

Muld ja kliimamuutused

Merrit Shanskiy

Eesti Maaülikool, mullateaduse kaasprofessor



Iceland
Liechtenstein
Norway grants



TARTU ÜLIKOOL



TALLINNA ÜLIKOOL



UNIVERSITETSMUSEET

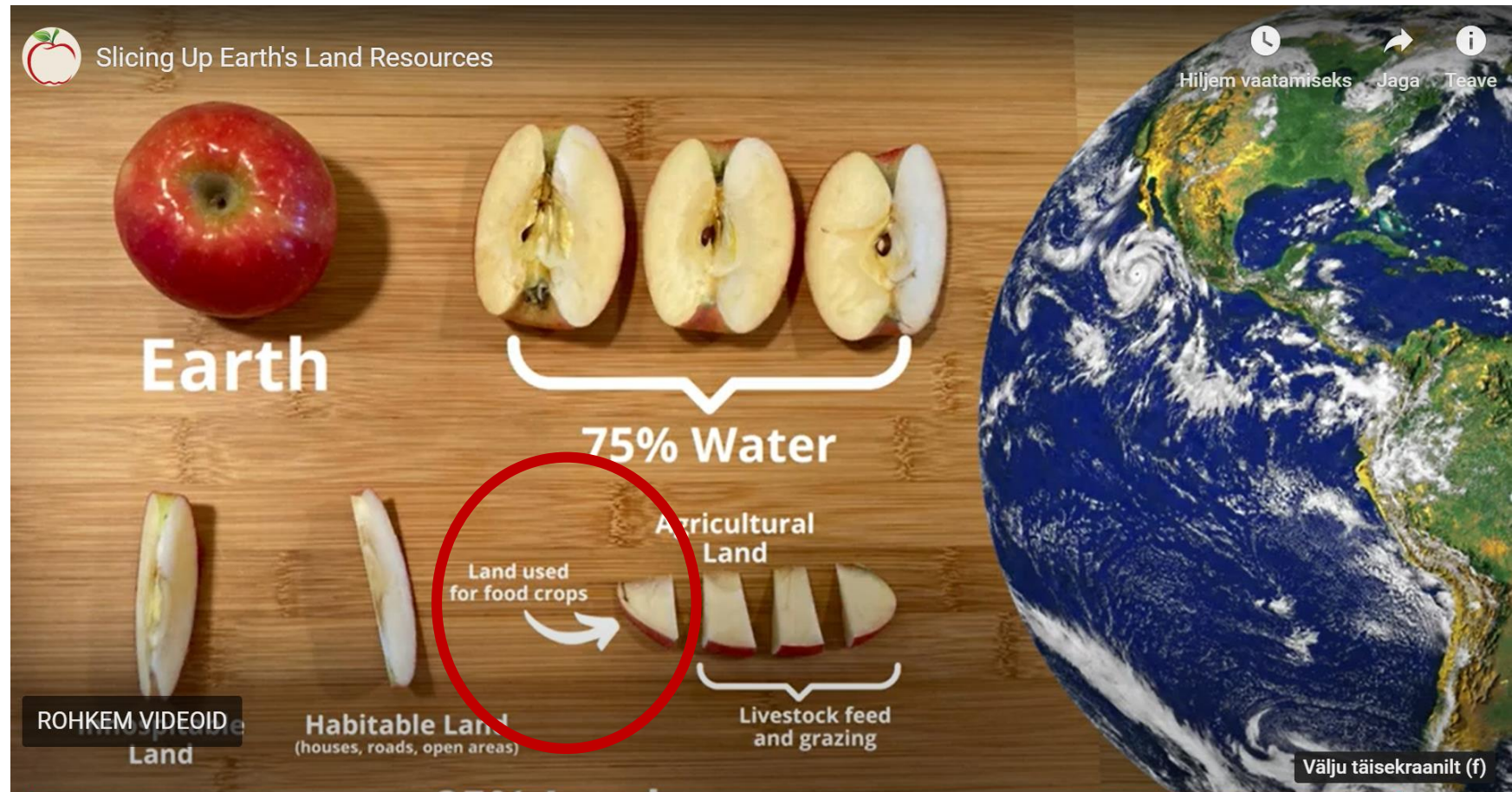
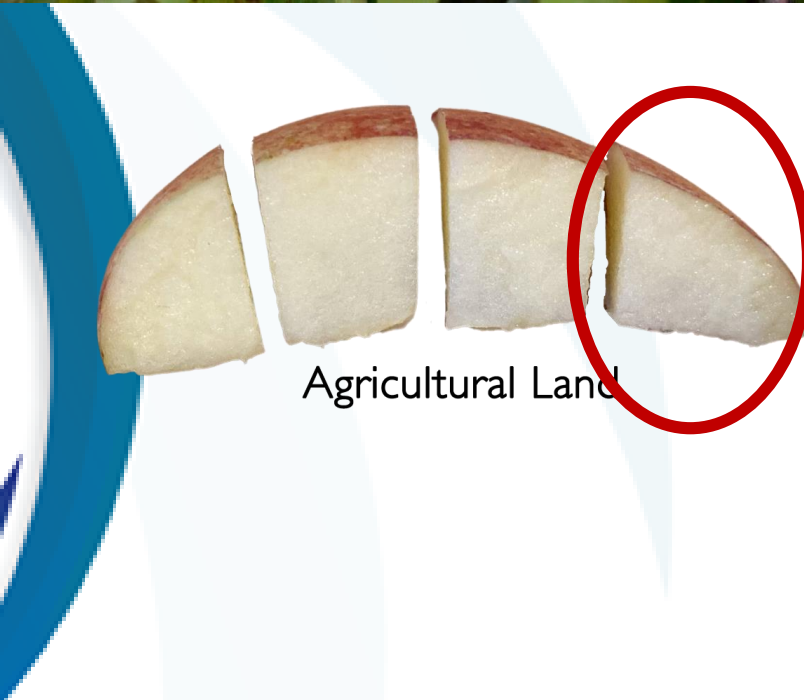


Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

www.emu.ee

Õun 'Meelis'







Slicing Up Earth's Land Resources

Hiljem vaatamiseks Jaga Teave

Earth

75% Water

Agricultural Land

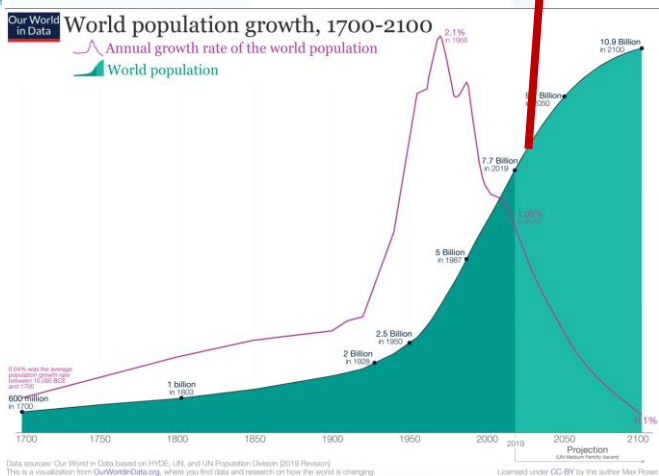
Land used for food crops

Habitable Land (houses, roads, open areas)

Livestock feed and grazing

ROHKEM VIDEOID

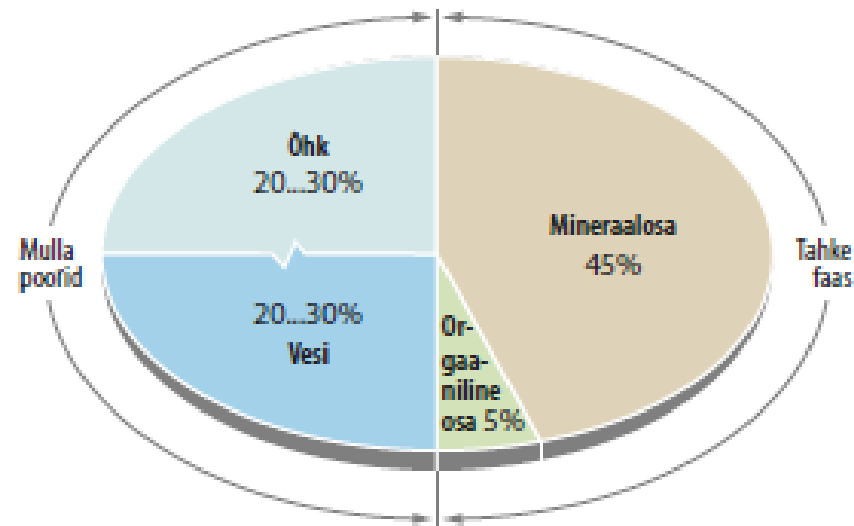
Välju täisekraanilt (f)



Muld on maakoore pindmine kobe kiht, mida **kasutavad** ja **muudavad** aktiivselt **taimed** ja **muud elusorganismid** ning nende laguproduktid kogu **ülejäanud keskkonna osalusel ja mõjutusel**.

Muld on elus ja pidevas muutumises (kuigi aeglaselt).

Normaalse mineraalmulla mahust on nende komponentide osatähtsus ligikaudu:



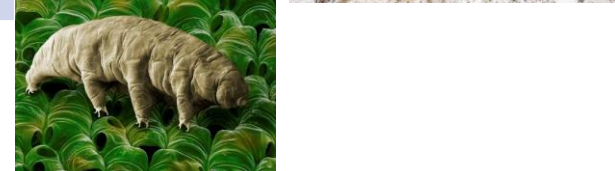
- Erinevates muldades ja sõltuvalt ilmastikutingimustest võivad nende komponentide osatähtsused varieeruda väga suurtes piirides.

