

Om vandingsintensiteten i forsøgene med vanding på St. Jynde vad 1946—1951.

Af K. J. Kristensen.

Hydroteknisk Laboratorium.

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

I n d l e d n i n g.

Til trods for, at Danmark har humid klima med en årsnedbør, der varierer fra 557 mm på Bornholm til 719 i Sønderjylland, forekommer praktisk taget hvert år i vækstperioden tørkeperioder af så lang varighed, at plantevæksten hæmmes. Sådanne tørkeperioder kan især på de lette sandjorder med disses ringe vandforråd få katastrofale følger for planteproduktionen, således som det kendes f. eks. fra somrene 1947 og 1955.

Når sandjorderne er særlig udsatte for tørkens skadelige virkning, skyldes det, at disse jorders vandkapacitet, hvilket er den vandmængde i mm, disse jorder kan tilbageholde, er væsentlig mindre end mere lerholdige jorders vandkapacitet. Let sandjord kan næppe stille mere end 70—90 mm vand til afgrødernes rådighed i vækstperioden, medens de bedre jorder har et indhold af tilgængeligt vand på 125—175 mm. Marskjord kan endog præstere mere end 200 mm. Alle tal er forudsat, at der kan regnes med intensiv rodudvikling til 1 m dybde. På de lette sandjorder må man imidlertid kun regne med nogenlunde intensiv rodudvikling i de øverste, humusholdige lag. Det vil i de fleste tilfælde sige de øverste 50—60 cm. På de bedre jorder kan rodudviklingen derimod være betydeligt over 1 m. Der er altså i mange tilfælde endnu større forskel mellem de forskellige jordtypers vandforråd, end ovenstående tal giver udtryk for.

Det er indlysende, at disse forhold har en afgørende indflydelse på jordens dyrkningsværdi. På sandjorden bliver vandet meget ofte den for planteproduktionen begrænsende faktor, idet selv en kortvarig tørkeperiode kan have en betydelig pro-

duktionsformindskelse til følge. Det er derfor forståeligt, at der på de mere tørkefølsomme egne er en stigende interesse for kunstig vanding. En interesse, der ikke kan undgå at blive stimuleret af de resultater fra vandingsforsøg, der er offentliggjort af Heick (1953). Det fremgår af disse resultater, at man især ved kunstig vanding af græsmarker kan påregne et sikkert merudbytte. Også andre landbrugsafgrøder giver et godt merudbytte for ekstra vandtilførsel i mere tørkeprægede år.

Bestemmelse af afgrødernes vandbehov.

I de af Heick (1953) omtalte enårige forsøg med kunstig vanding af landbrugsafgrøder, er der vandet efter en plan, hvorefter den månedlige nedbør i maj, juni, juli og august suppleres op til henholdsvis 60, 80, 100 og 120 mm. Månederne inddeltes i tidøgns perioder, og overskud af nedbør i en tidøgns periode overførtes ikke til næste tidøgn.

Man kan imidlertid rejse det spørgsmål, om vanding efter en sådan plan tilgodeser afgrødernes virkelige behov for vand. Muligvis kunne en større vandtilførsel, eller en anden fordeling påvirke udbyttet og vandingsøkonomien i gunstig retning.

Den mængde vand en afgrøde ved kunstig vanding tilføres bør rette sig efter afgrødens behov for vand. En afgrødes maximale vandbehov er identisk med den maximale fordampningsmulighed fra afgrøden. Penman (1948) har vist, at for grønne, voksende afgrøder, der er velforsynede med vand, og som dækker jordoverfladen helt, er fordampningen i overvejende grad bestemt af klimaet ved denne afgrødes overflade. Der kan derfor regnes med en fordampning af samme størrelsesorden fra alle afgrøder, der opfylder de ovennævnte betingelser. Penman (1948) har udarbejdet en metode til bestemmelse af den potentielle fordampning, hvilket er fordampningen fra en afgrøde, der opfylder de betingelser, der lige er nævnt. Mikroklimaet lader sig imidlertid vanskeligt registrere, og Penmans metode er derfor udarbejdet således, at den potentielle fordampning kan beregnes ud fra de almindelige meteorologiske observationer. De i ligningen indgående værdier bygger dels på fysiske lovmæssigheder, og dels på forsøg. Penmans ligning har (efter omregning til c.g.s enheder) følgende udseende:

$$\text{Potentiel fordampning} = \frac{\Delta K_n}{59 (\Delta + 0.5)} + \frac{f(e_{ma} - e_a)}{\Delta + 0.5} \text{ mm/time}$$

hvor

Δ = Damptrykkurvens hældning, mm Hg/°C

K_n = Netto varmeindstråling, kal/cm²/time

59 = Energi til fordampning af 1 mm vand, kal/cm²

0.5 = Psykrometerkonstant, mm Hg/°C

e_{ma} = Luftens damptryk hvis mættet, mm Hg

e_a = Luftens virkelige damptryk, mm Hg

f = Funktion af vindhastigheden, = 0.0146 (1 + 0.54 v_2)

v_2 = Vindhastighed i 2 m højde, m/sekund.

