

ØLSJØ/BLØYTJERNS LOKALFELT

TILPASSING AV HYDROLOGISKE MODELLER

PROSJEKT HYDROLOGISKE PROGNOSEMODELLER

NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
BIBLIOTEK

NVE

HYDROLOGISK AVDELING

ØLSJØ/BLØYTJERNS LOKALFELT

Tilpasning av hydrologiske modeller

PROSJEKT HYDROLOGISKE PROGNOSEMODELLER

Nils Roar Sælthun

NVE

Hydrologisk avdeling

**NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSGESEN
BIBLIOTEK**

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	1
1. FELTBESKRIVELSE	1
2. DATAGRUNNLAG	3
2.1 Avløp	3
2.2 Nedbørdata	3
2.3 Temperaturdata	4
2.4 Andre data	5
3. MODELLTILPASNING	6
3.1 SNSF-modellen	6
3.1.1 Nedbørkorrektsjoner	7
3.1.2 Temperaturkorrektsjoner	7
3.1.3 Snøparametere	7
3.1.4 Modellparametere	8
3.1.5 Modelltilpasning	8
3.1.6 Test på uavhengige data	8
3.1.7 Sammenligning med snøtakseringer	9
3.2 ARIMA-modeller	11
3.3 Instrumentering for operasjonelt bruk	11
Litteraturliste	12

Vedlegg: A: Simulering med SNSF-modellen
 Plotting for hele perioden
 Pentadatabell for hele perioden
B: Systemskisse for SNSF-modellen

SAMMENDRAG

SNSF-modellen og ARIMA-modellen er tilpasset lokalfeltet til inntaks-magasinet (Ølsjø/Bløytjern) til Åbjøra kraftverk i Begnavassdraget. Feltet er på 212 km^2 og er oppstrøms avgrenset av Tisleifjorden dam. Modellene beregner tilsig på grunnlag av nedbør og temperaturobser-vasjoner på værstasjonen Åbjørsbråten.

Modellene er tilpasset "observert" lokaltilsig for perioden 1968-1971 og kontrollert på perioden 1972-1975. SNSF-modellen fungerer tilfredsstillende på høye tilsigsverdier, men kan vanskelig kontrolleres på lave tilsig på grunn av betydelig usikkerhet og til dels systematiske feil i tilsigsdata. Snømagasin beregnet av SNSF-modellen er sammenlignet med snømagasin beregnet på grunnlag av snøtakseringer. Overensstemmelsen er god.

ARIMA-modellene gir relativt dårlig resultat, delvis på grunn av sin struktur og delvis på grunn av feilene i tilsigsdata.

1

FELTBESKRIVELSE

Feltet er lokalfeltet til inntaskmagasinet (Ølsjøen/Bløytjern) til Åbjøra kraftverk i Begnavassdraget. Det er oppstrøms avgrenset av Tisleifjorden dam og feltgrensene til denne. Arealet er 212 km^2 . Feltet ble regulert i 1951.

Feltet ligger i høydeintervallet 740-1148 m.o.h. med medianhøyde 870 m. Størstedelen av feltet ligger i blandet fjellskog.

Feltet har ganske betydelige løsmasser, og en god del myr, ca. 14%. Sjøandelen er 1,5%. Terrenget er rolig og lite kupert. Kartskisse og hypsografisk kurve, se fig. 1.

Ølsjø/Bløytjern-magasinet er på 9 mill. m^3 , og den lokale reguleringsgrad er derfor lav (ca. 2% av årsavløpet).

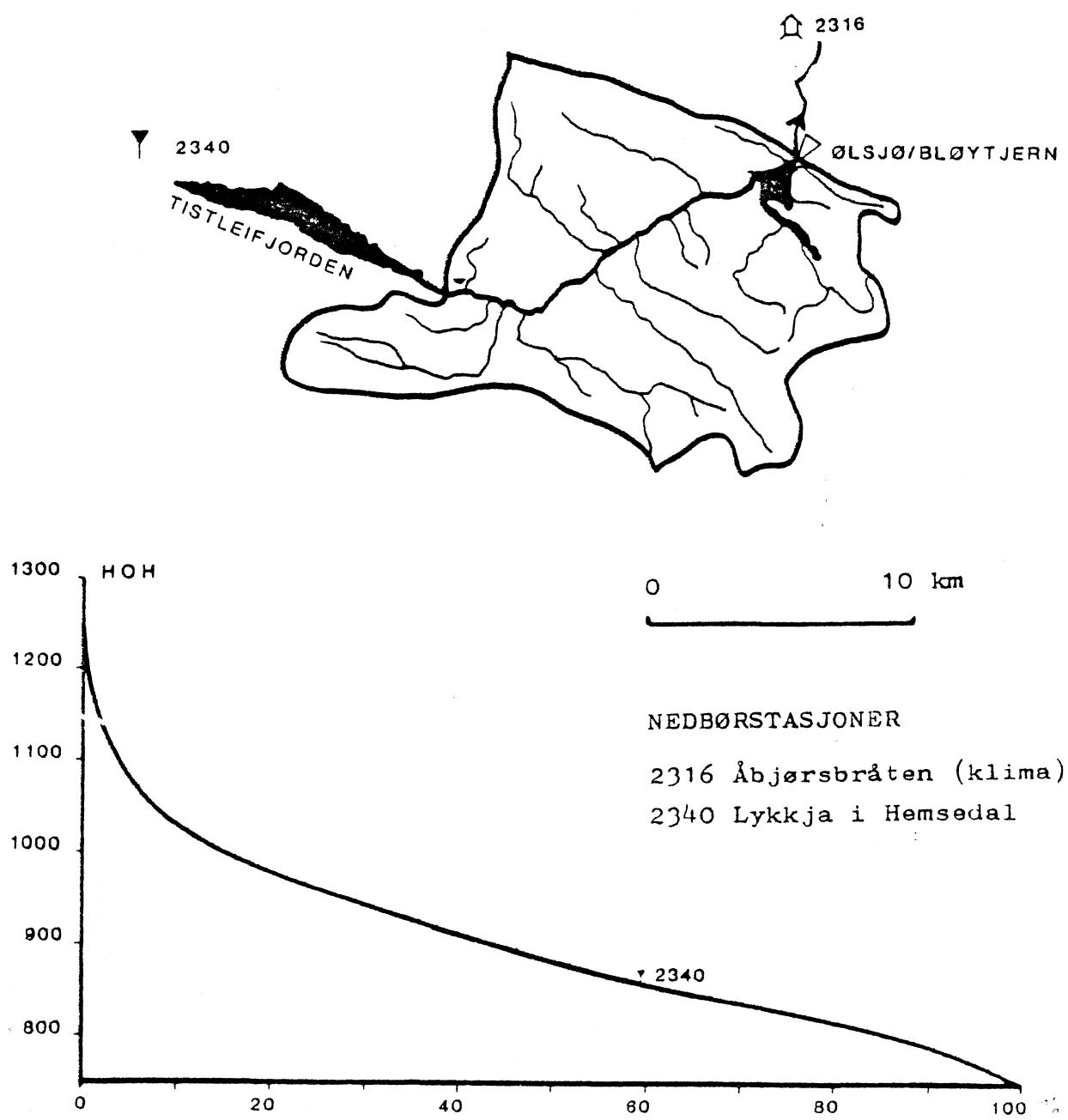


Fig. 1 Kart og hypsografisk kurve for Ølsjø/Bløytjerns lokalfelt

2 DATAGRUNNLAG

2.1 Tilsig

Tilsiget er beregnet som summen av driftsvannet i Åbjøra kraftverk og spill målt ved vanrmerke 1120 Mønin bru, redusert med tapping fra Tisleifjorden, vanrmerke 1140, og korrigert for magasinendringer i Ølsjø/Bløytfjern.

Transittvannet fra Tisleifjorden utgjør årlig over 400 mill. m^3 mot feltets lokaltilsig på 115 mill. m^3 . Små feil i bestemmelse av transittvannet eller driftsvannet kan derfor gi store feil i lokaltilsiget.

