



KÄSIKIRJA KASVUALUSTASTA

**VESI, ILMA JA
LÄMPÖTILA**

Sterf

ESIPUHE

Tämä käsikirja julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2000. Koska se sisältää tärkeää perustietoa, haluamme julkaista uuden painoksen. Ensimmäisessä osiossa voit lukea peruskäsitteistä ja teorioista, jotka kuvaavat maaperän ilma- ja vesipitoisuutta ja maaperän lämpötilaa. Tämä tarjoaa hyvää pohjatietämystä oman golfkentän olosuhteiden tulkinnalle ja mahdollisia uusia lähestymistapoja hoitotoimenpiteisiin. Tämä osio myös tarjoaa hyvää perustietoa siitä, miten voit ymmärtää ja hyödyntää tutkimuksia.

Seuraavassa osiossa keskustellaan mielenkiintoisista mittauksista Fullerö GK:n testiviheriöllä. Kokeet tehtiin vuonna 2000 ja ne antavat hyvän yleiskuvan maaperän ominaisuuksista hiekkapohjaisella viheriöllä. Osiossa on myös lyhyt kuvaus koealueen rakenteesta ja mittauslaitteista, joita käytimme eri olosuhteiden rekisteröintiin/mittaukseen kasvualustassa.



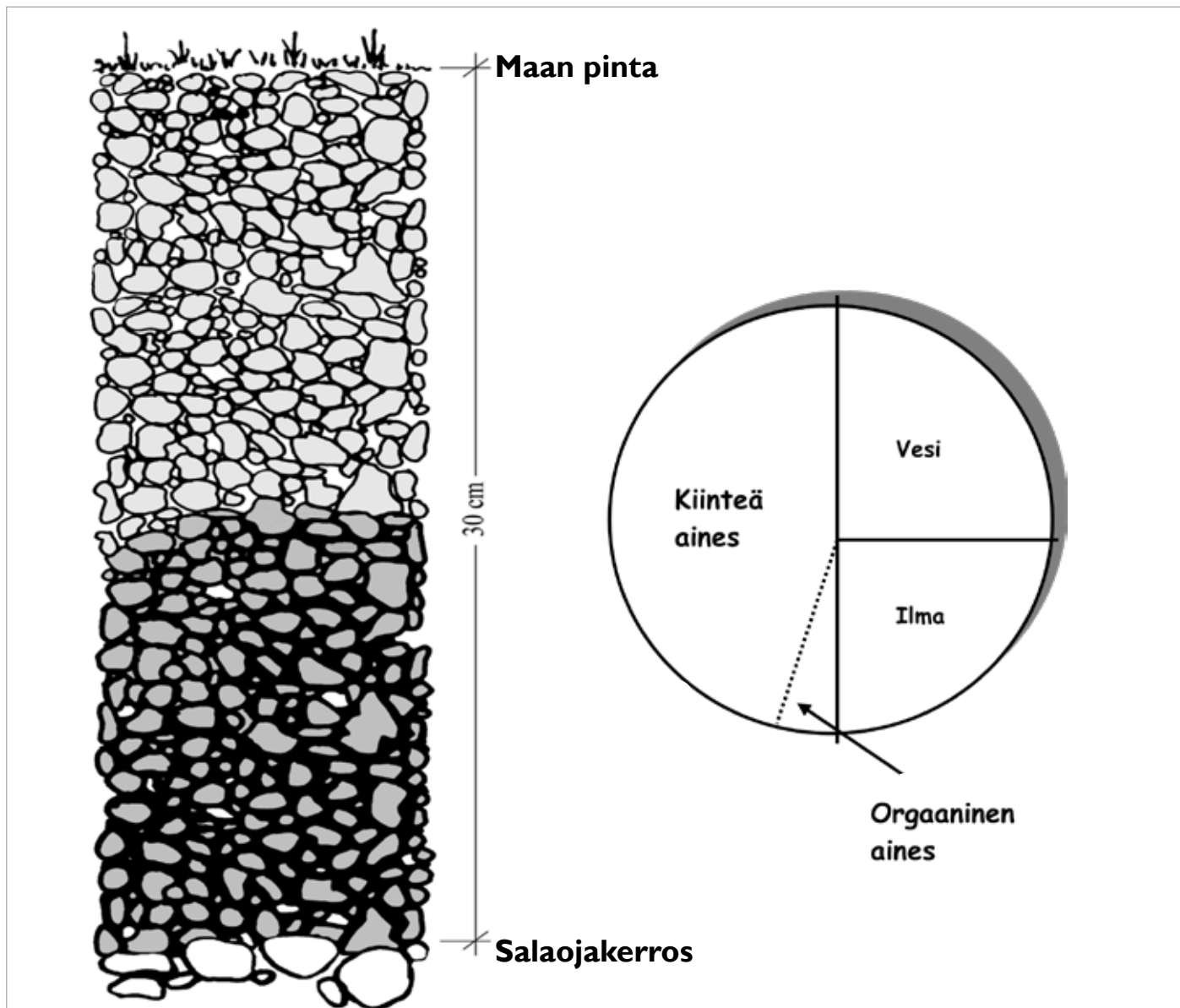
JOHDANTO

Heinä näyttää kuivuudesta johtuvan stressin helposti. Yleinen toimenpide tällöin on kasteluajan pidentäminen. On paljon vaikeampi tunnistaa kuivuusstressiä, kun kastelumäärä on liian suuri, varsinkin hyvin salaojitetuilla hiekkaisilla viheriöillä, joissa ylimääräinen vesi poistuu nopeasti kasvualustasta kuivatusjärjestelmän kautta. Liian kostean kasvualustan voi tunnistaa lyhyistä juurista, orgaanisen materiaalin heikosta hajoamisesta, mustasta kerroksesta – ”Black layer” – ja lisääntyneistä kasvitaudeista. Liiallinen vesi voi myös huuhtoa ravinteita kasvualustasta.

Maailmanlaajuisesti vedensaanti on suuri ongelma. Monissa paikoissa vedenkäyttöä on rajoitettu tiukasti. Useimmissa pohjoismaissa vesi on ollut rajaton luonnonvara.

On ollut selvää, että vesi on ilmaista, laadukasta ja sitä voidaan käyttää loputtomasti vaikka käytössä olisi pohjavesi. Tulevaisuudessa Pohjoismaat voivatkin odottaa vedenkäyttöön liittyviä rajoituksia.

Stressinkestävän pelipinnan edellytys on hyvä kasvualusta ruohonjuurille ja mikro-organismeille, esimerkiksi kasvualustan optimaalinen ilman ja veden suhde. Tulevaisuuden rajoitukset tulevat tarkoittamaan kastelun erittäin tarkkaa optimoimista. Tämän selvittämiseksi tarvitaan lisää tietoa kasvualustan prosesseista, jotka säätelevät ilman ja veden suhdetta sekä maaperän lämpötilaa.



Kuva 1. Kiinteän aineksen, veden ja ilman väliset suhteet kasvualustassa, joka on tehty USGA:n suositusten mukaisesti.

KESKEISET KÄSITTEET JA TEORIAT

MAAPERÄN VESI- JA ILMAPITOISUUS

USGA:n suosituisten mukaisesti viheriön kasvualustan kiinteä materiaali (hiekkä ja orgaaninen aine, kuten turve) muodostavat 50 % tilavuudesta. Loput 50 % koostuvat huokosista, jotka ovat vettä ja ilmaa (kuva 1).

Ihanne tapauksessa puolet huokosista ovat vettä ja puolet ilmaa. Kasvualustan huokosten kokonaisuutta kuvataan kasvualustan **porositeetiksi**. Porositeetti mittaa sitä, kuinka monta prosenttia maan koko tilavuudesta koostuu huokosista. Luonnon maa-aineksissa huokoisuus vaihtelee suuresti, turvemaassa jopa 95 %, savimaassa 60 % ja hiekkaisessa maassa 45 %.

Kasvualustan huokosjärjestelmä täyttyy vedellä välittömästi kastelun tai rankkasateen jälkeen. Tätä tilaa kutsutaan kasvualustan saturaatioksi. USGA:n suositusten mukaisesti noin 50 % vedestä poistuu nopeasti kasvualustasta. Vettä, joka poistuu kasvualustasta salaojiin kutsutaan vajovedeksi (poistuva vesi). Kun vesi poistuu kasvualustan huokosista, huokokset täyttyvät ilmalla. Kun ylimääräinen vesi on poistunut kasvualustasta 50 % huokosista on täyttynyt vedellä ja 50 % täyttynyt ilmalla. Tätä kutsutaan **kuivastusapainoksi** (kuva 1).

Veden ja ilman suhde luonnon maannoksissa vaihtelee suuresti. Esimerkiksi savimaassa huokosista 80 % ja puhtaassa hiekkamaassa vain 10–15 % täyttyy vedellä. Veden ja ilman määrään maaperässä vaikuttaa maaperän huokosten määrä ja koko sekä etäisyys joko pohjaveden tai salaojituksen pintaan.

