

# VANDING AF GRÆS PÅ GOLFBANER



*Sterk*



Agnar Kvalbein



Trygve S. Aamlid

## FORORD

Denne vejledning er baseret på generel viden om jord og planter, men også på helt ny information om vandforbrug og kvalitetsudvikling i plænegræs. Der blev i perioden 2009 til 2011 udført flere eksperimenter ved Bioforsks forsøgsanlæg på Landvik ved Grimstad, som viste at græs som tilføres rigeligt med vand vil forbruge meget. Dette betyder, at man kan spare betydelige mængder af vand, hvis man udfører den rigtige vandingspraksis. Vanding er et kompliceret emne indenfor plantekultur. Vandtilførsel påvirker plantevækst på mange måder. Vækstjorden påvirkes også af tørke og vanding. Der findes for tiden ingen tekniske løsninger, som kan vande korrekt for dig. Korrekt vanding forudsætter, at du lærer at kende de forskellige områder på golfbanen, og at du bruger tid på at planlægge, vande og kontrollere resultatet.

Tak til Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation og Norges Forskningsråd som har finansieret forskningsprojektet *Evaporative demands and deficit irrigation on sand-based golf greens* og bidraget til udgivelsen af denne tekst. Tak også til Rainbird som bidrog med en vejrstation, og til banekonsulent Mikael Frisk som har gennemlæst og kommenteret denne tekst.

Vi håber at denne håndbog vil give dig et bedre grundlag for at vande optimalt, så du kan opnå en god græskvalitet og reducere omkostningerne både for miljø og økonomi. Vi håber også på en teknisk udvikling som vil gøre det muligt at vande mere jævnt end hvad der i dag er tilfældet med dagens sprederteknologi.

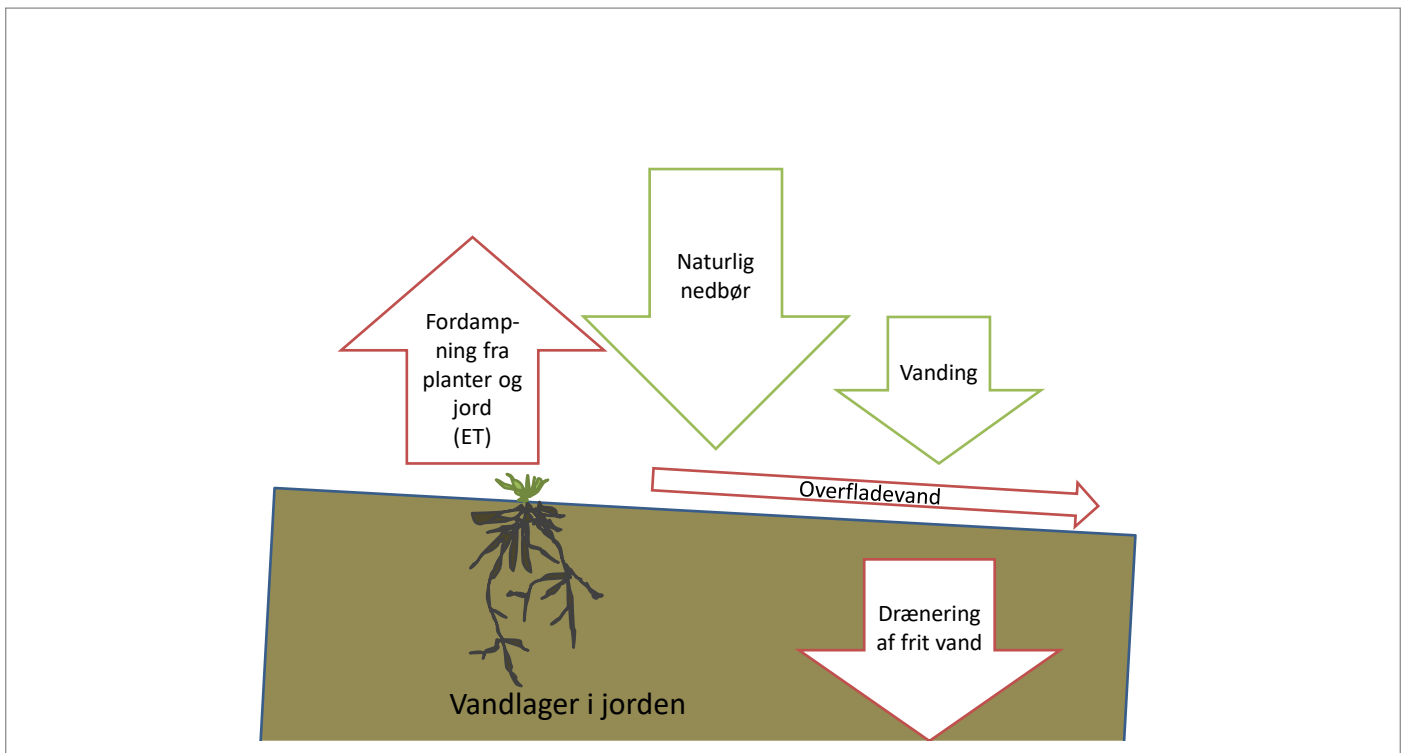
Landvik, 1. november 2013

*Agnar Kvalbein*  
forsker/konsulent  
agnar.kvalbein@nibio.no

*Trygve S. Aamlid*  
Leder af fagseksjon for frøavl og gras til grøntanlegg  
trygve.aamlid@nibio.no

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>Indledning</b>	<b>4</b>
Baggrund	
Vanding	
Brug af denne håndbog	
<b>Vandet i jorden</b>	<b>5</b>
Grundvand	
Kapillærkraft og porer	
Markkapacitet	
Hængende vandspejl	
<b>Hvor store er planternes vandreserver i jorden?</b>	<b>8</b>
Greens med hængende vandspejl	
Fairway på naturlig jord	
<b>Planternes vandhusholdning</b>	<b>11</b>
Optagelse og transport	
Spalteåbninger og forbrugsregulering	
Rodtryk og guttation	
Andre effekter af vandtilførsel	
Cellestrækning	
Temperaturstigning i cellerne	
Plantesygdomme	
Filtudvikling	
Rodudvikling	
Ukrudt	
<b>Evapotranspiration</b>	<b>14</b>
Fordampning fra fri vandflade	
Beregning af $ET_0$	
Transpiration fra forskellige arter	
<b>Vandingsstrategier</b>	<b>18</b>
Maksimal vækst	
Reduceret vandforbrug og god græskvalitet	
Boldrul og spillekvalitet	
Spiring og etablering	
<b>Hydrofob jord og finger-flow</b>	<b>20</b>
Lokale tørkepletter	
Finger flow	
Tiltag	
<b>Vanding og forurenende udvaskning</b>	<b>22</b>
<b>Vanding i praksis</b>	<b>23</b>
Styring af vanding	
Vandingsregnskab	
Fugtighedsmålninger	
Måling af tørkestress	
Tidspunkt for vanding	
Vanding i korte sekvenser	
Konkret opskrift på underskudsvanding	
Vanding af etablerede greens	
Vanding af fairways	
<b>Referencer</b>	<b>28</b>



Figur 1 - Vandbalancen i jorden.

## INDLEDNING

### Baggrund

Vand er en stærkt begrænset ressource. Konflikter om vandressourcer kan true den økonomiske udvikling og politiske stabilitet. Vandforbruget på golfbaner er stort pr. arealenhed og mangel på vandingsvand begrænser udviklingen af golf flere steder i verden. Selv om der i de nordiske lande er nedbørsoverskud og dermed små begrænsninger i vandforbruget, ønskede man fra STERFs side, at finansiere forskning, som kunne bidrage til bedre og mere effektiv udnyttelse af vandingsvand på golfbanerne.

Forsøgene som blev gennemført ved Bioforsks anlæg på Landvik i perioden 2009 – 2011 gav os ny viden om græsplanternes vandforbrug og dermed grundlag for at spare betydelige vandmængder. Den nye strategi, som kaldes underskudsvanding, kræver en jævnere fordeling af vandet end det som kan opnås med traditionelle cirkulerende spreder. Vi håber derfor, at ny vandingsteknologi vil blive udviklet. Ellers vil underskudsvanding kræve en del håndvanding.

### Vanding

Vand er afgørende for planter vækst og udvikling. Tilsyneladende er vanding enkel. Det er bare at sørge for vand omkring planterødderne, når der er behov for det. Når der vandes for meget vil overskuddet strømme af på overfladen eller afdrænes gennem jorden. Dette forhold er illustreret i figur 1.

Vanding er dog mere kompliceret, hvis vi ønsker at skabe gode spilleoverflader og smukke plæner med et lavt forbrug af energi og vand, og samtidig ikke forurene miljøet eller bidrage til udvikling af svampesygdomme. Tørkepletter på sandbaserede jordtyper er et fænomen, som kan gøre vanding ekstra udfordrende på mange golfbaner.

### Brug af denne håndbog

De første kapitler i denne håndbog beskriver vandhusholdningen i jord og planter. Erfarne læsere som primært ønsker de nye resultater fra STERFs forskningsprojekt, kan starte i afsnittet om evapotranspiration i forskellige arter, side 14.



**Billede 1.** Drænrør gør det muligt at sænke grundvandsspejlet i jorden. Foto: Agnar Kvalbein.

## VANDET I JORDEN

### Grundvand

Nedbør som lander på jorden vil enten ledes væk i form af overfladevand eller det vil infiltreres i jorden. Vandet vil trænge nedad gennem sprækker og porer indtil det ender i grundvandet. Det øverste niveau af grundvandet kaldes grundvandsspejlet. Det er det vi ser, når vi kikker ned i en brønd. Under grundvandsspejlet er alle porer fyldt med vand, og vandet kan bevæge sig sidelæns i hældende terræn.

I områder hvor nedbøren er større end fordampningen, som det forekommer de fleste steder i Norden, vil grundvandet stå forholdsvis højt. Idet planterødder er afhængige af god ilttilførsel for at kunne gro, er det vigtigt at sænke grundvandsspejlet. Dette gør man ved at lægge slidse-drænrør ned i jorden. Grundvandet strømmer ind i rørene fra alle sider og ledes væk til et vandløb, en åben grøft eller lignende.

