

# **Vannføring i Suldalslågen i perioden 10. april til 30. juni.**

Vannføringslipp for å oppnå vanntemperaturer  
nær uregulerte forhold.

## Rapport nr 10-2005

### Vannføring i Suldalslågen i perioden 10. april til 30. juni.

#### Vannføringslipp for å oppnå vanntemperaturer nær uregulerte forhold.

**Oppdragsgiver:** Statkraft Energi AS

**Redaktør:**

**Forfatter:** Ånund Sigurd Kvambekk

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 10

**Forsidefoto:** Dammen ved Osvad i Suldalslågen (foto: Finn Gravem)

**ISSN** 1503-0318

**Sammendrag:** Rapporten viser beregninger som leder frem til et ”Temperaturstyrt” vannføringsregime for Suldalslågen i perioden 10. april til 30. juni. Det er vist et regulert regime som ukemidlet over ti år gir en vanntemperatur svært lik gjennomsnittlig vanntemperatur under uregulerte forhold. Det blir likevel vesentlige avvik fra år til år mellom de regulerte forholdene og hva det ville vært om det var uregulert, periodevis 1-2 °C. Variasjonen fra år til år i det foreslåtte regimet blir ganske lik det uregulerte, men litt mer variasjon i juni.

**Emneord:** Vanntemperatur, kjørestategier

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Mai 2005

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Områdebeskrivelse .....	6
1.2 Fremgangsmåte .....	7
1.3 Nødvendige data .....	7
<b>2 Simuleringer</b> .....	<b>8</b>
2.1 Resultater .....	8
2.2 Usikkerheter .....	15
<b>3 Referanser</b> .....	<b>15</b>

# Forord

På oppdrag for Statkraft Energi AS har NVE, Hydrologisk avdeling, utført hydrologiske analyser i Suldalslågen.

Undersøkelsene har omfattet simulering av vanntemperatur.

Arbeidet er blitt utført i perioden april – mai 2005.

Ånund S. Kvambekk har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side.

Oslo, mai 2005

Sidsel Haug  
seksjonssjef

Ånund S. Kvambekk  
prosjektleder

# Sammendrag

Utgangspunktet for denne undersøkelsen var en høringsuttalelse fra DN om vanntemperaturen i forbindelse med omsøkt reguleringsreglement for Suldalslågen:

”Etter vår oppfatning er det derfor viktig at temperaturen på våren blir tilnærma lik det som var under naturlige forhold og dette bør være styrande for vassføringa i denne perioden.” (DN, datert 30.01.2005).

Statkraft har opplyst at ”våren” forstås som perioden fra start smoltutgang, dvs. 10. april, til ”swimup” er avsluttet, dvs. 30. juni. De ønsker et reglement som er enkelt å praktisere, hvor en forandrer minstevannføringen maksimalt en gang i uken, og har samme vannføringsregime fra år til år.

Det er tidligere beregnet (Kvambekk 2004) hva vanntemperaturen ville vært i perioden 1931-2002 dersom Suldalslågen var uregulert. Det ble valgt et middel for 30-års-perioden 1973-2002 som en normalverdi. Med ulike vannføringer, men med samme vær og samme vanntemperaturer ved Suldalsporten, kjørte vi modellene CE-QUAL-W2 og RICE (se Kvambekk, 2004). For hver uke ble det så funnet en vannføring som ga en vanntemperatur som var nærmest uregulert normalverdi. Middelet av disse vannføringene ble glattet til følgende foreslåtte kjørestrategi (=”Temperaturstyrt”):

Uke	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Vannføring [m <sup>3</sup> /s]	20	20	20	40	55	55	50	50	50	40	35	35

Det ble til slutt kjørt simuleringer som bekreftet at en slik kjøring over ti år ga en gjennomsnittlig vanntemperatur svært lik gjennomsnittlig vanntemperatur under uregulerte forhold (1973-2002).

Det blir vesentlige avvik fra år til år mellom de regulerte forholdene og hva det ville vært om det var uregulert, periodevis 1-2 °C. Variasjonen fra år til år i det foreslåtte regimet blir ganske lik det uregulerte, men litt mer variasjon i juni.

De beregnede vanntemperaturdifferansene mellom simulert regulert og simulert uregulert har en usikkerhet på omtrent 0.5 °C når en midler på ukebasis og over ti år. I mai og juni er dette godt innenfor de variasjonene en finner når en varierer vannføringen. I april er vanntemperaturen mindre avhengig av vannføringen og dermed mer usikkert om rett vannføring er valgt. Uansett har det da liten betydning for vanntemperaturen om en velger en annen vannføring enn ”Temperaturstyrt” i april.

Slik vannføring som Statkraft har søkt om ga i middel omtrent de samme temperaturene frem til midten av mai, men omtrent 1 °C varmere i slutten av mai og i juni.

# 1 Innledning

I høringsrunden om omsøkt reguleringsreglement for Suldalslågen kom det følgende tilbakemelding fra DN om vanntemperaturen:

”Etter vår oppfatning er det derfor viktig at temperaturen på våren blir tilnærma lik det som var under naturlige forhold og dette bør vere styrande for vassføringa i denne perioden.” (datert 30.01.2005).

Statkraft har opplyst at ”våren” forstås som perioden fra start smoltutgang, dvs. 10. april, til ”swimup” er avsluttet, dvs. 30. juni. Samtidig bør en tilstrebe et reglement som er enkelt å praktisere. Statkraft ønsker derfor å forandre minstevannføringen maksimalt en gang i uken, og ha samme vannføringsregime fra år til år.

Med dette som utgangspunkt er det klart at en ikke kan oppnå samme temperatur i enkeltår som om elva var uregulert. En kan derimot oppnå at en i middel over flere år har samme vanntemperatur som gjennomsnittlige forhold i et uregulert regime.

