

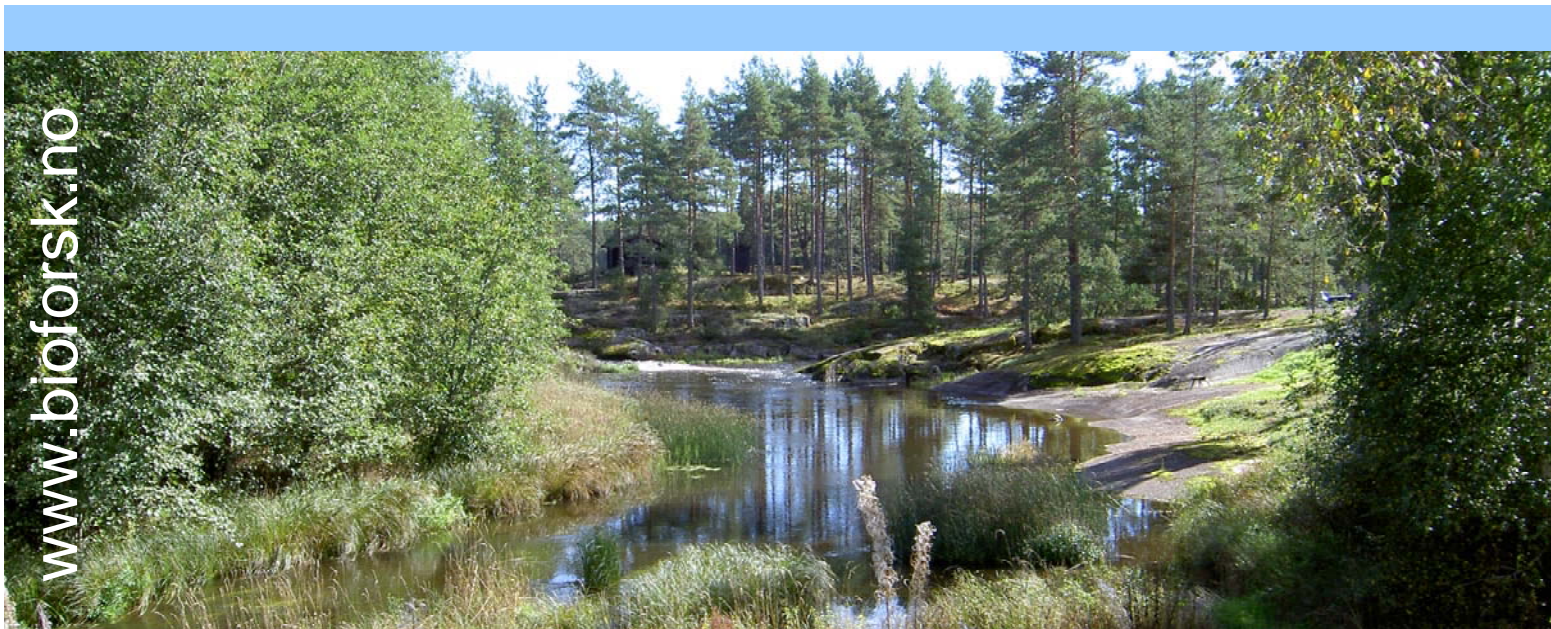
Bioforsk Rapport

Vol. 3 Nr. 91 2008

Utvikling av vannkvaliteten i Vansjø- Hobølvassdraget 1983-2006

Statistiske analyser av data fra tilførselselver og innsjø

Eva Skarbøvik, Annelene Pengerud, Per Stålnacke og Nils Otto Kitterød
Bioforsk Jord og miljø



**Hovedkontor**

Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tel.: 03 246
Fax: 63 0092 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø

Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

Tittel/Title:

Utvikling av vannkvaliteten i Vansjø-Hobølvassdraget 1985-2006
Statistisk analyse av data fra tilførselselver og innsjø

Forfatter(e)/Autor(s):

Eva Skarbøvik, Annelene Pengerud, Per Stålnacke og Nils Otto Kitterød

<i>Dato/Date:</i>	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i>	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i>	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i>
20. juni 2008	Åpen	2110352-1	
<i>Rapport nr./Report No.:</i>	<i>ISBN-nr.:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i>	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i>
91 / 2008	978-82-17-00403-5	52	5

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i>	<i>Kontaktperson/Contact person:</i>
Vannområdeutvalget Morsa	Helga Gunnarsdottir

