NVE

VAKLE

Miljøvennlig bruk av vannressursene
i et endret klima- og energiregime

Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner

Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor

Torulv Tjomsland, Norsk institutt for vannforskning

5
2004

RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

FoU-programmet Miljøbasert vannføring

Programmet Miljøbasert vannføring har som mål å skaffe økt kunnskap om virkninger av sterkt redusert vannføring i vassdrag, slik at forvaltningen får et bedre faglig grunnlag for å fastsette vannføringen ved inngrep i vassdrag. Dette er aktuelt i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner, revisjon av vilkår i gamle konsesjoner og som følge av vannressursloven og EUs rammedirektiv for vann. Programmet finansieres av Olje- og energidepartementet og er forankret i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Fase I har en tidsramme på fem år (2001-2005). Programmet er organisert med en styringsgruppe bestående av representanter fra NVE med lederansvar, energibransjen, natur-forvaltningen og interesseorganisasjoner, og et fagutvalg der ulike fagområder er representert. Den daglige ledelse og administrasjon av programmet er knyttet til Vannressursavdelingen i NVE.

FoU-programmet Miljøvennlig bruk av vannressursene i et endret klima- og energiregime (VAKLE)

Klimaendringer som følge av global oppvarming vil ha stor betydning for våre vassdrag og organismene i disse. På bakgrunn av dette initierte Direktoratet for naturforvaltning (DN), Energi-bedriftenes landsforening (EBL) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) forskningsprosjektet ”Miljøvennlig bruk av vannressursene i et endret klima- og energiregime (VAKLE)”. Prosjektet skal beskrive og kvantifisere mulige endringer i abiotiske forhold som følge av nytt klimaregime og endret mønster i kraftproduksjonen. Videre skal prosjektet klarlegge hvordan disse endringene påvirker produksjon av invertebrater og fisk i vassdrag og vurdere tiltak for å bedre miljøforholdene sammen med en optimal utnyttelse av kraftpotensialet. VAKLE utføres av SINTEF, NINA, NIVA og NTNU, og er finansiert av Norges forskningsråd, EBL, Statkraft, DN og NVE.

Abiotiske effekter i regulerings-magasiner

Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor

Norges vassdrags- og energidirektorat
2004

Rapport nr. 5 - 2004

Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner
Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Torulv Tjomsland, Norsk institutt for vannforskning

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Follsjøen, v/ Atle Harby

ISSN: 1502-234x
ISBN: 82-410-0518-0

Sammendrag: Rapporten omhandler hvordan kraftverksmanøvrering påvirker temperatur- og isforhold i magasiner og i vassdraget nedenfor. Vanntemperatur- og isforhold ble simulert med en matematisk modell. Det var godt samsvar mellom observerte og simulerte temperaturer i Follsjøen og i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon. Avviket var sjeldent over 1 °C. Bruk av overflateinntak i magasinet påvirket temperaturen i driftsvannet i betydelig grad sammenliknet med dypvannsinntak. Overflateinntak resulterte i simulerte temperaturer som gjennomgående var nær hva man kan forvente i et uregulert/ naturlig magasinoverløp. Overflateinntak ga varmere driftsvann på våren og forsommeren, og kaldere på sensommeren og høsten, enn dypinntak. For eksempel ble det oppnådd 8 °C en måned tidligere om våren ved overflateinntak. Også i vassdraget nedenfor, Surna, var påvirkningen betydelig.

Emneord: Temperatur og is, Reguleringsmagasin, Matematisk modell, Follsjøen, Miljøbasert vannføring.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

September 2004

Innhold

Forord **6**

Sammendrag / Summery **8**

1. Innledning **10**

Mål **10**

Metode **10**

Modellbeskrivelse **10**

Områdebeskrivelse **10**

Måledata **11**

2. Kalibrering av modellen **16**

3. Fleksibelt vanninntaksnivå **20**

4. Diskusjon og konklusjoner **24**

5. Referanser **25**

Forord

All kraftverksmanøvrering påvirker vannføringen i et vassdrag. Men også andre forhold som vann-temperatur og isforhold kan påvirkes. Endringer i temperatur- og isforhold har stor betydning for fisk og bunndyr, og kan påvirke både vekst og reproduksjon. Rapporten viser gjennom simuleringer klare forskjeller i temperatur mellom bruk av overflateinntak og dypvannsinntak.

Prosjektet er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), og har vært finansiert gjennom et samarbeid mellom Norges forskningsråds prosjekt "Miljøvennlig bruk av vannressursene i et endret klima- og energiregime" (VAKLE) og NVEs FoU-program "Miljøbasert vannføring". Statkraft v/ Erik Ruud har vært behjelpelig med tilsigsberegninger m.m.

Arbeidet danner grunnlag for videre arbeid med biotiske effekter i andre deler av VAKLE-prosjektet, samtidig som det et viktig bidrag i diskusjonen for å realisere en mer miljøbasert kraftverks-manøvrering.

Oslo, september 2004

Haavard Østhagen
leder styringsgruppe

John Brittain
programleder

Sammendrag

Dette prosjektet er en del av Norges forskningsråds prosjekt ”Miljøvennlig bruk av vannressursene i et endret klima- og energiregime” (VAKLE). Prosjektet inngår også i NVEs FoU-program ”Miljøbasert vannføring”.

Denne rapporten omhandler hvordan kraftverksmanøvrering påvirker temperatur- og isforhold i magasiner og i vassdraget nedenfor. Vanntemperatur- og isforhold ble simulert med en matematisk modell (CE-QUAL-W2). Modellen ble kalibrert/testet mot observerte data fra kraftverksmagasinet Follsjøen i perioden 1998-2001. Det ble deretter modellert scenarier for å finne hvordan endret manøvrering av kraftverket kunne påvirke temperaturene i magasinet og i vassdraget nedenfor.

Det var godt samsvar mellom observerte og simulerte temperaturer i overflatevannet i Follsjøen og i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon. Avvikene var sjelden over 1 °C. Modellert isløsning om våren kom trolig minst en uke for tidlig.

Simuleringene viste at bruk av overflateinntak i magasinet førte til betydelige temperaturforskjeller i driftsvannet sammenliknet med dypvannsinntak. Overflateinntak resulterte i temperaturer som gjennomgående var nær hva man kan forvente i et uregulert/naturlig magasinoverløp. Overflateinntak ga varmere driftsvann på våren og forsommeren, og kaldere på sensommeren og høsten, enn dypinntak. F.eks. ble det oppnådd 8 °C en måned tidligere om våren ved overflateinntak, figur 1.

I hvilken grad dette påvirker vassdraget nedenfor avhenger av vannføring og temperatur i vannet oppstrøms utslippet. I Surna var påvirkningen betydelig.

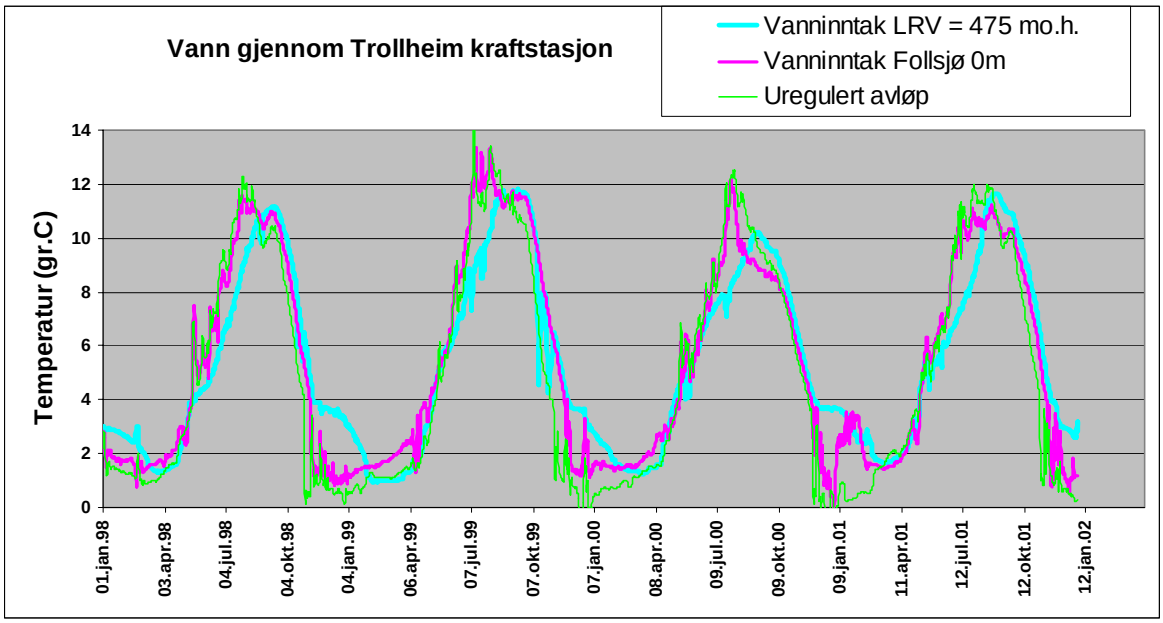
Vi kjenner ikke til i hvilken grad det er praktisk mulig å lage et slikt fleksibelt vanninntak.