Transittvannet er sannsynligvis det mest usikre av disse to. Fram til 1968 er det bare bestemt med ukentlige avlesninger, noe som ikke er godt nok når lukene mangørres. Fra 1968 er limnografavlesningen lagt til grunn, men elveprofilet er ustabilt og usikkert.

Vassføringskurven for 1140-0 Tisleifjord nedenfor er oppmålt til 20 m^3/s , mens det er i perioden har vært observert vannstander tilsvarende 94 m^3/s . Tilsiget ser ut til å være beheftet med systematiske feil som gir seg utslag i vedvarende negative tilsigsverdier i lavvannsperiode. Gjennom sommeren 1971 er det også en vedvarende positiv feil i tilsiget. Før modelltilpasningen er negative tilsig fjernet ved utjevning mot positive tilsig på nærmeste dato før eller etter. Dette gir imidlertid perioder med null tilsig.

2.2 Nedbørdata

Det er to aktuelle nedbørstasjoner i området, 2316 Åbjørsbråten og 2340 Lykkja i Hemsedal. 2316 ligger nærmest feltet, men noe lavere. Den er brukt som nedbørstasjon i modelltilpasningene. Sammenligning med 2340 antyder 5-10% nedbørøkning pr. 100 m høydeøkning, men det er vanskelig å skille denne økningen fra en eventuell øst-vest nedbørgradient i området. I modelltilpasningen er 5% økning med høyden benyttet. Modellen gir da svært små nedbørkorrekjoner, 1,05 og 1,1 for henholdsvis regn og snø, men dette kan skyldes feil i tilsigsberegningen. Nedbør mengdene er fordelt på de to kalenderdøgnene som inngår i "nedbørdføgnet" (kl. 08-08).

Midlere årsnedbør (observert) er 600 mm for 2316 Åbjørsbråten for perioden 1957-1975. Se forøvrig tabell 1.

Tabell 1

Sammenligning av nedbørstasjonene med forholdstall for observert nedbør.

Periode: 1957-1975

Stasjon	h.o.h	årsnb.	regn	snø	sludd	total	snø/regn
2316 Åbjørsbråten	634	600	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2340 Lykkja i Hemsedal	861	675	1.13	1.23	0.75	1.13	1.09

Bare nedbør fra døgn med samme nedbørstype på de to stasjonene er sammenlignet. Begge stasjoner er utstyrt med skjerm.

2.3 Temperaturdata

Nærmeste klimastasjon er Åbjørsbråten, som ligger like utenfor og noe lavere enn feltet. Det finnes også en daglig observasjon av lufttemperatur på Bløytfjern dam og Tisleifjord dam. Sammenligning av nedbørstype og temperatur på Åbjørsbråten indikerer en skilte temperatur snø/regn på 2°C mot 1°C på de øvrige klimastasjonene som er undersøkt. Se fig. 2.

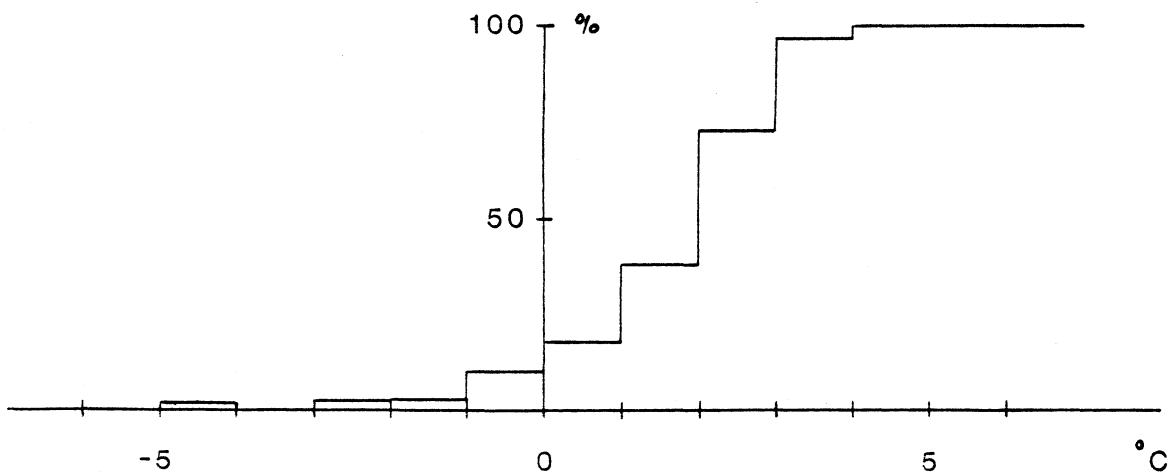


Fig. 2 Døgn med regn i % av antall nedbørddøgn med snø eller regn for forskjellige døgrmiddelelementeraturer på Åbjørsbråten.

Dersom vi sammenligner med nedbørobservasjonene på Lykkja, viser det seg at 50% sannsynlighet for snø tilsvarer en døgnmiddeltemperatur på $2,5^{\circ}\text{C}$ på Åbjørnsbråten. Se fig. 3. Dette gir en unormalt lav temperaturgradient med høyde over havet, -0.2°C pr. 100 m. Dette kan tyde på at lokale effekter gir et uvanlig forhold mellom bakketemperaturen på Åbjørnsbråten og temperaturen i luftlagene over.

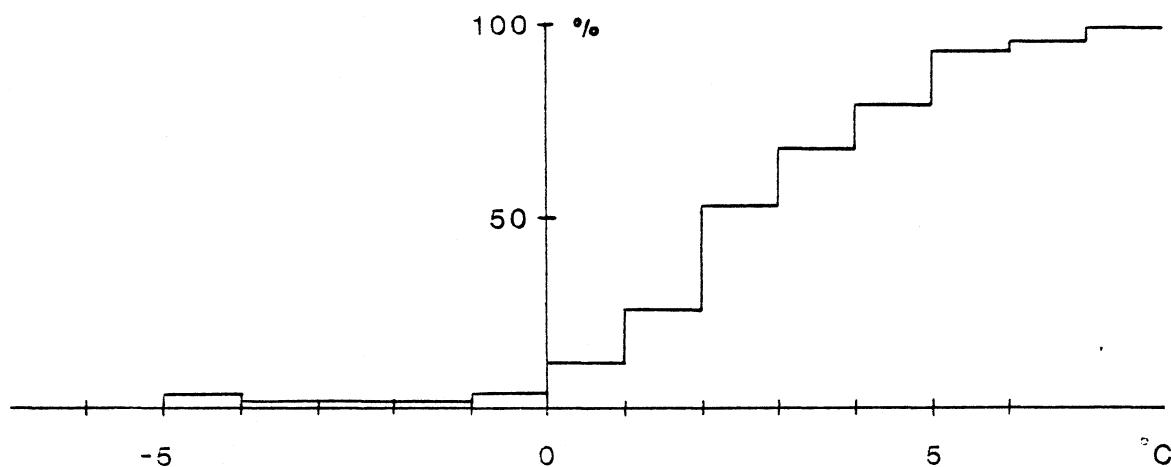


Fig. 3 Nedbørfordeling for 2340 Lykkja som funksjon av døgnmiddeltemperaturen på Åbjørnsbråten.

2.4 Andre data

Feltet er godt dekket av tilleggsmålinger med årlige snøtakseringer i 10 målepunkt, ukentlig grunnvannstand i grunnvannsbrønn ved Tisleifjorden dam, og daglige lufttemperaturobservasjoner.

Værstasjonen gir selvsagt andre data som vil kunne være til nytte ved operasjonelt bruk av modeller selv om de ikke går direkte inn i modellene som er benyttet her. Særlig vil vinddata være til nytte ved vurdering av oppfangssvikt i nedbørsmålinger av snø og sludd. Fuktighetsdata, vinddata og solskinnstimer vil være aktuelle inngangsdata ved forberede dampning- og snøsmelterutiner.

Nedbørstasjonene observerer også snødybde og snødekke, det er sannsynlig at dette vil være nyttig informasjon ved oppdatering av snømagasinet i smelteperioden. I snøakkumulasjonsessongen er nedbørtype viktig informasjon.

3

MODELLTILPASNING

Ved modelltilpasninger er perioden 1/9 1968 - 31/8 1971 brukt som til-pasningsperiode, og perioden 1/9 1971 - 31/12 1975 som uavhengig test.

