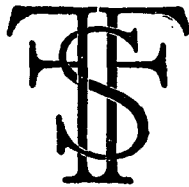


DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS — RAPPORTS — BERICHTE



BIND XXXII

HÆFTE 3

INDHOLD

ERIK HOLMSGAARD og BENT JAKOBSEN: Barktykkelser og barkprocenter for løv- og nåletræer. (Bark Thickness and Bark Percentage for Hardwoods and Conifers). S. 265—294. (Beretning nr. 251).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Gødningsforsøg i seks jyske rødgran-kulturer. (Fertilizing Experiments in Six Norway Spruce Plantations in Jutland). S. 295—311. (Beretning nr. 252).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN og N. J. LARSEN: Nedbør, afstrømning og beregnede fordampningsværdier for et mindre afstrømningsområde i Knuthenborg Park. (Precipitation, Run-off and Computed Evaporation Values for a Minor Catchment Area in Knuthenborg Park). S. 313—342. (Beretning nr. 253).

KØBENHAVN

TRYKT I KANDRUP & WUNSCH'S BOGTRYKKERI

1970

**NEDBØR, AFSTRØMNING
OG BEREGNEDE
FORDAMPNINGSVÆRDIER FOR
ET MINDRE AFSTRØMNINGSOMRÅDE
I KNUTHENBORG PARK**

**PRECIPITATION, RUN-OFF
AND COMPUTED EVAPORATION VALUES
FOR A MINOR CATCHMENT AREA
IN KNUTHENBORG PARK**

AF

**H. HOLSTENER-JØRGENSEN
OG N. J. LARSEN**

1. INDLEDNING

I februar 1962 igangsattes en dieseldrevet pumpe, som pumper vandet fra et areal under Knuthenborg gods ud i Smålandshavet. Arealet umiddelbart op til pumpestationen har navnet Vestre Enge, og er mod Smålandshavet afgrænset ved et dige.

Pumpestationen har automatisk virkende pumpe, som drives af en selvstartende svømmerreguleret dieselmotor. Den startedes første gang d. 27. februar 1962. Anlægget er forsynet med en driftstimetæller, som siden januar 1963 er blevet aflæst hver måned. Der er desuden ført kontrol med det årlige olieforbrug.

Da *Holstener-Jørgensen* i 1966 blev klar over, at der her lå et materiale, som var af hydrologisk interesse, enedes han og skovrider *N. J. Larsen* om, at de i fællig skulle prøve at bearbejde det materiale, som foreløbig var indsamlet. Det er denne bearbejdnings resultater, der gøres rede for i det følgende.

For at udnytte Knuthenborg-dataene var det imidlertid nødvendigt at skaffe nogle nedbørstal, som kunne dække forholdene i afstrømningsområdet.

Meteorologisk Institut har velvilligt stillet tal til rådighed fra Abed forsøgsstation og fra Orebygård. Vi vil gerne på dette sted takke for tallene.

Før bearbejdningen af Knuthenborg materialet kunne påbegyndes måtte der tages stilling til, hvilken af de to stationer, der måtte anses for bedst egnet til vort formål.

Beretningens to første kapitler behandler derfor dels sikkerheden på meteorologiske nedbørsmålinger i almindelighed — belyst ved Abed-Orebygårdmålingerne — dels spørgsmålet om, i hvilken højde nedbørsmålinger bør udføres. Dette problem trænger sig på, efter at *Aslyng* (1965) har publiceret en undersøgelse, som viser, at man finder de mest relevante nedbørstal, hvis nedbøren måles lige i jordoverfladen.*)

*) Manuskriptet afsluttet i oktober 1967.

2. NEDBØRSMÅLINGER

Det danske meteorologiske institut har stillet nedbørsmålinger til rådighed. Det viser sig, at den station, som lå nærmest afstrømningsområdet, nemlig Maribo, var uegnet til undersøgelsen, fordi målingerne på denne station ophørte med udgangen af januar 1965.

De to stationer, som ligger nærmest, er herefter Abed, som er placeret på landbrugsforsøgsstationen af samme navn, og Orebygård ved Saksøbing fjord. Afstrømningsarealets centrale del ligger på forbindelseslinien mellem disse to stationer. Afstanden til den vestligste, Abed, er ca. 11.5 km, mens afstanden til den østligste, Orebygaard, er ca. 6 km. Efter ønske fik vi talmateriale stillet til rådighed fra begge stationer. Tallene er gengivet i tabel 1.

Tabel 1. Nedbør, mm.
Table 1. Precipitation, mm.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
<i>Station Abed</i>												
1963	7	30	38	41	26	25	36	125	44	45	111	5
1964	24	27	17	50	40	54	44	40	64	32	33	52
1965	50	14	22	69	51	36	136	26	66	19	94	95
1966	53	63	37	93	49	88	53	87	38	56	59	126
<i>Station Orebygaard</i>												
1963	13	18	44	45	32	43	39	159	53	64	131	6
1964	27	i28	i18	i44	34	47	33	40	82	39	39	76
1965	53	15	25	73	54	39	129	22	74	16	91	92
1966	55	65	37	83	40	70	51	80	38	54	57	123

i = interpoleret

i = interpolated

Når vi ønskede tal fra begge stationer, var det, fordi det er rimeligt at prøve at skønne over, hvor stor nedbørsvariationen i området er. Det er for eksempel ikke givet, at man ved afstrømningsundersøgelserne skal vælge den nærmeste station. Det er i dette tilfælde Orebygaard, som ligger øst for undersøgelsesarealet. Man kan forestille sig, at en interpolation, eventuelt vejret efter afstande, mellem de to stationer er rimeligere.

En nærmere analyse af tallene er mulig i det foreliggende tilfælde, og en sådan analyse kan være nyttig, før man vurderer, hvilken station, man vil vælge.

En variansanalyse giver følgende resultater:

Variationsårsag	Frihedsgrader	Varians
Mellem stationer	1	104.00
Mellem måneder	11	2283.55
Mellem år	3	2491.67
Måneder \times stationer	11	33.36
År \times stationer	3	192.00
År \times måneder	33	1853.15
Rest	33	38.42

Denne oversigt viser, at der er en højt signifikant vekselvirkning år \times stationer. Med andre ord i et år har den ene station fået større nedbør end den anden, i et andet år er det omvendte tilfældet. En gennemgående systematisk forskel mellem stationerne er der derimod ikke tale om, idet der ikke er signifikant stations-udslag, og slet ikke, hvis man ser det på baggrund af det lige nævnte samspil.

Hvad der ikke kan undre er, at samspillet år \times måneder er højt signifikant. Tallene (tabel 1) viser for eksempel, at fra år til år falder nedbørsmaksimaene i forskellige måneder. Det undrer heller ikke, at selv på baggrund af de nævnte samspil, er „mellem år“ signifikant (95 % statistisk sikkerhed). Der er signifikant forskel i årsnedbøren.

Ser man på den samlede nedbør i de fire år, så er tallene følgende:

Abed:	2490 mm \pm 43.0 mm
Orebygaard:	2590 mm \pm 43.0 mm

Differencen er 100 mm \pm 60.7 mm og er statistisk set så usikker, at man ikke bør tillægge den synderlig vægt.

Nedenfor er der gjort rede for en anden analyse vedrørende Abed-tallene (side 320). Som resultat af denne analyse er der fremkommet en rest-varians, som det er nærliggende at sammenligne med den ovenfor anførte restvarians:

Abed-Orebygaard undersøgelsens restvarians	= 38.42 (33 frihedsgrader)
Abed-Fordampningsstations restvarians	= 1.00 (21 frihedsgrader)

Med en statistisk sikkerhed, som ligger godt over 99.9 %, er Abed-Orebygaard undersøgelsens restvarians størst. Dette giver anledning til mange tanker, hvoraf en er, at der kan være en betydelig forskel på kvaliteten af de to sæt målinger, og at kvalitetsforskellen i retning af det „dårligere“ synes at have en forbindelse med Orebygaard.

