

A close-up photograph of a person's hands holding a sod of peat. The person is wearing a red wristband and a gold ring. A sod-cutting tool is visible on the right. The background shows a peat bog with green grass and a building in the distance.

HÅNDBOG OM

**VÆKSTJORDENS
VAND, LUFT
OG TEMPERATUR**

Sterk

FORORD

Denne håndbog blev udgivet for første gang i år 2000. Eftersom den indeholder vigtig jordvidenskabelig viden, udgiver vi den igen i et nyt oplag.

I de første afsnit kan du læse om nogle grundlæggende begreber og teorier, som beskriver jordens vand- og luftindhold samt jordtemperatur. Dette giver en god basis for at kunne fortolke forholdene på din egen golfbane og for at kunne foreslå ændringer i den daglige pleje. Disse afsnit giver også god basisviden til at kunne følge, forstå og udnytte de undersøgelser, som gennemføres i forskellige forskningsprojekter.

I det sidste afsnit diskuterer vi nogle interessante resultater fra forsøget på forsøgsgreenen på Fullerö GK. Forsøget blev gennemført i år 2000 og giver et generelt billede af jordfysiske egenskaber i en sandopbygget green. Vi giver også en kortfattet beskrivelse af greenens opbygning og de måleinstrumenter, som vi brugte til at registrere forskellige forhold i vækstjorden. I 2006 blev undersøgelserne afsluttet på forsøgsgreenen på Fullerö GK. Inden greenen blev gravet væk og erstattet af en ny green, blev der lavet en opfølgning på de resultater, som beskrives i denne håndbog. Disse resultater kan du læse om i rapporten ”Ældning af en green: forandring af vækstjordens biologiske, fysiske og kemiske egenskaber under en 6-årig periode”.

Maria Strandberg, STERF, Karin Blombäck og Lina Lundström, Sveriges Landbrugsuniversitet (SLU)



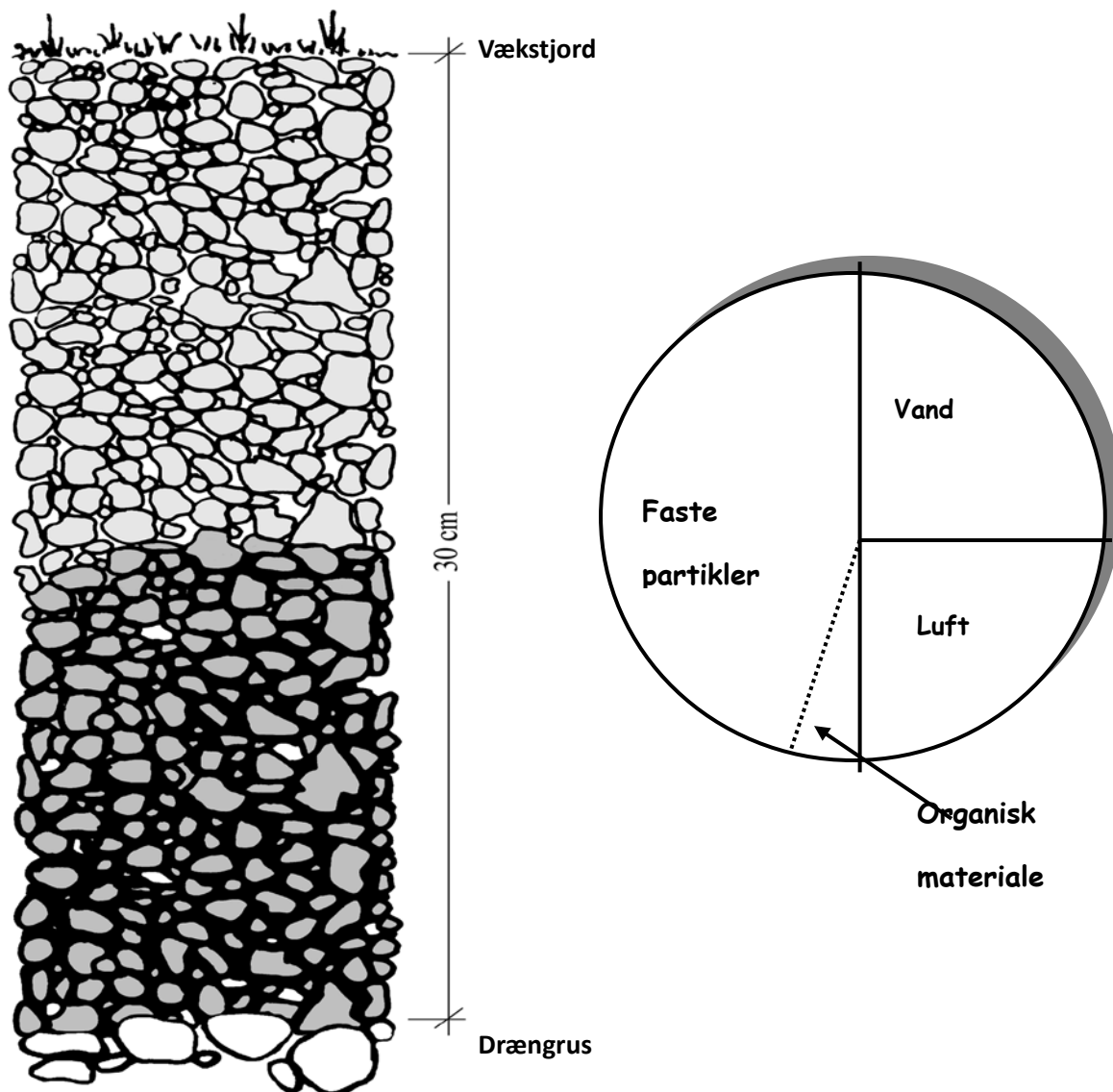
INDLEDNING

Græs viser tydeligt, når det bliver stresset af tørke. Når greenkeeperen ser det, er det almindeligt at øge vandings-tiden. Det er betydeligt sværere at identificere, hvornår vandmængden er for stor, særligt på veldrænende, sandopbyggede greens, hvor det overskydende vand hurtigt forlader vækstlaget gennem drænsystemet. I en vækstjord, hvor der tilføres for store mængder vand, kan man ofte se dårlig rodudvikling, dårlig nedbrydning af det organiske materiale, tendenser til udvikling af ”black layer” og en højere frekvens af sygdomsangreb. Hurtig transport af overskudsvand i vækstjorden giver også en større risiko for udvaskning af næringsstoffer.

Globalt set, er vand den største mangelvare. Mange steder i verden er der strenge restriktioner på vandforbruget. I de fleste nordiske lande er vand historisk set blevet betragtet, som en ubegrænset naturressource, hvor det har været en

selvfølge at vand var gratis, havde en god kvalitet og kunne udnyttes i ubegrænset grad. Danmark var måske et af de første lande med øget fokus på vandressourcer og restriktioner på vandforbruget, og der er alt muligt grund til at tro, at der i alle nordiske lande kommer strengere restriktioner på vandudnyttelsen i fremtiden.

En forudsætning for at lave græs, som modstår stresstilstande bedre, er et godt vækstmiljø for græsrodde og mikroorganismer, som f.eks. optimale forhold mellem vand og luft. Samfundets krav om en mere effektiv udnyttelse af vand stiller krav til, at kunstvanding skal foregå med meget stor præcision i fremtiden. For at kunne opfylde det krav, kræves der mere viden om de processer, som regulerer forholdene mellem vand og luft samt jordtemperaturer i vækstjorden.



Figur 1. Forholdet mellem faste partikler, vand og luft ved markkapacitet i en green anlagt efter USGA specifikationer.

