

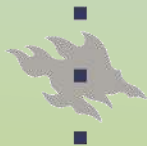
Maan eloperäinen aines ja biologinen aktiivisuus, Osa 1

Jukka Rajala

Erikoissuunnittelija

Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti

3.6.2013



HELSINGIN YLIOPISTO

Ruralia-instituutti



Maan viljavuus ja eloperäinen aine ja biologinen aktiivisuus?

- Miten maan viljavuus on riippuvainen
- Maan eloperäisestä aineesta sekä biologisesta aktiivisuudesta?

- Miten ruokamultakerros eroaa pohjamaasta?



Viljava maa on:

- Muruista
- Ilmavaa – hyvä kaasujen vaihto
- Hyvin vettä läpäisevää ja varastoivaa
- Eloperäistä ainetta hajottavaa
- Ravinteita runsaasti tuottavaa ja varastoivaa
- Haitta-aineita syrjäyttävää
- => Sisältää runsaasti eloperäistä ainetta, n. 12-15 %
- => Biologinen aktiivisuus suuri
- => Hyvä sato ja laatu

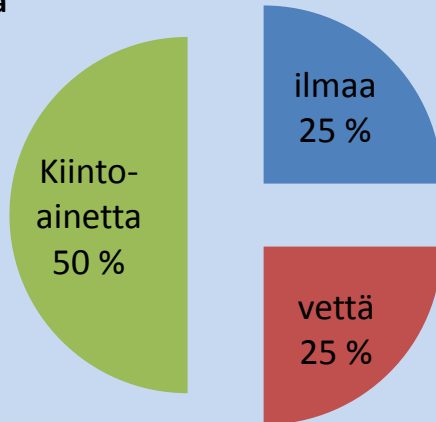
=>Asianmukainen maan hoito on kestävä viljelyn edellytys



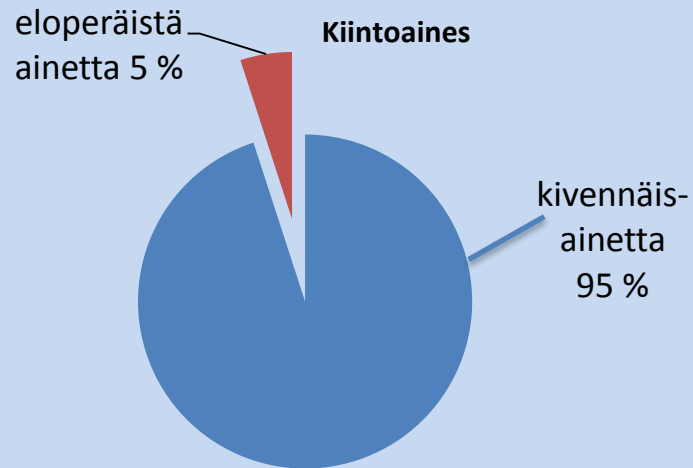
Kuva Jukka Rajala

Viljavan niittymaan koostumus

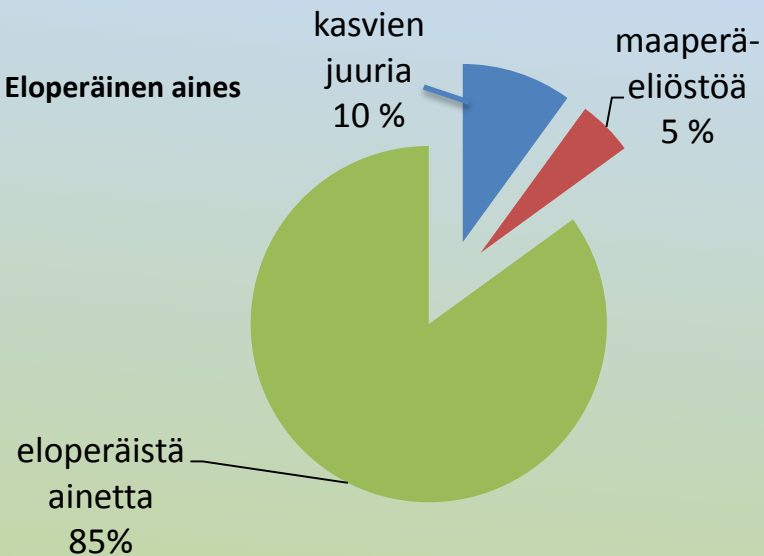
Maa



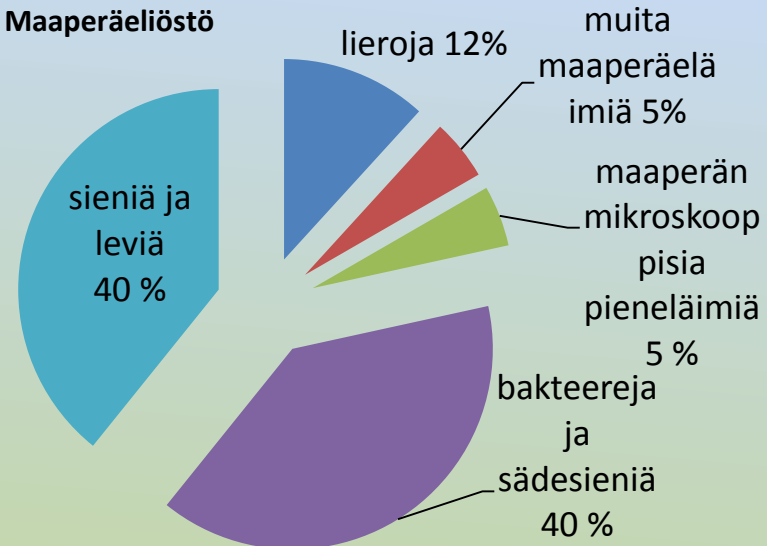
Kiintoaines



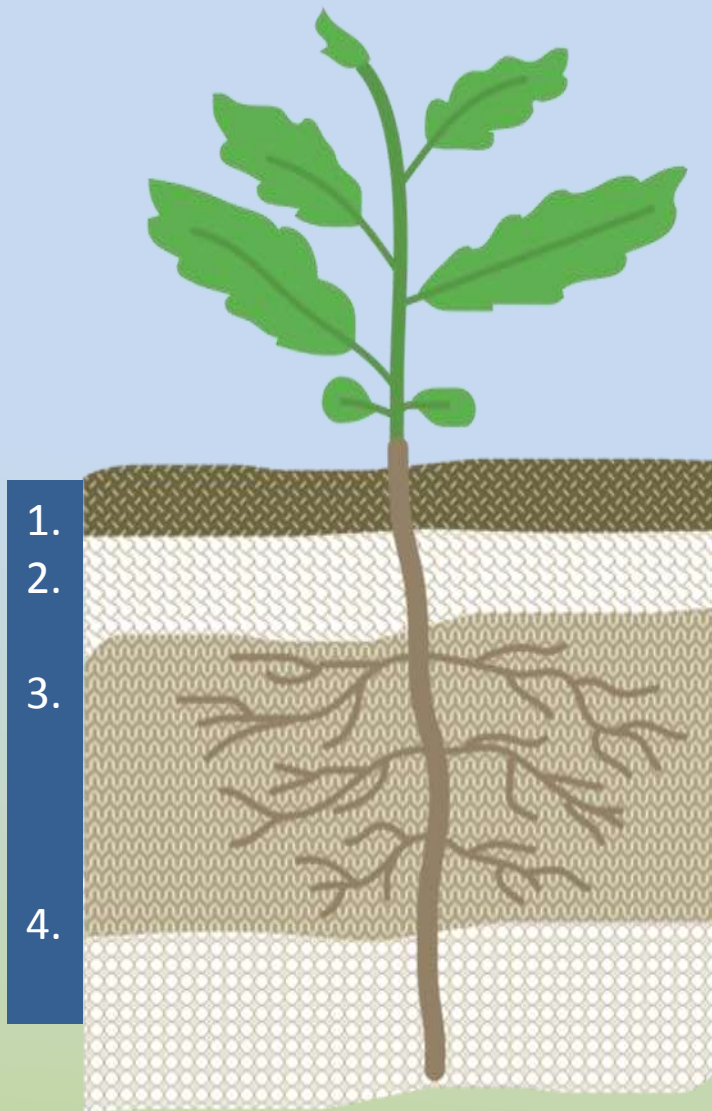
Eloperäinen aines



Maaperäeliöstö



Maan kerrosten ominaisuuksia



1. Karikekerros
 - ei juuria
 - kuollut eloperäinen aine suojaa maan pintakerrosta
 - lahoaminen alkaa
2. Lahoamiskerros
 - ei juuria
 - vilkas eloperäinen aineen hajoaminen
 - lima- ja humusaineiden tuotantoa
3. Muruinen multakerros
 - pääosa juuristoa
 - pääosa ravinteiden otosta
 - veden ottoa
 - aineenvaihdunta aktiivista
 - murustamista ja humusaineiden tuotantoa
4. Pohjamaakerros
 - pääjuuria
 - tukevat kasvia
 - veden ottoa
 - ravinteiden ottoa
 - juuret ja lierot tekevät jatkuvia huokosia
 - elävyys ja rapautumisaste laskevat alaspäin mentäessä

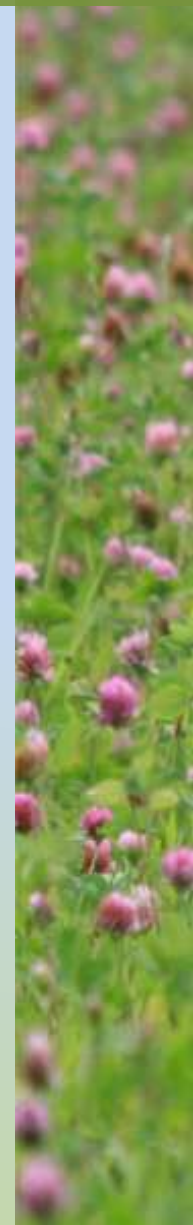
Viljavan maan tuntomerkkejä 1/2

- Muruista, huokoista, ilmavaa
- Muokkaus helppoa
- Veden läpäisy- ja varastointikyky hyviä
 - kuivuu nopeasti keväällä ja sateen jälkeen työkuntoon
- Poudankestävyys hyvä
- Märkyyden sieto hyvä
- Juuristo syvä, runsaasti haaroittunut ja juurikarvoja sisältävä



Viljavan maan tuntomerkkejä 2/2

- Palkokasvien juurissa runsaasti juurinystryitä
- Väriltään tummaa, runsaasti eloperäistä ainesta
- Runsaasti lieroja ja muita pieneliöitä
- Ravinteiden saatavuus kasveille hyvä
- Hyvä sato niukalla lannoituksella
- => Eloperäisellä aineella ja biologisella aktiivisuudella vaikutusta kaikkiin