Da der ikke er sikker forskel mellem Abed og Orebygaard, når 4-års perioden tages under et og fordi andre undersøgelser på Abed (fordampningsmålinger) er af interesse, har vi valgt at bruge Abed-tallene til den egentlige afstrømningsundersøgelse.

3. NEDBØREN MÅLT VED JORDOVERFLADEN OG MÅLT PÅ NORMAL METEOROLOGISK STATION

Aslyng (1965) har undersøgt målebetingelsernes indflydelse på den registrerede nedbørsmængde. Han har sammenlignet følgende målebetingelser:

- 1) 200 cm² Hellmann regnmåler i 150 cm's højde i have under de læbetingelser, som Meteorologisk Institut normalt stræber efter.
- 2) 200 cm² Hellmann regnmåler med Nipher-skærm, anbragt 120 cm over jordoverfladen på Klima- og Vandbalancestationen på Højbakkegaard, hvor der ikke er læ.
- 3) 200 cm² Hellmann regnmåler, anbragt 120 cm over jordoverfladen på nævnte station på Højbakkegaard.
- 4) 200 cm² Hellmann regnmåler, anbragt med fangfladen 8 cm over jordoverfladen i græs på stationen på Højbakkegaard.
- 5) 200 cm² Hellmann regnmåler, anbragt med fangfladen i jordoverfladen og omgivet af græs på stationen på Højbakkegaard.
- 6) 200 cm² Hellmann regnmåler, anbragt med fangfladen i jordoverfladen og omgivet af piassava på stationen på Højbakkegaard.

Målingerne er foretaget i 8 år (1956—64). Publikationen giver månedsmiddelværdier for de 8 år og sammenligner disse på basis af procenttal, idet resultaterne af målingerne som angivet under pkt. 3 er benyttet som referenceværdier. I store træk viser det sig, at samtlige nævnte andre regnmålere viser højere nedbør end referencemåleren. Afvigelserne er størst — både procentisk og absolut — i forårs- og efterårsmånederne. De er endvidere størst for situationerne 5 og 6. Målinger i vintermåneder viser endvidere, at målerne i jordoverfladen (4—5—6) giver endnu større afvigelser i perioder med sne. *Aslyng* anser, at jordoverflademålingerne 5 og 6 giver de rigtigste værdier. Han støtter dette på, at et græsklædt, vejeligt lysimeter viste vægtforøgelser svarende til disse to måleres nedbørsmængder. Det fremgår ikke, i hvilket omfang denne sidste kontrolsammenligning dækker forholdene

i sneperioder. *Aslyng* konkluderer imidlertid med hensyn til måler 1, som er den der interesserer i denne forbindelse, at: „The underestimation is then about 30 percent for snow, 15 for rain and 17 as the mean figure for the winter precipitation“ (l.c.s. 280). Han regner med en vinternedbør på 250 mm, hvoraf 50 mm falder som sne. Det er for forfatterne i høj grad tvivlsomt, om den ene eller den anden målemetode giver den rigtige tilnærmelse i sneperioder. Det er for os sandsynligt, at den regnmåler, som har fangflade i jordoverfladen, gennemgående giver for høje værdier under snefald på grund af fygning.

Hvis resultaterne af *Aslyngs* undersøgelser på Højbakkegaard skal have generel anvendelighed, bør de være reproducerbare. Det er nu så heldigt, at målingerne på Abed forsøgsstation tillader en undersøgelse af reproducerbarheden. På Abed har Meteorologisk Institut en normal nedbørsstation. Endvidere er der en fordampningsmåler og en jordoverfladenedbørsmåler, som indgår i det net af fordampningsstationer, som på *Aslyng's* initiativ er placeret på statens forsøgsgårde. Der er altså en mulighed for at sammenligne disse to sæt målinger og undersøge, om de giver samme resultat som undersøgelsen på Højbakkegaard:

At den officielle meteorologiske station viser mindre nedbør end den regnmåler, som er placeret i jordoverfladen.

Der er indhentet månedsmiddeltal for samtlige måneder fra meteorologisk Institut for årene 1963—1964—1965—1966.

Fra Fordampningsstationen foreligger med enkelte undtagelser tal for de samme år for månederne april-november, begge inklusive (*Aslyng og Stendal*, 1965, *Anonym* 1965, 1966 og 1967).

Disse tal er gengivet i tabel 2. Til tallene er der følgende bemærkninger at gøre. Meteorologisk Instituts regnmålere bliver aflæst hver dag kl. 8⁰⁰, og den målte nedbør angives at være faldet på aflæsningsdagen.

For fordampningsstationerne angives:

„Måleinstrumenterne er aflæst og reguleret om morgenen en gang ugentlig, samt den 1. i hver måned.“ (*Anonym* 1965).

Ser man på de to talrækker, viser de, at der for visse måneder er betydelige differencer. For eksempel kan man se på månederne juli og august i 1963, hvor differencerne er henholdsvis, 22 mm (juli) og 23 mm (august), men med modsatte fortegn. En nærmere gennemgang af materialet, støttet på Meteorologisk Instituts ugeberetninger,

viser, at en differens som den nævnte skyldes, at en nedbør på 22 mm målt af Meteorologisk Institut d. 1/8-1963 af instituttet er henregnet til august måned, mens den for fordampningsstationen er henregnet til juli måned.

Før materialet er viderebehandlet, er samtlige fordampningsstationstal korrigeret med tal fra Meteorologisk Instituts ugeberetninger, så de dækker samme perioder som Meteorologisk Instituts månedssummer.

Ved denne korrektion viste det sig, at der blev en betydelig difference i november 1965 mellem de to målinger. Differencen kan karakteriseres med følgende tal:

Meteorologisk Institut nov. 1965: 94 mm

Fordampningsstationen „ 1965: 99 mm + 12 mm = 111 mm

Fordampningsstationens nedbør er 118 % af den officielle nedbør. Det skyldes formentlig, at der netop i november 1965 faldt betydelige snemængder på Lolland.

For at undgå, at denne ensidige fejl indgår ved bearbejdningen af talmaterialet, er Fordampningsstationens angivelse erstattet med det officielle nedbørstal.

Endelig er der ingen målinger i april 1966 på fordampningsstationen. Dette skyldes, at vinteren 1965/66 blev meget langvarig. Den manglende talværdi er ved bearbejdningen erstattet med Meteorologisk Instituts talværdi.

Det korrigerede talmateriale er derefter bearbejdet variansanalytisk med følgende resultat:

Variationsårsag	Frihedsgrader	Varians
Målemetoder	1	2.00
År	3	1321.00
Måneder	7	1445.14
Målemetoder \times år	3	0.33
Målemetoder \times måneder	7	1.14
År \times måneder	21	1900.86***
Rest	21	1.00

Det fremgår, at materialet alene viser, at der er et højt signifikant samspil år \times måneder, et forhold som er uden interesse. I denne forbindelse er det kun af interesse, at der ikke er signifikant forskel mellem de to målemetoder.

En variansanalyse af *Aslyngs* (1965) månedsmiddelværdier viser, at vækstperiodesummen er følgende på Højbakkegaard:

Have med læ (∞ Met. Inst.) april-november:	427 \pm 3.1 mm
Måler i jordoverfladen (∞ Fordamp.station)	
april-november:	449 \pm 3.1 mm
Difference:	22 \pm 4.3 mm

Her overfor står de tilsvarende tal for Abed forsøgsstation:

Sum 4 år Met. Inst. april-november:	1830 \pm 5.7 mm
Sum 4 år Fordampningsstation	
april-november:	1842 \pm 5.7 mm
Difference:	12 \pm 8.0 mm

Som man ser, er der signifikant forskel mellem de to måle-metoders resultater på Højbakkegaard, mens det ikke er tilfældet på Abed. Reproducerbarheden er altså ikke overbevisende. Det kan i øvrigt i denne forbindelse bemærkes, at restvarianserne er af samme størrelsesorden, så det er ikke i disse, man skal søge en forklaring på de to undersøgelses resultater.