BEGREBER OG TEORIER

JORDENS VAND- OG LUFTINDHOLD

I en green anlagt efter USGA-specifikationer udgør de faste partikler, sand og organisk materiale f.eks. tørv, ca 50 procent af vækstjordens volumen. De resterende 50 procent af volumen består af porer, som er fyldt med vand eller luft (figur 1).

Ideelt set er halvdelen af vækstjordens porer fyldt med vand og halvdelen med luft. Den totale andel af porer i vækstjorden beskrives som vækstjordens porøsitet. Porøsiteten er altså et mål for, hvor mange procent af jordens totale volumen, som består af porer. I naturlige jorde varierer porøsiteten meget, eksempelvis kan porøsiteten være 95 procent i en tørvejord, 60 procent i en lerjord og 45 procent i en sandjord.

Lige efter vanding eller et kraftigt regnvejr er hele pore-systemet i vækstjorden fyldt med vand. Denne tilstand kaldes for vandmættet. I greens anlagt efter USGA-specifikationer dræner ca. halvdelen af vækstjordens vand hurtigt ud af jorden. Dette vand, som forlader vækstjorden ved fri dræning, kaldes drænbart vand. Når det drænbare vand forlader vækstjordens porer fyldes disse i stedet for med luft. Efter at alt drænbart vand er væk fra vækstjorden er ca. 50 % af porerne fyldt med vand og ca. 50 procent fyldt med luft. Denne tilstand kaldes jordens markkapacitet (figur 1).

Mængden af vand og luftfyldte porer ved markkapacitet varierer meget i naturlige jorde. Eksempelvis kan op til 80 procent af porerne være vandfyldte i en lerjord og kun 10-15 % i en ren sandjord. Mængden af vand og luft i jorden bestemmes af antallet af og størrelsen af jordens porer samt dræningsdybden eller afstanden til grundvandet.

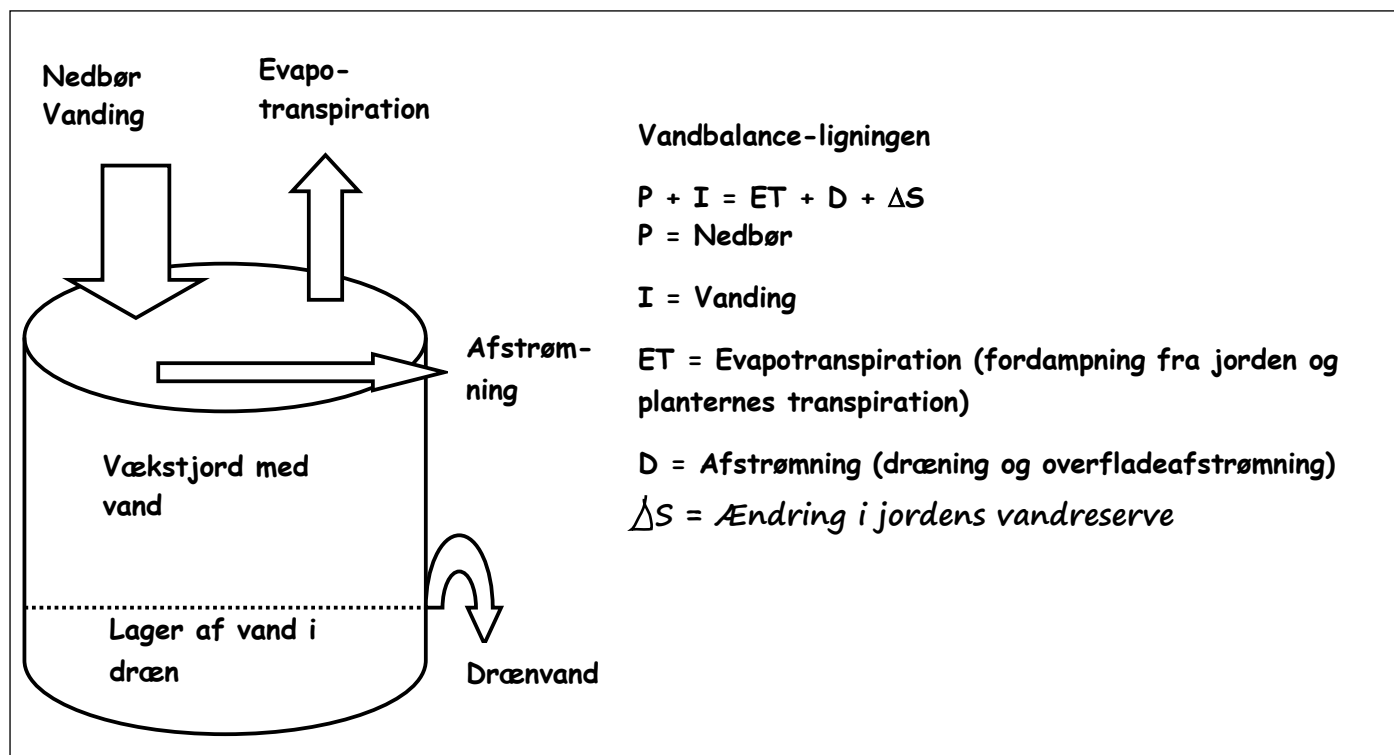
Vand som lagres i vækstjorden eller marken efter fri dræning kaldes **jordvandet**. Jordvandet er det vand, som kan udnyttes af græsset og anden vegetation. Vækstjorden eller jorden fungerer altså som et vandreservoir hvor mængden af vand, som kan lagres, bestemmes af poresystemet. Jordvandet er en forudsætning for, at græsset f.eks. kan lave fotosyntese, d.v.s. optage kuldioxid fra atmosfæren. Græsset taber altid vand, når det optager kuldioxid igennem sine spalteåbninger. Dette kaldes **transpiration**. De næringsstoffer, som planter optager findes opløst i jordvandet. Jordvandet fungerer altså som transportør af næring, dels mellem forskellige områder i jorden men også fra jorden og ind i planter. Selv jordens mikroorganismer er ligeledes afhængige af jordvandet. De forskellige mikroorganismer begünstiges af hvor meget vand og luft, der findes i vækstlaget eller jorden.

Jordvandet fyldes op, når det regner og der kunstvandes. En del af vandet når aldrig ned i vækstjorden, men afstrømmer fra overfladen. Vækstjorden mister vand ved dræning, fordampning fra jordoverfladen og ved planternes transpiration. Fordampning fra jordoverfladen og planternes transpiration kaldes under et for **evapotranspiration**.

