

Temperaturmålinger  
i Bolstadfjorden  
våren / sommeren 2006



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

Rådgivende Biologer AS

929





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Temperaturmålinger i Bolstadfjorden våren / sommeren 2006

**FORFATTERE:**

Geir Helge Johnsen, & Annie Elisabeth Bjørklund

**OPPDRAKSGIVER:**

BKK Produksjon AS, Postboks 7050, 5020 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

4. april 2006

**ARBEIDET UTFØRT:**

2006

**RAPPORT DATO:**

5. oktober 2006

**RAPPORT NR:**

929

**ANTALL SIDER:**

12

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-494-2

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefax: 55 31 62 75

**Framsidedfoto:** Tyssen i ytre del av Bolstadfjordens indre basseng.

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra BKK Produksjon, gjennomført kontinuerlige temperaturlogginger på ulike dyp i 2006 ytterst og innerst i Bolstadfjordens indre basseng i perioden 19. april til 2. august 2006. Undersøkelsene er begrunnet i en vurdering av om vannkraftutbyggingen i vassdraget kan ha medført problemer for Vosso-laksen, særlig i forbindelse med smoltutvandringen gjennom Bolstadfjorden. Undersøkelsene er en oppfølging av et større tilsvarende prosjekt i 2005 (Johnsen mfl 2005).

Laksebestanden i Vosso er blitt sterkt redusert siden midt på 1980-tallet, og det er nedlagt betydelig innsats knyttet til undersøkelser omkring dette. Det er sannsynliggjort at hovedårsakene til nedgangen er å finne i sjøen.

Det var også i 2006 ønskelig å få en nærmere belysning av forholdene rundt sjiktningsmønsteret i det innerste bassenget i Bolstadfjorden i forbindelse med smoltutvandringen. Den foreliggende rapporten dokumenterer dette ved at temperatur er logget hver halvtime innerst og ytterst i det indre bassenget følgende dyp: 10m, 20m, 30m, 40m og 50m (bare på den ytterste stasjonen). Logging foregikk i perioden 19. april til 2. august 2006, på samme måte som i 2005. Erling Brekke, Bjart Are Hellen og Steinar Kålås foretok feltarbeidet i Bolstadfjorden i forbindelse med rapporten.

Rådgivende Biologer AS takker Helge Furnes for leie av båt, og BKK Produksjon for oppdraget.

Bergen, 5. oktober 2006

## INNHold

Forord .....	2
Innhold .....	2
Sammendrag .....	3
Innledning om Fjorddynamikk .....	4
Bolstadfjorden .....	5
Metodebeskrivelse .....	6
Resultater .....	7
Vannføringen i Vosso .....	7
Temperaturprofiler .....	7
Oksygenprofiler .....	8
Saltholdighetsprofiler .....	8
Temperaturmålinger i Bolstadfjorden .....	8
Diskusjon .....	10
Sjiktningsforhold i Bolstadfjorden .....	10
Konklusjon .....	11
Rereferanser .....	12

## SAMMENDRAG

*Johnsen, G.H. & A.E. Bjørklund 2006.*

*Temperaturmålinger i Bolstadfjorden våren / sommeren 2006.*

*Rådgivende Biologer AS, rapport 929, 10 sider, ISBN 82-7658-494-2.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra BKK Produksjon, gjennomført kontinuerlige temperaturlogginger på ulike dyp i 2006 ytterst og innerst i Bolstadfjordens indre basseng i perioden 19. april til 2. august 2006. Undersøkelsene er begrunnet i en vurdering av om vannkraftutbyggingen i vassdraget kan ha medført problemer for Vosso-laksen, særlig i forbindelse med smoltutvandringen gjennom Bolstadfjorden. Undersøkelsene er en oppfølging av et større tilsvarende prosjekt i 2005 (Johnsen mfl 2005).

Mindre nedbør og særlig mindre snøsmelting i 2006 gav redusert vannføring i Vosso, noe som igjen bidro til et tynnere ferskvannslag enn i 2005. Samtidig blir innblanding av ferskvann til det underliggende brakkvannslaget mindre, noe som førte til at brakkvannslaget hadde høyere saltholdighet og var tykkere i 2006. Spesielt under 25 meters dyp var forskjellen stor.

Under 40 meters dyp har ferskvannslaget og tilrenningen ingen betydning. Der var både temperatur-, oksygen- og saltholdigheten i 2006 nærmest identisk med situasjonen i 2005, på 1990-tallet og på 1970-tallet. Det synes ikke å ha skjedd noen utvikling. Det ble ikke påvist indre seicher på noe dyp verken i 2005 eller i 2006.

