

# RAPPORT

19 1994

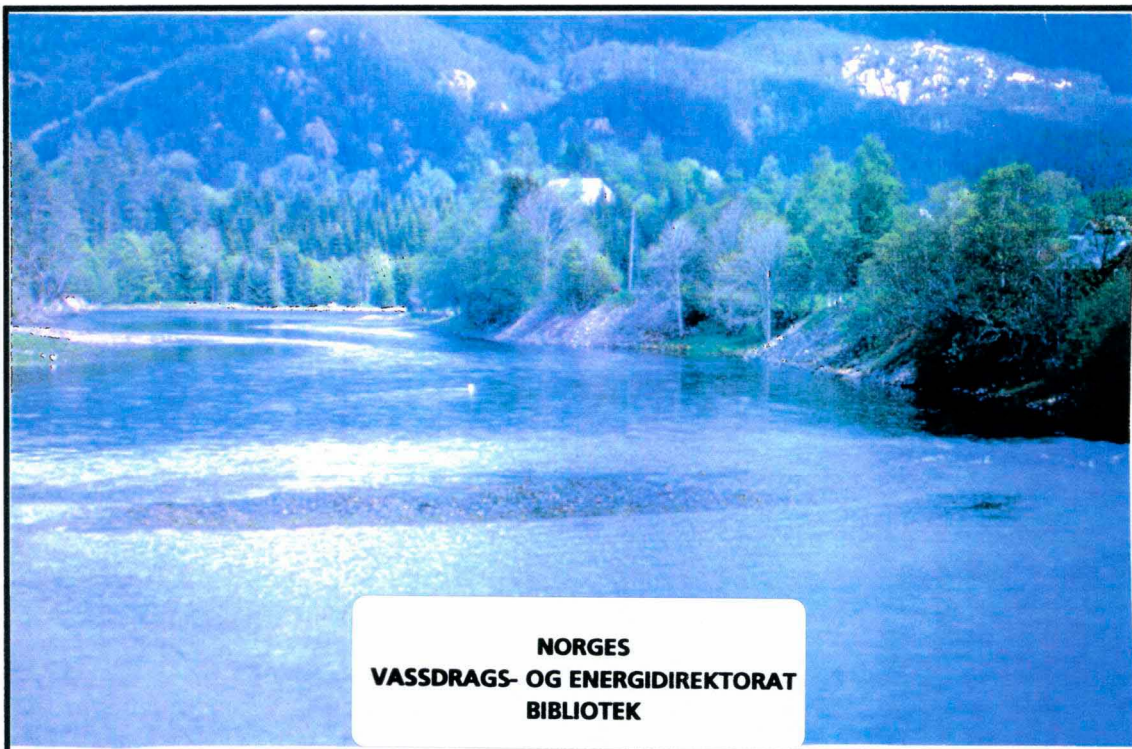


NVE  
NORGES VASSDRAGS-  
OG ENERGIVERK

*Arve M. Tvede*

## VANNTEMPERATUREN I SULDALSLÅGEN

Forholdet mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i perioden 15. april - 15. juni



NORGES  
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT  
BIBLIOTEK

HYDROLOGISK AVDELING

Suldalslågen ved Mo Øvre 19.mai 1994.  
Vannføring ca 50 m<sup>3</sup>/s.



NVE  
NORGES VASSDRAGS-  
OG ENERGIVERK

TITTEL Vanntemperaturen i Suldalslågen. Forholdet mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i perioden 15.april-15.juni	<b>RAPPORT</b> 19-94
SAKSBEHANDLER Arve M. Tvede, Hydrologisk avdeling, seksjon Miljøhydrologi	DATO: 21.06.94
	RAPPORTEN ER : Åpen
OPPDRAGSGIVER Statkraft Engineering as	OPPLAG :10

### SAMMENDRAG

Vanntemperaturen i Suldalslågen er målt siden midten av 1960-tallet og materialet fram til 1992 er analysert i tidligere rapporter og notater fra Hydrologisk-avdeling. I forbindelse med endringer av vannføringsforholdene i Suldalslågen i mai og deler av juni er det fra Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen bedt om en analyse av sammenhengene mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i den aktuelle periode. Foreliggende rapport inneholder en slik analyse som baseres både på en grafisk presentasjon av data for hvert år i perioden 1981-93 og på bruk av modellen RICE. RICE er en modul i Vassdragssimulatoren. Resultatene fra analysene gir omtrent de samme konklusjoner. Ved å holde vannføringen ut av Suldalsvatn så lav som 20 m<sup>3</sup>/s kan det forventes en temperaturøkning i øvre del av elva på 0.5- 1 °C og i nedre deler av elva på 2-3 °C i forhold til om vannføringen ligger på 100 m<sup>3</sup>/s som har vært vanlig de senere år. Kurvene fra RICE-simuleringene viser at temperaturgevinsten vil bli vesentlig mindre dersom vannføringen ligger over 50 m<sup>3</sup>/s. Ut fra kurver som presenteres i rapporten kan en selv beregne hvilke temperaturendringer som kan forventes å ville komme ved andre vannføringer og ved forskjellige værtyper.

### EMNEORD/SUBJECT TERMS

Suldalslågen, vanntemperatur, vannføring, værforhold

### ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan  
avdelingsdirektør

**NORGES**  
**VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT**  
**BIBLIOTEK**

## FORORD

Vannføringen i Suldalslågen ble først påvirket av Røldal-Suldalutbyggingen i 1960-årene og senere med Ulla-Førreutbyggingen som var fullført på midten av 1980-tallet. Også vanntemperaturen i Suldalslågen er påvirket og det har vært en tendens mot lavere sommertemperaturer etter Ulla-Førreutbyggingen. Disse endringene er dokumentert i tidligere rapporter fra Hydrologisk avdeling. Samtidig er det blitt økende bekymring mht. fremtiden for laksen i vassdraget. Av denne grunn ble det startet Lakseforsterkingsprosjekt i Suldalslågen i 1990. Dette prosjektet har som sin hovedoppgave å foreslå tiltak som kan kompensere for de ulemper reguleringen av vassdraget har medført. Ett foreslått tiltak for å bedre vilkårene for laksen, er å øke vanntemperaturen på forsommeren ved å holde tilbake noe av vannføringen i mai og deler av juni. Statkraft Engineering as har derfor bestilt en utredning om sammenhengen mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i Suldalslågen. Forliggende rapport er svaret på denne bestillingen. Rapporten erstatter HM-notat 7-93 som var et foreløpig svar på disse spørsmålene.

Rapporten er utarbeidet av seksjonssjef Arve M. Tvede. Arbeidet med RICE-modellen er utført av overingeniør Ånund Kvambekk.

## **INNHALDSFORTEGNELSE**

<b>1. Innledning</b>	<b>s. 5</b>
<b>2. Faktorer som påvirker vanntemperaturen</b>	<b>s. 5</b>
<b>3. Analyser av observasjonsmaterialet</b>	<b>s. 7</b>
<b>4. Temperatursimuleringer med modellen RICE</b>	<b>s. 8</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>s. 9</b>

## 1. INNLEDNING

Lakseforsterkingsprosjektet for Suldalslågen har foreslått å endre manøvreringen av Suldalslågen. Den endringen som det søkes om innebærer at vannføringen i perioden 1.mai-15.juni vil reduseres vesentlig i forhold til det gjeldende reglement. Etter gjeldende reglement økes vannføringen ut av Suldalslågen i middel fra 12 til 75 m<sup>3</sup>/s fra 1.mai og til 80 m<sup>3</sup>/s fra 10.mai. Fra 1.juni økes det ytterligere til 105 m<sup>3</sup>/s. Lakseforsterkingsprosjektets forslag innebærer en økning fra 12 til 20 m<sup>3</sup>/s fra 5.mai og at denne vannføringen holdes til 15.juni da det økes til 105 m<sup>3</sup>/s. Midt i mai legges det inn en flom av ca en ukes varighet pga smoltutvandringen. I begrunnelsen for endringen av reglementet ligger et ønske om å bedre levevilkårene for lakseyngelen i elva i mai-juni, bl.a. ved å unngå det temperaturfallet en mener å registrere ved en rask overgang til en vesentlig høyere vannføring rundt 1.mai. Lakseforsterkingsprosjektet har bedt om å få utført en analyse av det vanntemperaturmaterialet som foreligger og se nærmere på forholdet mellom endringer i vanntemperatur, vannføring og værforhold. Denne rapporten omhandler disse forholdene.

Datagrunnlaget. Vanntemperaturen i Suldalslågen er målt siden 1962. Data fra perioden 1973-91 er publisert av Tvede, 1987 og 1992. Temperaturforholdene i Suldalslågen er også behandlet av Tvede i oppsummeringsrapporten om konsekvenser av inngrep i vassdrag (Faugli et al., 1993). Det er en målestasjon like nedenfor utløpet av Suldalsvatn (stasjonsnr. 16602 Suldalsosen) og en nederst i vassdraget (nr.16603 Tjelmane). Vannføringen måles omtrent på de samme stedene som vanntemperaturen, mens værforholdene registreres på stasjonen 4620 Suldal-Mo. Denne stasjonen ble nedlagt i februar 1993. Nærmeste offisielle værstasjon utenom Suldalen er i Sauda. I tillegg er temperaturen i Suldalsvatn, fra 1 m ned til 50 m dyp registrert ved stasjon 6601 Suldalsporten, siden 1980. Tilsvarende registreringer i bassenget ovenfor Osvadet dam (stasjon 6622), startet i februar 1992. Stasjonsplasseringen er vist i figur 1.