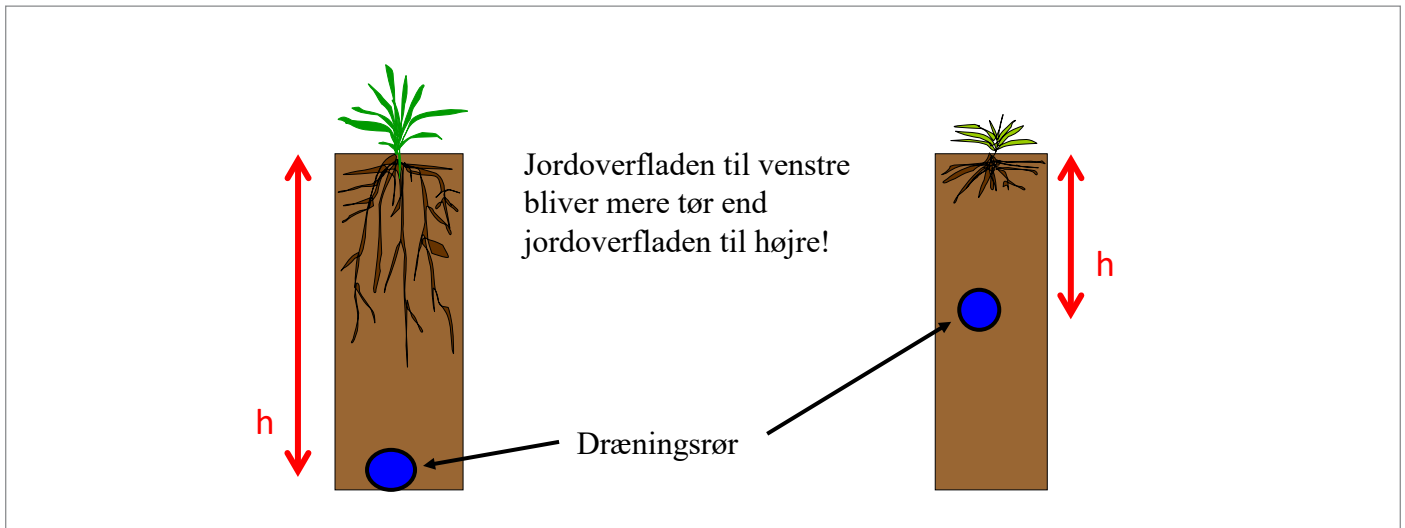
Grundvand kan blive forurenat. Kemikalier som er kommet ned i grundvandet nedbrydes langsomt, fordi der ikke er luft (ilt) til stede. Grundvandet er mange steder vigtigt både som drikkevand og til vanding af græs og andre afgrøder.

### Kapillærkraft og porer

Jorden over grundvandsspejlet vil også indeholde vand. Dette vand holdes tilbage ved hjælp af kapillærkraft. Kapillærkraften skyldes, at vandmolekylerne har evnen til at hænge sammen i kæder. Vandet kan også hæfte sig til overflader. Finkornet jord har små porer og store indre overflader, og kan derfor fastholde meget vand. Fra grovkornet jord med store porer afdrænes vandet lettere.

Det der gør, at vandet forsvinder fra porene i jorden, skyldes hovedsagelig tyngdekraften, som trækker vandet nedad mod grundvandet, og fordampning ved jordoverfladen. Der kan også være vandbevægelser, fordi vandet bevæger sig fra våde områder mod tørre.

Vand kan drænes ud af en stor pore ved, at tyngden af den sammenhængende vandsøjle fra poren og ned til grundvandsspejlet, suger vandet ud af porene. Jo længere der er ned til grundvandsspejlet, jo større bliver suget. Derfor bliver jorden mere tør, hvis drænrørene ligger dybt i forhold til, hvis de ligger længere oppe. Se figur 2.



**Figur 2.** Betydningen af hvor dybt drænrøret lægges i jorden..

Vand fordamper fra overfladen af jorden (*evaporation*), men på græsarealer vil det meste af fordampingen ske gennem planterne (*transpiration*). Rødderne suger vand ud af porene i jorden. Drivkraften til denne proces er fordampingen gennem bladene.

Mikroporer som er mindre end 0.005 mm fastholder jordvandet så hårdt, at planterne ikke er i stand til at suge det ud. Jord med et stort indhold af ler eller nedbrudt organisk materiale har mange af sådanne små porer, og denne type jord kan derfor indeholde betydelige vandmængder også efter at planterne er visnet. Dette vand omtales som ikke-plantetilgængeligt vand. Suget (undertrykket) ved planternes visnegrænse er -1.48 MPa.

## Markkapacitet

Den mængde vand, som jorden kan tilbageholde efter at det overskydende vand er løbet ud gennem dræningssystemet, omtales som jordens *markkapacitet*. Markkapaciteten udtrykker altså en egenskab ved jorden; evnen til at holde på vand. Sandjord, som har forholdsvis store porer mellem jordpartiklerne, har en lille markkapacitet sammenlignet med lerjord eller organisk jord, hvor de små porer dominerer.

Men som det fremgår af forrige afsnit, er markkapaciteten også afhængig af, hvor dybt drænrørene ligger. Hvis vi skal sammenligne jordens markkapacitet, må vi derfor operere med en standard drænhøjde. Den mest anvendte internationale definition af markkapacitet ( $\theta_{fc}$ ) er vandindhold i volumenprocent ved et sug på -33 kPa (Soulis et al. 2011). Dette tilsvarende en situation, hvor grundvandet står 3.4 meter under jordoverfladen, hvilket ikke er særlig relevant for forholdene i Norden.

Indenfor jordbruget i Norge har det været almindeligt at operere med -100 cm vandsøjle (-9.8 kPa).

## Måling af tryk/sug i jorden

I litteraturen om jord har det været almindeligt at opgive dræningshøjde i logaritmiske værdier med grundtallet 10. 100 cm dræningshøjde kan skrives som  $10^2$  cm, eller pF2. Ved analyser af de hydrologiske forhold i jord kan for eksempel vandindhold ved pF1.5 eller pF3 opgives.

Dette tilsvarende en dræningshøjde i cm på henholdsvis 31.6 cm ( $10^{1.5}$  cm) og 1000 cm ( $10^3$  cm). Planterne visner permanent ved pF4.18. Dette tilsvarende et sug på 15135 cm vandsøjle.

Korrekt enhed for tryk og undertryk (sug) er ifølge SI-systemet Pascal eller kilopascal, kPa. (Over)tryk opgives med positive tal og undertryk med negative tal. Du kan omregne fra cm vandsøjle ved at bruge faktoren 10.2 cm = 1.0 kPa.

**pF4.18 = -15135 cm = -1480 kPa.**

Planter visner altså ved et sug tilsvarende -1.48 MPa (megapascal).



**Billede 2.** Når vi lægger finkornet jord ovenpå grovere, skabes der et såkaldt hængende vandspejl (engelsk: perched water table). Foto: Agnar Kvalbein.

Når vandindholdet i greens bestemmes i laboratorier, anvendes ofte -40 cm drænhøjde (- 3.923 kPa). Dette kan virke mærkeligt, da en USGA-green skal have 30 cm vækstjord, men *Taylor et al. (1993)* fandt, at drængruset under vækstjorden gav et vandsug som tilsvarede ca. 10 cm vandsøjle. Dette er bekræftet i senere studier (*Bigelow et al. 2001*). Som teoretisk begreb er markkapacitet ret upræcist, fordi den måles så forskelligt. Resultatet påvirkes også af, hvordan jorden fyldes med vand før den afdrænes, og temperatur og andre forhold spiller også ind.

I praksis er markkapacitet alligevel et kendt begreb, som vi vil benytte i denne håndbog til at udtrykke den situation, hvor jorden er fyldt op med vand enten efter gennemvanding eller efter et langvarigt regnvejr. Vi bruger følgende enkle definition:

**Markkapacitet er den vandmængde, som er i jorden en time efter et langvarigt regnvejr.**

## Hængende vandspejl

Ved opbygning af golfgreens eller fodboldstadions, udlægges der ofte et horisontalt gruslag under vækstjorden, som består af sand tilsat lidt organisk materiale. Gruset under vækstjorden omtales ofte som drængrus, men denne konstruktion bidrager ikke kun til god afdræning, men også til at tilbageholde vandet i vækstlaget. Der skabes et såkaldt hængende vandspejl.

Årsagen er, at de kapillære kræfter i gruset (de store porer) er mindre end i vækstjorden (de små porer). Hvis vi måler vandindholdet nedad i en sådan konstruktion finder vi, at vandindholdet øger ned mod gruset. Efter vanding er porerne nederst i vækstjorden helt fyldt med vand.

Sådanne konstruktioner skal bygges med en veldefineret vækstjord. Hvis porerne er for små, kan luftindholdet i vækstjorden blive alt for lavt og rodudviklingen dårlig.

# HVOR STORE ER PLANTERNES VANDRESERVER I JORDEN?

Spørgsmålet er ikke enkelt at besvare, fordi det varierer fra sted til sted, ikke bare horisontalt, men også nedad i jordprofilen. Derfor bør du gå ud og måle.

## Greens med hængende vandspejl

I greens eller på fodboldstadions som er konstrueret med hængende vandspejl vil vandindholdet stige meget ned mod drængruset. Se figur 3. Græsplanterne har flest rødder lige under vækstpunktet. Døde rødder fylder makroporene i jorden og forøger dermed indholdet af organisk materiale. Dette medfører også et øget vandindhold i jorden. Der vil derfor ofte være mere vand i det øverste jordlag end det som fremgår af figur 3.

På sandbaserede greens med hængende vandspejl er det som regel enkelt at bestemme rodlængden, og mængden af ikke-plantetilgængeligt vand er ubetydelig. På sådanne greens har vi derfor lavet en enkel opskrift på, hvordan du kan bestemme planternes vandreserve. Se ramme.


## Fairway på naturlig jord

Vandindholdet varierer i forhold til jordtypen. Finsand og siltjord kan indeholde så meget vand, at den bliver som kviksand (flydende).

I jord med meget ler eller organisk materiale kan en betydelig del af vandet være så stærkt bundet til jordpartiklerne, at det ikke kan optages af planterne. I denne type jord bør man korrigere beregningerne for det ikke-plantetilgængelige vand. Dette kan bestemmes nøjagtigt ved at sende en uforstyrret jordprøve til et laboratorium.