Av reguleringer er det først og fremst utbyggingen av Evanger kraftverk som har påvirket forholdene i Bolstadfjorden ved økte ferskvannstilførsler om vinteren. Dette kan ha medført at utskiftingen av dypvannet i Bolstadfjorden skjer sjeldnere nå enn tidligere. Denne kraftutbyggingen var i hovedsak ferdig ved igangsetting av aggregat 3 i Evanger i 1977, men forholdene i dypvannet i indre basseng synes i hovedsak uforandret fra tidlig på 70-tallet til i dag.

Giftig bunnvann blander seg ikke inn i overflatelagene i Bolstadfjordens indre basseng, verken ved indre bølger eller ved at bunnvann blir dradd opp som følge av "upwelling" ved Bolstad. Siden bunnvannet i Bolstadfjorden også har vært anoksisk og rikt på giftig hydrogensulfid før reguleringene, kan en anta at det over lang tid har vært en sterk seleksjon hos laksesmolt for å unngå å komme i kontakt med hydrogensulfidholdig vann. Det er derfor ikke sannsynlig at fisken dykker ned i de oksygenfrie og etter hvert også giftige dypvannmassene.

## INNLEDNING OM FJORDDYNAMIKK

Fjorder og poller er pr. definisjon atskilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområder med en terskel i munningen/utløpet. Dette gjør at vannmassene innenfor ofte er sjiktet, der dypvannet som er innestengt bak terskelen kan være stagnerende, mens overflatevannet hyppig skiftes ut fordi tidevannet to ganger daglig strømmer inn og ut.

Samtidig vil “overflatelaget” ofte kunne være preget av ferskvannstilrenning slik at det utgjør et varierende tykt brakkvannslag på toppen. Under dette finner vi “tidevannslaget”. Fra noen meter under terskelnivået finner vi “dypvannet”, som også ofte kan være sjiktet i et “øvre- og nedre- dypvannslag” grunnet forskjeller i temperatur, saltholdighet og oksygenforbruk. Tykkelsen på overflatelaget vil bl.a. være avhengig av ferskvannstilførselen og tidevannet. I regulerte vassdrag vil ferskvannstilførslene ofte bli større enn opprinnelig på vinterstid når kraftverkene kjører med tapping av magasiner.

I det stabile dypvannet innenfor tersklene i slike sjøbasseng, er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første forbrukes oksygenet i vannmassene jevnt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av organisk materiale. For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglig påvirkning av det inn- og utstrømmende tidevannet. Dersom munningen er kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet kunne få en betydelig fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil kunne bli stor. Når tettheten i dypvannet er blitt så lav at den tilsvarer tidevannets tetthet, kan dypvannet skiftes ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget.

Vinterstid kan også tyngre og saltere vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftninger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere har en utskiftninger av denne typen. I Bolstadfjorden er terskelen svært grunn ved Straume, samtidig som den dypere terskelen ved Trollkona skiller det indre fra det ytre bassenget. Tilførsler av større mengder ferskvann til fjordsystemene vinterstid, kan medføre tykkere brakkvannslag i fjordene og dermed mindre sjanse for at tyngre dypvann kommer mot overflaten og velter inn over grunne terskler, som i Bolstadfjorden.

I innestengte dypvannsområder, som altså finnes naturlig i alle fjorder under fjordens terskelnivå, vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Dersom oksygenforbruket er stort, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskifting, vil det oppstå oksygenfrie forhold med dannelse av hydrogensulfid i dypvannet. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert. Motsatt vil en hele tiden ha oksygen i dypvannet dersom oksygenforbruket i dypvannet enten er lavt eller tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene er kort.

Mye av det organiske materialet som blir tilført et sjøområde, vil sedimentere ned i dypvannet og legge seg på bunnen, der det blir nedbrutt. Dette er en naturlig prosess, som kan øke i omfang dersom store mengder organisk materiale tilføres. Viktige kilder kan være kloakk eller for eksempel spillfôr fra fiskeoppdrettsanlegg. Store eksterne tilførsler av organisk nedbrytbart materiale til dypvannet i sjøområdene vil øke oksygenforbruket i dypvannet.