Viljavuusteoriat

- Thaer: humus ruokkii kasvit
->1800 –luvun puoliväliin asti
- Liebig: kivennäisaineteoria – kivennäisravinteet ratkaisevia maan viljavuudelle
– 1800-luvun puolivälistä ->
- Liebig: ikuinen kierto ja kestävyys tärkeitä
– 1870-luvulta - >
- Preuschen: Ekosysteemiajattelu - energiateoria; maa-kasvi-systeemiin virtaava energia ratkaiseva maan viljavuudelle
– 1980-luvulta - >



Maan viljavuuden määritelmiä

- Viljavuus
=
1. Maan kyky **toimia kasvualustana ja tuottaa satoa**
-> staattinen, analyttinen astiamalli
- 2. Maan toiminnallinen kyky **tuottaa viljavuudelle ja kasvien kasvulle välttämättömiä ja hyödyllisiä tekijöitä**
->dynaaminen, kokonaisvaltainen elävä systeemi



Kuva: Jukka Rajala

Maan kasvukunto – Biologiset tekijät



Biologiset tekijät
-multavuus/
ruokamulta



Fysikaaliset tekijät

Kemialliset tekijät

N P K
B Mn
pH



Maan eloperäinen aine - multavuus

- Eloperäinen aine + pieneliöstö + kiv.maa
=> ruokamulta => multavuus
- Erittäin tärkeä kivennäismaiden viljavuuden parantaja
- Kivennäismaissa yleensä 5-7 % painosta
- Optimi noin kaksinkertainen, 12-15 %
- Paksu ruokamultakerros, n. 40 cm
- Musta lehtomulta parasta
- ”Vanhaa voimaa”



Maan multavuusluokat

- Multavuusluokat;

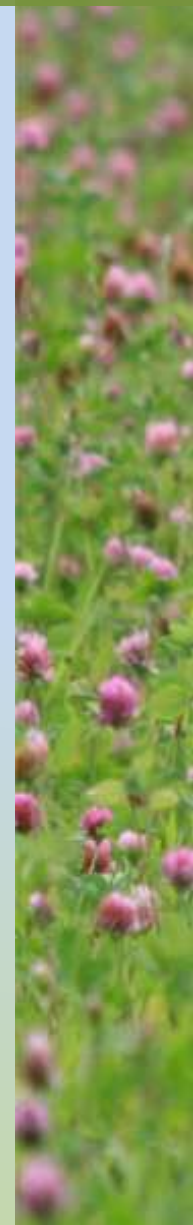
vm	<3 %
m	3 - 5,9
rm	6 – 11,9
erm	12 -19,9
Mm	20 – 39,9
turvemaa	> 40

väri tummenee
maa pehmenee
maa kevenee



- Eloperäisen aineksen ravinteisuus

- C 580 kg/t – maa hiilen varasto
- C:N:S:P = 100:10:5:1 + hivenaineita



Maan eloperäisen aineen jaottelu hajoamisnopeuden perusteella

MAAN ELOPERÄINEN AINE



Elävät eliöt		Tuore eloperäinen - kuolleet juuret - sänki - olki -viherlannoitus Kuolleet pieneliöt Lanta Esikasvivaikutus Lannoitus- vaikutus	Maatuva eloperäinen aine Viljelykierto- vaikutus	Maatunut eloperäinen aine = Humus Maan perusviljavuus
Kasvin juuret	Maaperä eliöstö			

Typpi-
lannoitus
vaikutus

© HY/Mii Rajala/TP 2001

**Eloperäisellä
aineksella
edullinen
vaikutus**

Kasvit

Pieneliö-
toiminta

Ravinteet

Vesi-
talous

Rakenne

Viljelyn helpottaja

Rajala: Eloperäinen aine ja biologinen aktiivisuus

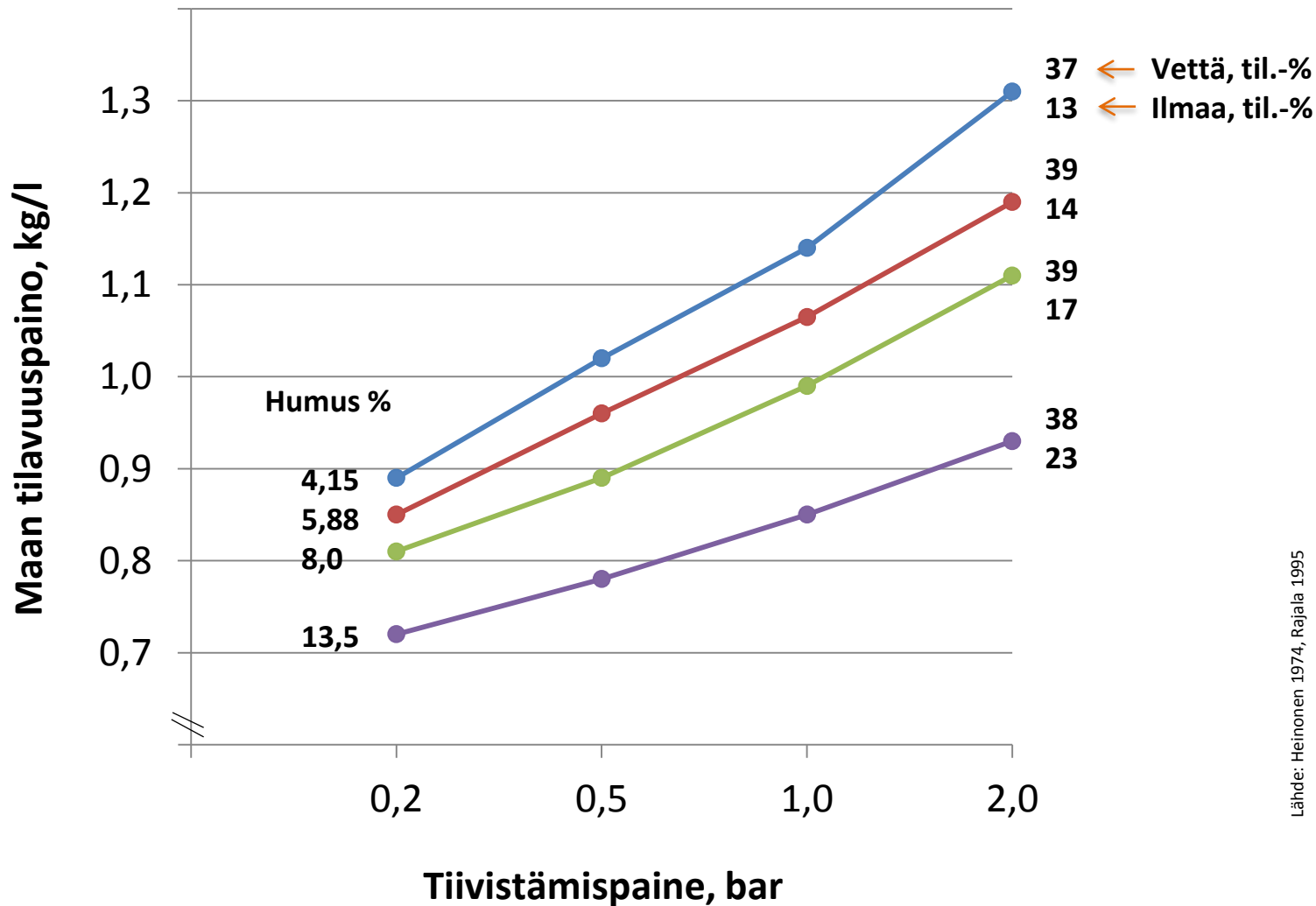


Multavuus vaikuttaa fys, kem ja biol toimintoihin

- Ravinteiden varastoitumiseen
 - C, N, P, S, hivenaineiden varasto ja lähde
 - lisääntyy kivennäismaissa multavuuden lisääntyessä (KVK)
- Veden varastoitumiseen
 - Lisää useimmilla maalajeilla
 - 1 %-yksikön multav. lisäys lisää veden varastoitumista n. 5 mm
- Imeytymis- ja puskurikykyyn
 - vesi imeytyy paremmin ja tasaisesti maahan
 - maan pH saa olla alempi, kun multavuus korkeampi
- Maan rakenteeseen; murujen kestävyys, kaasujen vaihto, vesitalous, ehkäisee liettymistä ja eroosiota
- Eloperäinen aine sitoo haitallisia aineita haitattomiksi

