



RAPPORT LNR 5389-2007

Tilførsler av partikler og fosfor til Storefjorden

Utredninger Vansjø 2006



Svinna, en av tilførselselvene til Storefjorden

Foto: Eva Skarbøvik

Hovedkontor

Gaustadaléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Tilførsler av partikler og fosfor til Storefjorden Utredninger Vansjø 2006	Løpenr. (for bestilling) 5389-2007	Dato 28.02.2007
	Prosjektnr. Undernr. 26280- 5	Sider Pris 38
Forfatter(e) Eva Skarbøvik, Line J. Barkved, Per G. Stålnacke.	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vannområdeutvalget Morsa; SFT	Oppdragsreferanse Helga Gunnarsdottir
---	--

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten gjengir resultater av overvåking i 2006 av fire tilførselselver til Storefjorden, som er det østre av to hovedbassenger i Vansjø. Året 2006 var relativt nedbørrikt, og Hobøl elva hadde den femte største vannføringen på 30 år. Elvene Hobøl, Svinna, Mørkelva og Veidalselva tilførte i 2006 tilsammen ca. 15500 tonn med partikler og ca. 30 tonn med totalfosfor. Hobølvassdraget tilfører de største bidragene, og har også høyest arealspesifikk transport.</p>

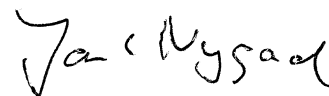
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tilførselsberegninger 2. Fosfor og partikulært materiale 3. Eutrofiering 4. Utredninger Vansjø 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Riverine load calculations 2. Phosphorus and particulate matter 3. Eutrophication 4. Lake Vansjø investigations
---	--



Eva Skarbøvik
Prosjektleder



Merete J. Ulstein
Forskningsleder



Jarle Nygaard
Fag- og markedsdirektør

Tilførsler av partikler og fosfor til Storefjorden 2006

Utredninger Vansjø

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra delprosjektet *Forbedring av tilførselsberegninger til Storefjorden*, som er en del av prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvaliteten*. Prosjektet er en videreføring av prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Dette prosjektet ble igangsatt av Vannområdeutvalget Morsa i 2005, med finansiering fra Miljøverndepartementet (MD)/ Statens forurensningstilsyn (SFT). Hovedmålet med utredningene er å få økt kunnskap om innsjøen og dens nedbørfelt, særlig i forhold til prosesser knyttet til næringsstoffer. Undersøkelsene vil danne et bedre faglig grunnlag for planlegging av hensiktsmessige tiltak mot intensivert eutrofiering og algeoppblomstringer.

Utredninger Vansjø ble etter en anbudskonkurranse gjennomført av et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Universitet i Oslo (v. Biologisk Institutt) og Bioforsk Jord og miljø. NIVA ved Knut Bjørndalen har hatt prosjektledelsen og har vært ansvarlig overfor oppdragsgiver.

Utredninger Vansjø har i 2006 bestått av følgende delprosjekter:

1. Kartlegging av vannkvaliteten.
2. Undersøke mulig interngjødsling i vestre Vansjø.
3. Utrede naturtilstanden i Vansjø.
4. Forbedring av tilførselsberegninger.

Eva Skarbøvik har hatt et overordnet ansvar for delprosjekt 4, som igjen er delt i to underprosjekter; tilførselsberegninger til vestre Vansjø; utført av Marianne Bechmann, Bioforsk Jord og Miljø; og tilførselsberegninger til Storefjorden; utført av Eva Skarbøvik. Line Barkved har gjennomført hydrologiske modellberegninger mens Per G. Stålnacke har utført trendanalyser av data fra Hobøl elva. Prosjektet har vært kvalitetssikret av Merete J. Ulstein, NIVA.

Karsten Butenschøn ved Fylkesmannen i Østfold har tatt prøver i elvene, den automatiske prøvetakeren ble satt opp og driftes av Bioforsk under ledelse av Marianne Bechmann. Laboratorieanalysene er utførte av Bioforsks laboratorium.

Oppdragsgivers kontaktperson har vært daglig leder Helga Gunnarsdottir, Vannområdeutvalget Morsa. Hun takkes for konstruktive innspill underveis.

Oslo, 28.02 2007

Eva Skarbøvik

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Feltbeskrivelse	7
2.1 Nedbørfeltenes størrelse og topografi	7
2.2 Arealfordeling	9
3. Datagrunnlag og metodikk	11
3.1 Prøvetaking	11
3.2 Vannføring	13
3.3 Metode for beregning av stofftransport	15
3.3.1 Praktiske tilnærminger ved utregning av transport	15
4. Resultater 2006	17
4.1 Vannføring i 2006	17
4.2 Konsentrasjoner av suspendert materiale og fosfor	18
4.3 Beregninger av stofftransport i 2006	22
4.3.1 Slamføringskurver og kurver for fosfortransport for de fire elvene	22
4.3.2 Beregnet stofftransport	24
5. Trender i stofftransporten	25
5.1 Utvikling av vannkvalitet i Hobøelva 1984-2006	25
5.1.1 Vannføring i Hobøelva	26
5.1.2 Suspendert tørrstoff i Hobøelva	27
5.1.3 Totalfosfor i Hobøelva	28
5.2 Trender i de tre andre elvene	30
6. Samlet tilførsel av fosfor og slam til Vansjø i 2006	35
7. Konklusjoner og anbefalinger	36
7.1 Vannføring og stofftransport i 2006	36
7.2 Trender i stofftransporten	36
7.3 Anbefalinger	36
8. Referanser	37
Vedlegg A. Vannkvalitetsdata	39

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultater fra delprosjektet *Forbedring av tilførselsberegninger til Vansjø*, som er en del av prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvaliteten*. Delprosjektet om tilførselsberegninger er delt i to oppgaver; tilførselene til Storefjorden, som rapporteres her, og tilførselene til Vestre Vansjø, som rapporteres i Bechmann (2007).

Det ble tatt prøver av tilsammen fire elver – Hobøl, Svinna, Mørkelva og Veidalselva. Prøver ble tatt hver 14. dag, i tillegg ble det tatt prøver under flomepisoder. Vannføring i Hobølelva måles ved Høgfoss, for de tre andre elvene ble vannføring beregnet med HBV-modellering. Transportrater er beregnet med to ulike interpolasjonmetoder – slamføringskurver og lineær interpolasjon. De to ulike metodene ga noe avvik i Hobølelva, ellers relativt like resultater i de tre andre elvene.

2006 var et nedbørrikt år med høye vannføringer, særlig var høstflommen stor. Årsvannføringen i Hobølelva var den femte største som er målt de siste tretti årene. Totaltransport i 2006 for alle fire elver til Storefjorden ble beregnet til 15500 tonn med partikler og 29,8 tonn med totalfosfor. Fordelingen per elv (vist som gjennomsnittet av de to interpolerings-metodene) var som følger:

	STS		Tot-P	
	tonn/år	tonn/år og km ²	kg/år	kg/år og km ²
Hobølelva	13500	40	25000	74
Svinna	675	12	2 600	44
Mørkelva	520	5	1 000	10
Veidalselva	720	22	1 300	39

Spesifikk stofftransport er størst i Hobølelva, og denne elva viser også størst følsomhet mot flom; dvs. at konsentrasjonene øker kraftig i flomepisoder.

Analysene som er utførte med det tilgjengelige datamaterialet tyder på en nedgang i transporten av totalfosfor over tid. I Hobølelva kan det påvises en tendens til nedgang siden midten av 1980-tallet i totalfosfor, denne nedgangen er mest tydelig om høsten. Det er også en indikasjon på lavere STS-konsentrasjoner de siste 6 årene (2001-2006) i sammenligning med langtidsgjennomsnittet. Spesielt lave konsentrasjoner er observert høsten 2002, 2003 og 2005.

Det anbefales at måleprogrammet fortsetter i alle fire elver. Det anbefales også at det settes av mer ressurser til å gjennomgå historiske data. Modellering av vannføring kan være en feilkilde for transportberegningene i de tre mindre elvene, forbedring av modellen slik at den viser bedre tidsriktighet, bl.a. gjennom kalibrering mot faktiske vannstands- og vannføringsmålinger, er å anbefale.

1. Innledning

Denne rapporten presenterer resultater fra delprosjektet *Forbedring av tilførselsberegninger til Vansjø*, som er en del av prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvaliteten*. Dette Vansjø-prosjektet er en videreføring av et tilsvarende prosjekt som pågikk i 2005, og har som formål å få økt kunnskap om innsjøen og dens nedbørfelt, særlig i forhold til prosesser knyttet til næringsstoffer. Bakgrunnen er den forverring av vannkvaliteten som har vært observert i vestre Vansjø i de senere år, med oppblomstring av giftige alger (særlig *Microcystis* sp.). Undersøkelsene vil bidra til en mer kunnskapsbasert forvaltning av vassdraget, på sikt vil dette også kunne gi økt kunnskap om virkninger av tiltakene som iverksettes i nedbørfeltet til Vansjø (figur 1). En oppsummering av hovedprosjektets resultater i 2005 er gitt i Bjørndalen m.fl. (2006).

Delprosjektet om tilførselsberegninger er delt i to oppgaver; tilførselene til Storefjorden, som rapporteres her, og tilførselene til vestre Vansjø, som rapporteres i Bechmann og Eggstad (2007). I oppsummeringen til denne rapporten gis imidlertid en samlet vurdering av tilførselene til Vansjø i 2006. Undersøkelsene av tilførsler til Storefjorden i 2006 bygger på det arbeidet som ble igangsatt i 2005 med utvidet prøvetaking i Hobøelva (Deelstra m.fl. 2006). Det ble da tatt både blandprøver og stikkprøver ved Kure, og transporten ble beregnet med ulike interpoleringsmetoder. I 2006 ble det besluttet at prøvetakingen i Hobøelva skulle fortsette som stikkprøvetaking, i tillegg skulle det tas prøver av tre andre elver: Svinna, Mørkelva og Veidalselva.

Det har tidligere blitt utført trendanalyser av konsentrasjoner av suspendert materiale og totalfosfor i Hobøelva for perioden 1985 – 2003 (Stålnacke m.fl. 2005). Disse har i denne rapporten blitt oppdaterte med konsentrasjonstall for 2004, 2005 og 2006.

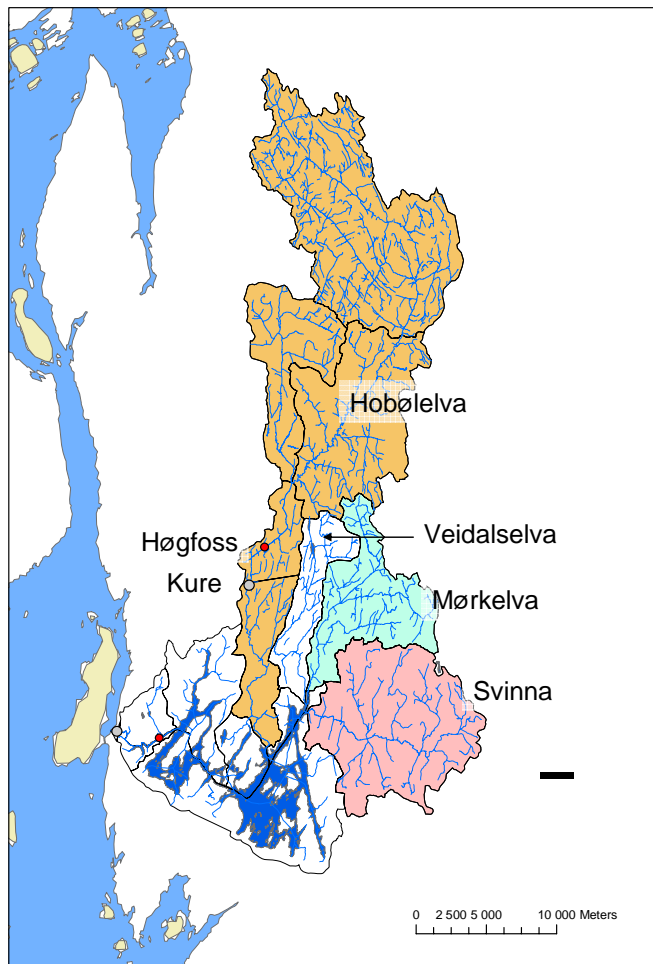


Figur 1 Ett av de tiltakene som iverksettes for å redusere næringsstofftransporten i tilførselselvene til Vansjø er buffersoner mellom elv og jordbruksland. Her fra øvre deler av Hobøelva. (Foto: Eva Skarbøvik).

2. Feltbeskrivelse

2.1 Nedbørfeltenes størrelse og topografi

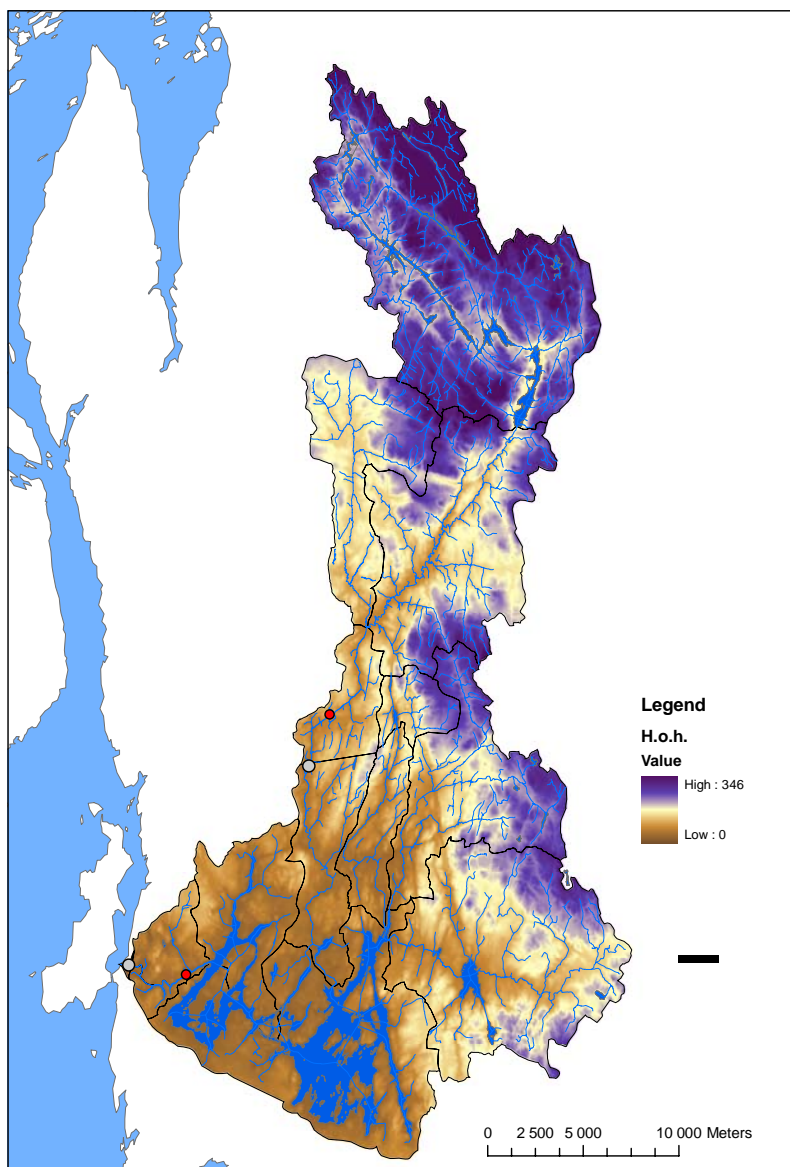
Det er i dette prosjektet tatt prøver i tilsammen fire elver som drenerer til Storefjorden i Vansjø. Disse er Hobøelva, Svinna, Mørkelva og Veidalselva (figur 2).



