

Vandbalance, meteorologiske og jordbundsphysiske målinger i frugtplantage ved forskellige kulturmetoder

Af POUL RASMUSSEN

INDHOLDSFORTEGNELSE		Side
I	Indledning	50
	1. Træerne	52
	2. Jordbund	53
	3. Vejrforhold	53
	4. Forsøgsplan og apparatur	54
II	Fordampning bestemt ved meteorologiske målinger	60
	5. Litteratur	60
	6. Målinger	61
	7. Diskussion	70
III	Måling af jordfugtighed ved forskellige kulturmetoder	72
	8. Litteratur	72
	9. Jordprøver til vandbestemmelse	76
	10. Målinger med tensiometre	77
	11. Målinger med gipsblokke	80
	12. Diskussion	83
IV	Temperatur i og over jorden ved forskellige kulturmetoder	86
	13. Litteratur	86
	14. Temperatur over jorden	87
	15. Temperatur i jorden	94
	16. Diskussion	95
V	Sammendrag	97
VI	Summary	99
VII	Litteraturfortegnelse	101

Som assistent ved statens forsøgsstation, Blangstedgaard, Odense, modtog jeg i 1953 fra Teknisk-Videnskabelig Forskningsråd et stipendium til et års studier ved Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Hydrotekniske Laboratorium.

Studieplanen omfattede arbejde såvel i marken som på laboratoriet. Undersøgelserne i marken er udført i igangværende forsøg ved Blangstedgaard.

Sommeren 1953 omfattede undersøgelserne en række målinger af jordfugtighed og meteorologiske faktorer i og over jorden i frugtplantage ved forskellige kulturmetoder.

Målingerne fortsattes 1954 i knap så stort et omfang og blev udført af assistent MARTIN PEDERSEN, Blangstedgaard.

Apparaturet er stillet til rådighed af Hydroteknisk Laboratorium og Blangstedgaard.

I. Indledning

Formålet har været at undersøge, hvilken indflydelse kulturmetoderne, renkultur, halmdækning og græs har på fugtighed og temperatur. Målingerne blev foretaget i området fra 2 m over til 1,5 m under jordoverfladen. Undersøgelsen omfattede ikke frugtudbytte og træernes vækst, dertil var parcellerne for små og træantallet for lille.

På Blangstedgaard blev der i 1930—43 (GRUNNET og DULUM, 1950) og ved Alnarp, Sverige, 1938—48, (ØSTLIND, 1949) udført forsøg med forskellige kulturmetoder under frugttræer. Begge steder har græskultur været årsag til lavere frugtudbytte og ringere trævækst i forhold til halmkultur, renkultur og eenårig dækkultur, og i begge beretninger peges på, at det dårligere resultat bl. a. skyldes, at græsset udtørre jorden mere end de andre kulturmetoder. Eenårig dækkultur har givet det bedste resultat på begge stationer. Den er sået omkring midsommer.

Engelske forsøg ved East Malling med eenårige dækkulturer (ROGERS and RAPTOPOULOS, 1946) og permanent græs (ROGERS m. fl. 1949) viser, at frugtudbyttet meget vel kan holdes på samme niveau som for renholdt jord. For eenårig dækkultur efter engelsk mønster gælder dog, at den sås, udvikles og nedpløjes i et tidsrum, hvor der er rigelig nedbør. En ikke for kraftig græsblanding, der får et stort kvælstoffilskud, og som holdes kortklippet sommeren igennem, har ikke svækket træerne eller nedsat udbyttet i forhold til renkultur.

Ved hyppig afhugning af græsset går dets rødder ikke så dybt, og vandforbruget begrænses, idet græsset ikke tager vand fra dybere jordlag. Antal afhugninger vil afhænge af jord og

klima, træernes tilstand og græsarterne. GREENHAM (1953) angiver, at 10—15 slæt skulle være nok til at undgå for stor konkurrence mellem græs og træer under gode fugtighedsforhold.

Undersøgelser uden for frugtplantage ved Blangstedgaard (ASYLING and KRISTENSEN, 1953) antyder et lidt større vandforbrug ved få slæt end ved mange slæt.

De føromtaltte forsøg med græs under frugttræer er udført under vidt forskellige klima- og jordbundsforhold, og det er vel noget af årsagen til græssets ulige egnethed. Sammenlignes f. eks. nedbøren for de pågældende forsøgsstationer og græssets egnethed (RASMUSSEN, 1953), ses en klar linie. På East Malling, hvor nedbøren er størst, er græs en velegnet kulturmetode, medens Alnarp med 100 mm mindre nedbør pr. år har dårligere resultater med græs. Blangstedgaard ligger midt imellem med nedbør, og græskultur lykkes da også bedre der end ved Alnarp.

Permanent halmdækning reducerer fordampningen, og jorden er mere våd end ved renkultur, navnlig i de øverste jordlag. Samtidig udjævnes temperaturen, så den bliver lidt lavere om sommeren og lidt højere om vinteren i forhold til renkultur (SHAW and SOUTHWICK, 1936).

GREENHAM (1953) beretter fra East Malling om frostskaade på solbær i blomstringstiden, når jorden dækkes med halm, men ingen skade, hvor jorden er renholdt.

En svensk undersøgelse (JOHANSSON, 1941) viser, at træer, der gror i renholdt jord, er mere følsomme overfor frost, end når de gror i græs eller eenårig dækkultur. Dækafrødens virkning er formentlig, at jorden udtørres, så trævæksten standses, og skudmodningen afsluttes, inden frosten indtræder.

OSKAMP (1918) omtaler forsøg i U. S. A. med unge æbletræer med halmdækning, renkultur med vinterafgrøde og græs, slået 1—3 gange om året. Trævæksten var kraftigere i halm og renkultur end i græs, men i græsset modnedes årsskuddene tidligere. Medens der i en tidlig streng vinter var betydelig skade på træer i halm og renkultur, var der meget mindre skade, hvor der var græs.

Tidligere forsøg har således vist forskel i såvel vandindhold som temperatur under forskellige kulturmetoder. Her i landet

er der kun få forsøg med kulturmetoder, og metodernes indflydelse på fugtigheds- og temperaturforholdene i jorden er ikke tidligere blevet belyst.

1. *Træerne.* Målingerne er udført i en forsøgsafdeling med Cox's Orange-træer på M IV, plantet 1949. I foråret 1952 blev en del af arealet tilsået med græs, og i marts 1953 blev jorden i en række parceller dækket med 10—15 cm våd sammentrædt halm. Træerne var april 1953 ca. 185 cm høje og 140 cm brede, og nogle få rodmålinger foretaget oktober 1953 viste, at hovedparten af rodmassen fandtes i 10—50 cm dybde. Enkelte steder var der rødder at finde i 60—80 cm dybde. Disse målinger blev foretaget i forbindelse med opgravning af nogle gipsblokke og dækkede kun en meget lille del af rodcirklen omkring træerne.

Ved en mindre rodundersøgelse af ældre træer på Blangstedgaard er der fundet rødder i indtil 110—120 cm dybde, men hovedrodmassen har næsten altid været at finde i muldlaget i 10—50 cm dybde. Dybere nede træffes kun enkelte, ofte relativt svære rødder. Rodudstrækningen har været $1\frac{1}{2}$ —2 gange så stor som kronens.

Mere omfattende og detaljerede rodundersøgelser er udført ved East Malling. Rogers (1953) fastslår, at rodintensiteten er størst, hvor vækstbetingelserne er gode. De vigtigste faktorer for rodvirksomhed er jordens tekstur, næringsstofindhold, vandindhold, temperatur og luftskifte. Hvor forholdene er gode, kan frugttræerødder findes i indtil 3 m dybde, forudsat undergrunden er gennemtrængelig og ikke vandlidende. Jo dybere rodvirksomhed, desto større reserver af vand og næring.

Iagttagelser af træerødder under forskellige kulturmetoder viser, at de under varigt græs trænger dybest ned. Under halm er rødderne mere overfladiske, idet de ikke som i renkultur beskadiges ved jordbehandling (GREENHAM, 1953).

Rodudstrækningen er i lerjord ca. $1\frac{1}{2}$ gang større end kronen, medens den i sandjord kan blive tre gange så stor (ROGERS, 1953).

2. *Jordbund.* Jorden på Blangstedgaard må betegnes som en ret svær lermuld. Muldlaget er 40—50 cm dybt, derunder er en noget uensartet undergrund af gult ler med kalkpartikler og nogle steder gruslag af varierende tykkelse og udstrækning. I

overgangen mellem muldrag og undergrund findes en del sten, men såvel overjord som undergrund er ret stenrig.

En kemisk analyse af jorden i de pågældende parceller viste oktober 1953 reaktionstal (Rt) på lidt under 7 og kaliumtal (T_K) fra 3,6—7,9 i 25 cm dybde.

Jordens naturlige vandkapacitet er 16—19 vægtprocent, og dens tilgængelige vandindhold er 9—11 pct. Fra 0—100 cm dybde er der ca. 160 mm tilgængeligt vand.

Først i april 1953 var grundvandstanden i ca. 110 cm dybde. Den varierede i sommerens løb mellem 110 og 130 cm dybde og var højest kort tid efter stærk nedbør.

Læforholdene omkring forsøget var gode. Mod nordvest var der i ca. 40 m afstand en 2 m høj tjørnehæk, 40 m mod sydøst et 8—10 m højt læhegn, overvejende seljerøn, og mod sydvest en samling store træer på 15—20 m højde.

3. *Vejrforhold.* Vejrforholdene i 1953 og 1954 er karakteriseret i tabel 1, hvor nedbør og middeltemperatur for Blangstedgaard og antal soltimer fra Aarslev er anført for månederne april-oktober. Den meteorologiske station på Blangstedgaard er beliggende ca. 400 m fra forsøget, medens Aarslev ligger 8 km i luftlinie syd for Blangstedgaard.

Tabel 1. Oversigt over vejrforholdene
The weather conditions

Måned Month	Nedbør mm Precipitation			Middeltemperatur °C Temperature			Soltimer Hours of sunshine		
	1953	1954	normal	1953	1954	normal	1953	1954	normal
April.....	39	26	40	7.7	5.5	6.0	198	208	171
Maj.....	42	6	40	12.4	12.9	11.0	219	284	263
Juni.....	71	72	49	16.7	15.1	14.2	223	204	267
Juli.....	96	78	61	16.8	14.8	16.3	240	159	251
August.....	94	88	71	15.9	14.7	15.7	218	122	227
September....	73	96	56	12.9	12.6	12.6	170	159	164
Oktober.....	44	96	60	10.9	9.7	8.4	66	77	104
Gensn.....	66	66	54	13.3	12.1	12.0	191	173	207

Nedbør og temperatur ved Blangstedgaard (normal 1907—1945). Soltimer ved Aarslev (normal 1917—1945).

Precipitation and temperature at Blangstedgaard (normal 1907—1945). Hours of sunshine at Aarslev (normal 1917—1945).

I 1953 var der normal nedbør i forårs månederne april-maj, medens nedbøren i juni-september lå ca. 100 mm over normal. Oktober var ret tør. April og navnlig maj 1954 var meget tørre, og i juni-oktober samme år faldt der 17—40 mm mere pr. måned, ialt 133 mm mere end normalt.

Temperaturen var i 1953 i april-juni og i oktober lidt højere end normalt. Juli-september havde stort set normal temperatur. I 1954 var middeltemperaturen i månederne maj, juni og oktober lidt højere end normalt, medens juli og august var 1—2°C koldere. September havde normaltemperatur.

Antallet af soltimer var i 1953 lidt lavere end normalt for maj-juni, og navnlig oktober havde relativt få soltimer. De øvrige måneder havde nær det normale antal timer med solskin. Der var i 1954 flere soltimer i april-maj, men betydelig færre i juni-august, end det normale antal. Efterårsmånederne havde relativt flere soltimer end sommermånederne, uden dog at nå normal-antallet.

4. Forsøgsplan og apparatur.

Planen for jordbehandlingen var følgende:

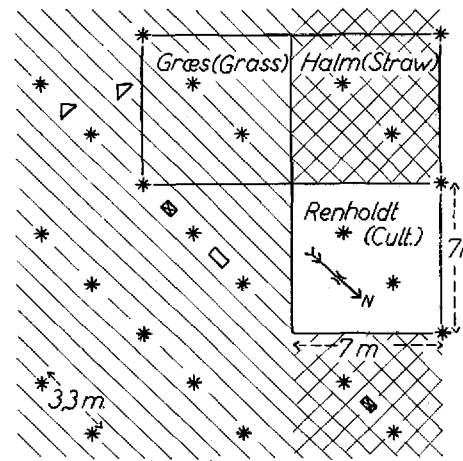
1. Renkultur. Jorden holdtes ren og løs i overfladen hele perioden. Behandlingen blev udført med håndkraft og var ikke dybere end 2—3 cm.

2. Halmkultur. 10—15 cm sammentrædt halm blev lagt på den 23. marts 1953, og i foråret 1954 blev det suppleret op til samme tykkelse. Der blev anvendt våd havre- og hvedehalm. Ukrudtet blev fjernet.

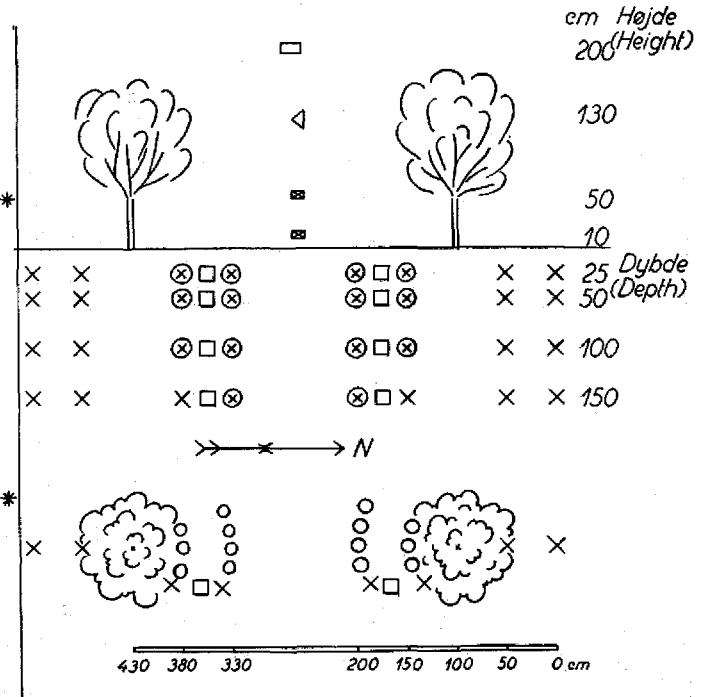
3. Græskultur. Græsset blev udlagt i juni 1952 med 8 kg engsvingel (*Festuca pratensis*), 6 kg engrapgræs (*Poa pratensis*), 6 kg stivbladet svingel (*Festuca duriuscula*) og 6 kg rød svingel (*Festuca rubra*) pr. ha. Græsset er holdt kortklippet både 1952, 1953 og 1954. I 1953 med 13 afhugninger i tiden fra 13. april til 22. august, midt på sommeren med ca. 10 dages mellemrum. I sommeren 1954 blev græsset slået 10 gange i tiden 10. april—7. september.

Gipsblokke (modstandsblokke). Består af 2 elektroder indstøbt i fikseret afstand i gips. Den elektriske modstand — Ohm — mellem elektroderne afhænger af vandindholdet i blokken, som varierer

Figur 1. Forsøgets og apparatrets placering.
Arrangement of plots and apparatus.



- * Træ (Tree)
- X Gipsblok (Gypsum block)
- Tensiometer
- Thermistor
- ▣ Termohygrograf
- ⊠ Minimumstermometer
- ◁ Anemometer



med vandindholdet i jorden. Modstanden måles på en Wheatstones bro med vekselstrøm. Gipsblokkene er velegnede til fugtighedsmålinger i ikke for våd jord. Modstanden i gipsblokkene er påvirket af temperatur, og der skal ved nøjagtige målinger korrigeres til konstant temperatur (KRISTENSEN, 1954).

De her anvendte gipsblokke er Bouyoucos's plaster of paris blocks og er fremstillet af Wood and Metal Products Comp., Mich., U.S.A. Blokkenes måleområde ligger fra 500—600 Ohm ved naturlig vandkapacitet til ca. 100.000 Ohm ved visnegrænsen (BOUYOUCOS and MICK, 1947). Inden nedgravningen er modstanden i de vandfyldte gipsblokke, hvorfra luften er evakueret, målt til 500—600 Ohm.

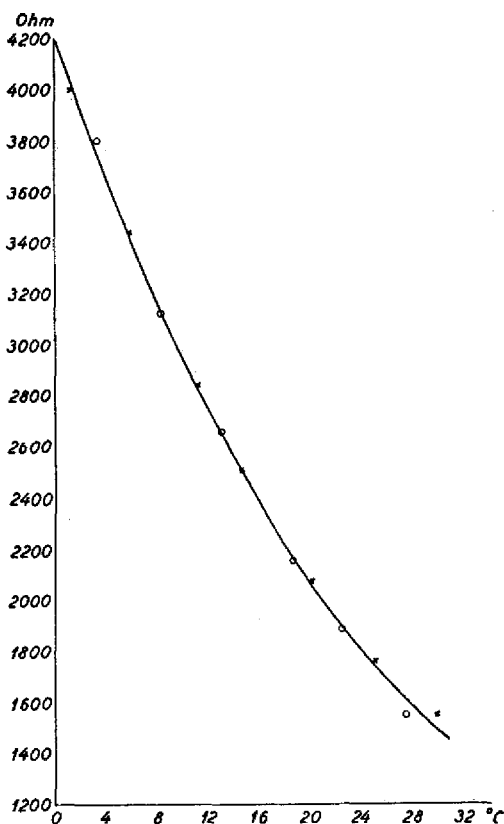
Tensiometre. Tensiometre med kviksølvmanometer til måling af den relative fugtighed i jorden er beskrevet af RICHARDS (1942). De består af en vandfyldt, porøs, konisk lercelle, der er i intim kontakt med jorden i den dybde, hvor målingerne foretages. Gennem vandfyldte metal- og glasrør er lercellen i forbindelse med kviksølv i en porcelænsdigel, der er anbragt på tensiometerets overjordiske del. Ved udtørring af jorden trækkes vand ud af lercellen, hvilket forårsager et undertryk i det lukkede system. Kviksølv søjlens højde, der aflæses på en skala, viser, hvor stort dette undertryk er.

