

Lausuntopyynnön diaarinumero: 244/00.07/2024

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=20eae4aa-6c78-434a-8759-586c9736857c>

Lausunto lähetty sähköpostilla 8.2.2024 seuraaville:

kai.blauberg@metsakeskus.fi; irina.kudasheva@metsakeskus.fi; marja-leena.paatalo@luke.fi;
ville.kankaanhuhta@luke.fi

Lausunto Metsämaa-sanaston lausuntopyyntöön

Juha Heiskanen, Luke 8.2.2024

Pyydän huomioimaan seuraavan näkemyksen koskien em. Metsämaa-sanastoa. Sanasto nykyisellään kattaa pääosin keskeiset käsitteet, jotka esiintyvät Metsänhoidon suosituksissa, jolla on relevanssia käytännön metsänhoidon kannalta. Sanastossa on esitelty metsämaan käsitteitä mm. liittyen maan lämpöoloihin ja maaperäeliöstöön. On kuitenkin nähtävissä, että myös maan fysiikkaan, mekaniikkaan ja vesioloihin liittyvät käsitteet ovat vähintäänkin yhtä relevantteja käytännön metsänhoidon kannalta kuin em. käsitekokonaisuudet. Esim. maan vesipitoisuus ja vedenpidätyskyky vaikuttavat merkittävästi mm. kasvupaikkatyyppiin, maan puutoskykyyn ja metsäkoneiden kantavuuteen. Esitän asianomaisille sähköpostilla lähetetyssä eri liitteessä tarkemmin joitain ehdotuksia näistä soveltuvista käsitteistä, mutta jätän kuitenkin niiden relevanttiuden tason ja suhteet muihin sanaston käsitteisiin nähden arvioitavaksi muille kommentoijille ja Metsäalan sanastotyö-hankkeen vastuullisille.

Ehdotus harkittaviksi lisäyksiksi Metsämaa-sanastoon: Eräitä metsämaan fysiikkaan, mekaniikkaan ja vesioloihin liittyviä käsitteitä Juha Heiskanen, Luke 8.2.2024

-Käsitteet on esitetty alla vapaamuotoisena tekstinä eivätkä ole suoraan Metsäsanastoon sopivassa formaatissa.

-Teksti perustuu pääosin lähteeseen: Mälkönen, E. 2003. (toim.) Metsämaa ja sen hoito. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus. Karisto, Hämeenlinna. s. 39-62. Lisänäkemyksiä ja tarkennuksia käsitteisiin antanevat tarvittaessa Lukessa professorit Jari Ala-Ilomäki ja Hannu Ilvesniemi.

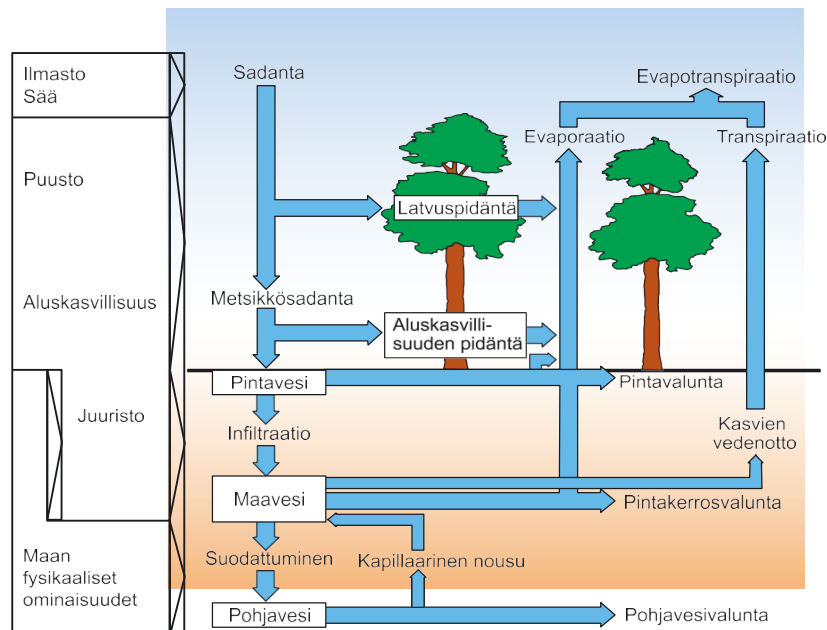
Maan fysikaaliset ominaisuudet kuvaavat maan kiinteiden, nestemäisten ja kaasumaisten ainesosien mekaanista koostumusta, määräosuuksia ja liikesuhteita sekä energian eri muotoja ja energiavirtoja maaperässä.