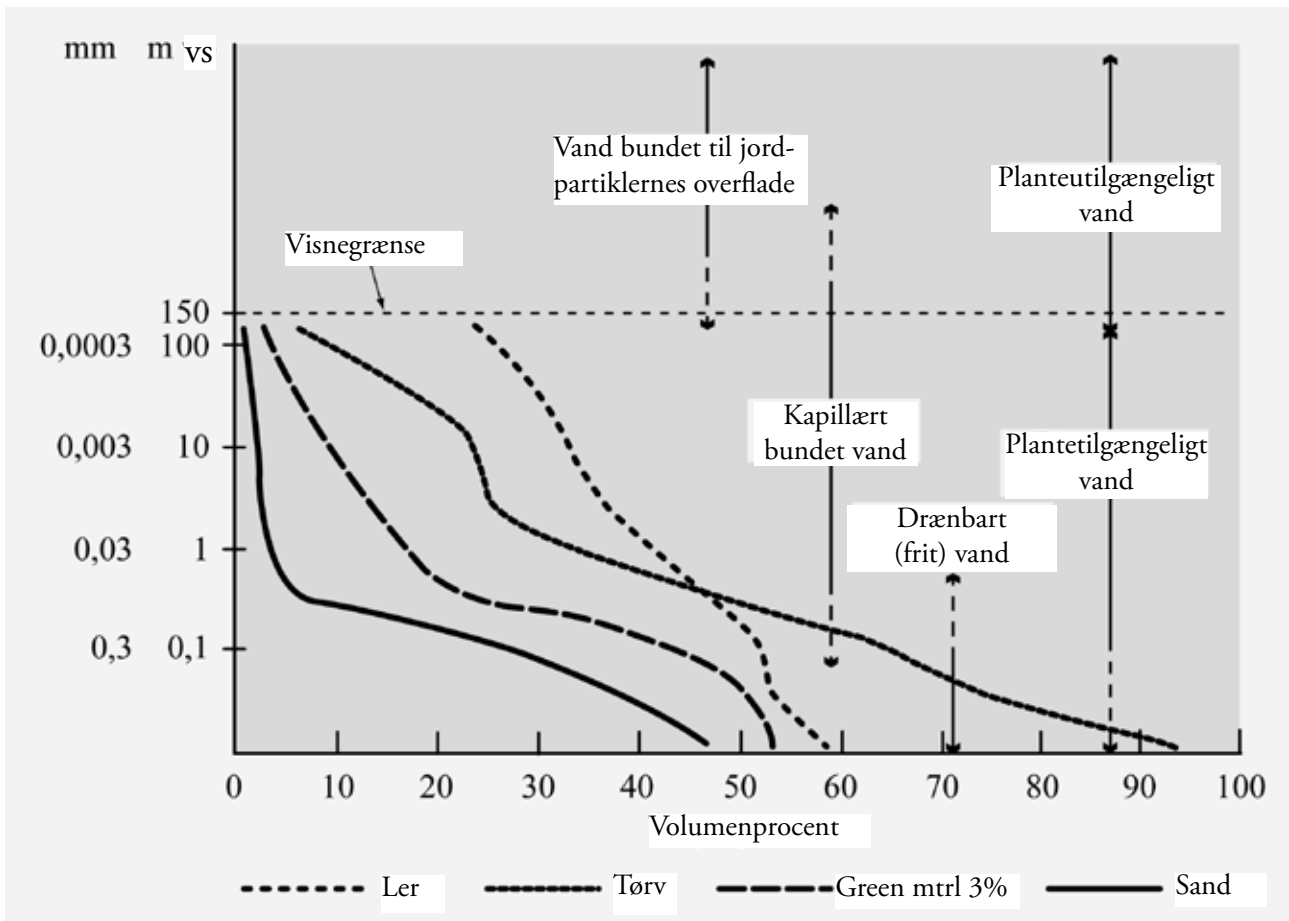
Forholdet mellem nedbør, vanding, evapotranspiration, dræning og afstrømning kan beskrives ved hjælp af **vandbalanceligningen** (figur 2).

Når man diskuterer jordvand ud fra planters synspunkt er det ikke den totale mængde vand, som er vigtig, men den del af jordvandet, som planterne kan udnytte, d.v.s. mængden af **plantetilgængeligt vand**. Vandet bindes til jordens partikler og i porer. En vis del af vandet er altid meget hårdt bundet og er ikke tilgængeligt for planterne. I greens opbygget efter USGA-specifikationer er andelen af utilgængeligt vand lille og svarer til ca. 5 % af vækstjordens totale volumen. Jo større andelen er af små partikler, f.eks. ler, og jo højere indholdet af organisk materiale er, jo større bliver mængden af planteutilgængeligt vand. I en lerjord kan mængden af planteutilgængeligt vand være større end 30 procent af det totale volumen, hvilket svarer til mere end halvdelen af jordvandet.

For at kunne optage vand og næringsstoffer og kunne gro og forplante sig, skal planterødder og mikroorganismer i jorden kunne ånde, d.v.s. optage ilt. Det er vigtigt, at en tilstrækkelig stor andel af markens porer er fyldte med luft for at iltbehovet bliver tilgodeset. Andelen af **poreluft** i vækstjorden bestemmes af porernes størrelsesfordeling og den totale porøsitet. En almindelig tommelfingerregel er, at der skal være mindst 10 % luft i jorden for at planterne kan overleve. I en green anlagt efter USGA specifikationer er ca. 25 % af vækstjordens volumen fyldt med luft efter fri dræning. Det svarer til de porer, som er større end 0,1 mm i diameter.



Figur 2. Vandbalanceligningen.



Figur 3. Retentionskurver for tørv, ler og greenmateriale efter USGA-specifikation (30 cm vækstlag over drængrus) med 3 vægtprocent organisk materiale samt sand. På den lodrette akse vises de vandbindende kræfter i enheden meter vandsøjle og hvilke porestørrelser disse kræfter svarer til i mm. Den vandrette akse viser volumenindholdet af vand, luft og faste partikler. Sammenlign med tekst og figur på side 10.

RETENTIONS-KURVEN

Jordvandet bindes med forskellig kraft til jordens eller vækstjordens porer og til jordpartiklernes overflade. Det vand, som bindes i jordens porer, er **kapillært bundet vand** og det vand, som bindes til partiklernes overflader, er **adsorberet vand**. Jo mindre en pore er, desto hårdere binder den vand. Allerhårdere bindes vand til partiklernes overflader. De vandbindende kræfter i jorden afhænger altså af porefordelingen og partiklernes samlede overflade. Jordens vandbindende kræfter måles almindeligvis i **meter vandsøjle, m. v. s.**

Porernes evne til at binde vand og mængden af vand, som er til rådighed i vækstjorden kan beskrives ved hjælp af en retentionskurve (figur 3). Den information man kan få ud af en retentionskurve giver mulighed for at bedømme vigtige egenskaber for jorden eller vækstlagsmaterialet, f.eks. porøsitet, porefordeling, totale volumen af jordvand- og -luft ved forskellige dræningsdybder. I figur 3 kan man eksempelvis se, at når dræningsdybden er 0,3 m udgør jordvandet 55 procent af volumenet i tørv, 49 procent i ler, 30 procent i greenmaterialet og 10 procent i sandet. Volumen luft ved tilsvarende dræningsdybde er 40

procent i tørv, 10 procent i ler, 24 procent i greenmaterialet og 38 procent i sandet. Volumen luft kan beregnes ved at tage det totale porevolumen minus volumen vand ved markkapacitet.

Retentionskurven viser også, hvor stor en andel af vandet, som er plantetilgængeligt og planteutilgængeligt. Som regel er vand, som bindes hårdere end 150 m. v. s. utilgængeligt for planterne. De vandbindende kræfter, som svarer til 150 m. v. s. opstår i porer, som er mindre end 0,0002 mm i diameter. Figur 3 viser at volumen af planteutilgængeligt vand er 6 procent i tørv, 24 procent i ler, 4 procent i greenmaterialet og 2 procent i sandet.

Når f.eks. en green eller fairway bruges og komprimeres stiger andelen af vandfyldte porer på bekostning af luftvolumenet i vækstjorden. Dette skyldes, at store luftførende porer kolliderer til mindre porer, når jorden komprimeres. Når jorden komprimeres stiger andelen af mindre porer, mens den totale porøsitet ændrer sig relativt lidt. Informationer om ændringer i porefordelingen kan vi også læse ud fra retentionskurverne.