Formålet med *Aslyngs* undersøgelse (1965) "has been a quantitative evaluation of the average effect of wind on the standard measurements of precipitation" (l.c.s. 276). På denne baggrund fortolker han da også sine resultater, hvilket er nærliggende, fordi hans materiale viser relativt lave differencer i sommer-måneder med lav gennemsnitlig vindhastighed og relativt store differencer i forårs- og eftersommermåneder med højere, gennemsnitlige vindhastigheder. En egentlig analyse af forholdet har *Aslyng* imidlertid ikke foretaget.

Det må anses for fair at lægge lige så meget vægt på Abed-undersøgelsen og konstatere, at forholdet fortjener en yderligere undersøgelse, før man drager en endelig konklusion.

På denne baggrund er det derfor valgt at anvende 1.5 m målingerne ved Abed i det følgende, undtagen side 329—331.

4. AFSTRØMNINGSUNDERSØGELSERNE

a. OMSÆTNING AF PUMPETIMER TIL NEDBØRSENHEDER.

Afstrømningsområdet er et typisk lollandsk moræneområde. Det er fladt og har gennemgående en finkornet jord med højtstående grundvand. Det er almindelig kendt, at det er vanskeligt at definere grænserne for et afstrømningsområde. Det involve-

rede areals størrelse er altså ukendt, og det er derfor ikke muligt at kombinere pumpetimer og pumpeydeler til 1 afstrømmet vand pr. ha og sekund, og ad denne vej danne sig et fair skøn over afstrømningens størrelse som funktion af:

1) nedbøren i afstrømningsområdet, 2) fordampningen fra jord og vegetation i afstrømningsområdet og 3) anden afstrømning (ikke målbar) fra området.

Hvad den sidste størrelse angår, så dækker den først og fremmest over det forhold, at frit jordvand kan forlade området ad andre veje end gennem pumpen.

Det er imidlertid så heldigt, at man under de herskende klimabetingelser har andre muligheder for at danne sig et godt skøn over forholdet mellem nedbør — fordampning og afstrømning.

Som baggrund for de følgende betragtninger kan det være nyttigt først at kaste et blik på tabel 2's tal for pumpetimer i de enkelte måneder. Der er en ganske klar sammenhæng mellem antallet af pumpetimer og den potentielle fordampning i de enkelte måneder. I sommermånederne, hvor fordampningen er stor, er antallet af pumpetimer lille, næsten 0. I vintermånederne, hvor fordampningen er lille, næsten 0, er antallet af pumpetimer stort. Det gælder specielt for månederne januar-februar-marts, hvor pumpetimerne og dermed afstrømningen ikke er nedsat, fordi der ikke i jorden er oparbejdet et jordvandsdeficit. Erfaringsmæssigt er jordmagasinet helt vandfyldt i de nævnte måneder og afstrømningen dermed maksimal.

Dette leder naturligt til den tanke, at *hvis den eneste afstrømningsmulighed fra arealet er over pumpen, så må afstrømningen være lig med nedbøren i mm over afstrømningsområdet i de måneder, hvor magasinet er vandfyldt og fordampningen 0.*

Denne tese antages, uden hensyntagen til de forbehold, som man må tage. Forbeholdene vil først blive berørt i den senere diskussion af undersøgelsesresultaterne.

I figur 1 er antallet af registrerede pumpetimer pr. måned lagt op over Meteorologisk Instituts nedbørstal fra Abed. Der er anvendt månederne december, januar, februar og marts. Figuren viser, at der er sammenhæng, men der er tillige en betydelig spredning.

Tabel 2. Nedbør, afstrømning og fordampning.
 Table 2. Precipitation, run-off and evaporation.

år	måned	N Nedbør Abed 1.5 m over jord mm N	Nedbør Abed jord- over- flade mm	For- damp- ning Abed mm	Pumpe- timer Knuthen- borg	A Beregnet afstrøm- ning Knuthen- borg mm A	N-A For- damp- ning mm N-A
year	month	Precipi- tation Abed 1.5 m above ground mm	Precipi- tation Abed ground surface mm	Evapo- ration Abed mm	Pumping hours Knuthen- borg	Computed run-off Knuthen- borg mm	Evapo- ration mm
1963	jan	7			15	6.0	1.0
	f	30			9	3.6	26.4
	m	38			164	65.6	—27.6
	a	41	41	34	74	29.6	11.4
	m	26	26	79	18	7.2	18.8
	j	25	25	90	2	0.8	24.2
	j	36	58	87	1	0.4	35.6
	a	125	102	68	7	2.8	122.2
	s	44	45	42	5	2.0	42.0
	o	45	45	21	30	12.0	33.0
	n	111	111	13	200	80.0	31.0
	d	5			44	17.6	—12.6
1964	j	24			43	17.2	6.8
	f	27			70	28.0	—1.0
	m	17			21	8.4	8.6
	a	50	50	56	91	36.4	13.6
	m	40	39	76	20	8.0	32.0
	j	54	54	85	7	2.8	51.2
	j	44	52	93	1	0.4	43.6
	a	40	32	79	0	0.0	40.0
	s	64	69	53	1	0.4	63.6
	o	32	33	20	2	0.8	31.2
	n	33	33	6	5	2.0	31.0
	d	52			36	14.4	37.6
1965	j	50			108	43.2	6.8
	f	14			36	14.4	—0.4
	m	22			128	51.2	—29.2
	a	69	69	48	79	31.6	37.4
	m	51	51	74	69	27.6	23.4
	j	36	37	94	9	3.6	32.4
	j	136	137	79	21	8.4	127.6
	a	26	44	66	7	2.8	23.2
	s	66	49	35	10	4.0	62.0
	o	19	31	18	5	2.0	17.0
	n	94	99	—	143	57.2	36.8
	d	95			207	82.8	12.2
1966	j	53			163	65.2	—12.2
	f	63			161	64.4	—1.4
	m	37			124	49.6	—12.6
	a	93			222	88.8	4.2
	m	49	49	78	50	20.0	29.0
	j	88	88	84	12	4.8	83.2
	j	53	53	85	5	2.0	51.0
	a	87	92	93	5	2.0	85.0
	s	38	38	45	8	3.2	34.8
	o	56	56	27	15	6.0	50.0
	n	59	73	17	45	18.0	41.0
	d	126			227	90.8	35.2
1967	j	58			100	40.0	18.0

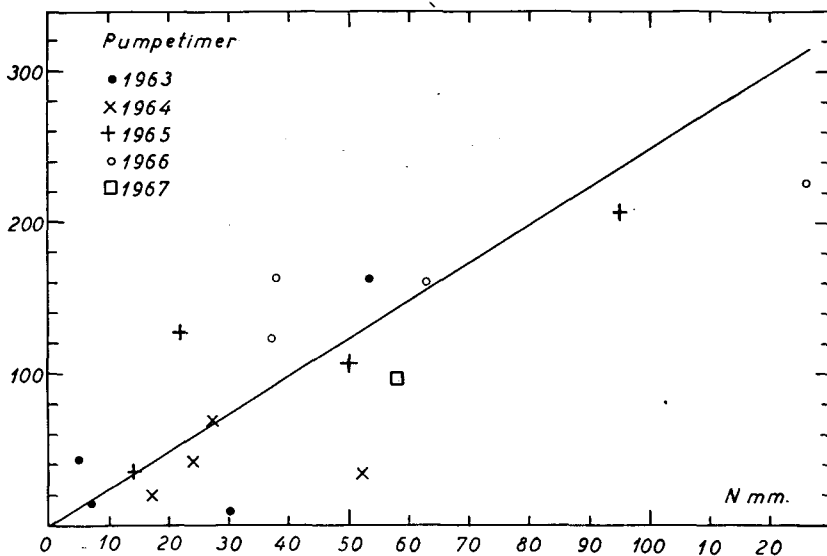


Fig. 1. Antallet af pumpetimer i månederne december, januar, februar og marts i forhold til de samme måneders nedbør, som den er målt ved Abed forsøgsstation. De år, som indgår i undersøgelsen, er adskilt ved signaturer.

Fig. 1. Number of pumping hours in December, January, February and March in relation to the precipitation of the same months as measured by the Abed experiment station. The years involved in the investigation have been marked by symbols.

