

Metsämaan kantavuus ja kulkukelpoisuus: Maan fysikaaliset ominaisuudet

Juha Heiskanen

juha.heiskanen@luke.fi

www.luke.fi/henkilosto/juha.heiskanen

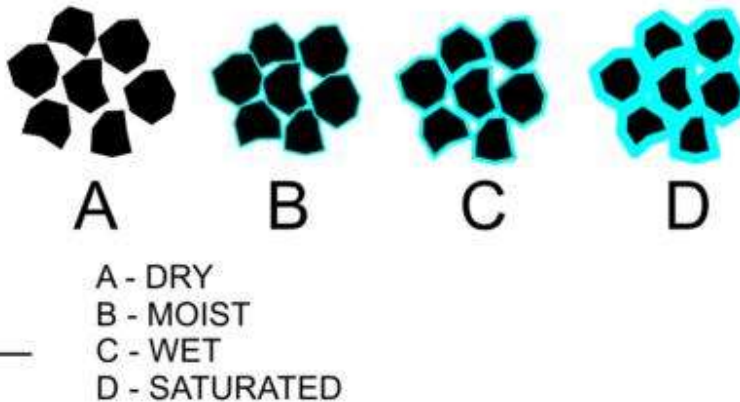
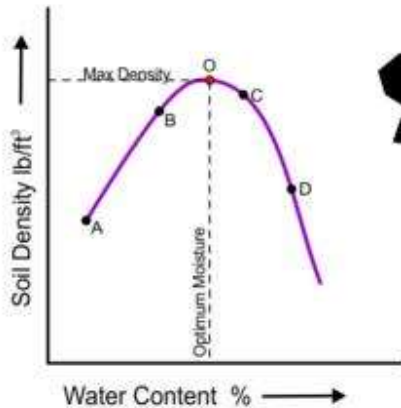
Meolo-workshop, Luke, Vantaa
13.9.2016



Taustaa

Maan **kantavuus** kuvaa kykyä vastustaa pystysuoraa kuormitusta sekä maan muodonmuutosominaisuuksia. **Kantokyky** tarkoittaa maan murtokuormaa.

Kantavuuteen vaikuttavat maan **mekaaniset** ominaisuudet (lujuustekijät), joita taas määrittävät **fysikaaliset** tekijät kuten tiheys, maalaji, vedenpidätyskyky ja -johtavuus (**ominaisuustekijöitä**) sekä erityisesti vesipitoisuus ja lämpötila (routa) (**olosuhdetekijöitä**).



| Maalaji | Kosteus | Kantavuus, kPa |
|-------------|----------|----------------|
| Turve | | 20 |
| Hiekka | Kuiva | 200 |
| Hiekka | Märkä | 400 |
| Hieno sora | | 500 |
| Karkea sora | | 200-600 |
| Pehmeä savi | Märkä | 100 |
| Savi | Kostea | 200 |
| savi | Kuivahko | 400 |
| Lumipolanne | | 900 |

Ragot 1976 (from Saarilahti 1991)

Maan oloja mitataan maastossa kuten vesipitoisuutta ja lpt:a

Myös ominaisuustekijöitä (mekaanisia ja fysikaalisia) voidaan mitata maastossa, mutta yleensä fysikaalisten ominaisuustekijöiden mittaus vakioituu parhaiten laboratoriossa...



Decagon EC-5 anturi ja ECH2O-Check käsimittari (tai 5-kanavainen loggeri Em5b) mittaavat maan dielektrisyttä sähkömagneettisen kentän kapasitanssin perusteella



Delta-T Devices:in ThetaProbe mittaa seisovan aallon periaatteella sähkökentän impedanssia / kapasitanssia



Delta-T Devices WET sensor + HH2 käsimittari (vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus)



ProCheck mittari ja 5TE-anturi (vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus)



Maanäytteenotto fysikaalisiin laboratoriomittauksiin

Irtonäyte

- **Maan koostumus**
 - maalaji, maannos
 - maan orgaanisen aineen määrä ja laatu
 - ominaispinta-ala

Häiriintymätön (lieriö)näyte!

