



Kuidas arvestada ja mõjutada põllumajanduse süsiniku jalajälge? tänapäev näited taimekasvatuse vaates...



Alar Astover

Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, mullateaduse õppetool



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

Infopäev “Süsinikupõllundus” 18.05.2023

Süsinikuneutraalsuse võimalikkus/võimatus

Maismaal on peaaegu ainus esmane looduslik
siduja fotosünteesiv taim
(arvesse läheb ainult pikaks ajaks seotav süsinik
- 20/50/100 a):

muld
puit



Fotod: Endla Reintam



Süsiniku jalajälg (*carbon footprint*)

+ on “halb” (emission)

- on “hea” (sidumine)

https://www.toonpool.com/cartoons/Carbon%20foot%20print_60506

Süsiniku jalajälg on kvantitatiivselt väljendatud kasvuhoonegaaside (CO_2 , N_2O , CH_4) heite koguhulk, mis tekib inimese, ettevõtte vms üksuse või mingi toote/teenuse **olelusringi** (*life cycle assessment LCA*) jooksul.

Arvestus “sünnist surmani” (või isegi kaugemale).

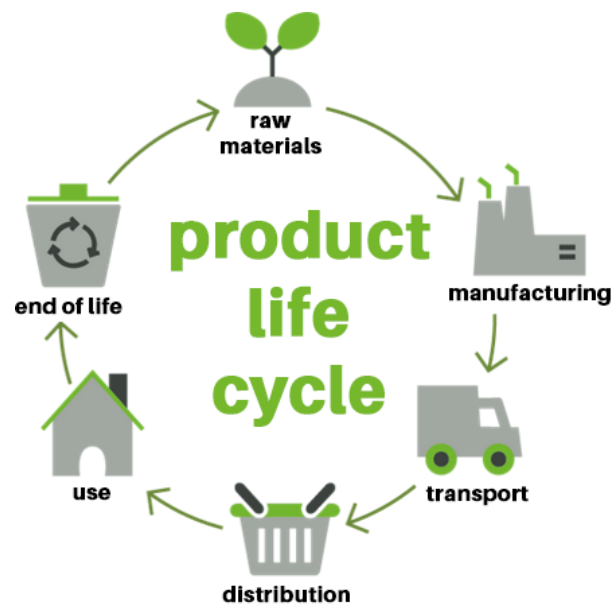
Sageli arvestus nn ringi/ahela teatud vaheetapini ja siis teised kasutavad seda väärtust ahela järgmise osa arvutamisel.



GREENHOUSE
GAS PROTOCOL

<https://ghgprotocol.org/>

Standard hõlmab seitsme kasvuhoonegaasi heitkoguste hindamist – süsinikdioksiid (CO_2), metaan (CH_4), diämmastikoksiid (N_2O), fluoroosüivesiniku ühendid (HFC), perfluoroosüsiniku ühendid (PFC), väävelheksafluoriid (SF_6) ja lämmastiktrifluoriid (NF_3).

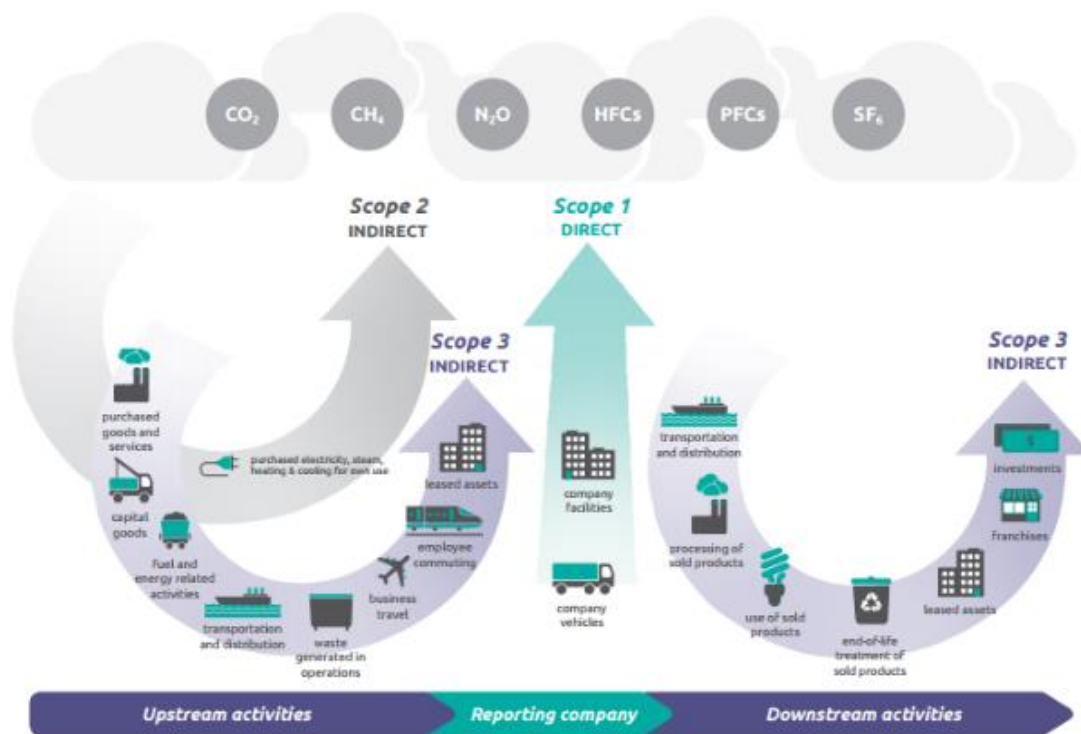


<https://altyor.com/wp-content/uploads/2021/03/cycle-de-vie-anglais.png>

18.05.2023

Ettevõtte/toote C-jalajälje “vähendamise” sammud:

- 1) Mõõda ja arvuta (skoop 1, 2 ja 3), nt GHG protokollis vms järgides
- 2) Tegevuse muutmine – vähendada emissioone ja/või suurenda sidumist
- 3) (Kompenseeri) nn offset, st ostad end süsinikuneutraalseks



<https://ghgprotocol.org/>

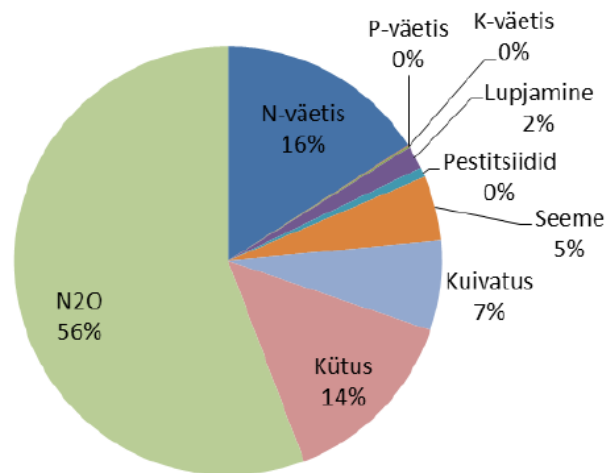
Swedbank Eesti kodulehelt:
”**Skoopide 1 ja 2** alla kuuluvate heiteallikatega seotud andmete kogumine on suhteliselt lihtne ja seetõttu ka heitkogused kergesti arvutatavad.”