Undertrykket (tension) angives i cm vandsøjle, og er et udtryk for vandets tilgængelighed for planterne i den jord, der omgiver lercellen. Tensiometret kan måle indtil 800 cm vandsøjle. Omkring 100 cm vandsøjle svarer til jordens naturlige vandkapacitet, og 800 cm svarer til, at ca. halvdelen af den mængde vand, der maksimalt er tilgængelig for planterne, er udnyttet.

Den type tensiometre, der er anvendt, er nærmere beskrevet af ASLYNG and KRISTENSEN, 1953. Før nedsætningen i jorden er skalaen indstillet, så kviksølv søjlen viser nul, når halvdelen af lercellen er neddyppet i vand. Jordhullet for lercellen er formet med en metalklods af samme dimension som cellen, så jorden kommer i kontakt med hele cellens overflade. Da stigende lufttemperatur giver stigende tension, er tensiometrene aflæst om morgenen, inden lufttemperaturen er steget væsentligt.

Thermistorer (modstandstermometre). Thermistorer fås i mange forskellige typer; den her anvendte er Stantel Thermistor, type F 2311/300, 2000 Ohm. Den er fremstillet af Standard Telephones and Cables Lim., England. Thermistoren består af et par meget tynde platintråde i et lille lufttomt glasrør. Trådene er samlet i en lille kugle i glassets ene ende, hvor samlingen omgives af metaloxyd, hvis elektriske modstand varierer meget med temperaturen. Til platintrådenes anden ende loddes en ledning af ønsket længde.

Modstanden kan måles med en almindelig Wheatstones bro ved at sende en svag elektrisk strøm igennem thermistoren. Ved faldende temperatur aftager modstanden.



Figur 2. Kalibreringskurve for en thermistor.
Calibrationcurve for a thermistor.

Fra fabriken angives modstanden ved 20°C at være 2000 Ohm \pm 20 pct. Det er derfor nødvendigt at kalibrere hver enkelt thermistor, så sammenhængen mellem modstand og temperatur kendes. Ved omhyggelig kalibrering er målenøjagtigheden 0,1°C.

Thermistorerne er før brugen indstøbt i parafin i et ca. 15 cm langt pertinaxrør. Det nedsætter følsomheden noget, men til målinger i jord har det ingen betydning, og det beskytter thermistoren. For hver af thermistorerne er tegnet en kalibreringskurve for området 1—30°C med ca. 2,5° interval.

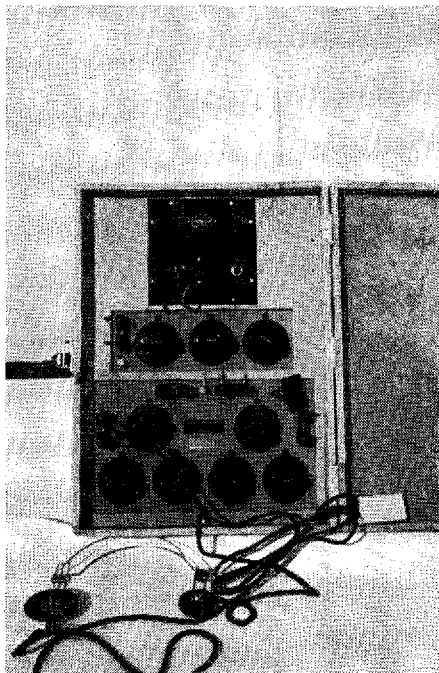
Thermistorer er anvendelige til temperaturmålinger i f. eks. jord, ensilage, roekuler og andre opbevaringssteder. Temperaturen kan måles over betydelige afstande. Der er ingen tilledning af varme gennem jernrør el. lign.

Wheatstones Bro. Fig. 3 viser den Wheatstones bro, der er benyttet til måling af modstanden i gipsblokke og thermistorer. Målebroyen, type W B 1, er sammenbygget med en vekselstrøms-generator og en kondensator. På grund af polarisation kan modstanden i gipsblokkene kun måles med vekselstrøm. Indstillingen sker over en telefon. Apparaturet er leveret af »Danbridge«, København.

Til måling af modstand i thermistorer kan bruges en ret enkel bro med jævnstrøm og galvanometer. Målingen skal ske hurtigt, ellers ændres temperaturen, idet strømmen vil opvarme føleren.

Termohygrografer. Selvregistrerende instrumenter med ugeomløb til målinger af temperatur og relativ luftfugtighed. Temperaturen registreres med kviksølvtermometer og fugtigheden med hår. Før brugen må instrumenterne kalibreres, og under brugen må de kontrolleres ofte. RASMUSSEN og JONASSEN (1955) har sammenlignet hårhygrometer med Asmann-psykrometer og finder, at hårhygrometret viser 10—15 pct. højere relativ luftfugtighed end psykrometret. Herfra er dog undtaget visningen i dampmættet luft, hvor hygrometrets værdi er for lav.

For at undgå direkte solvarme, var instrumenterne anbragt i hvidkalkede kasser; gennem huller i kassen havde luften fri adgang til instrumenterne.



Figur 3. Wheatstones bro, i låget ses en gipsblok.
Wheatstone's bridge and a gypsum block.

Minimumstermometre. De benyttede minimumstermometre er af samme type, som normalt anvendes ved meteorologiske observationer. De er inddelt i $0,5^{\circ}\text{C}$ og har måleområde fra $\div 30^{\circ}$ til 60°C . De blev anbragt på træplader, 3 gange så brede som termometrene og placeret i retning nord-syd med termometret mod vest, så den direkte stråling fra solen ikke har nået dem før op på dagen. Termometret har ellers ikke været afskærmet.

Anemometre. Til måling af vindstyrke er anvendt 2 skålkorsanemometre. De har 4 skåle, der af vinden drejes horisontalt og trækker et tælleværk. Instrumenterne må i forvejen kalibreres, så sammenhængen mellem antal omdrejninger og vindhastighed kendes.

Anemometrene har en vis træghed og reagerer slet ikke eller kun svagt for ringe vindstyrke.



Foto 4. I forgrunden tensiometre i halmparcellen, i baggrunden kasserne med termohygrografer.
In the front tensiometers in the plot covered with straw, behind boxes with thermohygrographs.

II. Fordampningen bestemt ved meteorologiske målinger

Fordampningen fra planterne er stort set en fysisk proces, der er bestemt af en række klimatiske faktorer, som med forskellig vægt påvirker den. Den er dog begrænset af den vandmængde, jorden kan stille til rådighed for planterne. Først og fremmest kræves energi til fordampning, dernæst fjernelse af vanddampe, idet fordampningen er afhængig af, hvor vandmættet luften er omkring planterne.

5. *Litteratur.* Sammenhængen mellem fordampning og klimatiske faktorer er bl. a. undersøgt af PENMAN (1948) og THORNTHWAITTE and MATHER (1951). Penmans undersøgelser er baseret på fordampning fra fri vandoverflade, medens Thornthwaite and Mather har arbejdet med fordampning fra særlige lysimetre. Ved disse undersøgelser arbejder forskerne hen imod at kunne oplyse praksis om fordampningens størrelse på en given lokalitet, så et eventuelt deficit kan dækkes ved vanding.

De lysimetre, Thornthwaite and Mather har anvendt, er 4 m² i areal og 0,5 m dybe. Grundvandstanden holdes automatisk i konstant dybde, og overskud ved nedbør afdrænes.

Nedbør + vanding ÷ afløb giver fordampningen. Lysimetrene og arealet udenom er tilsået med samme afgrøde, og udenom er der også sørget for optimal vandforsyning. Derved måles afgrødens maksimale vandforbrug, bestemt af de herskende naturlige klimaforhold. Forbruget betegnes som den potentielle fordampning.

Thornthwaite and Mather finder, at fordampningen afhænger af vejrforholdene, mængden af tilgængeligt vand, plantedækket og jordbehandlingen. De to førstnævnte faktorer er de vigtigste, de to sidste af underordnet betydning.

Også PENMAN (1948) har i sine grundlæggende undersøgelser anvendt lysimetre, hvor han har sammenlignet fordampningen fra fri vandoverflade med fordampningen fra bevokset og bar jord. Han finder, at fordampningen fra bar jord, der stadig holdes våd, er 90 pct. af fordampningen fra fri vandoverflade. Fra græs-dækket jord er den 75 pct. for hele året og om sommeren 80 pct.

PENMAN (1953) skriver, at transpirationen er domineret af vejrforholdene, og at planterne selv spiller en underordnet rolle. Derfor skulle det være muligt at beregne en afgrødes normale fordampning, når vejrforholdene måles, og fordampningen beregnes i forhold til fordampningen fra fri vandoverflade. De klimafaktorer, der har indflydelse på fordampningen, deler Penman (1948) i 2 grupper:

1. Energi, den varmemængde (nettoindstråling), der er til rådighed for fordampning.

2. »Vind«, hvori indgår mætningsdeficit og vindhastighed, de klimafaktorer, der er bestemmende for hvor store mængder vanddamp, der kan transporteres bort.

På det grundlag opstiller Penman 2 ligninger, der skal dække de to nævnte grupper.

$$\text{Energi: } K_n = K_t (1-r) \div k T_a^4 (0,56 - 0,09 \sqrt{e_a}) (0,10 + 0,90 n/N) \quad (1)$$

$$\text{Vind: } A = 0,0146 (1 + 0,54 V_2) (e_{ma} - e_a) \quad (2)$$

$$\text{hvor: } K_t = K A (0,18 + 0,55 n/N) \quad (3)$$

Den samlede fordamning kan beregnes af følgende kombinerede ligning, idet alle faktorer i naturen virker samtidigt.

$$F = \frac{K_n \cdot d}{59 (d + 0,5)} + \frac{0,5 A}{d + 0,5} \quad (4)$$

F	= fordampning.....	mm/time
KA	= total indstråling, hvis skyfrit.....	kal/cm ² /time
Kt	= korrigeret total indstråling.....	» »
K _n	= nettoindstråling.....	» »
kT _a	= teoretisk udstråling fra sort legeme.....	» »
k	= Stefans konstant, 4,96 · 10 ⁻⁹	» »
59	= energi til fordampning af 1 mm vand.....	kal/cm ²
T _a	= absolut temperatur.....	C°
t	= temperatur.....	C°
e _{ma}	= mættede vanddampes tryk.....	mm Hg
e _a	= atmosfærens damptryk.....	»
d	= damptrykkurvens hældning.....	mm Hg/C°
0,5	= psykrometerkonstant.....	» »
v ₂	= vindhastighed i 2 m højde.....	m/sek.
r	= koefficient for tilbagekastning for bevokset jord.....	0,20
n	= antal observerede solskinstimer	
N	= antal mulige solskinstimer ÷ 1 time daglig.	

ASLYNG (1954) har anvendt ligningerne til beregning af den månedlige fordamning for Danmark på grundlag af normalværdier for soltimer, fugtighedsgrad og temperatur. Vindstyrken er ikke målt, men anslået til 2,5 m/sek. i gennemsnit for hele året. Aslyng finder derved en fordamning på 495 mm for hele året, heraf 432 mm for månederne maj—oktober.

Til sammenligning anfører Aslyng den årlige fordamning fra søfrit område, som på grundlag af Det danske Hedeselskabs hydrometriske målinger ved Lomose å på Lolland er 463 mm og for Hunse å 486 mm. Modne afgrøder og bar jord forår og efterår vil reducere fordamningen.

Tabel 2. Den ugentlige fordampning for 1953 beregnet på grundlag af meteorologiske målinger

Table 2. The weekly evaporation in 1953 calculated on basis of meteorological measurements

Uge Week	Nettoindstråling Net. radiant energy Kn	Observerede/mulige solt. observed/poss. hours of sunshine n/N	Temperatur Temperature t	Mætningsdeficit Vapour pressure deficit °ma-°a	Vindhastighed Wind velocity v	Fordampning Evaporation			Nedbør Precipitation mm	Deficit mm
						Energi Energy F ₁	Vind Wind F ₂	Total F		
	kal/cm ²		C°	mm Hg.	m/sek.	mm	mm	mm	mm	mm
1/5 - 3/5 ...	615	0.802	13.2	6.33	2.09	6.1	5.9	12.0	0	12.0
4/5 - 10/5 ...	1262	0.465	9.0	3.51	2.09	11.7	8.3	20.0	2.3	29.7
11/5 - 17/5 ...	1188	0.311	11.1	2.49	1.97	11.4	5.5	16.9	20.3	26.0
18/5 - 24/5 ...	1695	0.543	16.4	3.83	1.77	18.5	6.6	25.1	5.1	46.0
25/5 - 31/5 ...	1395	0.395	11.5	3.33	1.89	13.4	7.2	20.6	13.7	52.9
1/6 - 7/6 ...	1474	0.370	10.3	3.14	1.75	14.1	6.5	20.6	0.5	73.0
8/6 - 14/6 ...	1738	0.451	17.1	5.17	1.82	19.3	8.7	28.0	21.0	80.0
15/6 - 21/6 ...	1451	0.270	16.4	3.59	1.65	15.8	6.0	21.8	46.5	55.3
22/6 - 28/6 ...	2263	0.653	20.0	4.76	1.79	26.0	7.4	33.4	3.1	85.6
29/6 - 5/7 ...	2171	0.747	20.7	6.88	1.75	25.3	10.3	25.6	0	121.2
6/7 - 12/7 ...	1364	0.322	15.5	3.70	1.82	14.5	6.7	21.2	18.6	123.3
13/7 - 19/7 ...	1298	0.290	15.7	2.79	1.82	13.8	5.0	18.8	25.1	117.5
20/7 - 26/7 ...	1784	0.634	18.1	4.61	1.79	18.8	7.7	27.5	13.9	131.1
27/7 - 2/8 ...	1476	0.543	15.0	3.40	1.79	15.4	6.3	21.7	42.6	110.2
3/8 - 9/8 ...	1343	0.636	16.3	4.05	1.90	14.6	7.2	21.8	7.7	124.3
10/8 - 16/8 ...	1263	0.562	18.9	4.50	1.65	14.5	6.7	21.2	0.8	144.7
17/8 - 23/8 ...	1066	0.450	15.8	3.03	1.84	11.4	5.5	16.9	33.2	128.4
24/8 - 30/8 ...	895	0.324	14.6	1.65	1.77	9.3	3.1	12.4	40.0	100.3
31/8 - 6/9 ...	668	0.543	14.1	2.84	1.84	6.8	5.5	12.3	27.2	85.9
7/9 - 13/9 ...	603	0.652	12.3	1.86	1.89	6.1	3.7	9.8	3.6	92.1
14/9 - 20/9 ...	464	0.508	12.1	2.22	1.64	4.6	4.3	8.9	9.6	91.4
21/9 - 27/9 ...	418	0.352	13.0	1.34	1.74	4.2	2.6	6.8	16.8	81.4
28/9 - 4/10 ...	191	0.226	13.9	1.77	1.95	1.9	3.6	5.5	27.6	59.3
5/10 - 11/10 ...	-129	0.411	10.0	2.58	1.72	-1.2	5.6	4.4	1.2	62.5
12/10 - 18/10 ...	-23	0.277	11.0	1.04	1.59	-0.2	2.1	1.9	20.5	43.9
19/10 - 25/10 ...	36	0.122	10.6	1.37	1.63	0.3	2.8	3.1	2.5	44.5
26/10 - 31/10 ...	41	0.055	10.0	1.72	1.62	0.4	3.1	3.5	16.2	31.3

Ved beregning af fordampningen fra Søndersø, Nordsjælland, finder Aslyng en fordampning på 657 mm pr. år. Regnes der efter Penman med en fordampning på 75 pct. fra bevokset areal i forhold til fordampning fra fri vandoverflade, er der god overensstemmelse.