3.1

SNSF-modellen

SNSF-modellen er beskrevet av Lundquist (1978) og er her benyttet med noen mindre forandringer (Sælthun, 1978). Forandringene er først og fremst at fordampningen er avhengig av vanninnholdet i jorda. For simulering av snøakkumulasjon og avsmelting er HBV-3 modellens snøroutine benyttet. Rutinen gir vannekvivalent av tørrsnø og vann i væskefase i snødekket i 10 høydenivå i feltet: 765, 800, 820, 850, 870, 890, 920, 970, 1000 og 1070 m.o.h. Hver av disse nivåene representerer i modellen 10% av feltet.

Modellen ble benyttet uten snaufjellskaret, arealandelene for de øvrige karene ble satt til:

83% morene	(AS)
15% myr	(AM)
2% sjøer	(AV)

Modellen fungerte også bra uten sjødelen i funksjon. Dette skyldes at Ølsjø/Bløytjern utgjør det meste av sjøene i feltet, og dette magasinet demper ikke tilsiget.

Koblingene i modellen ble satt slik at alt vann fra morene- og skogkaret ble ført via sjødelen.

Fordampningsfaktoren ble satt til 0.2 mm/grad·døgn ved fulle kar.

3.1.1 Nedbørkorreksjoner

Som nedbørstasjon ble benyttet 2315 Åbjørsbråten. Nedbøren ble økt med 5% av nedbøren ved stasjonen pr. 100 m. Dette ga punktkorreksjoner på 1.05 for regn og 1.10 for snø og sludd.

3.1.2 Temperaturkorreksjoner

Døgrmmiddeltemperaturen ble tatt fra Åbjørsbråten. Den ble korrigert med -0.4°C pr. 100 m for døgn med nedbør og -1.0°C pr. 100 m for døgn uten nedbør. Selv om forholdet mellom Lykkja og Åbjørsbråten indikerer -0.2°C pr. 100 m for nedbør-døgn, antas dette å være for lite for de høyere - liggende delene av feltet. Vi vet jo heller ikke hvor representativ Lykkja er for sitt høydenivå inne i feltet.

3.1.3 Snøparametre

Følgende parametre ble låst fast:

- skilletepperatur snø/regn TX= 2.0°C
- relativ graddagfaktor for gjenfrysning av smeltevann: CFR= 0.01
- maksimalt innhold av smeltevann i snødekket: PRO=10%
- antall felt: AFLT= 10

To parametre ble tilpasset:

Parameter:	Startverdi	Resultat
temp. for nullsmelting, TS	0°C	0°C
graddagsfaktor, CX	2.5 mm/grad	3.0 mm/grad

3.1.4 Modellparametre

Modelltilpasningen ga følgende parametre:

Parameter:	Startverdi	Sluttverdi
terskel humus, AMIN	8 mm	8 mm
tømmekonstant humus, KA	0.8 døgn ⁻¹	0.6 døgn ⁻¹
infiltrasjonsfaktor, KSIG	0.4	0.6
terskel morene, BMIN	32.0 mm	20 mm
overløp morene, BMAX	64.0 mm	40 mm
tømmekonstant morene, KB	0.1 døgn ⁻¹	0.05 døgn ⁻¹
terskel myr, MMIN	0 mm	0 mm
overløp myr, MMAX	50 mm	70 mm
tømmekonstant myr, KM	0.01 døgn ⁻¹	0.02 døgn ⁻¹
tømmekonstant vann, KV	1.2 døgn	1.2 døgn

Magasininnholdene er her gitt som vannhøyde fordelt over hele feltet.

Lokalt, d.v.s. innen den arealandelen karet representerer, tilsvarer BMAX 48 mm og MMAX 467 mm.

3.1.5 Modelltilpasning

Med parametre som nevnt ovenfor simulerte modellen en midlere årsnedbør for tilpasningsperioden på 675 mm, og et midlere tilsig på 490 mm. Over hele tilpasningsperioden simulerte modellen 70 mm tilsig for mye. R^2 -verdi var lik 0.87, noe som indikerer en middels tilpasning. Flommene simuleres stort sett bra, mens tilsigsdataene for lavvannsperioder er så usikre at vi ikke har noen skikklig kontroll på simuleringene. Fra vårfloommen 1971 og ut mot slutten av året er det svært stort avvik mellom modellen og beregnet tilsig. Det ser ut som om beregnet tilsig i denne perioden ligger ca. $2 m^3/s$ for høyt.

3.1.6 Test på uavhengige data

I testperioden (72-75) simulerte modellen 180 mm for mye. R^2 -verdien falt til 0.80. Avvikene ligger som for tilpasningsperioden særlig på lavvannsperiodene, men forløpet av vårfloommen 1973 er feil simulert. Modellen simulerte for høyt tilsig i første flomtopp, noe som resulterte i for lavt tilsig mot slutten av flommen.

Høyeste observerte 5-døgnstilsig i testperioden (innen faste pentader) er 133 mm i pentade 27 i 1975. Modellen simulerer da 92 mm. Nest høyeste tilsigsverdi er 57 mm i pentade 26 i 1972. Modellen gir da 62 mm.

3.1.7 Sammenligning med snøtakseringer

Som nevnt er feltet godt dekket av snøtakseringer, med 1 til 2 målinger årlig i 10 punkt innen feltet. Målt magasin og modellen's simulerte snømagasin er sammenlignet i tabell 2 og fig. 4.

Tabell 2 Sammenligning av målt og simulert snømagasin.

Dato	målt mag. (mm)	sim.mag.(mm)
19.03.1969	210	230
02.04.1970	200	220
23.02.1971	180	220
26.04.1971	240	270
17.03.1972	170	160
03.04.1973	80	80
04.04.1974	240	240
29.03.1975	280	310