En annet kompliserende faktor er hvor i elva en skal sammenligne: øverst ved Suldalsosen, eller nederst ved Lavika (fig. 1)? Som et kompromiss er det derfor bestemt at temperaturen som brukes i sammenligningene er lik gjennomsnittet av vanntemperaturen øverst og nederst. Det antas å representere forholdene rundt midten av Suldalslågen i lengderetningen. Der det i denne rapporten bare står ”vanntemperaturen” menes altså denne midt-verdien.

## 1.1 Områdebeskrivelse

Vannet fra Suldalsvatnet passerer en grunn og trang terskel ved Suldalsporten. Deretter renner vannet gjennom ”Tårmen”, et 6 km langt relativt stille parti frem til dammen (Suldalsosen). Vannet renner så i elva omtrent 20 km til havet ved Lavika.

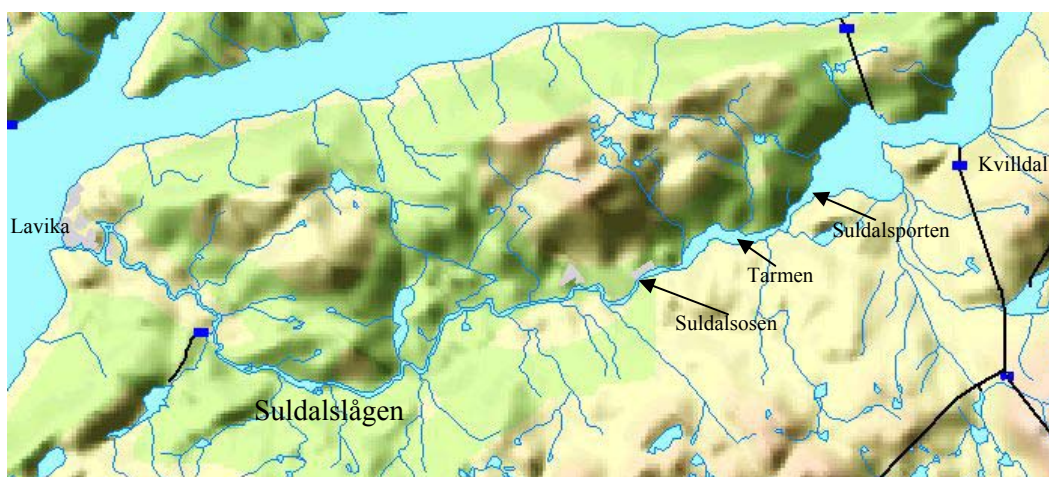


Fig. 1 Kart som viser Suldalslågen og nedre del av Suldalsvatnet.

Vanntemperaturen ut av Suldalsvatnet er vesentlig påvirket av kjøringen av Kvilldal kraftverk. Driftsvannet kan hentes både fra bekkeinntak og fra dypet i Blåsjø og Sandsavatnet. Temperaturen vil derfor variere, og dette styrer dypet hvor vannet trekkes fra før det skal over terskelen ved Suldalsporten (Kvambekk, 2004)

## 1.2 Fremgangsmåte

Kvambekk (2004) simulerte for perioden 1931-2002 hva vanntemperaturen ut av Suldalsvatnet ville vært dersom det var uregulert. Det ble også utviklet en metode til å beregne vanntemperaturen gjennom Suldalsporten ved hjelp av temperaturen på vannet fra Kvilldal, temperaturen i ulike dyp oppstrøms Suldalsporten og vannføringen gjennom Suldalsporten. Metoden krever at det er drift i Kvilldal kraftverk.

Ved å variere vannføringen kan en bruke metoden til å beregne vanntemperaturen gjennom Suldalsporten når dataseriene er nær komplette og det er drift i Kvilldal kraftverk. Videre simulering med CE-QUAL-W2 gjennom "Tarmen" gir vanntemperaturen ut av Suldalsvatnet (Suldalsosen). Deretter gir simulering med RICE vanntemperaturen nederst i Suldalslågen. Til slutt midles temperaturen øverst og nederst i Suldalslågen. Fig. 2 viser sammenhengen mellom simuleringene. Det brukes samme oppsett for CE-QUAL-W2 og RICE som dokumentert i Kvambekk (2004). Det tas ikke hensyn til tilsig fra sidefeltene. Dette både fordi datamangel ville ha begrenset simuleringsperioden, og fordi virkningen er liten i forhold til andre feilkilder ved minstevannføringer over ca. 10 m<sup>3</sup>/s.