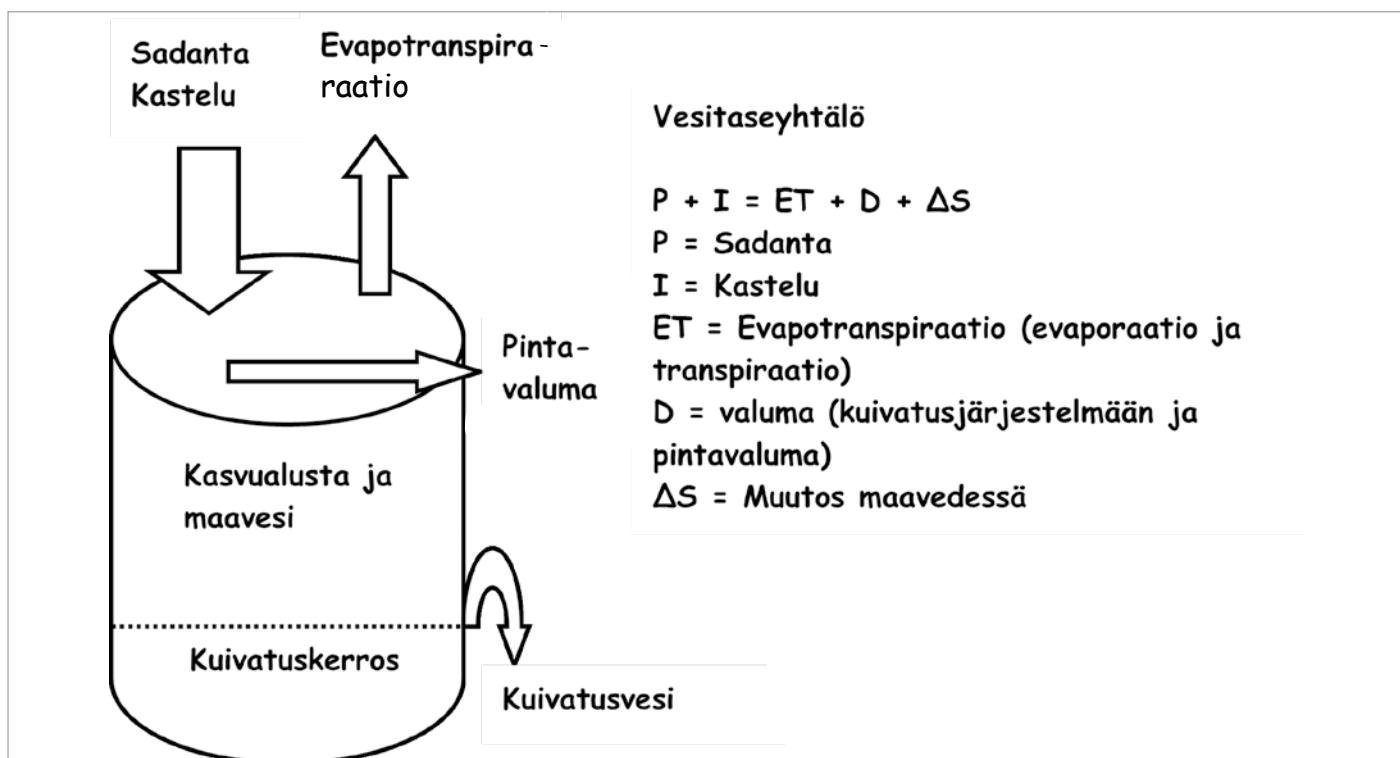
Vettä, joka varastoidaan kasvualustaan tai maaperään pintakuivatuksen jälkeen kutsutaan **maavedeksi**. Maavesi on vettä, jota heinät ja muu kasvillisuus voivat käyttää. Kasvualusta ja maaperä toimivat täten vesisäiliönä, jossa ”huokosjärjestelmä” määrittää varastoitavan veden volyymin. Maavesi on edellytys sille, että esimerkiksi heinät pystyvät fotosynteesiin eli absorboimaan hiilidioksidia ilmakehästä. Heinä menettää aina vettä (vesihöyrynä), kun se imee hiilidioksidia ilmarakojen (stomata) kautta. Tätä kutsutaan **transpiraatioksi**. Ravinteet, joita kasvi ei hyödynnä, liukenevat maaveteen. Maavesi toimii siten ravinteiden kuljettajana, osittain maaperän eri alueiden välillä mutta myös maaperästä kasviin. Maaperän mikro-organismit ovat myös riippuvaisia maavedestä osana niiden elintilaa. Erityyppiset mikro-organismit ja niiden toiminta ovat riippuvaisia maassa olevan veden ja ilman määrästä.

Maavettä tulee lisää luonnollisesti sateen ja kastelun myötä. Osa vedestä ei kuitenkaan koskaan saavuta kasvualustaa vaan valuu pois pintaa pitkin. Kasvualusta menettää vettä salaojituksen, haihtumisen (evaporaatio) ja kasvien ”hengityksen” (transpiraatio) kautta. Maaperän haihtumista ja kasvien hengitystä kutsutaan **kokonaishaihdunnaksi**.

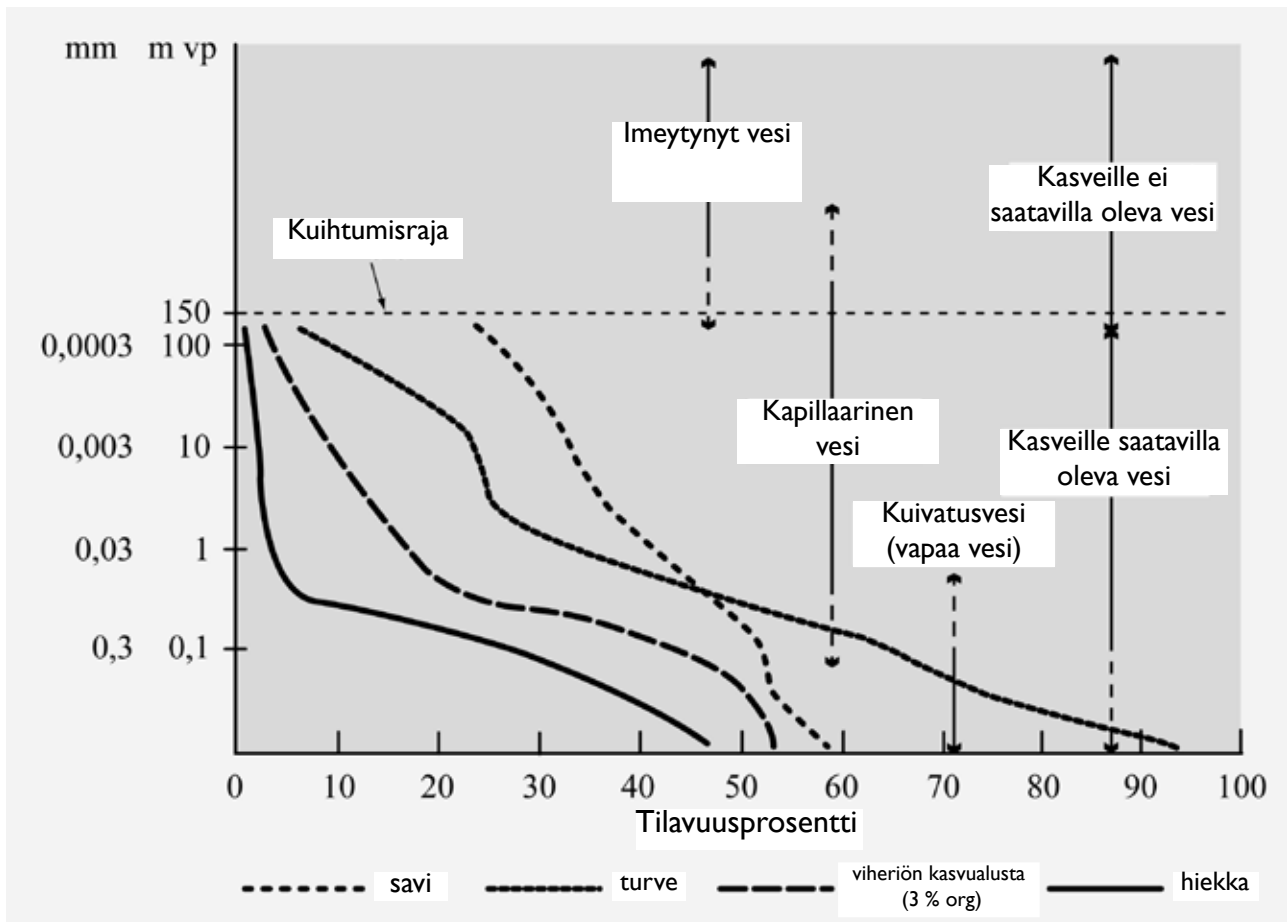
Sateen, kastelun ja kokonaishaihdunnan, höyrystymisen ja pintavaluman suhdetta voidaan kuvata **vesitaseyhtälöllä**. (kuva 2).