<i>Stikkord/Keywords:</i>	<i>Fagområde/Field of work:</i>
Trendanalyser, vannovervåking Trend analyses, water monitoring	Ferskvann Freshwater

Sammendrag

Eksisterende data fra Vansjø-Hobølvassdraget i perioden 1983-2006 er benyttet til å utføre følgende analyser: (1) Ny beregning av tilførsler i Hobølelva i perioden 1985-2006; (2) Beregning av trender for fosfor, nitrogen og partikler i Hobølelva i perioden 1985-2006; (3) Beregning av mulige trender i vannkvalitet i Svinna, Veidalselva og Mørkelva; (4) Analyse av flomvannføring i Hobølelva; og (5) Trendanalyse av vannkvalitetsdata i Storefjorden og Vanemfjorden for perioden 1983-2006.

<i>Fylke:</i>	Østfold
<i>Lokalitet:</i>	Vansjø-Hobølvassdraget

Godkjent / Approved

Lillian Øygarden

Prosjektleder/Projectleader

Anne Grete B. Blankenberg

Forord

Vannområdeutvalget Morsa har gitt Bioforsk Jord og Miljø i oppdrag å gjennomføre statistiske trendanalyser av data fra tilførselselver til vansjø samt fra begge bassenger i innsjøen. Oppdraget har vært utført som et delprosjekt under prosjektet ”Effekt av fosforreduserende tiltak i Morsa 2000 – 2006, samt analyse av gjenværende tiltak for å nå miljømålene” ledet av Anne-Grete B. Blankenberg. Arbeidet skal bidra til det faglige grunnlaget for revidering av Handlingsplan for Morsa og Regionalt miljøprogram for jordbruket.

Eksisterende data til og med 2006 for innsjø og tilførselselver er benyttet til følgende analyser:

1. Ny beregning av tilførsler i Hobølelva i perioden 1985-2006, med tre ulike interpoleringsmetoder;
2. Beregning av trender for fosfor, nitrogen og partikler i Hobølelva i perioden 1985-2006;
3. Beregning av mulige trender i vannkvalitet i Svinna, Veidalselva og Mørkelva;
4. Analyse av flomvannføring i Hobølelva;
5. Trendanalyse av vannkvalitetsdata i Storefjorden og Vanemfjorden for perioden 1983-2006.

Eva Skarbøvik har hatt ansvaret for ny beregning av transport og beregning av trender med stofftransportkurver i Hobølelva, analysen av de tre andre tilførselselvene Svinna, Mørkelva og Veidalselva, samt redigering av rapporten. Annelene Pengerud har hatt ansvaret for trendanalyser i Storefjorden og Vanemfjorden. Per Stålnacke har hatt ansvaret for statistiske vannføringsnormaliserte trendanalyser. Nils Otto Kitterød har hatt ansvaret for analyse av flomvannføringer. Lillian Øygarden har vært kvalitetssikrer.

Det rettes en stor takk til oppdragsgiver Helga Gunnarsdottir for et konstruktivt og godt samarbeid.



Eva Skarbøvik

Innhold

1.	Sammendrag	7
2.	Innledning	9
3.	Transportberegninger Hobølelva 1985-2006, med tre ulike metoder	10
3.1	Formål	10
3.2	Feltbeskrivelse	10
3.3	Datagrunnlag	11
3.4	De tre metodene for beregning av stofftransport	12
3.4.1	Slamførings- og stofftransportkurver for Hobølelva	13
3.5	Resultat	15
4.	Trender for stofftransport i Hobølelva beregnet med to ulike metoder	17
4.1	Metodikk for vannføringsnormaliserte trendanalyser	17
4.2	Trender for vannføringsnormalisert tilførsler fra Hobølelva	17
4.3	Analyser av trender ved bruk av stofftransportkurver	21
4.4	Analyse av trender i konsentrasjon	23
5.	Tilførsler fra andre sidevassdrag til Storefjorden	25
5.1	Formål	25
5.2	Feltbeskrivelse og datagrunnlag	25
5.3	Vurdering av oppgavens formål sett i forhold til datagrunnlag	26
5.4	Slamførings- og stofftransportkurver	26
5.5	Vurdering av trender i konsentrasjoner	31
6.	Analyse av flomvannføring i Hobølelva	35
6.1	Formål	35
6.2	Observasjoner	35
6.3	Metode for flomanalysen	35
6.4	Resultat av flomanalysen	35
6.5	Konklusjon vannføringsanalyse	40
7.	Trendanalyse vannkvalitetsdata i Storefjorden og Vanemfjorden	41
7.1	Formål	41
7.2	Metode	41
7.3	Data	42
7.4	Tidstrendanalyse av fosfor- og klorofyllkonsentrasjoner	43
7.5	Vurderinger og diskusjon	44
8.	Konklusjoner	49
8.1	Tilførsler og trender i vannkvalitet og flomfrekvens i Hobølelva	49
8.2	Trender i Svinna, Mørkelva og Veidalselva	49
8.3	Trender i Vansjø	49
9.	Referanser	51
10.	Vedlegg	53