Mulla olulisemad funktsioonid (talitlused):

1	Bioproduksioon – toidu, sööda ja muu biomassi tootmine (food, feed, fuel, fibre, fun...)
2	Keskkonna tasakaalu reguleerimine (ainete ja energia varud, filtratsioon, puhverdamine ja muundumine; vee ja õhu kvaliteet)
3	Bioloogilise mitmekesisuse säilitamine (elupaigad, liigi- ja geenivaramu)
4	Tooraine allikas (liiv, savi, kruus jne)
5	Kultuurilise ja tehnoloogilise keskkonna alus (haljasalad, pargid, teed, ehitised)
6	Geoloogilise ja arheoloogilise pärandi varamu

**Mulla ökoloogilised talitlused
(mulla “ökosüsteemi teenused”)**

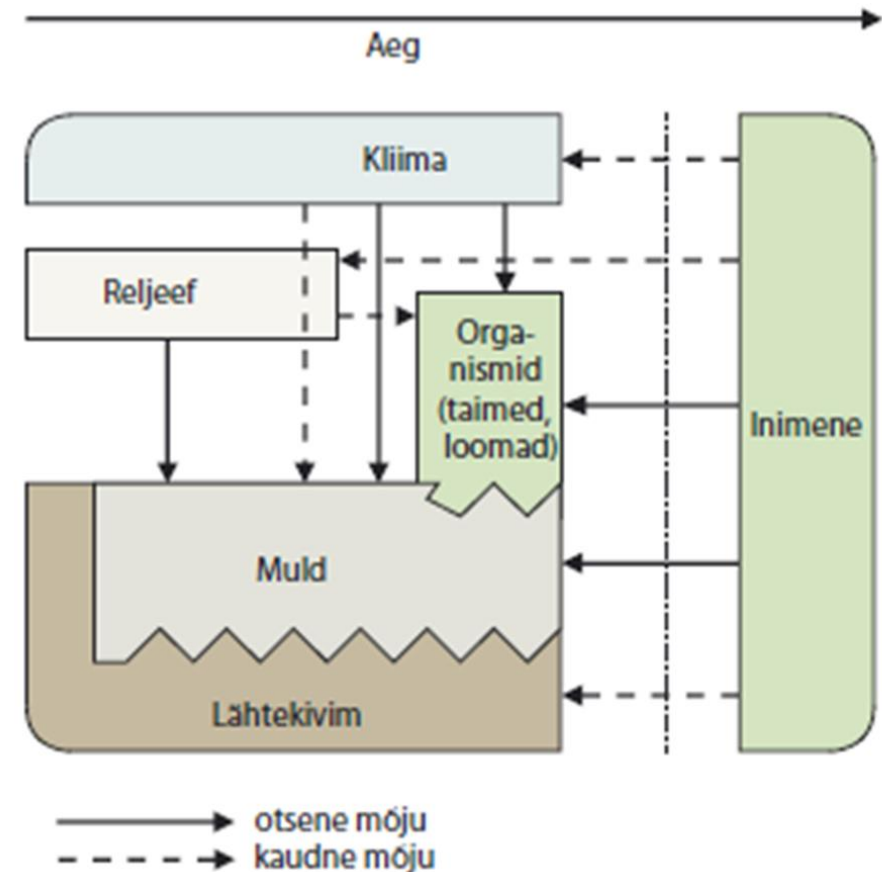
**Kaasuvad hüved
inimkonna vaates**



Terve muld = tervislik toit = terved inimesed

Peamised muldi kujundavad tegurid on:

- eeldus mullatekkeks - **rohelised taimed, mikroorganismid** ja vähemal määral ka **teised elusorganismid**
- lähtekivim
- kliima
- reljeef
- aeg
- kaasajal ka inimtegevus





Nad kõik on vajalikud!

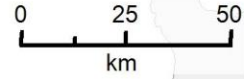


MULLA LÄHTEKIVIMID



ME LAHT

TALLINN



RAKVERE

JÕHVI

NARVA

RAPLA

KÄRDLA

HAAPSALU

PAIDE

JÕGEVA

Peipsi järv

PÄRNU

VILJANDI

TARTU

PÕLVA

Pihkva järv

VALGA

VÕRU

LÄÄNEMERI

KURESSAARE



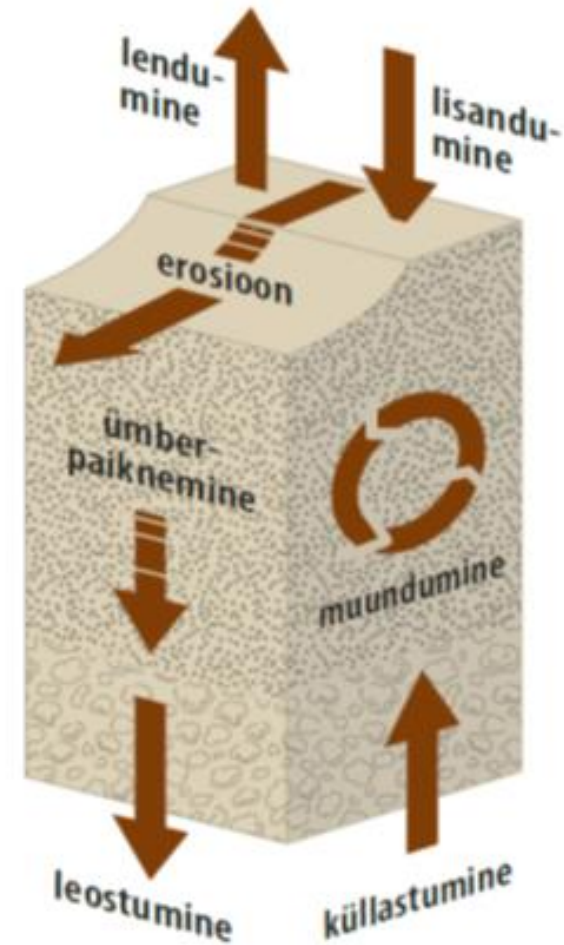
Penu alusel

- valkjashall rähkmoreen
- kollakashall või hallikaspruun rähkne karbonaatne liivsavimoreen
- punakaspruun liivsavi- ja saviliivmoreen kohati kaetud kate-saviliiva või -liivaga
- valdavalt kahekihiline lähtekivim (kate-saviliiv ja -liiv moreenil)
- hilis- ja pärajääaegsete veekogude setted (valdavalt keskmise ja raske lõimisega)
- mitmesuguse päritoluga liivad
- väga varieeruva geneesi ning koostisega lähtekivimid otsamoreenil

17.02.2023

Mulla teket ja arengut mõjutavate protsesside üldistatud jaotus

- Lisandumine +
- Kadu –
- Ümberpaiknemine
- Muundumine



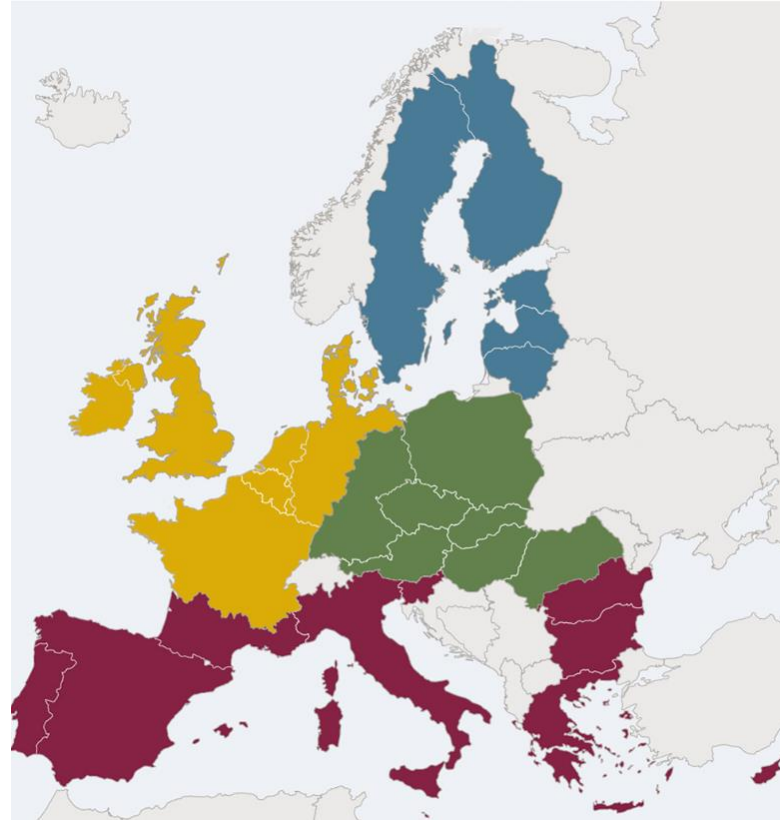
Muld ja kliimamuutus

- Kliimamuutused võivad süvendada **erosiooni, orgaanilise aine kadu, sooldumist, mulla elurikkuse vähenemist, maalihkeid, kõrbestumist ja üleujutusi.**
- Kliimamuutuste mõju **süsiniku säilitamisele mullas** võib olla seotud süsinikdioksiidi kontsentratsiooni muutumisega atmosfääris, temperatuuri tõusuga ja sademete jaotuse muutumisega.
- Äärmuslikud sademed, lume või jää kiire sulamine, jõgede suur äravool ja rohkemad põuad – need kõik on kliimaga seotud sündmused, mis mõjutavad **mulla degradeerumist.**
- Oma osa on ka metsade hävitamisel ja muul inimtegevusel (põllumajandus).
- Eeldatakse, et **rannikualade muldade soolasisaldus** suureneb, kuna soolane merevesi tungib maale merepinna tõusu ja (perioodilise) jõgede vooluhulga vähesuse tõttu.
- https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_et

EL põllumaa ja kliimamuutuste riskid

<https://awa.agriadapt.eu/et/>

- Põllukultuuride levipiiri nihkumine
- Saagikuse varieeruvus nii taime liigiti, kui sordi põhiselt
- Vegetatsiooniperiood pikeneb
- soojemad sügised ja talved
- Taimehagusi ja –kahjureid tuleb juurde. Populatsioonid suuremad.
- Muutused taimekaitsevahenduste toimivuses või taimekaitsevahendite kasutamise kogustes – enam kemikaale jõuab ka mulda



- ↘ Suvised sademed
- ↗ Talvised tormid ja üleujutused
- ↗ Vegetatsiooniperioodi pikkus, saagikus
- ↗ Põllumajanduseks sobiv maa
- ↗ Taimekahjurite ja haiguste risk

- ↗ Talvised vihmad ja üleujutused
- ↘ Suvised vihmad
- ↗ Põuarisk ja vee defitsiit
- ↗ Mullaerosiooni risk
- ↗ Saagikus, kultuuride valik