K_n bestemmes ikke ved de almindelige meteorologiske observationer, men kan ifølge Penman (1948) beregnes af følgende ligning:

$$K_n = K_A (0.18 + 0.55n/N) (1 - r) - kT_a^4 (0.56 - 0.092 \sqrt{e_a}) \\ (0.1 + 0.9 n/N)$$

hvor

K_A = Teoretisk indstråling efter Angot (Brunt 1944), kal/cm²/time

n/N = Aktuelle solskinstimer/mulige solskinstimer

r = Tilbagekastning, kal/cm²/time (For bevoksning = 0.2)

k = Stefan - Boltzmanns konstant = 4.96×10^{-9}

T_a = Luftens absolutte temperatur = °C + 273

Ved denne beregning tages ikke hensyn til de varmemængder, der medgår til opvarmning af jorden, og som indgår i den producerede afgrøde. Disse energimængder er imidlertid forholdsvis små, og kan negligeres. Vindhastighed måles normalt heller ikke ved de almindelige standardobservationer. Da den er af mindre betydning for fordampningens størrelse, kan de ved fyrstationerne observerede vindhastigheder meget vel anvendes, når der foretages en passende reduktion. De øvrige værdier, der indgår i ligningen, kan erhverves fra de almindelige observationer, der foretages af Meteorologisk Institut rundt om i landet, bl. a. ved forsøgsstationerne.

Aslyng (1954) har ved brug af Penmans ligning beregnet den årlige fordampning til 495 mm for Danmarks normal-klima. Dette tal er i ret god overensstemmelse med de resul-

tater, der er fundet ved Det danske Hedeselskabs hydrometriske målinger (1954), idet det må erindres, at den her beregnede differens mellem nedbør og afstrømning er den aktuelle fordampning, der normalt vil være lavere end den potentielle fordampning. En sammenligning mellem den virkelig fundne fordampning fra et vandareal (*Vandbalanceudvalget* 1952) og fordampning fra et vandareal ifølge beregning efter Penmans ligning er også foretaget af Aslyng (1954), og viser særdeles god overensstemmelse for året som helhed.

Potentiel fordampning ved St. Jynde vad.

Ved brug af foranstående ligning er den potentielle fordampning beregnet for St. Jynde vad for årene 1946—1951 og perioden 1. april—30. september. Den månedlige fordampning er vist i tabel 1, hvor også den potentielle fordampning efter landets normalklima er anført (efter Aslyng (1954)).

Tabel 1. Månedlig potentiel fordampning ved St. Jynde vad (55° N), mm.

| År | April | Maj | Juni | Juli | August | Septbr. | Ialt |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|
| 1946..... | 45.7 | 77.0 | 81.1 | 110.1 | 64.4 | 35.8 | 414.1 |
| 1947..... | 40.1 | 102.8 | 115.0 | 102.8 | 106.0 | 64.0 | 530.7 |
| 1948..... | 57.9 | 84.8 | 99.5 | 91.4 | 71.4 | 39.9 | 444.9 |
| 1949..... | 45.3 | 70.1 | 96.4 | 95.6 | 72.7 | 41.4 | 421.5 |
| 1950..... | 36.5 | 77.8 | 103.7 | 103.6 | 88.6 | 38.7 | 448.9 |
| 1951..... | 39.1 | 75.9 | 109.0 | 81.8 | 69.5 | 40.5 | 415.8 |
| Gens..... | 44.4 | 81.4 | 100.8 | 97.6 | 78.8 | 43.4 | 446.4 |
| »Normal« ... | 47 | 87 | 112 | 104 | 78 | 41 | 469 |

I gennemsnit af de seks år er den potentielle fordampning ved St. Jynde vad noget lavere, end den er beregnet for landets normalklima. Variationen fra år til år er bortset fra 1947, der har usædvanlig stor fordampning, ikke særlig stor. Ser man på tallene for de enkelte måneder, findes en forholdsvis større variation. Hvis perioderne gøres endnu kortere, f. eks. $\frac{1}{3}$ måned, der er de korteste perioder, for hvilke der foreligger beregning, kan variationen være særdeles stor.

Af tabel 1 fremgår det, at den gennemsnitlige månedlige

fordampning i de fire sommermåneder maj, juni, juli og august meget nær er 80, 100, 100 og 80 mm henholdsvis. Sammenholdt med den i de enårige forsøg anvendte forsøgsplan ses det, at der i månederne maj og juni i gennemsnit bliver tilført afgrøderne ca. 20 mm for lidt i hver måned, mens vandtilførselen i august, hvis planen fulgtes, blev ca. 40 mm for stor. Det ses iøvrigt, at der ikke i nogen af månederne er potentiel fordampning på 120 mm. Største månedlige fordampning har juni 1947 med 115 mm, og selv den meget tørre august 1947 når ikke højere i potentiel fordampning end 106 mm.

