

Mulla ja ilmastiku mõju taimetoitelementide omastatavusele ja kadudele



Alar Astover

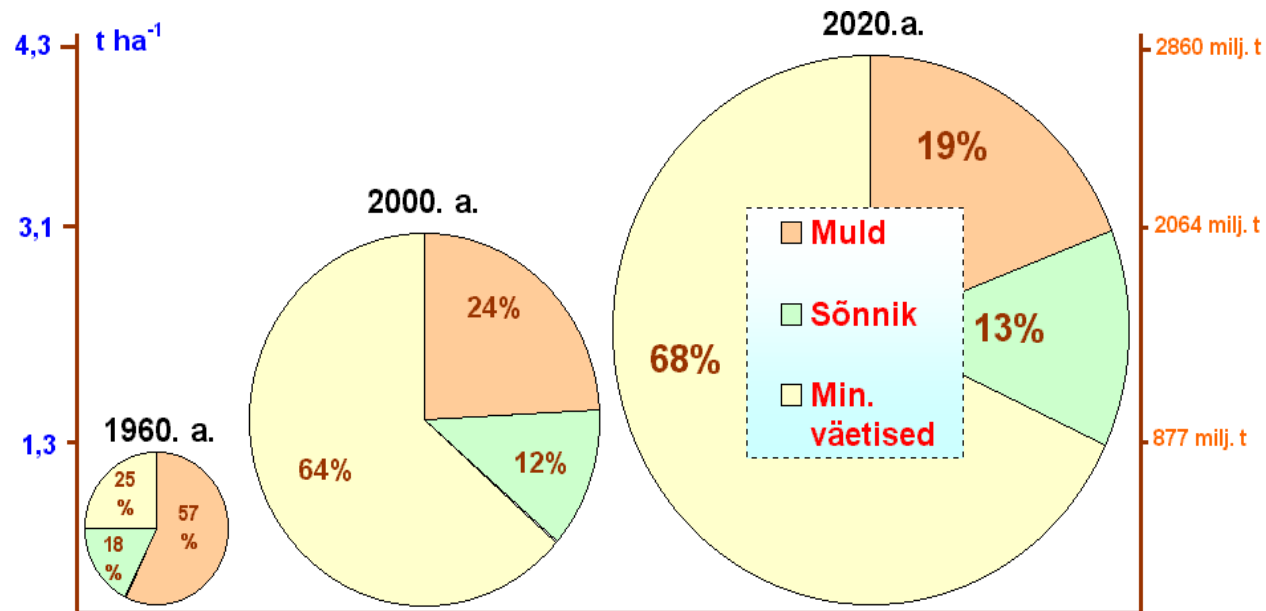
21.03.2019
Rakvere

Teemad

- Väetamise tähtsus
- Taimetoiteelemendid – taimede toitumine, liikuvus (N ja P fookuses)
- Väetamine muld-ilmastik erisuste kontekstis
- NP kaod mullast (vette) - seiretulemused

Väetiste globaalne ja lokaalne tähtsus

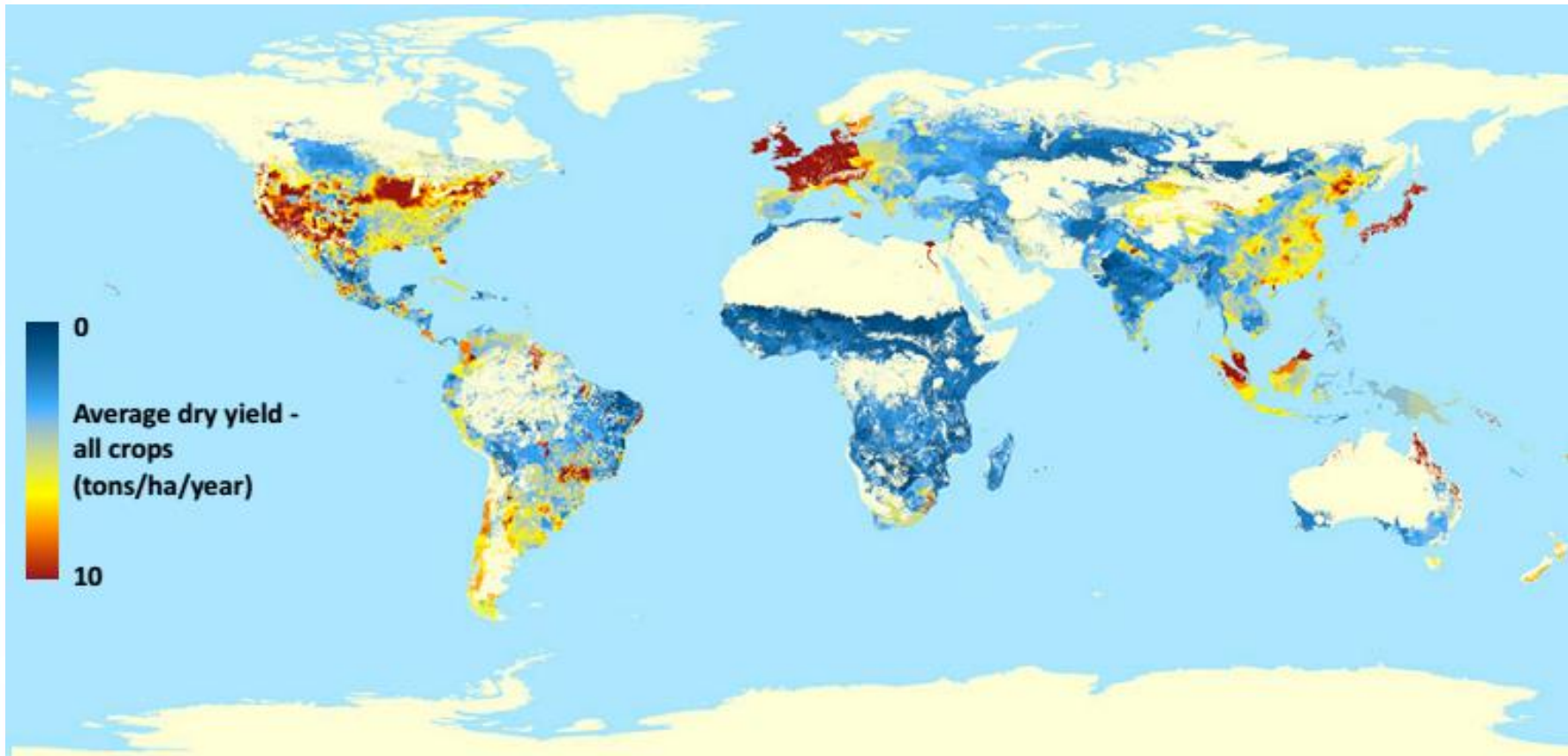
- Üleilmsed väljakutsed (rahvastiku ja toidunõudluse kasv, kliimamuutused)
- Taimede saagikus, saagi kvaliteet
- Ökoloogiline tasakaal – mulla ja vee kvaliteet



Teravilja saagikuse ja kogutoodangu trend maailmas ja selle kindlustamise katteallikad

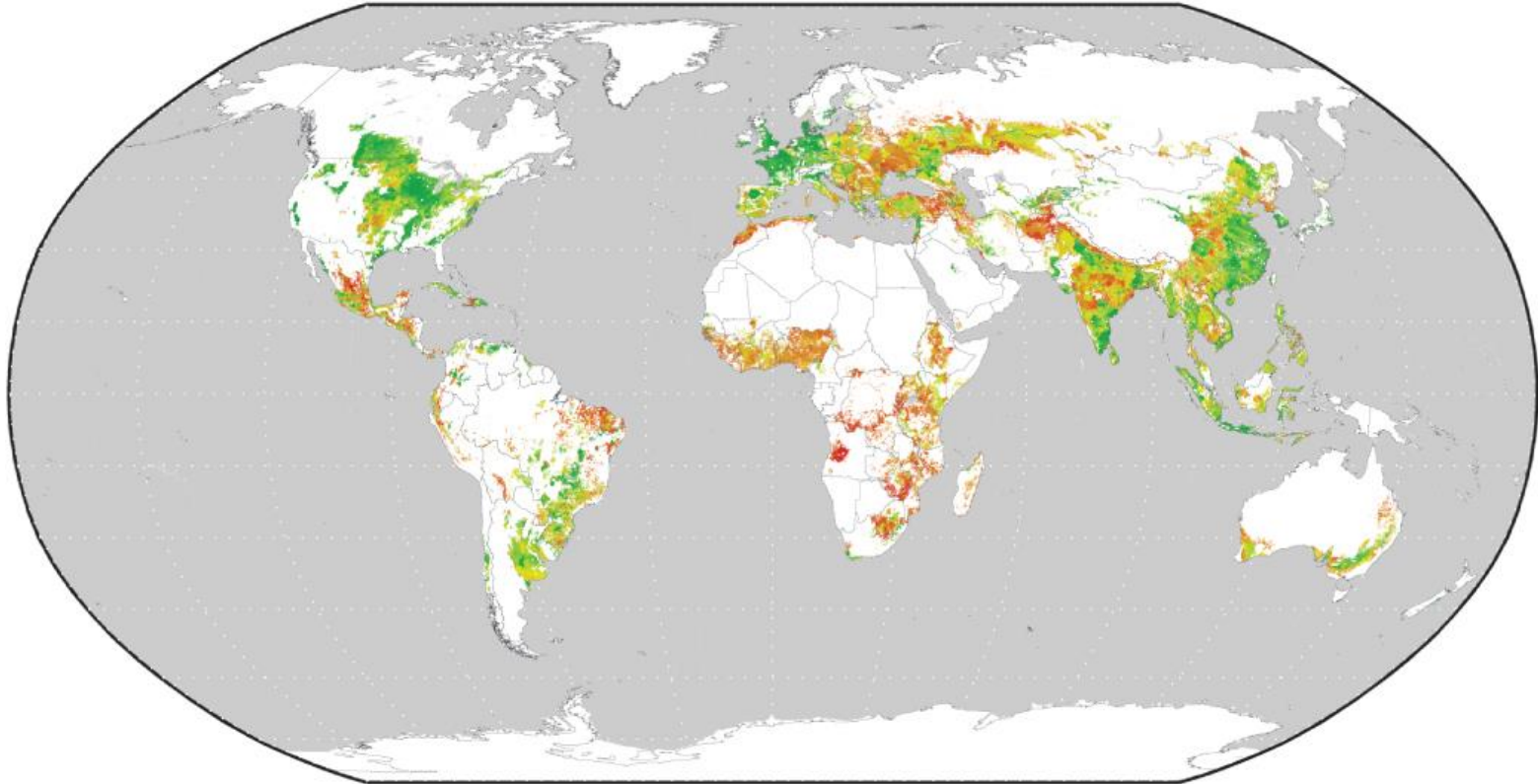
- Aastaks 2050 vaja vähemalt 50% rohkem põllumajandustoodangut
(Tilman et al. 2011)
- Mis lahendused?
 - Rohkem põllumaad (piiratud võimalus ja enamasti mitteaktsepteeritud lahendus)
 - Suurem saagikus (intensiivsem põllumajandus?)
Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. Ray DK, Mueller ND, West PC, Foley JA (2013) PLoS ONE 8(6): e66428.
 - Tarbimise vähendamine, taaskasutus

Põllumaa paiknemine ja põllukultuuride kaalutud keskmine saagikus



West et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. PNAS November 16, 2010 vol. 107no. 46 19645-19648

Kui palju saagipotentsiaalist juba saavutatud? Nisu, mais, riis



Major cereals: attainable yield achieved (%)