Spredningen er naturlig. Afstrømningen kan for eksempel blive forsinket ved, at nedbør faldet i en måned med overvejende frost og i form af sne, først kommer gennem pumpen som afstrømning i den følgende måned. Dette vil medføre, at punktet for een måned ligger lavt i diagrammet, mens den påfølgende måneds punkt kommer til at ligge højt i diagrammet. En regressionsregning kan udjævne dette forhold, men forfatterne har valgt en anden udvej, den nemlig at benytte glidende summer.

I figur 2 er sådanne glidende summer afbildet. De er „fremstillet“ på den måde, at der for såvel nedbør (Abed) som pumpe-timer er dannet og afbildet følgende 3 summer:

december + januar, januar + februar, februar + marts.

Det fremgår, at månederne januar og februar på denne måde får dobbelt vægt i forhold til månederne december og marts.

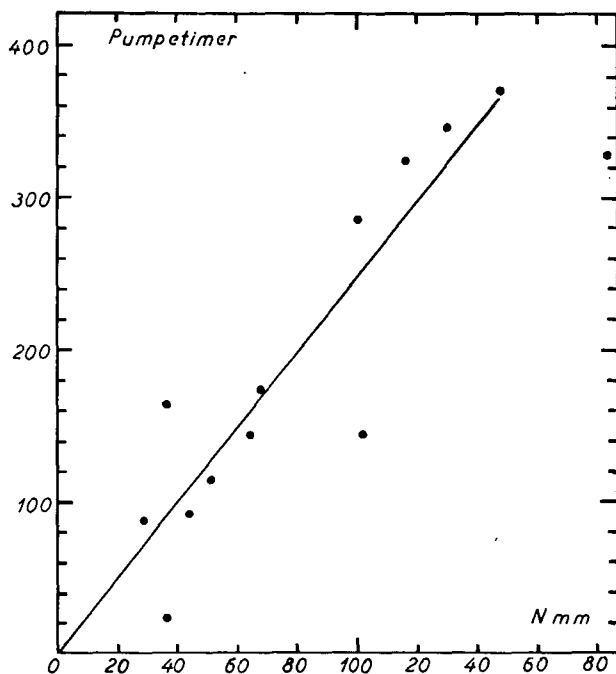


Fig. 2. Antal pumpetimer i forhold til nedbør. Der er anvendt glidende summer jævnfør teksten.

Fig. 2. Number of pumping hours in relation to precipitation. Overlapping periods have been used, cp. the text.

Figur 2 viser et langt klarere billede end figur 1. På figuren er indtegnet den linie som svarer til, at 1 pumpetime = 0.4 mm. Linien udjævner punkterne rimeligt godt, og de punkter, som falder langt fra linien, gør dette, enten fordi man ikke helt har fået elimineret sne-frost-forsinkelserne i afstrømningen, eller fordi der er et restjordvandetdeficit i den ene af summens to måneder.

b. FORDAMPNINGEN PÅ KNUTHENBORG.

Under den nævnte forudsætning, at 1 pumpetime = 0.4 mm nedbør er i tabel 2 afstrømningen måned for måned beregnet. Differencen mellem nedbøren i den enkelte måned og samme måneds afstrømning angiver fordampningen i måneden. Det må dog tilføjes, at differencen er påvirket af afstrømningsområdets

Tabel 3. Sammenligning af potentiel fordampning (Abed) og aktuel fordampning (Knuthenborg).

Table 3. Comparison of potential evaporation (Abed) with actual evaporation (Knuthenborg).

år	Abed potentiel fordampning absolut mm		Knuthenborg fordampning beregnet mm	
year	Abed potential evaporation absolute mm		Knuthenborg evaporation computed mm	
		relativ		korrigeret mm
		relative		corrected mm
1963	434	93	318.2	342
1964	468	100	350.6	351
1965	414	88	372.0	423
1966	429	92	427.2	464

akkumulerede jordvandsdeficit, og at en forsinkelse af afstrømningen i forhold til nedbøren også påvirker tallets størrelse. Begge dele vil blive nærmere omtalt i diskussionen.

Differencerne er angivet i tabel 2. Tallene er selvsagt behæftede med en vis tilfældig fejl, som man delvis kan se det af vinterværdierne, som både er positive og negative. Denne spredning stammer dels fra udjævningen, som er anvendt til bestemmelse af omsætningsfaktoren: pumpetimer til mm, dels er den „forårsaget“ af, at der er vinter måneder, hvor man har en betydelig fordampning (+ værdier) og andre hvor den foregående måneds nedbør på grund af frost og sne først strømmer af i den omhandlede måned, så månedens afstrømning overstiger dens nedbør (— værdier). Disse forhold vil ligeledes blive taget op til nærmere overvejelse i diskussionen (s. 334 f.f.).

Her skal der i øvrigt bemærkes, at hvis man vil beregne den samlede fordampning i afstrømningsområdet i vækstperioden, så må man tage hensyn til, at der i løbet af vækstperioden oparbejdes et jordvandsdeficit, som først bliver elimineret efter vækstperiodens afslutning. For at få et udtryk for fordampningen kan man summere fordampningstallene fra 1. april og frem indtil man træffer en måned — eventuelt tidligt i det påfølgende år — hvor fordampningen er negativ, det vil sige, at jordmagasinet er vandfyldt.

I tabel 3 er anført disse beregnede fordampningsværdier. Som man ser, er der en jævn stigning gennem årene. Tallene er afbildet i figur 3.

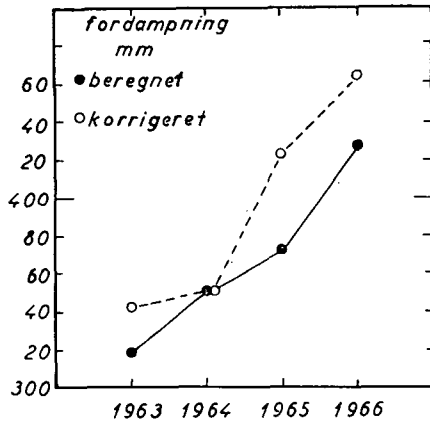


Fig. 3. Beregnede fordampningsværdier i de undersøgte år for hele afstrømningsområdet. De korrigerede værdier er korrigerede med fordampningsmåler værdier fra Abed forsøgsstation.

Fig. 3. Computed evaporation values in the years comprised by the investigation for the whole of the catchment area. The corrected values have been corrected by evaporation gauge values from the Abed experiment station.

De publicerede værdier for „potentiel“ fordampning målt på Abed forsøgsstation i månederne april-november findes i tabel 2. Summerer man disse tal år for år, får man et index for den klimatisk betingede potentielle fordampning i de enkelte år. Disse årssummer er anført i tabel 3 tillige med deres relative størrelse, når man sætter 1964-tallet til 100.

Det er nærliggende at bringe Knuthenborg-fordampningerne på samme klimaniveau ved at korrigere dem ved hjælp af Abed-målingerne. Sådanne korrigerede værdier er ligeledes vist i tabel 3, og de er med en anden signatur lagt ind i figur 3.

Endelig er det værd at bemærke, at nedbøren i vækstperioden har varieret betydeligt i de 4 år, som undersøgelsen vedrører. Hvis man benytter maj-juni-juli-nedbørstallene, som de er målt på Meteorologisk Instituts station på Abed (tabel 2), får man følgende oversigt.

	1963	1964	1965	1966
nedbør mm	87	138	223	190

I figur 4 er fordampningsværdierne fra Knuthenborg (tabel 3) lagt op over disse nedbørssummer. Det fremgår, at der er en

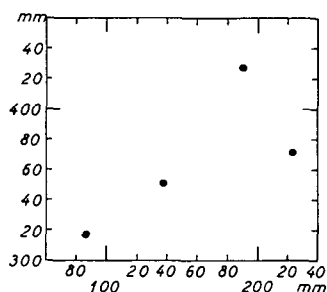


Fig. 4. Sammenhængen mellem maj + juni + juli-nedbøren på Abed (abscisse mm) og den beregnede årsfordampning for Knuthenborg området (ordinat.).

