



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapirkondadesse



Taimetoitelementide liikumine mullas

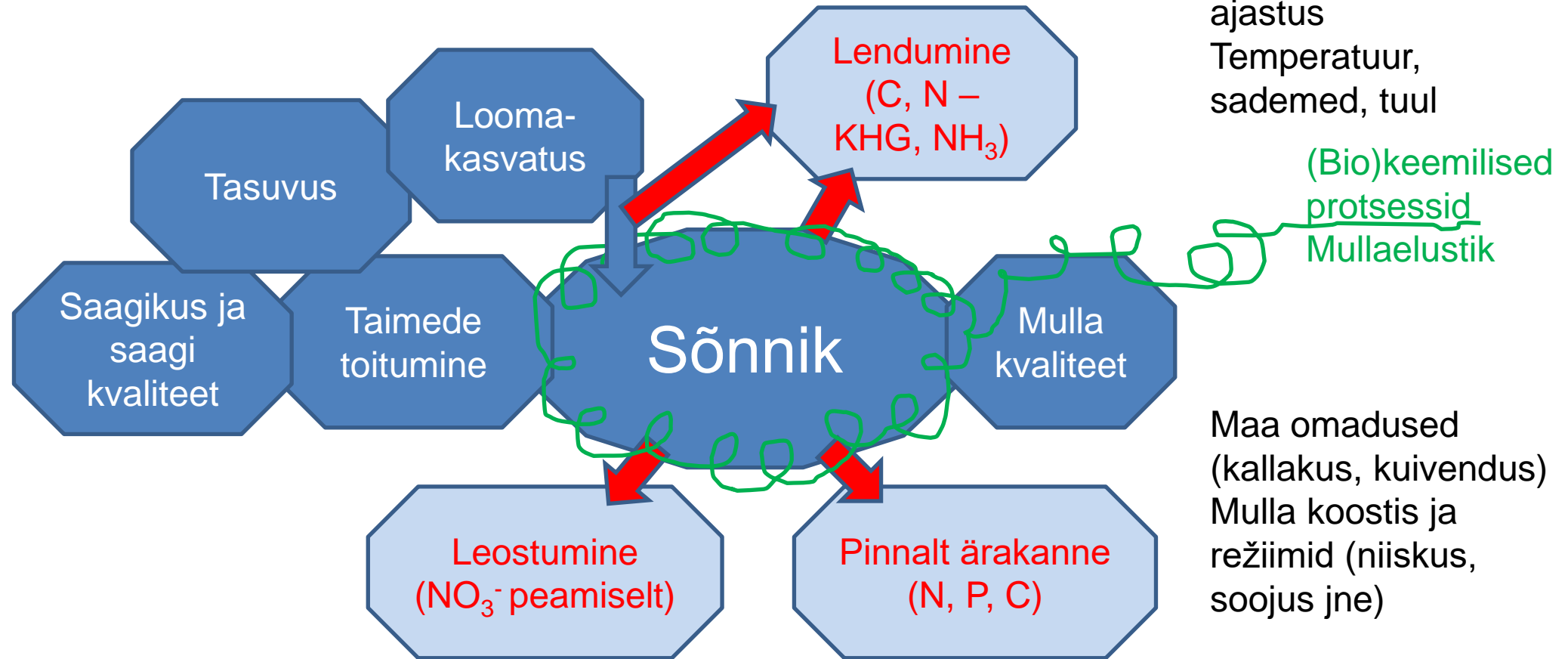
**Alar Astover, professor
mullateaduse õppetool**

6. oktoober 2021

Teemad

- Taimetoiteelemendid – taimede toitumine, liikuvus (N fookus täna peamiselt)
- Väetamine muld-ilmastik erisuste kontekstis, sõnniku vaade
- Mulla NP bilansi arvestamisest

- Kaod on teatud ulatuses paratamatud, ent millest need sõltuvad ja kuidas neid väiksenä hoida?



- Taimetoiteelemendid
- Taimetoitained

	Toiteelement	Omastamine toitainena
Mittemineraalsed	C	CO_2 või HCO_3^-
	H	H_2O
	O	CO_2 või O_2 , osaliselt H_2O
Mittemetallid	N	NO_3^- ja NH_4^+
	S	SO_4^{2-}
	P	PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-
	B	BO_3^{3-}
	Si	SiO_2^-
Leelismetallid	K	K^+
	Na	Na^+
	Ca	Ca^{2+}
	Mg	Mg^{2+}
Raskmetallid	Fe	Fe^{2+}
	Mn	Mn^{2+}
	Cu	Cu^{2+}
	Zn	Zn^{2+}
	Mo	MoO_4^{2-}

- Kas väetada mulda või taime?
 - Enamikel juhtudel keeruline eristada, st must-valget vastust pole
 - Sõltub elemendist, mullast, väetise liigist jm teguritest

Liikuvus mullas

- Väga liikuvad (leostumise oht suur)
 - NO_3^- , S, B
- Keskmiselt liikuvad
 - NH_4^+ , K, Ca, Mg, Mo
- Väheliikuvad
 - P, Cu, Fe, Mn, Zn

- NH_4^+ omastamise kaugus juure tsoonist

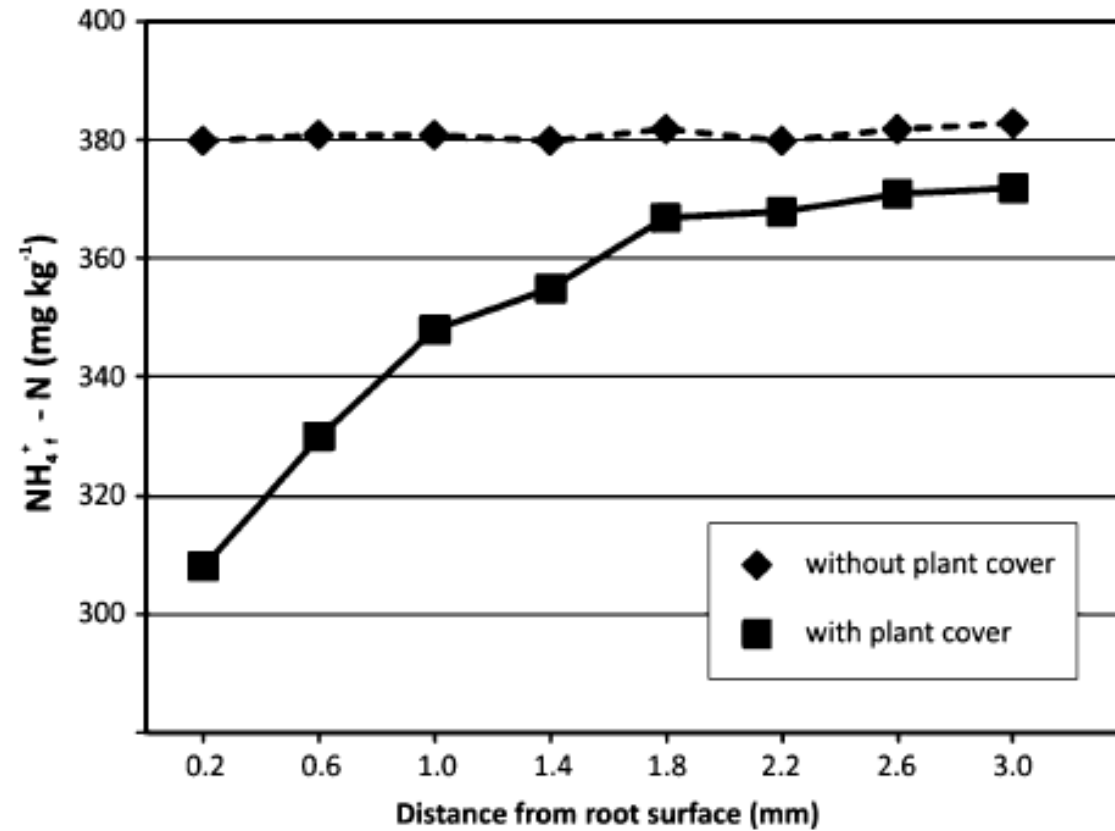
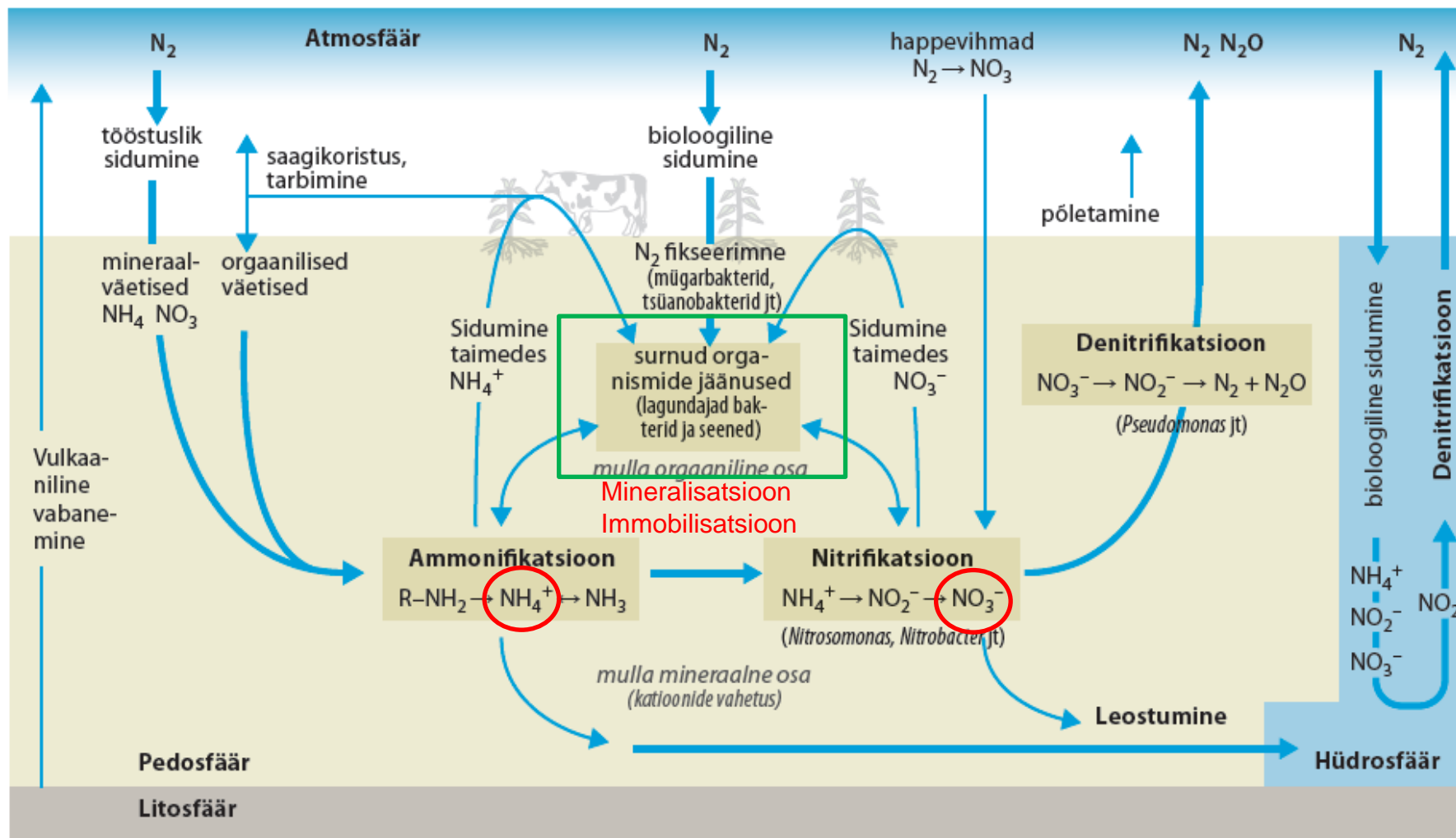