På fairways er det mere vanskeligt at bestemme rodlængden end på USGA-greens. Rødderne vokser ofte dybt ned i jorden, men vi ved ikke, hvor effektivt de dybeste rødder udnytter vandet, som er omkring dem, og om de kapillære kræfter gør, at også vandet dybt nede kan udnyttes? Helt præcist kan vi ikke svare på dette, men i praksis regner vi med, at planterne kan udnytte alt vandet så dybt ned i jorden, som rødderne går.

Hvis du kender jordtypen og indholdet af organisk materiale, kan du ud fra tabel 1 se omtrent, hvor meget plantetilgængeligt vand, der er i jorden. Denne tabel tager også hensyn til normal rodudvikling på forskellige jordtyper.



Dybde cm	Volum % vand	Mm vand	Akkumuleret mm vand
5	9	4.5	4.5
10	12	6	10.5
15	15	7.5	18.0
20	35	17.5	35.5
25	40	20	55.5

**Figur 3.** Vandindhold i en USGA-green med hængende vandspejl. Læg mærke til hvor tørt der er i den øverste del af greenen. Alligevel er der i alt mere end 50 mm vand. Vandindholdet er cirka-tal hentet fra Bigelow et al. (2001). De bestemte vandindholdet i ny vækstjord. I ældre greens vil der være mere vand, specielt øverst i profilen, fordi indholdet af organisk materiale øger.

Organisk materiale, vægt%				
Jordtype navn	<3 %	3-4.5 %	4.5-12 %	12-20 %
Grovsand	50	50	50	70
Mellemsand	50	50	70	70
Finsand	50	70	70	90
Siltig grovsand	50	50	70	70
Siltig mellemsand	50	70	70	90
Siltig finsand	70	90	90	110
Sandig silt	90	110	110	130
Silt	110	130	130	130
Letler	70	90	90	110
Siltig letler	90	110	110	130
Mellemler	50	70	90	110
Stiv ler	70	90	110	130
Mineralblandet muldjord (20-40% humus)	-	-	-	110
Organisk jord (>40% humus)	-	-	-	130

**Tabel I.** Klassificering af plantetilgængeligt vand (mm) i forskellige jordtyper. Kilde: Riley et al. Bioforsk



## Hvordan bestemmes vandreserven i dine greens?

Forslag til metode:

Udfør dette forsøg en time efter langvarig regnvejrr eller gennemvanding, helst i juli måned\*. Da vil vandindholdet være på markkapacitet (så meget greenen kan holde på). Mål hvor dybt rødderne går. Mål til den nederste friske, hvide rod. (NB: Rødsvingel har brune rødder)

Udtag en cylinder (med jordprøvebor eller helst noget lidt tykkere) til roddybde fra hver green og læg jorden i en plasticpose med green-nummer på. Tøm jorden af i hver sin skål. Vej dem straks og tør dem derefter i en ovn ved 105 grader i et døgn.

Vej jorden i hver skål, når de er kommet ud af ovnen. Vægttabet i gram divideret med arealet af jordprøven ( $3.14 \cdot r^2$ ) i  $\text{cm}^2$  giver vandindholdet i cm. Husk at gange med 10 for at få mm.

Den værdi du nu får, vil tilsvare plantetilgængeligt vand i din green efter et regnvejr, færdig justeret for roddybde.

\* Juli for at finde roddybde mens vandingsbehovet er stort og rødderne ofte er forholdsvis korte.



Vandindholdet øges nær drængruset i en USGA-green. Foto:Agnar Kvalbein.

# PLANTERNES VANDHUSHOLDNING

## Optagelse og transport

Planternes vandoptagelse foregår gennem rødderne. Det er især rodhårene lige bag rodspidsen, som bidrager til optagelsen. Disse rodhår er tynde, kan trænge ind i små porer og bidrager til, at roden får en stor overflade, som står i kontakt med jordvandet. Nogle svampe lever i symbiose med planterødderne og danner mykorrhiza. Svampehyferne vokser ud fra planterødderne og kan hjælpe til med optagelse af både vand og næring. Derfor kaldes mykorrhiza ofte for 'røddernes rødder'.

Inde i planterne transporteres vandet gennem vedrør (xylem) op gennem planten. Disse rør er en del af de bladnerver, som ses på bladoverfladen. I bladene bevæger vandet sig ind og ud af cellerne gennem cellevægge og membraner. Mellem bladcellerne er der åbne rum (intercellulære rum). Her findes luft, som er næsten 100 % mættet med vanddamp.

Udenfor bladene kan luften være tør. Det er fordampningen af vand fra bladenes overflade, som er drivkraften i vandoptagelsen. Fordampningen fra planter omtales som *transpiration*.

## Spalteåbninger og forbrugsregulering

Græssets blade er omgivet af et hudlag (epidermis) med en voksagtig hinde (kutikula) yderst, men på begge sider er der spalteåbninger (stomata). Åbningerne dannes mellem to lukkeceller. Når trykket i disse celler øges, vil spalteåbningerne åbne sig, og vanddamp (og ilt) slipper ud af bladene. Samtidig kommer CO<sub>2</sub>-holdig luft ind. Denne udveksling sker på grund af forskellig koncentration af luftarter inde i bladene og i luften, som omgiver planterne. Denne udveksling af stoffer, som skyldes koncentrationforskelle kaldes *diffusion*.

Der er forholdsvis lidt CO<sub>2</sub> i luften (for tiden 0.38 %), og planterne får derfor lidt CO<sub>2</sub> i bytte for al vanddampen, som slipper ud. Siden CO<sub>2</sub> ofte begrænser fotosyntesen og dermed plantens energiforsyning, er reguleringen af denne udveksling af vand og kuldioxid meget vigtig for planterne. Spalteåbningerne styres derfor af flere forskellige mekanismer, som til sammen skal give en fornuftig balance mellem vandtab og optagelse af CO<sub>2</sub>. I hovedsagen er der tre mekanismer, som sørger for at trykket øger i lukkecellerne, så spalteåbningerne åbner.

1. God vandtilførsel giver højere tryk, mens stor fordampning giver vandtab og lavere tryk. Med andre ord vil vandbalancen i sig selv styre spalteåbningerne.
2. I lys produceres sukker, som sænker det osmotiske potentialet i lukkecellerne, så de optager mere vand og åbner spalteåbningerne.
3. Plantehormonet abscisinsyre (ABA) dannes i rødderne ved tørkestress. Hormonet transporteres til bladene, hvor det medfører lukning af spalteåbningerne og senere til reduceret skudtilvækst. Samtidig stimuleres rodvæksten.

Tilstedeværelsen af kuldioxid er vigtig for energiproduktionen i planten. Fotosyntesen drives af lys, men det er som oftest CO<sub>2</sub> som begrænser produktionen. For at kunne udnytte lyset på skyfri dage skal planterne have rigeligt med vand til rådighed, så spalteåbningerne holdes åbne. Midlertidig tørkestress forekommer ofte om eftermiddagen på varme sommerdage, fordi optagelsen af vand ikke er lige så stor som transpirationen. Vandtrykket i cellerne gendannes igen i løbet af natten, og spalteåbningerne åbner sig maksimalt, når morgenlyset kommer. Dette er en af forklaringerne på, hvorfor morgenlys er vigtigere for græsplanterne end lyset om eftermiddagen.

## Rodtryk og guttation

I perioder med høj sukkerproduktion og lille fordampning, som vi kan have i vindstille sommernætter, vil det høje sukkerindhold i rødderne kunne forårsage et osmotisk potentiale, som giver overtryk i ledningsvævet. I enden af græsplanternes bladspidser er der åbninger, hvor sukkerholdig vand kan blive presset ud. Fænomenet kaldes *guttation*. Dette vand bør ikke forveksles med dug, som er vanddamp i luften, som kondenserer på kølige overflader, og også græsblade. Varierende mængde guttation kan afsløre tørre områder på en græsflade.

## Andre effekter af vandtilførsel

Vi har nævnt, at vand er vigtigt for planternes sukkerproduktion, fordi det påvirker optagelsen af kuldioxid. Da sukker udgør den vigtigste energireserve i planterne, er denne sammenhæng vigtig at huske på. I tillæg vil vand påvirke



**Billede 3.** Denne green er bygget med to forskellige vækstmasser. Nærmest er det mere tørt. Dette ses godt om morgenen, fordi der ikke dannes guttationsdråber. Også lokale tørkepletter kan afsløres af manglende guttation.

en række andre forhold både positivt og negativt, når det gælder gode spilleoverflader på golfbaner.

### **Cellestrækning**

Det er vandtrykket, som får de nydannede celler til at strække sig. Når cellerne bliver ældre, stivner cellevæggene og strækningsvæksten afslutter. Ved begrænset vandtilførsel aftager trykket og cellerne bliver kortere. Vi får derfor mindre vækst under tørkeperioder. Teoretisk set kan vi reducere klipningerne, hvis vi holder planterne tørre. I praksis fungerer dette dog dårligt, og vi vil hellere anbefale at regulere tilvæksten gennem rigtig gødsning eller brug af kemiske vækstregulatorer.

### **Temperaturstigning i cellerne**

Transpirationen fra bladene er vigtig for at holde temperaturen nede. Ved vandmangel vil temperaturen i cellerne stige. Respiration (celleånding) er en proces, som sker i alle levende celler. Sukker forbrændes ved respiration, og dette går hurtigere efterhånden som temperaturen stiger. Hvis græsoverfladen ikke holdes afkølet, vil solens stråler føre til

en kraftig øgning i jordtemperaturen. Høj respiration, både fra græsrodde og mikroorganismer, giver meget CO<sub>2</sub> og lidt ilt i jordluften. Planterodderne kan kvæles. Greenkeepere i lande, hvor lufttemperaturen er over 30 °C oplever, at græsplanterne bliver varmestressede også ved rigelig vandtilførsel, og at det er vanskeligt at holde liv i rødderne. Derfor kan det blive nødvendigt, at nedkøle græsoverfladen om dagen ved at oversprøjte med vand. Denslags vanding skal altså ikke vande rødderne, men afkøle overfladen gennem øget fordampning. Teknikken kaldes overbrusning (engelsk: syringing). Varmestress er ikke noget stort problem i Norden sammenlignet med lande længere mod syd.

