



OVERSIKT OVER AVLÖPS- OG ISFORHOLD
I VOSSA-VASSDRAGET

HOVEDSAKLIG I STRANDAELV

RAPPORT NR. 16/67

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO, NOVEMBER 1967

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

ISKONTORET
ved Hydr. avd.

OVERSIKT over AVLØPS- og ISFORHOLD i VOSSA-VASSDRAGET

- hovedsakelig i Strandaelv -

Side

A. Oversikt over vassdraget og kort orientering om den planlagte regulering og utbygging	1
B. Meteorologiske og hydrologiske data til vurdering av vinterforholdene	5
C. Oversikt over isforholdene	22

Vedlegg: 1. Mulige forandringer i vassdragets vinterforhold etter den planlagte regulering og utbygging. Forslag til passende tiltak for å redusere eventuelle isvansker ved de projekteerte kraftverk.

Oslo, november 1967.

A. Oversikt over vassdraget og kort orientering om nåværende og planlagte regulering og utbygging.

Vassdraget omfatter øverste deler av Sendo- og Grungenvassdragene som renner sammen ved Hola og danner Myrkdalselv eller Bygdeelv. Myrkdalselva renner gjennom Kvassdalen og Myrkdalen til Myrkdalsvatn.

Myrkdalsvatn er ca. 1,7 km langt og ligger på kote 230. Dybdekart mangler. Utløpet fra vannet går gjennom det trange "Osgjela". Ved Vinje, ca. 1 km nedenfor Myrkdalsvatn, danner det, sammen med utløpet fra Uppheimsvatn, Strandaelva, som renner gjennom Lønavatn og videre nedover gjennom Melsvatn og Lindarvatn til ~~samløpet~~ med Raundalselva. Nedenfor Raundalselva kalles vassdraget Vossa som renner ut i Vangsvatnet ved Voss.

Den øverste del av vassdraget er et utpreget høyfjellsområde og ligger mellom 900 og 1400 m o.h. Nedbørfeltet til Grunga er: Store Grungavatn (939,5 m o.h.) 24,3 km², Ytredalsvatn 5,3 km², Svartavatn 4,6 km², Bufarvatn 3,0 km². Nedbørfelter til Sendo er: Lars - Olavatn 16,7 km², Svartatjern 0,9 km².

Grungas og Sendos nedbørfelt ved Hola er tilsammen 58 km². Nedbørfelt ved Myrkdalselvas utløp i Myrkdalsvatn er på ca. 119 km² og ved utløpet fra vatnet ca. 157 km².

Lengdeprofil av "Osgjela" fra utløpet av Myrkdalsvatn og ca. 500 m nedover er vist på fig. A-1.

Kort orientering om den planlagte regulering og utbygging.

(Se oversiktskart fig. A-2)

Det er planlagt å regulere: Grungavatn fra kote 939,5 til 952, magasin på 3,2 mill. m³, Lars-Olavatn mellom kotene 908 (nåværende vannstand i Kringlevatn) og 929,5, nyttbare magasin på 37,3 mill. m³.

Grungenvassdraget skal overføres med en 500 m lang tunnel til magasinet i Sando og vannet skal brukes i det projekteerte Myrkdal kraftverk. Fallhøyde mellom Kringlevatn og Myrkdalsvatn er på 700 m, nyttbar ca. 680 m. Nedbørfelt er 57,2 km².

Videre er det planlagt overført Uppheimsvatnet til Myrkdalsvatnet med hele sitt nedbørfelt. Fallet mellom Myrkdalsvatn og Lønavatn skal utnyttes i Reppen kraftverk. Kraftverket kan få en fallhøyde på 154 m og nedbørfelt på ca. 330 km².

Den midlere nyttbare vassføring til Myrkdal kraftverk er sett til 3,75 m³/s, derav ca. 60 % vinterkraft. Maksimal ydelse 35,5 MW.

Fig. A-1

LENGDEPROFIL av utlopet fra MYRKDALSVATN
Grunnlag: tegning NVE-F-25630

Vst 13 8 59 - aln. sommerkst. 84 62 J: 45 m/s

Myrkdalsvatn.

senket grunn

* aln. vinteravvikling 230 m a.h.

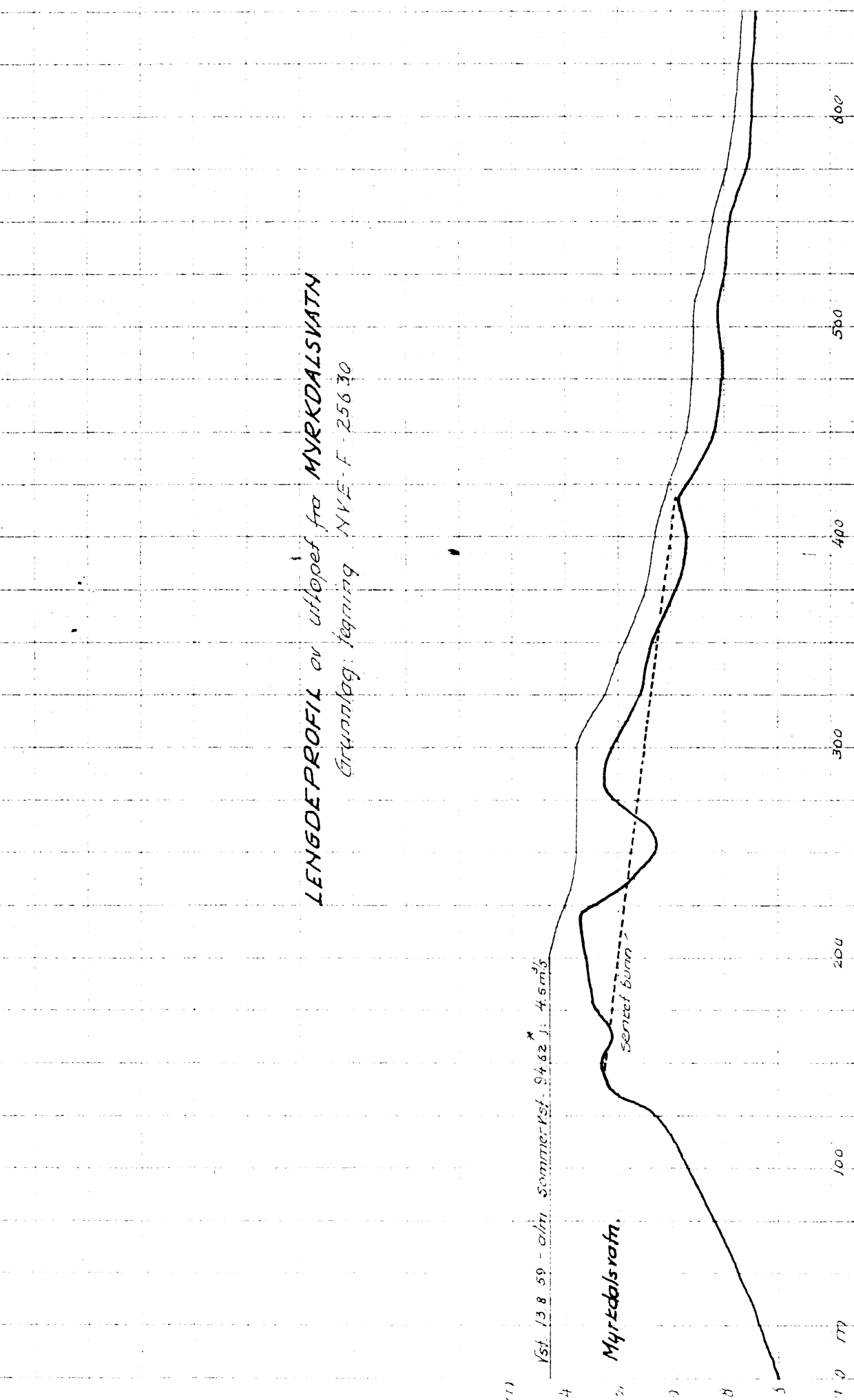
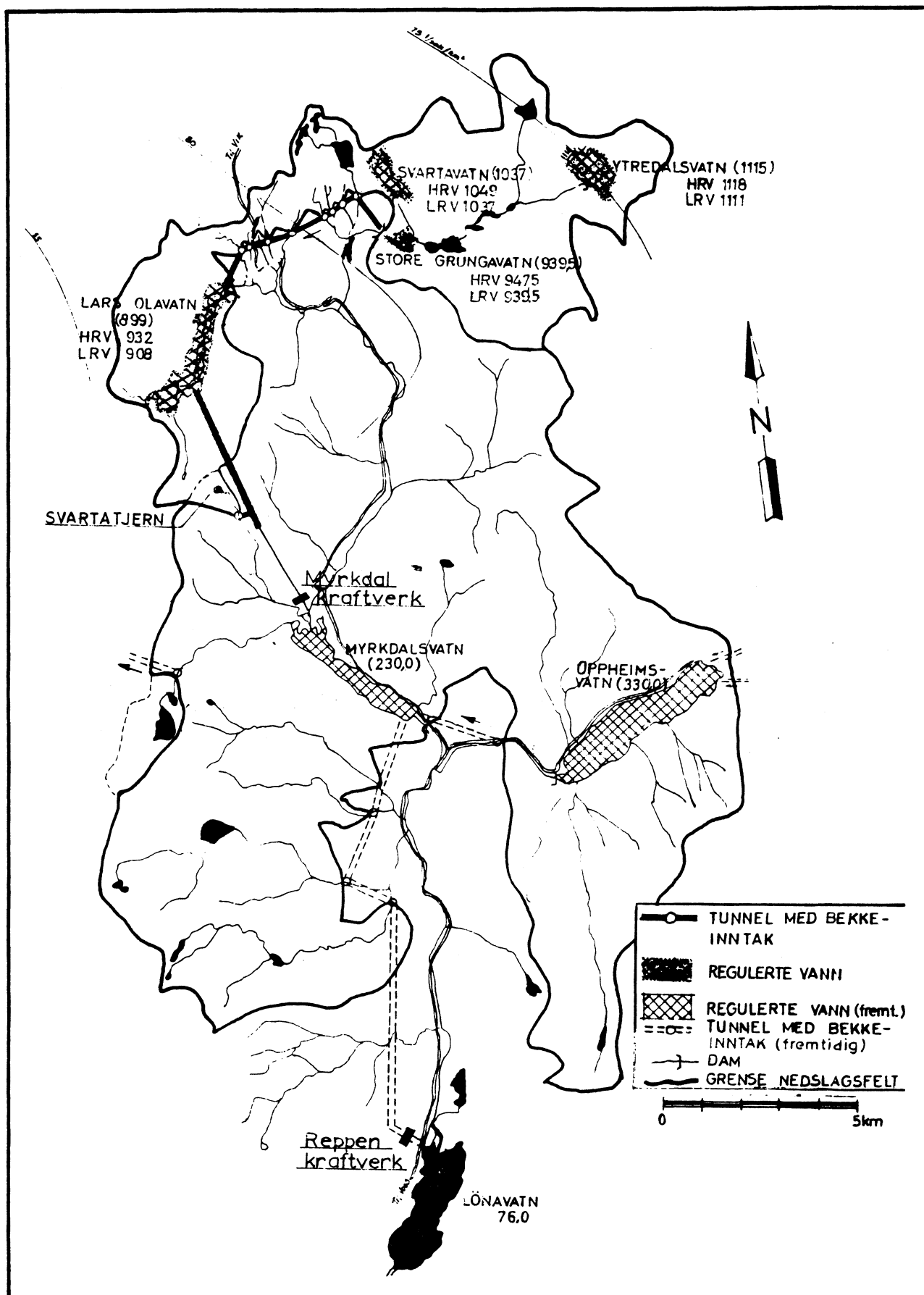


Fig. A-2



B. Meteorologiske og hydrologiske data til vurdering av
vinterforholdene.

Det er hovedsakelig værforholdene som er bestemmende for avløps- og isforholdene, og derfor er oversikten supplert med en del meteorologiske data.