Fig. 2 Depletion profile of NH_4^+ -N in the rhizosphere of oilseed rape in a soil with high amount of expandable clay minerals (57% clay and 17% of smectites and vermiculite in the clay fraction; source: Scherer and Ahrens 1996)

Nieder et al. 2011. Biol Fertil Soils (2011) 47:1–14

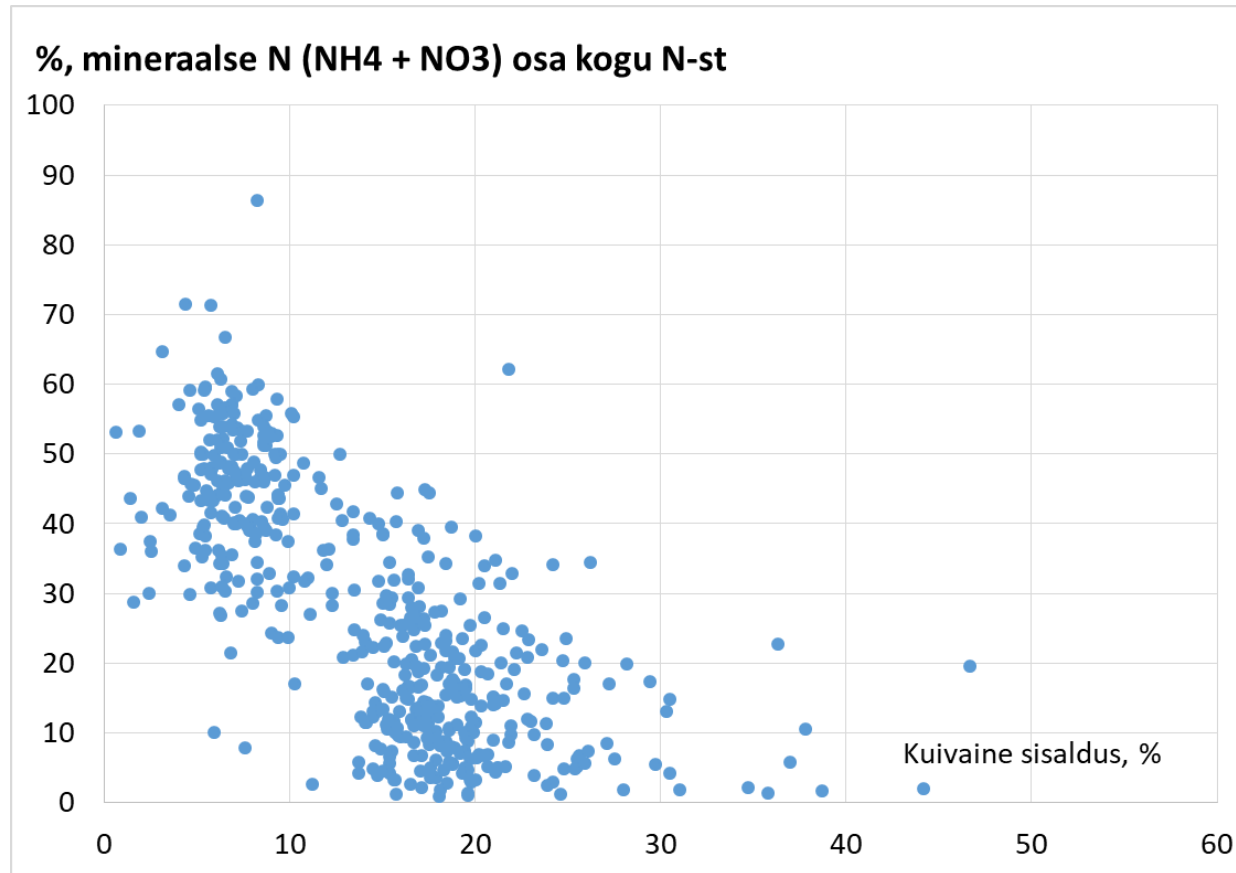
Lämmastik mullas

- Peamiselt orgaanilise aine koostises.
- Eesti muldade N üldsisaldus on keskmiselt 0,1...0,3% ehk 3000...9000 kg/ha. Taimedele omastatavana sellest aastas ainult (0,5)1...3%.



Lahustunud N osa orgaanilistes väetistes (sõnnikuanalüüside tulemused, PMK 2009-12)

Valdav osa mineraalsest N-st ammooniumina



- Kui kiiresti ammoonium nitraadiks läheb?

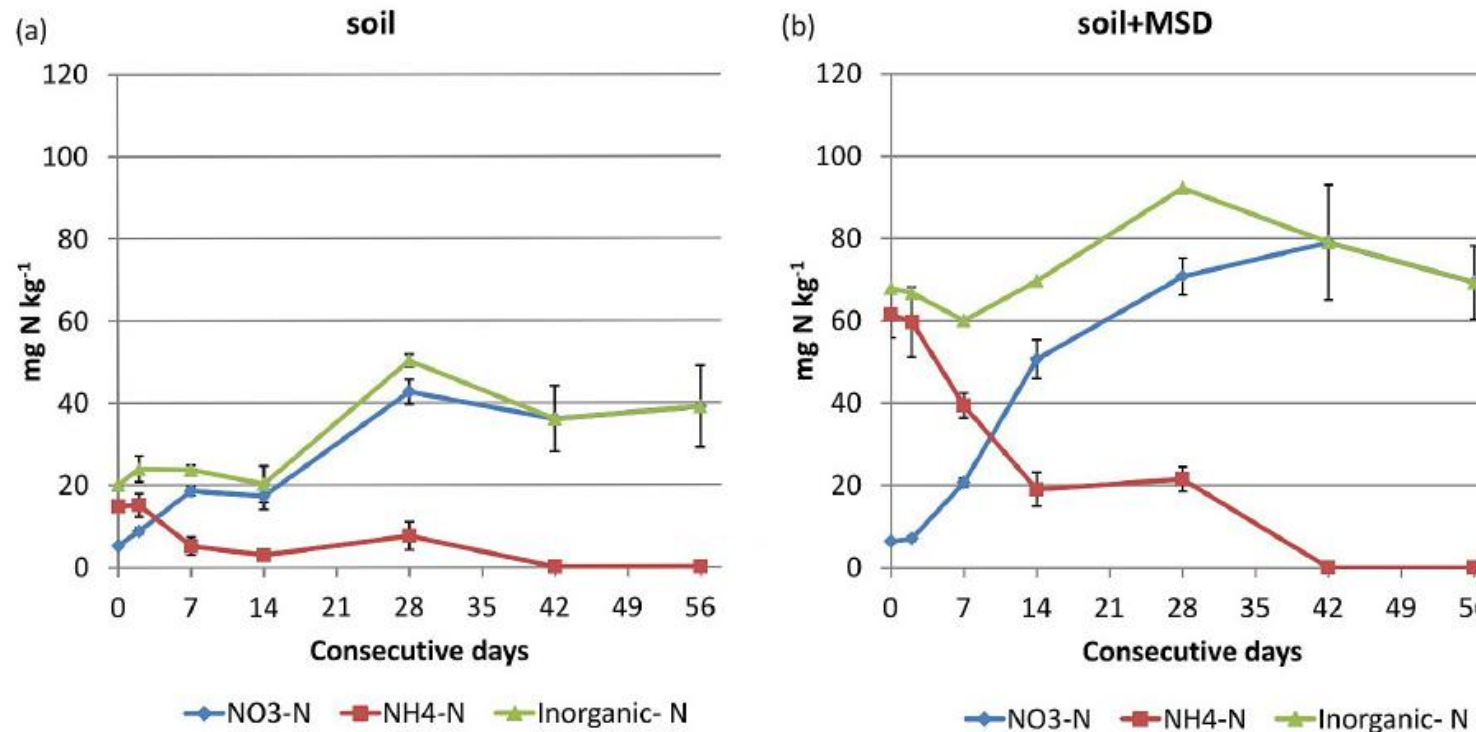


Figure 1. Changes in NO₃-N, NH₄-N and inorganic-N content in control soil (a) and in soil treated with digestate (b) in the incubation experiment

