Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto: Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö, hiilen määrä maaperässä ja sen vaikutus

Tapio Salo
Luonnonvarat
Luke
31600 Jokioinen

© Luonnonvarakeskus

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Sisältö

- Maan orgaaninen aines ja hiili
  - Määrä ja ainesosat
  - Vaikutus
- Maanparannusaineiden ja kasvintähteiden sisältämä hiili
  - Määrä ja hajoamisnopeus
- Hiilen hajoamistestit
- Hiilen määrän muutokset peltomaassa
- Pitkäaikaiset kenttäkokeet Ruotsissa ja Tanskassa karjanlannasta tai lannoitevalmisteista
- Mahtava-hanke (Regina ja Heikkinen)
  - Kemialliset ominaisuudet hiilen hajoamisen/säilymisen selittäjänä

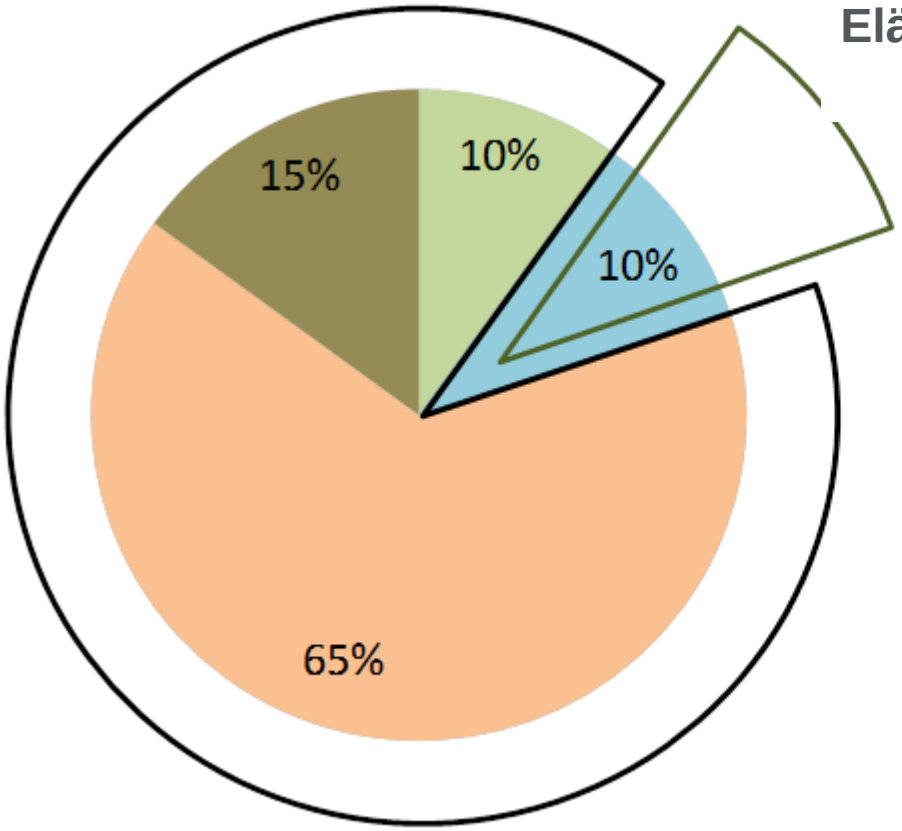
© Luonnonvarakeskus

Maan orgaaninen aines ja hiili

- Maaperässä on kiintoainesta, vettä ja kaasuja
- Kiintoaineksessa on mineraalimaata ja orgaanista ainetta
- Maan orgaaninen aines
  - Hajaantumaton kasvien, eläinten ja mikro-organismien jäte
  - Eri hajaantumisasteella oleva aines
  - Uudelleen syntetisoitu kestävä aines, humus

© Luonnonvarakeskus

Kuollut ja elävä orgaaninen aines



Kuollut ja hajoava orgaaninen aines

https://www.agric.wa.gov.au/measuring-and-assessing-soils/what-soil-organic-carbon

© Luonnonvarakeskus

Luke LUONNONVARAKESKUS

Maan orgaaninen aines ja hiili

- Orgaaninen aines on etenkin typen, mutta myös fosforin ja rikin varasto
- Orgaanisen aineksen (humushappojen) karboksyyli- ja fenoliryhmät sisältävät kationien sitoutumispaikkoja
- Orgaaninen aines yhdessä saveksen ja kalsiumin kanssa muodostaa kestäviä muruja
- Mikrobeilla, sienillä ja maaperäeläimillä on tärkeä osuus orgaanisen aineksen hajottamisessa hiilidioksidiksi ja kestäviksi humusyhdisteiksi
- Humus = mikrobien tuottamaa kestävää ainesta
- Muu orgaaninen aines = hajoaa melko helposti

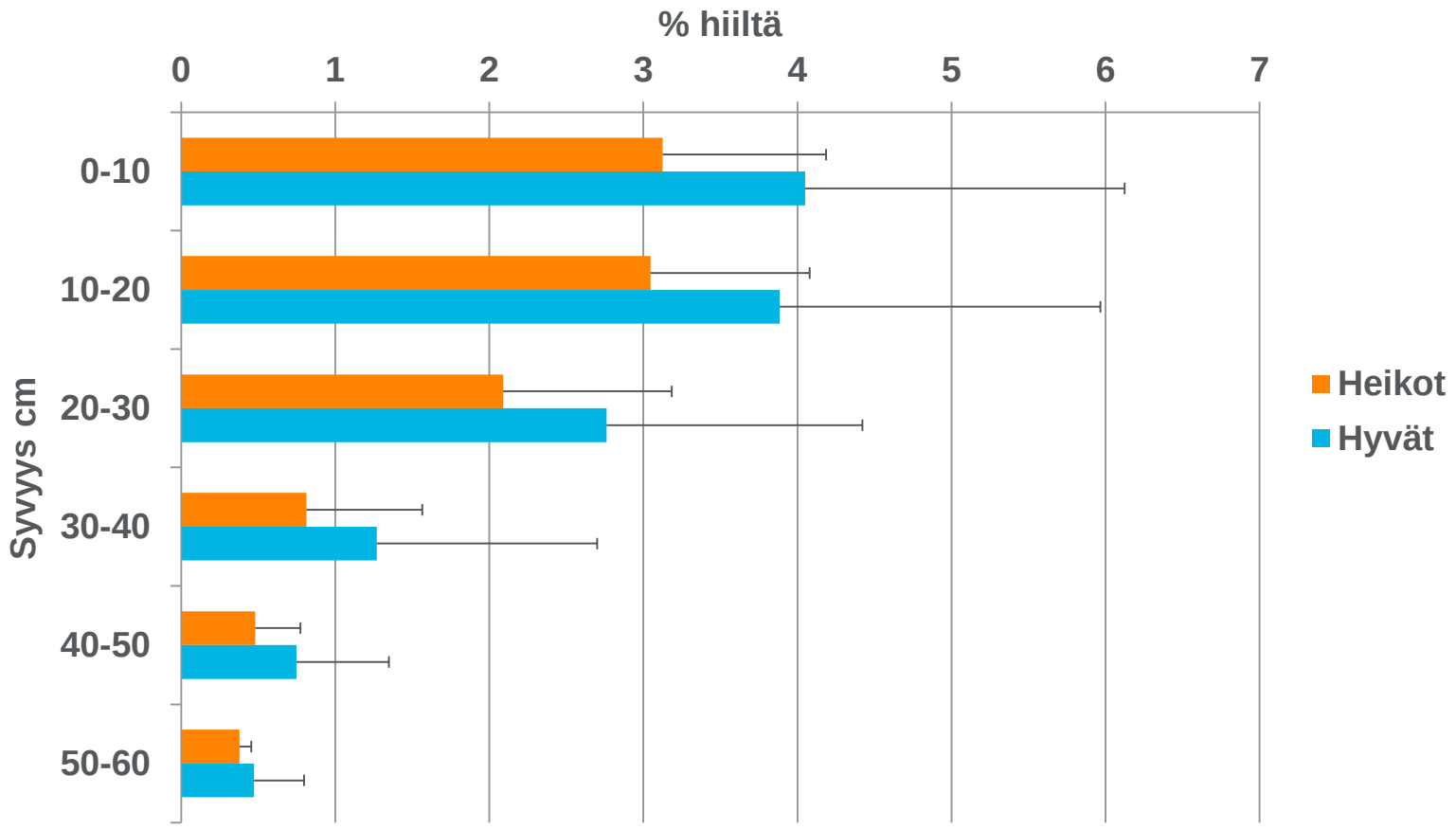
© Luonnonvarakeskus

Hiilen määritys

- Aistinvarainen menetelmä viljavuusanalyysissä
  - Vähämultainen 0-3%
  - Multava 3-6 %
  - Runsasmultainen 6-12%
  - Erittäin runsasmultainen 12-20%
  - Multa- (20-40%) ja turvemaat >40%
- Orgaanisen aineksen poltto (hehkutushäviö)
  - C= 0.58 x orgaaninen aines
- Dumas'n menetelmä
  - Poltto ja kaasun hiilipitoisuuden määritys (mm. Leco)
- Märkäkemian menetelmiä
  - mm. dikromaattihapetus