Põllumajanduses see kahjuks küll nii lihtne pole!

- Meie esimesed arvutused “toote” tasandil riigi ja maakonna keskmisena 2015. aastal KeM tellimusel

4.3. Suvinisu etanooliks

EL direktiivis (2009/28/EÜ) on nisust toodetud etanooli viljelemise komponendi kasvuhoonegaaside emissiooni vaikeväärtus 23 g CO₂/MJ. Suvinisu viljelemisega kaasnev keskmine emissioon 34 g CO₂/MJ ületab sätestatud vaikeväärtust (tabel 22). Teraviljade puhul moodustab seemnetega seotud emissioon umbes 5% (joonis 2).



Joonis 2. Kasvuhoonegaaside emissiooni (CO₂-ekvivalendi alusel) lähteallikate jaotus suvinisu kasvatamisel Eesti keskmisena

Astover jt 2015

Agrone Grupi 1 kg teravilja jalajälg 2019. aastal (Sustinere arvutused, allikas Silver Kuus 2021)



Ettevõtete 1 kg teravilja jalajälg

Meie arvutused (2011-2013.a.)
riigi keskmisena (kg CO₂-ekv/kg):

| | |
|----------|------|
| Rukis | 0,40 |
| Talinisu | 0,37 |
| Suvinisu | 0,44 |
| Suvioder | 0,40 |

| Protsess | Hummuli | Põlva | Vändra | Peri ja Miiaste |
|--|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Põllu emissioonid, N ₂ O | 0.14 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |
| Kütused, diisel | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.05 |
| Väetiste tootmine, N | 0.08 | 0.10 | 0.07 | 0.10 |
| Väetiste tootmine, P ₂ O ₅ | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| Väetiste tootmine, K ₂ O | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| Taimekaitsevahendite tootmine | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Soojusenergia | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.03 |
| Elekter | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.01 |
| KOKKU, kg CO₂ekv | 0.26 | 0.40 | 0.29 | 0.38 |

https://epkk.ee/wp-content/uploads/2020/03/05_Kuus_Agrone-1.pdf

18.05.2023

Mulla orgaanilise süsiniku varu ja selle muutus

... enamikel juhtudel on (varasemalt) see C-jalajälje arvestusest välja jäetud

Kuidas mulla orgaanilise süsiniku varu muutust hinnata?

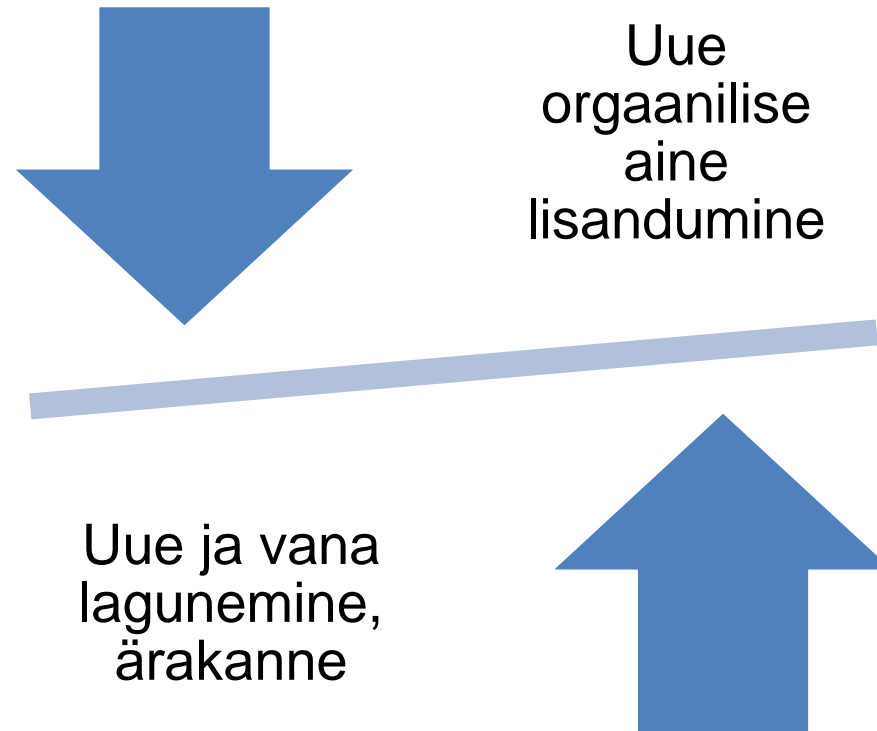
- **Mõõda, raporteeri ja tõenda** (measurement, reporting, verification)
 - kui “nõuetekohaselt” teha, siis töömahukas ja kulukas
 - tulemuse saamiseks pead enamasti 5/10+ aastat ootama
 - 100% garantiid pole, et muutus soovitus suunas
- **Modelleeri.** Dünaamilised mudelid – nt RothC, staatilised mudelid – nt meie huumusbilansi kalkulaator. Kõik mudelid valetavad, mõned neist võivad olla kasulikud.



Mis loom on mulla süsinikuvaru?

