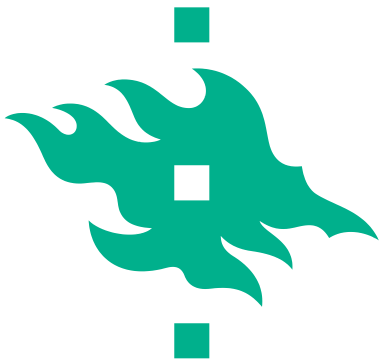




Maan rakenne

Muhkea maaperä –tapahtuma, 5.9.2018
Laura Alakukku, Helsingin yliopisto, maataloustieteiden osasto

Sisältö

- Maan rakenne
 - Maalajien väliset erot
 - Rakenne ja veden kierto
 - Merkitys viljelyn ja ympäristön kannalta
- Maan tiivistyminen
 - kone-maa -systeemi
 - peltotöiden ajoitus ja valinnat niiden yhteydessä
- Tiedon käyttö päätöksenteossa
 - mittaus, tiedon hankinta
 - tiedon kokoaminen ja käyttö
 - Terranimo
- Yhteenveto

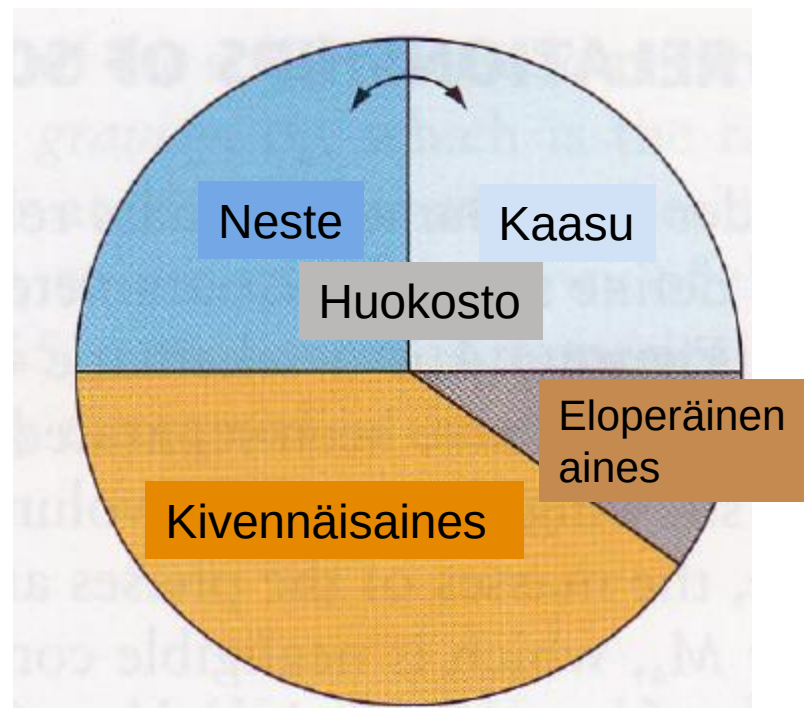
Maan rakenne – muruja ja huokosia

Maan kiintoaines muodostaa rakenteen rungon

- hiukkasten ja murujen välissä/sisällä huokosia
- muru- ja huokosrakenteen muodostuminen
- savimaiden viljeltävyyden edellytys

Huokosissa vettä ja ilmaa

- huokosten kokojakauma, jatkuvuus ja kestävyys



Maan rakenteen ylläpidon ja hoidon tavoite:

→ kaikki maalajit: toimiva huokosto

→ etenkin hienojakoisilla mailla: kestävä mururakenne



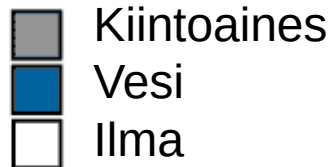
Maan tiiviys ja tiivistyminen

Maa tiivistyy

- siihen kohdistuva voima aiheuttaa maahiukkasten/murujen uudelleen järjestäytymistä tai voima rikkoo muruja
- huokoisuus vähenee ja irtotiheys kasvaa. Huokosten jatkuvuus huononee



Tiivistämätön



Tiivistetty



3 A 0-20 cm

Tiivis



3 B 0-20 cm

Löyhä

Kuvat: Risto T. Seppälä, Luke

Tiivistymishaittojen kesto aika

Tiivistymän syvyys vaikuttaa

Kyntö, luonnon
prosessit
palauttavat

Välitön vaikutus (ei muokkausta tiivistymisen jälkeen)

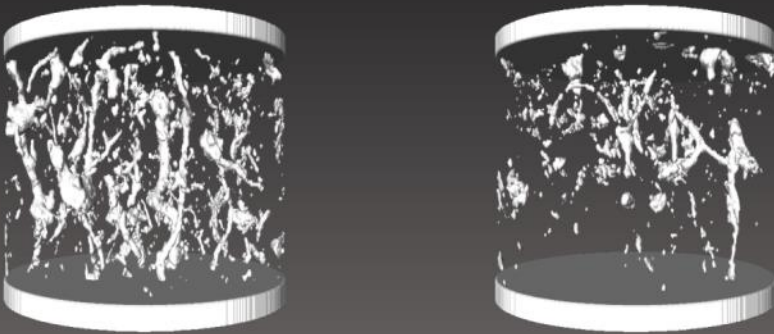
- * ajourat (esim. nurmi)
- * ei perusmuokkausta ennen uutta kasvustoa

Lyhytaikaisvaikutus

- * kyntökerros 3-5 vuotta

Pitkäaikaisvaikutus

- * perusmuokkauskerroksen alapuolella
- * Suomen oloissa savimaassa vähintään 30 vuotta
- * vaikea korjata



Schjønning ym. (2013) Soil Sci. Soc. Am. J. 77:1977–1990



Dia: ©Laura Alakukku, HY

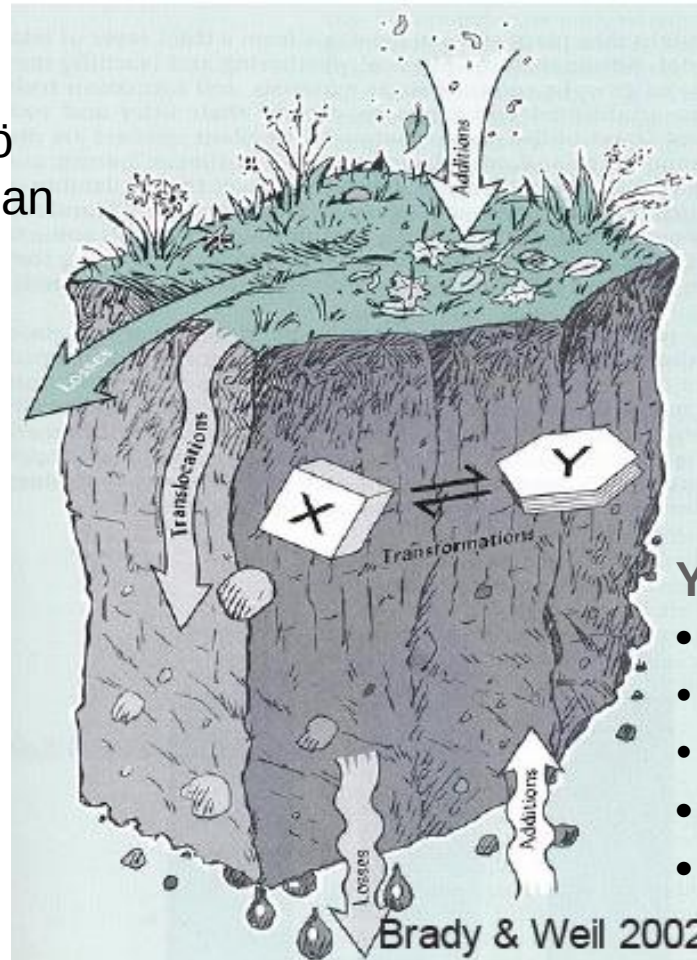
Huokosto maan LVI järjestelmä – sen tiivistyminen vaikuttaa ominaisuuksiin ja prosesseihin