Puhuttaessa maavedestä kasvin näkökulmasta kokonaismäärällä ei ole merkitystä, sillä vain **hyödynnettävissä olevalla vedellä** on merkitystä. Maavesi sitoutuu yksittäisiin hiukkasiin ja huokosiin. Osa vedestä on aina erittäin tiukasti sitoutunut ja näin ollen se ei ole kasvin hyödynnettävissä. USGA:n suositusten mukaisesti rakennetussa viheriössä kasvien saatavissa olevan veden osuus on noin 5 % kasvualustan kokonaistilavuudesta. Mitä suurempi pienten partikkeleiden (kuten saven) ja orgaanisen materiaalin pitoisuus on, sitä suurempi on veden osuus, joka ei ole kasvien hyödynnettävissä. Savimaassa hyödyntämättömissä olevan veden osuus voi olla 30 % kokonaistilavuudesta, mikä vastaa yli puolta maavedestä.

Voidakseen käyttää vettä ja ravinteita sekä kasvaa ja lisääntyä kasvien juurien ja mikro-organismien on hengitettävä eli saatava happea. Näin ollen on tärkeää, että riittävän suuri osa maaperän huokosista täyttyy ilmalla, jotta maaperässä olisi happea. **Maaperän ilman** osuus kasvualustassa määräytyy huokosten kokojakauman ja kokonaishuokoisuuden perusteella. Yleinen nyrkkisääntö on, että maaperässä on oltava 10 % ilmaa, jotta kasvit selviäisivät. USGA:n suositusten mukaisesti tehdyllä viheriöllä 25 % kasvualustan tilavuudesta on ilmaa. Tämä tarkoittaa siis huokosia, jotka ovat suurempia halkaisijaltaan kuin 0,1mm.



Kuva 2. Vesitaseyhtälö.



Kuva 3. Sitoutumiskäyrä turpeelle, savelle, viheriomateriaalille, jossa on USGA:n suositusten mukaan 3 painoprosenttia orgaanista ainetta ja hiekkaa. Pystyakselilla on veteen sitoutumisvoimat vesisenttimetreinä (metriä vesipatsasta = m vp), ja mitä huokoskokoja nämä vastaavat millimetreinä. Vaakaakseli näyttää veden, ilman ja kiinteiden aineiden määrän. Vertaa tekstiin ja kuvaan sivulla 11.

SITOUTUMISKÄYRÄ

Vesi sitoutuu eri tavoin maaperän tai kasvualustan huokosiin ja hiukkasten pinnoille. Maaperän huokosiin sitoutunut vesi on **kapillaarivettä** ja hiukkasten pintaan sitoutuva vesi on **adsorptiovettä**. Mitä pienempi huokonen, sitä voimakkaammin se sitoo vettä. Vesi sitoutuu voimakkaimmin hiukkasten pintoihin. Maaperän veden varastointikapasiteetti riippuu huokosjakaumasta ja hiukkasten pintojen määrästä. Maan vettä sitovat voimat ilmaistaan yleensä vesipatsaan korkeutena senttimetreinä tai vesisenttimetreinä.

Eri huokoskokojen kyky sitoa vettä ja tämän seurauksena vesimäärä kasvualustassa kuvataan käyttämällä sitoutumiskäyrää (kuvio3).

Sitoutumiskäyrältä saatavat tiedot tarjoavat mahdollisuuden arvioida maaperän tai kasvualustan tärkeitä ominaisuuksia, kuten huokoisuus, huokosjakauma, maaperän veden ja ilman määrä eri kuivatussyvyyksissä. Kuvioista 3 voidaan nähdä esimerkiksi, että kun kuivatussyvyys on 0,3 m, maaveden tilavuus turpeessa on 55 %, savessa 49 %, viheriökasvualustassa 30 % ja 10 % hiekkassa. Ilman määrä vastoin on

turpeessa 40 %, savessa 10 %, viheriökasvualustassa 24 % ja hiekkassa 38 %. Ilman tilavuus on laskettu vähentämällä veden osuus kokonaishuokostilavuudesta.

Sitoutumiskäyrä osoittaa myös veden määrän, joka ei ole kasvien käytettävissä. Yleisesti vesi, joka on sitoutunut kovemmin kuin 150 vesisenttimetriä, ei katsota olevan kasvin saatavilla. Nämä sitomisvoimat esiintyvät alle 0,0002 mm huokosissa. Kuvasta 3 käy ilmi veden osuus, joka ei ole kasvin saatavilla: turve 6 %, savi 24 %, viheriökasvualusta 4 % ja hiekkä 2 %.

Kun pelipintoja käytetään, eli niillä pelataan tai suoritetaan hoitotoimenpiteitä leikkureilla, kasvualusta tiivistyy. Tällöin vesihuokosten osuus kasvaa kasvualustan ilmahuokosten kustannuksella. Tämä johtuu siitä, että ”suuret” ilmahuokokset romahtavat ja tiivistyvät pienemmiksi huokosiksi. Kun kasvualusta on tiivistynyt pienempien huokosten osuus kasvaa, kun taas kokonaishuokoisuus muuttuu suhteellisen vähän. Huokoskokojen muutoksesta saa myös tietoa sitoutumiskäyrästä.

VEDENJOHTAVUUS

Maaperän kyky kuljettaa vettä riippuu maaperän huokosista ja siitä, kuinka huokokset ovat yhteydessä toisiinsa. Maaperän vedenjohtavuus määräytyy myös vesipitoisuudella. Vedellä ”kylästetty” kasvualusta tai maa antaa kuvan makrohuokosjärjestelmästä, toisin sanottuna suurten huokosten määrästä ja jakaumasta. Viheriön kasvualustan **veden läpäisevyys** tulisi olla 30–60 cm/h. Peltomaiden hyväksi läpäisyarvoksi katsotaan 1 cm/h. Tiivistyessään kasvualustan vedenjohtavuus heikkenee, koska suurten huokosten osuus pienenee.

MAAN LÄMPÖTILA

Maaperän lämpötilalla on suuri vaikutus kaikkiin biologisiin prosesseihin: itävyys, kasvu, juurten kehitys sekä mikro-organismien aktiivisuus. Niin sanotussa lauhkeassa ilmastossa matalat lämpötilat voivat estää useita näistä prosesseista. Lauhkeaan ilmastoon sopeutuneilla heinä-lajeilla on suurin juuriaktiivisuus 10–18 celsiusasteessa. Joillakin heinillä juurikasvu voi olla rajoitettua koko syksyn ajan siihen asti, kunnes maa jäätyy. Juuritoiminta voi jatkua heinän talvehtimisen jälkeen, vaikka maanpäälliset osat olisivat menettäneet värinsä. Juuret ja versot ovat herkkiä lämpötilan muutoksille. Niinkin pieni lämpötilan muutos kuin 1 °C voi vaikuttaa sekä juurien että versojen kasvuun ja kasvien ravinteiden ottoon.

Maaperän mikro-organismit syövät ja hajottavat orgaanista ainesta. Kun orgaaninen materiaali hajotetaan, siitä vapautuu tärkeitä ravintoaineita, joita kasvi voi hyödyntää. Maaperän lämpötilan noustessa mikro-organismien aktiivisuus kasvaa ja orgaanisen aineen hajottaminen kiihtyy.