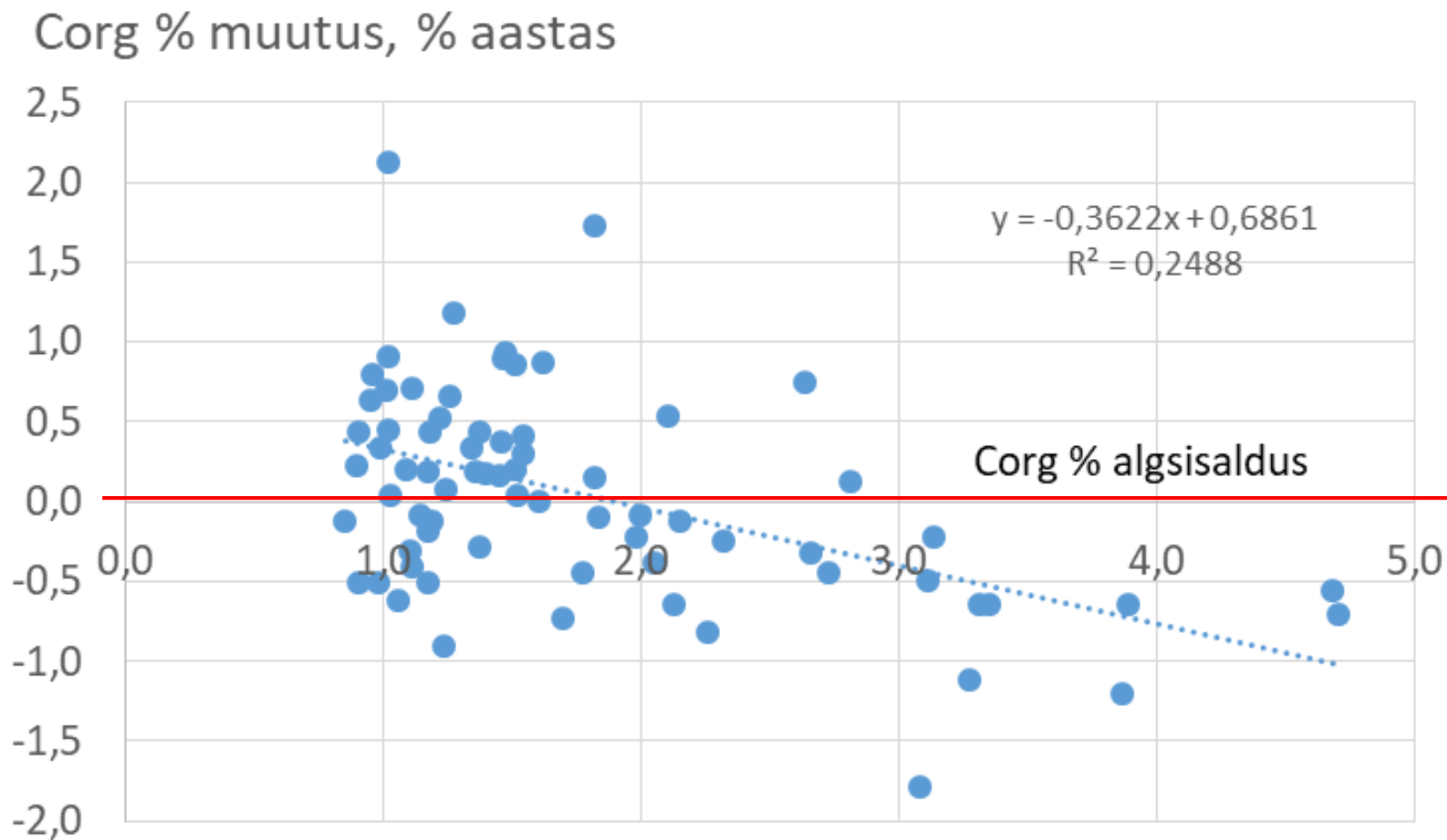
- Arvutuslik näitaja (t/ha, kg/m², ...)
 - Vajalikud lähetandmed:
 - Orgaanilise süsiniku kontsentratsioon (% , g/kg)
 - Kihi tüsedus (0-30 cm, 1 m, ..., huumuskihi tegelik tüsedus)
 - Lasuvustihedus (g/cm³, t/m³) – mõõdetud või mudeli hinnang
 - Korese koefitsient – st “kivid”, osakesed üle 2 mm tuleb maha arvutada
- ... ning iga komponendi juures oma detailsus, eksimuste kuhjumise võimalus ja tulemuse määramatus alates välitöödest, laborist kuni arvutusteni
- ... näiteks kas sikud (anorgaaniline C – lubjakivides) ja sokud (orgaaniline C) eristatakse ... jne

Mulla orgaanilise aine bilanss



- Peamised mulla süsiniku sidumisvõimet määravad mulla näitajad (Eesti tingimustes):
 - Elustiku aktiivsus ja mitmekesisus
 - Lõimis (kaitse ja stabiilise C sidumine peamiselt saviosakestega)
 - Niiskusrežiim (õhuavaeses keskkonnas lagunemine aeglasem)
 - Ca, Mg, mullareaktsioon – tugevamad struktuuriagregaadid tagavad parema kaitse
 - Algseisus (rikkust on lihtsam kaotada kui vaesust)

Orgaanilise süsiniku sisalduse suhteline muutus (% aastas) sõltuvalt algsisaldusest (põllumuldade seirealad alates 1983. aastast, ajaperiood u 30 aastat)



Corg 2,4% Corg 5,2% Corg 29%



Arvesse peaks minema ainult nn tavapraktikale lisanduv **netosidumine**

- Taimejäänustest, tavalisest orgaanilisest väetisest muundub mulla püsivaks orgaaniliseks aineks mitte rohkem kui 5-10(20)%, aga kui panekski mulda juba püsivamale kujule muundatud orgaanikat näiteks biosöena...?

Biosöega põldkatse Ahjal (eestvedaja Henn Raave)

2011.a. kevadel anti põllule biosütt 50 t/ha (C sisend: 42 t C/ha)

- Corg varu 0–20 cm mullakihis
 - 2011. aastal enne katse algust: **29,4** t/ha
 - 2020. aastal: biosöega **49,1** t/ha ja biosöeta **32,0** t/ha
- Netosidumine** +17,1 t C/ha (hetkel siis ca 10 aasta vaade)
= u **6,2 t CO₂-ekv ühe aasta peale**