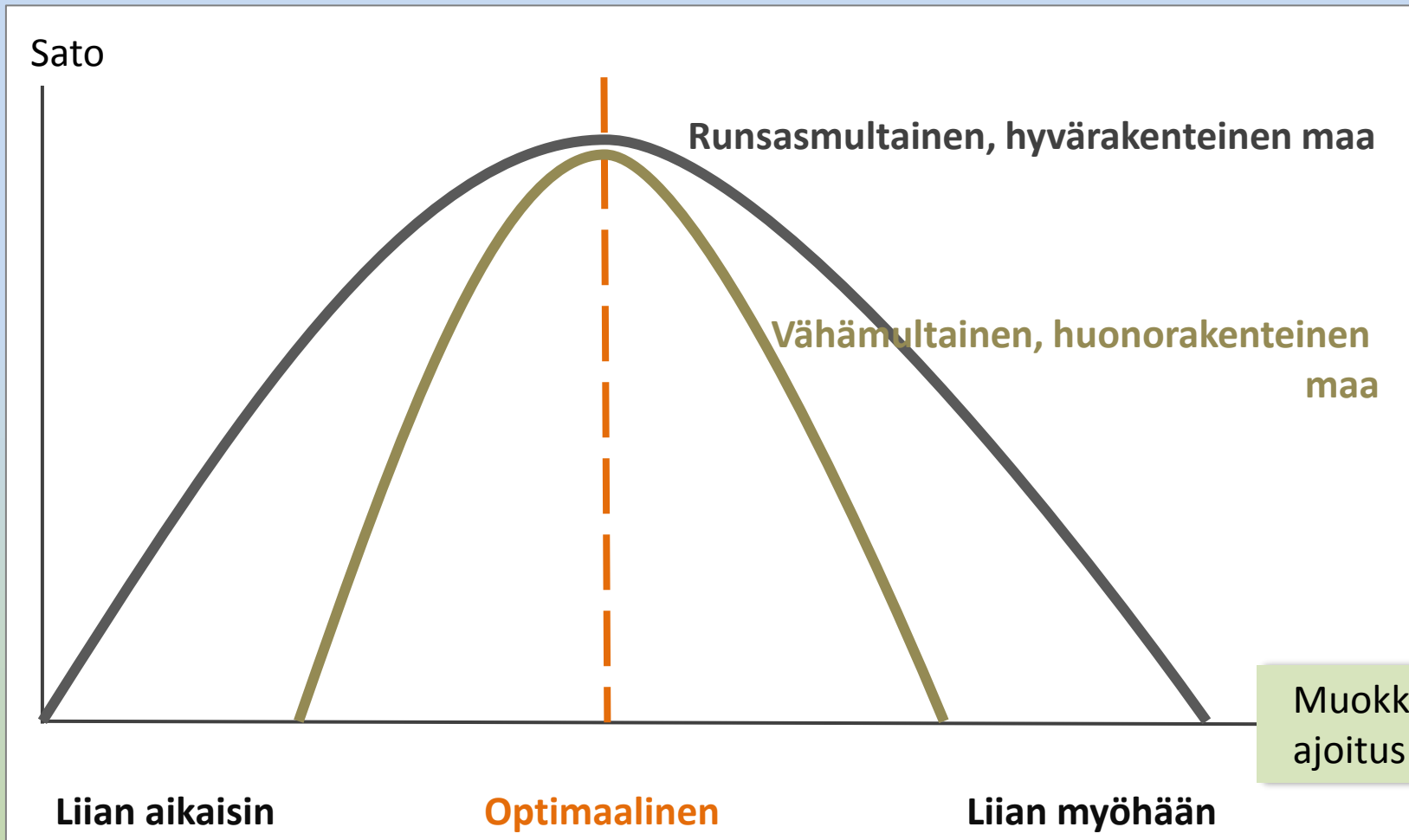


Multavuuden vaikutus maan tiivistymisen kestävyyteen

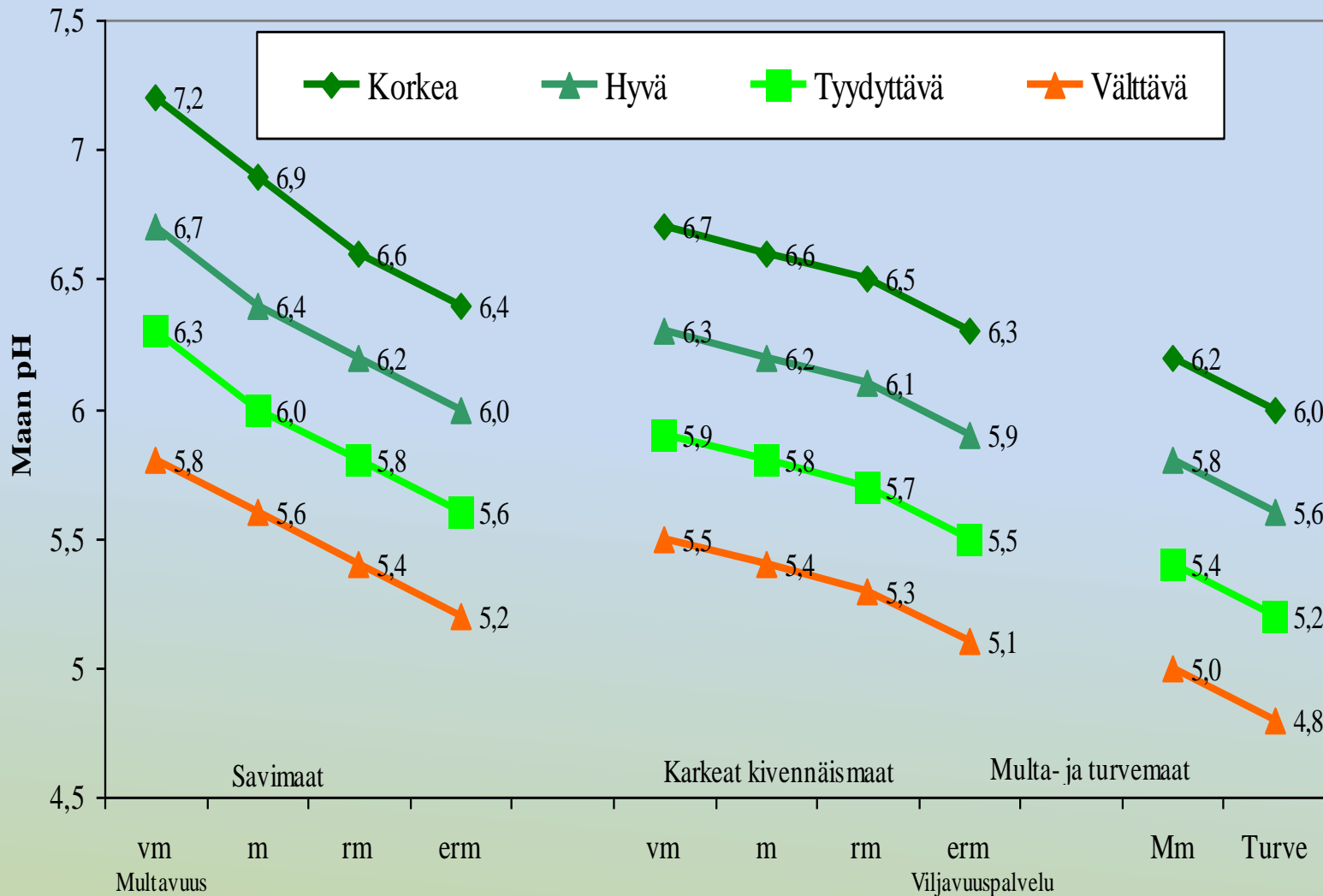


Lähde: Heinonen 1974, Rajala 1995

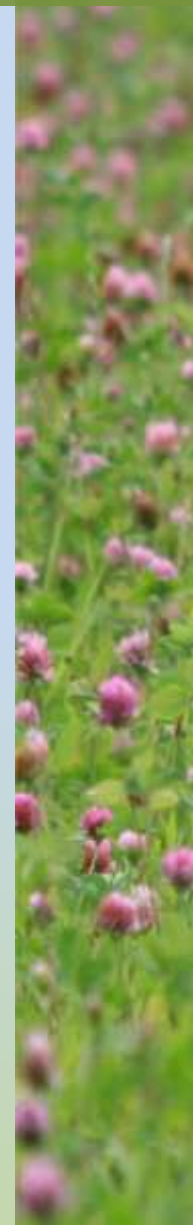
Muokkauksen ajoitus ja maan laatu



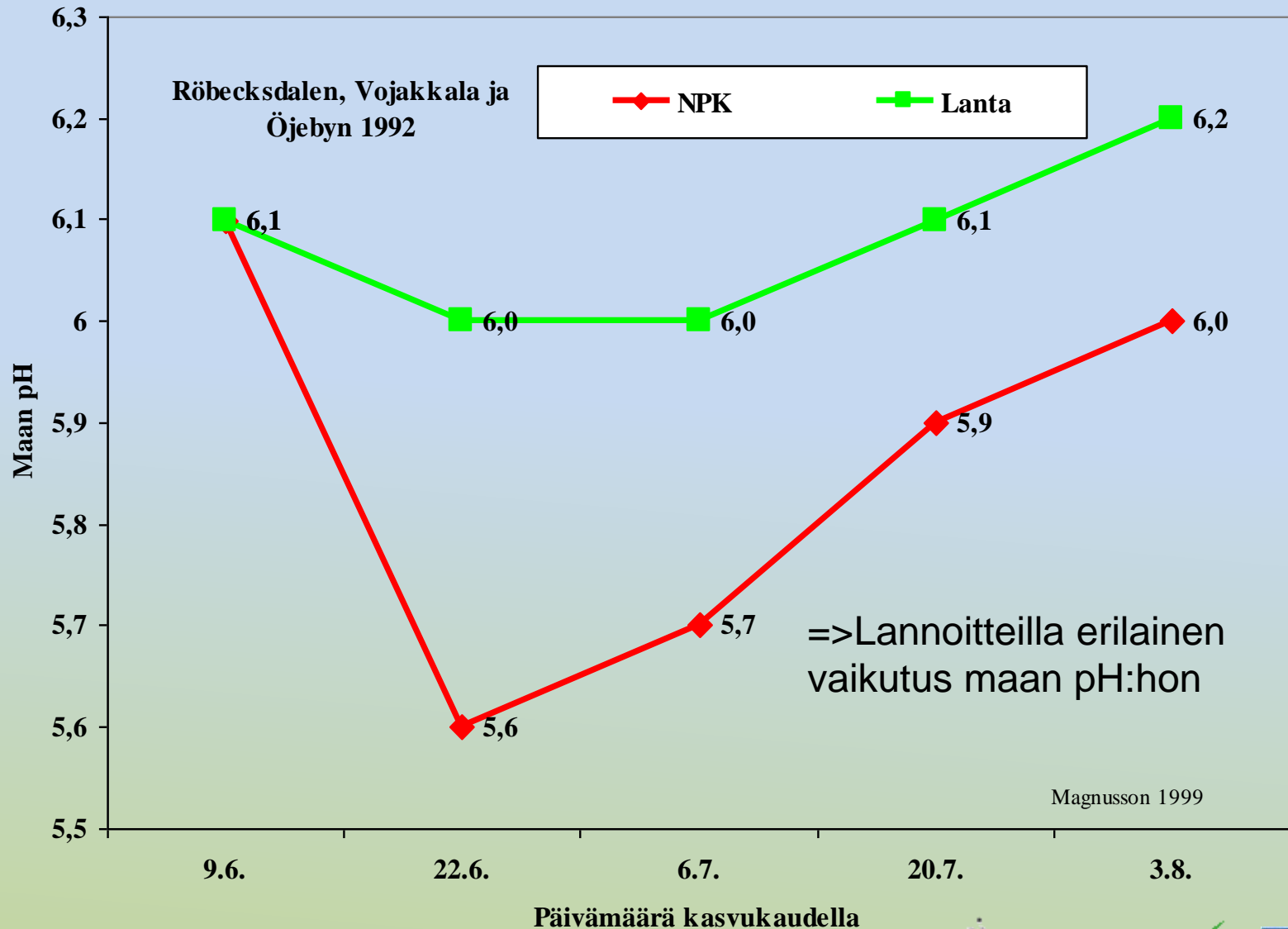
Maan multavuuden vaikutus pH:n tulkintaan