Kasvin kasvu

- Sadon määrä ja laatu
- Ravinteiden hyväksikäyttö
- Eloperäistä ainesta maahan

Kasvutekijät maassa

- Vedenläpäisevyys, veden varastointi
- Kaasujen vaihto määssä maassa
- Mekaaninen vastus
- Ravinnetalous
- Eloperäinen aines, eliöstö



Viljeltävyys

- Muokkautuvuus, vetovastus
- Kantavuus
- Liettyminen ja kuorettuminen
- Poudanarkuus
- Ojituksen toiminta
→ kuivatus

Ympäristökuormitus

- Pintavalunta
- Eroosio
- Ravinteiden huuhtoutuminen
- Kasvihuonekaasut
- Ravinteiden hyväksikäyttö

aineiden liikkuminen
eliöiden ja juurten kasvuympäristö

Talous:

ojitus ja muokkaus ongelmat, satotappiot, ympäristöhaitat

Maan tiivistyminen
Maan-kone -systeemi

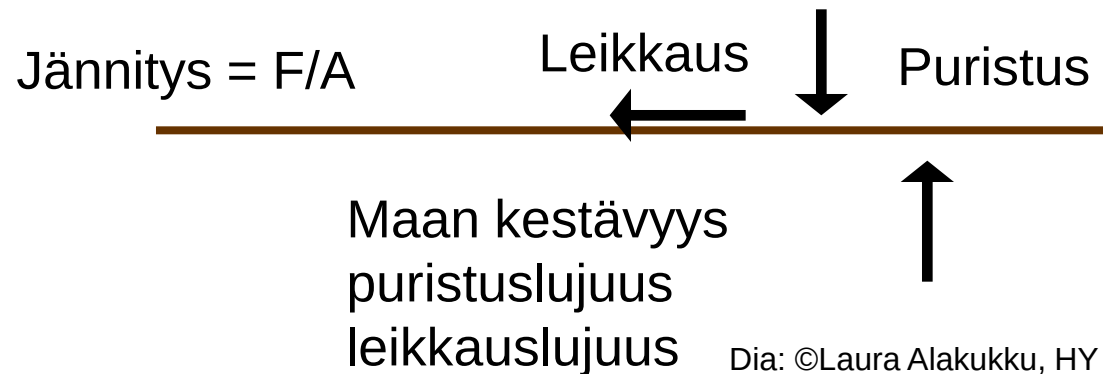
Peltoliikenne kuormittaa maata – kone/eläin-maa -systeemi

Maan ominaisuudet (maan kyky kestää kuormitusta):

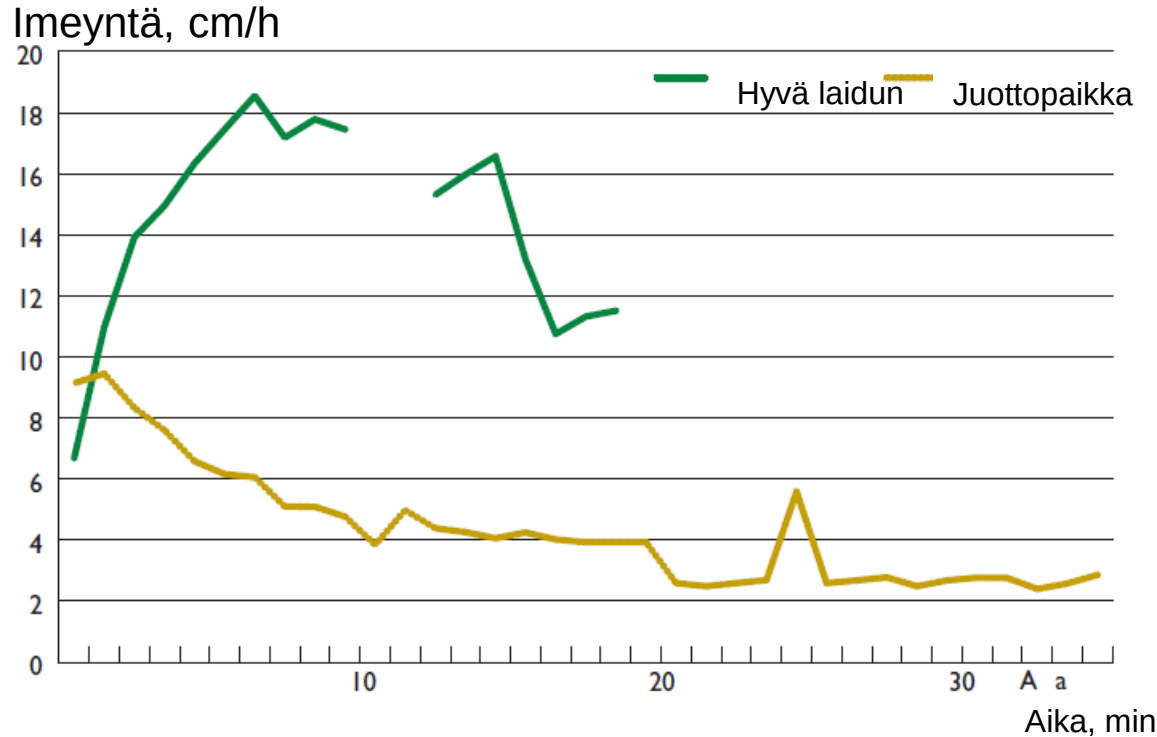
- maan kosteus/märkyys
- löyhyys/kiinteys
- elastisuus/plastisuus

Kuormitus:

- jännityksen suuruus, suunta
- koneen massa
- kuormituksen kestoaika
- kuormituksen toistuvuus
- kuormituksen jakaantuminen pellolla



Maan pinnan rakenne ja veden imeynty



- Hietamaa: kenttäkyllästetyn maan vedenjohtavuus
Hyväkuntoinen laidun 13,2 cm/h, juottopaikka 2,4 cm/c
→ osasyynä maan vedenhylkivyyys
→ Ajourat säilörehunurmessa
→ Valunta karkeiden maiden nurmella
hyvin helposti pintavalunnaksi.

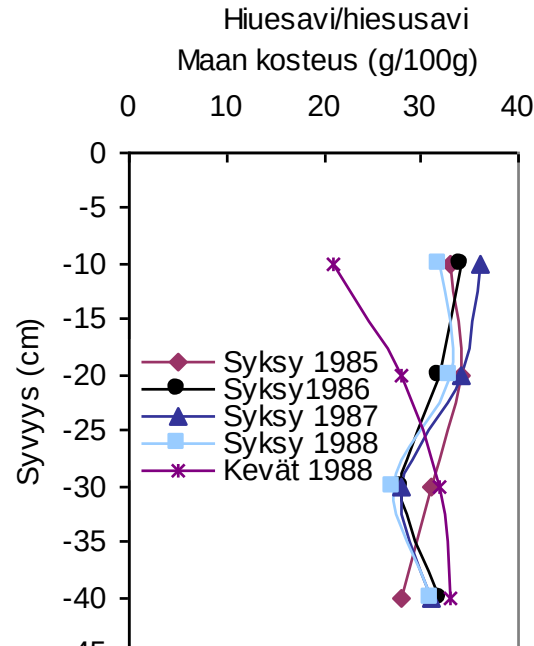
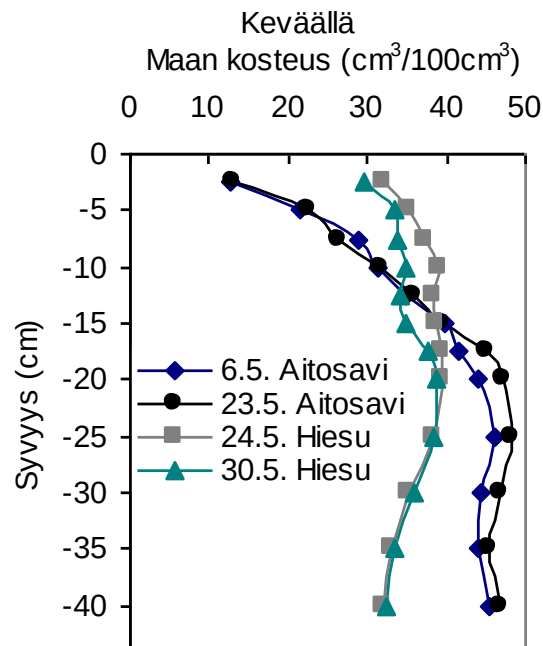