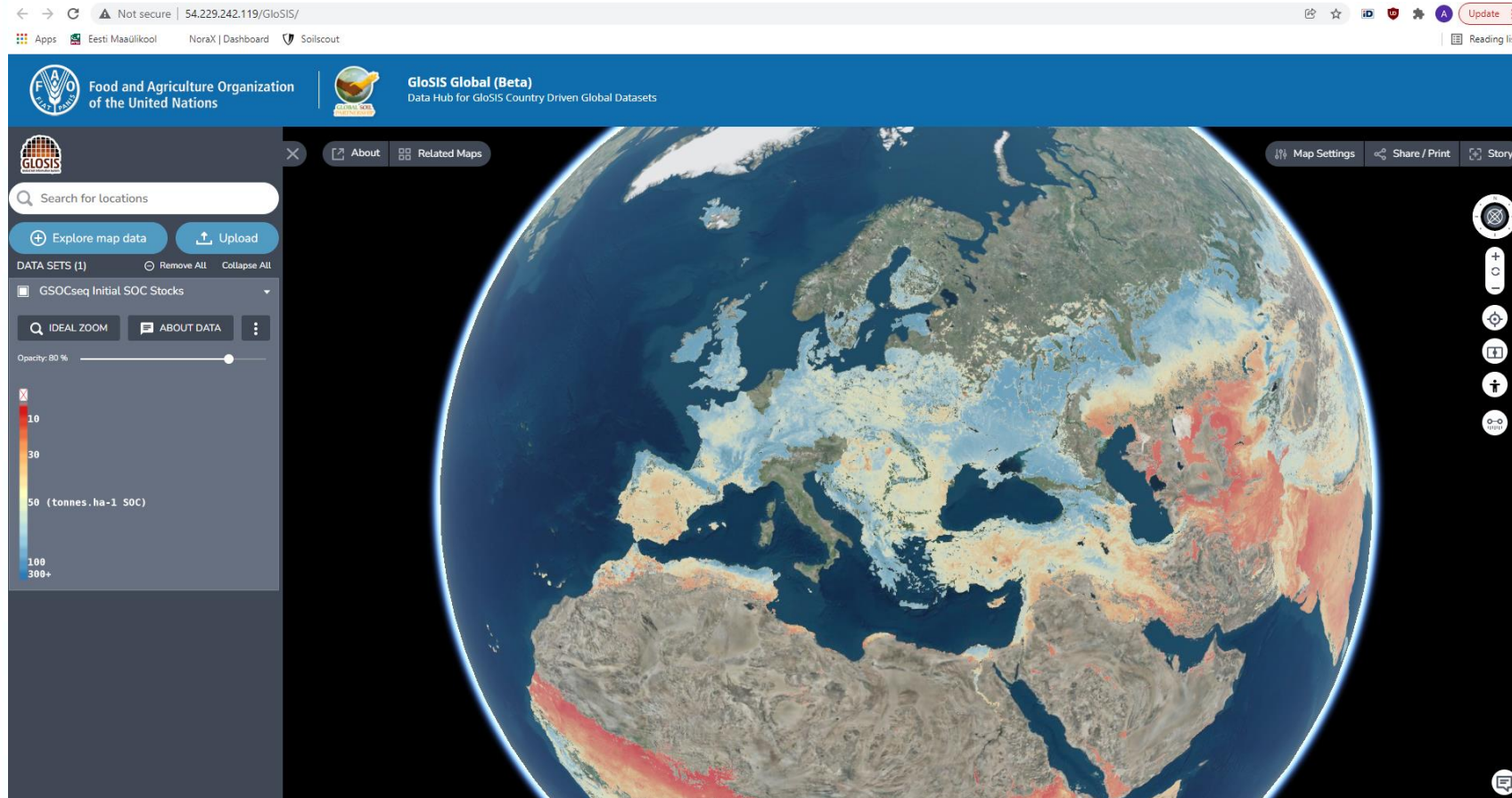


18.05.2023



Eesti osales globaalse mulla orgaanilise süsiniku sidumisvõime kaardi koostamises (Maaelu Teadmuskeskus, Eesti Maaülikool)

- Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map GSOCseq



<https://global.gloasis.org/index1.html>

RothC mudel – 20 aastat edasi prognoos

1x1 km alad

Ainult mineraalmullad põllumajandusmaal

Edasiarendused EJP SOIL ja selle tütarprojektide raames

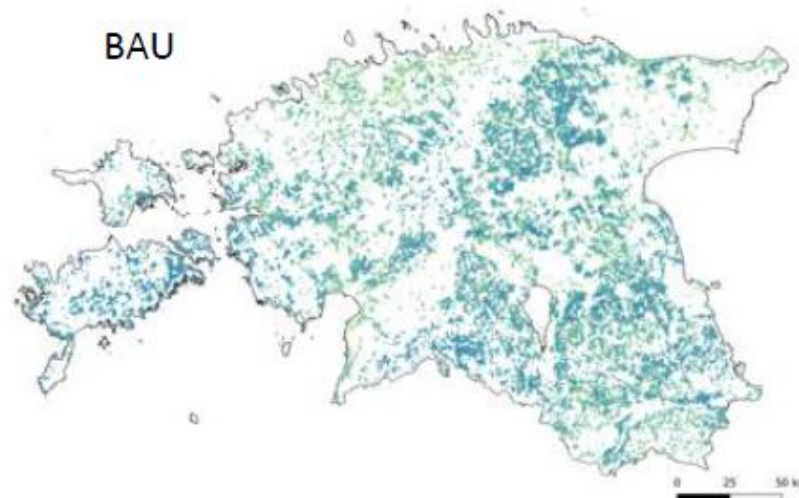


Absoluutsed MOS sidumisvõimed erinevate stsenaariumite juures

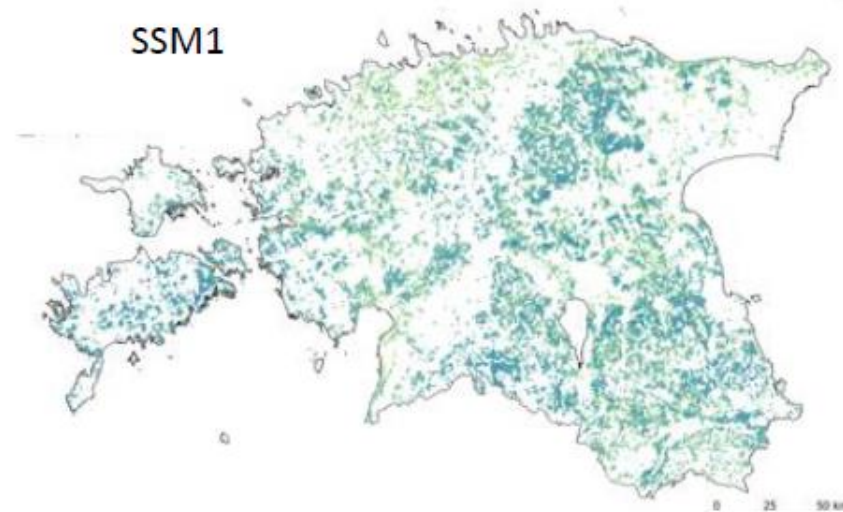


Süsiniku sisend mulda +5%

BAU

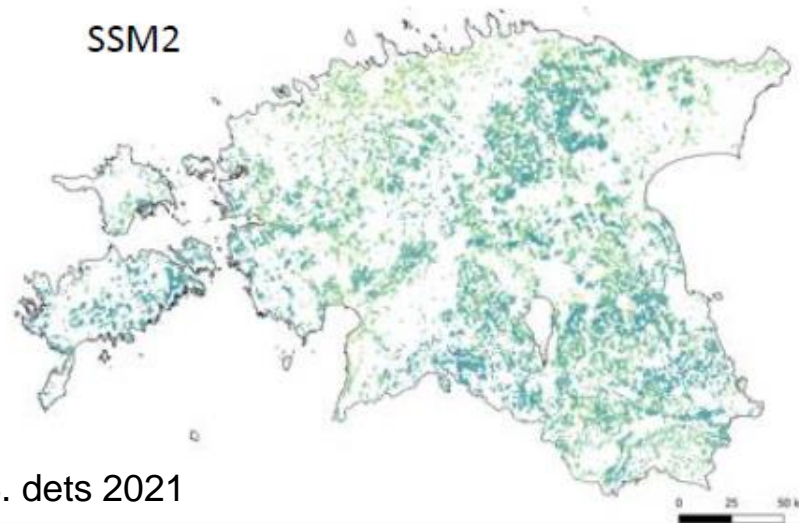


SSM1



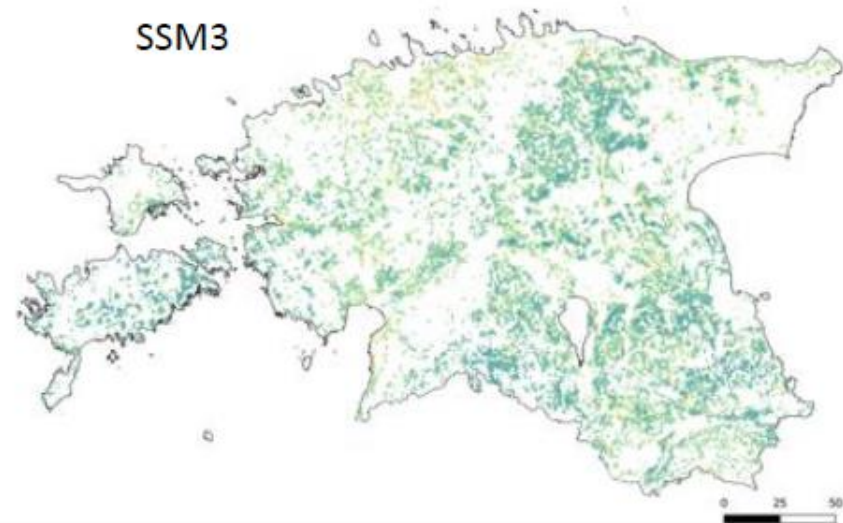
Süsiniku sisend mulda +10%

SSM2

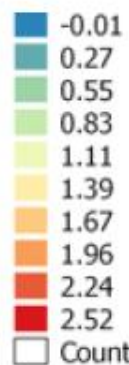


Süsiniku sisend mulda +20%

SSM3



Absoluutne MOS sidumisvõime (t C ha⁻¹ a⁻¹)

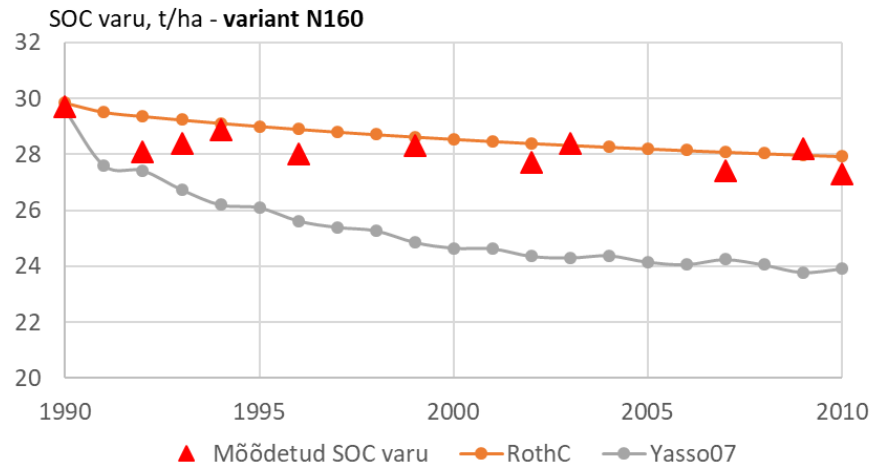
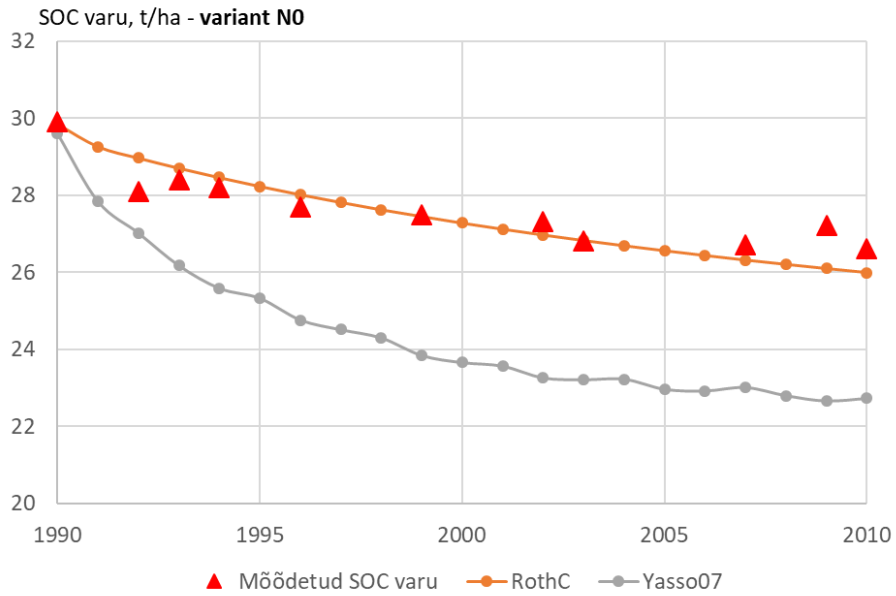


Country border line

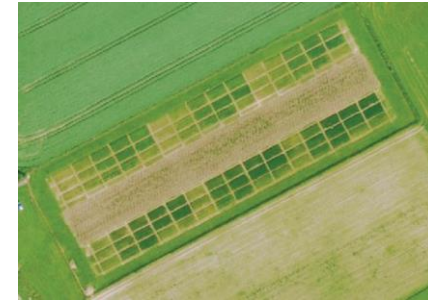
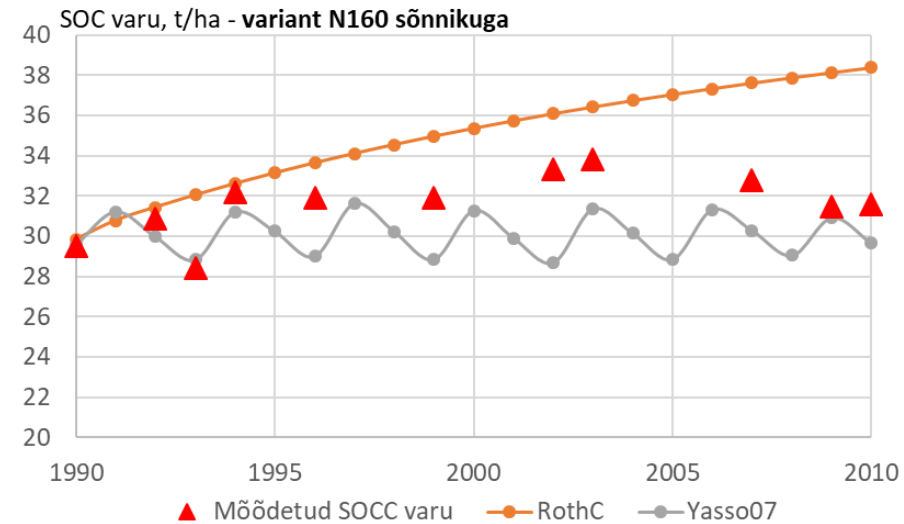
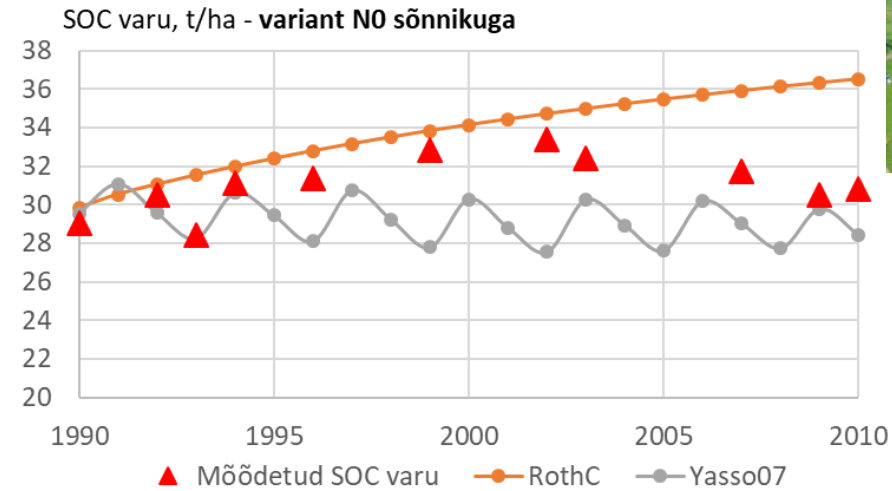
Kadri Allik: Mullapäev, 3. dets 2021