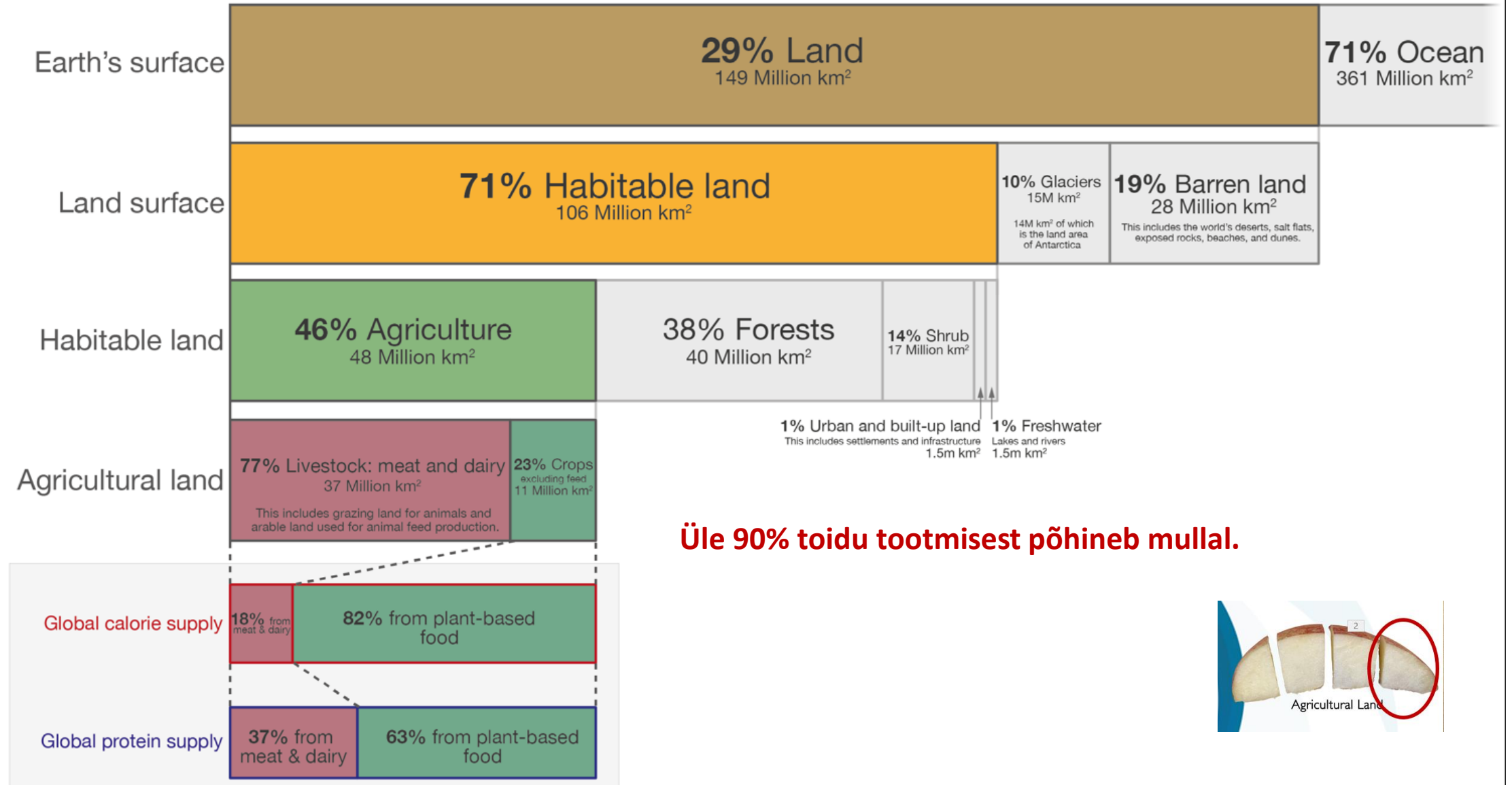
- ↗ Üleujutuste risk
- ↗ Kuumemad ja kuivemad suved
- ↗ Merevee tase
- ↗ Taimekahjurite ja haiguste risk
- ↘ Loomade tervis ja heaolu

- ↘ Vee kättesaadavus
- ↗ Põua ja kuumalainete risk
- ↗ Mullaerosiooni risk
- ↘ Vegetatsiooniperiood, kultuuride saagikus
- ↘ Põllukultuuride kasvatamiseks optimaalsed alad

KLIIAMÕJU- süsiniku jalajäljeg ehk kasvuhoonegaaside emissioonid

CO₂ekv - ühik kliimamõju väljendamiseks – arvestab kõikide oluliste kasvuhoonegaasidega (nt CH₄ , N₂O jms)

Global land use for food production



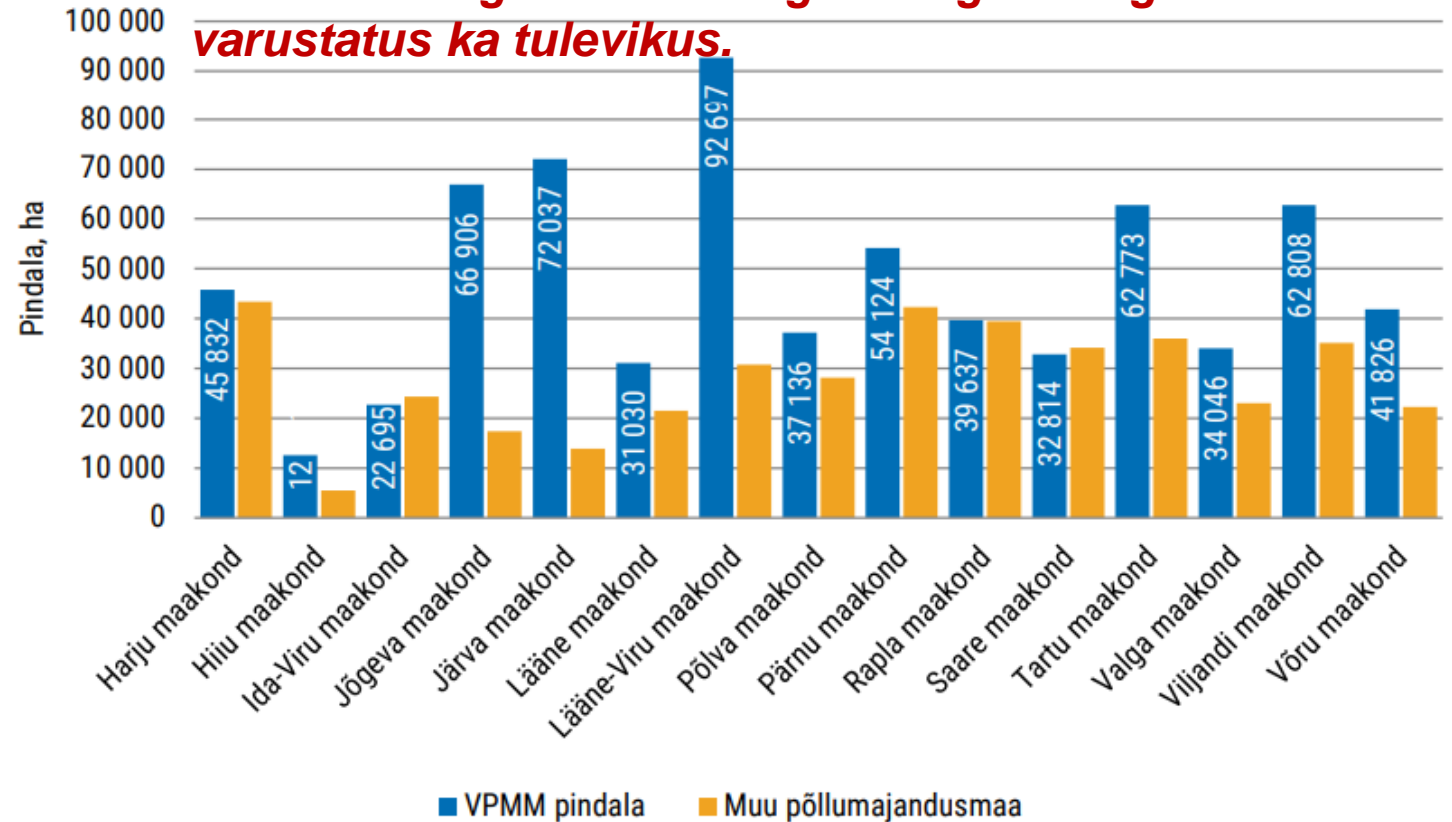
Üle 90% toidu tootmisest põhineb mullal.



Väärtuslik põllumajandusmaa

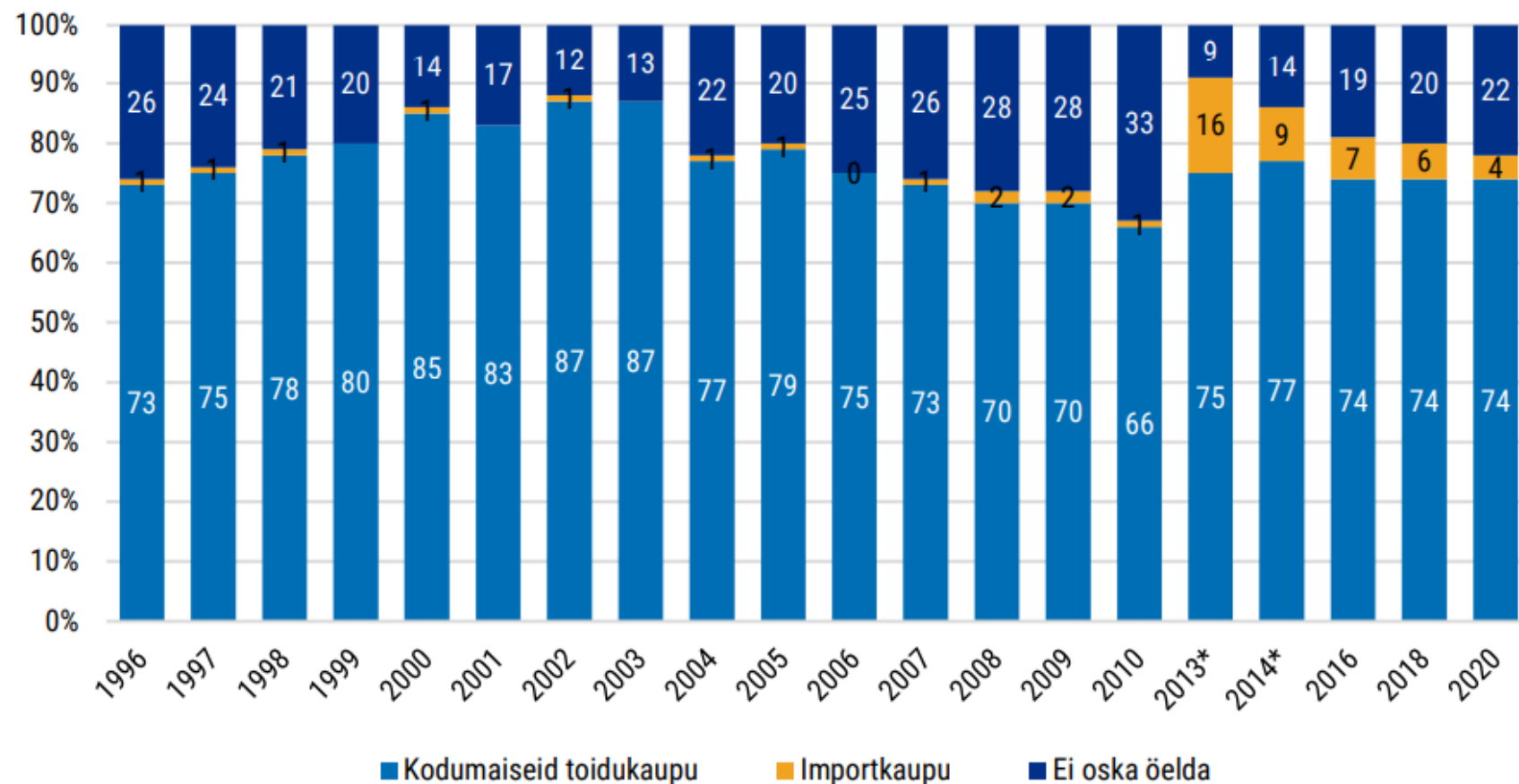
- Põllumajandusmaa Eesti pindalast ca 22 %
- Põllumajanduslik maa 1 mln ha
- Põllumaa 0,7 mln ha
- Külvipilt (teravili + raps + kaunvili) 0,5 mln ha

Eesmärk on tagada väärtuslike muldade ja maaelu säilimine ning võimalus tagada riigi toiduga varustus ka tulevikus.