Summary

This report concerns the relationships between temperature and ice conditions in regulated reservoir and in the downstream river system in order to assess the best placement of an inlet pipe.

Water temperature and ice cover were simulated by a mathematical model, CE-QUAL-W2. There was good accordance between observed and simulated temperatures both in the reservoir and in the water used by the electrical power plant from the pipe inlet at the bottom of the reservoir. The deviations seldom exeeded 1 °C.

According to simulations, placing the pipe inlet in the surface layer of the reservoir would have a significant effect on the water temperatures through the power plant. This scenario resulted in warmer water through the power plant during the spring and first part of the the summer, and colder water in the late summer and autumn, when compared to an inlet placed on the bottom. For example, simulation for the surface inlet indicated spring temperatures that exeeded 8 °C one month earlier that if the bottom inlet were used. A surface inlet resulted in similar temperatures as in overflow from a natural or unregulated reservoir, figur 1. Also temperatures in the river downstream of the power plant were significantly affected by the location of the inlet pipe.



Figur 1. Temperaturen i kraftverksvannet ble betydelig varmere om våren og forsommeren, og noe kaldere på høsten, ved overflateinntak enn ved dypinntak. Overflateinntak resulterte i temperaturer som var nær verdiene i et naturlig/ uregulert damoverløp.

Surface inlet resulted in warmer water through the power plant during the spring and first part of the the summer, and colder water in the late summer and autumn, when compared to an inlet placed at the bottom. Surface inlet resulted in almost the same temperatures as in overflow from a natural or unregulated reservoir.

1. Innledning

Mål

Målet var å kvantifisere abiotiske effekter som følge av endret klima- og energiregime i regulerte magasiner. Det ble også lagt vekt på å finne hvordan bruk av magasinene påvirket vassdraget nedenfor. De mest sentrale abiotiske parameterene som ble beregnet var vanntemperatur og istykkelse.

Som utgangspunkt for å studere effekter av endret klima gjaldt scenarier for perioden 1980-2009 og for 2020-2049 med døgnverdier av lufttemperatur og tilsig.

Denne rapporten omhandler den første delen av denne målsetningen, dvs. hvordan kraftverks-manøvrering påvirker temperatur- og isforhold i magasiner og i vassdraget nedenfor.

Metode

Vanntemperatur- og isforhold ble simulert med en matematisk modell. Denne modellen ble kalibrert/testet mot observerte data i kraftverksmagasinet. Det ble deretter modellert scenarier for å finne hvordan endret manøvrering av kraftverket kunne påvirke temperaturen i magasinet og i vassdraget nedenfor.

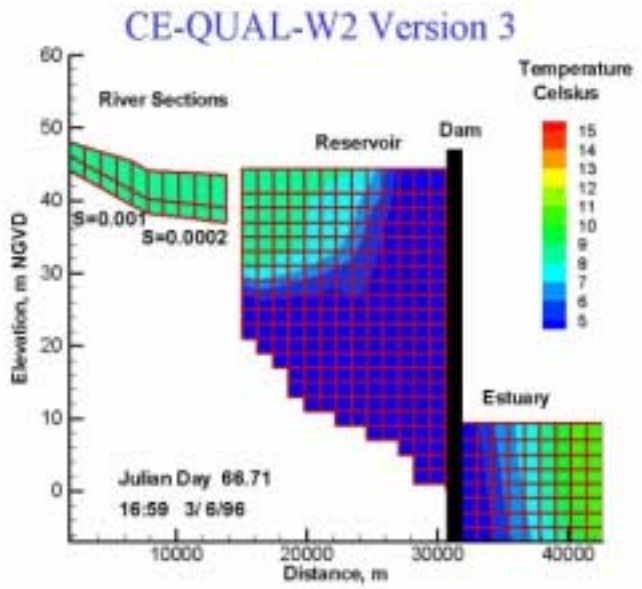
Modellbeskrivelse

Vannkvalitetsmodellen CE-QUAL-W2 kan beregne temperaturprofiler som funksjon av klima og vannføringer (Cole and Wells 2002), Figur 2. Modellen kan beregne strømhastighet, temperatur, istykkelse, oksygeninnhold, partikkelkonsentrasjon, vannkjemi, gass, utveksling med sedimenter, algevekst m.m.

Modellen er todimensjonal. Resultatene blir beregnet med et vilkårlig valgt tidsskritt, for utvalgte dybdeprofiler i innsjøens lengderetning (x-z retning). Verdiene representerer midlere forhold på tvers av lengderetningen (y-retningen). Modellen er følgelig godt egnet for simuleringer i langstrakte innsjøer. Modellen tar hensyn til ulike former for damoverløp, uttak via tunneler og tilførsler via elver og grunnvann m.m.

Områdebeskrivelse

Vi har valgt Follsjøen i Surnavassdraget, Figur 3 - Figur 5. Follsjøen ligger like nedenfor Gråsjøen. Gråsjøen har et naturlig nedbørfelt på 308 km² og et overført areal fra Vindølva på 69 km². Vann fra dette området utnyttes i Gråsjø kraftstasjon og slippes ut i Follsjøen. Follsjøen har et lokalt nedbørfelt på 37 km² og et overført areal, fortrinnsvis fra Rinna, på 90 km². Vann fra et totalt nedbørfelt på 504 km² ledes fra Follsjøen via Trollheim kraftstasjon til Surna. Midlere årlig driftsvannføring gjennom Gråsjø og Trollheim kraftstasjon var i perioden 1998-2001 på henholdsvis 17 m³/s og 25 m³/s.



Figur 2. Modellen CE-QUAL-W2 beregner temperatur, is m.m. med et vilkårlig valgt tidsskritt, for utvalgte dybdeprofiler i innsjøens lengderetning. Verdiene representerer midlere forhold på tvers av lengderetningen.

Follsjøen ligger på ca. 400 moh. En mindre del av nedbørfeltet når over 1000 moh.

For Follsjøen er laveste regulerte vannstand (LRV) 375 og høyeste regulerte vannstand (HRV) 420 moh. Ved HRV er overflatearealet 6.5 km² og magasinvolumet 173 mill. m³. Gråsjømagasinet er regulert mellom 430 og 483 moh. Ved HRV er overflateareal og magasinvolum henholdsvis 18.9 km² og 196 mill. m³.

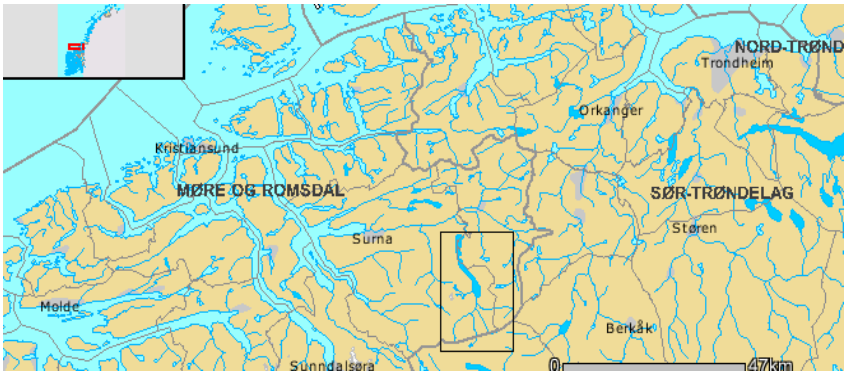
Måledata

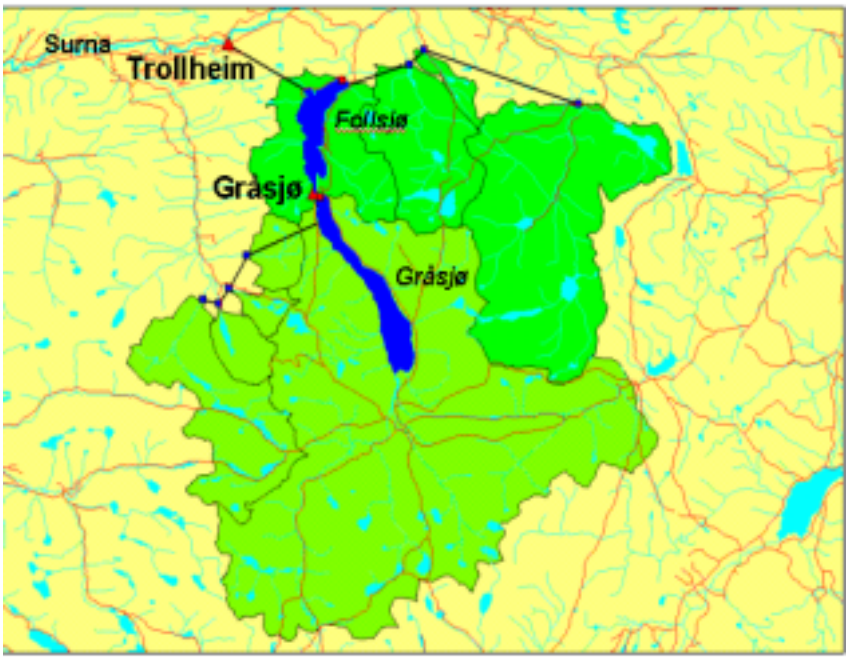
Vi har benyttet perioden 1998-2001 for kalibrering og test av modellen. Dette på grunn av at det finnes relativt godt med observerte vanntemperaturer i denne perioden samt registreringer av vannstand, vannføring og bearbeiding av disse vannføringene. Observerte data om vannføring, vannstand og temperatur ble hentet fra NVEs database. Stasjonsnummer er angitt i parantes.