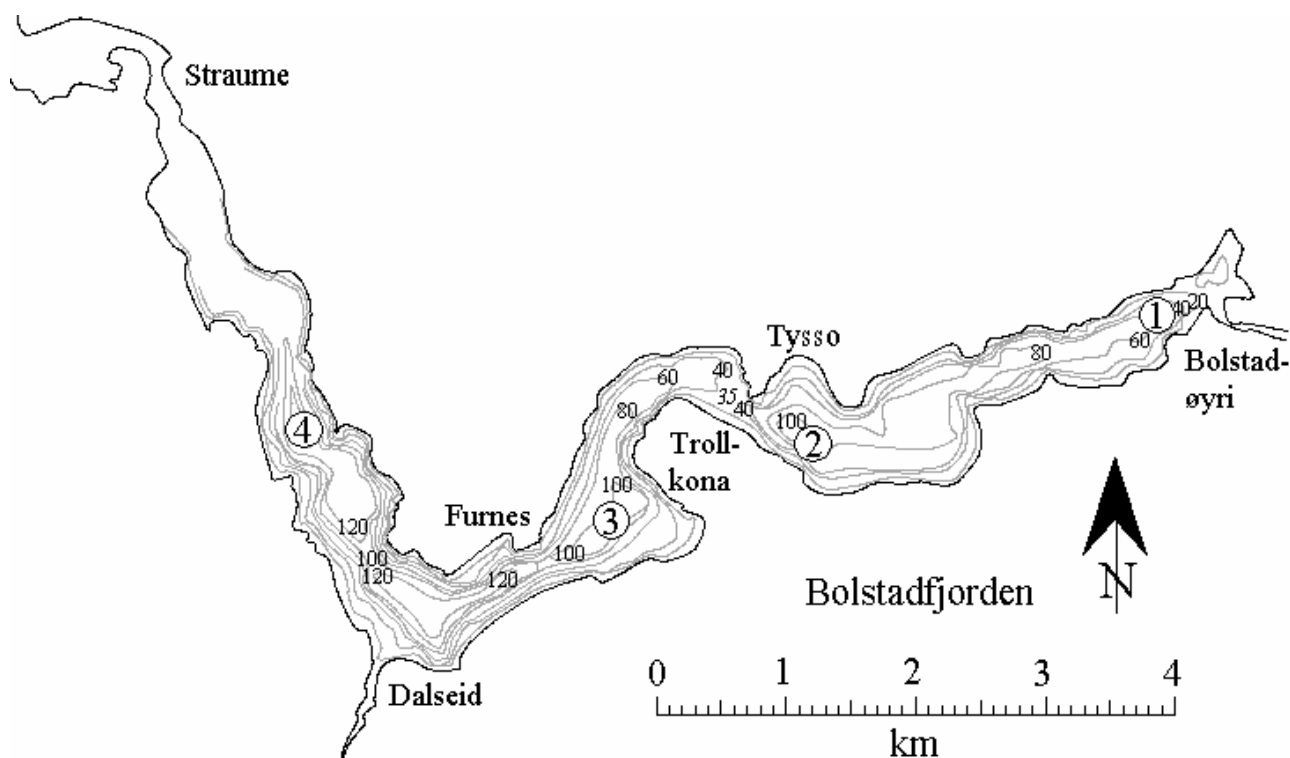
Dersom oksygenet i dypet brukes opp, vil sulfatreduserende bakterier fortsette nedbrytingen, og den giftige gassen hydrogensulfid ( $H_2S$ ) dannes. Dyreliv vil ikke forekomme under slike betingelser. Mange basseng vil også fra naturens side ha en balanse som gjør at slike situasjoner vil opptre uten kunstig påvirkning. Det behøver derfor ikke være et tegn på “overbelastning” at det forekommer hydrogensulfid i dypvannet og i sedimentene. Slik er det i Bolstadfjorden, der det fra naturens side vil være lengre perioder med oksygenfrie forhold i dypvannet innenfor terskelen.

## BOLSTADFJORDEN

Bolstadfjorden har et naturlig nedbørfelt på 1492 km<sup>2</sup>. Dette er endret gjennom vassdragsreguleringer, der 195 km<sup>2</sup> er overført fra Eksingedalen via Evanger kraftverk, mens 47 km<sup>2</sup> er fraført ved at Torfinnsvatn er regulert til Bergsdalsvassdraget. Samlet nedbørfelt er i dag etter reguleringer på 1641 km<sup>2</sup> (Barlaup 2004).

Bolstadfjorden har et areal på 7,1 km<sup>2</sup> og et volum på omtrent 440 millioner m<sup>3</sup>. Bolstadfjorden er delt i to hovedbasseng ved en terskel på omtrent 35 meters dyp nordøst for Trollkona. Det indre bassenget har et overflateareal på 2,5 km<sup>2</sup> mens det ytterste har et areal på 4,6 km<sup>2</sup>. Dette er det dypeste med maksdybder nær 160 meter i det ytterste bassenget og 120 meter ved Tyssen i det indre bassenget. Dybdeforholdene i Bolstadfjorden ble grovkartlagt ved befaringene, og resultatet er vist under (figur 1). Volumet av det ytterste bassenget er på minst 320 millioner m<sup>3</sup>, og det innerste bassenget har et volum på omtrent 120 millioner m<sup>3</sup> (tabell 3 -5).

Bunnen i det innerste bassenget er relativt flat og skrår jevnt nedover fra rundt 50 meters dyp like utenfor utløpet av Bolstadelven til nesten 120 meter utenfor Tyssen, før det skrår bratt opp mot den grunne terskelen på omtrent 35 meter ved Trollkona. Bunnen i det ytterste bassenget skrår også jevnt nedover fra Terskelen ved Trollkona, men det er sannsynligvis en moderat terskel på oppunder 100 meter sør for Furnes og utover, hvoretter det gradvis blir dypere til ned mot 160 meters dyp omtrent midtveis videre ut om Straume.