- **Maan huokoisuus**
 - rakenne, kokonaishuokostila ja huokoskokojakauma
 - ilmalla täyttynyt huokostila
 - kaasujen diffuusionopeus
- **Maan hydrauliset ominaisuudet**
 - vedenpidätyskyky
 - vedenjohtavuus
- **Maan termiset ominaisuudet**
 - lämmönjohtavuus
 - lämmönvarastoimiskyky



Vedenpidätyskyvyn määrittäminen laboratoriossa



Painelevylaitteisto (SoilMoisture Inc. ja Luke Su), lieriöt k 60, Ø 58 mm => 158 cm³



1 bar painelevy



15 bar painelevy

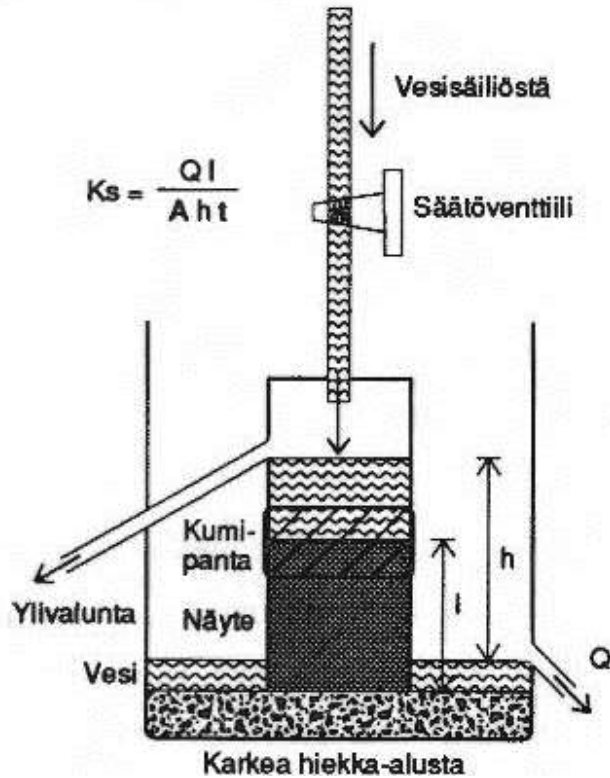
Vedenpidätyskyky kuvaa vesipitoisuuden (til.%) ja veden pidätysvoiman (matriisipotentiaali, kPa) suhdetta yleensä kuivumisen suunnassa. Tämä suhde riippuu maan huokoskokojakaumasta, johon puolestaan vaikuttavat maan tiheys, huokostila, org.aines ja raekoko.

Vedenjohtavuuden määrittäminen laboratoriossa

Vedenjohtavuus kuvaa materiaalin läpi pinta-alayksikköä kohti painegradientissa virtaavan veden määrää aikayksikössä [m/s].

Kyllästysvedenjohtavuus K_s tai K_{sat} määräytyy maaperän läpäisevyyden k , virtaavan nesteen tiheyden ρ ja nesteen dynaamisen viskositeetin μ funktiona. Maaperän **läpäisevyys** k [m²] on riippumaton nesteen ominaisuuksista. K_s riippuu maan huokostilasta, huokoskokojakaumasta ja virtaamamatkan geometriasta/mutkaisuudesta. K_s voidaan mitata myös maasto-oloissa (auger hole, infiltrometrit).