Agnieszka Wysocka-Czubaszek. Journal of Ecological Engineering Vol. 20(1), 2019

NP liikuvus ja kaod mullast sõltuvad

- Mulla/põllu omadused, geoloogia
 - Lõimis, koresus, mulla/pinnakatte tüsedus, drenaaž, reljeef...
- Kliima, ilmastik
 - Sademed (temperatuur)
- Väetise liik, omadused, kasutusnorm
 - Mineraalväetis, orgaaniline väetis (tahe, läga, haljasväetis)
- Tarbijate olemasolu ja tegusus (taim, mullaelustik – sünkroonsus nende vajadustega)

Mulla lõimis

(jaotus mehhaanilise koostise alusel)



Sobilik enamikele kultuurtaimedele

Kerged lõimised

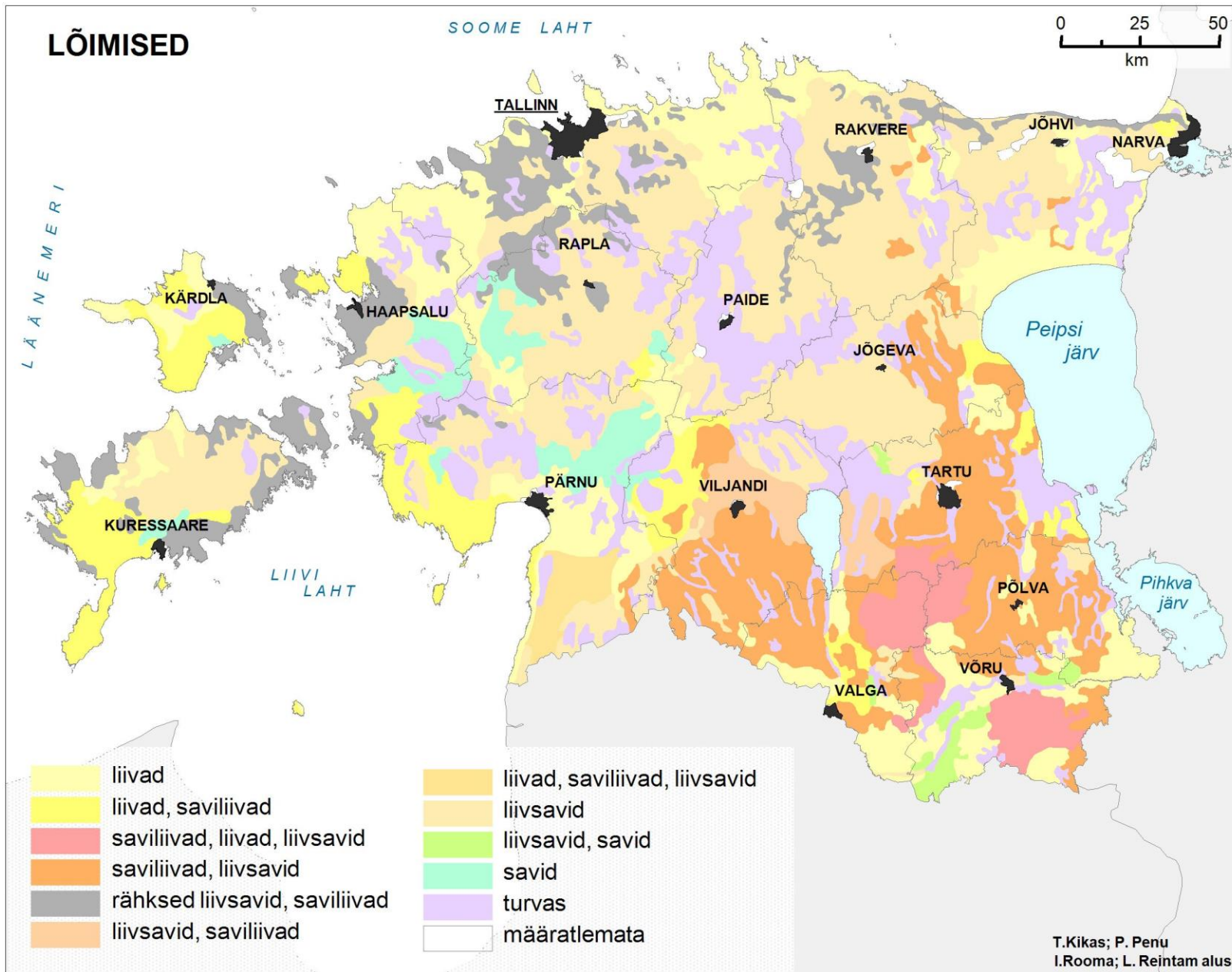
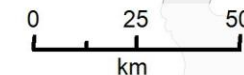
Rasked lõimised

[Video 2](#)

6. okt 2021, A. Astover

LÕIMISED

SOOME LAHT



- | | | | |
|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| | liivad | | liivad, saviliivad, liivsavid |
| | liivad, saviliivad | | liivsavid |
| | saviliivad, liivad, liivsavid | | liivsavid, savid |
| | saviliivad, liivsavid | | savid |
| | rähksed liivsavid, saviliivad | | turvas |
| | liivsavid, saviliivad | | määratlemata |

T.Kikas; P. Penu
I.Rooma; L. Reintam alusel

Mullastikukaardil selle kohta info olemas...

The screenshot displays the MAA-AMET web application interface for land use mapping. The left sidebar contains navigation and layer controls. The main map area shows an aerial view of a rural landscape with black lines delineating land parcels. Handwritten annotations in black ink are overlaid on the map, including parcel numbers and codes such as 'Kr(1);K', 'Ko', 'v3s/25', and 'v3s/60'. The interface includes a search bar at the top, a legend on the left, and a scale bar at the bottom.