1. Sammendrag

Tittel: Utvikling av vannkvaliteten i Vansjø-Hobølvassdraget 1985-2006:
Statistisk analyse av data fra tilførselselver og innsjø
År: 2008
Forfattere: Eva Skarbøvik, Annelene Pengerud, Per Stålnacke og Nils Otto Kitterød.
Kvalitetssikrer: Lillian Øygarden
Kilde: Bioforsk rapport (3) 91

Det er utført regelmessige målinger av vannkvalitet i Vansjø og i hovedtilførselselva Hobølelva siden hhv 1983 og 1985. Disse data er tidligere benyttet i en rekke forskjellige rapporter, som enten bare har vært basert på deler av det eksisterende datamaterialet, eller som har benyttet ulike metodikk for å vurdere det samlede datamaterialet. I denne rapporten er dataseriene analyserte på en helhetlig måte.

Nye transportberegninger for totalfosfor, totalnitrogen og suspendert materiale i Hobølelva er utført for alle år siden målingene begynte i 1985, med tre ulike beregningsmetoder: lineær interpolasjon, slamførings- og stofftransportkurver og årsgjennomsnittsmetoden. Resultatet viser at transporttallene varierer tildels kraftig avhengig av hvilken metode som benyttes.

Vannføringsnormaliserte trendanalyser er utført på transportberegninger utført ved lineær interpolasjon og slamføringskurver. Statistiske analyser påviste en signifikant jevn nedgang i suspendert materiale fra 1985 til 2006 (fra ca 13,000 tonn til ca 7000 tonn). For totalfosfor kan det også vises til en jevn nedgang (fra ca 20 til 17 tonn), men denne er mindre signifikant enn for suspendert materiale. For total nitrogen er ikke den monotone trenden signifikant, men dette skyldes sannsynligvis at det var en oppgang i begynnelsen av 90-tallet, som så kan ha blitt redusert i påfølgende år. Analyser ved hjelp av stofftransportkurver viser at transporten av suspendert stoff, totalfosfor og total nitrogen har blitt *reduert* fra begynnelsen av 1990-tallet og til 2000-tallet. Analysene viser også at ekstreme konsentrasjoner ved høye vannføringer ikke lenger observeres etter ca. 2000, noe som er spesielt positivt siden det de senere år (2005-2006) bevisst har blitt tatt ekstra vannprøver ved stigende vannføringer.

Når det gjelder flomfrekvensen i Hobølelva, kan det, basert på robust regresjon, fastslås at det ikke er noen tendens til hyppigere vannføringer over 30, 20 og 10 m³/s i perioden 1975 til 2007. For perioden etter 2001 ser det ut til at vannføringer over 30, 20 og 10 m³/s heller opptrer mer sjeldent enn før.

Datagrunnlaget for elvene Svinna, Mørkelva og Veidalselva ble vurdert, men det ble konkludert med at det ikke kunne utføres vannføringsnormaliserte beregninger av transporten. En vannføringsnormalisert trendanalyse for de fem årene med målinger ga følgelig heller ikke mening. Imidlertid ga en analyse av stofftransportkurver i disse elvene indikasjon på en mulig nedgang i stofftransporten i Svinna i de senere årene. Analysen av konsentrasjoner fra disse elvene er gjengitt (Skarbøvik et al. 2007), og viser at det ikke kan påvises noen endringer i konsentrasjoner i Mørkelva eller Veidalselva over tid, men at det i Svinna ser ut til å ha vært en reduksjon i forekomsten av høye konsentrasjoner det siste året. Dette må imidlertid stadfestes gjennom undersøkelser fremover i tid.