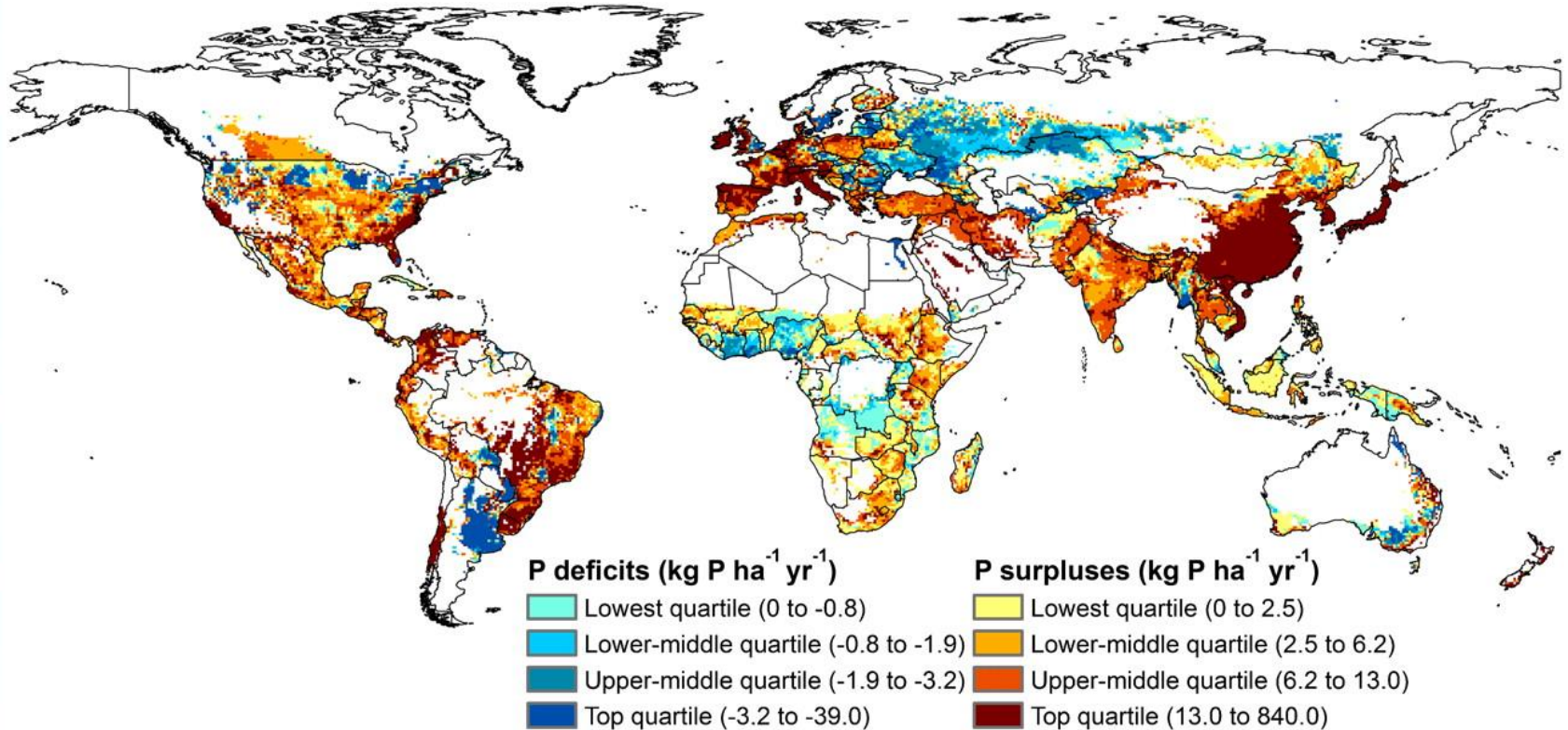


ND Mueller *et al.* *Nature* **490**, 254-257 (2013) doi:10.1038/nature11420

21. märts 2019, A. Astover

Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands

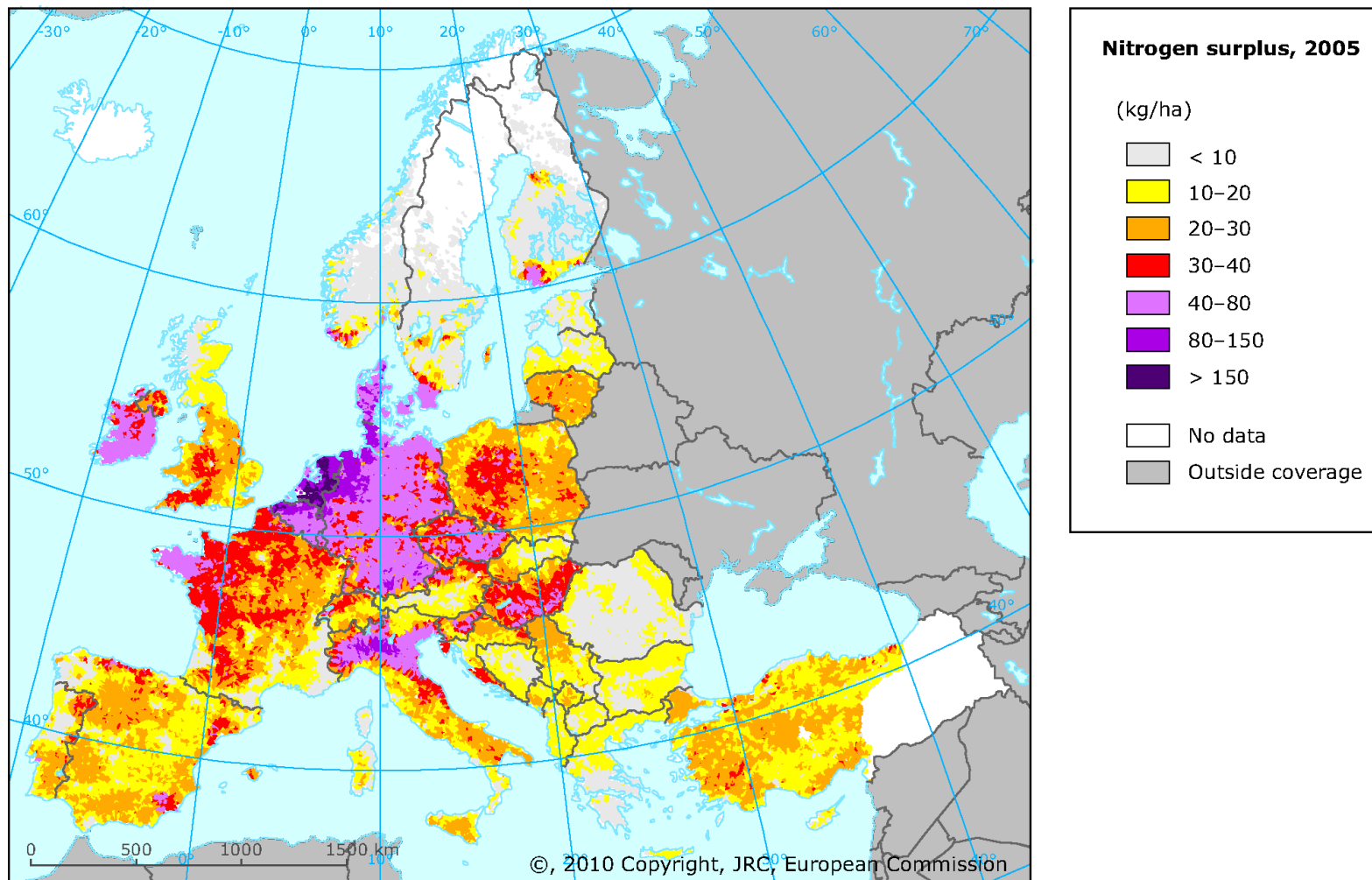
Graham K. MacDonald^{a,1}, Elena M. Bennett^{a,b}, Philip A. Potter^c, and Navin Ramankutty^d



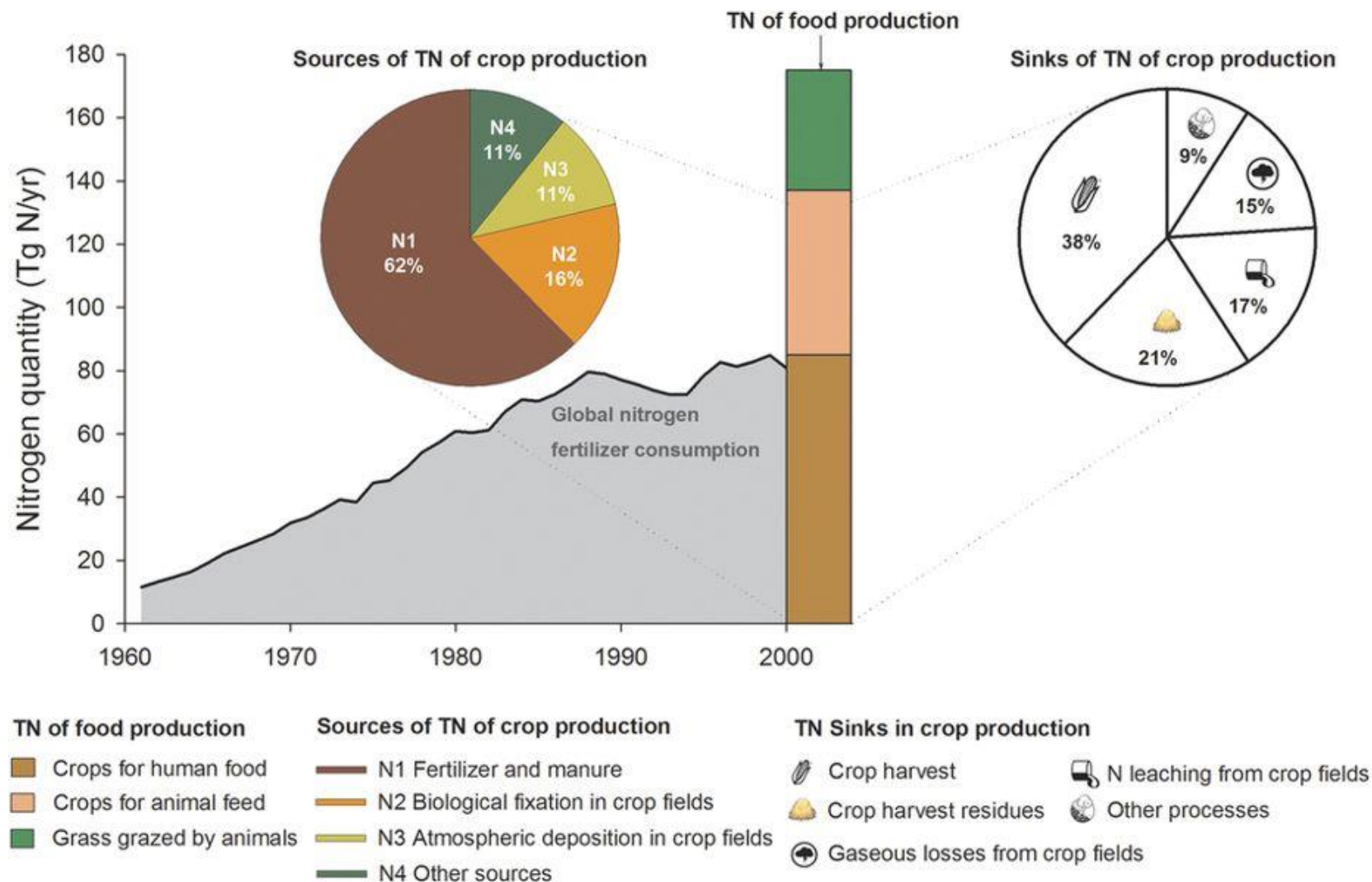
3086-3091 | PNAS | February 15, 2011 | vol. 108 | no. 7

Intensiivsem tootmine on tavaliselt seotud suurema keskkonnasurvega.