Figur 2 Kartet viser nedbørfeltene til de fire hovedvassdragene som drenerer til Storefjorden. Vannføringsstasjonen ved Høgfoss og prøvetakingsstasjonen ved Kure er tegnet inn.

Hobøelva er den største av de fire elvene. Oppstrøms Høgfoss vannføringsstasjon er feltet 297 km² og oppstrøms Kure stasjon ca. 331 km². Feltet strekker seg fra Østmarka i Oslo kommune i nord, gjennom Enebakk og Ski, og til Hobøl kommuner i sør. Den renner ut ved Mossros. Svinna er den nest største av elvene med ca. 105 km², mens feltarealet til Mørkelva er på ca. 60 km² og til Veidalselva på ca. 33 km².

Gjennomsnittlig årlig lufttemperatur er 5,6 °C og gjennomsnittlig årlig nedbør er 829 mm målt ved Rygge meteorologiske stasjon (1961 – 1990).



Figur 3 Høydefordelingen i feltet vist som høyde over havet.

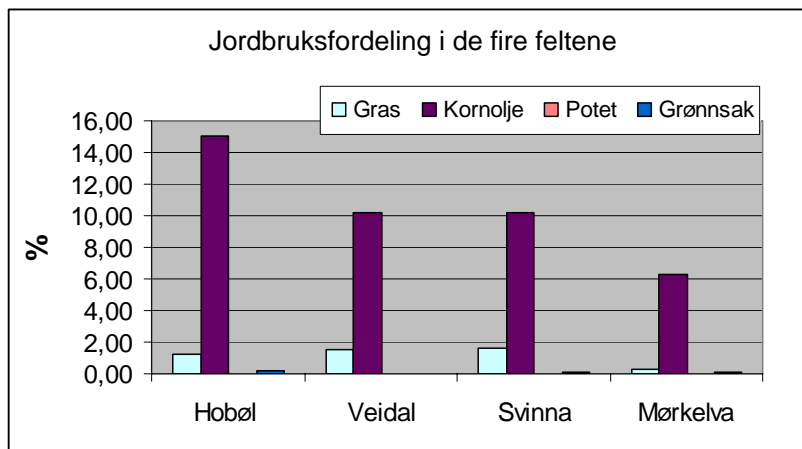
Figur 3 viser høydefordelingen i feltet. Disse dataene ble benyttet ved modellering av vannføring (HBV-modellen; se kapittel 3). Feltets høyeste punkt ligger på 346 m o.h., de høyeste områdene ligger i nord, innenfor Hobølelvas nedbørfelt. Imidlertid er det også høyereliggende områder i alle de tre andre elvene.

2.2 Arealfordeling

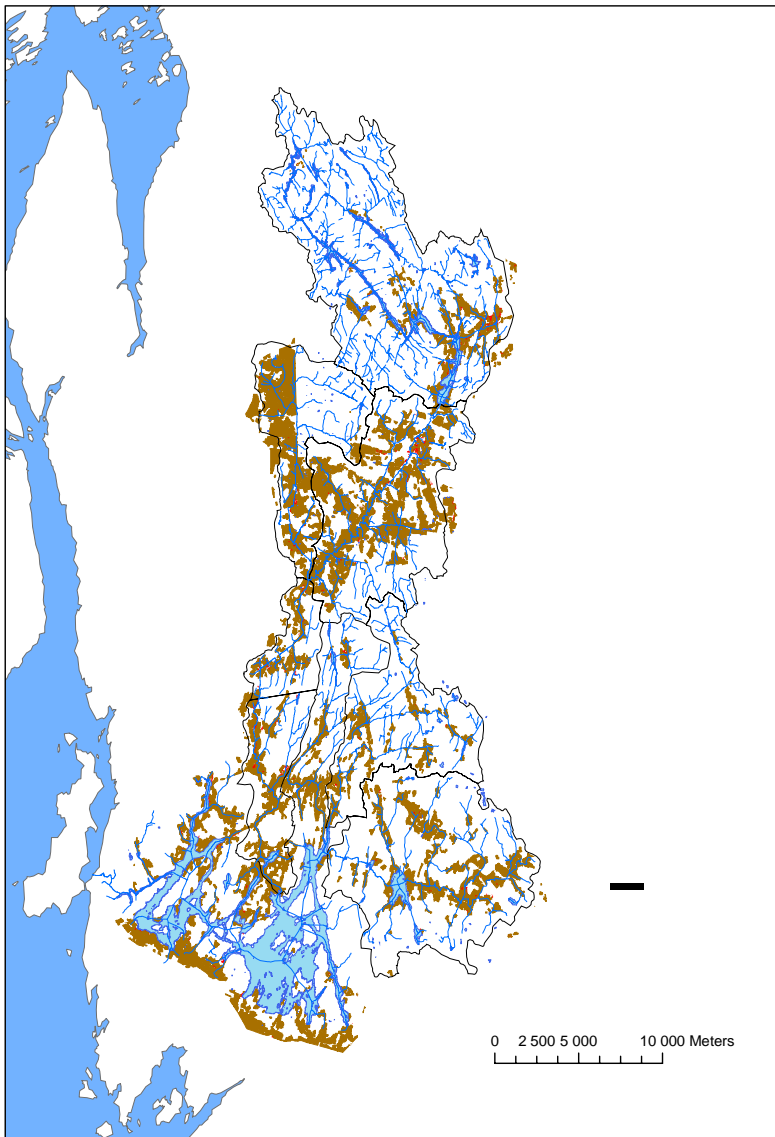
Tabell 1 viser arealfordelingen i de fire nedbørfeltene. Det er størst prosentandel jordbruksareal i Hobølelvas nedbørfelt. Svinna og Veidal har relativt lik andel jordbruksareal, mens Mørkelva har minst jordbruk og tilsvarende større andel av skog. Som figur 4 viser, dominerer korn og gras, med bare mindre felter med potet og grønnsak. Veidalselva har minst andel sjø/våtmark med bare 2,8%. Fordelingen av jordbruksareal er vist på kartet i figur 5.

Tabell 1 Arealfordelingen i nedbørfeltene (Data fra Bioforsk).

	Benevn.	Areal	Sjø/våtmark	Skog/mark	Gras	Kornolje	Potet	Grønnsak
Hobøl	km ²	336,81	15,96	265,59	4,08	50,59	0,007	0,58
	%	100	4,74	78,86	1,21	15,02	0,002	0,17
Veidal	km ²	32,57	0,91	27,87	0,48	3,31	0,000	0,00
	%	100	2,81	85,56	1,48	10,15	0,000	0,00
Svinna	km ²	104,27	4,20	87,74	1,65	10,62	0,001	0,07
	%	100	4,03	84,15	1,58	10,18	0,001	0,07
Mørkelva	km ²	59,04	2,64	52,45	0,19	3,71	0,000	0,05
	%	100	4,47	88,84	0,31	6,28	0,000	0,09



Figur 4 Fordeling av jordbruk i % av totalt nedbørfeltareal.



Figur 5 Jordbruksområder i Vansjø's nedbørfelt. Merk at kartdekningen ikke er fullstendig i øvre deler av Hobølelvas nedbørfelt.

3. Datagrunnlag og metodikk

3.1 Prøvetaking

Målinger av stofftransport i vassdrag er en utfordring, da konsentrasjonene som oftest varierer kraftig over korte tidsrom. Det beste hadde derfor vært å kunne måle så hyppig som mulig, men dette begrenses av at kostnadene da blir for høye. Kontinuerlige målinger med sensor eller membraner begrenses bl.a. av at disse måleinstrumentene ennå ikke er fullt ut testet eller kalibrerte mot laboratorieanalyser av vannprøver, de måler foreløpig ikke alle ønskelige parametre, og de krever også endel vedlikehold. Imidlertid er slike kontinuerlige måleinstrumenter et verdifullt supplement til vanlige målinger (se f.eks. Skarbøvik m.fl. 2007).

Av praktiske hensyn prøvetas elver oftest med stikkprøver tatt jevne mellomrom. I Hobøelva har f.eks. Fylkesmannen i Østfold tatt prøver hver 14. dag. Undersøkelser (Borgvang m.fl. 2006), har imidlertid vist at slik jevn prøvetaking ofte fører til en underestimering av transporten. Dette er fordi regelmessig prøvetaking har vist seg å ikke fange opp flomepisoder, noe som er svært viktig siden det transporteres størst mengde av partikkelbundne stoffer i perioder med høy vannføring.

Det ble derfor satt opp et prøvetakingsprogram der det i tillegg til regelmessige prøver hver 14. dag ble tatt ekstraprøver ved høy vannføring. Siden Hobøelva er den største av de fire elvene, ble det satt opp en automatisk prøvetaker (ISCO) ved Kure. Prøvetakeren ble satt opp i fossen, for å sikre mest mulig turbulens og jevn fordeling av partikulært materiale. Prøvetakeren tok daglige prøver, men av kostnadsmessige grunner ble kun et utvalg av disse analyserte. Fordelen ved en slik ordning er at det sikres at det tas prøver også under flomepisoder. Enkelte flommer inntreffer brått, og det går ofte mest stofftransport under økende vannføring. Ved manuell prøvetaking kan det bli vanskelig å fange opp slike episoder.

Prøver i Hobøelva ble tatt ved Kurefossen (figur 2); mens prøver i de tre øvrige elvene ble tatt som vist i figur 6.

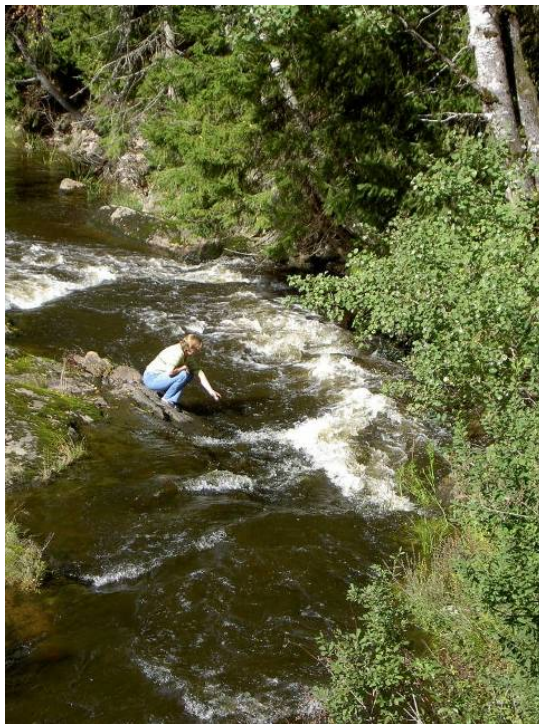


Figur 6 Prøvetakingspunkter i Svinna, Mørkelva og Veidalselva. I Svinna er det i denne rapporten brukt data fra prøvepunkt "Svinna". "Svinna oppstrøms" er et prøvepunkt oppstrøms Sæbyvannet, denne stasjonen ble ikke prøvetatt i 2006. Kart fra Aquamonitor, NIVA.

Bilder av prøvetakingsstedene er vist i figurene 7 - 10.



Figur 7 Hobølelva ved Kurefossen. Automatisk prøvetaker (ISCO) midt i bildet. Prøvetakeren ble senere flyttet opp til venstre i bildet da den var flomutsatt. Inntaksslengen forble imidlertid på samme sted i elva.



Figur 8 Svinna ved prøvetakingspunktet rett nedstrøms Klypen bro



Figur 9 Mørkelva oppstrøms (t.v.) og nedstrøms (t.h.) broa over RV 115.



Figur 10. Veidalselva oppstrøms (t.v.) og nedstrøms (t.h.) broa over RV 115.

3.2 Vannføring

Vannføring i Hobøelva måles ved Høgfoss (figur 2). Stasjonen eies av Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB). Vannføring i de fire øvrige feltene ble modellert med HBV-modellen, som er den mest anvendte operative hydrologiske modellen i Norge. Den originale versjonen av modellen ble utviklet ved SMHI (Svenska Meteorologiska och Hydrologiska Institut; Bergström, 1976). Modellversjoner som brukes i Norge i dag baserer seg hovedsakelig på en versjon utviklet i forbindelse med prosjektet ”Climate Change and Energy Production” (Sælthun, 1996).

HBV-modellen har en utstrakt bruk innenfor simulering og prognoser av vannføring og tilsig, samt i effektstudier, bl.a. i forbindelse med klimaeffektstudier og studier av endringer i arealbruk. Modellen, som hovedsakelig kan deles i tre hovedkomponenter (snørutine, markvannsone og avrenningsrutine), simulerer vannføring på døgnbasis basert på de drivende variablene nedbør og temperatur.

I forbindelse med en Klima-SIP på NIVA i 2003 ble det utviklet en versjon av HBV, basert på HBV versjon 3.24 fra 1999, som også simulerer parametere som er nødvendige inputdata for vannkvalitetsmodellen INCA. Denne versjonen inkluderer HER (Hydrological Effective Rainfall; dvs. den delen av nedbøren som bidrar til avrenning fra et nedbørfelt) og SMD (Soil Moisture Deficit) i resultatfilen i tillegg til standard HBV-resultater (Kaste m.fl., 2005). Det er denne versjonen som er benyttet i dette arbeidet fordi det også skal gjøres vannkvalitetsstudier hvor INCA modellen benyttes.

HBV ble satt opp både for nedbørfeltet til Hobøelva ved Høgfoss, hvor det finnes observert vannføring, og for hvert av delfeltene hvor det ønskes simulerte vannføringsserier; dvs. Svinna, Mørkelva og Veidalselva.

Det ble benyttet det mest detaljert kartgrunnlag som var tilgjengelig for å bestemme arealbruk og høydefordelig (25m x 25m digital høydemodell og kartgrunnlag for arealbruk). Meteorologiske stasjoner ble valgt ut med tanke på at lange serier var tilgjengelige, slik at kontrollperioden 1961-1990 dekkes. Meteorologiske data er fra Met.no, foruten data fra Ås som driftes av UMB. Hvert delfelt deles i HBV-modellen inn i 10 høydesoner og det angis prosentvis vegetasjonstype og prosentvis areal for hver høydesone.

Modellen er kalibrert for Høgfoss etter det såkalte "split-in-time" prinsippet, dvs. en periode er valgt for kalibrering og en uavhengig periode er valgt for verifisering, eller for å sjekke at modellen også simulerer vannføringen for feltet tilfredsstillende utenfor kalibreringsperioden. Det regnes at 5-10 år med kalibreringsdata er tilstrekkelig for at HBV-modellen skal være kalibrert for et felt, i tillegg er det tilstrekkelig med 5 år med valideringsdata.