Orgaanilise süsiniku varu muutus ajas – tegelik ja mudeli hinnangud (RothC, Yasso). 20-aastane periood. IOSDV põldkatse (Tartu).

Ilma sõnnikuta külvikord



Sõnnikuga külvikord

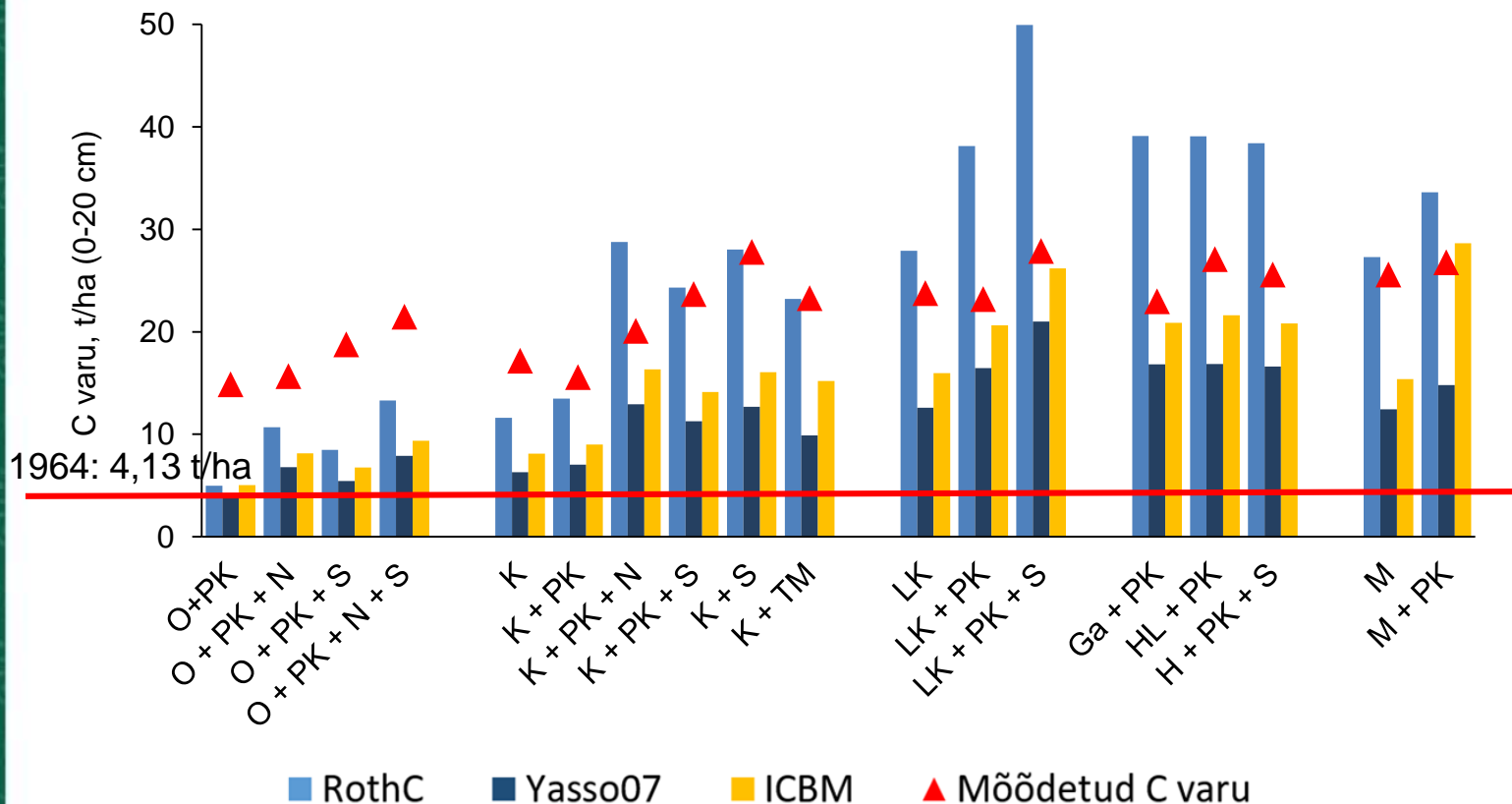


Karin Kauer

Mõõdetud vs modelleeritud C varu

EMÜ 'Moreenikatse' aastast 1964

Modelleeritud C varu tulemused sõltuvad kasutatud mudelist.