**Figur 1.** Grovt dybdekart over de undersøkte deler av Bolstadfjorden, med de fire prøvetakingsstasjonene 1-4. Opploddingene er utført med Olex-systemets integrerte ekkolodd, digitalt sjøkart og GPS. Kartet er "rentegnet" for hånd også basert på sjøkartets oppgitte dybder. Hydrografiske profiler ble målt på stasjon 2. Kontinuerlig temperaturlogging ble gjort på stasjon 1 og 2.

## METODEBESKRIVELSE

Det ble etablert to prøvestasjoner i Bolstadjordens indre basseng, tilsvarende de samme som ved undersøkelsene i 2005 (**tabell 1**).

**Tabell 1.** Posisjon og dyp på de fire valgte prøvestasjonene i Bolstadjorden våren 2006.

Stasjon:	<b>Bolstad 1</b>	<b>Bolstad 2</b>
Sted:	Innerst i indre basseng	Ytterst i indre basseng
Posisjon N	60° 38,395'	60° 37,790'
Posisjon Ø	5° 56,668'	5° 53,619'
Dyp	52 m	83 m

Det ble målt hydrografiske profiler på stasjon 2 ved undersøkelsenes start den 19. april og ved avslutning 2. august 2006. Profilene omfatter:

- Temperatur (sammenhengende profil)
- Saltinnhold (sammenhengende profil)
- Oksygen (sammenhengende profil)

Profilene ble målt med et YSI-instrument som ved nedsenking logger trykk (dyp) temperatur, saltinnhold og oksygen hvert 30. sekund. Dette instrumentet ble brukt ned til 100 meter, eller ned til oksygenfritt nivå.

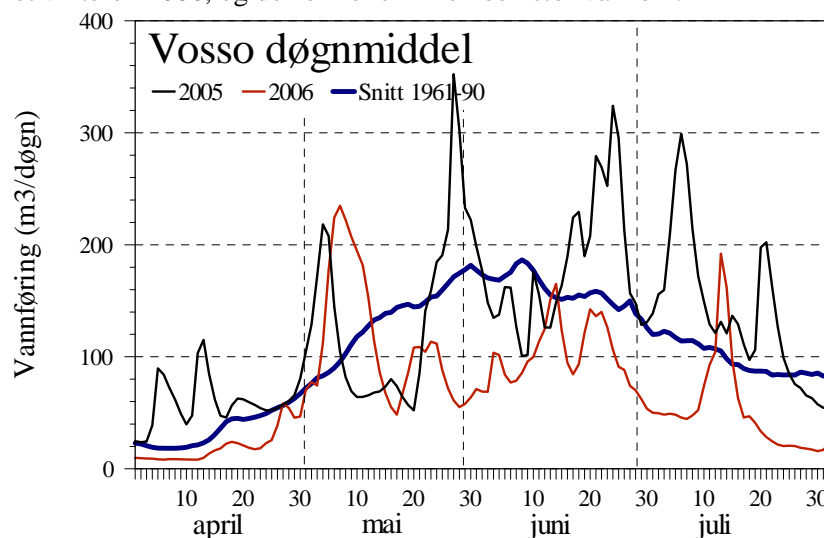
Kontinuerlig temperaturlogging med halvtimesintervall på 10, 20, 30, 40 og 50 meters dyp (bare den ytterste stasjonen) ble gjort på stasjon 1 og 2 i perioden 19. april til 2. august. Målingene ble utført med Dickson HT 100 loggere som hang i en rekke nedover i vannsøylen.