Joonis 13. Väärtusliku põllumajandusmaa jaotumine
Allikas: Põllumajandusuuringute Keskus

Millist toidukaupa eelistame?



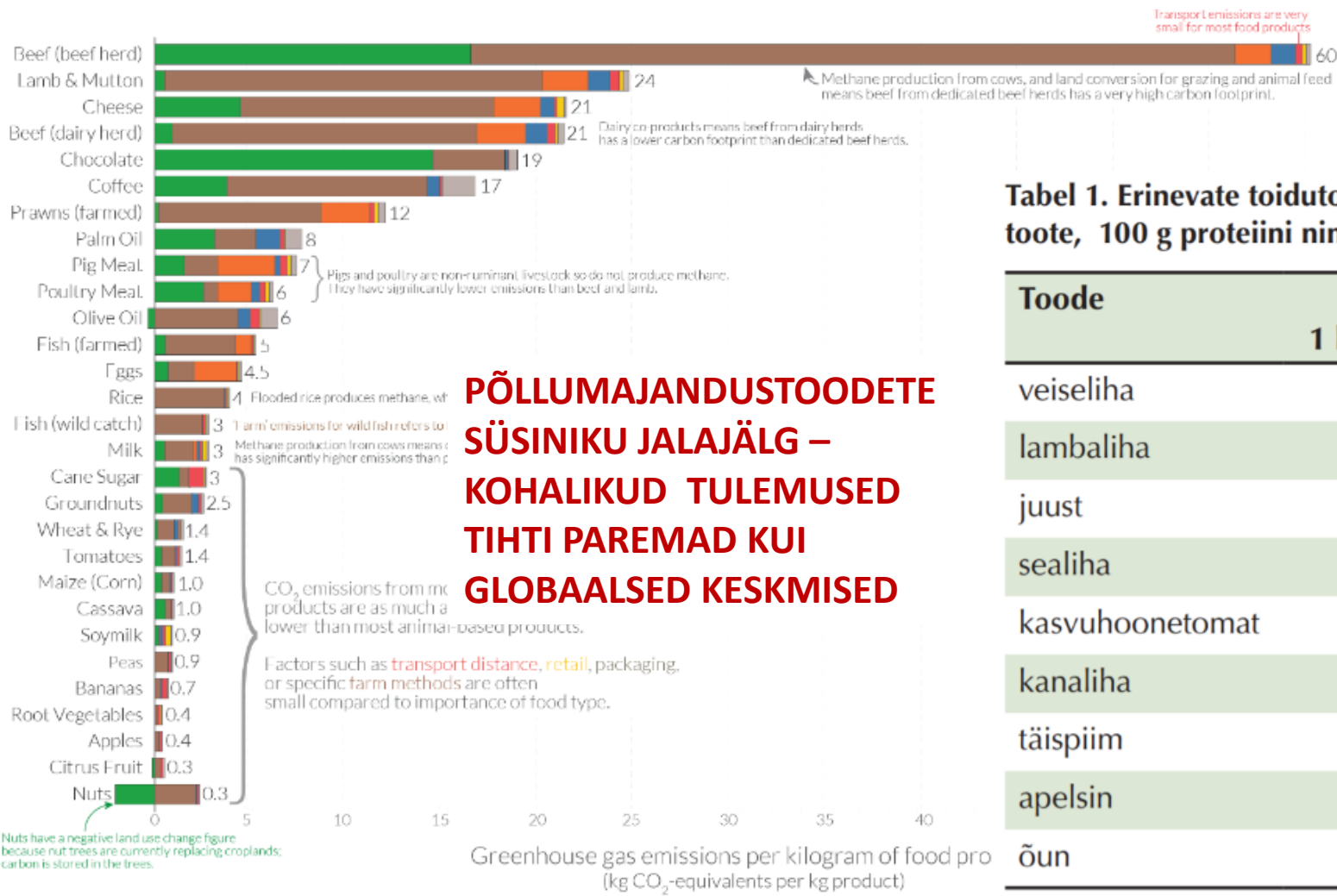
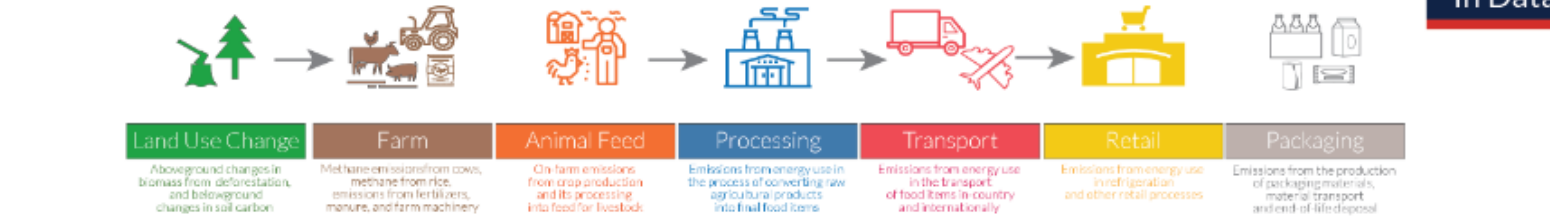
Kodumaised toidukaubad

*-Emor CAPI meetod, enne 2013. aastat märgiti ei oska öelda vastusevariandi asemel toidukaupade päritolumaad pole

Joonis 29. Kodumaise või imporditud toidukauba eelistamine toiduostudes 1996–2020 (% vastanutest)

Allikas: Eesti Konjunkturiinstituut

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain



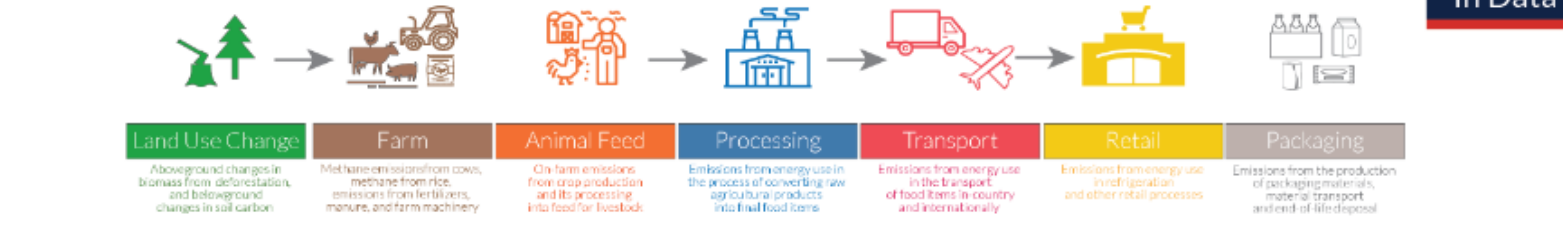
PÕLLUMAJANDUSTOODETE SÜSINIKU JALAJÄLG – KOHALIKUD TULEMUSED TIHTI PAREMAD KUI GLOBAALSED KESKMISED

Tabel 1. Erinevate toidutoodete kliima soojenemise potentsiaal (kg CO₂-ekv) 1 kg toote, 100 g proteiini ning 1000 kcal kohta Heller jt. 2013 andmetel

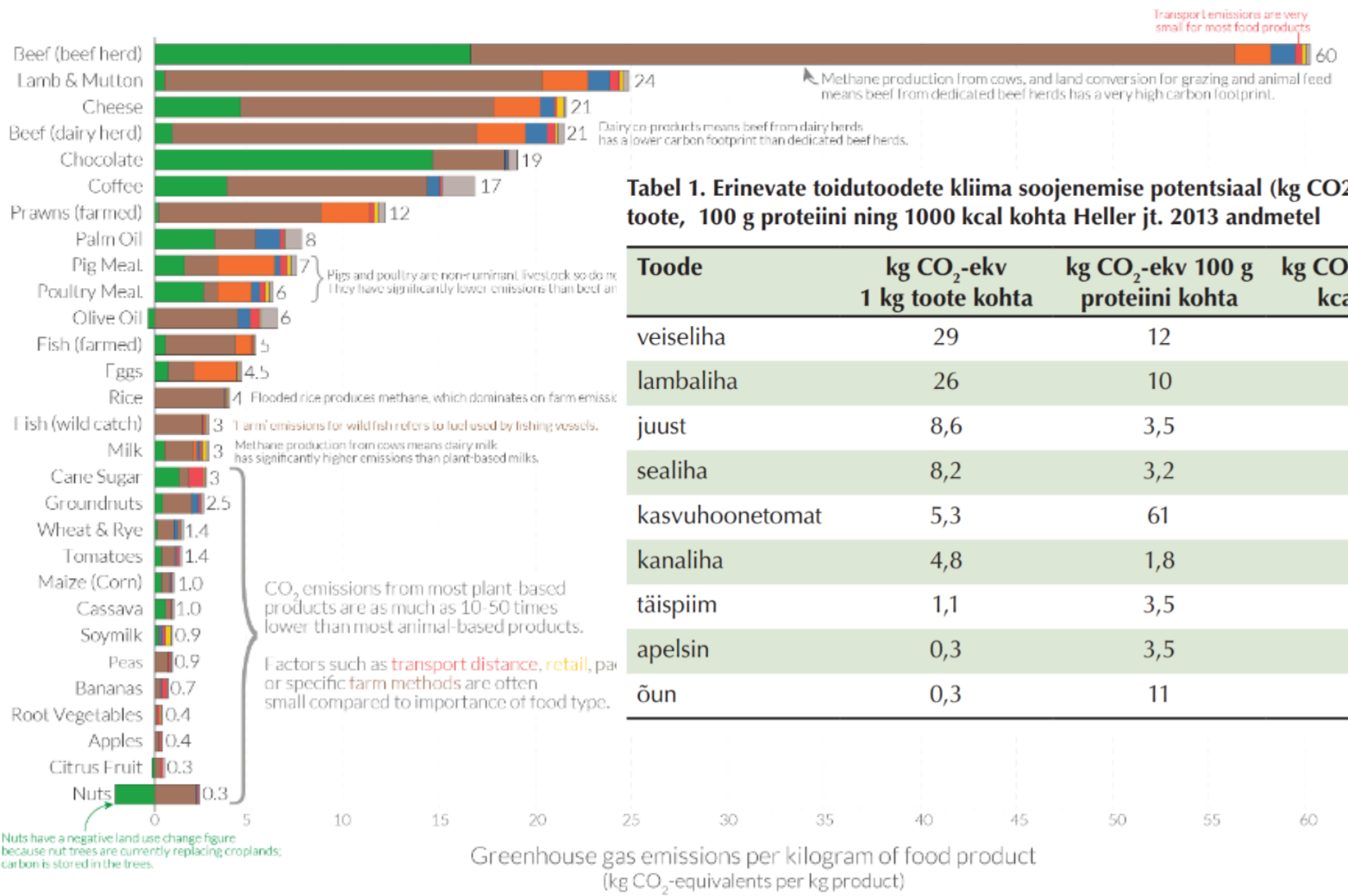
Toode	kg CO ₂ -ekv 1 kg toote kohta	kg CO ₂ -ekv 100 g proteiini kohta	kg CO ₂ -ekv 1000 kcal kohta
veiseliha	29	12	13
lambaliha	26	10	9,1
juust	8,6	3,5	2,1
sealiha	8,2	3,2	2,8
kasvuhoonetomat	5,3	61	30
kanaliha	4,8	1,8	2,0
täispiim	1,1	3,5	1,8
apelsin	0,3	3,5	0,69
õun	0,3	11	0,54