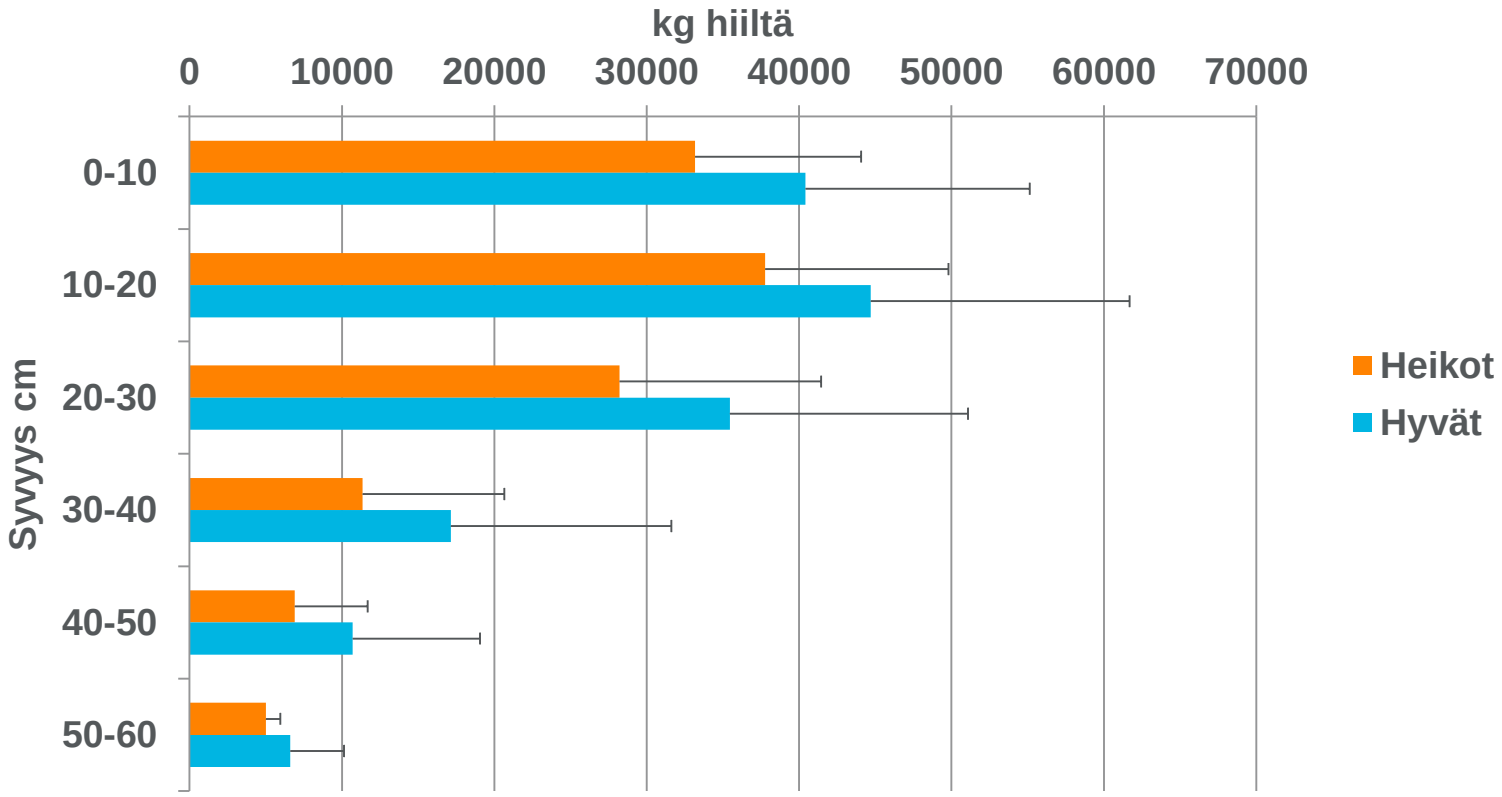
© Luonnonvarakeskus

Kivennäismaiden hiilipitoisuuksia 0-60 cm kerroksessa, 46 kivennäismaata (ORANKI-hanke)



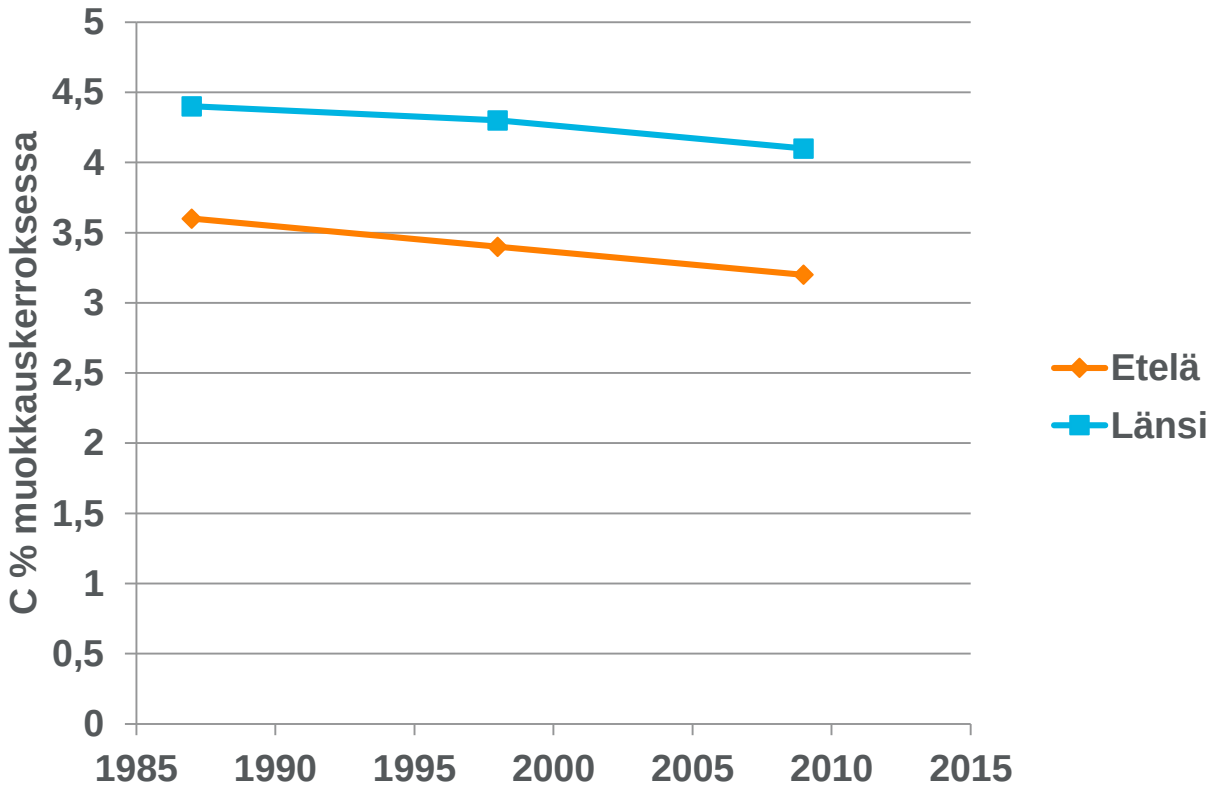
© Luonnonvarakeskus

Hiilen määrä kerroksittain ; heikosti tuottaneilla lohkoilla yhteensä 122 tn/ha ja hyvin tuottaneilla 155 tn/ha 0-60 cm, C:N yleensä 10