### **Plantesygdomme**

De fleste plantesygdomme skyldes svampe, som trives under fugtige forhold. Særligt svampe, som angriber bladene er afhængige af fugtige blade over længere tid for, at svampesporene skal kunne inficere cellerne. Hvis vi vander hyppigt vil risikoen for svampeangreb øge.

Nogle sygdomme angriber rødderne og hindrer effektivt vandoptagelse. I disse tilfælde vil hyppig vanding kunne dæmpe symptomerne og give en jævnere spilleoverflade. Goldfodssyge (*Gaeumannomyces graminis*) (engelsk: take all patch) er et eksempel på en sådan sygdom.

### Filtudvikling

Filt (thatch) er en ophobning af dødt og levende organisk materiale lige under den grønne græsmatte. Filten fungerer som en svamp og holder godt på vand. Ved hyppig vanding kan filten holdes så våd, at det forhindrer nedbrydning af det organiske materiale.

Kontrol med filt er ikke et hovedtema i denne tekst <sup>1</sup>, men vi har registreret at hyppig vanding giver blødere greens og reduceret spillekvalitet.

### Rodudvikling

Der er ikke nogen entydig sammenhæng mellem vandtilførsel og rodudvikling hos græs. Hyppig vanding kan føre til reduceret rodudvikling. Når filtlaget holdes vådt hindrer det diffusion ind i jorden. Diffusionen går langsommere gennem vand end i luft. I en godt luftet og drænet jord vil hyppig vanding sjældent føre til mindre rodmasse. Men vi har registreret, at der ved alvorlig tørkestress bliver flere dybe rødder hos græsplanterne. Ved tørkestress udvikler planterne hormonet abscisinsyre, som stimulerer rodudvikling. Samtidig vil der også være mere luft i jorden. Dette gør det lettere for rødderne at udvikle sig i dybden uden at få for lidt ilt.

### Ukrudt

Nogle ukrudtsplanter har korte rødder eller de har let ved at udvikle rødder på fugtige overflader. Enårig Rapgræs (*Poa annua*) er et eksempel på en græsart med korte rødder, som ynder hyppig vanding. Andre ukrudtsarter har dybe rødder og vil konkurrere godt med græsset, når det bliver tørt.

En tredje gruppe er mosser. De har ikke rødder, kun tråde der fastholder dem til underlaget, og de vokser kun, når de kan optage vand gennem bladene. Hyppig nedbør eller vanding er derfor vigtigt for, at mos skal kunne konkurrere godt med græsset. I tørre perioder har mosserne evnen til at overleve som sporer, men de konkurrerer kun lidt med græsset.

Trives i våd jord eller fugtig overflade	Klarer sig under tørre forhold
Alm. Firling, <i>Sagina procumbens</i>	Røllike, <i>Achillea millefolium</i>
Glat Vejbred, <i>Plantago major</i>	Mælkebøtte, <i>Taraxacum officinale</i>
Lav Ranunkel, <i>Ranunculus repens</i>	Hvidkløver, <i>Trifolium repens</i>

**Tabel 2.** Eksempler på ukrudt som konkurrerer godt med græsset under enten våde eller tørre forhold.

<sup>1</sup> Håndbogen om Hundehvene indeholder et kapitel om filtkontrol. Du finder denne på <http://www.sterf.org>

# EVAPOTRANSPIRATION (ET)

Den vandmængde, som forsvinder fra et plantedække kaldes evapotranspiration (ET). ET er summen af det som fordampes fra jordoverfladen (evaporation) og det som fordampes fra plantecellerne (transpiration). ET opgives normalt i millimeter vand pr døgn.

Vi kan bestemme vandingsbehovet ved at holde regnskab over nedbør og fordampning. Nedbør kan du selv enkelt måle på banen med en regnmåler. Vi kan vande, når regnskabet viser, at der er lidt vand tilbage i jorden.

## Fordampning fra fri vandflade

Evapotranspirationen varierer fra ét plantedække til et andet. For eksempel har en birkeskov en højere ET end en græsmark. Man har derfor undersøgt standardværdier for fordampning. Et traditionelt, enkelt instrument til dette er et fordampningskar. Dette giver et godt billede af, hvor meget vand, som fordampes fra dag til dag, men det kræver tilsyn og vedligehold. Derfor er der udviklet andre metoder.

## Beregning af $ET_0$

Den meteorologiske referenceværdi,  $ET_0$ , beregnes nu matematisk med udgangspunkt i vejrobservationer. Solindstråling, temperatur, vind og luftfugtighed indgår i en formel, som har fået navn efter to forskere: Penman-Monteith.  $ET_0$  beregnes dagligt ved mange meteorologiske målestationer. Da  $ET_0$ -værdien kun varierer lidt indenfor et område, kan du som oftest benytte værdien fra den nærmeste målestation. Groft sagt kan man sige, at  $ET_0$  på en god sommerdag i Norden ligger på mellem 3 og 4 mm. Regnvejr derimod kan komme meget lokalt, specielt om sommeren, så nedbør skal måles på selve golfbanen. Mange leverandører af vandingsanlæg tilbyder klimastationer, som beregner  $ET_0$ . Dette udstyr bliver stadig billigere og bedre.

## Transpiration fra forskellige arter

Hvor meget vand forbruger kortklippet græs? Dette blev målt af Bioforsk i 2009 og 2010. Resultatet var overraskende, og den nye viden giver os mulighed for at spare vand ved at vande smart. Det skal vi komme tilbage til.

For at regne om fra  $ET_0$  til den ET som gælder for græs, bruges en omregningsfaktor. Denne faktor kaldes  $k_c$  (crop coefficient), og den reelle ET bliver omtalt som  $ET_c$ . Der findes altså en  $k_c$  for hver plantart, og højden og planternes udvikling har også betydning. Vi skal her omtale  $k_c$  for græsarter som er klippet som greens eller fairways.

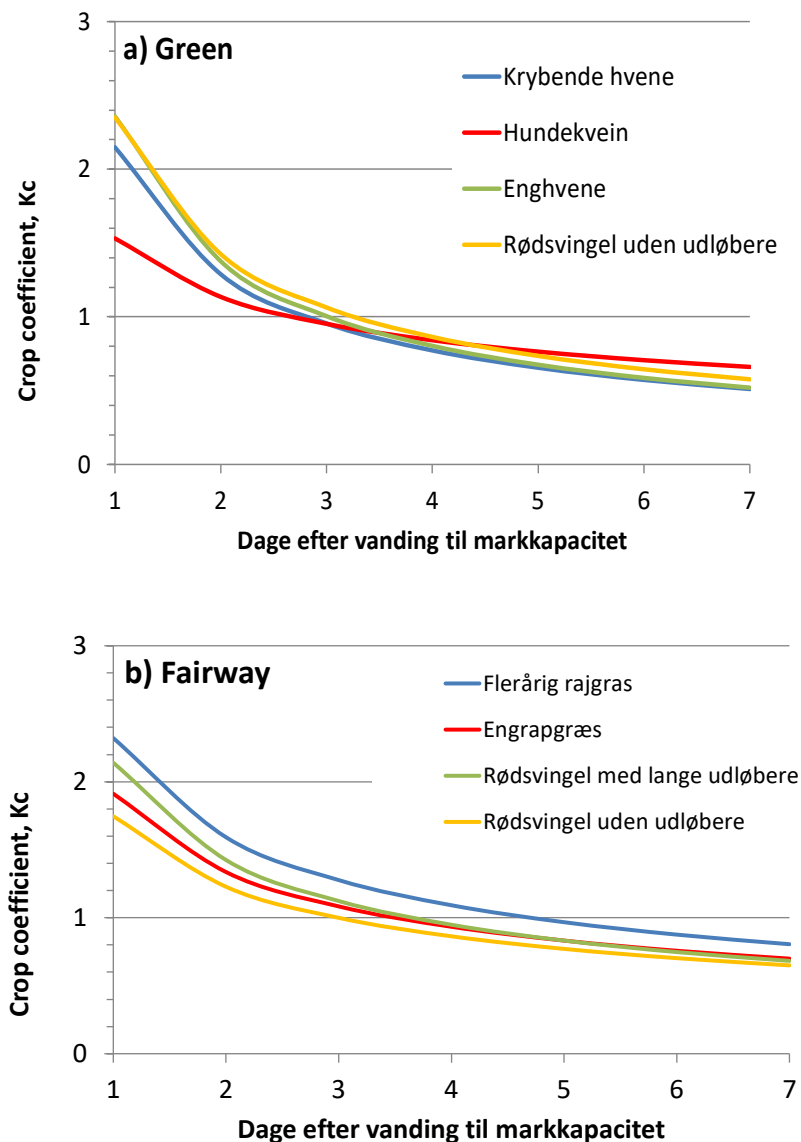
$$ET_c = k_c * ET_0$$



**Billede 4.** En vejrstation som beregner  $ET_0$  kan kobles direkte til vandingsanlægget Foto: Agnar Kvalbein

## $ET_0$

Nogle definerer  $ET_0$  som vandtabet fra en standard bestand af græsplanter, uden sygdom og under optimale vækstbetingelser. Der findes også mange andre definitioner, og formler til at beregne fordampning. Dette gør, at det er vanskeligt at sætte sig ind i litteraturen om vanding. I de forsøg som ligger til grund for denne tekst, blev  $ET_0$  beregnet ved FAOs (FN's landbrugsorganisation) version af Penman-Monteith.



**Figur 4.** Crop coefficient for græs på en USGA-green klippet i 3-5 mm og fairway klippet i 15 mm fremstillet som funktion af dage efter vanding til markkapacitet.

Det har været normalt at regne med, at  $k_c$  for kortklippet græs er 0.8. Det betyder, at der fordamper lidt mindre fra græsset end den værdi som meteorologene opgiver.

Vores forskning har ikke slået benene væk under dette udsagn, men alligevel er dog ikke helt så enkelt. Det viste sig nemlig, at græsplanter som får optimal tilførsel af vand, forbruger meget mere vand end de græsplanter, som står i en lidt mere tor jord. Vandforbruget dagen efter, at jorden er vandet op til markkapacitet er næsten 3 gange højere end gennemsnitsforbruget de næste fem dage.  $k_c$  skal derfor udtrykkes som en funktion af vandindholdet i jorden. Figur 4 viser, hvordan  $k_c$  aftager med antal dage efter vanding til markkapacitet.