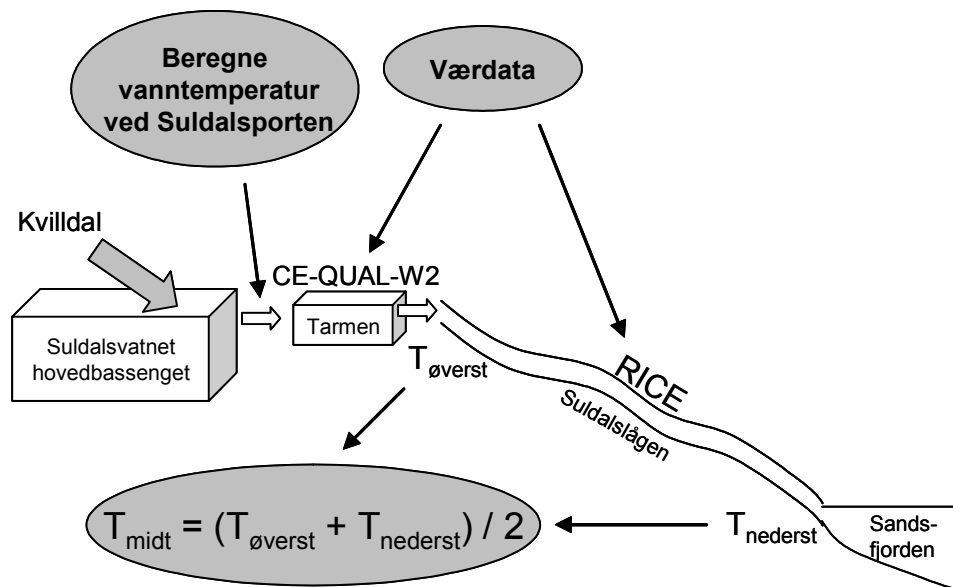


Fig. 2 Skisse som viser sammenhengen mellom simuleringene fra vannet kommer inn i Suldalsvatnet til det renner ut i Sandsfjorden ved utløpet av Suldalslågen.

## 1.3 Nødvendige data

Følgende data er tilgjengelige i perioden 1986-2004, men det er noen brudd i dataene:

- Vanntemperatur i driftsvannet fra Kvilldal kraftverk
- Driftsvannføring i Kvilldal kraftverk
- Vanntemperaturvertikaler i Suldalsvatnet oppstrøms Suldalsporten
- Værdata fra Bergen og Sauda

Det er vanskeligst å oppfylle betingelsene for beregning av vanntemperaturen gjennom Suldalsporten. Betingelsene var tilnærmet oppfylt for perioden 10. april til 30. juni i årene

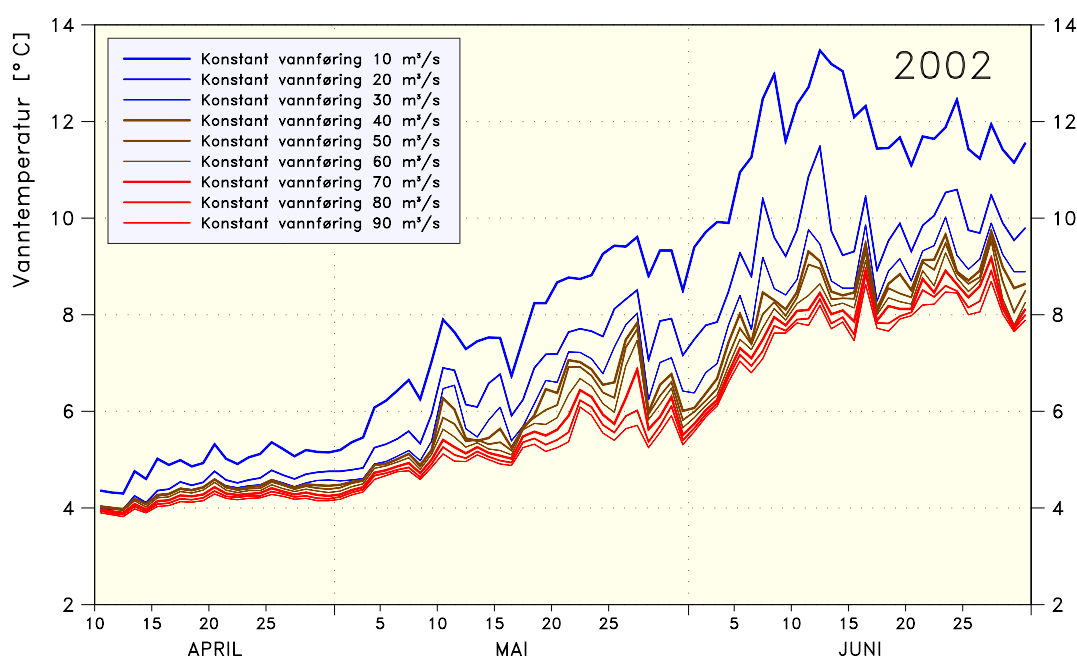
1991, 1994-1999, 2001, 2002 og 2004, i alt 10 år. Simuleringene bygger derfor på disse ti årene.

## 2 Simuleringer

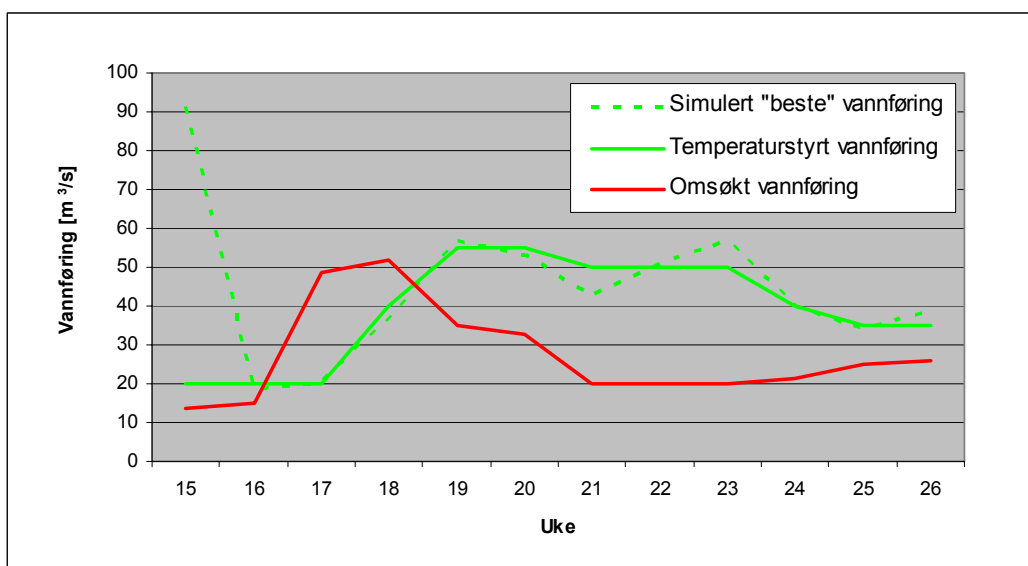
### 2.1 Resultater

Uregulert vannføring frem til og med 2002 er allerede simulert på døgnbasis i Kvambekk (2004). Vi beregnet gjennomsnittlige døgnmidler for perioden 1973-2002 og foretok en 10 døgns glidende glatting. Gjennomsnittet fra tredveårsperioden ble brukt som siktemål for simuleringene ved regulerte forhold, og omtales senere som ”Gjennomsnittlig uregulert”.