Fig. 4. The connexion between the May + June + July precipitation at Abed (abscissa mm) and the computed annual evaporation for the Knuthenborg area (ordinate).

betydelig tendens til, at Knuthenborg-fordampningen er korreleret med nedbøren i vækstperioden.

Til figurerne 3 og 4 skal der forlods yderligere knyttes den kommentar, at hvis man ser rent statistisk på de faktiske forhold, så er der holdepunkter (95 % statistisk sikkerhed) for en hypotese om en korrelation mellem tid (årene) og fordampning, mens en hypotese om en sammenhæng mellem nedbør i vækstperioden og fordampningen ikke på basis af de foreliggende tal støttes af en normal statistisk sikkerhed.

Den aktuelle fordampning (= Knuthenborg-fordampning) fra et område er mindre end den potentielle fordampning. Derfor oparbejdes der et jordvandsdeficit, og derfor er produktionen i dansk jordbrug nedbørsafhængig.

For den korte periode, som undersøgelsen omfatter kan manglende statistisk sikkerhed for en sammenhæng mellem sommernedbør og fordampning ikke føre til en betingelsesløs afvisning af hypotesen. Problemet må belyses ved talmateriale fra en længere årrække.

Hvad sammenhængen i figur 3 angår, så kan den forklares på 4 måder:

- 1) Enten har tilplantninger i afstrømningsområdet medført stigende vandforbrug,
- 2) eller en forbedret afvandingstilstand i området har givet en dybere rodudvikling og dermed et øget vandforbrug,

Tabel 4.
Table 4.

	N Nedbør jordover- flade mm	A B E D F For- damp- ning mm	N - F	Potentielt jordvands deficit mm	Knuthenborg afstrømning mm
	N Precipi- tation ground surface mm	A B E D F Eva- poration mm	N - F	Potential soil-water deficit mm	Knuthenborg run-off mm
1963					
a	41	34	7	7	29.6
m	26	79	-53	-53	7.2
j	25	90	-65	-118	0.8
j	58	87	-29	-147	0.4
a	102	68	34	-113	2.8
s	45	42	3	-110	2.0
o	45	21	24	-86	12.0
n	111	13	98	12	80.0
1964					
a	50	56	-6	-6	36.4
m	39	76	-37	-43	8.0
j	54	85	-31	-74	2.8
j	52	93	-41	-115	0.4
a	32	79	-47	-162	0.0
s	69	53	16	-146	0.4
o	33	20	13	-133	0.8
n	33	6	27	-106	2.0
1965					
a	69	48	21	21	31.6
m	51	74	-23	-23	27.6
j	37	94	-57	-80	3.6
j	137	79	58	-22	8.4
a	44	66	-22	-44	2.8
s	49	35	14	-30	4.0
o	31	18	13	-17	2.0
n	99	—			
1966					
m	49	78	-29	-29	20.0
j	88	84	4	-25	4.8
j	53	85	-32	-57	2.0
a	92	93	-1	-58	2.0
s	38	45	-7	-65	3.2
o	56	27	29	-36	6.0
n	73	17	56	20	18.0

3) eller den aktuelle fordampning er øget på grund af øgede nedbørsmængder i området. Denne mulighed kan som nævnt ikke kobles med en statistisk sikkerhed,

4) eller sammenhængen er en kombineret virkning af to eller alle tre forudgående forklaringer.

c. SOMMERAFASTRØMNINGEN.

Hvis man betragter tallene for pumpetimer i tabel 2, kan man se, at nok er afstrømningen i sommermånederne lav, men kun i en måned er den 0 (august 1964). Tallene viser, at dele af afstrømningsområdet må have relativt lav fordampning, således at der ikke opstår større jordvandsdeficit end, at en enkelt større regnbyge vil kunne udløse en mindre afstrømning selv i månederne, hvor fordampningen er stor, og hvor der ofte optræder betydelige jordvandsdeficit.

Nedbørstal og fordampningstal fra Abed forsøgsstation giver mulighed for at beregne det, som man kan kalde et „potentielt jordvandsdeficit“. Det er gjort på den måde, som er vist i tabel 4, hvor næstsidste kolonne viser det „potentielle jordvandsdeficit“. Til kolonnen skal bemærkes, idet forholdene i 1963 bruges som eksempel, at der i april 1963 ikke oparbejdes noget jordvandsdeficit. Nedbørsoverskuddet strømmer af og kan sammenlignes med afstrømningen på Knuthenborg (sidste kolonne). I løbet af maj oparbejdes et deficit på 53 mm (-53 mm). I løbet af juni forøges jorddeficitet yderligere med nedbørsunderskuddet på 65 mm. Ved udgangen af juni er det „potentielle jordvandsdeficit“ blevet til -118 mm ($= -53 + (-65)$). Sådan fortsættes der. I august er der et nedbørsoverskud på 34 mm. Derved reduceres det „potentielle jordvandsdeficit“ til -113 mm ($= -147 + 34$).

Tabel 4's sidste kolonne viser afstrømningerne på Knuthenborg. Tallene viser, at der er korrelation mellem de „potentielle jordvandsdeficiter“ og Knuthenborg afstrømningerne. Figur 5 illustrerer sammenhængen mellem iagttagelsessættene når afstrømningstallene er logaritmierede. Ved forskellige signaturer er der skelnet mellem de enkelte år. Som man ser, kan man med rimelighed udjævne punktsværmen med en ret linie. Regressionsligningen har følgende form:

$$y = 1.28 + 0.0112x,$$

hvor y er logaritmen til afstrømningen og x er det potentielle jordvandsdeficit. Korrelationskoefficienten, som er 0.87, er højt signifikant.

Man kan ved at se på signaturerne på figur 5 få det indtryk, at de første års værdier gennemgående ligger over udjævningslinien, mens de sidste års værdier gennemgående ligger under

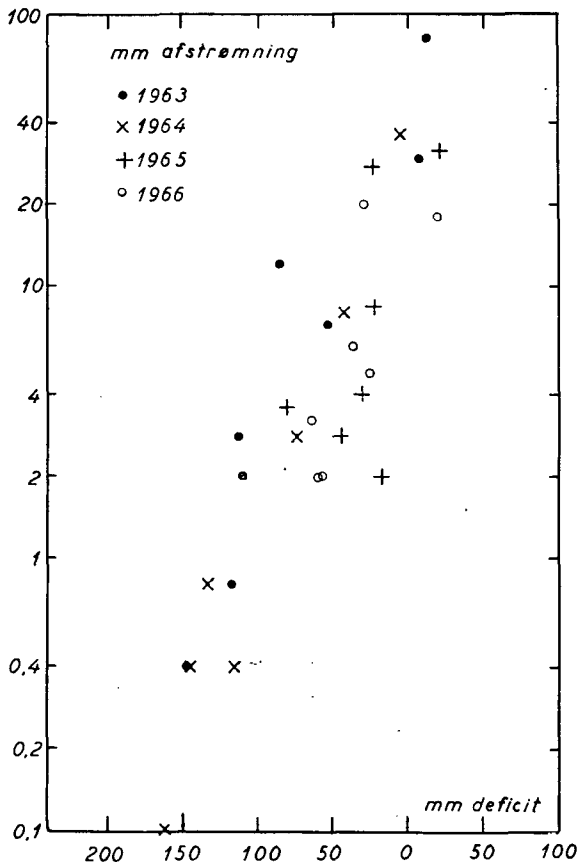


Fig. 5. Sammenhængen mellem afstrømningen i månederne april-november og beregnede „potentielle jordvandsdeficit“. Se i øvrigt teksten.

