

## Vandoptagelse af byg, græs og kartofler fra forskellige dybder

*Water uptake of barley, grass and potatoes from different depths*

Villy Jørgensen

### Resumé

I perioden 1983–85 blev der gennemført undersøgelser af planternes vandoptagelse fra forskellige jorddybder. Undersøgelserne blev gennemført på 3 jordtyper med byg og græs. På én jordtype (grovsandet jord) tillige med kartofler. Jordens vandindhold og vandpotentiale blev bestemt 1–2 gange ugentligt i forskellige dybder. Ud fra disse data blev vandoptagelsen beregnet. Resultaterne er hovedsageligt opnået i perioder med overdækket afgrøde.

I alle 3 jordtyper var der en stor vandoptagelse fra de øverste jordlag, før der forekom vandoptagelse fra dybere lag. Græs optog lidt mere vand fra dybere jordlag end byg og kartofler.

I grovsandet jord var der ikke optaget vand af betydning fra delprofilen i 50–70 cm dybde, før der var vandingsbehov.

Resultaterne er anvendt til at udvikle modeller for sammenhæng mellem totalt underskud og vandbinding i forskellige delprofiler.

**Nøgleord:** Vandoptagelse, udtørningsprofil, byg, græs, kartofler.

### Summary

The water uptake from different depths of barley, grass and potatoes was studied during the years 1983–85. The experiments were carried out at 3 sites representing different soils with different water capacity.

The soil water content and soil water potential were measured once or twice a week during the growing season. From these data the water uptake from different depths was calculated. The results are mainly obtained during periods with covered crops. The initial water uptake, after returning to field capacity, from the 0–30 cm layer was greater than from deeper layers.

Grass extracted a little more water from deeper layers than the other crops. In coarse sandy soil no water was taken up from the 50–70 cm layer before drought stress occurred.

Models for the relation between soil water deficit and soil water potential in different depths are developed.

**Key words:** Water uptake, drying front, barley, grass, potatoes.

## Indledning

I de senere år er det vandede areal i Danmark steget meget stærkt. De meget tørre år 1975 og 1976 bidrog stærkt til denne udvikling. Endelig kom der i 70'erne nye tekniske muligheder, som reducerede arbejdskraftforbruget til ca. 30% af arbejdskraftforbruget ved sprinklervanding. Dette øgede også interessen for vanding. I 1984 kunne der vandes ca. 400.000 ha (7).

Landbrugsministeriet har i et udredningsarbejde anslået, at der i Danmark er et potentielt vandingsbehov på ca. 1,5 mio. ha (8).

I praksis har det imidlertid vist sig at være meget vanskeligt at opnå en god styring af vandingen. Merudbyttet for vanding bliver derfor ofte for lavt, og der kan være meget store variationer fra ejendom til ejendom (9).

I de senere år er der fremkommet praktisk anvendelig styringsteknik, som bygger på måling af jordens vandindhold eller vandbinding, f.eks. tensiometre.

Anvendelse af dette tekniske udstyr kan medføre en betydelig forbedring af vandingsstyringen.

For at opnå dette, er det imidlertid nødvendigt med et godt kendskab til forskellige hydrologiske parametre, herunder planternes vandoptagelse fra forskellige dybder gennem vækstperioden. Da der endvidere knytter sig forsøgsteoretisk interesse til øget viden om planternes vandoptagelse fra forskellige delprofiler, blev der i årene 1983–85 gennemført en undersøgelse af planternes vandoptagelse og markkapaciteten på 3 lokaliteter.

Det var undersøgelsens hovedformål at bestemme planternes vandoptagelse fra forskellige dybder og at bestemme de mest hensigtsmæssige

måledybder til registrering af vandindhold eller vandpotentiale.

## Metodik

Forsøgene blev gennemført med byg og græs på grovsandet jord ved Jyndevad forsøgsstation, ved Lund (10 km fra Jyndevad forsøgsstation) på sandblandet lerjord og ved Borris forsøgsstation på lerblandet sandjord. Ved Jyndevad blev der endvidere gennemført undersøgelser i kartofler.

Teksturanalyser fra de 3 lokaliteter fremgår af tabel 1.

**Tabel 1.** Teksturanalyser, 0–20 cm dybde, vægt %.  
*Soil texture, 0–20 cm depth.*

	Humus <i>Humus</i>	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>	Grovsand <i>Coarse sand</i>
Jyndevad	3,0	3,9	4,1	12,2	76,8
Lund	–	14,0	10,0	38,0	38,0
Borris	2,2	5,3	6,9	48,4	37,2

Undersøgelserne blev gennemført efter planen vist i tabel 2.