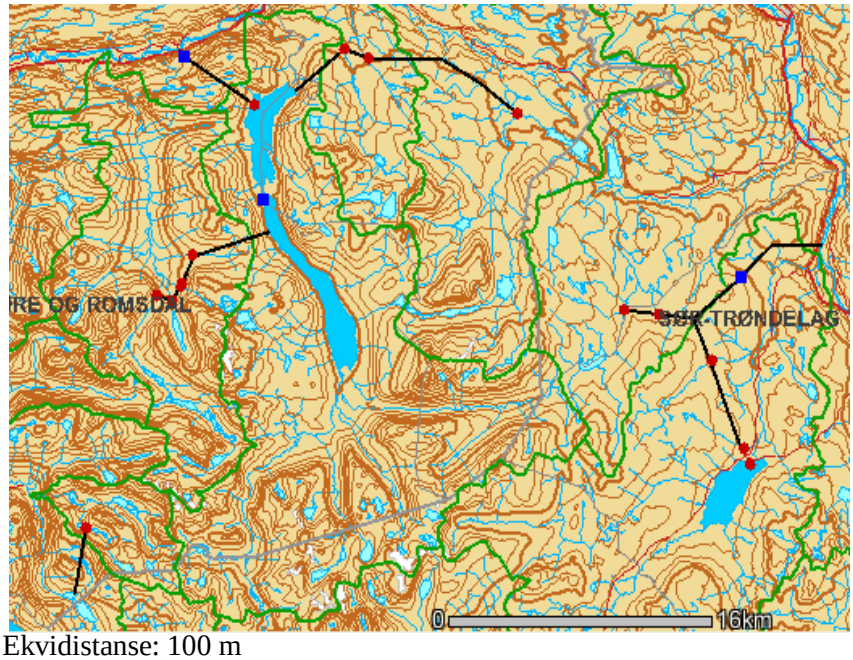
Vannstanden i magasinene Follsjøen (112.33) og Gråsjøen (112.14) var kontinuerlig registrert.

Det fantes omtrent daglige verdier av vannføring gjennom kraftstasjonene Trollheim (112.15) og Gråsjø (112.47), i Surna like oppstrøms utslipp fra Trollheim kraftstasjon (112.35) og i Rinna (112.8) nær øvre ende av overføringstunnelen til Follsjøen.

Det ble målt temperatur i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon (112.33) i nesten hele perioden. I tillegg fantes det periodevis temperaturmålinger i driftsvannet til Gråsjø kraftstasjon (112.47). Temperaturregistreringer i Vindølva ovf. Holtsetra (112.43) ca. 5 km vest for Follsjø ble benyttet for å bestemme karakteristiske temperaturer i tilsiget til Follsjøen.

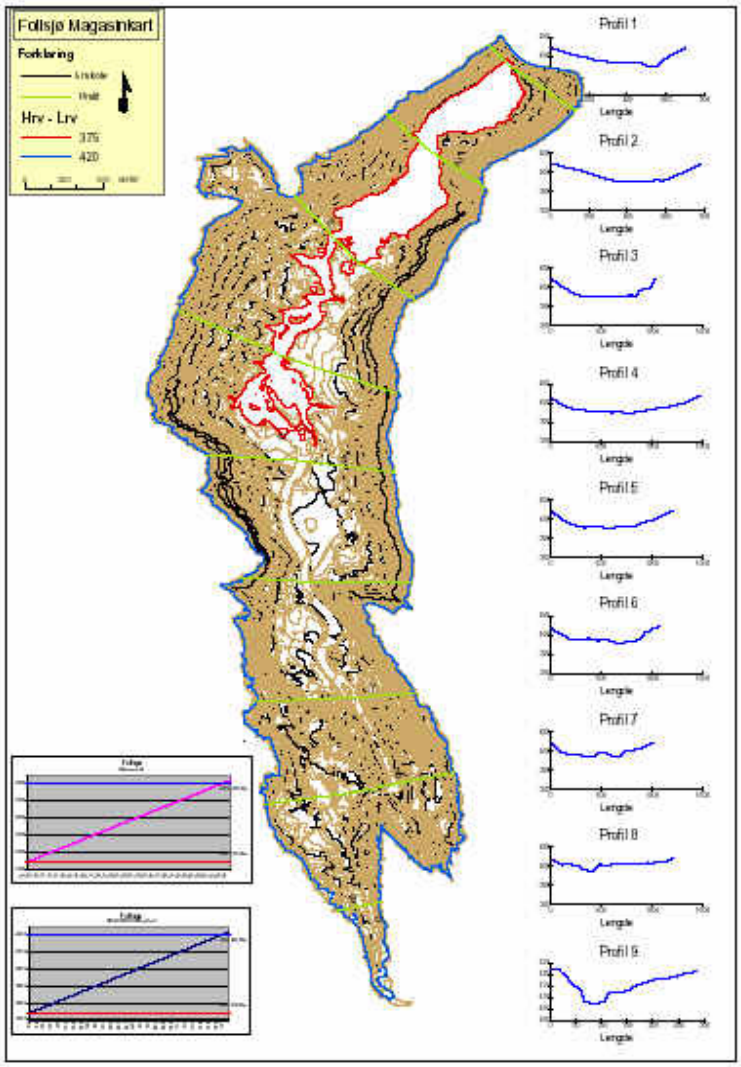






Ekvidistanse: 100 m

Figur 3. Oversiktskarter (kilde: NVE atlas).



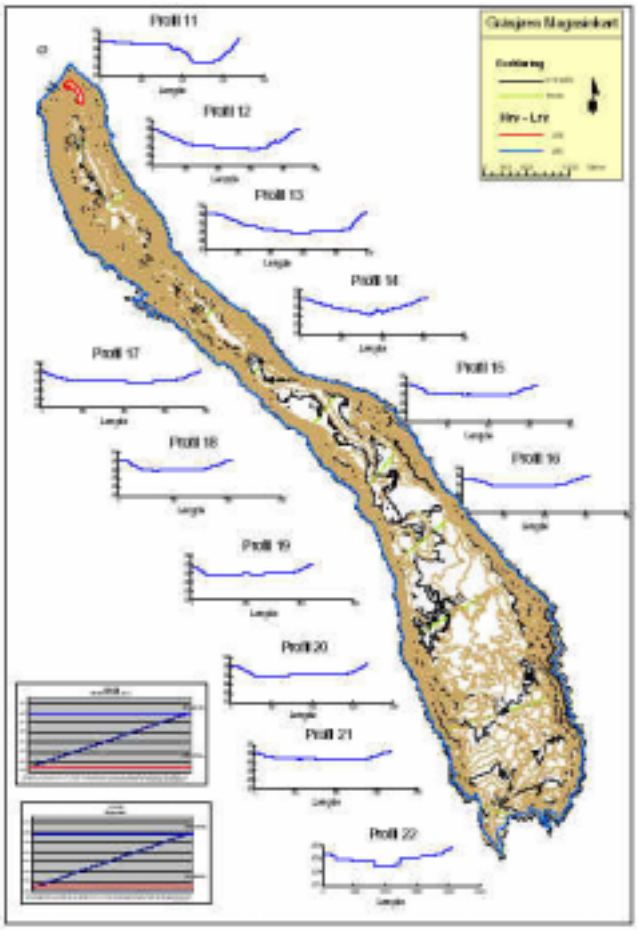
Figur 4. Follsjøen – dybdekart (kilde: Statkraft).

Det fantes automatiske registreringer av vanntemperatur fra Follsjøen i perioden juli-november i både 1999 og 2001. Stasjonen 112.20 Follsjøen v/ Bolåsfjellet ligger sentralt i magasinet nær vannintaket.