Maan ainesosien välisiä määräsuhteita voidaan ilmaista massa- (gravimetrisesti) tai tilavuussuhteina (volumetrisesti). Maan **tiheys** ilmaisee kuivamassan suhteen sen kokonaistilavuuteen. Karkean kivennäismaan tiheys voi olla yli 2 g/cm³. Hienorakeisen, mururakenteisen maan tiheys on yleensä alle 1 g/cm³. Orgaanisen maan tiheys vaihtelee tavallisesti välillä 0,05-0,20 g/cm³. Maan **ainestiheys** tarkoittaa maanäytteen massan suhdetta sen tilavuuteen ilman huokosia. Kivennäismaan ainestiheys vaihtelee suhteellisen vähän, yleensä välillä 2,6-2,7 g/cm³. Orgaanisen aineksen tiheys voi vaihdella välillä 1,2- 1,8 g/cm³. Maan **huokostila** on huokostilavuuden ja näytteen kokonaistilavuuden suhde. Sen arvo vaihtelee kivennäismaassa välillä 30-60 %. Orgaanisen maan huokoisuus on yleensä suurempi eli 80-98 %.

Maan **vesipitoisuus** voidaan ilmaista näytteen vesimäärän ja tilavuuden suhteena, myös massapohjaista vesipitoisuutta on käytetty. Maan keskimääräinen vesipitoisuus kenttäkapasiteetissa riippuu maalajista (hienoaineksen määrästä) ja orgaanisen aineksen määrästä. Täysin kyllästyneen maan vesipitoisuus on yhtä suuri kuin sen huokostila. Maan **ilmatila** on ilmalla täyttyneen huokostilan suhde näytteen kokonaistilavuuteen, mikä määrää maan ilmanvaihdon tason.

Maan rakenteessa erotetaan tavallisesti kolme rakennetyyppiä. Karkeat lajitteet, joissa maahiukkasiin vaikuttava painovoima on suurempi kuin hiukkasten välinen koheesio, ovat irtorakeisia eli niillä on **jyvä rakenne**. Hiukkaset esiintyvät tällöin yksittäin. Kun maa-aines on pakkautunut tiiviiksi kokkareiksi, kuten kuivuneessa savimaassa, rakennetta kutsutaan **massiiviseksi**. Näiden rakennetyyppien välimuotona voidaan pitää **mururakennetta**, jolloin hiukkasia on liimautunut yhteen. Mururakenteen muodostuminen ja pysyvyys riippuvat lähinnä saven ja orgaanisen aineksen laadusta ja määrästä, koska maahiukkaset liittyvät toisiinsa kolloidien vaikutuksesta. Mururakenne aikaansaa ns. sekundäärihuokosia. Huokoskojakauman primäärihuokoset johtuvat taas raekojakaumasta. Sekundaarihuokoset edistävät maan viljavuutta, koska maan ilmanvaihto sekä vesi- ja lämpöolot yleensä paranevat mururakenteen muodostuessa. Lisäksi maan mekaaninen vastus juurten kasvulle on vähäisempi mururakenteisessa kuin massiivisessa maassa.

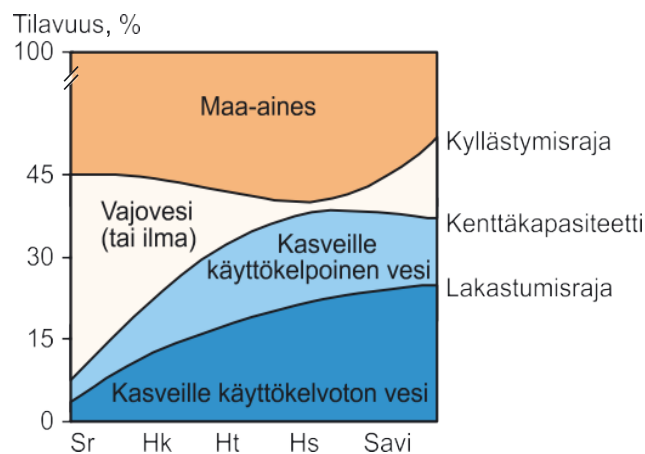
Maan vesitaloudella tarkoitetaan maaperässä olevan veden tilaa kuvaavien tekijöiden (esim. vesipitoisuus, vesipotentiaali, vedenjohtavuus) ja niiden muutosten sekä niihin vaikuttavien tekijöiden muodostama kokonaisuutta.



Kaaviokuva metsämaan vesitaloudesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä (Heiskanen 1989).