Note: Greenhouse gas emissions are given as global average values based on data across 38,700 commercially viable farms in 119 countries. Data source: Poore and Nemecek (2018), Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. Images sourced from the Noun Project. OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain



PÕLLUMAJANDUSTOODETE SÜSINIKU JALAJÄLG AGRONE GRUPI FARMIDE NÄITEL (2021. AASTA ANDMETE PÕHJAL)



Tabel 1. Erinevate toidutoodete kliima soojenemise potentsiaal (kg CO₂-ekv) 1 kg toote, 100 g proteiini ning 1000 kcal kohta Heller jt. 2013 andmetel

Toode	kg CO ₂ -ekv 1 kg toote kohta	kg CO ₂ -ekv 100 g proteiini kohta	kg CO ₂ -ekv 1000 kcal kohta
veiseliha	29	12	13
lambaliha	26	10	9,1
juust	8,6	3,5	2,1
sealiha	8,2	3,2	2,8
kasvuhoonetomat	5,3	61	30
kanaliha	4,8	1,8	2,0
täispiim	1,1	3,5	1,8
apelsin	0,3	3,5	0,69
õun	0,3	11	0,54



Teravili: 0,43 kg CO₂ekv/kg



Piim: 0,99 kg CO₂ekv/kg



Munad: 1,96 kg CO₂ekv/kg

Note: Greenhouse gas emissions are given as global average values based on data across 38,700 commercially viable farms in 119 countries. Data source: Poore and Nemecek (2018), Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. Images sourced from the Noun Project. OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Algatuseks – muldade omadused

Mullastikukaardi abil on hea planeerida ja teha otsuseid.

Mulla liik – Kr, Ko jne
Lõimisevalem – lõimis ja kores
“Huumus/kõdukihi” tusedused
Suurkivivisus