I tabel 2 er potentiel fordampning vist for perioder på $\frac{1}{3}$ måned. Det fremgår af denne tabel, hvor stor variation i fordampning, der kan være fra periode til periode selv på samme tid af året. Den gennemsnitlige fordampning i hver periode i juni og juli er af samme størrelsesorden, men alligevel findes her meget stor forskel på de forskellige perioder, f. eks. juli måned 1948.

Tabel 2. Potentiel fordampning ved St. Jynde vad, mm.

| Periode | 1946 | 1947 | 1948 | 1949 | 1950 | 1951 | Gens. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1_10/4..... | 13.6 | 9.5 | 11.2 | 11.1 | 10.0 | 7.9 | 10.6 |
| 11_20/4..... | 14.8 | 13.3 | 23.3 | 15.7 | 13.7 | 13.0 | 15.6 |
| 21_30/4..... | 17.3 | 17.3 | 23.4 | 18.5 | 12.8 | 18.2 | 17.9 |
| 1_10/5..... | 24.2 | 28.6 | 23.3 | 20.2 | 26.0 | 23.0 | 24.3 |
| 11_20/5..... | 23.1 | 35.4 | 33.2 | 20.7 | 30.8 | 31.1 | 29.1 |
| 21_31/5..... | 29.7 | 38.8 | 27.8 | 29.2 | 21.0 | 21.8 | 28.1 |
| 1_10/6..... | 24.1 | 38.9 | 31.5 | 33.9 | 41.9 | 39.0 | 34.9 |
| 11_20/6..... | 29.1 | 38.2 | 42.7 | 28.5 | 36.5 | 36.4 | 35.2 |
| 21_30/6..... | 27.9 | 37.9 | 25.3 | 34.0 | 25.3 | 33.6 | 30.7 |
| 1_10/7..... | 42.7 | 29.6 | 26.9 | 36.1 | 32.8 | 23.1 | 31.9 |
| 11_20/7..... | 37.4 | 41.3 | 19.0 | 28.0 | 32.7 | 30.2 | 31.4 |
| 21_31/7..... | 30.0 | 31.9 | 45.5 | 31.5 | 38.1 | 28.5 | 34.3 |
| 1_10/8..... | 26.3 | 30.4 | 24.7 | 30.1 | 37.7 | 25.6 | 29.1 |
| 11_20/8..... | 19.1 | 38.8 | 27.0 | 21.6 | 24.0 | 22.4 | 25.5 |
| 21_31/8..... | 18.7 | 36.8 | 19.7 | 21.0 | 26.9 | 21.5 | 24.1 |
| 1_10/9..... | 14.5 | 27.9 | 16.3 | 18.6 | 18.7 | 18.0 | 19.0 |
| 11_20/9..... | 11.8 | 23.4 | 13.4 | 12.9 | 11.8 | 12.7 | 14.3 |
| 21_30/9..... | 9.5 | 12.7 | 10.2 | 9.9 | 8.2 | 9.8 | 10.1 |

Tallene i tabel 2 viser, at den i de af Heick (1953) omtalte enårige forsøg med kunstig vanding anvendte forsøgsplan ikke imødekommer afgrødernes vandingsbehov i de enkelte perioder. Planen skal vel forstås således, at nedbøren hver ca. 10. dag suppleres op til $\frac{1}{3}$ af den for den pågældende måned fastsatte vandmængde. Det bliver da for juli måned ca. 33 mm pr. tidøgn. Gennemsnitlig passer dette nogenlunde. Juli er den måned, der efter planen er vandet mest rigtig. For de enkelte perioder kan imidlertid forekomme ret store uoverensstemmelser. Midterste $\frac{1}{3}$ af juli 1948 vil således få for meget vand, mens sidste $\frac{1}{3}$ af samme måned ikke får tilstrækkeligt. Nu vil en så lav fordampning, som den, der forekommer i juli måneds midterste $\frac{1}{3}$, 1948, oftest være ensbetydende med fugtigt vejr i et længere tidsrum. Dette er da også tilfældet med den pågældende periode, idet der er faldet ca. 54 mm nedbør i 8 nedbørsdage i det pågældende tidsrum.

I almindelighed kan det siges, at vandtilførselen i forsøgene har været utilstrækkelig i maj og juni måned, nogenlunde passende i juli, og rigelig stor i august, og sikkert også i de tilfælde, hvor der er tilført vand i september (bederoer 1947 og 1950).

Jordens indhold af tilgængeligt vand.