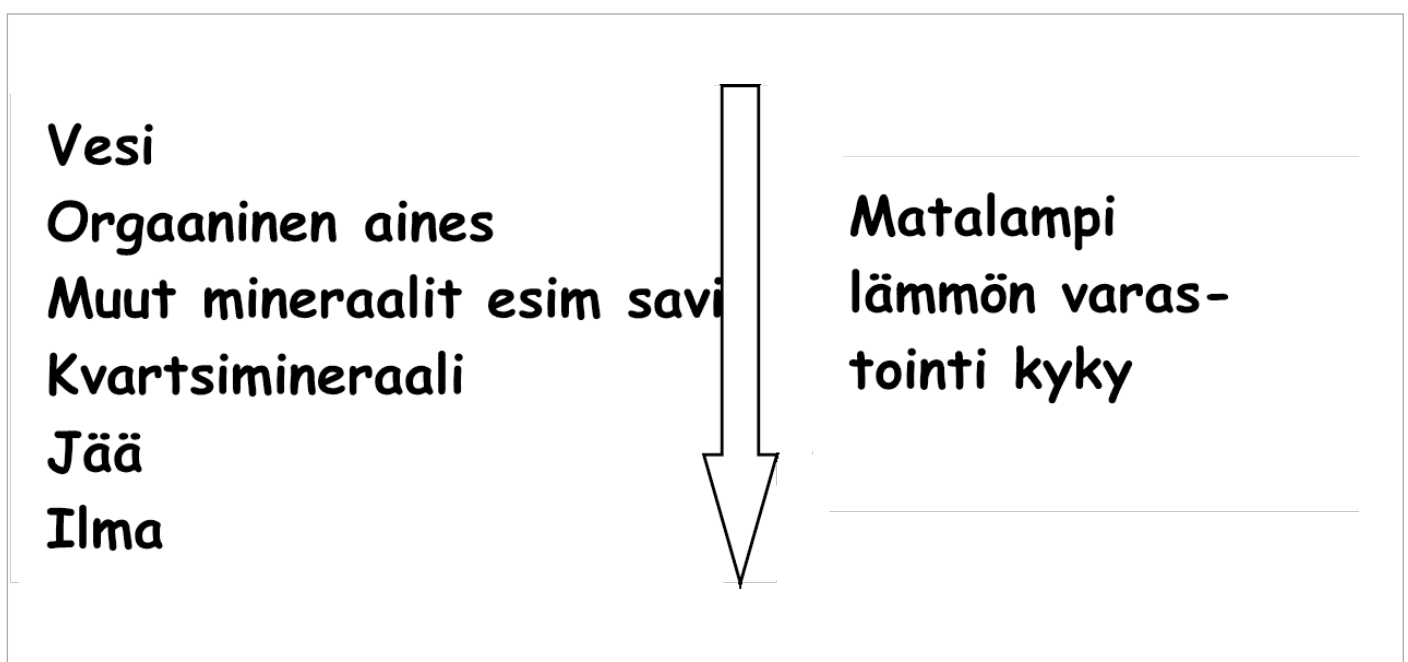
Useat maaperän mikro-organismit voivat olla aktiivisia siihen asti, kunnes maa jäätyy. Alle 5 °C lämpötiloissa aktiivisuus kuitenkin vähenee voimakkaasti. Mikro-organismit ovat aktiivisimmillaan maan ollessa 25–35 °C. Organismien aktiivisuus voi kaksinkertaistua, jos maaperän lämpötila nousee 10 °C, esimerkiksi 8 -18°C.

MIKÄ MÄÄRITTÄÄ MAAPERÄN LÄMPÖTILAN?

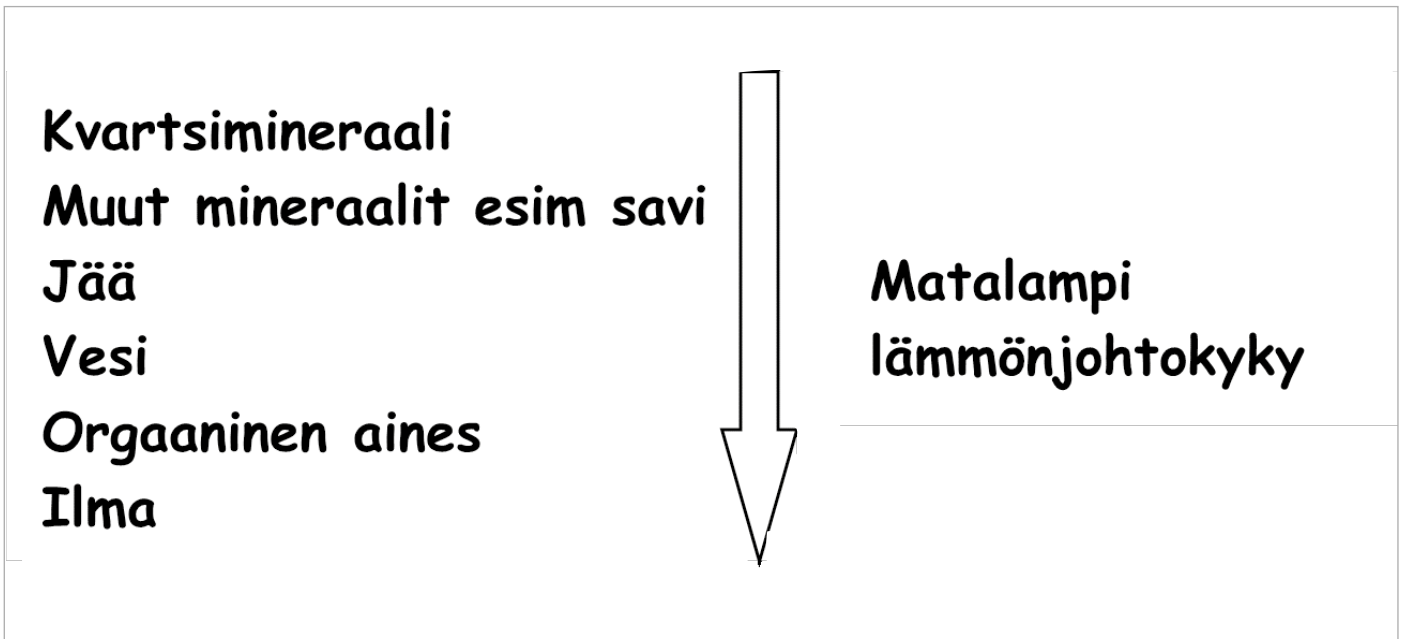
Jotkut maaperät lämpenevät nopeasti keväällä ja toiset hitaammin. Nämä erot johtuvat maahan osuvan auringon säteilyn määrästä. Erot johtuvat myös maaperän kyvystä kuljettaa tai johtaa lämpöä, **lämmönjohtavuudesta** ja lämmön varastointikapasiteetista. Lämmönjohtavuutta ja lämmön varastointikapasiteettia kutsutaan maaperän **termisiksi ominaisuuksiksi**.

Lämmön varastointikapasiteetti kertoo, kuinka paljon energiaa vaaditaan lämpötilan nostamiseksi yhden asteen tiettyssä materiaalissa. Kaikilla maaperän komponenteilla, mineraalipartikkeleilla, orgaanisella aineella, vedellä ja ilmalla on erilainen lämmönvarastointikyky. Suurin ominaislämpökapasiteetti on vedellä 4,2 KJ/(K·kg) ja pienin ilmalla 0,0013 KJ/(K·kg) (kuva 4.).

Maaperän vesipitoisuudella on suuri merkitys maaperän lämpötilaan. Lämpötilan nouseminen korkeassa vesipitoisuudessa vaatii paljon energiaa. Suuri vesipitoisuus myös antaa puskurin nopeaa jäähtymistä vastaan. Ilma on maakomponentti, joka lämpenee, mutta myös jäähtyy nopeimmin.



Kuva 4. Joidenkin maaperän komponenttien lämmönvarastointikapasiteetti



Kuva 5. Joidenkin maaperän komponenttien lämmönjohtavuus.

Heinän varhainen itäminen ja kasvuun lähtö vaatii maaperän nopean lämpenemisen keväällä, jotta biologiset maaperäprosessit pääsevät alkamaan. On tärkeää, että auringon säteet saavuttavat maanpinnan ja että kasvualusta on hyvin salaojitettu/kuivatettu, jotta vesipitoisuus ei nouse liian korkeaksi. Liian korkea vesipitoisuus viivästyttää kasvualustan lämpenemistä.

Maaperän lämmönjohtavuudella on myös suuri merkitys maaperän lämpötilan kannalta. Maaperän eri komponenttien kyky johtaa lämpöä vaihtelee suuresti. Kvartsipitoisilla mineraaleilla, joita esiintyy usein hiekassa on korkein johtavuus $8,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$. Vesi on myös suhteellisen hyvä lämmönjohtoin, $0,57 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$, kun taas ilma johtaa lämpöä erittäin

huonosti, $0,025 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ (kuva 5). Kuivassa hiekkaisessa maaperässä lämmönjohtavuus on huonompi kuin kosteassa hiekkaisessa maaperässä, koska vesipitoisuudella on suuri merkitys lämmönsiirron kannalta. Kun hiekkapartikkelien väliset kosketuspinnat täytetään vedellä ilman sijasta, lämmönjohtavuus kasvaa. Orgaanisen aineksen suurempi pitoisuus maaperässä lisää myös vesipitoisuutta ja siten maaperän lämmönjohtavuutta. Orgaanisella materiaalilla on sen sijaan suhteellisen huono johtokyky.

Huono lämmönjohtavuus huokoisissa hiekkapitoisissa kasvualustoissa voi aiheuttaa ongelmia maanpinnan alhaisissa lämpötiloissa. Kasvualustan syvemmistä osista tuleva lämpö ei kulkeudu maanpintaan, kun ilman lämpötila laskee.