## RESULTATER

### Vannføringen i Vosso

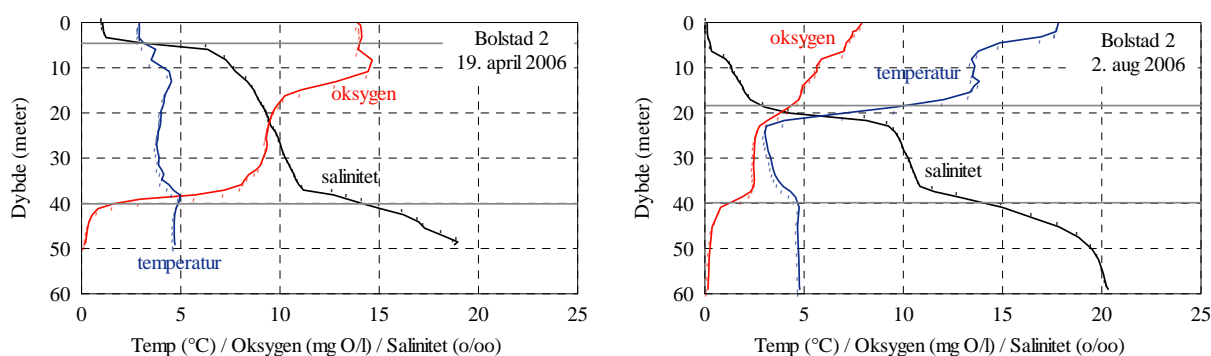
Vannføring i Vosso registreres av NVE ved Bulken. Våren 2006 var vannføringen periodevis mindre enn normalt, og kun i to kortvarige perioder; en i mai og en i midten av juni, var vannføringen (døgnmiddel) høyere enn normalen for perioden 1961-1990 (NVE) (**figur 2**). I undersøkelsesperioden var gjennomsnittlig døgnvannføringen i Vosso på 71 m<sup>3</sup>/døgn i 2006 mot 128 m<sup>3</sup>/døgn i 2005, altså nesten 50 % lavere. Normalen i perioden 1961-1990 er på 106 m<sup>3</sup>/døgn i samme periode. Dette skyldes i hovedsak lite snø i fjellet vinteren 2006, og derfor heller ikke noen stor vårflom.



**Figur 2.** Normal-vannføring og vannføring i 2005 og 2006 i Vosso ved Bulken (døgnmiddel) i perioden 1. april til 2. august (fra NVE).

### Temperaturprofiler

Det ble målt hydrografiske profiler både manuelt og med automatisk logger ved alle undersøkelsestidspunktene. Overflatetemperaturen økte utover sommeren og mens det i april ikke var etablert noen utpreget temperatursjiktning var sjiktningen tydelig i august da den lå rundt 20 meters dyp (**figur 3**). Vannlaget mellom 25 meter og 40 meters dyp var noe kaldere i august enn i april, og lå 1-2 ° lavere enn vannlaget under 40 meters dyp der temperaturen lå stabilt rundt 5,0 °C både i april og august.



**Figur 3.** Temperaturprofiler (°C), oksygenprofiler(mg O/l) og saltholdighetsprofiler (o/oo) på målestasjon 2 i Bolstadfjorden 19. april og 2. august 2006. Målestasjonen ligger ytterst i det innerste bassenget. "Tidevannslaget" representerer omtrentlig dypet mellom de to grå horisontale strekene.

## Oksygenprofiler

Både 19. april og 2. august ble det observert så godt som oksygenfrie forhold under 40 meters dyp (**figur 3**). Over 35 meters dyp var det gode oksygenforhold i hele vannsøylen, i april med konsentrasjoner over 8 mg O/l. Ved målingene 2. august ble delt målt atskillig lavere oksygenmengder; i overflaten var det 8 mg O/l, og under 20 meter var det mindre enn 4 mg O/l. Oksygeninnhold på bare 8 mg/l i overflaten i august virker unaturlig lite selv om vanntemperaturen var høyere enn i april. Det er høyst sannsynlig at dette skyldes at sonden var feil kalibrert. Sjiktningsmønsteret er imidlertid det samme, og i overflaten skal det ikke være oksygenvinn fordi disse vannmassene er meget godt luftet på sin ferd nedover Vosso. Augustmålingene viser derfor altfor lave oksygenkonsentrasjoner i forhold til det som er reelt i Bolstadfjorden.

## Saltholdighetsprofiler

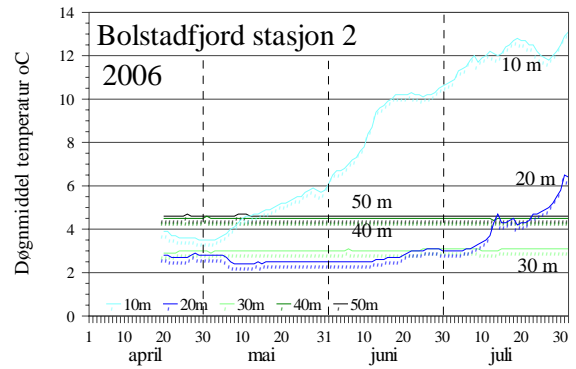
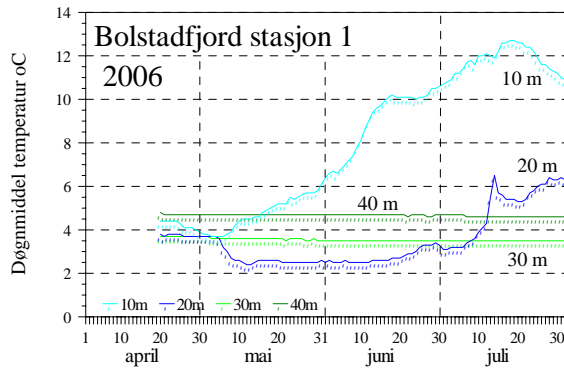
Saltholdigheten var høyere i april enn i begynnelsen av august i hele vannsjiktet over 25 meters dyp (figur 4). Høyere vannføring i elvene gjorde at brakkvannslaget ble presset nedover mot nærmere 20 meters dyp i august, mot bare 5 meter i april. Under 25 meter var saltholdigheten identisk ved begge målingene; med rundt 10 o/oo ned til terskeldypet like over 40 meter, for så å øke til 20 o/oo på 50-60 meters dyp. "Tidevannslaget", med vannutskiftning to ganger daglig, ligger omtrentlig mellom 5 m og 40 meters dyp i april og mellom 20 m og 40 meters dyp i begynnelsen av august (**figur 3**).