I Vansjø er det blitt utført statistiske trendanalyser av vannkvaliteten (total fosfor og klorofyll a) i perioden 1983-2006. I Vanemfjorden ga den statistiske analysen klart signifikant oppgang for både total fosfor og klorofyll a mellom 1983-2007. Klorofyllkonsentrasjonen i Storefjorden var også signifikant økende, mens det for totalfosfor ikke ble funnet noen signifikant trend. En sammenstilling av månedsmiddel for konsentrasjoner av totalfosfor og klorofyll-a for henholdsvis periodene 1983-2000 og 2001-2007 viser en økning i konsentrasjoner etter år 2000. Dette antas å være en følge av flomepisoder i årene 1999 og 2000. Det har videre vært noe økning i temperatur gjennom vekstsesongen i løpet av perioden, men denne økningen er ikke statistisk signifikant.

2. Innledning

Det er utført regelmessige målinger av vannkvalitet i Vansjø og i hovedtilførselselva Hobølelva siden hhv 1983 og 1985. Disse data er tidligere benyttet i en rekke forskjellige rapporter, bl.a. Lyche Solheim et al. 2001; Stålnacke et al. 2004; Deelstra et al. 2005; Skarbøvik et al. 2006, 2007; Bjørndalen et al. 2006). Imidlertid har tidligere rapporter ofte vært basert på bare deler av datamaterialet, og i de tilfeller hvor lengre tidsserier har vært benyttet har det ofte vært brukt ulike metodikk, slik at resultatene ikke har vært lette å sammenligne. I denne rapporten analyseres derfor disse dataseriene på en ny og mer helhetlig måte.

Analysen er delt opp i følgende del-aktiviteter:

- Kap 3. Tilførsler (transport) fra Hobølelva i perioden 1985-2006, av fosfor, nitrogen og suspendert tørrstoff er beregnet per år og måned med tre ulike metoder¹;
- Kap 4. Trendanalyser av Hobølelvas tilførsler av fosfor, nitrogen og suspendert tørrstoff er gjennomført med to ulike metoder;
- Kap 5. Trender i tilførsler (transport) av fosfor, nitrogen og suspendert tørrstoff fra andre sidevassdrag til Storefjorden er gjennomført i den grad datamaterialet tillater det;
- Kap 6. Analyse av flomvannføring i Hobølelva i tidsrommet 1984-2006;
- Kap 7. Trendanalyse av konsentrasjoner av fosfor og klorofyll a i Storefjorden og Vanemfjorden er gjennomført ved statistisk analyse og tolking av vannkvalitetsutviklingen for perioden 1983-2006.

¹ Disse tre metodene er alle benyttet i tidligere rapporter: I tiltaksanalysen (Lyche Solheim et al., 2001) ble det utført beregninger basert på den såkalte årsgjennomsnittsmetoden for treårsperioden 1997-99, mens det i Deelstra et al. (2006) og Skarbøvik et al. (2007) ble utført beregninger for henholdsvis 2005 og 2006 med to andre beregningsmetoder (lineær interpolasjon og slamføringskurve).

3. Transportberegninger Hobølelva 1985-2006, med tre ulike metoder

3.1 Formål

I Hobølelva har transporten tidligere blitt beregnet med ulike interpoleringsmetoder i ulike typer prosjekt: I tiltaksanalysen (Lyche Solheim et al., 2001) ble det utført beregninger basert på den såkalte årsgjennomsnittsmetoden for treårsperioden 1997-99, mens det i Deelstra et al. (2006) og Skarbøvik et al. (2007) ble utført beregninger for henholdsvis 2005 og 2006 med to andre beregningsmetoder (lineær interpolasjon og slamføringskurve).

I Borgvang et al. (2006) demonstreres betydningen av valg av interpoleringsmetode for resultatet av transportberegninger. Resultatet varierer tildels kraftig med valg av metode.

I dette kapittelet vises derfor resultater av en ny beregning av tilførsler (transport) av totalfosfor, total nitrogen og suspendert tørrstoff i Hobølelva i perioden 1985-2006, med de tre metodene årsgjennomsnitt, lineær interpolasjon og slamføringskurve.