MAA-AMET

mobiilne versioon

Mullastiku kaardirakendus

Kihid Otsingud Vahendid

Kihtide info ja legend Kihtide metaandmed

Mullastiku kaart

- Mullastiku teemakaart
- Mullastiku rasterkaart
Mullastiku rasterkaart

Katastrikaart

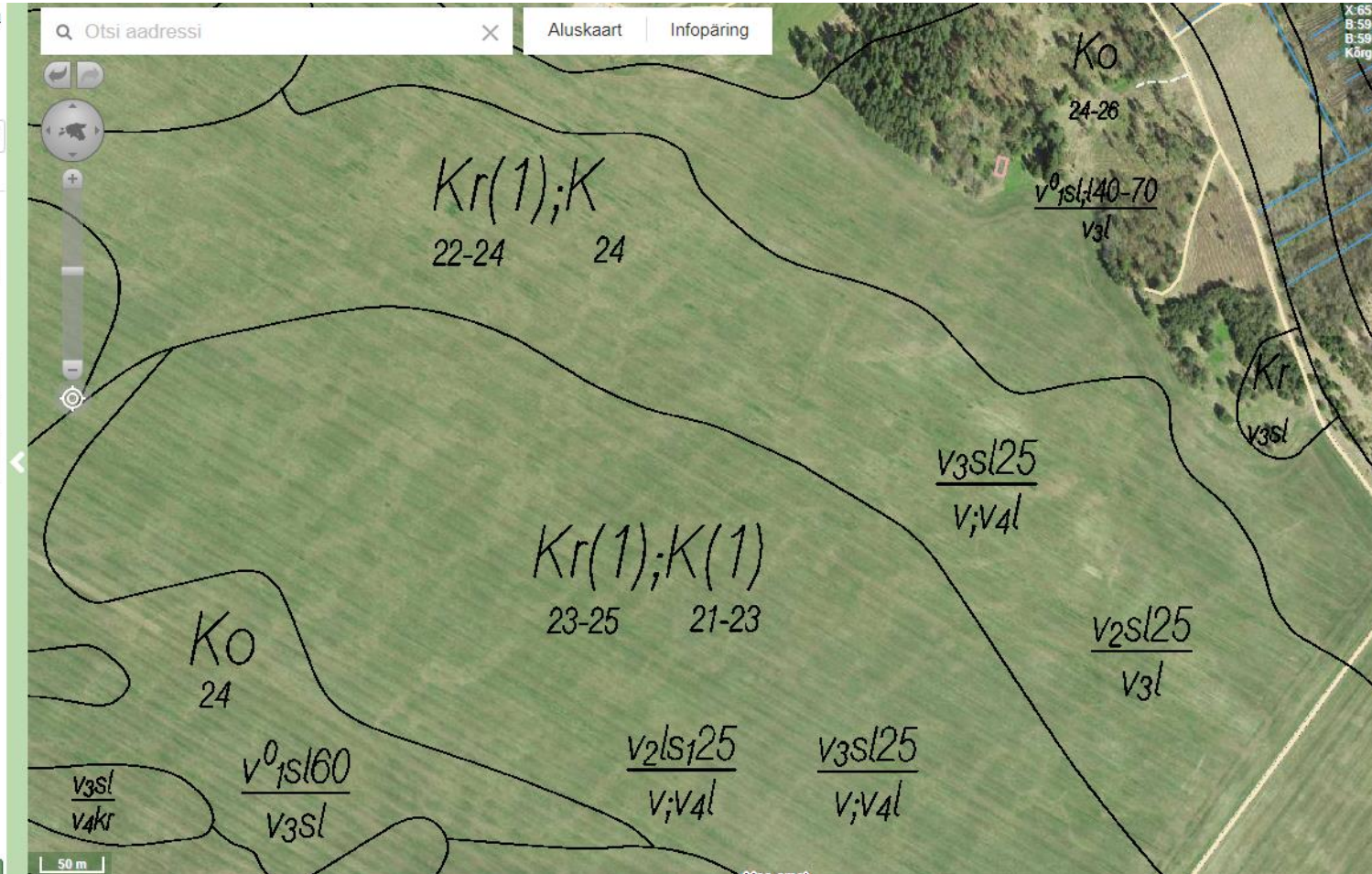
Põllumassiiv

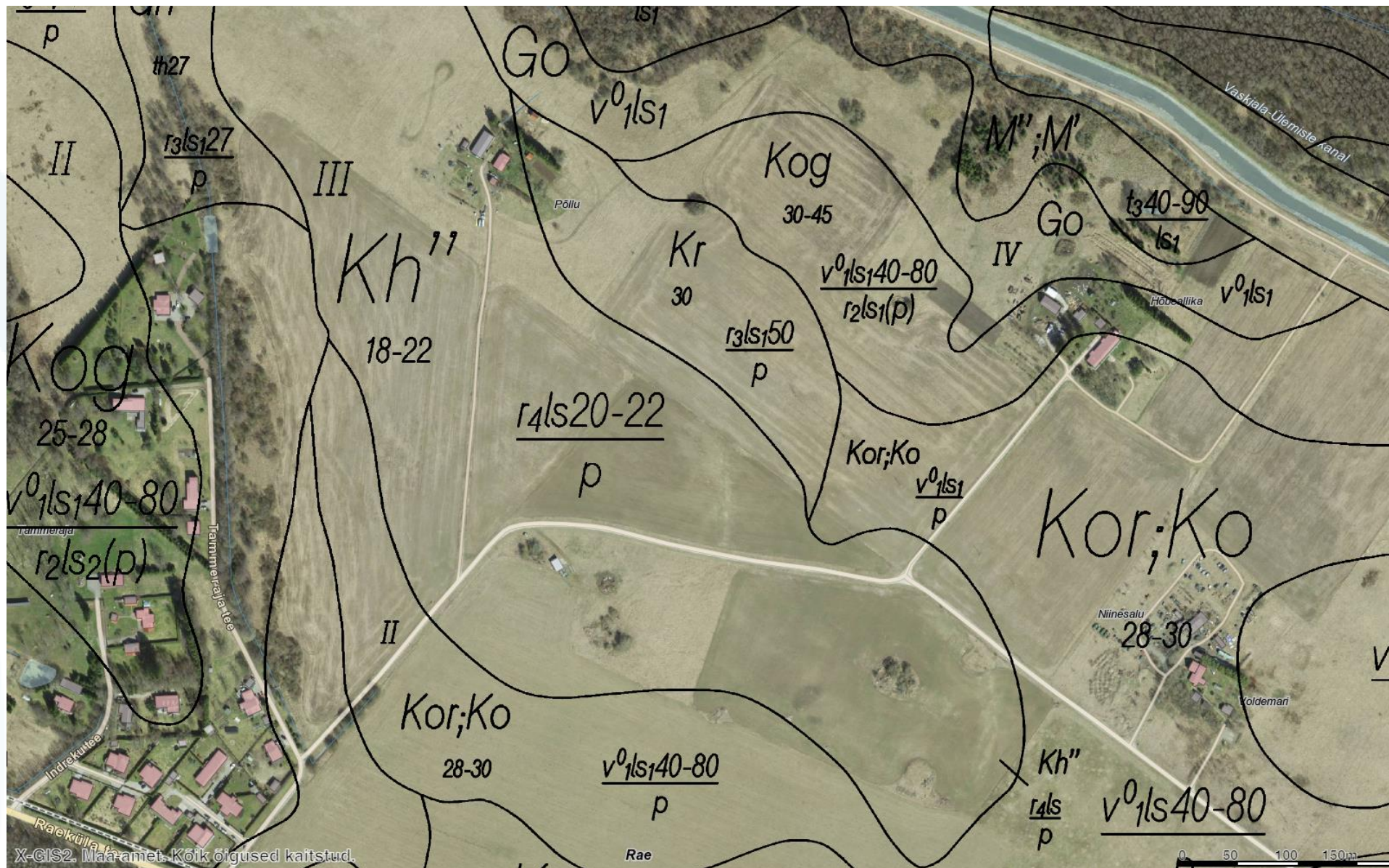
Kõrgusandmed

Hübrid
 Hübrid

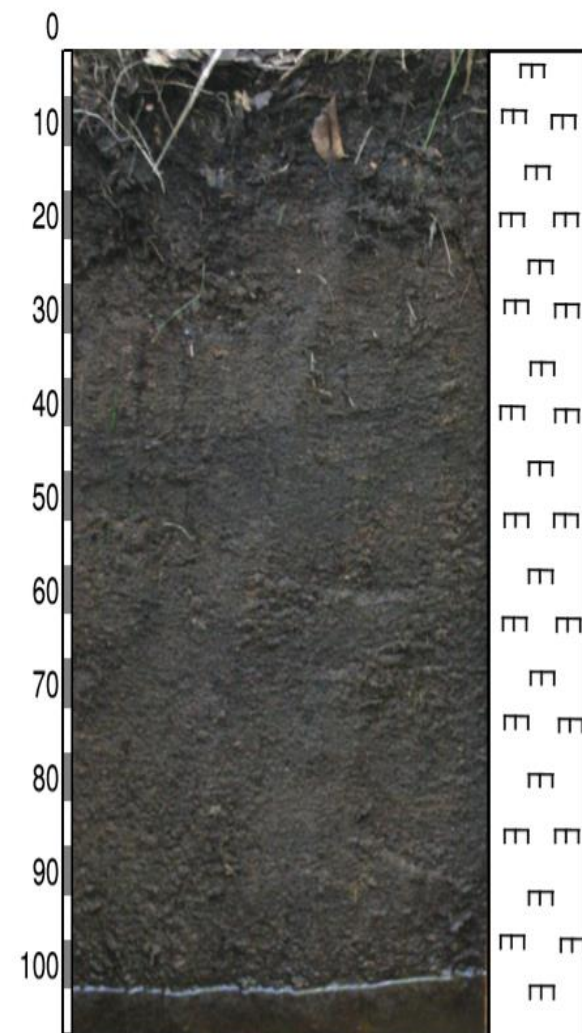
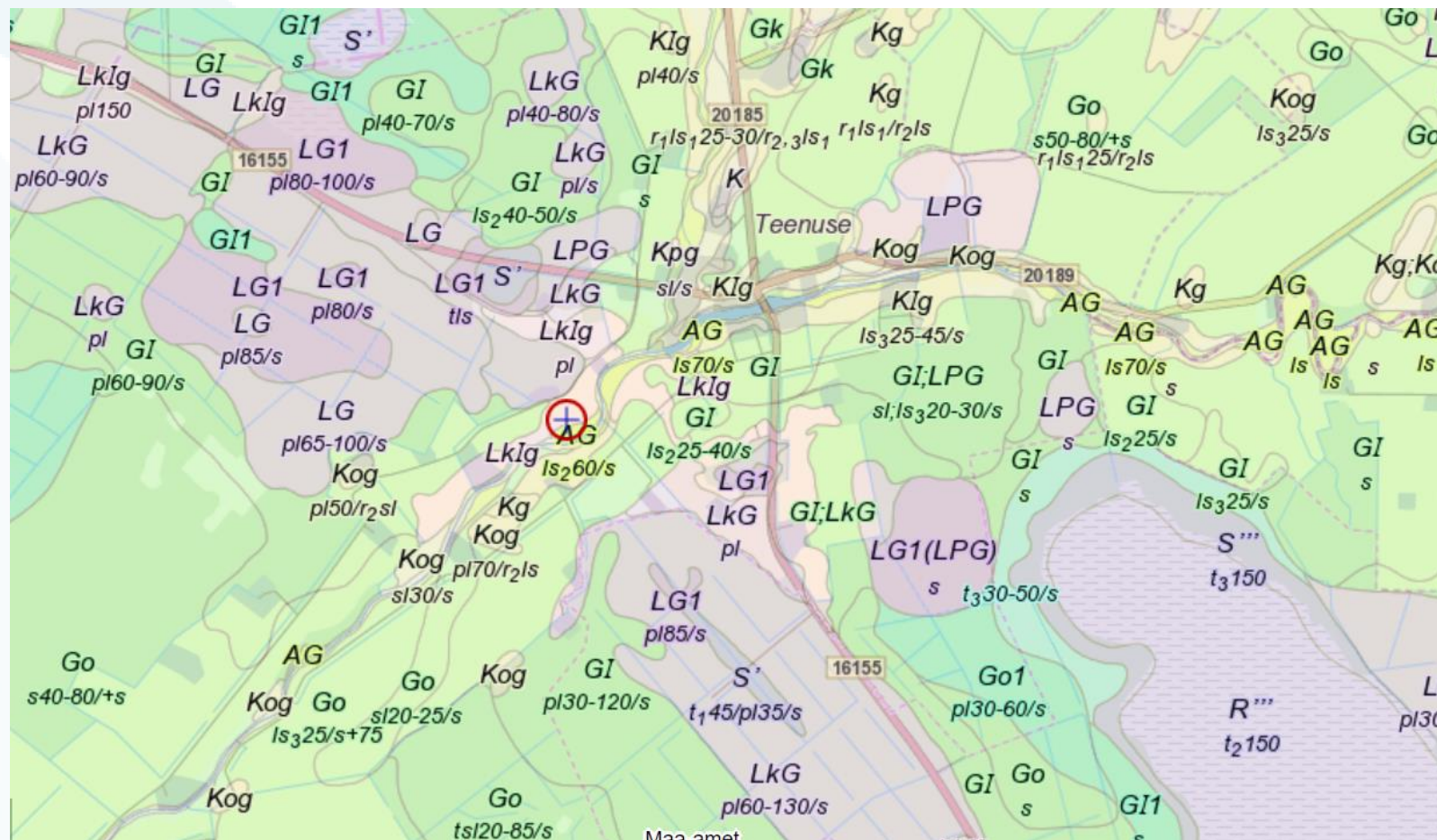
Ortofoto
 Kaart
 Põhikaart
 Reljeef

GIS, Maa-amet, Kõik õigused kaitstud, PRIA

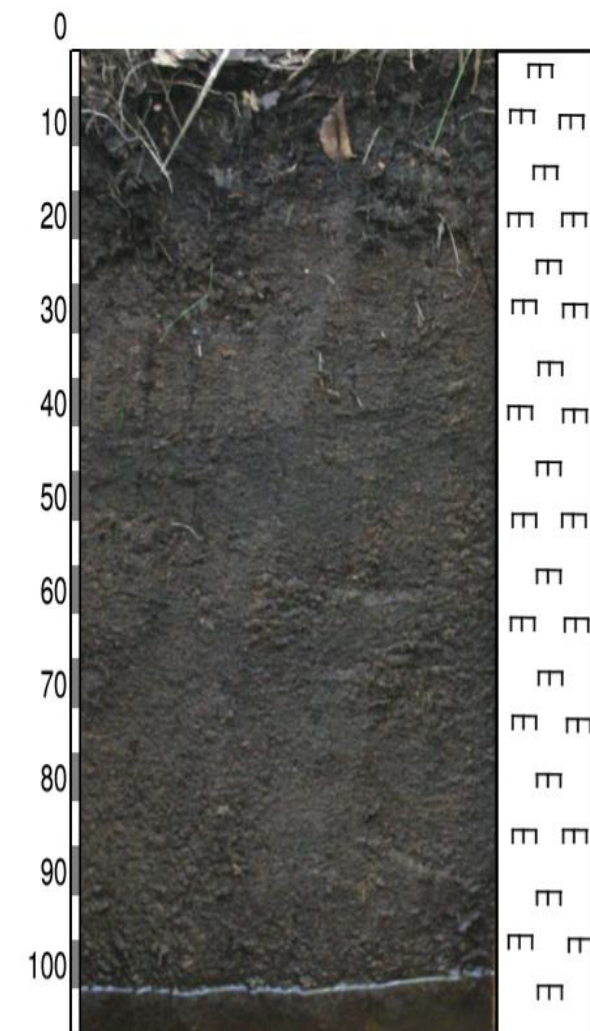
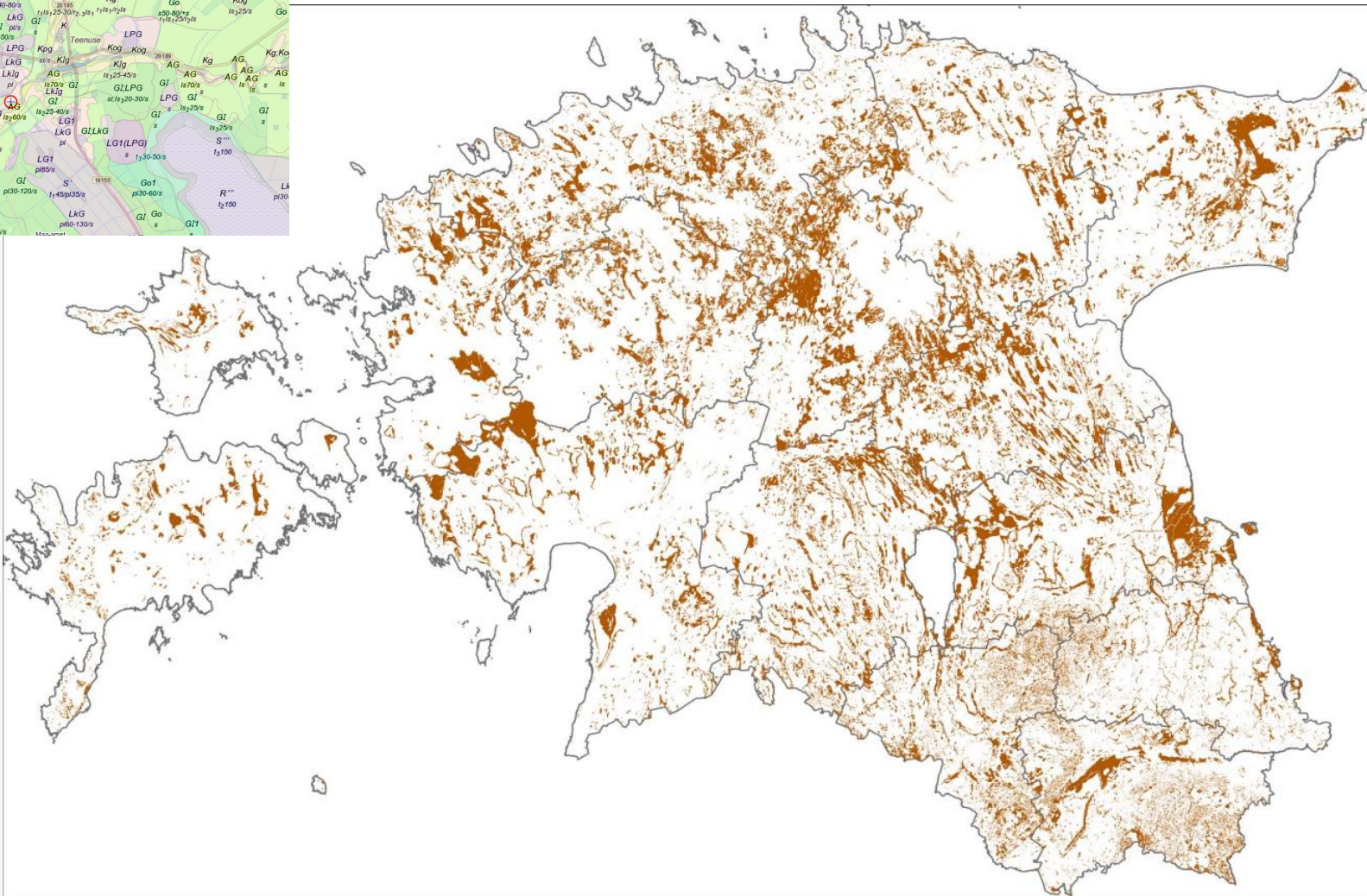
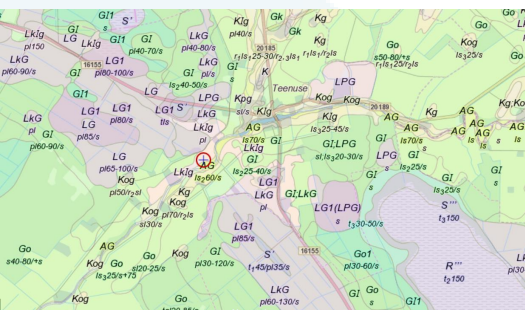