MAA-AMET
mobile versioon

Otsi aadressi X Aluskaart Infopäring

Mullastiku kaardirakendus
Kihid Otsingud Vahendid

Kihtide info ja legend Kihide metaandmed

Mullastiku kaart

- Mullastiku teemakaart
- Mullastiku rasterkaart
Mullastiku rasterkaart

+ Katastrikaart

+ Põllumassiiv

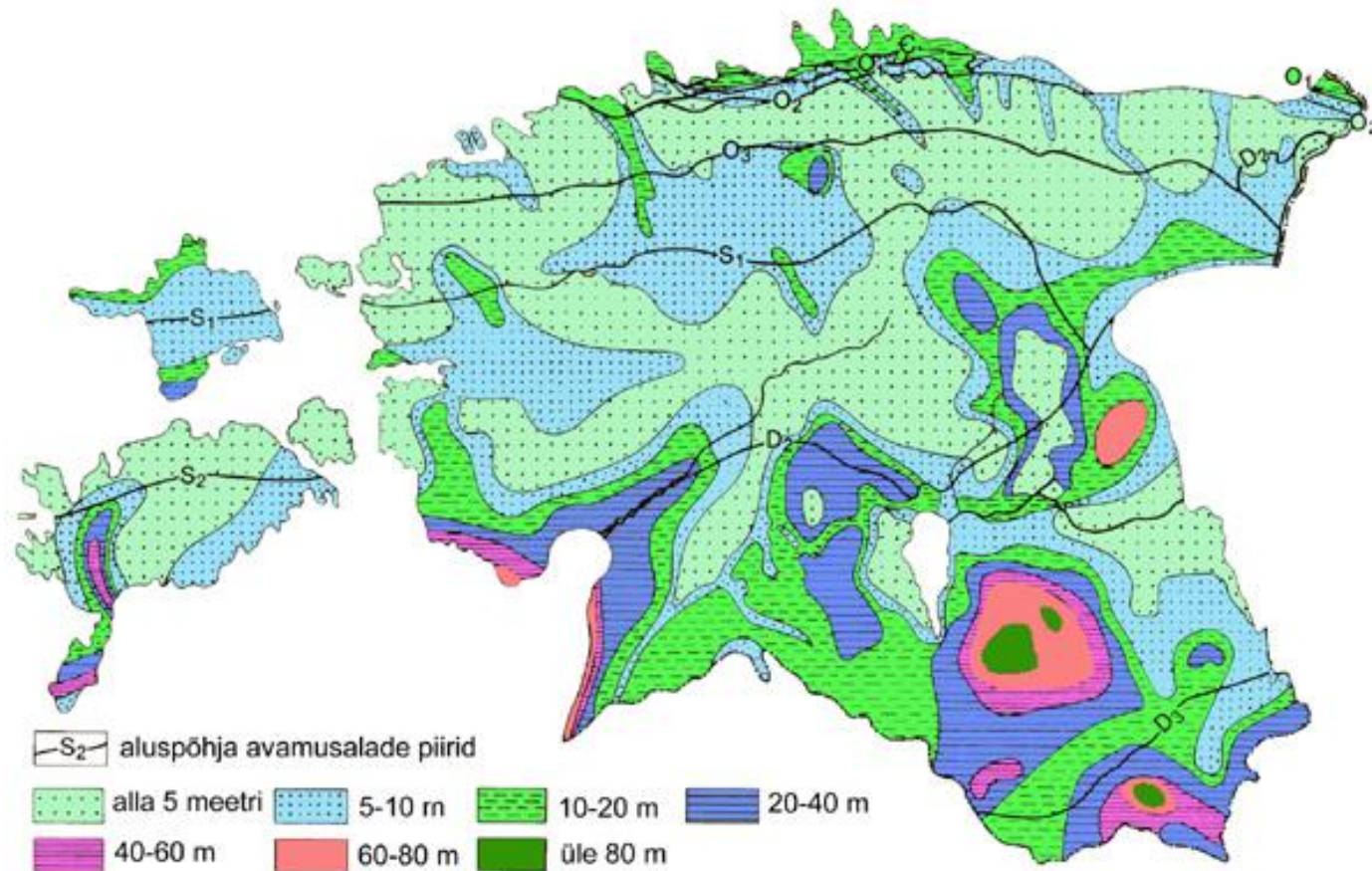
+ Kõrgusandmed

Hübrid
 Hübrid
 Ortofoto
 Kaart
 Põhikaart
 Reljeef

GIS. Maa-amet. Kõik õigused kaitstud. PRIA

50 m

Pinnakatte tüsedus

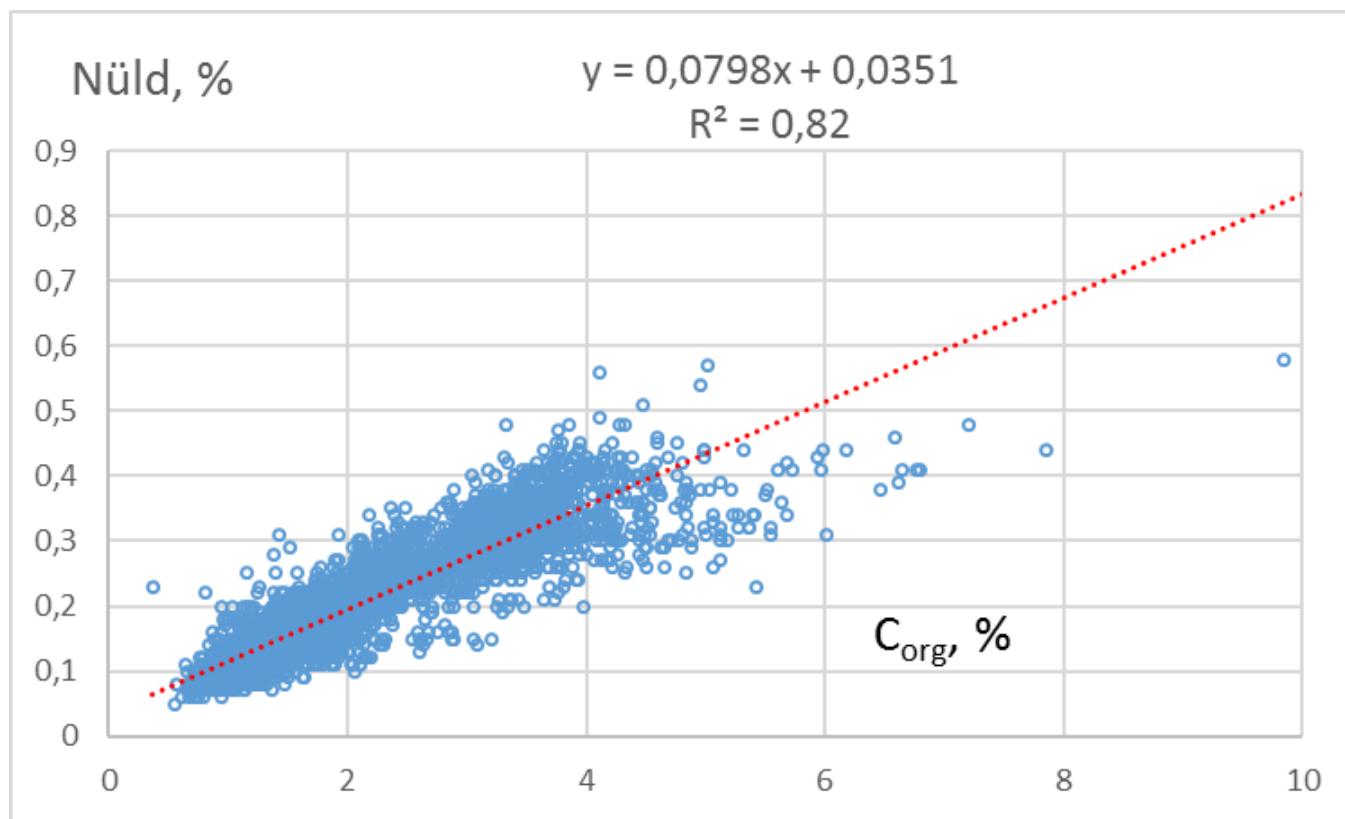


http://www.ut.ee/BGGM/eestigeol/pinnakate_paksus1.jpg

Kostivere



Seos mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisalduse vahel (põllumuldade seirealade andmebaas n=6521)



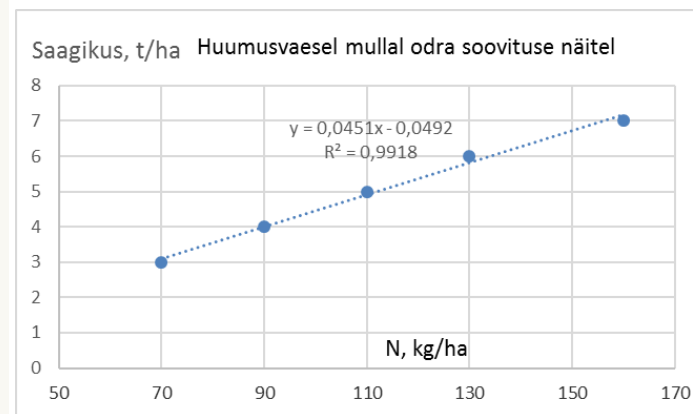
- See võimaldab N-väetiste ja ka sõnniku kasutamist mulla orgaanilise süsiniku alusel eristada

Väetamise ABC (2014)

Tabel 18. Kultuuride väetamine lämmastikuga

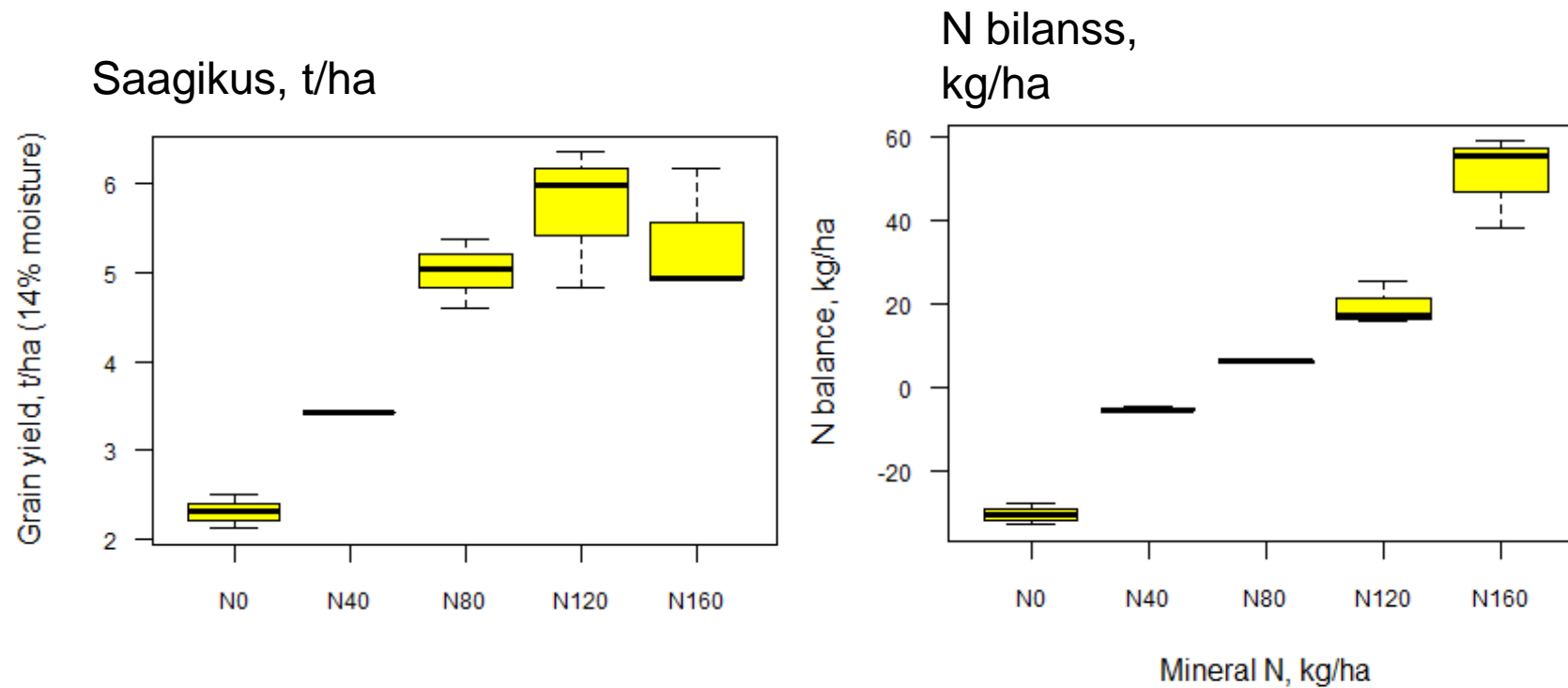
Kultuur	Planeeritav saak, t/ha	Lämmastiku tarve		
		Mulla orgaanilise C sisaldus, %		
		<1	1...2	>2
vaja anda taimetoiteelementi, kg/ha				
Suviteravili				
Suvinisu	3,0	90	80	70
	4,0	115	105	95
	5,0	140	130	120
	6,0	–*	155	145
	7,0	–*	200	190
Oder				
	3,0	70	65	60
	4,0	90	85	75
	5,0	110	100	90
	6,0	130	120	110
	7,0	160	150	140
Kaer				
	3,0	75	65	55
	4,0	90	80	70
	5,0	110	100	90
	6,0	130	120	110
	7,0	155	145	135