Modellen ble kalibrert for perioden 01.10.1992-31.12.1997. Kalibreringsperioden begynner om høsten for at HBV-modellen skal få bygget opp snømagasinet. Kalibreringsperioden er valgt på grunnlag av input data ved å unngå lengre perioder hvor inngangsseriene med henholdsvis nedbør og temperatur er interpolert. Verifiseringsperiode er satt til 01.10.2000-31.12.2005. Modellen ble kalibrert ved flere enkeltkjøringer, og med påfølgende manuell inspeksjon av plott av simulert og observert vannføring. Under prosessen ble kumulativt simulert volum evaluert mot kumulativt observert volum. Nash-Sutcliffe kriteriet (E) ble også benyttet for å vurdere modellen. Dette er en standardisert versjon av "squared discharge simulation errors" hvor 1.0 svarer til "perfect fit" (Nash and Sutcliffe, 1970).

Akseptable verdier for modellkalibrering av HBV ligger normalt innenfor 0,6-0,9 for mellomstore nedbørfelt (Killingtonveit og Sælthun, 1995). Den kalibrerte modellen synes å simulere vannføringen for Høgfoss tilfredsstillende:

- For kalibreringsperioden er $E = 0,67$
- For valideringsperioden er $E=0,65$.

Modellens simulerte vannføringer som ga litt for tidlig vårflom noen år og underestimerte noe vannføringene om høsten for enkelte år. De systematiske trekkene for Høgfoss' nedbørfelts vannføring synes dog å være ivaretatt av modellen.

En HBV-modell ble satt opp for hver av aktuelle delfelten Svinna, Mørkelva og Veidalselva, basert på HBV-modellen kalibrert for Høgfoss. Feltspesifikke parametere som feltareal, innsjøareal, arealfordeling og høydefordeling samt vektning av meteorologiske stasjoner og innsjø-routing ble tilpasset de aktuelle feltene. Modellene ble så kjørt med nedbør- og temperaturdata for den aktuelle perioden for å simulere vannføringen i de umålte feltene.

Det bør bemerkes at resultatene fra modellkjøringen er usikre siden kalibreringsdata ikke foreligger. Tidligere studier fra Bjerkreimsvassdraget (Kaste m.fl., 2005) viser gode resultater med å ta utgangspunkt i ett felt og overføre parametersett til andre delfelt i samme område. Imidlertid var ikke skalaforskjellene så store som for de fire tilførselene til Storefjorden.

Det må videre påpekes at en modellert vannføring som ikke er kalibrert mot faktiske vannføringsverdier antakelig fanger opp de systematiske tendensene, men den kan feile på eksakte tidspunkt. For eksempel viser HBV-modellen for Hobøelva ved Høgfoss en økning i vannføringen litt for tidlig på vårflommen noen år, samtidig som den underestimerer høstflommene noe. Siden det er viktig for transportberegningene å få god "tidsriktighet", er det å anbefale at modellen forbedres. Dette var imidlertid ikke mulig innenfor rammene på dette prosjektet.

3.3 Metode for beregning av stofftransport

Beregninger av stofftransport i vassdrag er en utfordring, da konsentrasjonene som oftest varierer kraftig over korte tidsrom, og begrensede ressurser som regel medfører at det ikke kan tas hyppige prøver. Det finnes flere ulike interpoleringsmetoder, og det er vist at valg av metode kan være utslagsgivende for resultatet (f.eks. Deelstra m.fl. 2006, Borgvang m.fl. 2006).

I denne undersøkelsen ble det valgt å sammenligne to mye benyttede metoder, nemlig såkalte "slamføringskurver" og lineær interpolasjon.

Slamføringskurver tar hensyn til at stofftransporten ofte varierer med vannføringen. Det konstrueres en såkalt kurve som viser forholdet mellom vannføring og stofftransport. Stofftransporten i dager uten målinger beregnes deretter ut fra vannføringen den dagen. For alle fire elver ble det konstruert kurver både for slamføring og fosfortransport.

Bruk av slamføringskurver som interpoleringsmetode er beskrevet i bl.a. Walling og Webb (1981, 1988) og Asselmann (2000). Kurven er en av de vanligst brukte metodene for å kombinere kontinuerlige vannføringsdata med mindre hyppige målinger av konsentrasjon av suspendert materiale (Cohn 1995). Grunnlaget for kurven ble rapportert allerede i 1940, da Campbell og Bauder (1940) observerte at forholdet mellom logaritmen til sedimentkonsentrasjonen og logaritmen til vannføringen ofte var tilnærmet lineær. I dag brukes oftest transport (altså mengden av et stoff som transporteres per tidsenhet) i stedet for konsentrasjonen, da økende vannføring kan fortynde konsentrasjonen av stoffer, mens transporten øker. Slamføringskurven beregnes som regel med lineær regresjon (minste kvadraters metode) på log-log-transformerte data og kan derfor uttrykkes som

$$G_s = B Q^A$$

hvor

G_s er transporten i f.eks. gram per sekund;

Q er vannføringen i f.eks. kubikkmeter per sekund; og

A og B er konstanter

Siden kurven som beregnes ligger som et gjennomsnitt mellom de øvre og nedre verdiene er det nærliggende å anta at de høyeste og laveste verdiene utelukker hverandre, og at kurven derfor gir et godt estimat på transporten i de periodene det ikke finnes målinger.

Sammenhengen mellom konsentrasjon av suspenderte sedimenter og fosfor har vært påvist i flere studier og tilsvarende log-log relasjoner mellom vannføring og fosfortransport har vist seg å gi god korrelasjon. Det ble derfor også utarbeidet slamføringskurver for fosfortransport, eller "fosfortransport-kurver" for alle fire elvene. Dataunderlaget som er benyttet til slamføringskurven omfattet alle analyserte prøver i 2006.

Ved *lineær interpolasjon* trekkes det en imaginær rett linje mellom de ulike konsentrasjonene. Hvis for eksempel konsentrasjonen én dag var 10 mg/l og konsentrasjonen en uke etter var 17 mg/l, vil dagene imellom få konsentrasjoner på 11, 12, 13, 14, osv. mg/l. Deretter beregnes transporten hver dag utfra døgnmiddelverdien for vannføringen og den kalkuleerte konsentrasjonen. For utregninger med lineær interpolasjon ble trendprogrammet FLOWNORM benyttet (Grimvall, 2004).

3.3.1 Praktiske tilnærminger ved utregning av transport

For Hobølelva er transporten beregnet ut fra vannføringen ved Høgfoss og konsentrasjoner målt ved Kure. Det er ikke gjort noe forsøk på å ta hensyn til det resterende nedbørfeltet og oppskalere transporten ut i Vansjø av følgende årsaker:

- Det antas at resterende tilførsler nedstrøms Kure kan like gjerne oppveies av retensjon i Bjørnerødvatn rett før utløpet i Vansjø;
- Tidligere trendanalyser er gjort på basis av verdiene ved disse to stasjonene;
- Analysen i 2005 baserte seg på samme prinsipp (Deelstra m.fl. 2006);
- Oppskalering vil alltid gi økt usikkerhet både for vannføring og konsentrasjoner.

For de fire øvrige tilførselselvene ble transporten beregnet som en funksjon av vannføringen simulert ved HBV-modellen; og konsentrasjoner målt ved prøvetakingslokalitetene vist i figur 6.

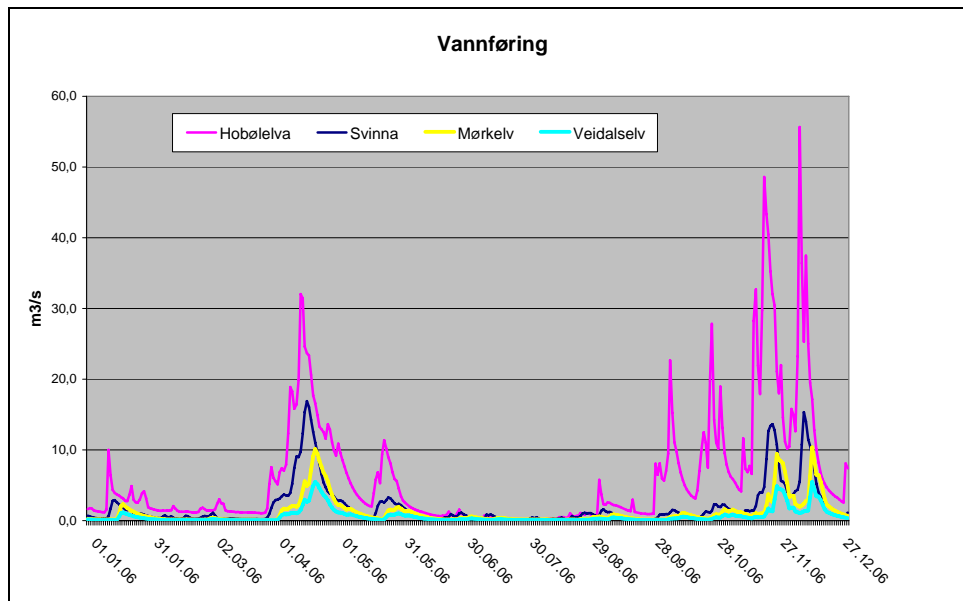
4. Resultater 2006

4.1 Vannføring i 2006

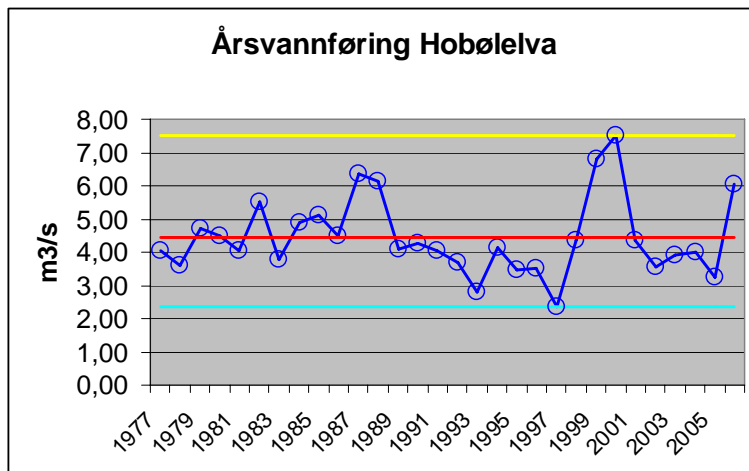
Som beskrevet i kapittel 3 er vannføringen i Hobølelva basert på direkte vannstandsmålinger ved en hydrologisk stasjon ved Høgfoss, mens vannføringen i de tre andre elvene er modellert med HBV-modellen. Figur 11 viser vannføringen gjennom året for de fire elvene. Året hadde en vårfloam i april, og en større høstfloam i november-desember. Tabell 2 viser maksimum, minimum og gjennomsnittsvannføring i de fire elvene i 2006.

Tabell 2 Maksimum, minimum og gjennomsnittsvannføring (m^3/s) i 2006. Vannføringen i Hobølelva måles ved Kure, mens vannføringen i de tre øvrige vannsdragene er modellert.

	Hobøl m^3/s	Svinna m^3/s	Mørkelva m^3/s	Veidalselv m^3/s
Max	56	16,9	10,4	5,5
Min	0,1	0,12	0,11	0,06
Snitt	6,0	1,95	1,19	0,63



Figur 11 Vannføring gjennom året for de fire elvene. Vannføringen i Hobølelva måles ved Kure, mens vannføringen i de tre øvrige vannsdragene er modellert.

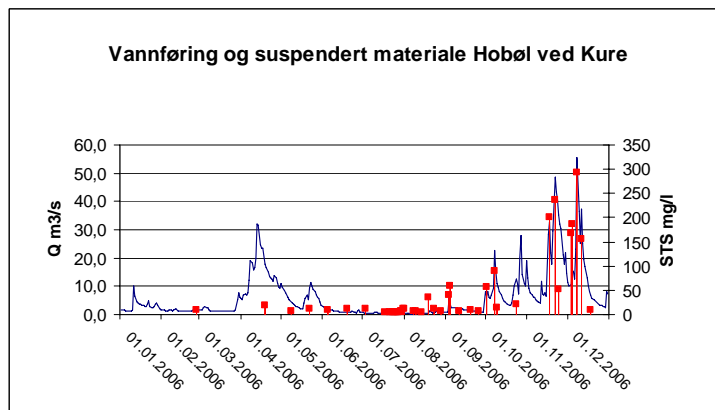


Figur 12 Gjennomsnittlig årsvannføring i Hobøelva 1977-2006. Rød linje viser gjennomsnittsvannføring i perioden; lys blå viser minimum og gul maksimum vannføring.

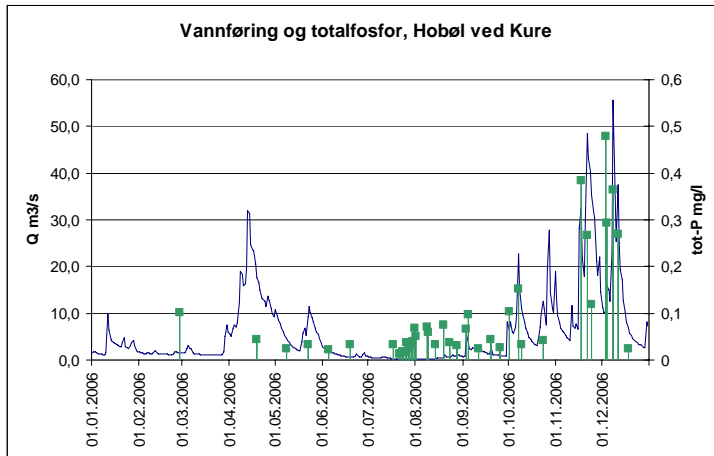
Figur 12 viser gjennomsnittlig årsvannføring i Hobøelva fra 1977 tom 2006. Som figuren viser var 2006 et relativt vått år – kun fire år i 20-årsperioden har hatt høyere vannføring. Siden slutten av åttitallet er det bare 1999 og 2000 som overgår vannføringen i 2006.

4.2 Konsentrasjoner av suspendert materiale og fosfor

Figur 13 og 14 viser konsentrasjon av henholdsvis suspendert materiale og totalfosfor i Hobøelva fordelt på året, og sett i sammenheng med vannføringen. Figurene illustrerer bl.a. at det er en fordel å bruke automatisk prøvetaker da denne sikrer at det tas prøver under flomforhold. Det ble tatt relativt få prøver i vårsesongen i forhold til høstsesongen i Hobøelva, og dette kan medføre for lave estimater av transport om våren. Årsaken til dette var bl.a. snøforholdene, som medførte at det ikke var mulig å ta prøver av elvene.