© Luonnonvarakeskus

Peltomaiden valtakunnallisessa seurantatutkimuksessa (VALSE) kivennäismaiden hiilipitoisuudet ovat pienentyneet 1987-2009



© Luonnonvarakeskus

Hiilen lähteet maaperään

- Satokasvien tähteet
  - Oljet, naatit jne.
- Juuristo
  - Juuret, juurten erittämät orgaaniset hapot ym,
- Lanta ja orgaaniset lannoitevalmisteet
  - Sonta, kuivikkeet
  - Kompostien raaka-aine ja tukiaineet
  - Ravinnepitoiset lannoitevalmisteet, orgaaniset lannoitteet
    - Esim. soluneste
  - Maanparannusaineet
    - Esim. puunjalostusteollisuuden kuidut

© Luonnonvarakeskus

Hiilen lisäys, esimerkkinä vihanneskuorimon komposti, ka. = 20%, hiilipitoisuus 66 kg/tuoretonni

Levitysperuste	tn/ha	vettä kg/ha	sateena mm	Kuiva-ainetta kg/ha
P 10 kg/ha	19,4	15500	1,5	3871
P 50 kg/ha	96,8	77500	7,7	19355

Levitysperuste	Kok-N kg/ha	Liuk-N kg/ha	Kok-K kg/ha	C kg/ha
P 10 kg/ha	55	11	80	**1270**
P 50 kg/ha	273	55	402	**6349**

Mitä 6400 kg/ha hiiltä merkitsee?
Jos multava kivennäismaa, jossa 5% orgaanista ainesta, niin hiiltä on 2,6%, ja 20 cm kerroksessa hiiltä 63100 kg/ha.

© Luonnonvarakeskus

Orgaanisen materiaalin hajoaminen

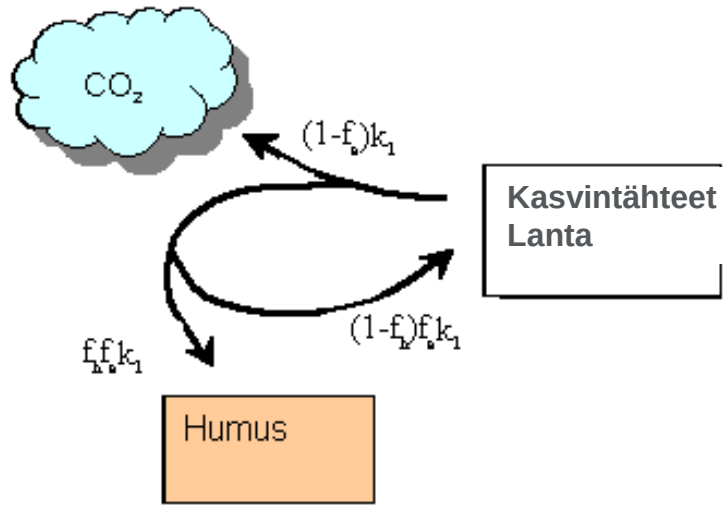


Figure 5.1. Flow diagram showing the relative amounts of decomposition products formed.

osa hiilestä poistuu hiilidioksidina, osa siirtyy humukseen ja osa jatkaa kierrossa

Jansson: CoupModel

© Luonnonvarakeskus

Luke
LUONNONVARAKESKUS

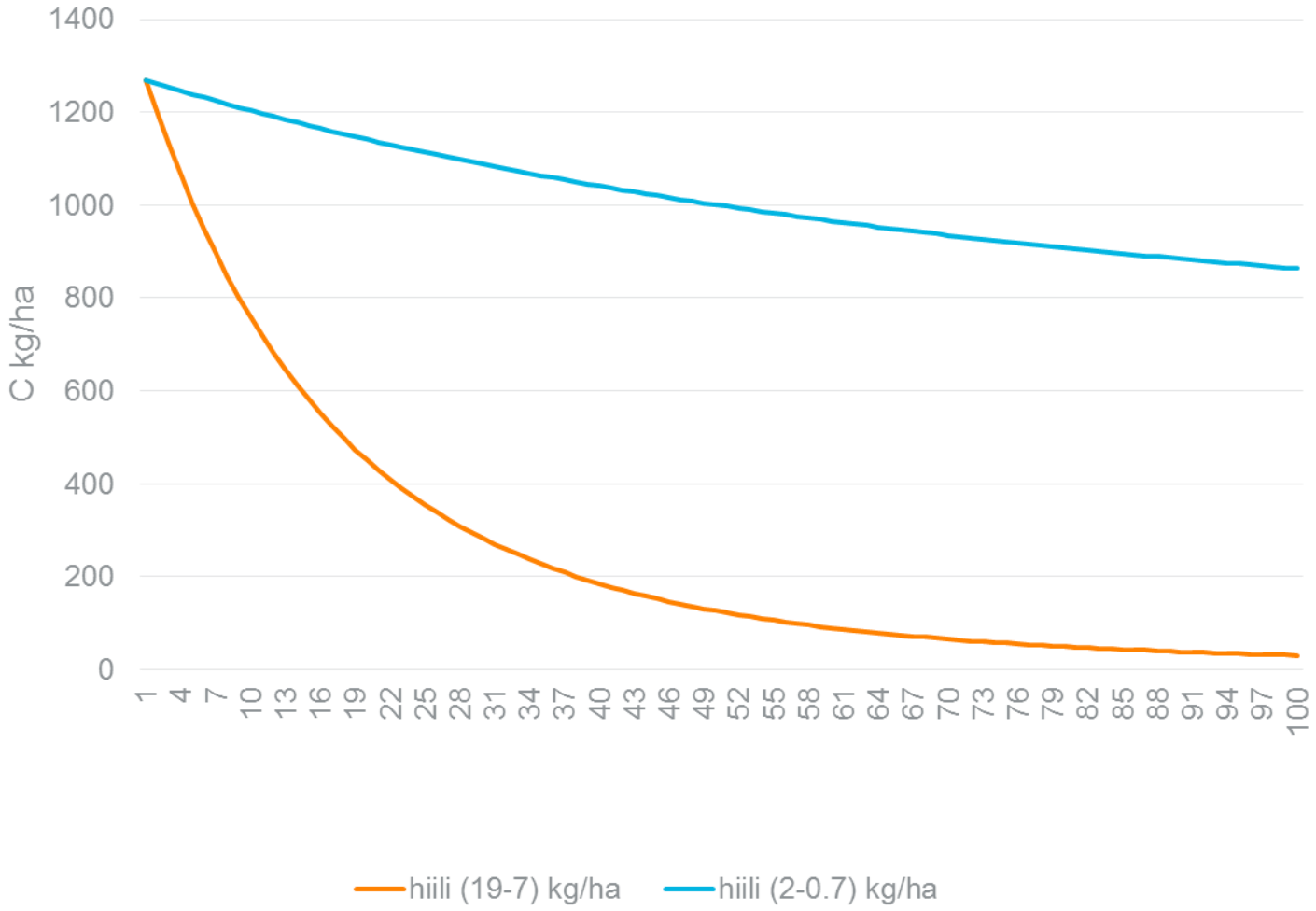
Orgaanisen aineksen hajotus

- Maahan tulevan ja maassa hajoavan aineksen välille muodostuu tasapaino -> paikalle ja viljelymenetelmille luontainen orgaanisen aineksen pitoisuus
- Mikrobit ja maaeläimet käyttävät tuoretta orgaanista ainetta ravinnokseen
  - Orgaaniset yhdisteet mineralisoituvat
    - Hiilidioksidia ja ravinteita vapautuu
  - Muodostuu kestäviä orgaanisia yhdisteitä (humifioituminen)