KOEVIHERIÖ FULLERÖ GK:LLA



Skandinavian ensimmäinen testialue oli Fullerö GK chippiviheriö Västeråsin ulkopuolella. Aluetta käytettiin ja hoidettiin kuten muuta golfkentän osia, mutta erityyppisillä kokeilla ja tutkimuksilla oli etusija. Koealue antoi mahdollisuuden testata uutta tietämystä ja soveltaa tutkimustuloksia käytännössä. Kasvualustassa tutkittiin muun muassa erilaisten viheriomateriaalien toimintaa, kasvuston veden käyttöä ja kastelun hallintaa, heinän ravinteiden hyödyntämistä ja ravinteiden menetystä ympäröiville alueille, orgaanisen aineksen merkitystä mikro-organismeille ja juuriston kehitystä.

RAKENNE JA HOITO

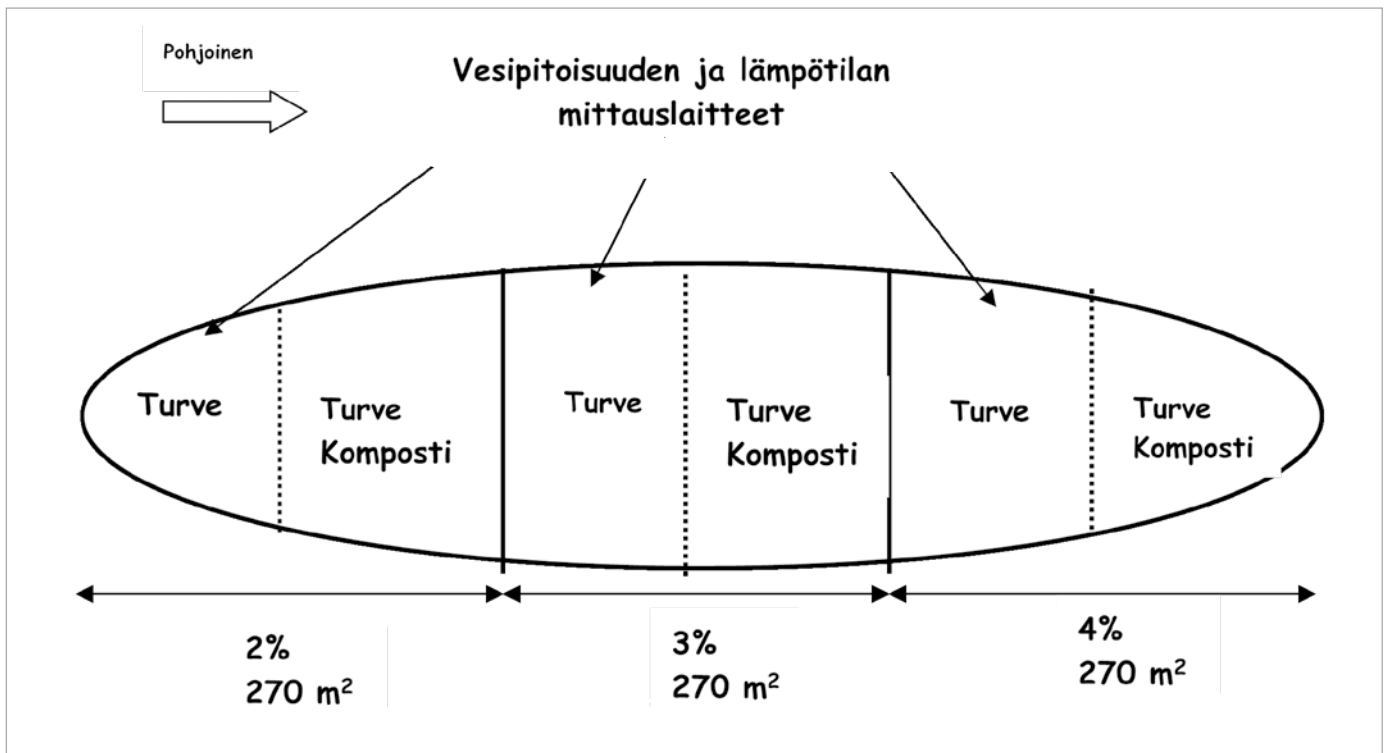
Testialue rakennettiin keväällä ja kesällä 1999. Viheriö rakennettiin USGA:n viheriörakennesuositusten mukaisesti. Viheriöllä oli kolme erilaista koealuetta. Testialueet sisälsivät eri määrän orgaanista ainesta; kaksi, kolme ja neljä painoprosenttia. Kukin kolmesta koealueesta jaettiin kahteen yhtä suureen osaan. Puolessa tapauksista orgaaninen materiaali koostui puhtaasta turpeesta ja puolessa tapauksista 50 prosenttia turpeesta korvattiin kompostoidulla kanalannalla (kuva 6).

Hiekkakerroksen alla oli 10 cm paksu salaojasorakerros ja siihen liittyvä kuivatusjärjestelmä. Kuivatusjärjestelmä oli noin 40 cm syvyydessä. Jokainen koealue kuivatettiin erillisenä. Läheisestä kaivosta kerättiin kuivatusvettä mittausta ja analysointia varten.

Koeviheriötä hoidettiin samojen periaatteiden mukaisesti kuin muuta golfkenttää leikkuun, kastelun, lannoituksen, ruiskutuksen, dressauksen, ilmastamisen, pystyleikkuun jne. suhteen.

MITTAUSLAITTEET

Kasvualustan yhteyteen asennettiin välineet maaperän lämpötilan ja vesipitoisuuden mittaamiseksi. Mittaukset antoivat jatkuvaa tietoa maaperän fysikaalisista olosuhteista eri koevaiheissa. Vesipitoisuuden mittaukset antoivat kuvan vesi- ja ilmatilavuuden suhteesta sekä veden kulkeutumisesta kasvualustassa. Lämpötilamittaukset antoivat käsityksen siitä, miten orgaanisen aineksen määrä vaikuttaa viheriön lämpötilaan.

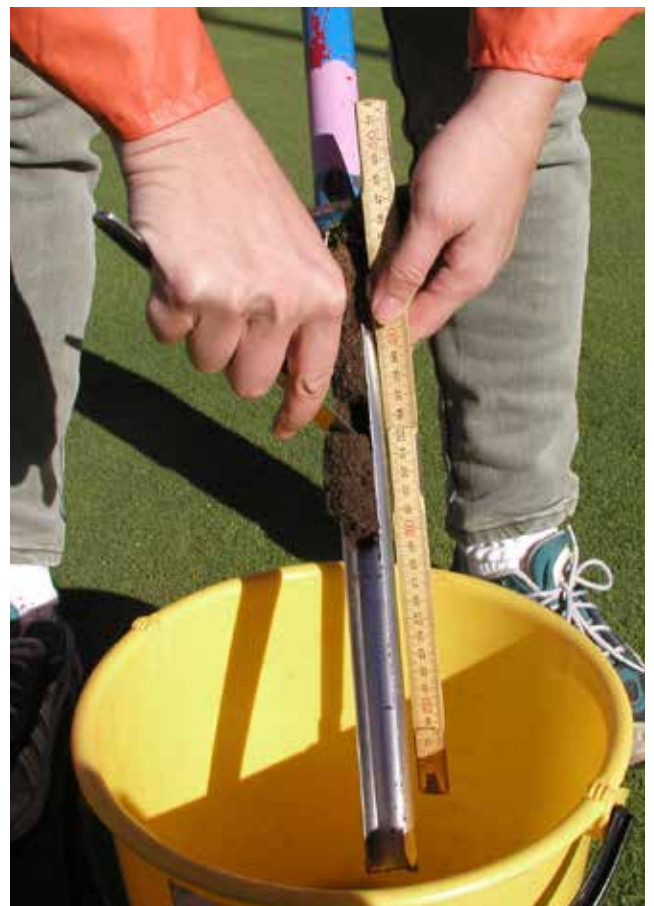


Kuva 6. Kaaviokuva Fullerö GK:n testi alueesta. Testialueella on kolme testikenttää, 270 m², joissa on erilainen organisen materiaalin pitoisuus; 2, 3 ja 4 painoprosenttia.