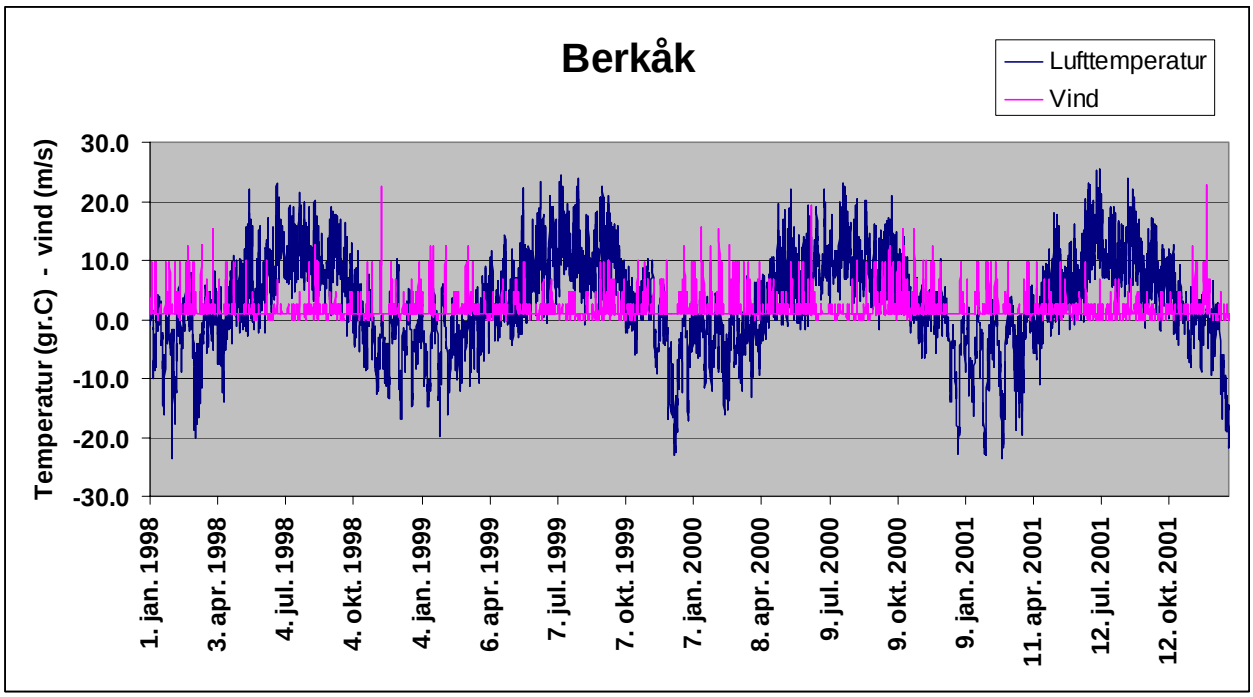
Det fantes ikke isobservasjoner. Imidlertid hadde vi nytte av enkelte satelittfotoer.

Vi har benyttet klimadata fra Det norske meteorologiske institutts stasjon på Berkåk (V66730). Stasjonen ligger 435 moh. og ca. 50 km sørøst for Follsjøen. Vi mottok data om temperatur, relativ fuktighet, vindstyrke, vindretning og skydekning med en hyppighet på fire ganger per døgn, Figur 6.

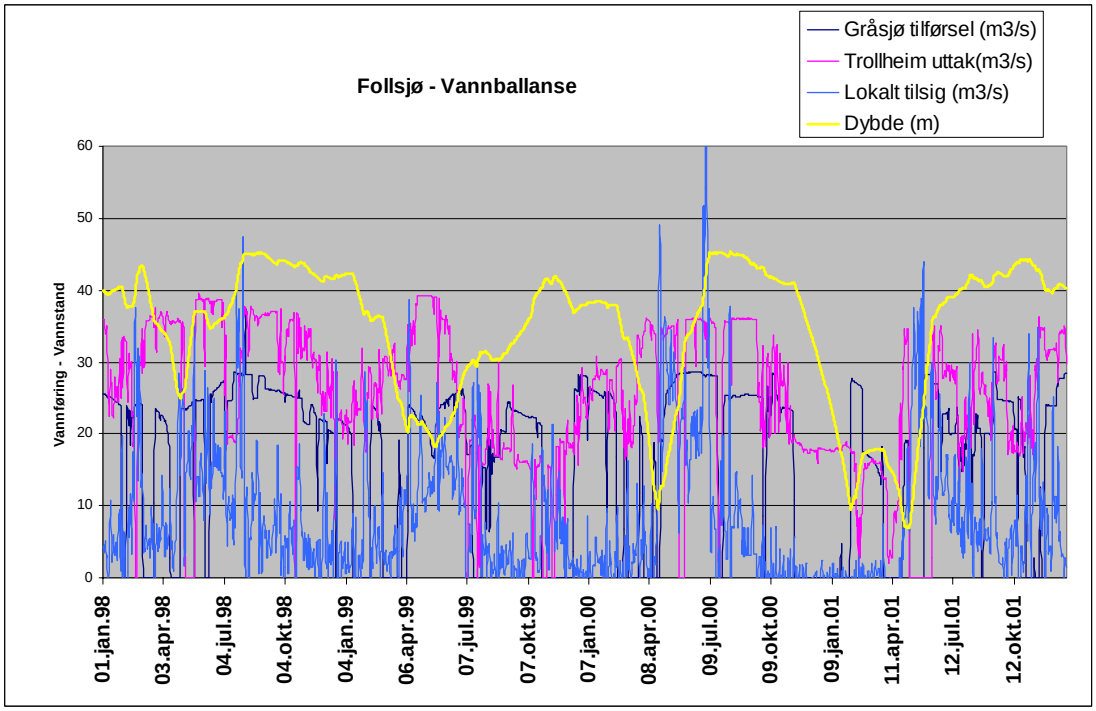
For å beregne det lokale tilsiget ble det benyttet vannføringsregistreringer i overføringsfeltet Rinna og observert vannstand i magasinene. Statkraft har bidratt til å beregne tilsiget. Det ble i tillegg gjort enkelte justeringer slik at vannstanden i Follsjøen ble riktig i forhold til observasjonene, Figur 7. Kraftverkene var i drift i omtrent hele perioden. Magasinene ble tappet ned i løpet av vinteren.



Figur 5. Gråsjøen – dybdekart (kilde: Statkraft).



Figur 6. Klimadata fra Berkåk (kilde: DNMI).



Figur 7. Kraftverkene var i drift i omtrent i hele perioden. Magasinene ble tappet ned i løpet av vinteren og fylt i løpet av høsten (kilde: Statkraft).

2. Kalibrering av modellen

Klimadata fra Berkåk ble benyttet direkte i modellen.

Det var behov for daglige vanntilførsler og uttak samt plasseringen av disse. Videre trengtes vanntemperaturen i tilløpene.

I utgangspunktet ble det benyttet tilsigsberegninger fra Statkraft. Disse beregningene ble justert slik at vannstanden i Follsjø ble lik observerte verdier. Riktig vannstand var viktig for å oppnå tilfredsstillende simulerte temperaturer. Det var viktigere for simuleringene at usikkerheten pga. spesielt lokalt tilsig og manglende data om damoverløp resulterte i feil damoverløp, enn i feil vannstand.

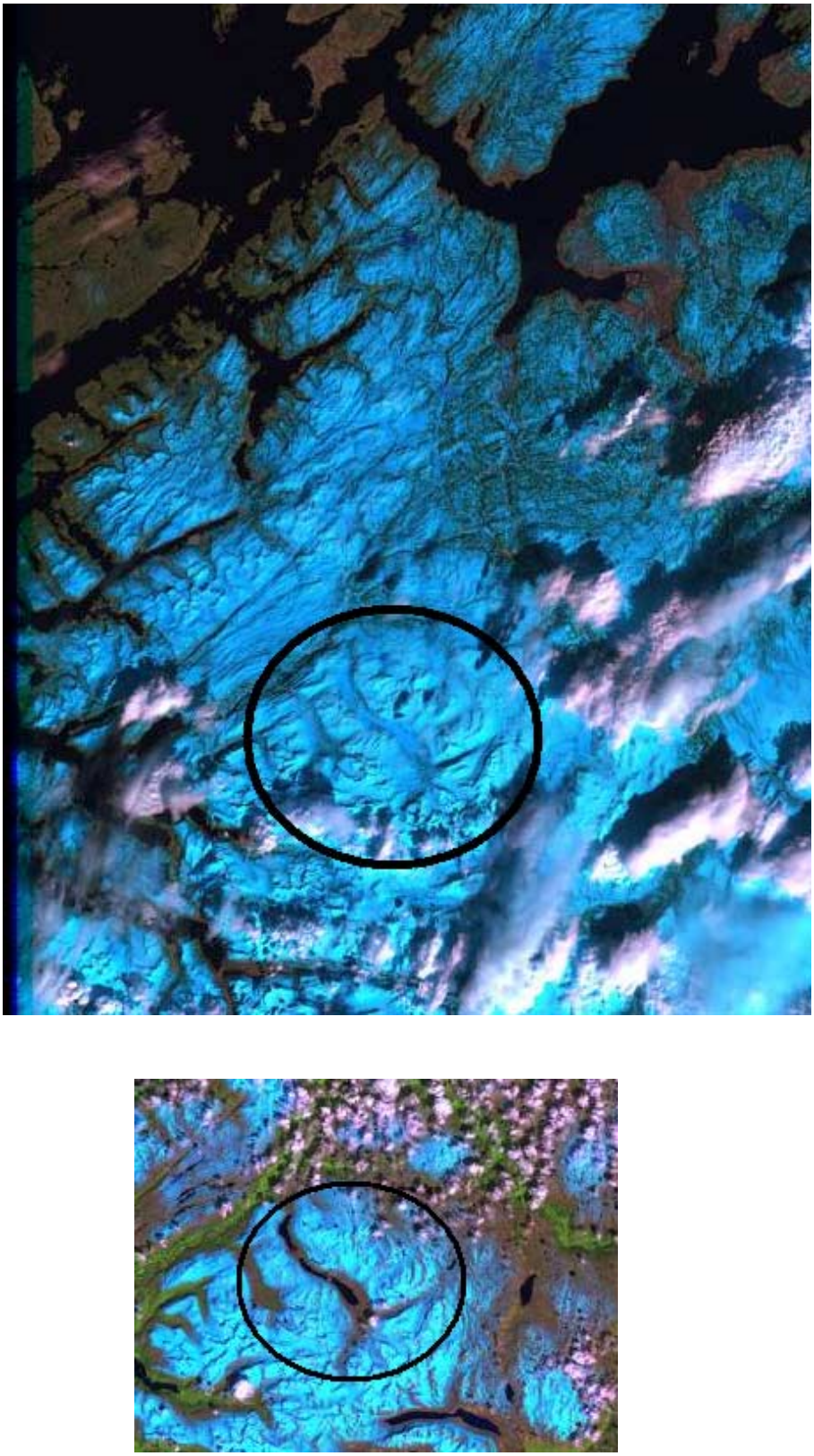
Det ble tatt hensyn til vannuttak til Trollheim kraftstasjon, tilløp fra Gråsjø kraftstasjon og tilløp fra Rinna som overføres til Follsjøen. De øvrige lokale tilførslene ble jevnt fordelt rundt hele magasinet. Damoverløpet ble beregnet av modellen ved vannstand over HRV.