Lämmastiku bilanss, kg/ha



- N kasutus toidu tootmiseks globaalsel tasemel



Scientific Reports volume 6, Article number: 30104 (2016)

21. märts 2019, A. Astover

Tasakaalustatud väetamine

- Mis eesmärke peaks samaaegselt saavutama?
 - Saagikus, saagi kvaliteet, taimetervis
 - Mulla kvaliteet
 - Keskkonnamõjud (nt CNP kaod õhku ja vette)
 - Tasuvus
- Väetiste kasutamise planeerimisel on eelkõige vaja arvestada:
 - Asukoha spetsiifilisi näitajaid, sh mulla toiteelementide sisaldust,
 - Kasvatatava kultuuri vajadusi
 - Loodetavat saagi suurust, kvaliteeti
 - Väetise maksumust, saagi hind jm

- Taimetoiteelemendid
- Taimetoitained

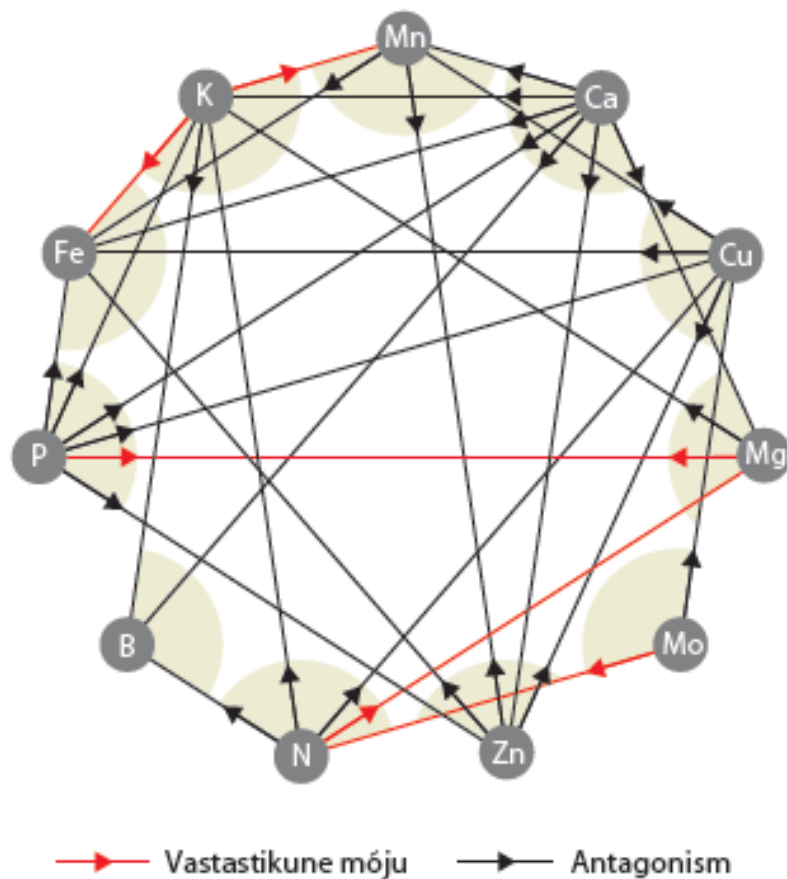
Toiteelementide omastamine taimede poolt

	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-}

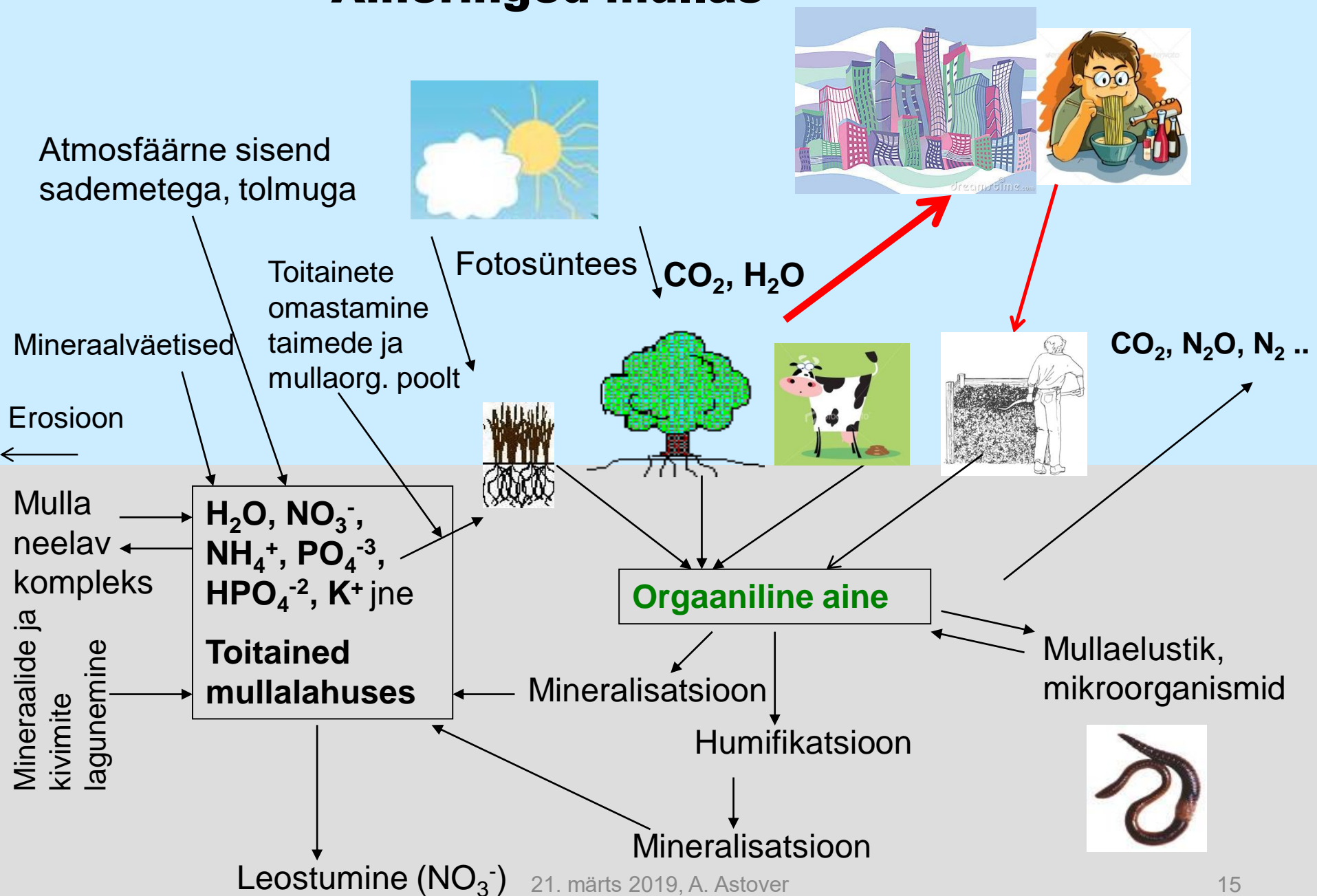
Taimede toitumine

- Lahustunud ioonidena (peamiselt juurte kaudu mullalahusest) nt H_2PO_4^- (HPO_4^{2-})
 - Difusioon
 - Vee massivooga
- Lehtede kaudu (P osas üldiselt väike efektiivsus)
- Sümbioos mükoriisaga (u 80% kõikidest taimedest suudavad seda) Looduslikus ökosüsteemis kuni 90% fosforist omastavad taimed seda teed pidi.

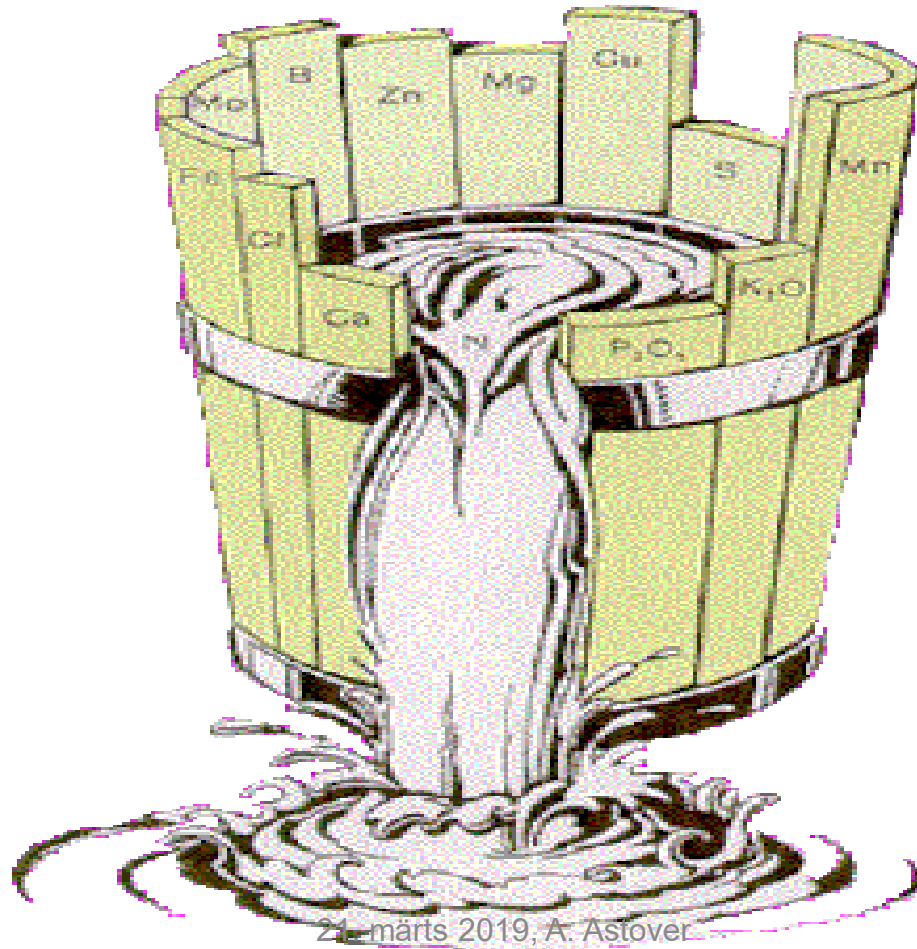
Ei saa ainult üksiku elemendi alusel otsustada



Aineringed mullas



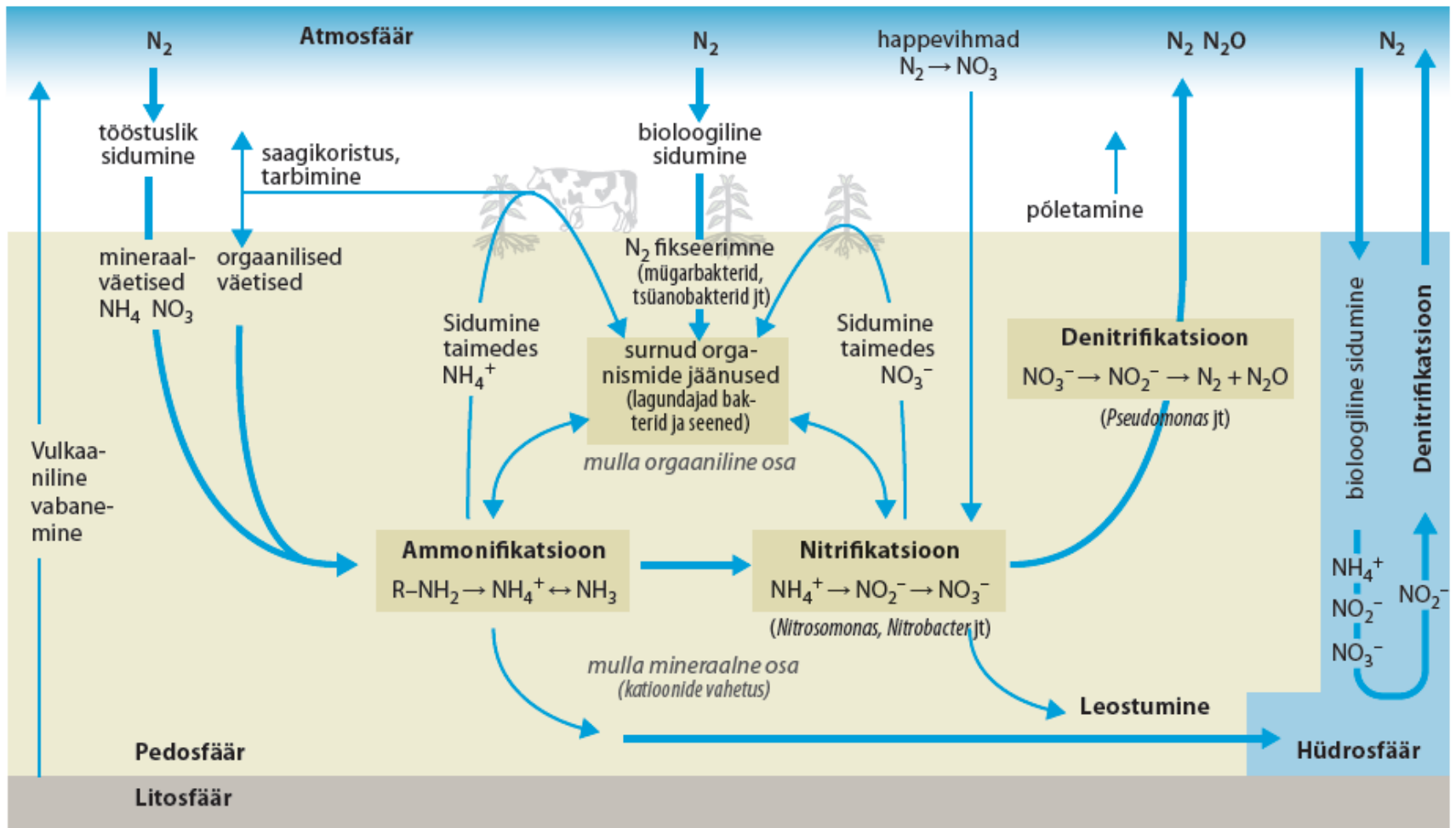
- **Miinumuseadus ehk nn. „tunnilauateooria“** – saagi taseme määrab ära miinumis olev toiteelement või mõni teine miinumis olev kasvutegur (niiskus, temp. jt). Samas võivad taimede kasvu pidurdada kahjulikud ained mullas (näit. suur liikuva Al sisaldus).