- Kolm range piiriga klassi
- Saagiga eemaldatud asendamise loogikal
- Tegelik seos saagikusega niimoodi lineaarne pole



Põldkatse odraga 2015. aastal

Tartu, u 2% huumust (1,1% Corg)



Leostumine, kg N/ha (tulp)

Saagikus, t/ha (joon)

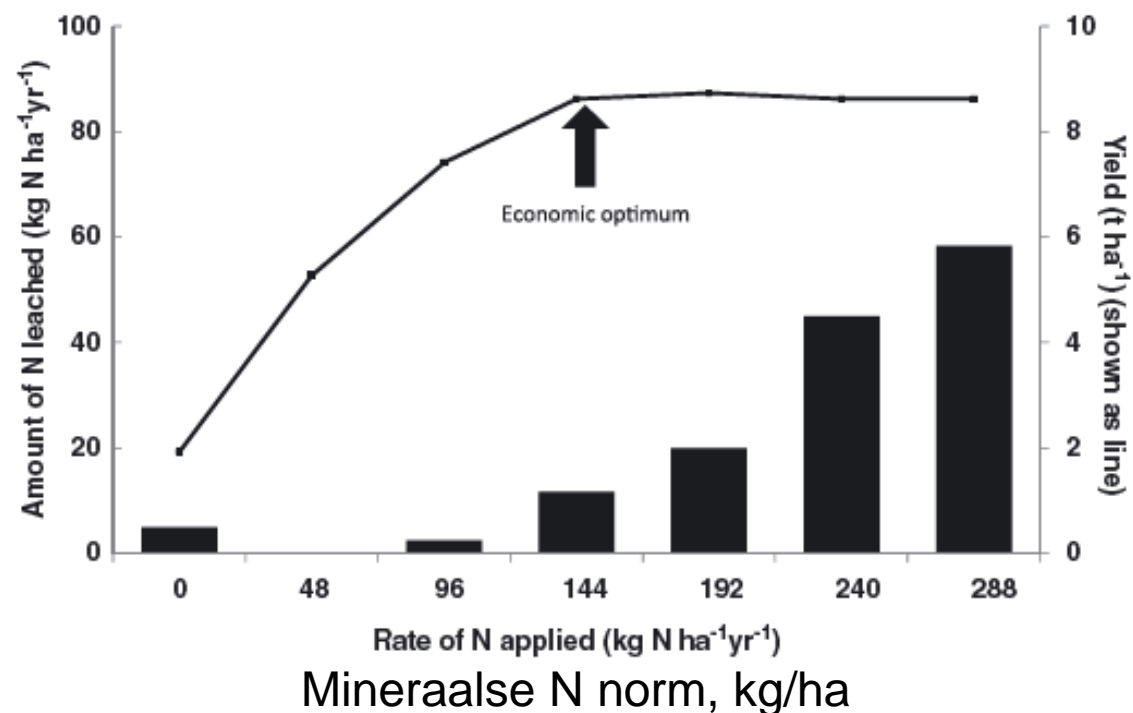


Figure 6 Nitrogen leaching losses from the Broadbalk Experiment at Rothamsted Experimental Station, in which N treatments have been