Temperaturmålinger i nabovassdraget Vindølva ble benyttet for Rinna og de lokale tilførslene.

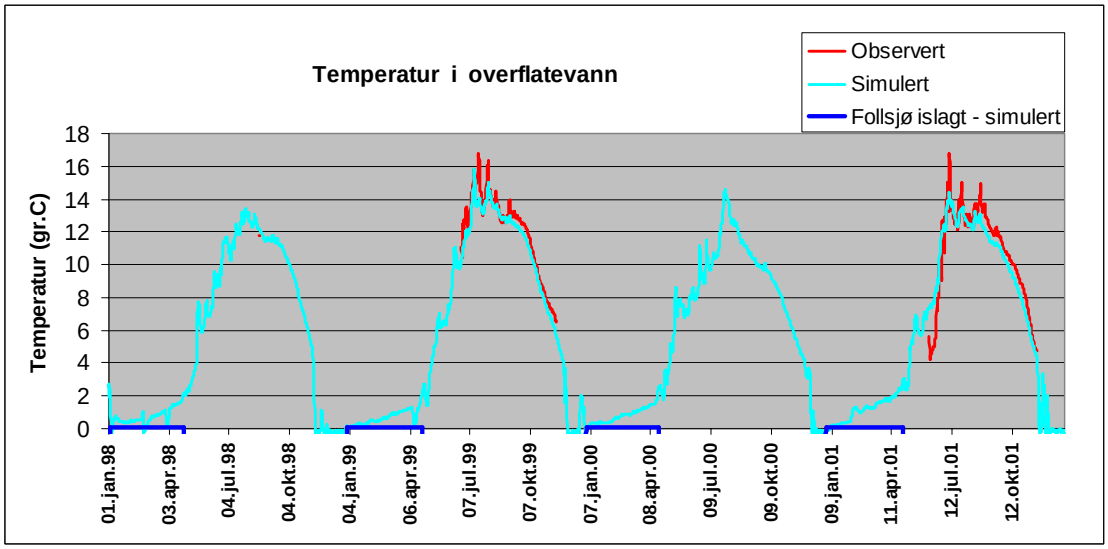
I følge modellen var Follsjøen islagt i perioden januar-april. Vi har ikke data for å verifisere disse beregningene. Bruk av satellittfoto var til begrenset hjelp, dels pga. få passeringer og dels pga. skydekke. Det foreligger ikke foto som kan gi informasjon om tidspunktet for islegging. I 2000 var Follsjøen islagt 18. april og isfritt 5. juni, Figur 8. I følge simuleringene gikk isen 22. april i sentrum av magasinet. I 2001 var magasinet islagt 28. april, trolig også 7. mai, og sikkert helt isfritt 30. mai. I følge simuleringene gikk isen 29. april.

De simulerte temperaturene viste overveiende godt samsvar med observerte verdier, Figur 9 – Figur 11. Avviket var sjeldent over 1 °C. Dette gjaldt for både både overflatevann, dybdeprofiler og driftsvann.

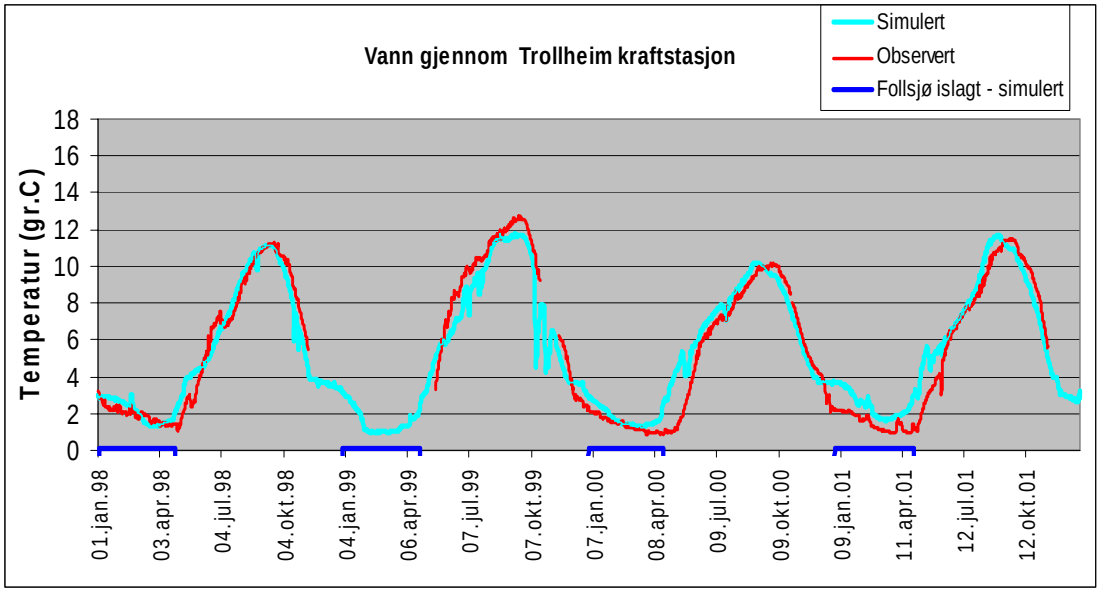
Imidlertid synes det å være et systematisk avvik på vårparten og forsommeren, hvor simulerte temperaturer i driftsvannet stiger tidligere enn de observerte. Vi ser at de simulerte temperaturene stiger raskt like etter at isen ble borte. Dette er rimelig da isdekket inntil da har hatt en isolerende effekt. Følgelig tyder det på at modellert is forsvinner minst en uke tidligere enn i virkeligheten.