For at vurdere vandingsintensiteten i et vandingsforsøg er det også nødvendigt at tage jordens indhold af vand tilgængeligt for planterne med i betragtning. På en let sandjord, som den ved St. Jyndeved, kan næppe regnes med mere end 60—65 mm tilgængeligt vand i rodområdet. Den mængde vand, planterne har mulighed for at forsyne sig med udover nedbør og vanding, er således ret begrænset. Man må endvidere regne med, at ikke alt det tilgængelige vand med lige stor lethed udnyttes af planterne. Hvor stor en del af det for planterne tilgængelige vand, der kan udnyttes uden væsentlig nedgang i stofproduktionen, er ikke afklaret endnu. Det vil sikkert i nogen grad være afhængig af plantearart og fordampningsintensitet.

Hollandske undersøgelser (Makkink 1951, Schuurman & Makkink 1955) tyder på, at maximal produktion af græs opnås, når jorden holdes omtrent opfyldt til vandkapaci-

teten. Taylor (1952) fandt, at udbyttet af lucerne, sukkerroer og kartofler aftog med aftagende tilgængelighed af vandet i jorden.

Nu vil det imidlertid kun i specielle forsøg være ønskeligt at vande så ofte, at jorden hele tiden holdes i nærheden af vandkapaciteten. Så længe problemet ikke er tilstrækkeligt undersøgt, må det tilrådes kun at udnytte ca. halvdelen af den for planterne tilgængelige vandmængde, således som det også er foreslået af Aslyng (1955). På sandjord som den ved St. Jynde vad skal der altså vandes, når der er forbrugt ca. 30 mm vand. Der bør imidlertid ikke vandes med så meget, at jorden fyldes helt igen, da faren for afstrømning med påfølgende udvaskning af plantenæring derved øges. For St. Jynde vad vil det sikkert være passende, hvis der ved vanding tilføres ca. 10 mm vand mindre, end der i jorden er plads til. Jorden kan da umiddelbart efter vanding optage en nedbør af denne størrelse, uden at afstrømning finder sted.

På den lette sandjord kan det således ikke tilrådes at tilføre mere end ca. 20 mm ad gangen. I en tørkeperiode vil det være ensbetydende med, at der skal vandes med 5—6 dages mellemrum. Af gennemsnitstallene i tabel 2 sidste kolonne, ses det, at den daglige fordampning i sommertiden er af størrelsesordenen 3,0—3,5 mm daglig. Tidøgns perioder vil her være for lange, hvis der skal vandes rationelt. Det gælder især i perioder med stærkt tørrende vejr. Den potentielle fordampning kan da nå en størrelse af 4—5 mm daglig.

Diskussion.

I det følgende skal vandingsforsøgene i kløvergræs (Heick 1953) tages op til nærmere undersøgelse. Når det specielt er kløvergræs, der gøres til genstand for overvejelse, er det fordi, at det er den afgrøde, der i forsøgene har givet det største merudbytte.

En sammenligning mellem de vandmængder, der i forsøgene er anvendt til kløvergræs, og den vandmængde, der efter den potentielle fordampning skulle have været anvendt er givet i tabel 3.

Det fremgår af denne oversigt, at der gennemgående skulle anvendes noget mere vand til kløvergræs, hvis der blev vandet

Tabel 3. Vanding og afstrømning
i vandingsforsøg med kløvergræs.

| År | Periode | I forsøgene | | Efter pot. ford. | |
|---------|-----------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | tilført mm | afstrømning mm | tilført mm | afstrømning mm |
| 1946... | 1/5-12/6 | 30 | 0 | 40 | 0 |
| » ... | 12/6-7/8 | 50 | ? | 60 | 8 |
| 1947... | 1/5-25/6 | 110 | 0 | 120 | 0 |
| » ... | 25/6-16/8 | 71 | ? | 100 | 30 |
| 1949... | 1/5-7/6 | 0 | 14 | 0 | 14 |
| » ... | 7/6-19/8 | 88 | ? | 100 | 50 |
| 1950... | 1/5-12/6 | 61 | 0 | 80 | 0 |
| » ... | 12/6-25/7 | 29 | ? | 40 | 41 |
| 1951... | 1/5-20/6 | 42 | ? | 40 | 14 |
| » ... | 20/6-21/8 | 105 | 42 | 80 | 12 |

efter behov. 1951 danner dog en undtagelse. Her er navnlig i 2. slæt vandet unødigt meget.

Det er ikke muligt at bestemme afstrømning for alle perioder. Ved tallenes bearbejdning er det forudsat, at der er maximal (altså potentiel) fordampning i alle perioder, hvor jordens deficit ikke har været over 30 mm. Dette er altid tilfældet, hvor der er vandet efter potentiel fordampning (tabel 3, højre halvdel) og her kan den teoretiske afstrømning beregnes. For det virkelige materiale er beregning af afstrømning kun mulig for perioder, hvor der ikke har været nedbør af tilstrækkelig størrelse til at give afstrømning, altså hvor der er anført 0, samt i et par perioder med deficit under 30 mm. De anførte perioder er fra 1. maj til 1. slæt, og fra 1. til 2. slæt henholdsvis.