Tabel 3. Den ugentlige fordampning for 1954 beregnet på grundlag af meteorologiske målinger

Table 3. The weekly evaporation in 1954 calculated on basis of meteorological measurements

Uge Week	Nettoindstråling Net. radiant energy Kn	Observerede/mulige solt. observed/poss. hours of sunshine n/N	Temperatur Temperature t	Mætningsdeficit Vapour pressure deficit $e_m a - e_a$	Vindhastighed Wind velocity v	Fordampning Evaporation			Nedbør Precipitation	Deficit
						Energi Energy F ₁	Vind Wind F ₂	Total		
	kal/cm ²		C°	mm Hg	m/sek.	mm	mm	mm	mm	mm
12/4 - 18/4 ...	807	0.398	4.2	2.35	3.13	6.5	4.9	11.4	6.0	5.4
19/4 - 25/4 ...	967	0.678	5.6	3.59	2.07	7.8	5.9	13.7	2.3	16.8
26/4 - 2/5 ...	1049	0.568	6.6	3.70	2.35	8.9	6.0	14.9	0.3	31.4
3/5 - 9/5 ...	1281	0.509	9.2	3.40	2.13	11.3	4.9	16.7	3.8	44.3
10/5 - 16/5 ...	1374	0.585	11.1	5.03	1.83	13.6	6.1	19.7	0	64.0
17/5 - 23/5 ...	1401	0.572	10.5	4.14	1.80	13.4	5.2	18.6	1.8	80.8
24/5 - 30/5 ...	1790	0.808	16.7	7.81	1.67	19.5	7.8	27.3	0	108.1
31/5 - 6/6 ...	2189	0.783	15.9	5.59	1.67	23.3	5.8	29.1	0	137.2
7/6 - 13/6 ...	1546	0.328	13.6	1.58	1.73	16.1	1.7	17.8	13.0	142.0
14/6 - 20/6 ...	1746	0.430	16.6	4.10	1.68	19.0	4.1	23.1	30.8	134.3
21/6 - 27/6 ...	1487	0.308	13.9	3.04	2.02	15.5	3.6	19.1	7.4	146.0
28/6 - 4/7 ...	1279	0.260	12.6	3.05	1.68	12.6	3.6	16.2	20.4	141.8
5/7 - 11/7 ...	1466	0.401	14.2	3.07	1.72	14.9	3.4	18.3	9.4	150.7
12/7 - 18/7 ...	1104	0.188	13.0	1.71	1.85	11.2	2.0	13.2	28.9	135.0
19/7 - 25/7 ...	1436	0.415	14.2	2.64	1.70	15.0	2.8	17.8	16.3	136.5
26/7 - 1/8 ...	1109	0.258	13.0	2.14	1.67	11.3	2.4	13.7	25.6	124.6
2/8 - 8/8 ...	925	0.225	14.9	1.67	1.65	10.0	1.7	11.7	26.8	109.5
9/8 - 15/8 ...	830	0.160	14.3	1.41	1.78	8.7	1.6	10.3	23.2	96.6
16/8 - 22/8 ...	890	0.317	14.2	2.46	1.70	9.0	2.7	11.7	28.5	79.8
23/8 - 29/8 ...	938	0.374	13.9	1.77	1.65	9.8	1.9	11.7	5.5	86.0
30/8 - 5/9 ...	789	0.544	16.9	2.98	1.75	8.6	3.0	11.6	2.7	94.9
6/9 - 12/9 ...	529	0.349	14.6	2.05	1.68	5.5	2.2	7.7	15.0	87.6

6. *Målinger.* Til brug ved beregning af fordampning på Blangstedgaard er der foretaget følgende målinger: Luftens relative fugtighed og temperatur i 2 m højde med termohygrograf, vindhastigheden med 2 anemometre i 130 cm højde, hvor der skønsomt anslået var størst bladmængde. Anemometrenes placering er vist i fig. 1. Soltimerne er målt på forsøgsstationen i Aarslev med en solautograf.

På termohygrografens ugekort er der ækvidistant inddeling for temperatur, men ikke for fugtighed. Gennemsnitstemperaturen pr. uge er opmålt med planimeter, medens fugtighedsgraden er gns. for hveranden time ugen igennem. Målingerne af den relative luftfugtighed med hygrografen afviger med indtil 10 pct. lavere værdier i forhold til luftfugtigheden beregnet på grundlag af tørt og vådt termometer fra den meteorologiske station på Blangstedgaard. Den største afvigelse findes ved den laveste luftfugtighed, medens afvigelsen ved højere luftfugtighed (85—95 pct.) kun andrager 1—2 pct.

Den registrerede kurve for relativ luftfugtighed er forskudt (korrigeret), så den passer med de 3 daglige (kl. 08, 14 og 21) bestemmelser på grundlag af aflæsninger på tørt og vådt termometer ved den meteorologiske station på Blangstedgaard. Er de to temperaturer t og t_1 henholdsvis, er luftens damptryk $e_a = e_{at_1} - 0,5(t - t_1)$, når e_{at_1} er mættede dampes tryk ved den »våde temperatur« t_1 .

Den relative luftfugtighed ved den meteorologiske station er da $f = e_a \cdot 100/e_{ma}$, når e_{ma} er mættede dampes tryk ved den »tørre temperatur« t .

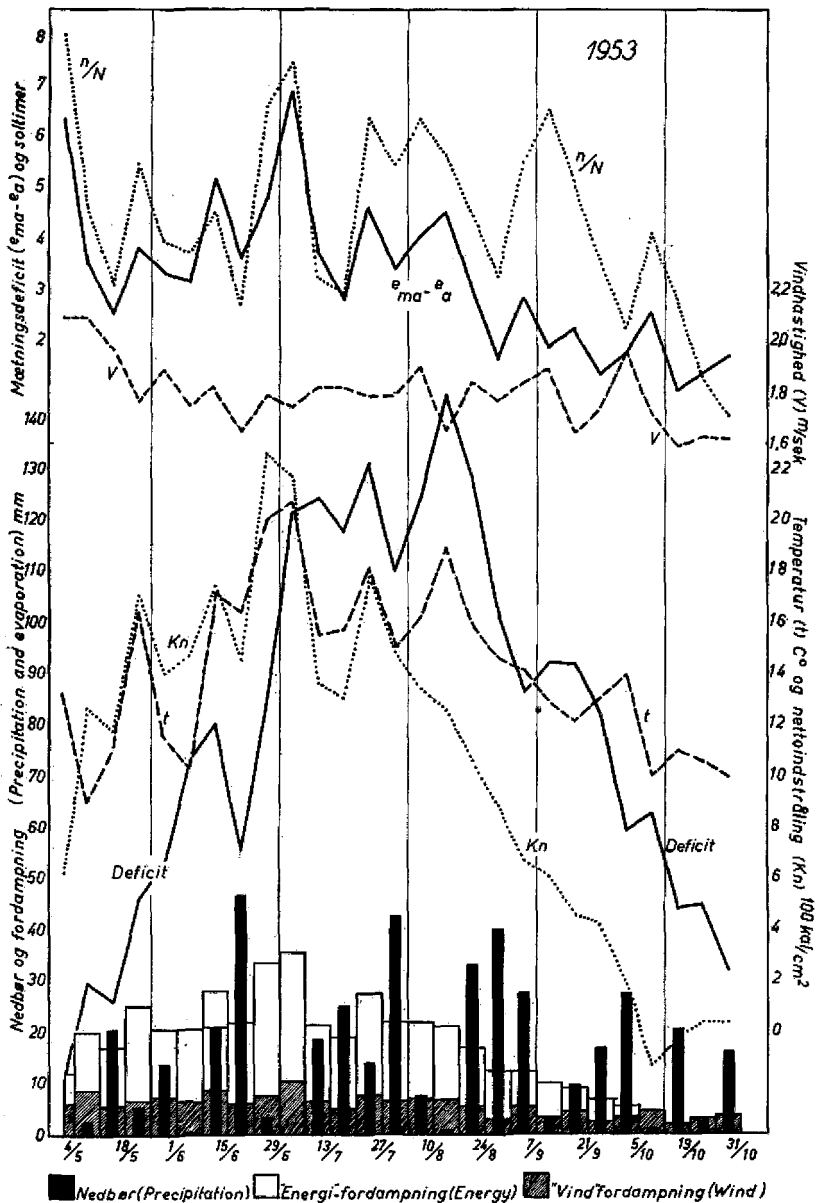
På den korrigerede kurve er dernæst aflæst for hver to timer og beregnet gennemsnit. Damptrykket (e_a) i plantagen er da $e_a = f \cdot e_{ma}/100$ og mætningsdeficit er $e_{ma} - e_a$, når e_{ma} er mættede dampes tryk ved den i plantagen målte temperatur.

Vindhastigheden er den gennemsnitlige hastighed pr. uge for begge anemometre.

Ved indsættelse i Penman's ligninger (1) og (2) findes værdierne for energi, Kn, og for vind, A.

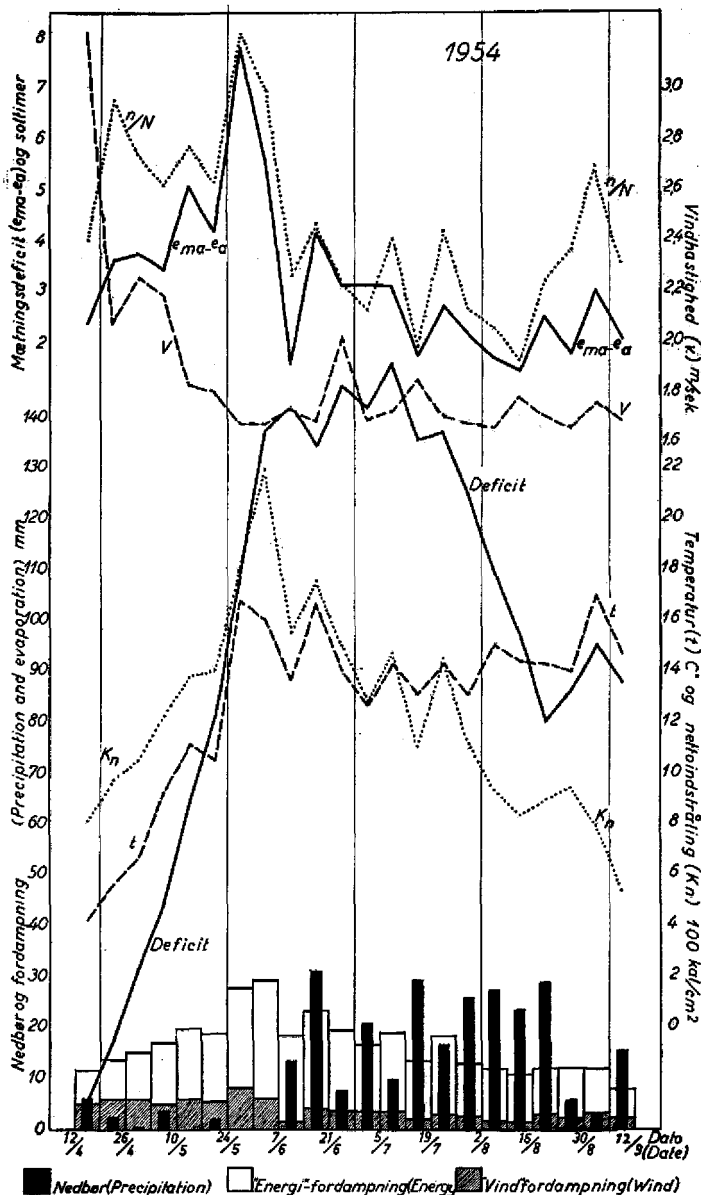
KA er ikke målt, men er beregnet på grundlag af teoretiske værdier for den absolutte indstråling ved 56°N (ASLYNG, 1954). Værdierne er fordelt pr. uge efter antal mulige soltimer N. Den absolutte indstråling gælder kun, hvis atmosfæren altid var fri for vanddamp. Det er den aldrig, og KA er da korrigeret for skydække til Kt ved anvendelse af samme ligning, som Penman benytter for Sydøstengland, ligning (3).

De fundne værdier for Kn og A indsættes i den kombinerede ligning (4), og den samlede fordampning (F) er da $F_1 + F_2$, hvor F_1 angiver »energiens andel« og F_2 »vindens andel«.



Figur 5. Den ugentlige fordampning 1953, beregnet på grundlag af meteorologiske målinger. (Soltimer = $n/N \cdot 10$)

The weekly evaporation 1953 calculated on basis of meteorological measurements.



Figur 6. Den ugentlige fordampning 1954, beregnet på grundlag af meteorologiske målinger. (Soltimer = $n/N \cdot 10$)

The weekly evaporation 1954 calculated on basis of meteorological measurements.

Den beregnede energi- og vindfordampning pr. uge er anført i tabel 2 og 3, hvor værdierne for nettoindstrålingen (Kn) »soltimer« (n/N), temperatur (t), mætningsdeficit ($e_{ma} \div e_a$) og vindhastighed (v) også er anført. Desuden er den totale fordampning, nedbør og deficit vist. Deficittet er opsummeret og udgør ved periodens slutning i 1953 godt 30 mm, og i 1954, hvor måleperioden er sluttet 1½ måned før, 88 mm.

I fig. 5 og 6 er fordampningen og de klimafaktorer, der indgår i beregningerne, vist grafisk.

Den samlede beregnede fordampning udgjorde fra 1. maj—31. oktober 1953 450 mm fordelt med $\frac{2}{3}$ for energi og $\frac{1}{3}$ for vind. Fra 12. april—12. september 1954 var fordampningen 355 mm, fordelt med $\frac{3}{4}$ for energi og $\frac{1}{4}$ for vind.

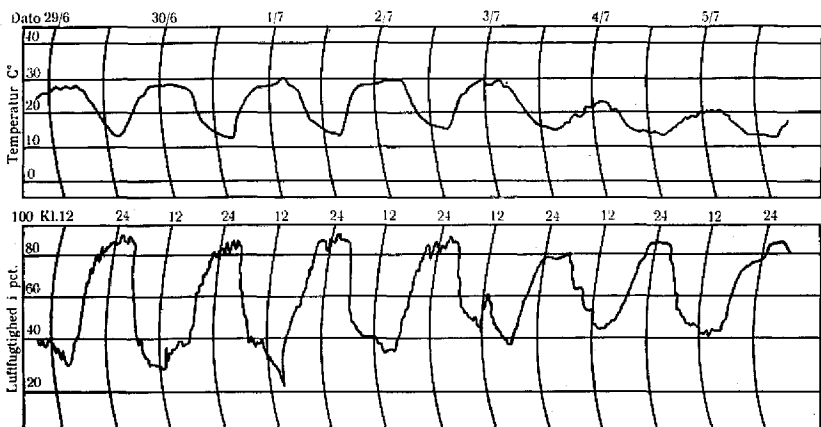
Disse forhold er dog ikke gældende for hele sommeren. Energifordampningen udgjorde i juni—juli 1953 mere end $\frac{2}{3}$, medens vindfordampningen i september—oktober samme år var lige så stor eller større end energifordampningen. I april 1954 var energi- og vindfordampningen omtrent lige store, senere forskydes forholdet, så energifordampningen udgjorde $\frac{3}{4}$ eller mere.

En sammenligning af fordampningen i tidsrummet ca. 1. maj—ca. 12. september giver for 1953 418 mm og for 1954 315 mm. Den totale fordampning var således lavest i 1954 og har kun i enkelte uger oversteget fordampningen i 1953.

I 1953 var den totale fordampning størst i den sidste uge af juni og den første uge af juli, hvor gennemsnitstemperaturen var oppe på 20°, og hvor der også var de største n/N-værdier. Antallet af soltimer var 75 og 85 i forhold til 115 mulige. Den største totale fordampning i 1954 var i den sidste uge af maj og den første uge af juni, også her findes de højeste temperaturer og de største værdier for n/N og Kn. Soltimernes antal var 89 for begge uger i forhold til 110—112 mulige.

Deficit steg jævnt i 1953 fra maj til hen midt i august, hvor maksimum nås. I 1954 steg deficit til et ret højt niveau allerede i første halvdel af maj; der holdt det sig indtil først i august og faldt derefter langsomt.

Energiindstrålingen er størst omkring midsommer, og energifordampningen er da også størst, forudsat der ikke er skydække. I 1953 var energifordampningen størst på dette tidspunkt. På



Figur 7. Kort fra termohygrograf for ugen 29/6—5/7 1953. Øverst temperaturkurven og nederst kurven for luftfugtighed.

Recording card from a thermohygrograph from the week 29/6—5/7 1953. The upper curve for temperature, the lower for humidity of the air.

samme tid var der i 1954 kun 25—30 pct. soltimer af antal mulige og energifordampningen var da også betydelig nedsat. Det er navnlig reduktionen for skydække (3), der øver indflydelse på energifordampningen.

Temperaturen vil naturligvis være afhængig af nettoindstrålingen, og højeste temperatur måles da også omkring midsommer.

Fig. 7 viser et ugekort fra en termohygrograf for ugen 29/6—5/7 1953. Øverst temperaturkurven og nederst kurven for relativ luftfugtighed.

Vindstyrkens indflydelse på fordampningen afhænger af mætningsdeficit. Falder stærk blæst sammen med tør luft, stort mætningsdeficit, er fordampningen stor. Er luften meget fugtig, lille mætningsdeficit, er fordampningen kun ringe.

Iøvrigt er de klimatiske forhold bestemt af sammenspillet mellem mange faktorer, og det er vanskeligt — for ikke at sige umuligt — at vise, hvor stor indflydelse de enkelte faktorer har på fordampningen.

7. *Diskussion.* De ligninger, PENMAN (1948) har benyttet til beregning af fordampningen fra bevokset areal, er for mark-afgrøder. I en frugtplantage, hvor der ofte er to forskellige afgrøder (træerne og en dækkultur), er forholdene noget anderledes.

I plantagen med dækkultur vil den samlede overflade for både træer og dækkultur være betydelig større end overfladen for en almindelig markafgrøde, og det ligger da nær at antage, at fordampningen fra plantagen er størst.

Nettoindstrålingen (K_n), der er den mængde kalorier, der pr. jordarealenhed står til rådighed til fordampning, antages at være nær den samme for frugtplantage og mark. Vindhastighed og mætningsdeficit er derimod forskellige.