Annals of Applied Biology ISSN 0003-4746

REVIEW ARTICLE

Nitrogen losses from the soil/plant system: a review

K.C. Cameron, H.J. Di & J.L. Moir

Põhjamaade katsetes vahekultuuri (catch crop) mõju

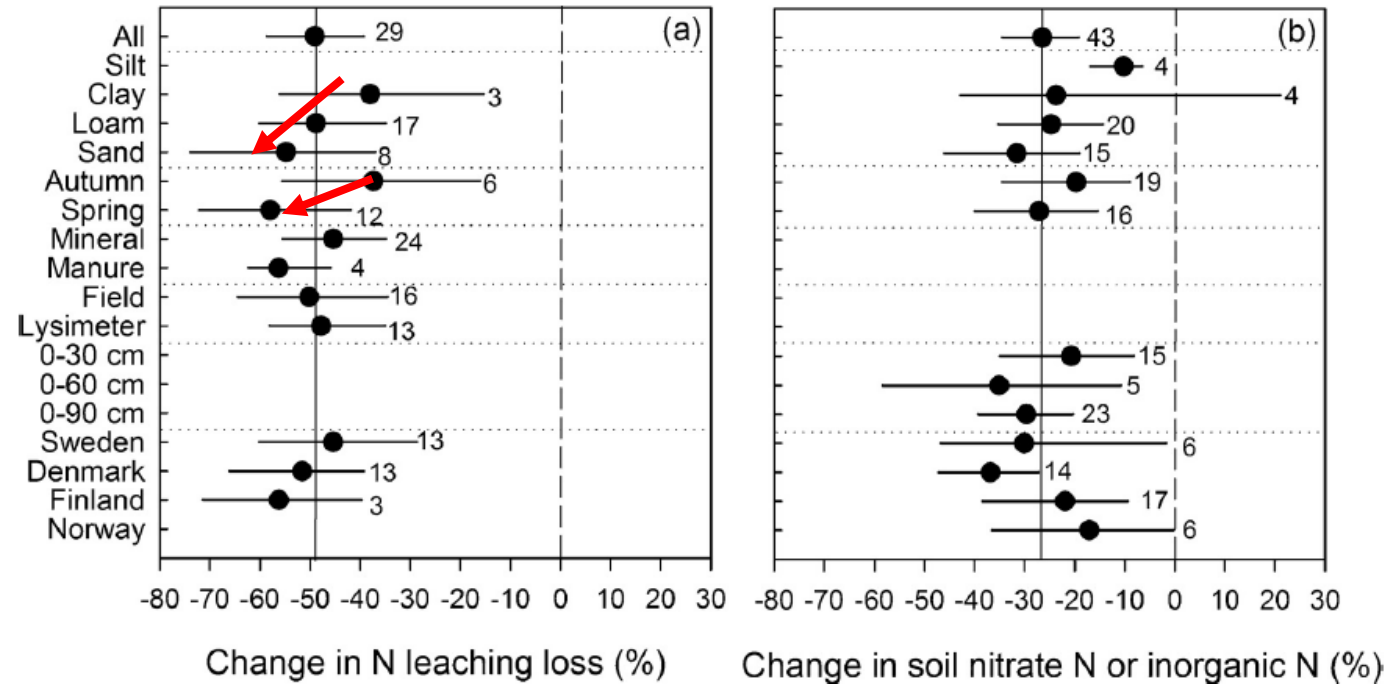


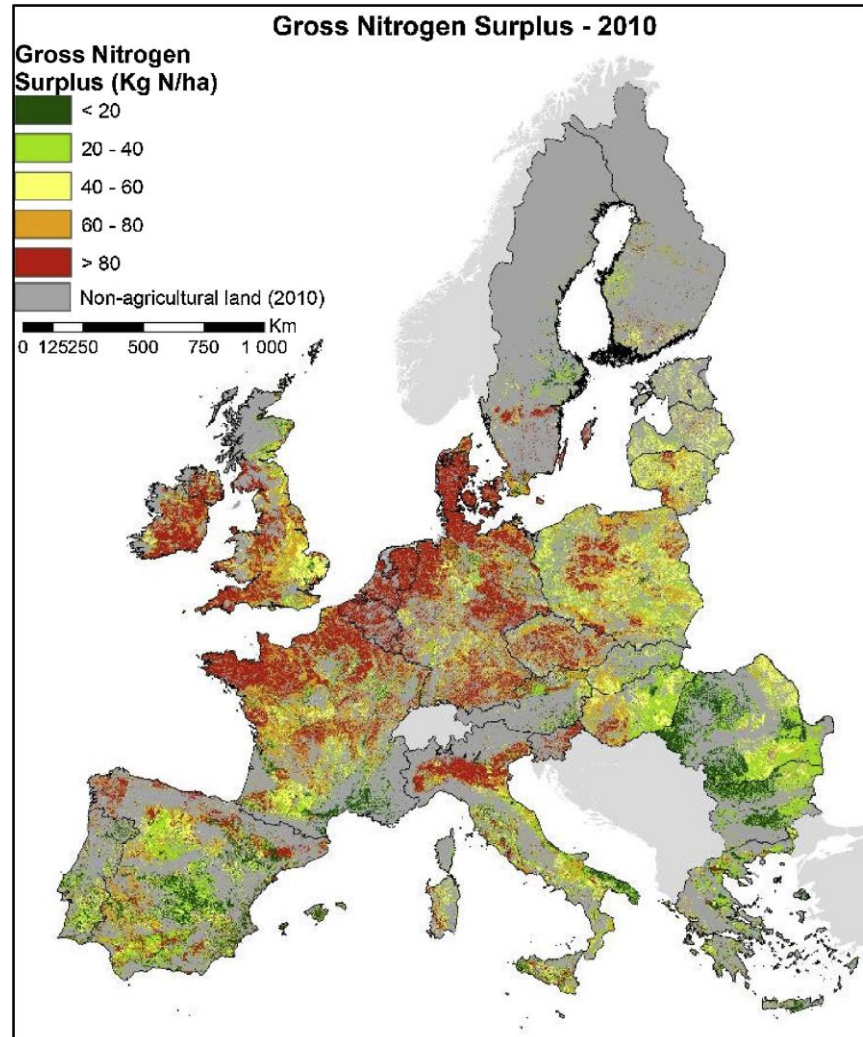
Fig. 2. Changes in (a) N leaching loss and (b) soil nitrate N or inorganic N in autumn due to catch crops compared to the controls with no catch crops. Studies were further subdivided according to soil textures (silt, clay, loam, sand), ploughing time (autumn, spring), fertilizer types (mineral, manure), methods for measuring N leaching (field, lysimeter), soil depths investigated (0–30, 0–60, 0–90/100 cm) and Nordic countries. Symbols indicate weighted average responses with 95% CIs. “All” and vertical line indicate summarized effect across all studies. The dashed line indicates the control groups. Note lack of statistically significant differences between the groups of explanatory variables, since their 95% CIs overlap. The numbers indicate the number of observations.

Valkama et al. 2015. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 93–101

- CNP-majandus bilansiarvestuse kaudu
 - Arvestuse tasemed ja meetodid võivad suuresti erineda
 - Tasemed (süsteemi piirid): põld-talu-valgala-maakond-riik-globaalne
 - Mis sisendid (**sh sõnnik**) ja väljundid arvesse võetakse
 - Kas kadusid arvestatakse või mitte (enamasti mitte)
 - Korrektne tõlgendamine on oluline
 - Kaudne indikaator agronoomilisest efektiivsusest ja keskkonnamõjust
 - Üksiku aasta tulem pole alati veel määrav (st ära satu paanikasse)
 - Üleküllus \neq 100% kadu

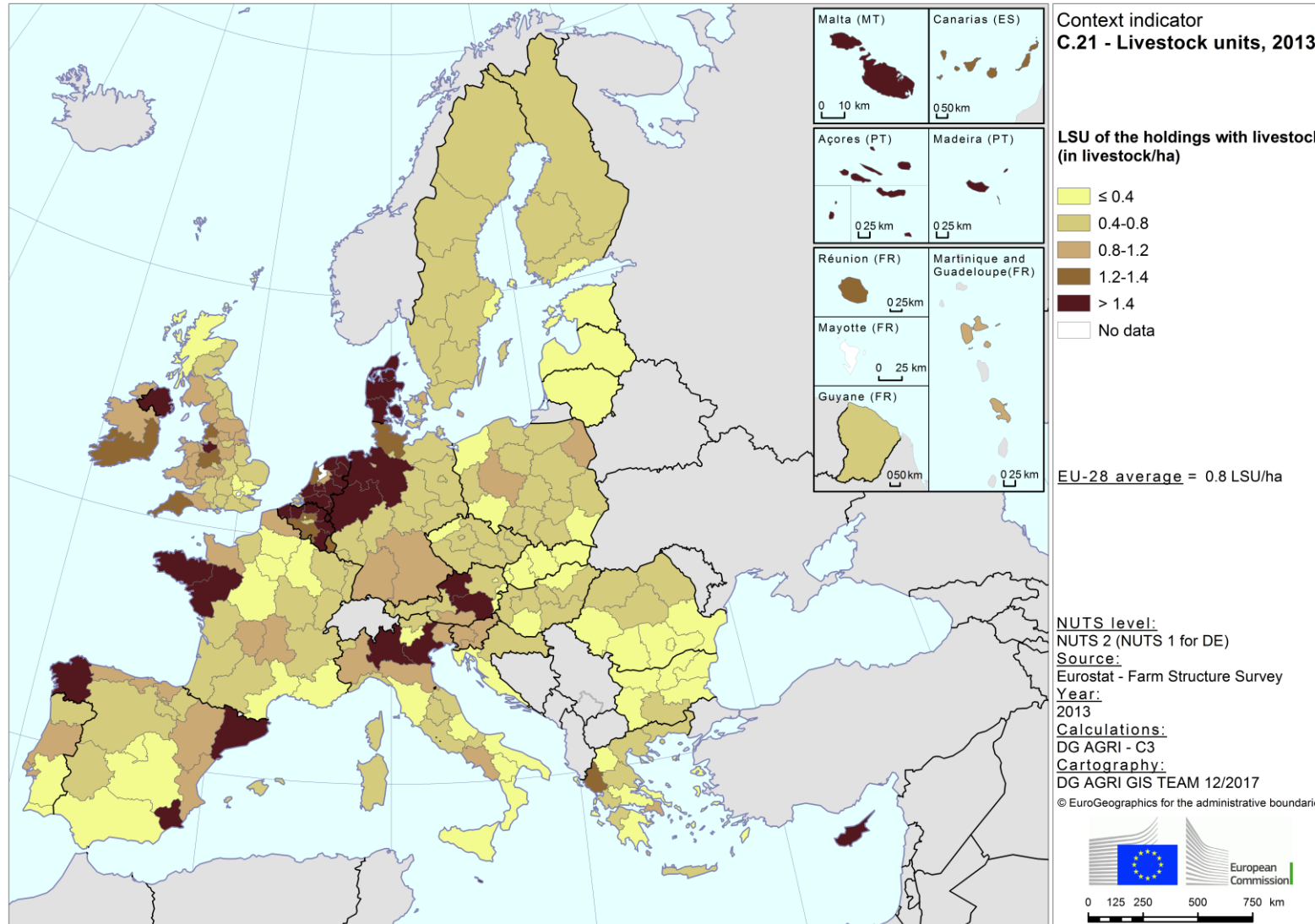
Intensiivsem tootmine on tavaliselt seotud suurema keskkonnasurvega

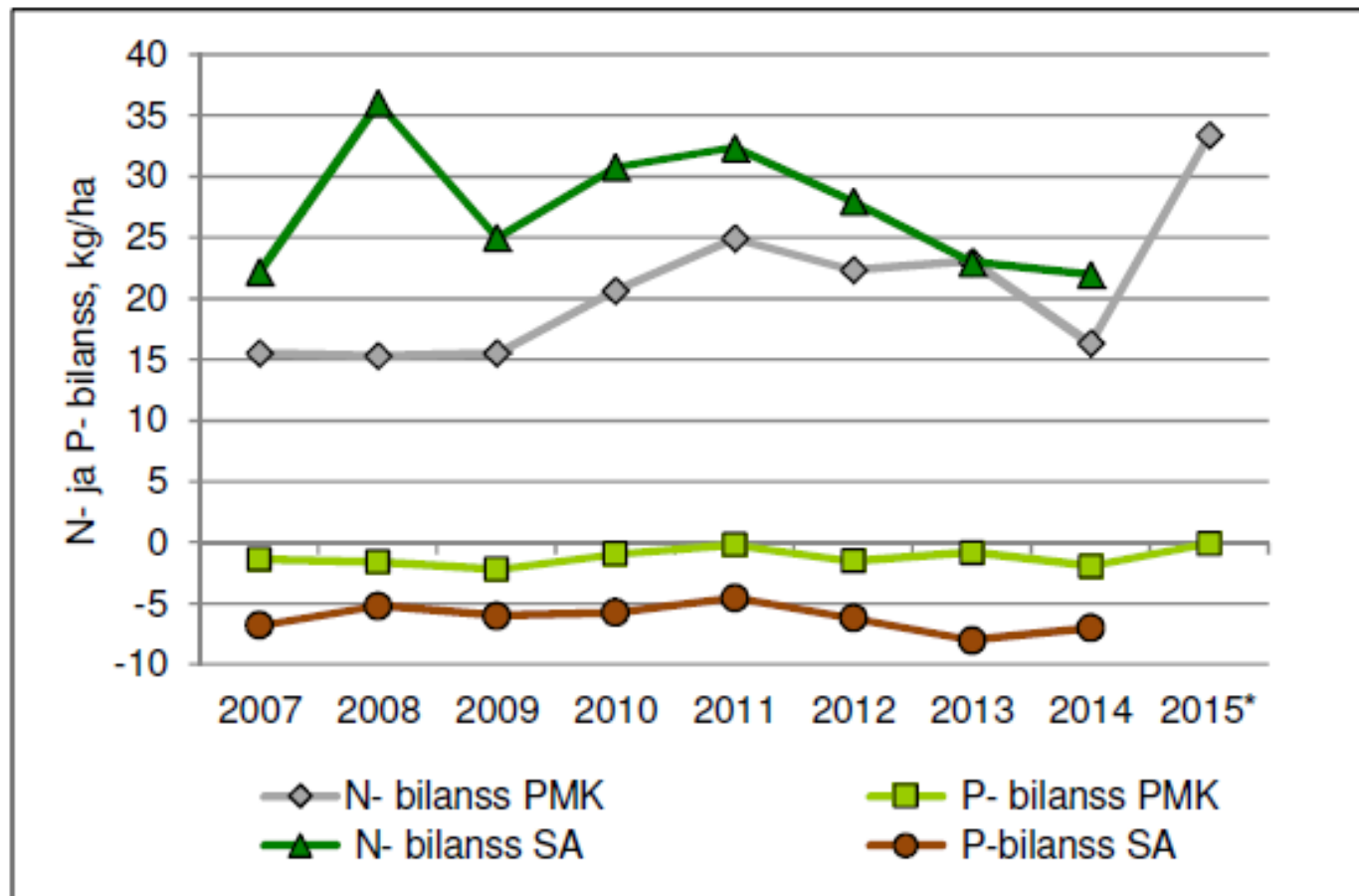
Lämmastiku bilanss põllumajandusmaal, kg/ha