1. Meteorologiske data.

En oversikt over lufttemperatur- og nedbørforholdene etter pentader de siste 5 år ved Slirå og Voss (Takle) met. stasjoner er gitt ved grafiske framstillinger, fig. B-1¹ og 2.

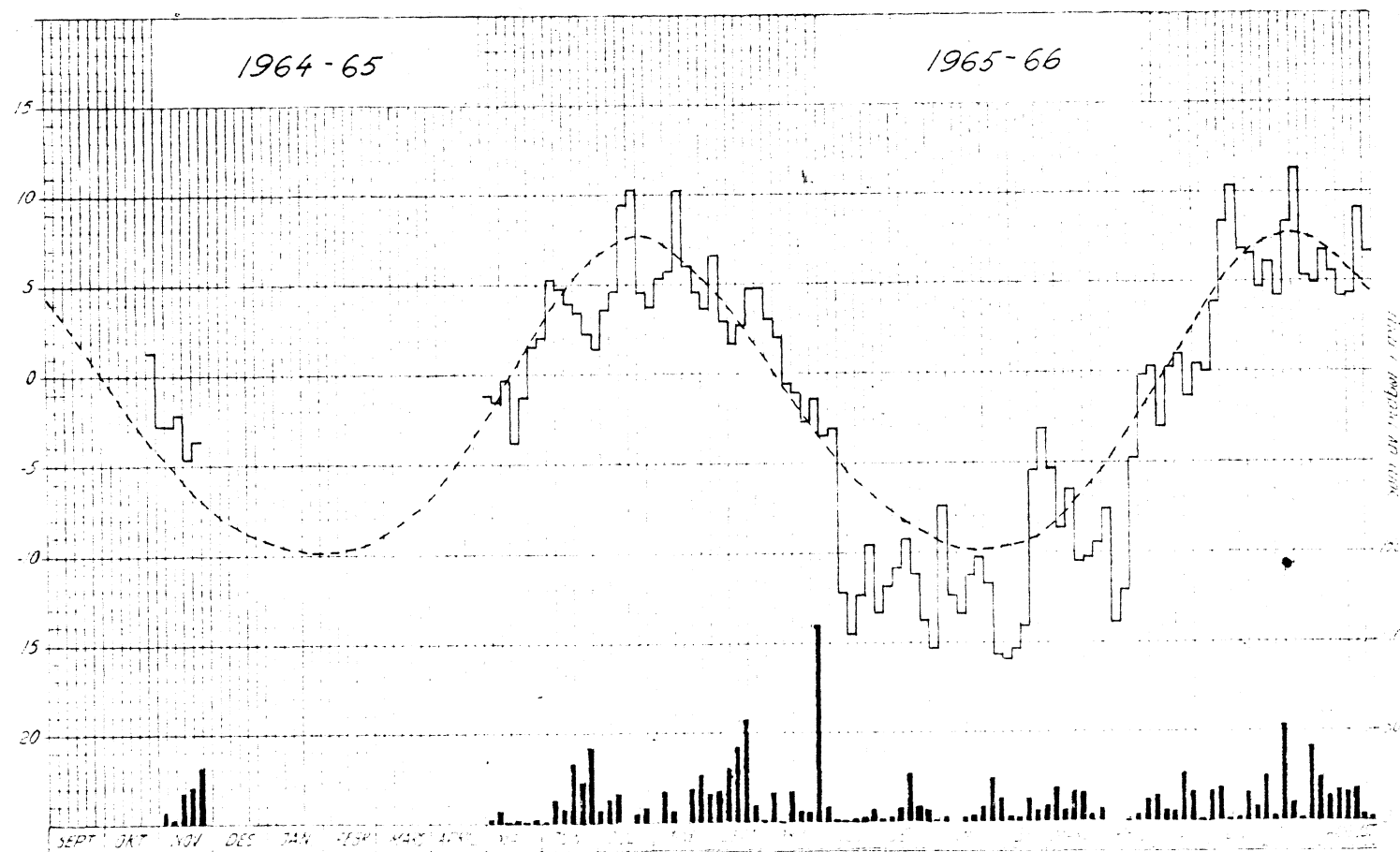
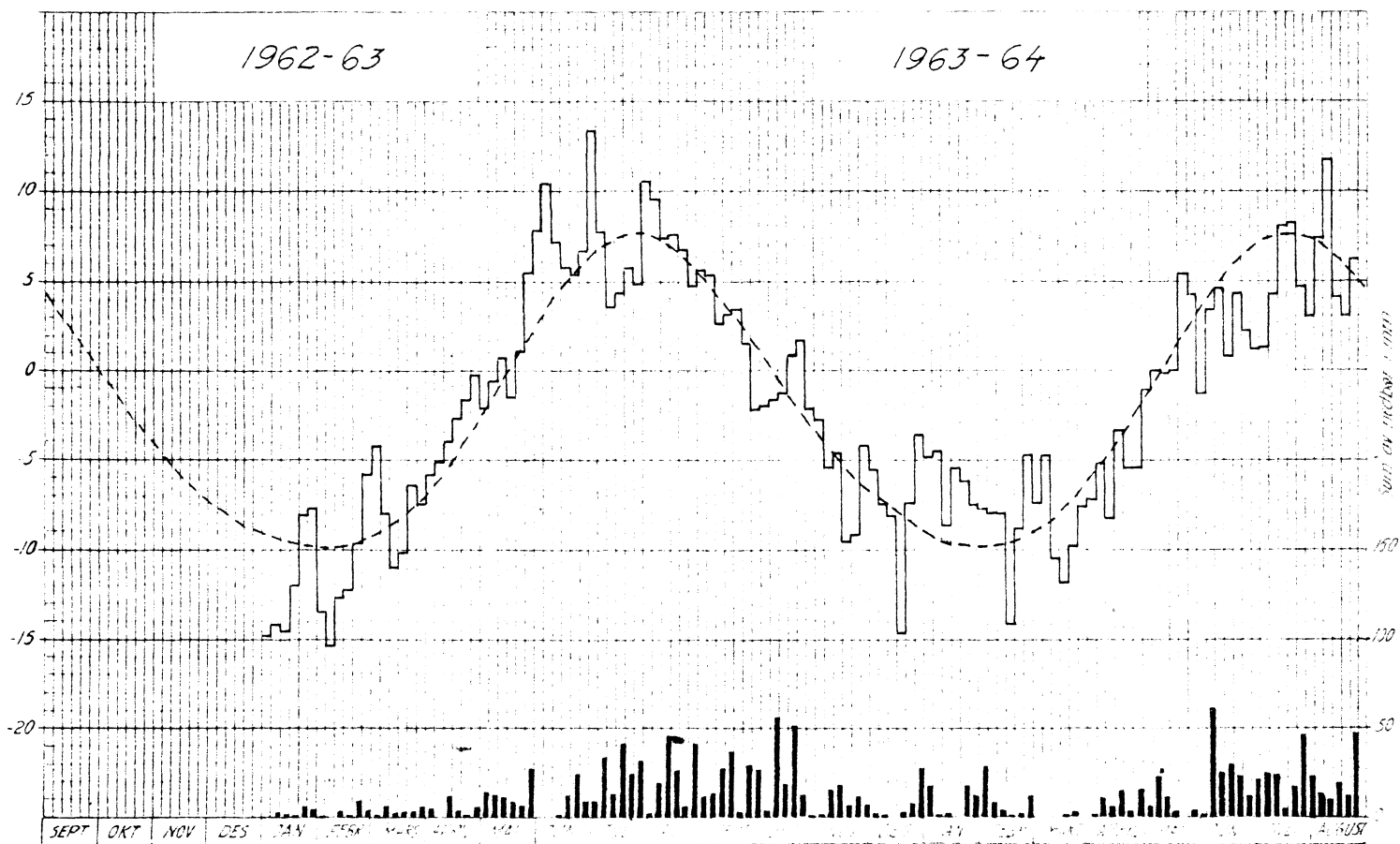
Grafiske framstillinger av daglige lufttemperaturer om vinteren ved Myrkdal Vm er vist i avsnitt 2. På de samme diagrammene er det inntegnet vinterens nedbør ved nærmeste nedbørstasjon.

Data for månedlige og årlige nedbørmengder ved Slirå nedb.st. for perioden 1940-65 er gitt i tabell fig. B-1³. Karakteristiske data for sesongens nedbørmengder ved Reimegrend, Eksingedal og Vossestrand nedb.st. er vist i tabell fig. B-1⁴.

Et helhetsbilde over variasjoner i årsnedbør ved Eksingedal nedb.st. i tidsrommet 1896-1960 er vist grafisk i fig. B-1⁵.