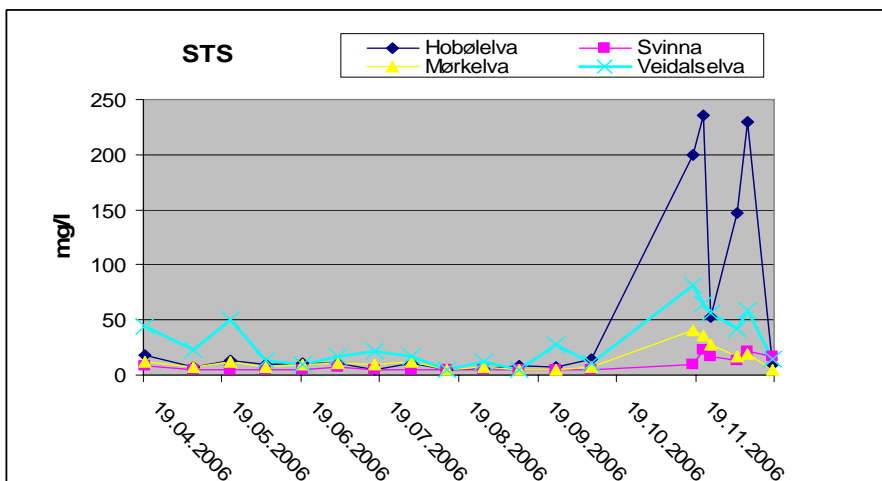


Figur 13 Vannføring og konsentrasjon (mg/l) av suspendert materiale i Hobøelva i 2006.

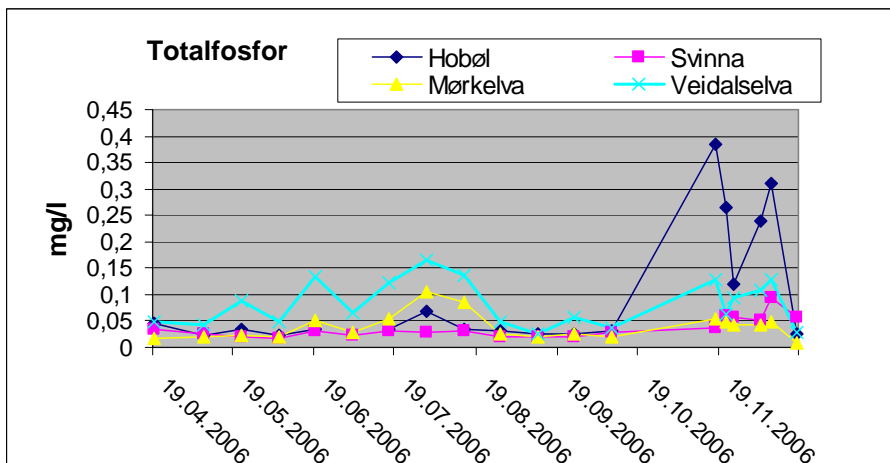


Figur 14 Vannføring og konsentrasjon (mg/l) av totalfosfor i Hobølelva i 2006.

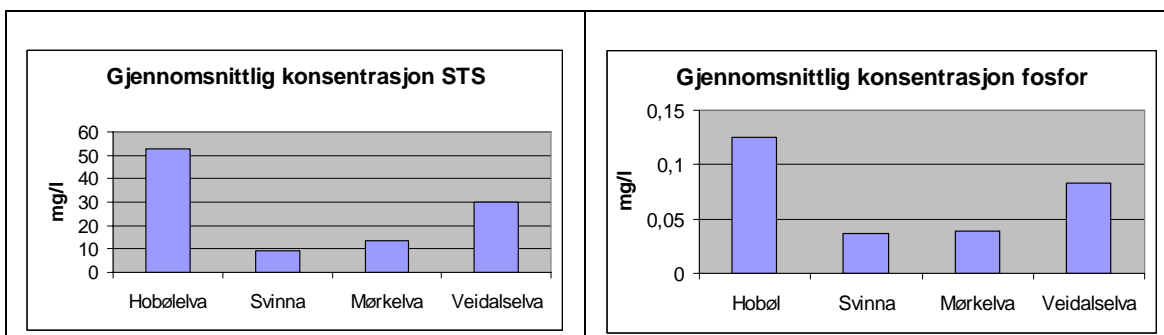
Figurene 15 og 16 viser konsentrasjon av henholdsvis suspendert materiale og totalfosfor i alle fire elver, fordelt på året. Figurene viser kun prøver som er tatt på samme dag i alle fire elver. Figurene illustrerer at særlig Hobølelva har enkelte svært høye konsentrasjoner, relatert til høye vannføringer. De tre andre elvene har mindre variasjon i konsentrasjonstallene. Etter Hobølelva har Veidalselva de høyeste konsentrasjonene, deretter Svinna og Mørkelva. Gjennomsnittlig konsentrasjon for alle fire elver (igjen basert på prøver tatt samme dag) gir et bedre inntrykk av dette (figur 17).



Figur 15 Konsentrasjon av suspendert materiale (STS; mg/l) i de fire elvene i 2006. Figuren er kun basert på prøver som er tatt på samme dag i alle elver.



Figur 16 Konsentrasjon av totalfosfor i de fire elvene i 2006. Figuren er kun basert på prøver som er tatt på samme dag i alle elver.

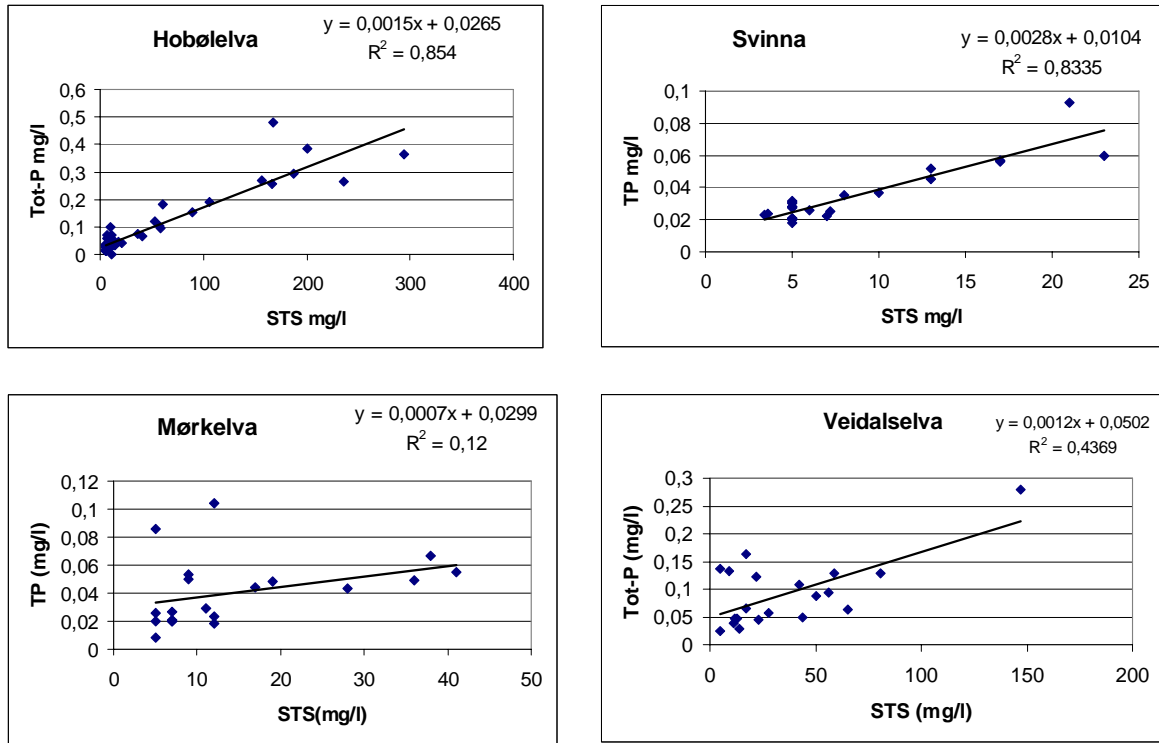


Figur 17 Gjennomsnittlig konsentrasjon av suspendert materiale (STS; venstre panel) og totalfosfor (høyre panel) i de fire elvene i 2006. Figuren er kun basert på prøver som er tatt på samme dag i alle elver.

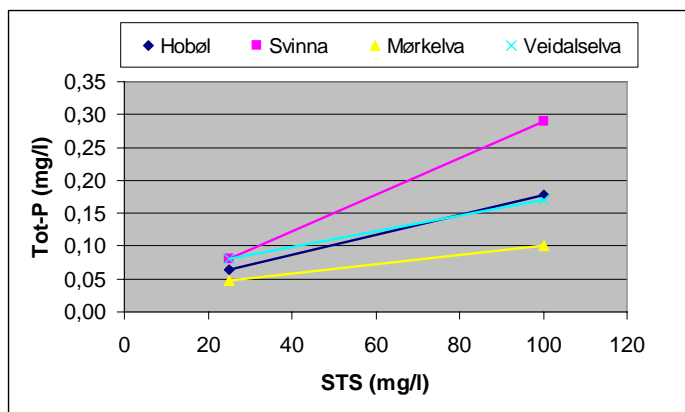
Sammenhengen mellom konsentrasjonen av suspendert partikulært materiale og totalfosfor (figur 18) varierer i de fire elvene. Korrelasjonen er best i Svinna, og dårligst i Mørkelva. Dårlig korrelasjon mellom disse parametrene kan skyldes at fosforet stammer fra ulike typer kilder, og ikke hovedsakelig erodert jord fra landbruksområder. Relativt høye fosforkonsentrasjoner i perioder med lave sedimentkonsentrasjoner forekommer i alle elver unntatt Svinna – også dette tyder på at det finnes fosforkilder som f.eks. kloakk fra spredt avløp i nedbørfeltene.

Figur 19 viser regresjonsligningene i en samlet figur. Her blir det tydelig at kurven for Mørkelva skiller seg ut ved at det er relativt mindre fosfor i elva ved samme sedimentkonsentrasjoner. I Svinna er kurven brattere, dvs. at ved høye sedimentkonsentrasjoner øker fosforkonsentrasjonene mer enn for de tre andre elvene. Med forbehold om et begrenset datasett kan dette tyde på at fosforkonsentrasjonene i Svinna er nært knyttet til det suspenderte materialet, og derfor sannsynligvis til erosjon av jordbruksjord, mens det i Mørkelva kan være mer knyttet til andre kilder. Veidalselva og Hobølelva ligger i en mellomklasse mellom disse, dvs. at økningen i fosforkonsentrasjon med økende partikkelkonsentrasjon er mer moderat enn i Svinna. Forholdet kan også knyttes til partikkelstørrelse, da det i Svinna er sannsynlig at de groveste partiklene sedimenterer ut i Sæbyvannet oppstrøms prøvetakingspunktet. Dette øker sannsynligheten for at det er mer finkornet materiale som

transporteres forbi prøvetaksingsstedet, og dette materialet (silt og leirepartikler) kan holde relativt mye høyere andel av fosfor enn mer grovkornet materiale.



Figur 18 Forholdet mellom totalfosfor (TP) og suspendert materiale (STS) i de fire elvene. Regresjonsligningene er oppgitt i figurene.



Figur 19. Sammenstilling av regresjonslinjene for forholdet mellom fosforkonsentrasjon og sedimentkonsentrasjon i alle de fire elver.

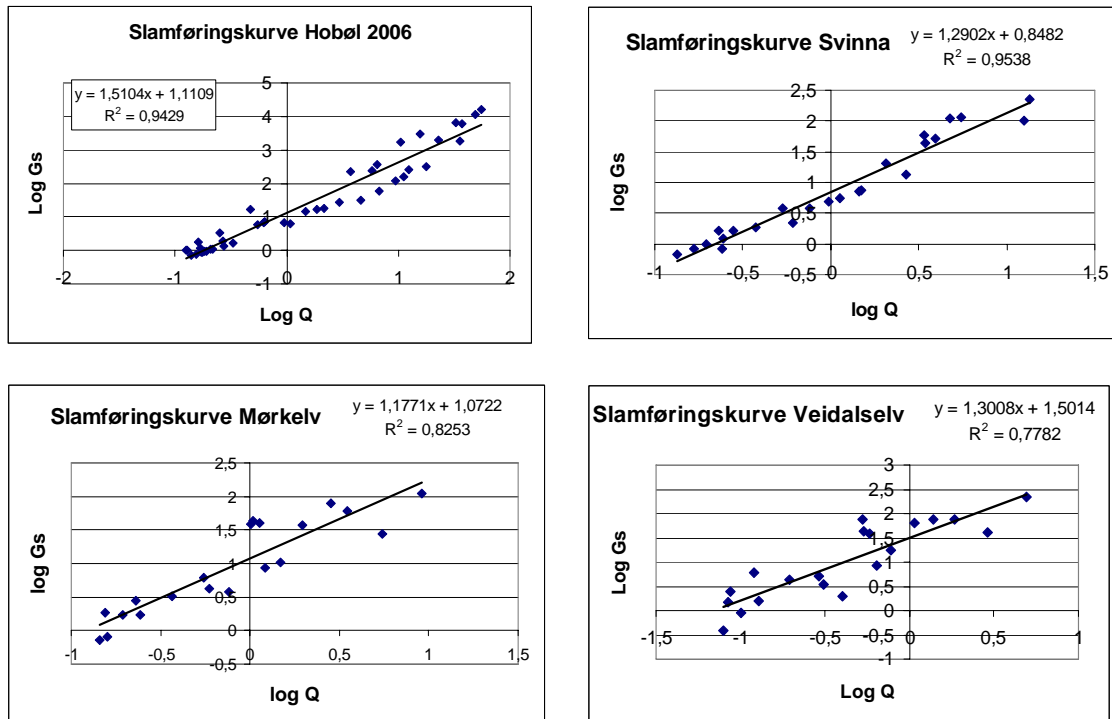
4.3 Beregninger av stofftransport i 2006

4.3.1 Slamføringskurver og kurver for fosfortransport for de fire elvene

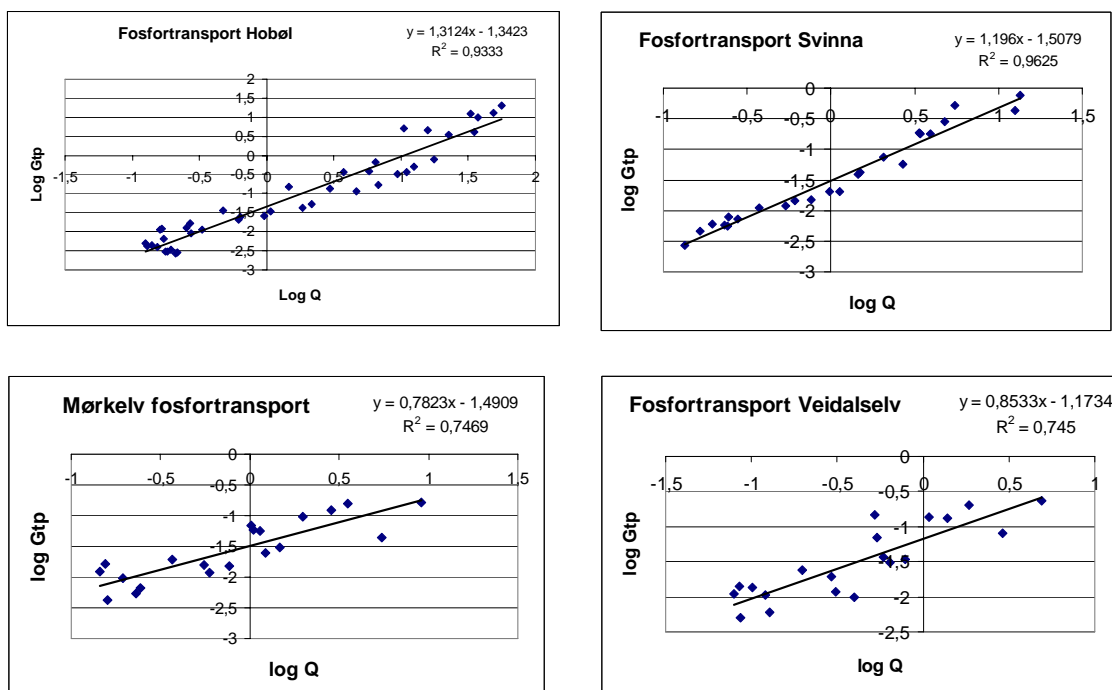
Figur 20 og 21 viser henholdsvis slamføringskurver og kurver for fosfortransport for de fire elvene. Ligningen for hver av kurvene er gitt i figurene, men ligningen omgjort til transport og vannføring direkte (ikke logaritmen) er gitt i tabell 3.