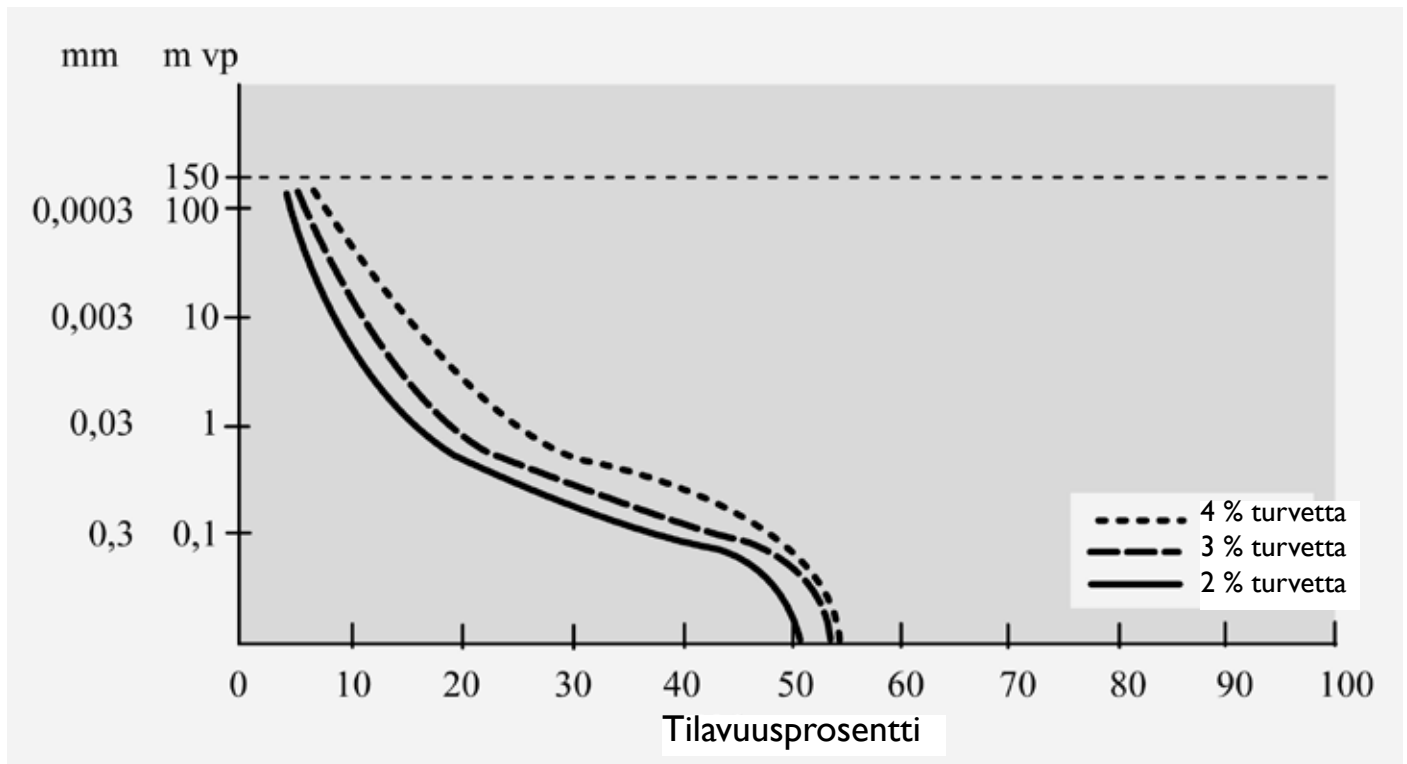
Kasvualustan vesipitoisuuden seuraamiseksi käytettiin instrumenttia (CS615 vesipitoisuuden reflektometri), joka mittaa maan sähkönjohtavuutta. Koska vedellä on hyvä sähkönjohtavuus, johtavuutta voidaan käyttää vesipitoisuuden mittarina. Maalämpötila mitattiin automaattisella lämpömittarilla (lämpötila 105T). Kaikki mittarit liitettiin datalokiin (PC208W Datalogger Support Software), joka tallensi mitatut arvot joka tunti. Nämä arvot laskettiin kymmenen minuutin välein tallennettujen mittausten keskiarvona.

Mittauslaitteet asetettiin kolmelle eri koalueelle, joissa oli kaksi, kolme ja neljä painoprosenttia puhdasta turvetta. Kullakin koalueella instrumentit asetettiin kolmeen eri syvyyteen kasvualustassa, 5 cm, 15 cm ja 25 cm syvyyteen maanpinnasta. Jokaisella tasolla oli kolme vesipitoisuusmittaria ja kolme lämpömittaria (kuva 6).

Viheriöltä valuva kuivatusvesi kerättiin ja mitattiin ns. ”keruuastioissa”. Nämä astiat sijoitettiin läheiseen kaivoon. Joka päivä havainnoitiin kasvualustan läpäisemän kuivatusveden määrä. Kun tämä oli tiedossa, pystyimme laskemaan, kuinka paljon vettä oli virrannut eri koalueilta. Jokaisessa keruuastiassa oli yksinkertainen laite analysoitavan kuivatusveden keräämiseksi.



KOETULOKSET KESÄLTÄ 2000



Kuva 7. Sitoutumiskäyrä kasvualustoilla, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus oli 2, 3 ja 4 %. Vertaa kuvaa 3 sivulla 5.

SITOUTUMISKÄYRÄ

Kuvassa 7 on esitetty kasvualustamateriaalien sitoutumiskäyrät kolmella eri koelueella. Kasvualustamateriaalit sisältävät 2, 3 ja 4 painoprosenttia orgaanista ainesta. Huokoisuus ja vesipitoisuus kuivumisrajalla (150 m. V. P.) vaihtelivat hieman eri materiaalien välillä. Huokoisuus on 55 tilavuusprosenttia kasvualustoissa, joissa on 3 ja 4 painoprosenttia orgaanista ainesta, ja 51 tilavuusprosenttia kasvualustassa, jossa on 2 painoprosenttia orgaanista ainesta. Kasvualustan vesipitoisuus kuivumisrajalla on 4, 5 ja 6 tilavuusprosentin seoksissa, vastaava kuin 2, 3 ja 4 painoprosenttia orgaanista ainesta sisältävissä seoksissa.

Kasvualusta, jossa on 4 painoprosenttia orgaanista ainetta, sitoo suurimman osan vettä kuivatustasapainossa, koska siinä on muita suurempi osuus pieniä huokosia. Kuivatustasapainossa kaikki yli 0,1 mm halkaisijaltaan olevat pintakerroksen huokokset on tyhjennetty vedestä. Nämä huokokset vastaavat 15 tilavuusprosenttia kokonaisuudesta ja ovat nyt ilmatäytteisiä. Loput huokostilavuudesta, 40 tilavuusprosenttia, koostuu alle 0,1 mm:n huokosista. Nämä huokokset ovat täynnä vettä.

Koelueella, jossa on kolme painoprosenttia orgaanista ainesta, 26 tilavuusprosenttia huokosista on halkaisijaltaan yli 0,1 mm. Nämä tyhjäntyvät vedestä kuivatustasapainossa. 29 tilavuusprosenttia huokosista on alle 0,1 mm ja ne täyttyvät vedellä.

Seoksessa, jossa on 2 painoprosenttia orgaanista ainesta, 26 tilavuusprosenttia huokosista on halkaisijaltaan yli 0,1 mm ja tyhjäntyvät vedestä kuivatustasapainossa. 25 tilavuusprosenttia huokosista on alle 0,1 mm ja vedellä täytettyjä.

Orgaaniset partikkelit täyttävät hiekanjyvien välisen huokostilan ja pienentävät huokoskokoa sitoutumiskäyrien osoittamalla tavalla. Orgaaninen materiaali itsessään koostuu myös suuresta joukosta pieniä huokosia. Orgaanisen materiaalin vaikutus huokoskokojakaumaan on toivottava parantaakseen kasvualustan kykyä varastoida vettä. Orgaanisen materiaalin määrän lisäksi kasvualustan tiivistymisellä on suuri merkitys huokoskokojakaumalle sekä veden ja ilman varastointikyvyille.

KENTTÄKAPASITEETTI, KUIVATUS JA HEINÄN VEDENKÄYTTÖ

Kasvualustamateriaalien vedenläpäisevyys määritettiin testin yhteydessä ennen viheriön käyttöönottoa. Mittaukset osoittivat, että läpäisevyys koalueilla, joilla oli kahden ja kolmen painoprosentin orgaanisen aineksen osuus, vedenläpäisevyys oli noin 38 cm/tunti, mikä vastaa suosituksia saturaatiopisteen läpäisevyydelle, 30–60 cm/tunti. Seoksessa, jossa oli neljä painoprosenttia orgaanista ainesta, läpäisevyys oli vain noin 18 cm/tunti. Voimme odottaa saturaatiopisteen läpäisevyyden heikentyvän viheriötä käytettäessä. Heikentyminen johtuu tiivistymisestä, erityisesti kasvualustan pintakerroksessa.