- Kas väetada mulda või taime?
 - Enamikel juhtudel keeruline eristada
 - Sõltub elemendist, mullast jm teguritest

Lämmastik mullas

- Peamiselt org. aine koostises.
- Eesti muldade N üldsisaldus on keskmiselt 0,1...0,3% ehk 3000...9000 kg/ha.
- Kuid sellest mineraalsete ühenditena ehk taimedele omastatavana ainult 1...3%.

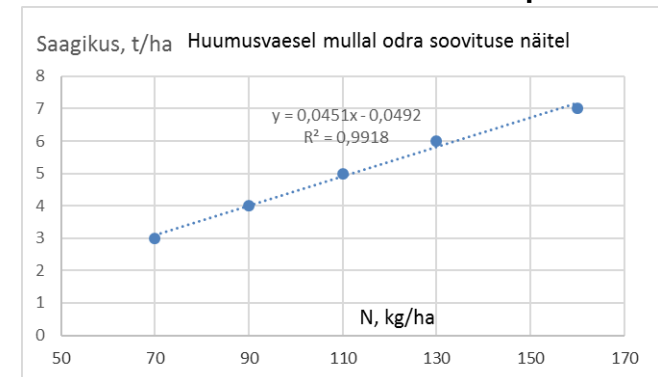


Väetamise ABC (2014)

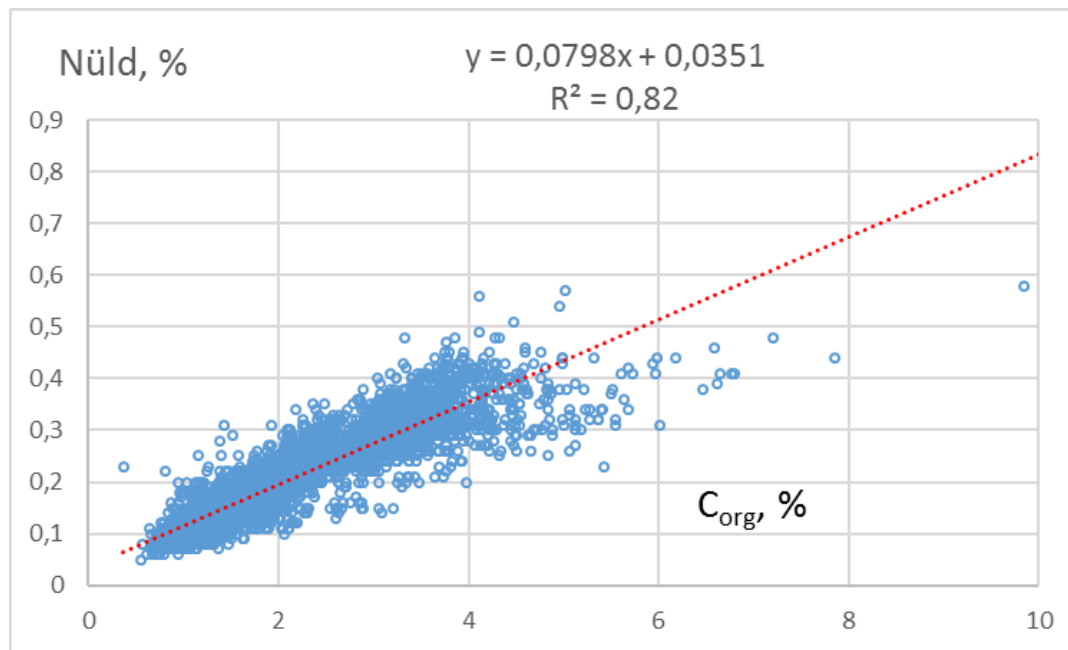
Tabel 18. Kultuuride väetamine lämmastikuga

Kultuur	Planeeritav saak, t/ha	Lämmastiku tarve		
		Mulla orgaanilise C sisaldus, %		
		<1	1...2	>2
		vaja anda taimetoitelementi, 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

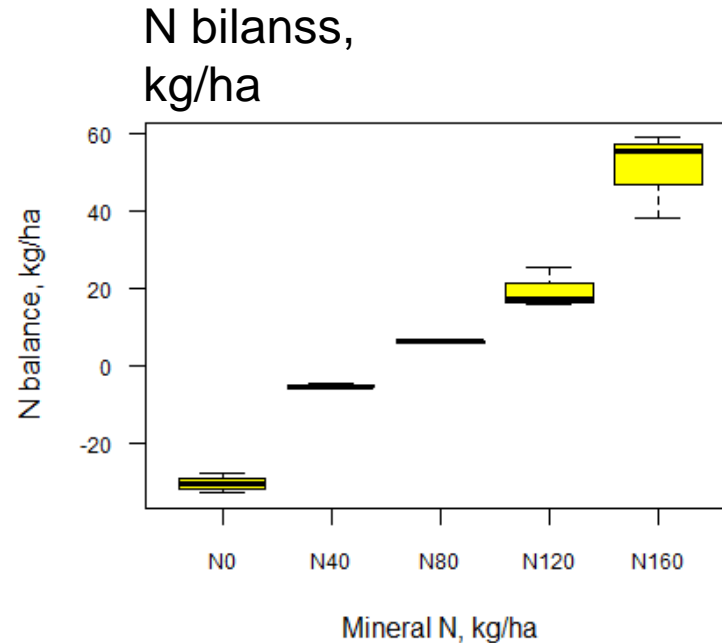
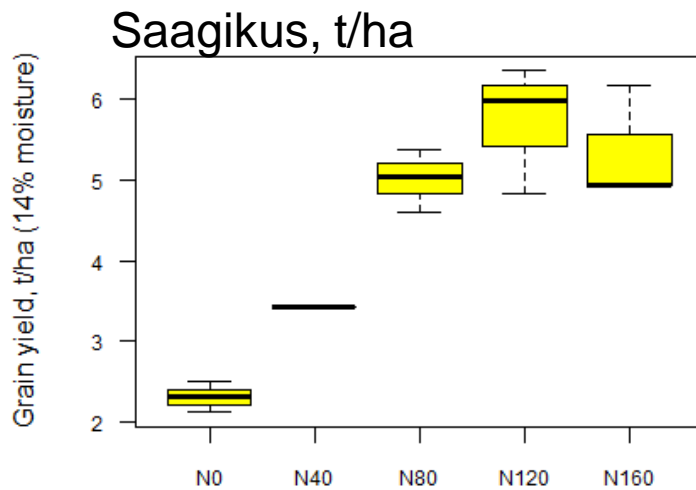


Seos mulla orgaanilise süsiniku ja üldlämmastiku sisalduse vahel (põllumuldade seiralade andmebaas n=6521)



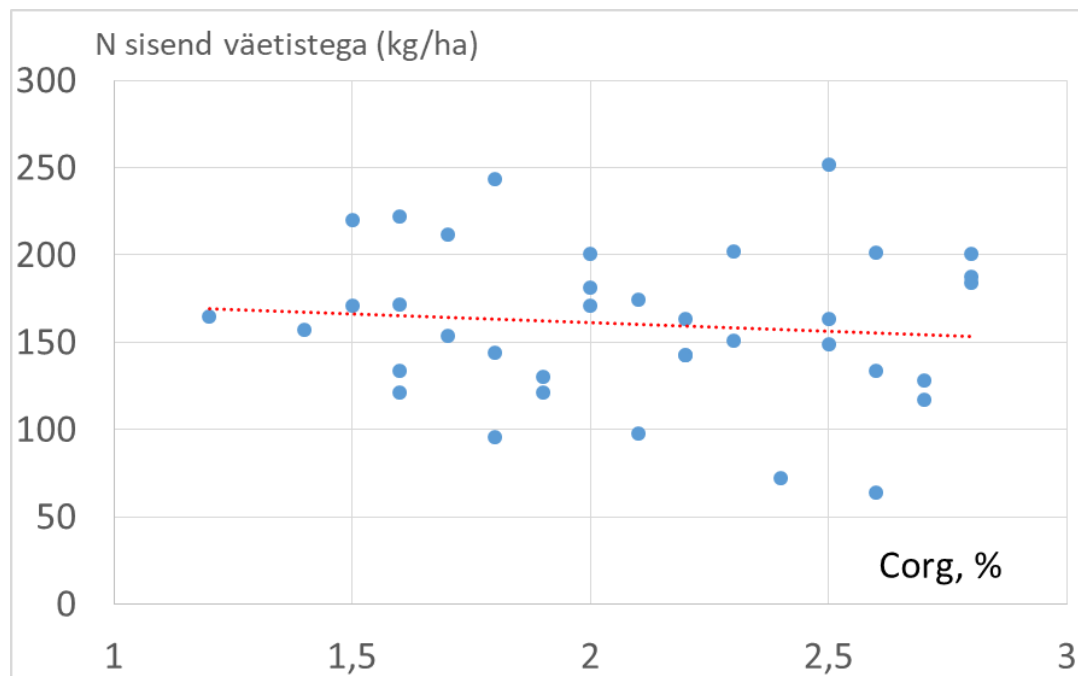
Põldkatse odraga 2015. aastal

Tartu, u 2% huumust



Kas N-väetamisel ka mullast lähtutakse?

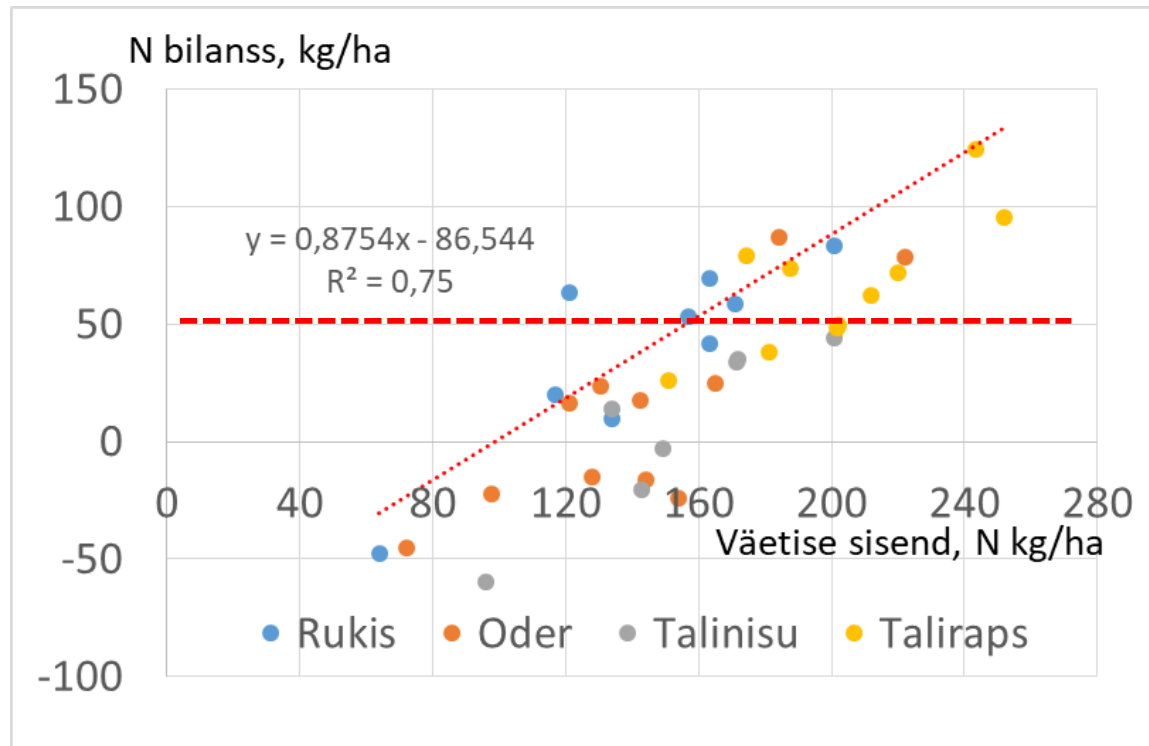
- Ei, kuigi võiks...
... tasuvusele ja keskkonnale mõjuks see kindlasti hästi