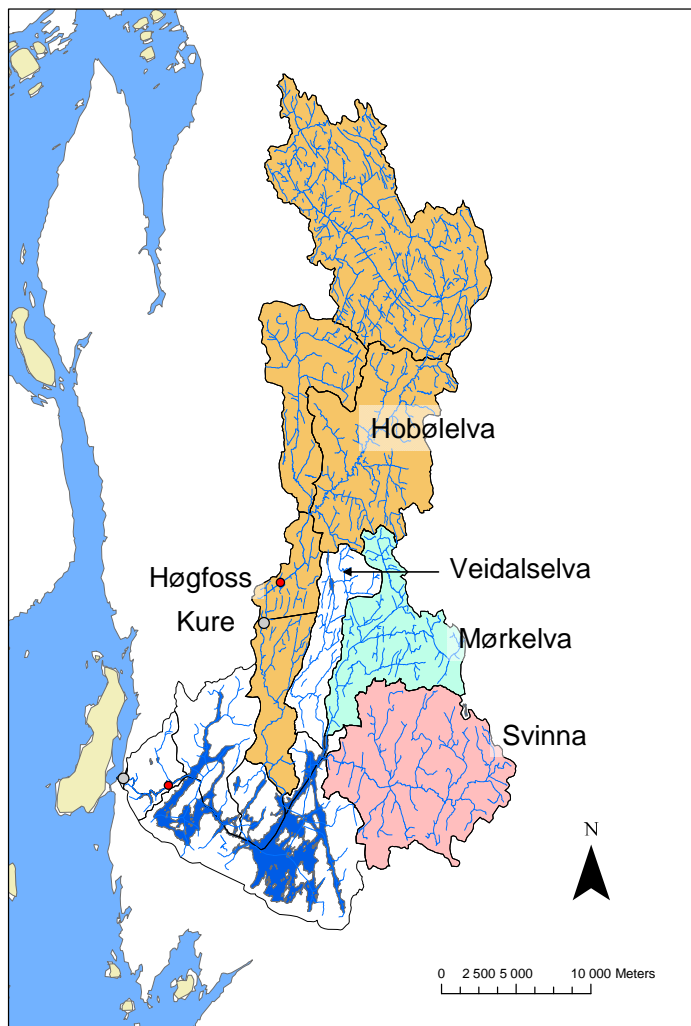
3.2 Feltbeskrivelse

Det er tilsammen fire elver som drenerer til Storefjorden i Vansjø. Disse er Hobølelva, Svinna, Mørkelva og Veidalselva (Figur 1). Hobølelva behandles i dette delkapitlet mens tilførsler i de tre andre delnedbørfeltene er omtalt i kapittel 5.

Feltet strekker seg fra Østmarka i Oslo kommune i nord, gjennom Enebakk og Ski, og til Hobøl kommuner i sør. Den renner ut ved Mosseros. Tabell 1 viser arealfordelingen i nedbørfeltet.

Tabell 1 *Arealfordelingen i Hobølelvas nedbørfelt.*

Benevn	Areal	Sjø/våtmark	Skog/mark	Gras	Jordbruk
km ²	337	16	266	4	52
%	100	5	79	1	15



Figur 1. Kartet viser nedbørfeltene til de fire hovedvassdragene som drenerer til Storefjorden. Vannføringsstasjonen ved Høgfoss og prøvetakingsstasjonen ved Kure er tegnet inn.

3.3 Datagrunnlag

Det er benyttet vannkvalitetsdata fra Hobøelva ved Kure for perioden 1985-2006. Nedbørfeltet til Hobøelva oppstrøms Kure stasjon er på ca. 331 km². Vannstand i Hobøelva måles ved Høgfoss. Stasjonen drives av Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB). Oppstrøms Høgfoss vannføringsstasjon er feltet 297 km². Det er ikke gjort noe forsøk på å oppskalere feltene, da dette ikke er utført i tidligere analyser. Alle data i dette delprosjektet baseres derfor direkte på data fra disse to stasjonene.

Prøvetakingen ved Kure er utført av to ulike instanser, Fylkesmannen i Østfold (FMOS) og Bioforsk, og det er benyttet to forskjellige laboratorier, Analycen og Bioforsk. Det har til dels vært overlapp i prøvetaking hos FMOS og Bioforsk, dels har prøvetaking i perioder kun vært utført av én av disse institusjonene. Analyseresultatene i prøver tatt *samtidig* av disse to institusjonene viste relativt store ulikheter for konsentrasjoner av STS og totalfosfor (jf. Deelstra et al. 2006), noe som bl.a. kan skyldes prøvetakingstidspunkt på dagen, prøvetakingsmetode, og/eller at det ble benyttet ulike laboratorier.

Mens FMOS har den lengste serien av prøvedata, har de få eller ingen data fra 2006; i denne perioden foreligger kun Bioforsk-data. Det måtte derfor tas et valg mht hvilke data som skulle benyttes.

Utslagsgivende for dette valget var ønsket om å få med mest mulig data. Det ble derfor besluttet å benytte alle data; på datoer med overlapp benyttes derfor *både* Bioforsk og FMOS-data.