Rega et al 20198; <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.005>
6. okt 2021, A. Astover

Loomkoormus (lü/ha)





Joonis 48. Lämmastiku ja fosfori bilanss Statistikaameti ja PMK seireettevõtete andmetel aastatel 2004-2015 (Statistikaamet, 2017) viimane täiendus 28.01.2015

2015*. a muudeti PMK seirevalimit (2007.-2014. a valimis~120 ettevõtet, 2015. aastast valimis 661 ettevõtet, laiendatud tulemustel esindatud 7580 põllumajandustootjat)

Põllumajandusuuringute Keskus, 2017

Põllu tasandi NPK kalkulaator • Hetkel Exceli tööriistana

Eesti Maaülikool www.emu.ee Estonian University of Life Sciences										Kaalutud keskmine			AM
Arvuta rida										Bilanss (kg/ha)			Hinnangud bilansi tulemusele
Põllu number	Põllu nimi	Põllu-massiiv	Kultuur	Pind (ha)	Aasta	Külvise-norm (kg/ha)	Saagikus (kg/ha)	Koristatav saagiosa	Proteiini % kuiv-aines	N	P	K	N
Teraviljad													
			suvinisu	1		200	5000	terad	14,7	23	-2	2	Suure N-tarbega mullal tasakaalus bilanss. Oled jätkusuutlik.
			suvinisu	1		200	5000	terad ja põhk	14,7	9	-6	-37	Suure N-tarbega mullal tasakaalus bilanss. Oled jätkusuutlik.
Muud													
			taliraps	1		8	3200			30	14	98	
Kaunviljad													
										0	0	0	
Heintaimed													
			liblikõieliste ja kõrreliste segu	1			10000	mürgisilo loomiseni		-63	-33	-284	Suure N-tarbega mullal tugevasti negatiivne bilanss. Saagi moodustumine mulla orgaanilise aine N arvelt.

<https://pk.emu.ee/struktuur/mullateadus/teadustoo/mullakalkulaatorid/>

STRUKTUUR - MULLATEADUSE ÕPPETOOL - TEADUSTÖÖ - C JA NPK KALKULAATORID -

Juhtimine

Aianduse õppetool

Elurikkuse ja loodusrisi õppetool

Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool

Keskkonnakaitse ja maastikuhalduse õppetool

Maastikuarhitektuuri õppetool

Mullateaduse õppetool

Üldinfo

Töötajad

Teadustöö

C ja NPK kalkulaatorid

Publikatsioonid

Projektid

Doktorandid

Kaitstud doktoritööd

Mullalabor

Õppetöö

C ja NPK kalkulaatorid

Huumusbilansi kalkulaator

Muldade tasakaalustatud süsinikuseisund on nii agronoomilistest, ökoloogilistest kui ka kliima aspektidest lähtuvalt üha suurema tähelepanu keskmes. Sõna huumus on praktiliselt juurdunud, ent tegelikult määratakse laboris otseselt mulla orgaanilise süsiniku kontsentratsioon ja huumusesisaldus on selle leitud arvutuslik väärtus. Käesolevas kalkulaatoris on tulemused väljendatud mulla orgaanilise süsinikuna (C_{org}).

C_{org} bilanss sõltub eelkõige tootmistasemest, mullast, kasvatatavast kultuurist ja väetamisest. Varasemate uuringute meta-analüüsiga töötati välja ja täiustati koefitsientide ja arvutusalgortime, mis arvestavad erinevate agrotehnoloogiate (harimisviisid, tahe- ja vedelsõnniku kasutamine, hajasväetised, kompostid, vahekultuurid, põhumajandus jne) mõju mulla C_{org} bilansile.

Kalkulaatori saab kasutada mineraalmuldadel C_{org} bilansi ja varu arvutamiseks. Lähtendatuna on vaja sisestada huumuskühi tusedus, orgaanilise süsiniku kontsentratsioon, mulla lõimis, kultuuri väik, põhisaaigi suurus ning väetamise andmed. Kalkulaator võimaldab saada vastuse üksiku põllu tasandil kui ka kogu kui ka põldude/külvikorra keskmisena.

Programm töötab tabelarvutusprogrammi MS Excel baasil ja sisaldab makrosid, mille kasutus on vaja lubada. Kalkulaator on tasuta kasutamiseks ja levitamiseks. Kalkulaatori arendamiseks on oluline panuse andnud prof. Hugo Roostalu, dotsent Ern Lauringson, prof. Alar Astover jt. Tagasiside ja lähem teave: Alar Astover, alar.astover@emu.ee

• **Huumusbilansi kalkulaator versioon 2.0 alla laadimine siit (pakitud .zip failina)**

NPK põllupõhise bilansi kalkulaator

Käesolev põllupõhine NPK bilansi kalkulaator on välja töötatud lihtsustatud üldbilansi põhimõttel. Väljundina võetakse arvesse põhi- ja kõrvalsaagiga eemaldatavad kogused, mis sõltuvad saagi suuruselt ja vastava tootelemendi kontsentratsioonist saagis. Sisendina võetakse arvesse mineraal- ja orgaanilised väetised ning liblikõieliste kultuuride poolt õhust seotav lämmastik. Ajalise arvestuse aluseks on konkreetse kultuuri kogu kasvutsükli periood. Kalkulaatori lihtsustatud bilansi ja tagastamise osakaalu (sisendi suhe eemaldamiseks) alusel annab kalkulaator tulemustele kvalitatilised sõnalised hinnangud sõltuvalt konkreetse põllu mulla omadustest ja väetistarbest. Kalkulaatori kasutajal on soovi korral võimalik ise muuta vastava kultuuri saagi N/proteiini-, P- ja K-sisalduse väikeväärtusi, orgaaniliste väetiste koostist jms koefitsiente.

Programm töötab tabelarvutusprogrammi MS Excel baasil ja sisaldab makrosid, mille kasutus on vaja lubada. Kalkulaator on tasuta kasutamiseks ja levitamiseks. Tagasiside ja lähem teave: Alar Astover, alar.astover@emu.ee

• **NPK põllupõhise kalkulaatori versiooni 1.0 alla laadimine siit (pakitud .zip failina)**

Testime hetkel toimimist LIFE CleanEst projekti raames Ida- ja Lääne-Virumaa piirkonnas