HYDRAULISK LEDNINGSEVNE

Jordens evne til at lede vand afhænger af pore størrelsen og af, hvordan porerne er forbundet med hinanden. Hydraulisk ledningsevne i jord afhænger også af vandindholdet. Hydraulisk ledningsevne i en vandmættet vækstjord giver et billede af makroporesystemet, d.v.s. mængden og fordelingen af store porer. Hydraulisk ledningsevne i vækstjordmaterialet til golfgreens, efter USGA specifikationer, bør være 300-600 mm/ time. For agerjord anses en god værdi på hydraulisk ledningsevne at være 1 cm/time. Ved komprimering forringes vandledningsevnen i vækstjorden på grund af, at andelen af store porer mindskes.

JORDTEMPERATUR

Temperaturen i jorden har stor betydning for alle biologiske processer, f.eks. spiring, vækst og rodudvikling samt mikroorganismernes aktivitet. I vores tempererede klima kan lave temperaturer hæmme flere af disse processer. Græsarter, som er tilpassede et tempereret klima, har den bedste rodaktivitet, når jordtemperaturen er mellem 10°C og 18°C. Nogle græsser kan have en begrænset rodvækst igennem hele efteråret, indtil jorden fryser. Rodaktiviteten kan altså fortsætte efter at græsset er indvintret og de overjordiske dele har mistet sin farve. Rødder og skud er følsomme overfor temperaturforandringer. En ændring på blot 1°C kan påvirke både rod- og skudvækst samt næringsstofoptagelsen.

Mikroorganismernes i jorden lever af at nedbryde organisk materiale. Når det organiske materiale nedbrydes frigives en række vigtige næringsstoffer, som planterne kan udnytte. Hvis jordtemperaturen stiger, så stiger mikroorganismernes

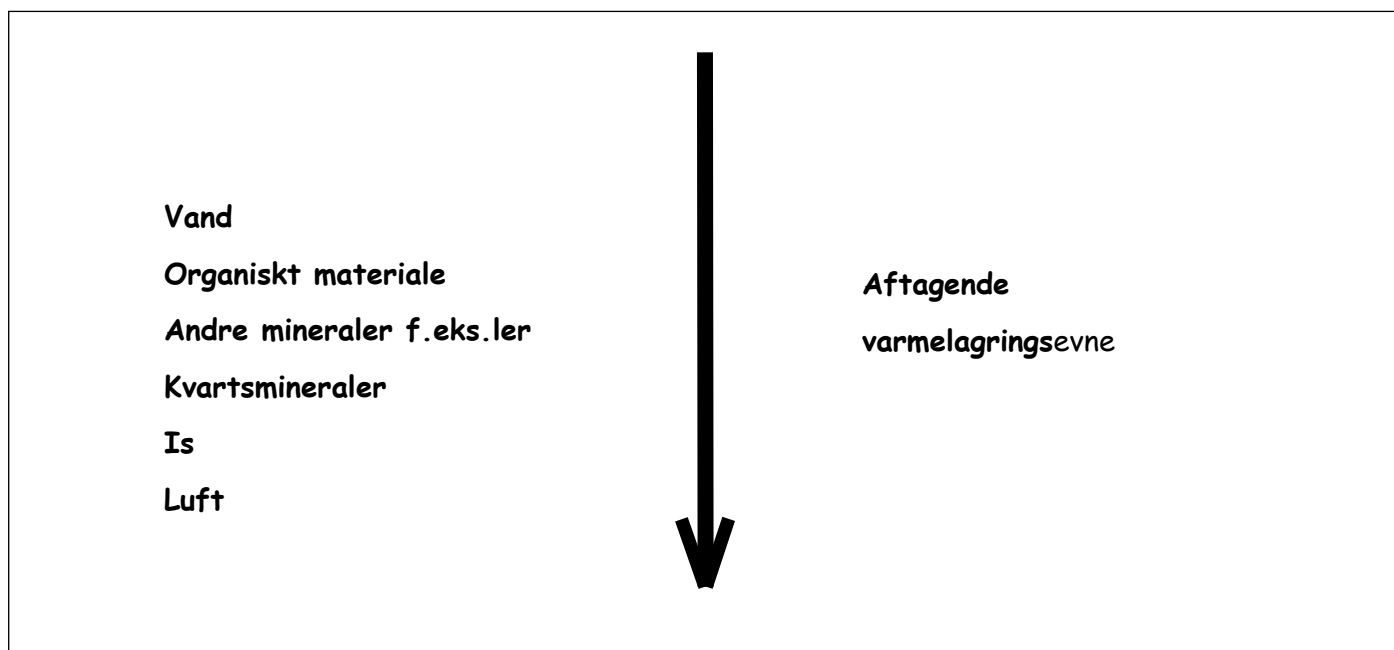
aktivitet også og dermed omsætningen af det organiske materiale. Flere af jordens mikroorganismer kan være aktive indtil jorden fryser, 0°C. Ved temperaturer under 5°C aftager aktiviteten dog kraftigt. Den største aktivitet har mikroorganismene, når temperaturen er mellem 25°C og 35°C. Mikroorganismernes aktivitet kan fordobles hvis jordtemperaturen stiger med 10°C, fra f.eks. 8° til 18°C.

HVAD STYRER JORDTEMPERATUREN?

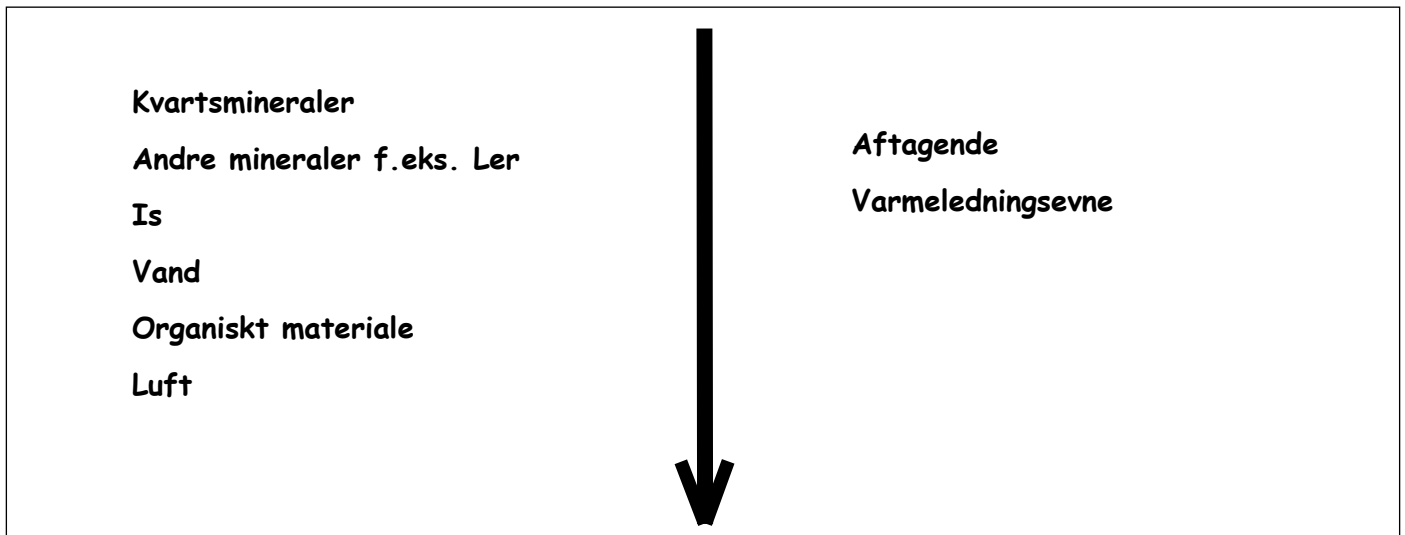
Nogle jorde opvarmes hurtigt om foråret og andre mere langsomt. Disse forskelle afhænger bl.a. af mængden af solstråler, som rammer jorden. Forskellen afhænger også af jordens evne til at transportere eller lede varme, **varmeledningsevnen** og evnen til at lagre varme **varmekapaciteten**. Varmeledningsevnen og varmekapaciteten kaldes for jordens **termiske egenskaber**.