I grove træk forbruger de græsarter, som vi anvender på golfbaner i Norden omtrent lige meget vand. Men jo tættere græsoverfladen er, jo mindre er vandforbruget. Det kan skyldes, at luften står mere stille mellem bladene, og at luftfugtigheden derfor bliver højere.

Det har været en normal antagelse, at Rødsvingel forbruger lidt vand. Dette stemmer på fairways, hvor Rødsvingel fremstår som skudtæt, men ikke på greens. Når Rødsvingel konkurrerer bedre med Eng-Rapgræs og Enårig Rapgræs, hvor det er tørt, skyldes det hovedsageligt, at Rødsvingel har et dybere rodsystem.

Hundehvene adskiller sig fra de andre arter ved at have et mindre vandforbrug lige efter vanding. Vi har også registreret, at den beholder sin grønne farve og kvalitet i længere tid i en tørkeperiode end de andre græsarter. Det kan skyldes, at Hundehvene er meget skudtæt. Om der er andre årsager til, at Hundehvene bruger så lidt vand, ved vi ikke.

Af de græsarter som anvendes på fairways er det Alm. Rajgræs, som skiller sig ud med et højere vandforbrug end de andre arter. Alm. Rajgræs har normalt et dybere rodsystem end Enårig Rapgræs, Eng-Rapgræs og Rødsvingel.

Baseret på  $k_c$ -værdierne i figur 4 har vi beregnet vandforbruget i en uge og sammenlignet græsarterne.

I tabel 3 sammenlignes arterne under green og fairwayforhold. Vores forsøg viste, at når det gælder vandforbrug, så er Hundehvene den mest økonomiske græsart på greens og Rødsvingel er det på fairways.

	Green	Fairway
Hundehvene 'Legendary'	76 (b)	
Krybende Hvene 'Independence'	91 (a)	
Alm. Hvene 'Barking'	99 (a)	
Rødsvingel uden udl. 'Center'	100=32 mm (a)	100 = 23 mm (b)
Eng-Rapgræs 'Limousine'		104 (b)
Rødsvingel, lange udløbere		
'Celianna'		110 (ab)
Alm. Rajgræs 'Bargold'		117 (a)

**Tabel 3.** Relativt ugentligt vandforbrug hos nogle græsarter/underarter på green og fairway. Værdierne er beregnet ud fra  $K_c$ -funktionen og  $ET_0$  på 3 mm pr dag. Relativt vandforbrug hos Rødsvingel 'Center', som var den eneste sort både på green og fairway, er sat til 100. Større vandforbrug på green end på fairway skyldes, at greenen blev vandet til markkapacitet to gange om ugen, mens fairway kun blev vandet til markkapacitet én gang om ugen. I hver kolonne betyder ens bogstav i parentes, at sorterne vandforbrug ikke var signifikant forskelligt (signifikansniveau  $P < 0.10$ ).



Hauger GK, Oslo. Foto: Agnar Kvalbein.

# VANDINGSSTRATEGIER

Baggrunden for omtalen af forskellige vandingsstrategier er et forsøg som blev udført på Bioforsk Landvik i 2010 og 2011. Her blev der sammenlignet forskellige vandingsstrategier gennem fire tørkeperioder. Metoderne omtales som: Vanding til markkapacitet og som: Underskudsvanding, og hyppigheden varierede fra daglig vanding til ugentlig vanding på greens og fra to gange om ugen til hver tiende dag på fairway.

## Maksimal vækst

Planter som tilføres rigeligt med vand vil vokse godt, fordi cellerne er saftspændte, og fordi spalteåbningerne holdes åbne en større del af døgnet. Hvis man ønsker god vækst, bør man derfor vande hyppigt, og jorden bør holdes på markkapacitet.

Denne vandingsstrategi er aktuel når man etablerer nye græsarealer, og om foråret, når der er behov for udbedring af skader, så græsset kan komme hurtigt i gang efter vinteren. Men husk, at risikoen for udvaskning af næringsstoffer er stor, når græsset ikke er tæt, og når temperaturen er lav. Der bør derfor gødskes hyppigt med små doser, og der skal ikke vandes mere end hvad der er nødvendigt for at jorden når markkapacitet.

Denne vandingsstrategi vil også medføre et stort vandforbrug.

## Reduceret vandforbrug og god græskvalitet

Opdagelsen af, at vandingsforbruget hænger sammen med, hvor let vandet er tilgængeligt for planterne, giver grundlag

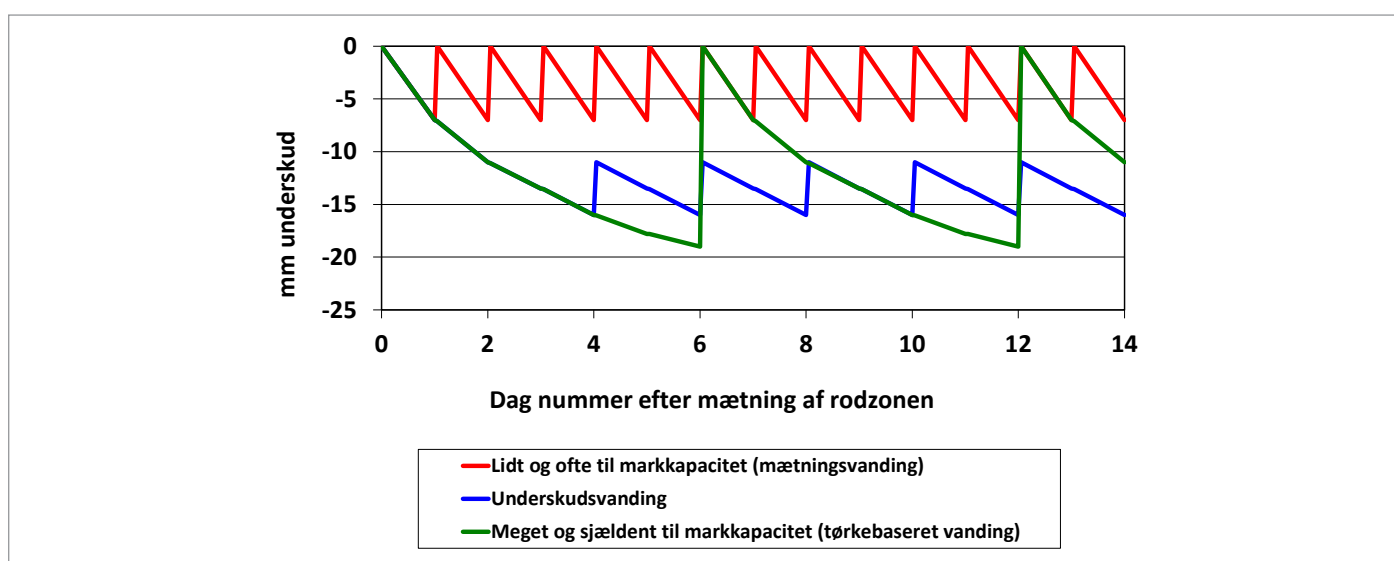
for at spare meget vand. Hvis vi undgår at fylde jorden helt op til markkapacitet, kan vi i praksis reducere vandforbruget til under det halve, sammenlignet med daglig vanding til markkapacitet. Men der er en grænse for, hvor tør vi kan holde jorden uden, at det går ud over græskvaliteten. Specielt skal man undgå, at der dannes lokale tørkepletter (Se eget afsnit).

I forsøget på Landvik var den visuelle kvalitet bedst ved vanding til markkapacitet seks gange om ugen, men der var små forskelle i forhold til vanding til markkapacitet to gange om ugen eller underskudsvanding til ca 70% af markkapacitet seks gange om ugen. Disse behandlinger gav desuden hårdere greens, dvs. bedre spillekvalitet end vanding til markkapacitet seks gange pr uge. Vanding kun én gang om ugen var for sjældent og førte til mange tørkepletter, hvis der ikke blev brugt afspændingsmiddel.

Vandforbruget de 63 dage dette forsøg foregik varierede fra 358 mm ved vanding til markkapacitet hver dag til 106 mm ved underskudsvanding én dag om ugen. Græs som blev underskudsvandet seks gange om ugen fik 123 mm. Dette er en besparelse på 66 %. Vandforbruget er vist i tabel 5.

## Boldrul og spillekvalitet

Spillekvalitet på greens karakteriseres ofte ved de tre faktorer: Ærlighed, hårdhed og hastighed (trueness, firmness and fastness). Der er mange faktorer som påvirker spillekvaliteten. Her må vi begrænse os til de ting, som påvirkes af vanding.



**Figur 5.** Illustration af forskellige vandingsstrategier som blev udført på en green med Krybende Hvene og på en fairway domineret af Rødsvingel og Alm. Hvene. I forsøget blev der vandet med forskellig hyppighed. Dette fremgår af tabel 4.

Vandingsstrategi	Visuel green kvalitet (1-9)	Tørkepletter % af parcel	Daglig vækst mm	Boldrul, med halvt stimpmeter cm	Hårdhed Clegg-hammer (g)
1. Markkap, 6x pr uge	6.3 a	6 b	0.9 a	100 a	71 c
2. Markkap, 2x pr uge	6.1 a	6 b	0.9 a	102 a	74 bc
3. Markkap, 1x pr uge	5.4 ab	13 ab	0.8 a	100 a	79 b
4. Undersk, 6x pr uge	6.4 a	8 b	0.9 a	101 a	76 bc
5. Undersk, 2x pr uge	5.8 ab	11 b	0.9 a	100 a	75 bc
6. Undersk, 1x pr uge	4.9 b	27 a	0.8 a	103 a	85 a

**Tabel 4.** Resultater fra vandingsforsøg sæson 2011 på green med Krybende Hvene 'Independence'. Der blev vandet til markkapacitet eller til ca. 70% af markkapacitet med forskellige intervaller. Bogstaver viser sikre forskelle (signifikansniveau:  $P < 0.10$ )

Vandingsstrategi	Vandforbrug ved 63 dages forsøg. Sum $ET_0 = 174$ mm	Relativt vandforbrug i forhold til vanding til markkapacitet hver dag
1. Markkap, 6x pr uge	358	100
2. Markkap, 2x pr uge	233	65
3. Markkap, 1x pr uge	173	48
4. Undersk, 6x pr uge	123	34
5. Undersk, 2x pr uge	127	36
6. Undersk, 1x pr uge	106	30

**Tabel 5.** Vandforbrug på green med Krybende Hvene ved forskellige vandingsstrategier

Ærlighed er et udtryk for, at bolden ikke foretager tilfældige bevægelser, når den puttes, men triller derhen, hvor man forventer det ud fra greenens onduleringer. På en green med en ensartet græsbestand vil vanding kun påvirke ærlighed og boldrul (stimpmeterværdi) lidt.