Maavesi on maanpinnan ja pohjavesipinnan välillä osittain sitoutuneena ja osittain vapaana vajovetena esiintyvää vettä. **Pohjavesi** on maaperän vapaata vettä kyllästyneessä vyöhykkeessä. **Orsivesi** on pohjavesipinnan yläpuolella kyllästyneessä vyöhykkeessä esiintyvää vapaata vettä. Maan huokostila on vaihtelevassa määrin veden ja ilman täyttämä vesipitoisuuden vaihtelun mukaan. **Kyllästyskosteudessa** maan huokostila on kokonaan veden täyttämä ja vesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta.

Kenttäkapasiteetilla ymmärretään sitä vesipitoisuutta, joka on saavutettu, kun ylimäärin kastunut maa saa valua niin kauan, ettei vajovettä enää esiinny. **Lakastumisrajalla** vesi on niin vahvasti pidättynyt maahan, etteivät kasvit pysty sitä ottamaan.



Kaaviokuva maalajitteiden vedenpidätyskyvystä (Danfors 1963).

Maaveden kokonaisenergia on käytännössä asemaenergiaa eli painovoimapotentiaalia, jonka suuruus riippuu maaveden korkeusasemasta vertailutasoon nähden. Vertailutasona on yleensä pohjavesipinta. Veden **painepotentiaali** on seuraus vesimolekyylien adsorboitumisesta maahiukkasten pinnalle, vesimolekyylien keskinäisestä koheesiosta ja kapillaarisuudesta. Vesimolekyylit pidättyvät maahiukkasiin sitä voimakkaammin mitä lähempänä adsorptiopintaa ne ovat. Painepotentiaali on positiivinen, kun paine on suurempi kuin ilmanpaine ja negatiivinen, kun paine on ilmanpainetta alhaisempi. Negatiivinen painepotentiaali esiintyy pohjavesipinnan yläpuolella. Pohjavesipinnalla potentiaali on 0 ja sen alapuolella vallitsee positiivinen hydrostaattinen paine. Painepotentiaali-komponentista käytetään nimitystä

matriisipotentiaali, joka ilmentää veden sitoutumislujuutta maamatriisiin adsorptiopintoihin. Suomen kangasmaissa ekologista merkitystä on lähinnä vain matriisipotentiaalilla. Maaveden kokonaispotentiaaliin kuuluu muitakin osapotentiaaleja, joista ekologista merkitystä voi olla **osmoottisella** potentiaalilla. Se muodostuu vedessä ionien ja muiden hiukkasten hydratoitumisen vuoksi, jolloin syntyy maaliuksen sisäinen vedenpidätysvoima (esim. lannoitus voi laskea osmoottista potentiaalia).

Maan **vedenpidätyskyvyllä** ymmärretään maaveden potentiaalin ja sitä vastaavan vesipitoisuuden suhdetta. Sitä kuvaavaa käyrää on kutsuttu myös desorptio- tai pF-käyräksi. Kasvien kannalta pysyvä lakastumispiste (noin -1,5 MPa) on raja, jota alhaisemmillä potentiaalin arvoilla vesi ei yleensä ole käyttökelpoista. Kenttäkapasiteettia heikommin sitoutunutta vettä (vajovesi) on pidetty kasveille tarpeettomana, joka valuu juurten ulottumattomiin. Maassa vallitsee kenttäkapasiteetti yleensä silloin, kun matriisipotentiaali on noin -10 kPa. Kenttäkapasiteettia ei siis saavuteta sellaisessa maassa, johon nousee kapillaarisesti vettä pohjavesipinnasta, joka on alle metrin syvyydellä. Kasveille **käyttökelpoinen vesimäärä** on kenttäkapasiteetin ja pysyvän lakastumisrajan vesipitoisuuksien erotus eli hyötykapasiteetti. Kasvien vedensaannin kannalta sopiva vesipitoisuus riippuu maan ilmatilasta ja vesipotentiaalista. Karkea sääntö on, että vedensaataavuus on kasveille hyvä kuin huokostilassa on puolet vettä ja puolet ilmaa.