Overdækningen blev foretaget med et plasticmateriale med en lysgennemgang på 80–85% i den fotosynteseaktive del af spektret. Overdækningerne var placeret, så der fandtes ca. 1 m åbning mellem jord og plastic, hvilket medførte en god luftudskiftning omkring planterne. Resultater fra perioder med overdækning er anvendt i denne publikation.

Af tabel 2 fremgår, at der blev gennemført udtørring ved overdækning i juni og juli. I juni–juli blev der målt jordfugtighed 2 gange ugentlig. I den øvrige del af vækstperioden 1 gang ugentlig. Ved Jyndevad blev der endvidere målt med tensiometre i 25 cm dybde i 1984 og 1985.

**Tabel 2.** Forsøgsplan.  
*Experiment plan.*

	Måledybder, cm, <i>measuring depths, cm.</i>											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Tensiometer	"	"	"	"	"	"	"	"	"	(")		
Neutronmeter	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		(")

(") kun ved Borris og Lund.

**Tabel 3.** Tidspunkter for overdækning (O) og vanding (V).  
*Periods of covered (O) crops and dates for irrigation (V).*

Afgrøde Crop	Lokalitet Locality	1983		1984			1985			
		O.	V.	O.	O.	V.	O.	O.	V.	O.
Græs Grass	Jydevad	6/6	29/6	29/6	11/6	10/7	10/7	14/6	12/7	15/7
Byg Barley	»	14/6	29/6	5/7	11/6	10/7	10/7	14/6	12/7	15/7
Kartofler Potatoes	»	—	—	1/7	—	—	6/8	—	—	6/8
Græs Grass	Lund	6/6	30/6	5/7	8/6	11/7	11/7	11/6	12/7	15/7
Byg Barley	»	14/6	30/6	5/7	8/6	11/7	11/7	11/6	15/7	15/7
Græs Grass	Borris	6/6	28/6	5/7	26/6	27/7	27/7	11/6	15/7	15/7
Byg Barley	»	14/6	28/6	5/7	6/6	5/7	5/7	11/6	15/7	15/7

Fra ca. 5. juni til begyndende visning var afgrøden overdækket. Derefter blev der vandet til markkapacitet. Dette gentages fra ca. 5. juli.

Databearbejdningen er gennemført på resultater fra 4 perioder á 4 døgn med stigende udtørring fra 1. til 4. periode.

De 2 perioder for overdækning (juni og juli) er valgt, fordi der ofte er vandingsbehov i disse perioder. Ved overdækning blev der vandet til markkapacitet.

Tensiometrets funktion er beskrevet af Jørgensen (5). Neutronmetoden er beskrevet af Ølgård (15).

Neutronmålingerne er gennemført med 2 gentagelser medens tensiometermålingerne kun er gennemført i ét målepunkt i hver måledybde. Tabel 3 viser tidspunkterne for overdækning og vanding.

### Resultater

I tabel 4 er vist markkapaciteten i delprofiler fra de 3 forsøgslokaliteter. Tallene er gennemsnit af 6–9 enkeltbestemmelser. Til vurdering af sikkerheden er anført variationskoefficienten cv (spredning (s) i % af gennemsnit).

Markkapaciteten er bestemt under overdækningerne 2–3 døgn efter, at jorden er opvandet til – eller lidt over – markkapacitet. Til bestemmelserne er anvendt såvel tensiometer – som neutronmålingerne.

Af tabel 4 ses, at der er relativ stor usikkerhed på nogle af bestemmelserne. Dette skyldes sandsynligvis først og fremmest den naturlige variation i jordens fysiske og dermed hydrologiske for-

**Tabel 4.** Markkapacitet i delprofiler, mm.  
*Field capacity in different depths, mm.*

Dybde cm	Jydevad		Lund		Borris	
	mm	CV	mm	CV	mm	CV
0–10	18	1,7	28	7,6	19	1,0
10–30	34	1,6	48	0,8	38	7,3
30–50	28	3,2	42	4,9	35	4,0
50–70	22	4,7	43	4,6	30	7,1
70–90	18	3,3	46	4,1	31	7,2
90–110	15	2,9	47	2,6	33	5,8
110–130	—	—	55	2,4	38	5,1
Sum						
0–110	135		254		186	

CV = Variationskoefficient, *coefficient of variation.*

hold samt forskellige usikkerheder vedrørende det tekniske udstyr og målingernes gennemførelse. Tabel 4 viser en stor forskel på markkapaciteten på de 3 lokaliteter.

Forskellene er i vid udstrækning bestemt af jordens tekstur, sammenlign tabel 1. Ved Jydevad er der en stærk aftagende markkapacitet med dybden, hvilket ikke er tilfældet på de øvrige lokaliteter.