På greens som er inficeret af Enårig Rapgræs, vil tørre forhold medføre mere blomstring. Blomstrende Enårig Rapgræs reducerer spillekvaliteten. Dette skaber et dilemma. På langt sigt vil tørre greens reducere bestanden af Enårig Rapgræs, fordi denne art har et mere overfladisk rodsystem end de andre græsarter.

Boldrul (hastigheden) øges, hvis greens udtørres kraftigt, men dette svækker samtidig græsset, og kan ikke anbefales som en brugbar metode til at få hurtigere greens. De forskellige vandingsstrategier påvirkede ikke hastigheden på greenen med Krybende Hvene i forsøget. Se tabel 4. Den kvalitetsfaktor som påvirkes stærkest af vanding er hårdheden på greens. Hårdhed har direkte sammenhæng med, hvor langt bolden triller efter nedslag på greenen. Udtørring mellem hver vanding medfører hårde greens, men vandmængden har også betydning, idet underskudsvanding medfører hårdere greens end vanding til markkapacitet. Se tabel 4.

## Spiring og etablering

Den vandingsstrategi man vælger ved såning bør være med udgangspunkt i frøets behov. Et frø spirer kun én gang, og hvis det tørrer ud efter, at kimroden er blevet synlig, vil

det dø. Hvenefrø er meget små. Derfor skal de såes overfladisk. Dette øger faren for udtørring, og på sandopbyggede greens er det derfor nødvendigt at vande med et par millimeter vand mindst hver anden time for at opretholde spirefugtigheden på solrige dage. Vandingspredere giver forholdsvis store dråber, som let flytter sand og frø. Vanding med slange og et mundstykke, som giver små dråber er derfor at foretrække. Ved nyetablering af græsarealer vil tildækning med en fiberduk holde på fugtigheden og beskytte overfladen mod tunge vanddråber. Det er dog vigtigt at tage dugen af, så snart græsset er spiret for at få robuste planter.

Efter vinterskader vil det ofte kun være dele af en green, som skal eftersåes. Dette skaber et stort dilemma for vandingsstrategien, som først og fremmest skal tage hensyn til frø, som skal spire. Hyppig vanding (og gødskning) medfører god vækst i det etablerede græs. Dette skaber igen behov for klipning og store skader på de nye spirer. Vi foreslår, at dette dilemma bør løses ved at håndvande de nysåede pletter i den kritiske periode, mens frøene spirer.

Nylagt rullegræs skal også vandes hyppigt for ikke at tørre ud, men et par gange om dagen er som regel nok. Rullegræs indeholder altid en del filt. Hvis dette filtag er tæt, kan for store vandmængder reducere udvekslingen af luftarter (primært ilt og kuldioxid), og dermed skabe problemer for rodvæksten. Forsigtig luftning eller slicening så snart det nyetablerede rullegræs kan tåle det, kan blive nødvendigt, hvis rodudviklingen ikke kommer igang efter udlægning.



**Billede 5.** Forskellige årsager til udvikling af tørkepletter. a. Onduleringer og uens vækstlagstykkelse giver tørkepletter til venstre på billedet. b. Vand suges ud af greenkanten. c. Et sted hvor drængruset under greenen manglede. d. Et lag med topdress forhindrer vandet i at trænge ned i denne forgreen. Foto: Agnar Kvalbein.

## HYDROFOB JORD OG FINGER-FLOW

### Lokale tørkepletter

Specielt på sandjord kan der let udvikle sig lokale tørkepletter. Fænomenet har været kendt længe. Alligevel er der mange, som bliver overraskede over de store problemer, som opstår når jord bliver vandafvisende (hydrofob).

Ved nedbrydning af organisk materiale er det veldokumenteret, at der dannes mange forskellige vokslignende stoffer (Doerr *et al.* 2000). Også ved nedbrydning af filt dannes der «voks», og denne kan lægge sig på sandkornene i og under filten. Så længe jorden er fugtig ser vi ikke problemet, men

når den tørrer ud til en kritisk grænse, som er 7-9 volumen% vand i sandjord, lader jorden sig ikke opfugte igen. Den bliver vandafvisende, og det kan den være i lang tid.

Nogle gange hjælper det ikke engang med langvarig regn. Dårlig dækning af sprederne på vandingsanlægget kan give hydrofobe områder, men der kan også være mange andre årsager.



**Billede 6.** Ekstreme tørkepletter på greenen til venstre. Vandet trænger kun ned i de fugtige punkter. Dette vises i detalje på billedet til højre. Fænomenet kaldes finger-flow. Foto til venstre: Terje Haugen.

Vi ser ofte tørkepletter:

- på «mounts» eller på oversiden af en hældning på green
- I kanten af greenen, hvor vandet suges ud til den omkringliggende jord
- på steder, hvor der er kontakt mellem vækstjorden og jorden under drængruset
- områder, hvor der er lagt et tykkere lag vækstjord end anbefalet
- hvor der er topdresset ujævnt, så der opstår sandlag i filten

Tørkepletter forekommer også på fairways, men sjældent på lerjord.

Hydrofobicitet måles med en enkel dråbetest. For at undersøge hvad der sker, hvis jorden får lov at udtørre, gentages testen efter, at jordprøven har ligget tørt to døgn indendørs på f.eks. et arbejdsbord (såkaldt potentiel hydrofobicitet).

## Finger flow

I jorde som har tendens til at blive vandafvisende, vil vandet sive ujævnt ned gennem jordprofilen. Vandet siver lettest ned de steder, hvor det er vådest fra før, og hvis jorden er så tør, at den er hydrofob, vil vandet sive forbi gennem fugtige «kanaler» i jorden. Fænomenet kaldes «finger flow». Finger flow medfører ikke blot et ujævnt græstæppe. Det øger også udvaskning af næringsstoffer og pesticider betydeligt, særligt på greens med et lavt indhold af organisk materiale (Larsbo et al. 2008)

## Tiltag

Man burde kunne udpege enkle tiltag, som fjerner problemet med tørkepletter, men det kan vi desværre ikke. En god kontrol med filten fra dag ét efter anlæggelsen af banen, så lagdelinger af topdress undgås er vigtigt. Når problemerne først er opstået, kan man tilføre lidt ler til sandgreens. Den større overflade på de ekstremt små lerpartikler giver vandet mulighed for at fastholde sig til disse overflader. Dette kan gøres ved at sprøjte lerpartikler ind i greenen ved hjælp af vandtryk.

De negative konsekvenser af hydrofob jord kan også reduceres ved at anvende kemiske afspændingsmidler. Disse fungerer som sæbe, og danner forbindelse mellem de voks-lignende stoffer og vandmolekylerne. På den måde fordeles vandet jævnt i jordprofilen. I vandingsforsøgene har vi fået flest tørkepletter ved at vande sjældent, men det samme kan opstå ved hyppig underskudsvanding, hvis vandet ikke fordeles jævnt ud på greenen. Risikoen for at nogle områder bliver for tørre øges. Reduceret vandforbrug og bedre greenkvalitet har altså en ulempe og en udgift i form af øget anvendelse af afspændingsmidler.

Nogle afspændingsmidler vil ikke blot fordele vandet jævnt i vækstjorden, men også føre til en generel stigning i vandindholdet i greens. Sådanne afspændingsmidler bør ikke bruges for sent på vækstsæsonen, da de kan medføre flere vinterskader. Se brugsanvisningen for de forskellige produkter.



## VANDING OG FORURENENDE UDVASKNING

Nogle næringsstoffer, særligt kvælstof og fosfor, vil kunne medføre forøget vækst af planter i vandmiljøet (søer og vandløb). Væksten af alger og højerestående planter i vandmiljøet begrænses som regel af kvælstof, men cyanobakterier (tidligere kaldet blågrønalger) kan fikserer kvælstof fra luften og er derfor først og fremmest begrænset af fosfor.

Faren for udvaskning af næringsstoffer fra golfbaner er generelt lille, fordi gødningen fordeles i små portioner gennem vækstsæsonen. I USA har man dokumenteret, at vanding af græs udover det jorden kan holde på (markkapacitet), kombineret med tilførsel af store mængder gødning, kan medføre tab af op til 30 % af kvælstoffet i drænvandet. Men hyppig gødskning med 2-3 kg N pr 100 m<sup>2</sup> pr sæson gav sjældent mere end 5 % tab (*Barton & Colmer 2006*).

Udvaskning af kvælstof fra golfgreens er lille så længe tilførslen er moderat og der samtidig er et tæt, levende plantedække. Men under etablering og efter vinterskader kan udvaskning af kvælstof forekomme. Ved målinger af nitratinholdet i drænvandet fra veletablerede greens på Landvik var værdierne altid langt under EUs grænse for drikkevandskvalitet (*Aamlid et al. 2009*).

Fosfor bindes normalt stærkt i jorden som tungt opløselige salte. Men hvis man anvender kompost som organisk materiale i vækstjorden, kan fosfor udvaskes, specielt de første år efter etablering af greens. Ellers er fosforforurening fra golfbaner først og fremmest et resultat af, at jordpartikler fjernes fra overfladen ved megen nedbør under etablering af golfbanen (jorderosion).

Forsøg med forskellige pesticider viste, at faren for udvaskning var meget større ved fire vandinger af 25 mm sammenlignet med 16 vandinger af 6 mm (*Starrett et al. 1994*).

Konklusionen er, at selv om problemet er lille, vil vanding udover markkapacitet kunne føre til en vis udvaskning både af sprøjtemidler og næringsstoffer. Særlig bekymring knytter sig til forurening af grundvandet, fordi nedbrydning af kemikalier sker langsomt i anaerobe miljøer, og fordi grundvandet mange steder anvendes til drikkevand.