Märkä maa tiivistyy herkästi ja muokkautuu huonosti

Töiden ajoitus: riski suuri aikaisin keväällä ja myöhään syksyllä

- kuiva maa (ei hiekka) lujaa
- maan kostuminen vähentää lujuutta
- märässä maassa kuormittava jännitys kulkeutuu syvälle
- huokokset täynnä vettä → ei puristu, mutta tahtaantuu

→ Peltoajon määrän rajoittaminen maan ollessa märkää



Rengasvalinta – rengaspaine, pintapaineen jakauma

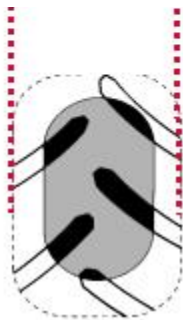
Ristikudos

Kuormitus



18.4-38 131 kPa
2540 kg

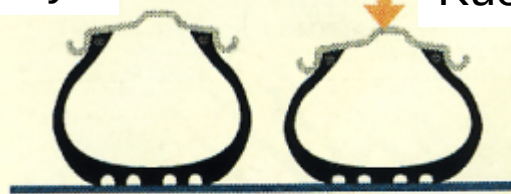
Pintapaine
159 kPa



Rengaan rakenne

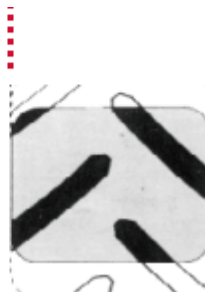
Vyö

Kuormitus



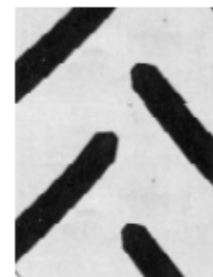
18.4R38 103 kPa
2540 kg

Pintapaine
114 kPa



Renkaan ilmanpaine

18.4R38 2220 kg

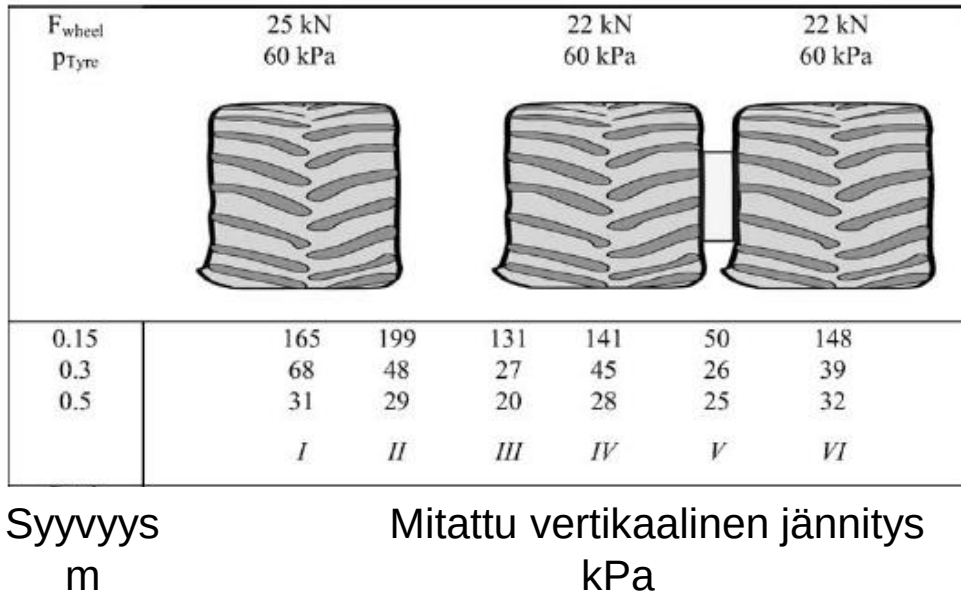


Rengaspaine 152 kPa
Kontaktiala 0,16 m²

Rengaspaine 76 kPa
Kontaktiala 0,25 m²

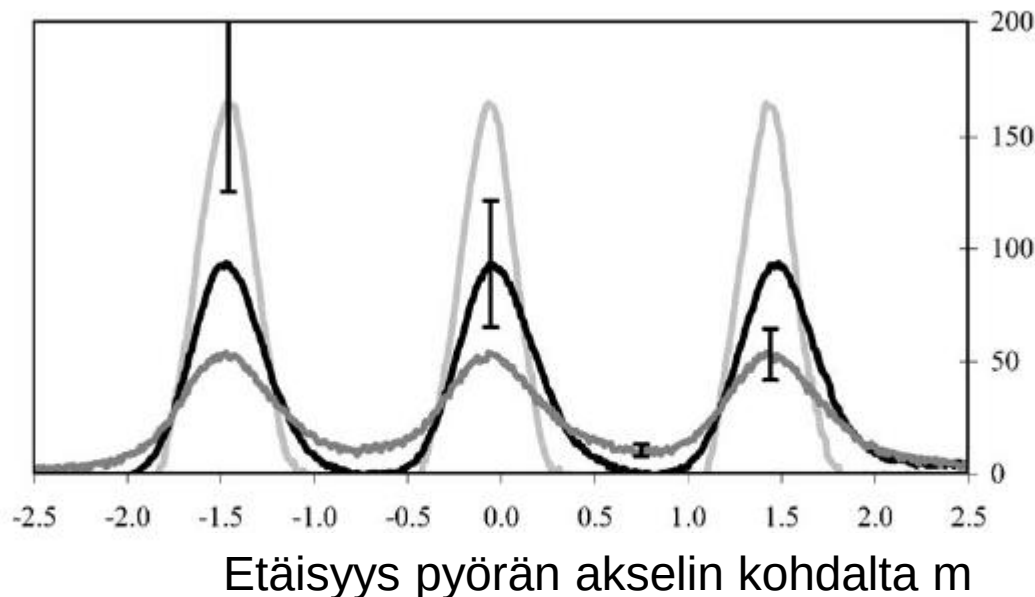
Rengaspaine niin pieneksi kuin
teknisesti mahdollista
märissä oloissa max. 50 kPa

Paripyörät, akselien lukumäärä – ruotsalaisia tuloksia



Paripyörien alla sama vertikaalinen jännitys sama kuin yksittäisen pyörän alla
→ rengaskuorma vaikuttaa ei akselipaino
(vaikka renkaiden väli 10 cm)

Maassa mitattu jännitys

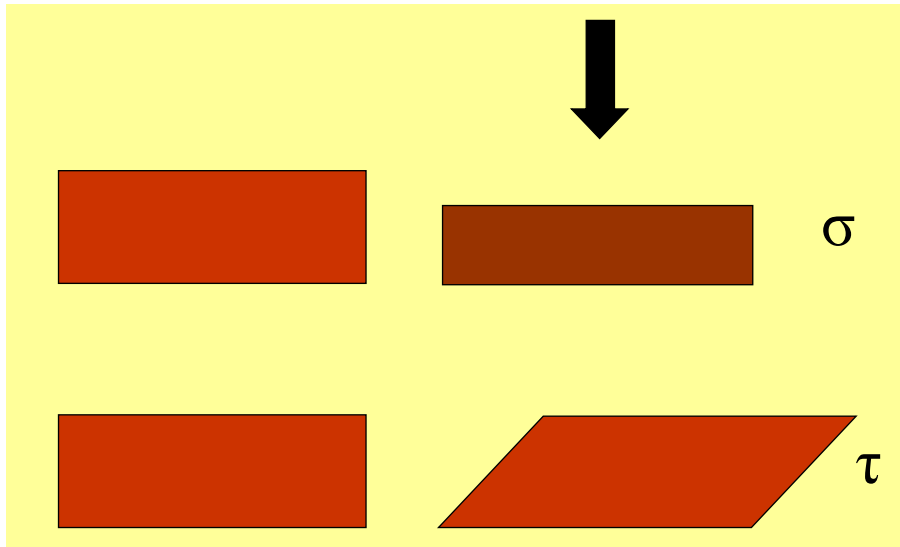


Pystysuorajännitys kPa

Kolmiakselinen kärry:
akselit aiheuttivat kuormituspiikin
→ Rengaskuorma vaikutti jännitykseen ei kokonaispaino akselilla
Paripyörät 700/50-26.5
Akseliväli 1,45 m
Rengaskuorma 32 kN
Rengaspaine 160 kPa