## Temperaturmålinger i Bolstadfjorden

Det ble målt temperatur på ulike dyp ytterst og innerst i det indre bassenget for å vurdere om det forekommer eventuelle indre bølger (seicher) her. Temperaturloggerne ble lagt på aktuelle dyp og logget temperatur hver halve time. Profilene viste klare endringer i temperatur nedover i vannsøylen. På 10 meters dyp økte temperaturen i perioden fra vel 4 °C til 12 °C på begge steder. På 20 meters dyp var det ned mot 2 °C i starten, men her økte det også til litt over 6 °C mot slutten, da dette dypet på dette tidspunktet inngikk i ferskvannslaget. Temperaturen på 30 meters dyp holdt seg relativt konstant i underkant av 4 °C innerst i bassenget, og rundt 3 °C ytterst i bassenget i hele måleperioden. Temperaturen var også helt stabil på både 40 og 50 meters dyp, med 4,5 °C på 40 meters dyp og noe varmere på 50 meters dyp ytterst i bassenget (**figur 4**).

På 10 meters dyp øker temperaturen utover sommeren og det var liten forskjell innerst og ytterst i det indre bassenget (**figur 4**). Bare i månedsskiftet juli/august var temperaturen 1-2 grader høyere i den ytterste delen av bassenget. Dette skyldes trolig den spesielt solfylte og varme julimåned dette året. Det kaldere vannet som kommer med elvene varmes opp i løpet av tiden det er i bassenget og nedbøren i denne perioden var meget liten slik at oppholdstiden i bassenget ble desto lengre.

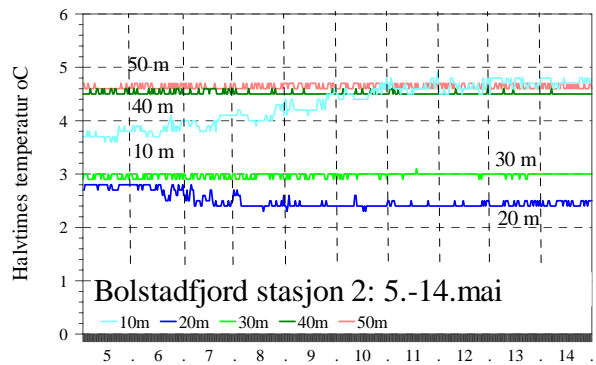
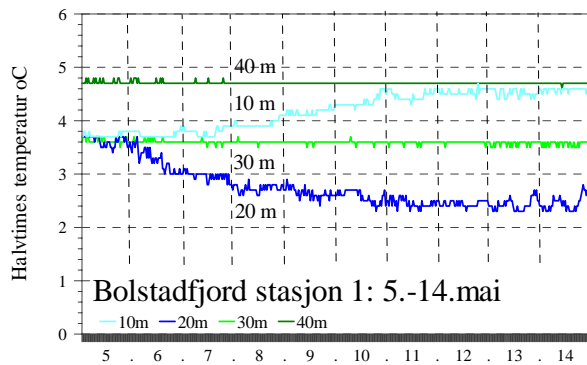
På 20 meters dyp var perioden mai til midten av juli den kaldeste perioden,- først i juli var det en økning i temperaturen der. På dette tidspunktet "sank" sprangsjiktet mellom "tidevannslaget" og det mer stabile dypvannslaget forbi dette dypet, noe som førte til en høyere innblanding av varmere overflatevann. Dette skjedde både innerst og ytterst i bassenget, men en økning i vannføringen i midten av juli (**figur 2**) ga en økning i temperaturen innerst der Vosso renner inn. Dette ble ikke påvist ytterst i bassenget.



**Figur 4.** Temperaturlogging på ulike dyp innerst (til venstre) og ytterst (til høyre) i innerste basseng i Bolstadfjorden. Temperaturen ble logget hver halve time, mens det i figuren er presentert døgngjennomsnittsverdier for å vise utviklingen.