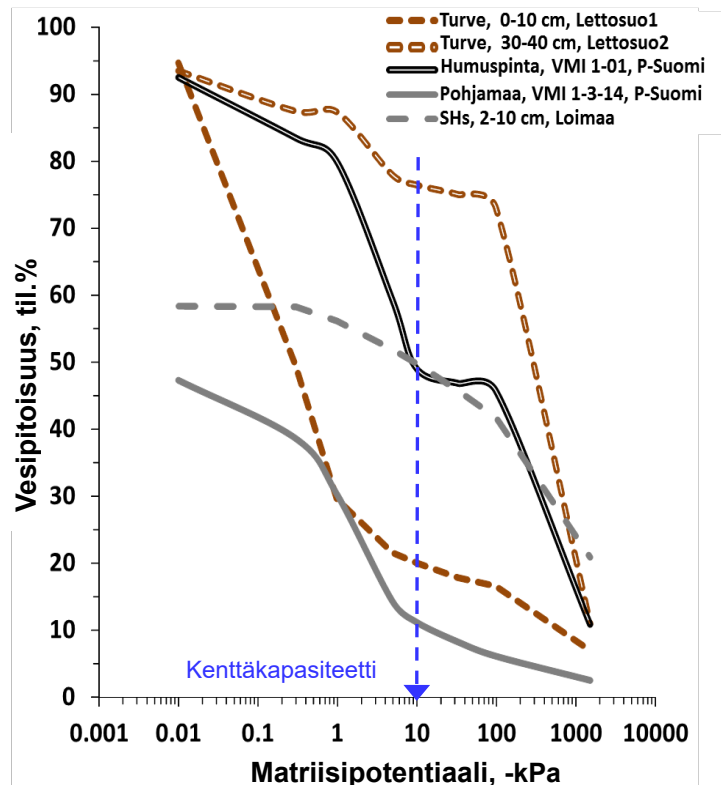
Maaveden matriisipotentiaalin ilmaisemisessa yleisimmin käytetyt paineyksiköt.

H ₂ O, cm	pF=log(H ₂ O, cm)	kPa (=kJ/m ³)
1,0	0,0	0,098
10	1,0	0,981
100	2,0	9,81
1 000	3,0	98,1
10 000	4,0	980,7
15 849	4,2	1554,2

Vedenpidätyskyky riippuu suoraan maan **huokoskokojakaumasta**, joten desorptiokäyrän perusteella voidaan päätellä maan huokoskokojakauma. Tietyillä vesipotentiaalin arvoilla pidättynyt vesimäärä vastaa suoraan tämän kokoluokan huokosten tilavuusosuutta. Huokoskokojakauma ja vedenpidätyskyky riippuvat lähinnä raekokojakaumasta, orgaanisen aineksen määrästä ja maan rakenteesta. Huokokset jaetaan useimmiten 3-4 kokoluokkaan.

Maan matriisipotentiaalia vastaavat suurimmat vedellä täyttyneet huokokset (Scheffer & Schachtschabel 1989).

Huokokset	Ø (µm)	pF	kPa	Peruste potentiaalin ylärajalla
Suuret karkeahuokokset	> 50	0...1,8	> -6,2	Kenttäkapasiteetti (min.)
Pienet karkeahuokokset	50-10	1,8...2,5	-6.2...-31	Kenttäkapasiteetti (max.)
Keskihuokokset	10-0,2	2,5...4,2	-31...-1554	Pysyvä lakastumisraja
Hienohuokokset	< 0,2	>4,2	< -1554	



Esimerkkikuva: Vedenpidätyskyky eroaa kerroksittain ja maalajeittain eräillä suo- ja kivennäismailla

Veden **kapillaarisen nousun** ansiosta kasvit voivat kuivina kausina saada tarvitsemansa veden. Nousukorkeus riippuu maan raekoosta, mutta kapillaarinen nousunopeus on alhaisin hyvin karkeilla ja toisaalta hyvin hienoilla lajitteilla. Maan **vedenjohtavuutta** tutkittaessa ollaan yleensä kiinnostuneita veden liikkeestä vedellä kyllästyneessä maassa. Kyllästysvedenjohtavuuteen vaikuttavat lähinnä huokoskokojakauma. Moreenimaassa veden liikkuminen on yleensä hitaampaa kuin lajittuneessa maassa. Tiiviissä pohjamaassa vedenjohtavuus on hyvin alhainen. Vedenjohtavuus heikkenee maan kuivuessa, koska vesipotentiaalin laskiessa vain yhä pienemmät huokokset voivat sisältää ja johtaa vettä. Näin ollen veden virtaus hidastuu. Maan kuivuessa vedenjohtavuus alenee karkeilla maalajeilla jyrkemmin kuin hienoilla. Vesi imeytyy maahan (**infiltraatio**) suhteellisen nopeasti sateen alkaessa, mutta sateen jatkuessa imeytyminen alenee vakiotasolle. Infiltraatio riippuu maan raekoosta, rakenteesta, kosteudesta ja kaltevuudesta. Karkeassa maassa imeytyminen on nopeaa, kun taas hienorakeiselle maalle voi muodostua lammikoita jo pienillä sademäärillä.