Oder (O)

Kõrreliste segu (K): harilik kerahein (50%), timut (35%), aasnumikas (15%)

Liblikõieliste-kõrreliste segu (LK): valge (20%) ja punane (15%) ristik, timut (35%), karjamaa raihein (15%), aasnumikas (15%)

Murukõrreliste segu (M): aasnumikas (45%), punane aruhein (45%), karjamaa raihein (10%)

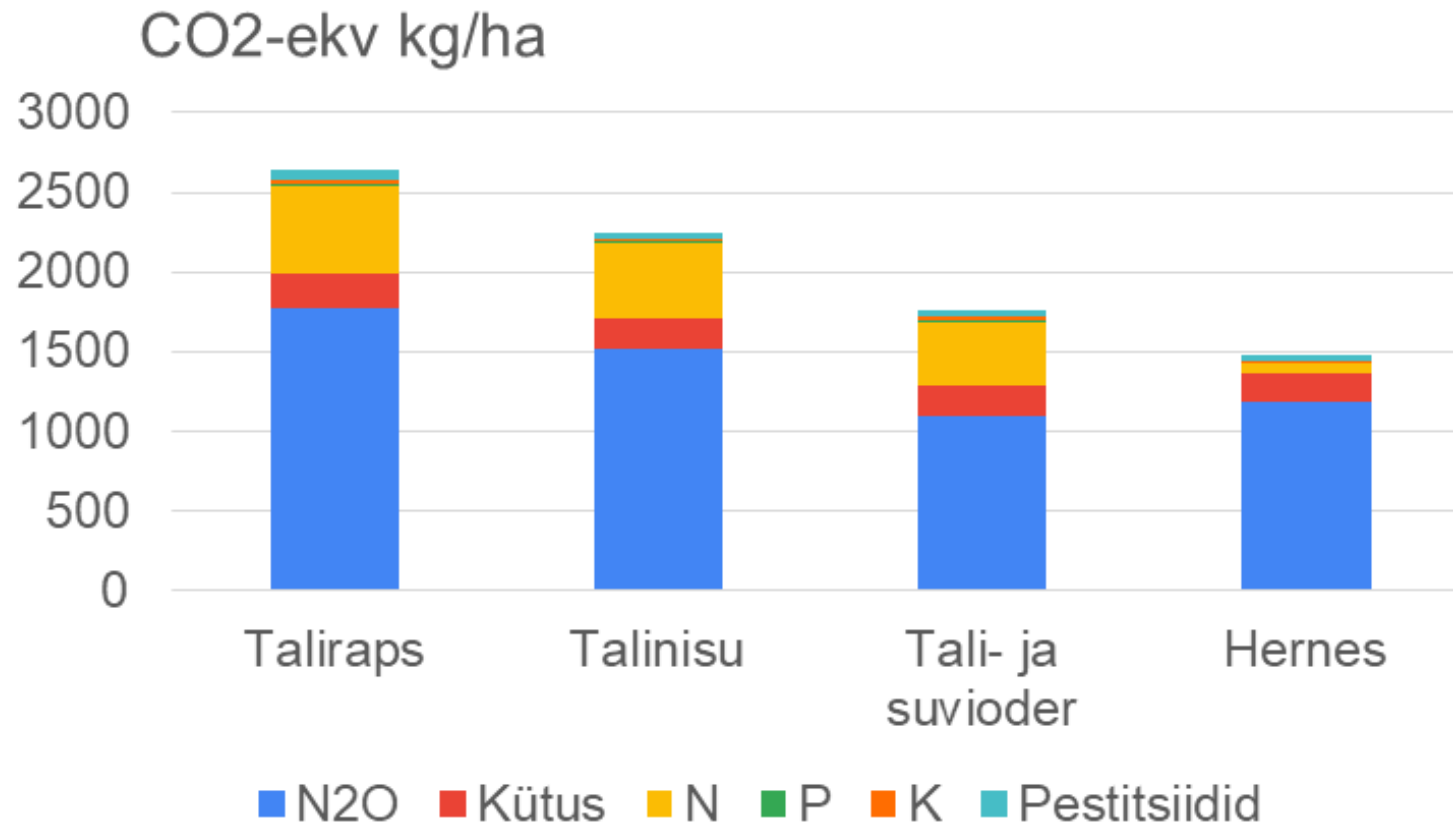
Karin Kauer

18.05.2023

Arvestuse näide - viljelusvõistluse põllud 2022. aastal. Mis on arvesse võetud?

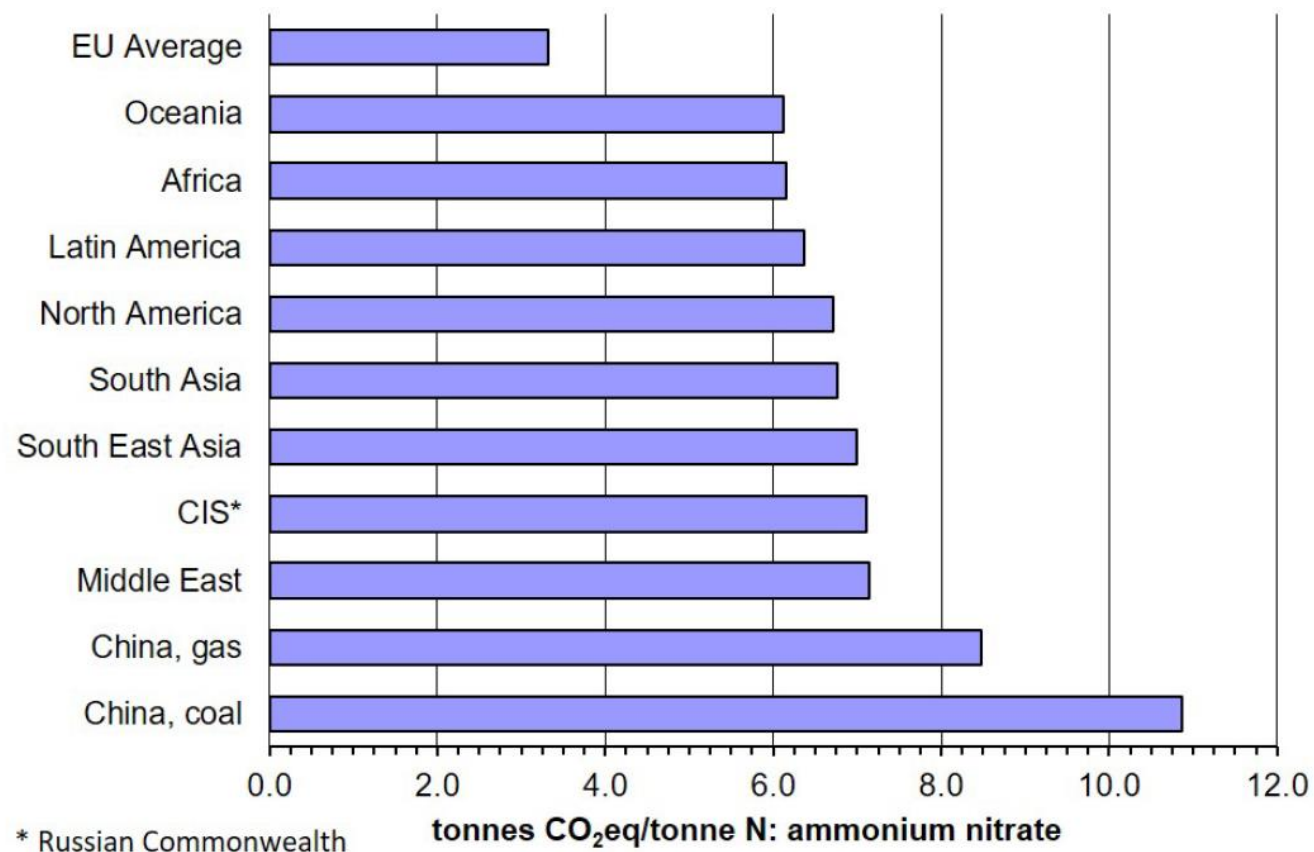
- Otsesed emissioonid
 - Mineraalväetised
 - Diiselmootorid
 - Pestitsiidid
- Kaudsed
 - N₂O emissioonid (väetised, taimejäänused, muld)
<https://gnoc.jrc.ec.europa.eu/>
- Mulla Corg varu muutus – huumusbilansi kalkulaator
- Teisendus toodangu (koristatud saagi) pindala, energiaühiku ja tooteühiku kohta