2017/2018 võistluspõllud (teraviljad ja raps, va mahe)

Kuidas N bilanss

- Sisend väetistega – teradega eemaldamine



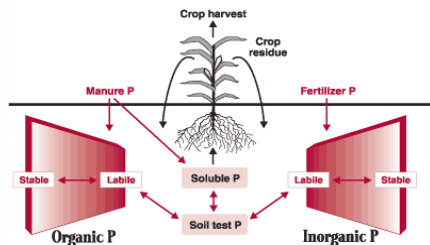
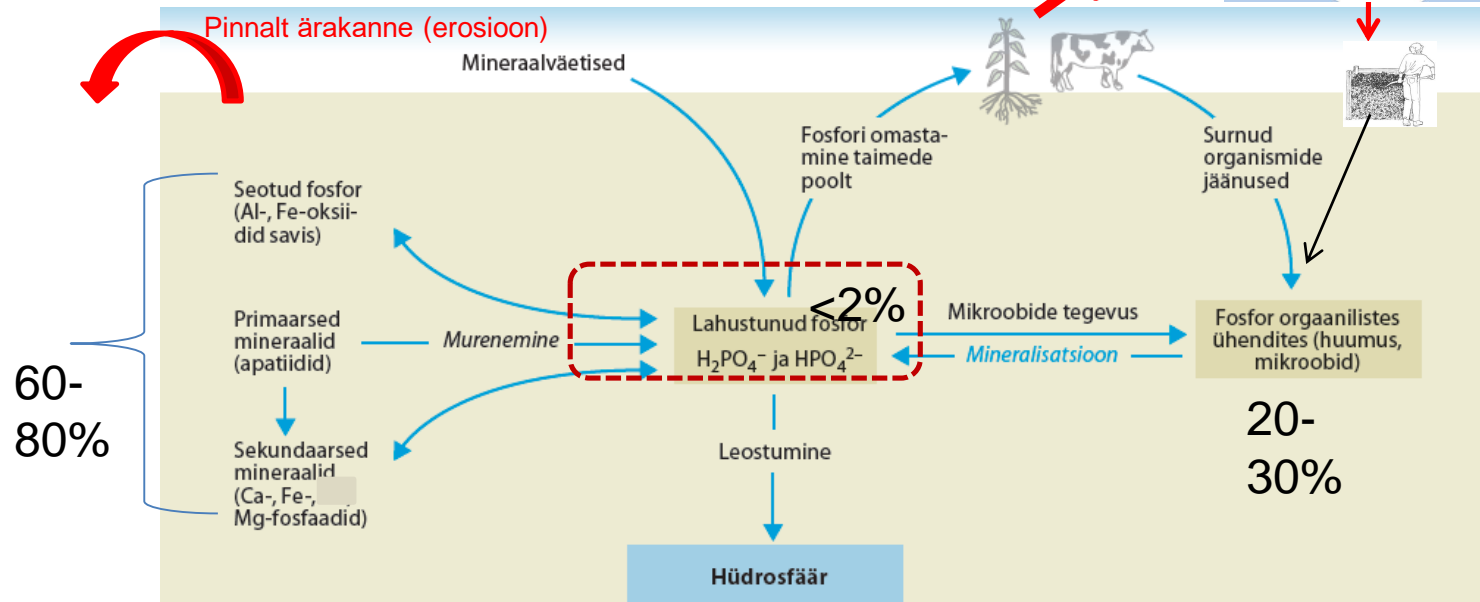
2017/2018 võistluspõllud (teraviljad ja raps, va mahe)

Fosfor

Kui palju P kuskil on?

- Maakooses $\approx 0,1\%$
- Lähtekivim versus muld koefitsient $\approx 0,43$,
st mullas vähem (maailma muldade keskmine üldistus)
- Eesti mineraalmuldades on P üldsisaldus
 $0,03 \dots 0,14\%$ ehk $900 \dots 3000 \text{ kg/ha}$
- Taimedes $0,1 \dots 0,8\%$

- Gaasiline faas puudub
- Mullas väheliikuv, taimes liikuv
- Kiire fiksatsioon
- Leostumise osa väike
- Üldsisaldus
- **Taimele omastatav sisaldus**



<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/h2oqual/watnut/nm1298-1.gif>

NP liikuvus ja kaod mullast sõltuvad

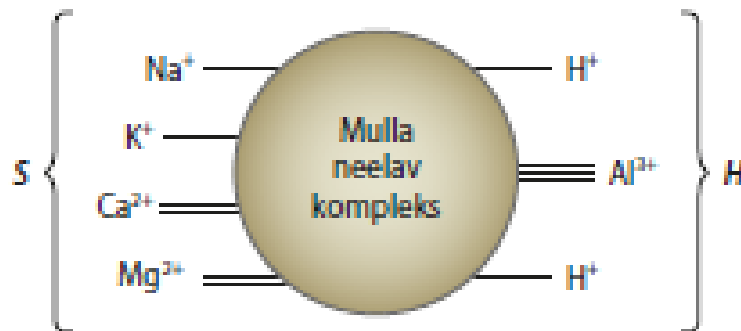
- Väetise omadused
 - ...
- Mulla omadused
 - ...
- Kliima, ilmastik
 - ...
- Tarbijate olemasolu ja tegusus (taim, mullaelustik)

Neeldunud katioonid ja anioonid mullas

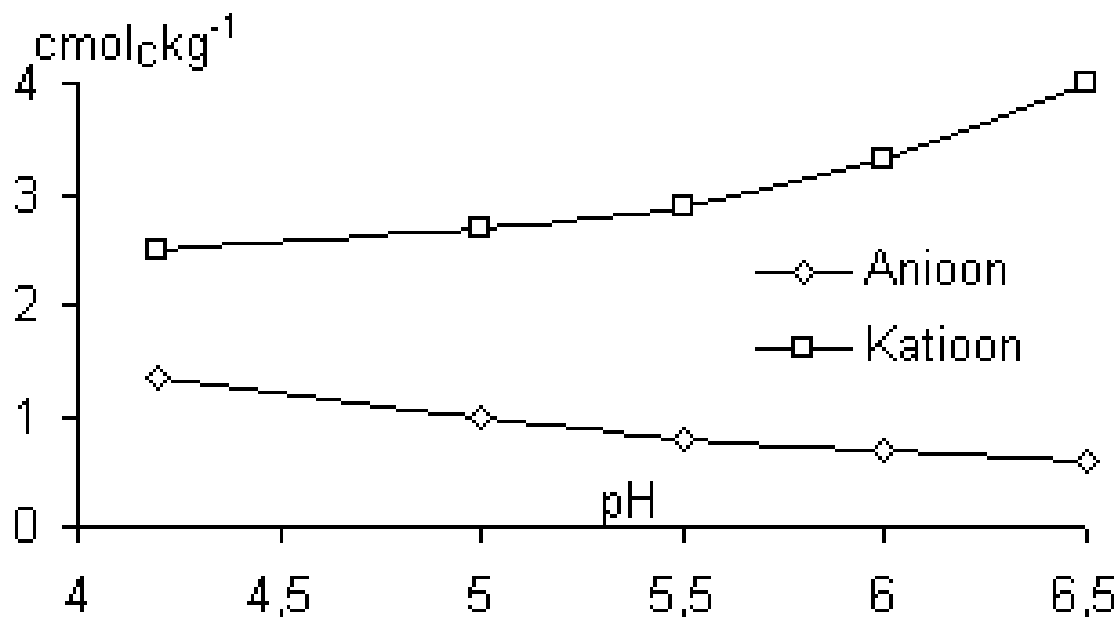
- Katioonid:
 - a) Neeldunud alused: Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} , NH_4^{+} .
 - b) Neeldunud vesinik ja alumiinium: H^{+} , Al^{+3} .
- Anioonid: $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, HPO_4^{-2} , PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-} , CO_3^{-2} ; vähem Cl^{-} , NO_3^{-} .

Mulla neelamismahutavus

- Iseloomustab mulla neelavat kompleksi ja on üks mullaviljakuse ja keskkonnakaitse väärtuse näitaja.
- Neelamismahutavuse all mõistetakse 1 kg mulla poolt maksimaalselt neelatud ionide hulka. Ühik: cmol/kg
- Tavaliselt määratakse **kationide neelamismahutavust** (tähistus – **T**) (*Cation Exchange Capacity* – CEC).
- Kujutab endast **neeldunud aluste** ja **neeldunud vesiniku ja alumiiniumi** summat.
- Neelamismahutavus on seda suurem, mida rohkem on mullas kolloide.



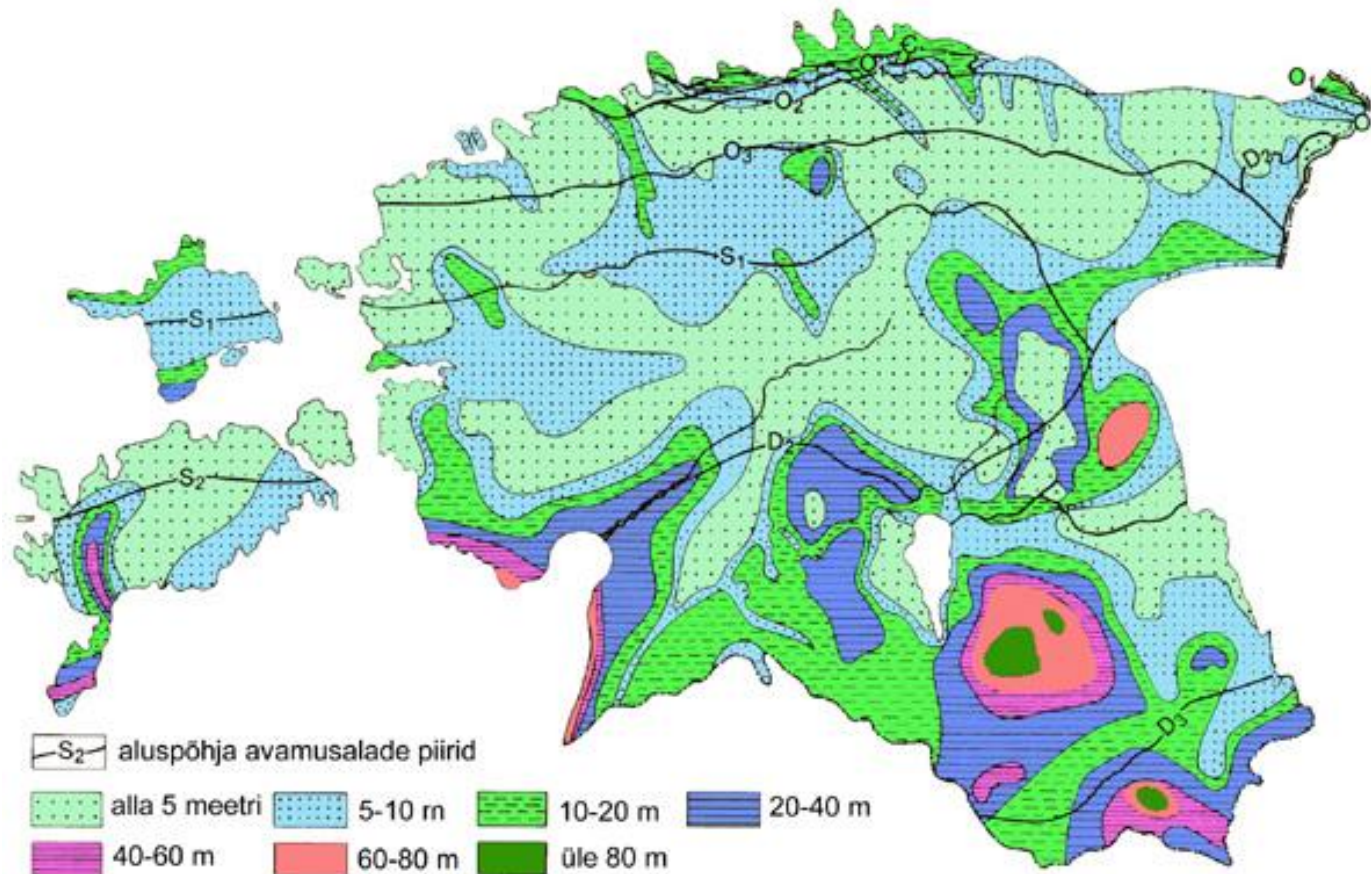
Katioonide ja anioonide neelamismahutavus olenevalt mulla reaktsioonist