Husavik GK. Foto: Edwin Roald

## VANDING I PRAKSIS

### Styring af vanding

Det er svært at vide, hvor meget man skal vande for at få det bedst mulige resultat med hensyn til græskvalitet, økonomi og miljøpåvirkning. Denne usikkerhed er årsag til, at der vandes mere end det optimale. Rigelig vanding er ofte det enkleste og sikreste for at undgå tørkeskader og kritik.

Usikkerheden er reel og knyttet til mange forhold. Der er variationer i mikroklima og plantebestand inde på banen. Græs som får meget sol og vind forbruger mere vand end planter i skygge og læ. Naturlig nedbør falder jævnt og intensiteten er lav sammenlignet med moderne vandingsanlæg. Fastmonterede, cirkulerende spredere vil altid sprede vandet ujævnt. Vind påvirker også resultatet. Dertil kommer onduleringer og tætte greensoverflader, som kan medføre, at de laveste

punkter får mere vand end højereliggende områder og hældninger<sup>2</sup>.

For at kunne udnytte fordelene ved underskudsvanding, må vi derfor arbejde på at forbedre vandingen på mange niveauer, og vi kommer ikke udenom, at det er kostbart både at udvikle viden om vandforholdene på banen og at følge op på og kontrollere resultaterne. Rigtig vanding er derfor først og fremmest en udfordring for baner, som har ressourcer til og ambitioner om at bringe banen op på et endnu højere niveau, når det gælder spillekvalitet og miljø.

<sup>2</sup> **Horisontal afstrømning på greens.** Amerikanske forsøg har vist, at vandet fordeler sig meget ujævnt på ondulerede greens (Prettyman & McCoy 2003). Dette skyldes både afstrømning på overfladen og horisontale vandbevægelser i det hængende vandspejl. Disse to faktorer tilsammen medfører, at vandingsvandet bliver meget skævt fordelt. Vandingsintensiteten i et moderne vandingsanlæg vil som regel være større end infiltrationskapaciteten i en tør greensoverflade. Ved at opfugte overfladen først, vil infiltrationen forbedres, men alligevel må man regne med, at de lave områder vil få mere vand end de højereliggende områder på greenen.

Der er udført vellykkede forsøg med at konstruere vandbarrierer i greens, som hælder 5%. Vandet kan på den måde tilbageholdes i «terrasser» (McInnes & Thomas 2012).



Time Domain Reflectometry (TDR). Foto: Agnar Kvalbein

### Vandingsregnskab

Et første skridt for mange greenkeepere er at udtrykke vanding i millimeter vand fremfor i minutters vanding. Herved bliver det lettere at vurdere om vandingen står i et rimeligt forhold til planternes vandforbrug. Hvis vi ser bort fra den første dag efter vanding til markkapacitet kan græsplanters vandforbrug i Norden anslås til mellem 3 og 4 mm om dagen om sommeren. I specielt varme og tørre perioder, med temperaturer omkring 30 grader kan ET komme op på 5 mm. Hvis vandingsanlægget for eksempel giver 3 mm på 10 minutter, betyder det at 4x10 minutter to gange om ugen vil dække planternes behov. Vanding udover dette vil medføre tab af vand via drænsystemet.

Man kan opstille et enkelt vandingsregnskab, hvis man har en regnmåler og oplysninger om ET0 fra en meteorologisk vejrstation i området. Indenfor landbruget har dette været den anbefalede metode til at beregne vandingsbehovet; at erstatte vandtabet baseret på ET-værdier. Nogle moderne vandingsanlæg har egen vejrstation og kan indstilles til at vande ud fra disse data.

### Fugtighedsmålinger

Et bedre og enklere alternativ til at føre vandingsregnskab er at holde jordens vandindhold tæt på det optimale. Der findes flere metoder til at måle vandindhold i jord. Det instrument som vi anbefaler er en TDR-måler, som angiver vandindholdet i volumenprocent. TDR-målere kan leveres som håndholdte instrumenter, som stikkes ned i jorden eller

## Time Domain Reflectometry (TDR)

Dette instrument måler vandindholdet i en radius af ca 3 cm rundt om to målepinde. Pindene kan fås i forskellige længder. Princippet for målingen er, at der udsendes en elektromagnetisk bølge.

Hvor hurtigt denne bølge reflekteres, er afhængig af vandindholdet. En TDR-måler giver den gennemsnitlige volumenprocent vand langs pindene og resultatet påvirkes kun lidt af temperaturen (0-30 ° C), jordens komprimering, saltindhold og tekstur. Derimod kan sten og hulrum i jorden give betydelige fejl. Indholdet af organisk materiale kan også påvirke resultatet.

Nøjagtigheden regnes til at ligge på  $\pm 1-3 \%$  (volumenprocent).

de kan graves ned i jorden. Nogle nedgravede instrumenter har trådløse sendere, så fugtigheden kan aflæses direkte fra vandingscomputeren. Avancerede TDR-målere kan også kobles til GPS, så de enkelte data kan overføres på kort over golfbanen.

For at kunne bruge TDR-værdier til at styre vandingen med, skal man have fastlagt jordens vandindhold ved markkapacitet (Se fremgangsmåde på side 9). Det er ikke sjældent, at fugtigheden i en og samme green kan variere  $\pm 30 \%$ .



**Billede 7.** Intensiteten i et moderne vandingsanlæg er som regel højere end infiltrationskapaciteten. Dette fører til ujævn vanding, selv om sprinklerne står optimalt. Billedet fra Visby Golfklub viser en test med 10 minutters vanding. Læg mærke til vandpytterne på greenen. Foto: Agnar Kvalbein.

Dette skyldes forskelligt indhold af organisk materiale eller forskellig grad af komprimering. Disse forskelle er i sig selv interessante, fordi de kan give værdifulde oplysninger om ujævnheder i greenoverfladen. Ofte ser vi, at indholdet af organisk materiale er lavest de steder, hvor slitagen er størst. Men i disse områder er komprimeringen også størst, og små porer holder bedst på fugtigheden.

Når vi styrer vandingen baseret på jordfugtighed, er målet at holde vandindholdet mellem 50 og 70 % af markkapacitet, samtidig med, at vandindholdet aldrig bliver så lavt, at der dannes tørkepletter. Dette betyder, at vandindholdet aldrig må ligge under 8 %. Når du har kortlagt dine greens, ved du mere om hvor der er mest tørt. Sandsynligvis skal man håndvande disse områder af og til, fordi vandingsanlægget ikke spreder vandet jævnt nok.

#### Måling af tørkestress

Der er lavet mange forsøg, hvor man måler planternes tørkestress direkte, uden at måle vandindholdet i jorden (Jones 2004). Fordelen med direkte målinger er, at vi også kan opfange effekter af dårlig rodudvikling og midlertidig tørkestress i løbet af døgnet. I forsøget på Landvik registrerede vi nogle gange, at bladtemperaturen var et par grader højere på de tørreste parceller end parceller med optimal vandtilførsel. Der er også metoder under udvikling, som baserer sig på, at det røde lys reflekteres anderledes, når planterne begynder at tørre ud. Med denslags teknologi har man

kunnet opdage tørre områder 12-18 timer før de blev synlige med det blotte øje (B. Horgan, *Gresskurset 2013*). Foreløbig kan vi konkludere, at denne teknologi ikke er tilstrækkeligt udviklet til brug i praksis.

#### Tidspunkt for vanding

Det er mange praktiske grunde til, at det er mest hensigtsmæssigt at vande om natten. Det vigtigste er naturligvis, at der er færre golfspillere, men vindhastigheden er også lavere, og vanding i morgenlysningen kan fjerne dug og guttationsdråber og medføre en hurtigere tørring af overfladen om morgenen.

#### Vanding i korte sekvenser

Vanding i korte sekvenser gør, at vandingen bliver mindre intens, og det giver en jævnere infiltrering af vandet. Allerefter er det vigtigt at give en kort sekvens som gør overfladen fugtig. Det er normalt ikke mange minutters vanding (4-5), før der bliver overfladeafstrømning. Generelt vil derfor mange korte sekvenser give jævnere fordeling af vandet.

## Konkret opskrift på underskudsvanding

Den sidste del af STERFs vandingsprojekt havde som formål at teste underskudsvanding i praksis på nogle udvalgte golfbaner. Desværre blev disse storskala-forsøg gennemført i et år med store mængder naturlig nedbør. Forskelle i kvalitet og udgifter til vanding, blev derfor ikke dokumenteret, men vi fik et indtryk af ensartetheden på vandingsanlæggene (se senere eksempel). Nedenfor følger nogle konkrete råd om, hvordan du kan gøre dine egne erfaringer med underskudsvanding. Det er ganske arbejdskrævende, men det vil medføre nedsat forbrug af vand og energi, og en forbedret greenkvalitet.

### Vanding af etablerede greens

1. Forbered greens om foråret ved at anvende afspændingsmiddel, hvis din erfaring siger dig, at der kan opstå tørkepletter.
2. Køb et TDR måleinstrument med målepinde, der tilsvarende roddybden.
3. Kontrollér vandingsanlægget en stille morgen. Check at dyserne er i orden og sprederne ikke står skævt. Stil regnmålere ud med ens afstand i begge retninger og mål indholdet af dem efter 10 minutters vanding. Tegn kort over dækningsgraden og beregn sammenhængen mellem minutter og millimeter.
4. Bestem vandindholdet ved markkapacitet ved at måle med TDR måleren en time efter langvarig regn/gennemvanding.
5. Når du skal i gang med underskudsvanding bør du i starten vande hver gang vandindholdet er 60% af markkapacitet. Efterhånden kan du lidt efter lidt vente med at starte vandingsanlægget til indholdet er nede omkring 50% af markkapacitet, men du skal aldrig lade vandindholdet komme under 8 volumen% (kritisk vandindhold som medfører tørkepletter, dette kan variere fra green til green).
6. I starten beregnes vandingsmængden ud fra det som er nødvendigt for at nå 80% af markkapacitet. Senere kan du lidt efter lidt nøjes med at vande til 70% af markkapacitet.
7. Kontrollér resultatet med TDR-måleren dagen efter at du har vandet. Læg mærke til de tørreste områder på greens.