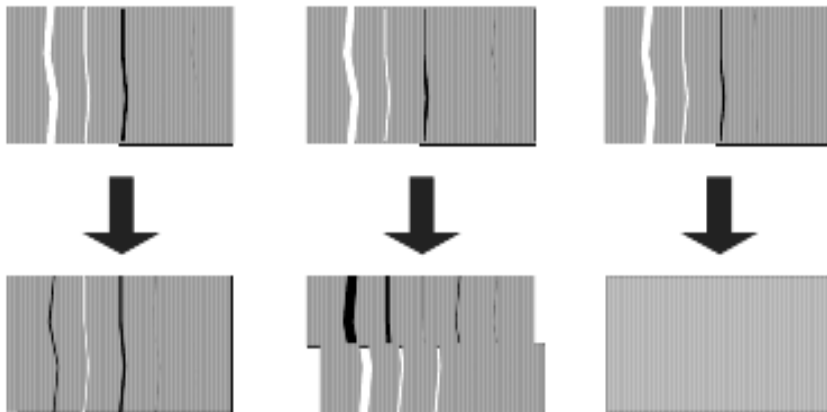
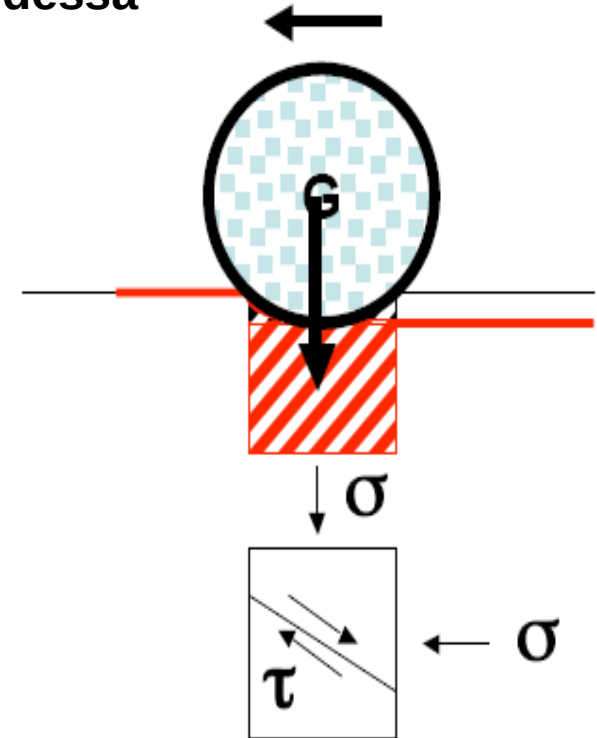
Jännitys maassa 30 cm (vaalean harmaa) 50 cm (musta) ja 70 cm (tumman harmaa)

Pyörän luiston vaikutus



Muutos
huokostilavuudessa

Huokosten
muodossa



compression

puristus

σ

shearing

leikkaus

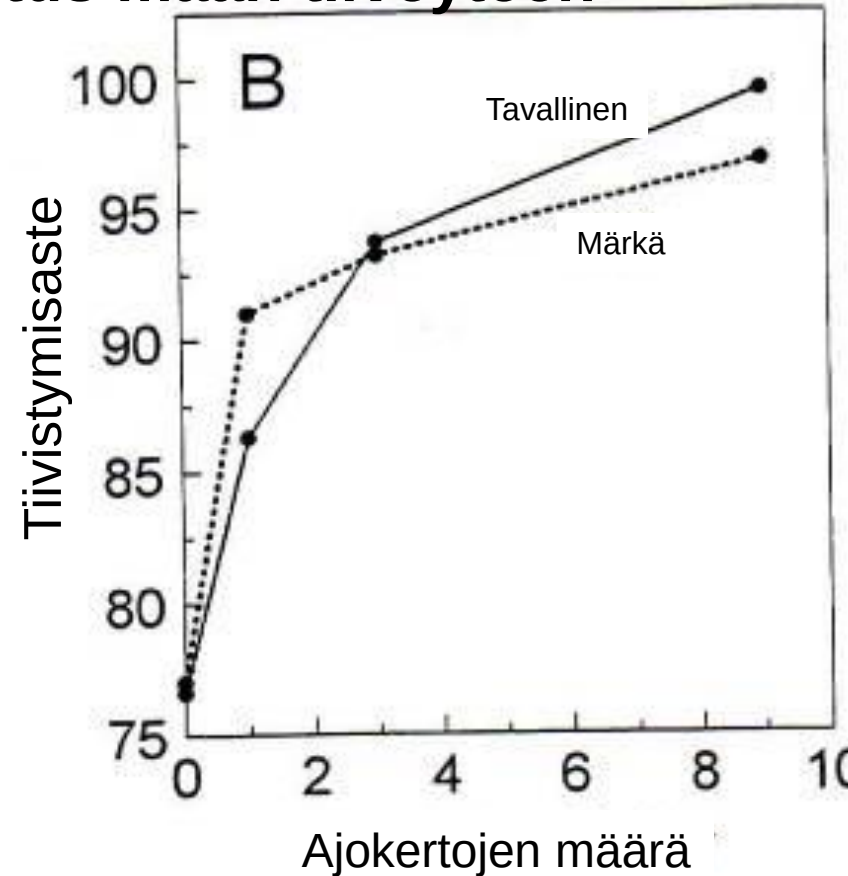
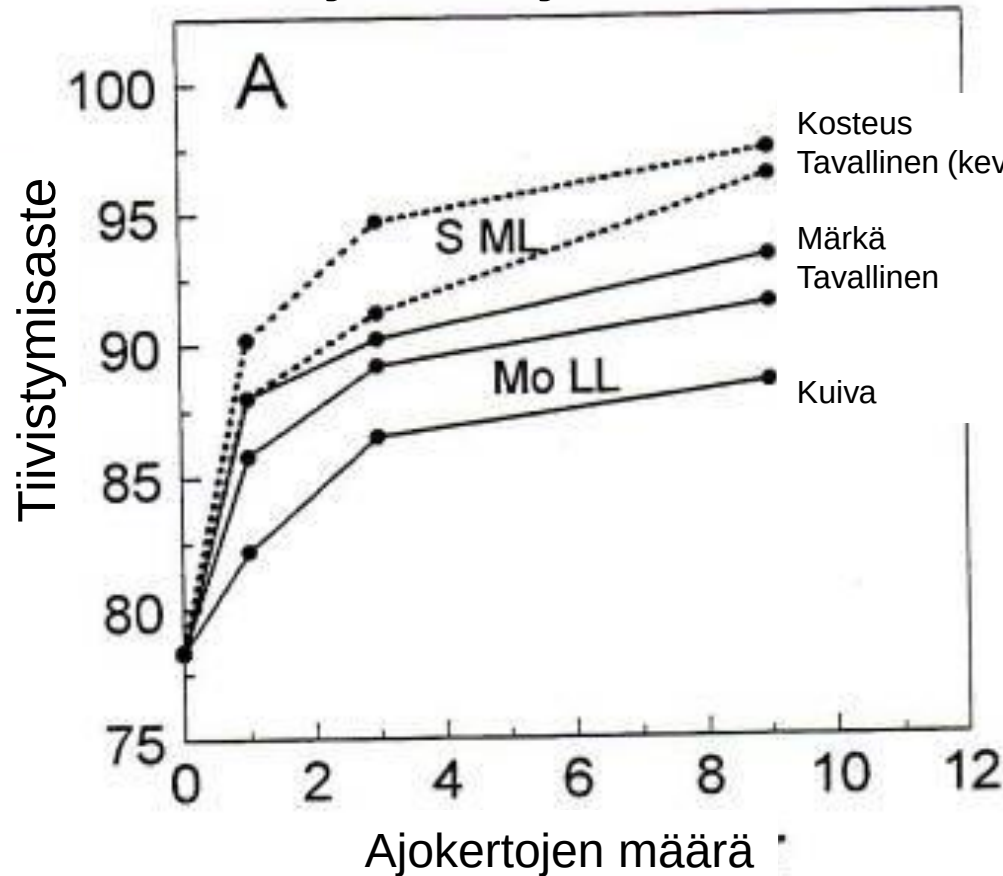
τ