Tallene i tabel 3 kan eventuelt forlede til den opfattelse, at der ved vanding efter potentiel fordampning tilføres for meget vand. I nogle tilfælde ses det således, at man ved at trække den teoretiske afstrømning fra den vandmængde, der angives at skulle tilføres, får omtrent den mængde vand, der faktisk er tilført (1946 og 1947). Man må imidlertid huske på, at afstrømning i sommertiden oftest forårsages af særlig kraftig nedbør indenfor et begrænset tidsrum. Endvidere vil den aktuelle fordampning i forsøgene tendere til at være mindre end den potentielle fordampning. Det deficit, der er i jorden, vil derfor være min-

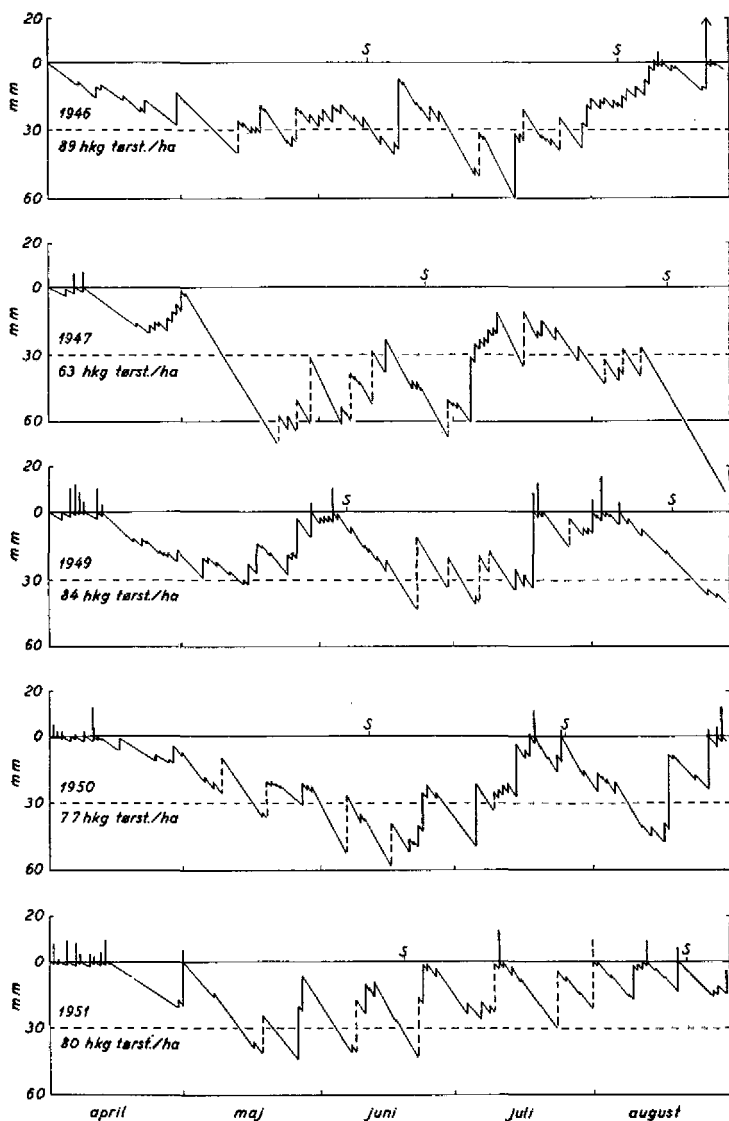


Fig. 1. Store Jyndeved 1946—1951, kløvergræs.

Ordinaten viser afvigelser fra vandkapaciteten (0) i mm. Over 0 = afstrømning. Under 0 = deficit. De lodrette kurvestykker viser nedbør (fuldt optrukne) og vanding (stiplede). S = slået.

St. Jyndeved 1946 to 1951, clover grass.

The ordinate shows the deviation from the water capacity (0) in millimetres. Above 0 = loss. Below 0 = deficit. The vertical curve lines show the rainfall (fully drawn up) and the irrigation (dot-and-dash lines). S = mowing.

dre, end det, der kan beregnes som differens mellem potentiel fordampning og nedbør + vanding. Afstrømningen i de perioder, der i tabel 3 er anført med spørgsmålstegn, vil næppe afvige synderligt fra den teoretiske afstrømning, der er anført i tabellens sidste kolonne.