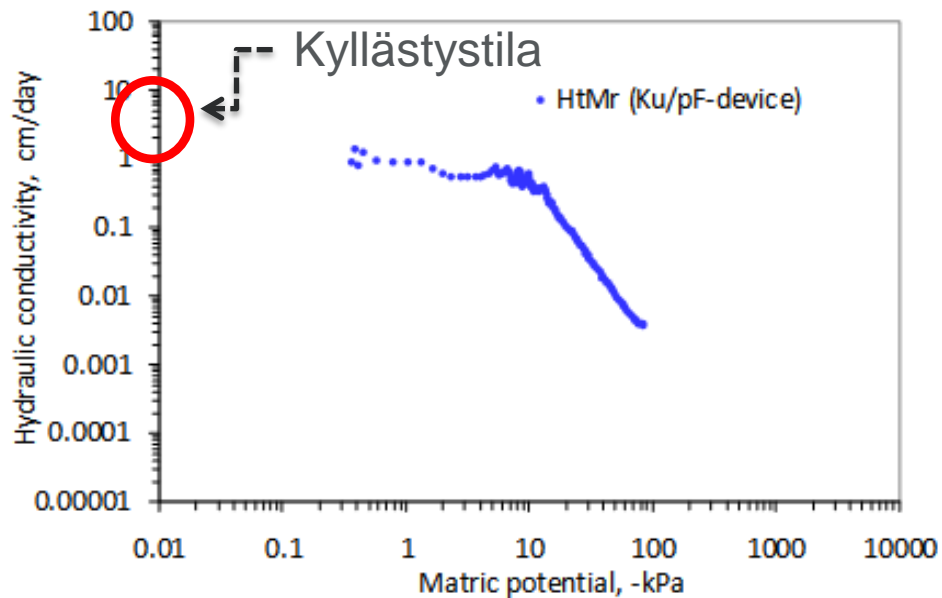
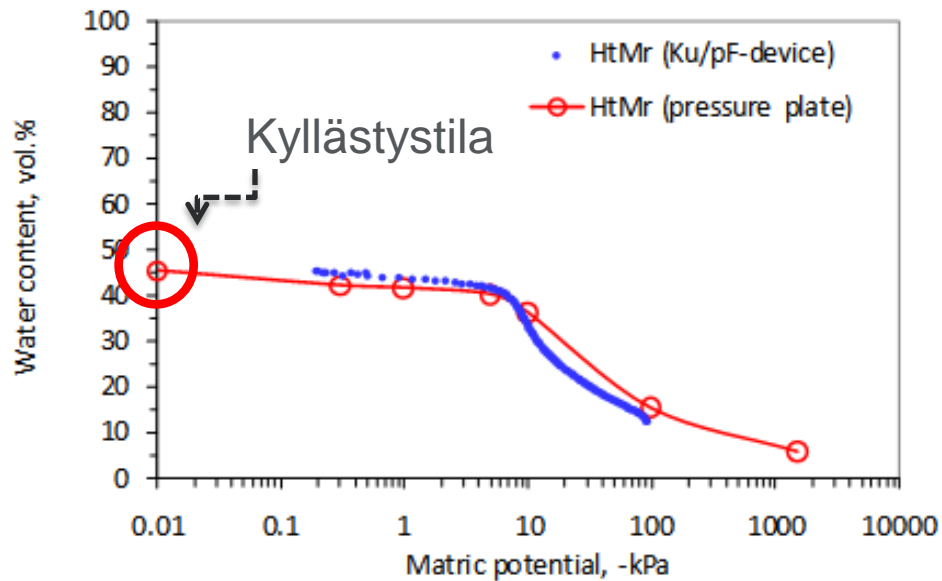
Kyllästymätön vedenjohtavuus K_u tai K_{unsat} mitataan maan matriisipotentialin suhteen kuten vedenpidätyskyky. Esim. karkeassa maassa K_u on alhainen (K_s suuri), mutta hienojakoisessa maassa yleensä korkeampi (K_s alempi).



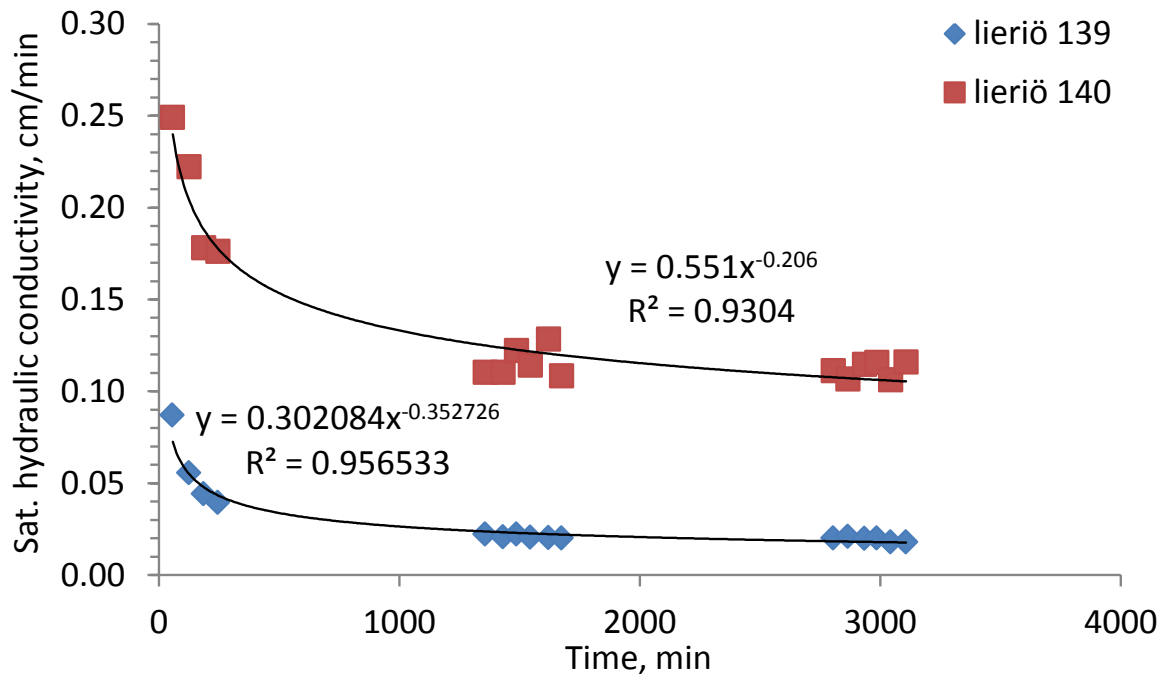
K_s -mittausperiaate vakipainevalutuksella (lieriö 158 cm³)