I fig. 1–3 er vist udviklingen i vandbinding (tension) i juni i 1983. Denne periode havde ensartede, relativt tørre klimatiske forhold med en fordampning lidt over det normale.

Figurerne viser, at vandbindingen steg hurtigt i dybden 10–20 cm ved alle 3 lokaliteter.

Det fremgår dog tydeligt, at med stigende markkapacitet var der langsommere udtørring i de øverste lag i rækkefølgen Jydevad, Borris og Lund. Især ved Jydevad – og til dels ved Borris

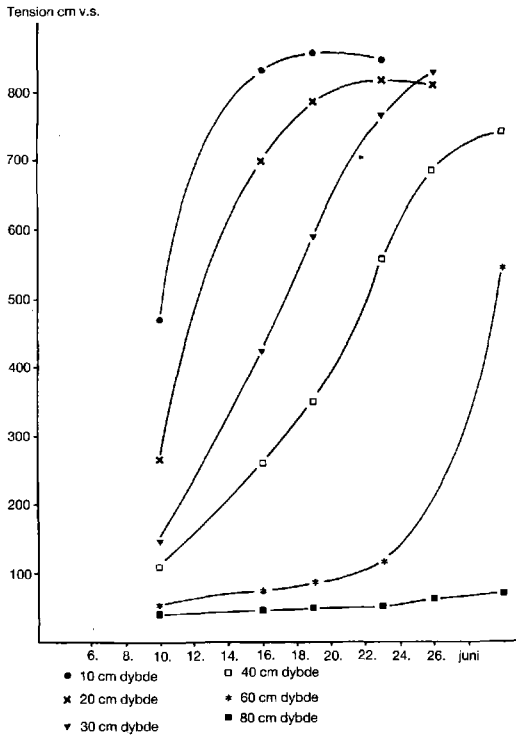


Fig. 1. Tension i cm vandsøjle i forskellige dybder, græs, Jyndevad, 8/6-28/6 1983.  
Tension in cm of water in the soil profile, grass, Jyndevad, 8-28 June 1983.

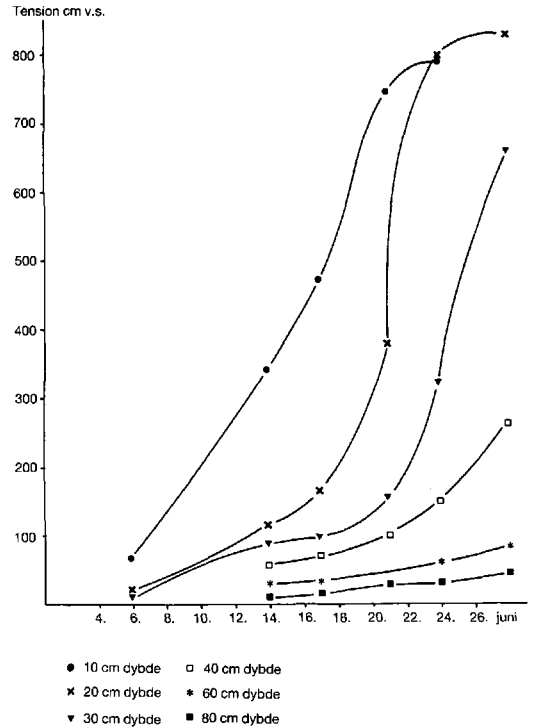


Fig. 2. Tension i cm vandsøjle i forskellige dybder, græs, Lund, 6/6-28/6 1983.  
Tension in cm of water in the soil profile, grass, Lund, 6-28 June 1983.

– var der en meget stor udtørring i de øverste lag, inden vandoptagelsen blev forskudt til større dybder. I fig. 1 ses, at ved 650 cm vandsøjle (cm v.s.) i 30 cm dybde den 18. juni var der kun 380 cm v.s. i 40 cm dybde og 80 cm v.s. i 60 cm dybde, hvor udtørringen først rigtigt begyndte omkring den 22. juni. Kurvernes afbøjning omkring 700 cm v.s. skyldes, at vandbindingen over dette punkt stiger stærkt. Endelig bliver tensiometrets funktion usikker omkring 800 cm v.s.

Kurverne viser, at der meget hurtigt opstår store potentialgradienter i rodzonen, da vandoptagelsen starter »fra oven«. Denne gradient opstår hurtigere ved lille markkapacitet. Ved Jyndevad er kurverne fra de øverste dybder konvekse, hvorimod de bliver mere konkave med stigende markkapacitet (Borris, Lund).

I de øvrige forsøgsperioder forløb udtørringen principielt som vist i fig. 1-3.