3.4 De tre metodene for beregning av stofftransport

Metodene for beregning av transport omfatter

- Slamføringskurver
- Lineær interpolasjon
- Årsgjennomsnittsmetoden

Slamføringskurver tar hensyn til at stofftransporten ofte varierer med vannføringen. Det konstrueres en kurve som viser forholdet mellom vannføring og stofftransport, hvor sistnevnte er fremkommet som et produkt av vannføring og konsentrasjon. De to variablene er derfor avhengige av hverandre, men dette medfører ikke nødvendigvis at korrelasjonen behøver å være god. I elver med to eller flere ulike typer kilder for sediment/næringsstoff er korrelasjonen ofte dårlig (for eksempel i Lierelva; Helland et al. 2005). I Hobøl elva har imidlertid korrelasjonen vist seg å være god (Skarbøvik et al. 2007).

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 fortynne konsentrasjonen av stoffer, mens transporten øker. Slamføringskurven beregnes som regel med lineær regresjon (minste kvadraters metode) og kan 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.

Det ble også utarbeidet tilsvarende stofftransportkurver for totalfosfor og totalnitrogen.

Beregningene av total stofftransport gjøres ved å benytte faktiske verdier på målte dager, og kurven i dager uten målinger, basert på gjennomsnittlig døgnvannføring samme dag.

Slike kurver kan konstrueres for ulike tidsperioder. Ett alternativ er å lage kurver for hvert år. En ulempe er at eventuelle anomalier et år vil bli tillagt relativt stor vekt. Alternativet er å slå sammen flere år, for dermed å få mer signifikante kurver. Det ble derfor besluttet å dele inn den totale måleperioden 1985-2006 i 5-års avsnitt (7 for de siste årene), som følger:

- 1985-89
- 1990-94
- 1995-99
- 2000-06

Disse tidsavsnittene er benyttet i flere av analysene i denne rapporten.

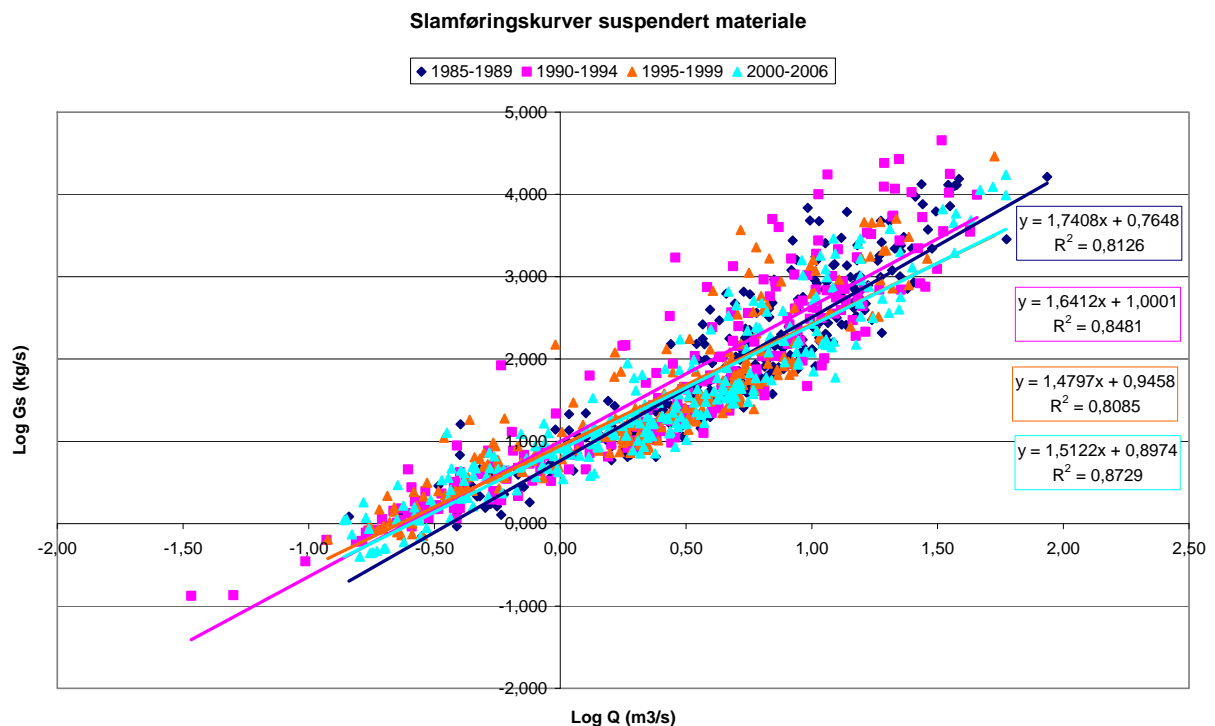
Ved *lineær interpolasjon* trekkes det en imaginær rett linje mellom de ulike konsentrasjonene. Hvis for eksempel konsentrasjonen én dag var 10 mg/l og konsentrasjonen en uke etter var 17 mg/l, vil dagene imellom få konsentrasjoner på 11, 12, 13, 14, osv. mg/l. Deretter beregnes transporten hver dag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