Tensiometriaan ja haihduntaan perustuva kyllästymätömän maan vedenjohtavuuden (K_u) ja vesipitoisuuden mittalaite (UGT GmbH, lieriöt 250 cm³)



Esimerkki näytteen vedenpidätys-
kyvystä (kahdella eri menetelmällä)
ja vedenjohtavuudesta (Ku)
kuivumisen funktiona.



Yllä esimerkki Ks-mittauksen tasaantumisesta vakiopainevalutuksessa. Mittaus on herkkä eri tekijöille ja vaatii riittävästi toistoja.

Oikealla suuntaa-antavia kyllästysvedenjohtavuuden (Ks) arvoja eri maalajeille.

| Maalaji | K (m s ⁻¹) |
|---------------|------------------------|
| Sora | 0,1...0,001 |
| Karkea hiekka | 0,01...0,0001 |
| Hiekka | 0,001...0,00001 |
| Karkea hieta | 0,0001...0,000001 |
| Hieno hieta | 0,00001...0,0000001 |
| Hiesu | 0,000001...0,00000001 |
| Savi | <0,000000001 |

Käytettävissä olevia maaperän ved.pid.aineistoja

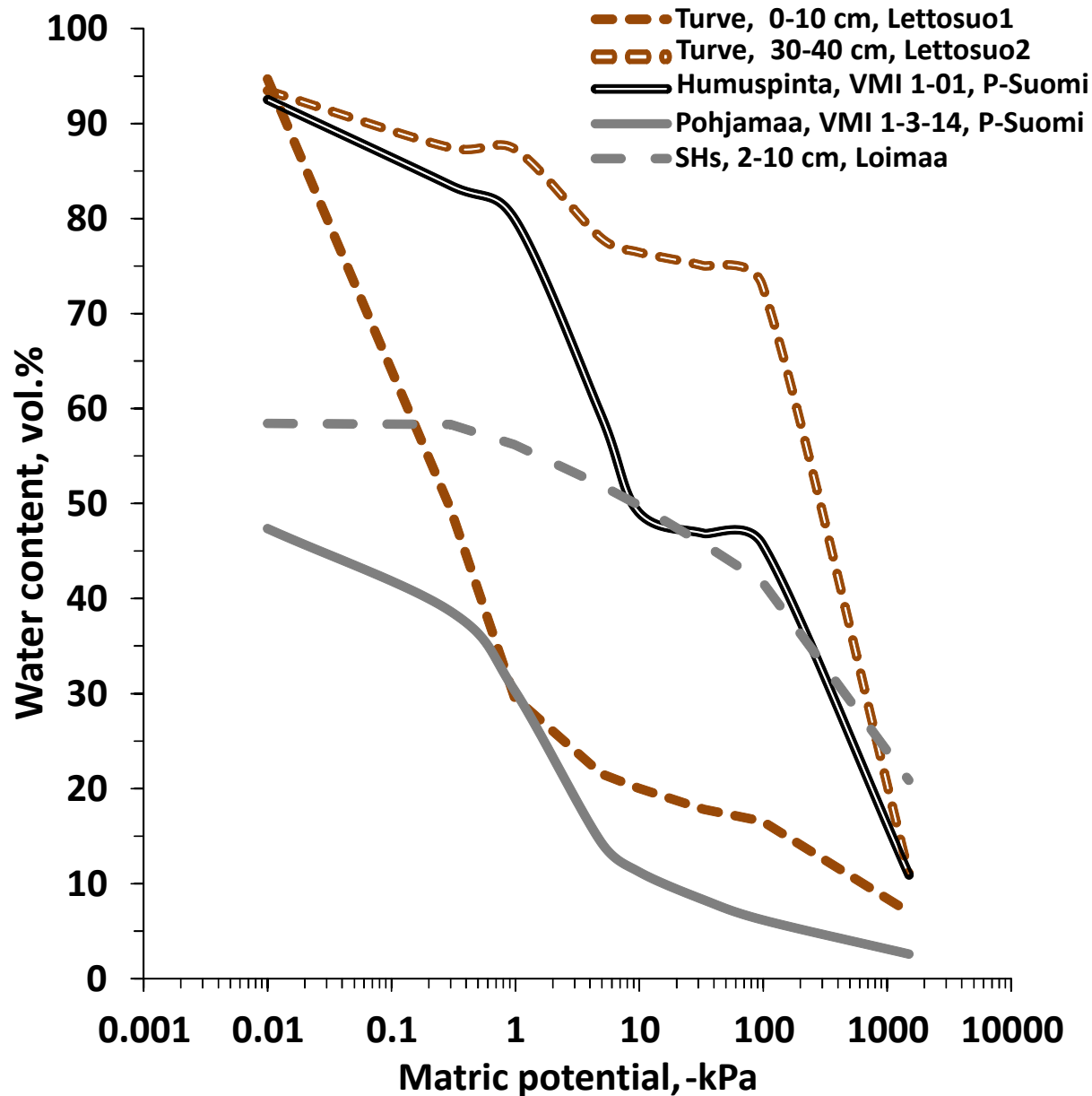
| Kohteet | Otosv. | Vastuututkija(t) | $\theta(\psi)$ | Ksat | K(ψ) | Raekoko | <i>in situ</i> | | |
|-------------|---------|---------------------------------|----------------|------|-------------|---------|----------------|--------|-----------|
| | | | | | | | θ | ψ | Lieriöitä |