## 2. FAKTORER SOM PÅVIRKER VANNTEMPERATUREN

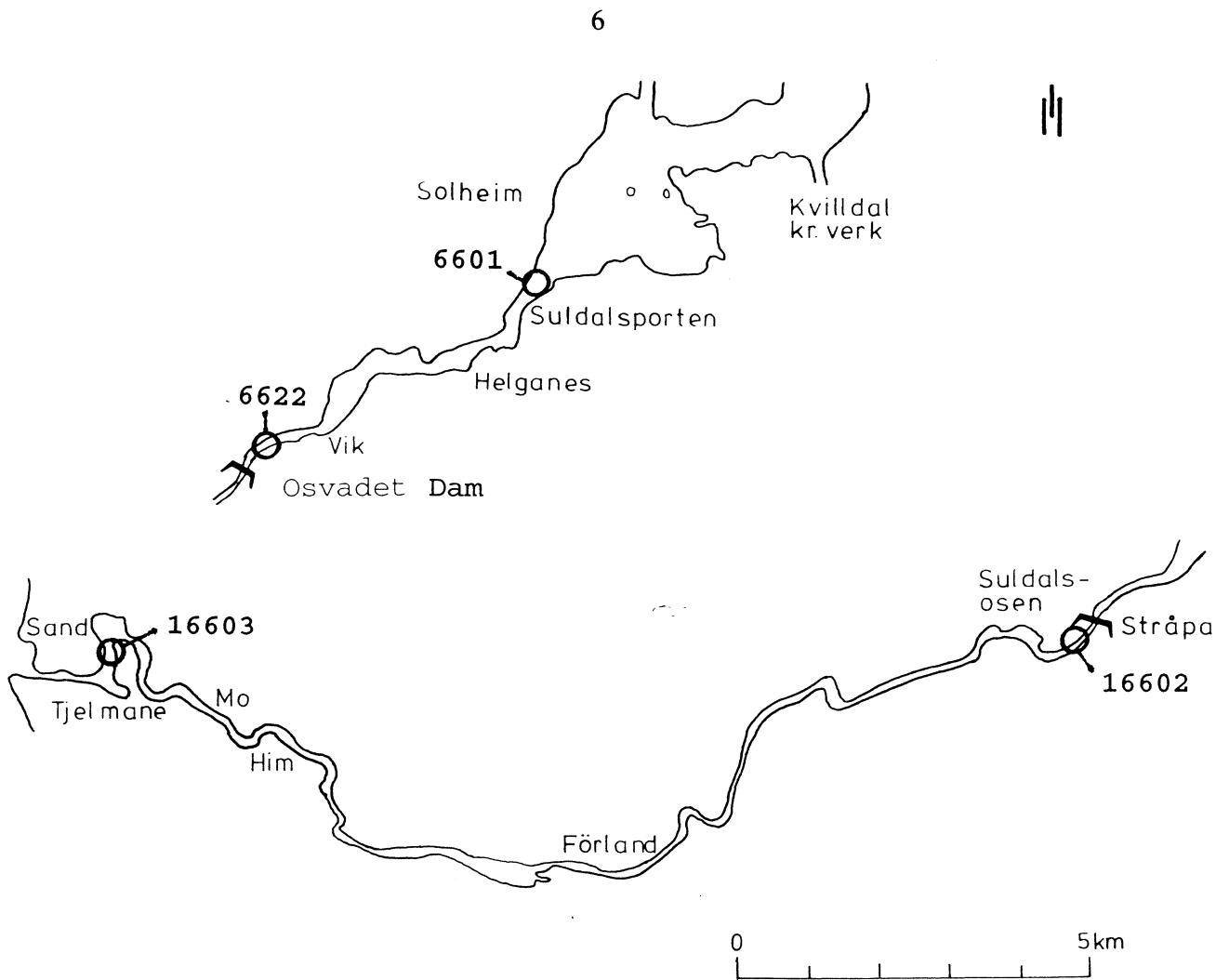
Vanntemperaturen i Suldalslågen bestemmes av følgende fire faktorer:

- a: Temperaturen på avløpsvannet gjennom Osvadet dam
- b: Temperaturen i sideelver/bekker
- c: Transporttiden mellom Osvadet dam og fjorden
- d: Værforholdene

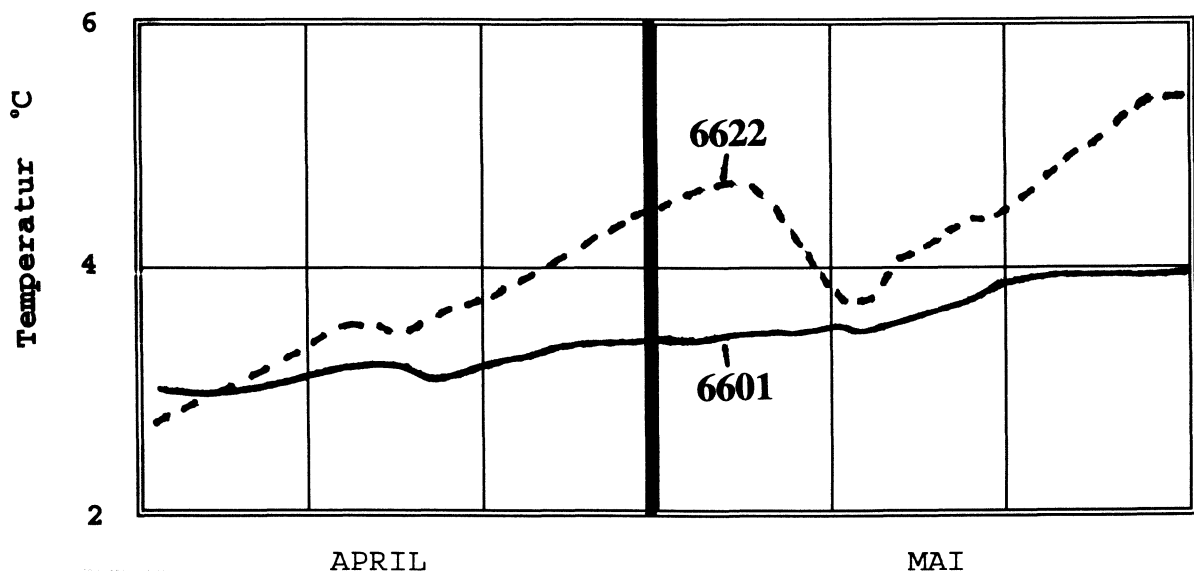
**Faktor a:** er igjen påvirket av temperaturen i Suldalsvatn ved Suldalsporten og transporttiden mellom Suldalsporten og Osvadet. En studie av temperaturprofildata fra stasjonene 6601 og 6622 under forsommerene 1992 viser at det skjer en effektiv omrøring av vannet fra Suldalsvatn før det når Osvadet, slik at det i bassenget ovenfor Osvadet dam var tilnærmet homogen temperatur fra 1.april. Temperaturstigningen mellom stasjon 6601 og 6622 var ca 1-1.5 °C i slutten av april, men sank til ca 0.5 °C straks vannføringen ble økte fra 15 til 100 m<sup>3</sup>/s i perioden 4.-10.mai, se figur 2. Omtrent samme forhold ble også observert i mai 1993. Størrelsen på oppvarmingen av innsjøvannet mellom Suldalsporten og Osvadet er altså klart også en funksjon av vannføringen ut i Suldalslågen.

Når vannføringen gjennom Osvadet økes vesentlig, skjer følgende som har betydning for vanntemperaturen i Suldalslågen:

- (1) tykkelsen på det gjennomstrømmende vannlaget i Suldalsporten øker, slik at kaldere dypvann trekkes med og temperaturen etter omrøringen går ned.
- (2) transporttiden mellom Suldalsporten og Osvadet går



**Figur 1.** Lokaliseringen av vanntemperaturstasjoner det refereres til i teksten.



**Figur 2.** Temperaturgangen i Suldalsvatn på 4 m dyp ved stasjonene 6601 Suldalsosen og 6622 Ovf. Osvadet dam i april og mai 1992.

ned slik at oppvarmingen ved solstråling og varmeovergang fra luft på denne strekningen får virke over kortere tid. I april-mai er vannmassene i Suldalsvatn tilnærmet vertikalt temperaturhomogene, det er derfor i det alt vesentlige effekt (2) som har betydning i mai. Ellingsen (1994) har illustrert dette indirekte i sine simuleringer av transportmønsteret for lokalt bekkevann som renner inn i den nedre delen av Suldalsvatn under forskjellige vannføringer og driftssituasjoner..

**Faktor b:** har mest betydning når tilsiget fra sidebekkene er stort i tiden etterat den mest intense snøsmeltingen er ferdig, dette vil normalt være etter slutten av mai. Denne faktoren ansees derfor å ha liten betydning i den aktuelle tidsperiode.

**Faktor c:** har direkte sammenheng med størrelsen på vannføringen fordi vannhastigheten er tilnærmet proporsjonal med kvadratroten av vannføringen. Ved sterkt økende vannføring vil derfor hastigheten også øke vesentlig og det blir kortere tid som oppvarmingen fra solstråling og varmeovergang fra luft kan virke på vannet. En *økning* av vannføringen ut av Suldalsvatn i april-juni vil altså virke til å *senke* temperaturen i Suldalslågen, *både* ved at utgangstemperaturen ved Osvadet senkes *og* ved at transporttiden i elveleiet blir kortere.

**Faktor d:** er en sum av flere meteorologiske enkeltfaktorer hvorav solstrålingen er den viktigste i april-juni. Nå måles ikke solstrålingen på værstasjoner i Suldalsområdet, vi er derfor avhengig av å bruke lufttemperaturen som en parameter også for solstrålingen. Dette kan være noe tvilsomt, spesielt i april hvor en kan oppleve klare, solfylte dager med høye strålingsverdier, men med kalde netter slik at døgnmiddeltemperaturen blir lav. I mai og juni vil normalt lufttemperaturen være flere grader høyere enn vanntemperaturen i Suldalslågen og i Suldalsvatn og nettoeffekten av værforholdene vil være en oppvarming av vannmassene.

### 3. ANALYSER AV OBSERVASJONSMATERIALET

Hylen kraftstasjon kom i drift i 1980, og fra våren 1981 ble manøvreringsreglementet for Suldalslågen tatt i bruk. For hvert år f o m 1981 er det laget en figur hvor døgnmiddelverdier for vanntemperatur, vannføring og lufttemperatur fra de stasjonene som er omtalt tidligere, er plottet sammen for perioden 15.4-15.6, se figurene 3-15 bak i rapporten.

De tolkninger som kan gjøres direkte fra figurene baserer seg på å finne perioder hvor vannføringen og lufttemperaturen har endret seg relativt raskt og så se på hvilke utslag dette har gitt på vanntemperaturen. Dersom lufttemperaturen stiger vesentlig, samtidig som vannføringen også øker vesentlig, så vil de to faktorene ha motsatte virkninger på vanntemperaturen. Slike episoder er det flere eksempler på, se f.eks 5.-25.5.81, 15.-20.5.84, 5.-15.5.85, 1.-5.5.86, 5.-10.5.88 og 28.4-5.5.90. I alle disse eksemplene holdt vanntemperaturen seg omtrent uendret, oppvarmingseffekten av det varmere været ble altså opphevet av nedkjølingsvirkningen av økende vannføring.