Tabell 3 Ligninger for slam- og fosfortransportkurver vist i figurene 20 og 21.

Elv	Slamføringskurve	Kurve for fosfortransport
Hobølelva	$G_s = 12,909 Q^{1,510}$	$G_{tp} = 0,046 Q^{1,312}$
Svinna	$G_s = 7,050 Q^{1,290}$	$G_{tp} = 0,031 Q^{1,196}$
Mørkelva	$G_s = 11,808 Q^{1,177}$	$G_{tp} = 0,032 Q^{0,782}$
Veidalselva	$G_s = 31,725 Q^{1,301}$	$G_{tp} = 0,067 Q^{0,853}$



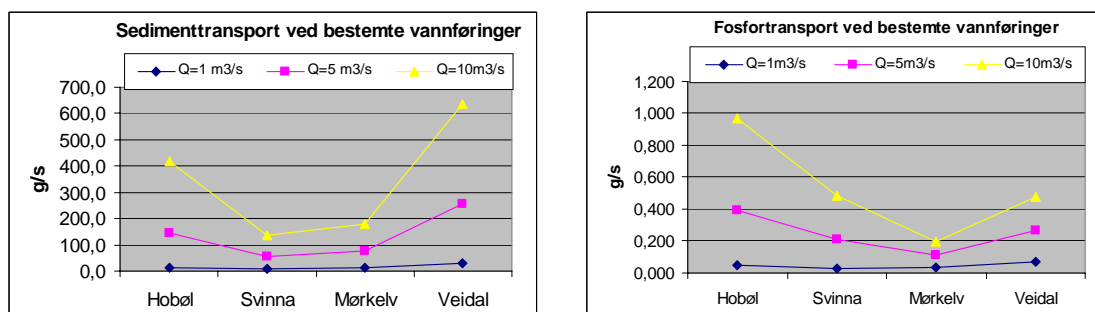
Figur 20 Slamføringskurver for de fire elvene. Q er vannføring; G_s er sedimenttransport. Ligninger gitt i tabell 4.



Figur 21 Kurver for fosfortransport i de fire elvene. Q er vannføring; G_{tp} er fosfortransport. Ligninger gitt i tabell 4.

I figur 22 er det gitt eksempler på hvilken transport som ut fra disse kurvene kan forventes i hver elv ved en gitt vannføring. Dette viser bl.a. at ved en vannføring på 5-10 m^3/s , vil transporten av suspendert materiale være større i Veidalselva enn i Hobølelva. Imidlertid vil transporten av fosfor være størst i Hobølelva. Ved den laveste vannføringen er både fosfor- og sedimenttransport høyest i Veidalselva.

Figuren viser også at det er transporten i Hobølelva og Veidalselva som er mest følsomme for høye vannføringer. I Svinna og Mørkelva øker ikke transporten så kraftig med økende vannføring. For Svinna kan dette dels skyldes retensjon i innsjøene oppstrøms prøvepunktet. For Mørkelva kan det forklares med arealbruken i feltet, da det er større skogsområder og mindre jordbruk i dette feltet enn i de andre.



Figur 22 Transportestimat ved utvalgte vannføringer, basert på slamfjørings- og fosfortransportkurver for de fire elvene. Gul kurve viser f.eks. hvor mye stofftransport som går ved 10 m^3/s , mens blå kurve viser det samme ved en vannføring på 1 m^3/s .

4.3.2 Beregnet stofftransport

Transport av suspenderte partikler og totalfosfor i alle fire elver i 2006 er vist i tabell 4. Avviket for Hobølelva ved de to ulike beregningsmetodene skyldes sannsynligvis at lineær interpolasjon kan gi for høye verdier på de dagene som ligger inntil dager med høye målte verdier. Særlig vil dette være tilfelle hvis det har gått flere dager uten prøvetaking etterat én høy verdi ble registrert. Metoden med slamtransportkurven medfører ikke dette problemet da den forholder seg til vannføringen som forklaringsparameter. For de tre andre elvene er de beregnede transportene forholdsvis like ved de to ulike metodene.

Tabell 4 *Transport av suspendert materiale (STS) og fosfor (Tot-P) beregnet ved slamføringskurve og ved lineær interpolasjon.*

Elv	STS tonn/år		Tot-P kg/år	
	Slamføringskurve	Lineær interpolasjon	Stofftransportkurve	Lineær interpolasjon
Hobølelva*	12 000	15 150	22 600	27 313
Svinna	700	650	2 596	2 555
Mørkelva	540	500	1 022	1 013
Veidalselva	730	710	1 299	1 293

* Merk at tallene for Hobølelva er basert på flere prøver enn for de tre andre elvene.

Totaltransport for alle fire elver (beregnet som gjennomsnittet av de to ulike beregningsmetodene) blir derved:

- **15500 tonn med partikler**
- **29,8 tonn med totalfosfor**

Mye av materialtransporten gikk under flommen høsten 2006. Det er beregnet at i Hobølelva utgjorde andelen suspendert materiale som gikk i perioden 16. november – 15. desember 2006, ca. 60 % av årstransporten, mens omlag halvparten av årets fosfortransport gikk i denne perioden.

I Svinna utgjorde transporten i denne perioden ca. 40% av årets totaltransport for begge parametre. I Mørkelva og Veidalselva er andelen som gikk i denne flomperioden mindre, hhv. 34% for suspenderte partikler og 25% for totalfosfor i Mørkelva; og 35% for suspenderte partikler og 27% for totalfosfor i Veidalselva.

Dette forholdet reflekterer, som også vist i figur 22, at særlig Hobølelva er følsom for større flomepisoder, med andre ord gir disse episodene forholdsvis mye større stofftransport her enn i de andre elvene. Dette kan være knyttet til elvas størrelse og relieff; med kraftigere vannføring og høyere vannhastighet enn i de andre elvene vil forholdsvis mer materiale kunne eroderes langs løpet. Årsakene kan også være knyttet til løpsmønster og lokalisering av erosjonskilder i forhold til elvestrengen. Dette gjenspeiles også i at spesifikk transport av suspendert tørrstoff og fosfor er størst i Hobølelva, f.eks. er den omtrent dobbel så stor der som i Veidalselva, jf. tabell 5.

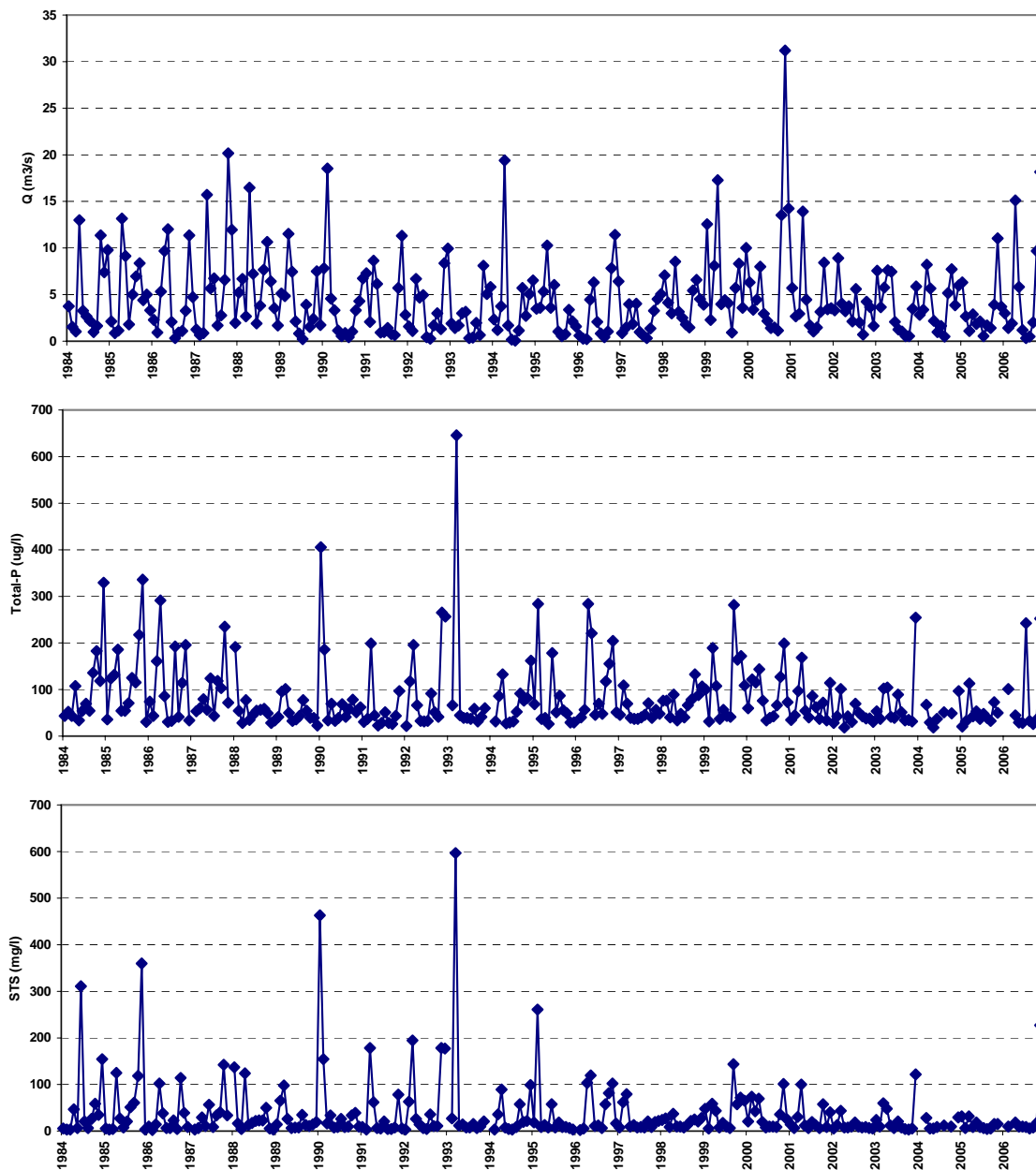
Tabell 5 *Spesifikk transport av suspendert tørrstoff (STS) og totalfosfor (tot-P) fra de fire elvene.*

	STS tonn/år og km ²	Tot-P kg/år og km ²
Hobølelva	40	74
Svinna	12	44
Mørkelva	5	10
Veidalselva	22	39

5. Trender i stofftransporten

5.1 Utvikling av vannkvalitet i Hobølelva 1984-2006

I denne trendanalysen fremstiller tall og data vist i tabeller og figurer et aritmetisk middel av konsentrasjoner og vannføringer. Trendtesten som er utført er med vannføring som forklaringsvariabel. Figur 23 viser en oversikt over månedlige variasjoner i vannføring, fosfor (TP) og jordtapskonsentrasjoner (målt som STS) i Hobølelva ved Kure i perioden 1984-2006.



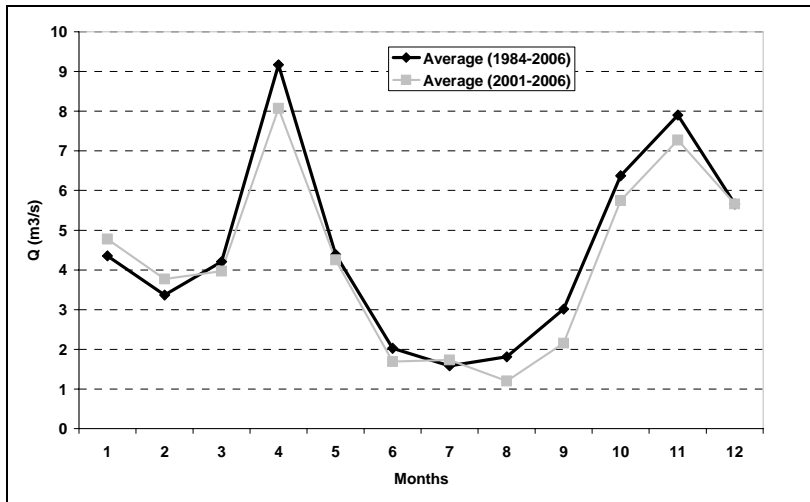
Figur 23 Vannføring og konsentrasjoner av TP, STS og TN per måned i Hobølelva (Kure) 1984-2006.

Nedenfor følger en empirisk og statistisk analyse av resultatene i figur 23.

5.1.1 Vannføring i Hobøelva

Vannføringen i Hobøelva karakteriseres av en forholdsvis liten vårflom i sammenligning med mange andre norske vassdrag og bekker. Vårflommen opptrer normalt i april måned (figur 24) og er ca 150% høyere enn årsmiddelvannføringen. Høy vannføring er også vanlig i perioden oktober til desember. I sommermånedene og tidlig høst (juni til september) er vannføringen normalt ca 50% lavere enn årsgjennomsnittet. Årene 1999 og 2000 var ekstreme år med høye årsmiddelvannføringer tilsvarende verdier 50-70% høyere enn et normalår (tabell 6). Ekstremt høy vannføring ble målt høsten 2000, spesielt i november (figur 23; tabell 6). For eksempel var vannføringen i november 2000 hele 4 ganger høyere enn normalt for denne måned. Høy vannføring kan også noteres november og desember 2006.

I perioden 2001-2006 var vannføringen på høsten og tidlig vinter (august-november) lavere enn langtidsmiddel (grå linje i figur 24). Lav vannføring ble også målt i andre enkelte år, spesielt gav den tidlige vårflommen i 2002 utslag i en meget lav vannføring i april 2002 som var 3 ganger lavere enn normalsituasjonen. Samme år noterer vi også en ekstrem høy vannføring i juli måned på grunn av kraftige tordenbyger. Generelt har vannføringen vært 10% lavere perioden 2001-2006 i sammenligning med langtidsgjennomsnittet (Tabell 6), hvilket kan påvirke konklusjonene m.h.t. tiltak som er satt inn. Noen statistisk signifikant trend i vannføring over tid kunne dog ikke påvises ($p=0.40$; Tabell 9).



Figur 24 Månedsmiddelvannføring i Hobøelva ved Kure. Gjennomsnitt over perioden 1984-2006 og 2001-2006 er gitt i henholdsvis svart og grå farge.