© Luonnonvarakeskus

Hiilen pysyvyys maassa, kompostin kypsyys

Hengitysnopeuden vaikutus; alussa 19 tai 2 g CO2-C / kg ka /vrk



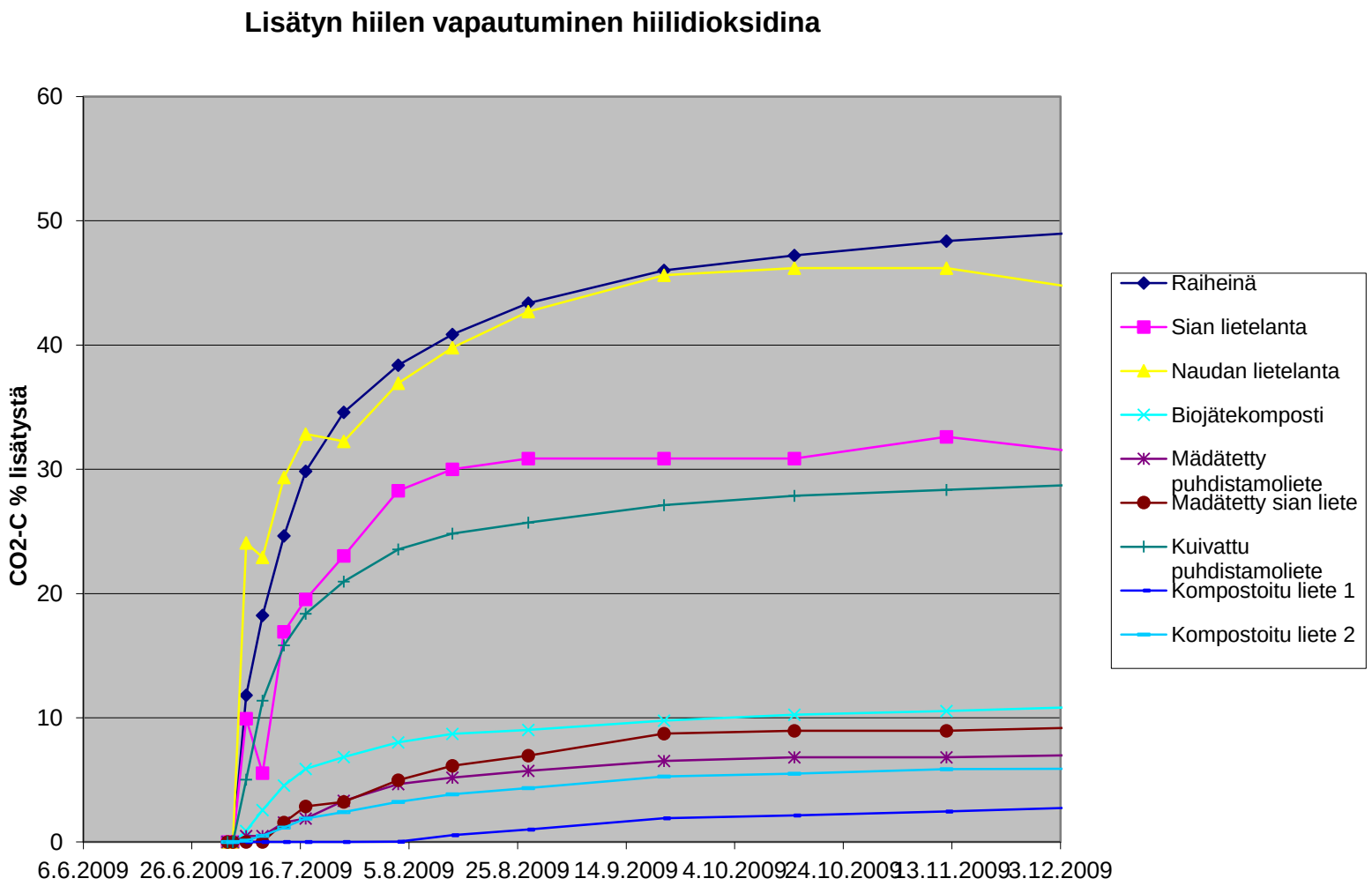
© Luonnonvarakeskus

Inkubaatiokokeet (N ja C)

- Sekoitetaan 1-3 g tutkittavaa materiaalia 50 g maata
- Säilytys 15 C vakiolämpötilassa
- Mitataan suljetussa astiassa vapautuva hiilidioksidi sitomalla se natriumhydroksidiin
  - Maanäytteitä kierrätetään mittauksissa
  - Mittausajat 0,1, 3, 6, 10, 14, 21, 31, 41, 55, 80, 104, 132, 167, 216 vrk
  - Vähennetään pelkän maanäytteen hiilidioksidituotto materiaalin + maan tuotosta
- Liukoisen typen mittaukseen otetaan näytteitä
  - 0, 4, 11, 22, 42, 81, 168 ja 217 vrk
  - Määritetään ammonium- ja nitraattityppi 2M KCl-uutosta
  - Vähennetään pelkän maanäytteen epäorgaanisen typen määrä materiaalin + maan tuotosta

© Luonnonvarakeskus

Lisätyn orgaanisen aineksen hajoaminen

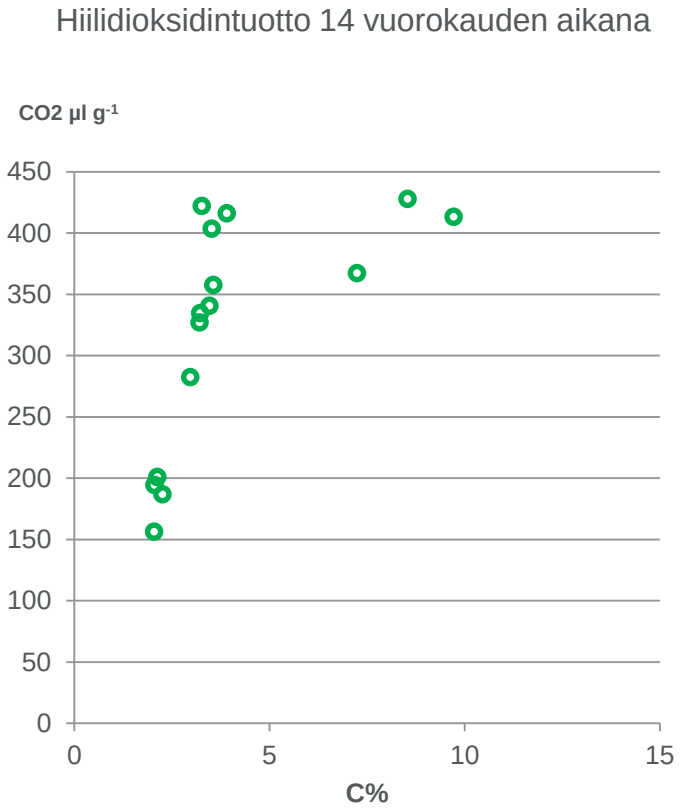


© Luonnonvarakeskus

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Inkubointikoe, hengitys

- 15 pintamaanäytettä (0-20 cm): 6 lannoitettua ja 9 lannoittamatonta
- 30 vrk inkubointi huoneenlämmössä vakiokosteudessa
- Mitattiin
  - Hengitys (CO_2-tuotto)
- Näytteenotot
  - Hengitys: 1, 3, 5, 10, 14, 21, 30 vrk