Det motsatte tilfellet, at vannføringen økte kraftig samtidig som lufttemperaturen sank, vil medføre en forsterket temperaturnedgang i elva. Dette var tilfellet i begynnelsen av mai 1984, i 1987 og 1992 og spesielt i 1993. For 1993 har vi plottet døgnvariasjonene ved Stråpa og Tjelmane. Det vises tydelig at døgnvariasjonene ved Tjelmane dempes kraftig i de periodene hvor vannføringen er økende, men tar seg fort opp når vannføringen synker igjen. Ved Stråpa er døgnvariasjonene svært små, typisk 0.2- 0.4 °C. Dette pga Suldalsvatnets temperaturutjevneende virkning.

Ved å studere episoder hvor vannføringen har økt, samtidig som lufttemperaturen har holdt seg tilnærmet

konstant over noe lengre tid, får vi et begrep om hvor stor virkning vannføringsendringer isolert har på vanntemperaturen. Slike episoder finner vi ikke så mange av, men perioden 2.-12.5.91 illustrerer dette godt. Vannføringen økte da fra ca 15 til ca 50 m<sup>3</sup>/s. I denne perioden sank vanntemperaturen ved Tjelmane 2 °C (loggeren ved Stråpa forsvant dessverre sommeren 1991). Dersom vannføringen i denne perioden hadde holdt seg på ca 15 m<sup>3</sup>/s ville vi hatt en situasjon som omtrent blir lik den tilstand som ligger i den foreslåtte manøvreringsendringen. Erfaringen fra episoden i mai 1991 skulle altså tilsi at den foreslåtte manøvreringsendringen kan medføre en midlere vanntemperaturøkning ved Tjelmane på ca 2 °C.

For å kunne si noe om hvor mye temperaturstigningen fra Suldalsosen til Tjelmane påvirkes av vannføringsendringer, så kan vi f.eks se på perioden 10.-17.5.87. Vannføringen sank da fra ca 80 til 30 m<sup>3</sup>/s og temperaturøkningen mellom Suldalsosen og Tjelmane steg fra ca 1 til ca 2 °C.

Vurdert ut fra foreliggende datagrunnlag fra perioden 1981-93 kan det se ut til at den ønskete endring i manøvreringsreglementet for Suldalslågen i perioden 1.mai-15.juni vil føre til en midlere vanntemperaturøkning ved Suldalsosen på ca 1 °C og ved Tjelmane på ca 2 °C i forhold til temperaturforholdene slik de har vært ved manøvreringsreglement som er praktisert frem til 1994.

#### **4. TEMPERATURSIMULERINGER MED MODELLEN RICE**

RICE-modellen (RiverICE) er en delmodell i Vassdrags-simulatoren. RICE er utviklet for nord-amerikanske elver som vanligvis har mindre fosser og stryk enn i Norge. Testing av vanntemperaturdelen i RICE er gjort på flere norske elver og resultatene er så langt lovende. Modellen kalibreres først mot eksisterende vanntemperaturdata og værddata fra den elva en ønsker å gjøre modellkjøring på. Deretter kan en sette inn de vannføring-og værddata som ønskes vurdert og få beregnet hvilke vanntemperaturforhold som da oppnås i elva. For en nærmere beskrivelse av RICE henvises til RICE User Manual som foreligger i en foreløpig utgave, NHL (1994).

Denne prosedyren er også fulgt for Suldalslågen. Her har en gode og lange måleserier både for vanntemperatur og værforhold. Kalibreringsgrunnlaget er derfor godt. Det som ønskes modellert er sammenhengen mellom vanntemperaturen og vannføringen i forsommerperioder med godt, dårlig og tilnærmet normalt vær. Som eksempel på en god forsommer er valgt 1988, som en dårlig sommer er valgt 1987 og som tilnærmet normal sommer er valgt middelverdier for 10 år fra stasjonen Suldal-Mo. Resultatene er presentert i figurene 16-19 bakerst i rapporten. Som eksempel på bruk av kurvene kan vi se på hvordan vanntemperaturøkningen nedover elva endres dersom vannføringen i midten av mai settes ned fra 100 til 20 m<sup>3</sup>/s. Ifølge kurvene ville dette medføre en temperaturøkning nederst i Suldalslågen på 1.5 °C i den "dårlige" mai 1987 og 2.0 °C i den "gode" mai 1988. Når forskjellen mellom en god og en værmessig dårlig mai ikke blir større enn 0.5 °C, så kan dette forklares med at vanntemperaturen i mai, nesten uansett vær, ligger godt under lufttemperaturen.

Resultatene fra RICE-modellen harmonerer altså godt med de konklusjoner som ble trukket på grunnlag av de foreliggende målinger i Suldalslågen i perioden 1981-93. Ved å holde vannføringen ved Stråpa på 20 m<sup>3</sup>/s i hele mai kan det forventes en økning i vanntemperaturen ved Tjelmane på 2-3°C. Av dette utgjør økt oppvarming mellom Suldalsporten og Osvadet dam 0.5-1.0 °C og økt oppvarming videre nedover Suldalslågen 1.5-2.0 °C. Kurvene viser også at "temperaturgevinsten" er vesentlig mindre ved vannføringer over ca 50 m<sup>3</sup>/s.



## 5. REFERANSER

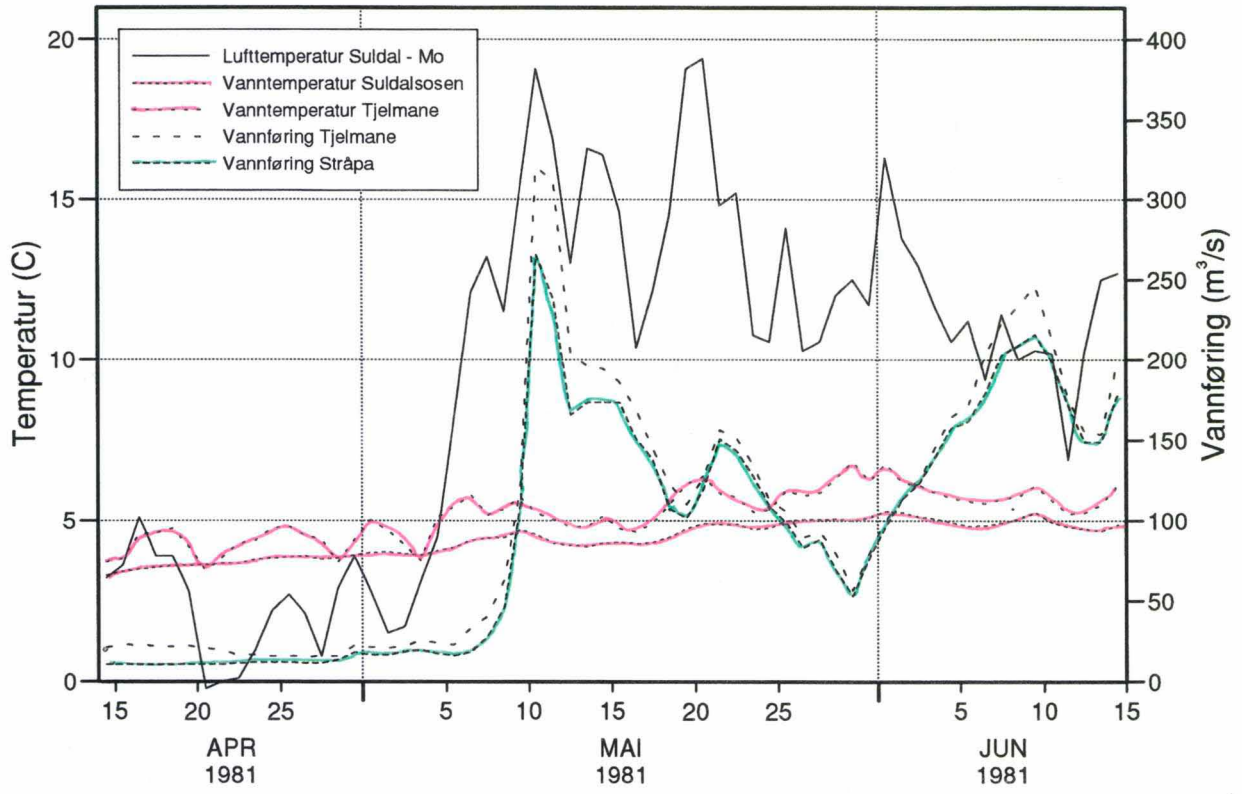
Ellingsen E., 1994: Strømningsmønsteret i Suldalsvatn. (En numerisk modell). Statkraft Engineering.

NHL, 1994: RICE User Manual. Preliminary report. Norsk Hydroteknisk Laboratorium.