Tabell 6 Månedsmiddelvannføring i Hobøelva (Kure) 1984-2006

År	Måned												Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1984	3,8	1,5	1,0	13,0	3,3	2,7	2,2	1,0	1,6	11,4	7,4	9,8	58,5
1985	2,1	0,9	1,1	13,1	9,2	1,8	5,0	7,0	8,4	4,4	5,0	3,3	61,2
1986	2,3	0,9	5,3	9,7	12,0	2,0	0,3	0,9	1,1	3,2	11,4	4,7	54,0
1987	1,2	0,7	0,9	15,7	5,7	6,7	1,7	2,7	6,6	20,2	11,9	2,0	76,0
1988	5,2	6,7	2,7	16,5	7,2	1,9	3,8	7,7	10,6	6,4	3,5	1,7	73,9
1989	5,1	4,8	11,5	7,4	2,1	0,8	0,2	3,9	1,5	2,4	7,5	1,7	49,0
1990	7,8	18,5	4,5	3,3	1,1	0,5	0,9	0,4	1,1	3,3	4,3	6,8	52,5
1991	7,3	2,1	8,6	6,1	0,9	1,0	1,4	0,7	0,7	5,7	11,3	2,9	48,7
1992	1,6	1,1	6,7	4,7	4,9	0,5	0,3	1,7	3,0	1,3	8,4	9,9	44,0
1993	1,9	1,4	1,7	3,0	3,2	0,3	0,4	1,9	0,7	8,1	5,1	5,8	33,4
1994	2,4	1,2	3,7	19,4	1,7	0,1	0,1	1,2	5,7	2,7	5,0	6,5	49,8
1995	3,5	3,6	5,3	10,3	3,6	6,0	1,0	0,5	0,8	3,4	2,1	1,6	41,7
1996	0,6	0,3	0,2	4,5	6,3	2,1	0,8	0,4	1,0	7,8	11,4	6,4	41,9
1997	0,9	1,4	4,0	1,9	4,0	1,0	0,6	0,3	1,3	3,2	4,5	5,0	28,2
1998	7,0	4,2	3,0	8,5	3,2	2,5	1,8	1,5	5,5	6,6	4,5	3,9	52,2
1999	12,5	2,3	8,1	17,3	4,0	4,4	4,1	0,9	5,7	8,3	3,6	10,0	81,2
2000	6,3	3,4	4,5	8,0	3,0	2,2	1,4	1,5	1,1	13,5	31,2	14,2	90,3
2001	5,7	2,7	2,9	13,9	4,5	1,7	1,0	1,5	3,2	8,4	3,4	3,6	52,5
2002	3,3	8,9	4,0	3,2	3,7	2,1	5,6	2,0	0,7	4,2	3,6	1,6	43,0
2003	7,5	3,6	5,7	7,6	7,5	2,0	1,3	1,0	0,5	0,5	3,5	5,9	46,7
2004	2,8	3,3	8,2	5,6	2,2	1,0	1,6	0,5	5,1	7,7	3,9	6,0	47,9
2005	6,3	2,6	1,1	2,9	1,9	2,1	0,5	1,7	1,4	3,9	11,0	3,7	39,2
2006	3,0	1,4	1,9	15,1	5,8	1,2	0,3	0,5	2,0	9,7	18,2	13,3	72,4
Average (1984-2006)	4,4	3,4	4,2	9,2	4,4	2,0	1,6	1,8	3,0	6,4	7,9	5,7	53,9
Average (2001-2006)	4,8	3,8	4,0	8,1	4,3	1,7	1,7	1,2	2,2	5,7	7,3	5,7	47,4

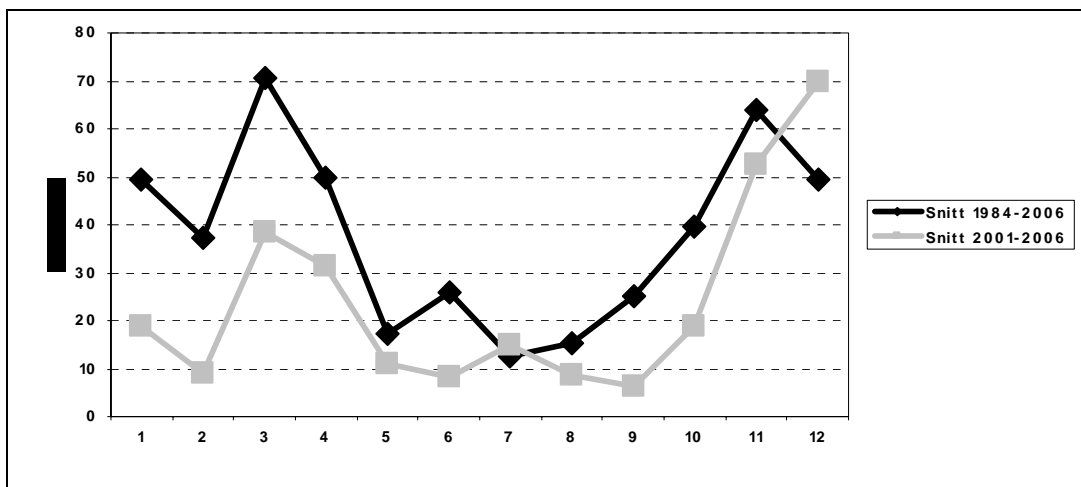
5.1.2 Suspendert tørrstoff i Hobøelva

Den empiriske og statistiske analysen av data for STS konsentrasjoner viste følgende:

- I sammenligning med TP, viser STS en forholdsvis høyere variasjon i årsmiddel konsentrasjoner mellom år (variasjonsbredde mellom 12-71 mg/l; Tabell 7).
- I sammenligning med TP, er det en større variasjon i månedsmiddel konsentrasjon mellom år (spesielt i de biologisk ikke-produktive månedene).
- Generelt sett er STS-konsentrasjonene lavest i månedene mai-august (Figur 25; Tabell 7).
- STS konsentrasjonene viser en generell nedgang over tid, som er mest tydelig i august, september og oktober. Imidlertid, sett som summen over alle enkelt måneder, viser ikke STS noen statistisk signifikant nedgang over tid ($p > 0.05$) i perioden 1984-2006 (Tabell 9).
- Det er indikasjon på lavere STS-konsentrasjoner de siste 6 årene (2001-2006) i sammenligning med langtidsgjennomsnittet; spesielt lave konsentrasjoner er observert høsten 2002, 2003 og 2005.

Tabell 7 Månedsmiddeltkonsentrasjoner av suspendert tørrstoff i Hobøelva (Kure)

År	Måned												Middel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1984	5,8	2,8	2,8	46,8	6,7	310,7	20,4	7,0	26,3	58,9	35,3	154,7	56,5
1985	5,0	3,4	4,4	125,4	27,1	7,9	20,6	50,9	60,7	118,1	359,9	3,6	65,6
1986	10,1	2,2	14,6	102,4	37,8	6,6	6,1	22,3	4,6	114,5	39,6	9,0	30,8
1987		3,5	6,6	29,2	11,0	56,5	8,5	33,5	39,8	142,8	33,5		36,5
1988	136,6	15,8	4,8	123,6	12,9	16,9	21,9	22,4	22,3	50,3	5,3	3,8	36,4
1989	14,2	64,7	98,0	25,6	6,4	7,2	7,4	34,7	12,6	10,6	13,8	20,0	26,6
1990	463,0	154,0	16,4	33,6	7,9	8,5	26,1	8,2	9,9	34,0	39,4	9,9	67,6
1991	8,4	3,5	178,3	62,5	7,0	5,7	21,0	4,5	4,5	7,6	78,6	5,3	32,3
1992	3,2	63,2	194,4	26,4	13,6	6,2	4,8	35,8	10,6	10,9	178,6	177,2	60,4
1993		27,6	597,0	12,4	13,9	7,3	7,5	14,8	6,0	9,9	20,4		70,7
1994		3,7	36,3	89,4	7,3	4,0	3,8	8,3	57,9	19,2	21,7	98,4	31,8
1995	18,7	261,0	8,4	12,7	7,6	57,7	8,0	18,6	8,5	8,9	6,2	3,8	35,0
1996		2,7	5,3	103,5	119,7	10,8	11,7	6,8	57,9	81,1	102,2	15,8	47,0
1997	7,3	62,4	78,9	10,2	13,5	7,8	8,9	7,9	20,9	9,2	19,9	21,2	22,3
1998	24,1	26,7	8,7	37,0	9,3	10,1	7,8	13,5	22,1	24,6	20,5	28,7	19,4
1999	47,9	5,2	58,8	43,3	7,3	16,9	9,7	6,3	143,6	57,4	71,4	65,2	44,4
2000	20,7	74,0	42,8	69,7	19,9	7,8	9,6	9,3	9,0	36,2	100,6	25,5	35,4
2001	14,4	6,1	30,0	100,0	12,2	6,9	19,5	13,6	6,7	58,1	8,9	40,6	26,4
2002	5,3	13,0	43,0	8,0	8,0	9,5	19,0	9,5	7,3	8,5	6,0	5,0	11,8
2003	24,4	10,3	59,8	47,6	12,3	6,6	21,2	7,5	4,3	3,3	5,9	121,9	27,1
2004			28,6	5,8	5,2	8,2		11,8		10,0		29,0	14,1
2005	31,9	6,3	31,0	9,2	19,0	8,6	6,4	4,1	4,9	15,2	15,2		13,8
2006		10,0		18,0	10,0	10,0	9,0	5,0	8,0	17,5	227,0	152,0	46,7
Snitt 1984-2006	49	37	70	50	17	26	13	15	25	39	64	50	38
Snitt 2001-2006	19	9	38	31	11	8	15	9	6	19	53	70	23



Figur 25 Månedsgjennomsnitt for suspendert tørrstoff (STS) i Hobøelva ved Kure. Gjennomsnitt over perioden 1984-2006 og 2001-2006 er gitt i henholdsvis svart og grå farge.

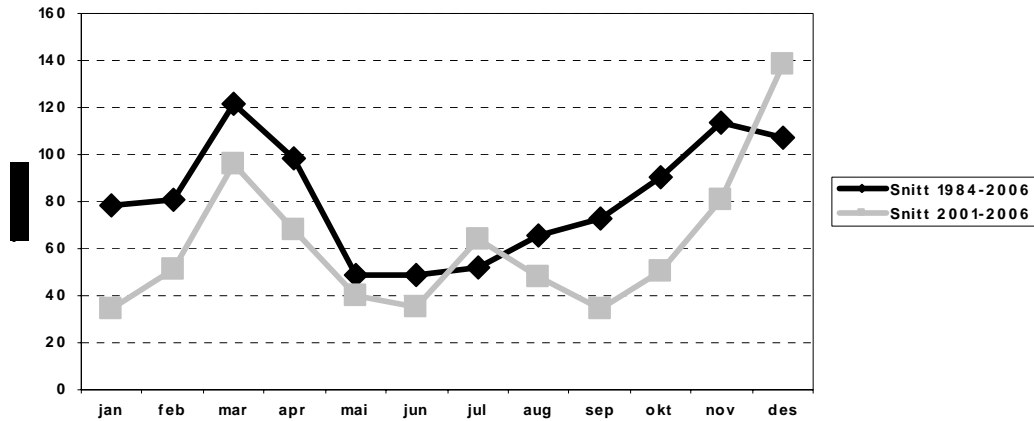
5.1.3 Totalfosfor i Hobøelva

Den empiriske og statistiske analysen av data for totalfosforkonsentrasjoner (TP) viste følgende:

- Stor variasjon i årsmiddelkonsentrasjoner mellom år (variasjonsbredde mellom 44-123 $\mu\text{g TP/l}$; Tabell 8).
- Generelt sett er TP-konsentrasjonene lavest i mai, juni og juli (Figur 26; Tabell 8).
- Stor variasjon i månedsmiddel konsentrasjoner mellom år (spesielt i de biologisk ikke-produktive månedene).
- De 3 laveste årsgjennomsnitt konsentrasjonene er notert i de siste 6 årene (2002; 2004-2005).
- Sett som summen for alle enkeltmåneder, viser TP konsentrasjonen en statistisk signifikant reduksjon over tid ($p < 0.01$) i perioden 1984-2006 (Tabell 9).
- TP konsentrasjonene viser en generell tendens til nedgang over tid, som er mest tydelig i høstmånedene september-november. Av enkeltmåneder er det august, september og oktober som viser spesielt statistisk signifikant nedgang over tid ($p < 0.05$).
- I 2006 var det spesielt høye konsentrasjoner i november og desember noe som mest sannsynlig er knyttet til de spesielle hydrometeorologiske forholdene disse månedene (for eksempel meget høy vannføring).

Tabell 8 Månedsmiddelkonsentrasjoner av total fosfor i Hobølelva (Kure)

År	Måned												Middel
	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	
1984	44	52	44	108	34	54	70	54	136	183	119	329	100
1985	36	124	131	186	54	54	71	125	115	217	336	30	123
1986	74	43	161	291	86	30	33	192	41	114	196	34	108
1987		53	60	79	56	124	44	118	103	235	72		94
1988	191	54	28	77	35	46	54	57	59	49	28	34	59
1989	41	96	101	50	33	36	43	77	54	39	39	23	52
1990	405	186	34	70	33	39	69	41	58	78	51	62	94
1991	30	37	199	45	23	28	51	28	26	44	97		55
1992	22	117	196	66	33	32	33	91	51	41	265	257	100
1993		66	646	45	39	39	37	59	32	41	60		68
1994		31	86	133	27	29	31	52	91	76	82	162	73
1995	69	284	37	39	26	178	51	87	55	49	29	29	78
1996		40	56	284	221	46	70	48	117	155	204	51	117
1997	46	109	70	39	37	37	40	46	71	39	57	48	53
1998	76	76	40	89	34	48	40	66	78	133	88	107	73
1999	100	31	189	108	37	57	44	41	282	164	172	109	111
2000	59	122	115	144	76	34	39	43	66	128	199	73	91
2001	35	45	97	169	54	40	86	63	37	72	34	114	70
2002	28	43	102	19	42	31	70	50	42	38	39	30	44
2003	54	37	102	104	42	39	89	51	34	35	32	255	73
2004			67	29	19	37		51		49			50
2005	21	31	113	43	54	37	48	40	33	73	50		49
2006		101		45	29	28	29	33	26	36	252	195	77
Snitt 1984-2006	78	81	122	98	49	49	52	66	73	91	114	107	79
Snitt 2001-2006	34	51	96	68	40	35	64	48	34	50	81	138	61



Figur 26 Månedsgjennomsnitt for fosforkonsentrasjoner i Hobølelva ved Kure. Gjennomsnitt over perioden 1984-2006 og 2001-2006 er gitt i henholdsvis svart og grå farge.

Tabell 9 Statistisk test (p-verdier) og tegn (+/-) av signifikante endringer for vannføring (Q), konsentrasjoner av total fosfor (TP) og suspendert tørrstoff (STS) i Hobøelva (Kure) 1984-2006.

p-verdi	Q	TP	SS
alle måneder	-0,42	- 0,01	- 0,08
Januar	+0,18	-0,14	+0,11
Februar	+0,11	-0,16	+0,14
Mars	+0,31	0,30	+0,05
April	-0,12	-0,05	-0,02
Mai	-0,27	0,41	+0,50
Juni	+0,49	-0,09	-0,40
Juli	-0,45	-0,43	+0,50
August	-0,09	-0,003	-0,007
September	-0,19	-0,03	-0,04
Oktober	+0,31	-0,02	-0,02
November	-0,19	-0,24	-0,16
Desember	+0,18	0,09	+0,03

Statistisk signifikante trender ($p < 0.05$) markert med fet skrift og grønn boks (ved minking); rød boks (ved økning).