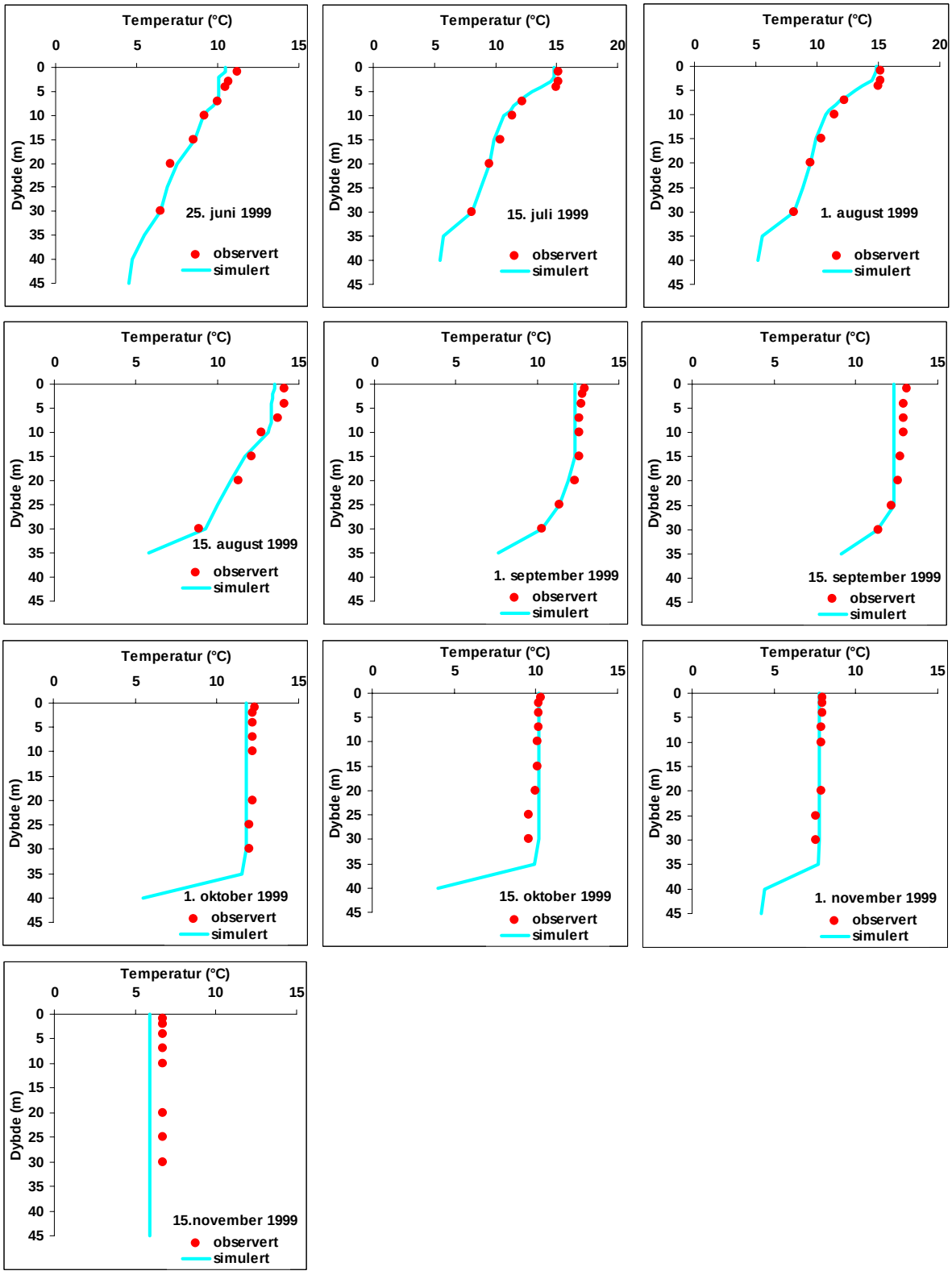
Figur 8. Eksempel på satelittfoto fra Landsat, ETM QL.
Bildene viser at Follsjø og Gråsjø magasinene var islagte 21. april og isfrie 5. juni i 2000.



Figur 9. Det var overveiende godt samsvar mellom observerte og simulerte vanntemperaturer i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon.



Figur 10. Det var godt samsvar mellom observerte og simulerte vanntemperaturer i overflatevannet i sentrale deler av magasinet nær vannintaket (NVE stasjon 112.20 Follsjøen v/ Bolåsfjellet).



Figur 11. Det var godt samsvar mellom observerte og simulerte vanntemperaturer i dybdeprofiler i sentrale deler av magasinet nær vannintaket i Follsjøen (NVE stasjon 112.20 Follsjøen v/ Bolåsfjellet).

3. Fleksibelt vanninntaksnivå

I de følgende scenariene var hensikten å finne hvilke muligheter vi har for å påvirke temperaturen i Follsjøen og i Surna nedenfor Trollheim kraftstasjon, ved å fritt kunne velge inntaksdyp. De omtalte simuleringene gjelder dagens forhold. Vanninntaket til Trollheim kraftstasjon var hele tiden plassert på laveste regulerte vannstand (LRV) = 375 moh. Forskjellene fra dette scenariet blir størst ved å hele tiden hente vann fra overflaten. De to scenariene gir informasjon om mellom hvilke ytterligheter man har muligheter for å styre vanntemperaturene ved et fleksibelt vanninntaksnivå.

Fleksibelt vanninntak synes å ha liten betydning for overflatetemperaturen i Follsjøen, Figur 12. Resultatene gjelder samme stasjon som i forrige avsnitt, dvs. midt i innsjøen nær vanninntaket til Trollheim kraftstasjon. Det var kun systematiske forskjeller på sensommeren og høsten. Temperaturfallet startet noen få dager tidligere og vedvarte til høstsirkulasjonen da temperaturene var omkring 4 °C i hele vannmassen.

Det ble laget simuleringer hvor også Gråsjøen kraftstasjon nyttet overflateinntak i Gråsjøen. Dette syntes å få meget liten betydning for overflatetemperaturene i Follsjøen.

Et fleksibelt vanninntak førte ikke til nevneverdige forskjeller med hensyn til simulert islagt periode.

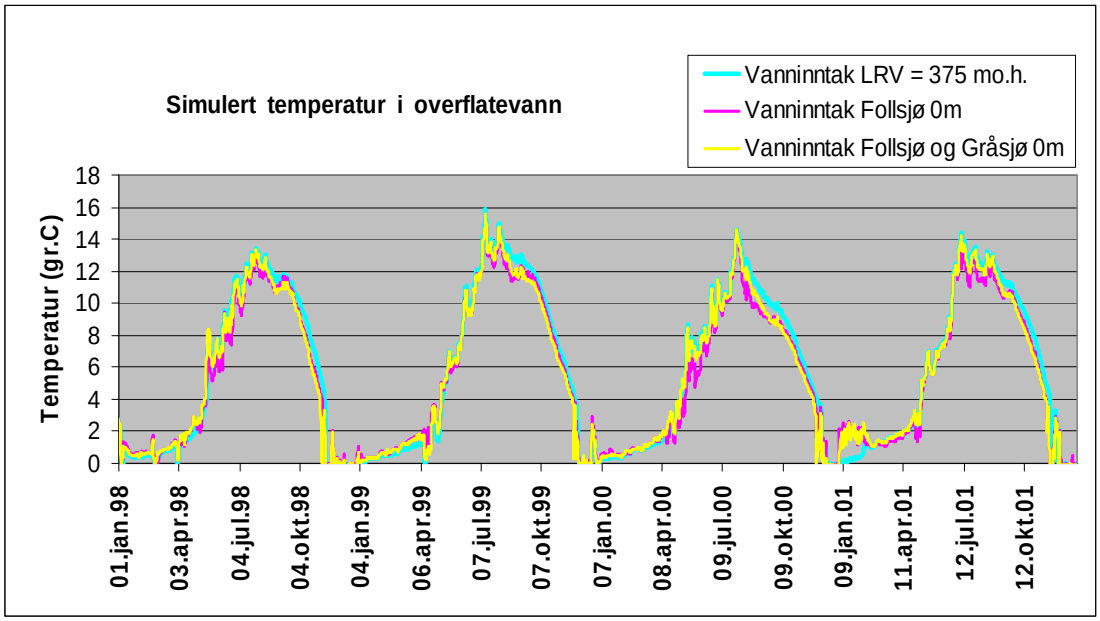
Temperaturen i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon var langt mer følsom for endret inntaksnivå, Figur 13 og Figur 14. Forskjellene var størst på vårparten og tidlig på sommeren. Dvs. ved stigende temperatur fra 4 °C i midten av mai til ut august. Ved overflateinntak steg temperaturen tidligere. For eksempel ble det oppnådd en temperatur på 8 °C nær fire uker tidligere ved overflateinntak enn ved dypvannsinntak. Maksimumtemperaturen ble oppnådd over en måned tidligere og til dels med høyere verdier. I slutten av august var forskjellene små. Ved avtagende temperaturer utover høsten ble vannet raskere avkjølt ved overflateuttak enn ved dypinntak. Karakteristisk tidsforskjell var en uke. Overflateinntak resulterte i driftsvannstemperaturer på under 2 °C over to måneder tidligere enn ved dypvannsinntak. Det var karakteristisk at overflateinntak resulterte i varmere driftsvann mellom vår- og høstirkulasjonen, ”sommerhalvåret”, og lavere temperaturer i resten av tiden, ”vinterhalvåret”. Forskjellene var opptil 5 °C. Akkumulert temperatur i disse ”halvårsperiodene” lå mellom 100 og 270 graddøgn, Figur 14 og Tabell 1. De positive avvikene i ”sommerhalvåret” var i snitt lik de negative avvikene i ”vinterhalvåret”. Dvs. at den årlige middeltemperaturen ikke ble påvirket av inntaksdybden.

Overflateinntak også i Gråsjøen førte til meget små forskjeller i forhold til overflateinntak kun i Follsjøen, Figur 13. Overflateinntak førte til temperaturer i driftsvannet som i stor grad kan sies å være lik vanntemperaturene i et naturlig avløp over dammen, Figur 13. I alle fall om vi ser bort i fra perioder midtvinters med temperaturer nær null ved naturlige/uregulerte forhold.