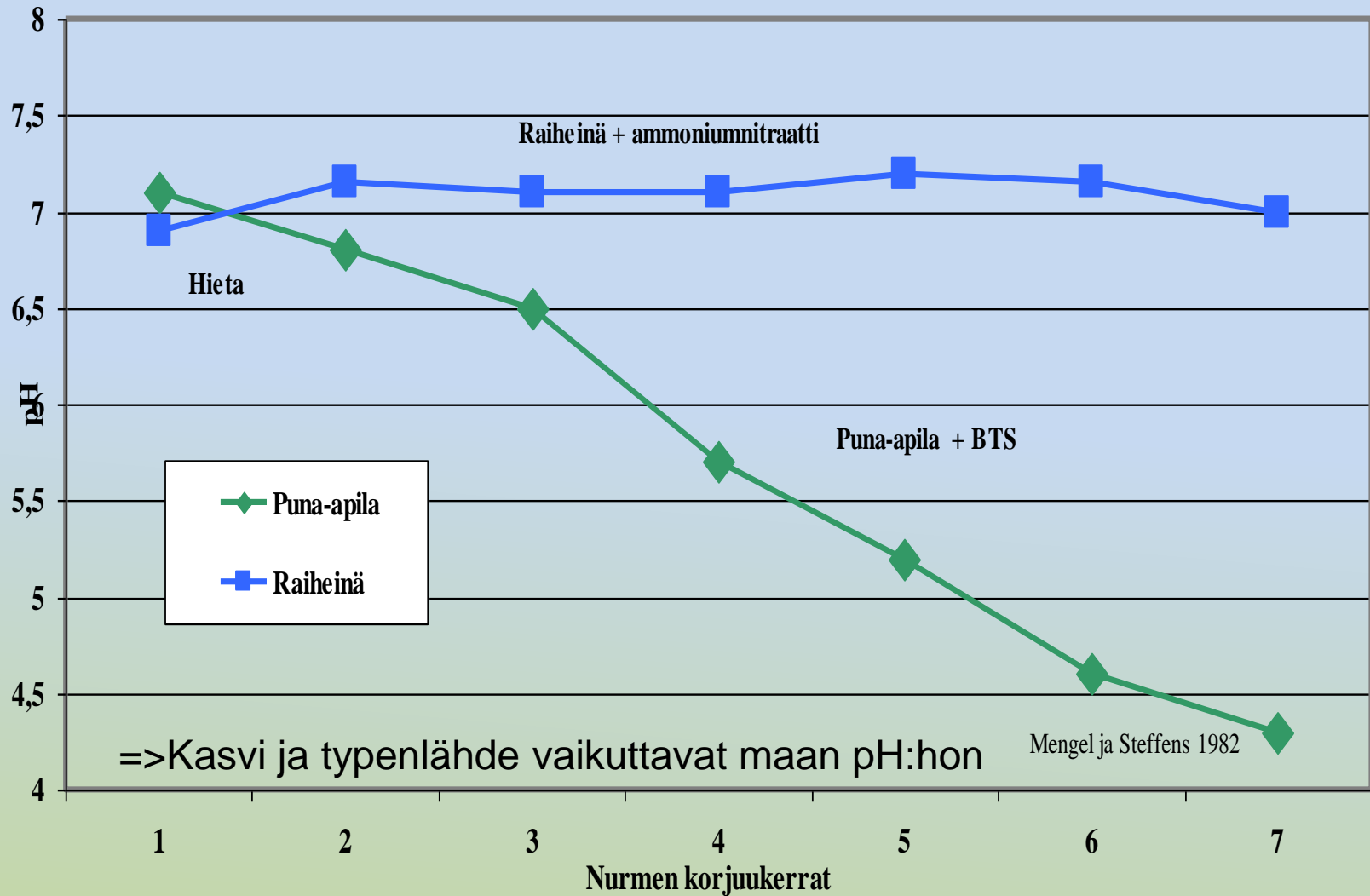
=> Luomussa maan pH saa/pitää olla 1-2-multavuusluokkaa tavanomaista alempi



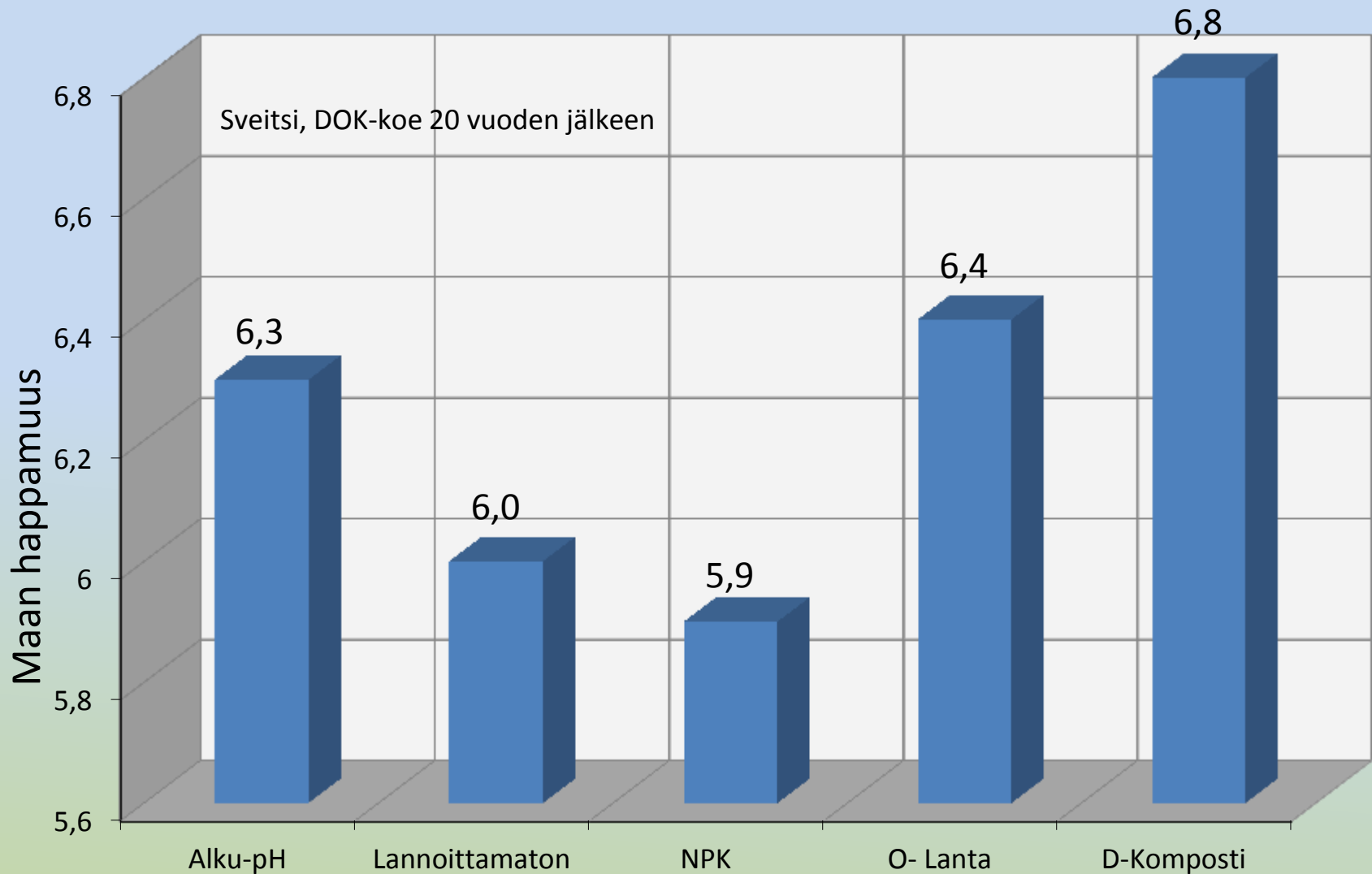
Lannoituksen vaikutus maan pH:hon



Puna-apilan ja raiheinän vaikutus maan pH:hon



Viljelymenetelmän vaikutus maan happamuuteen



=>Eloper. aineksella ja biol. toiminnoilla vaikutusta maan pH:hon

Oehl ym 2001

Maan kasvukunto – Biologiset tekijät



Biologiset tekijät

- juuret
- juurieritteet
- pieneliöt
- eloperäinen aine



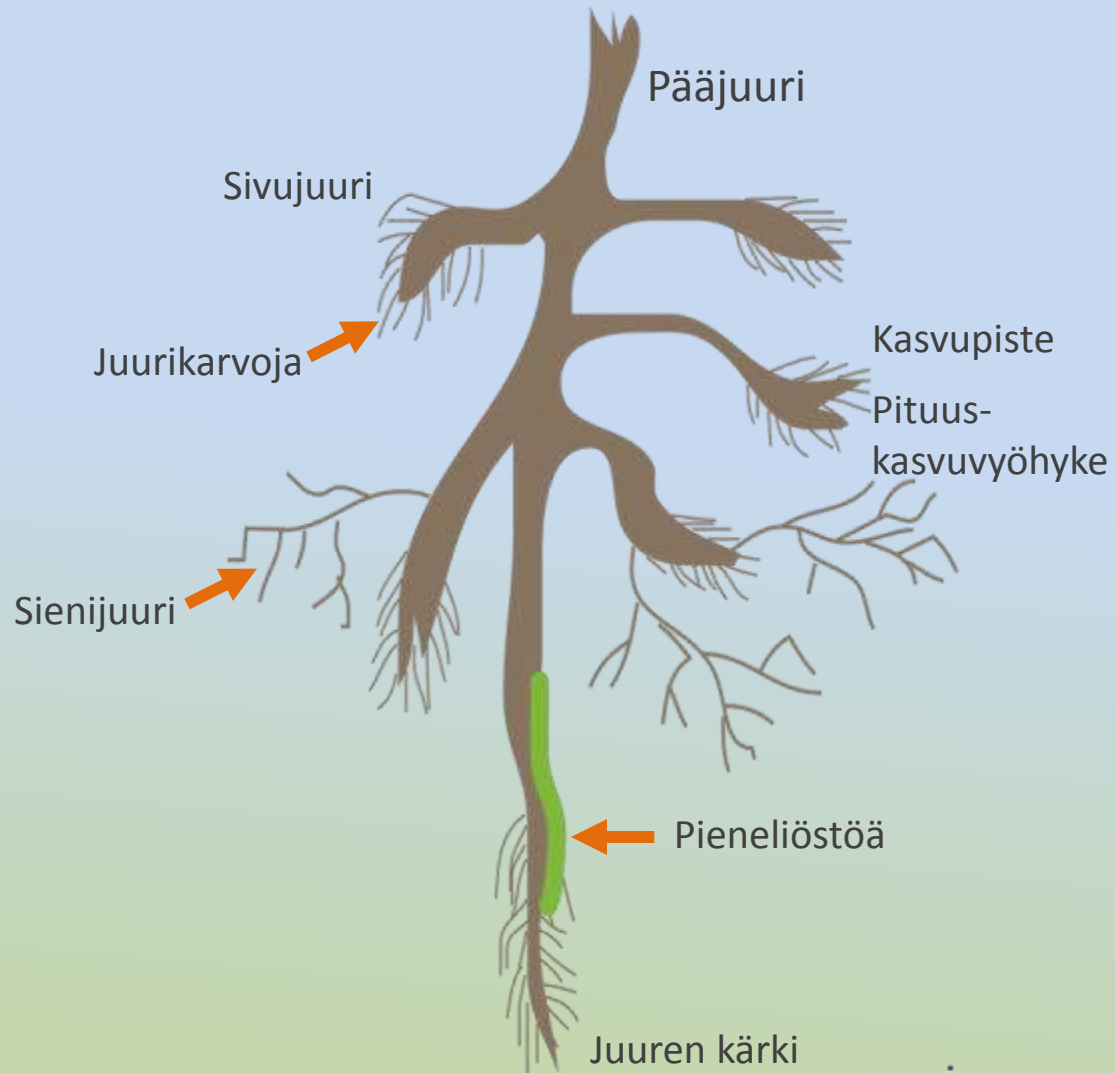
Fysikaaliset tekijät

Kemialliset tekijät

N P K
B Mn
pH



Juuren osat



Kasvien juuristot 1/2

- Yhteyttämistuotteista n. puolet juurten kasvuun ja toimintoihin sekä juurieritteisiin
- Juuriston ja juurikarvojen pinta-ala monikymmenkertainen maanpäällisten osien pinta-alaan
- Juurikarvojen pituus n. 0,3 - 0,6 mm, määrä vaihtelee kasveittain ja lajikkeittain