På den lette jord ved Jyndevad vil der oftest være vandingsbehov inden eller omkring 800 cm v.s. målt i 20 cm dybde. Ifølge fig. 1 vil der på dette tidspunkt ikke være optaget vand fra delprofilen 50-70 cm. Den 14. juni viser kurverne i fig. 4, at der er et summeret underskud på 35 mm vand i rodzonen, hvilket betyder, at der ofte vil være vandingsbehov i græs (6).

I fig. 5 er vist det akkumulerede vandforbrug i byg sammenlignet med den akkumulerede fordampning bestemt med fordampningsmåler. Det ses, at der er sammenfald mellem de 2 kurver indtil ca. 35 mm underskud, hvorefter den aktuelle fordampning bliver mindre end den potentielle på grund af vandmangel i jorden.

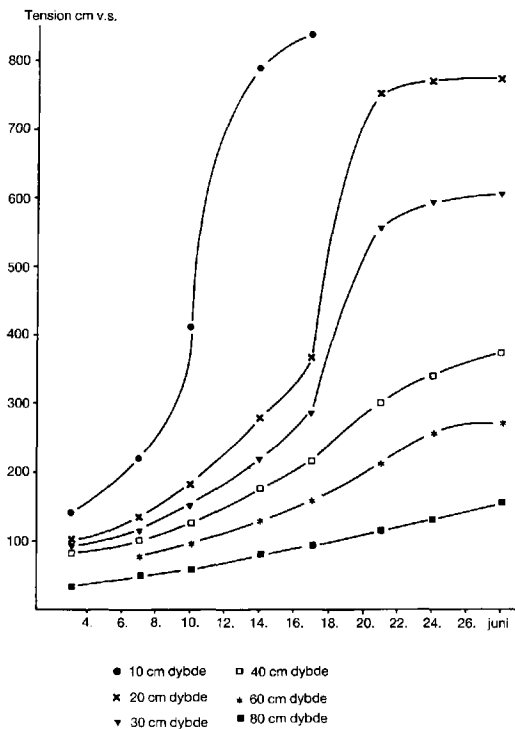


Fig. 3. Tension i cm vandsøjle i forskellige dybder, græs, Borris, 3/6–28/6 1983.  
Tension in cm of water in the soil profile, grass, Borris, 3–28 June 1983.

Det potentiale, som måles med tensiometre, benævnes trykpotentiale. Dette inkluderer ikke et eventuelt osmotisk potentiale, som der ikke altid kan ses bort fra.

Det hydrauliske potentiale ( $\psi_h$ ) er summen af gravitationspotentialet og trykpotentialet:

$$\psi_h = -\psi_p - z$$

$p$  er tension i cm vandsøjle og  $z$  dybden under jordoverfladen i cm. Jordvandets bevægelsesretning er fra højere mod lavere potentiale. I fig. 6 og 7 er vist eksempler på potentialændringen med dybden, den hydrauliske gradient  $\frac{d\psi}{dz}$ , ved Jyndevad og Borris. På steder hvor gradienten er nul vil der ikke være vandtransport, og der kan være

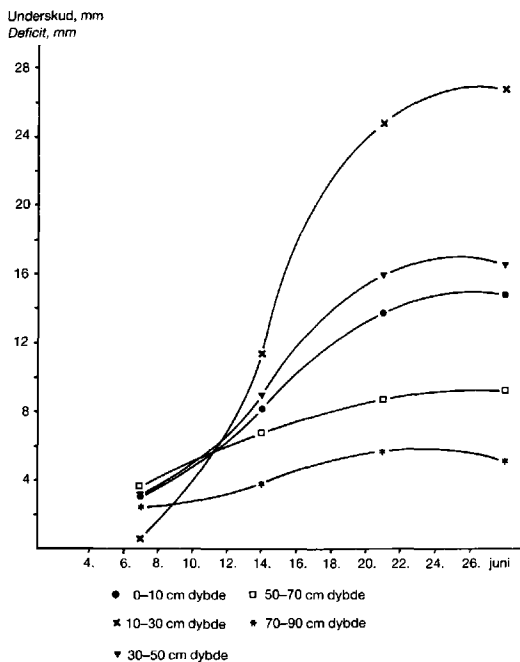


Fig. 4. Vandoptagelse fra forskellig dybde målt med neutronprobe, græs, Borris, 7/6–28/6 1983.  
Water uptake from different depths, measured by moisture probe, grass, Borris, 7–28 June 1983.