Begge disse metodene benytter altså faktiske data på dager med målinger, mens transporten øvrige dager beregnes.

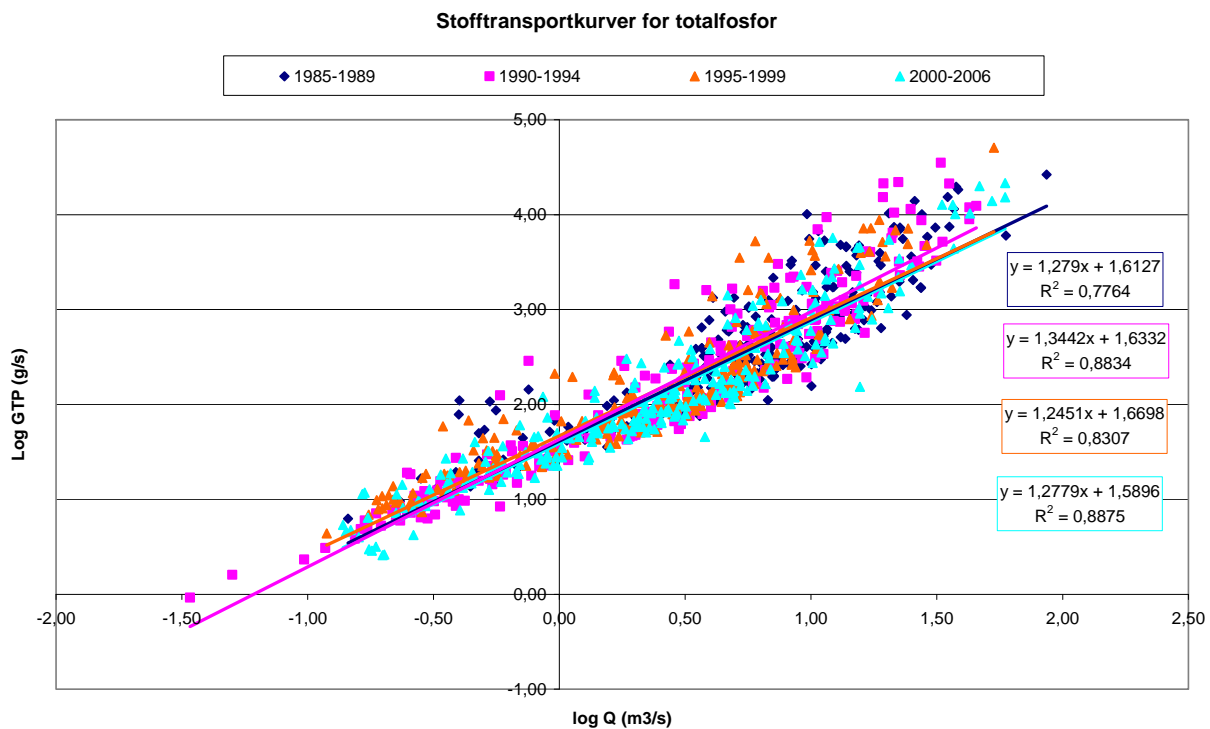
Årsgjennomsnittmetoden er en grovere beregningsmetode som ble benyttet i tiltaksanalysen for vassdraget (Lyche Solheim et al 2001). Denne innebærer at et gjennomsnitt av målte konsentrasjoner multipliseres med total vannføring i den gitte perioden. I tiltaksanalysen ble dette gjort for tidsperioden 1997-1999. De samlede tilførsler fra Hobølelva ble da beregnet til ca. 12 tonn totalfosfor i året gjennom denne metoden. Siden årsgjennomsnittmetoden hovedsakelig benyttes for lengre tidsperioder, er den her brukt til å beregne transporten per år, og ikke per måned.