Som omtalt i kapittel 1.3 hadde vi gode data for ti av årene i perioden 1991-2004. Vi simulerte så vanntemperaturen i disse årene med konstant vannføring 10 m<sup>3</sup>/s, 20 m<sup>3</sup>/s, 30 m<sup>3</sup>/s, osv. til 90 m<sup>3</sup>/s. Generelt er det en oppvarming i vassdraget som øker med avtagende vannføring. Vanntemperaturen blir derfor høyest ved 10 m<sup>3</sup>/s og lavest ved 90 m<sup>3</sup>/s. Figur 3 viser som eksempel vanntemperaturen i 2002. Som en ser er det liten endring i vanntemperaturen med vannføringen i april, mens det er relativt store utslag i mai og juni. Dette skyldes at lufttemperatur og vanntemperatur i Suldalsvatnet er forholdsvis like i april, mens lufta er vesentlig varmere i juni. Samme bilde går igjen i alle årene. Det vil si at en i april får omtrent samme vanntemperatur om en velger alt mellom 20 og 90 m<sup>3</sup>/s som minstevannføring. I mai og juni er det derimot viktig å velge rett vannføring.



**Fig. 3** Vanntemperaturen i Suldalslågen beregnet for konstante vannføringer fra 10-90 m<sup>3</sup>/s i året 2002. Den minste vannføringen gir varmest vann og den største vannføringen gir kaldest vann. Temperaturene er et middel av temperaturen øverst og nederst i elva.



**Fig. 4** Figuren viser vannføringen som gir vanntemperatur nærmest gjennomsnittlig uregulert, vårt forslag basert på den simuleringen (=”Temperaturstyrt”) og vannføringen som Statkraft har søkt om (=”Omsøkt”). Alle dataene er ukkesmidler, så kortvarige flommer dempes i ”Omsøkt”.

De simulerte dataene ble midlet på ukebasis og over de ti årene. For hver uke fra uke 15 til uke 26 fant en så den vannføringen som ga en vanntemperatur som var nærmest gjennomsnittlig uregulert. Denne er plottet i figur 4 som ”Simulert beste vannføring”.

I figur 4 finner en også vårt forslag som er en utjevnet kurve i forhold til ”Simulert beste vannføring”. Forslaget er betegnet ”Temperaturstyrt”. Da det i starten av april har liten betydning hvilken vannføring som nyttes, har vi i stedet for de simulerte 90 m<sup>3</sup>/s foreslått 20 m<sup>3</sup>/s av rene økonomiske grunner (se diskusjonen rundt figur 3).

I tillegg til de konstante vannføringene ble det også simulert hvilken temperatur en ville fått med den omsøkte vannføringen, dvs. vannføringen Statkraft har søkt om. Denne vannføringen er også vist i figur 4, midlet over en uke.

En kan ikke oppnå uregulert vanntemperatur hvert år ved å kjøre samme regimet hvert år. I samme år er det derfor periodevis betydelige avvik mellom vanntemperaturen ved ”Temperaturstyrt” vannføring og den en ville hatt dersom elva var uregulert (fig. 5). Under beregningen av ”Temperaturstyrt” vannføring ble det siktet mot at en i middel skulle komme så nær som mulig en gjennomsnittlig uregulert kurve. Det ble valgt den siste 30-års perioden som var tilgjengelig, dvs. 1973-2002. Vi har derimot ikke data til å simulere regulerte forhold i hele denne perioden. De ti årene vi har valgt ut har ikke samme middelvei som trettiårsperioden. Det er grunnen til at en i figur 5 kan ane at differansen i middel ligger litt under nullstreken, dvs. at den uregulerte temperaturen i våre ti simuleringsår er høyere enn i 30-års perioden.

Da kan en selvsagt spørre seg om det hadde vært enda bedre å heller sikte seg mot det uregulerte middelet i de samme ti årene som vi simulerer. Intuitivt virker dette bedre da en jo egentlig ønsker at vanntemperaturen i hvert år, ja til og med hver dag, skal bli som ved uregulerte forhold. Som en ser av figur 5 er det ikke lenger slike forhold i Suldalslågen at en kan oppnå dette ved et fast kjøremønster. Dette hadde til og med vært komplisert å oppnå med et variabelt kjøremønster. På grunn av tilførsel av vann fra Kvilldal er det ikke lenger noen direkte kobling mot uregulerte forhold. Et varmt

uregulert år følges ikke nødvendigvis av et varmt regulert år. Vi valgte derfor å sikte oss mot en normalverdi på uregulerte forhold, her representert ved gjennomsnittet i perioden 1973 til 2002.