PENTADEMIDLER OG LUFTTEMPERATUR OG NEDBØR

SLIRÅ 1300 moh 2590



PENTADEMIDLER og LUFTTEMPERATUR ved NESBØR

SLIRÅ 1300 moh 2590

1966 - 67

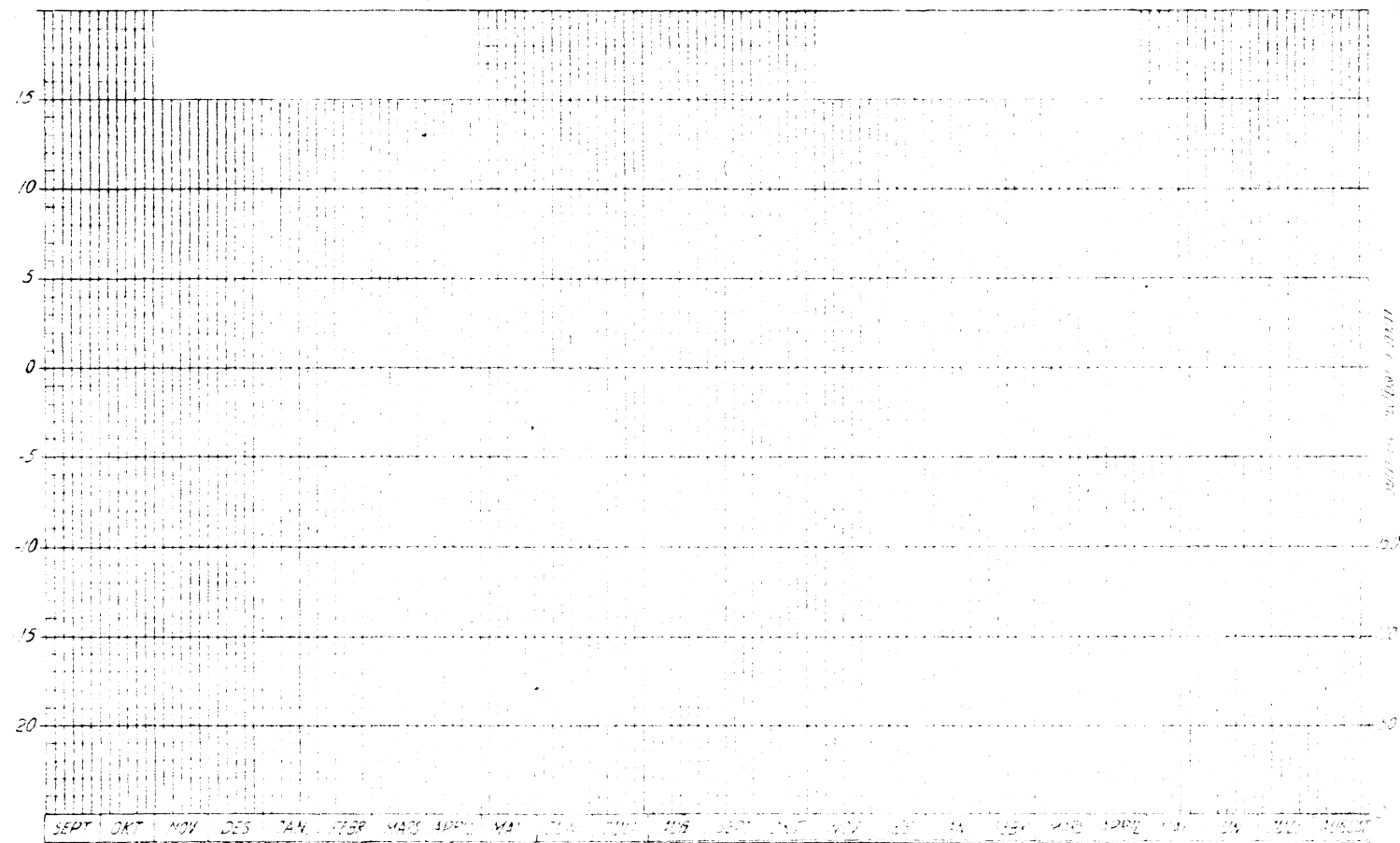
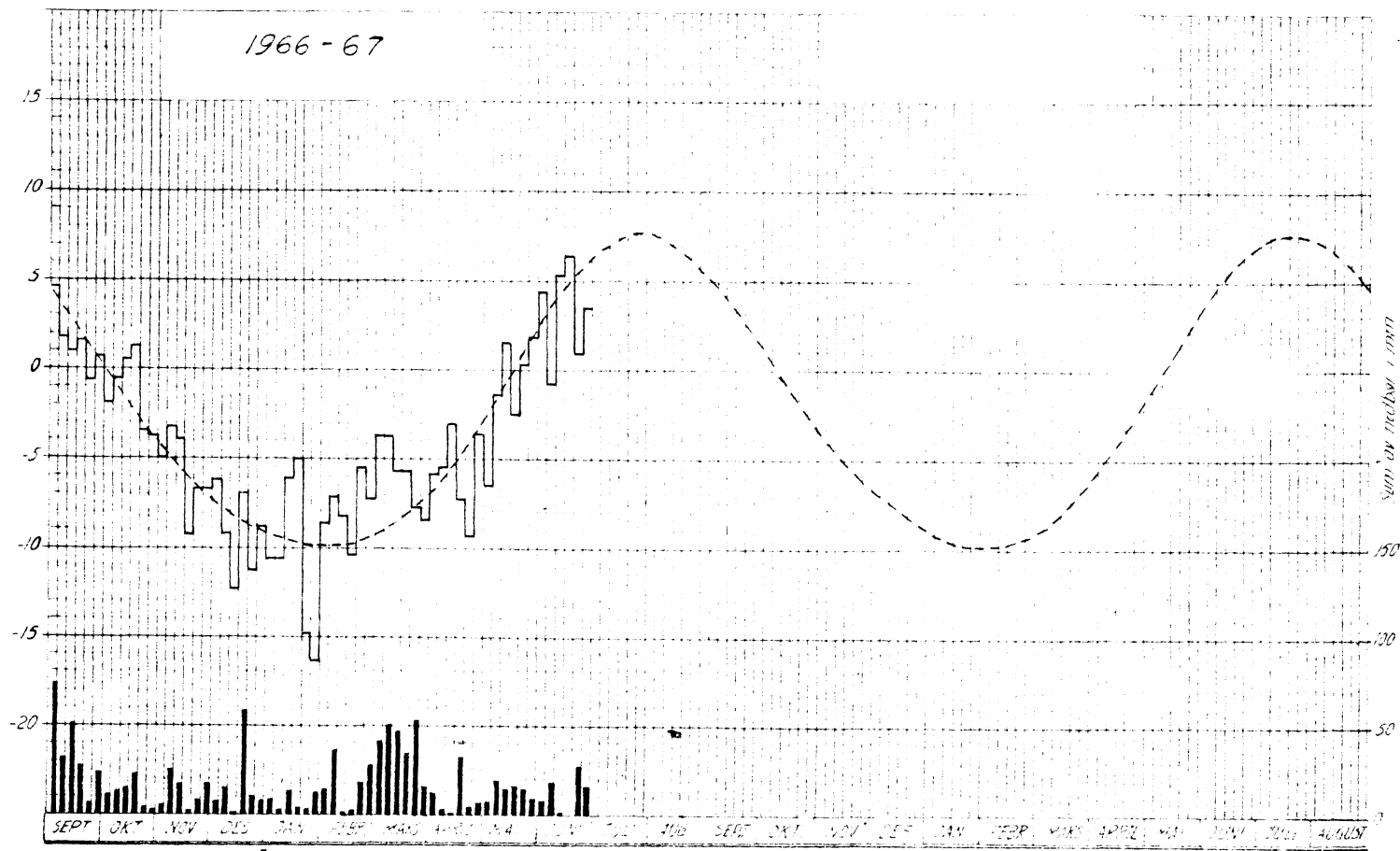
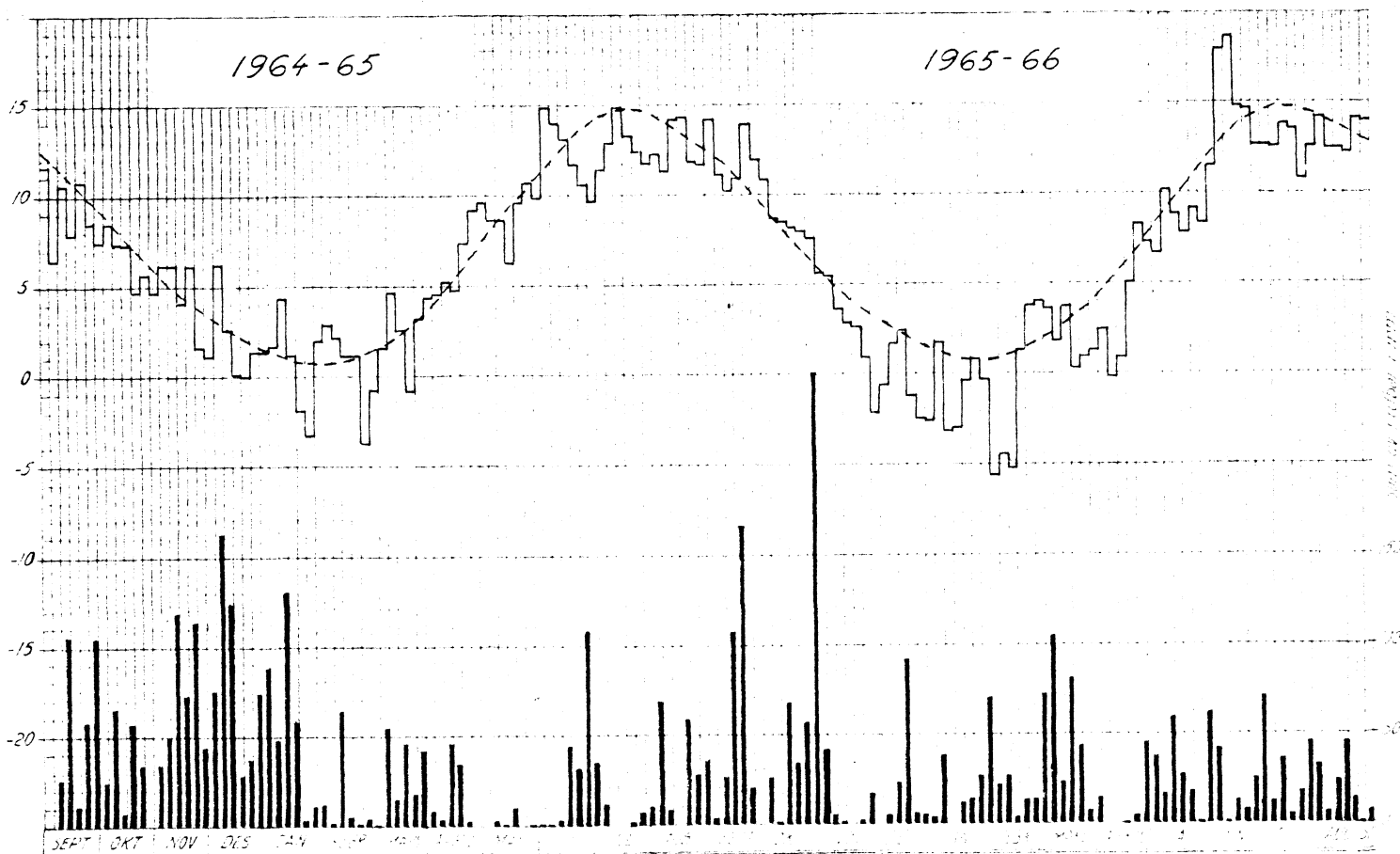
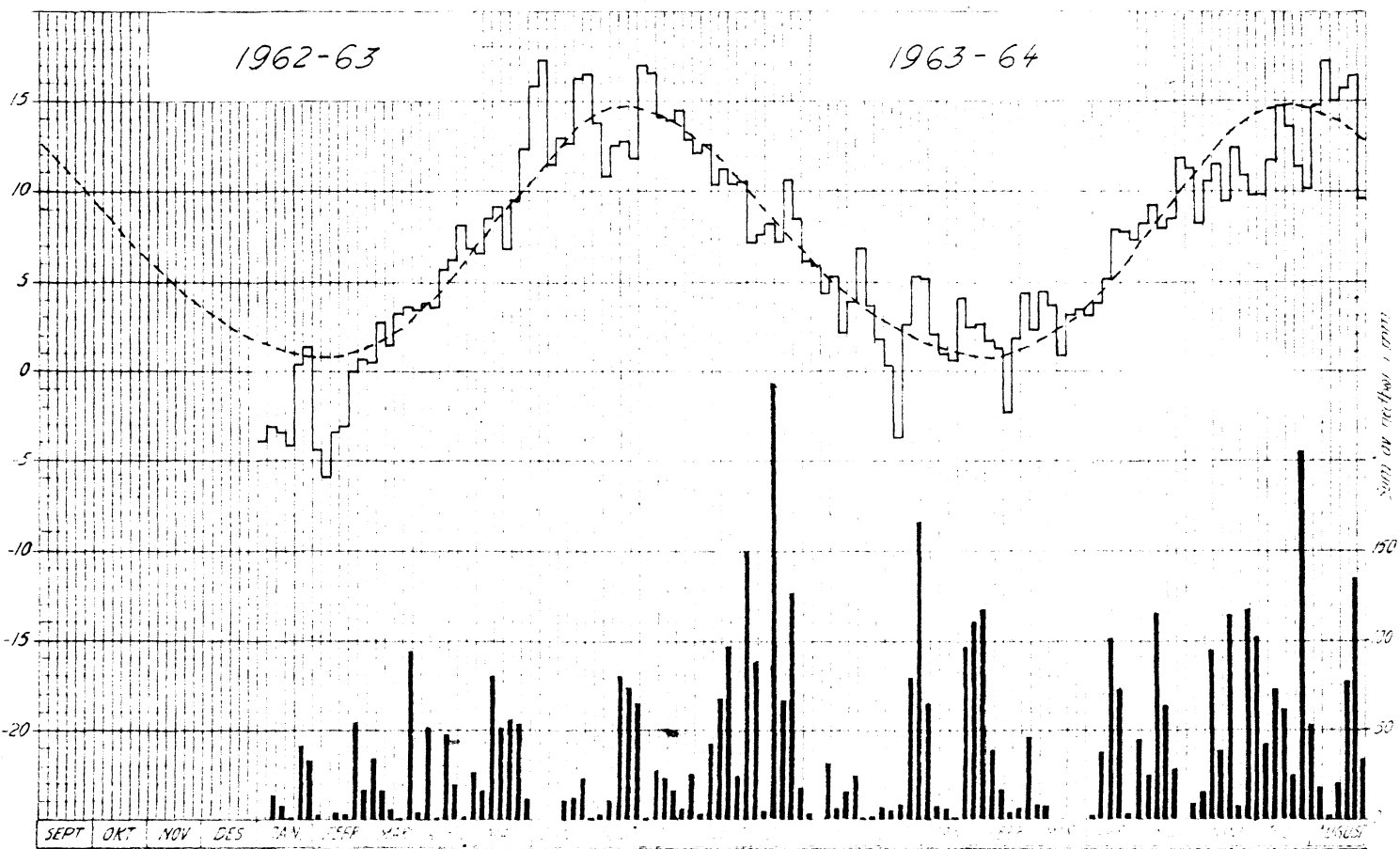