Metsämaan mekaaniset ominaisuudet

Maan **leikkauslujuus** eli kyky kestää kuormittavaa painetta murtumatta riippuu sen sisäisistä kitka- ja koheesiovoimista. Kitkavoima esiintyy karkeiden maarakeiden välillä. Koheesio perustuu pienten, adsorptioveden peittämien maahiukkasten keskinäisiin voimiin. Karkeilla maalajeilla (ns. **kitkamaalajit**) koheesio on vähäistä verrattuna hienorakeisiin maalajeihin (ns. **koheesiomaalajit**). Leikkauslujuuteen vaikuttaa myös maan rakenne. Alhaisimmat leikkauslujuudet esiintyvät kosteilla hienorakeisilla mailla. Leikkauslujuus voidaan määritellä kitka- ja koheesiovoimien sekä ns. kitkakulman perusteella, joka on suurin kaltevuus, jonka maa kestää ilman sortumista.

Kokoonpuristuvuus ja tiivistyminen kuormitettaessa on moreenimailla yleensä vähäistä samoin kuin karkeilla lajittuneilla mailla (esim. sora ja hiekka). Lajittuneet, hienorakeiset maat ovat

leikkauslujuudeltaan heikkoja ja kokoonpuristuvuus kuormitettaessa on voimakasta. Raekoon ohella maan tiheys vaikuttaa kokoonpuristuvuuteen. Suurin tiheys esiintyy ns. optimivesipitoisuudessa, jolloin myös maan kantavuus on suurin. Maan vesipitoisuuden ollessa suurempi kuin optimivesipitoisuus tiheys alenee, koska maa turpoaa.

Maan **kantavuudella** ymmärretään suurinta, ilman maan murtumista saavutettavaa kantavuusarvoa. Maan kantavuus ilmaisee kykyä vastustaa pystysuoraa kuormitusta sekä maan muodonmuutosominaisuuksia. Maan kantavuus riippuu ensi sijassa leikkauslujuudesta. Mitä tiiviimpi ja lajittuneempi maa on, sitä suurempi on kantavuus ja sitä vähäisempää on maan tiivistyminen. Löyhän, hienoaineksisen moreenin tiheys voi paikoitellen nousta koneellisen puunkorjuun yhteydessä jopa 40 %. Hiekkamaassa vastaava lisäys on noin 5-10 %. Tiivistymisen lisäksi koneiden aiheuttama pintapaine maanpintaa vasten vähentää karkeahuokosten osuutta, ilmanvaihtoa ja veden infiltraatiota sekä lisää maan sitkeyttä ja kovuutta. Pintapaine ja siitä johtuva tiivistyminen jakaantuu ja vaimenee maassa alaspäin ja sivulle mentäessä.

Maaperän kantavuus kuvaa maaperän **kulkukelpoisuutta** (maan kyky kantaa ajoneuvoa tai työkonetta). Kulkukelpoisuuteen vaikuttavat **maan mekaaniset ominaisuudet** (lujuustekijät), joita taas määrittävät fysikaaliset tekijät kuten tiheys, maalaji, vedenpidätyskyky ja -johtavuus (ominaisuustekijöitä) sekä erityisesti vesipitoisuus ja lämpötila (routa) (olosuhdetekijöitä). **Tunkeumavastusta** käytetään yleisesti mm. maakoneiden ja renkaiden liikkumiskyvyn ennustamiseen ja maan tiivistymisen arvioimiseen. Maan tunkeumavastus (kantavuus) riippuu maan tiheydestä ja vesipitoisuudesta, jota puolestaan riippuvat Suomessa pääosin maakerroksen syvyydestä ja org. aineen määrästä sekä maalajista. Maaperän mekaaninen lujuus määrittää maan puristuskestävyyden ja kantavuuden. Kun maan kantavuus ylittyy, ajoneuvo painuu maan pinnalla.

Taulukko. Arvoitu kulkukelpoisuus keskimääräisissä kosteusoloissa (kenttäkapasiteetissa) Suomen metsämailla (Heiskanen ym. 2020). Aineistona VMI8 koealojen maaperä- (BioSoil) ja puustodata, kivennäismaan koealoja 521 kpl (maalajit: 0-10 cm krs).

Maalajiluokka	Kulkukelpoisuus	Hienoaainesta (<0.06mm) %	Savea %	kpl	%
Karkea	Hyvä	<30	<5	167	32.1 %
Keskikarkea	Hyvä	≥30	<5	272	52.2 %
Hieno	Kohtalainen	≥30	5-10	37	7.1 %
Savinen	Heikentynyt	≥30	>10	45	8.6 %