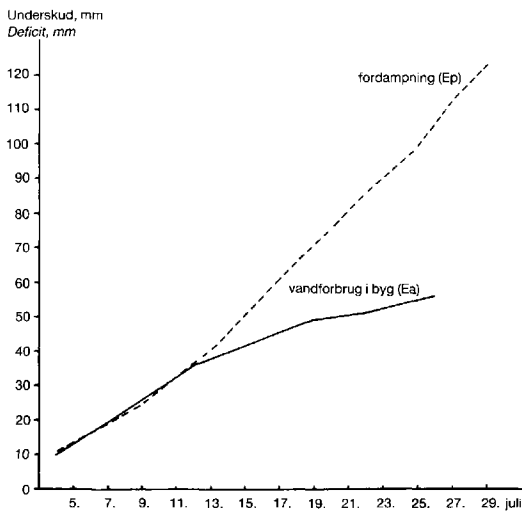


Fig. 5. Vandfordampning fra fordampningsmåler (Ep) og vandforbrug (Ea) ved Jyndevad, juli 1983.  
Potential evaporation (Ep) and evapotranspiration (Ea) at Jyndevad, July 1983.

tale om opadgående vandtransport over – og nedadgående vandtransport under dette punkt, eller plan (zero flux plan). I fig. 6 ses, at zero flux plan forskydes til større dybde med stigende udtørring. I den umættede zone under planternes rodzone og til den kapillære zone over grundvandspejlet vil potentialgradienten gå mod  $-1$ , hvilket også fremgår af fig. 6.

Vandoptagelsen fra forskellige delprofiler ses i tabel 5–7.

For hvert dybdeinterval, hvor vandindholdet

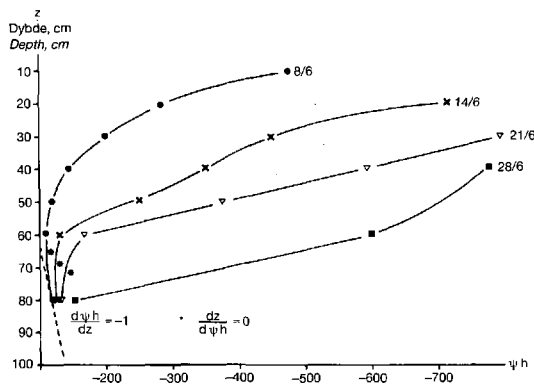


Fig. 6. Hydraulisk potentiel profil, græs, Jynde vad 1983.  
Hydraulic potential profile, grass, Jynde vad 1983.

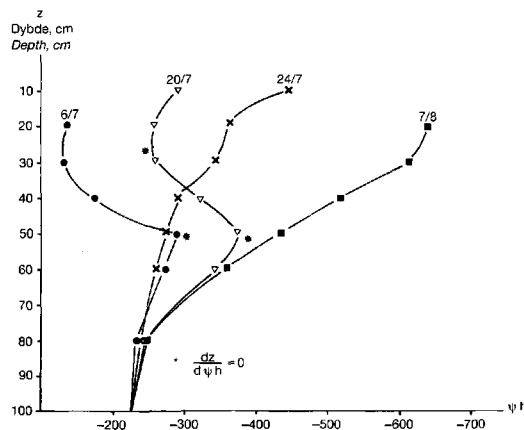


Fig. 7. Hydraulisk potentiel profil, byg, Borris 1984.  
Hydraulic potential profile, barley, Borris 1984.

bestemmes løbende, kan vandoptagelsen beregnes ud fra

$$w(z) = -d\Theta/dt - dv/dz$$

hvor  $w(z)$  er vandoptagelsen fra dybdeintervallet  $z$  ( $\text{cm}^3$  vand pr.  $\text{cm}^3$  jord),  $\Theta$  er vandindholdet ( $\text{cm}^3$  vand pr.  $\text{cm}^3$ ),  $t$  er tiden og  $v$  er den lodrette vandbevægelse (flux) (f.eks. i  $\text{cm}/\text{time}$ ).

Den totale vandoptagelse findes ved at integrere over det aktuelle interval. Flux kan kalkuleres efter Darcys' lov. I denne undersøgelse er planternes vandoptagelse kalkuleret efter det første led i ovenstående ligning, idet det er forudsat, at det sidste led har ringe betydning i hvert fald på grovsandet jord, jf. omtalen i forbindelse med fig. 6 og 7. Endvidere er det meget vanskeligt at kalkulere flux, idet den hydrauliske ledningsevne varierer ekstremt meget under markforhold.

Tabel 5 viser, at vandoptagelsen aftager signifikant med dybden på begge lokaliteter. Vandoptagelsen forskydes til større dybde med stigende udtørring, fra 2. til 4. periode. Tabellen viser endvidere, at vandoptagelsen i de større dybder og den totale vandoptagelse er større ved Borris end ved Jynde vad.

