI < 7.5	40.7 <= BUI < 73.3
High	21.3 >= FWI < 38.0	89.2 >= FFMC < 93.0	53.1 >= DMC < 140.7	450.6 >= DC < 749.4	7.5 <= ISI < 13.4	73.3 <= BUI < 178.1
Very High	38.0 >= FWI < 50.0	FFMC >= 93.0	DMC >= 140.7	DC >= 749.4	ISI >= 13.4	BUI >= 178.1
Extreme	FWI >= 50.0					

- FWI oli arendatud eelkõige Kanada okasmetsade tingimustes, kuid see on kasulik üldisemalt parasvöötme metsa tuleohtlikkuse hindamiseks [2].

„Kanada mudeli“ katsetamine Eestis [3]

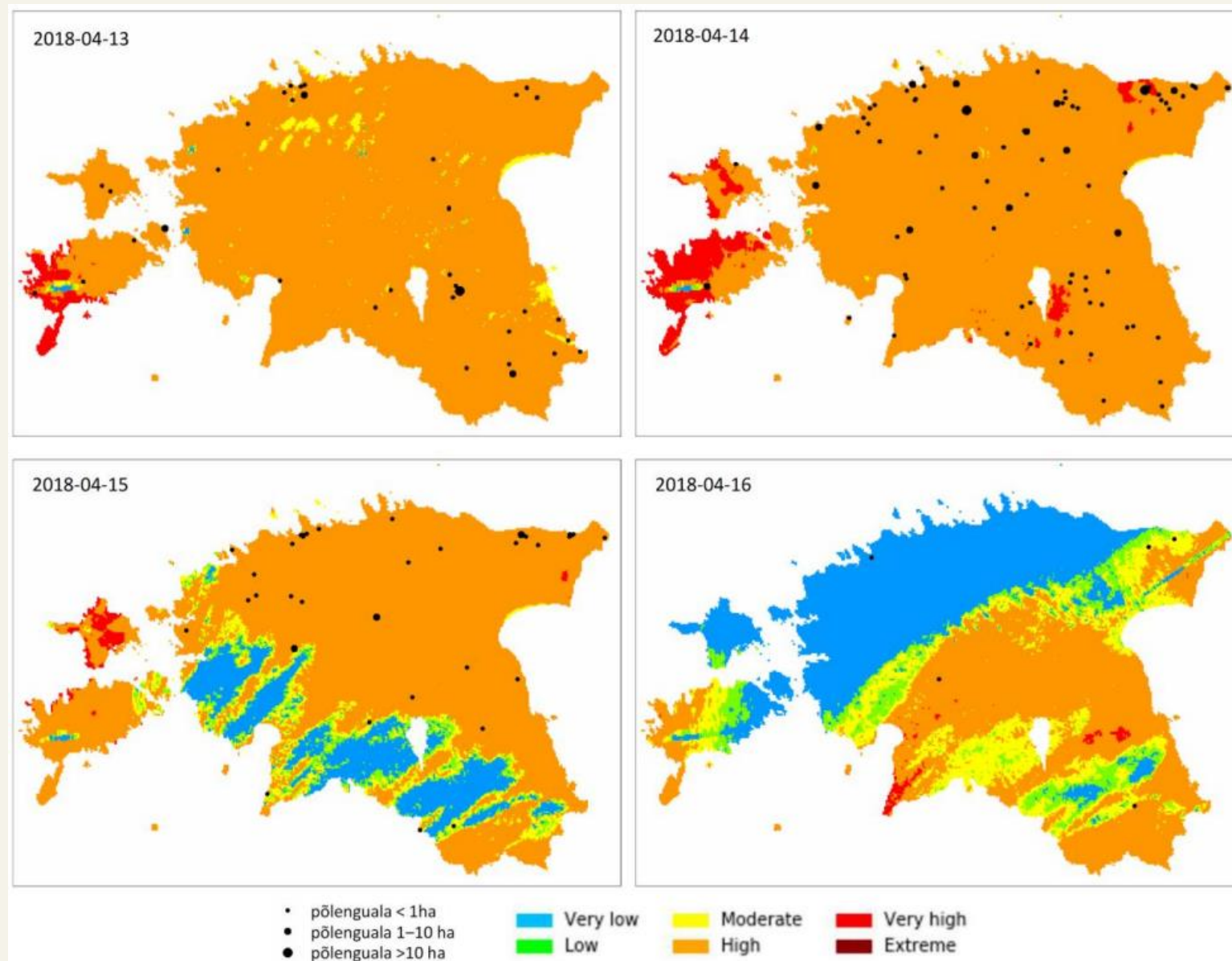
- Projekti **RITA1/02-52 „Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel“** raames [3] oli arvatud ja omavahel võrreldud FWI ja Nesterovi indeks 2018. a. andmetel.
- Lähteandmetena kasutati radari sajuhulgad ja teiste elementide jaoks – **MetCoop HARMONIE** ilmamudeli järelanalüüse.
- Üldiselt need näitajad demonstreerisid sarnast dünaamikat.



Nesterovi ja nn Kanada mudeli FWI tuleohuindeksid ja tuleohtu klassid, 20. mai 2018.

- Samuti oli tehtud võrdlus FWI klasside ja registreeritud põlengute paigutuse vahel [3]:

- *2018-04-14 – Laupäev
- *2018-04-15 – Pühapäev

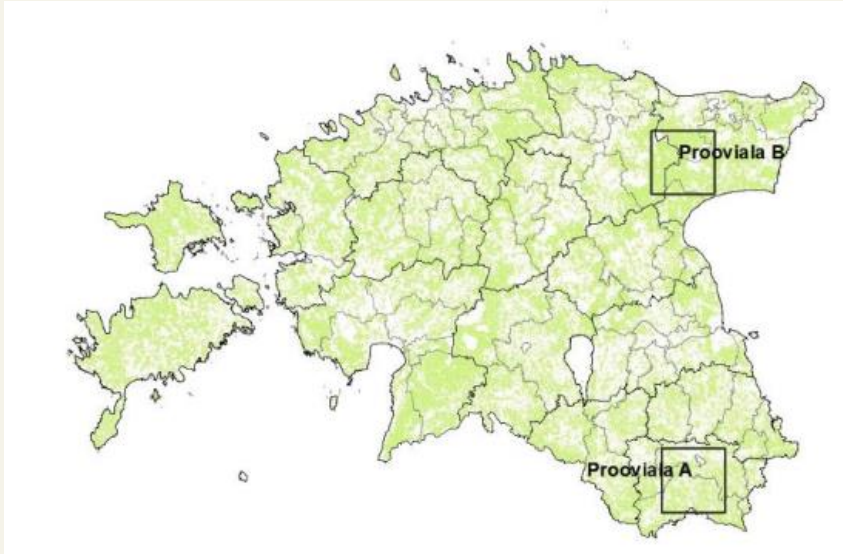


Joonis A.11. Tuleoht ja maastikutulekahjud Eestis 11.-16. aprill 2018. Tuleohuklassid vastavalt tabelile A.6, tulekahjud vastavalt Päästeameti andmestikule.