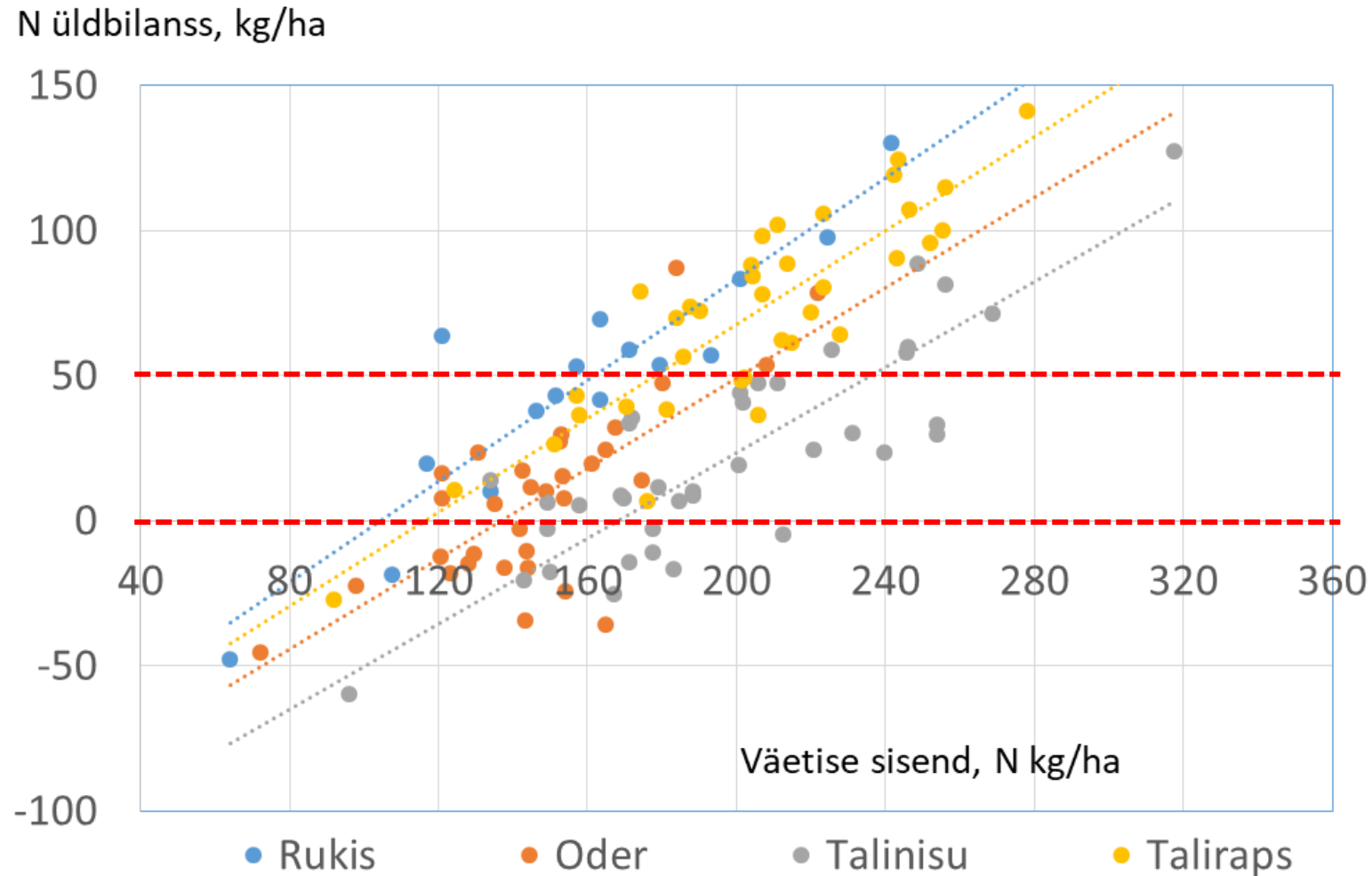


<https://pk.emu.ee/struktuur/mullateadus/teadustoo/mullakalkulaatorid/>

6. okt 2021, A. Astover

Lihtsustatud N bilanss

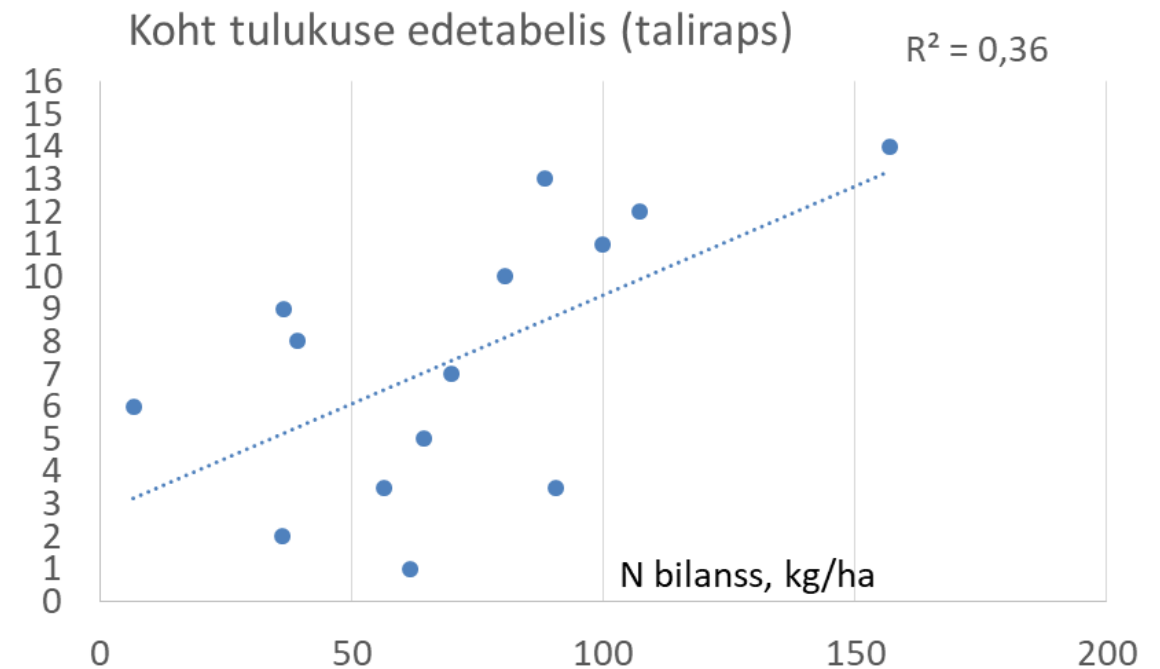
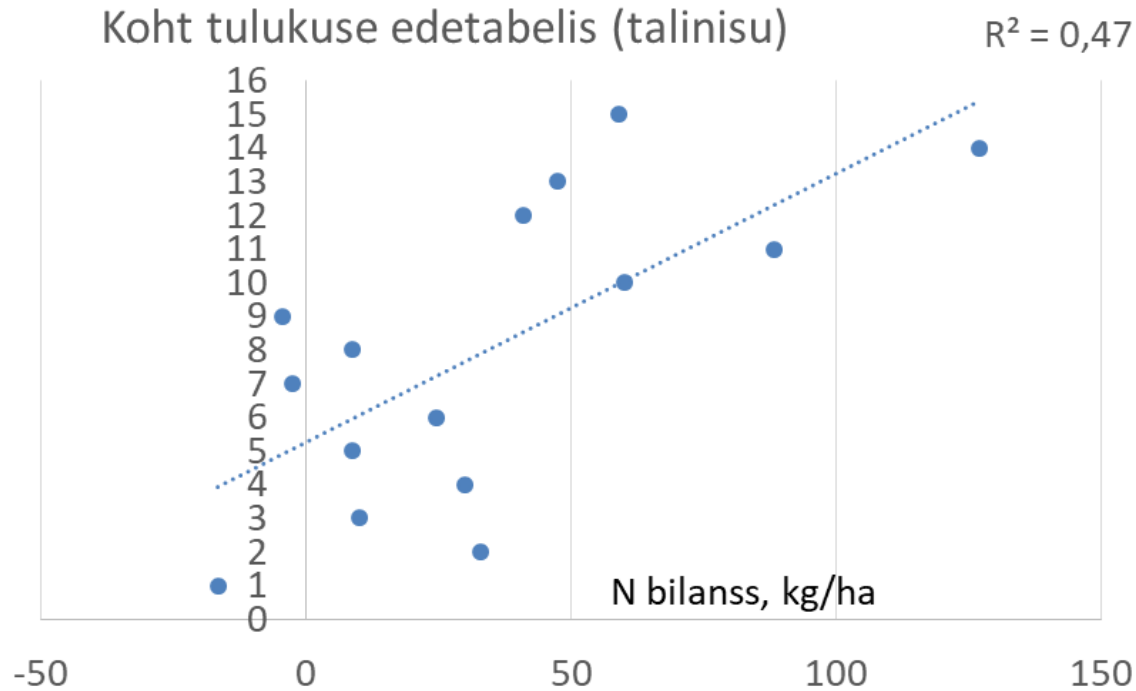
- Sisend väetistega – teradega eemaldamine



2017-2020 viljelusvõistluse põllud

6. okt 2021, A. Astover

- N bilansi üleküllus – võimalik keskkonnakoormus, ent tegelikult veel reaalsem ja tugevam seos...
 - majandusliku edukusega



Aasta muld 2021

Rähkmuld – kõrgustike kuningas



Alar Astover, professor

E-mail: alar.astover@emu.ee

Rähkmuld
Tähistus: K Calcaric Cambisol; Regosol (WRB)

Rähkmuld – kivine viljakus

Rähkmullad on kujunenud lubjakivirikastel lähtekivimittel ja nende tunnuseks on karbonaatide esinemine pindmises 30 cm-s kihis. Põhjarannikul on mullaprofilis tihti paekivi, lõuna pool on sellel lasuva karbonaatse rähkmoreeni tusedus suurem. Rähkmullad on neutraalse reaktsiooniga ja toitainerikkad. Nende viljakus varieerub väga suurtes piirides, sõltudes koresesisaldusest ja huumuskihi tusedusest.

Koreserohkuse ja õhukese muldkatte korral on nad põukartlikud ja raskesti haritavad. Samas leidub põldudel ka tusedaid, vähese rähasisaldusega viljakaid rähkmuldi. Looduslikel aladel (puisniitudel) on rohttaimestik väga liigirikas, esineb kadakat ja sarapuud ning mitmeid lehtpuid. Metsakooslus sõltub veehoiuvõimest: kuivematel, õhema huumushorisondiga aladel on männikud, niiskematel aladel kuuse-segametsad.

Rähkmullad ja gleistunud rähkmullad moodustavad 6,3% kogu Eesti mullastikust ja 11,1% põllumaast. Rähkmuldade peamine levikuala on Põhja- ja Looe-Eesti ning saared. Ülekaalus on need Harju, Lääne ja Saare maakonnas. Piiratult esineb rähkmuldi Otepää ja Haanja kõrgustikul üksikute kõrgendike lagedel ja nõlvadel.

Tekst: Enn Leedu, Alar Astover Foto: Endla Reintam
Kaart: Priit Penu, Tambe Kikas Valjaandja: Eesti Maaülikool, 2020

Rähkmuld
Calcaric Cambisol; Regosol (WRB)

0 CM
10
20
30
40
50
60

0 CM
10
20
30
40
50
60

Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences
Põllumajanduse ja keskkonnateaduste instituut
Institute of Agriculture and Environmental Sciences

EMU **Eesti Maaülikool**
Estonian University of Life Sciences



6. okt 2021, A. Astover