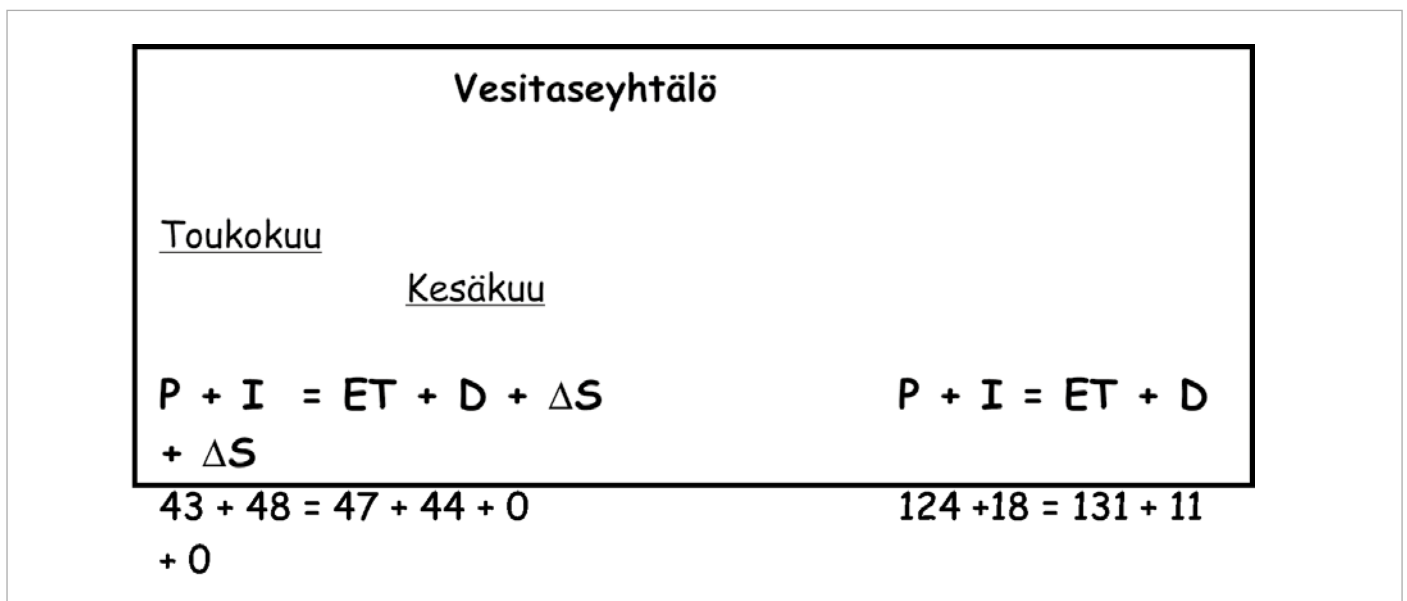
Saturoituneen kasvualustan läpäisevyyden korkeat vaatimukset tarkoittavat, että vesi kulkeutuu nopeasti kasvualustan läpi rankkasateen ja voimakkaan kastelun aikana. Tämä yhdessä hiekkamateriaalin heikon veden sitomiskyvyn kanssa luo riskin siitä, että suuria määriä vettä huuhtoutuu kasvualusta läpi ja valuu pois. Se voi myös johtaa maaperä-nesteisiin liuenneiden kasvira-vinteiden huuhtoutumiseen.

Touko- ja kesäkuussa 2000 vuodatettiin kuivatusvetenä 12 m³ ja 3 m³ vettä pois 270 m²:n viheriöalueelta. Muunnettuna tämä vastaa 44 mm ja 11 mm. Kasvualustasta poistuvan kuivatusveden määrä oli suunnilleen sama riippumatta siitä, onko orgaanisen materiaalin määrä kaksi vai kolme painoprosenttia. Orgaanisen materiaalin neljän painoprosentin

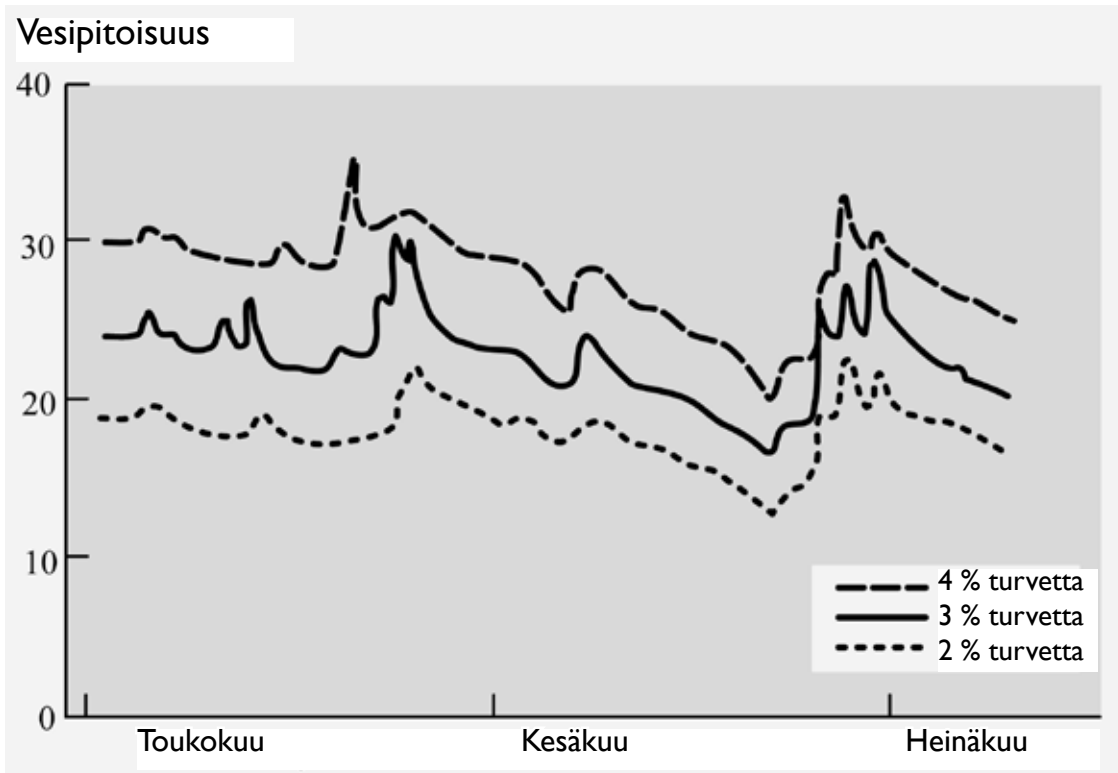
alueelta ei tehty mittauksia. Varsinkin toukokuussa heinän kasvun ja transpiraation vuoksi suuri määrä vettä valui pois. Myös kesäkuussa kasvualustassa oli ylijäämävettä, eli suurempi vesimäärä kuin maavesisäiliön tilavuus.

Vesitaseyhtälön avulla saamme kuvan siitä, kuinka tehokkaasti heinä on käyttänyt lisäämäämme vettä. Suoritettujen mittausten perusteella voimme laskea evapotranspiraation (kokonaishaihdunta). Voimme käyttää evapotranspiraatiota mittarina heinän kyvystä käyttää maavettä.

Kuvassa 8 verrataan toukokuun ja kesäkuun vesitaseyhtälöitä. Kuivatusveden määrä toukokuussa (44 mm) oli merkittävästi suurempi kuin kesäkuussa (11 mm) huolimatta siitä, että sademäärä oli korkeampi kesäkuussa. Tämä johtuu siitä, että heinän kyky käyttää maavettä (transpiraatio) oli huonompi toukokuussa (47 mm) kuin kesäkuussa (131 mm). Toukokuussa heinä ei ollut vielä alkanut kasvaa ja vedenottokyky oli rajallinen. Tästä johtuen suuri määrän käyttämätöntä vettä kulkeutuu kasvualustan läpi ja poistuu kuivatuksen kautta. Kesäkuussa heinän transpiraatio on lisääntynyt, joten suurempi määrä maavettä käytetään ja pienempi määrä vettä poistuu kuivatuksen kautta.



Kuva 8. Toukokuun ja kesäkuun vesitaseen yhtälöt laskettuna 270 m² kokoiselle viheriölle. P = sadanta, I = kastelu, ET = evapotranspiraatio (kokonaishaihdunta), D = kuivatus ja pintavaluma sekä S = muutos maavedessä.



Kuva 9. Vesipitoisuus 15 cm syvyydessä kasvualustassa, jossa oli 2, 3 ja 4 prosenttia orgaanisen aineksen pitoisuus.

VESIPITOISUUDEN MITTAUKSET

Maaperän vesipitoisuus kasvoi kasvavan orgaanisen aineksen pitoisuuden kasvaessa (kuva 9). 15 cm:n syvyydessä kasvualustassa, jossa on kaksi painoprosenttia orgaanista ainesta, eli keskellä kasvualustaa, vesipitoisuus vaihteli 12–23 tilavuusprosentin välillä toukokuusta heinäkuun puoliväliin. Vesipitoisuus oli viisi tilavuusprosenttia ja kymmenen tilavuusprosenttia suurempi koko jakson ajan alueilla, joissa oli kolme ja neljä painoprosenttia orgaanista ainesta. Vaihteluväli oli sama kaikilla koealueilla.