Varmekapaciteten beskriver hvor meget energi, der skal tilføres for at hæve temperaturen en grad hos et specifikt materiale. Alle jordkomponenter, mineraler, organisk materiale, vand og luft har forskellig varmekapacitet.

Den højeste varmekapacitet har vand, 4,2 MJm⁻³C⁻¹ og luft har den laveste, 0,0013 MJm⁻³C⁻¹ (figur 4). Jordens vandindhold har altså stor betydning for jordtemperaturen. En jord med et højt vandindhold skal tillføres meget energi for at temperaturen stiger, men samtidig virker et højt vandindhold som en buffer mod hurtig afkøling af jorden. Luft er den jordkomponent, som opvarmes hurtigst, men er også det, der nedkøles hurtigst.



Figur 4. Forskellige jordkomponenters evne til at lagre varme (varmekapacitet).



Figur 5. Forskellige jordkomponenters evne til at lede varme (varmeledningsevne).

For at få en tidlig etablering og vækst af græsset skal jorden varmes op hurtigt om foråret, så de biologiske jordprocesser kommer igang. Det er vigtigt, at jorden rammes af solens stråler og at vækstjorden er veldrænet, så vandindholdet ikke er for højt. Er vandindholdet for højt, forsinkes opvarmningen af vækstjorden på grund af vandets høje varmekapacitet.

Jordens varmeledningsevne har også stor betydning for jordtemperaturen. De forskellige jordkomponenters evne til at lede varme varierer meget.

Kvartsrige mineraler, som ofte findes i sand, har den højeste ledningsevne på $8,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$. Vand er også en relativt god varmeleder, $0,57 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ mens luft leder varme meget dårligt, $0,025 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ (figur 5).

I en udtørret sandjord er ledningsevnen dårligere end i en fugtig sandjord, eftersom vandindholdet har stor betydning for varmetransporten. Når kontaktfladerne mellem sandpartiklerne er fyldt med vand i stedet for luft stiger ledningsevnen. Tilsætning af organisk materiale til en jord forøger vandindholdet og derigennem jordens ledningsevne. Organisk materiale har derimod en relativt dårlig varmeledningsevne.

Dårlig varmeledning i porøse sanddominerede vækstjorde kan give vækstjorde med lave temperaturer. Dette skyldes, at varme fra dybere lag af jorden ikke transporteres til vækstjorden, når lufttemperaturen falder.



FORSØGSGREEN PÅ FULLERÖ GOLFKLUB



Skandinaviens første forsøgareal lå på indspilsgreenen på Fullerö Golfklub udenfor Västerås. Arealet blev brugt og plejet som resten af golfbanen, men forsøg og undersøgelser af forskellige slags havde højeste prioritet. Forsøgene gav mulighed for at samle ny viden og omsætte forskningsresultater til praktisk anvendelige plejeråd. I forsøgene blev der bl.a. set på følgende: virkningen af forskellige greensopbygninger, græssets udnyttelse af vand og styring af kunstvanding, græssets udnyttelse af næringsstoffer og udvaskning af næringsstoffer til det omgivende miljø, det organiske indholds betydning for mikroorganismene og rodudviklingen i vækstjorden.

OPBYGNING OG PLEJE

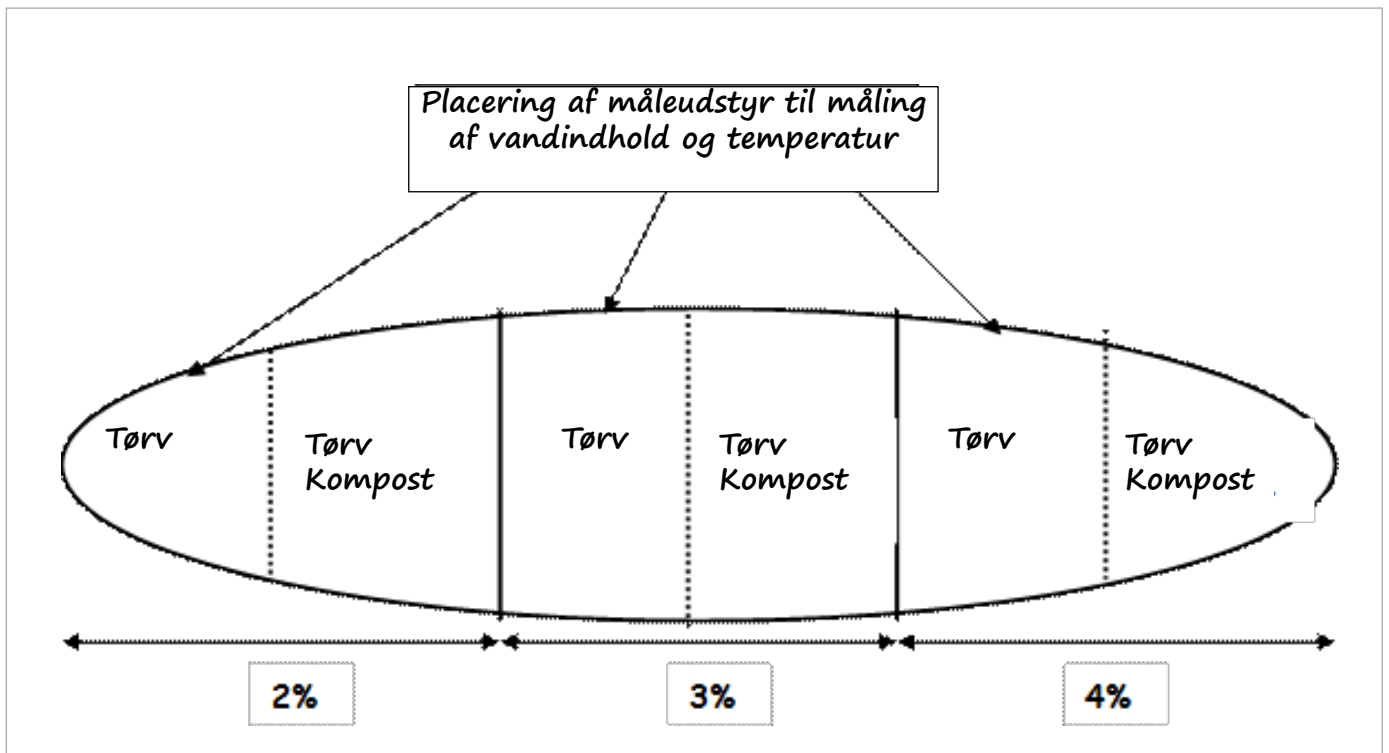
Forsøgsgreenen blev anlagt i foråret og sommeren 1999. Greenen blev opbygget efter let modificerede USGAspecifikationer. Arealet havde tre forskellige forsøgsområder. Forsøgsområderne indeholdt forskellig mængde organisk materiale henholdsvis 2, 3, og 4 vægtprocent organisk materiale. Hvert forsøgsområde blev inddelt i to lige store

dele. Det organiske materiale i den ene halvdel bestod af ren tørv og i den anden halvdel blev 50 procent af tørv erstattet med komposteret hønsemøg (figur 6). Under sandlaget var der et 10 cm tykt lag af drængrus og tilhørende drænsystem. Drænsystemet lå i ca 40 cm dybde. Hver forsøgsled blev drænet separat. Drænvandet blev opsamlet i en nærliggende brønd, så det var muligt at lave målinger og analyser på vandet.