Fig. 5. The connexion between the run-off in the period April-November and computed "potential soil-water deficits". For further explanation, see the text.

udjævningslinien. En statistisk analyse af dette forhold viser imidlertid, at den statistiske sikkerhed for denne hypotese er så lille, at hypotesen i øjeblikket må afvises. Imidlertid er tendensen så stor, at den bør undersøges påny, når der ligger tal fra en længere årrække. Hvis forholdet bliver mere udtalt (signifikant) på længere sigt, betyder det, at der oparbejdes stigende jordvandsdeficit i området, det vil sige, at vegetationen udnytter jorden bedre.

d. DISKUSSION VEDRØRENDE AFSTRØMNINGSMÅLINGERNE.

ad fejl:

Det er berørt i det foregående, at den omsætning af pumpe-timer til mm afstømning, som er anvendt, er fejlbehæftet. Der er grund til at gennemgå disse fejl og forsøge at skønne over, hvor meget de betyder.

Den fuldstændige vandbalanceligning for et område som det undersøgte har følgende form:

$$N = F + A_{10} + A_{20} + A_{1u} + A_{2u} - t.$$

hvor

N = mm nedbør i undersøgelsesperioden

F = mm fordampning i undersøgelsesperioden

A_{10} = mm overfladeafstrømning gennem de øvre porøse jordlag og grøfter til pumpen

A_{20} = mm overfladeafstrømning, som ikke passerer pumpen

A_{1u} = mm underjordisk afstrømning, der ender som overfladevand før pumpen og passerer denne

A_{2u} = mm underjordisk afstrømning, som ikke passerer pumpen

t = mm vandtilstrømning til området, enten underjordisk (grundvandstrømninger) eller via grøfter, som kun korttidigt er vandførende.

Af disse størrelser er kun en kendt: Nedbøren. Den er, når man anvender Abed-tallene, i sig selv fejlbehæftet, idet Abed-stationen ligger relativt langt fra afstrømningsområdet. Analysen af Abed-Orebygaard-tallene tyder imidlertid på, at man får en tilstrækkelig god tilnærmelse ved at anvende Abed-tallene. De forskelle, som eksisterer mellem de to stationer er af tilfældig karakter, og man må derfor antage, at det samme er tilfældet med de forskelle, der måtte være mellem Abed og undersøgelsesområdet. Ved mere langsigtede betragtninger (1 årsperioder eller 4 årsperioder) bliver de udjævnede.

Det skal endvidere fremhæves, at man ved vandbalanceundersøgelser på absolut basis, kan nære tvivl om normale nedbørmålingers anvendelighed. Hvis nemlig nedbørmålingerne systematisk giver for små vandmængder på grund af målemetoden, hvilket *Astlyngs* (1965) undersøgelser kan tyde på, så indfører

man denne fejl i sine beregninger. I nærværende undersøgelse vejer det imidlertid tungt, at sammenligningen af de to sæt Abed-tal:

- 1) Meteorologisk Instituts målinger
- 2) Målinger ved jordoverfladen ved fordampningsstationen på Abed

ikke tyder på, at der findes en systematisk forskel mellem de to målemetoder.

Endvidere bør det nævnes, at de sammenligninger, som foretages (fordampningen år for år fra afstrømningsområdet) relativt betragtet må være i orden, selvom nedbøren er behæftet med en systematisk fejl. En eventuel systematisk fejl vil ikke ændre på det forhold, at fordampningen er stigende i undersøgelsesperioden.

Ser man dernæst på vandbalanceligningens afstrømnings- og tilstrømningsled, så kan man anstille følgende betragtninger:

De to størrelser med indeks 1 (A_{1o} og A_{1u}) har man kontrol med. Det vand, som disse led dækker over, passerer pumpen og registreres som pumpetimer, og de skal ikke omtales nærmere.

De øvrige led i ligningen (A_{2o} , A_{2u} og t) kræver derimod nærmere omtale. I områder som det, der her er tale om, er det største usikkerhedsmoment de underjordiske strømninger, enten der så er tale om lækager (A_{2u}) i afstrømningsområdet, eller der er tale om underjordisk tilstrømning (t). Usikkerheden er væsentlig, så længe man arbejder med absolutte tal, som for eksempel $l \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ved nærværende undersøgelse har vi imidlertid undgået dette. Ved at sætte vinterafstrømningen (pumpe-timer) i relation til vinternedbøren (mm) har vi undgået at definere arealet af afstrømningsområdet og omsætte via liter afstrømning. Herved er fejl på grund af de nævnte leds størrelse stort set eliminerede. Dette kan belyses med følgende:

Såfremt afstrømningsområdet lækker, så må den vandmængde, som går uden om pumpens register være meget nær lige stor gennem hele året. Helt lige stor er den ikke. Der er først og fremmest tale om grundvandsstrømninger, som er afhængige af vandstandshøjden over lækpunkterne. Det vil sige, at der i vinterperioden, hvor grundvandet står højt i området, kan være en noget større lækafstrømning end i vækstsæsonen.

Tilsvarende betragtninger kan gøres gældende med hensyn til grundvandstilstrømninger.

Meget tyder i øvrigt på, at de dybe grundvandsstrømninger oftest er meget små på lerjorder (se *Holstener-Jørgensen* 1961, s. 363—367).

Alt i alt må man antage, at den anvendte omsætningsmetode eliminerer hovedparten af virkningen af dyb af- og tilstrømning. Eliminationen er muligvis lidt for stor, fordi den eliminerede vinterafstrømning er større end sommerafstrømningen.

For fuldstændighedens skyld skal det bemærkes, at korrektionen på længere sigt bliver endnu noget mere for stor i takt med, at fordampningen fra afstrømningsområdet stiger (større bevoksningsgrad, ældre bevoksninger med dybere rodudvikling, bedre dræningsbetingelser og deraf følgende dybere rodrum). Den større fordampning medfører nemlig et større samlet jordvandsdeficit i området og dermed, at tiden med høj grundvandstand afkortes.

Den anvendte omsætningsmetode indebærer endnu en fejl-mulighed. Den er knyttet til fordampningsleddet. Det er forudsat, at fordampningen i vintermånederne er 0. Det er imidlertid ikke tilfældet. Hvor stor fordampningen er i vintermånederne under danske forhold, er det vanskeligt at sige eksakt. *Aslyng* (1965 b) har foretaget målinger på Højbakkegaard og publiceret middelværdier for perioden 1955—64. Disse middelværdier er som følger:

	Beregnet potentiel fordampning
December	5
Januar	5
Februar	8
Marts	30

Beregningerne er foretaget ved hjælp af *Penmans* formel, som uden for vintermånederne viser god overensstemmelse med fordampningen fra en 12 m² stor fri vandoverflade (l. c. fig. 3, s. 293 og tabel, s. 295). Hvis man akcepterer disse værdier, tyder de på, at den omsætning af pumpetimer til mm, som er foretaget, er behæftet med en ensidig fejl. Nedbøren burde have været reduceret for fordampning.

Fejlen er bragt noget ned, derved at månederne har fået vægt, men andrager dog noget i retning af 10 mm pr. glidende måneds-

værdi. Der skal foretages en forskydning på 10 mm af samtlige punkter i figur 2 mod venstre.

De beregnede fordampninger bliver lidt for små, idet $F = N - A$, hvilket betyder, at den enkelte måneds fordampning bliver ca. 10 mm større end beregnet, idet korrektionen på fordampningsleddet bliver positiv.

Ved beregninger som *Penmans (Aslyngs)*, opereres der med frie vandoverflader og stedsegrøn bevoksning. Ved løvfældende bevoksninger er fordampningen mindre, så de nævnte skøn ligger formentlig i overkanten, når de sættes i relation til Knuthenborgforhold.

Side 325 er det nævnt, at et partielt jordvandsdeficit i området kan medføre, at omsætningen fra pumpe timer til afstrømning i mm nedbør bliver fejlbehæftet. Der skulle i virkeligheden have været pumpet i flere timer, hvis hele nedbøren skulle ud fra området. Fejlen har formentlig været ubetydelig i de relativt fugtige år, som undersøgelsen omfatter. På langt sigt vil man kunne eliminere den ved til omsætningen kun at vælge måneder, hvor man med sikkerhed ikke har jordvandsdeficit.

Sikkerheden bliver størst, hvis man for eksempel ved grundvandspejlinger i området konstaterer, hvornår jordmagasinet er helt fuldt.