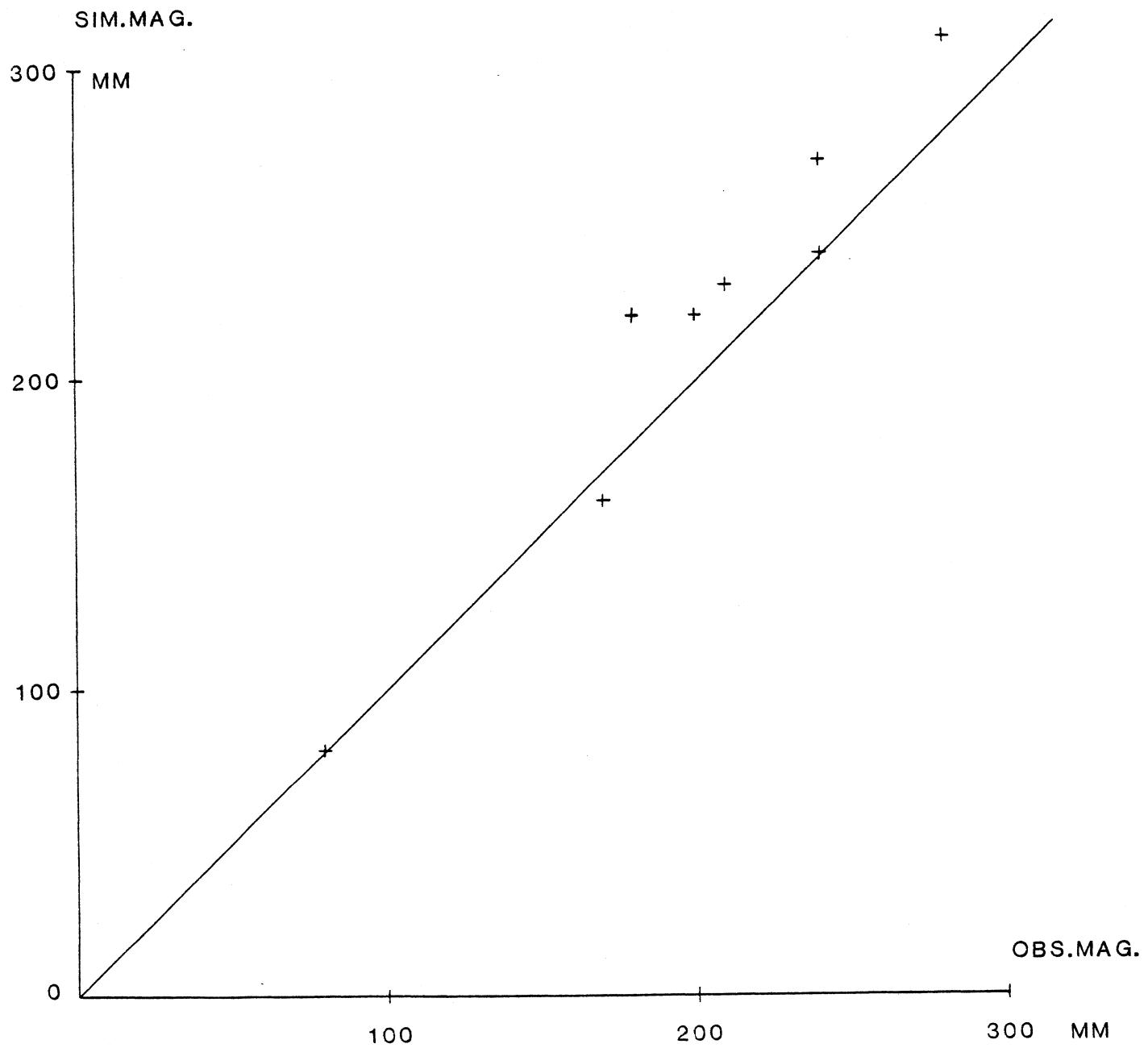


Fig. 4 Målt og simulert snømagasin

Overensstemmelsen er bra, selv om det simulerte snømagasinet har en tendens til å ligge noe over, særlig i snørike vinter.

3.2 ARIMA-modeller

Lineære transfermodeller (ARIMA-modeller) er også tilpasset dette feltet, på 5-døgnsmidler. Disse modellene er først og fremst karakterisert at de er lette å tilpasse. De kan imidlertid ikke simulere snøsmelting, og må derfor kombineres med en snørutine. Snørutinen vil være ikke-lineær, og dermed går den lettvinne tilpasningen tapt. ARIMA-modellene ble forsøkt tilpasset med forhåndsatte verdier på snøparametrene, men dette ga dårlige resultater. Det er ikke klart om dette skyldes snørutinen eller ARIMA-modellen. Det ser imidlertid rart ut at temperaturen faller ut av transfermodellene. De klarer dermed ikke å beskrive de hydrologiske effektene av variabel fordampning. For dette feltet hadde ARIMA-modellene problemer som skyldes de negative tilsigsverdiene, og de negative tilsigene ble derfor jevnet ut. Dette ga lange perioder med null tilsig, og ARIMA-modellene fikk dermed problemer med parameter tilpasningen. ARIMA-modellene og tilpasning av disse er beskrevet av Damsleth, 1978 a og b.

ARIMA-modellene er mest aktuelle for analyser av avvik mellom observert og simulert tilsig og vurdering av forventet prognosefeil.

3.3 Instrumentering for operasjonelt bruk

Instrumentering og måleprogram i feltet er allerede godt utbygd. For operasjonelt bruk ville nok en værstasjon med nedbør og fullstendige temperaturobservasjoner ved Tisleifjord dam gi bedre prognoser. Men først og fremst må beregningsgrunnlaget for tilsiget gjennomgås. Særlig gjelder dette vannføringene nedenfor Tisleifjord dam, dernest beregning av driftsvann i kraftverket.

LITTERATUR

- Damsleth, E, 1978a: Programmer for tidsrekkeanalyse av univarierte modeller, intervention modeller, multippel input transfer modeller ved Box & Jenkins metoder. Brukerveiledning Norsk Regnesentral, publ. nr. 597.
- Damsleth, E, 1978b: Analyse av hydrologiske data ved lineære transfermodeller. Norsk Regnesentral, publ.nr. 602.
- Lundquist, D, 1978: Syntetisk begrepsmessig modellering av hydrologien i nedbørfelter. Nordic IHP Report no. 1.
- Sælthun, N.R., 1978: SNSF-modellen. Arbeidsnotat, Hydrologisk avdeling.

VEDLEGG

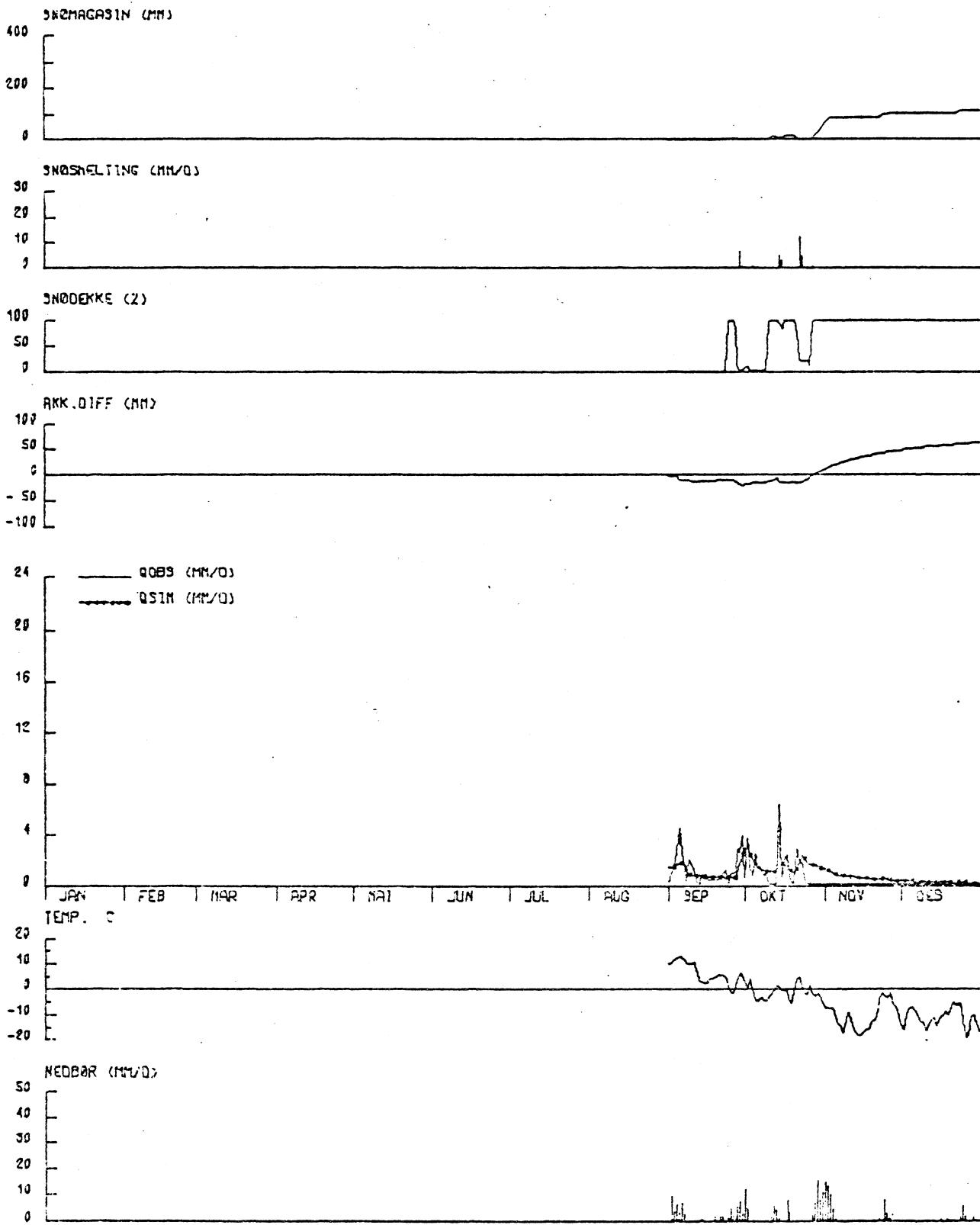
- A) Simuleringer med SNSF-modellen
 - Plotting for hele perioden
 - Pentadetabell (5-døgns-verdier)
- B) Systemskisse av SNSF-modellen