På 30 meters dyp var det 0,5 grader varmere vann innerst i bassenget, men det var stabile temperaturer på begge målestedene i hele undersøkelsesperioden. Tilsvarende forhold ble målt på 40 meters dyp, men der var temperaturforskjellen mellom innerst og ytterst enda mindre.

**Figur 5** viser enkeltmålingene for perioden 5.-14. mai som eksempel, og de øvrige målingene viser det samme bilde. Temperaturloggerne ble hengt ut akkurat på grensen mellom ulike sjikt i vannmassene, og siden det ikke er noe variasjon i temperatur på dyp under 30 meter, er det altså heller ingen "indre bølger" eller vipping i vannmassene. De dypere lagene ligger helt i ro, mens døgnavariasjoner finnes i de øverste vannmassene, samtidig som det også er sesongvariasjoner i temperatur grunnet endring i tykkelse på brakkvannslaget ned til 20 meters dyp.



**Figur 5.** Halvtimesmålinger av temperatur på ulike dyp ved innerst (til venstre) og ytterst (til høyre) i det innerste bassenget av Bolstadfjorden for perioden 5.-14. mai 2006.

## DISKUSJON

Utgangspunkt for undersøkelsene i 2005 og 2006 var å vurdere om vannkraftreguleringene i Vossovassdraget har ført til endringer i de fysiske miljøforhold i Bolstadfjorden. Det er tidligere påvist giftig hydrogensulfid i dypvannet i Bolstadfjorden (oppsummert i Bjerknes mfl 1995), og det kunne derfor tenkes at laget med hydrogensulfid hadde øket i tykkelse som følge av økt ferskvannstilførsel om vinteren.

De vannkjemiske undersøkelsene i Bolstadfjorden våren 2005 viste at det var et anoksisk dypvannslag med giftig hydrogensulfid fra rundt 50 meters dyp og nedover i det innerste bassenget, og fra rundt 60 meters dyp i det ytterste bassenget. Forholdene i 2005 var nesten helt samsvarende med det som ble målt i 1994/95. Ved tidligere målinger har det anoksiske laget vært noe dypere i det ytre bassenget. I det indre bassenget er forholdene bare undersøkt en gang før, i 1971/72, og var da omtrent på nivå som i 2005 (Johnsen mfl 2005).

Prosjektet i 2006 er en oppfølging av undersøkelsen i 2006 men inkluderer kun målinger fra det innerste bassenget i Bolstadfjorden. Temperatur-, oksygen- og saltholdighetsprofiler er målt ytterst i dette bassenget, mens kontinuerlige temperaturlogging på ulike dyp er målt både innerst og ytterst i bassenget. Målingene har foregått i perioden medio april til begynnelsen av august 2006, og resultatene er sammenlignet med tidligere års resultater.

### Sjiktningforhold i Bolstadfjorden

Sjiktningforholdene under terskeldypet på ca 40 meter i Bolstadfjorden i 2006 var nærmest identisk med forholdene i 2005. De øverste 25 meterne av vannsøylen derimot skilte seg klart ut fra forholdene i 2005 ved at ferskvannslaget var 5-10 meter tynnere og det midtre brakkvannslaget tilsvarende tykkere.

I laget under 40 meters dyp (terskeldypet) var det ingen endring i noen av parametrene fra april til juli/august. Der var det heller ingen forskjell fra det som ble målt i 2005 (Johnsen mfl. 2005). Nederst i denne delen av vannsøylen var det et dypvannssjikt med saltholdighet opp mot 20 ‰, uten oksygen og med temperaturer under 5 °C. De kontinuerlige temperaturloggingene viste ingen tegn på indre bølger i dypvannssjiktet.

**Tabell 2.** Omtrentlig grenseflate mellom oksisk og anoksisk vann i det indre og det ytre bassenget i Bolstadfjorden og største målte konsentrasjon i den samme perioden.

År	Indre basseng	Ytre basseng	Referanse
	Grensedyp (m)	Grensedyp(m)	
1932	-	80	Strøm 1936
1971	55-60	140	Hamilton-Taylor 1974
1972	51		
1994	45-60	~50	Bjerknes mfl. 1995
1995	40-45	-	
2005	40-50	~50	Johnsen mfl 2005
2006	40-50		Denne rapporten

Forholdene i dypvannet under terskeldypet i 2006 er altså nokså samsvarende både med det en hadde i 1994/1995 (Bjerknes mfl 1995) og i 2005 (Johnsen mfl. 2005), samt tidlig på 70-tallet (Hamilton-Taylor 1974). Om dette skyldes at en nå har en stabil situasjon eller at begge disse prøveperiodene er omtrent like langt fra siste utskiftning av dypvann, er ikke mulig å fastslå. Likeledes er det ikke mulig å si noe om hvor ofte en vil få utskiftning av bunnvannet nå sammenlignet med det en hadde tidligere.