Forsinkelsen i afstrømningen som følge af sne og frost vil på langt sigt ikke påvirke omsætningen pumpe timer/mm nedbør. Ved en rigtig udjævning vil de deraf flydende værdier manifestere sig som spredning omkring udjævningslinien.

En ting kan man imidlertid ikke få elimineret helt undtagen gennem detailstudier af afstrømningens forløb. Nedbør som falder i de områder, som ligger fjernt fra pumpe stationen men i afstrømningsområdet, må bruge en vis tid til at nå pumpe stationen. For afstrømningsområdet som helhed er der derfor en forskydning af udpumpningstidspunktet i forhold til nedbørstidspunktet. For de udjævninger, som er foretaget her i beretningen er den næppe af større betydning; men den kan i øvrigt relativt let undersøges nærmere ved at følge afstrømningsforløbet i forhold til markante regndage efterfulgt af nedbørsfrie perioder i vintermånederne.

Sommerafstrømningen fra området er illustreret i forbindelse med behandlingen af figur 5. Efterhånden som området bliver fuldt bevokset, må man vente, at sommerafstrømningen oftere

bliver 0. På langt sigt er det ikke tænkeligt, at sommerafstrømningen følger forløbet i figur 5. De fortsatte registreringer må vise, om kurveforløbet bliver fladere.

Vi har overvejet at indføre korrektioner, sådan at de beregnede fordampningsværdier kom nærmere de reelle værdier. En samlet korrektion ville betyde, at tabel 3's værdier for fordampning fra afstrømningsområdet blev øget med 40—60 mm, uden at forskellen mellem værdierne blev ændret. Korrektionsgrundlaget er imidlertid ret spinkelt og spekulativt, og det er udviklingen i 4 års perioden, som er interessant. Da den ikke ændres — i hvert fald ikke væsentligt — er det rimeligst at blive ved ukorrigerede værdier. Dette så meget mere som talmateriale fra en længere årrække vil give helt anderledes gode muligheder for at skønne over korrektionsledenes størrelse. Man kan med lange talrækker f. eks. nå til at sammenligne en række omsætningsregressioner baseret på enkeltmånederne: december, januar, februar og marts nedbør. Sammenligning af sådanne regressioner vil give gode skøn for forskelle i aktuel fordampning i de nævnte måneder.

Ad undersøgelsesresultaterne:

På side 328 blev det nævnt, at stigningen i fordampningen, det vil sige stigningen i vandforbrug, kan have flere årsager:

- 1) bedre bevoksningstilstand i området (tilplantninger).
- 2) bedre rodudvikling som følge af en forbedret afvandings-tilstand.
- 3) på grund af stigende sommernedbør i undersøgelsesperioden, stiger den aktuelle fordampning.
- 4) en kombination af de nævnte årsager (to eller tre).

Under punkt 1 falder også, at der må være en aldersudvikling i vandforbruget (jfr. *Holstener-Jørgensen* 1961). Man kan ikke i øjeblikket afgøre, hvilken vægt de enkelte punkter må tillægges. Tilplantnings- og alderseffekten kender man eksistensen af (jfr. *Holstener-Jørgensen*, 1961). Afvandingsstilstandens eventuelle effekt kan man i dag ikke udtale sig om. End ikke fra landbruget kender man nemlig den reelle effekt af dræning (jfr. *Aslyng* 1962 s. 130). Nedbørens indflydelse er ligeledes dårligt belyst i det foreliggende tilfælde, fordi iagttagelsesrækken er for kort til

at man — trods manglende statistisk sikkerhed — tør afvise en sammenhæng, endsige antage, at der er en sammenhæng.

På lidt længere sigt kan problemstillingen imidlertid belyses mere eksakt.

I øjeblikket kan man kun gisne om afstrømningsarealets størrelse. Hvis man regner med en pumpeydelse på 250 l sec^{-1} , kan man regne sig til, at afstrømningsarealet må være ca. 225 ha.

Området kan kortlægges i to enheder:

- a) sikkert afstrømningsareal
- b) muligt afstrømningsareal.

Ved senere forstlige indgreb på de arealer, som henregnes til type b) kan man måske få afgjort, om disse arealer skal henføres til a). Renafdrift med den deraf følgende øjeblikkelige ændring af vandforbruget vil f. eks., hvis $b) = a)$ give udslag i afstrømningen, som vil blive større i sommermånederne.

På noget længere sigt vil man få et godt billede af, hvordan fordampningen ændrer sig. Fordampningen er nødvendig for produktionen, og fordampningsændringerne giver derfor et billede af produktionsændringerne i området. Ved at gå fra mm fordampningsændring til l fordampet vand får man et talmateriale, som måske kan omsættes ret nøjagtigt til tørstofenheder. Produktionsændringen fortæller noget om, hvorvidt „landvindingen“ har kunnet betale sig. Dette sidste spørgsmål er på det nærmeste helt uoplyst i de hidtil afsluttede danske landvindings-sager, og det har — navnlig i de seneste år — været genstand for megen debat.

Undersøgelsen munder derfor ud i et konkret forslag om, at man interesserer sig for kraftforbruget ved landets forskellige pumpestationer. Kraftforbrugets bevægelser fra år til år kan — rigtigt analyseret — give værdifulde jordbrugsøkonomiske oplysninger.

5. SLUTNING

Det er klart at nærværende undersøgelse kunne være baseret på langt flere data. Det er for eksempel nærliggende at spørge, hvorfor har forfatterne ikke givet flere oplysninger om det involverede afstrømningsareal (bevoksningstyper, tilplantninger og

så videre), og hvorfor har de ikke søgt at udnytte sådanne oplysninger?

I foranstående diskussion sluttes der med et forslag om, at man søger at samle og bearbejde lignende talmaterialer fra andre pumpestationer her i landet. Nærværende beretning tilsigter først og fremmest at begrunde et sådant forslag med få konkrete analyseresultater. Beretningen er foreløbig, og den vil nu blive fulgt op derved, at man i de kommende år får kortlagt og beskrevet afstrømningsområdet, samtidig med at pumpestationen yder nye afstrømningsresultater. Når materialet om nogle år er vokset i omfang, og oplysninger om bevoksningsforhold med mere foreligger, er der skabt grundlaget for en langt mere gennemarbejdet publikation. De første spæde resultater, som vi har fremlagt her i beretningen, viser efter vor overbevisning, at et stort materiale er værd at indsamle og bearbejde.

6. RESUMÉ

Undersøgelsen vedrører 4 års afstrømning fra et blandet skovareal på svær lerjord med højtstående grundvand. Afstrømningen er målt ved en pumpestation. Den er registreret som antal driftstimer pr. måned for en selvstartende, dieseldrevet pumpe.

Indledningsvis er der gjort rede for nogle specialundersøgelser vedrørende nedbørsmålinger. I selve afstrømningsområdet er der ikke målt nedbør. Derimod findes der en nedbørsstation (Abed) vest for arealet og en øst for arealet (Orebygaard). Afstanden til arealets centrale del er 11.5 km fra Abed og 6 km fra Orebygaard. En variansanalyse af 4 års månedsnedbør (se tabel 1) viser, at der næppe er signifikant forskel mellem de to stationer. Sammenholdes restvariansen fra denne analyse med restvariansen fra den nedenfor omtalte analyse, viser det sig, at der er en betydelig forskel, som kan skyldes, at Abed-værdierne er af bedst kvalitet. Værdierne fra denne station er derfor valgt til den fortsatte undersøgelse.

På Abed er der udover den officielle meteorologiske station en fordampningsstation. På denne måles nedbøren ved jordoverfladen. En sammenligning af nedbørsmængderne ved disse to målinger viser ingen forskel mellem de to målemetoder (1.5 m højde og jordoverflade). På Landbohøjskoleens forsøgsgård fandt *Aslyng* (1965) en betydelig forskel mellem de to metoder. Målinger i jordoverfladen på frit felt gav en væsentlig højere nedbør end den, som man fandt ved måling i 150 cm højde i en have med læ. Abed-undersøgelsen tyder på, at *Aslyngs* resultater ikke er reproducerbare på alle lokaliteter, det vil sige, at problemet bør undersøges nøjere.