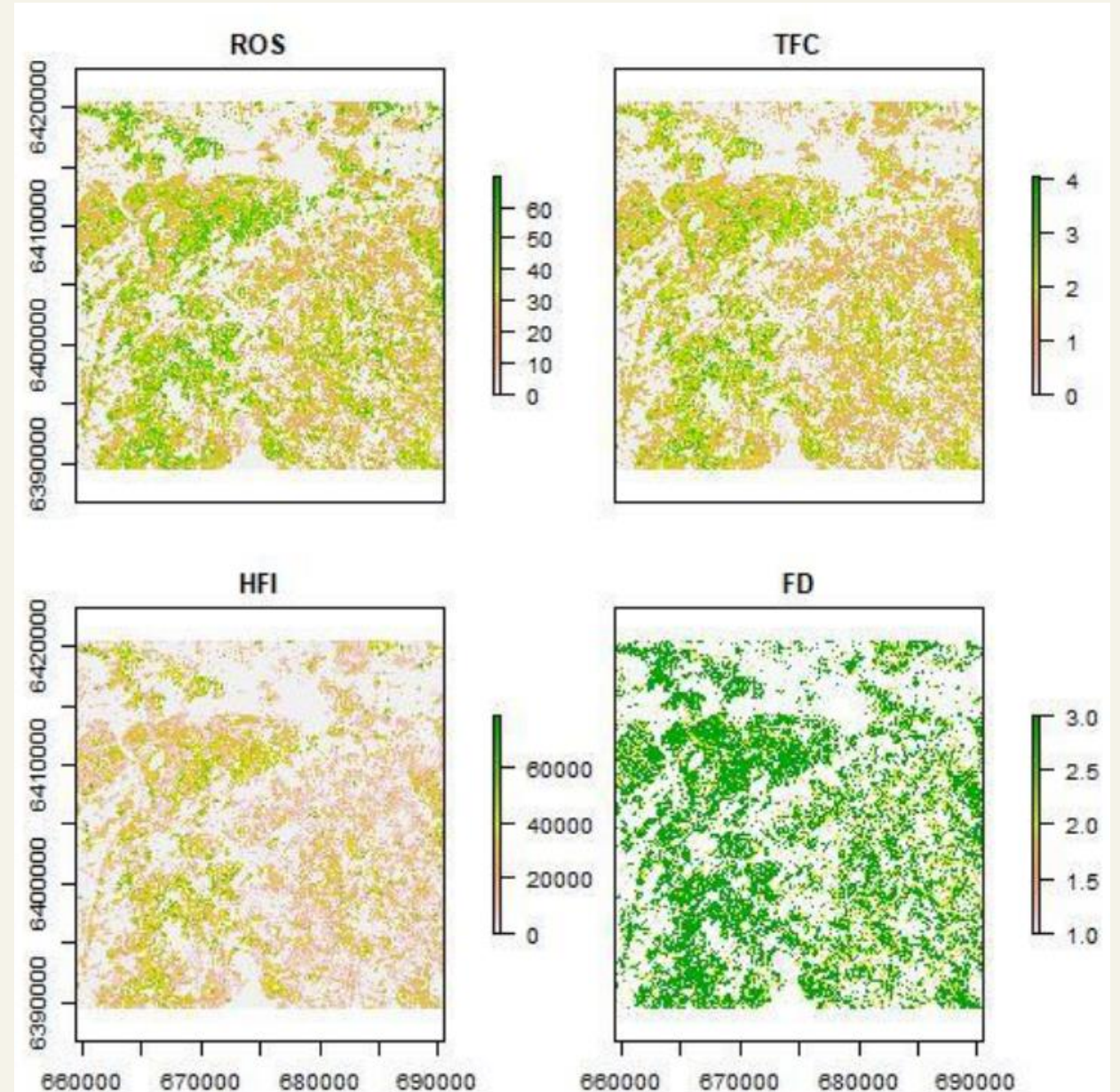
Potentsiaalse põlengu käitumise hindamine

- Sama projekti raames [3] oli katsetatud metoodika (põhineb **Canadian Forest Fire Behavior Prediction System** [5] algoritmidel), mis hindab potentsiaalse põlengu arengut:
 - Tule leviku kiirus
 - Intensiivsuse hinnangud
 - Põlengu tüüp
- Sisendina nõutakse FWI arvutuste ja ilma andmeid, topograafia ja pinnakatte informatsiooni.

• **Arvutuse väljundid Haanja proovialal 2018-05-05, lehtedeta puud:**



- **ROS – Rate of Spread**, m/min. – Tulefrondi leviku kiirus.
- **TFC – Total Fuel Consumption**, kg/m². – Summaarne põlevmaterjali kulu.
- **HFI – Head Fire Intensity**, kW/m. – Tulefrondi intensiivsus.
- **FD – Fire Description**, 1 – Surface, 2 – Intermittent, 3 – Crown. – Põlengu kirjeldus, rohttaimestik/puistu keskosa/võrapõleng.



„Kanada mudeli“ juurutamine Keskkonnaagentuuri töödesse

Sama RITA projekti raames olid valmistatud prototüübid (Python skriptid) lähteandmete eeltöötlemiseks, indekse arvutamiseks 1x1 km võrgul ja üldistamiseks asustusüksustele.

- Skriptid olid üle antud Keskkonnaagentuuri spetsialistidele.

- Kõigepealt oli tehtud katse 2023. märtsi–juuli andmetega, millal esines põuaperiood [4].

- Tehtud võrdlus operatiivse tuleohu kaardi andmetega (Nesterovi meetod)*.

- *FWI jaoks saigusummat võetud kellaks 09 UTC; Nesterovi operatiivses arvutuses – 06 UTC

Põllumehi kimbutab sajandi suurim põud

LE Kaie Ilves
kaie@le.ee

29. juuni 2023 09:53

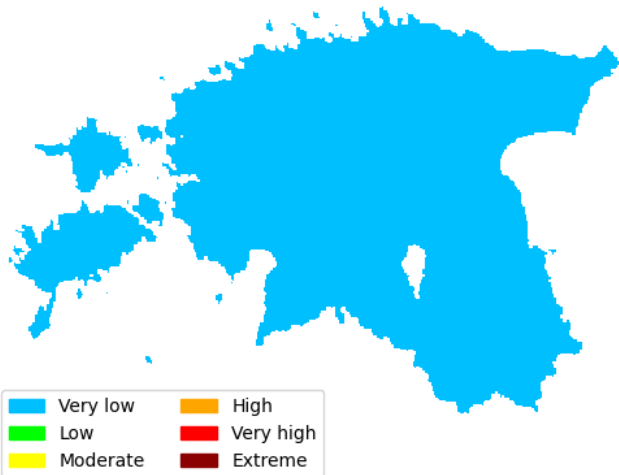


Agronoom Sandra Pärnpuu mäletab aastat, kui oapõldu võis ära eksida, sest taimed ulatusid üle pea. Tänavu võib saagi korstnasse kirjutada – põld on põuapragusid täis ja seitsmest õiest tuleb heal juhul paar kauna. Foto: Urmas Lauri