kneading

tahtaantuminen

Mitä eroa kuormittajana:
Vedettävä pyörä
Vetävä pyörä

Ajokertojen määrän vaikutus maan tiiveyteen



Ruokamultakerroksen tiiveysaste keväällä kylvöaikaan: syyskynnetty maa

S = jäykkä savi, Ml = kevyt sati, Mo LL = moreeni savi

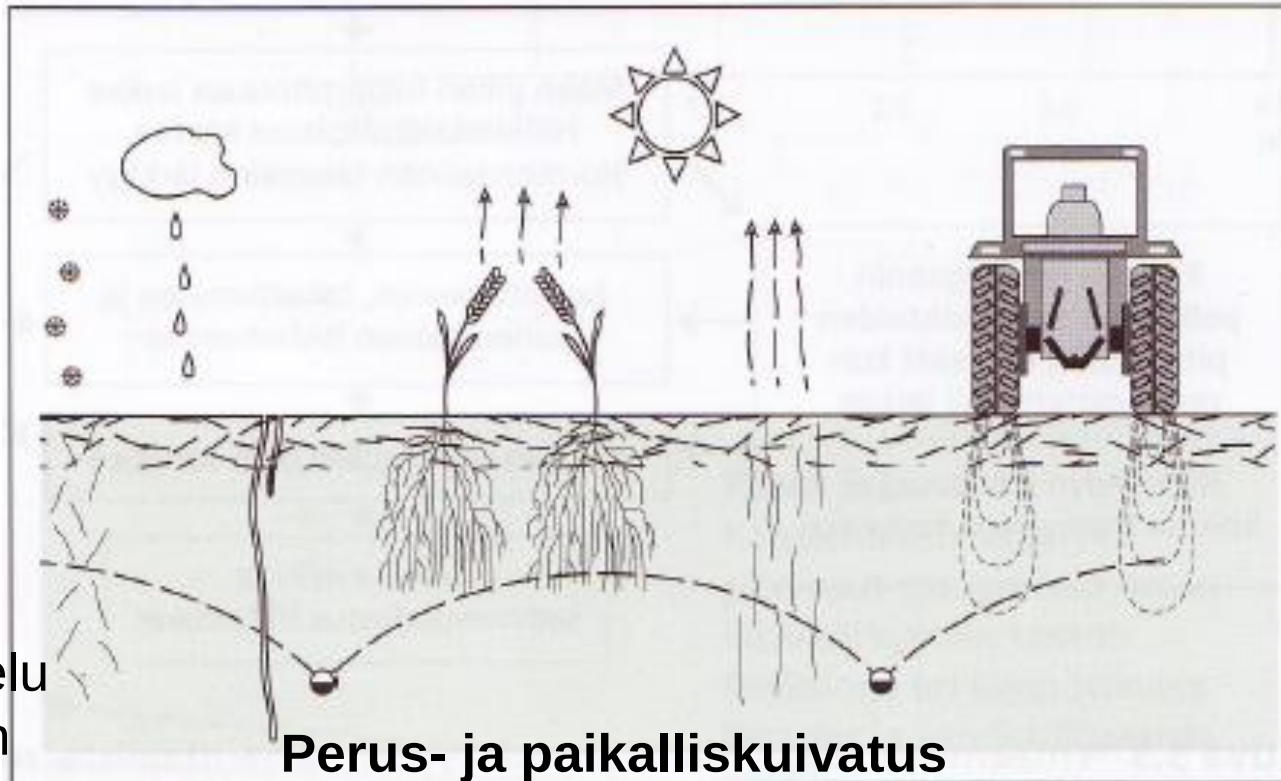
A Traktori (4000 kg, taka-akseli 3000 kg, rengaspaine 110 kPa) (Ljungars 1977)

B Moreenisavi 9900 kg rengaskuorma, 250 kPa rengaspaine (Etana 1995)

Maan tiivistymisen välttäminen
Peltotöiden ajoitus ja niiden yhteydessä tehtävät
valinnat

Viljelytoimet vaikuttavat maahan → valinnat ja päätöksenteko niiden yhteydessä

Viljelykierto
Kasvinvuorotus



Kalkitus
Lannoitus
Maan-
parannus-
aineet

Kasvinsuojelu
mekaaninen
torjunta-aineet

Muokkaus
menetelmä
syvyys
Peltoliikenne
tiivistäminen
hiertäminen
Töiden ajoitus,
suunnittelu

Suorat ja välilliset vaikutukset

Paikkojen välillä vaihtelua: maalaji, topografia, sääolot

Aika: välittömät, lyhyt- tai pitkäaikaiset vaikutukset

Tiivistymisriskin pienentäminen – peltoliikenteen suunnittelu



Ajouria (ei muokkausta)

→ Kasvuunlähdön epätasaisuus

→ Epätasainen pinta

→ Tiivistyminen

→ Urat keräävät vettä

→ Juuriston käyttö tukiverkkona
(mm. eloperäiset maat)

-Lohkokoko

-peruslohkon keskikoko 2,3 ha

-päisteajo

-liittymien määrä tieltä

-peltoliikenteen suunnittelu

-Lohkojen muoto

-päisteajo

-pällekkäin ajo (ajo-opastimen käyttö)

-työn sujuminen

Miten vähentää peltoliikennettä maan ollessa märkää?

Aikaikkunan tehokas hyödyntäminen

Töiden suunnittelu

- pelto- ja tieajon ajoitus
 - lannan levitys: etäsäiliöt
 - peltoajo kapeassa aikaikkunassa
 - tieajo esim. talvella
 - urakoitsija
 - eri kalusto tiellä ja pellolla
 - sadonkorjuu