5.2 Trender i de tre andre elvene

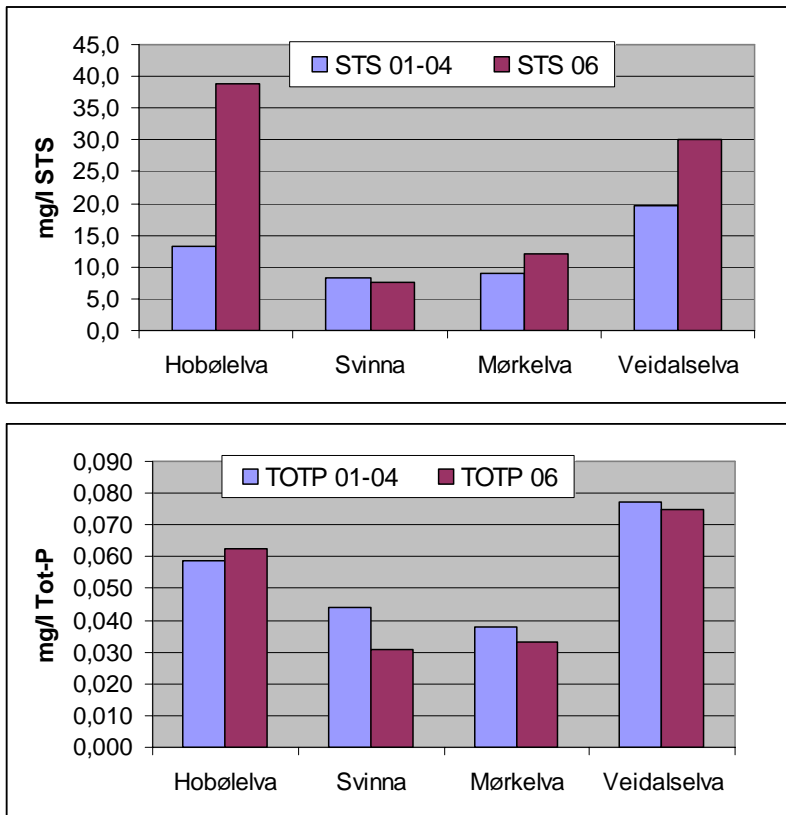
Det er ikke tilstrekkelig med data fra de tre andre elvene til at det kan utføres en grundig trendanalyse. Det ble imidlertid gjort en undersøkelse av forskjellene i konsentrasjoner av suspenderte partikler og totalfosfor i de fire elvene i perioden 2001-2004 og i 2006. Verdiene er i størst mulig grad gjort sammenlignbare ved at det ble foretatt et utvalg av data fra 2006, som følger:

- Kun én verdi fra hver måned ble valgt ut.
- For hver måned ble verdien i datoen nærmest den 20. i måneden valgt ut.
- Dette ble gjort fordi det i de andre årene kun ble tatt prøver maksimum en gang i måneden og da ofte rundt den 20.

Det må understrekes at det kun er tatt mellom 6-8 prøver per år, og at det med et så knapt datamateriale ikke kan trekkes sikre konklusjoner. Videre ble laboratoriet skiftet fra årene 2001-2004 og til 2006. I Deelstra (2006) vises det til at disse to laboratoriene gir ulike analyseresultat for prøver tatt på samme tid og sted i Hobøelva:

”For samtlige prøver lå konsentrasjonene av suspendert tørrstoff cirka 50% lavere i Fylkesmannens prøver (dvs. 2001-2004-laboratoriet) enn i Bioforsk-lab sine prøver (dvs. 2006-laboratoriet). For totalfosfor var Bioforsks prøver både høyere og lavere enn Fylkesmannens, men totalt sett var fosforinnholdet ca. 20% høyere i Fylkesmannens prøver (dvs. 2001-2004).”

Figur 27 viser gjennomsnittlig konsentrasjon av henholdsvis suspendert materiale og totalfosfor fordelt på de fire elvene og de to periodene. Gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon var høyere i 2006 enn i de andre årene i alle elver unntatt Svinna, sannsynligvis fordi 2006 var et relativt vått år i forhold til de andre årene. Konsentrasjonen av totalfosfor var imidlertid kun ubetydelig høyere (i Hobøelva) eller lavere (i de andre tre elvene) i 2006 enn i de fire første årene. Dette kan tyde på at mengden fosfor som fraktes med partiklene er gått ned. Det må dog tas et forbehold om skiftet av laboratorie.

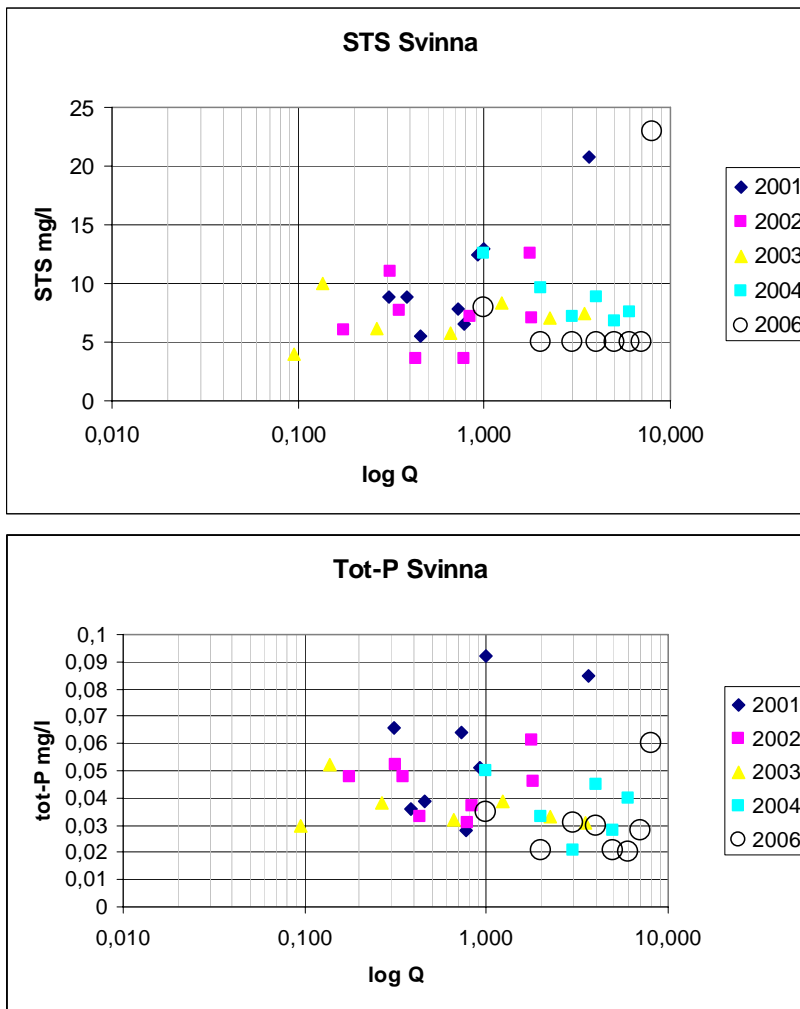


Figur 27 Gjennomsnittlig konsentrasjon av suspendert materiale (øvre panel) og totalfosfor (nedre panel) i årene 2001-2004 (blå søyle) og 2006 (rød søyle) i de fire elvene. Merk forskjellen for STS og totalfosfor i de to diagrammene.

Det ble videre gjort en undersøkelse av konsentrasjonene i de ulike årene med målinger mot simulert vannføring. Resultatene er vist i figurene 28 - 30. Vannføringskalaen er logaritmisk for å kunne gi et mer oversiktlig bilde av verdiene. Siden konsentrasjonene er plottet mot vannføring vil konsentrasjoner ett år i utgangspunktet være sammenlignbare med konsentrasjoner et annet år på samme vertikale linje, dvs. ved samme vannføring.

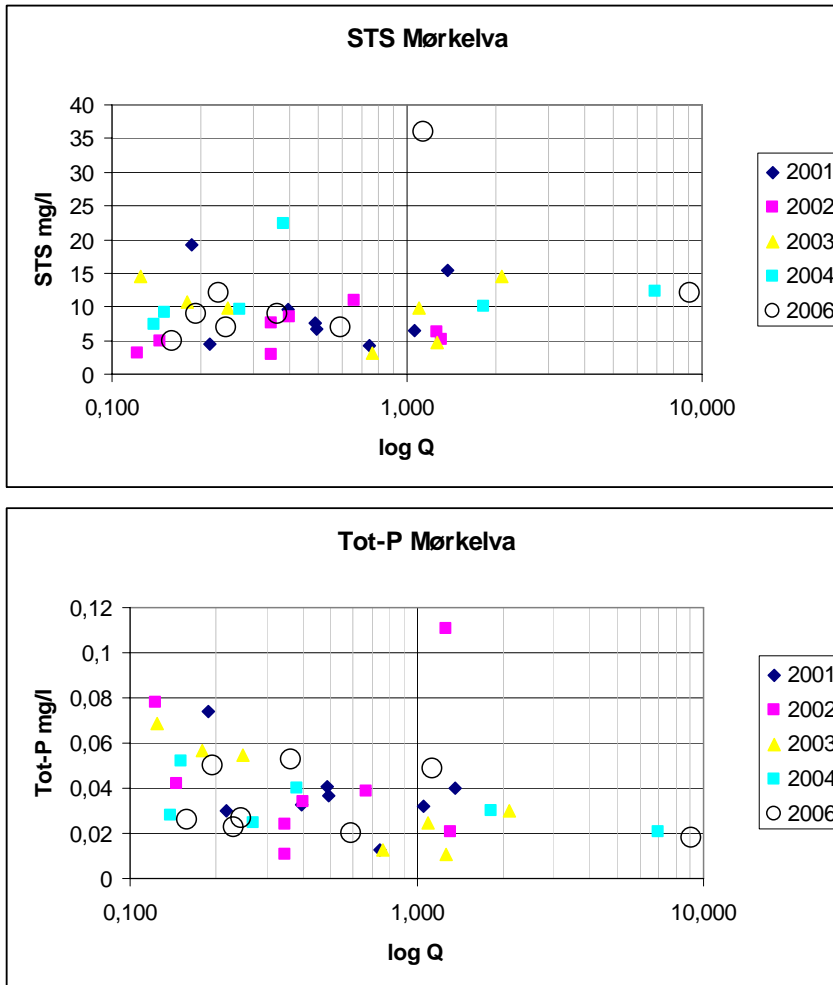
Figurene viser bl.a. at de høyeste verdiene for totalfosfor ofte tilhører årene 2001 (blå ruter) og 2002 (rosa ruter).

I Svinna lå konsentrasjonen av både suspendert materiale og totalfosfor lavt i 2006 i forhold til alle de andre fire årene, med unntak av én prøve.



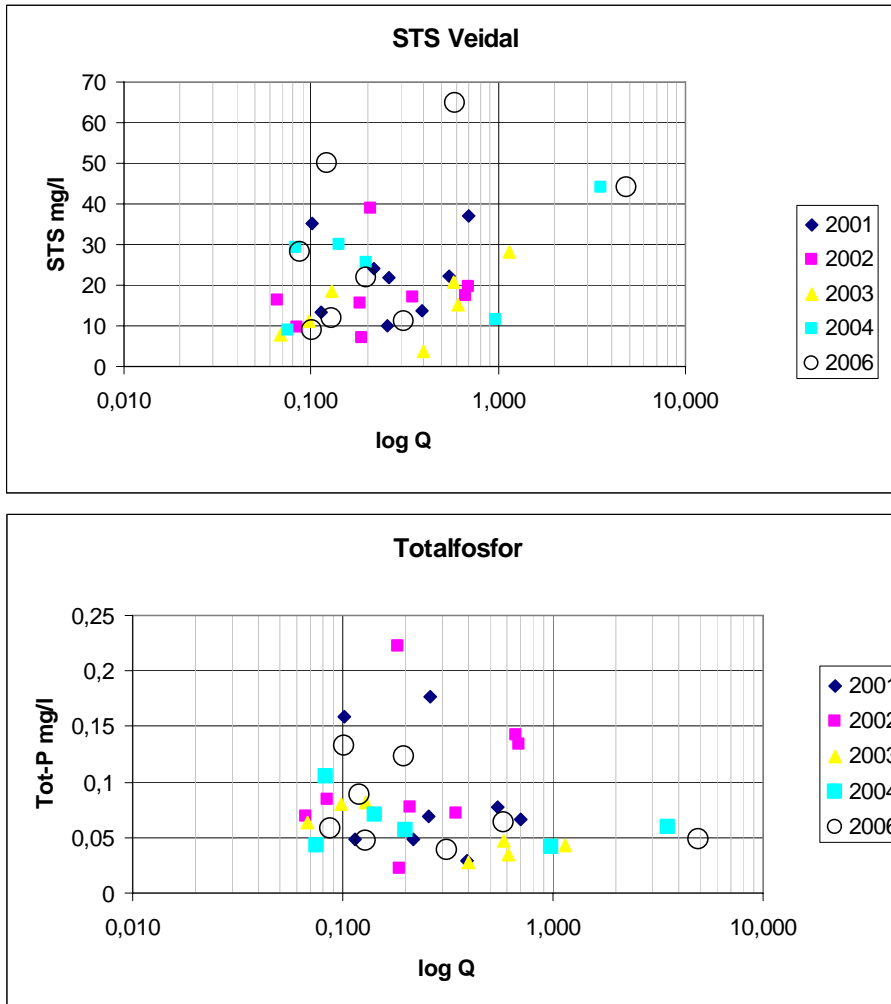
Figur 28 Konsentrasjonen av suspendert materiale (mg/l; øvre panel) og totalfosfor (mg/l nedre panel) plottet mot vannføring (m³/s; logaritmisk skala på aksene), for fem år i Svinna.

I Mørkelva lå prøvene for suspendert materiale i 2006 stort sett på samme nivå som de andre årene, bortsett fra én prøve hvor STS-konsentrasjonen er betydelig høyere ved samme vannføring enn i de andre årene.



Figur 29 Konsentrasjonen av suspendert materiale (mg/l; øvre panel) og totalfosfor (mg/l; nedre panel) plottet mot vannføring (m³/s; logaritmisk skala på aksene), for fem år i Mørkelva.

I Veidalselva ligger 3 av prøvene for suspendert materiale i 2006 høyere enn i de andre fire årene, mens de fem andre prøvene det året ligger fordelt relativt likt med de andre årene. For totalfosfor ligger to av 2006-prøvene relativt høyt, men både 2001 og 2002 har prøver som ligger høyere i konsentrasjon ved samme vannføring, enn 2006-prøvene.