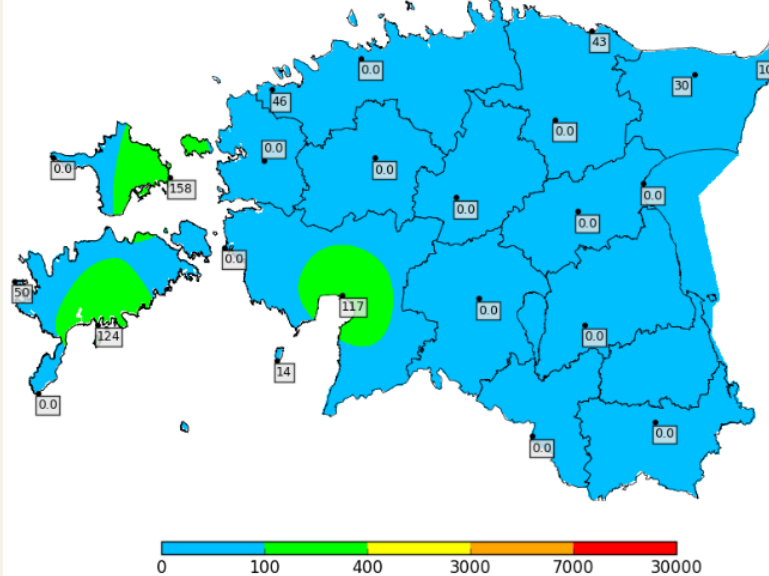
„Kevadise katse“ tulemused

- **I Märts 2023**
- Kuu keskmine temperatuur oli +0.4 °C, sajuhulk oli kesketlābi üle normi [6].
- Tuleoht oli FWI järgi kogu aeg väga madal, Nesterovi meetodi järgi oli enamasti väga madal või madal.

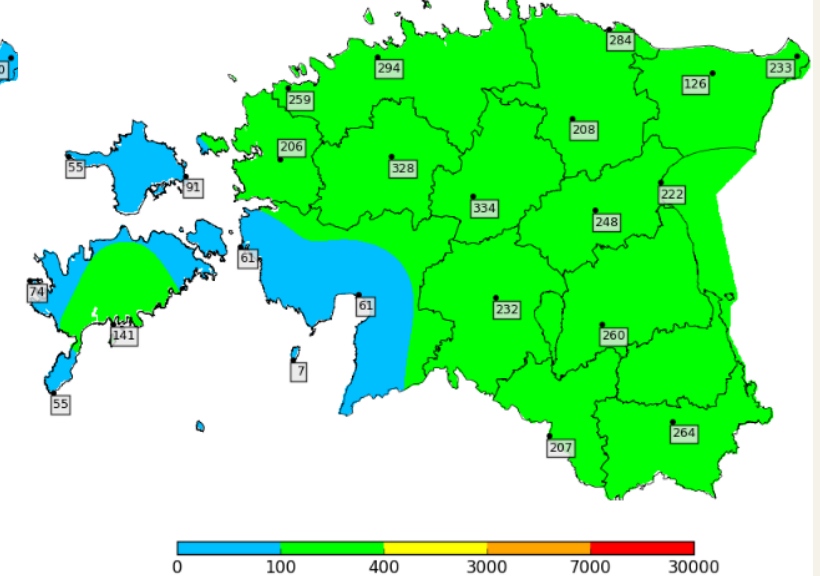
Tuleohuindeks - Kanada, FWI 2023031309_2023031309



Tuleohu indeks 06.03.2023

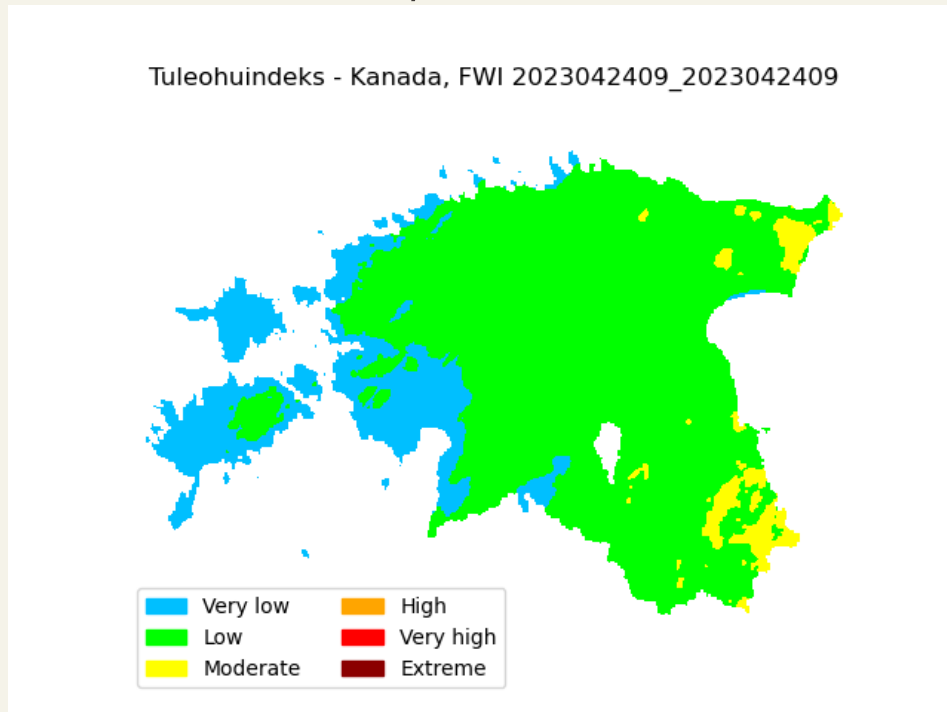


Tuleohu indeks 20.03.2023

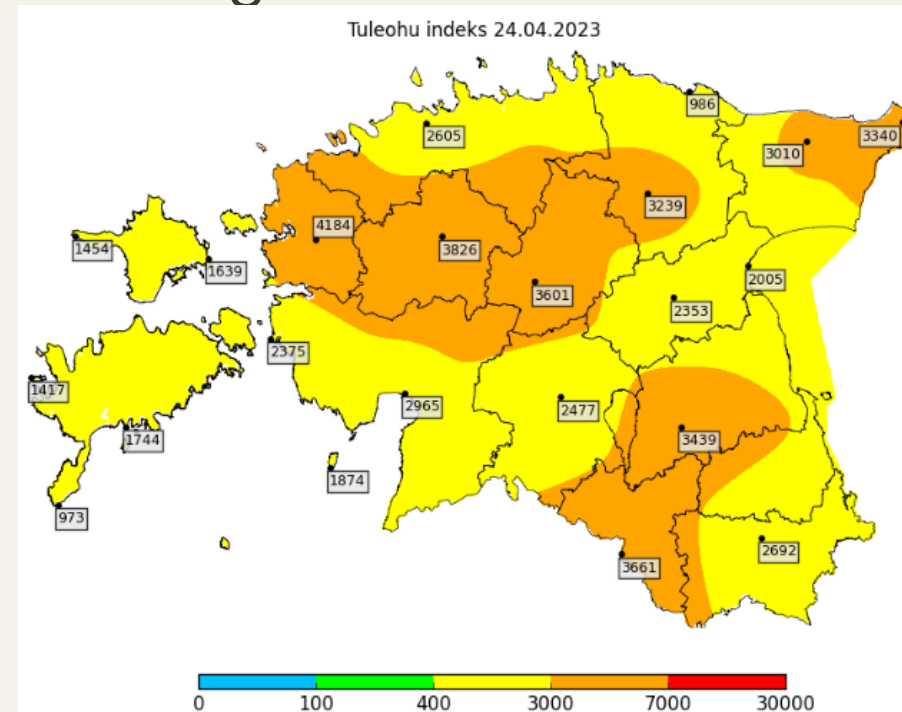


- FWI ohuklassid, 13.03.2023
- Ohuklassid Nesterovi meetodi järgi 6. ja 20. märtsil 2023

- **II Aprill 2023**
- Kuu keskmine temperatuur oli +6.2 °C, sadu oli keskmisest vähem [6].
- Alates 7. aprillist algas soojem ja kuivem periood, ulatuslikud sajud tulid alles kuu viimastel päevadel.
- 7. aprillist tuleoht hakkas kasvama. Üldiselt FWI andis madalamaid tuleohtu klasse, võrreldes Nesterovi meetodiga.