- Viljelusvõistlus 2022
- Otsesed ja kaudsed emissioonid (ilma mulla Corg varu muutuseta) põldude keskmine, arvestus pindala ja toodangu kohta



| | CO ₂ -ekv kg/kg |
|-------------------|-------------------------------|
| Taliraps | 0,60 |
| Talinisu | 0,26 |
| Tali- ja suvioder | 0,21 |
| Hernes | 0,32 |

- Ammooniumnitraadi näide – tootmise emissioonifaktorite erinevused piirkonniti



THE CARBON FOOTPRINT OF FERTILISER PRODUCTION:
REGIONAL REFERENCE VALUES

by

Antione Hoxha¹ and Bjarne Christensen²

¹ Fertilizers Europe, Brussels, Belgium.

² Chem Technic Consulting, Denmark.

Figure 2: *Variations in the carbon footprint of ammonium nitrate (33.5-0-0) prilled fertiliser products between selected regions of the world.*

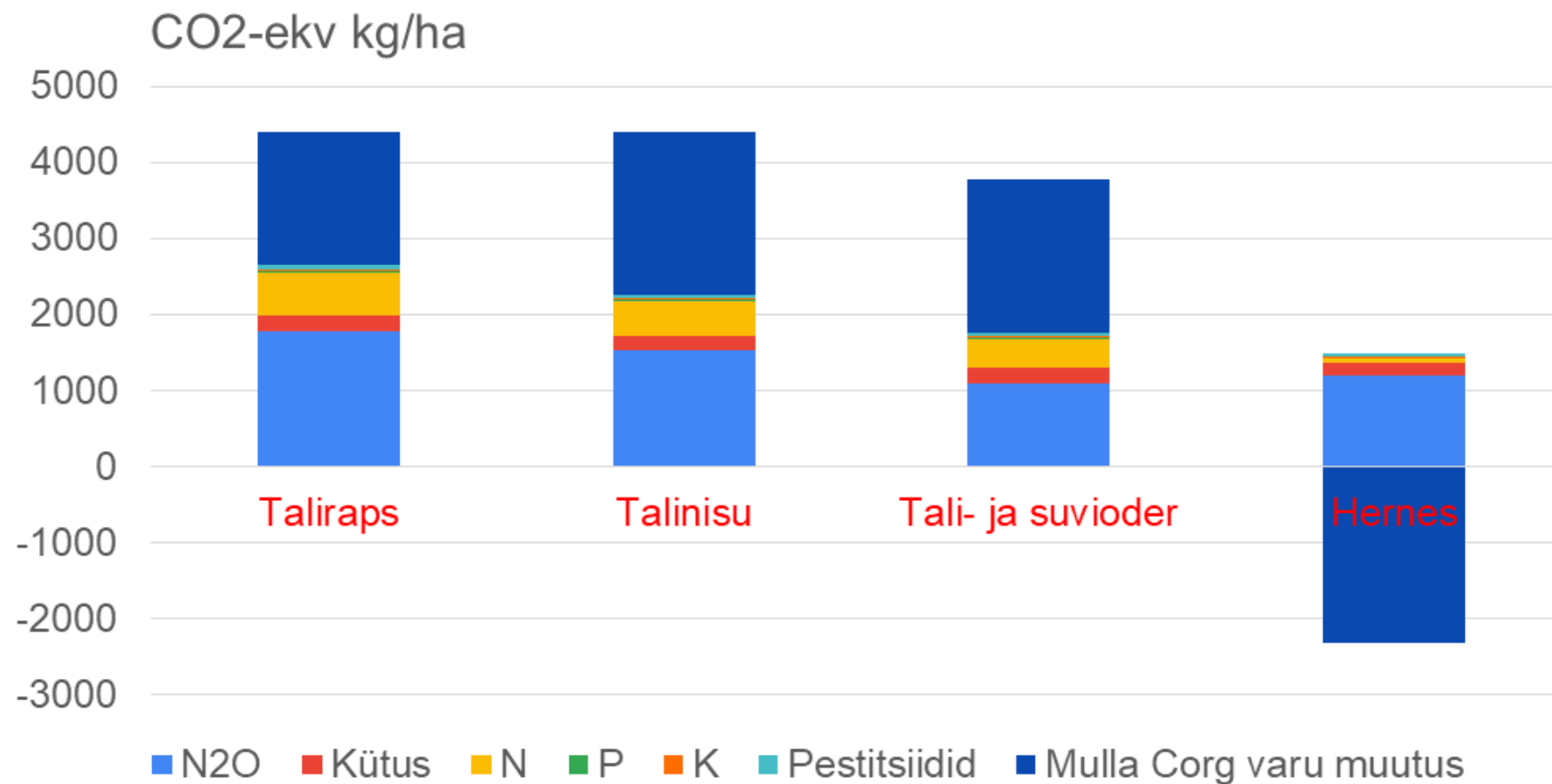
Proceedings 805

Paper presented to the International Fertiliser Society
at a Conference in Prague, Czech Republic, on 8th May 2018.

- Viljelusvõistlus 2022 – võtsin alusek kaks suurema N-väetise tootmise emissioonifaktori (EF)
- Otsesed ja kaudsed emissioonid (ilma mulla Corg varu muutuseta) põldude keskmine, arvestus toodangu kohta, kg CO₂-ekv/kg

| Kultuur | Algne EF 2,9 kg CO ₂ -ekv/kg N | 2x suurem EF |
|-------------------|--|--------------|
| Taliraps | 0,60 | 0,72 |
| Talinisu | 0,26 | 0,31 |
| Tali- ja suvioder | 0,21 | 0,25 |
| Hernes | 0,32 | 0,33 |
| | | |

- Otssesed ja kaudsed emissioonid (koos mulla Corg varu muutusega) põldude keskmine, arvestus pindala kohta



Aasta muld 2023

Leetunud muld – liivane viljakus



Alar Astover, professor

E-mail: alar.astover@emu.ee



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa Investeeringud
maapirkondadesse

18.05.2023