I fig. 1 er forholdene søgt illustreret ved at indtegne den kurve, der dag for dag giver differencen mellem potentiel fordampning og nedbør + vanding. Ved vanding efter potentiel fordampning, og med udnyttelse af halvdelen af jordens tilgængelige vandreserve, skulle vanding påbegyndes, når denne differens når en værdi på 30 mm (i fig. 1 vist med stiplede linie parallelt med 0-linien).

Af figuren ses, at der specielt i 1947 er ventet længe, inden der er vandet første gang. Differencen er her over 70 mm. Det første vand er tilført d. 23. maj, men skulle, hvis der var vandet efter behov være tilført allerede d. 10. maj.

Da der imidlertid ikke på den pågældende jord kan opstå et deficit på over 70 mm, har fordampningen i 1947 været nedsat i en del af perioden før første vanding. Hvor stort det virkelige deficit i jorden har været, lader sig ikke angive, men hvis det antages at have været omkring 50 mm, vil det sige, at hele det efterfølgende kurvesystem skal hæves ca. 20 mm. Deficit for den resterende del af året vil da være mindre, end det i figuren viste. Det gælder iøvrigt for alle årene, at det aktuelle deficit vil tendere til at være mindre, end det i figur 1 viste. Dette skyldes, at der periodevis er udnyttet mere, end ca. 30 mm af det tilgængelige vand, og fordampningen som følge heraf er nedsat.

For 1949 og specielt 1951 ses det, at der er vandet unødigt meget i vækstperiodens sidste del. I 1951 er ved sidste vanding endog en væsentlig del af det tilførte vand direkte strømmet af.

Fremgangsmåde ved vanding efter potentiel fordampning.

Beregning af potentiel fordampning er forbundet med et omfattende beregningsarbejde. Det vil derfor vanskeligt kunne overkommes at foretage en sådan beregning for korte perioder.

I England (Bull., Ministry of Agriculture and Fisheries 1954) foreslås det, at en landsdels gennemsnitlige fordampning, der beregnes af den pågældende landsdels normal-

klima, danner grundlag for vandingsvejledning. En lignende plan kan eventuelt bringes i anvendelse her i landet. Bruges St. Jynde-
vad som eksempel, ses det af tallene i tabel 2, at fordampningen
i første tidøgn af maj, og de to sidste tidøgn af august er ca.
2.5 mm daglig, og i den øvrige del af perioden meget nær 3.0 mm
daglig. Disse tal er muligvis lidt for store, fordi 1947 indgår med
usædvanlig stor fordampning. Muligvis vil følgende norm være
i bedre overensstemmelse med de faktiske forhold:

| | Daglig fordampning |
|-----------|--------------------|
| Periode | mm |
| 1. —10/5 | 2.0 |
| 11. —31/5 | 2.5 |
| 1/6—31/7 | 3.0 |
| 1. —10/8 | 2.5 |
| 11. —31/8 | 2.0 |

Vil man nu holde en let sandjord som den ved St. Jynde-
vad nogenlunde velforsynet med vand, må som tidligere nævnt næppe
fjernes mere end ca. 30 mm fra denne. Da der bør efterlades
plads til en del nedbør efter vanding, vil en tilførsel af 20 mm
ad gangen sikkert være passende. Nedbøren, der falder i perioden,
skal naturligvis tages med i beregningen, der også må tage hen-
syn til, at særlig kraftig nedbør kan forårsage afstrømning til
undergrunden.

Som det fremgår af tabel 2 er forskellen i fordampning
temmelig stor fra periode til periode. Vanding efter ovenstående
norm kan derfor let afstedkomme enten utilstrækkelig vanding
eller overvanding, hvis den fordampning, der virkelig har væ-
ret i perioden, ikke tages med i beregningen. I England er pro-
blemet løst ved, at man fra det meteorologiske instituts land-
brugsafdeling en gang månedlig kan få meddelelse om de for-
skellige lokaliteters beregnede fordampning, og der kan da fore-
tages en korrektion herfor. Denne fremgangsmåde lader sig vel
anvende på jorder, hvor der er nogenlunde store vandreserver
at tage af, men på danske sandjorder er en månedlig korrektion
næppe tilstrækkelig. Her er snarere brug for korrektion to eller
tre gange månedlig.

Tabel 4. Metode til beregning af
vandingstidspunkt.
(St. Jyndeved, juli 1949).