Prøvene fra 1971/72 (Hamilton-Taylor 1974, fra Bjerknes mfl 1995) hadde lavere konsentrasjoner av H<sub>2</sub>S i bunnvannet i det ytre bassenget enn det som ble påvist i 1932, uten at dette generelt betyr at det var mindre H<sub>2</sub>S i bunnvannet på 1970 tallet sammenlignet med på 1930-tallet (Strøm 1936, fra Bjerknes mfl. 1995). Forskjellen kan utelukkende være et resultat av tid siden siste dypvannsutskiftning. Uansett viser målingen fra både 1931 og 1972 at det var hydrogensulfid i dypvannet også før reguleringene av Evanger og i fjordområdene rundt Osterøy.

Modellberegningene, basert på naturlige forhold uten tilførsler eller reguleringer, tilsier at det normalt vil ta 4-5 år før dypvannet i Bolstadfjorden er tomt for oksygen, mens det ved normal tidevannsutskiftning og innblanding i dypvannet vil ta over 8 år før dypvannet skiftes ut grunnet reduserte tetthetsforskjeller. Dette betyr at det naturlig vil være oksygenfritt bunnvann i Bolstadfjorden dersom det går mer enn 4-5 år mellom hver gang tungt saltvann kommer inn over terskelen i Straume og skifter ut alt bunnvannet (Johnsen mfl 2005). Målingene fra 1932 viser at det også før reguleringen gikk relativt lang tid mellom hver totalutskiftning av bunnvannet.

I vannlaget over 40 meters dyp derimot var forholdene svært forskjellige fra i 2005 (Johnsen mfl. 2005). Tykkelsen på ferskvannslaget økte utover undersøkelsesperioden ettersom vannføringen i vassdraget økte. Dybdegrensen for vann med 1 ‰ lå i midten av april på bare 30 cm ytterst i det indre bassenget og i månedsskiftet juli/august lå det rundt 8 meter. Dette er et atskillig tynnere lag med ferskvann enn det som ble observert i 2005 da tilsvarende dyp var på 12 meter og 20 meter (Johnsen mfl. 2005).

## Konklusjon

Mindre nedbør og særlig mindre snøsmelting i 2006 gav redusert vannføring i Vosso, noe som igjen bidro til et tynnere ferskvannslag enn i 2005. Samtidig blir innblanding av ferskvann til det underliggende brakkvannslaget mindre, noe som førte til at brakkvannslaget hadde høyere saltholdighet og var tykkere i 2006. Spesielt under 25 meters dyp var forskjellen stor.

Under 40 meters dyp har ferskvannslaget og tilrenningen ingen betydning. Der var både temperatur-, oksygen- og saltholdigheten i 2006 nærmest identisk med situasjonen i 2005, på 1990-tallet og på 1970-tallet. Det synes ikke å ha skjedd noen utvikling. Det ble ikke påvist indre seicher på noe dyp verken i 2005 eller i 2006.

Av reguleringer er det først og fremst utbyggingen av Evanger kraftverk som har påvirket forholdene i Bolstadfjorden ved økte ferskvannstilførsler om vinteren. Dette kan ha medført at utskiftningen av dypvannet i Bolstadfjorden skjer sjeldnere nå enn tidligere. Denne kraftutbyggingen var i hovedsak ferdig ved igangsetting av aggregat 3 i Evanger i 1977, men forholdene i dypvannet i indre basseng synes i hovedsak uforandret fra tidlig på 70-tallet til i dag.

Giftig bunnvann blander seg ikke inn i overflatelagene i Bolstadfjordens indre basseng, verken ved indre bølger eller ved at bunnvann blir dradd opp som følge av "upwelling" ved Bolstad. Siden bunnvannet i Bolstadfjorden også har vært anoksisk og rikt på giftig hydrogensulfid før reguleringene, kan en anta at det over lang tid har vært en sterk seleksjon hos laksesmolt for å unngå å komme i kontakt med hydrogensulfidholdig vann. Det er derfor ikke sannsynlig at fisken dykker ned i de oksygenfrie og etter hvert også giftige dypvannmassene.

## REREFERANSER

BARLAUP, B.T (redaktør) 2004.

Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak.  
DN – utredning 2004 – 7, 156 sider.

BJERKNES; V., L.G.GOLMEN & Å.ÅTLAND 1995.

Undersøkelser av vannkvalitet og overleving av laksesmolt i Bolstadfjorden.  
NIVA-rapport 3282, ISBN 82-577-2805-5, 47 sider

DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING, 2003.

Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003.  
NOTAT 2004 - 2.

JOHNSEN, G.H., B.A. HELLEN, S. KÅLÅS & H. SÆGROV 2005.

Hydrologiske undersøkelser i Bolstadfjorden våren 2005.  
Rådgivende Biologer AS, rapport 857, 34 sider, ISBN 82-7658-451-9