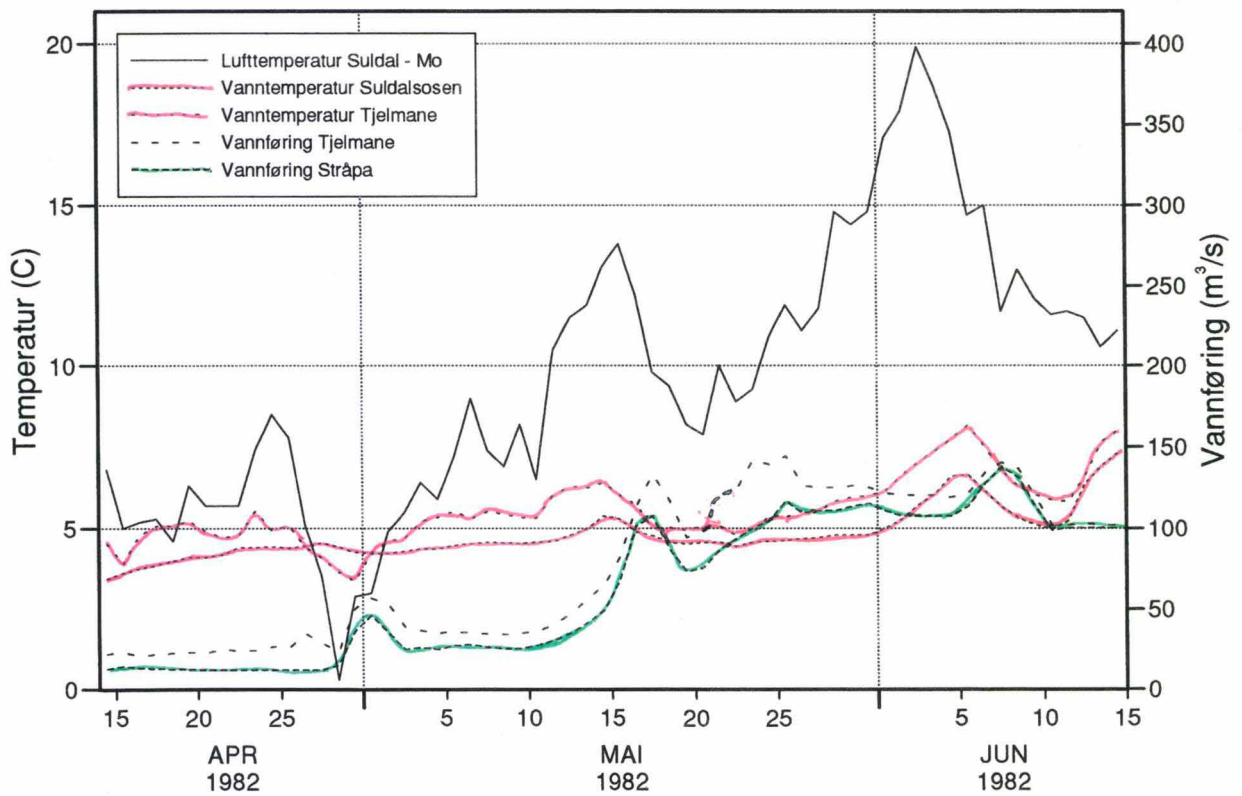
Tvede A.M, 1987: Vanntemperatur og isforhold i Suldalsvatn og Suldalslågen 1973-1985. Oppdragsrapport 13-87 fra NVE.

Tvede A.M, 1992: Vanntemperaturforhold i Suldalslågen, Suldalsvatn og Blåsjø 1986-1991. Rapport 04-1992 fra NVE.

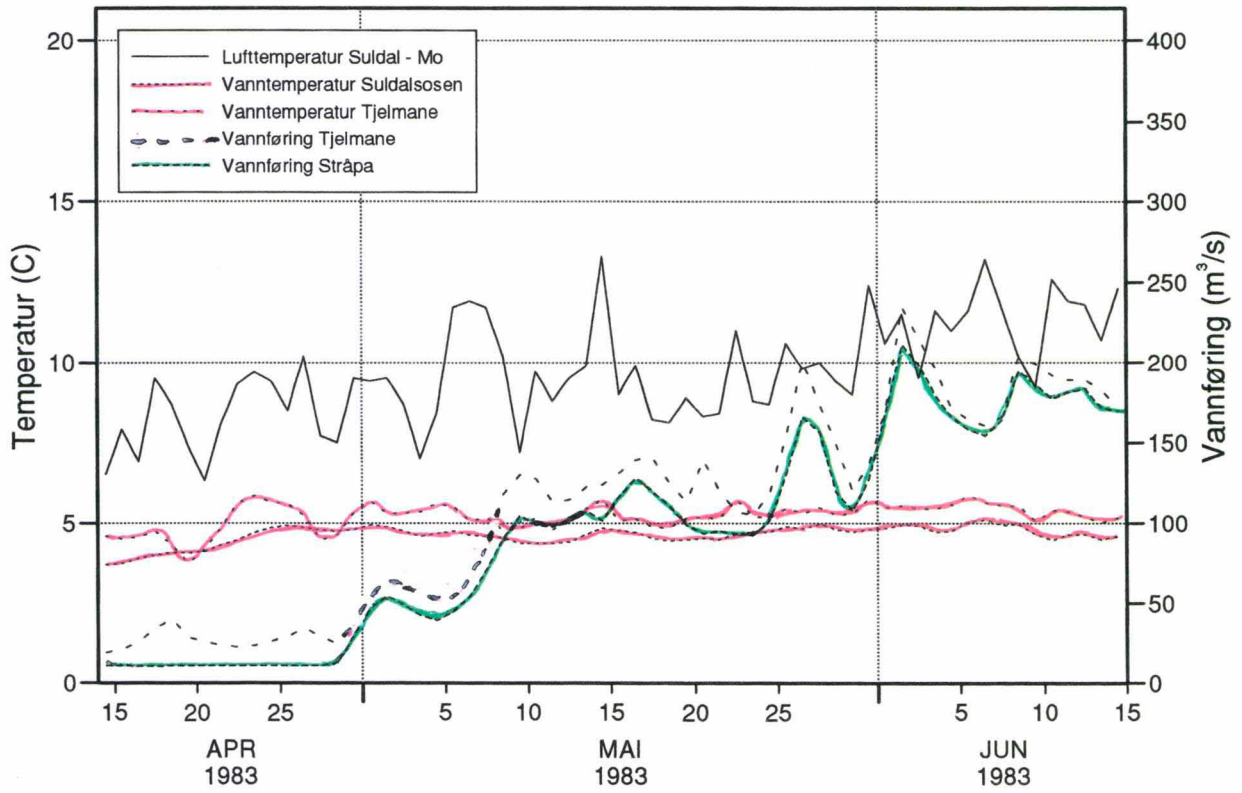
Tvede A.M, 1993: Hydrologi. I: Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak - en kunnskapsoppsummering. Publikasjon 13-1993 fra NVE.