© Luonnonvarakeskus

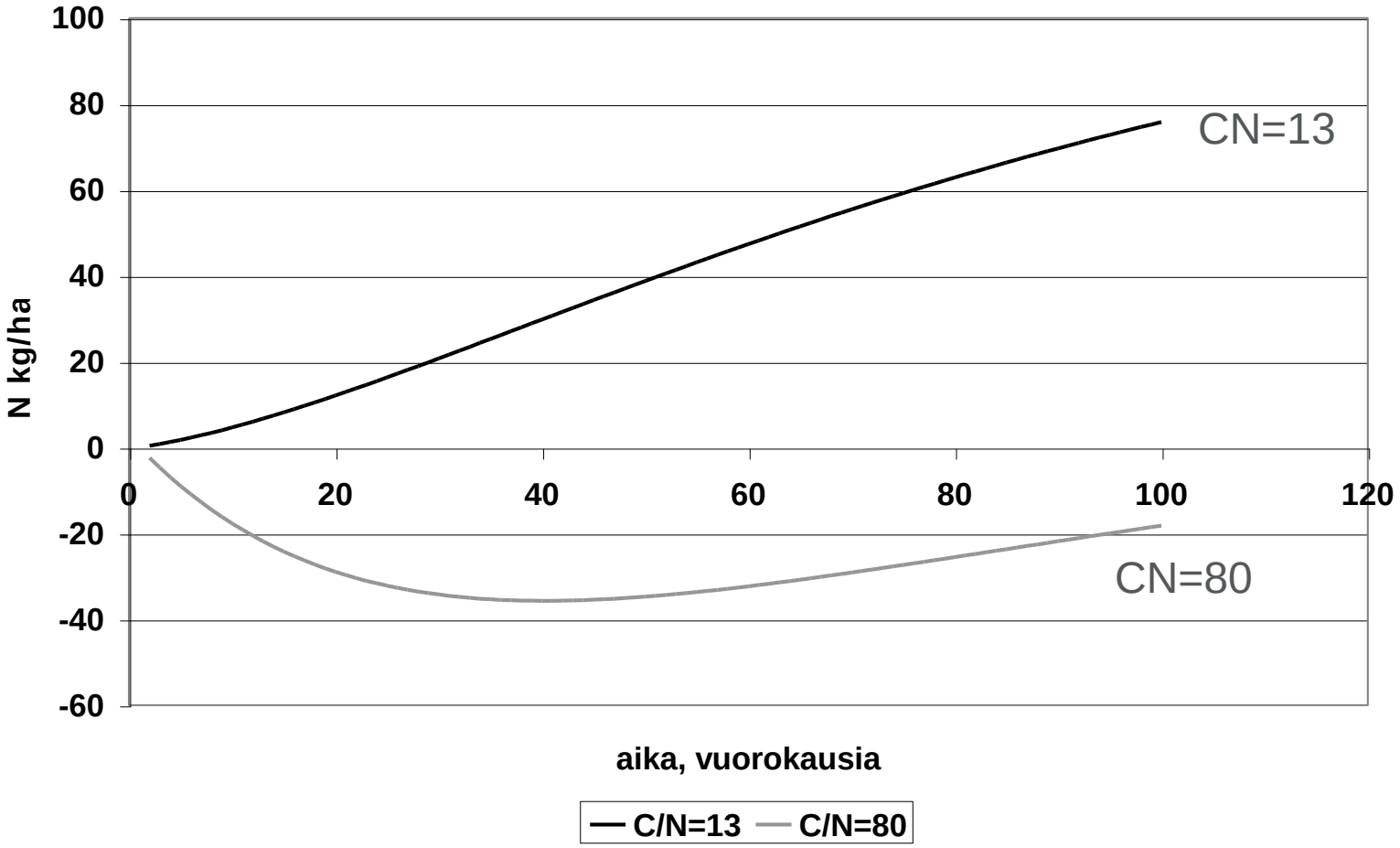
Hajotusta säätelevät tekijät

- Maaperän olosuhteet vaikuttavat
  - Hajottajien koostumukseen
  - Hajottajien aktiivisuuteen
- Lämpötila
- Kosteus
- Happamuus
- Happitila
- Ravinteiden riittävyys

- Esimerkkejä hajottajalajeihin vaikuttavista tekijöistä:
  - Märkyys vähentää happea tarvitsevia sieniä
  - Alhainen pH suosii sieniä ja haittaa monia bakteereja

© Luonnonvarakeskus

Kasvinjätteen hiili/typpisuhteen vaikutus maan mineraalitypen määrään



Korkea C/N, maan mineraalityppeä sitoutuu maan mikrobeihin.

© Luonnonvarakeskus

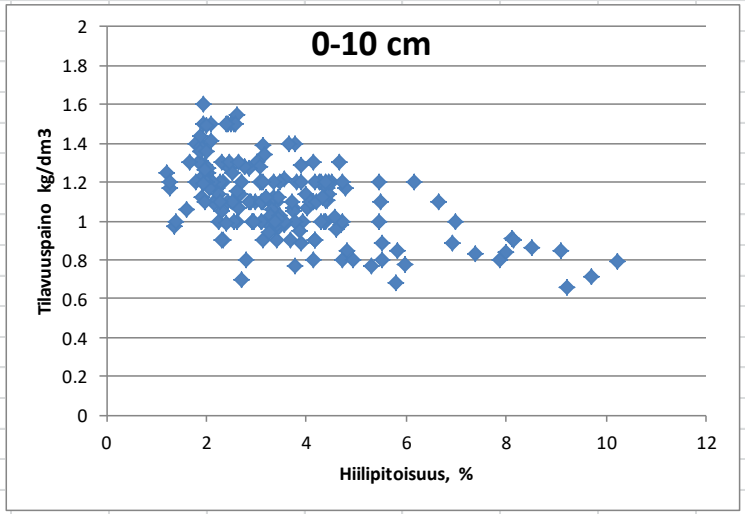
Luke
LUONNONVARAKESKUS

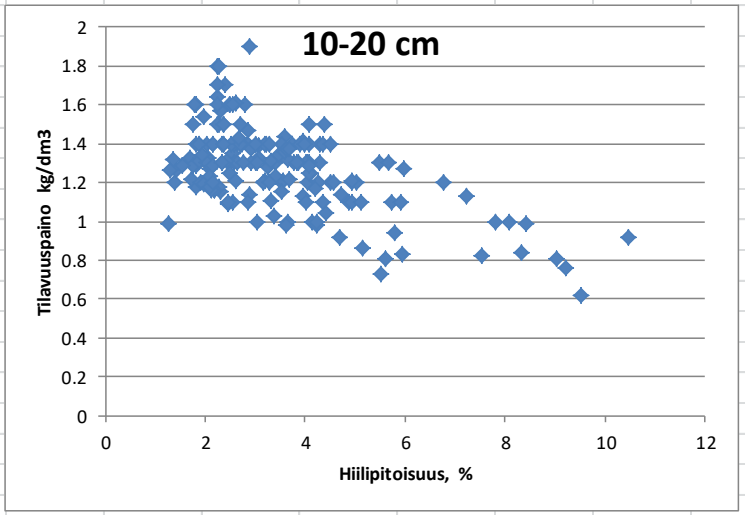
Orgaanisen aineksen merkitys

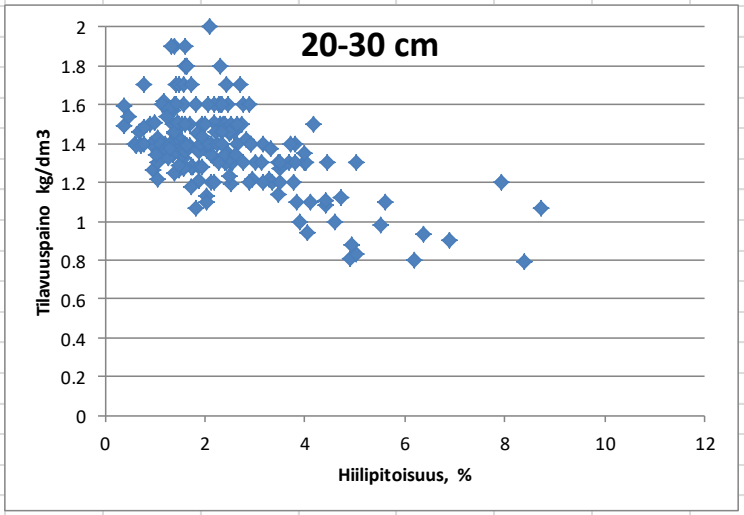
- Ravinnevarasto
- Kationien sitominen vaihtuvaan muotoon (korkea pH)
- Puskuroi happamuutta sitomalla vetyioneja, alumiinia ja muita haitallisia metalleja
- Murujen kestävyys paranee sienirihmastojen ja mikrobien aineenvaihduntatuotteiden seurauksena
- Huokosten määrä kasvaa, ja maan vedenpidätyskyky lisääntyy