Forsøgsgreenen blev plejet efter de samme principper som for den øvrige bane med hensyn til klipning, vanding, gødsning, sprøjtning, dresning, luftning, vertikalskæring mm.

MÅLEUDSTYR

I forbindelse med etableringen blev der installeret måleudstyr til måling af jordtemperatur og vandindhold i vækstjorden. Udstyret gav hele tiden information om de jordfysiske forhold i de forskellige forsøgsled. Fugtmålinger gav et billede af vand- og luftindholdet samt vandtransporten i vækstjorden.



Figur 6. Et skematisk billede af forsøgsarealet på Fullerö GK. Forsøgsarealet havde tre forsøgsområder hver på 270 m², med varierende indhold af organisk materiale henholdsvis 2, 3 og 4 vægtprocent.

Temperaturmålinger gav et billede af, hvordan mængden af organisk materiale påvirker temperaturen i greenen.

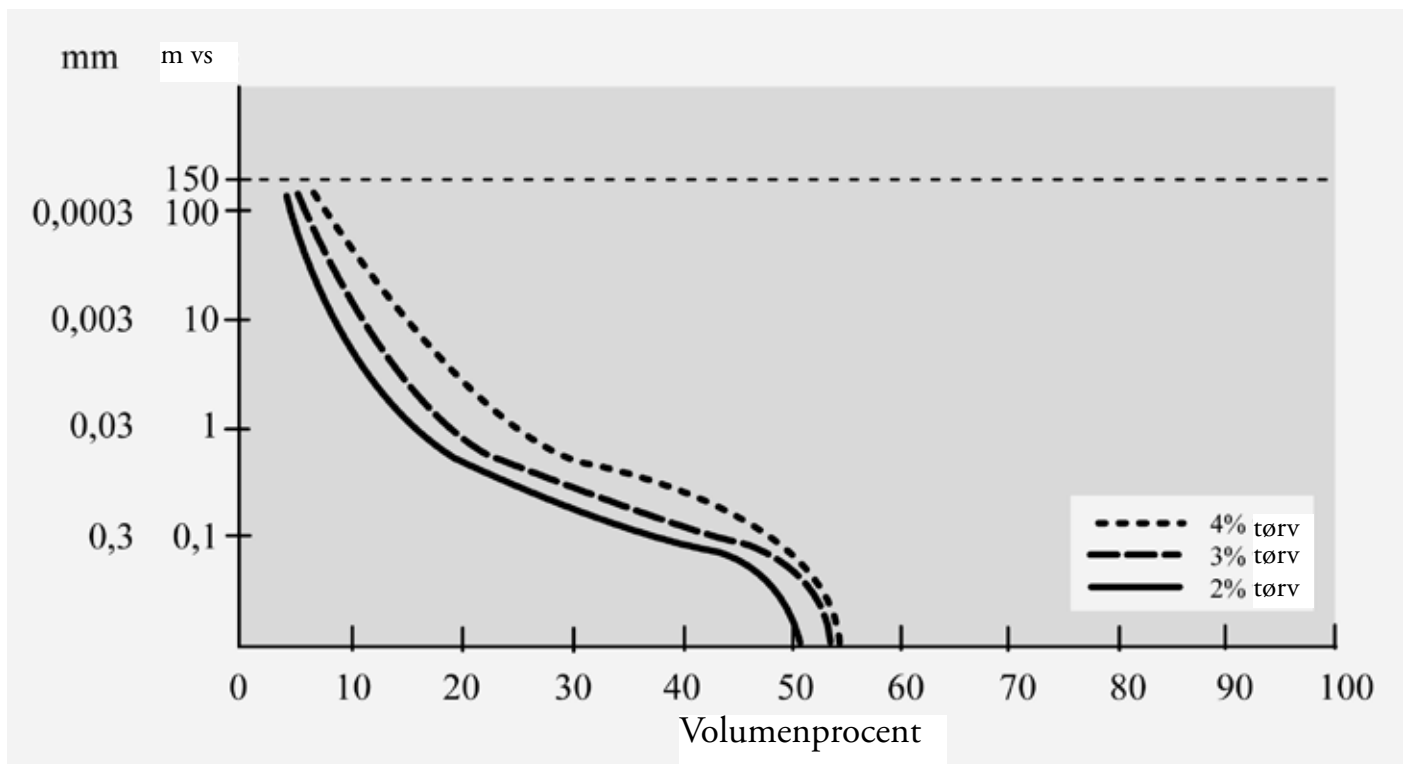
For at registrere vandindholdet i vækstjorden blev der brugt et apparat (CS615 Water Content Reflectometer) som mælte den elektriske ledningsevne i jorden. Eftersom vand har en god elektrisk ledningsevne kan ledningsevnen bruges som et mål for vandindholdet. Jordtemperaturen blev målt med et vedligeholdelsesfrit termometer (105T Temperature). Alle apparater blev koblet til en datalogger (PC208W Datalogger Support Software), som lavede beregninger for hver time. Disse værdier blev beregnet som gennemsnit af målinger for hvert tiende minut.

Måleinstrumenterne blev placeret i de tre forsøgsområder med henholdsvis 2, 3 og 4 vægtprocent rent tørv. I hver forsøgsområde blev måleinstrumenter placeret i tre dybder, 5 cm, 15 cm og 25 cm. For hver dybde var der tre fugtighedsmålere og tre termometre (figur 6).

Drænvandet fra greenen blev opsamlet i kar, der var placeret i en nærliggende brønd. Hver dag noteres, hvor store mængder dræningsvand, som forlod vækstjorden. Når dette var kendt, kunne vi beregne, hvor meget vand der blev drænet væk fra de forskellige forsøgsområder. På hvert kar var der en beholder, hvor det var muligt at opsamle drænvand, som skulle analyseres.



RESULTATER FRA SOMMEREN 2000



Figur 7. Retentionskurver for vækstjordsmateriale med 2, 3 og 4 vægtprocent organisk materiale. Jævnfør figur 3 på side 5.

RETENTIONS-KURVER

Figur 7 viser retentionskurver for vækstjordsmateriale i de tre forskellige forsøgsområder. Vækstjordsmateriale indeholdt 2, 3 og 4 vægtprocent organisk materiale. Porøsitet og vandindhold ved visnegrænsen (150 m.v. s.) varierer noget mellem de forskellige materialer. Porøsiteten er 55 volumenprocent i forsøgsområderne med 3 og 4 vægtprocent organisk materiale og 51 volumenprocent i forsøgsområdet med 2 vægtprocent organisk materiale. Vækstjords vandindhold ved visnegrænsen var 4, 5 og 6 volumenprocent i forsøgsområderne med 2, 3 og 4 vægtprocent organisk materiale.

Vækstjorden med 4 vægtprocent organisk materiale binder mest vand ved markkapacitet, eftersom den har en større andel af små porer. Ved markkapacitet er alle porer i top-laget, som er større end 0,1 mm i diameter tomme for vand. Mængden af disse porer svarer til 15 volumenprocent og de er nu luftfyldte. Resten af porevolumenet, 40 volumenprocent, består af porer som er mindre end 0,1 mm. Disse porer er stadigvæk fyldte med vand.

I forsøgsområdet med 3 vægtprocent organisk materiale var 26 volumenprocent af porerne større end 0,1 mm i diameter. Disse er tomme for vand ved markkapacitet. 29 volumenprocent af porerne er mindre end 0,1 mm og vandfyldte.

I forsøgsområdet med 2 vægtprocent organisk materiale er 26 volumenprocent af porerne større end 0,1 mm i diameter og tomme for vand ved markkapacitet. 25 volumenprocent af porerne er mindre end 0,1 mm og vandfyldte.