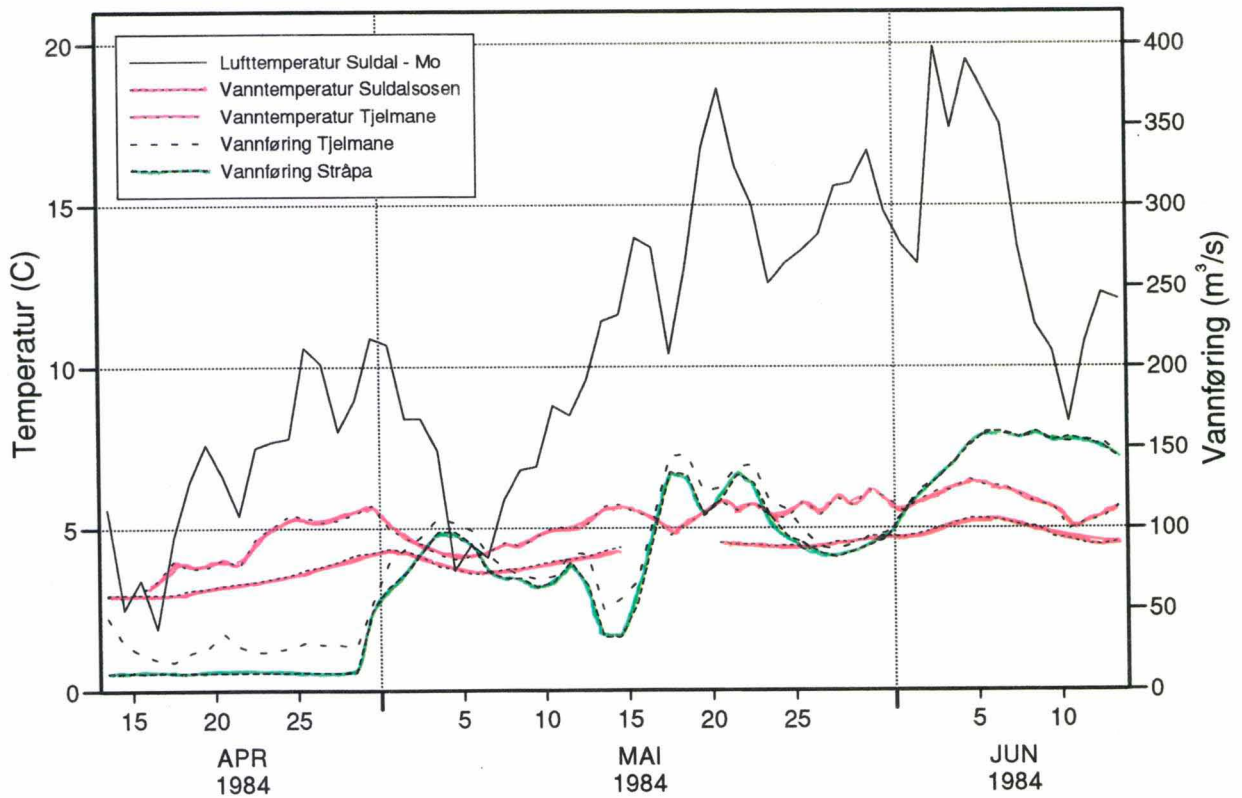
Figur 3



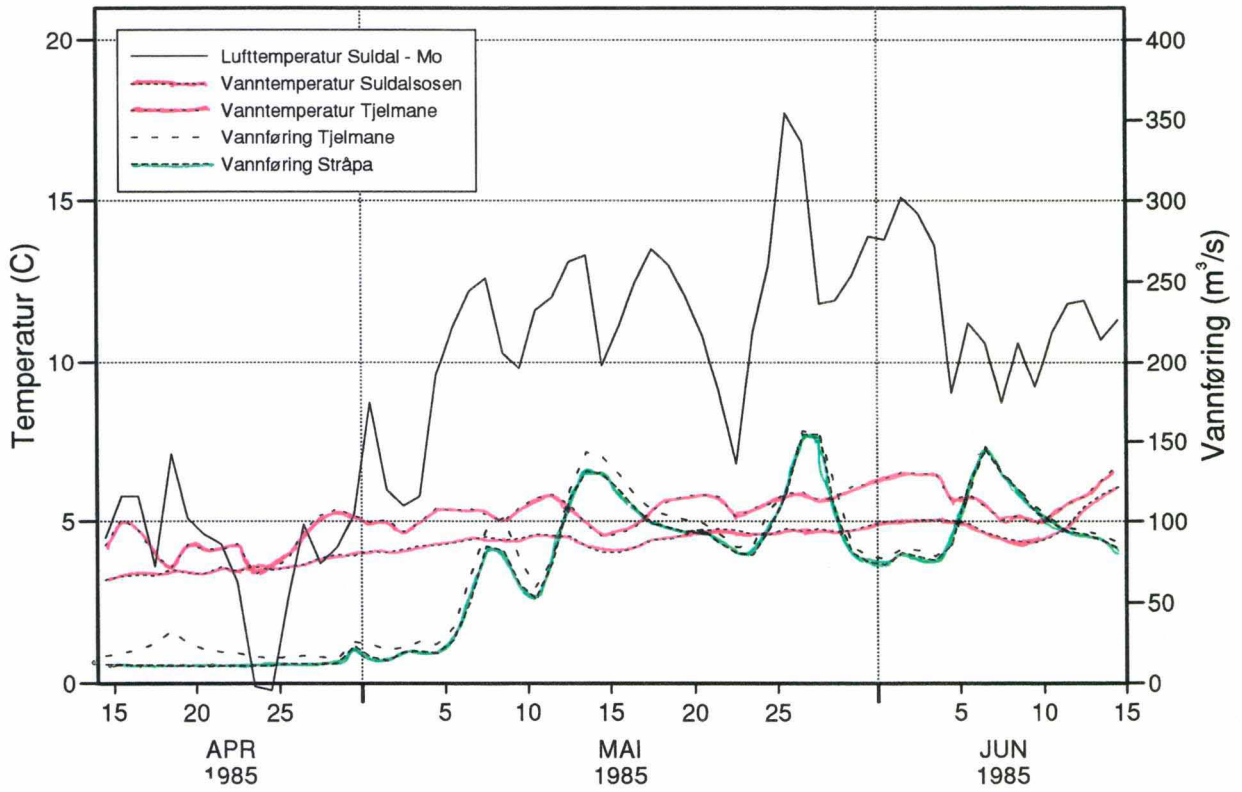
Figur 4



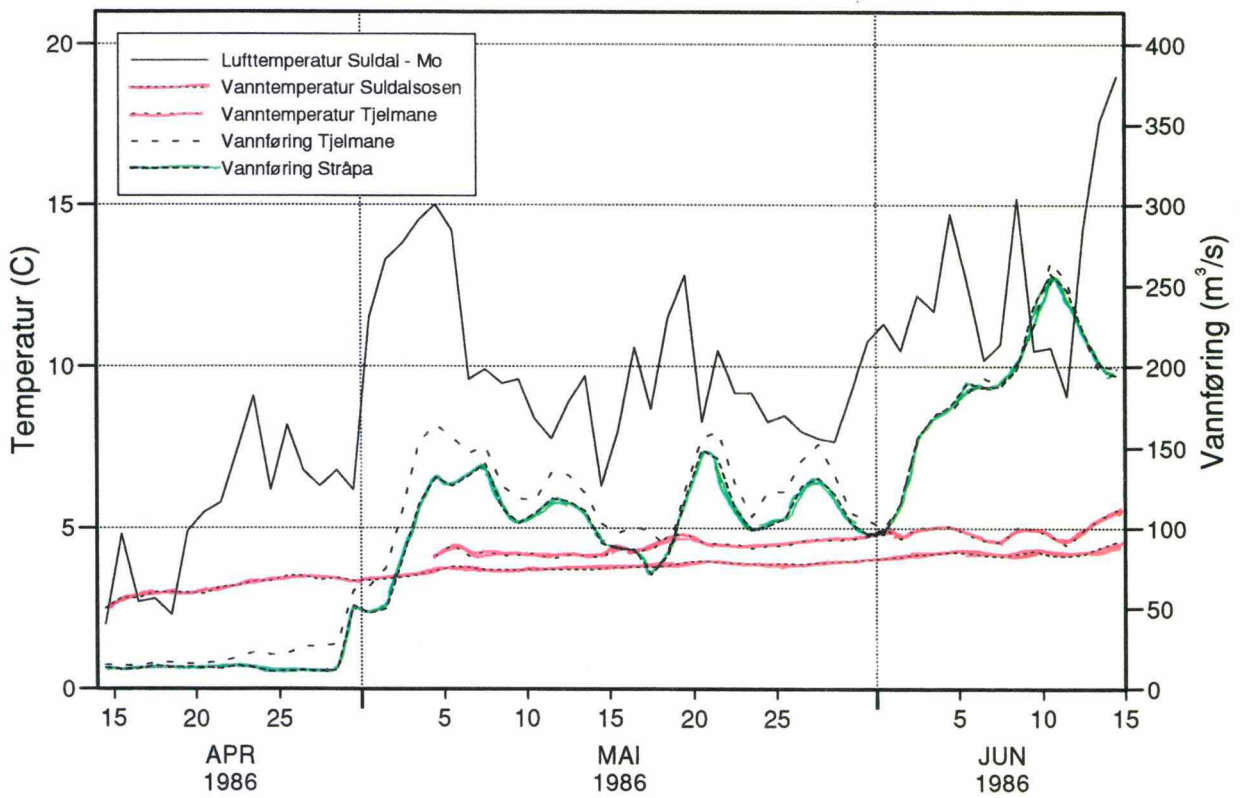
Figur 5



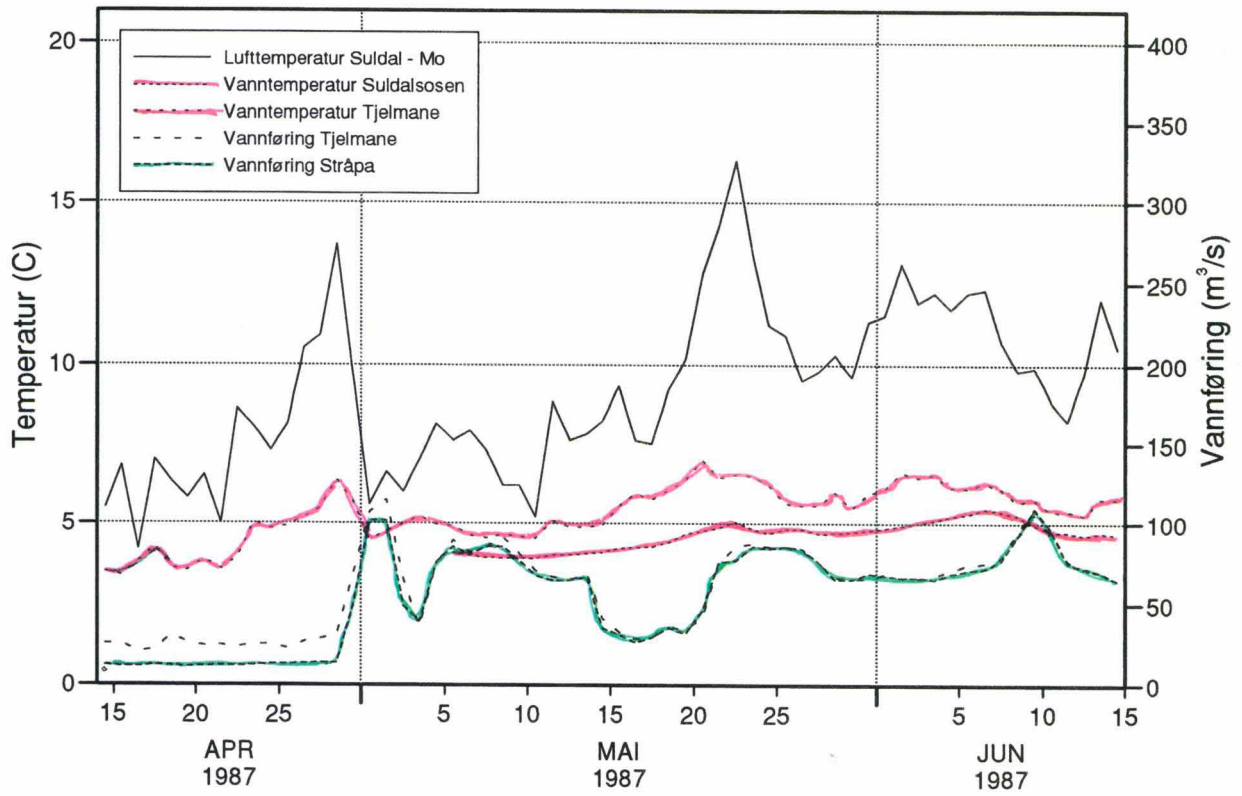
Figur 6



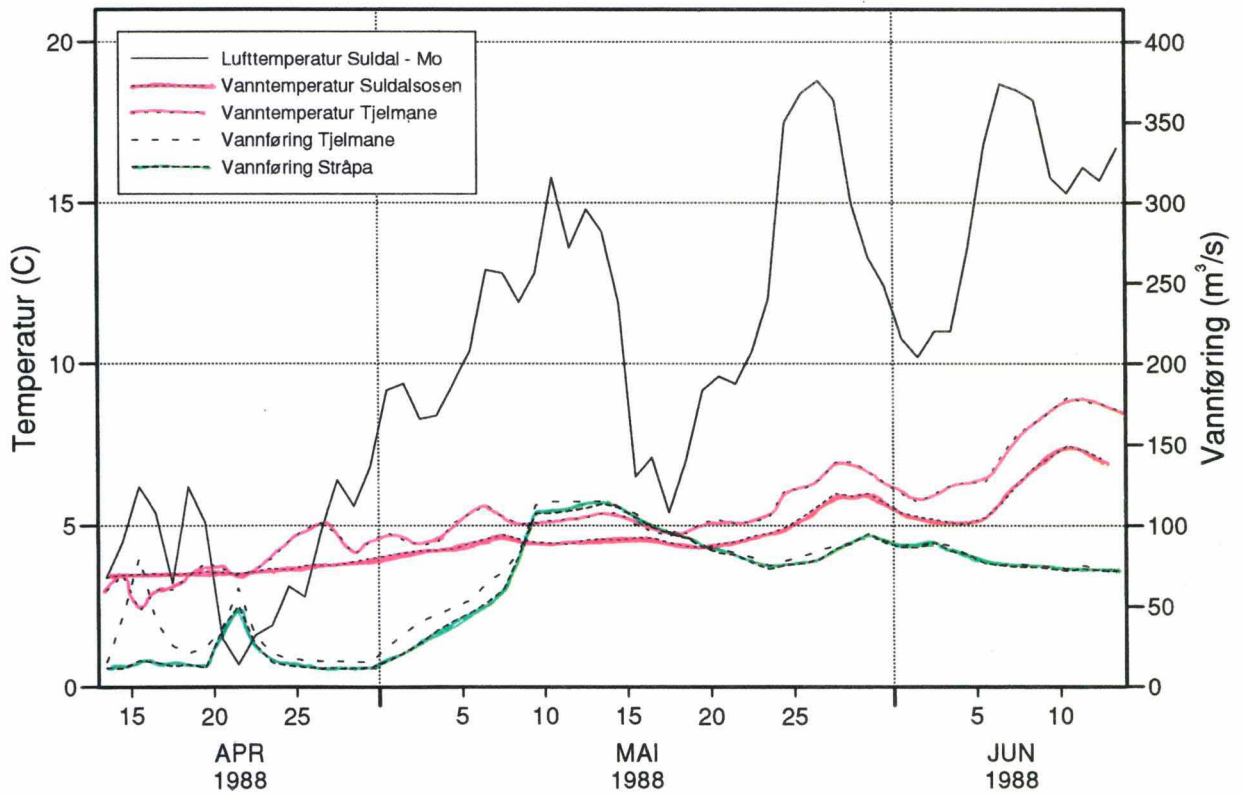