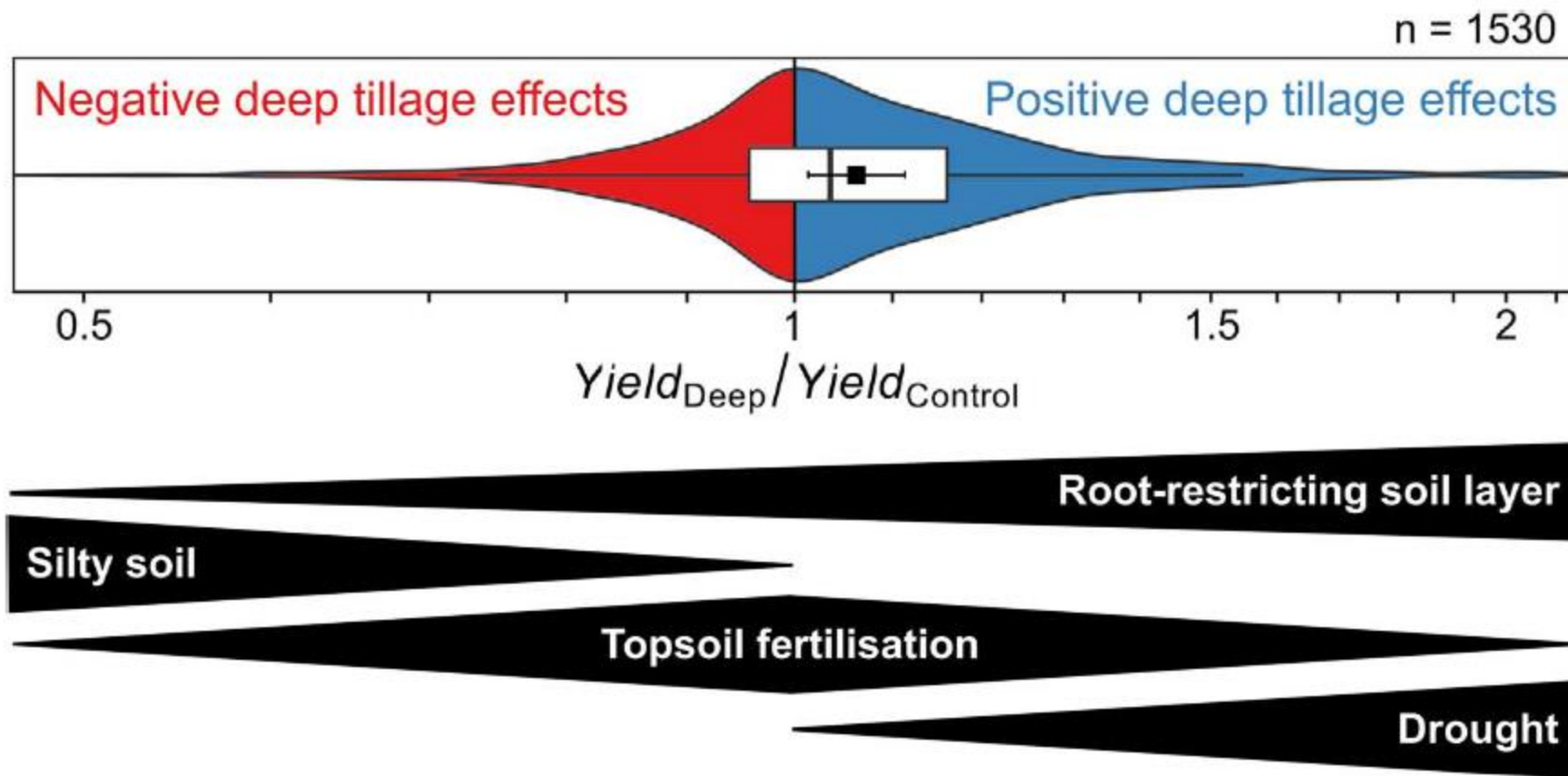
→ Menetelmien valinta

- lannan separointi/fraktiointi
 - lannoitearvon nosto
 - levitysmäärä/ha
 - ajon vähentäminen



- lannan syöttöletkulevitys
- Korjuu-kuljetus-jatkokäsittely –ketjun toimivuus
- Liikenteen järjestely suurilla lohkoilla

Syväkuohkeutus – koottua tietoa ulkomailta



-kuohkeutuksen tulosta arvioitu sadon perusteella

Tiivistämisen välttäminen – tietoa maan tilasta, tiedon käyttö päätöksenteossa



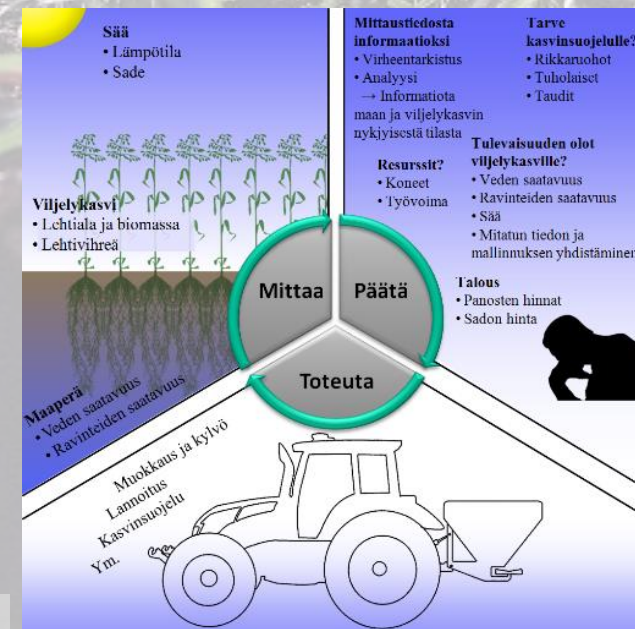
Tiedon hallinta maan rakenteen hoidossa

Tarvitaan systeemiratkaisuja:

- Teknologisten keinojen tuottaminen ja soveltaminen
 - monipuolisen tiedon yhdistämistä
 - mittaustuotaa tietoa, vasta tiedon hyödyntäminen tuottaa taloudellista tulosta mittausteknologian
 - onnistuminen edellyttää kokonaisuuden hallintaa

Maan kasvukunnon ylläpito pitkäjännitteistä toimintaa

- Osa viljelyn strategista suunnittelua
- Mukana kaikessa operatiivisessa suunnittelussa
- Maan rakenteen voi pilata nopeasti väärillä valinnoilla
 - esim. tiivistyminen
- Rakenteen korjaaminen vaatii pitkäjännitteisyyttä



Terranimo – kone-maa → jännitys <=> maan lujuus

[Etusivu](#) [Ohje/Johdanto](#) [Luo raportti](#)

TERRANIMO® SUOMI

Kieli Suomi [Kirjaudu](#)

[Valitse kone](#) [Määrittele maa](#) [Tulokset: Pintapaine](#) [Tulokset: maan lujuus ja jännitys](#)

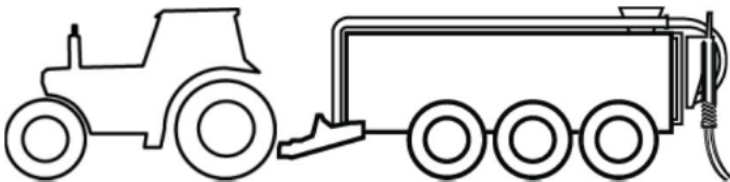
 Traktori 330 hv
 Traktori 170 hv
 Traktori 90 hv

 Leikkupuimuri
 Ajosilppuri
 Juurikkaannostokone
 Perunannostokone
 Itsekulkeva ruisku
 Lietevaunu

Valitse kone 

Traktori 330 hv

Lietevaunu



Paina renkaan kuvaketta vaihtaaksesi rengasta
Tekniset tiedot näkyvät, kun pidät hiirtä renkaan tai akselin kuvakkeen päällä

 Vankkuri: olkipaalien keräys
 Yksiakselinen paalien keruvaunu
 Kanttipaalain
 Juurikkaannostokone
 Perunannostokone
 Lannoitin
 Hinattava lannoitin
 Hinattava ruisku
 Lietevaunu
 Lietevaunu
 Lietevaunu

Ei työkonetta

Yhteenveto: maan rakenteen hoito ja ylläpito – tavoitteet ja toimet

Rakenteen muodostumiseen ja ylläpitoon vaikuttavat maan omat prosessit, mutta myös viljelyssä tehdyt perusparannukset ja vuosittaiset viljelytoimenpiteet.

Maan prosessit

Biologinen toiminta

- Lierot ja juuret huokoistavat ja murustavat maata. Tätä kutsutaan biologiseksi muokkaukseksi
- Mikrobitoiminta parantaa murujen kestävyyttä
- Edellytys kevennettäessä muokkausta

Fysikaaliset tekijät

- Kosteusvaihtelut halkeiluttavat ja murustavat savimaita
- Routa

Kemialliset tekijät

- Maan kationikoostumus
- Maaveden ioniväkevyyden nosto edesauttaa savimaan murujen muodostumista ja parantaa niiden kestävyyttä

Viljelytoimenpiteet

Viljelykierto

- Syväjuuriset ja monivuotiset kasvit
- Orgaanisen aineksen kertyminen
- Kasvipeite

Rehevä kasvusto

- Ottaa tehokkaasti ravinteita ja jättää maahan orgaanista ainesta
- Kuivattaa maata, jolloin savimaa halkoilee

Muokkaus

- Maan pinnan painannevarasto ja muokauskerroksen vedenvarastointikyky suurenevät ainakin hetkellisesti
- Kuohkeuttaa tiivistynyttä maata
- Luovuttaessa kynnöstä maan pintakerrokseen kertyy orgaanista ainesta, mikä parantaa murujen vedenkestävyyttä
- Muokkauksen vähentämisen edellytykset: läpäisevä rakenne, toimiva ojitus, biologinen muokaus korvaa mekaanisen, tiivistymisen ehkäisy

Maan tiivistymisen ehkäisy

- Huokosrakenne säilyy läpäisevänä
- Vähentää muokkaustarvetta

Muru- ja huokosrakenteen kestävyys

- Estää liettymistä, kuorettumista ja eroosiota
- Vähentää veden lätköitymistä, pinta-valuntaa ja maan tiivistymistä