De organiske partikler fylder porehullerne ud mellem sandkornene og reducerer porestørrelsen, hvilket fremgår af retentionskurverne. Organisk materiale består i sig selv også af et stort antal små porer. Det organiske materiales indvirkning på porestørrelsesfordelingen er ønskværdig for at forbedre vækstjords evne til at opmagasinere vand. Foruden organisk materiale har komprimeringsgraden i vækstjorden en stor indvirkning på porestørrelsesfordelingen og vand- og luftindholdet.

VANDINFILTRATION, DRÆNING OG GRÆSSETS UDNYTTELSE AF VANDET

Vækstjordens hydraulisk ledningsevne blev bestemt i forbindelse med, at greenen blev anlagt dvs. inden greenen kom i brug. Målingerne viste, at ledningsevnen i forsøgsområderne med 2 og 3 vægtprocent organisk materiale var ca 380 mm/time, hvilket svarer til anbefalingerne for vandinfiltration på 300-600 mm/time. I forsøgsområdet med 4 vægtprocent organisk materiale var vandinfiltrationen kun ca 180 mm/time. Vi kan forvente, at vandinfiltrationen bliver mindre, når greenen bliver brugt. Reduktionen skyldes komprimering især i vækstjordens toplag.

De høje krav til vandinfiltration betyder, at vand transporteres hurtigt gennem vækstjorden, når det regner kraftigt og når der vandes meget. Dette, sammen med at sandmaterialet binder vandet dårligt, giver risiko for at store mængder af vand vaskes gennem vækstlaget og drænes bort. Det kan også føre til, at næringsstoffer i jordvandet udvaskes.

I maj og juni måned år 2000 drænede 12 og 3 m³ vand væk fra et greenområde på 270 m². Omregnes disse tal til antal mm svarer det til 44 og 11 mm. Mængden af drænvand var stort set lige store uanset om mængden af organisk materiale var 2 eller 3 vægtprocent. Der blev ikke lavet målinger på forsøgsområdet med 4 vægtprocent organisk

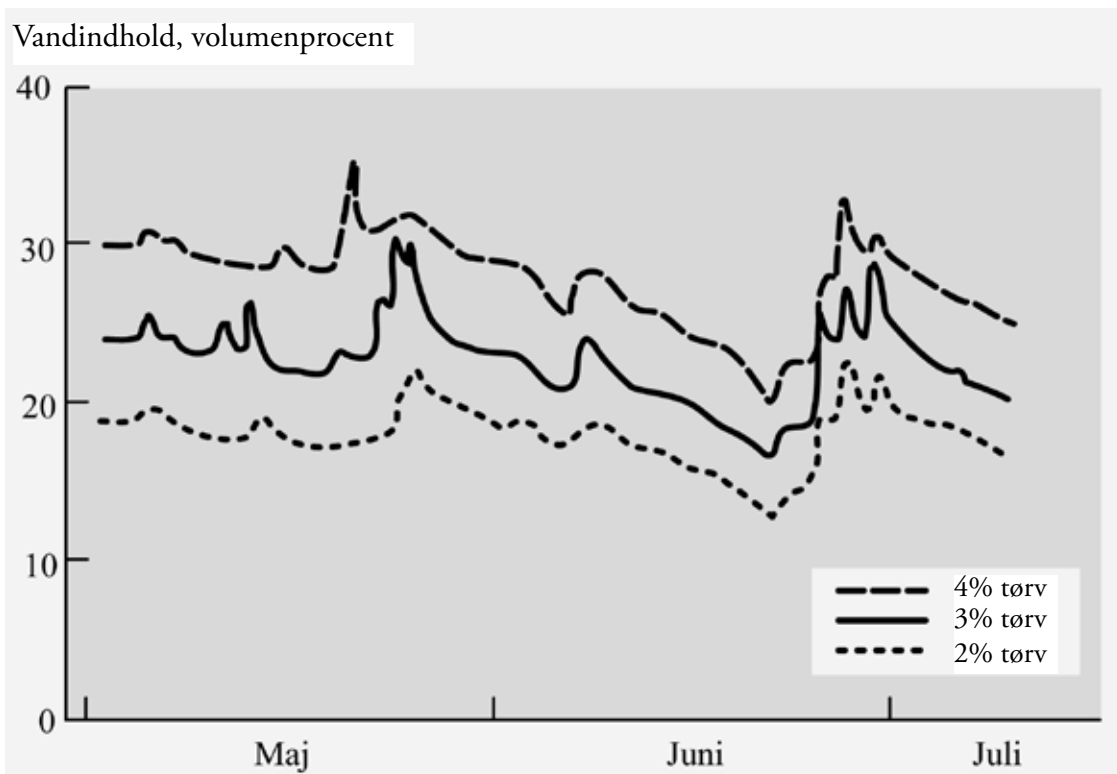
materiale. Især i maj måned med sparsam græstilvækst og transpiration drænede en stor mængde vand bort. Selv i juni var der overskud af vand i vækstjorden dvs. mængden af tilført vand var større end den mængde vand jorden kunne opmagasinere.

Ved hjælp af vandbalanceligningen får vi et billede af, hvor effektivt græsset udnyttede vandet, vi tilførte. Ud fra de målinger vi lavede, kan vi beregne evapotranspirationen. Evapotranspirationen kan vi bruge som et mål for græssets evne til at udnytte jordvandet.

I figur 8 sammenlignes vandbalanceligningen for maj og juni. Mængden af afdrænet vand i maj måned (44 mm) var betydeligt højere end juni måned (11 mm), på trods af, at nedbørmængden var større i juni. Dette skyldes at græsset formåede at udnytte jordvandet, da, transpirationen var mindre i maj måned (47 mm) end i juni måned (131 mm). I maj måned var græsset ikke kommet i vækst og mængden af vand, der blev optaget var begrænset. Dette betød, at en stor mængde uudnyttet vand kunne passerere gennem vækstjorden og ned igennem drænsystemet. I juni var græssets transpiration steget, og en større mængde af jordvandet blev udnyttet og en mindre mængde vand blev drænet bort.

Vandbalanceligninger	
Maj	Juni
$P + I = ET + D + \Delta S$	$P + I = ET + D + \Delta S$
43 + 48 = 47 + 44 + 0	124 + 18 = 131 + 11 + 0

Figur 8. Vandbalanceligninger for maj og juni måned beregnet for et greenområde svarende til 270 m². P = nedbør, I = vanding, ET = evapotranspiration, D = drænvand og afstrømning og S = ændring i jordens vandmagasin



Figur 9. Vandindhold i 15 cm dybde i vækstjord med 2, 3 og 4 vægtprocent organisk materiale.