Figur 7



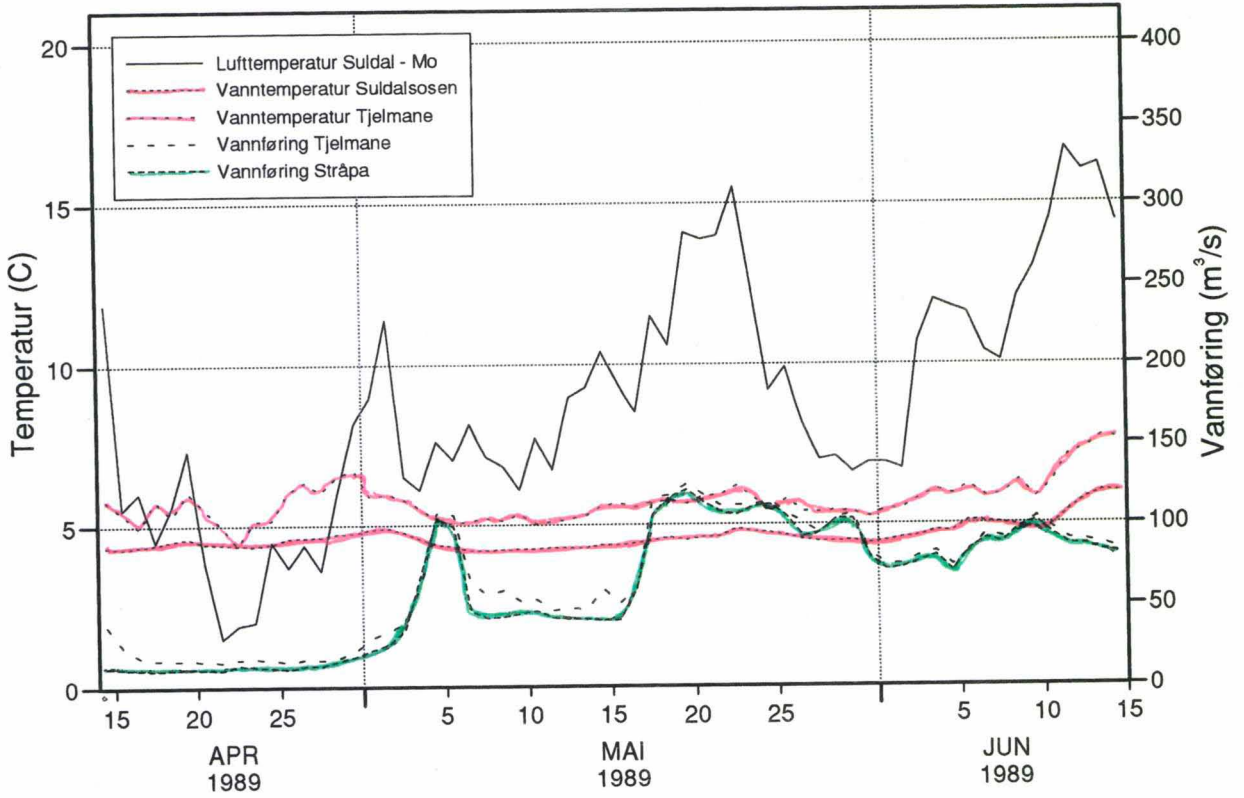
Figur 8



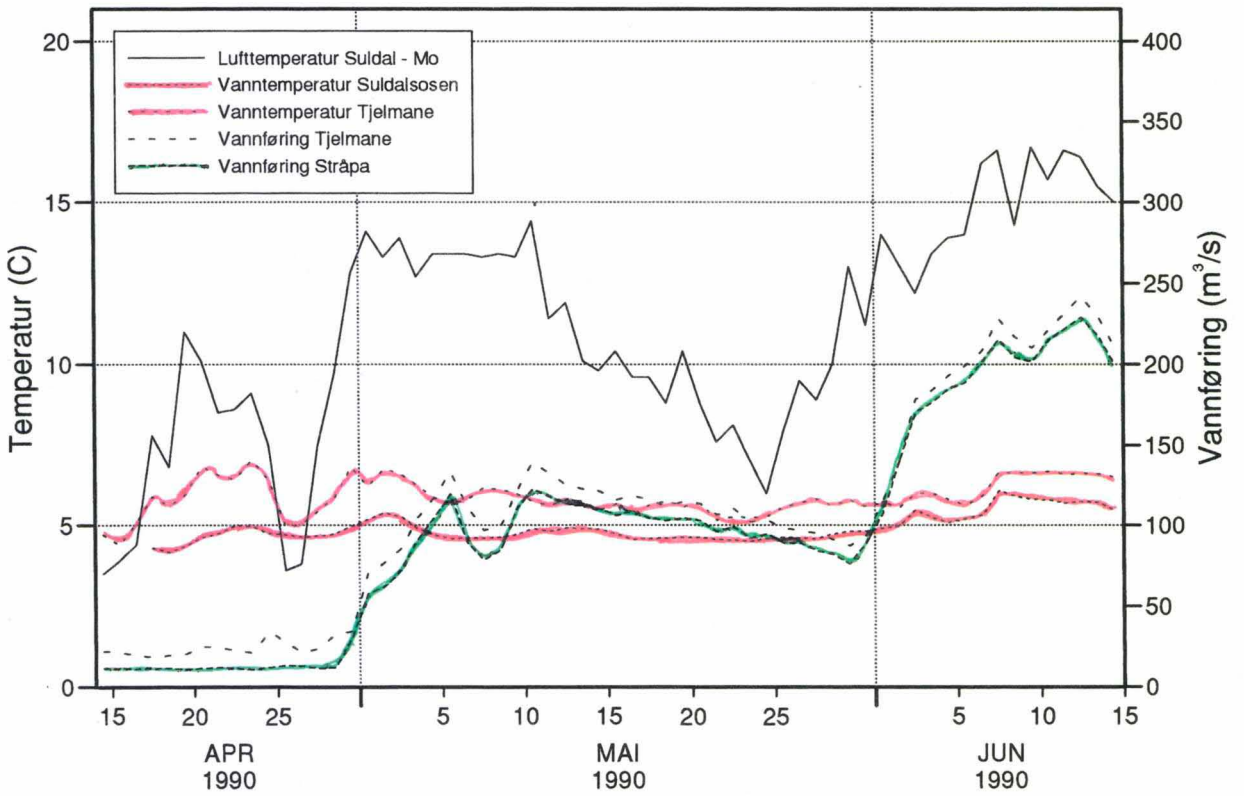
Figur 9



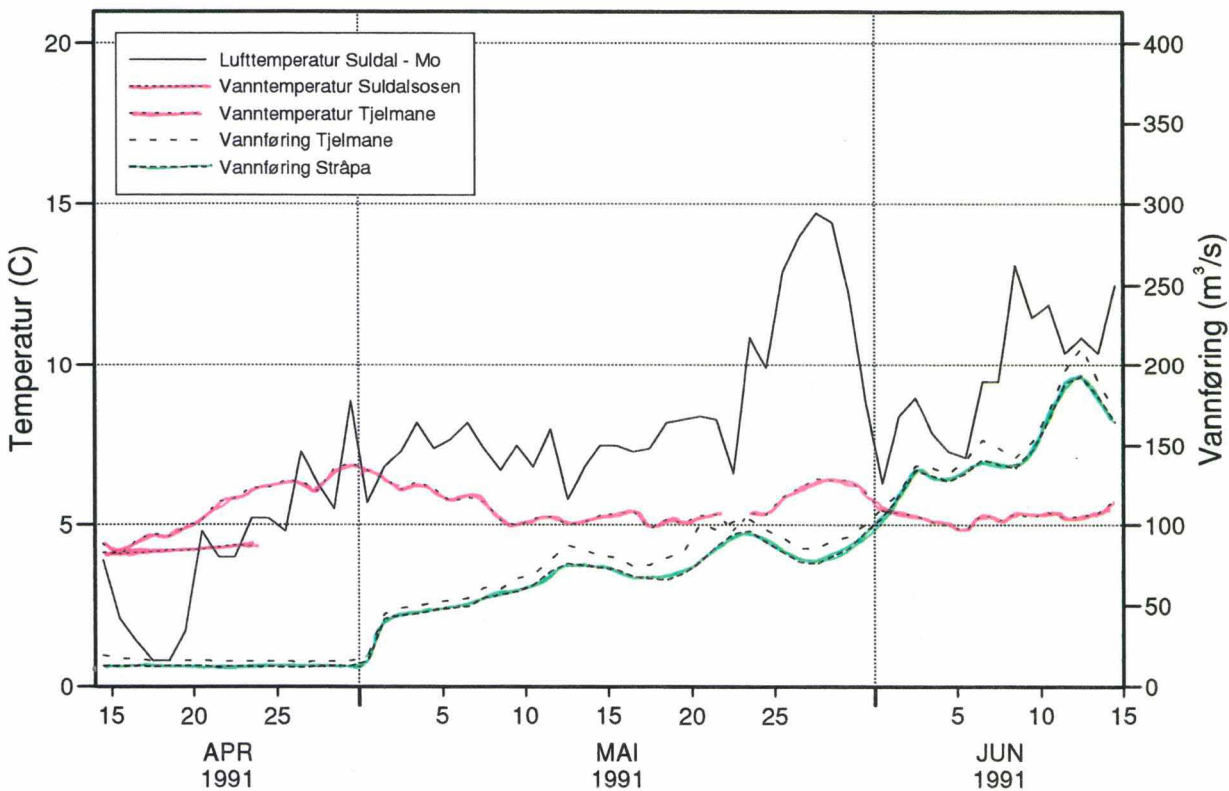
Figur 10



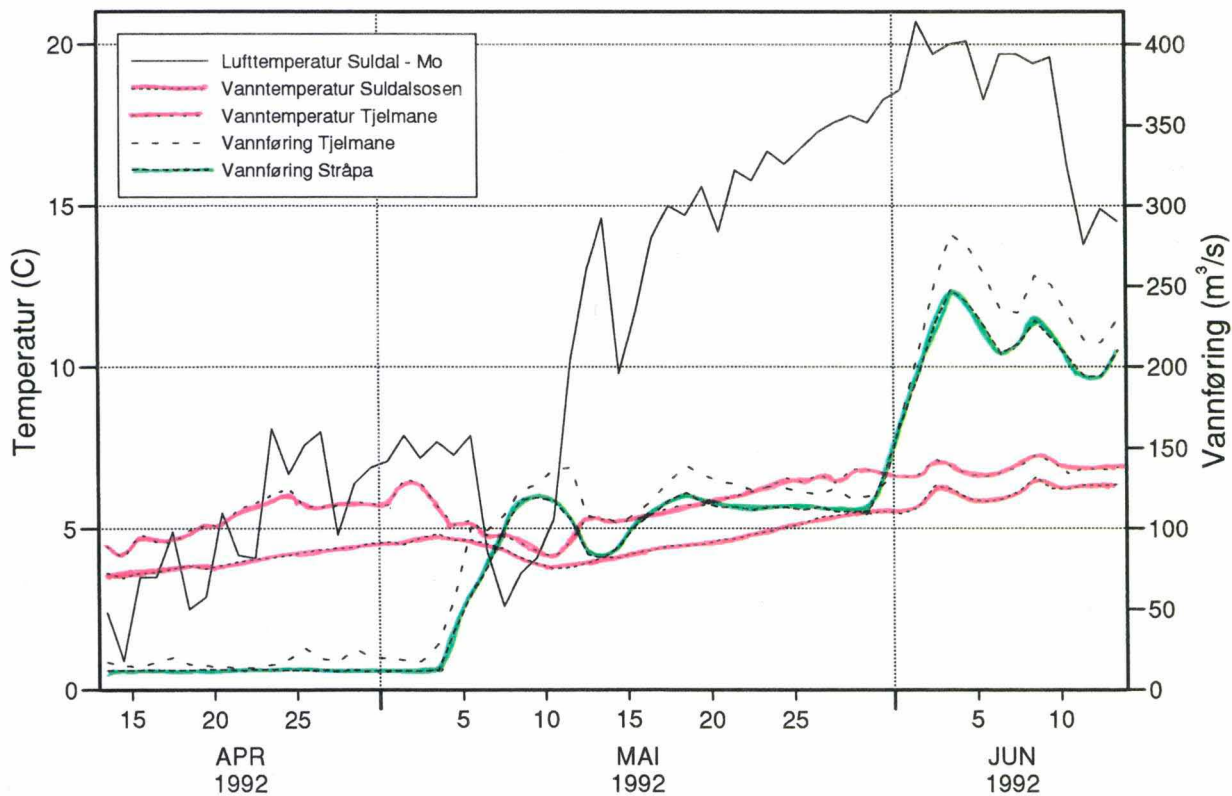