Er luften mellem træerne langt fra mætning, vil fordampningen være stor og større, jo mere vanddamp vinden fjerner. Når vinden ved samme mætningsdeficit får en større overflade at virke på, bliver fordampningen større fra en plantage end fra en mark, men på grund af lævirkning nedsættes vindhastigheden, og fordampningen vil ikke stige proportionalt med overfladeførelsen.

Ved indsættelse af en faktor for den totale ventilerede overflade i vind-ligningen (2), skulle det, ifølge PENMAN (1953), være muligt på grundlag af meteorologiske målinger på fri mark at beregne fordampningen fra en frugtplantage i nærheden.

Penman angiver ligninger for frugtplantage med dækkultur og med halmkultur. Han forudsætter, at når overfladen stiger med λ , vil vindhastigheden nedsættes med $\frac{1}{\lambda}$. Indsættes disse værdier i vind-ligningen, fås for

$$\text{dækkultur } A_1 = \lambda 0,0146 \left(1 + 0,54 \frac{V_2}{\lambda} \right) (e_{ma} - e_a)$$

$$\text{halmkultur } A_2 = (\lambda - 1) 0,0146 \left(1 + 0,54 \frac{V_2}{\lambda} \right) (e_{ma} - e_a)$$

Ved en total overflade på $\lambda = 2$, vindhastighed, $v = 2$ m/sek., mætningsdeficit $(e_{ma} - e_a) = 4,00$ mm Hg og temperatur, $t = 18^\circ\text{C}$ vil fordampningen på grund af vinden andrage 6,8, 10,0 og 5,0 mm pr. uge for henholdsvis åben mark, plantage med dækkultur og plantage med halmkultur. Ved dækning med halm vil vindens andel i fordampningen udgøre halvdelen af fordampningen fra plantage med dækkultur, ja endog være lavere end fordampningen fra fri mark.

På Blangstedgaard er klimafaktorerne målt i plantagen, og til beregning af fordampningen er benyttet Penman's ligning for fri

mark. Desværre er der ingen mulighed for direkte sammenligning, da der ikke er foretaget fyldestgørende meteorologiske målinger udenfor plantagen.

ASLYNG (1954) finder i sine beregninger over »normalfordampningen« for Danmark en fordampning på 422 mm for maj—september. Den »målte« fordampning fra plantage på Blangstedgaard udgjorde i tiden ca. 1. maj—ca. 12. september 418 og 315 mm for henholdsvis 1953 og 1954. I 1953 var fordampningen meget nær »normalfordampningen«, men i 1954 var den ca. 100 mm lavere. Det var navnlig i månederne juni—august, fordampningen var lavere. Som det vil ses i tabel 1, var soltimernes antal betydelig færre i disse måneder, kun ca. 65 pct. af det normale antal timer.

Indsættes de af Aslyng benyttede normalværdier i Penman's plantageligning for dækkultur, vil fordampningen for maj—september udgøre 429 mm ved et totalareal på $\lambda = 1,5$. Træerne er kun små og når ikke sammen i rækkerne, så λ er ikke stor.

Ser man bort fra de ekstreme måneder i 1954, juni—august, og sammenligner 1953 og de øvrige måneder i 1954 med »normalfordampningen« og den beregnede fordampning for plantage, er resultaterne stort set ens.

Til sammenligning tjener de før refererede tal fra ASLYNG (1954), hvor den beregnede normalfordampning for hele året er 495 mm. Fordampningen fra Søndersø, reduceret med 25 pct. for lavere fordampning fra bevokset areal i forhold til fri vandoverflade, giver 493 mm pr. år.

Der synes således at være ret god overensstemmelse mellem de forskellige måder at beregne fordampningen på. Om Penman's ligninger er tilstrækkelig sikre til, at man på grundlag af klimatiske målinger kan beregne fordampningen og derefter vejlede praksis om hvornår og hvormeget, der skal vandes, når jorden kendes, vil kun kunne vises ved flere målinger, og kontrolleret med direkte bestemmelser af vandforbruget.

På Landbohøjskolens forsøgsgård foretages af Hydroteknisk Laboratorium kontinuerte målinger af de nødvendige meteorologiske faktorer og beregning af fordampningen pr. uge. Der kunne ønskes målinger også andre steder i landet.

III. Måling af jordfugtighed ved forskellige kulturmetoder

Den mængde vand, der er tilgængelig for planterne, er forskellen mellem jordens vandindhold ved naturlig vandkapacitet og visnegrænsen. Udtrykt i tension er det fra 0,1 til 15 atm. Den maksimale mængde er bl. a. bestemt af jordarten og er for sandjord 6—8 vægtprocent og for lerjord 10—15 pct., beregnet på basis af ovntør jord (ASLYNG, 1952).

Med gipsblokke og tensiometre måles den relative jordfugtighed, som er bestemt af jordens udtørningsgrad. Indenfor tensiometrets måleområde (indtil 800 cm vandsøjle eller 0,8 atm. tension) kan en væsentlig del af den maksimalt tilgængelige vandmængde udnyttes. Omkring 50 pct. for lerjord og indtil 90 pct. for sandjord. Gipsblokkene er ikke så følsomme i det våde område, men fra ca. 0,6 til 15 atm. måles tilfredstillende.

Ønskes oplysning om hvor meget vand, der er tilgængeligt for planterne i en given jord, må dens vandindhold og mængden af utilgængeligt vand bestemmes efter prøveudtagning. Inden for området af tilgængeligt vand kan jordens relative fugtighed måles med tensiometre og/eller gipsblokke. De viser vandets tilgængelighed for planterne, men ikke den absolutte mængde, med mindre sammenhængen mellem måling og vandindhold i den pågældende jord er kendt.

8. *Litteratur.* VEIHMEYER and HENDRICKSON (1953) har udført en lang række undersøgelser med forskellige frugter, og de finder, at trævæksten er optimal uanset jordens vandindhold, når blot det ligger over visnegrænsen. Selvom vandindholdet nogle få dage går under visnegrænsen, skades træerne ikke, men hvis vandindholdet gennem længere tid holdes under jordens visnegrænse, kan trævæksten og frugtstørrelsen påvirkes. Vandning derefter vil ikke kunne erstatte det tabte. Forsøg med frugttræer i jord med stort vandindhold og vandindhold i nærheden af visnegrænsen har givet samme frugtudbytte, men udbyttet falder, når vandindholdet for længere tid holdes under visnegrænsen.

KENWORTHY (1949) har i væksthuseksperiment med unge æbletræer fundet, at når træer udnytter indtil 80 pct. af den tilgænge-

lige vandmængde i en jord, reduceres klorofylindholdet, skudlængden, grentykkelsen og løvarealet i forhold til træer, der kun udnytter indtil 20 pct. af den tilgængelige vandmængde. Han finder et nært sammenhæng mellem væksten af frugttræer og mængden af tilgængeligt vand.

Ved rodstudier på East Malling har ROGERS (1953) fundet, at tension over 400 cm vandsøjle (0,4 atm.) hæmmer væksten af æbletrærødder.

MAGNESS (1953) omtaler undersøgelser og forsøg med frugttræer, hvor man har fundet, at når hele træets rodsystem er i kontakt med jord med vandindhold over visnegrænsen, er der mulighed for maksimal vandoptagelse og dermed optimal vækst og maksimal produktion. Hvis derimod en del af rodsystemet befinder sig i jord under visnegrænsen, er vandoptagelsen nedsat. Frugttræer kan tåle kortvarig udtørring af jorden til under visnegrænsen og vil genoptage væksten, når der igen kommer vand, men det nedsætter frugtstørrelsen og frugtudbyttet. Ved nedsat vandoptagelse vil planterne kun åbne spalteaåbningerne en kort tid, og det vil nedsætte produktionen. Indtræffer vandmangel i begyndelsen af blomstringsperioden, dannes flere frugtknopper.

På grundlag af målinger med tensiometre og gipsblokke har TAYLOR (1952) beregnet en gennemsnitsværdi for tension i hele roddeybden. Han finder i eetårige forsøg med lucerne, sukkerroer og kartofler, hvor der har været vandet efter 4 forskellige gennemsnitstension, alle i området af tilgængeligt vand, at der er et stigende udbytte for stigende mængder af tilgængeligt vand.

I et kombineret gødnings- og vandingsforsøg med sukkerroer har HADDOCK (1949) på grundlag af måling med tensiometre og gipsblokke gennemført 4 vandingstrin, 1. vanding ved 750 cm tension, 2. våd jord til sidst i juli, 3. og 4. udtørring af jorden til visnegrænsen i forskellig dybde. Hvor jorden er holdt våd til sidst i juli, er høstet det største udbytte af såvel rod som sukker. Han finder, at vandingstidspunktet er vigtigere end vandmængden.

ROBINS and DOMINGO (1953) viser i forsøg med majs, at når jorden udtørres til visnegrænsen, nedsættes udbyttet. Vandmangel 1—2 dage i blomstringsperioden reducerer kerneudbyttet

med 22 pct., 6—8 dages vandmangel på samme tid giver en reduktion på 50 pct.

Som nævnt under forrige afsnit vil der være forskel på den mængde vand, der fordampes fra jorden ved de forskellige kulturmetoder, der anvendes i frugtavl. En forskel, der giver sig udtryk i forskelligt vandindhold i jorden. I forhold til renkultur vil halm-dækning nedsætte fordampningen, medens en voksende dækafgrøde, f. eks. græs, vil forøge den.

I forsøg med forskellige kulturmetoder i en ung æbleplantage i Indiana, U.S.A., fandt WOODBURY m. fl. (1917) i juni måned i to meget tørre somre 1913—14, at det procentiske vandindhold ved tørring af jord til 100°C var 18—19 under halm-dækning, 15 under renkultur med vinterdækkkultur og 7 under græs. Prøverne blev taget i 22,5 cm dybde.

Fra samme sted beretter BAKER (1936) om en 3-årig undersøgelse i en plantage over jordens vandindhold under lucerne, bluegrass (rapgræs) og renkultur med vinterdækkkultur. Lucerne og græs blev efter afhugning brugt som dækmateriale omkring træerne. Vandindholdet blev bestemt på basis af ovntørret jord i 0—20, 20—40 og 40—60 cm dybde. Under lucernen var der i 0—20 cm dybde 2—3 pct. mere vand end under græs og renkultur, hvor der var omtrent samme vandindhold; forskellen aftog med dybden. I de øverste 40 cm jord var vandindholdet flere gange under visnegræsen. Forfatteren peger på, at jordens større indhold af organisk stof og den reducerede overfladeafstrømning fra bevokset jord i forhold til bar jord er årsag til den lille forskel i vandindholdet under kulturmetoderne. Afstrømningen var fra renholdt jord 31 pct. og fra græsdækket jord 12 pct.

STEPHENSON and SCHUSTER (1945) har efter udtagning og ovntørring af jordprøver vist, hvor meget tilgængeligt vand der i august 1939 endnu var tilbage i jorden ved forskellige kulturmetoder:

pct. vand over visnegræsen

Dybde	På åben mark			Plantage med græskultur
	græs	halm	renkultur	
0—30 cm	÷1.7	16.3	0	÷0.9
30—60 »	2.0	11.9	7.3	4.6
60—90 »	13.9	13.0	12.7	7.8

TURK and PARTRIDGE (1947) har fra lysimetre målt større fordampning fra renholdt jord end fra halm- eller hødækket jord. PALMER and HAARLEM (1948) finder større vandindhold under dækket jord end under renholdt jord. I 15 cm dybde ca. 5 pct. forskel.

Absolut eller relativ bestemmelse af vandindholdet i jord kan tjene til vejledning ved vanding eller til at vise forskellen i vandindhold under forskellige kulturmetoder. Bestemmelsen kan også tjene til beregning af en afgrødes vandforbrug. Måles nedbøren i tiden, fra jorden om foråret er vandfyldt, til den når samme vandfylde (naturlig vandkapacitet) igen om efteråret, vil summen være lig med fordampningen fra den pågældende afgrøde. En forudsætning er dog, at grundvandstanden er så langt nede, så kapillær vandstigning til planterne er uden betydning.

ASLYNG and KRISTENSEN (1953) beretter om en række bestemmelser af fordampningen efter måling med tensiometre eller ved prøveudtagning. De angiver en fordampning fra korn på 250—300 mm for perioden 1. april til midt i august. For rodfrugter angives fra 1. april til midt i oktober en fordampning på 314—340 mm, til midt i november 370 mm og til midt i december 430 mm. For kløvergræs fra 1. april til oktober 350 mm.

Ved hjælp af tensiometre kan man følge rodudviklingen og vandets bevægelse i jorden. RICHARDS and HUBERTY (1941) har med tensiometre målt opadgående vandbevægelse 61 pct. af året i 300—240 cm dybde, når der blev vandet med 900 mm vand pr. år. Ved vanding med 1700 mm pr. år var der vandbevægelse nedad 67 pct. af året.

På Blangstedgaard er jordens relative vandindhold målt med gipsblokke og tensiometre, og det absolutte vandindhold er bestemt i jordprøver.

9. *Jordprøver til vandbestemmelse.* Da jorden først i oktober 1953 havde nået naturlig vandkapacitet, blev der udtaget jordprøver til bestemmelse af vandindhold og visnegrænse (ASLYNG, 1952) 2 steder i hver parcel. På grund af høj grundvandstand kunne der ikke tages prøver i 125 og 150 cm dybde. Der er beregnet gennemsnit af alle bestemmelser i hver dybde i alle parceller, og resultaterne er anført i tabel 4.

Tabel 4. Mængden af tilgængeligt vand

Table 4. *The amount of available water*

Vand beregnet på ovntør jord, pct.
(Water percentage calculated on basis of oven-dry soil).

Dybde Depth cm	Naturlig vandkapacitet (field capacity)	Visnegrænse (wilting point)	Tilgængeligt vand (available water)	Tilgængeligt vand (available water)	
				(cm)	mm
10.....	15.8	7.1	8.7	(0—10)	13
25.....	17.0	7.4	9.6	(10—25)	22
50.....	18.4	7.6	11.4	(25—50)	43
75.....	18.6	7.7	10.9	(50—75)	41
100.....	18.7	8.6	10.1	(75—100)	38
				0—100	157

Tilgængeligt vand er anført i mm og som pct. vand beregnet på ovntør jord. Ved omregning til mm vand fås samme enhed, som anvendes for fordampning og nedbør.

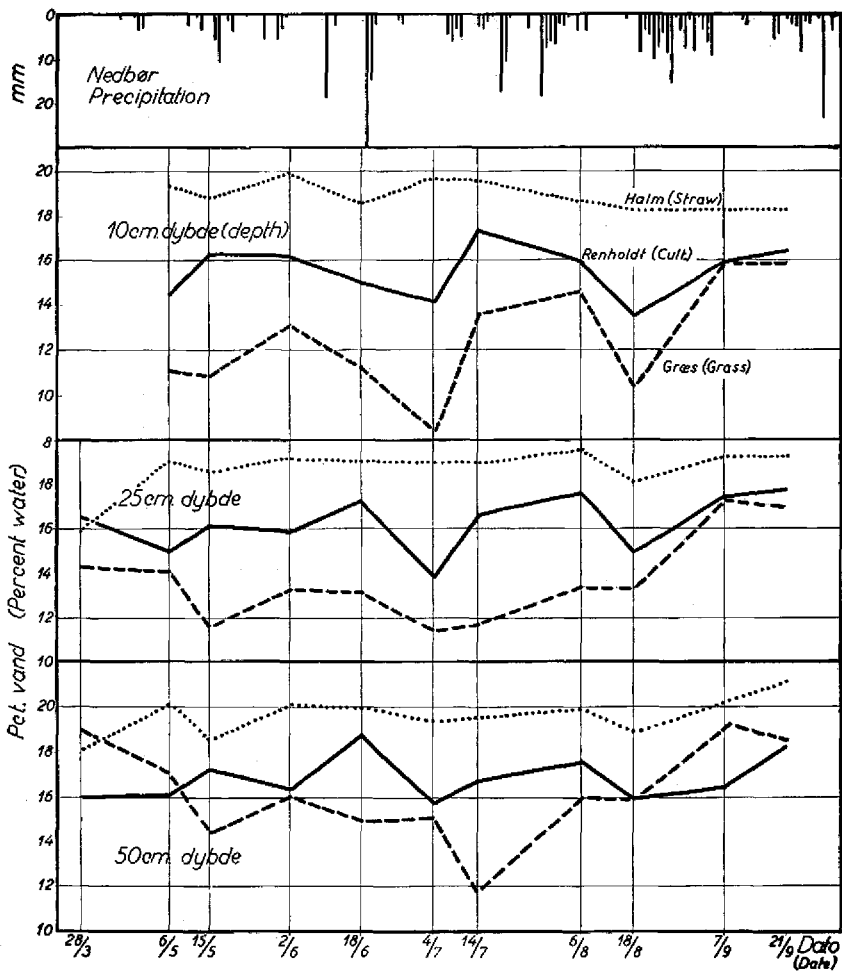
Den naturlige vandkapacitet er lavest i overjorden og højest i underjorden, hvor der er det største lerindhold. Den største mængde tilgængeligt vand er fundet i 50 cm dybde.

Jordprøver til bestemmelse af absolut vandindhold er i 1953 udtaget 2 gange hver måned fra maj til oktober i 10, 25 og 50 cm dybde med 3 fællesprøver pr. parcel. Det procentiske vandindhold er beregnet på ovntør (105°C) jord, der er gået gennem et sold med 2 mm runde huller.

I fig. 8 er vist det procentiske vandindhold i de tre førnævnte dybder under renkultur, halm og græs, tillige er vist den daglige nedbør. I alle dybder er vandindholdet højest under halm og lavest under græs — renkultur ligger midt imellem.