8. I tørre perioder kan det være nødvendigt at håndvande med slange på de tørreste områder på greenen (de steder, hvor der er dårlig dækning eller hvor der er overfladeafstrømning).
9. Gentag behandlingen med afspændingsmidler på de tørreste områder af greenen, hvis der udvikler sig tørkepletter. Afmærk områder, hvor vandindholdet fortsætter med at synke efter vanding. Husk at dyre afspændingsmidler kan tilføres både som granulater og ved hjælp af håndvanding. Afspændingsmidler som «holder på vandet» i filtlaget bør ikke anvendes efter 1. august, fordi et højere vandindhold kan give øget risiko for vinterskader.

### Vanding af fairways

Da der ofte er usikkerheder knyttet til roddybder og tilgængelige vandreserver i jorden på fairways, anbefaler vi, at vandingen på fairways også styres ud fra målingerne på greens. Dette er baseret på den viden vi har fra figur 5, som viste, at hvis vi undgår at vande op til markkapacitet er der kun små forskelle i de forskellige græsarters vandforbrug på greens og fairways. Vi konkluderer derfor, at fairways skal have lige så meget vand som greens får! Hvis du måler vandindholdet i dine greens, og styrer efter fugtigheden der, så skal du altså sammenlagt over en uge altid tilføre samme vandmængde til fairways.

Hvis du har sand under fairways, bør du vande lige så ofte som på greens (hver eller hveranden dag). Hvis du har jord med større vandreserver, er det nok at du vander fairways to gange om ugen.

Det er først, når du også har indført underskudsvanding på fairways, at forbruget af vand (og energi) bliver reduceret så meget, så det virkelig kan ses i regnskabet!

## Eksempel:

Green nr. 18 på Larvik Golfklub har en uregelmæssig form, og selv om sprederne var placeret i trekantforband, var der stor forskel på de dele af greenen som fik meget og lidt vand. Målebægerne som blev placeret for hver fjerde meter opsamlede mellem 12 og 54 ml vand, altså et forhold mellem mindst og mest på 1:4,5. Dækningsgraden blev alligevel beregnet til 65 % (beregnet som gennemsnittet af de 25 % laveste værdier divideret med gennemsnittet af alle værdier). I vejledningen regnes 55% som dårligt, 70% som godt og 80% som udmærket.

Det blev beregnet at anlægget i gennemsnit gav 0.37 mm pr minut eller 22 mm pr time. Læg dog mærke til, at vandingsanlægget faktisk var så ujævnt, at variationen var fra 7 til 36 mm pr time.

Greenen var sået med Krybende Hvene og var blevet topdressed regelmæssigt i 15 år. Vækstlaget var derfor ca. 40 cm tykt. Det organiske materiale i det topdressede lag var ca. 2%. Vækstjorden var derfor ganske tørt.

Roddybden varierede, men var de fleste steder omkring 20 cm. I det område, som fik mest vand var der mest Enårig

Rapgræs (ca 70%) og her var der kortere rødder. Fugtigheden blev målt med TDR<sub>20</sub> (20 cm pinde) og efter nedbør lå den i gennemsnit på 18 volumen% vand. Målingerne varierede fra 16.1% til 21.4%.

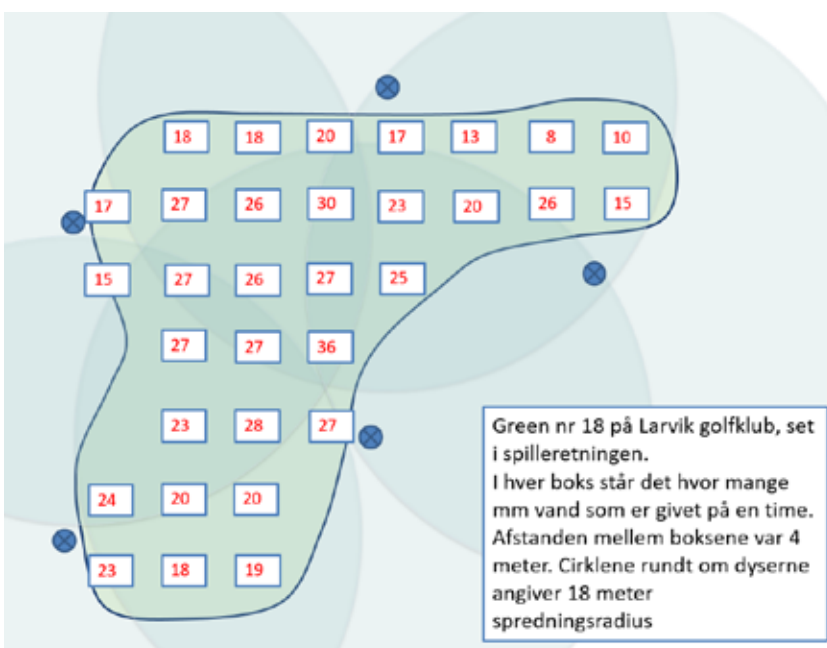
Målet var at holde fugtigheden mellem 60 og 70% af markkapacitet, dvs. mellem 10.8 % og 12.6 % vand i de øverste 20 cm. Der blev målt med TDR<sub>20</sub> dagligt på 12 steder på greenen, og i gennemsnit var resultatet som vist i tabel 6.

Den tredje dag (egentlig natten til dag 4) blev der vandet i 15 minutter. Det tilsvarende i gennemsnit 5.5 mm og hævede TDR<sub>20</sub> til 13,0 på dag 4.

Den femte dag var den øverste, højre del af greenen, hvor dækningen var dårlig, nede i 9%. Der blev håndvandet i dette område. Hældningen mod spilleretningen gjorde, at indgangen til greenen ikke blev så tør som man kunne forvente ud fra sprederbilledet. Dag seks blev der målt 10.0 % vand (ca 12% de steder, hvor der var håndvandet dagen før) og om natten til dag syv blev der givet 20 minutter (= 7.4 mm) vand. Dag 7 blev der målt i gennemsnit 12.4% og den otte dag regnede det rigeligt.

Dag	0	1	2	3	4	5	6	7	8
% vand målt med TDR <sub>20</sub> før vanding	18.0	15.1	12.6	11.0	13.0	11.5	10.0	12.4	18.0
mm vanding efter måling				5.5		Håndvand	7.4		20 regn

Tabel 6. Hjælpekema til vanding af green 18. Dage efter regnvejrr eller vanding til markkapacitet.



Figur 6 og billede 8:

Green 18 på Larvik Golfklub. Skitse med placering af spredere og opmåling af vandmængde. Billedet viser greenen som falder mod spilleretningen. Læg mærke til, at den dårligste greenkvalitet er de steder, hvor der kommer mest vand. Dette skyldes vinterskader, som kan knyttes til meget Enårig Rapgræs disse steder.

## REFERENCER

- Aamlid, T.S., T.E. Andersen, A. Kvalbein, T. Pettersen, A.M.D. Jensen & P. Rasmussen (2013) Use of compost in the root zone or in the topdressing sand on red fescue greens. Results from the period August 2011 - November 2012. *Bioforsk Report* 8(168): 1-37.
- Aamlid, T. S., M. Larsbo & N. Jarvis (2009) Effects of surfactant use and peat amendment on leaching of fungicides and nitrate from golf greens. *Biologia* 64 : 419—423.
- Barton, L. & T. D. Colmer (2006) Irrigation and fertiliser strategies for minimising nitrogen leaching from turfgrass. *Agricultural Water Management* 80: 160—175.
- Bigelow, C. A., D.C. Bowman & D. K. Cassel (2001) Water retention of sand-based putting green mixtures as affected by the presence of gravel sub-layers. *International Turfgrass Society Research Journal* 9: 479 – 486.
- Doerr, S.H., R.A. Shakesby & R.P.D. Walsh. 2000. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Science Review* 51: 33–65.
- Jones, H.G.(2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55: 2427-2436.
- Larsbo, M., T.S. Aamlid, L.Persson & N. Jarvis (2008) Fungicide leaching from golf greens: Effects of root zone composition and surfactant use. *Journal of Environmental Quality* 37: 1527-1535.
- McInnes, K. J. & J. C. Thomas (2012) Passive control of downslope capillary wicking of water in sand-based root zones. *HortScience* 47: 275-279.
- McCarty, L.B. (2011). *Best golf course management practices: construction, watering, fertilization, cultural practices and pest management strategies to maintain golf course turf with minimal environmental impact*. Third Edition. Prentice Hall. 776 pp.
- Petrovic, A.M. & J.J. Barlow (2012) Influence of single nitrogen application rates on the extent of nitrogen leaching from sand-based and sandy loam rootzones. In (A. Zuin & T.S. Aamlid (eds.) Reviewed abstracts presented at the 3rd European Turfgrass Society Conference 'Quality turf and efficient utilization of resources' 24-26 June 2012, Kristiansand, Norway. *Bioforsk Fokus* 7(8): 65-66.
- Prettyman G. W. & E. L. McCoy (2003) Profile layering, root zone permeability, and slope affect on soil water content during putting green drainage. *Crop Science* 43: 985-994.
- Riley, H., M.Stenrod, Y.E. Fevang, T.H. Sivertsen, T. Rafoss & H. Hole (2013) Vanningsinformasjon fra Bioforsk <http://lmt.bioforsk.no/vatning/hjelp.html> (Accessed 1 Feb. 2014).
- Soulis, E.D., J.R. Craig, V. Fortin & G. Liu (2011) A simple expression for the bulk field capacity of a sloping soil horizon. *Hydrological Processes* 25: 112-116.
- Starrett S. K., N. E. Christians & T. A. Austin (1994) Movement of pesticides under two irrigation regimes applied to turfgrass. *Journal of Environmental Quality* 25: 566-571.
- Taylor, D. H., S.D. Nelson & C.F. Williams (1993) Sub-root zone layering: Effects on water retention in sports turf soil profiles. *Agronomy Journal* 85: 626-630.





Forfattere

**AGNAR KVALBEIN  
TRYGVE S AAMLID**  
NIBIO, Norwegian Institute of  
Bioeconomy Research

Oversat af Karin Juul Hesselsøe  
i samarbejde med Dansk Golf Union



**Sterf**

Scandinavian Turfgrass and Environmental Research Foundation (STERF) er en forskningsfond, som er oprettet af golfbundene 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](http://www.sterf.org)