ØLSJØ

ÅR

1968

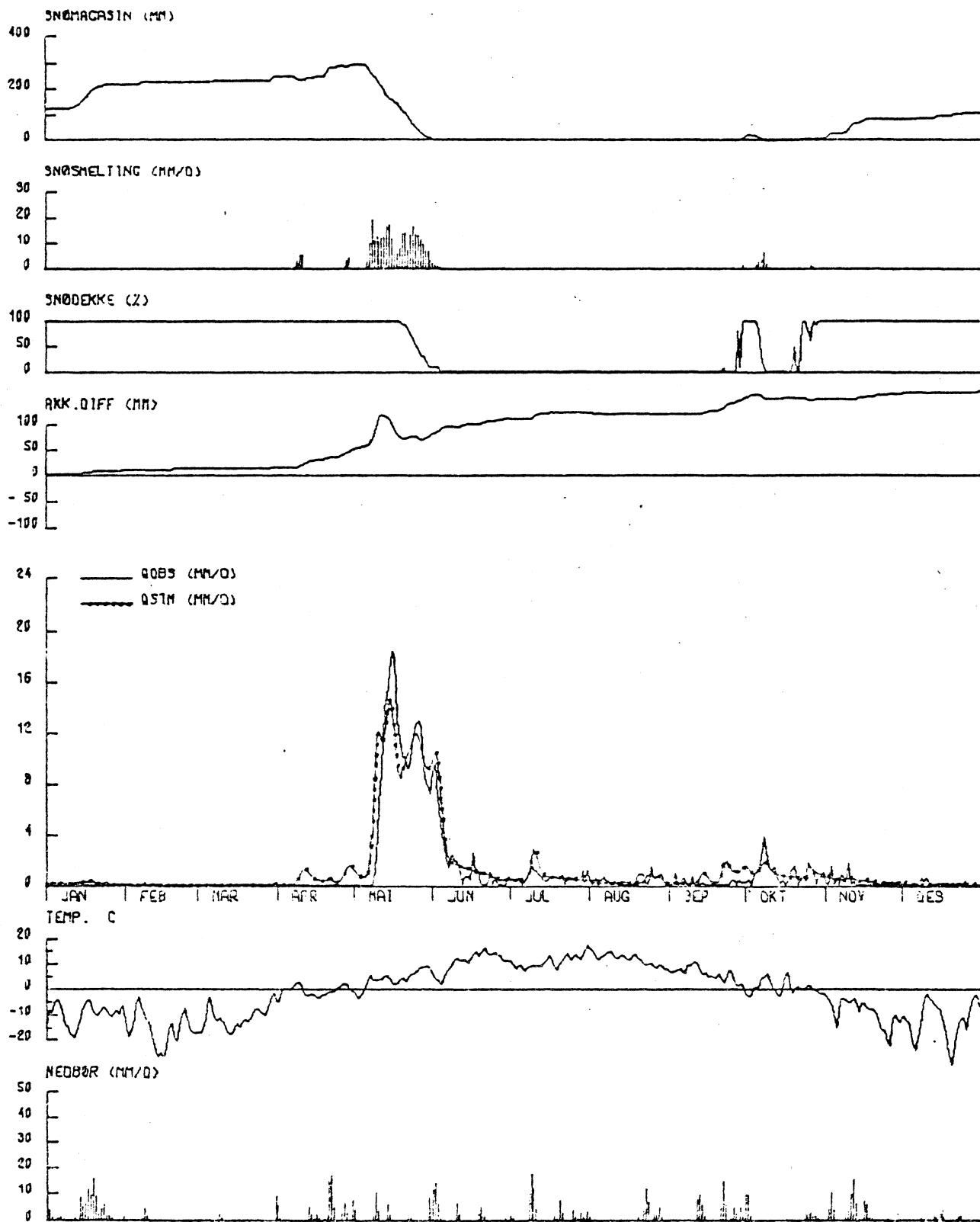
SNSF



ØLSJØ

AR 1969

SNSF

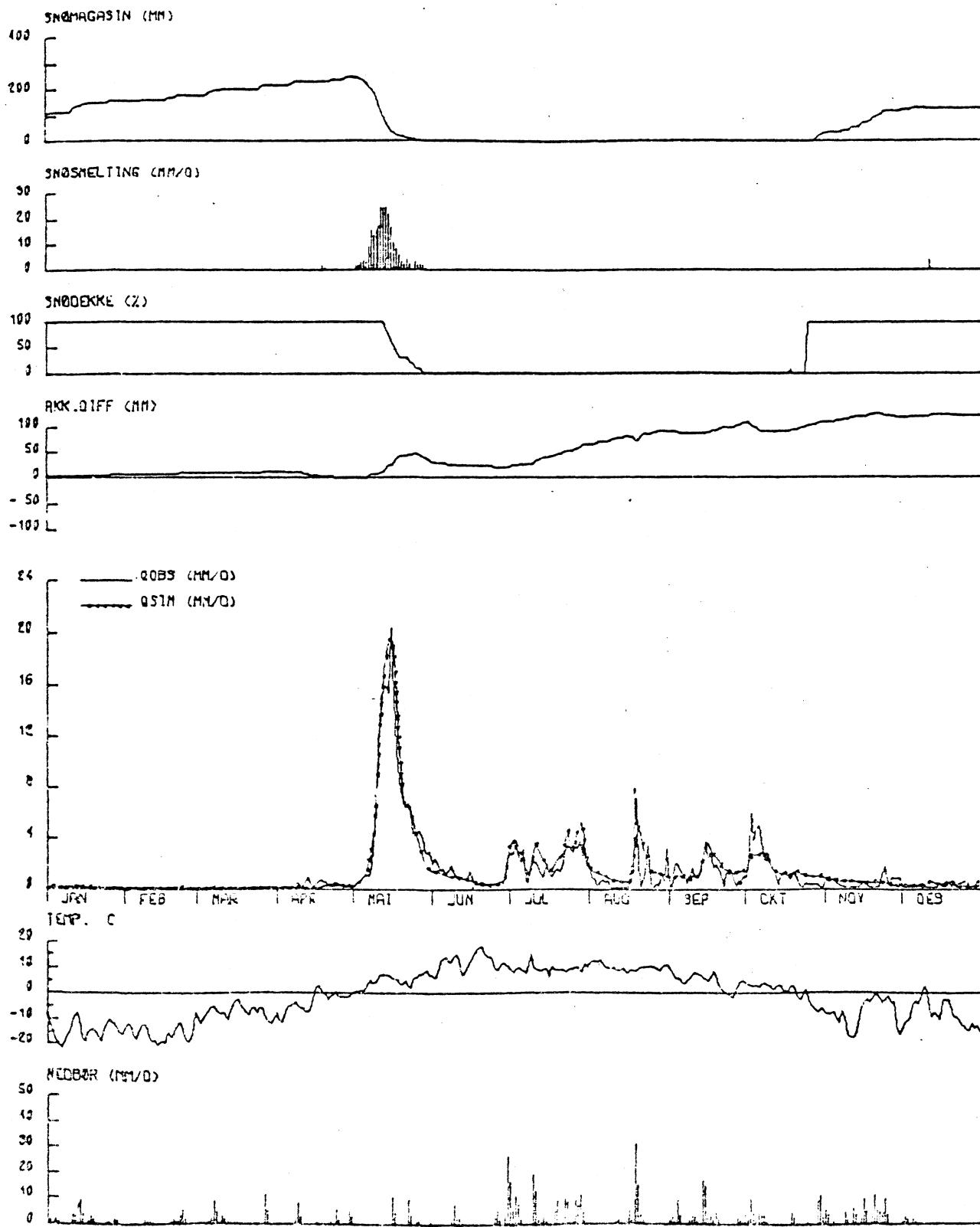


ØLSJØ

ÅR

1970

SNSF

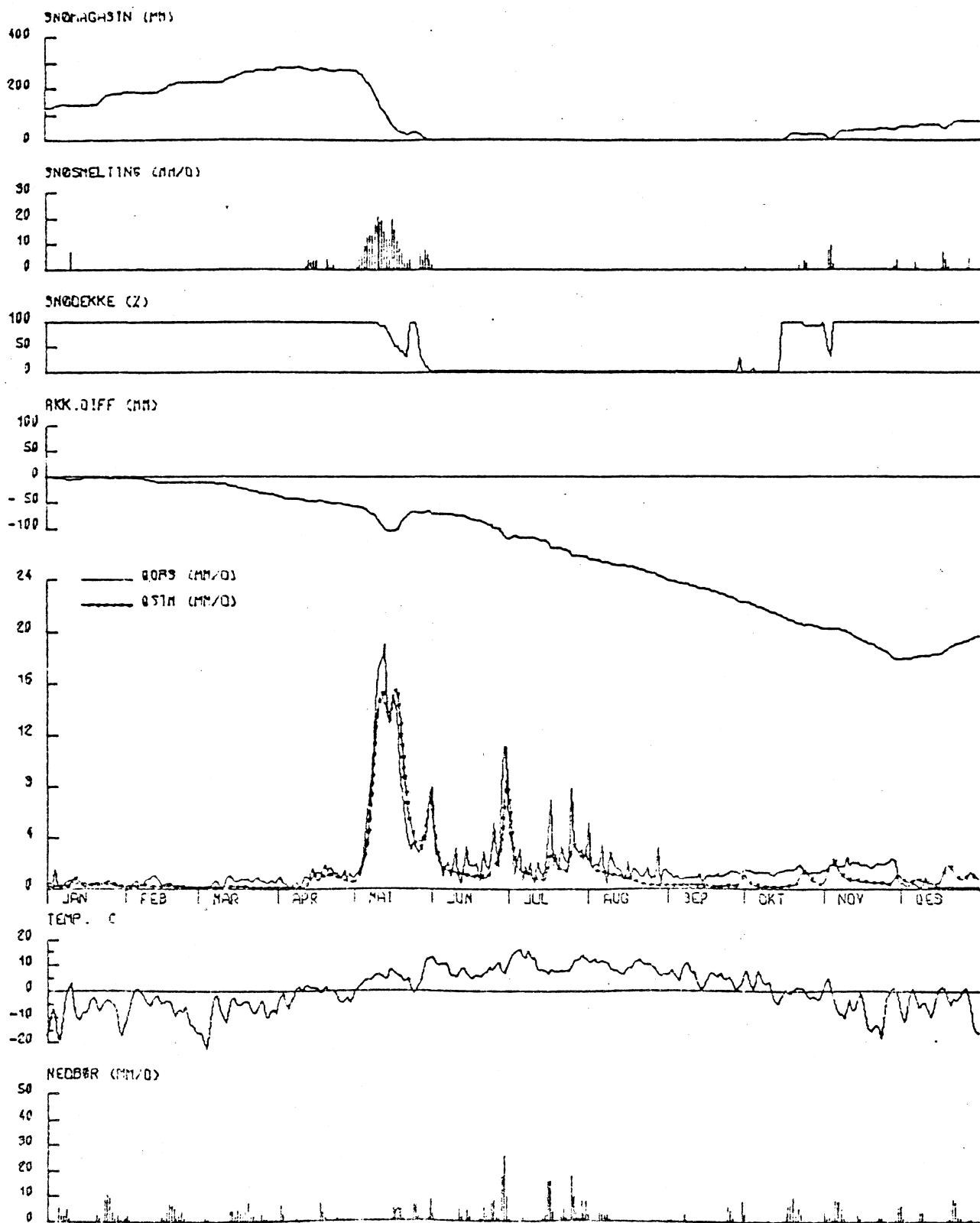


ØLSJØ

ÅR

1971

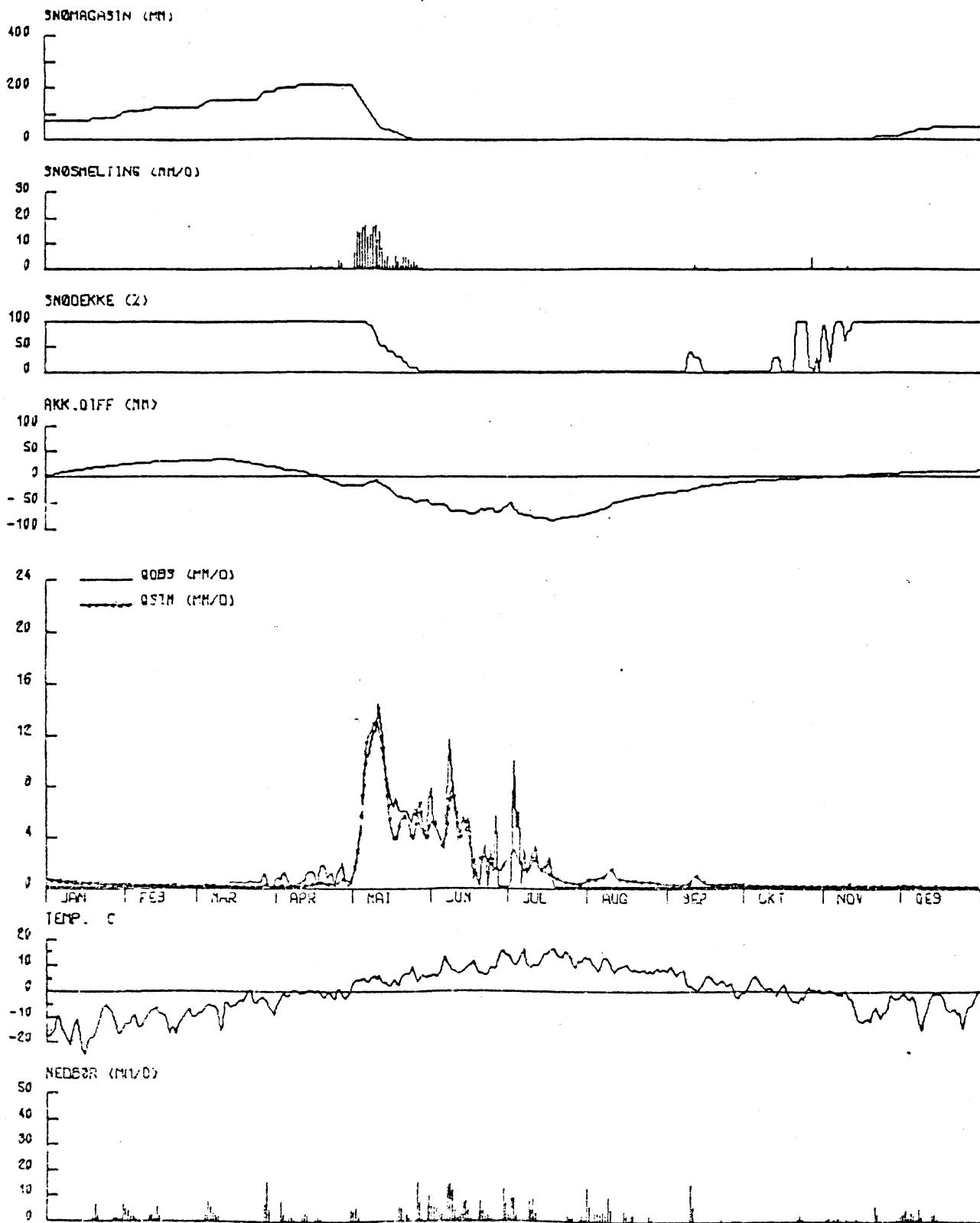
SNSF



ØLSJØ

ÅR 1972

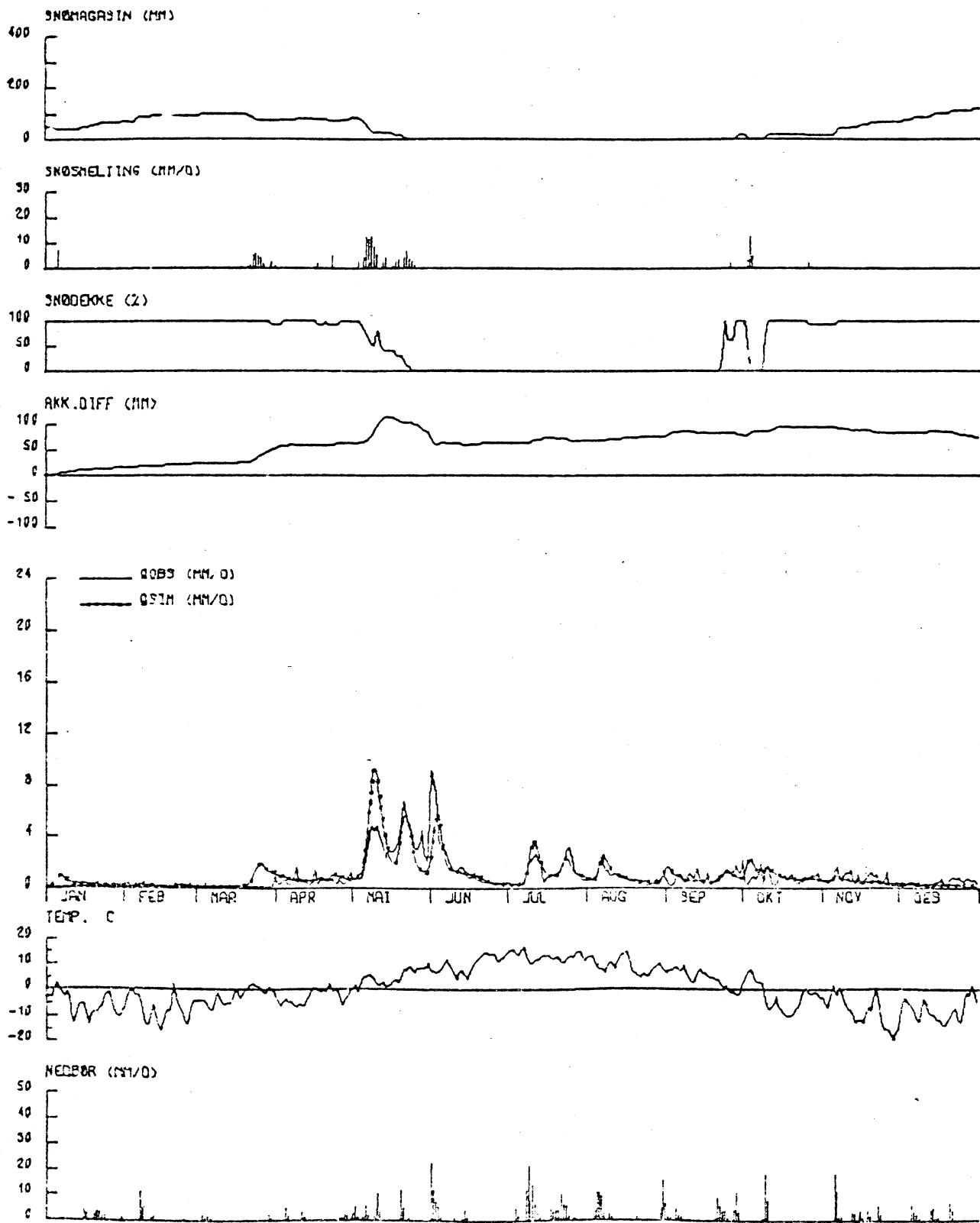
SNSF



OLSJO

ÅR 1973

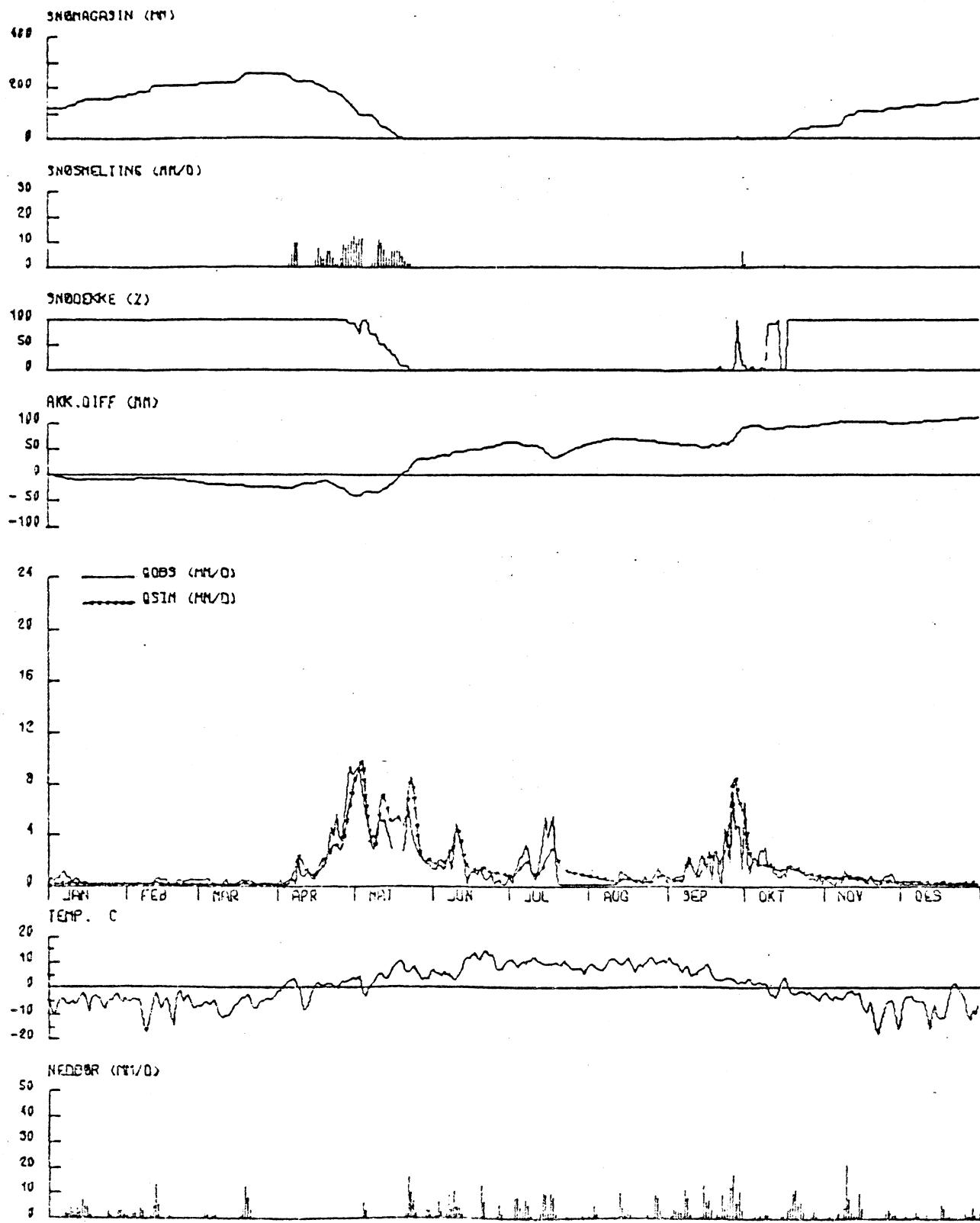
SNSF



OLSJØ

AR 1974

SNSF

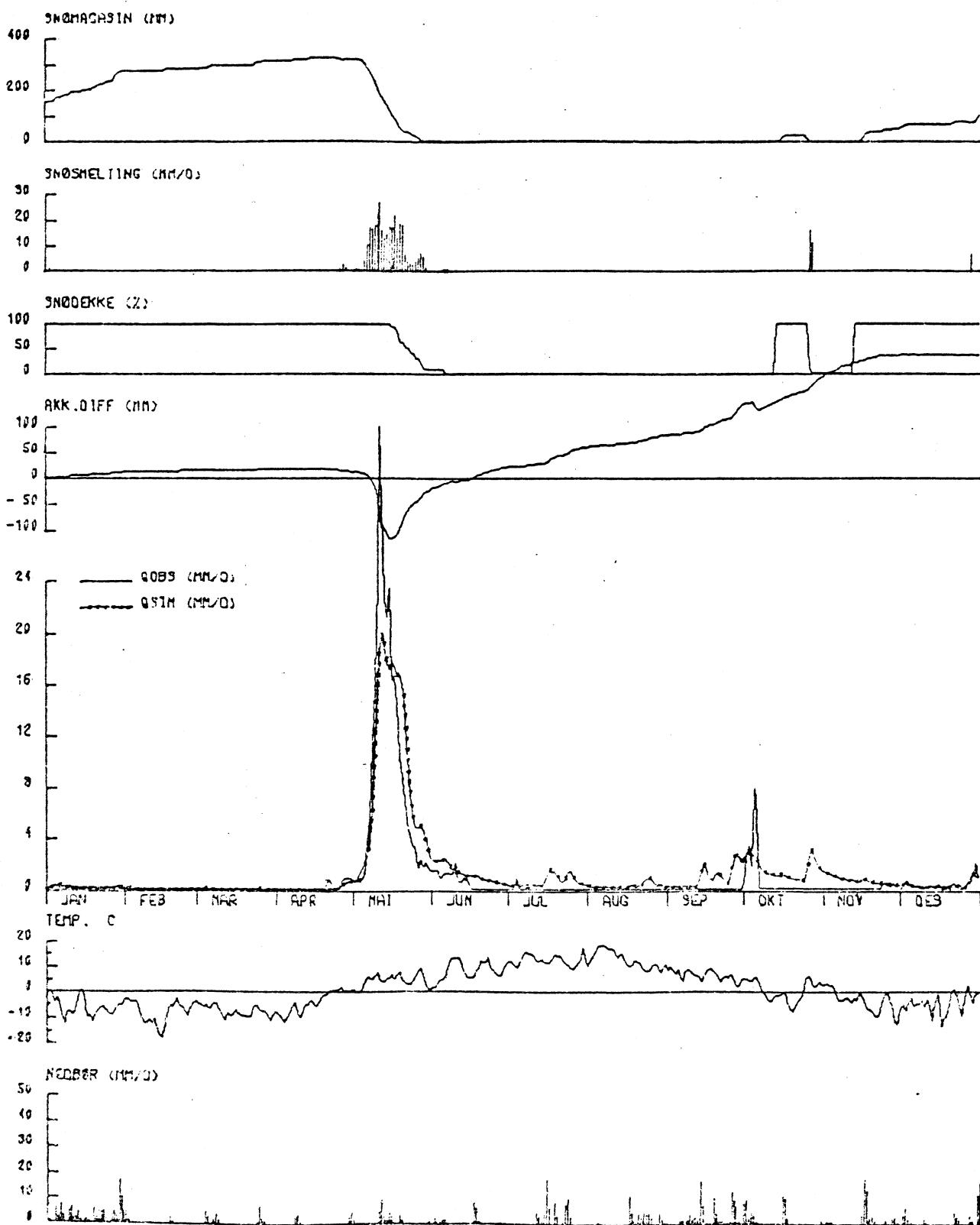


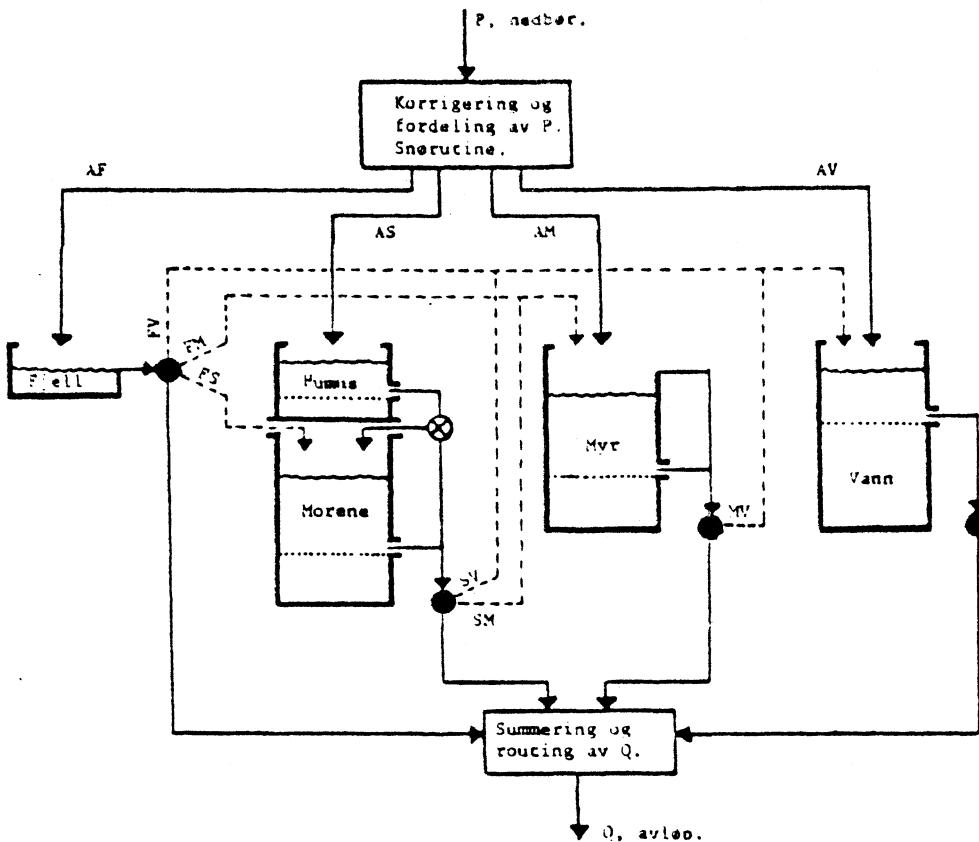
ØLSJØ

ÅR

1975

SNSF





Modellsstruktur for et nedbørfelt.

F=Fjell, S=Skog, M=Myr, V=Vann,