Figur 11



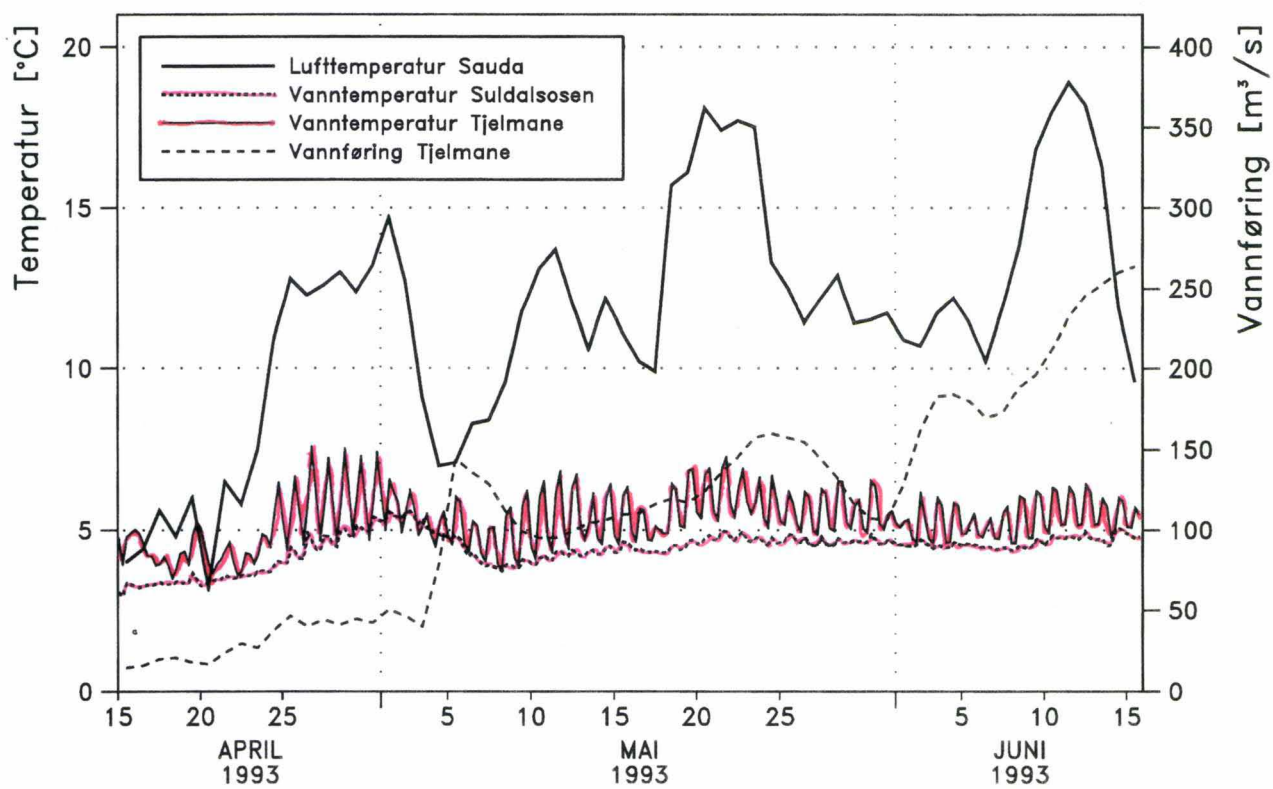
Figur 12



Figur 13



Figur 14



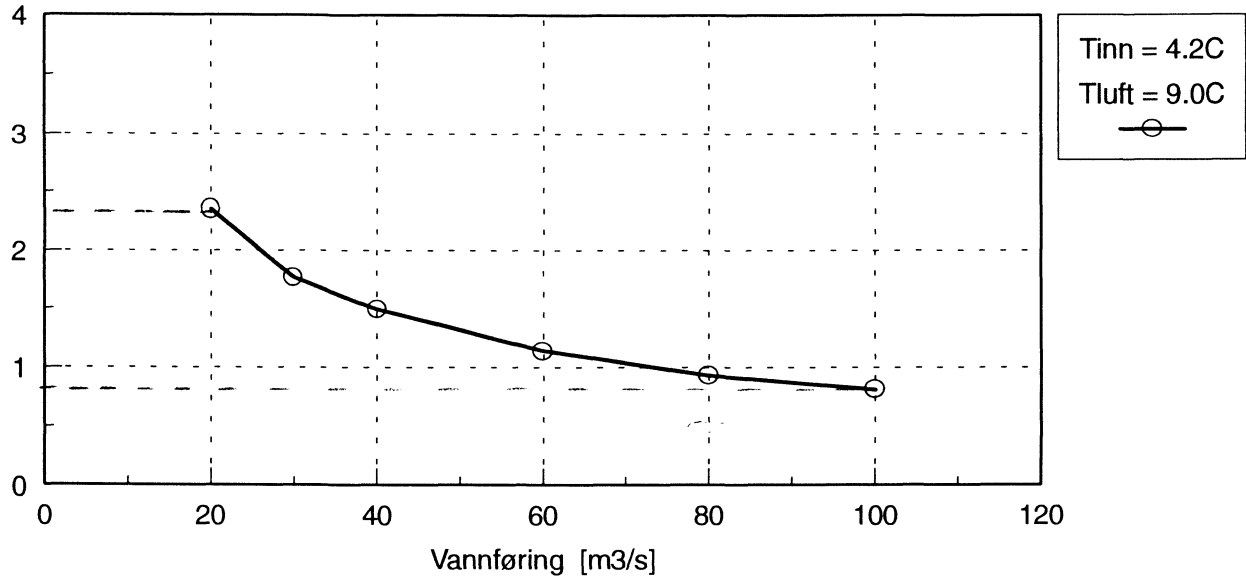
Figur 15



# Temperaturøkning ned Suldalslågen

15. mai i et gjennomsnittsår

Temperaturøkning [C]