Udtagelse af jordprøver er meget arbejdskrævende, og usikkerheden er stor. I enkelte tilfælde er der en forskel på 4—6 pct. vand mellem fællesprøverne i samme parcel og dybde; en forskel, der må tilskrives jordens uensartethed.

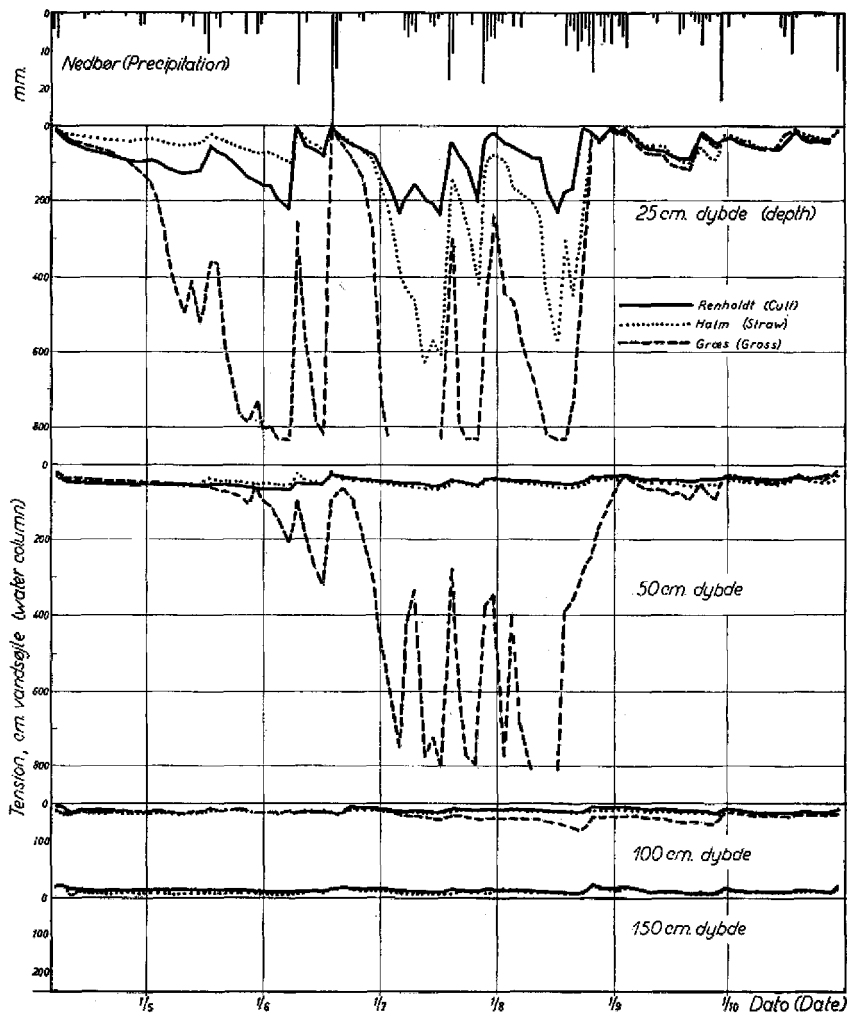
10. *Målinger med tensiometre.* Med tensiometre er målt i 25, 50, 100 og 150 cm dybde og i 50 og 100 cm afstand fra træerne, i 150 cm dybde dog kun i 100 cm afstand. Aflæsningerne er fore-



Figur 8. Jordens absolutte vandindhold i pct. af ovntør jord. (105°C).
 Total water-content in the soil, in per cent on oven-dry basis (105°C).

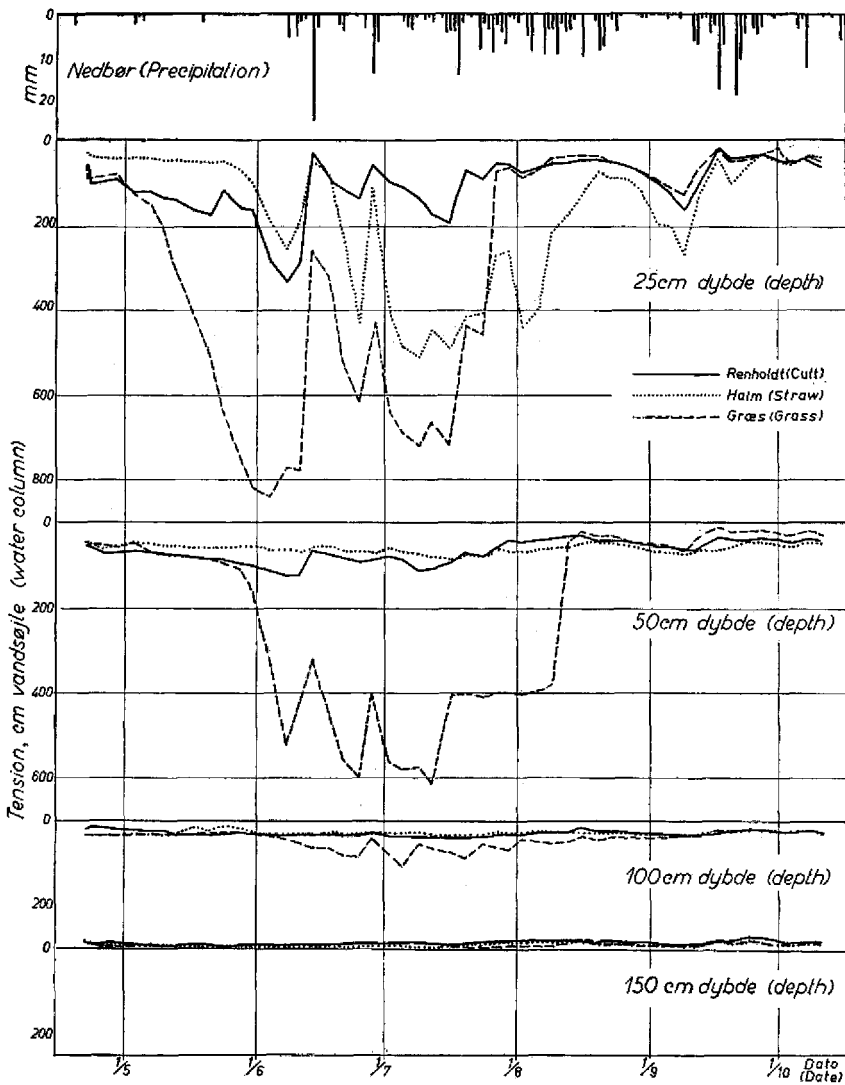
taget ca. kl. 8 — 3 gange om ugen i tiden fra 7. april til 15. november 1953, og 2 gange om ugen fra 22. april til 11. oktober 1954. Der har ikke været nogen sikker forskel på de to afstande, hvorfor der i opgørelsen er beregnet gennemsnit af alle aflæsninger i samme dybde i hver parcel.

I fig. 9 og 10 er vist tension for de 4 dybder under renkultur, halm og græs og den daglige nedbør for begge perioder.



Figur 9. Målinger med tensiometre 1953.
 Measurements with tensiometers 1953.

Tension var højest under græs, navnlig i 25 og 50 cm dybde, men også i 100 cm dybde var der små stigninger. I kortere perioder i 1953 har tensiometrene under græs vist maksimal tension, oftere og for længere perioder i 25 cm end i 50 cm dybde. I 1954 målttes maksimal tension omkring 1. juni og kun i 25 cm dybde.



Figur 10. Målinger med tensiometre 1954.
 Measurements with tensiometers 1954.

Under halm var der i 25 cm dybde fra sidst i juni til sidst i august i begge årene målt højere tension end under renkultur. I 50 og 100 cm dybde var tension omtrent ens under renkultur og

halm, og i 150 cm dybde, hvor tensiometrene stod i grundvand hele sommeren, var der samme overtryk for alle kulturmetoder.

Den stærkeste udtørring af jorden blev målt under græs. I 25 cm dybde fra først i maj til sidst i august 1953, og fra først i maj til sidst i juli 1954. Tensiometrene i 50 cm dybde viste stærkeste udtørring fra sidst i juni til sidst i august 1953 og fra først i maj til først i august 1954. Fra sidst i august begge år var vandindholdet ens under de 3 kulturmetoder.

11. *Målinger med gipsblokke.* Efter fuldstændig vandfyldning blev gipsblokkene lagt i jorden i dagene fra 24.—27. april 1953. Der blev boret huller, hvori gipsblokkene blev lagt over hinanden med de største flader vandret i de ønskede dybder. Der tilstræbtes god kontakt mellem jord og hele gipsblokkens overflade ved at pakke sigtet jord omkring blokken. Den jord, der blev boret op, blev lagt ned i samme lagfølge, og der tilstræbtes naturlig lejring.

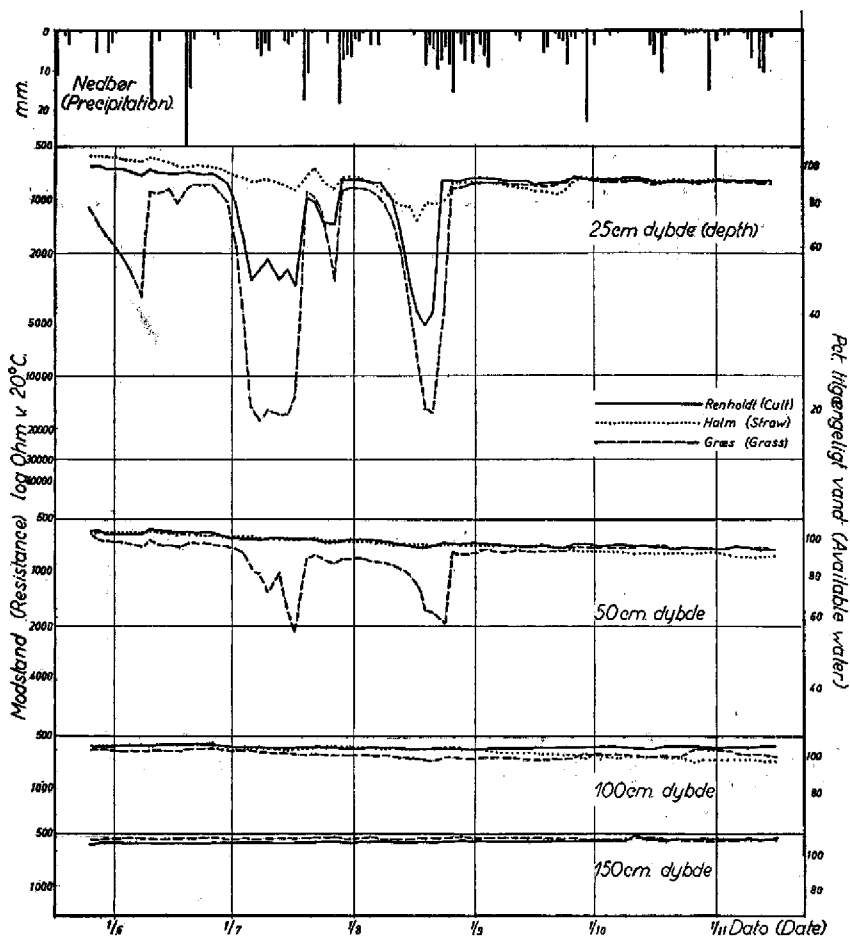
Gipsblokkene blev lagt ned i 25, 50, 100 og 150 cm dybde i 50 og 100 cm afstand fra træerne.

Modstanden blev aflæst 3 gange om ugen i tiden fra 26. maj til 15. november 1953. I efteråret 1953 blev 48 af de 96 gipsblokke gravet op, og i sommeren 1954 blev der i tiden 12. april til 13. september målt modstand i de resterende 48 blokke 2 gange om ugen. Der er i reglen aflæst i løbet af formiddagen, men i alle tilfælde er thermistorerne i samme parcel aflæst samtidig, så der har kunnet korrigeres til 20°C. Temperaturkorrektionen andrager ca. 2½ pct. af modstanden (Ohm) pr. C°. (KRISTENSEN, 1954).

Heller ikke i aflæsning af gipsblokkenes modstand har der kunnet påvises nogen sikker forskel på de to måleafstande fra træerne, og i opgørelsen er der beregnet gennemsnit af de 8 gipsblokke, der er i samme dybde i hver parcel.

Logaritmen til gennemsnitsværdierne for gipsblokkenes modstand i 25, 50, 100 og 150 cm dybe under de 3 kulturmetoder er vist i fig. 9 og 10, hvor også er anført pct. af maksimalt tilgængeligt vand (BOUYOCOS and MICK, 1947).

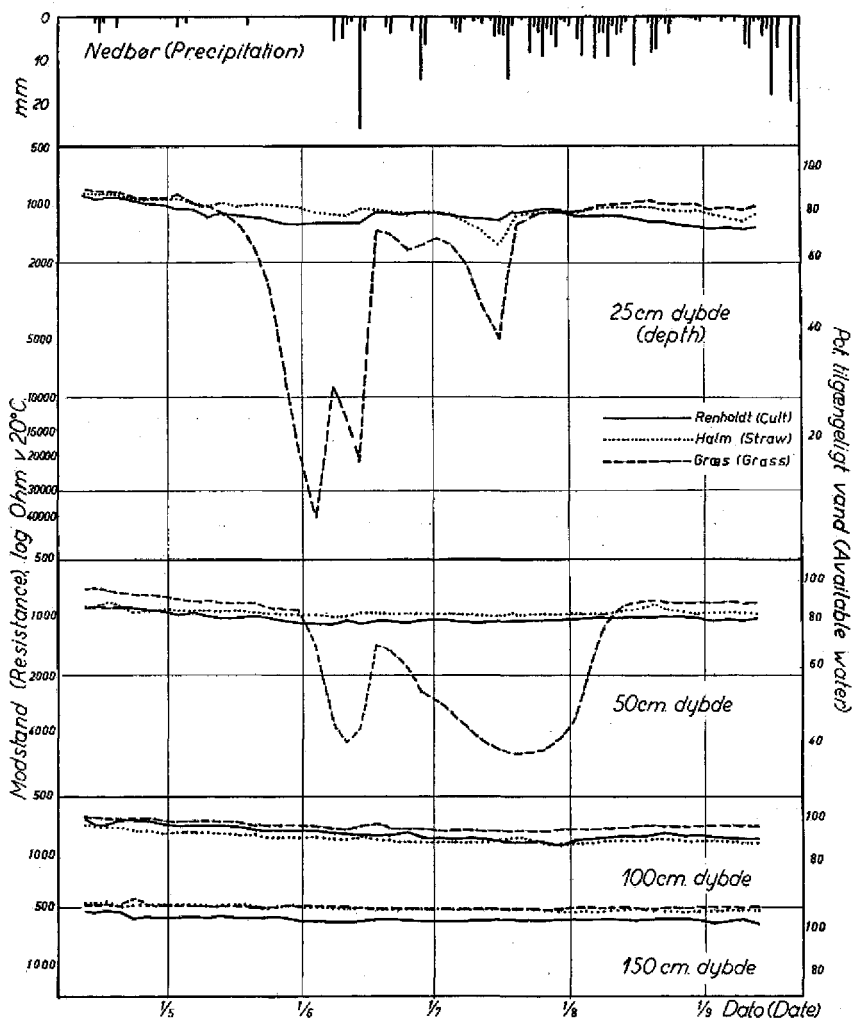
Den stærkeste udtørring af jorden blev målt i 25 cm dybde under græs. Her blev jorden 2 gange i 1953 udtørret så stærkt, at der i første halvdel af juli og midt i august kun var ca. 20 pct.



Figur 11. Målinger med gipsblokke 1953.
Measurements with gypsum blocks 1953.

af det for planterne tilgængelige vand tilbage. I 1954 var udtørringen endnu stærkere, i den første uge af juni målttes en udtørring til lige i nærheden af visnegrænsen, ca. 10 pct. tilgængeligt vand.

I samme dybde målttes i 1953 også en udtørring under renkultur, dog kun til 40—50 pct. af den tilgængelige vandmængde. I 1954 var der kun ringe udslag for renkultur i forhold til halm-dækning.



Figur 12. Målinger med gipsblokke 1954.
 Measurements with gypsum blocks 1954.

I 50 cm dybde blev der kun målt udtørring under græs, og der målt den største modstand 3—7 dage efter, den var målt i 25 cm dybde. I 1953 blev jorden udtørret til ca. 50 pct. af den tilgængelige vandmængde. Også i denne dybde var udtørringen

under græs stærkere i 1954, idet der i 2 perioder kun var ca. 40 pct. tilgængeligt vand tilbage.

Som for tensiometrene er der heller ikke i gipsblokkenes modstand nogen forskel på kulturmetodernes virkning i 100 og 150 cm dybde.

Gipsblokkenes modstand i vandfyldt jord var i efteråret 1953 100—200 Ohm større end ved målingernes begyndelse. Dette skyldes sandsynligvis, at gipsblokkene ved nedlægning var vandfyldte ved evakuering af luften. Efter nogen udtørring i løbet af sommeren er vandet trængt ind i blokkene uden evakuering af luften, og de er antagelig ikke blevet helt vandfyldte.

12. *Diskussion.* De fugtighedsmålinger og vandbestemmelser, der er foretaget på Blangstedgaard, viser, at græskultur udtørre jorden stærkere end halm og renkultur. Under disse forhold — med temmelig høj grundvandstand — er jorden kun udtørret delvis i 50—100 cm dybde, men mere omkring 25 cm dybde, hvor hovedrodmassen findes.