Figur 6 dokumenterer at den foreslåtte vannføringen (=”Temperaturstyrt”) gir en vanntemperatur som i gjennomsnitt er svært nær 1973-2002-normalen ved uregulerte forhold

Også med ”Temperaturstyrt” vannføring vil det bli variasjoner i vanntemperaturen fra år til år. Figur 7 viser daglige vanntemperaturer simulert for de ti godkjente årene med ”Temperaturstyrt” vannføring, ”Omsøkt” vannføring og simulert uregulert temperatur. Det er litt større variasjon i vanntemperaturen fra år til år i juni ved regulerte forhold, uansett om en velger ”Temperaturstyrt” eller ”Omsøkt” som vannføring. I april og mai er variasjonen omtrent den samme.

Figur 8 og 9 viser i hvert simuleringsår de simulerte vanntemperaturene ved ”Temperaturstyrt” og ”Omsøkt” vannføring samt ved uregulerte forhold. Også gjennomsnittlige uregulerte forhold (1973-2002) er vist.

Det må presiseres at de anbefalte vannføringene ”Temperaturstyrt” vist i figur 4 og i tabell 1 kun tar hensyn til vanntemperaturen. I forhold til resultatet av beregningene er de anbefalte verdiene stort sett bare glattet litt. Det eneste hensynet annet enn vanntemperatur ble tatt i uke 15 der vannføringen er blitt anbefalt satt til 20 m<sup>3</sup>/s. Her viste simuleringen 90 m<sup>3</sup>/s som best treff, men forskjellen i vanntemperatur fra 20 m<sup>3</sup>/s var marginal. Av økonomiske hensyn, samt å slippe å bytte vannføring til uke 16, ble 20 m<sup>3</sup>/s valgt.

**Tabell 1** Anbefalt ”Temperaturstyrt” vannføring i uke 15-26 (ca. 10. april til 30. juni). Det vil si vannføringen som gir en vanntemperatur midt i Suldalslågen (i lengderetningen) som midlet over flere år blir tilnærmet lik gjennomsnittlig uregulert vanntemperatur.

Uke	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Vannføring [m <sup>3</sup> /s]	20	20	20	40	55	55	50	50	50	40	35	35

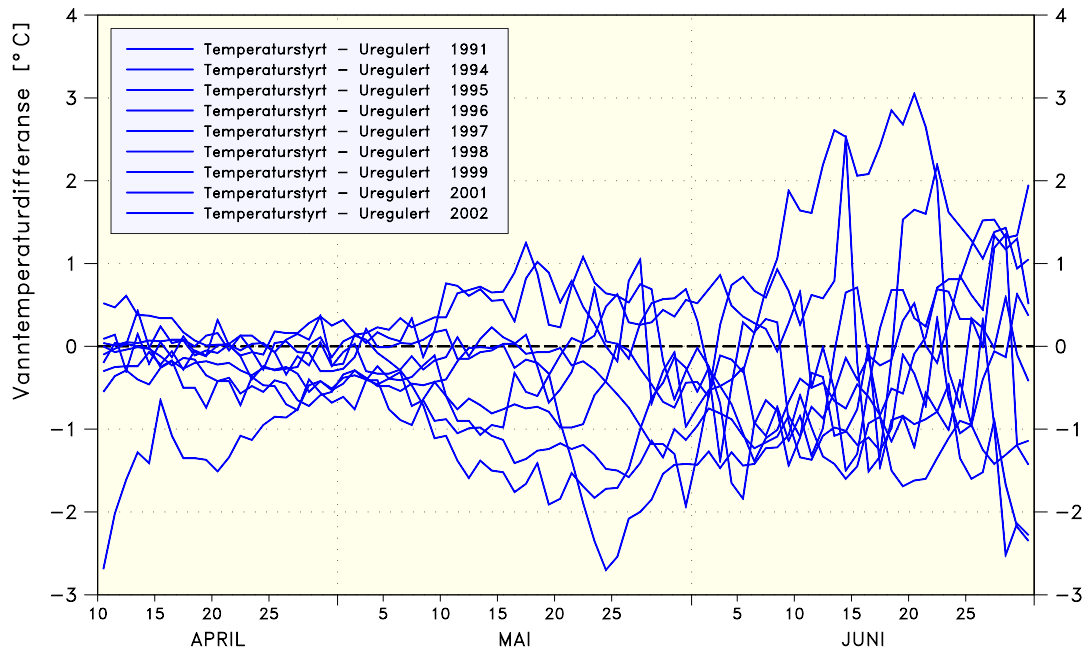


Fig. 5 Differansen mellom vanntemperaturene beregnet med vannføringsregimene "Temperaturstyrt" og "Uregulert". Figuren viser differansene som døgnmidler. Temperaturene er et middel av temperaturen øverst og nederst i elva.