| Hyytiälä | 1985 | Heiskanen Juha | On | Ei | Ei | On | Ei | On | 116 |
| Hyytiälä | 1987-88 | Jauhiainen Mikko | On | ? | ? | On | ? | ? | 360 |
| Hyytiälä | 1995-96 | Ilvesniemi Hannu | On | Ei | Ei | Ei | Ei | Ei | 131 |
| Hyytiälä | 1995-97 | Ilvesniemi Hannu | On | ? | ? | ? | ? | ? | 189 |
| VMI BioSoil | 2006-07 | Tamminen, Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Ei | On | On | ? | 379 |
| FutMon | 2009-10 | Derome, Lindroos, Heiskanen | On | Ei | Ei | ? | ? | Ei | 65 |
| VMI | 2011 | Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Osin | On/VMI? | Osin | Ei | 36 |
| VMI | 2012 | Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Osin | On/VMI? | Osin | Ei | 106 |
| VMI | 2013 | Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Osin | On/VMI? | Osin | Ei | 103 |
| VMI | 2014 | Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Osin | On/VMI? | Ei | Ei | 95 |
| VMI | 2015 | Ilvesniemi, Heiskanen | On | Ei | Osin | On/VMI? | Ei | Ei | 108 |
| Loimaa | 2013 | Heiskanen, Saksa | On | Ei | Ei | On | Ei | Ei | 30 |
| M&V-ohjelma | 2013-15 | Hökkä, Heiskanen | On | On | Osin | Ei | Ei | Ei | 92 |