Kuva: Jukka Rajala

Kasvien juuristot 2/2

- Juurieritteet tärkeitä ravinteiden otossa ja pieneliöstön ravintona, jopa 25 % yhteyttämisestä
- Eri viljelykasvien juuristoissa suuria eroja
- Runsasjuuristoiset – maata parantavia
- Pienijuuristoiset – maata kuluttavia
- Juurten kasvussa eroja olosuhteiden mukaan



Kuva: Jukka Rajala

Juurten tehtäviä

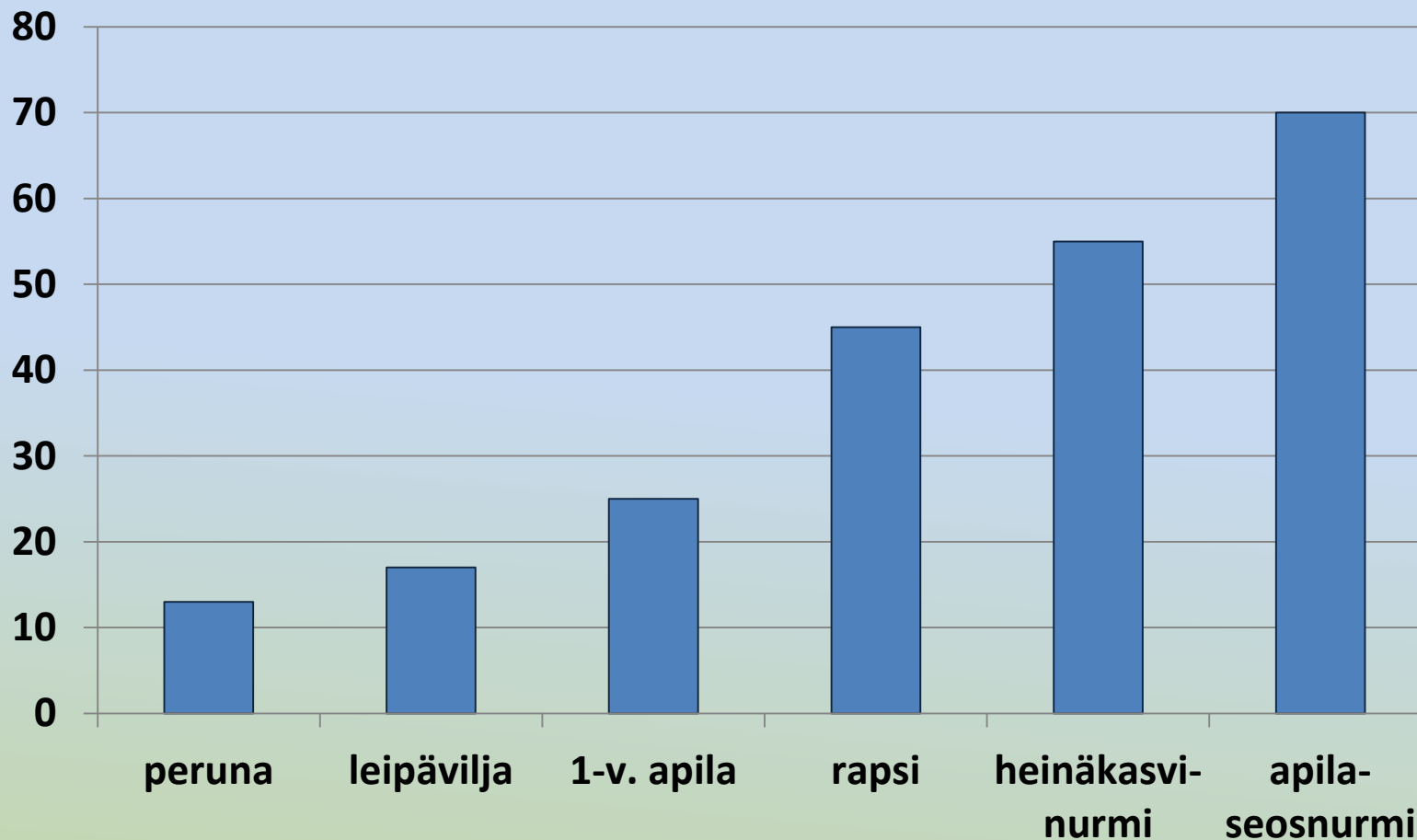
- Juurten tavoittama maatilavuus tärkeä ravinteiden ja veden otolle sekä maan rakenteelle
- Juuret rei'ittävät ja murustavat maata
- Juurieritteet ritsosfäärin pieneliöstön ravintoa
- Sienijuurisymbioosi auttaa kasveja veden ja ravinteiden otossa



Kuva: Jukka Rajala

Vettä kestävien murujen määrät eri kasvien jälkeen

Vettä kestäviä muruja %



Holmegaard 1987

=> Vaikutus on lyhytaikainen – noin 2-3 vuotta

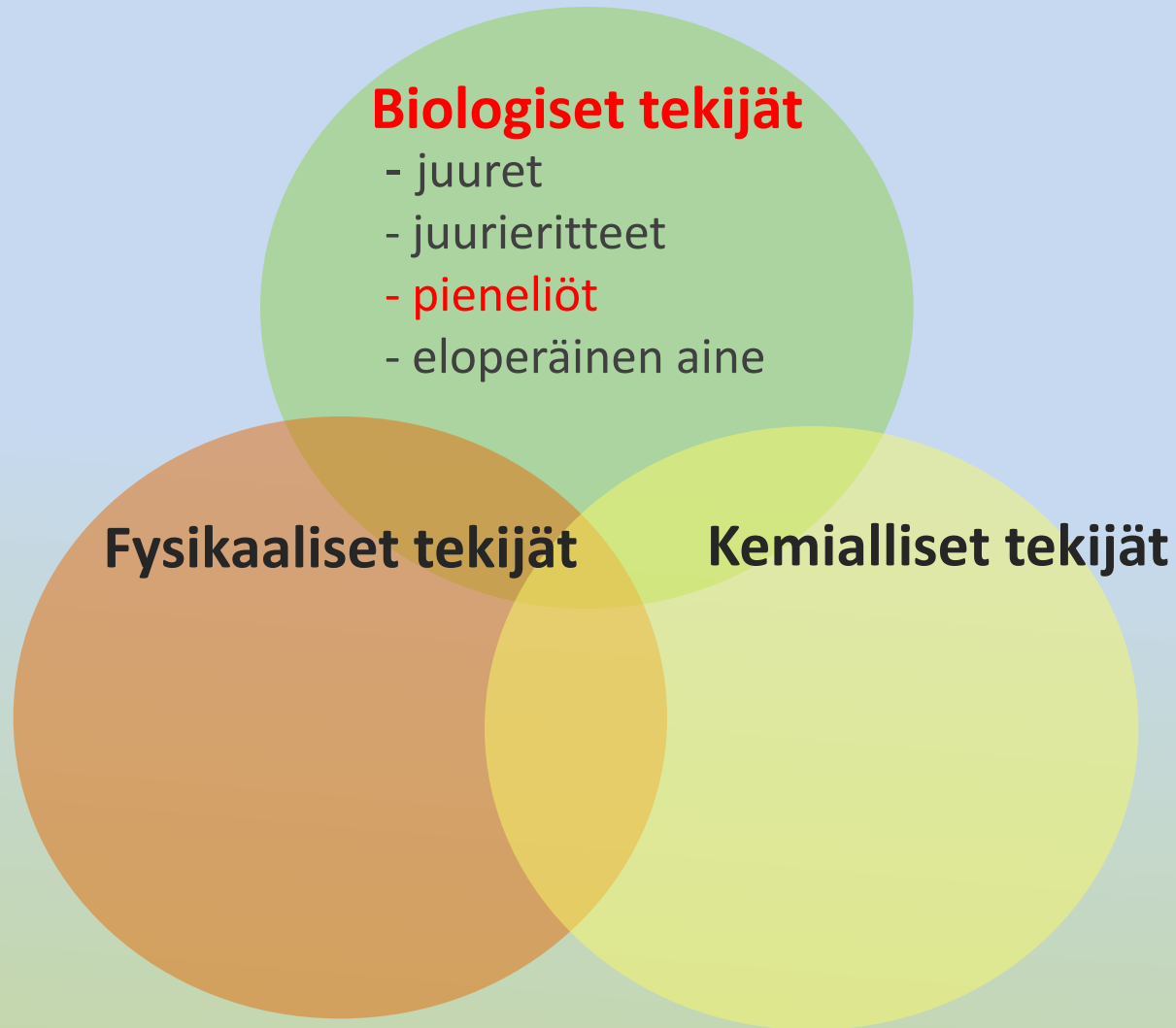
Juurten kasvua suosii

- Maan hyvä rakenne ja kohtuullinen vastus
 - Kohtuullinen veden niukkuus
 - Niukka helppoliuk. typen ja riittävä fosforin saanti
 - Kompostilannoitus
 - Runsas valon määrä ja suuri nettofotosynteesi
 - Lajike-erot suuria
- ⇒Tavoitteena tiheä ja syvä, aktiivinen juuristo