I tabel 6 ses, at den gennemsnitlige vandoptagelse var lidt større i græs end i byg, gennemsnit af Jynde vad og Borris. Endvidere viser tabel 6, at

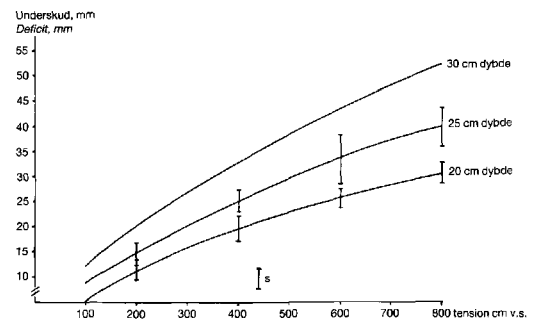


Fig. 8. Totalt underskud som funktion af tension målt i én dybde, græs, Jynde vad.

Deficit as a function of tension measured in a single depth, grass, Jynde vad.

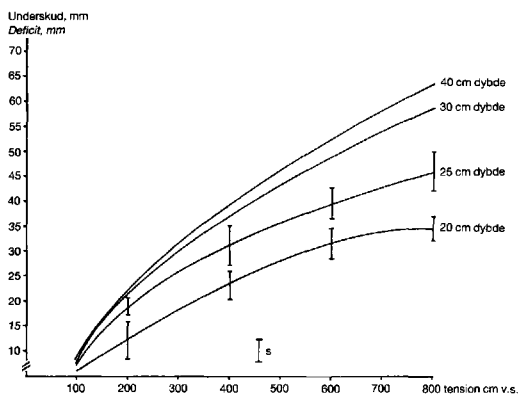


Fig. 9. Totalt underskud som funktion af tension i én dybde, byg, Jydevad.  
Deficit as a function of tension measured in a single depth, barley, at Jydevad.

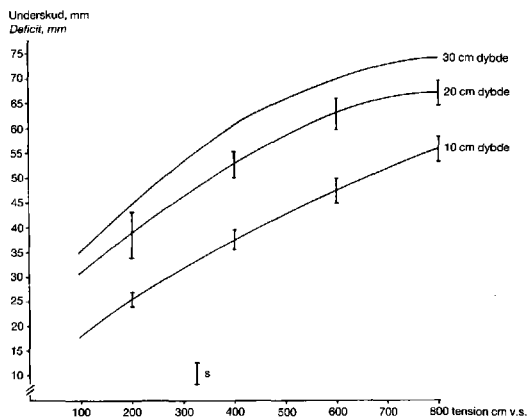


Fig. 10. Totalt underskud som funktion af tension målt i én dybde, græs, Lund.  
Deficit as a function of tension measured in a single depth, grass, Lund.

græs havde lidt mindre vandoptagelse fra de øverste dybder (ikke signifikant), hvorimod græs havde signifikant større vandoptagelse fra de 3 nederste delprofiler. Denne afgrødeforskel var ikke signifikant, hvis beregningerne kun blev foretaget på den ene lokalitet, tabel 7.

I fig. 8 og 9 er vist det totale underskud i profilen som funktion af vandbinding i græs og byg ved Jydevad. Figureerne viser, at den karakteristiske udtøringsprofil med stærkt aftagende vandoptagelse med dybden medfører, at en veldefineret måledybde er afgørende. Et underskud på 30 mm opnås f.eks. i græs ved en vandbinding på 760 cm v.s., når der måles i 20 cm dybde, hvorimod samme underskud bliver opnået ved 500 cm v.s., hvis der måles i 25 cm dybde. Statistiske analyser

af vandoptagelsen i dybden i henholdsvis juni og juli måned i alle 3 år viste, at der ikke kunne påvises signifikante forskelle mellem de 2 perioder.

### Diskussion

I de senere år har der været stigende interesse for at undersøge, om forskellige plantearter kan tænkes at have forskellig »tørkeresistens«, som eventuelt kan udnyttes i praksis. Under begrebet tørkeresistens kan der være tale om forskellige mekanismer og reaktioner. Andersen (1) omtaler, at der kan være tale om mekanismer, som kan inddeles i 3 kategorier: 1. Flugt fra tørke (drought escape), 2. Undgåelse af tørke (drought avoidance) og 3. Tørke tolerance (drought tolerance). Eksempler kan være tidlig modning, stor rodtybde

Tabel 5. Vandoptagelse fra forskellige delprofiler efter 2. og 4. periode, gns. af år og afgrøder, mm.  
Water uptake from different depths after 2nd and 4th period, mm.