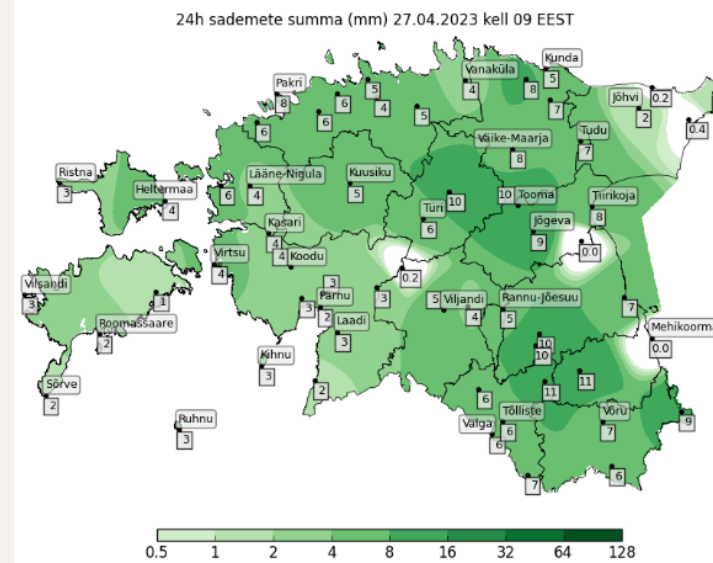
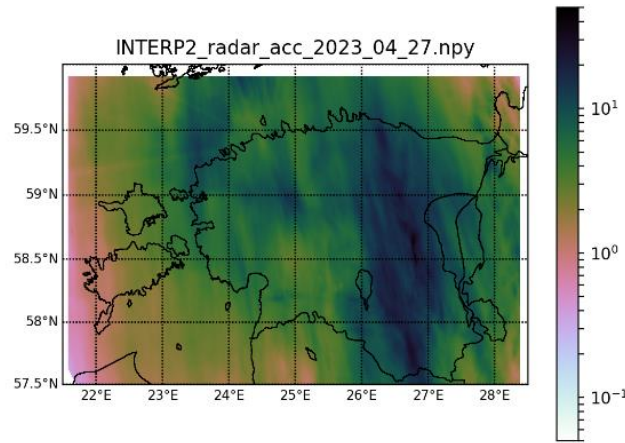
- FWI ohuklassid, 24.04.2023



- Tuleohtu ohuklassid Nesterovi meetodil, 24.04.2023

- 24. aprillist algas niiskem periood, FWI näitas tuleohu alanemist juba järgmisel päeval.
- Nesterovi meetod andis ulatusliku tuleohu langust alles 27. aprillil.
- Kuu lõpus mõlemad meetodid andsid valdavalt väga madalat tuleohu klassi.

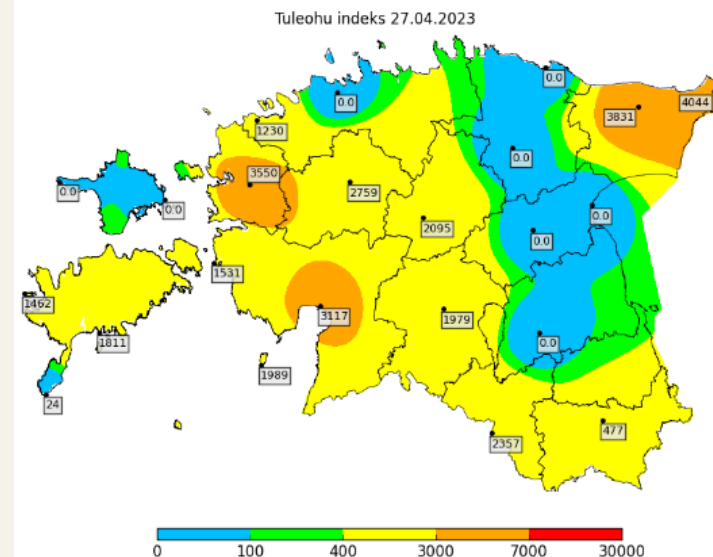
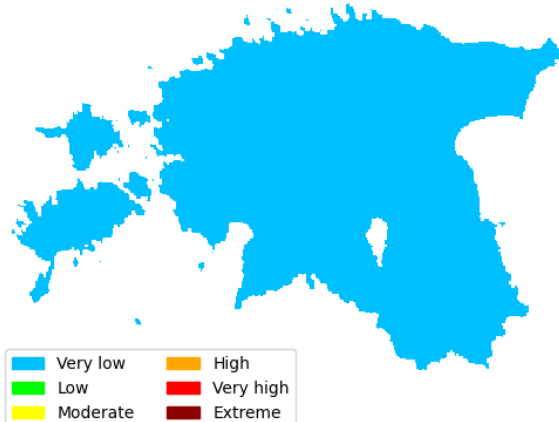
- Radari integreeritud 24h sajusumma 27.04.2023 09 UTC