Fig. B-12

PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

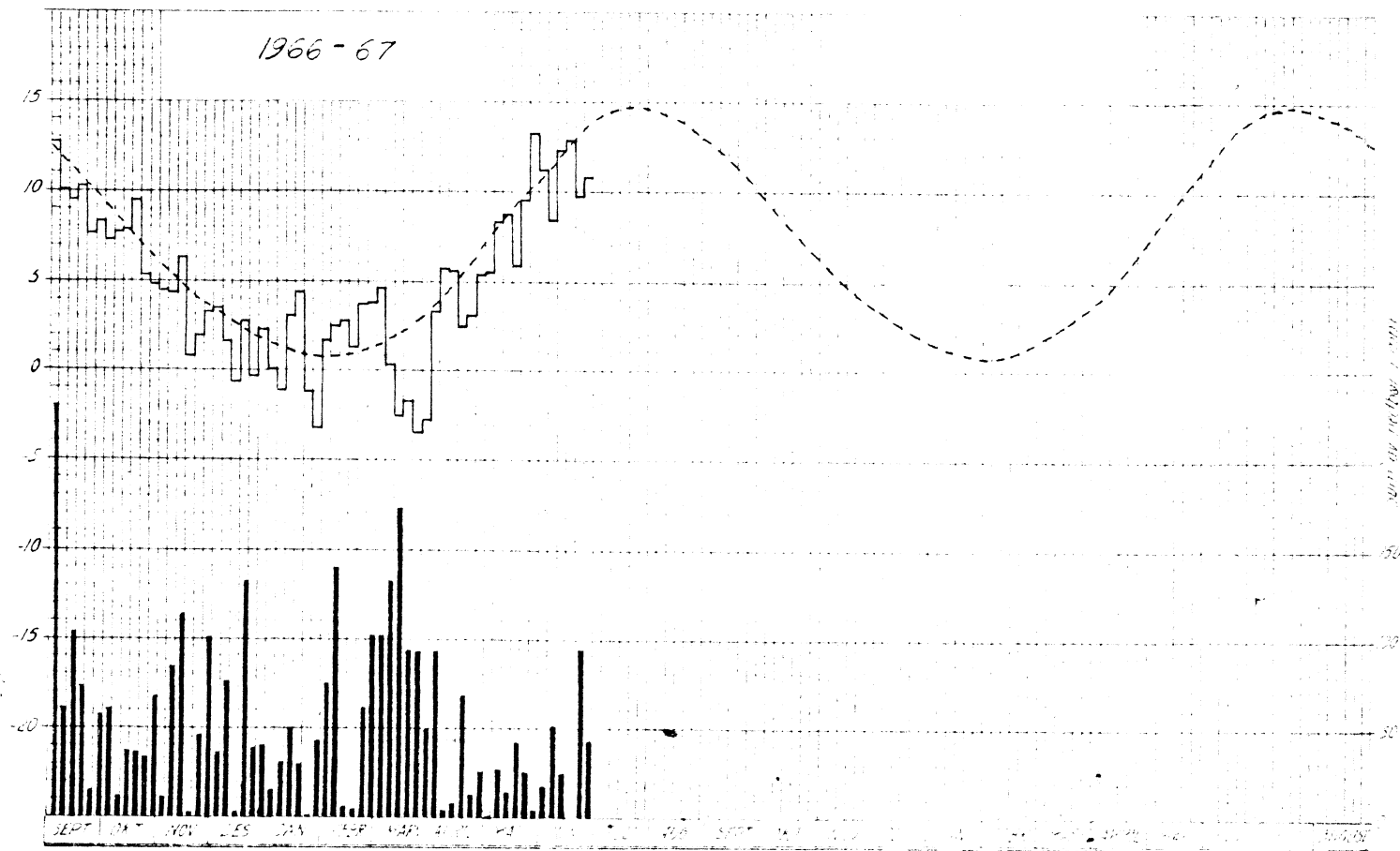
36 moh. TAKLE 5286.



PENTADEMIDLER og LUFTEMPERATUR og NEDBØR

TAKLE 36 moh. 5286

1966-67



NEDBØRHØYDER 1 mm

Vassdrag: USTA

Nedborstasjon: SLIRÅ (1300 moh)

Avlopsår	SEPT.	OKT	NOV	DES.	JAN.	FEBR.	MARS	APRIL	MAI	JUNI	JULI	AUG	Året 19-31/9
940-41	142	18	102	46	3	14	9	13	7	26	134	159	673
41-42	63	63	40	84	7	6	19	22	39	79	116	156	692
42-43	212	185	43	56	35	166	85	123	62	51	57	104	1178
43-44	162	138	44	37	75	16	28	22	42	76	86	225	951
44-45	137	46	53	45	27	49	39	39	71	112	71	86	775
45-46	104	92	40	40	55	36	27	66	18	82	126	113	799
46-47	183	8	113	41	44	1	28	123	45	91	80	7	764
47-48	223	93	86	34	56	54	110	52	28	100	99	62	998
48-49	304	154	94	105	174	116	50	116	78	72	34	148	1445
49-50	120	154	62	123	57	83	90	68	42	122	128	161	1207
50-51	211	145	31	43	38	35	12	66	5	54	165	171	976
51-52	144	63	83	167	122	80	18	47	27	78	152	159	1130
52-53	105	62	29	30	88	80	89	78	78	40	123	183	985
53-54	141	207	219	153	47	24	33	31	51	115	100	130	1251
54-55	158	230	112	228	73	22	26	27	56	55	31	44	1054
55-56	146	128	87	170	76	32	41	36	94	93	132	117	1152
56-57	143	226	69	170	198	80	45	41	35	107	123	124	1361
57-58	148	196	106	256	93	39	33	61	123	24	111	88	1278
58-59	88	162	47	74	36	139	39	43	43	65	64	178	978
59-60	67	76	85	97	46	37	16	88	30	93	87	102	819
60-61	60	39	54	65	41	77	176	41	32	132	97	103	927
61-62	158	137	63	32	127	125	22	32	35	87	40	183	1043
62-63	82	167	58	61	14	18	23	26	84	59	146	151	890
63-64	128	145	52	45	55	49	2	50	46	153	146	112	931
64-65	66	74	86	0	0	0	0	25	11	122	54	110	548

MACAULAY, SIR ISAAC, BART.