| Dato | Dagl. ford. efter norm. mm | Pot. ford. ($\frac{1}{3}$ mdl.) mm | Nedbør mm | Deficit, op- summeret mm | Vanding mm |
|---------|----------------------------------|---|--------------|--------------------------------|---------------|
| 1..... | 3 | — | 0 | 13.0 | 0 |
| 2..... | 3 | — | 0 | 16.0 | 0 |
| 3..... | 3 | — | 0 | 19.0 | 0 |
| 4..... | 3 | — | 0 | 22.0 | 0 |
| 5..... | 3 | — | 0 | 25.0 | 0 |
| 6..... | 3 | — | 2.2 | 25.8 | 0 |
| 7..... | 3 | — | 2.2 | 26.6 | 0 |
| 8..... | 3 | — | 0.2 | 29.4 | 0 |
| 9..... | 3 | — | 0 | 12.4 | 20.0 |
| 10..... | 3 | 36.1 | 0 | 21.5 | 0 |
| 11..... | 3 | — | 0 | 24.5 | 0 |
| 12..... | 3 | — | 0 | 27.5 | 0 |
| 13..... | 3 | — | 0 | 10.5 | 20.0 |
| 14..... | 3 | — | 0 | 13.5 | 0 |
| 15..... | 3 | — | 8.2 | 8.3 | 0 |
| 16..... | 3 | — | 0 | 11.3 | 0 |
| 17..... | 3 | — | 4.5 | 9.8 | 0 |
| 18..... | 3 | — | 0 | 12.8 | 0 |
| 19..... | 3 | — | 41.7 | 0 | 0 |
| 20..... | 3 | 28.0 | 16.0 | 0 | 0 |
| 21..... | 3 | — | 2.5 | 0.5 | 0 |
| 22..... | 3 | — | 0 | 3.5 | 0 |
| 23..... | 3 | — | 0 | 6.5 | 0 |
| 24..... | 3 | — | 0 | 9.5 | 0 |
| 25..... | 3 | — | 0 | 12.5 | 0 |
| 26..... | 3 | — | 0 | 15.5 | 0 |
| 27..... | 3 | — | 0.1 | 18.4 | 0 |
| 28..... | 3 | — | 0 | 21.4 | 0 |
| 29..... | 3 | — | 0 | 24.4 | 0 |
| 30..... | 3 | — | 3.9 | 23.5 | 0 |
| 31..... | 3 | 31.5 | 2.9 | 22.1 | 0 |

Tabel 4 viser, hvorledes en bogføring af jordens vandforråd kan foretages. Tabellens tal for nedbør og potentiel fordampning er fra St. Jyndeved, juli måned 1949. Der er i tabel 4 regnet med, at jordens deficit d. 30. juni var 10 mm. Iøvrigt er beregning af deficit, som det ses af tabellen, let af gennemføre, idet den består i for hver dag at addere den daglige fordamp-

ning ifølge normen til det i forvejen bestående deficit, og herfra trække dagens eventuelle nedbør. Når deficit i det viste tilfælde når op på 30 mm tilføres 20 mm ved vanding. Disse 20 mm fradrages også deficit.

For hver tidøgns periode er indført tallene for den potentielle fordampning til korrektion for den gennemsnitlige værdi. Differencen potentiel fordampning \div norm adderes til deficit, der f. eks. d. 10. maj (tab. 4) bringes 6.1 mm højere op, end det ville blive efter normen alene. Den 20. maj er forholdet omvendt på grund af den store nedbør d. 19. og 20. I det foreliggende tilfælde får dette ingen betydning, da deficit er 0, og afstrømning finder sted. Deficit kan teoretisk ikke antage negative værdier, hvorimod der vel nok i praksis kan forekomme kortvarig overmætning. På en let sandjord, som den ved St. Jynde vad, vil en sådan overmætning være meget kortvarig, og kan lades ude af betragtning.

Jordens vandindhold kan også følges på andre måder. Den hidtil mest benyttede metode er udtagning af jordprøver med påfølgende bestemmelse af vandindholdet ved tørring. M u n d- b j e r g (1955) omtaler den såkaldte »bold-prøve«, efter hvilken man ved at klemme jorden i hånden og derefter iagttage dens sammenhængningsevne m. m. kan vurdere dens vandindhold. Disse metoder er imidlertid, på grund af jordlagernes varierende sammensætning, ret usikre.

Forskellige andre metoder er i de senere år bragt i anvendelse. Der skal her nævnes tensiometre, der har været anvendt af A s l y n g & K r i s t e n s e n (1953) og forskellige typer af modstandsblokke, der er omtalt af K r i s t e n s e n (1954). Fælles for disse instrumenter er, at de er ret kostbare, og at der kræves en del kendskab til deres benyttelse og vedligeholdelse. De vil derfor næppe kunne påregne nogen større anvendelse i praksis. Derimod burde der gøres mere udstrakt brug af dem i forsøg.

S a m m e n d r a g.

Ved brug af Penmans ligning er foretaget en beregning af den potentielle fordampning ved St. Jynde vad (55°N) for årene 1946—1951. Det heraf fundne vandbehov er for kløvergræs sam-

menholdt med de mængder, der blev tilført i de enårige forsøg med kunstig vanding. Det fremgår heraf, at der navnlig i vækstperiodens første del er tilført mindre vand, end det efter beregningerne var nødvendigt at tilføre, for at sikre optimal vandforsyning. I vækstperiodens sidste del var vandtilførselen mere rigelig, og i enkelte tilfælde tilførtes så meget vand, at en del af det direkte er strømmet af til undergrunden (tabel 3 og fig. 1).