- Ilmajaamade 24h sajusumma 27.04.2023 06 UTC

- FWI ohuklassid 27.04.2023

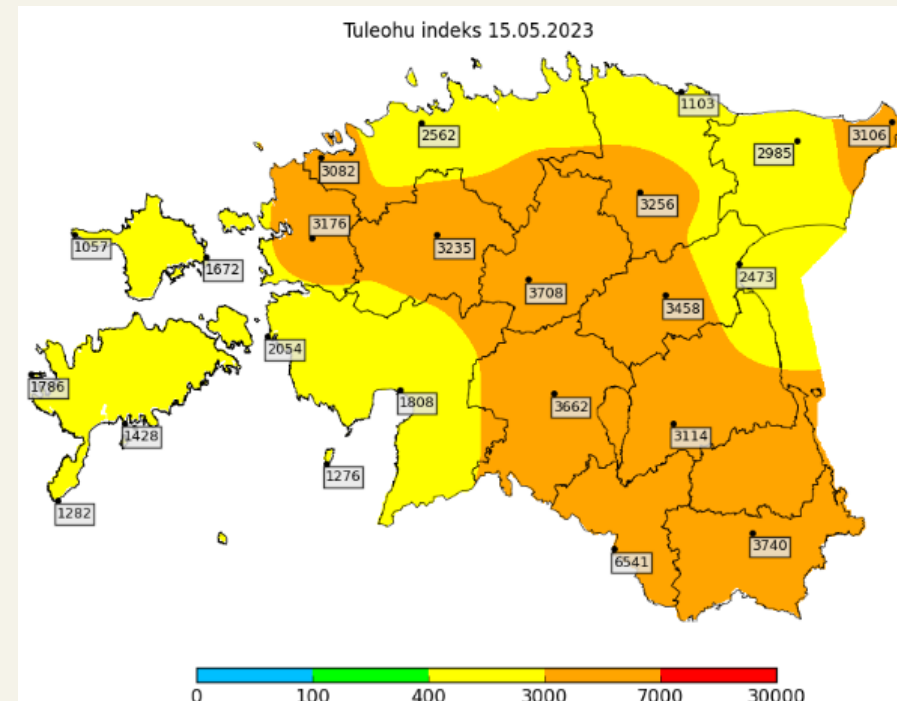
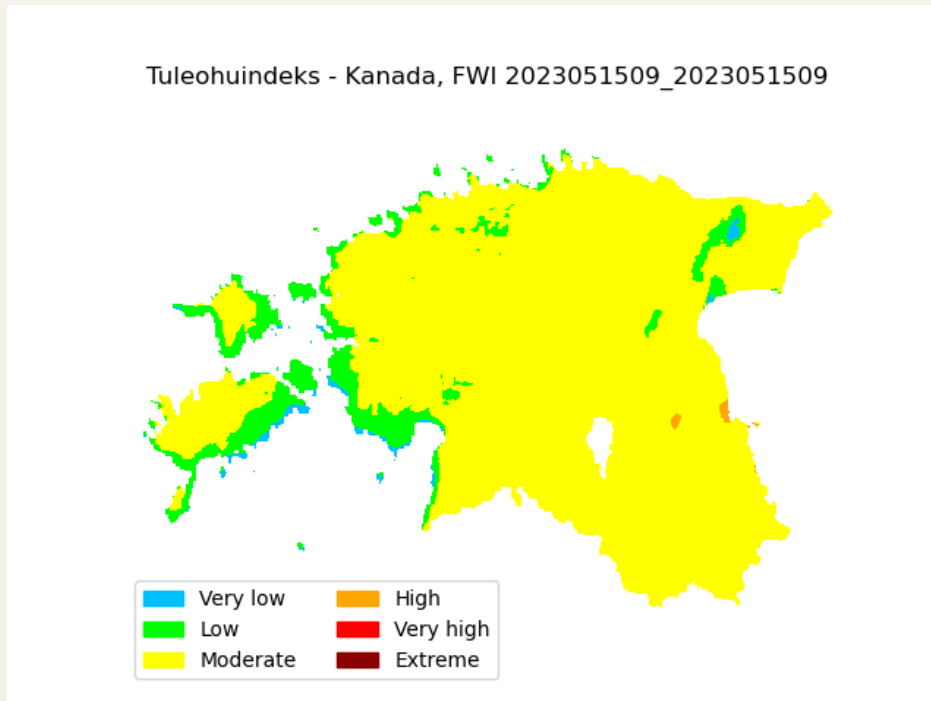
Tuleohuindeks - Kanada, FWI 2023042709_2023042709



- Nesterovi meetodi ohuklassid 27.04.2023

- **III Mai 2023**
- Mai oli keskestlābi kuiv (sajuhulk 28% normist) ja normist päikesepaistelisem [6].
- Ulatuslikumad sajud esinesid kuu esimestel päevadel, 16–18. mail ja viimasel dekaadil.
- Tuleoht kasvas kõikjal 15. maini:

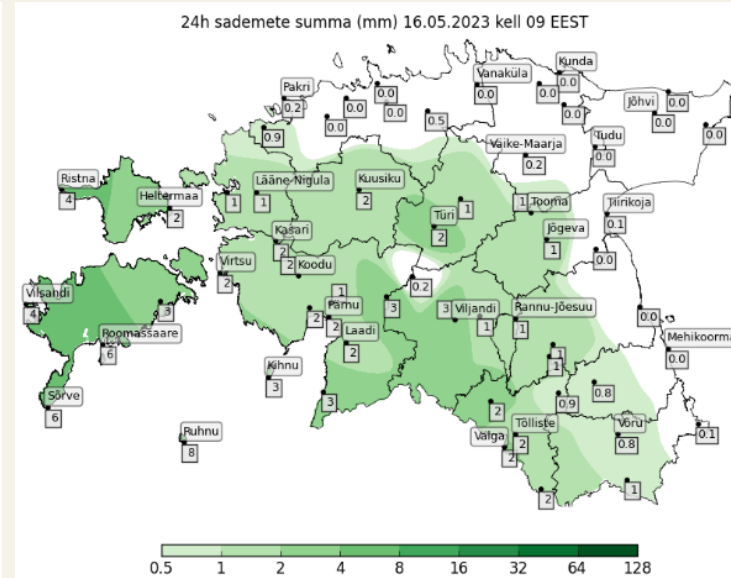
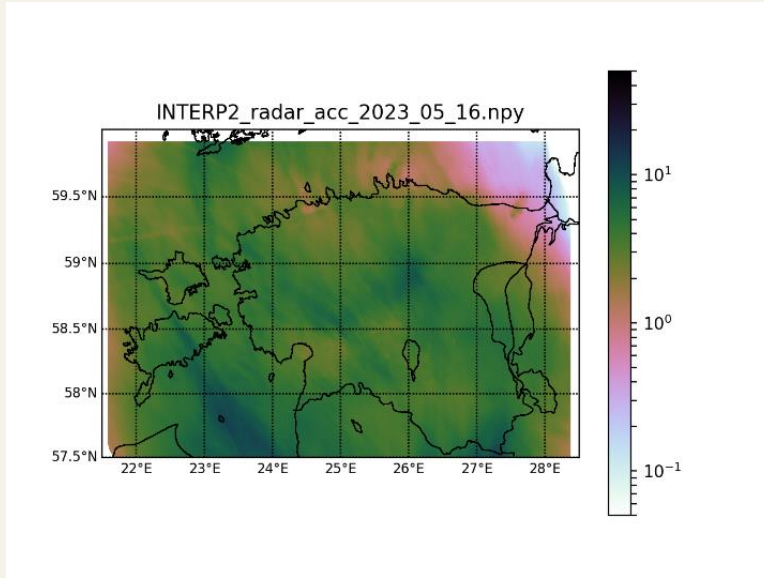
FWI ohuklassid 15.05.2023