Medens den absolutte vandbestemmelse og målingerne med gipsblokke udpeger halmkultur som en bedre beskyttelse mod fordampning og stærk udtørring end renkultur, viser tensiometrene i 25 cm dybde højere tension under halm end under renkultur. Der er imidlertid ingen tvivl om, at jorden under halm er mere fugtig end under renkultur, hvad jo også er fundet ved tidligere undersøgelser af lignende art, (WOODBURY m.fl. 1917, STEPHENSON and SCHUSTER, 1945, TURK and PARTRIDGE, 1947 og PALMER and HAARLEM, 1948). Jorden lige under halmen er mere fugtig end de dybere jordlag og tilsyneladende mere fugtig, end svarende til den naturlige vandkapacitet. Halmen umiddelbart over jorden er våd og tæt pakket, derover er den løsere og ofte tør.

Den våde halm har god forbindelse med den vandmættede jordoverflade. Fordampning fra den våde halm til atmosfæren vil skabe en sugning og en tendens til opadgående vandbevægelse. Det er den sugning, der måles på tensiometrene. Dette undertryk aftager med dybden. Her er det kun målt i 25 cm dybde, og det fortaber sig allerede inden 50 cm dybde.

På trods af tensiometermålingerne og på grundlag af gipsblokkene, jordprøverne og resultaterne fra tidligere undersøgelser

må halmdækning betegnes som en fordampningshæmmende foranstaltning i forhold til renholdelse af jorden.

Sammenholdes den ugentlige fordampning med de relative fugtighedsmålinger, falder den største fordampning sammen med den stærkeste udtørring, dog lidt forskudt, idet tensiometrene reagerer før gipsblokkene.

Den relative fugtighedsmåling med tensiometre og gipsblokke er mindre arbejdskrævende end prøveudtagning til absolut vandbestemmelse, ligesom der også er betydelig bedre overensstemmelse mellem fællesbestemmelserne ved målingerne end ved prøveudtagning. På uensartet jord skal der et stort antal fællesbestemmelser til for at give et nogenlunde sikkert billede af jordens vandindhold. Det samme finder REEVE and FURR (1941). Desuden kan prøveudtagning skade afgrøden.

En opsummering af nedbøren, fra jorden om foråret har naturlig vandkapacitet, til den om efteråret når samme vandfylde, skulle give fordampningen for den pågældende periode. Vælges efter tensiometrene i 25 cm dybde under græs en periode fra 7. april til 31. oktober 1953, er der fordampet 436 mm. I 1954 er målingerne med tensiometre først begyndt efter nogen udtørring. Den beregnede fordampning efter meteorologiske målinger var fra 1. maj til 31. oktober 452 mm, en forskel på 16 mm plus fordampningen i april måned, der efter »normalfordampningen« andrager 47 mm (ASLYNG, 1954). I alt en forskel på ca. 50 mm for de to beregningsmåder. På grund af den høje grundvandstand kan der være tale om vandforsyning nedefra til såvel træer som græs. De to metoder til beregning af fordampningen kan her ikke direkte sammenlignes, men resultaterne er dog af samme størrelsesorden.

De af ASLYNG and KRISTENSEN (1953) omtalte resultater fra tilsvarende bestemmelse af fordampningen på grundlag af tensiometermålinger afviger lidt fra »normalfordampningen« (ASLYNG, 1954). Lokale og årlige variationer i nedbør kan spille ind, og endelig dækker kornet og rodfrugterne ikke hele jordoverfladen i den første del af vækstperioden, det vil give en lavere fordampning. Ved beregning af fordampningen på grundlag af meteorologiske målinger forudsættes bl. a. fuld dækning af arealet for at give maksimal fordampning.

Spørgsmålet, om frugttræerne har optimal vækst indenfor hele området af tilgængeligt vand, har ikke kunnet belyses. Det var vanskeligt at se, om den forskel, der var på træernes løv ved de forskellige kulturmetoder, skulle tolkes som mangel på vand eller kvælstof.

En mindre undersøgelse med nogle 2—3 årige æbletræer i spande stående i væksthus blev udført på Blangstedgaard 1953. Træerne blev ikke vandet, og de fik lov at udtørre jorden til omkring og ret betydeligt under visnegrænsen (15 atm.). Til kontrol på udtørringen var der i hver spand anbragt en gipsblok. Ved ca. 100.000 Ohm eller 15 atm. var træernes blade grønne og saftspændte, men ved stigende modstand blev bladene mere og mere slappe. Ved en udtørring til 1.187.000 Ohm, hvor vandindholdet var ca. 4 pct. under visnegrænsen, kunne der på et træ ses visne blade ved siden af nogle meget slappe, men dog grønne blade.

Det kan meget vel tænkes, at trævæksten hæmmes, før der er synlige symptomer på vandmangel. Har træerne nået en nogenlunde størrelse, vil kortere tids udtørring af jorden til omkring visnegrænsen ikke betyde så meget for udbyttets størrelse, når der ellers har været rigelig vandforsyning. Derimod kan der for unge træer og eetårige planter ventes en større følsomhed overfor mangel på tilgængeligt vand.

Forudsættes maksimal fordampning ved optimal vækst, må vandindholdet i jorden ikke gå ret meget under jordens naturlige vandkapacitet, før plantens vegetative organer hæmmes. Det er vel også årsag til den væksthæmning, der ses i vore kløvergræsmarker de fleste somre. I korn og andre afgrøder til modenhed er denne væksthæmning i reglen ikke så udtalt, når blot afgrøden i den første del af vækstperioden er tilstrækkeligt forsynet med vand.

Overført på frugttræer hæmmes den vegetative vækst navnlig på unge træer noget, før visnegrænsen nås, (KENWORTHY, 1949). Vandmangel i begyndelsen af blomstringsperioden kan resultere i ansættelse af flere frugtknopper. Det er også almindeligt kendt, at planterne under dårlige vækstvilkår frugtificerer kraftigere end planter under gode vækstvilkår.

IV. Temperatur i og over jorden ved forskellige kulturmetoder

Temperaturen er en vigtig faktor i plantedyrkning, og mange forskere har arbejdet med problemer i relation dertil. F. eks. temperaturens indflydelse på spiringen, rodvæksten, planternes næringsoptagelse m. m.

13. *Litteratur.* Indenfor frugtavlen har en del forskere undersøgt jordtemperaturens indflydelse på rodvæksten. NIGHTINGALE (1935) har undersøgt rodvirksomheden på æbler og fersken i sandkultur ved temperaturer fra 7,2—35°C. Han fandt meget ringe vækst ved 7—10°, optimal vækst omkring 18° og stærkt aftagende igen ved 29—32°C.

BATJER m. fl. (1939) finder, at æbletrærødder i væksthuse ved 4,4—18,3°C fra januar—juli udviklede et kraftigere rodnet end ved temperatur på 4,4° indtil maj, og 18,3° fra maj til juli, medens træer ved 4,4°C i hele perioden ikke havde nogen rodvækst.

ROGERS (1953) har ved sine rodundersøgelser på East Malting fundet, at æbletrærødder udvikles bedst, når jorden er varm og fugtig. Om vinteren er der kun en meget svag rodvækst ved temperaturer under 7,2°. Når jorden i foråret varmes op, forstærkes væksten, og den kraftigste rodvækst sker ved 20—25°C i 20 cm dybde.

Kulturmetodernes indflydelse på jordtemperaturen er bl. a. belyst af McCALLA and DULEY (1946), der finder, at den ugentlige maksimale gennemsnitstemperatur i 2,5 cm dybde ved dækning af jorden i sommertiden med 0,4 og 1,7 t halm pr. ha blev nedsat fra 31,2° til henholdsvis 26,5 og 23,6°C, og minimumstemperaturen forøget fra 17,9 til 19,7°C.

WOODBURY m. fl. (1917) beretter om måling af jordtemperatur i 22,5 cm dybde gennem 3 år under forskellige kulturmetoder i en ung æbleplantage. Såvel maksimums- som minimumstemperaturen under renkultur var højest om sommeren og lavest om vinteren, medens temperaturen under halm var lavest om sommeren og højest om vinteren. Temperaturen under græs ligger mellem temperaturerne for renkultur og halm. I forårs- og efterårsmånederne var temperaturerne ens under de tre kulturmetoder.

Laveste temperatur for perioden blev målt januar 1916 og var under renkultur $\div 2,7^{\circ}$, under græs 0° og under halm $1,7^{\circ}\text{C}$. Højeste temperatur, august 1915, var henholdsvis $26,7^{\circ}$, $21,7^{\circ}$ og $20,6^{\circ}\text{C}$.

I den udtørrede Søborg sø blev der i 1881—85 udført temperaturmålinger i 15, 30 og 75 cm dybde under agerjord med græs, dyndjord med græs og jordbelagt dynd uden vegetation (Willaume-Jantzen, 1885). I tiden fra marts til september var temperaturerne under græs lavest, men fra september til marts var temperaturen under jordbelagt dynd lavest. I 75 cm dybde var temperaturerne omtrent ens for alle behandlinger, belagt dynd dog højest midt på sommeren. Temperaturvariationerne var størst i 15 og 30 cm dybde og større under jordbelagt dynd end under græs. Forfatteren konkluderer: Græs hæmmer såvel varme som kulde i at trænge ned i jorden.

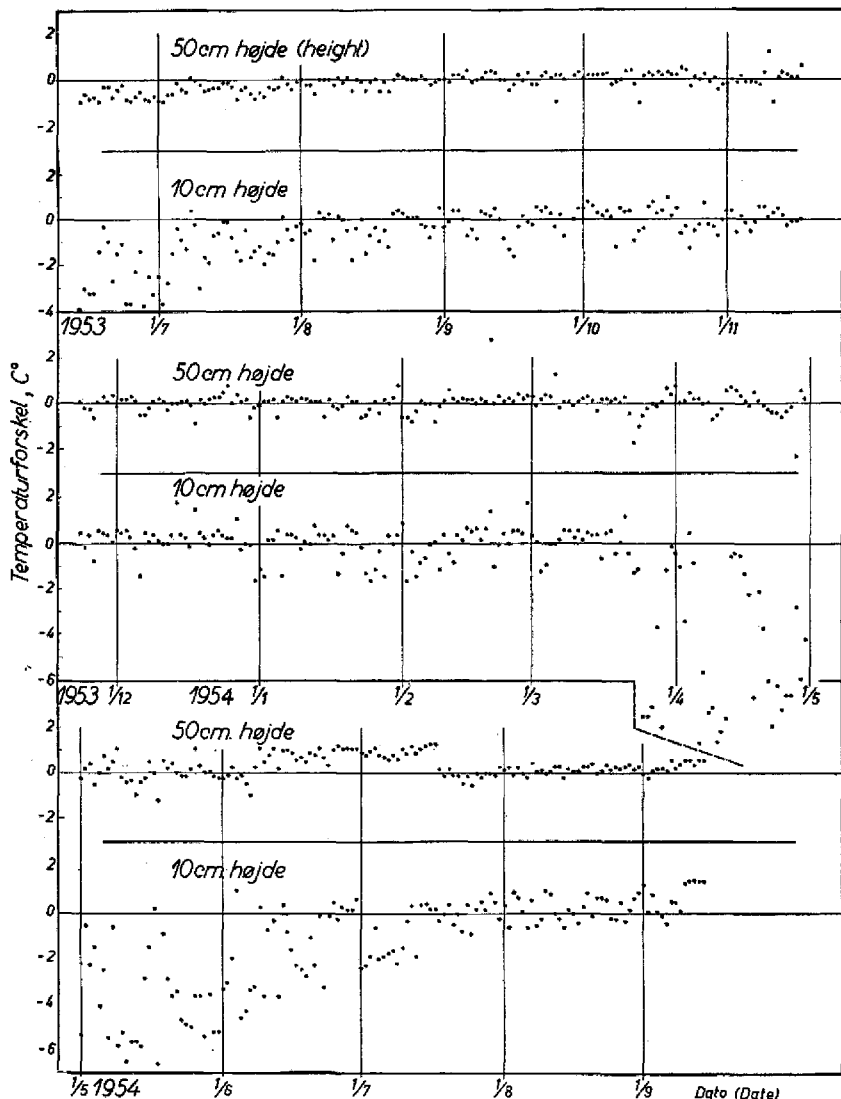
14. *Temperatur over jorden.* Temperaturforholdene i og over jorden er på Blangstedgaard målt i forskellige dybder og højder med forskelligt apparatur. Lufttemperaturen er målt kontinuerligt fra 1. maj til 5. oktober 1953 og fra 12. april til 12. september 1954 med termograf i 200 cm højde over græs.

Minimumstermometre blev anbragt i 10 og 50 cm højde over jordoverfladen i de tre forsøgsled. Minimumstemperaturen og temperaturen kl. 9 blev aflæst hver dag. I halm- og græsparcellen fra 14. maj, og i den renholdte parcel fra 14. juni 1953, til 14. september 1954.

På termohydrografens kort fra ugen 29/6—5/7 1953, fig. 7, ses lufttemperaturens døgnvariation. Den højeste temperatur nås efter kl. 12, medens den laveste temperatur nås omkring kl. 4.

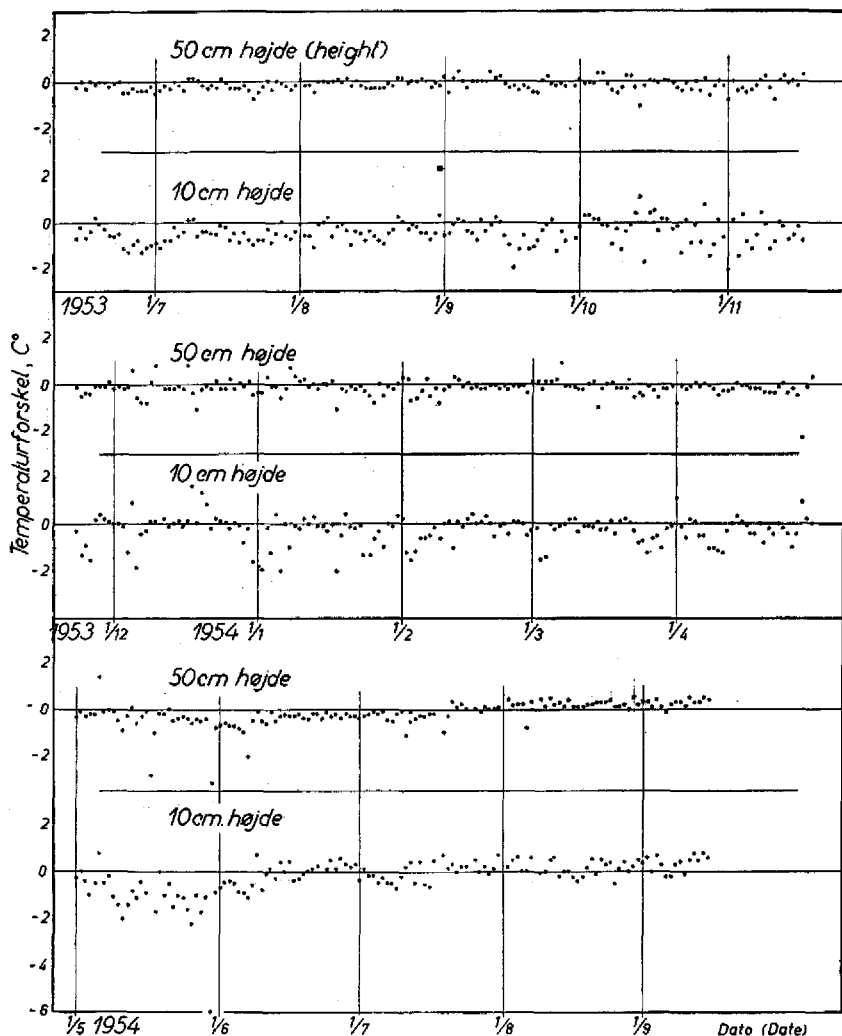
Kulturmetodernes indflydelse på minimumstemperaturen er vist i fig. 13 og 14, hvor temperatur i 10 og 50 cm højde over renkultur er nullinie, og hvor temperaturafvigelsen over halm og græs i forhold til renkultur er anført. Temperaturafvigelsen over græs og halm i forhold til renkultur har haft omtrent samme periodiske forløb i begge højder. I 50 cm er afvigelserne dog mindre end i 10 cm højde.

I 10 cm højde var minimumstemperaturen i april—maj således indtil $6-8^{\circ}$ lavere over halm, og $1-2^{\circ}$ lavere over græs



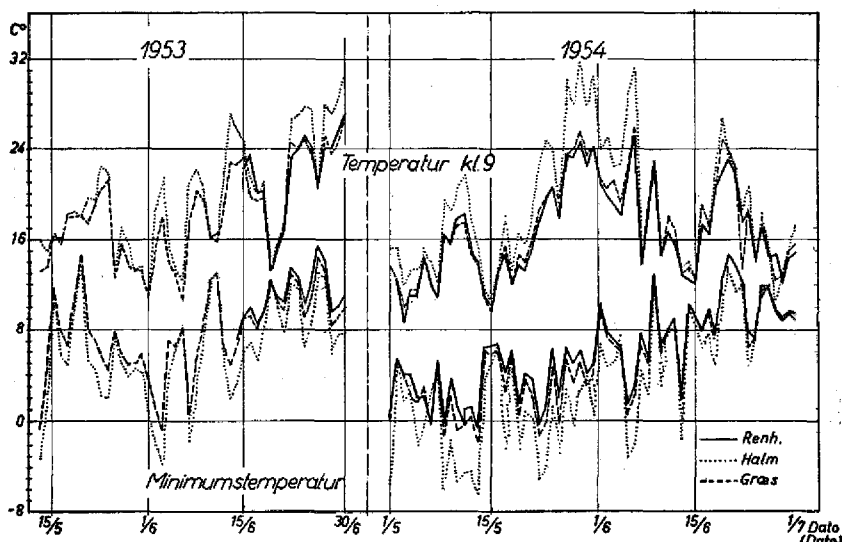
Figur 13. Forskel i minimumstemperatur i 10 og 50 cm højde over halm i forhold til renholdt jord, når temperaturen over renkultur er benyttet som nul. 1953—54. Difference in minimum temperature at a height of 10 and 50 cm above straw, when the temperature above cultivated soil is used as zero. 1953—54.

i forhold til renkultur. I løbet af juni—juli aftog forskellen, og i august—september var temperaturerne omtrent ens over de 3



Figur 14. Forskel i minimumstemperatur i 10 og 50 cm højde over græs i forhold til renkultur, når temperaturen over renkultur er benyttet som nul. 1953—54. *Difference in minimum temperature at a height of 10 and 50 cm above grass, when the temperature above cultivated soil is used as zero. 1953—54.*

kulturmetoder. Vinteren igennem var minimumstemperaturen over halm en smule højere end over renkultur, men der var ret store daglige variationer for alle kulturmetoder.