Jorden ved St. Jynde vad er meget let sandjord. Dens indhold af vand, tilgængeligt for planterne, er næppe mere end ca. 60 mm. Det antages, at halvdelen heraf kan udnyttes af afgrøden uden væsentlig nedgang i stofproduktionen. Ved vanding efter behov skal altså tilføres vand, når deficit i jorden er 30 mm. For at nedsætte risikoen for udvaskning bør kun tilføres ca. 20 mm ad gangen, og det er da i tørkeperioder nødvendigt at vande med 5—6 dages mellemrum. Der er skitseret en plan, efter hvilken potentiel fordampning kan danne grundlag for vandingsvejledning. Det foreslås, at der gøres mere udstrakt brug af instrumenter til måling af jordfugtigheden, f. eks. tensiometre og modstandsbløkke.

LITTERATUR

- Aslyng, H. C.* 1954: Jordens vandbalance. Beretn. N.J.F. 9. kongr. København 1953, 93—100.
- Aslyng, H. C.* 1955: Vanding i landbruget. Rapport over rejse i Grækenland 1954. L. H. S. forlag. København.
- Aslyng, H. C. & K. J. Kristensen* 1953: Investigations on the water balance in Danish agriculture. Kgl. Vet.- og Landbohøjsk. Årsskr. 1953. 48—90.
- Brunt, D.* 1944: Physical and dynamical meteorology. (2. ed.). Cambridge University Press.
- Hedeselskab, Det danske* 1954: Hydrometriske målinger, 7. ber. 1943—1950.
- Heick, F.* 1953: Enårige forsøg med kunstig vanding af markfrøafgrøder. Tids. f. Planteavl 55, 433—448. (456. ber.).
- Kristensen, K. J.* 1954: Gipsbløkke til måling af jordfugtighed. Grundförb. 1954: 3, 183—200.
- Makkink, G. F.* 1951: Grasopbrengst en vochtspanning. Centr. Inst. Landbouwk. Onderz. 99, 58—63.
- Ministry of Agriculture and Fisheries* 1954: The calculation of irrigation need. Tech. Bull. 4. H. M. Station. Off. London.
- Mundbjerg, J. C.* 1955: Kunstig vanding i U.S.A. Rapport over studierejse i U.S.A. 1953. L. H. S. forlag. København.

- Penman, H. J.* 1948: Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proc. Roy. Soc. A* 193, 120—145.
- Schuurman, J. J. & G. F. Makkink* 1955: Bewortelingsonderzoek op een be-
regningsproefveld te Ijsselstein (Utrecht). *Landbouwk. Tijdsch.* 67, 283—
296.
- Taylor, S. A.* 1952: Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect
of soil moisture on crop yields. *Soil Sci.* 74, 217—226.
- Vandbalanceudvalget 1952: 17. beretn. Akad. Tekn. Vid., København.

SUMMARY

*On the irrigation Intensity in the Experiments at St. Jynde-
vad. 1946 to 1951*

During the years 1946 to 1951 experiments on irrigation of field crops were carried through at the State Research Station of St. Jynde-
vad. The rainfall was supplemented up to 60, 80, 100, and 120 milli-
metres for the months of May, June, July, and August respectively
(*Heick* 1953).

The purpose of this article has been to show the actual water re-
quirements of the crops and to illustrate whether these requirements
could be covered on the basis of the above-mentioned experimental
plan. The water requirements of the crops have been calculated ac-
cording to the method worked out by *Penman* (1948). The results
will be seen from Table 1 which shows the monthly potential evapo-
ration, and from Table 2 which shows the evaporation stated in pe-
riods of 10 days. In comparison with the amount of water given, it
will appear that the water supply has not been sufficient during the
first part of the period of growth, whereas plenty of water has been
given during the month of August. Figure 1 shows the theoretical
moisture deficit in the soil under clover grass during the years con-
cerned. The dot-and-dash line parallel to the o-line shows half of the
available water which in this light sandy soil only amounts to about
30 millimetres. It is to be supposed that the plants can take advantage
of this amount of water without the production's being decreased to
a degree worth mentioning, but that a greater drying up will involve
a decrease in production. It appears from Figure 1 that especially
during the dry year 1947 the water supply has been insufficient.

When the soil moisture deficit is about 30 millimetres, it is re-
commendable to give this light sandy soil a water supply of 20 milli-
metres. The soil will then be able to absorb a precipitation of about
10 millimetres immediately after the irrigation, and no loss will take
place. As the potential evaporation may be more than 4 millimetres
per day during a period of drought in summer time, it may be neces-
sary to irrigate at intervals of 5 or 6 days, and under such conditions
periods of 10 days will be too long for the locality concerned.