1 810

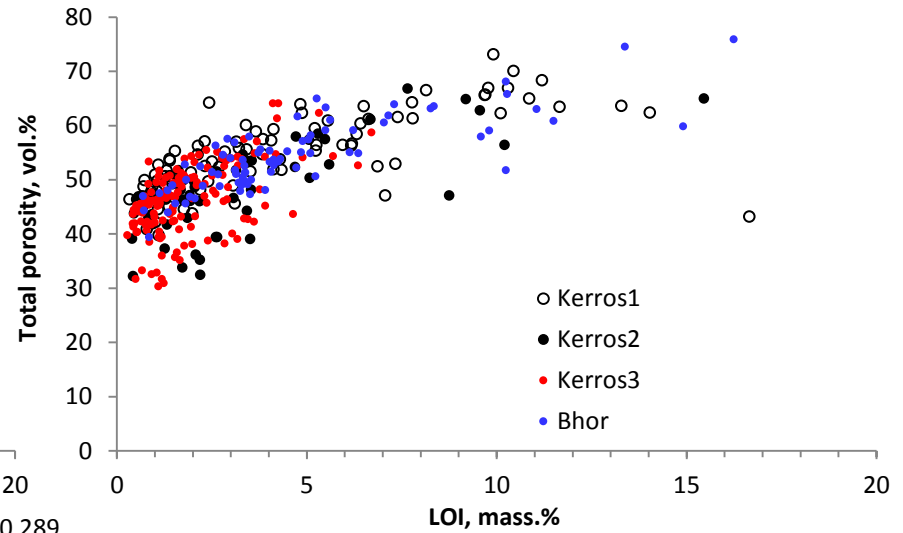
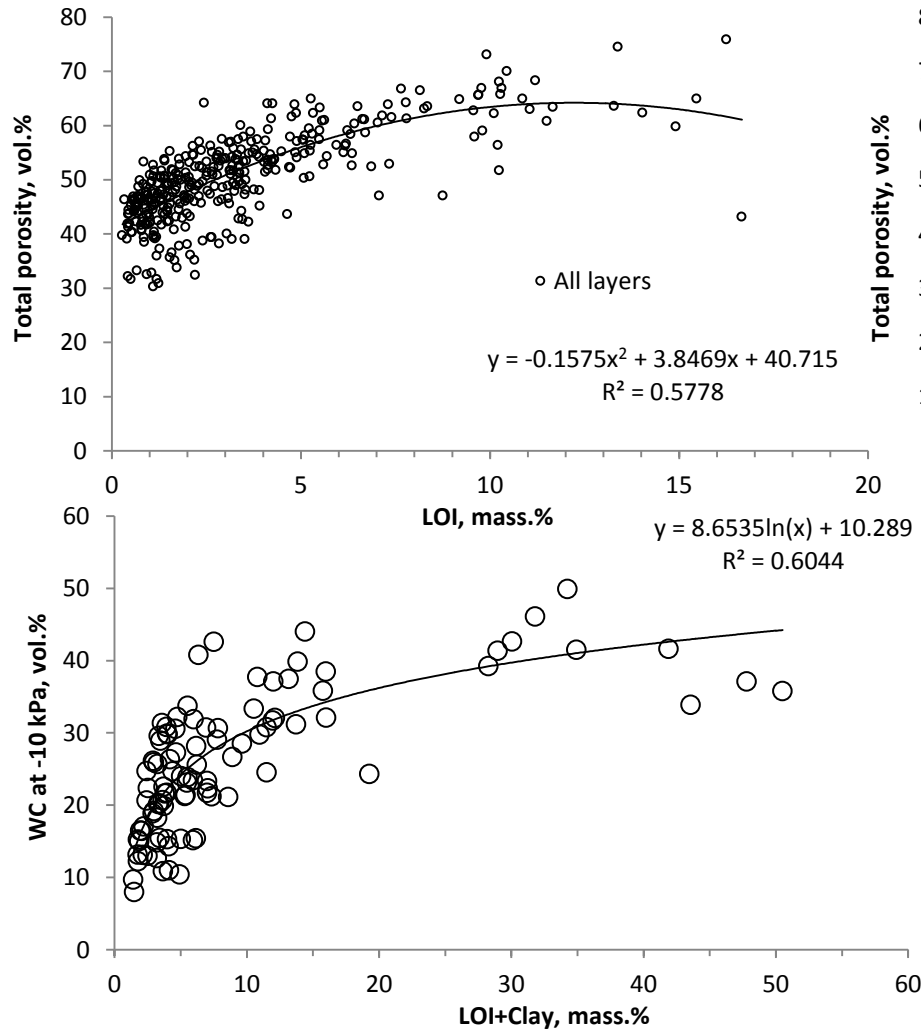


Meolo-workshop, Luke, Vantaa 13.9.2016

J. Heiskanen



Esimerkki:
 Vedenpidätyskyky eroaa kerroksittain ja maalajeittain suo- ja kivennäis- mailla



Esimerkki: Huokostilaa ja kenttäkapasiteetin vesipitoisuutta selittäviä regressioita (BioSoil aineisto 2006-7)

Kiitos !