Kuva: Jukka Rajala

Maan kasvukunto – pieneliöt



Peltomaan pieneliöstön määriä

	Elopaino kg/ha	Optimimassa kg/ha
Bakteereita	500	5 000
Sienirihmasto	1 000	10 000
Sädesieniä	200	5 000
Alkueläimiä	30-200	?
Sukkulamatoja	2-50	200
Punkkeja	3-20	100
Hyppyhäntäisiä	2-20	?
Änkyrimatoja	5-50	?
Hyönteistoukkia	10-100	?
Kovakuoriaisia	5-50	200
Hämähäkkejä	2-10	10
”Tuhatjalkaisia”	2-10	20
Lieroja	10-1000	4 000
Yhteensä	2-3 t/ha	20-30 t/ha



PIENELIÖSTÖN TEHTÄVÄT

Eloperäisen
aineen
hajotus

Maan
murustaminen
ja muokkaus

Tautien
ehkäisy,
terveyden
ylläpito

Haitta-aineiden
sitominen/
hajottaminen

Ravinteiden
vapautuminen

Biologinen
N-sidonta

- energia
- CO₂
- CO₂ → NO₃, PO₄, K, Ca
- ilma-aineet
- tautien syrjäyttäminen
- kasvuaineet
- humuksen valmistus
- työ

- maan hengitys
- ravinteiden vapautuminen, kierrätys
- murustaminen
- maan terveys
- kasvien kasvu
- kesto humus

Ravinteiden kierrätys

Peltomaan pieneliöstö -lierot

- Pieni kyntäjä ja muokkaaja, tuulettaja, salaojittaja
- Kasvien lannoittaja
- Maan murustaja
- Terveysten hoitaja
- Kalkitsija



Lierot ja viljavuus

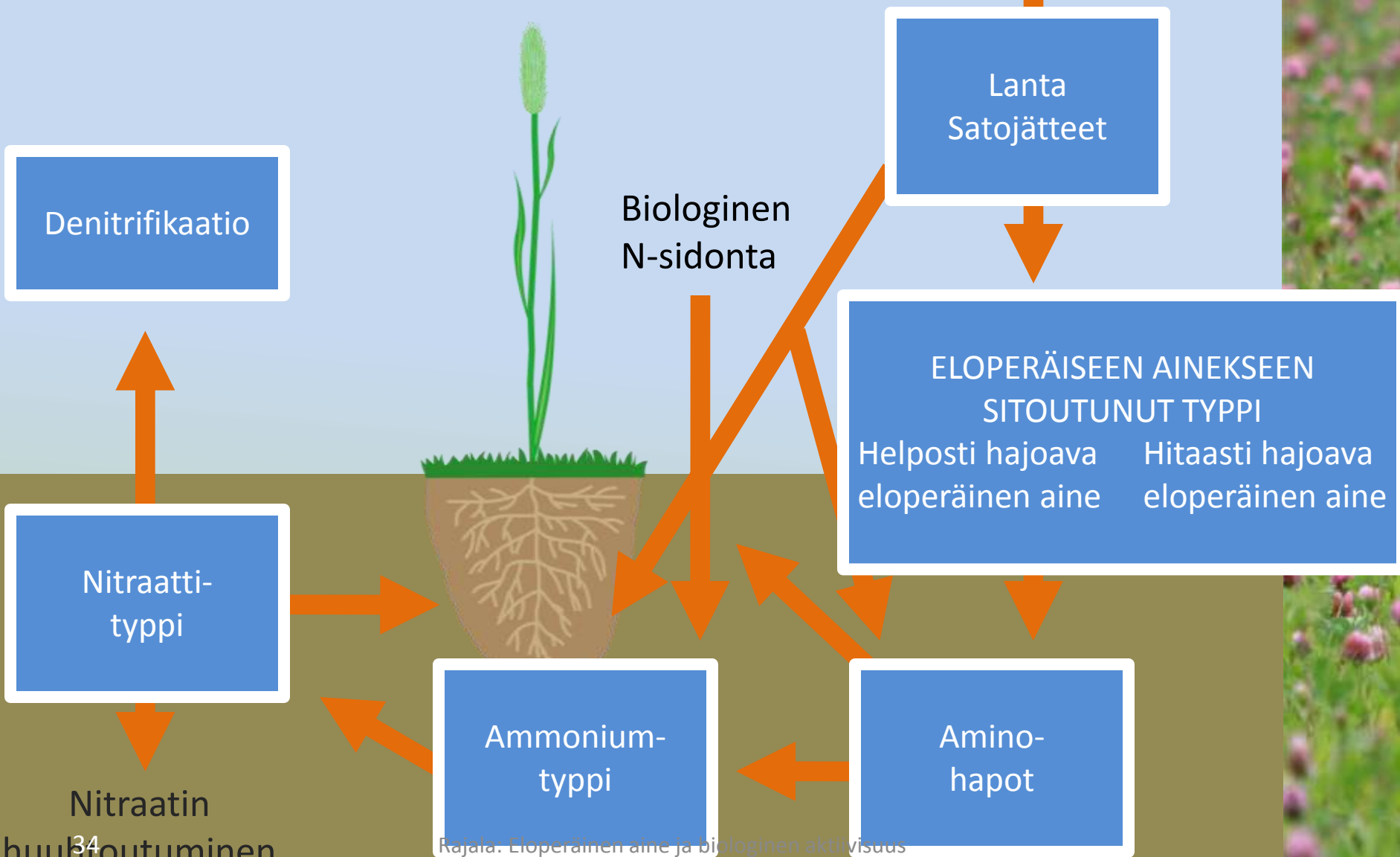
- Lieroja 10-1000 kg/ha
- Tuottavat lantaa painonsa verran päivässä, n 10-30 t/v
- Lierojen lanta ravinteikasta ”N-P-K = 4-7-11 x ympäröivä maa”
- Menestymiseen vaikuttaa:
 - myrkytön ympäristö
 - hyvä vesitalous
 - hyvä rakenne
 - runsaasti hyvälaatuista ravintoa jatkuvasti



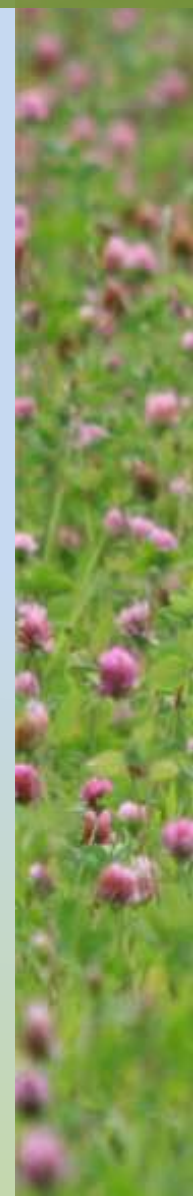
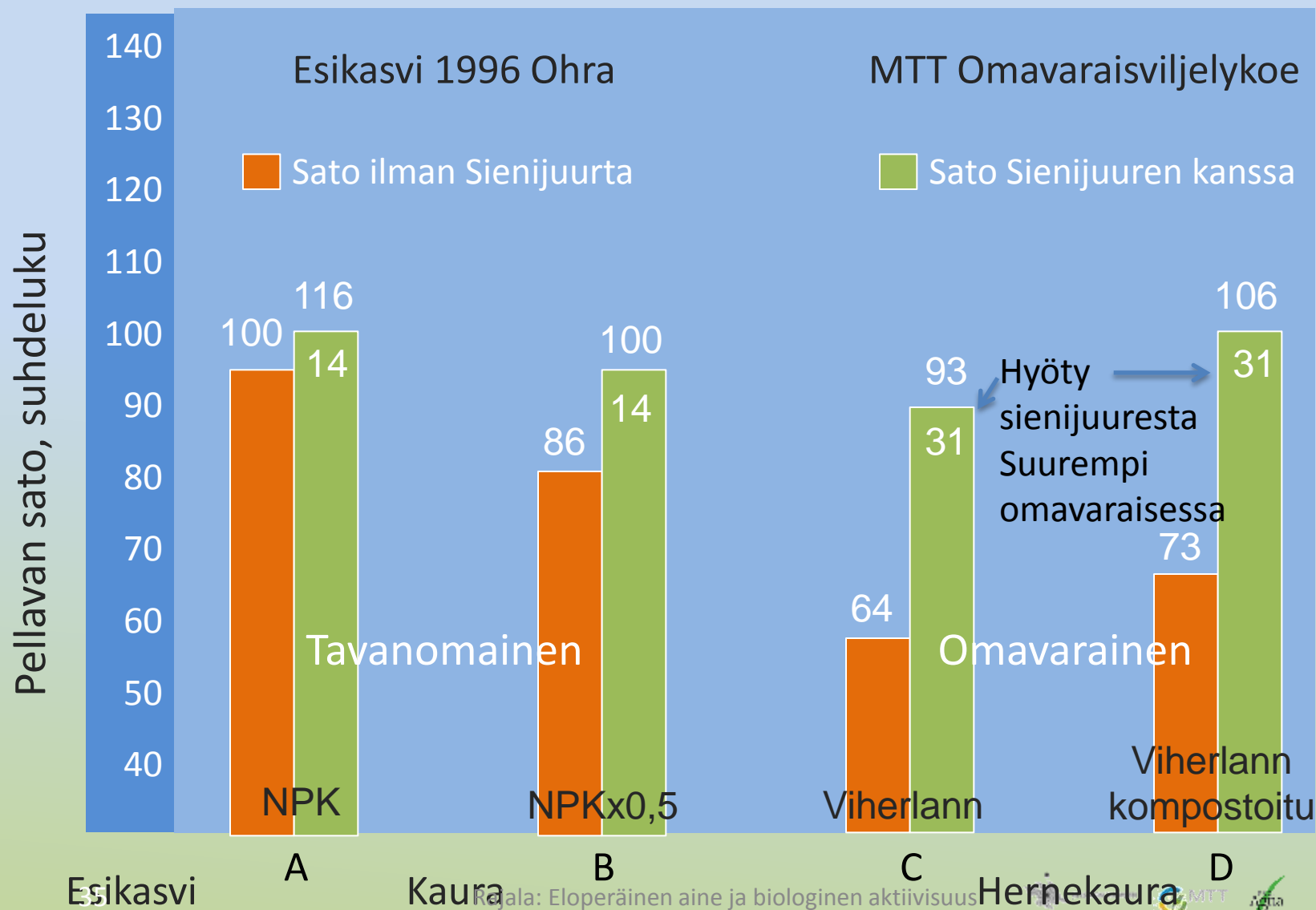
Kuva: Jukka Rajala

Typen kierto

Ammoniakin haihtuminen
NOx haihtuminen



Sienijuuri ja pellavan kasvu ja tehokkuus %



Terve pieneliötoiminta

- Lierot syövät tautisia kasvinosia ja hygienisoivat maata
- Tavoite:
 - Vähän taudinaiheuttajia, esim Fusarium
 - Runsaasti terveyttä ylläpitäviä, esim Penicillium
- => Edistä tervettä monimuotoisuutta



Tiivistämisen vaikutus lierojen määrään

- Lierojen määrä ruotsalaisessa kokeessa. Työt tehtiin 20 v traktorilla, jossa oli joko yksittäispyörät tai paripyörät tai traktorin asemesta koneet vedettiin vinssillä eikä maata tallattu lainkaan.