Afstrømningsområdet er et fladt morænelerområde med højtstående grundvand. En definition af afstrømningsarealet er umulig under sådanne betingelser. Antallet af pumpetimer pr. måned er givet i tabel 2. Der er en betydelig forskel mellem antallet af pumpe-timer i vintermånederne og antallet af pumpe-timer i sommermåne-derne. Andre undersøgelser på lerjorder med højtstående grundvand viser, at grundvandet når højeste, stabile vandstand omkring 1. december i klimatisk normale år. Efter dette tidspunkt strømmer resten af vinterens nedbør af via grøfter fra arealet.

Det er nærliggende at udnytte denne viden. I figur 1 er antallet af pumpe-timer i december, januar, februar og marts lagt op over nedbøren i de samme måneder. Sammenhængen er klar, men spredningen betydelig. Spredningen kan skyldes afstrømningsforsinkelser på grund af for eksempel frostperioder.

I figur 2 er følgende summer for såvel nedbør som pumpe-timer afbildet: december + januar; januar + februar; februar + marts. Også i denne figur er sammenhængen klar, og spredningen er mindsket væsentligt. På figuren er den linie tegnet, som svarer til, at 1 pumpe-time = 0.4 mm nedbør i afstrømningsarealet. Den udjævner punkterne rimeligt godt.

I tabel 2 er beregnet fordampning fra afstrømningsarealet under den forudsætning, at 1 pumpe-time = 0.4 mm nedbør. Fordampningen i vækstperioden er — under hensyntagen til mulige jordvandetdeficit — summeret op i tabel 3 og afbildet i figur 3. Det fremgår, at der gennem årene er en stigende fordampning. Nedbøren i maj, juni og juli har imidlertid også været forskellig i de 4 år. I figur 4 er sammenhørende maj + juni + juli-værdier og fordampningsværdier af-bildet. Ud fra en statistisk bedømmelse er sammenhængen i figur 3 bedre end sammenhængen i figur 4.

Den stigende fordampning kan være en effekt af: enten 1) til-plantninger i området, eller 2) dybere rodudvikling som følge af bedret afvandingstilstand, eller 3) at den øgede nedbør har medført en øget fordampning, eller 4) en kombination af de nævnte faktorer.

Figur 5 viser, at der er korrelation mellem afstrømningen i sommermånederne (logaritmiserede) og potentielle jordvandetdeficit. De sidste er beregnede på basis af nedbør og fordampningsmåler-værdier på Abed forsøgsstation. Figuren giver det indtryk, at de første års værdier ligger over udjævningslinien, mens de sidste års værdier ligger under. Figuren antyder altså, at sommerafstrømningen — alt andet lige — mindskes gennem årene. Forholdet er imidlertid ikke statistisk sikkert og skal derfor ikke kommenteres yderligere før flere målinger foreligger.

Undersøgelserne vil blive fortsat.

7. SUMMARY

The investigation covers 4 years' run-off from a mixed forest area on heavy clayey soil with a high ground-water table. The run-off was measured by a pumping station. It was recorded as number of working hours per month for a self-starting, Diesel-powered pump.

By way of introduction an account is given of some special investigations of precipitation measurements. No measurements are available of the precipitation in the actual catchment area. On the other hand, there is a precipitation station (Abed) west of the area and another (Orebygaard) east of the area. The distance to the central part of the area is 11.5 km from Abed and 6 km from Orebygaard. An analysis of variance of the monthly precipitation during 4 years (see Table 1) shows that there is hardly any significant difference between the two stations. A comparison of the rest variance from this analysis with the rest variance from the analysis mentioned below reveals that there is a considerable difference, which may be due to the superior quality of the Abed values. The values from this station have therefore been chosen for the continued investigation.

Apart from the official meteorological station there is at Abed an evaporation station. The latter measures the precipitation at the ground surface. A comparison of the amounts of precipitation arrived at by the two measurements shows no difference between the two measuring methods (1.5 m height and ground surface). At the experimental farm of the Royal Veterinary and Agricultural High School, *Aslyng* (1965) found a considerable difference between the results obtained by the two methods. Measurements made at the ground surface in the open field indicated a considerably higher precipitation than the one found by measuring at the height of 150 cm in a sheltered garden. The Abed investigation seems to indicate that *Aslyng's* results are not re-obtainable in all localities, which means that the problem ought to be further investigated.

The catchment area is a flat area of moraine clay with a high ground-water table. To define the catchment area is impossible under such circumstances. The number of pumping hours per month is presented in Table 2. There is a considerable difference between the number of pumping hours in the winter months and the number of pumping hours in the summer months. Other investigations on clayey soils with high ground-water tables show that the ground water reaches its highest stable water table at about the 1st of December in climatically normal years. After that date the remaining part of the winter's precipitation runs off the area via ditches.

It is natural to utilize this knowledge. In Fig. 1 the numbers of pumping hours in December, January, February and March have been superimposed on the precipitations in the same months. The connexion is evident, but the dispersion is considerable. The dispersion may be due to delays in run-off caused, for instance, by periods of frost.

In Fig. 2 precipitation as well as pumping hours have been presented for the following overlapping periods: December + January; January + February; February + March. In this figure, too, the connexion is evident, and the dispersion has been considerably reduced. In the figure the line has been sketched at which 1 pumping hour = 0.4 mm precipitation in the catchment area. It adjusts the points fairly well.

In Table 2 the evaporation from the catchment area has been computed on the assumption that 1 pumping hour = 0.4 mm precipitation. The evaporation during the growing season — with due regard to possible soil-water deficits — has been summed up in Table 3 and presented in Fig. 3. There appears to be an increasing evaporation over the years. The precipitations in May, June and July, however, have also differed during the 4 years. Fig. 4 presents corresponding May + June + July values and evaporation values. From a statistical point of view the connexion in Fig. 3 is better than the connexion in Fig. 4.

The increasing evaporation may be an effect of: either (1) plantings in the area, or (2) development of the rootage into the depth as a result of improved drainage conditions, or (3) that the increased precipitation has involved an increased evaporation, or (4) a combination of the factors mentioned.

Fig. 5 shows that there is a correlation between the run-off in the summer months (converted into logarithms) and the potential soil-water deficits. The latter are calculated on the basis of precipitation and evaporation-gauge values from the Abed experiment station. The figure gives the impression that the values of the earlier years are above the adjustment line, whereas the values of the later years are below it. Thus, the figure indicates that — other things being equal — the summer run-off is gradually reduced in the course of the years. However, this phenomenon is not statistically certain, and, therefore, is not to be further commented on until more measurements are available.

The investigations will be continued.

LITTERATUR

- Anonym*, 1965: Nedbør, fordampning og vandbalance 1964. Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, 762. medd., s. 1—4.
- Anonym*, 1966: Nedbør, fordampning og vandbalance 1965. Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, 769. medd., s. 1—4.
- Anonym*, 1967: Nedbør, fordampning og vandbalance 1966. Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, 798. medd., s. 1—4.
- Aslyng, H. C.*, 1962: Afvanding i jordbruget. København, s. 1—147.
- Aslyng, H. C.*, 1965: Rain, snow and dew measurements. Acta Agriculturae Scandinavica, 15: 275—283.

- Aslyng, H. C.*, 1965b: Evaporation, evapotranspiration and water balance investigations at Copenhagen 1955—64. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 15: 284—300.
- Aslyng, H. C.*, og *Stendal, M. M.*, 1965: Vindhastighed og vandbalance ved statens forsøgsstationer og Højbakkegård 1960—63. *Tidsskr. Planteavl* 68: 805—835.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1961: Undersøgelse af træarts- og aldersindflydelsen på grundvandstanden i skovtræbevoksninger på Bregentved. (An investigation of the influences of various tree-species and the ages of the stands on the level of the ground-water-table in forest tree stands at Bregentved). *Forstl. Forsøgsv. Danm.* 27: 233—480.
- Meteorologisk Institut* 1963—1967: Ugeberetning om nedbør m. m.