MÅLING AF VANDINDHOLD

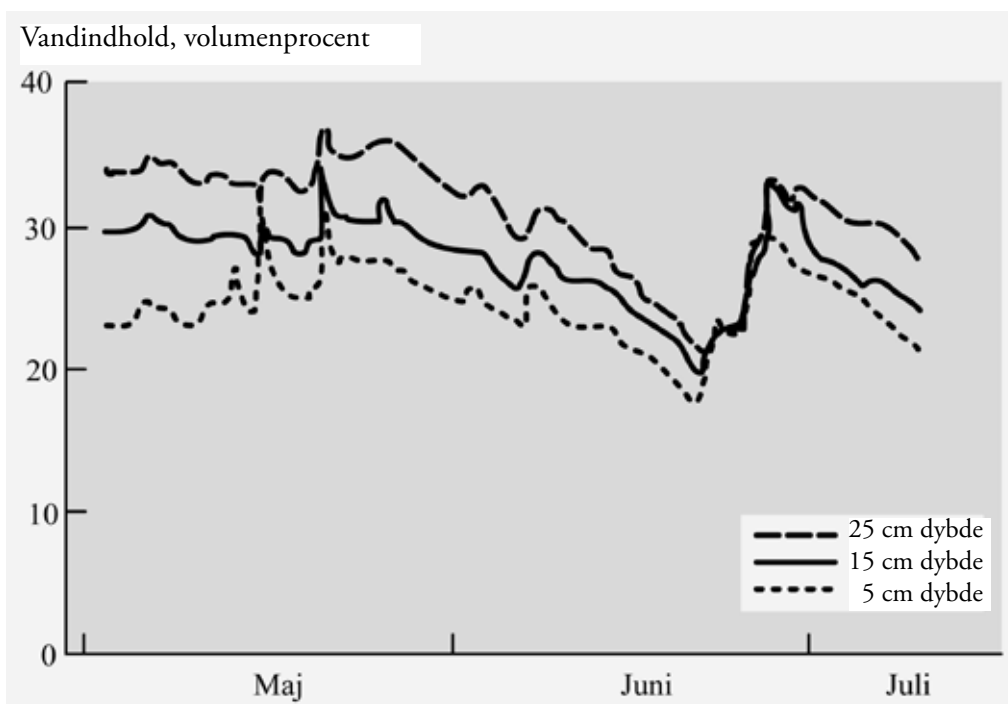
Vandindholdet i jorden steg med stigende indhold af organisk materiale i vækstjorden (figur 9). I 15 cm dybde i forsøgsområdet med 2 vægtprocent organisk materiale, dvs. midt i vækstjorden, varierede vandindholdet mellem 12 og 23 volumenprocent i perioden maj til midten af juli. Vandindholdet var 5 og 10 volumenprocent højere i hele perioden i forsøgsområderne med 3 og 4 vægtprocent organisk materiale. Variationen var den samme i samtlige forsøg. Dette betød, at det luftfyldte porvolumen (totale porvolumen minus volumen vand i vækstjorden) i perioden varierede mellem 22 volumprocent, det mindste volumen luft i området med 4 vægtprocent organisk materiale, og 39 volumenprocent, det største volumen luft i området med 2 vægtprocent organisk materiale. I samtlige forsøgsområder var der gode forudsætninger for at få ilt til vækstjorden.

Vandindholdet indenfor det samme forsøgsområde varierede med dybden. Målingerne viste, at der var mest tørt i overfladen og at vandindholdet steg med dybden (figur 10). Dette skyldes, at de drænende kræfter er større ved overfladen end længere nede i vækstjorden.

Der blev altså drænet mere vand væk fra vækstjordens øverste lag. De øverste lag af vækstjorden påvirkes også mest af tab af vand fra græssets vandoptagelse og transpirationen samt af fordampning fra jordens overflade. Græsset udviklede rødder i hele vækstlagets dybde og kunne derfor udnytte vandet i hele vandmagasinet. I samtlige forsøgsområder var den største mængde rødder, (mere end 85%) i de øverste 15 cm af vækstlaget.

I sæsonen 2000 var der aldrig mangel på vand i vækstjorden. Selv i de tilfælde, hvor vækstjorden tørrede ud mellem vandinger eller nedbør, var der tilstrækkeligt med vand til græsset.

Undersøgelser af jordens vandlager viste, at når det var tørrest i sæsonen 2000 blev vandet tilbageholdt i jordens poresystem med kræfter svarende til 3 - 5 m. v. s. hvilket er langt fra de vandbindende kræfter på 150 m. v. s., som svarer til visnegrænsen. Generelt blev vækstjorden aldrig tørrere end at de vandbindende kræfter svarede til 1 m. v. s. (jævnfør retentionskurver i figur 7).

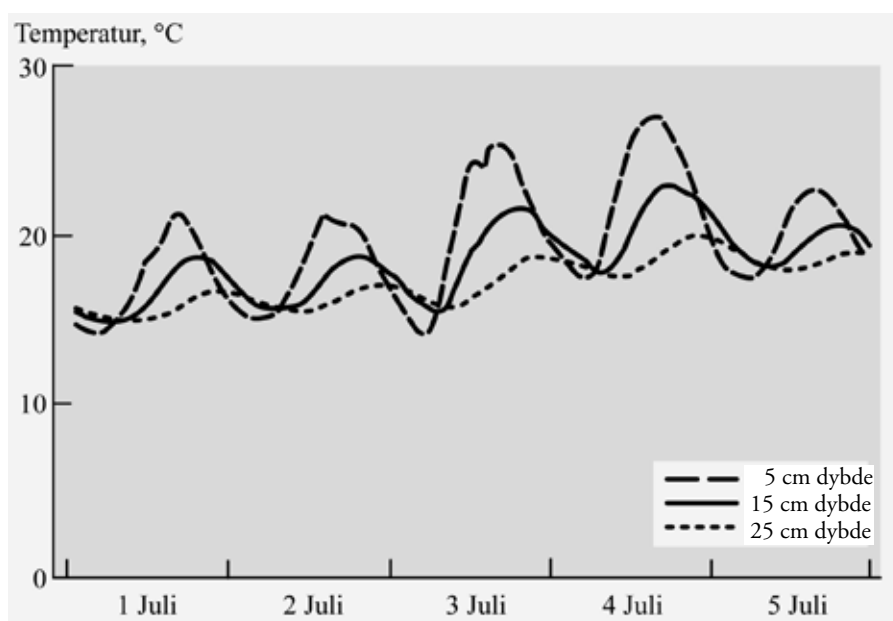


Figur 10. Vandindhold i 5, 15 og 25 cm dybde i vækstjorden med 4 vægtprocent organisk materiale.

TEMPERATURMÅLINGER

Der var meget små forskelle i temperaturen imellem de forskellige forsøgsområder. I foråret 2000 tøde jorden hurtigt op på grund af det varme forårsvejr. Optøningen startede stort set samtidig i de tre forskellige forsøgsområder. Fra den 20. marts var jordtemperaturen højere end 0°C om dagen og fra den 16. april frøs vækstjorden ikke mere på noget tidspunkt af døgnet. De varmeste jordtemperaturer blev målt i begyndelsen af juli. Varmest var det, 27°C, i 5 cm dybde i vækstjorden.

Temperatursvingningerne igennem døgnet er størst nærmest jordoverfladen og bliver mindre jo dybere ned i vækstlaget vi kom (figur 11). I 5 cm dybde var jordtemperaturen højest klokken tre til fire om eftermiddagen og lavest klokken fem om morgenen. Længere nede i vækstjorden var maximum- og minimumstemperaturen igennem døgnet forsinket i tid, jo større dybde desto større var tidsforsinkelsen.



Figur 11. Jordtemperatur målt den 1 - 5 juli 2000 i 5, 15 og 25 cm dybde i vækstjorden med 2 vægtprocent organisk materiale.

Forfattere:

MARIA STRANDBERG
STERF

KARIN BLOMBÄCK
LINA LUNDSTRÖM
Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)

Oversat af Karin Normann Petersen
i samarbejde med Dansk Golf Union

Sterf

Scandinavian Turfgrass and Environmental Research Foundation (STERF) er en forskningsfond, som er oprettet af golfforbundene i de nordiske lande. STERF leverer anvendt forskning om miljøvenlig og bæredygtig pleje af golfbaner. De prioriterede forskningsområder er: Integreret plantebeskyttelse – kontrol af sygdomme og ukrudt. Effektiv og bæredygtig udnyttelse af vand. Græssets overvintring på golfbaner og Multifunktionelle golfbaner. Læs mere om STERFs forskningsprogram og de forskellige projekter på www.sterf.org