Yksittäis- Pari- Vinssi
pyörät

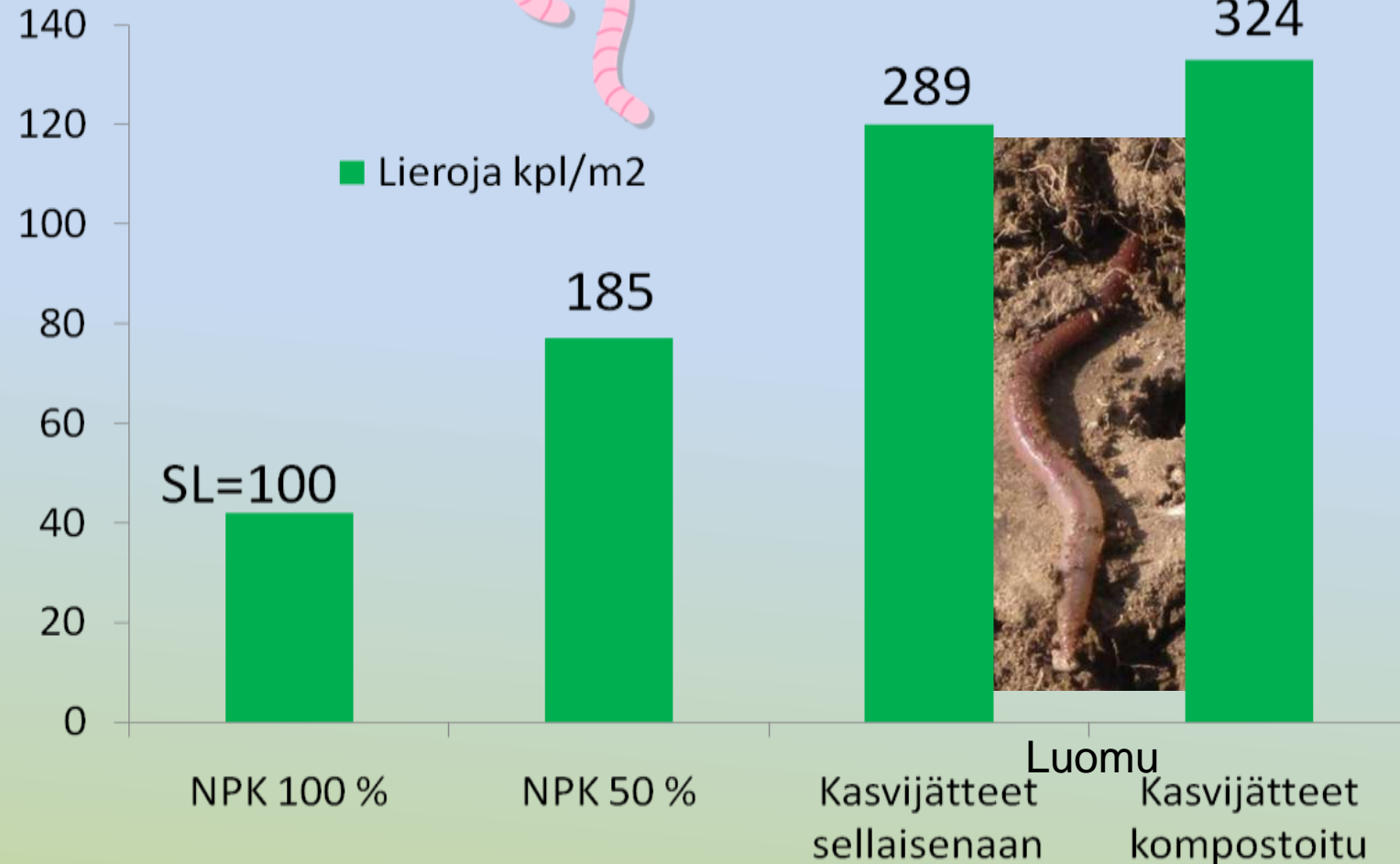
- | | | | |
|------------------------------|----|----|----|
| ■ Lieroja kpl/m ² | 16 | 33 | 92 |
| ■ Lieroja g/m ² | 6 | 10 | 23 |

Håkansson 2000



Viljelytavan vaikutus lieroihin

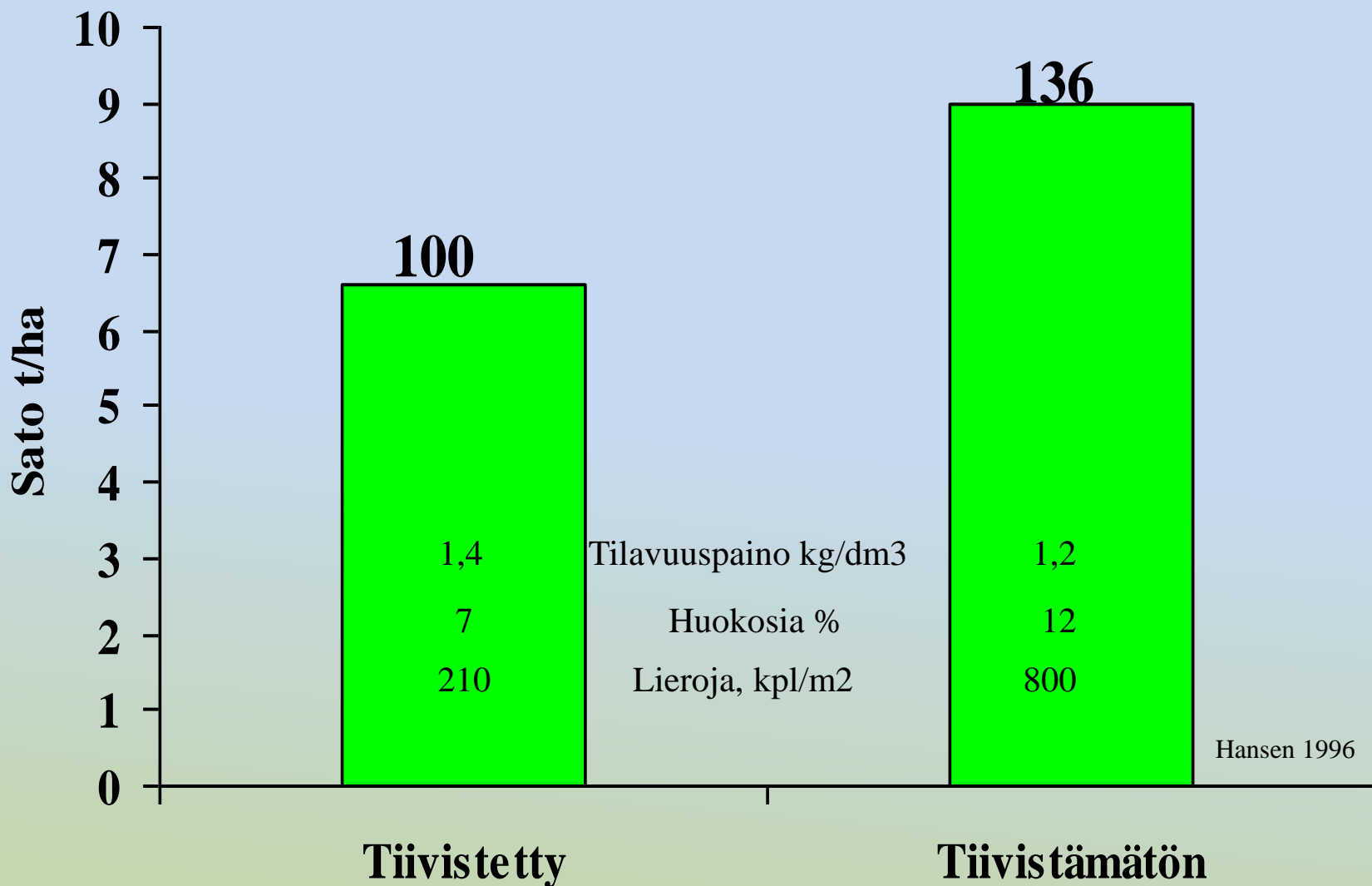
Lieroja kpl/m²



Kukkonen ja Vestberg 2002

Maan tiivistyminen ja nurmen sato

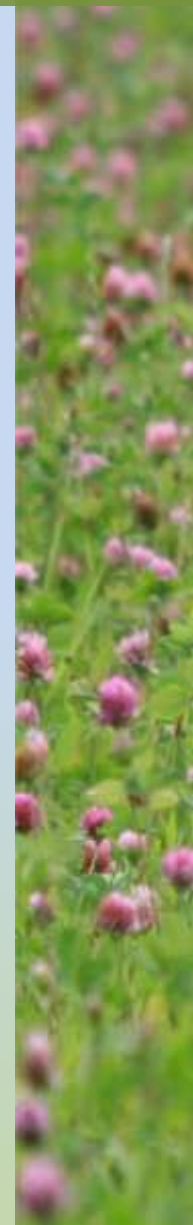
Karjatilan kierto, Norja 1985-95



Maan tiivistyminen ja nurmen sato

Karjatilan kierto, Norja 1985-95

- Lannoitustasot; 90, 130, 180 kg N/ha
- Lietelanta laimennettuna, ilmastettuna, separoituna, NPK
- Nurmiensadot eri lannoitustasoilla 6,2, 6,8 ja 7,0 t ka/ha
- Tiivistämättömällä maalla sadonlisäys km +36 %
 - Märkänä vuonna sadonlisäys +52 %
- Lannoituksen lisäys -> palkokasvien osuus 43 % -> 20 %
- Lietelannan ilmastus hyödyllisempi tiivistetyillä kuin tiivistämättömillä ruuduilla
- Käsittelemätön liete hävitti lierojen massan 1/3:aan
- Suurilla lietemäärillä ja tiivistetyillä mailla vähennys suurin
- Selvin ero v. 1988; 80 -> 10 g/m²
- =>Maan rakenne tärkeämpi kuin lannoitustaso ja lannan käsittelymenetelmä



Maan kasvukunto – Biologiset tekijät



Biologiset tekijät

- juuret
- juurieritteet
- pieneliöt
- eloperäinen aine



Fysikaaliset tekijät

Kemialliset tekijät

N P K
B Mn
pH



Maan multavuus

- Mihin suuntaan maan multavuus muuttuu?