Kas turvasmuldade harimist saaks vältida?



Kas turvasmuldade harimist saaks vältida?



Täppispõllumajandus - põlluspetsiifiline väetamine - üks olulisemaid eesmärke



Analüüsid	Tulemused	Võrreldav väärtus	Hinnang
pH-KCl	5.6	6.5	Madal
Fosfor (ppm)	55	31	Väga kõrge
Kaalium (ppm)	160	121	Normis
Kaltsium (ppm)	934	1600	Madal
Magneesium (ppm)	69	51	Normis
Väävel (ppm)	9	10	Veidi madal
Boor (ppm)	1.00	1.60	Madal
Vask (ppm)	1.7	2.1	Veidi madal
Raud (ppm)	677	50	Normis
Mangaan (ppm)	35	5	Normis
Molübdeen (ppm)	< 0.01	0.60	Väga madal
Naatrium (ppm)	25	90	Väga madal
Tsink (ppm)	1.4	2.1	Madal
C.E.C. kationide neelamisvõime (meq/100g)	5.7	15.0	Madal
Organic Carbon - DUM (%)	1.1	1.7	Madal
Orgaaniline aine (DUMAS) (%)	1.9	3.0	Madal

- Raskema lõimisega muld seob kiiremini ammooniumlämmastikku. Savid – sisaldavad rohkem rauda, mis seob omakorda fosforit. Kui mullal on madal pH on raskendatud Zn, Mn, Cu, Ca omastamine.

Süsiniku jalajälje vähendamine – võimalik ja keeruline samaaegselt, säästab mulda

- Väiksema mõjuga sisendid
- Väiksema heitega protsessid (nt sõnnikukäitlus, toitainete majandamine)
- Tõhusam, efektiivsem tootmine – saagikus, täppismajandamine
 - N-Sensori kasutamisel väheneb lämmastikväetise kulu kuni 14%. N-Sensori abil tõusnud N väetamise efektiivsus on vähendanud süsiniku jalajälge 10-30%. Väheneb ka N₂O heide
 - Väetiste päritolu- kust jõuavad Eestisse?
 - Teravilja otsekülv – vähenevad kulutused kütusele, tööjõukulule
 - minimeeritud põlluharimine, talvine taimkate, täiustatud külvikord, vahekultuuride kasvatamine
- Ringmajandus- kompostimine, järvesetted, villagraanul
- Taastuvenergia
- Süsiniku mulda viimine ning seal hilisem sidumine (pikaks ajaks, huumuse teke)



Juhtimine

Aianduse õppetool

Elurikkuse ja loodusturismi õppetool

Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool

Keskkonnakaitse ja maastikukorralduse õppetool

Maamajanduse ökonoomika õppetool

Maastikuarhitektuuri õppetool

Mullateaduse õppetool

Üldinfo

Töötajad

Õppetöö

Õppeained

Õppematerjalid

▪ Eesti muldade digitaalne kogu (tehnilise vea tõttu puudub hetkel juurdepääs kogumikule)

▪ Õppevideod

Põllumehe kasutegur sõltub vihmaussidest. Kes? Kus? Kuidas?

Mulla struktuursus ja selle hindamine

PDF-failid alla laadimiseks:

▪ Muldade väliuurimine. A. Astover, E. Reintam, E. Leedu, R. Kõlli. Eesti Maaülikool. Tartu. 70 lk. 2013

▪ Mulla ABC I osa. Mulla mehaaniline koostis, Mullastikukaardid. Koostajad: Alar Astover, Enn Leedu, Endla Reintam

▪ Mulla ABC II osa. Mulla orgaaniline aine. Koostajad: Alar Astover, Enn Leedu

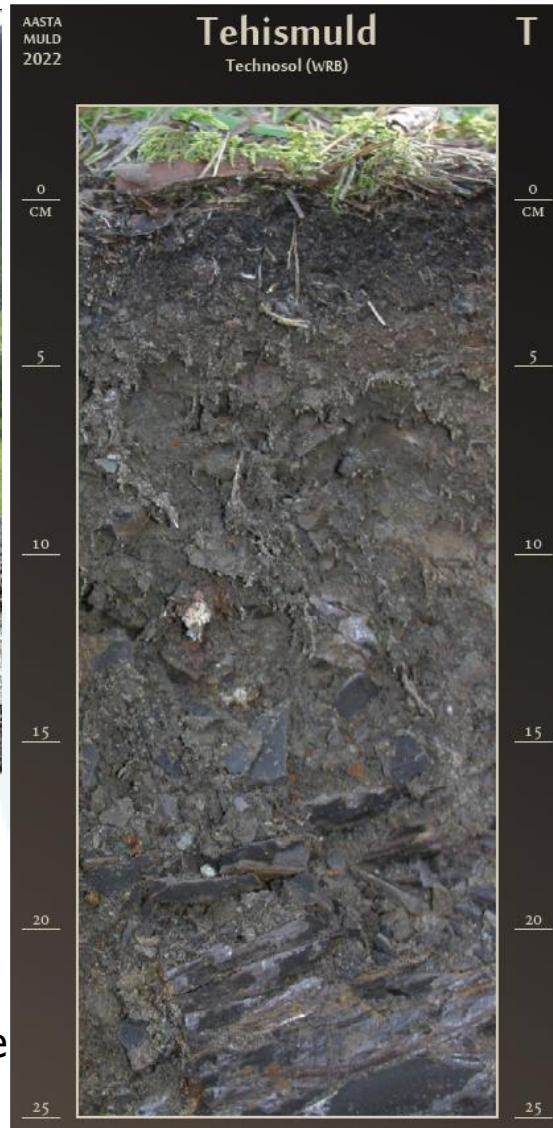
▪ Mulla ABC III osa. Mulla happesus ja lupjamine. Koostajad: Alar Astover, Enn Leedu

▪ Mulla ABC IV osa. Mulla elustik. Koostaja: Mari Ivask

▪ Mulla ABC V osa. Mulla struktuursus. Koostaja: Endla Reintam

▪ Mulla ABC VI osa. Mullavesi. Koostajad: Endla Reintam, Alar Astover

Aasta muld 2022
Tehismuld – masinaga muudetud maa



Aasta muld 2023
Leetunud muld – liivane viljakus



Merrit Shanskiy kaasprofessor

E-mail: merrit.shanskiy@emu.ee

Tänan kuulamast!



Kasutatud kirjandus

- <https://agroskoop.ee/15-parimat-jatkusuutliku-tootmise-praktikat/>
- <https://seminar.balticagro.ee/lessons/susiniku-sertifikaatide-kaubandus/>
- <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>
- <https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/leht69.pdf>
- https://drive.google.com/file/d/1WOuKuVTcReTvthoWiACWRk-avquPZa_N/view

Eesti piirkonnas olulisemad mullatekkeprotsessid

- Kõdustumine/kamardumine
- **Savistumine**
- **Lessiveerumine**
- **Leetumine**
- **Näivleetumine**
- **Gleistumine** (oksüdeerumine/redutseerimine)
- Turvastumine
- Leostumine
- Küllastumine
- ...erosioon

Mulla horisonidid ja nende tähised:

Orgaanilise aine akumulatsioon: A, AT, T, O

Väljauhtehorisonidid: E (El, Elg, Ea)

Sisseuhtehorisonidid: B (Bw, Bt, Bhs, Baf)

Lähtekivim: C

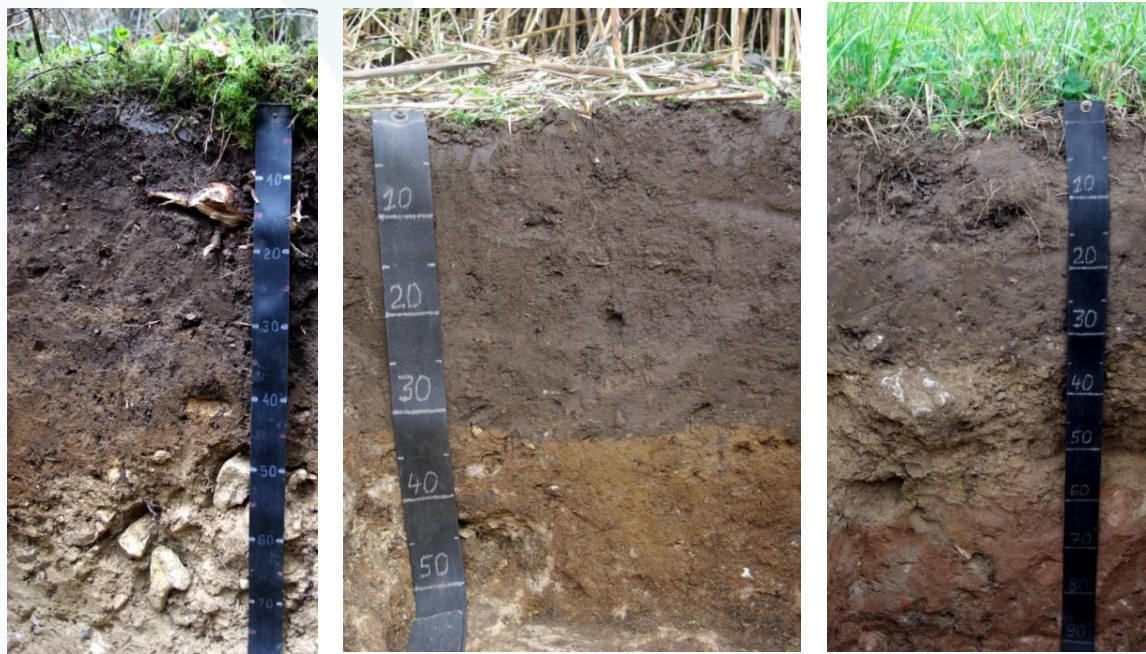
Aluskivim: R

Liigniiskus (gleistumine): g, G

Savistumine – bioloogilisel murenemisel või taimejäänuste muundumisel vabanenud mineraalühendite ümberkristalliseerumisel moodustunud saviosakeste kogunemine tekkekohal.