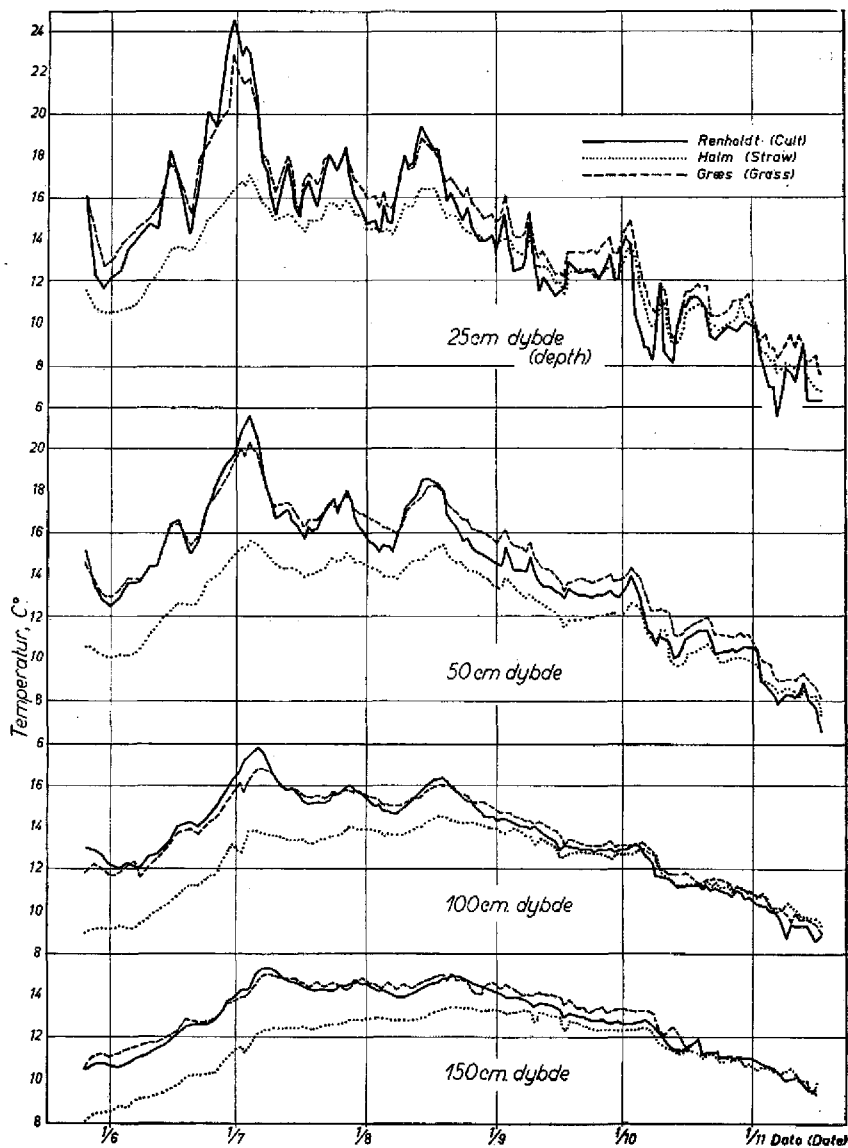


Figur 15. Temperaturen i 10 cm højde over jorden. Øverst temperaturen kl. 9, nederst minimumtemperaturen.

Temperature at 10 cm height. At the top the temperature at 9 a.m., below the minimum temperature.

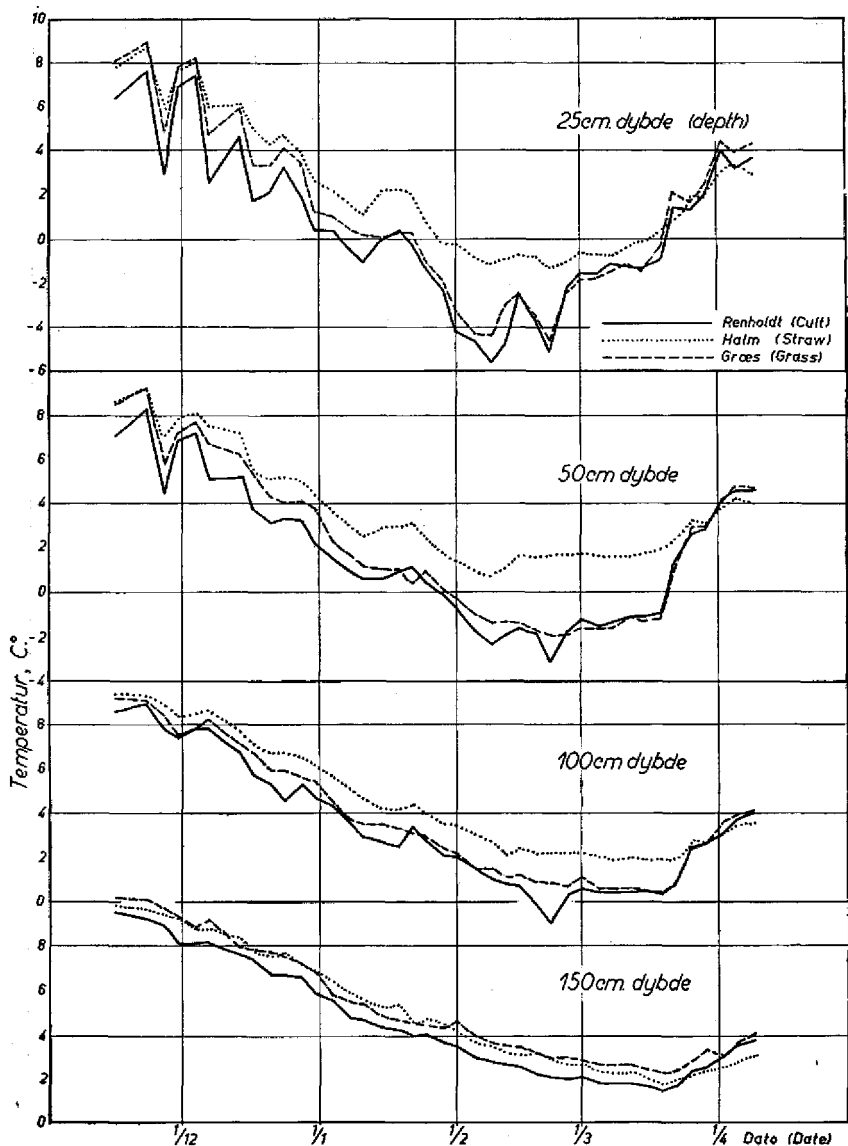
Minimumstemperaturen i 10 cm højde over halm, græs og renkultur for maj og juni 1953 og 1954 ses i fig. 15, hvor den er vist sammen med temperaturen kl. 9 i samme højde. Der blev i 1953 målt nattefrost den 13. maj, 1., 2., 3. og 7. juni over halmen, og kun 13. maj og 2. juni over græs. 2. og 3. juni var minimumsttemperaturen over halm henholdsvis $\div 2,0$ og $\div 3,8^\circ$, over græs $1,0^\circ$ og $\div 0,8^\circ$ C.

I maj 1954 blev der i 10 cm højde målt nattefrost 16 døgn over halm, 7 døgn over græs og 2 døgn over renkultur. Over halm den 9. maj $\div 6^\circ$, over græs $\div 1,3^\circ$ og over renkultur $0,2^\circ$. I juni samme år blev der målt nattefrost over halm den 5., 6. og 13., henholdsvis $\div 3,2$, $\div 1,8$ og $\div 1,5^\circ$, medens der over græs var $0,5$, $2,1$ og $1,9^\circ$, og over renkultur $1,4$, $3,0$ og $2,2^\circ$ C for de samme døgn. I 50 cm højde blev der for begge måneder målt nattefrost 2 døgn over alle kulturmetoder, $\div 1,3$ og $\div 0,5$ over halm, $\div 1,5$ og $\div 0,8$ over græs og $\div 0,9$ og $\div 0,4$ over renkultur.



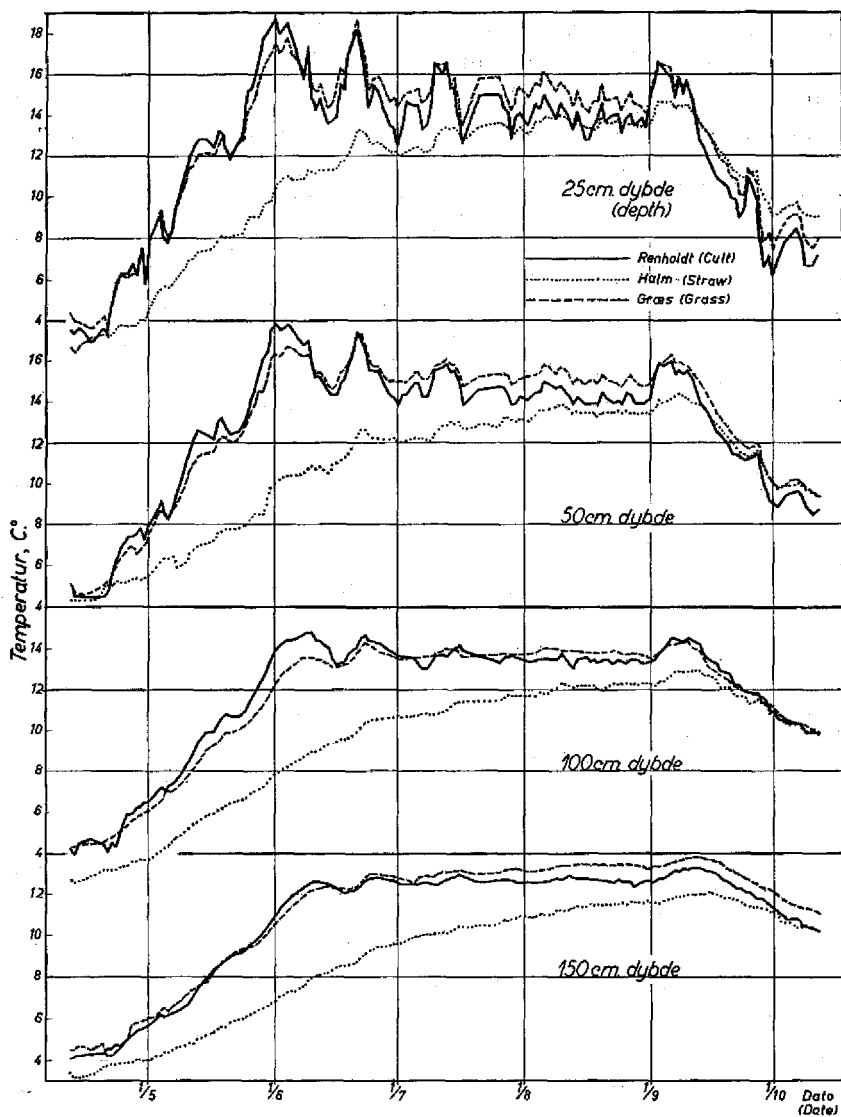
Figur 16. Temperaturmålinger i jord 1953.
Measurements of soil temperature 1953.

Forskellen mellem minimumstemperaturen og temperaturen kl. 9 over halm har flere døgn været over 28° C, over græs og



Figur 17. Temperaturmålinger i jord 1953-54.
 Measurements of soil temperature 1953-54.

renkultur var forskellen mindre. Temperaturen over halmen er lavere om natten og højere om dagen, ved aflæsning kl. 9 ofte



Figur 18. Temperaturmålinger i jord 1954.
 Measurements of soil temperature 1954.

2—4° C højere end over græs. Over den renholdte jord er der varmest om natten, og om dagen har den samme temperatur som græs.

15. *Temperatur i jorden.* Jordtemperaturen i 25, 50, 100 og 150 cm dybde er målt med termistorer daglig kl. 9 fra 3. juli til 17. november 1953 og fra 12. april til 14. september 1954. Fra 26. maj—3. juli 1953 er der kun 3 målinger pr. uge, og fra 17. november 1953 til 12. april 1954 1—2 målinger pr. uge.

I fig. 16, 17 og 18 vises jordtemperaturen i 25, 50, 100 og 150 cm dybde under de tre kulturmetoder. Højeste temperatur i 2 m højde, 30° C, blev målt kl. 12 den 3. juli 1953, men som det vil ses på termografens ugekort for den pågældende uge, fig. 7, havde temperaturen flere dage været i nærheden af 30° C. Højeste temperatur i 25 cm dybde målt allerede 30. juni, i 50 cm nåedes den højeste temperatur 4 dage efter, i 100 cm 6, og i 150 cm dybde 7—8 dage efter.

Temperaturvariationerne var størst i 25 cm dybde og udjævnedes nedefter. I 150 cm dybde lå termistorerne i grundvand hele perioden, og variationerne var kun små. Forskellen mellem temperaturerne under kulturmetoderne var mest udtalt i juni—juli og i februar—marts.

Temperaturen under græs og renkultur var omtrent ens, blot varierede temperaturen under renkultur lidt mere end under græs. Halmkultur udjævner døgnvariationerne i alle dybder.

Den højeste jordtemperatur blev målt i 25 cm dybde omkring midsommer i begge årene. Temperaturen aftog til 50 cm dybde med 1—2°, i 100 cm dybde med yderligere 2—3°, og i den største dybde 150 cm med endnu 1—2°C. Et temperaturfald fra 25 cm dybde til 150 cm dybde på 5—10°C.

I løbet af sommeren blev temperaturforskellen mellem måledybderne mindre, og i september—oktober var temperaturerne omtrent ens i de 4 dybder. I februar måned målt de laveste temperaturer i 25 cm dybde, og temperaturen steg med dybden. Fra 25—50 cm steg den ca. 2°, fra 50—100 cm 2—4°, og fra 100—150 cm dybde steg den yderligere ca. 2°. Fra 25 cm til 150 cm dybde en stigning på 6—8°C. Omkring 1. april var temperaturerne igen ens i de forskellige dybder.

Temperaturen under halm lå i juni—juli i alle dybder 2—6° lavere end under græs og renkultur. Forskellen var størst i 25 cm dybde og aftog nedefter. I løbet af august—september blev

forskellen mindre, og i efterårsmånederne var temperaturen under de 3 kulturmetoder på samme niveau.

I tiden november—april var jordtemperaturen højest under halm i indtil 100 cm dybde, i februar 2—3° højere end under græs og renkultur. Sidst i marts til først i april var temperaturerne ens under alle kulturmetoder, og derefter opvarmedes jorden hurtigere under græs og renkultur end under halm. I løbet af august—september blev forskellen mindre, og i efterårsmånederne var temperaturen under de 3 kulturmetoder på samme niveau.

De største temperaturnedgange målttes ofte i forbindelse med nedbørsperioder. Midt på sommeren vil nedbør næsten altid forårsage temperaturnedgang i de øverste jordlag, deraf de skarpe knæk på kurverne.

16. *Diskussion.* Resultaterne viser, at der er en ret betydelig forskel på temperaturen såvel over som under jorden ved de prøvede kulturmetoder. De temperaturforskelle, der her er målt over jorden, kan vel ikke have nogen større indflydelse på frugttræerne, idet de udjævnes allerede i 50 cm højde; det må dog forventes, at et større halmdækket areal vil være lidt koldere end arealer med andre kulturmetoder.

Anderledes stiller det sig med frugtbuske og jordbær. I frugtbuskenes blomstringstid kan der indtræffe nattefrost, og er arealet halmdækket, kan der i indtil 50 cm højde forventes, at temperaturen vil være $\frac{1}{2}$ ° lavere, end hvis jorden var renholdt. Det samme omtaler Greenham (1953).

Det er ret almindeligt, at jordbær dækkes med halm mellem rækkerne allerede først i juni; en så tidlig dækning er sikkert risikabel. I 1953 blev der målt nattefrost over halm den 7. juni, og i 1954 så sent som 13. juni, og minimumstemperaturen i 10 cm over halm var fra midt i maj til sidst i juni indtil 5° lavere end minimumstemperaturen over renkultur. Udsættes halmdækning af jordbær til hen midt i juni, er der mindre fare for nattefrost. Til gengæld er dagtemperaturen over halm højere end over renkultur, og det kan måske have betydning for bærrenes modning.