100	60	8	29	30	3	7	9	13	5	34	31	7	573
100	104	55	45	42	37	23	22	34	29	54	73	95	810
100	143	128	69	79	65	33	33	50	42	73	105	127	992
200	152	173	98	160	81	30	48	72	66	97	127	160	1192
1000	504	230	219	256	193	166	110	123	123	120	168	226	1445

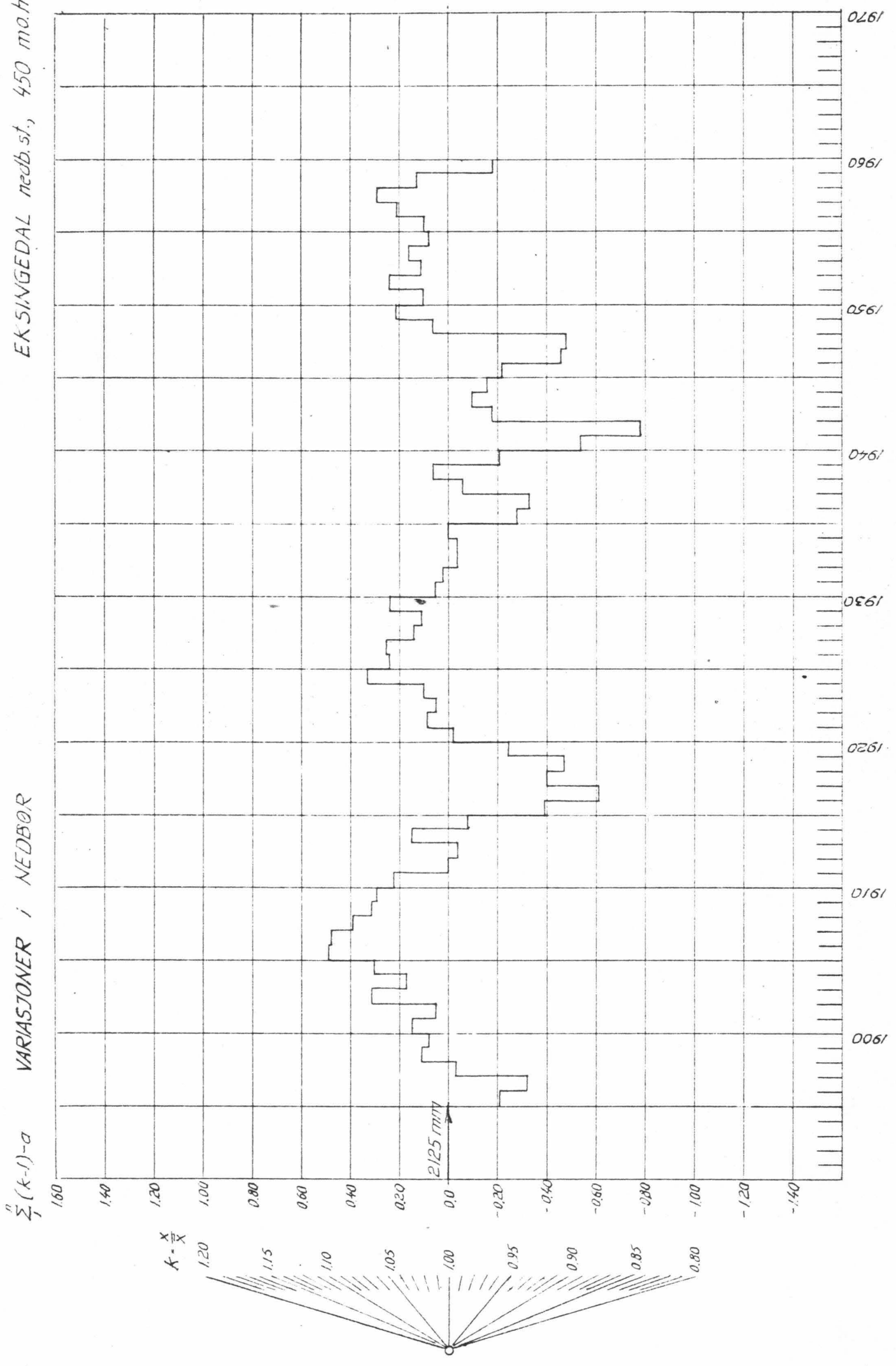
100 248.

Karakteristiske data for sesongens nedbør.

	Høst	Vinter	Vår	Sommer
	1/9-30/11	1/12-28/2	1/3-31/5	1/6-31/8
<u>Reimegrend, 630 m o.h., 1895-22</u>				
Maksimum	913	786	551	439
1. kvartil	539	582	321	342
Median	460	480	190	297
2. kvartil	338	303	164	225
Minimum	138	98	98	165
 <u>Eksingedal, 430 m o.h., 1895-43</u>				
Maksimum	1289	1331	1081	670
1. kvartil	812	918	444	433
Median	690	832	319	389
2. kvartil	580	543	223	315
Minimum	224	258	99	184
 <u>Vossestrand, 324 m o.h., 1896-31</u>				
Maksimum	768	679	521	384
1. kvartil	457	503	246	285
Median	397	414	177	236
2. kvartil	299	297	131	207
Minimum	117	95	55	128

VARIASJØNER I NEDBØR

EKSINGEDAL nedb. st., 450 m.o.h.



En annen meget viktig faktor for bedømmelse av vinterforholdene er snøforholdene. En oversikt over disse ved Slirå, Upsete, Raundal, Reimegrend, Eksingedal og Vossestrand er vist i nedenforstående tabell.

Gjennomsnitt for årene 1901-30 av midlere og maksimale
snødybder i cm.

Nedbørstasjon		N	D	J	F	M	A	M
<u>Slirå, 1300 m o.h.</u>	Midl.	20	46	82	113	131	123	67
	Maks.	83	178	235	315	380	450	436
<u>Upsete, 851 m o.h.</u>	Midl.	24	54	104	141	162	137	54
	Maks.	115	208	252	304	300	270	205
<u>Raundal, 700 m o.h.</u>	Midl.	9	27	56	83	97	77	21
	Maks.	75	120	125	190	195	180	130
<u>Reimegrend, 630 m o.h.</u>	Midl.	12	28	57	78	86	53	3
	Maks.	64	105	140	150	200	135	70
<u>Eksingedal, 446 m o.h.</u>	Midl.	15	40	80	118	141	116	28
	Maks.	74	137	200	230	263	215	155
<u>Vossestrand, 324 m o.h.</u>	Midl.	5	18	40	53	60	32	1
	Maks.	62	90	125	134	135	105	63

Karakteristiske data over snødekkets varighet ved Haugastøl og Eksingedal nedb.st. er gitt i følgende tabell

	Tidl.	Median	Seneste
<u>Haugastøl, varig snølegging</u>	25/9	20/10	1/11
snøbart	5/5	20/5	20/6
<u>Eksingedal, varig snølegging</u>	15/10	5/11	5/1
snøbart	20/4	10/5	30/5

Et mer omfattende bilde av snøforholdene ved Eksingedal nedb.st. i tida 1930-60 finns framstilt grafisk på fig. B-1⁶.

Som en ser av observasjonene kommer de største nedbørmengdene om høsten og vinteren. Det veksler stadig mellom år med nedbør større og mindre enn det normale. Mild havluft om vinteren gjør seg ofte gjeldende, særlig i nedre del av vassdraget.