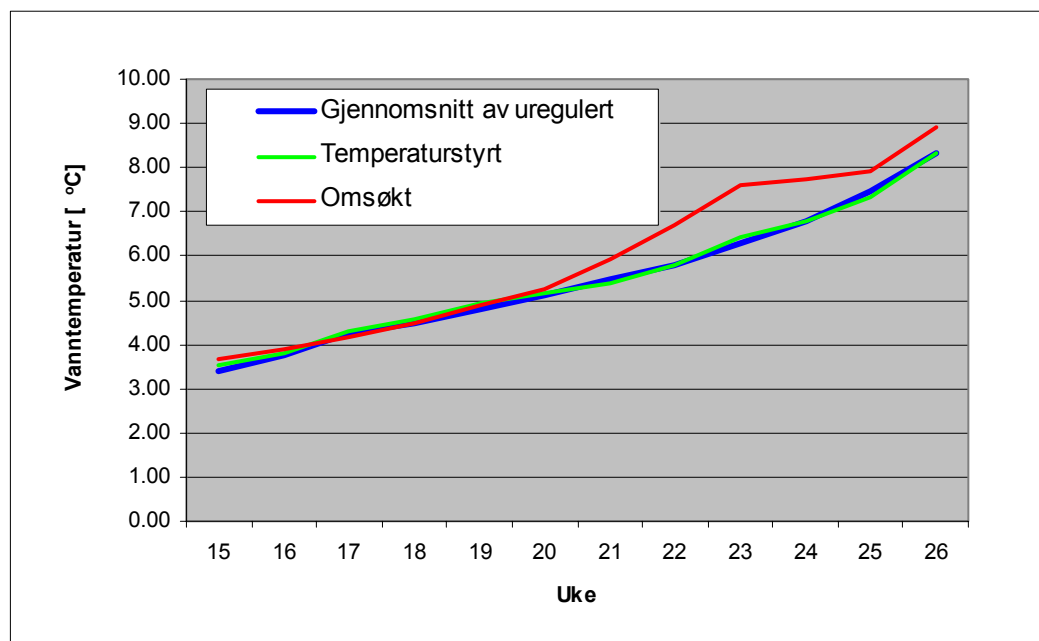


Fig. 6 Simuleringene av vanntemperaturen ved "Temperaturstyrt" og "Omsøkt" vannføring. Kurvene viser ukaverdiene midlet over de 10 simuleringårene. Det er også vist den gjennomsnittlige uregulerte vanntemperaturen i perioden 1973-2004. Det er ikke sammenfall i tidsperiode, men det vises her at vi ved "Temperaturstyrt" vannføring oppnår en vanntemperatur som midlet over flere år gir en vanntemperatur nær gjennomsnittlige uregulerte forhold.

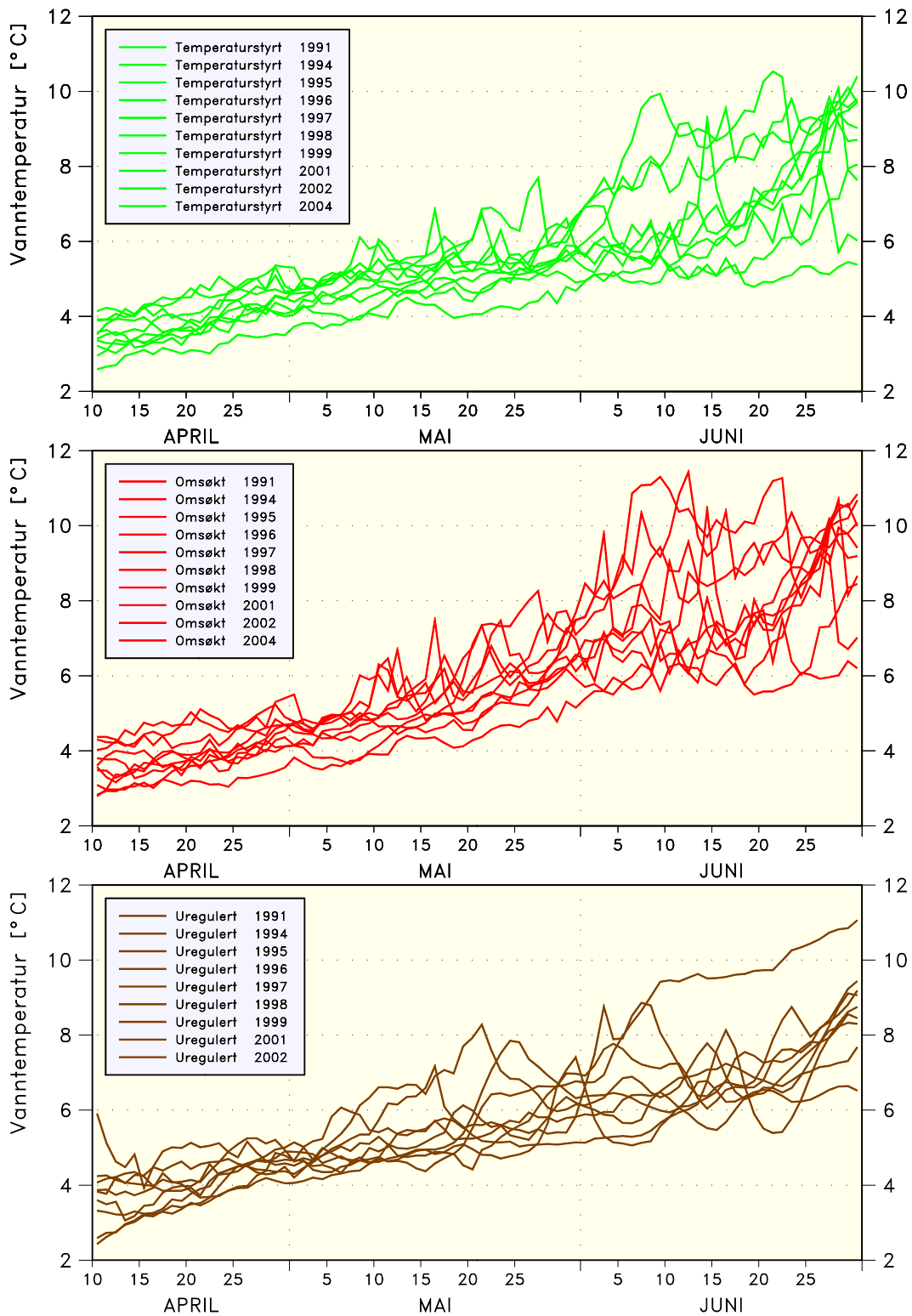


Fig. 7 Variasjonen i døgnmiddel av vanntemperaturen fra år til år med vannføringsregimene "Temperaturstyrt", "Omsøkt" og "Uregulert". Temperaturene er et middel av temperaturen øverst og nederst i elva.