Halmens lyse farve og dårlige varmeledningsevne medfører højere dagtemperatur og lavere nattemperatur over halm end over renkultur, hvor jorden om dagen akkumulerer mere varme

og afgiver den igen om natten. Den lavere temperatur under halm skyldes halmens dårlige varmeledningsevne. De før refererede resultater fra tidligere undersøgelser af temperaturforholdene under forskellige kulturmetoder bekræftes således af målingerne på Blangstedgaard. Måledybdene korresponderer ikke med hinanden, og en egns vejforhold kan spille ind, men tendensen er den samme. På Blangstedgaard var temperaturen under halm omkring midsommer $2-6^{\circ}$ lavere end under græs og renkultur, medens den i den koldeste periode i februar var $2-3^{\circ}$ højere under halm end under græs og renkultur.

Hvor megen indflydelse de temperaturforskelle, der her er målt, har på træernes vækst, vides ikke. NIGHTINGALE (1935) og ROGERS (1953) angiver, at rodvækst først begynder omkring $7-8^{\circ}$. Denne temperatur nås for alle kulturmetoders vedkommende i maj måned. Omkring 1. maj for græs og renkultur i 25 og 50 cm dybde, men først i sidste halvdel af maj når temperaturen under halm op på de $7-8^{\circ}$. I et sent forår kunne det tænkes, at træer ved halmdækning kommer senere i gang end ved andre kulturmetoder.

Som refereret foran, har OSKAMP (1918) og JOHANSSON (1941) fundet nogen forskel på frugttræernes vinterfasthed, når de dyrkes med forskellige kulturmetoder, og det er almindeligt kendt, at jorden fryser senere til under halm og græs end under udækket jord. Forskellen på frugttræernes vinterfasthed skyldes sikkert ikke nogen forskel i temperaturen under jorden. Hvis det var tilfældet, skulle der ikke kunne ske frostskaade på træerne i halmen, når der ingen skade skete på træer i renkultur.

Årsagen er snarere, at træerne i græs på grund af konkurrencen om vand og næring afslutter væksten tidligere, og skuddene når at modne, inden frosten indtræder. Samme virkning kan, som Johansson omtaler, opnås med een-årig dækkultur, sået omkring midsommer, hvilket også praktiseres i danske frugtplantager.

V. SAMMENDRAG

Fra foråret 1953 til efteråret 1954 blev der ved statens forsøgsstation, Blangstedgaard i samarbejde med Hydroteknisk Laboratorium udført en række meteorologiske og jordbunds-

fysiske målinger i og over jorden i en forsøgsafdeling med Cox Orange-træer, plantet 1949.

Formålet med målingerne var at undersøge, hvilken indflydelse renkultur, halmdækning og græskultur, der blev holdt kortklippet, havde på fugtighed og temperatur i og over jorden.

Over jorden blev der daglig målt minimumstemperatur og temperatur kl. 9 i 10 og 50 cm højde, og der blev kontinuerligt målt vindstyrke i 130 cm højde, temperatur og relativ luftfugtighed i 200 cm højde.

I jorden blev den relative fugtighed målt med tensiometre og gipsblokke og temperaturen med thermistorer, alle i 25, 50, 100 og 150 cm dybde. Endvidere blev der i sommeren 1953 udtaget jordprøver til bestemmelse af absolut vandindhold i 10, 25 og 50 cm dybde.

På grundlag af luftens relative fugtighed, temperatur og vindhastighed, samt antal soltimer (målt ved Aarslev) er beregnet ugentlig fordampning fra arealet i perioderne 1. maj—31. oktober 1953 og 12. april—12. september 1954. Fordampningen var henholdsvis 450 mm og 355 mm for de to perioder. I tiden ca. 1. maj—12. september var fordampningen i 1953 418 mm og i 1954 315 mm. Den lavere fordampning i 1954 må ses på baggrund af de solfattige sommermåneder.

Efter tensiometermålinger og opsummering af nedbør er der fra 7. april—31. oktober 1953 fundet en fordampning på 436 mm. Det er lidt mindre end den målte fordampning i 1953. En forskel, der kan skyldes vandforsyning til både træer og græs fra den lidt høje grundvandstand.

Udtagning af jordprøver til bestemmelse af vandindhold er arbejdskrævende, og med et lille antal fællesbestemmelser og uensartet jord er usikkerheden stor.

Efter fugtighedsmålingerne med tensiometre og gipsblokke må halmdækning i forhold til renkultur betegnes som en vandbesparende og græs som en vandforbrugende kulturmetode. Midt på sommeren var der i 25 cm dybde under græs kun 10—20 pct. af den for planterne tilgængelige vandmængde tilbage, medens der under halm var ca. 70 pct. og under renkultur 40—50 pct. tilbage. I 50 cm dybde var der kun tale om udtørring under græs til ca. halvdelen af den tilgængelige vandmængde.

I 10 cm højde over jorden var minimumstemperaturen i maj—juni indtil 5° lavere over halm end over græs og renkultur. Begge år blev der målt nattefrost over halm i første halvdel af juni. Sidst på sommeren var minimumstemperaturerne ens, men om vinteren ofte lidt højere over halm end over renkultur og græs.

Forskellen mellem minimumstemperaturen og temperaturen kl. 9 over halm har flere døgn i forsommeren været mere end 28°. Over græs og renkultur var forskellen mindre.

I 50 cm højde blev forskellene udjævned, men tendensen var den samme som i 10 cm højde.

I de øverste jordlag målted de højeste temperaturer omkring midsommer, og de laveste i februar—marts. Dybere var forholdet omvendt. Temperaturen under halm var omkring midsommer 2—6° lavere og i februar 2—3° højere end under de andre kulturmetoder. Forår og efterår var temperaturerne omtrent ens. Jordtemperaturvariationerne aftog med dybden og var mindst under halm og størst under renkultur.

Spørgsmålet om den bedst egnede kulturmetode kan ikke afgøres med de her udførte kortvarige undersøgelser. Hvilken kulturmetode, der i det lange løb og i det enkelte tilfælde bør foretrækkes, kan kun besvares ved udbyttforsøg og undersøgelser over frugtkvalitet, arbejdsbehov, sundhedspleje m. v.

Den vejledning, der kan gives praksis, må være følgende: Halmdækning vil være bedst egnet på lettere jorder, hvor den maksimalt tilgængelige vandmængde og nedbøren er ringe, og hvor der ikke er tale om arealer, der erfaringsmæssigt er udsat for sen nattefrost.

På gode jorder med et stort tilgængeligt vandindhold og rigelig nedbør kan græskultur anvendes, når græsset holdes kortklippet. Ved hyppig klipning begrænses græssets vandforbrug og rodvirksomhed.

Renkultur, kombineret med eenårig dækkultur, sået omkring midsommer, vil ifølge forsøg og erfaring kunne bruges de fleste steder. Denne kulturmetode udtørre ikke jorden så stærkt som græs, og de lavere temperaturer undgås.

For gode studieforhold og megen hjælpsomhed i studietiden og ved udarbejdelse af beretning vil jeg gerne takke docent,

dr. H. C. Aslyng, Hydroteknisk Laboratorium. Forstander N. Dullum, Statens Forsøgsstation, Blangstedgaard, vil jeg takke for frihed til deltagelse i dette studiearbejde og for hjælp ved videreførelse af undersøgelserne og udarbejdelse af beretning. Endelig takker jeg Teknisk-Videnskabeligt Forskningsråd for økonomisk støtte.

SUMMARY

Water balance, meteorological and soil physical measurings in an orchard at different methods of cultivation.

During the period spring 1953 to autumn 1954 a series of meteorological and soil physical measurings in and above the ground were carried out at the State Research Station of Blangstedgaard in collaboration with the Hydrotechnical Laboratory at the Royal Veterinary and Agricultural College in Copenhagen in a trial section of Cox Orange trees planted in 1949.

The purpose of the measurings was to examine the influences of clean cultivation (fallow), covering the soil with straw (mulch) and growing short grass (cover crop) on the humidity and the temperature in and above the ground.

Above the ground the minimum temperatures and the temperatures at 9 o'clock at a height of 10 and 50 cm were registered daily, and continual registrations of the wind speed at a height of 130 cm. The temperature and the relative humidity of the air at a height of 200 cm were undertaken.

In the soil the relative humidity was measured by means of tensiometers and gypsum blocks and the temperature by means of thermistors, all measurings being undertaken at a depth of 25, 50, 100 and 150 cm. Furthermore, during the summer of 1953 soil samplings were made in view of determining the absolute water contents at a depth of 10, 25, and 50 cm. On the basis of the relative humidity of the air, the temperature, the speed of the wind and the hours of sunshine (registered at Aarslev), the weekly evaporation from the area has been calculated for the periods May 1 to October 31, 1953, and April 12 to September 12, 1954. The evaporation during the two periods reached 450 and 355 mm respectively. From about May 1 to September 12, 1953, the evaporation was 418 mm. During the corresponding period of 1954 it was 315 mm. The lower evaporation registered for 1954 must be considered on the basis of the lack of sun during the summer months of that year.

According to the measurings by tensiometers and the summing up of the precipitation, an evaporation of 436 mm has been found during the period April 7 to October 31, 1953. This figure is a little smaller than from the figure found by calculating the evaporation in 1953. This be due to the rather high ground water table supplying both trees and grasses with some ground water.

Taking soil samples for determining the water contents is labour-demanding

and a small number of replicate determinations in heterogeneous soil involves great uncertainty.

According to the humidity registration by tensiometers and gypsum blocks, covering by straw as compared to clean cultivation must be considered a water-saving method of cultivation, whereas grass must be regarded as a water-consuming method of cultivation.

Under grass only 10 to 20 per cent of the quantity of water available to the plants were left at a depth of 25 cm in the middle of the summer, whereas under straw about 70 per cent and in the case of clean cultivation 40 to 50 per cent were left. At a depth of 50 cm the soil was dried up under grass only to about half of the quantity of available water.

At a height of 10 cm above the ground the minimum temperature in May—June was up to 5° C, lower over straw than over grass and clean cultivation. In both years night-frost was registered over straw even during the first half of June. At the end of the summer the minimum temperatures were alike, but in winter they were often found to be a little higher over straw than over clean cultivation and grass.

Over straw the difference between the minimum temperature at night and the temperature at 9 o'clock was in several cases in early summer superior to 28°. Over grass and clean cultivation the difference was less pronounced. At a height of 50 cm the differences were equalized, but the tendency was the same as at a height of 10 cm.

In the top-soil the highest temperatures were reached about mid-summer and the lowest ones in February-March. Deeper in the soil the opposite was the case. Under straw the temperature was 2 to 6° C lower about midsummer and 2 or 3° higher in February than in the case of the other methods of cultivation. In spring and autumn the temperatures were nearly identical. The temperature variations in the soil were declining with the depth and were smallest under straw and greatest under clean cultivation. The question of the method of cultivation which is most suitable cannot be solved on the basis of these transitory experiments.

The method of cultivation to be preferred in the long run and in each individual case must be found by determining yield, quality of fruit, demands as to labour and control of diseases etc.

The guidance to be given practitioners should be the following: Covering by straw will be suitable in areas with light soil in which the maximum quantity of available water is small and the precipitation insufficient and which, according to experience, are not exposed to late night-frosts.

In areas with good soil, a great quantity of available water and abundant precipitation, grass may be used when it is kept short. Frequent cutting reduces the water consumption and the root activity of the grass. Clean cultivation in connection with an annual cover crop, sown about mid-summer, can, according to experiments and experience, be used in most places. This method of cultivation does not dry up the soil as much as in the case of grass and the low temperatures are avoided.

LITTERATUR

- Aslyng, H. C.* (1952): Characterization of soils. — Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Årsskrift 1952. 20—56.
- Aslyng, H. C.* and *K. J. Kristensen* (1953): Investigations on the water balance in Danish agriculture. — Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Årsskrift 1953. 48—90.
- Aslyng, H. C.* (1954): Jordens vandbalance. — N. J. F. Kongresberetning 1953: 93—100.
- Baker, C. E.* (1936): The relation of nitrogen and soil moisture to growth and fruitfulness of apple trees under different systems of soil management. — Purdue Agr. Exp. Sta., Bull. 414.
- Batjer m. fl.* (1939): The effect of root temperature on growth and nitrogen intake of apple trees. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37: 11—18.
- Bouyoucos, G. J.* and *A. H. Mick* (1949): An electrical resistance method for the continuous measurement of soil moisture under field conditions. — Mich. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 172.
- (1947): Improvements in the plaster of paris absorption block electrical resistance method for measuring soil moisture under field conditions. — Soil Sci. 63: 455—465.
- Greenham, D. W. P.* (1953): Orchard soil management. — Report. XIII. Int. Hort. Cong., London 1952.
- Grunnet, H. Ø.* og *N. Dullum* (1950): Forsøg med bearbejdet jord, græs og halmdækning under æbletræer. — Tidsskrift for Planteavl 53: 330—355. Summary.
- Haddock, J. L.* (1949): Influence of plant population, soil moisture, and nitrogen fertilization on the sugar content and yield of sugar beet. — Agron. Journ. 41: 79—84.
- Johansson, E.* (1941): Frostskador i svenska fruktträdgårdar vintern 1939—40. Medd. Statens Trädgårdsförsök nr. 12.
- Kenworthy, A. L.* (1949): Soil moisture and growth of apple trees. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54: 29—39.
- Kristensen, K. J.* (1954): Gipsblokke til måling af jordfugtighed. — Grundförb. 7: 183—200.
- Magness, J. R.* (1953): Soil moisture in relation to fruit tree functioning. — Report XIII. Inter. Hort. Cong. London 1952: 230—239.
- McCalla, T. M.* and *F. L. Duley* (1946): Effect of crop residues on soil temperature. — J. Amer. Soc. Agron. 38: 75—89.
- Meteorologisk Institut: Månedsoversigt over Vejrforholdene. 1953 og 1954.
- Nightingale, C. F.* (1935): Effect of temperature on the growth, anatomy and metabolism of apple and peach roots. — Bot. Gaz. 96: 581—639.
- Oskamp, J.* (1918): Winter injury in Indiana. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1918: 25—30.
- Palmer, E. F.* and *J. R. van Haarlem* (1948): Orchard soil management. — Ontario Dep. Agric. Bull. 457.
- Pennan, H. L.* (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. — Proc. Roy. Soc. A. 193: 120—145.

- Penman, H. I.* (1953): The physical bases of irrigation control. — Report. XIII. Int. Hort. Cong. London 1952: 913—924.
- Rasmussen, R. E. H.* og *N. Jonassen* (1955): Om måling af luftfugtighed. — Fysisk Tidsskr. nr. 2, 1955: 107—125.
- Rasmussen, P.* (1953): Forsøg med varigt græs under æbletræer. — Erhvervsfrugtavlseren. 19. årg. 138—141.
- Reeve, J. C.* and *J. R. Furr* (1941): Evaporation from a shallow black pan-evaporimeter as an index of soil moisture extraction by mature citrus trees. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 39: 125—132.
- Robins, J. S.* and *C. E. Domingo* (1953): Some effect of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. — Agron. Journ., Vol. 45, nr. 12, 618—621.
- Richards, L. A.* and *M. R. Huberty* (1941): Moisture studies under citrus using tensiometers. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Vol. 39: 73—79.
- Richards, L. A.* (1942): Soil moisture tensiometer materials and construction. — Soil Sci. 53: 241—248.
- Rogers, W. S.* and *Th. Rapopoulos* (1946): Cover crops for fruit plantations, II. Annual cover crops. — J. Pomol. and Hort. Sci., 22: 92—102.
- Rogers, W. S., Th. Rapopoulos* and *D. W. P. Greenham* (1949): Cover crops for fruit plantations. IV. Long-term leys and permanent swards. — J. Hort. Sci., Vol. XXIV, nr. 3 og 4: 228—270.
- Rogers, W. S.* and *D. W. P. Greenham* (1949): Soil management, with special reference to fruit plantations. — J. Roy. Agr. Soc. of England., Vol. 109: 194—211.
- Rogers, W. S.* (1953): Fruit plant roots and their environment. — Report. XIII. Int. Hort. Congr., London 1952.
- Shaw, J. K.* and *L. Southwick* (1936): Heavy mulching in bearing apple orchards. — Massach. Agr. Exp. Sta. Bull. 328.
- Statens Planteavlsudvalg: Beretning fra 1953/54 og 1954/55.
- Stephenson, R. E.* and *C. E. Schuster* (1945): Effect of mulches on soil properties. — Soil Sci. 59: 219—230.
- Taylor, A. Sterling* (1952): Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields. — Soil Sci. 74: 217—226.
- Thorntwaite, C. W.* and *J. R. Mather* (1951): The role of evapotranspiration in climate. — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B: Allgemeine und biologische Klimatologie. III.
- Turk, L. M.* and *N. L. Partridge* (1947): Effect of various mulching materials on orchard soils. — Soil Sci. 63: 111—125.
- Veihmeyer, F. J.* and *A. H. Hendrickson*, (1953): The effect of soil moisture on deciduous fruit trees. — Report XIII. Int. Hort. Congr., London 1952.
- Villaume-Jantzen, V.* (1885): Jordoverfladens Varme i Forhold til Luftens. 1881—1885. — Originalt manuskript findes på Hydroteknisk Laboratorium.
- Woodbury, C. G., H. A. Noyes* and *J. Oskamp* (1917): Soil management investigations in a young apple orchard. — Purdus Univ. Agr. Exp. Sta., Bull. 205, Vol. XX.
- Østlind, N.* (1949): Odlingsförsök med fruktträd ved Alnarp 1938—48. — Medd. Statens Trädgårdsförsök, nr. 54. Summary.