Leiab aset karbonaatsel lähtekivimil (neutraalse või nõrgalt happelise reaktsiooniga mullal) intensiivse aineriinge tingimustes.

Peamiselt leostunud (Ko) ja rähkmuldadel (K)



17.02.2023

Lessiveerumine – saviosakeste ümberpaigutumine laskuva vee toimel mulla ülemistest horisontidest alumistesse.

- Saviosakesed seejuures ei lagune.
- Ei toimu mullaprofiili absoluutset vaesumist.
- Eeltingimuseks on laskuv veevool ja neutraalne või nõrgalt happeline reaktsioon (karbonaatne lähtekivim).
- Tekib väljauhtehorisont El

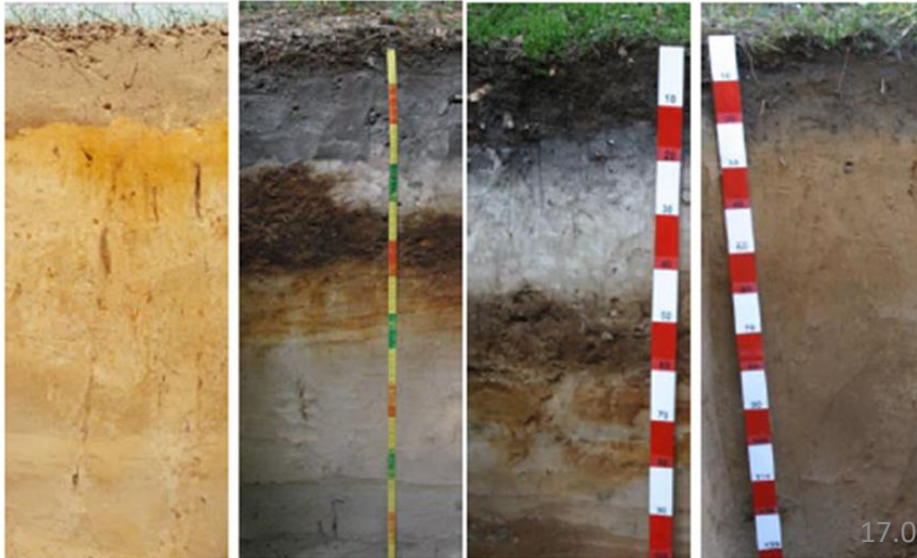


Leetumine – mulla mineraalosa lagunemine orgaaniliste hapete (huumusainete) mõjul ning laguproduktide eemaldumine laskuva veega.

Profiili ülemises osas on saviosakesed vaesunud reast biogeenselt tähtsatest ühenditest (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO) ning savi kogunemist sisseuhtehorisonti ei ole eriti märgata.

Toimub happelises keskkonnas karbonaadivaesel lähtekivimil ja põhjustab mullareaktsiooni edasist hapestumist.

- Laskuv veevool
- Karbonaadivaene lähtekivim
- Happeline keskkond
- Kergel lõimisel



17.02.2023



Ea
horisont

Näivleetumine ehk pseudoleetumine on mullatekke protsess, mis leiab aset kahekihilistel ja raske lõimisega lähtekivimitel, millele perioodiliselt tekib ülavett. Karbonaadivaba lähtekivim või see asub sügaval.

Lessiveerumine+ülagleistumine+(leetumine)

Gleistumine – liigniiskus/õhupuudus

Punakaspruun saviliiv või liivsavi moreen on kaetud hilisemate veekogude kergema lõimisega setetega.

Ülavete mõjul toimub mulla mineraalosast saviosakeste ja raua lessiveerumine ning raua redutseerunud vormide mõningane kogunemine üheaegselt huumushorisoni alla.



Näivleetunud mullad

Mullastikukaardil on kõik need kolm ühesuguse šifriga: LP



Baf
horisont

ELg
Näivleetunud
horisont

Gleistumine – õhuvaeses (liigniiskes) keskkonnas orgaanilise aine lagundamisel bakterid “elavad” mineraalühendite (peamiselt Fe_2O_3) hapniku arvel. Väljendub sinakas- või rohekashallide plekkide või pideva kihi esinemises. Gleistumistunnusteks loetakse ka roostetäppide esinemist mullas. Redutseerumine ja oksüdeerumine – Fe, Mn, (N, S)



17.02.2023

Raua redutseerumine

- Anaeroobses keskkonnas ja ka orgaaniliste hapete mõjul redutseeruvad Fe^{3+} ühendid Fe^{2+} ühenditeks.
- Teatud Fe^{2+} ühendid lahustuvad vees hästi - $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$ raudvesinikkarbonaat on lahustunud olekus.
- Pideval veega küllastatusel Fe^{2+} reageerib Al- ja Si-oksiididega, mille tulemina moodustuvad **alumoferrosilikaadid**.
- Need on oksüdeerumisele suhteliselt vastupidavad ja **annavad halli, sinakashalli või roheka tooni mullaprofiili**.



Raua oksüdeerumine

- Mullas pärineb raud primaarsetest mineraalidest (peamiselt Fe II-ühendid).
- Murenemisel tekivad sekundaarsed mineraalid, savimineraalid, seejuures toimub raua oksüdeerumine.
- Suureneb Fe³⁺ ühendite osa.
- Liigniiskuses redutseerunud ühendite sattumisel õhurikkasse keskkonda toimub sekundaarne oksüdeerumine.



Moodustunud **raud(III)hüdroksoid sadeneb välja ja annab kollaka, kollakaspruuni, rooste tooni.**

Nõrgkivi (leetumine+gleistumine)

Sooraud (pindmiste turbakihtide all rauaühendite sadestumine)



LG – leede-gleimuld

Lõimis läbivalt liiv

Tugev leetumine +
gleistumine on tekitanud
mullaprofiili keskele
nõrgkivi

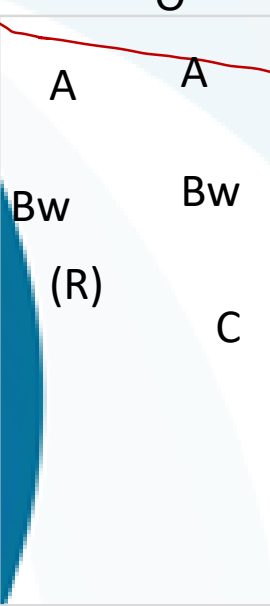


17.02.2023

CaCO₃

Savistumine

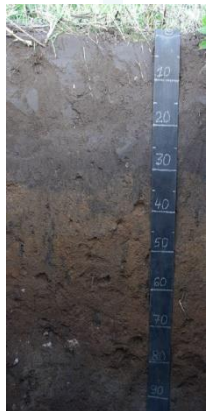
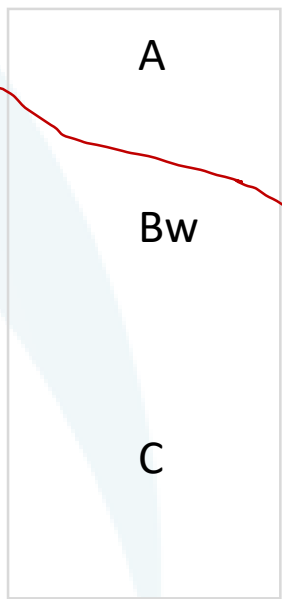
Rähkmuld
O



Leostumine

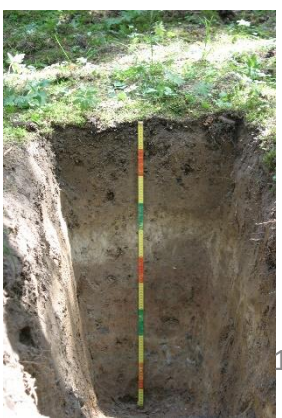
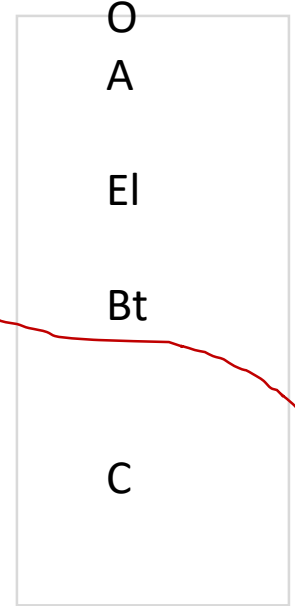
Savistumine

Leostunud muld



Lessiveerumine

Leetjas muld



Näivleetumine

Kahekihiline lõimis

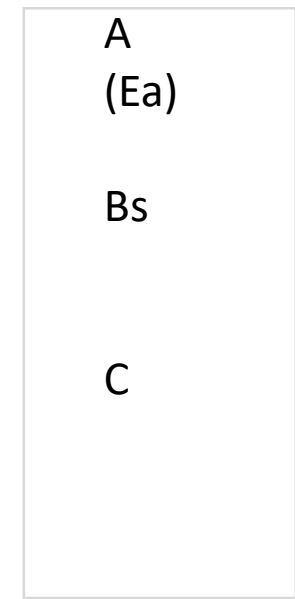
Näivleetunud muld



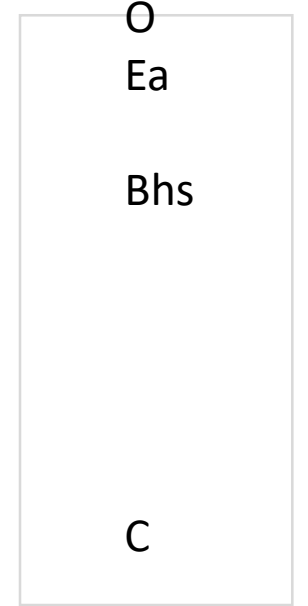
Leetumine

Kerged lõimised ülalt alla

Leetunud muld



Leedemuld



17.02.2023