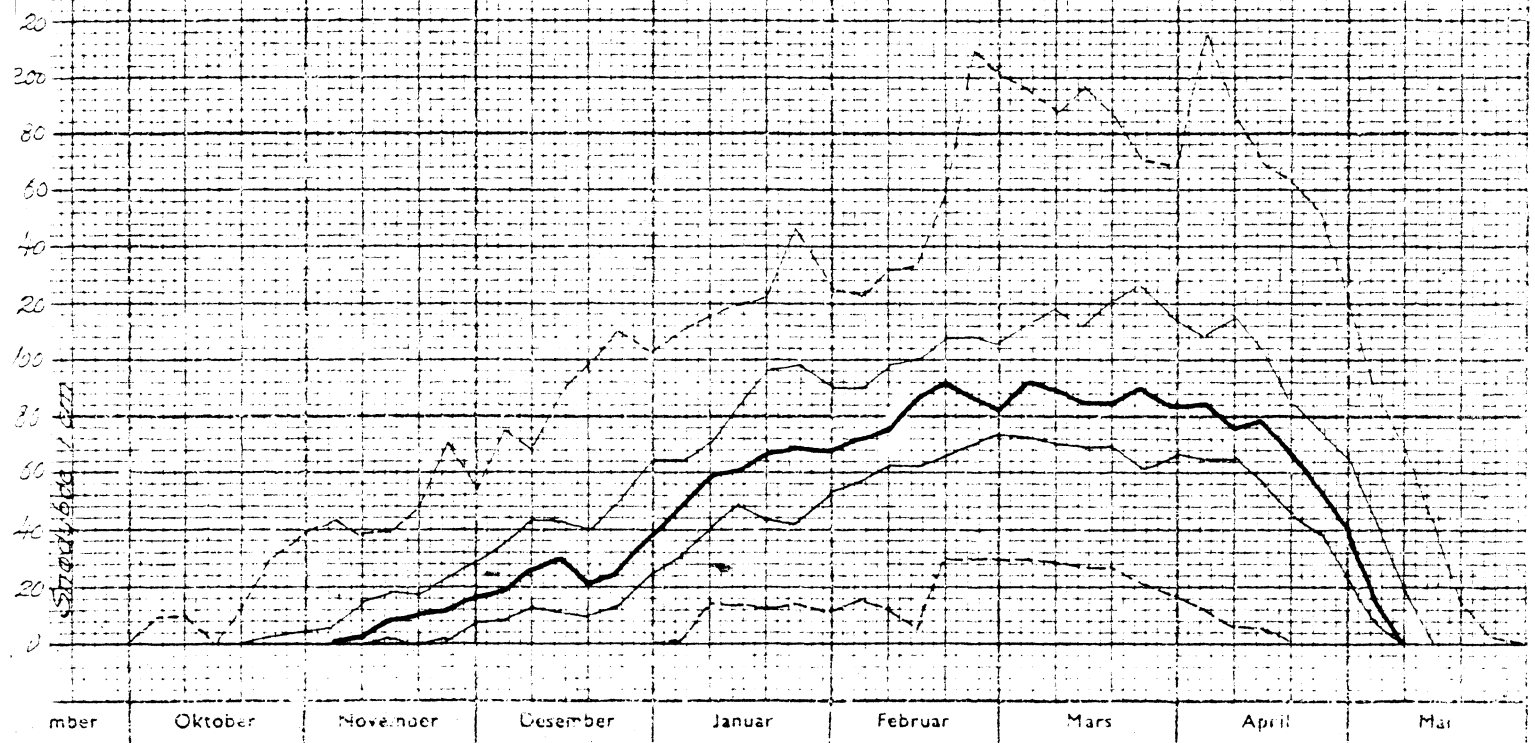
SNØDYBDE efter målinger hver femte dag

1930-60

EKSINGEDAL

5217

H. o. A. 442 m



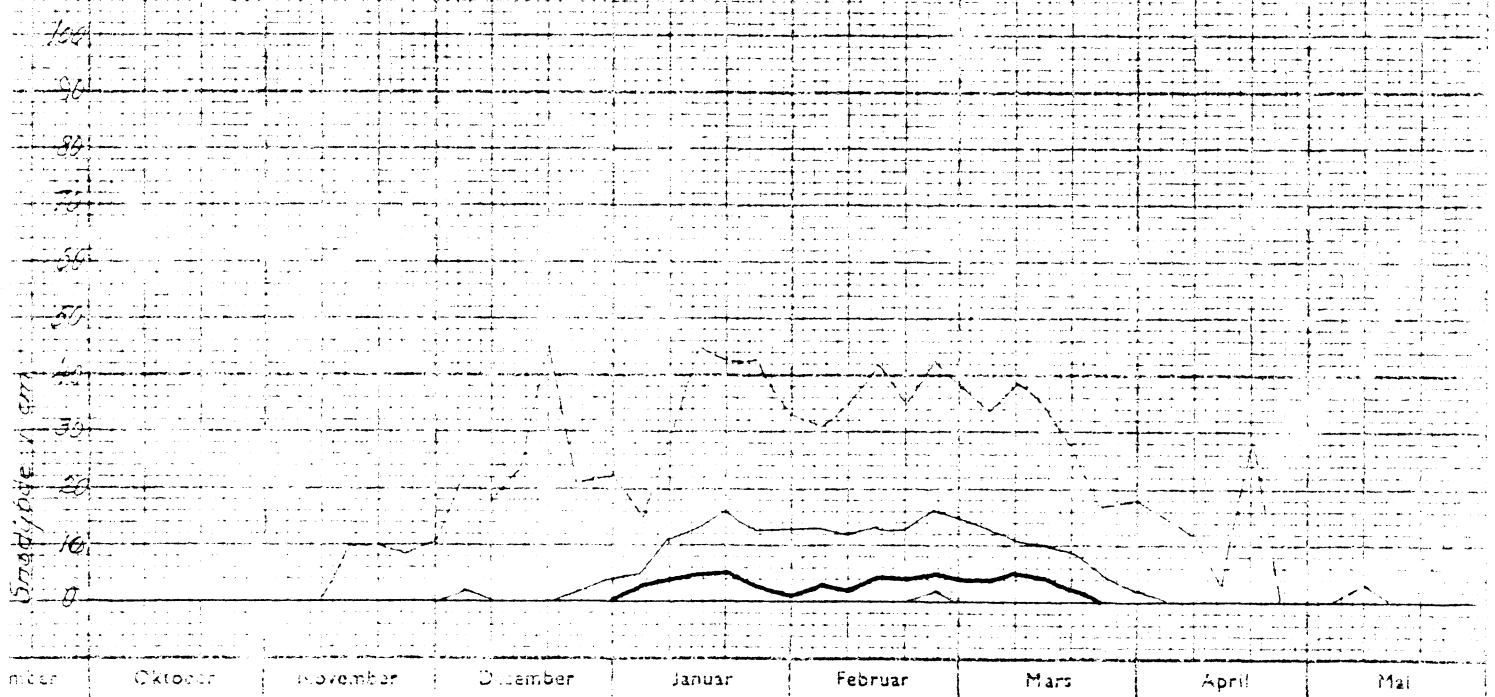
SNØDYBDE efter målinger hver femte dag

1930-60

BONDHUS

4875

H. o. A. 32 m



2. Hydrologiske data.

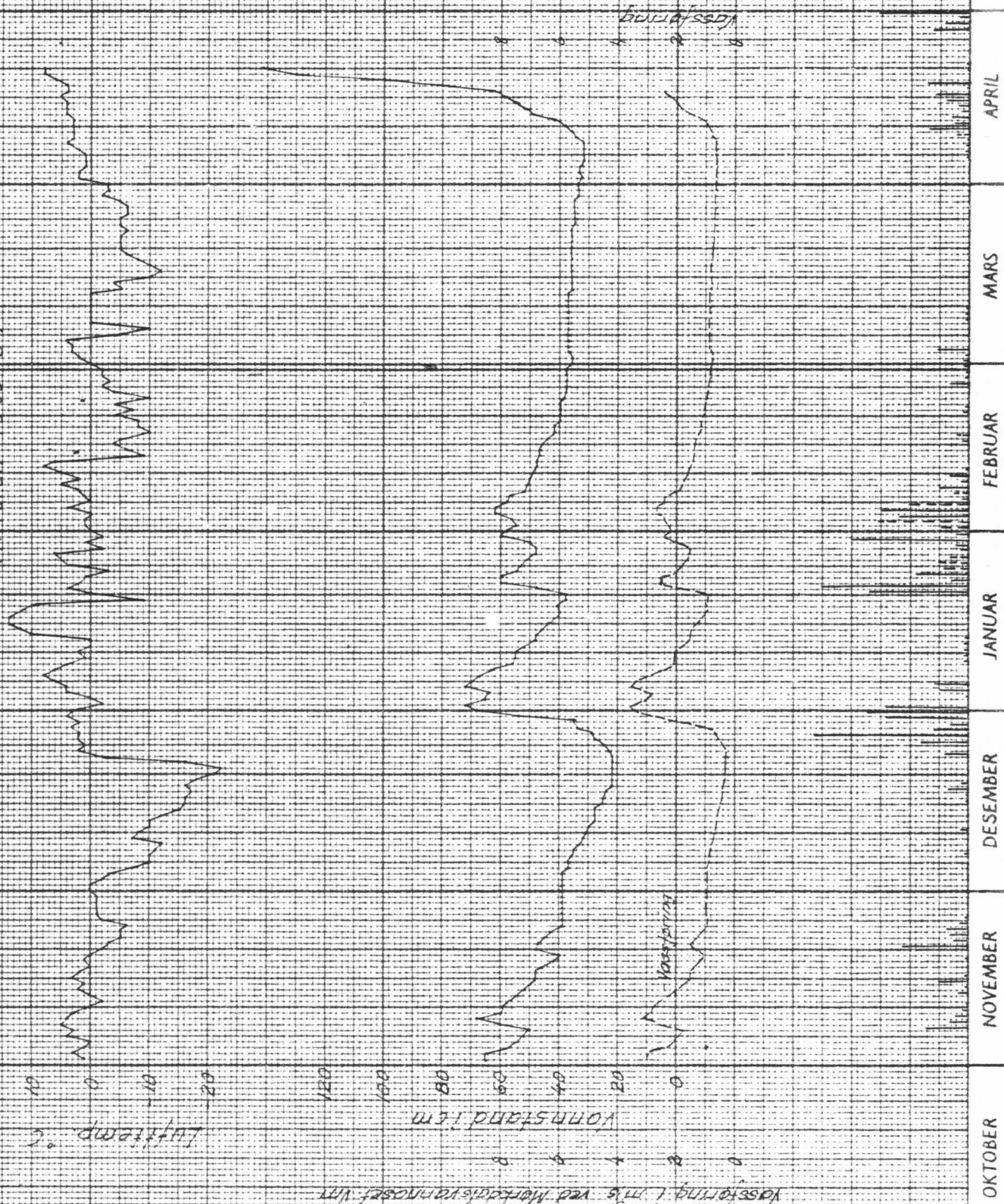
Det foregår vannstandsobservasjoner ved 3 vannmerker i vassdraget, nemlig:

Sendo Vm i Myrkdalselv ndf. Hola opprettet 1963, fra Myrkdalsvannoset Vm opprettet 1963 og fra Bulken i Mossa opprettet 1892. Ved sistnevnte foreligger vassføringskurve, men ikke ved de to førstnevnte fordi det hittil er foretatt bare få vassføringsmålinger og avløpet er derfor enda ikke beregnet.

En oversikt over vannstandsvariasjoner og avløp i Strandaelva ved utløpet av Myrkdalsvatn de siste 4 vintre er gitt grafisk på fig. B-2¹. På de samme diagrammene er det også oppgitt daglig målt lufttemperatur og nedbør. Til beregning av vintervassføringen er brukt en foreløpig vassføringskurve, fig. B-2².

Variasjonene i årsavløp i Vossa ved Bulken i tidsrommet 1892-1965 er vist grafisk på fig. B-2³. Hvis en sammenligner tegningen B-1⁵ med B-2³ kan en konstatere at variasjonene i nedbør og avløp varierer i takt. Det veksler stadig mellom år med avløp større og mindre enn det normale. Betrakter vi diagrammen B-2³ i sin helhet, vil imidlertid perioden 1894-1917 skille seg ut med en gjennomsnittlig avløpsmengde på ca. 95 % av det midlere, perioden 1917-1925 med en mengde av 119 % av midlere. Meget sterk nedgang i avløpet var det i periodene 1939-42 og 1957-63 mens det i periodene 1942-44 og 1948-50 var en sterk øking.