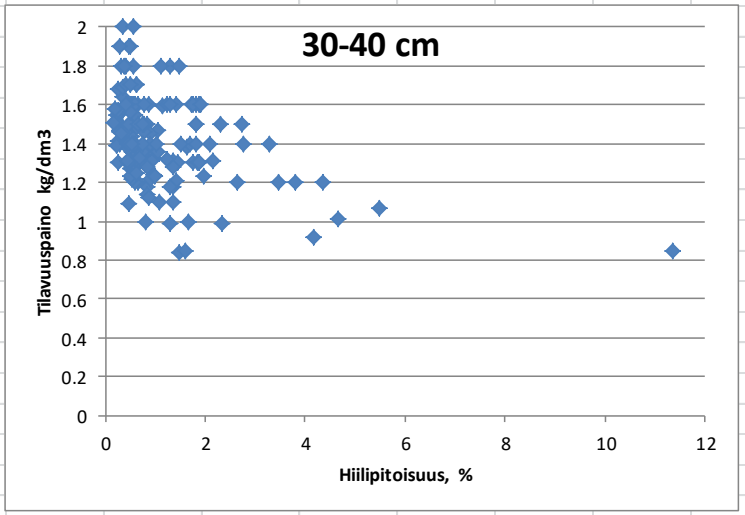
© Luonnonvarakeskus

Hiilen ja tilavuuspainon suhde (Oranki-hanke)





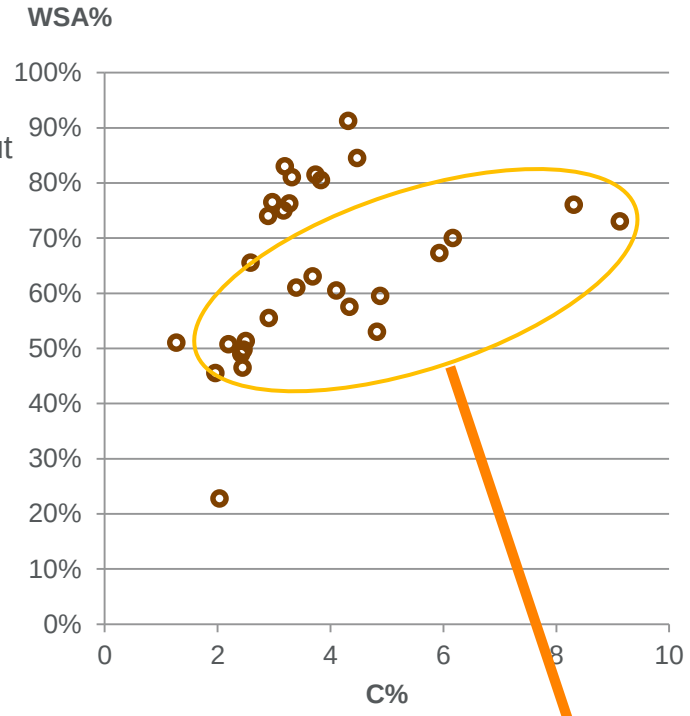


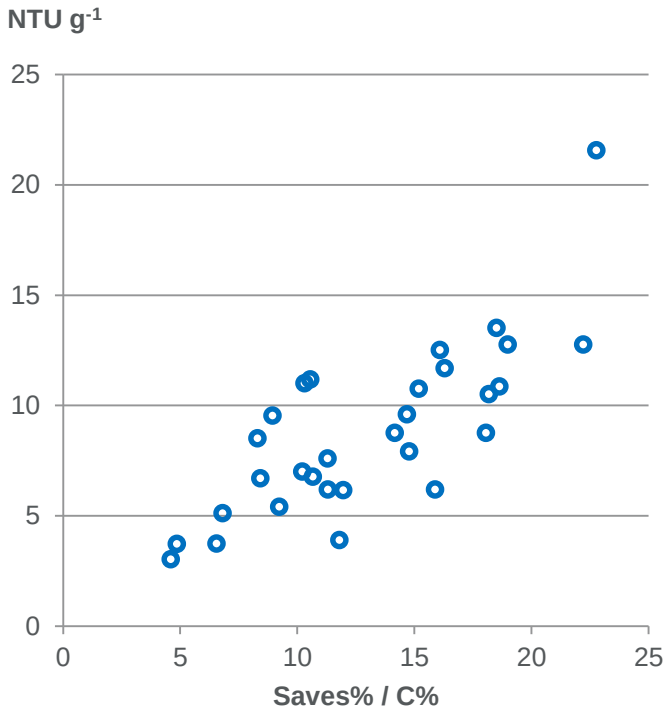


© Luonnonvarakeskus

Mururakenteen kestävyys (eroosioriski)

- 32 lohkoa (n=4)
- Maat joissa savesta >15%
- WSA eli vedenkestävät murut (WSA%)
- Sameus (NTU)





HHs >10%

© Luonnonvarakeskus

Luke LUONNONVARAKESKUS

10-20 cm, ohra, C 3,9 %, 1,3 kg/dm3, saves 28%, hiesu 43%, HHt ja karkeampi 28%

© Luonnonvarakeskus

40-47 cm, kevätvehnä, C 0,48% (0-20 cm 2,3 %), tilavuuspaino 1,6 kg/dm3, saves 25%, hiesu 18% ja HHt 57%

© Luonnonvarakeskus

30-40 cm, kaura, orgaaninen hiili 0,31 % (pintamaassa 1,8%), tilavuuspaino 2,3 kg/dm3, saves 10%, hiesu 17%, hieta 33% ja hiekka 40%

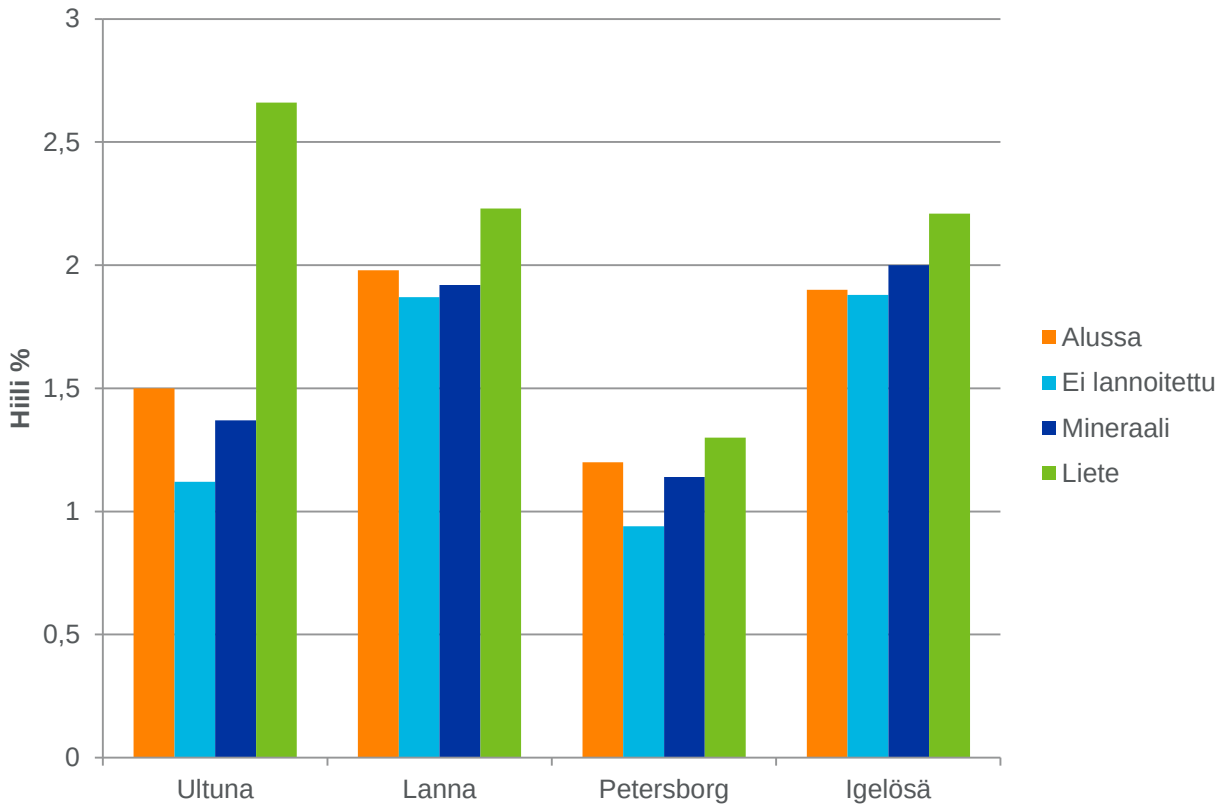
© Luonnonvarakeskus

Esimerkki kenttäkokeesta
Lietepohjaiset materiaalit
Ruotsi, 4 koepaikkaa

- Aloitettu 1956, 2 x 1981 ja 1997
- Lisäysmääriä
  - Hiiltä 4 tn /ha joka toinen vuosi
  - Kuiva-ainetta 4-12 tn/ha joka neljäs vuosi
  - Kuiva-ainetta 8 tn joka toinen vuosi
- Kevätviljoja, kyntö
- Savesta 14-42%