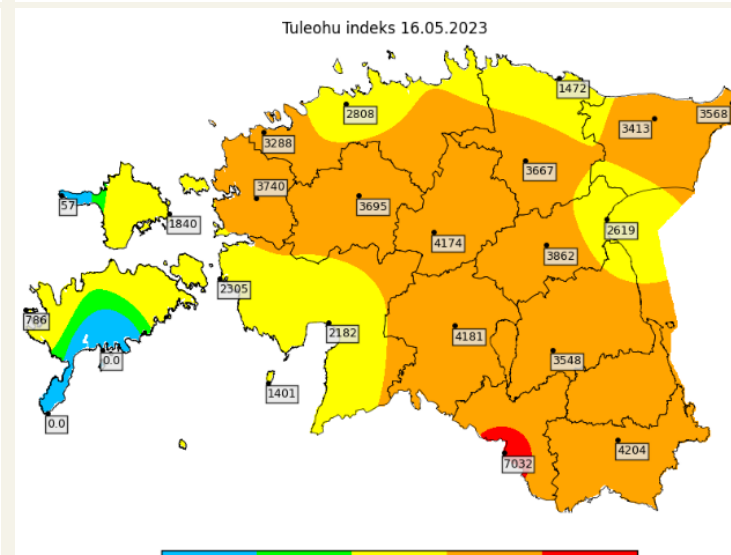
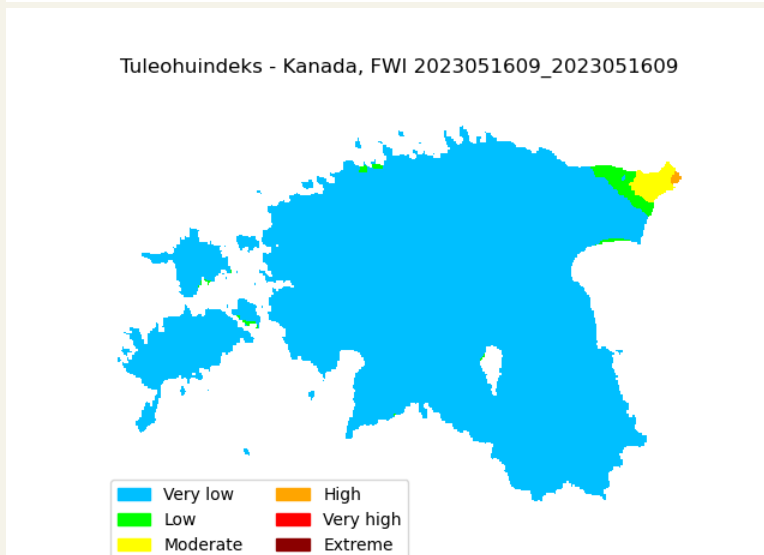
Nesterovi indeksi ohuklassid 15.05.2023

- 15–16. mail esinenud sadu alandas FWI tuleohtu hinnangut, kuid vähe mõjutanud Nesterovi meetodil saadud väärtusi:

- Radari integreeritud 24h sajusumma 16.05.2023 09 UTC

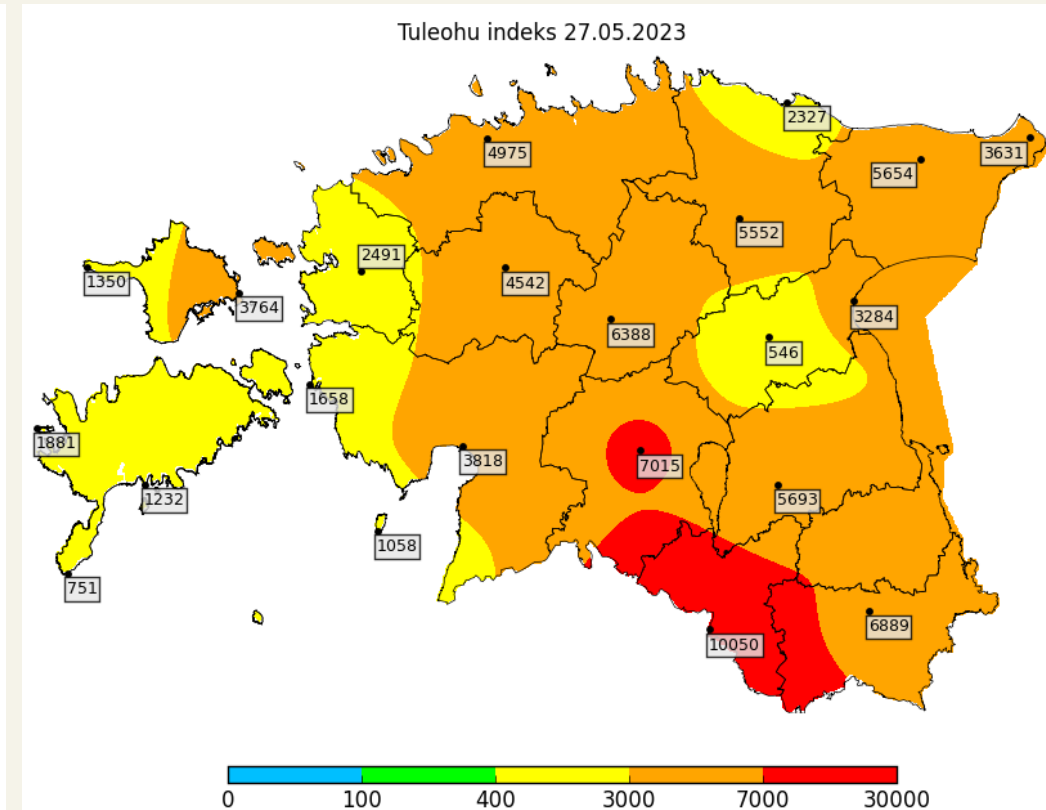
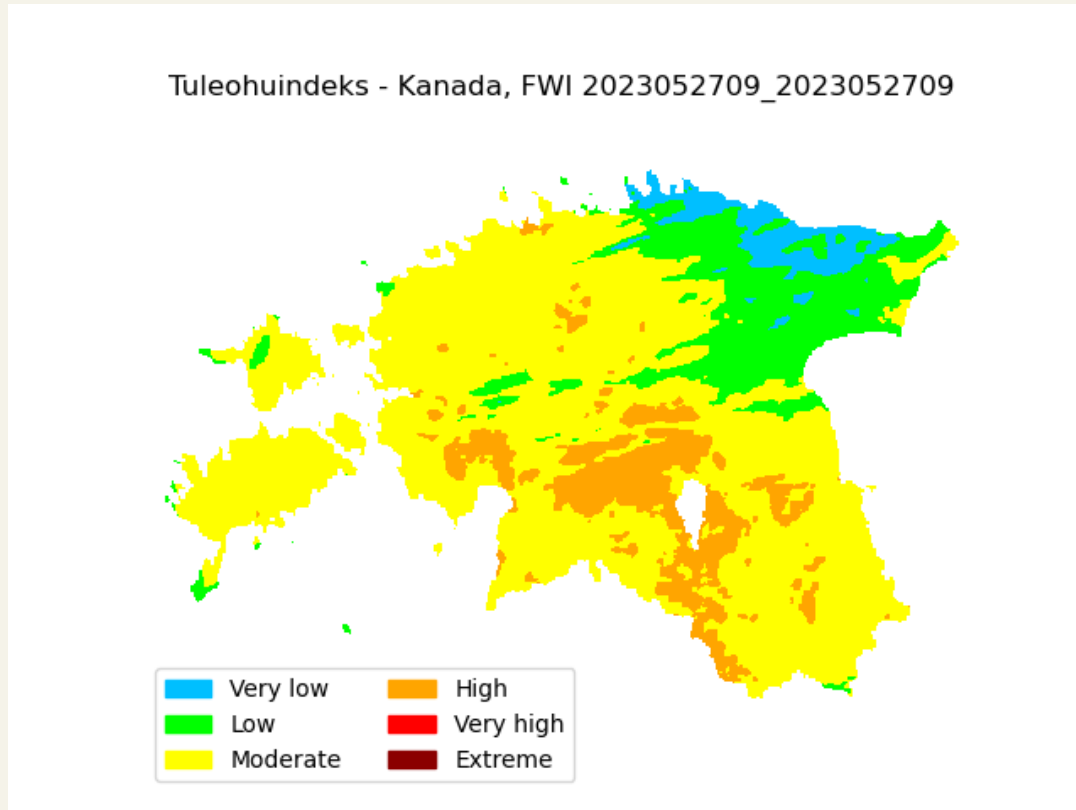


- FWI ohuklassid 16.05.2023



- Ilmajaamade 24h sajusumma 16.05.2023 06 UTC
- *Sajusumma võtmise ajahetkede erinevuse tõttu FWI arvestas suuremat ala katnud sajuga, kui Nesterovi meetod.
- Nesterovi meetodi ohuklassid 16.05.2023

- Kuu lõpuks FWI tuleohu hinnang enamasti taastus, ja paljudes kohtades esinenud hoovihmade tõttu kujunes küllalt kirju muster tuleohuklasside jaotuses.