	Jydevad				Borris			
	2.	%	4.	%	2.	%	4.	%
0-10 cm	11,5	32	14,1	27	10,7	22	13,4	20
10-30 »	13,4	37	20,2	39	18,5	37	24,8	37
30-50 »	6,0	17	9,3	19	12,1	24	16,6	24
50-70 »	3,6	10	5,3	10	6,0	12	9,2	14
70-90 »	1,5	4	2,6	5	2,5	5	3,5	5
Sum	36,0		51,5		49,8		67,5	
LSD	1,6		1,9		1,8		1,8	

**Tabel 6.** Vandoptagelse fra delprofiler, 4 perioder, gns. af Jyndeved og Borris, 1983–85.

*Water uptake from different depths, 4 periods, average of Jyndeved and Borris, 1983–85.*

Dybde Depth cm	Byg Barley		Græs Grass		LSD
	mm	%	mm	%	
0–10	12,1	26	10,7	23	1,1
10–30	17,7	39	15,9	34	n.s.
30–50	9,4	20	11,0	24	1,4
50–70	4,9	11	6,2	13	1,0
70–90	1,6	4	2,7	6	0,6
Sum	45,7		46,5		

**Tabel 7.** Vandoptagelse fra forskellige delprofiler, 4 perioder, Jyndeved 1983–85.

*Water uptake from different depths, 4 periods, Jyndeved 1983–85.*

Dybde Depth cm	Byg Barley		Græs Grass		Kartofler Potatoes		LSD
	mm	%	mm	%	mm	%	
0–10	13,4	32	10,3	29	12,2	29	1,5
10–30	15,0	35	13,0	36	17,4	41	2,8
30–50	7,9	19	6,5	18	6,4	16	n.s.
50–70	4,2	10	4,6	13	3,8	9	n.s.
70–90	1,8	4	1,5	4	2,2	5	n.s.
Sum	42,3		35,9		42,0		

og tykt vokslag på bladene, samt osmotisk regulering.

I nærværende undersøgelse blev der kun fundet mindre forskelle mellem planternes evne til at optage vand fra forskellige dybder. Det blev dog påvist, at græs kan have større vandoptagelse fra større dybder end vårbyg. Der findes dog en del undersøgelser, hvor der er påvist relativt store forskelle. *Tan og Fulton* (11) påviste således, at majs kan have op til dobbelt så stor rodlængde som tomater, men det blev samtidigt vist, at tomaters rødder har betydelig større evne til at optage vand. Det blev konkluderet, at dette ikke kunne skyldes forskelle i rodtæthed, men måtte være forårsaget af en større absorptionskapacitet af tomatrødder. *Jakhro* (4) undersøgte roddybden af en række planter og sammenlignede forskellige *Brassica* typer, jordnødder, kartofler, majs. *B. oleracea* havde den mindste roddybde

(ca. 55 cm). I majs og kartofler blev der fundet den største roddybde på ca. 1 m. Som i nærværende undersøgelse fandt forfatterne den største vandoptagelse fra den øverste del af rodzonen (0–20 cm), og med stærk aftagende vandoptagelse med stigende dybde.

*Wright og Smith* (14) undersøgte forskellige genotyper af durra, og fandt forskelle i typernes udbytte under tørre forhold. Disse forskelle viste sig at være forbundet med forskellig evne til at ekstrahere vand fra større dybde.

*Taylor* (13) undersøgte forskellige typer af soyabønne, og fandt betydelige forskelle i roddybde og konkluderede, at det ikke vil være vanskeligt at frembringe sorter med op til 30 cm større roddybde end det normale.

*Sharma og Chaudhary* (10) fandt større rodvægt, rodtæthed og rodlængde af hvede under vandede forhold end under uvandede forhold. Roddybden blev øget ved dyb placering af kunstgødning (N). Disse forskelle blev øget i de senere stadier af vækstperioden.

*Tkac* (12) fandt ligeledes, at vandede sukkerroer optog vand fra større dybder end uvandede roer.

Flere undersøgelser refererer til kemiske årsager, som kan begrænse rodudviklingen. *Bouton et al.* (2) viste således, at lucerne gav et betydeligt merudbytte, hvor der var tilført calcium til undergrunden. pH i undergrunden var 4,2 og i de øverste 20 cm var pH 6,6.

Klimatiske og kulturtekniske faktorer kan også påvirke rodudviklingen. *Taylor* (13) fandt, at der er mulighed for, gennem kulturtekniske foranstaltninger, at hæve jordtemperaturen med op til 2°C, hvilket i nogle tilfælde kan have en betydelig positiv indflydelse på rodudviklingen.

*Ehlers et al.* (3) fandt, at jordbehandlingen kunne påvirke vandoptagelsen fra forskellige dybder. En pløjesål under 20 cm dybde medførte en relativ stor vandoptagelse fra 10–20 cm profilen, tilsyneladende på grund af begrænset rodudvikling i dybden. I ubehandlet jord var den relative vandoptagelse større i dybden. Hvis der findes en pløjesål, er vandoptagelsen fra denne ringe.