© Luonnonvarakeskus

Viljelyn vaikutus hiilen pitoisuuteen 0-20 cm



© Luonnonvarakeskus

Saves-%	36.5	42	14	26
Aloitusvuosi	1956	1997	1981	1981
C-lisätty kg/ha	106000	20800	48000	48000
Maan muutos C kg/ha	23200	5000	2000	6200
Poistunut	82800	15800	46000	41800
% lisätystä maassa	21.9	24.0	4.2	12.9
Lisäys kg/vuosi	438	385	67	207

© Luonnonvarakeskus

Tanskalainen lannoitevalmistekoe (CRUCIAL)

- Kööpenhaminan lähellä, hietamaa
- 2003 aloitettu, kevätviljoja pääasiassa
- Lähtötila, 1,5 % C
- Käsittelyjä:
  - Biojätekomposti
  - Lietekomposti
  - Karjanlanta
  - NPK-lannoitus
- 100 kg/ha liukoista typpeä
- Biojätekomposti: hiiltä 5000 kg/ha vuodessa
- Liete: 3200 kg/ha
- Karjanlanta: 7100 kg/ha

© Luonnonvarakeskus

Vaikutuksia 10 vuoden kuluttua

	Maan hiili %	Hiili t/ha 0-20 cm	% hiilestä jäljellä
NPK	1.54	44	
Lietekomposti	2.04	59	38
Biojätekomposti	2.48	71	45
Karjanlanta	2.18	63	21

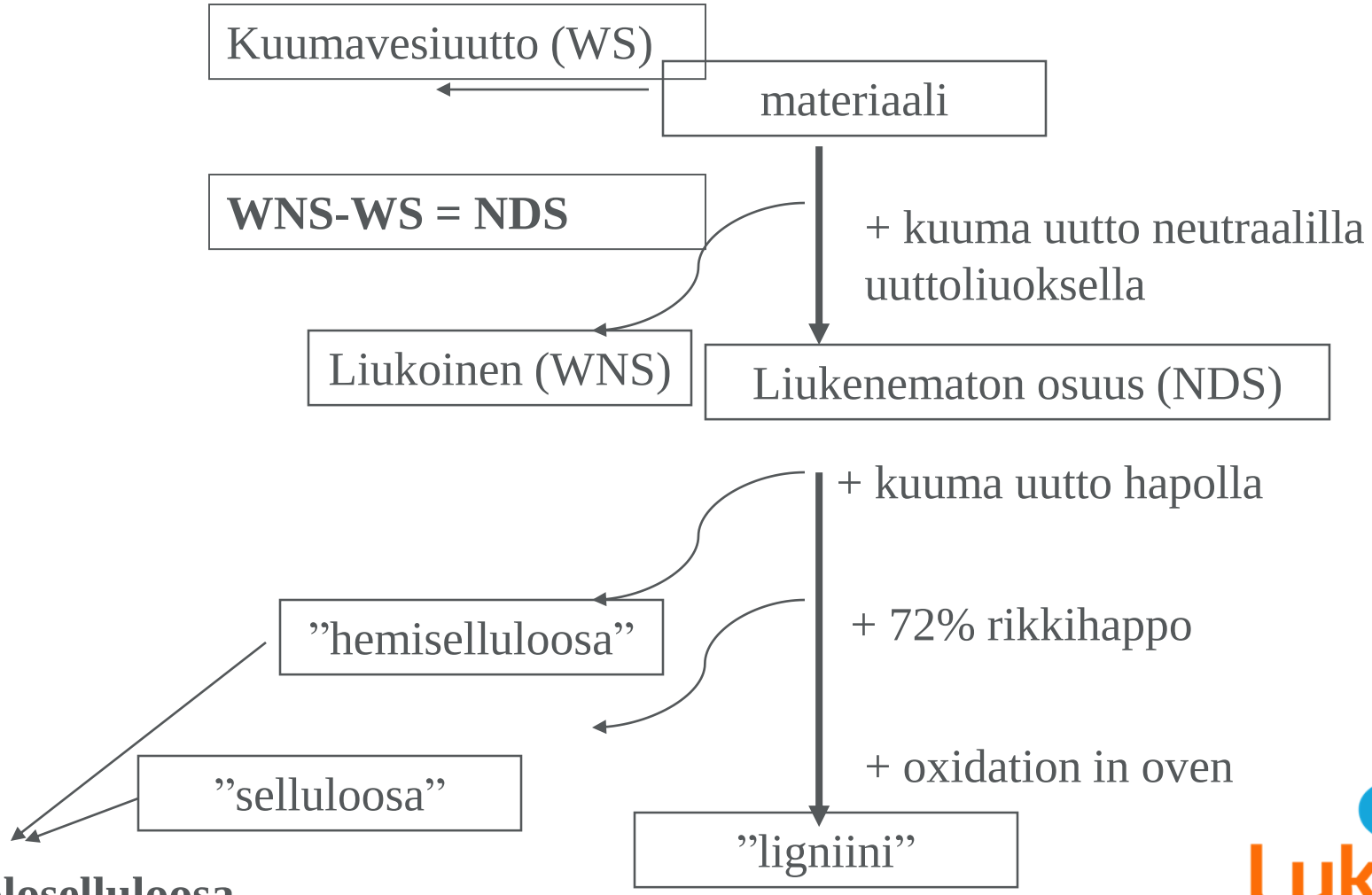
© Luonnonvarakeskus

Suomessa lannoitevalmisteiden käytön pitkäaikaiskokeita ?

- Karjanlannan käytön vaikutus Toholammin huuhtoutumiskentällä osana viljelymenetelmää
- Luonnonmukaiset ja tavanomaiset viljelykierrot Yönin huuhtoutumiskentällä Jokioisissa
- Maanparannekoe Loimaan koulutilalla
  - Esittely Koneviesti 16/2018
- Qvidjan tilan koe Paraisilla
- Humuspehtoorin koe Lepaalla, 2014-
  - Laihosola 2017, AMK-opinnäyte
  - Maanparannusaineita 80-240 tn/ha
  - Maan hengitys suurempi maanparannusaineiden myötä
  - Puukuitulisäys immobilisoi typpeä ja heikensi satoa