Eripind

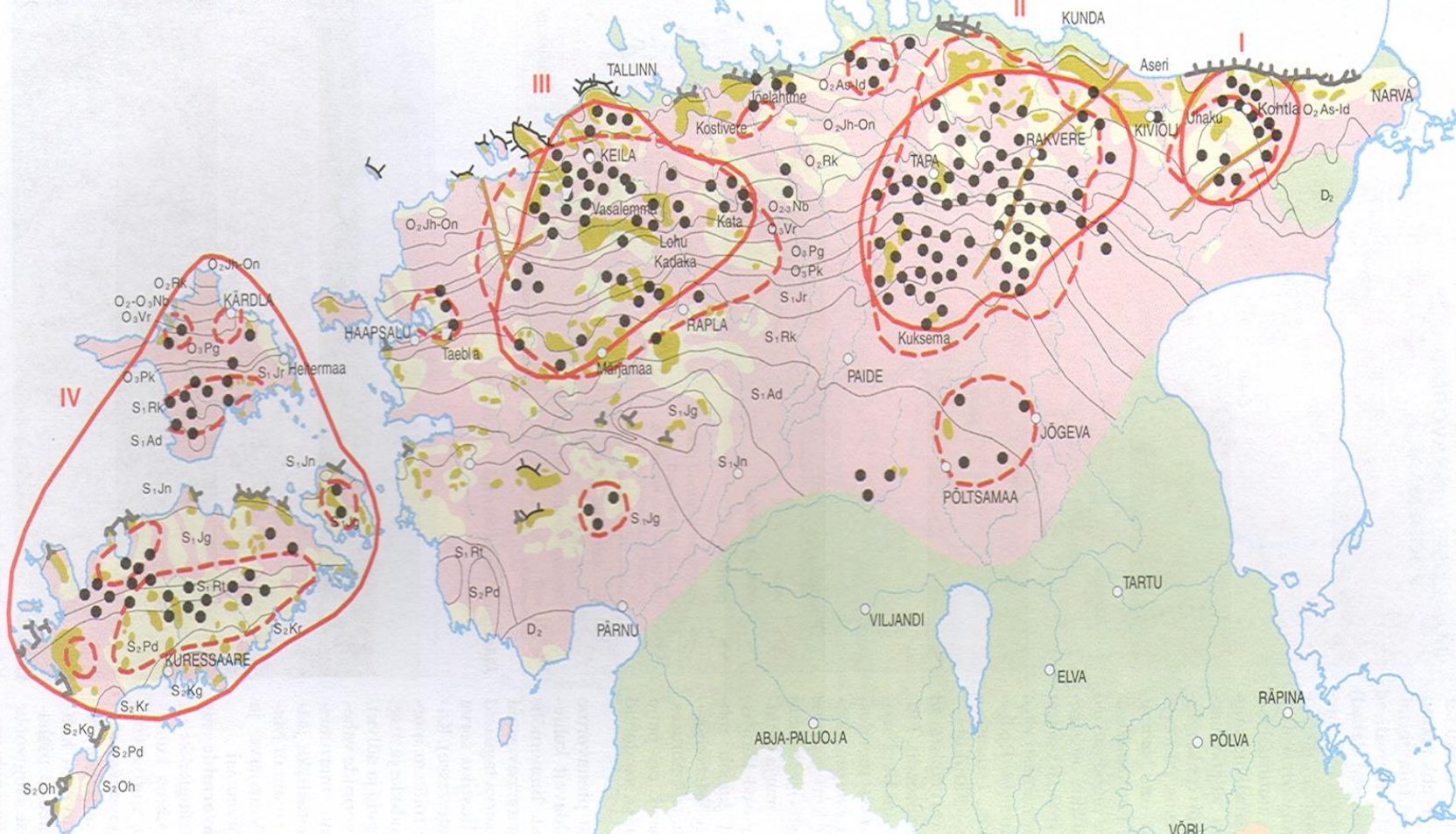
- Eripind näitab, kui suur on ühe grammi aine välispinna suurus (m^2/g).
- Tulenevalt väikestest mõõtmetest omavad kolloidid kaaluühiku kohta väga suurt eripinda.
- Mida suurem on aine eripind, seda suurem on tema pinnaenergia ja võime adsorbeerida mitmesuguseid aineid.
- Liivades alla $15 \dots 20 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Rasketes liivsavidetes kuni $80 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Savides kuni $200 \text{ m}^2/\text{g}$.

Pinnakatte tüsedus



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

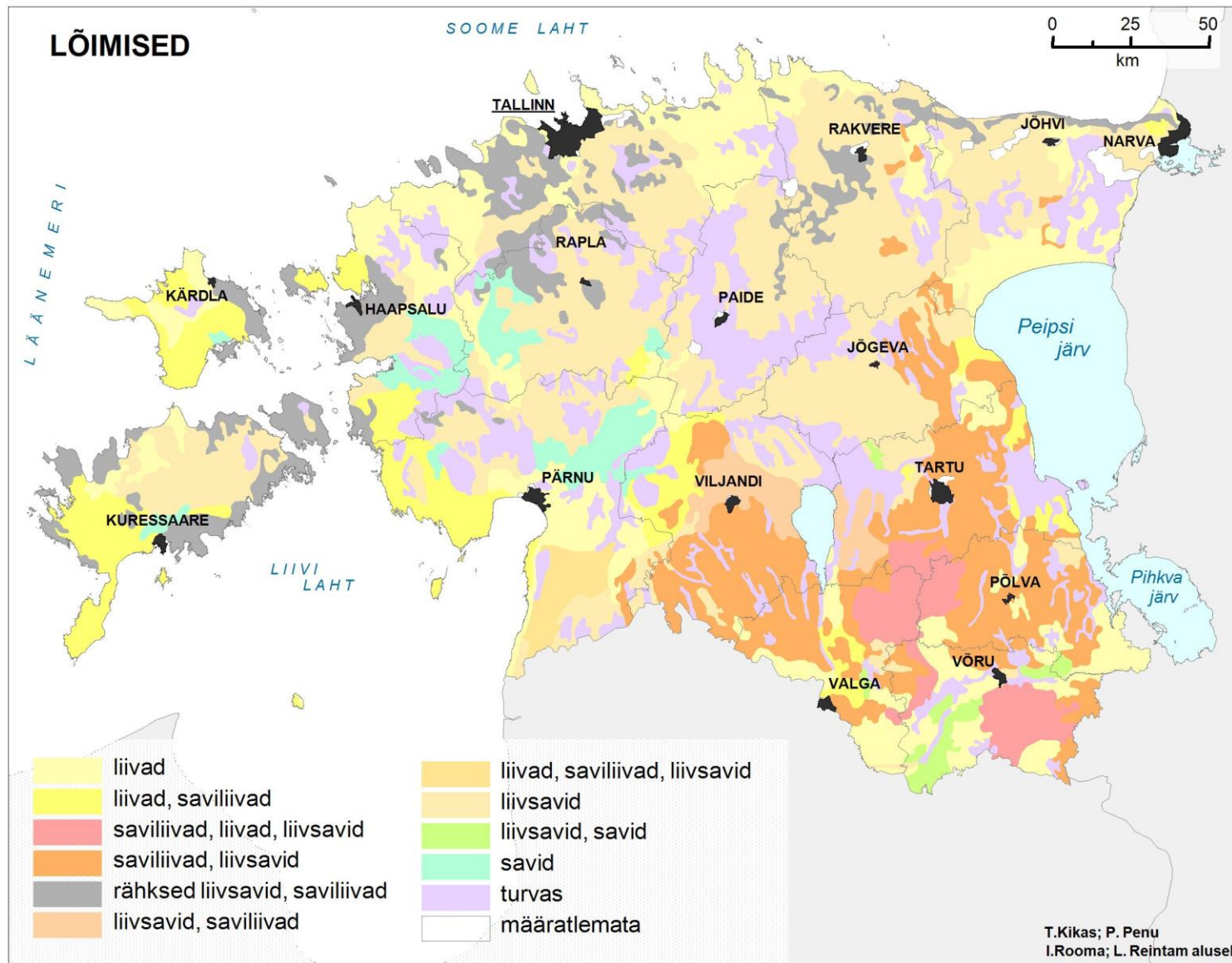
KARSTIVORMID JA LOOPEALSED (ALVARID)



$O_2 Rk$	aluspõhjakivimite avamusala piir ja lademe indeks		karstivaba ala
	tektooniline rike		Põhja-Eesti karstiproovints
	pank		Karstivaldkonna piir Põhja-Eestis:
	suurem karstilehter, -ala või -väli		I – Kohtla-Järve karstivaldkond
	karstilehtrite peamised esinemisalad		II – Pandivere karstivaldkond
	loopealne (alvar)		III – Kohila karstivaldkond
	õhukese (kuni 0 cm) pinnakattega ala		IV – Lääne-Eesti saarte karstivaldkond
			Kagu-Eesti karstivaldkond

21. märts 2019, A. Astover

LÕIMISED



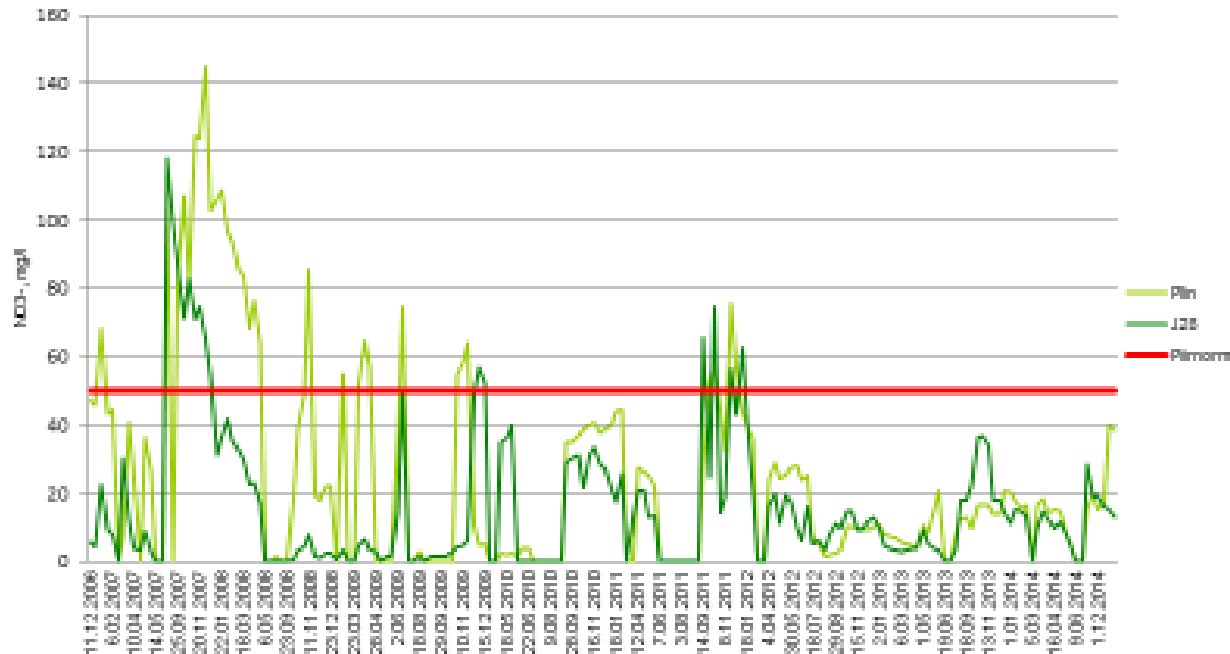
Nitraatiooni keskmine sisaldus (mg/l) maapinnalähedaste veekomplekside põhjavees