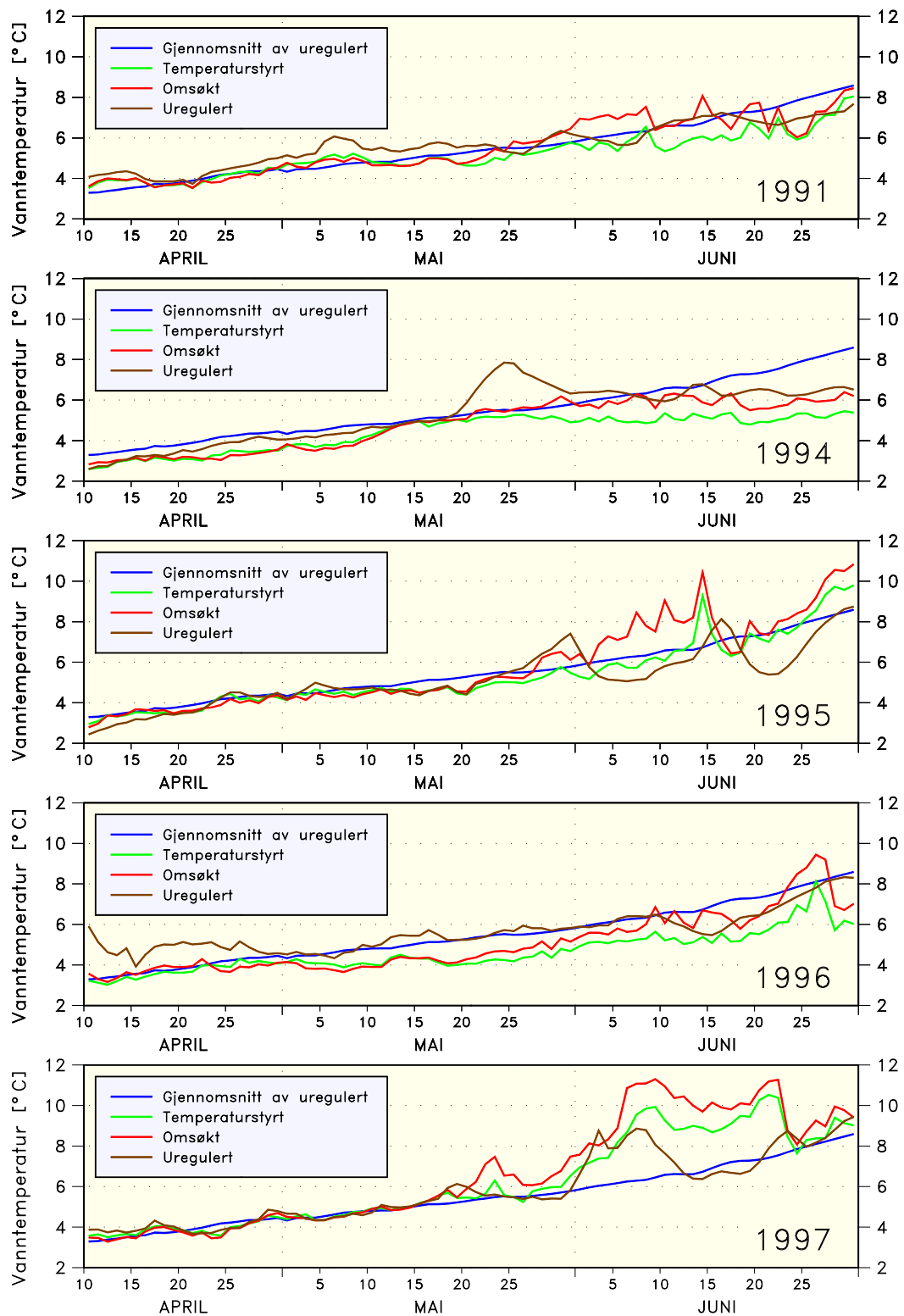


Fig. 8 Simulerte vanntemperaturer etter regimene "Temperaturstyrt", "Omsøkt" og "Uregulert" for årene 1991 og 1994-97. Gjennomsnittlig uregulert (1973-2002) er også vist. Siktemålet for "Temperaturstyrt" er i middel å ligge nær gjennomsnittlig uregulert .