© Luonnonvarakeskus

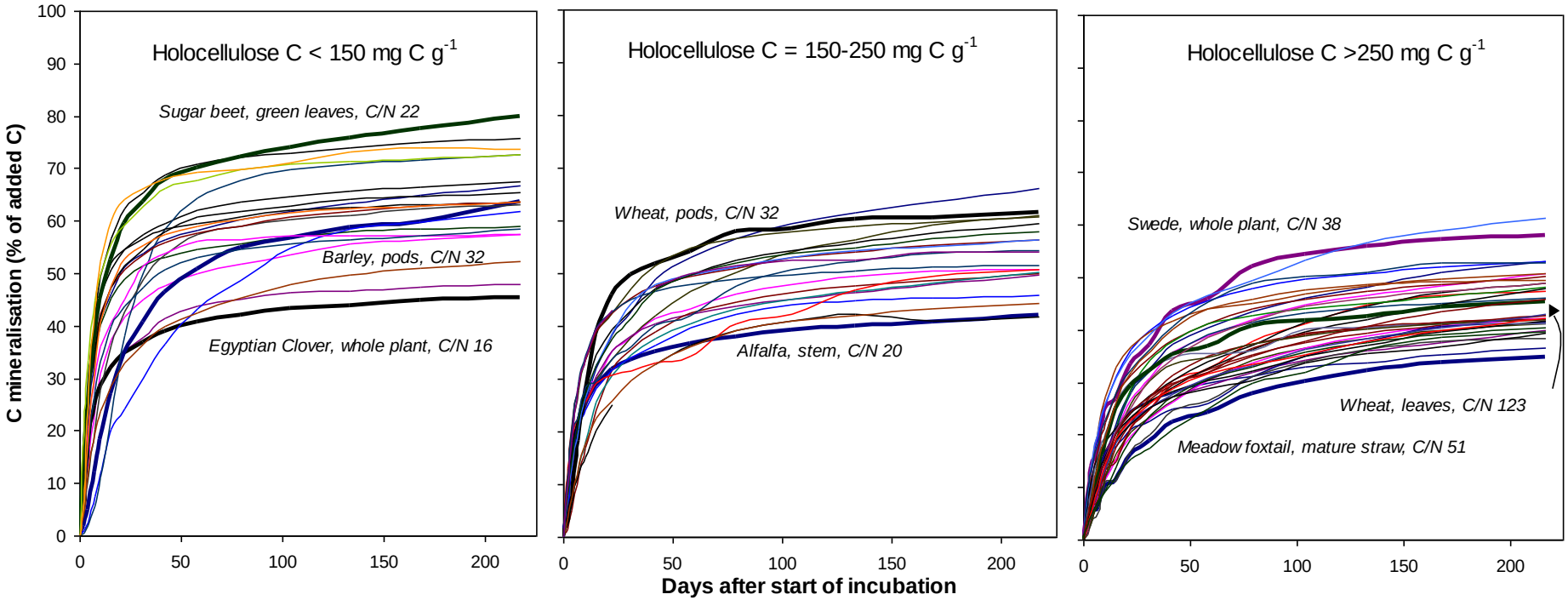
Esimerkki kasvimateriaalin tai lannoitevalmisteiden hajoamisen arvioinnista, rehun sulavuusuuton avulla



© Luonnonvarakeskus

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Kasvijätteiden selluloosapitoisuuden vaikutus hiilen vapautumiseen kasvijätteestä



Kun selluloosan määrä on korkea, helppoliukoisia hiiliyhdisteitä on vähemmän ja hiilen vapautuminen hitaampaa.

© Luonnonvarakeskus

Luke
LUONNONVARAKESKUS

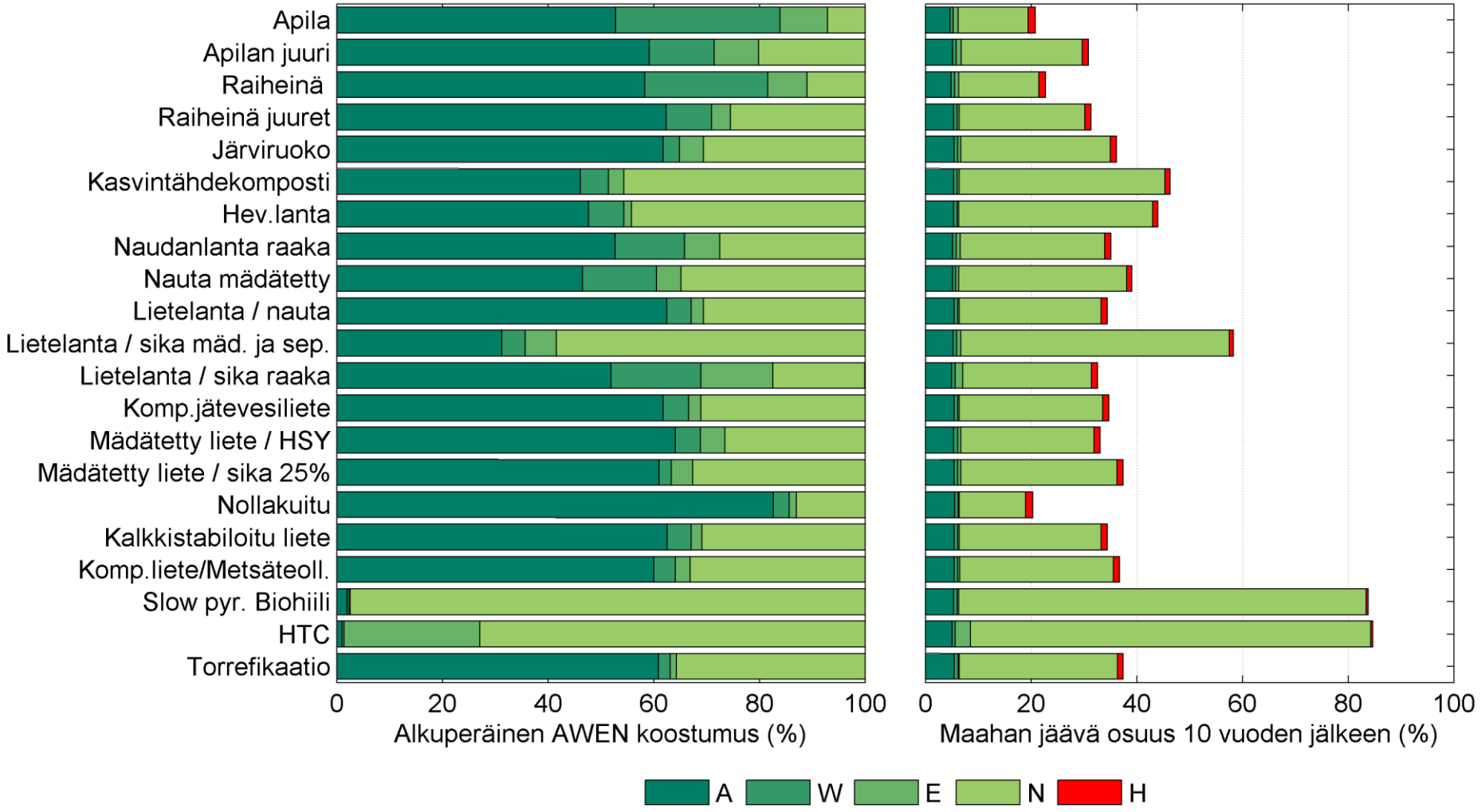
Analysoitavat materiaalit (MAHTAVA)

Tyyppi	Materiaali
Komposti	1 Järviruokokomposti 2 Kasvintähdekomposti
Metsäteollisuuden sivutuotteet	3 Nollakuitu 4 Kalkkistabiloitu liete 5 Liete
Alus- ja kerääjäkasvit	6 Raiheinä + juuret 7 Puna-apila + juuret
Lannat	8 Lietelanta, sika (raaka) 9 Lietelanta, sika (mädätettu ja separoitu) 10 Lietelanta, nauta (raaka) 11 Lietelanta, nauta (mädätetty) 12 Lietelanta, nauta (separoitu) 13 Kuivalanta, siipikarja (kompostoitu) 14 Kuivalanta, hevonen (palanut) 15 Kuivalanta, hevonen
Jätevesiliete-pohjaiset lannoitevalmisteet	16 Puhdistamoliete 17 Mädätetty liete, kuivajae (sianliete 25%+teollisuuden massat) 18 Kompostoitu jätevesiliete + turve (1:1)
Mädätetty kasvimassa	19 Nurmi 20 Nurmi + biojäte
Biohiili	21 HTC (Paju) 22 Hidas pyrolyysi (Mänty, kuori) 23 Torrefikaatio (Kuusi)

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Materiaalien mallinnettu hajoaminen maassa

- Mitä enemmän liukenematonta hiiltä, sitä enemmän hiiltä jää maahan



Happo, vesi. Etanoli, liukenematon, humus

Orgaanisen aineksen ylläpito

- Kasvintähteet (oljet, naatit)
  - Yleensä prosentuaalinen osuus satotasosta
- Juuristo
  - Satotaso
  - Kasvilajit
  - Syvyys
- Alus- ja kerääjäkasvit
- Lanta
  - Sonta ja kuivike
- Orgaaniset lannoitevalmisteet
  - Alkuperä ja käsittelytapa

© Luonnonvarakeskus

Kiitos!

Luke
LUONNONVARAKESKUS