Vee- kompleksi indeks	NO ₃		
	puur- kaevude arv	aritmee- tiline keskmine	mediaan
D ₃	15	2,28	0,44
D ₂	457	1,90	0,44
D _{2nr}	44	3,04	0,66
D ₂₋₁	70	1,67	0,55
S	2534	4,51	0,66
O	1294	6,66	1,58
O-€	489	2,74	0,44

Vee- kompleksi indeks	NO ₃		
	puur- kaevude arv	>50 mg/l	protsent puur- kaevude arvust
D ₃	15	0	0
D ₂	457	1	0,2
D ₂₋₁	142	1	0,7
S	2534	18	0,7
O	1294	17	1,3
O-€	569	1	0,2

<http://www.envir.ee/sites/default/files/eestipohjaveekaitstusekaardiseletuskiri.pdf>

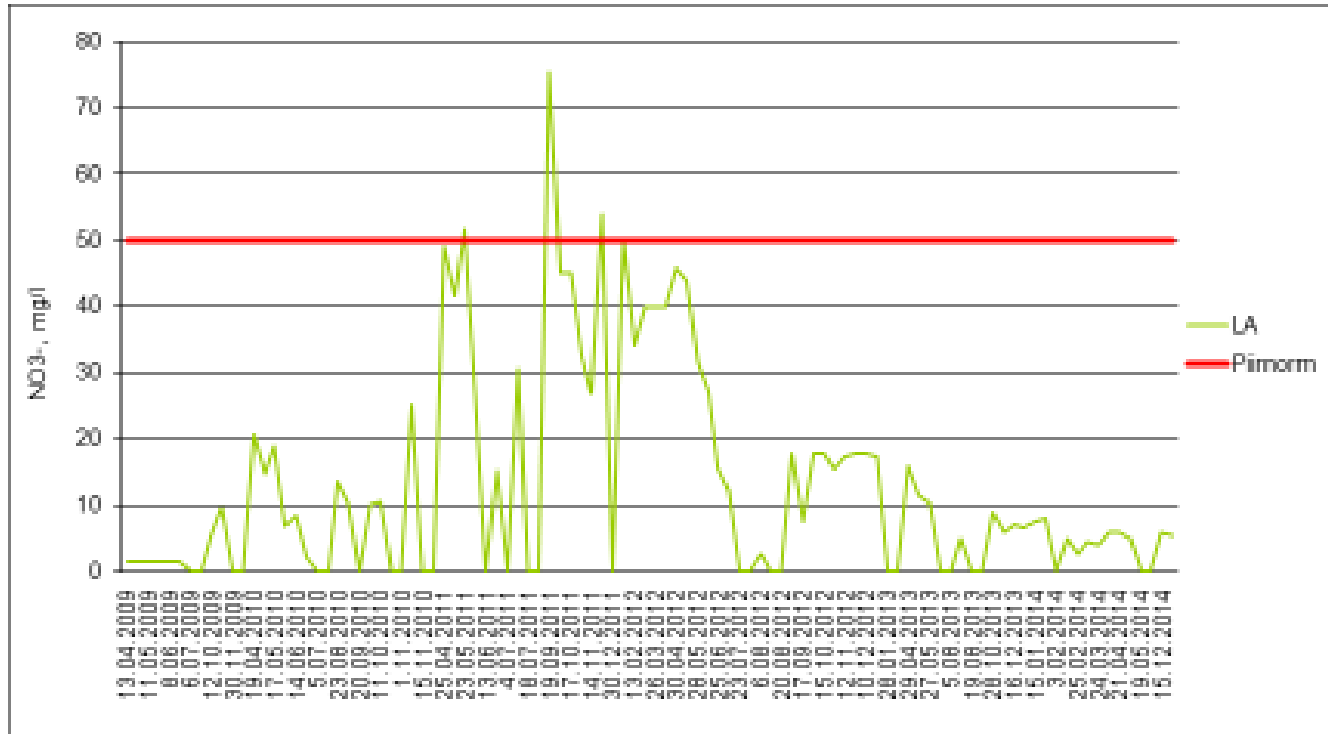
Nitraatiooni sisaldus Läänemaa KSM (+KST) seirepõldude drenenivees perioodil 2007-2014



Särekannno ja Kanger 2015



Nitraatiooni sisaldus Läänemaa MAHE seirepõllu drenivees perioodil 2009-2014



Särekanngo ja Kanger 2015

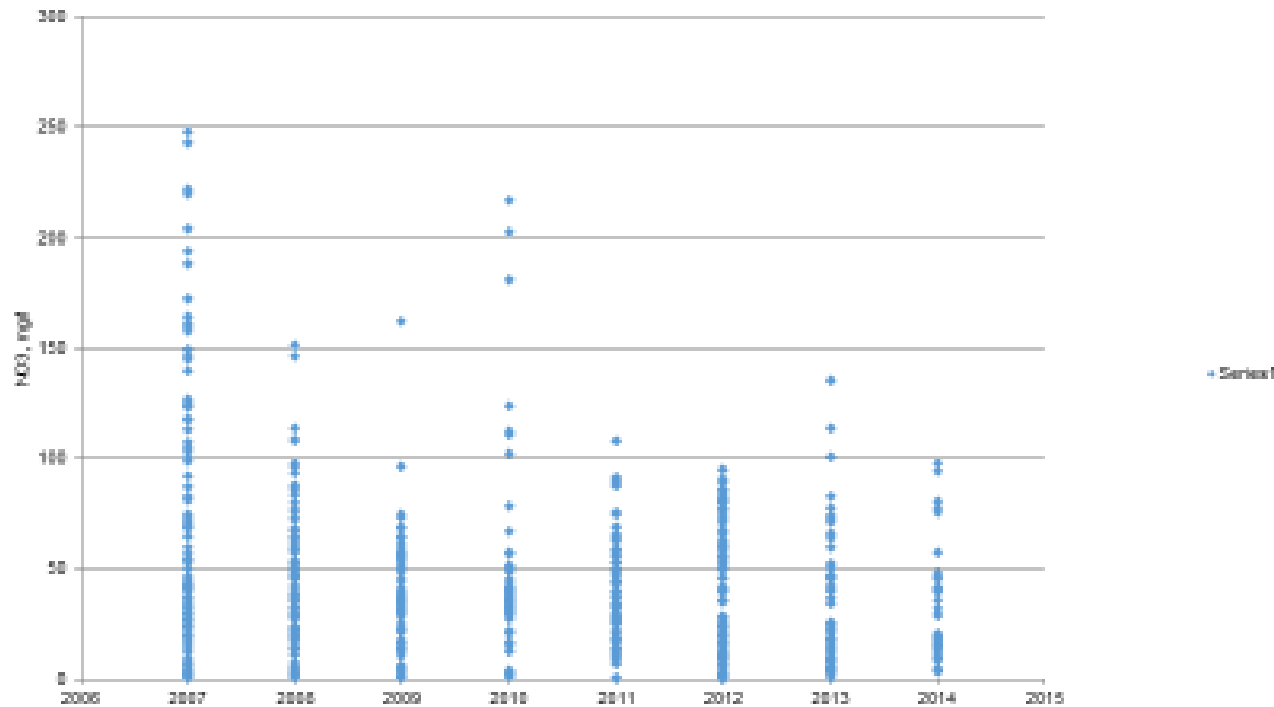
Nitraatiooni keskmised kontsentratsioonid toetustüübiti aastatel 2007-2014

NO ₃ , mg/l	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
KSM	52,2	46,7	39,8	43,7	44,0	32,7	35,4	37,6
ÜPT	30,1	39,6	14,7	2,9	10,4	23,0	19,9	14,9
MAHE	48,5	16,3	2,8	14,1	41,1	25,5	9,8	5,4
Piirnorm	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0

Särekannno ja Kanger 2015



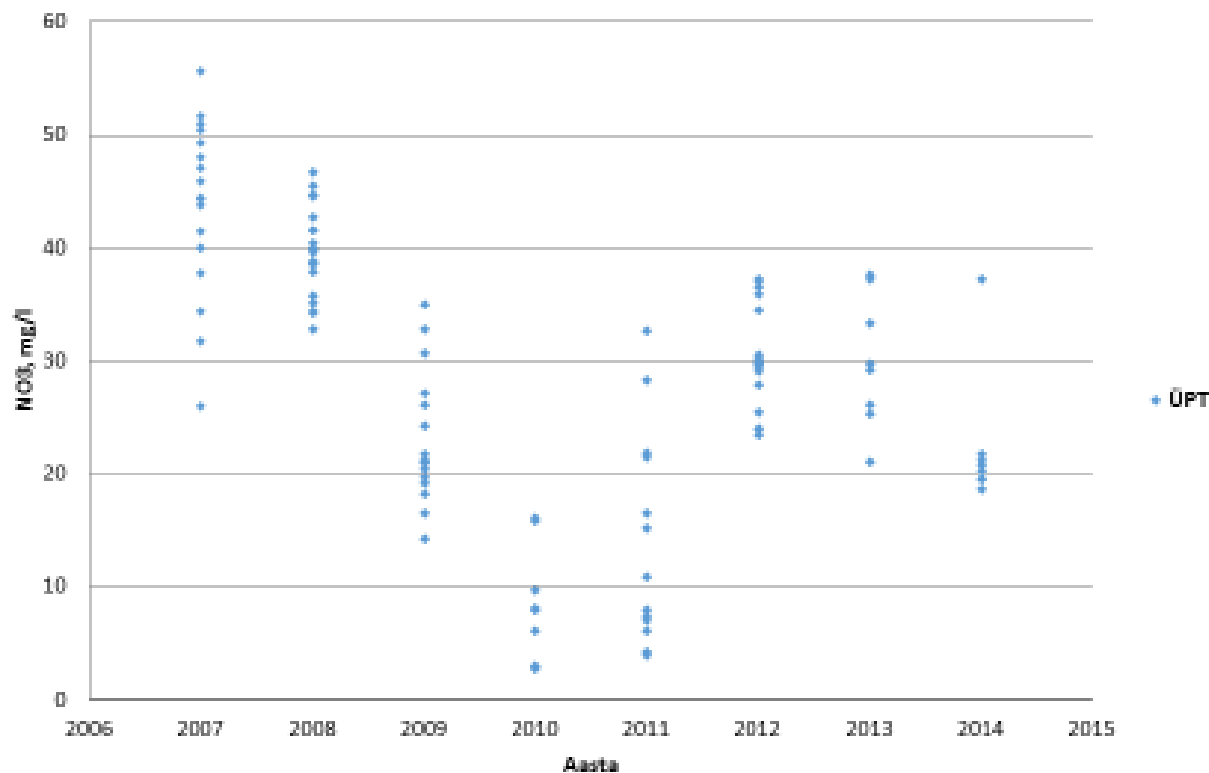
Nitraatiooni kontsentratsiooni muutus ja trend KSM põldude drenivees aastatel 2007-2014



Särekannno ja Kanger 2015



Nitraatiooni kontsentratsiooni muutus ja trend ÜPT põllu drenivees aastatel 2007-2014