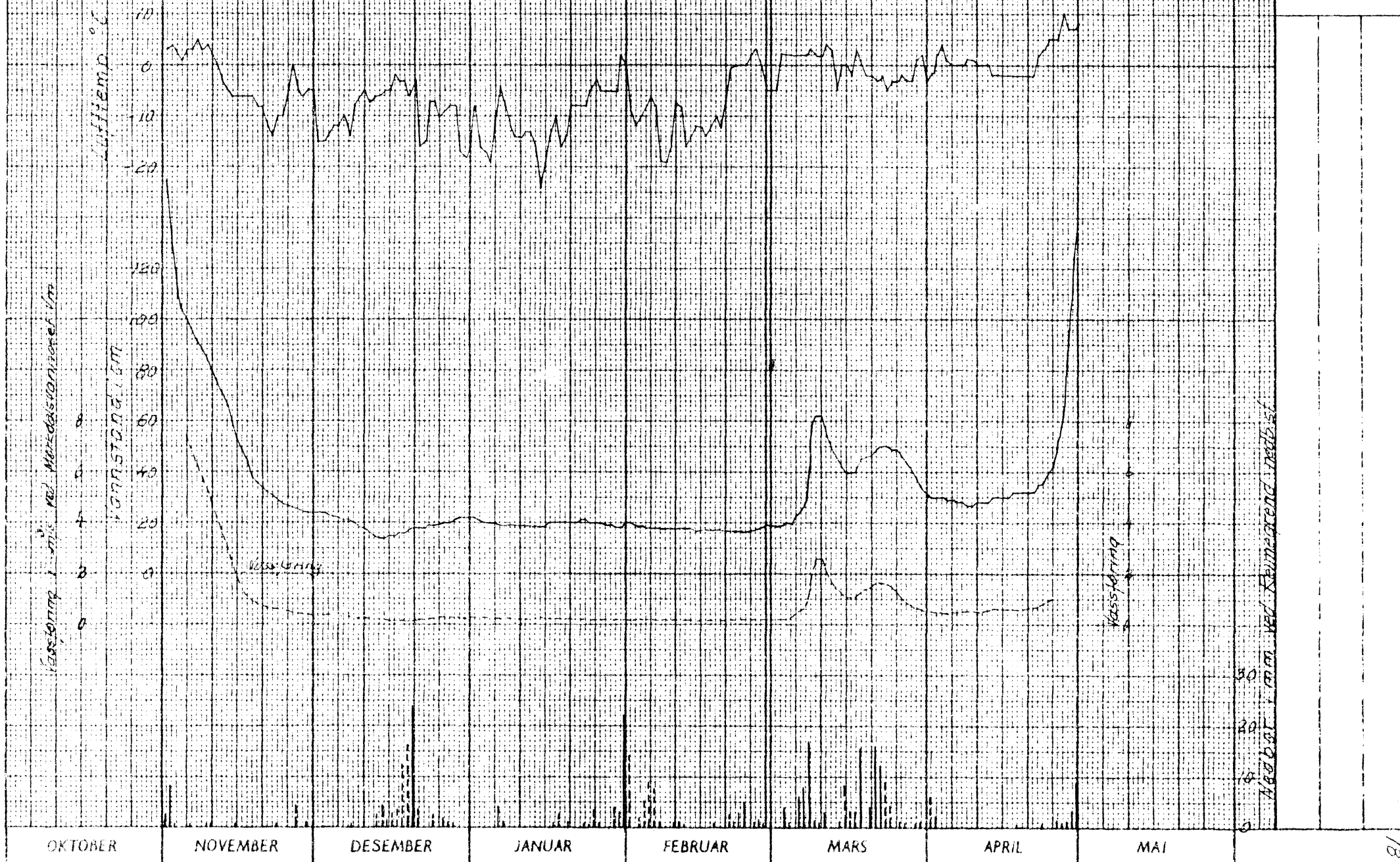
OVERSIKT OVER AVLOPSTORHOLDENE I STRANDELV
KIRTEREN 1963-64



ÖVERSIKT ÖVER AVLOPPSRÖRHOJDENE I STRANDBY VINTEREN 1965-65

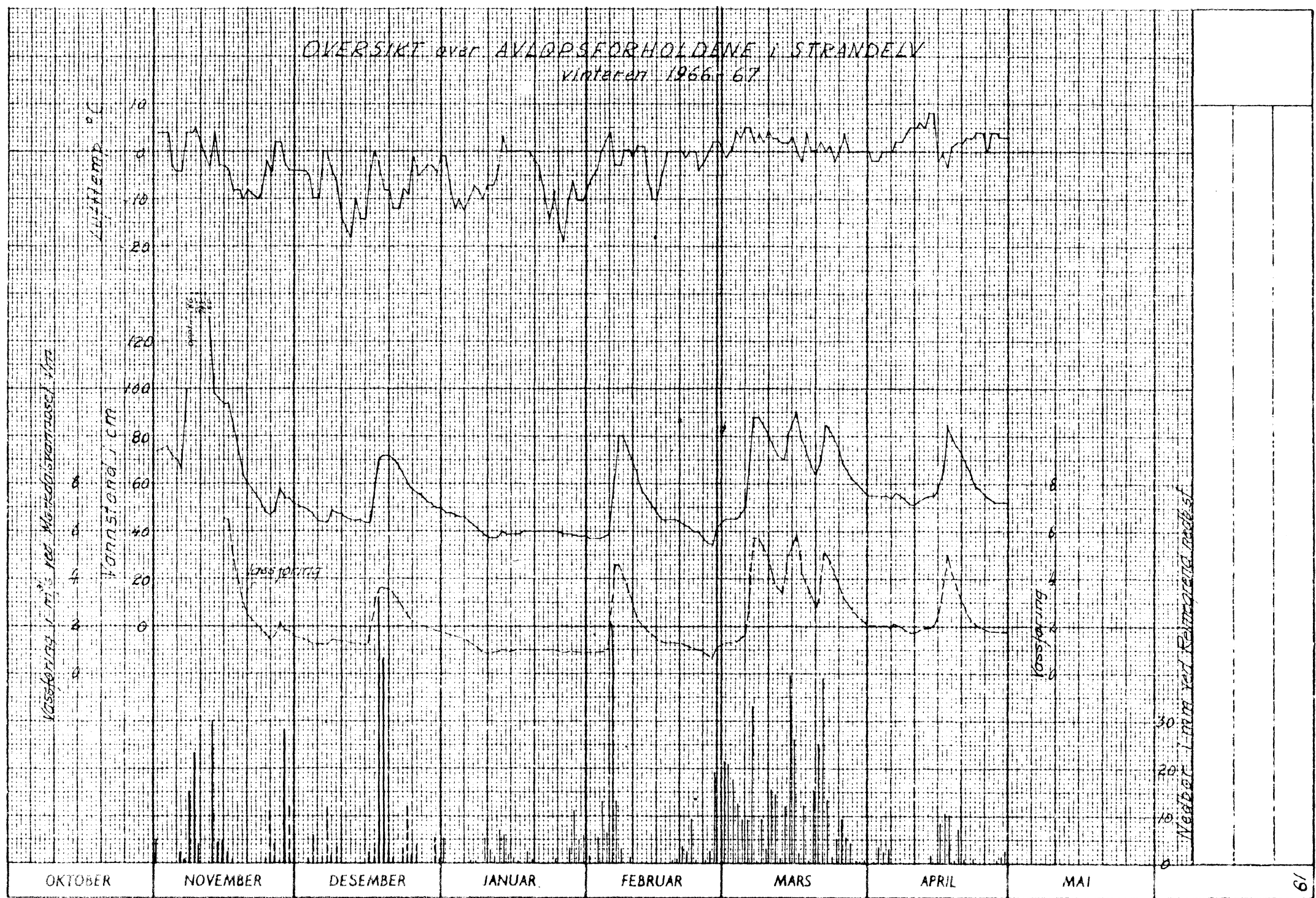


OVERSIKT over AVLØRSFORHOLDENE I STRANDELV Vinteren 1965-66



00000 196. 11.11.1966 11.11.1966 11.11.1966

OVERSIKT over AVLOPSFORHOLDENE I STRANDELV vinteren 1966-67



Nedbør i mm ved Reinholdstønstet

NORGES VASSDRAGS-OG
ELEKTRISITETSVESEN

DEN HYDROLOGISKE AVDELING

Vannføring i m³/s

0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

2

3

4

5

6

7

8

9

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

Vassføring i

m³/s

VASSFØRINGSKURVE

Vassdrag: MØRKEDALSELV

Vannmerke: Mørkedalsvannosef

Nummer: 1420

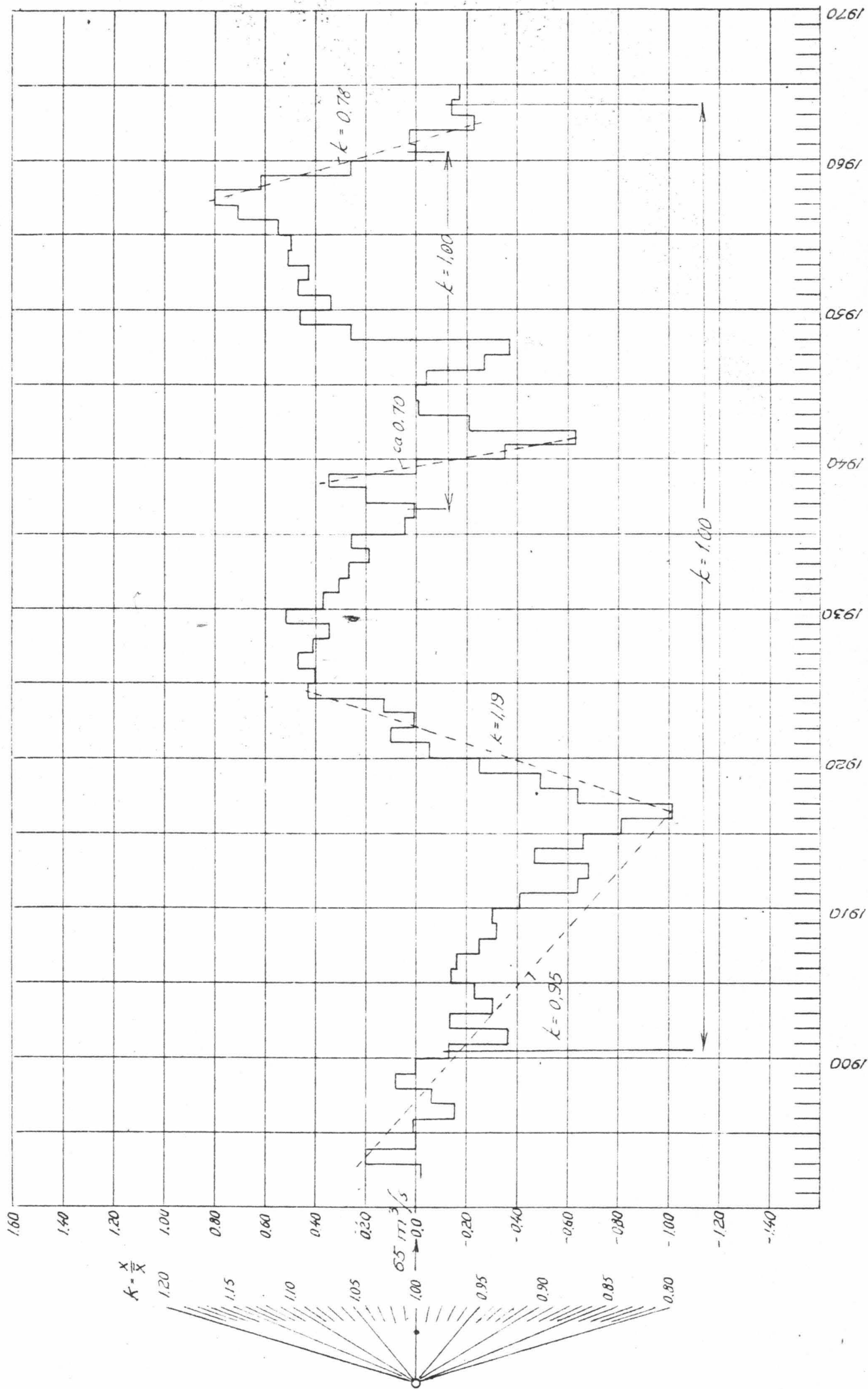
Gyldighetsperiode: midlertidig til

Fig. B-22

Bulken, $N = 1058 \text{ km}^2$

VARIASJONER I ÅRSVLOP

$\sum_{j=1}^n (k_j - 1) - \sigma$



C. Oversikt over isforholdene.

Notatene ved Myrkdalsvannoset Vm og Bulken Vm gir en oversikt over isleggings og isløsningstida henholdsvis på Myrkdalsvatn, nedre del og på Vangsvatnet, nederste del. I følgende tabell er gitt et utdrag av beregnede karakteristiske data.

Karakteristiske data for islegging og isløsning.

På Myrkdalsvatn, 1964-67

	Isdannelse	Islagt	Isløsning	Isfritt
Tidligst	≈ 20/11		1/5	11/5
Median		≈ 1/12	10/5	25/5
Senest		≈ 1/12	26/5	4/6

På Vangsvatnet (Bulken) 1950-51

Tidligst	26/11	28/11	28/2	12/3
Median	14/12	25/12	10/4	25/4
Senest	30/1	17/2	4/5	6/5

Om isforholdene på fjellsjøene foreligger det ingen opplysninger.

Isforholdene på Strandaelva er ustabile. Den ustabile værtypen om vinteren med omslag til mildvær og regn har i alminnelighet en viss innvirkning på forholdene og forårsaker issammenskyvninger og muligens også isganger. I kuldeperioder foregår det stor isproduksjon på de åpne elvestrekninger.

NVE Hydr. ogd. Iskontoret
196

STRANDAELV
Myrkjalsvatn

Handmerke
nr. 1420

OVERSIKT over ISFORHOLD

[illegible]

Mulige forandringer i vassdragets vinterforhold etter den
planlagte regulering og utbygging.

a. Forholdene på reguleringsmagasinene.

Fjellsjøene, som er knyttet inn i utbyggingsprosjektet, er relativt små, men reguleringshøydene er forholdsvis store. Erfaringer viser at på magasinene uten vesentlig gjennomstrømning er isleggingen og isløsningen og delvis også utviklingen av isdekket ikke særlig påvirket av reguleringen. De største forandringer i isforholdene vil komme fra vannstandsvariasjonene. Nedtappingen medfører at strandsonen etter hvert blir tørrlagt og at det ved bratte strandkanter kan dannes sprekker i isen, landråker og oppvatning. Disse forholdene er til ulempe for vintertrafikken særlig i snørike vintre. Av ulemper av mere lokal art kan nevnes dannelse av råker og usikre isområder på grunne partier etter at magasinene er nedtappet. Disse kan medføre hindringer for eventuell trafikk.

b. Forholdene på gjennomstrømte sjøer.

På sjøer med gjennomstrømning kan isforholdene bli relativt meget forandret, særlig på grunne sjøer. Her vil gjennomstrømningsvann med en overtemperatur holde strømdraget åpent, og dette åpne parti vil virke som en effektiv avkjølingsfaktor på vannmassene. I dype sjøer vil de åpne partiene bare være rundt inn- og utløp.

I slike sjøer vil hastigheten i hovedstrømmen avta ganske fort ved innløpet til sjøen og vannmassen vil etterhvert finne sin plass i dypere skikt etter temperatur og tetthet. Den beveger seg deretter som et mer eller mindre avgrenset strømdrag videre nedover uten å tære på isen. Det er bare i de partiene av sjøen hvor tverrsnittet er vesentlig innsnevret at en merkbar omrøring av vannlagene under isen finner sted og bringer varme opp som reduserer isveksten eller tiner allerede dannet is. Det kan dannes svakere isområder, åthull og andre fenomener som skyldes turbulente effekter i vannmassene. Disse områdene er til ulempe for vintertrafikken.

c. Elvestrekninger med øket vintervassføring.