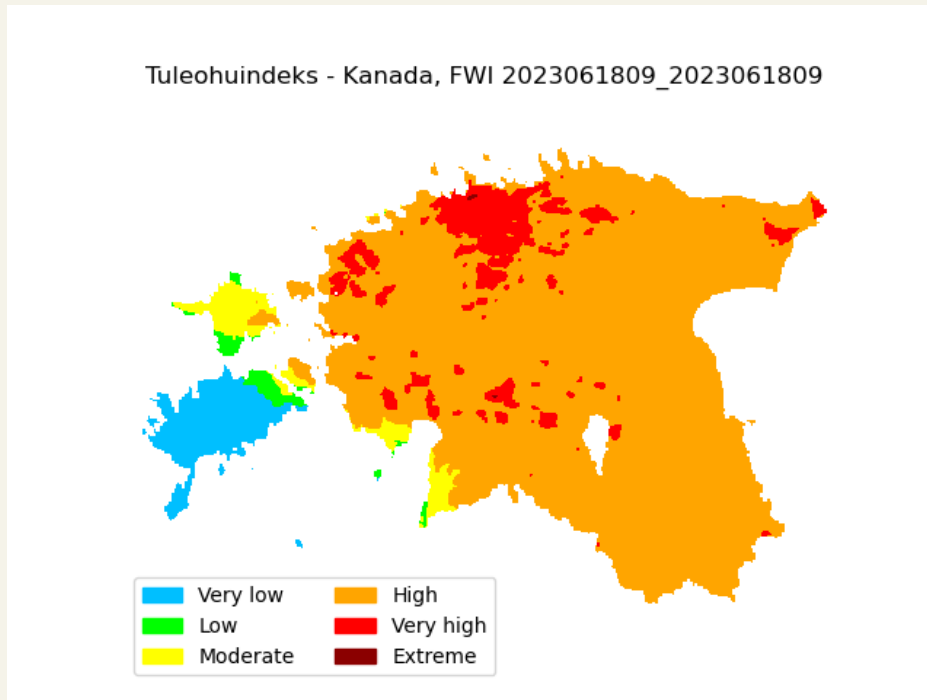


- FWI ohuklassid, 27.05.2023

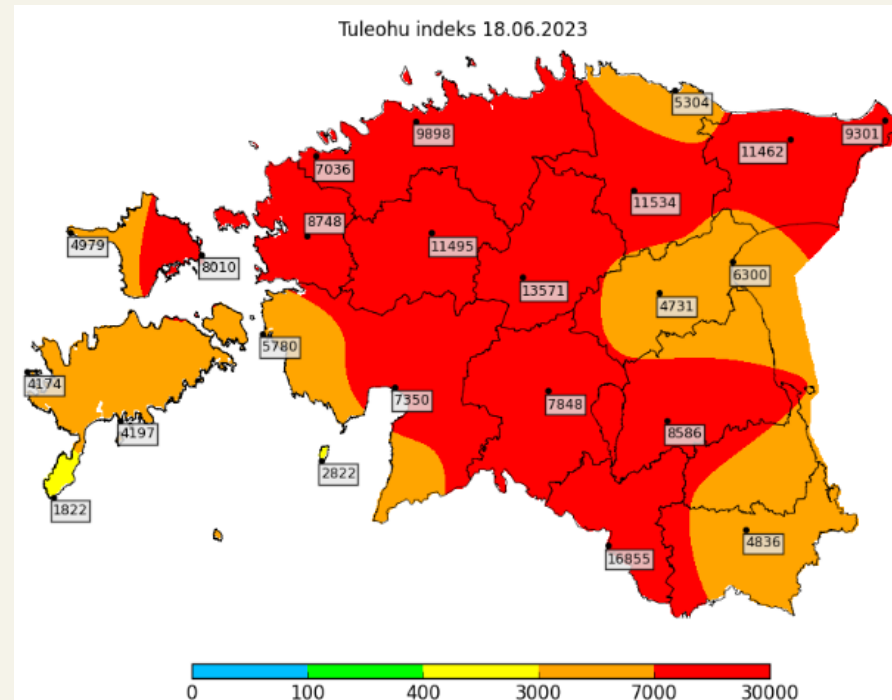
- Tuleohu klassid Nesterovi meetodil, 27.05.2023

- **IV Juuni 2023**

- Juuni oli normist soojem, päikesepaistelisem ja kuivem (sajuhulk 40% normist) [6].
- Ulatuslikumad sajud esinesid 3–5, 22. juunil ja kuu viimastel päevadel.
- Kuu teisel dekaadil tuleoht saavutas väga kõrge taseme. Hiljem sajud maandasid seda paljudes kohtades.