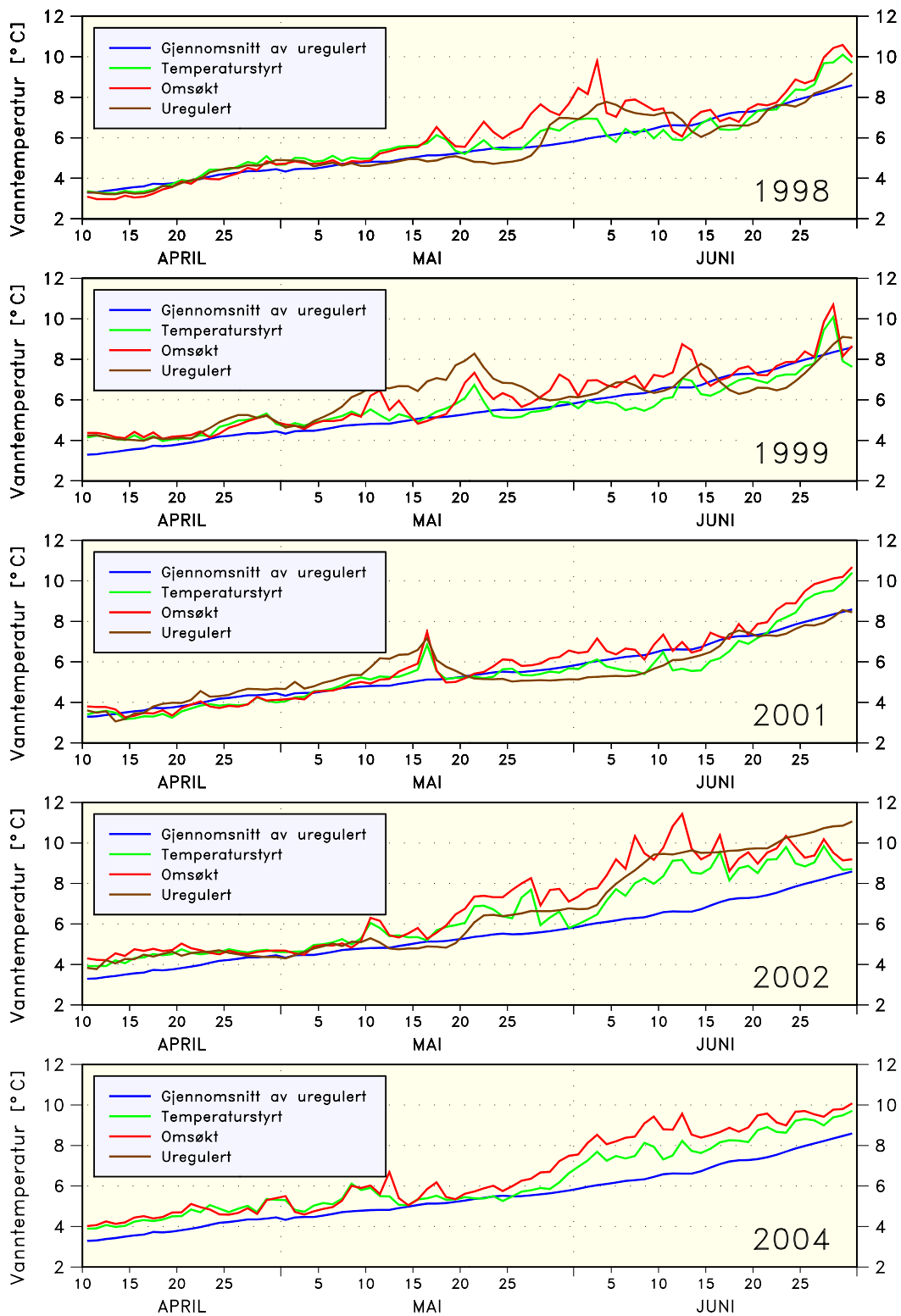


Fig. 9 Simulerte vanntemperaturer etter regimene "Temperaturstyrt", "Omsøkt" og "Uregulert" for årene 1998-99, 2001-02 og 2004. Gjennomsnittlig uregulert (1973-2002) er også vist. Siktemålet for "Temperaturstyrt" er i middel å ligge nær gjennomsnittlig uregulert. Uregulert mangler for 2004 da den bare er simulert frem til og med 2002.

## 2.2 Usikkerheter

Simuleringene har betydelige usikkerheter. Vi har i denne rapporten simulert døgnverdier, men sammenligningene er foretatt på ukensnivå. Tabell 2 (tilpasset til ukensnivå fra Kvambekk 2004) viser usikkerheten til simuleringene på ukensnivå representert ved standardavviket.

**Tabell 2 Usikkerheten i simuleringen av ukensmidler av uregulerte forhold samt regulerte forhold ved ulike vannføringsregimer. 2/3 av simuleringene ligger innenfor et standardavvik fra "sann" verdi.**

Simulering	Utløpet av Suldalsvatnet	Nederst i Suldalslågen
Uregulerte forhold	0.8 °C	0.9 °C
Etter regulering	0.4 °C	0.5 °C

Selv om usikkerheten i simuleringene selv på ukebasis er forholdsvis stor, så blir usikkerheten vesentlig mindre når en midler over flere år. Midlet over tretten kontrollår var avviket på månedsbasis for simulerte uregulerte forhold bare 0.2 °C i månedene april-juni (tabell 4.2, Kvambekk 2004) i forhold til observasjoner. I denne rapporten vil vi til slutt operere med ukensmidler, så vi kan anta at feilen i ukensmidlene for uregulerte forhold midlet over ti år (se kapittel 1.3) er noe større og vil ligge innenfor 0.4 °C.

En tilsvarende beregning kan en gjøre for simuleringene etter regulering. Sammenligning av simulert vanntemperatur med historisk vannføring og observert vanntemperatur i de fem kontrollårene 1996, 1998-99 og 2001-02 som ble benyttet av Kvambekk (2004), viser at feilene i ukensverdiene midlet over fem år alle ligger innenfor 0.4 °C for april-juni. Midlet over hele perioden (uke 15 til uke 26) er det nesten ingen forskjell mellom simuleringer og observasjoner. Vi kan derfor anta at feilen i ukensverdiene midlet over en lengre periode, her ti års data, vil ha en lavere feil, anslagsvis 0.3 °C.

For beregning av usikkerheter i differanser mellom simulert regulert og simulert uregulert på ukebasis midlet over 10 år må en derfor vente at de beregnede verdiene ligger innenfor 0.5 °C ( $=\sqrt{(0.3^2+0.4^2)}$ ). I mai og juni er dette godt innenfor de variasjonene en finner når en varierer vannføringen (se fig. 3). I april er det derimot mindre utslag av vannføringen og dermed mer usikkert om rett vannføring er valgt. Uansett har det da liten betydning for vanntemperaturen om en velger en annen vannføring enn "Temperaturstyrt" i april.

## 3 Referanser

Kvambekk, Å. S., 2004: Vanntemperaturer i Suldalslågen. Simulering av uregulert tilstand i 1931-2002 og ulike skisseforslag til nytt vannføringsregime. Suldalslågen – Miljørapport nr. 31, Statkraft SF (nå Statkraft Energi AS).