Erittäin runsasmultainen hietasavi

Maan kasvukuntoa seurattava

- Maan kasvukuntoa on seurattava ja arvioitava eri toimenpiteiden vaikutuksia
- Lappio hyvä apuväline maan kasvukunnon aistinvaraiseen arviointiin
 - Myös eloperäisen aineen ja biol. aktiiv. havainnointiin

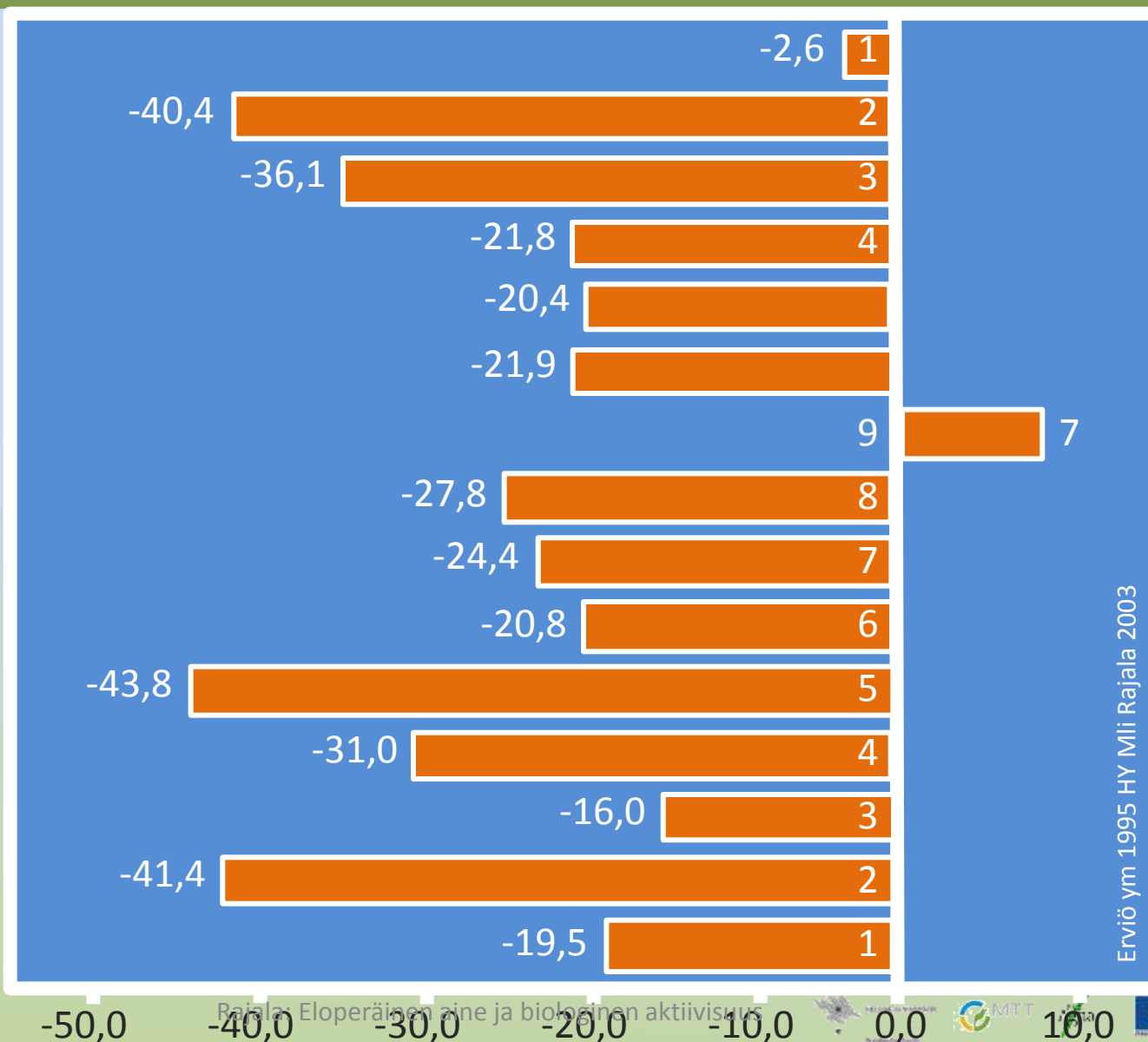


Kuva: Jukka Rajala

Muokkauserroksen multavuuden muutos %

MTT:n 10 koeasemaa, vv. 1960-91

JKA	AS
PTL	HtS
LOU 1	HsS
LOU 2	LjS
SAT 1	KHt
SAT 2	HtS
HÄM 1	HHk
HÄM 2	sHk
KYM 1	HsS
KYM 2	AS
ESA	HtMr
KAR	HHt
PSA 1	HtS
PSA 2	sKHt
TIKK AS	



Erviö ym 1995 HY Mli Rajala 2003

Yksipuolinen viljely

- Yksipuolinen, maan kasvukuntoa kuluttava viljelytapa
 - Yli 20 vuotta kevätiljaa väkilannoituksella
- Maan kasvukunto heikentynyt suuresti
- =>Multavuus ja biol. aktiivisuus laskeneet, rakenne heikentynyt



Karkea hieta

Tiiviitä,
teräväsärmäisiä
paakkuja

Vähämultainen,
biologinen aktiivisuus heikko

Kuva: Harri Hakala

hsHHt



Muruinen

Runsasmultainen,
biologinen aktiivisuus hyvä

Kuva: Jukka Rajala

Kaura

Maan kasvukunto?



Luomu

AS

Esikasvi 2 v. apilanurmi

Ei lannoitusta

=>Multavuus ja biol. aktiivisuus
sekä rakenne hyviä

Kuva: Jukka Rajala

Menetelmiä maan kasvukunnon arviointiin

- Maan multavuus
 - maan väri – tumma väri => runsaasti eloper. ainetta
 - muruisuus
 - viljavuustutkimus - aistinvarainen määrittäminen
 - eloperäisen aineksen määrän määrittäminen
 - viherpaketti 1 - hehkutushäviö
 - humus-/hiili-taselaskelma
- Pieneliötoiminta
 - muruisuus
 - lierojen aktiivisuus => jätökset, käytävät
 - lierojen määrän selvittäminen
 - eloperäisen aineksen hajoaminen;
olki, lanta, viherlannoitus
 - hengitysaktiivisuus –CO₂-tuotto, entsyymiaktiivisuudet



Viljavuustutkimus - viherpaketti

Näytteen numero		1	2	3	4	5, Puutarha			
Peruslohkotunnus		981-01466	981-01466	981-02006	981-02000				
Nimi		1	2	3	4	5, Puutarha			
Pintamaan maalaji a)		HsS	AS	sMm	hkKht	HtMr			
Multavuus a)		rm	erm	-	rm	rm			
Johtoluku	10xmS /cm	1,5	1,2	1,5	0,9	0,8			
Happamuus	pH	■ 6,7	■ 6,2	■ 6,1	■ 6,4	■ 6,6			
Kalsium (Ca) a)	mg/l	■ 3700	■ 3300	■ 3900	■ 2100	■ 2300			
Fosfori (P) a)	mg/l	○ < 3,5	○ < 3,5	● < 3,5	● < 3,5	■ 16			
Kalium (K) a)	mg/l	□ 260	□ 280	■ 210	● 63	■ 240			
Magnesium (Mg) a)	mg/l	■ 630	■ 790	■ 850	□ 160	□ 130			
Rikki (S) a)	mg/l	○ 6,2	□ 10,6	□ 14,3	○ 7,1	○ 9,4			
Boori (B) a)	mg/l	○ 0,8	○ 0,6	□ 0,7	○ 0,4	■ 1,1			
Kupari (Cu) a)	mg/l	■ 8,2	■ 10	■ 13	□ 4,0	□ 4,9			
Mangaani (Mn) a)		□ 61	● 11	○ 12	● 5,9	○ 21			
Sinkki (Zn) a)	mg/l	□ 3,11	○ 1,77	□ 2,26	□ 2,0	■ 20,8			
Nitraattityppi (NO3-N)	mg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10			
Tilavuuspaino	kg/l	1,04	0,866	0,759	1,06	1,05			
Hehkutushäviö	%	9,1	15,6	23,2	6,5	9,1	= Multavuus		

Hyvä rakenteisen maan ominaisuuksia

-Pintakerros

- Pintakerros kestää sateen liettymättä
 - → kestävä mururakenne
- Vesi imeytyy hyvin maan sisään
 - → ei lammikoita eikä pintavirtailua



Kuvat: Jukka Rajala

Hyvärakenteisen maan ominaisuuksia – ruokamultakerros

- Murustunut valtaosin pyöreiksi, huokoisiksi muruiksi (koko 2 - 7 mm)
- Kokkareet pyöreähköjä, helposti murenevia
- Löyhä rakenne
- Yläkuva: hyvä rakenne
- Alakuva: huono rakenne



Kuvat: Jukka Rajala

Pyöreä muru 1/2

- Pyöreä muru on huokoinen, pyöreähkö ja vettä kestävä = aito muru
- Biologisen toiminnan tuotos
 - => veden ja ravinteiden varastoituminen runsasta
 - => juurilla ja pieneliöstöllä hyvät olosuhteet



Kuva: Andrea Beste

Kulmikas muru

- Kulmikas muru on tiivis, teräväsärmäinen ja ”sepelimäinen”
- Syntynyt muokkauksen ja/tai roudan vaikutuksesta
=> veden ja ravinteiden varastoituminen vähäistä
=> juurilla ja pieneliöstöllä heikot olosuhteet



Kuva: Andrea Beste

Pyöreä muru 2/2 ja pyöreä kokkare

- Pyöreä, huokoinen muru (koko 2-7 mm)
=>”pesusienimäinen rakenne”
- Pyöreähköt, helposti murenevat kokkareet/paakut
=>hyvä muokkautuvuus
- Vettä ja ravinteita varastoituu huokoisten murujen ja kokkareiden sisään
=>suoja huuhtoutumiselta
- Murujen sisällä mikrobeilla hyvät kasvuolosuhteet
=>tasainen kosteus ja tarttumapintaa
- Murut kestävät hyvin vettä
- => **Biologiset prosessit tuottavat**
=> **Eloperäiset aineet tärkeitä ”rakennusaineita”**



Maan multavuus

Vähenee pellossa, kun

- Nurmi puuttuu viljelykierrosta
- Eloperäinen lannoitus puuttuu
- Käytetään suuria määriä väkilannoitteita
- Heikko kasvu



Lisääntyy, kun

- Nurmea mukana viljelykierrossa
- Eloperäinen lannoitus (lanta)
- Aluskasvit
- Ei käytetä väkilannoitteita
- Hyvä kasvu