 A_x = Arealdekning av marktype x hvor $x=F,S,M,V$ ($\sum A_x=1.0=100\%$)
 xy = Arealandel av marktype x som drenerer over i marktype y
 (Fordampning kan skje fra alle magasinene, men er ikke tegnet inn i figuren).

<u>FJELL</u>	- F_{MAX} = Retansjonskapasitet	$Q_F = F - F_{MAX}$
<u>SKOG</u>	- $A_{MIN} = Feltkapasitet(FC) - WP^*$ KA = Humusdreneringskonstant KSIG = Sigevannskonstant B_{MAX} = Synkevannskapasitet + FC - WP B_{MIN} = Feltkapasitet(FC) - WP KB = Morenedreneringskonstant	$Q_A = KA \cdot (A - A_{MIN})$ $SIG = KSIG \cdot QA$, $QA = Q_A - SIG$ $Q_A = QA + B - B_{MAX}$ $Q_B = KB \cdot (B - B_{MIN})$, $QS = QA + QB$
<u>MYR</u>	- M_{MAX} = synkevannskapasitet + FC - WP M_{MIN} = Feltkapasitet(FC) - WP KM = Myrdreneringskonstant	$OFL = M - M_{MAX}$ $QM = KM \cdot (M - M_{MIN})$, $Q_M = (M + OFL)$
<u>VANN</u>	- V_{MIN} = Terskelvolum for vann KV = Avløpskonstant	$Q_V = KV \cdot (V - V_{MIN})$
<u>Felles par:</u>		
		*) $WP =$ Vissningspunkte
KP	= Nedbørkorreksjon	$P = KP \cdot P$
KE	= Fordampningskonstant	$E = KE \cdot T$
AF	= Arealandel med bart fjell	$P_F = AF \cdot P$
AS	= Arealandel med skog	$P_S = AS \cdot P$
AM	= Arealandel med myr	$P_M = AM \cdot P$
AV	= Arealandel med vann	$P_V = AV \cdot P$
FS	= Dreneringsandel fra fjell til skog	$B = B + FS \cdot Q_F$
FM	= Dreneringsandel fra fjell til myr	$M = M + FM \cdot Q_F$
FW	= Dreneringsandel fra fjell til vann	$V = V + FW \cdot Q_F$
SM	= Dreneringsandel fra skog til myr	$M = M + SM \cdot QS$
SV	= Dreneringsandel fra skog til vann	$V = V + SV \cdot QS$
MV	= Dreneringsandel fra myr til vann	$V = V + MV \cdot Q_M$

Systemskisse av SNSF-modellen.

Fra: Dan Lundquist; "Modellering av hydrokjemi i nedbørfelter",
 SNSF-prosjektet, 1977, rapport IR 31/77.