Skydekke 50%, Vindhastighet 2.0 m/s

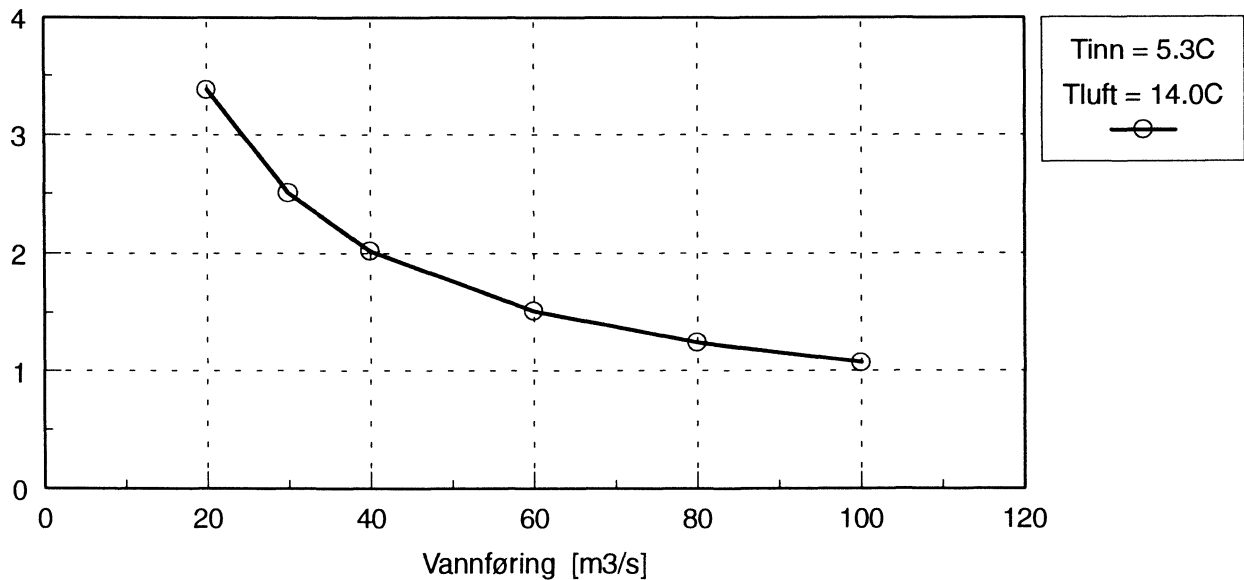
Døgnvariasjon i lufttemperaturen: 4C til 14C

**Figur 16** Temperaturøkningskurve beregnet med RICE-modellen

# Temperaturøkning ned Suldalslågen

15. juni i et gjennomsnittsår

Temperaturøkning [C]



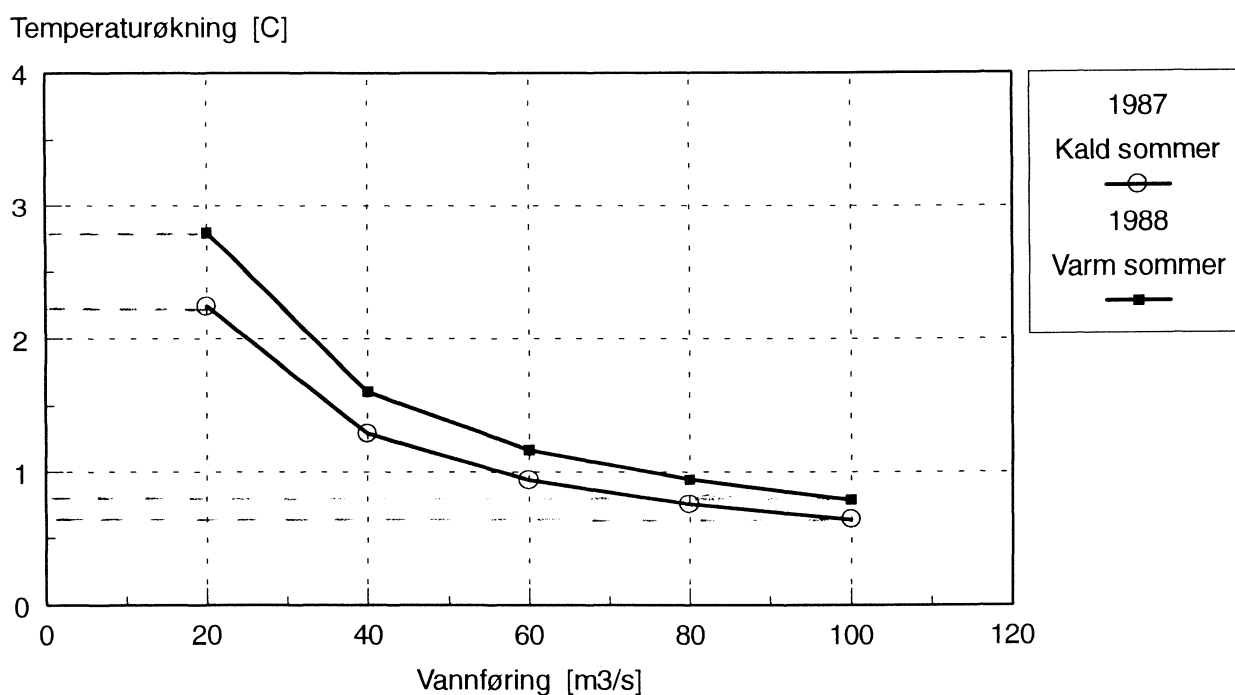
Skydekke 50%, Vindhastighet 2.0 m/s

Døgnvariasjon i lufttemperaturen: 9C til 19C

**Figur 17** Temperaturøkningskurve beregnet med RICE-modellen

## Temperaturøkning ned Suldalslågen

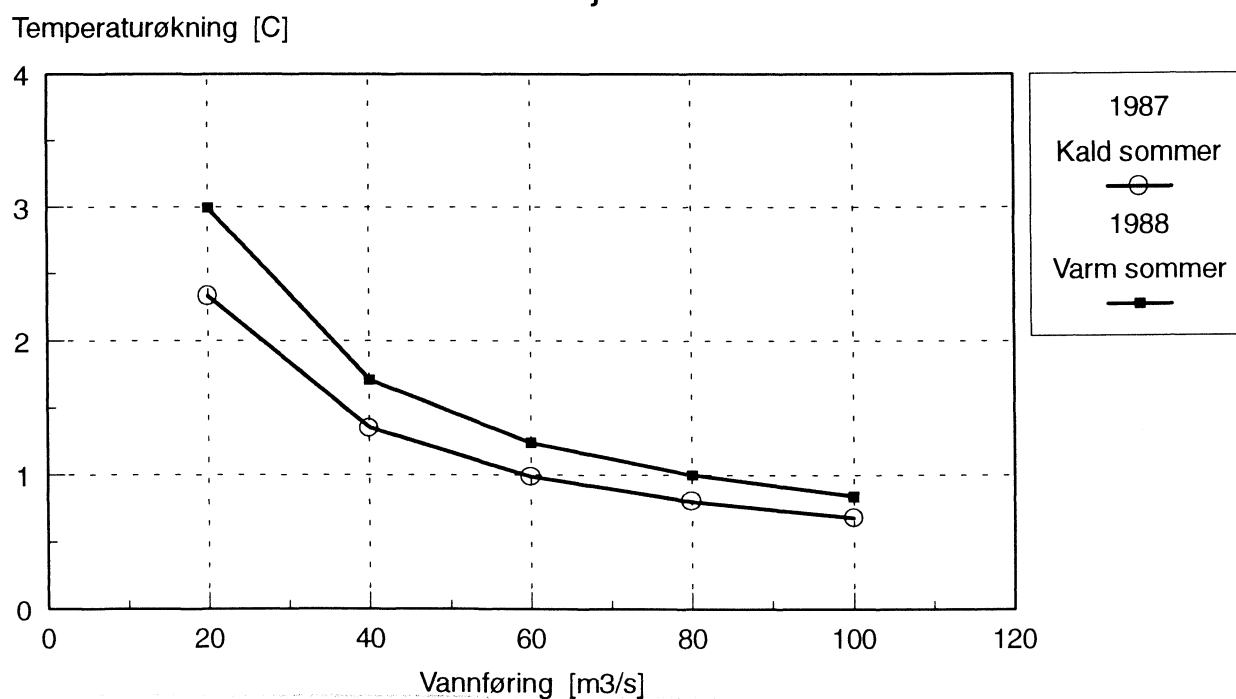
Middel for 7-31 mai i to ekstreme år



**Figur 18** Temperaturøkningskurve beregnet med RICE-modellen

## Temperaturøkning ned Suldalslågen

Middel for 1-14 juni i to ekstreme år



**Figur 19** Temperaturøkningskurve beregnet med RICE-modellen

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)  
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

#### I 1994 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- Nr 1 Truls Erik Bønsnes og Lars Andreas Roald: Regional flomfrekvensanalyse. Sambandet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. (45 s.)
- Nr 2 Steinar Myrabø: Sæternbekken forsøksfelt. (29 s.)
- Nr 3 Edward Witczak: Vurdering av grustak i Stjørdalselva ved Måsøra - Hofstadøra. Stjørdal kommune, N-Trøndelag. Vassdrag nr. 124. A0. (11 s.)
- Nr 4 Bjarne Krokli: Q 100 og Q 1000 avløpsflom med naturlig utløpsprofil i Ulldalsvatn og Bergsvatn (079.Z). (13 s.)
- Nr 5 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Årsrapport for NVEs interne havarigruppe. (8 s.)
- Nr 6 Harald Sakshaug: Vassdragsteknisk vurdering av interimsvei ved bygging av ny Vikersund bru. (5 s.)
- Nr 7 Astrid Voksø, Bjarne Krokli: Flomlinjeberegning og flomsonekart for nedre del av Leira (002. CAZ). (9 s.)
- Nr 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Lærdalsvassdraget (073.Z). (36 s.)
- Nr 9 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: A study of regional trends in annual and seasonal precipitation and runoff series. (30 s.)
- Nr 10 Einar Beheim, Eirik Smidt Eriksen: Vassdragsteknisk seksjon 1993. (73 s.)
- Nr 11 Nils-Otto Kitterød: The Haslemoen-project - main results and experiences. (56 s.)
- Nr 12 Roger Sværd: Beregning av normalavløp for Taraldsvik kraftverk. (9 s.)
- Nr 13 Bjarne Krokli: Vannlinje- og avløpskurveregning for utløpet av Ostevatn (067.6Z). (9 s.)
- Nr 14 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Uværet i Nord-Norge vinteren 1993. Hva har vi lært? (21 s.)
- Nr 15 Ingebrigt Bævre: Oversvømte arealer langs nedre deler av Orkla ved en middelflom. Orkdal kommune, Sør-Trøndelag. Vassdrag nr. 121.Z. (7 s.)
- Nr 16 BEGRENSET
- Nr 17 Hallvard Berg: Utprøving av erosjonssikringstiltak i Slemdalsbekken. (20 s.)
- Nr 18 Dag Bachke (red.): Vassdragstilsynet. Årsoversikt 1993. (36 s.)
- Nr 19 Arve M. Tvede: Vanntemperaturen i Suldalslågen. Forholdet mellom vanntemperatur, vannføring og værforhold i perioden 15. april - 15. juni. (20 s.)