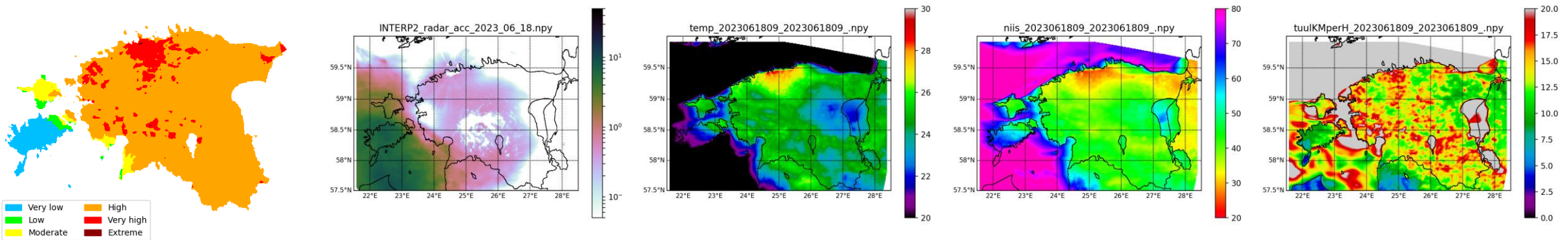
- FWI ohuklassid, 18.06.2023



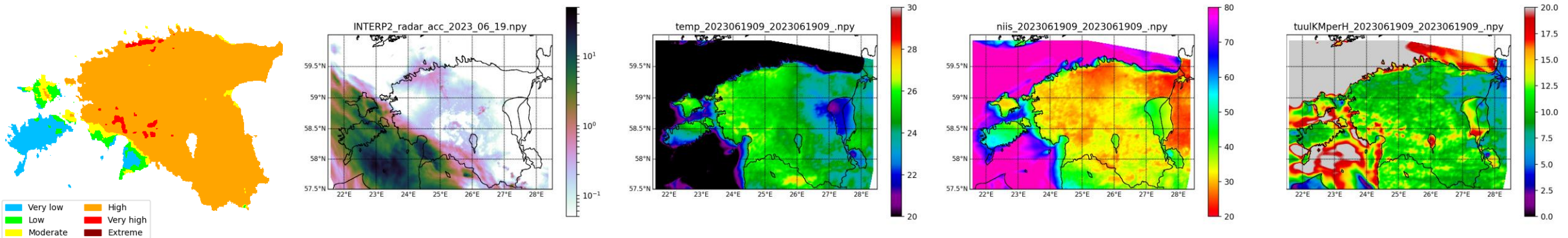
- Tuleohu klassid Nesterovi meetodil, 18.06.2023

- **Vahel oli nähtav ka teiste faktorite mõju FWI ohuklassile:**
- Peale maandamist sajuga, väiksem tuleoht võib kujuneda ka teiste (tuul, temperatuur, niiskus) faktorite muutumisega.

Tuleohuindeks - Kanada, FWI 2023061809_2023061809



Tuleohuindeks - Kanada, FWI 2023061909_2023061909

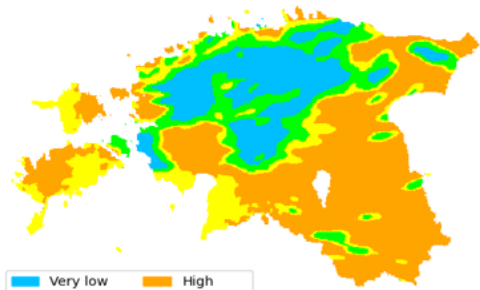


- FWI ohuklassid, 18. ja 19. juuni 2023 ja lähteandmed: sajusumma,
- õhutemperatuur, niiskus, tuul (km/t) kell 09 UTC

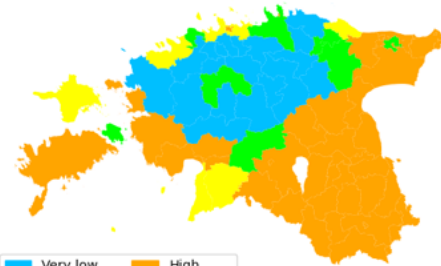
- **„Kevadise katse“ järeldused:**
- Suuremas mastaabis mõlemad meetodid näitavad sarnast dünaamikat tuleohu muutumises.
- „Kanada mudel“ arvestab suurema arvu faktoritega, võrreldes Nesterovi meetodiga.
- Radari rakendamine saju informatsiooni saamiseks andis palju paremat detailsust, võrreldes operatiivse Nesterovi meetodi rakendusega.
- „Kanada mudel“ kannab maha tuleohtu väiksema sajuhulga juures, võrreldes Nesterovi meetodiga.

- **Asustusüksustele üldistamise meetodite võrdlus**
- Katsetatud olid erinevad üldistamise meetodid nii maakondade kui kohalike omavalitsuste tasemel:

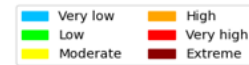
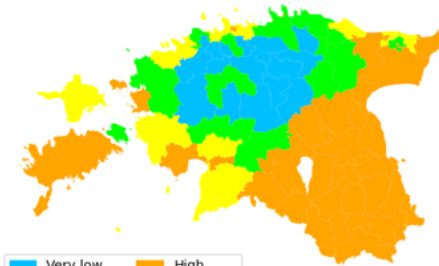
Pikslipõhine



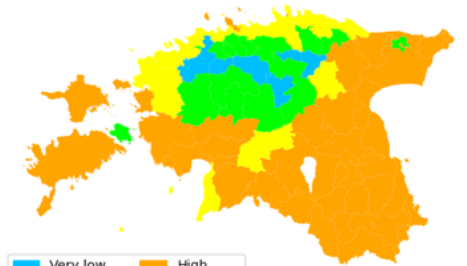
KOV
Enim levinud klass



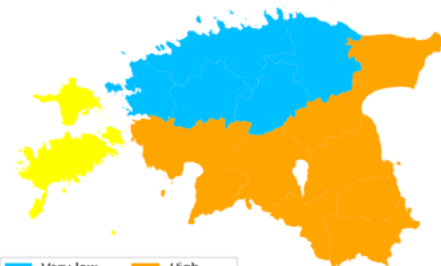
KOV
Percentile 50



KOV
Percentile 75



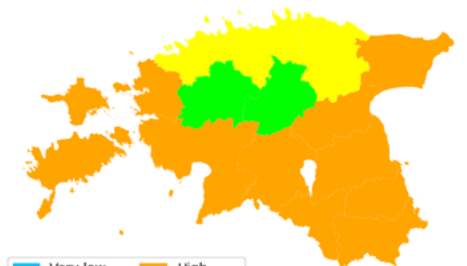
Maakond
Enim levinud klass



Maakond
Percentile 50



Maakond
Percentile 75



Operatiivse töösse juurutamine

- Oli otsustatud arvutada jooksva päeva andmed + ennustust kuni 3 päeva ettepoole MetCoop ja ECMWF mudelandmete põhjal.
- Jooksva päeva sademeid arvutada radarilt.
- Jooksva päeva temperatuuri, niiskuse ja tuule väljad võtta MetCoop mudeli analüüsväljast.
- Varu variandina kasutada ilmajaamade interpoleeritud mõõtmisi.

- 2024. aastal kavatakse kasutada FWI hinnanguid asutuse siselelt.
- 2025. aastast kavatakse näidata andmeid kodulehel.
- Samuti on plaanis arhiveerida andmeid.



KLIIMAMINISTEERIUM



Kaasrahastanud
Euroopa Liit



REPUBLIC OF ESTONIA
ENVIRONMENT AGENCY



KeMIT
11111011101



adaptest

Täname!

Allikad:

- [1] Fire Weather Indices WIKI: „Canadian forest fire weather index system“.
<https://wikifire.wsl.ch/tiki-indexbdbc.html?page=Canadian+forest+fire+weather+index+system>
- [2] Van Wagner, C.E. 1987. Development and structure of the canadian forest fire weather index system. Canadian Forest Service.
<https://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/19927.pdf>
- [3] Oja, Tõnu; Sagris, Valentina; Muru, Merle; Sepp, Edgar; Lang, Mait; Post, Piia; Rahu, Jorma; Toll, Velle; Voormansik, Tanel. Metsa- ja maastikutulekahjude ennetamine ja likvideerimine. Tartu 2020. <https://datadoi.ee/handle/33/318>
- [4] Lääne Elu: Põllumehi kimbutab sajandi suurim pöud, 29.06.2023
<https://online.le.ee/2023/06/29/pollumehi-kimbutab-sajandi-suurim-poud/>
- [5] Canadian Forest Fire Behaviour Prediction (FBP) System.
<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fbp>
- [6] Kuukokkuvõtted. <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/>