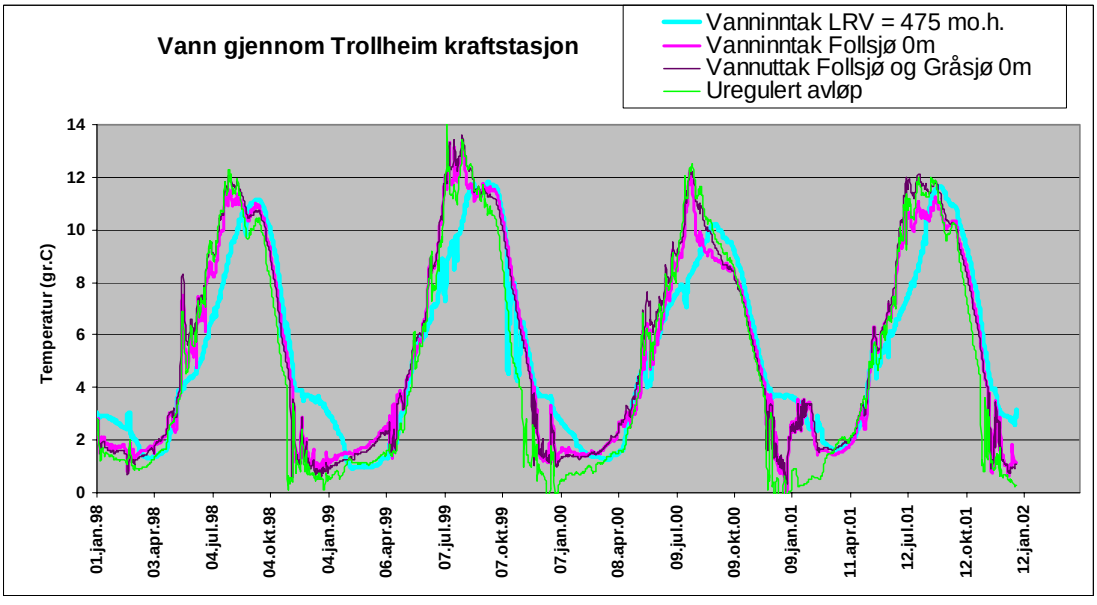
Driftsvannføringen til Trollheim kraftstasjon ga et betydelig bidrag til den totale vannføringen i Surna, Figur 15. Midlere årsvannføring gjennom Trollheim kraftstasjon og i Surna oppstrøms utløpet fra Trollheim kraftstasjon var henholdsvis 25 og 16 m^3/s.

Temperaturene i Surna nedstrøms utløpet fra Trollheim kraftstasjon viste de samme karakteristiske trekkene som for driftsvannet. Forskjellene mellom de ulike scenariene ble imidlertid mindre pga. blandingen med det eksisterende vannet i Surna, Figur 16. Temperaturer over 8 °C ble oppnådd 0-2

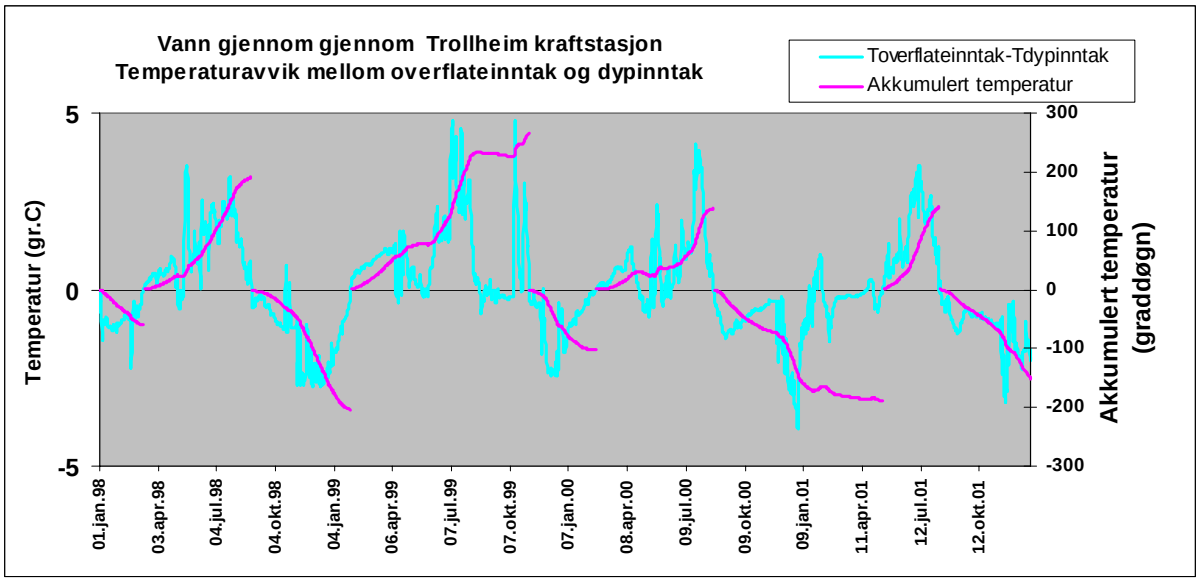
uker tidligere om våren og 0-2 uker senere om høsten ved overflateinntak i forhold til dypinntak. Temperaturen i Surna oppstrøms Trollheim kraftstasjon var høyere enn i driftsvannet ved stigende temperaturer om våren og forsommeren og lavere ut på høsten og om vinteren. Overflateinntak ga en temperaturfordeling nærmest den naurlige som ble observert i Surna før samløpet med driftsvannet fra Trollheim kraftstasjon.



Figur 12. Fleksibelt vanninntak synes å ha liten betydning for overflatetemperaturene i Follsjøen. Overflateinntak også i Gråsjøen hadde meget liten betydning.



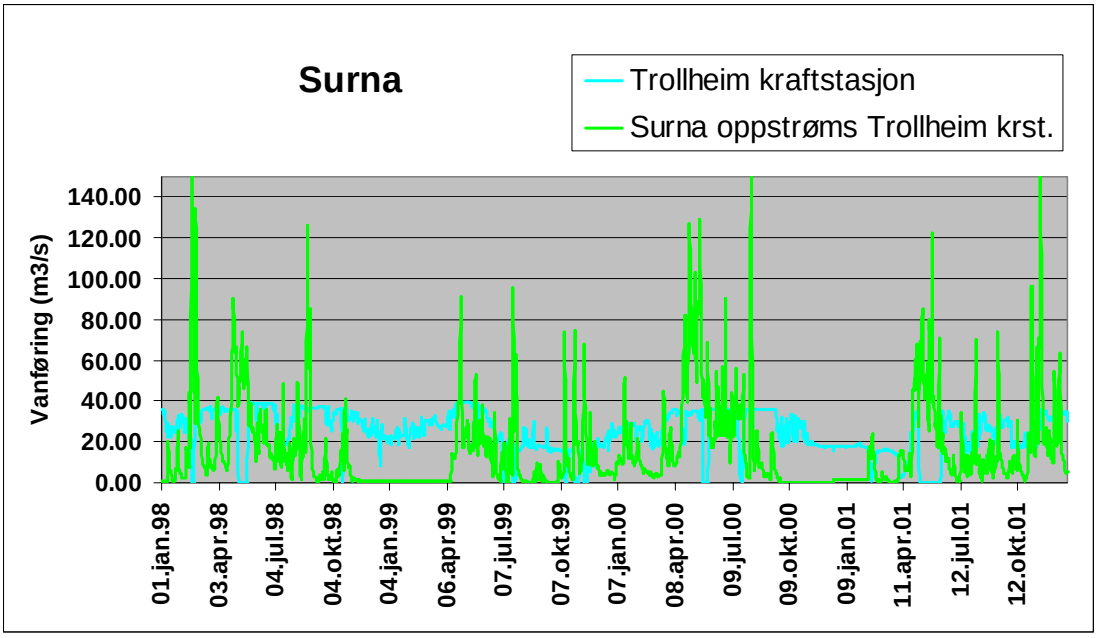
Figur 13. Temperaturene i kraftverksvannet ble betydelig varmere om våren og forsommeren, og noe kaldere på høsten, ved overflateinntak enn ved dyputtak. Overflateinntak resulterte i temperaturer som var nær verdiene i et naturlig/uregulert damoverløp. Overflateinntak også i Gråsjøen hadde meget liten betydning.