Hyvä vedenläpäisevyys

- Veden nopea imeytyminen
- Maan kyky varastoida hetkellisesti vettä
- Maan hyvä vedenjohtavuus
- Vähentää lätköitymistä ja pinta-valuntaa sekä lisää salaojavaluntaa

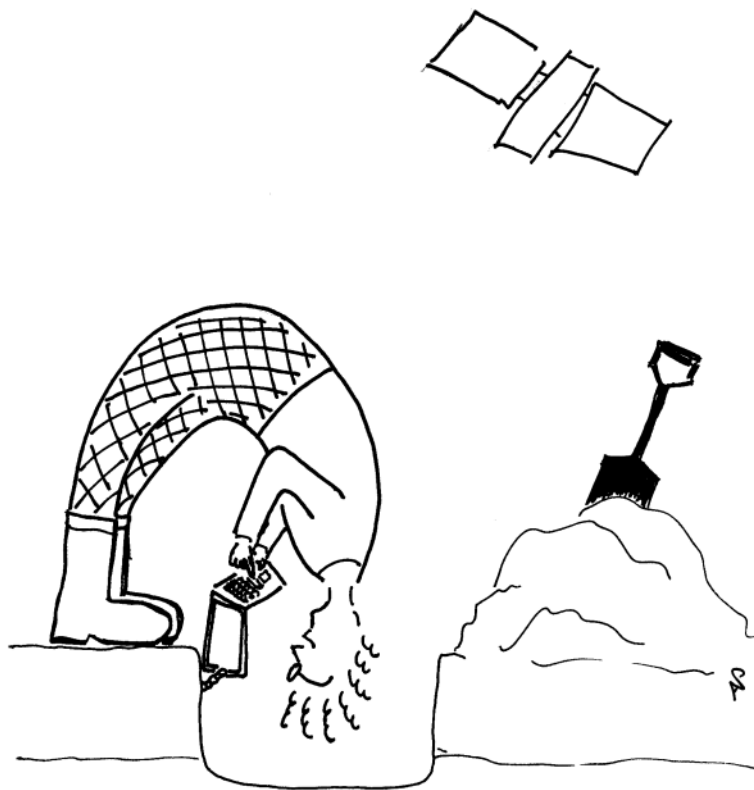
Perusparannukset

Kalkitus

- Kasvien kasvu
- Maan biologinen toiminta, mururakenne
- Maanesteen ioniväkevyyden ja kationikoostumus

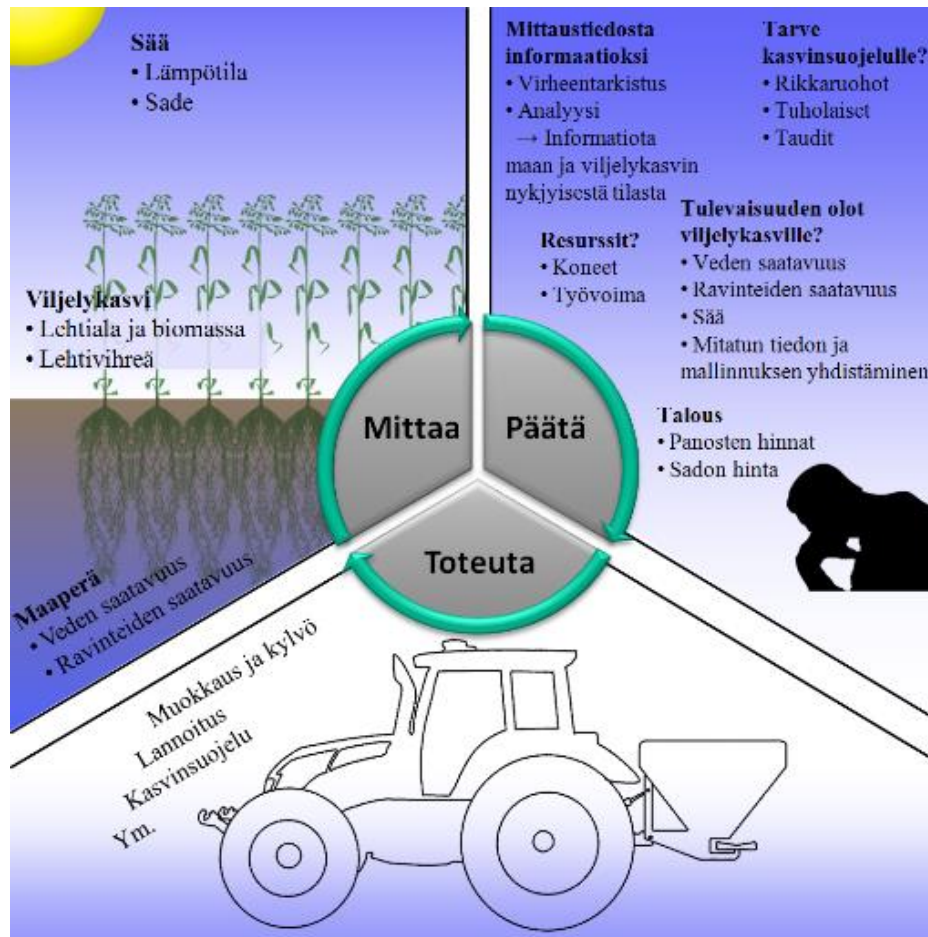
Toimiva ojitus

- Tyhjentää nopeasti makrohuokokset ja vähentää märkyyden haittoja
- Kasvien kasvu ja ravinteidenotto sekä maan luontaiset prosessit hyötyvät
- Tiivistymisen riski vähenee
- Kevennetyn muokkauksen edellytys

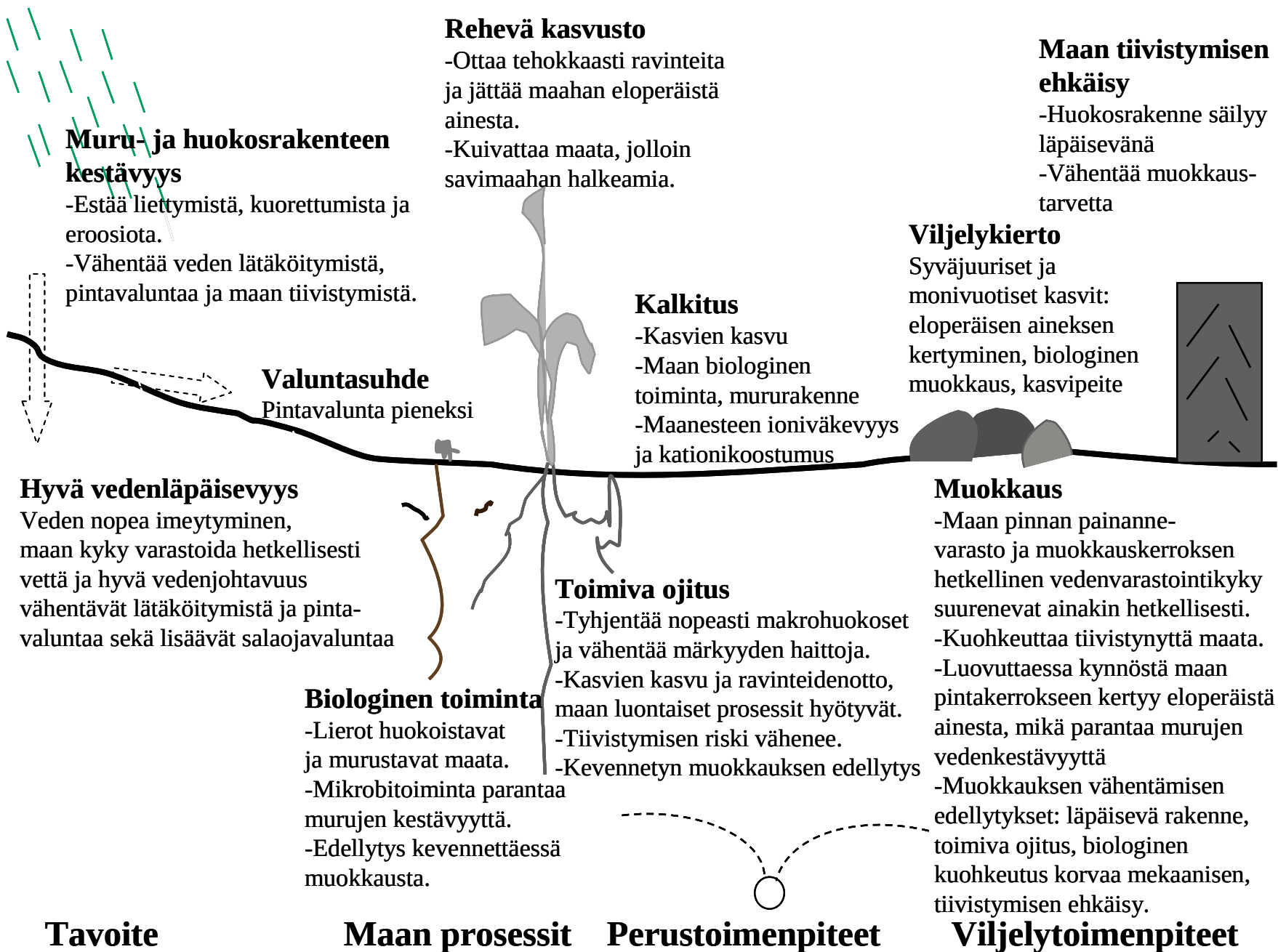


Kiitos!