Särekannno ja Kanger 2015

Lämmastiku ja fosfori leostumine toetustüübiti aastatel 2007-2014

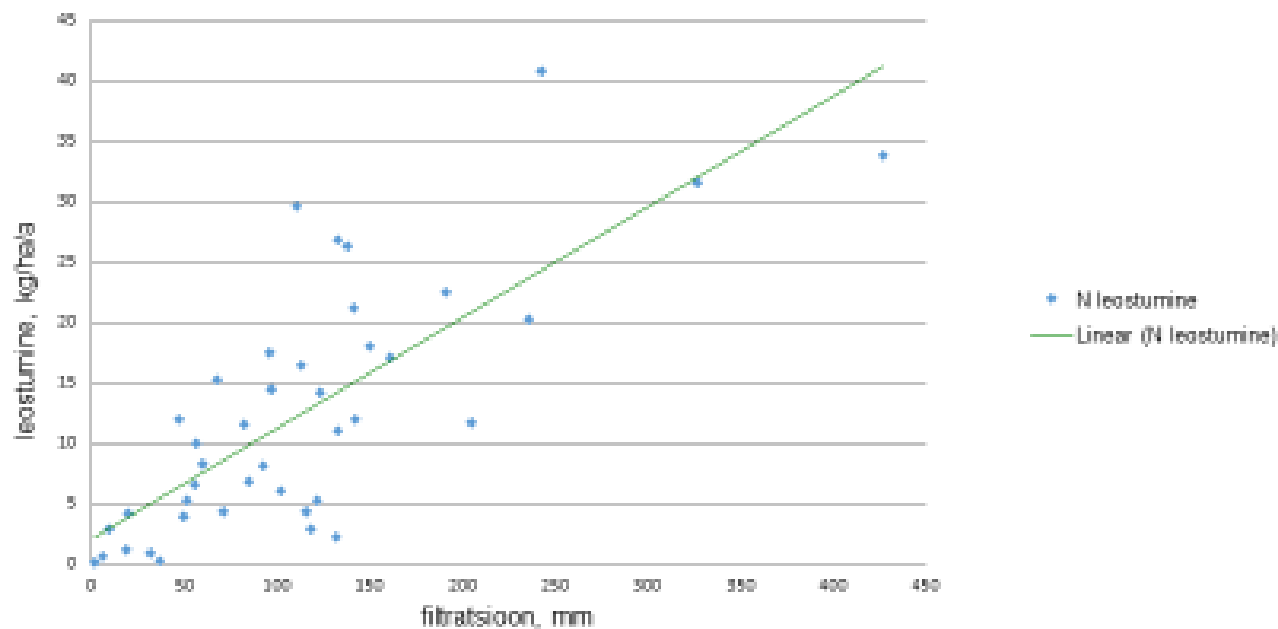
Toetustüüp	Lämmastiku leostumine, kg/ha/a								
	2006/07	2007/08	2008/09	2009/2010	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	keskmine
KSM/KST	16,7	23,8	8,7	7,7	9,4	21,8	11,2	11,3	13,8
ÜPT	36,9	30,7	21,2	11,0	1,0	26,3	29,5	8,3	20,6
MAHE	10,3	40,8	3,7		1,4	4,7	3,1	1,4	9,3

Toetustüüp	Fosfori leostumine kg/ha/a								
	2006/07	2007/08	2008/09	2009/2010	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	keskmine
KSM/KST	0,15	0,17	0,17	0,14	0,09	0,15	0,21	0,37	0,18
ÜPT	0,14	1,08	0,75	0,29	0,03	0,22	0,40	0,14	0,38
MAHE	0,18	0,64	0,30		0,03	0,07	0,15	0,22	0,23



Särekannno ja Kanger 2015

Lämmastiku leostumise ja filtratsiooni vaheline seos PMK veeseire 2007-2014 andmetel



Särekannno ja Kanger 2015



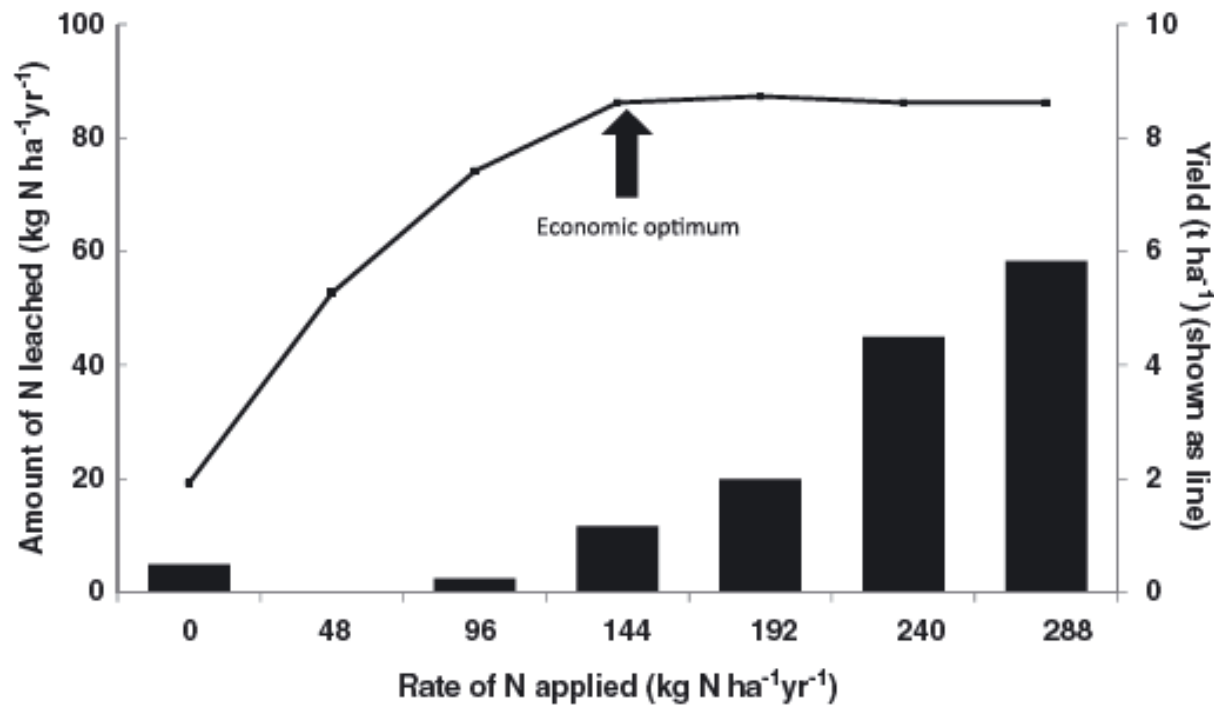


Figure 6 Nitrogen leaching losses from the Broadbalk Experiment at Rothamsted Experimental Station, in which N treatments have been repeated on the same plots since 1843 [adapted from Goulding (2000)].

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

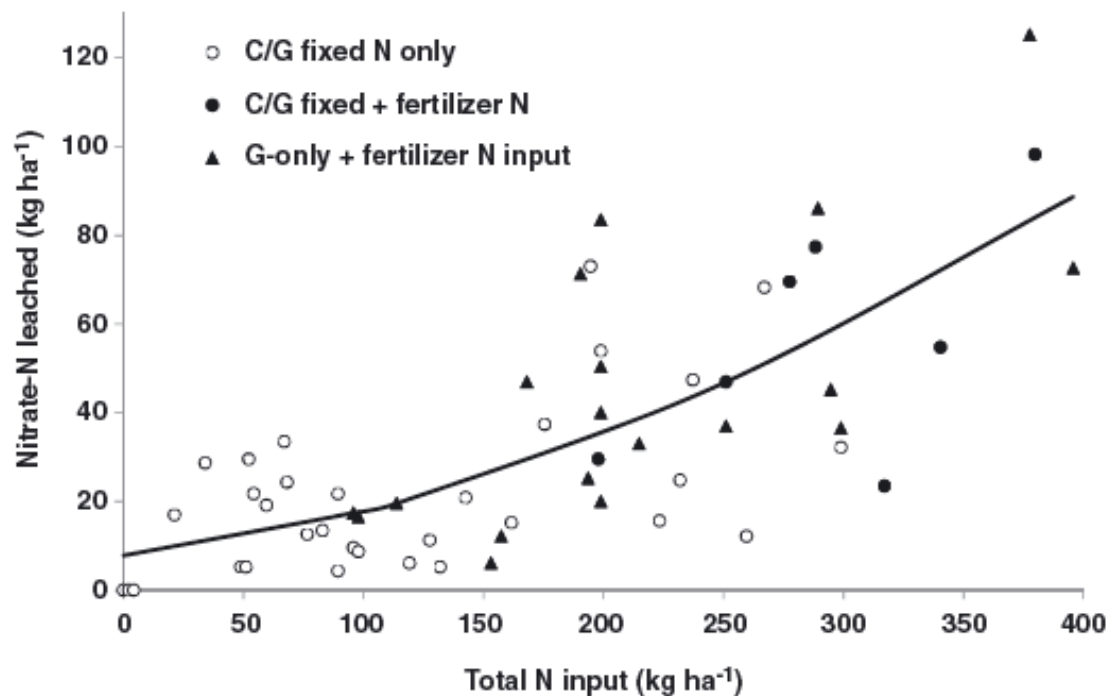


Figure 3 Relationship between N input and nitrate-N leaching loss from grassland. C, clover; G, grass [adapted from Ledgard (2001); Peoples *et al.* (2004) and Ledgard *et al.* (2009)].

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

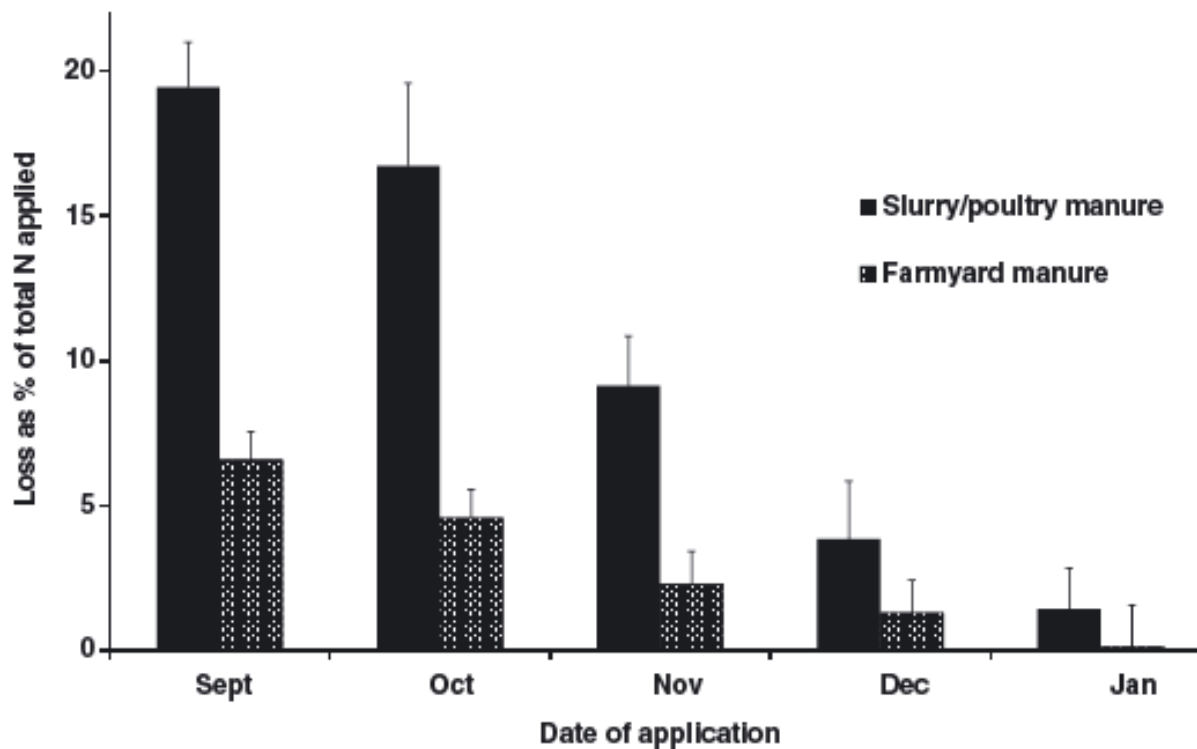


Figure 7 Nitrate leaching losses following manure applications to arable free draining sandy and shallow soils over chalk (1990/91 – 1993/94, about 250 kg total N ha⁻¹ applied) [adapted from Chambers *et al.* (2000)].

Kokkuvõte, arutelu

Aasta muld 2019

Madalsoomuld – märg ja õrn

Alar Astover, professor

E-mail: alar.astover@emu.ee