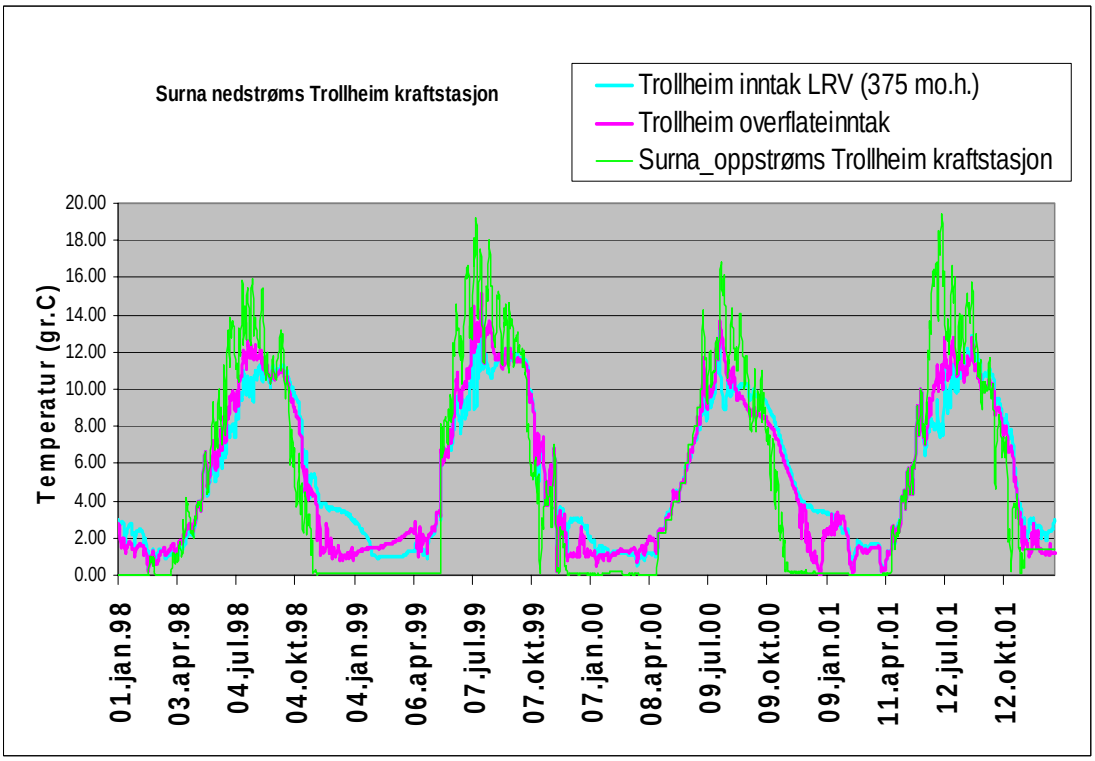
Figur 14. Overflateinntak førte til varmere vann i "sommerhalvåret" og kaldere i "vinterhalvåret" i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon ved overflateinntak i forhold til dypinntak.

Tabell 1. Akkumulert temperatur i "sommerhalvåret" og "vinterhalvåret" i driftsvannet til Trollheim kraftstasjon. [Sum temperaturavvik = Tid (Toverflateinntak – Tdypinntak)].

Periode med overveiende positive eller negative avvik	Sum temperaturavvik graddøgn
"Vinterhalvåret" 01.01.1998 - 11.03.1998	-60
"Sommerhalvåret" 12.03.1998 - 27.08.1998	190
"Vinterhalvåret" 28.08.1998 – 30.01.1999	-204
"Sommerhalvåret" 31.01.1999 – 06.11.1999	264
"Vinterhalvåret" 07.11.1999 – 26.02.2000	-102
"Sommerhalvåret" 27.02.2000 – 20.08.2000	138
"Vinterhalvåret" 21.08.2000 – 13.05.2001	-189
"Sommerhalvåret" 14.05.2001 – 11.08.2001	140
"Vinterhalvåret" 12.08.2001 – 31.12.2001	-151



Figur 15. Driftsvannføringen til Trollheim kraftstasjon ga et betydelig bidrag til den totale vannføringen i Surna.



Figur 16. Temperaturene i Surna nedstrøms Trollheim kraftstasjon viste de samme karakteristiske trekkene som for driftsvannet. Forskjellene mellom de ulike scenariene ble imidlertid mindre pga. blandingen med det eksisterende vannet i Surna.

4. Diskusjon og konklusjoner

Til tross for at datagrunnlaget var godt, kunne vi ønsket det enda bedre. Dette gjaldt særlig tilrenningen til Follsjøen. Videre ble det benyttet klimadata fra en stasjon utenfor tilrenningsområdet. Med dette som utgangspunkt synes modellen CE-QUAL-W2 vel egnet til å simulere vanntemperatur både i magasinet og i vanninntaket. Det var spesielt gode data for driftsvannet gjennom Trollheim kraftstasjon. Godt samsvar mellom observerte og simulerte verdier i driftsvannet viste at modellen på en pålitelig måte klarte å trekke vann fra de ulike dybdelagene i magasinet på en riktig måte. På grunn av manglende isobservasjoner hadde vi ikke grunnlag for å teste modellen i særlig grad angående is. Enkelte satelittfotoer og studie av temperaturobservasjoner tydet på at modellert isløsning kom minst en uke for tidlig. Dette er trolig grunnen til en for tidlig temperaturøkning om våren i forhold til observasjonene. Modellen tar ikke hensyn til snø over isen. Snøen har en isolerende effekt som rimeligvis vil føre til både langsommere vekst og smelting av is og en senere isløsning om våren. Dette skulle ikke ha betydning for når isen legger seg om vinteren.

Bruk av overflateinntak i magasinet påvirket temperaturen i driftsvannet i betydelig grad sammenliknet med dypvannsinntak. Overflateinntak resulterte i temperaturer nær hva man kan forvente i et uregulert/ naturlig magsinoverløp. Dvs. at det er lite å vinne på å slippe vann over dammen i stedet for overflateinntak gjennom kraftverket om man ønsker naturlige forhold i vassdraget nedenfor. Overflateinntak ga varmere driftsvann på våren og forsommeren og kaldere på sensommeren og høsten enn dypinntak. Temperaturene utover høsten vil selvfølgelig være høyere på overflaten enn nær bunnen, men konstant inntak av varmt overflatevann resulterte tilslutt i kaldere driftsvann enn ved konstant inntak av kaldt bunnvann.

Vi skal her gi et par eksempler på mulig nyttverdi av å kunne styre vanntemperaturen. Når lakseeggene klekkes, er yngelen avhengig av at vannet er tilstrekkelig varmt for å overleve. Temperaturer over 8 °C er ansett som nødvendig i norske elver. For øvrig favoriseres også den videre veksten av at vannet er varmt, og da spesielt i perioden med stigende vanntemperaturer på våren og forsommeren (Jensen, Johnsen og Heggberget 1991). Vi ser at overflateinntak bidrar til gode vilkår for laksen på våren og forsommeren.

Dersom målet var å redusere frostrøykproblemer ville overflateinntak om vinteren være å foretrekke. Ønsker man isfrie forhold, vil dypinntak være mest gunstig.

Vi har sett på mulighetene for å påvirke vanntemperaturen i Surna ved å nytte et fleksibelt vanninntaksnivå i Follsjøen. Driftsvannføringen ble ved alle simuleringene antatt å være lik den observerte. Styrt vannføring ville gi ytterligere effekter. For eksempel kunne økt vannføring om våren forlenge klekkeperioden for levedyktig yngel.

Generelt vil det gjelde at desto dypere og større magasinene er, desto større vil muligheter være for å styre vanntemperaturen i vassdrag nedenfor kraftverket ved bruk av et fleksibelt inntaksdyp.

Mulighetene er også til stede for å veksle mellom dyp- og overflateinntak. Dersom det var spesielt viktig med høy temperatur på driftsvannet om høsten kunne man ta ut kaldt dypvann vår og sommer og varmt overflatevann om høsten.

I hvilken grad dette påvirker vassdraget nedenfor avhenger av vannføring og temperatur i vannet oppstrøms utslippet. I Surna var påvirkningen betydelig.

Vi har forutsatt at vanninntaket hele tiden var plassert i overflatelaget. Vi kjenner ikke til i hvilken grad dette mulig å gjennomføre i praksis.

5. Referanser

Cole, Thomas M. Wells Scott A. 2002. CE-QUAL-W2 A two dimensional, Lateral Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1. User manual. U.S. Army Corps of Enginrers, Wasington, DC. (http://www.ce.pdx.edu/w2).

Jensen A.J., Johnsen, B.O. og Heggberget, T.G. 1991. Initial feeding time of Atlantic salmon, Salmo salar, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. Environment Biology of fishes, no 30 1991, 6 pp.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring:

Nr. 1-02 Thomas Skaugen, Marit Astrup, Zelalem Mengistu og Bjarne Krokli: Lavvannføring - estimering og konsesjonsgrunnlag (28 s.)

Nr. 1-03 Eva B. Thorstad, Finn Økland, Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Kim Aarestrup: Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag (51 s.)

Nr. 2-03 Per Ivar Bergan, Carsten S. Jensen, Finn R. Gravem, Jan Henning L'Abée-Lund, Anders Lamberg, Peder Fiske: Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjøørret (63 s.)

Nr. 1-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 1. Formål og metoder (67 s.)

Nr. 2-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis, Bjørn Frengstad: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger (113 s.)

Nr. 3-04 Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong, Panagiotis Dimakis: Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering (114 s.)

Nr. 4-04 Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten, NINA: Krav til vannføring i sterkt regulerte smålaksvassdrag (68 s.)

Nr. 5-04 Torulv Tjomsland, Norsk institutt for vannforskning: Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor (22 s.)