Figur 30 Konsentrasjonen av suspendert materiale (mg/l; øvre panel) og totalfosfor (mg/l; nedre panel) plottet mot vannføring (m³/s; logaritmisk skala på aksene), for fem år i Veidalselva.

6. Samlet tilførsel av fosfor og slam til Vansjø i 2006

I Bechmann og Eggestad (2007) rapporteres tilførselsberegninger til Vestre Vansjø. Hovedresultatene gjengis her, i den hensikt å sammenligne med tilførslene fra Storefjorden. Beregningsmetoden er lik for alle data og utført med lineær interpolasjon. Beregninger utført med slamtransportkurven er derfor ikke gjengitte her.

Tabell 10. Oversikt over totale tilførsler til Storefjorden og Vanemfjorden i 2006. Data for tilførselsbekker til Vanemfjorden er hentet fra Bechmann (2007).

	km ²	STS		Tot-P	
		tonn/år	tonn/år og km ²	kg/år	kg/år og km ²
Hobøelva	337	15 150	40	27 313	74
Svinna	104	650	12	2 555	44
Mørkelva	59	500	5	1 013	10
Veidalselva	33	710	22	1 293	39
Vestre Vansjø	54			4 700	87
Guthusbekken	3,1	120	38	317	101
Sperrebotn	2,5	64	26	177	71
Augerødbekken	4,8	240	50	504	105
Ørejordet	0,5	13	26	31	63
Årvoldbekken	0,4	8	22	25	65
Støabekken I	0,2	19	119	51	323
Vaskeberget	0,1	21	158	49	379
Huggenesbekken	0,8	43	53	124	153

Som tabell 10 viser er de spesifikke tilførslene svært varierende, fra 10 kg fosfor pr. år og km² i Mørkelva og til 379 kg fosfor pr. år og km² i Vaskeberget. Tilsvarende varierer spesifikk sedimenttransport med mellom 5 tonn/år og km² i Mørkelva til 158 tonn/år og km² i Vaskeberget. Det henvises til Bechmann (2007) for en gjennomgang av metoder og usikkerhet knyttet til tilførsler fra bekkene. Bechmann har også beregnet samlede tilførsler av totalfosfor for hele feltet som drenerer til vestre Vansjø til 4,7 tonn. Dette medfører at total fosfortransport til hele Vansjø¹ i 2006 er 34,5 tonn.

¹ Inkluderer de fire hovedelvene til Storefjorden, samt målt og beregnet transport av alle tilførsler til vestre Vansjø.

7. Konklusjoner og anbefalinger

7.1 Vannføring og stofftransport i 2006

Totaltransport i 2006 for alle fire elver til Storefjorden ble beregnet til 15500 tonn med partikler og 29,8 tonn med totalfosfor. 2006 var et nedbørrikt år med høye vannføringer, særlig var høstflommen stor. Dette ga også høye transportrater i elvene, som vist ved at Hobøelva i 2006 fraktet mellom 23 - 27 tonn fosfor, mot estimert 5 - 9,5 tonn i 2005; og 12000 – 15000 tonn suspendert stoff mot 1900 – 4300 tonn i 2005.

Transportratene i Svinna, Mørkelva og Veidalselva ble beregnet med modellert vannføring. Dette er ikke utført tidligere og transportrater fra tidligere år kan derfor ikke uten videre sammenlignes. Transportratene varierer fra ca. 500 tonn suspenderte partikler i Mørkelva til ca. 700 tonn i Svinna og Veidalselva. Fosfortransporten varierer fra ca. 1000 kg/år i Mørkelva, 1300 kg/år i Veidalselva og 2600 kg/år i Svinna.

Spesifikk stofftransport er størst i Hobøelva, og denne elva viser også størst følsomhet mot flom; dvs. at konsentrasjoner øker kraftig i flomepisoder. Følgelig gikk over halvparten av stofftransporten i Hobøelva i løpet av flommen høsten 2006 (i perioden 16. november – 15. desember). For de andre elvene utgjorde transporten i denne perioden mellom 25-40% av årstransporten.

7.2 Trender i stofftransporten

Analysene som er utførte med det tilgjengelige datamaterialet tyder på en nedgang i transporten av totalfosfor over tid.

I Hobøelva er det utført en trendanalyse tilbake til 1984. Det kan her påvises en generell tendens til nedgang over tid i totalfosfor, denne nedgangen er mest tydelig om høsten. Særlig viser august, september og oktober statistisk signifikant nedgang over tid. Denne nedgangen i totalfosfor kan være knyttet til at det var en kraftig nedgang i konsentrasjoner fra midten av 80-tallet. Det er også en indikasjon på lavere STS-konsentrasjoner de siste 6 årene (2001-2006) i sammenligning med langtidsgjennomsnittet. Spesielt lave konsentrasjoner er observert høsten 2002, 2003 og 2005.

For de tre andre elvene er det ikke tatt prøver langt bakover i tid. En sammenligning av årene 2001-2006 tyder allikevel på at det kan ha skjedd en nedgang i konsentrasjon av totalfosfor til tross for en økning i suspendert materiale. Økningen i suspendert materiale skyldes at 2006 var et mer nedbørrikt år. Denne tendensen må bekreftes av nye målinger, men kan være en indikasjon på at det er mindre fosfor på partiklene som ble fraktet i 2006 enn i de tidligere årene.

7.3 Anbefalinger

For å fortsatt få gode data fra disse elvene anbefales det at måleprogrammet fortsetter i alle fire elver. Det vil være en forbedring av programmet om det tas hyppigere prøver fra Veidalselva, særlig i flomepisoder. Den automatiske prøvetakeren i Hobøelva bør fortsette i 2007, gjerne koblet mot kontinuerlige målinger med en sensor.

Det anbefales også at det settes av mer ressurser til å gjennomgå historiske data. Som det er nå har det vært nødvendig å bruke månedsmidler fordi vi ikke vet eksakt prøvetakingsdato for de eldste dataene. En bedre gjennomgang av historiske data, kanskje også sammenstilt mot data fra innsjøen og informasjon om tiltak i nedbørfeltene, kan bidra til at det kan gis bedre forklaringer på trenderne. Videre anbefales det at det enten settes opp vannstandsmålere i de tre mindre elvene, eller at det settes av midler til å forbedre HBV-modellen noe.

8. Referanser

- Asselman, N.E.M. 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology* **234**: 228-248
- Bergström S. 1976. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. Reports RHO, vol. 7. Norrköping, Sweden: Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI); 1976. 134 pp.
- Bechmann, M. 2007. Fosfortilførsler til vestre Vansjø og Mosseelva i 2006. Bioforsk-rapport *in prep.*
- Bjørndalen, K., Andersen, T., Bechmann, M., Borgvang, S.A., Brabrand, Å., Delstra, J., Gunnarsdottir, H., Hobæk, A., Saloranta, T., Skarbøvik, E og Lyche Solheim, A. 2006. Utredninger Vansjø 2005 – Sammendrag og anbefalinger. NIVA Rapport 5146-2006, 41 s.
- Bjørndalen, K. m.fl. 2007. Utredninger Vansjø 2006 – Sammendrag og anbefalinger. NIVA-rapport *in prep.*
- Borgvang, S.A., Skarbøvik, E., Selvik, J.R., Stålnacke, P.G., Bønsnes, T.E. and Tjomsland, T. 2006. Load and Source Orientated Approaches for Quantifying Nutrient Discharges and Losses to Surface Waters. May the methodologies of and the synergies between the two approaches be improved? NIVA Report 5307-2006. 84 pp.
- Campbell, F. B. and Bauder, H. A. 1940. A rating-curve method for determining silt-discharge of streams. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)* **21**: 603-607.
- Cohn, T.A. 1995. Recent advances in statistical methods for the estimation of sediment and nutrient transport in rivers. *Reviews in Geophysics Supplement*: 1117-1123.
- Deelstra, J., Skarbøvik, E., og Borgvang, S.A. 2006. Forbedring av tilførselsberegninger til Vansjø fra Hobøelva. Bioforsk Rapport Vol 1; Nr. 17 2006. 44 s.
- Grimvall, A. 2004. FLOWNORM - a Visual Basic program for computing riverine loads of substances and extracting anthropogenic signals from such data. Version 2.0. Apr, 2004.
- Kaste, Ø., Wright, R.F., Barkved, L.J., Bjerkeng, B., Engen-Skaugen, T., Magnusson, J. and Sælthun, N.R. 2006. Linked models to assess the impacts of climate change on a Norwegian river basin and fjord system. *Sci Total Environ*, 365(1-3). 22 pp.
- Kaste, Ø., Wright, R.F., Barkved, L.J., Bjerkeng, B., Engen-Skaugen, T., Magnusson, J. and Sælthun, N.R. 2005. Linked models to assess the impacts of climate change on rivers and fjords. Results from a Strategic Institute Programme 2002-2004. NIVA Report 4949-2005. 60 pp.
- Nash JE, Sutcliffe JV. River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. *J Hydrol* 1970;10: 282–90.
- Skarbøvik, E., Eggestad, H.O., og Tingvold, J.K. 2007. Utprøving av endret manøvrerings-reglement i Vansjø. Resultater fra andre forsøksperiode, sommer/høst 2006. NIVA-Rapport 5340-2007, 46 s.

Stålnacke, P.G., Lyche Solheim A. og Bechmann, M. 2005. Utvikling av vannkvaliteten i Vansjø og Hobølelva. En foreløpig analyse av tidsserier. NIVA Rapport 4937-2005. 30 s.

Sælthun, N. R. 1996. The "Nordic" HBV Model. Description and documentation of the model version developed for the project Climate Change and Energy Production, NVE Publication 7. Norwegian Water Resources and Energy Administration ISBN 82-410-0273-4, Oslo, 26 pp

Walling, D. E. and Webb, B. W. 1981. The reliability of sediment load data. In Erosion and Sediment Transport Measurement. IAHS Publication No. 133. IAHS Press: Wallingford UK; 177-194.

Walling, D. E. and Webb, B. W. 1988. The reliability of rating curve estimates of suspended sediment yield: Some further comments. Symposium on Sediment Budgets, Porto Alegre, Brazil: IAHS, pp. 337-350.

Vedlegg A. Vannkvalitetsdata

Vannkvalitetsdata Hobølelva ved Kure:

dato	SS	P tot	Ortho-P	Løst total P
dd.mm.åååå	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
27.02.2006	10	0,101		
19.04.2006	18	0,045		
08.05.2006	7	0,024		
22.05.2006	13	0,034	<0.005	0,014
05.06.2006	9	0,023	0,005	0,009
19.06.2006	11	0,033	<0.005	
03.07.2006	11	0,624*		0,012
17.07.2006	<5	0,034	<0.005	
21.07.2006	<5	0,013	<0.005	
22.07.2006	<5	0,013	<0.005	
23.07.2006	<5	0,017	<0.005	
24.07.2006	<5	0,016	<0.005	
25.07.2006	<5	0,017	<0.005	
26.07.2006	5	0,037	<0.005	
27.07.2006	<5	0,025	<0.005	
28.07.2006	5	0,032	<0.005	
29.07.2006	8	0,032	<0.005	
30.07.2006	8	0,039	<0.005	
31.07.2006	11	0,069		
01.08.2006	13	0,05		
08.08.2006	7	0,07		
09.08.2006	7	0,06		
14.08.2006	<5	0,034		
19.08.2006	36	0,076		
23.08.2006	11	0,038		
28.08.2006	6	0,031		
03.09.2006	41	0,066		
04.09.2006	58	0,097		
11.09.2006	8	0,025		
19.09.2006	9	0,045		
25.09.2006	7	0,027		
01.10.2006	57	0,103		
07.10.2006	89	0,153		
09.10.2006	14	0,032		
22.10.2006	21	0,041		
23.10.2006	61	0,182		
06.11.2006				
17.11.2006	200	0,384		
21.11.2006	236	0,266		
24.11.2006	53	0,119		
03.12.2006	167	0,478		

04.12.2006	187	0,293		
04.12.2006	106	0,19		
08.12.2006	294	0,365		
08.12.2006	166	0,258		
11.12.2006	157	0,27		
18.12.2006	9	0,025		

** Verdien var uforklarlig høy og har derfor blitt utelatt fra databehandlingen i denne rapporten.*

Vannkvalitetsdata Svinna ved utløp:

	SS	P tot	Ortho-P	Løst total P
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
13.02.2006	6	0,026		
27.02.2006	3,6	0,024		
13.03.2006	3,4	0,023		
27.03.2006	7,2	0,025		
19.04.2006	8	0,035		
08.05.2006	5	0,027		
22.05.2006	<5	0,021	<0.005	0,013
05.06.2006	5	0,018	<0.005	0,011
19.06.2006	5	0,031	<0.005	
03.07.2006	7	0,022		0,007
17.07.2006	<5	0,03	<0.005	
31.07.2006	<5	0,028	0,005	
14.08.2006	5	0,032		
28.08.2006	<5	0,021		
11.09.2006	<5	0,02		
25.09.2006	<5	0,02		
09.10.2006	5	0,028		
23.10.2006	5	0,025		
06.11.2006		0,032		
17.11.2006	10	0,037		
20.11.2006	13	0,045		
21.11.2006	23	0,06		
24.11.2006	17	0,057		
04.12.2006	13	0,052		
08.12.2006	21	0,093		
18.12.2006	17	0,056		

Vannkvalitetsdata Mørkelva

dato klokkeslett	SS	P tot	Ortho-P	Løst total P
dd.mm.aaa tt:mm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
19.04.2006	12	0,018		
08.05.2006	7	0,021		
22.05.2006	12	0,023	<0.005	0,011
05.06.2006	7	0,02	<0.005	0,01
19.06.2006	9	0,05	<0.005	
03.07.2006	11	0,029		0,012
17.07.2006	9	0,053	0,005	
31.07.2006	12	0,104	0,025	
14.08.2006	5	0,086		
28.08.2006	7	0,027		
11.09.2006	<5	0,02		
25.09.2006	5	0,026		
09.10.2006	7	0,02		
23.10.2006	29	0,04		
06.11.2006		0,012		
17.11.2006	41	0,055		
20.11.2006	38	0,067		
21.11.2006	36	0,049		
24.11.2006	28	0,043		
04.12.2006	17	0,044		
08.12.2006	19	0,048		
18.12.2006	5	0,008		

Vannkvalitetsdata Veidalselva

dato klokkeslett	SS	P tot	Ortho-P	Løst total P
dd.mm.aaa tt:mm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
19.04.2006	44	0,048		
08.05.2006	23	0,044		
22.05.2006	50	0,088	0,011	0,017
05.06.2006	13	0,047	0,008	0,011
19.06.2006	9	0,133	0,038	
03.07.2006	17	0,065		0,021
17.07.2006	22	0,123	0,027	
31.07.2006	17	0,164	0,054	
14.08.2006	5	0,137		
28.08.2006	12	0,047		
11.09.2006	5	0,025		
25.09.2006	28	0,058		
09.10.2006	11	0,038		
23.10.2006	21	0,06		
06.11.2006		0,025		
17.11.2006	81	0,129		
20.11.2006	147	0,28		
21.11.2006	65	0,063		
24.11.2006	56	0,094		
04.12.2006	42	0,109		
08.12.2006	59	0,129		
18.12.2006	14	0,028		