Mallien käyttö tiedon hallinnassa - päätöksenteon tuki



Yhteenveto: maan rakenteen hoito ja ylläpito – tavoitteet ja toimet

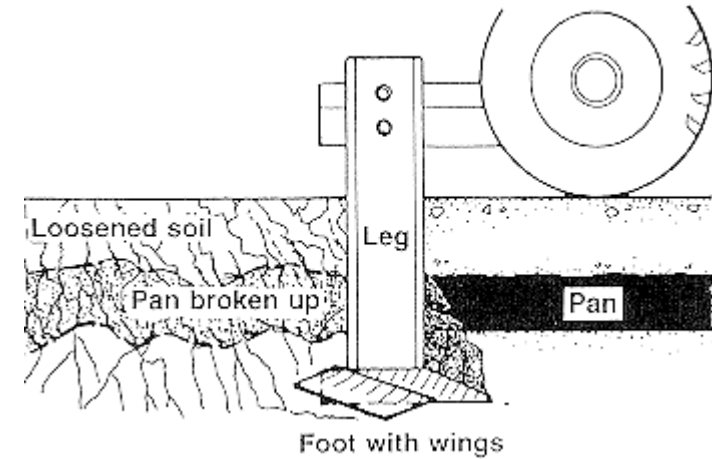


Tiivistymän korjaaminen – mekaaninen kuohkeutus



Pohjamaan tiivistymisen mekaaninen kuohkeuttaminen

<http://www.greppa.nu/arkiv/nyhetsarkiv/2016-06-21-avluckring-okade-potatisskord-men-gav-mer-klimatpaverkan>



Miten poistaa juurten kasvua ja aineiden liikkumista haittaava kerros/tiivistymä?

Kokeiltuja keinoja

- a. Mekaanisesti
- b. Biologisesti
- c. Näiden yhdistelmä

Ennen toimenpidettä tehtävä diagnoosi

Maan ominaisuudet

- huono läpäisevyys, esim. lätäköityminen
 - pinnan muodot, pinnan liettyminen (mm. liian hieno muokkaus)
- havaittu tiivistymä, onko pelkkä penetrometrichavainto?
- muokkausmenetelmien välillä eroa
 - maan hetkellinen varastointikyky, infiltraatio
- maan tiivistäminen: muokkauskerroksen tiivistymä ko. vuonna?

Kasvusto: kasvilaji, kehitysaste, muut stressit märkyyden aikaan

- kylvön ajoitus suhteessa märkyyteen
- esim. märkyys ohran alkukehityksen aikaan näkyi kesällä 2015

Johtopäätöksen maan tilan ja usean vuoden kasvustotietojen perusteella

- myös työketjut ja töiden ajoitukset mietittävä



Jankkurointi salaojituksen yhteydessä – PVO2 hankkeen tuloksia

Multava hiesumaa (Sotkamo)

- Jankkurointi n. 40 cm syvyyteen kaistoina (ei koko alueen kuohkeutusta)
- Salaojitettu juuri ennen syvämuokkausta
- Kevätvilja ja nurmi
- Jankkuroinnilla ei pitkäaikaisvaikutusta maan rakenteeseen (mitattiin makrohuoston tilavuus, kyllästetyn maan vedenjohtavuus, maan mekaaninen vastus)
- Mekaaninen vastus jankossa viljan viljelyssä pienempi jankkuroitaessa

Lähde: PVO2 loppuraportti, 2014 http://www.salaojayhdistys.fi/pdf/TY_31.pdf

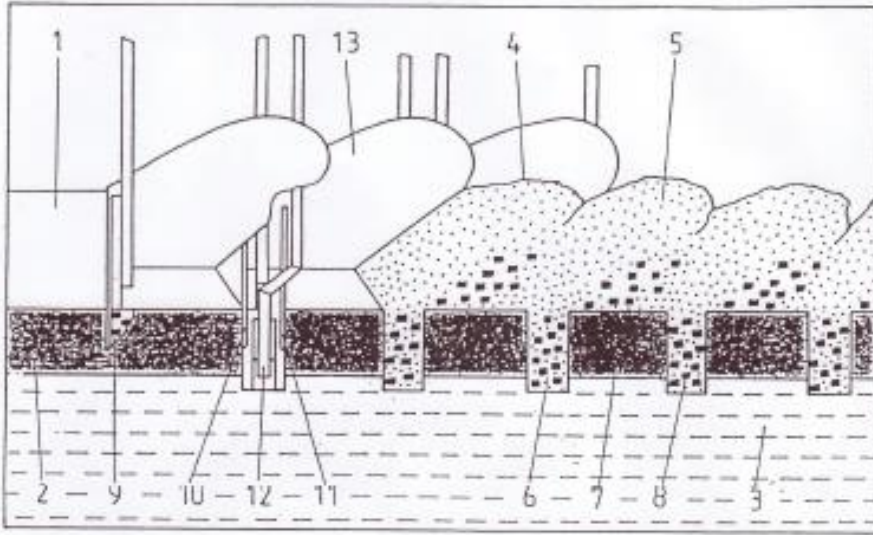
Jankkurointi yhdistettynä maanparannusaineisiin – PETLAn tutkimus, loppuraportti v. 2016

Simojoki ym. 2016. Perunamaan kyntöanturan rikkominen jankkuroinnilla ja uudelleentiivistymisen hidastaminen maanparannusaineen lisäyksellä hieuemaassa .
Maataloustieteen päivät:

- Vaikutus kesti ainakin vuoden perunamaassa
- Nurmi jankkuroinnin jälkeen paransi tilannetta
- Rakeistetun biotuhkan käyttö kuohkeutusurassa paransi tulosta

<http://www.smts.fi/MTP2016/abstracts>

Käsittelyn jälkeen



Rakenteen stabilointi, vakiinnuttaminen
→ Tavoitteena pitkä/pysyvä vaikutus
Maan uudelleen tiivistymisen ehkäisy
→ jos samanlainen viljely
jatkuu kuin ennen?

Kantavuus on ollut ongelma,
jos rikottu koko ala
→ osa tiiviistä kerroksesta rikotaan

Puuttuu tutkimustietoa:
kasvustoon jankkurointi, mekaaninen+biologinen vaikutus

Operatiivinen suunnittelu ja toiminta

- Töiden ajoitus, ajallisuus, töiden suunnittelu
- kapasiteetti/yllättävät olosuhteet....

Toteutus ja onnistuminen, joustavuus

Strategiset valinnat, suunnittelu

- Eri aikajänteet, menetelmät, osa viljelyn suunnittelua, peltoliikenteen suunnittelu, perusparannukset.....

Päätökset tiedon perusteella, tiedon hallinta

Tieto maasta ja yksittäisistä toimenpiteistä

- Oma tilanne: maalajit, eloperäinen aines, ojitus, kalkitus, viljelykierto, maanparannusaineet, menetelmät tekniset valinnat.....

Välineitä suunnitteluun, päätöksentekoon



Viljelytoimenpiteet ja valinnat
ja maan rakenteen hoito