Avgjørende for isleggingen i en elv er vanntemperatur og strømhastighet. Isleggingen kan først finne sted når vannet er avkjølt til frysepunktet og når dette er oppnådd vil arten av isproduksjonen avhenge av vannhastigheten. F.eks. hvis vannhastigheten på en elvestrekning er omtrent 0,2 - 0,3 m/s, og vannet har en temperatur mellom 0,1 og 0,2 °C eller mer, vil elva på vedkommende strekning gå åpen. Øker strømhastigheten til 0,6 m/s, vil strømdraget holde seg åpent selv om vannet bare har en temperatur på ca. 0,02 °C. Ved enda større strømhastighet, f.eks. på 1 m/s, er den kritiske overtemperatur ikke mer enn ca. 0,005 °C. Såpass overtemperatur vil vannet få ved å passere et fall på ca. 2 m. Hvis f.eks. strømhastigheten p.g.a. en regulering, øker over den kritiske grense vil elva bli gående åpen og medføre øket produksjon av sarr og bunnis så lenge kulden varer.

Skal 1 kg vann fryse til is må det avgi 80 kilokalorier. Ved sterk kulde f.eks. lufttemperatur omkring -20 °C, svak bris og klart vær er varmetapet ca. 100 kilokalorier pr. dekar pr. sek. (36 cal/cm², time). Dette kan produsere

$$100 : 80 = 1,25) : \text{kg is pr. dekar pr. sek.}$$

Dette er meget betydelige ismengder. Således blir det pr. døgn ca. 100 tonn is pr. dekar, når elva er åpen og vannet holder 0 °C. På en åpen elvestrekning av 1 km lengde og 25 m bredde vil det da pr. døgn produseres vel 2500 tonn is, forutsatt at sarret føres nedover fra de åpne partiene.

I sarreførende elver løftes vannet og oversvømmer strandisen. Flytende sarr kitter seg lett sammen i større drivende isklumper. Det har lett for å sette seg fast på grunne steder og danner oppdemninger og betydelige avløpsforstyrrelser. Isansamlinger foran inntaksmagasiner kan forårsake store vanskeligheter for kraftverk. Særlig kraftverk med korte og grunne inntaksmagasin er sterkt utsatt for slike ulemper.

Forslag til passende tiltak for å redusere eventuelle
isvansker ved de projekterte kraftverk.

Vedr. Myrkdal kraftverk.

Som inntaksmagasin for kraftverket er tenkt Kringlevatn. Vannet føres først gjennom en tilløpstunnel 3,8 km lang med et tverrsnitt av 6 m² til fordelingsbassenget. Derfra ledes vannet til kraftstasjonen gjennom en 2,9 km lang åpen rørledning med tverrsnitt 1,3 - 1,1 m i diameter.

Vanntemperaturen ved inntaket vil antagelig holde 1,0 - 0,5 °C midtvinters avhengig av værforholdene før isleggingen. Gjennom tunnelen blir det ingen avkjøling, men under langvarig kulde vil vannet i rørledningen avkjøles til meget nær 0 °C. I snøfattige vintre med sterk kulde og vind kan det dannes is i nedre del av rørledningen.

Erfaringer viser at lange åpne rørledninger må isoleres godt med f.eks. isopor plater, særlig på steder hvor ledningen går over bakken og er utsatt for vind, for å redusere faren for isdannelse i røret. Vi anbefaler å bruke som veiledning de erfaringer som Aura kraftverk i Skjåk har høstet i et lignende tilfelle.

Utbygging i Strandaelva.

Her kan to forskjellige alternativer komme på tale.

1. Myrkdalsvannet brukes som inntaksmagasin og vannet føres i tunnel helt ned til kraftstasjonen. I dette vil driftsvannet holde omtrent den samme temperatur som ved inntaket. En slik utbygging er planlagt og vist på tegningen fig. A-2.

Dette alternativet er, når en tar isforholdene i betraktning, det beste, men også antagelig det dyreste.

2. Vannet blir sluppet i Strandaelva og i den bygget et inntak f.eks. 5 km lengere nede. I dette tilfelle er det nødvendig med omfattende tiltak for å unngå isvansker.

a. Hvis elveprofilet er slakt og mer eller mindre avtrappet fra naturens side, kan en med lave dammer avtrappe elveleiet enda mer. På denne måte kan en få nedsatt strømhastigheten på de oppdemte strekninger og derved påskynde

isleggingen. Isforholdene blir på den måten tidlig stabilisert og avkjølingen av vannmassene blir redusert slik at vannet ved inntaket vil holde en liten overtemperatur.

b. Hvis Myrkdalsvatn er tilstrekkelig dypt kan det brukes ikke bare som vannmagasin, men også som varmemagasin ved at, hvis elvas fallforhold på det øverste parti tillater det, en ved en kort tunnel kan føre vann fra f.eks. 20 m dyp ut i elva. Avløpsvannet vil da holde en overtemperatur som vil variere fra 2,0 til 1,0 °C utover vinteren. Denne overtemperatur vil være tilstrekkelig til å holde elvestrekningen til inntaket åpen.

Konklusjon:

Hvis vannet fra Myrkdalsvatn slippes inn på en lengere strekning i Stranda-elva og i den bygges ut et lite inntak for en kraftstasjon, så må tas mer omfattende reguleringsarbeider som en nødvendig del av utbyggingsprosjekt i vassdraget, hvis en stabil kraftproduksjon skal kunne sikres.

Edvigs V. Kanavin.