Jordbehandlingen havde derimod en positiv indflydelse på tidlig skududvikling, men i juni accelererede skudvæksten på ubehandlet jord, hvilket var fulgt af en relativ større rodudvikling i ubehandlet jord.

Der findes således en række forskningsresultater, som viser, at rodudvikling, og dermed vandoptagelsen, i forskellige delprofiler kan påvirkes af flere kemiske og fysiske faktorer. Endvidere viser mange arbejder relativt store forskelle i arters og sorters roddybde og evne til vandoptagelse fra større dybder. Når denne undersøgelse ikke har vist større forskelle i evnen til vandoptagelse fra dybden, kan det naturligvis skyldes, at der ikke er forskelle på de undersøgte arter.

På den grovsandede jord ved Jydeved vil de fleste arter imidlertid have meget vanskeligt ved at opnå dyb rodudvikling på grund af fysiske forhold (1).

De fleste udenlandske undersøgelser er gennemført på jordtyper med et betydeligt større indhold af mindre partikler end tilfældet er for nærværende undersøgelse. Større andel af mindre partikler og organisk stof medfører mulighed for dybere rodudvikling (1).

### Konklusion

I alle 3 jordtyper blev der fundet en relativ stor vandoptagelse fra de øverste jordlag, før der forekom vandoptagelse fra dybere lag. Der kunne derfor forekomme en stor potentialgradient i de øverste jordlag. Denne gradient opstod hurtigst i jord med lille vandkapacitet.

Græs optog lidt mere vand fra de dybere jordlag end byg og kartofler, hvilket medførte at udtørring af de øverste jordlag foregik hurtigere i byg end i græs. På grovsandet jord vil der ikke være optaget vand af betydning fra delprofilen i 50–70 cm dybde, før der er vandingsbehov.

Resultaterne er anvendt til at udvikle modeller for sammenhæng mellem totalt underskud og vandbinding i forskellige delprofiler.

I praksis kan tensiometre anvendes til styring af vanding ved måling i én dybde, som bør vælges i området 20–25 cm dybde, afhængig af det ønskede udtørringsniveau før vanding. Ønskes

f.eks. et underskud på 30–35 mm på grovsandet jord før vanding, bør måledybden være 25 cm.

### Litteratur

1. *Andersen, M. N.* 1985. Planternes tørkeresistens, rodudvikling og vandforråd på sandjord. Tidsskr. Planteavl 89, 155. Beretning nr. S 1775, 95 pp.
2. *Bouton, J. H., Hammel, J. F. & Sumner, M. E.* 1982. Alfalfa in highly weathered, acid soils IV. Root growth into acid subsoil of plants selected for acid tolerance. Plant and Soil 65, 187–192.
3. *Ehlers, W., Khosla, B. K., Köpke, U., Stülpnagel, R., Böhm, W. & Baeumer, K.* 1980. Tillage effects on root development, water uptake and growth of oats. Soil & Tillage Res. 19–34.
4. *Jakhro, A. A.* 1984. Relationship between soil moisture, root depth and moisture extraction patterns of some crops. Planta 60, 243–249.
5. *Jørgensen, V.* 1982. Vand under kontrol. Grønne Fag nr. 4, 14–15.
6. *Jørgensen, V.* 1984. Virkning af udtørringsgraden på udbytte og kemisk sammensætning af alm. rajgræs. Tidsskr. Planteavl 88, 365–377.
7. *Jørgensen, V.* 1985. Styring af vanding i landbrugsafgrøder. Landmandsalmanakken 90–108.
8. *Landbrugsministeriet* 1978. Vanding i jordbruget. Betænkning nr. 841, 159 pp.
9. *Landsforsøgene* 1984. Tabelbilag til Landsforsøgene, s. 80.
10. *Sharma, B. R. & Chaudhary, T. N.* 1983. Wheat root growth, grain yield and water uptake as influenced by soil water regime and depth of nitrogen placement in a loamy sandy soil. Agric. Wat. Management 6, 365–373.
11. *Tan, C. S. & Fulton, J. M.* 1985. Water uptake and root distribution by corn and tomato at different depths. Hort. Sci. 20, 686–688.
12. *Tkac, J.* 1978. Water management with different depths of wetting of the soil profile. Abs. Soils & Fertilizers. Melioraceae 14, 1–10.
13. *Taylor, H. M.* 1983. A program to increase plant available water through root modifications. Soil & Fertilizers. Root ecology and its practical application, 463–472.
14. *Wright, G. C. & Smith, R. C. G.* 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaption to drought stress. II. Root water uptake and water use. Aust. J. Agr. Res. 34, 627–636.
15. *Ølgård, P. L.* 1965. On the theory of the neutronic method for measuring the water content in soil. Risø Report 98, 44 pp.

Manuskript modtaget den 30. maj 1986.