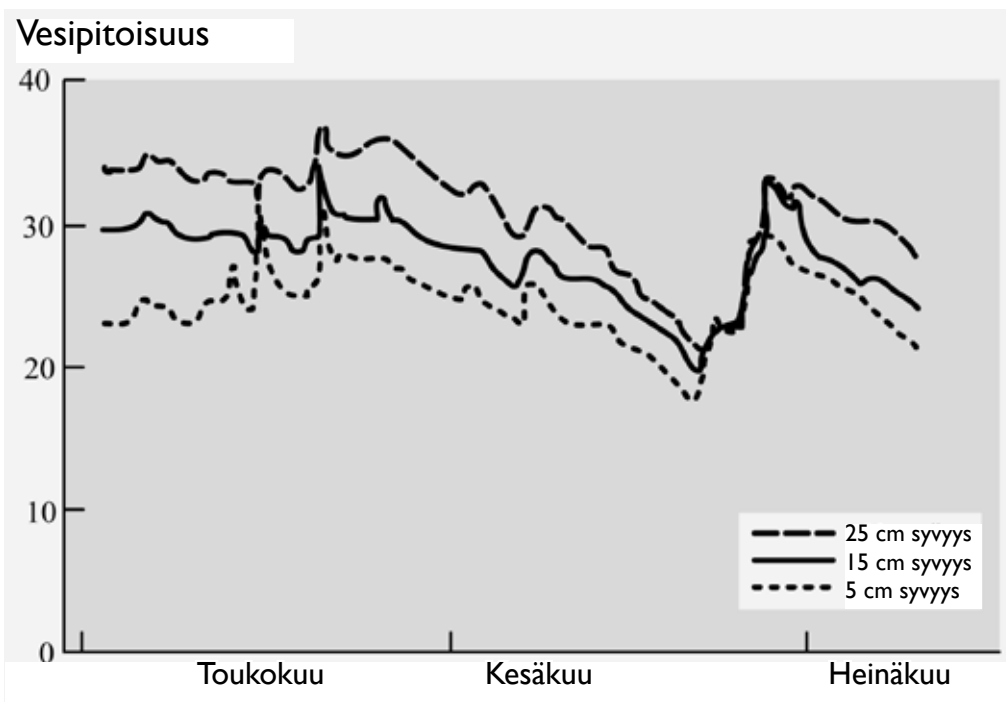
Tämä tarkoittaa, että ilmalla täytetty huokostilavuus (kokonaishuokostilavuus miinus kasvualustan vesitilavuus) vaihteli jakson aikana 22 tilavuusprosenttia, pienin ilmamäärä oli alueella, jossa oli neljä painoprosenttia orgaanista ainesta ja 39 tilavuusprosenttia, suurin ilmamäärä alueella, jossa oli kaksi painoprosenttia orgaanista ainesta. Kaikilla alueilla oli siis hyvät olosuhteet happipitoisuuden osalta kasvualustassa.

Vesipitoisuus yksittäisellä koealueella vaihtelee syvyyden mukaan. Mittaukset osoittivat, että kuivinta oli maanpinnalla, ja että vesipitoisuus kasvaa kasvualustan syvyyden myötä (kuva 10). Tämä johtuu siitä, että kuivatusvoimat ovat suuremmat maanpinnalla kuin syvemmällä kasvualustassa.

Enemmän vettä kuivatetaan siten pois kasvualustan ylemmästä kerroksesta. Kasvualustan yläosiin vaikuttavat eniten myös veden poistuminen kasvien vedenoton ja transpiraation seurauksena sekä maaperän haihtuminen. Heinä kehitti juuret koko kasvualustaan ja pystyi siten käyttämään vettä koko kasvualustan vesivarannoista. Kaikilla koealueilla kuitenkin suurin osa, yli 85 %, juurista oli ylempässä, 15 cm paksussa kerroksessa.

Kauden 2000 aikana kasvualustassa ei ollut koskaan pulaa vedestä. Jopa silloin, kun kasvualusta oli kuivunut kastelun tai sateiden välillä, vettä oli riittävästi heinän tarpeisiin.

Maavesivarantojen tutkimukset osoittivat, että kauden 2000 kuivimman jakson aikana, vettä pidätettiin maan huokosjärjestelmässä vettä sitovilla voimilla, jotka vastasivat 3–5 m.v.p.:tä, mikä on kaukana 150 m.v.p:n vettä sitovista voimista, joka vastaa kuihtumisrajaa. Yleisesti kasvualusta ei koskaan ollut kuivempi kuin, tilanteessa, jossa vettä sitovat voimat vastasivat 1 m. v. p. (Vertaa sitoutumiskäyriä kuvassa 7).

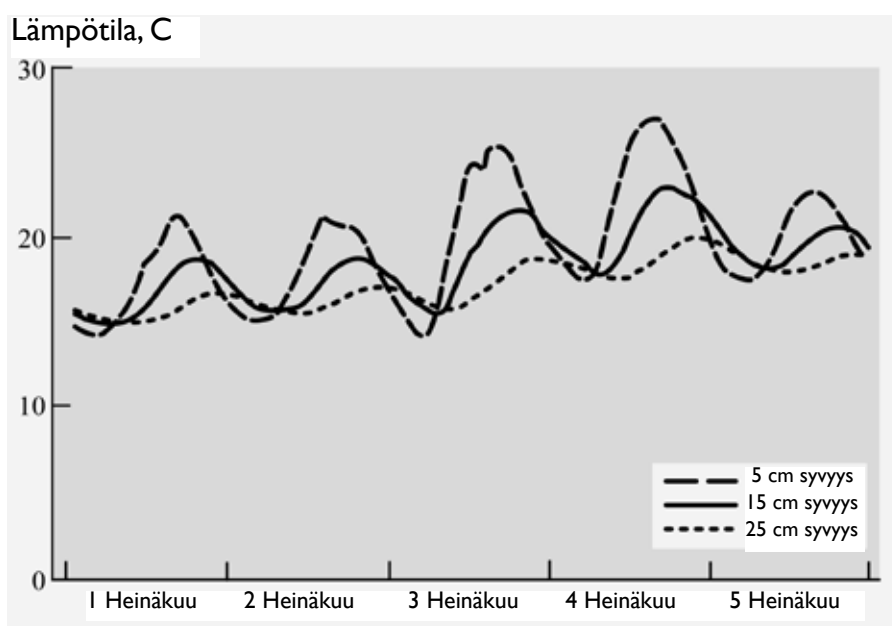


Kuva 10. Vesipitoisuus 5, 15 ja 25 cm syvyydessä kasvualustassa, jossa oli 4 painoprosenttia orgaanista ainesta.

LÄMPÖTILAMITTAUKSET

Lämpötilaero eri koalueiden välillä oli hyvin pieni. Keväällä 2000 maa sulsi nopeasti kevään lämpimän sään takia. Sulaminen alkoi suunnilleen samaan aikaan kolmella eri koalueella. Maaperän lämpötila oli päivällä 20. maaliskuuta yli 0 C-astetta, ja 16. huhtikuuta alkaen kasvualusta ei enää jäänyt kertaakaan vuorokauden aikana. Lämpimimmät maan lämpötilat mitattiin heinäkuun alussa. Korkein lämpötila oli 27 C-astetta, 5 cm:n syvyydessä kasvualustassa.

Päivän lämpötilan vaihtelut ovat suurimpia lähempänä maanpintaa ja vähäisempiä syvemmällä kasvualustassa (kuva 11). 5 cm:n syvyydessä maan lämpötila oli korkeimmillaan kolmesta neljään iltapäivällä ja alimmillaan kello viisi aamulla. Syvemmällä kasvualustassa maksimi- ja minimilämpötilat päivän aikana viivästyvät, mitä suurempi syvyys, sitä suurempi viive.



Kuva 11. Maaperän lämpötila mitattuna 1. - 5. heinäkuuta 2000 5, 15 ja 25 cm:n syvyydessä kasvualustassa, jossa oli 2 painoprosenttia orgaanista ainetta.

Kirjoittaja:

MARIA STRANDBERG
STERF

KARIN BLOMBÄCK
LINA LUNDSTRÖM
Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)

Käännös
JANNE LEHTO
EETU RANTANEN

Sterf

STERF (Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation) is the Nordic golf federations' joint research body. STERF supplies new knowledge that is essential for modern golf course management, knowledge that is of practical benefit and ready for use, for example directly on golf courses or in dialogue with the authorities and the public and in a credible environmental protection work. STERF is currently regarded as one of Europe's most important centres for research on the construction and upkeep of golf courses. STERF has decided to prioritise R&D within the following thematic platforms: Integrated pest management, Multifunctional golf facilities, Sustainable water management and Winter stress management.

More information about STERF can be found at www.sterf.org