3.4.1 Slamførings- og stofftransportkurver for Hobølelva

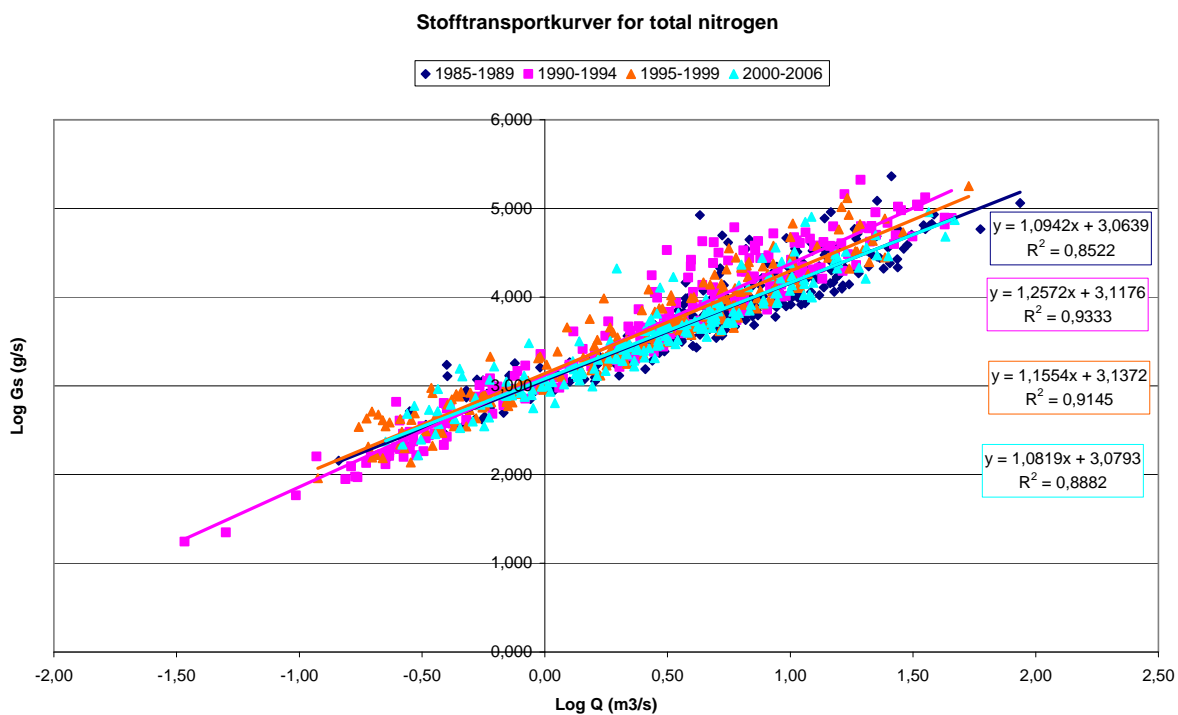
Figur 2, Figur 3 og Figur 4 viser stofftransportkurver for henholdsvis partikler, totalfosfor og totalnitrogen for tidsperiodene 1985-1989, 1990-1994, 1995-1999, og 2000-2006. Korrelasjonen er god, med en R^2 på om lag 8.



Figur 2. Slamføringskurve for suspenderte partikler i fire perioder i Hobølelva.



Figur 3. Stofftransportkurve for totalfosfor i fire perioder i Hobølelva.



Figur 4. Stofftransportkurve for total nitrogen i fire perioder i Hobølelva.

Transporten ble beregnet ut fra korrelasjonsligningene i hver av de fire periodene. Ligningene er gitt i figurene. Som nevnt over er ligningene kun benyttet for å beregne transport på dager uten måledata.

3.5 Resultat

Figur 5 viser beregninger av årstransport for suspendert materiale, totalfosfor og total nitrogen i perioden 1985 - 2006, med de tre ulike metodene. I vedlegget finnes dataverdier for både års- og månedstransport for alle tre parametre.

Som figurene viser gir de ulike transportberegningemetodene svært ulikt resultat. Det fører for langt å gå inn på en detaljert forklaring på årsaken til dette, men som hovedregel kan man si at

- Lineær interpolasjon antas å overestimere transporten noe, særlig når det tas ekstra prøver under flomepisoder, da konsentrasjonen i perioder det ikke tas prøver sannsynligvis blir estimert til å være for høy;
- Bruk av slamførings- og stofftransportkurver antas å underestimere transporten noe, særlig i år med høye flommer, da kurven ikke tar høyde for ekstremene men 'jevner ut' transporten;
- Årsmiddelmetoden er en relativt grov beregningsmetode som både kan under- og overestimere transporten.

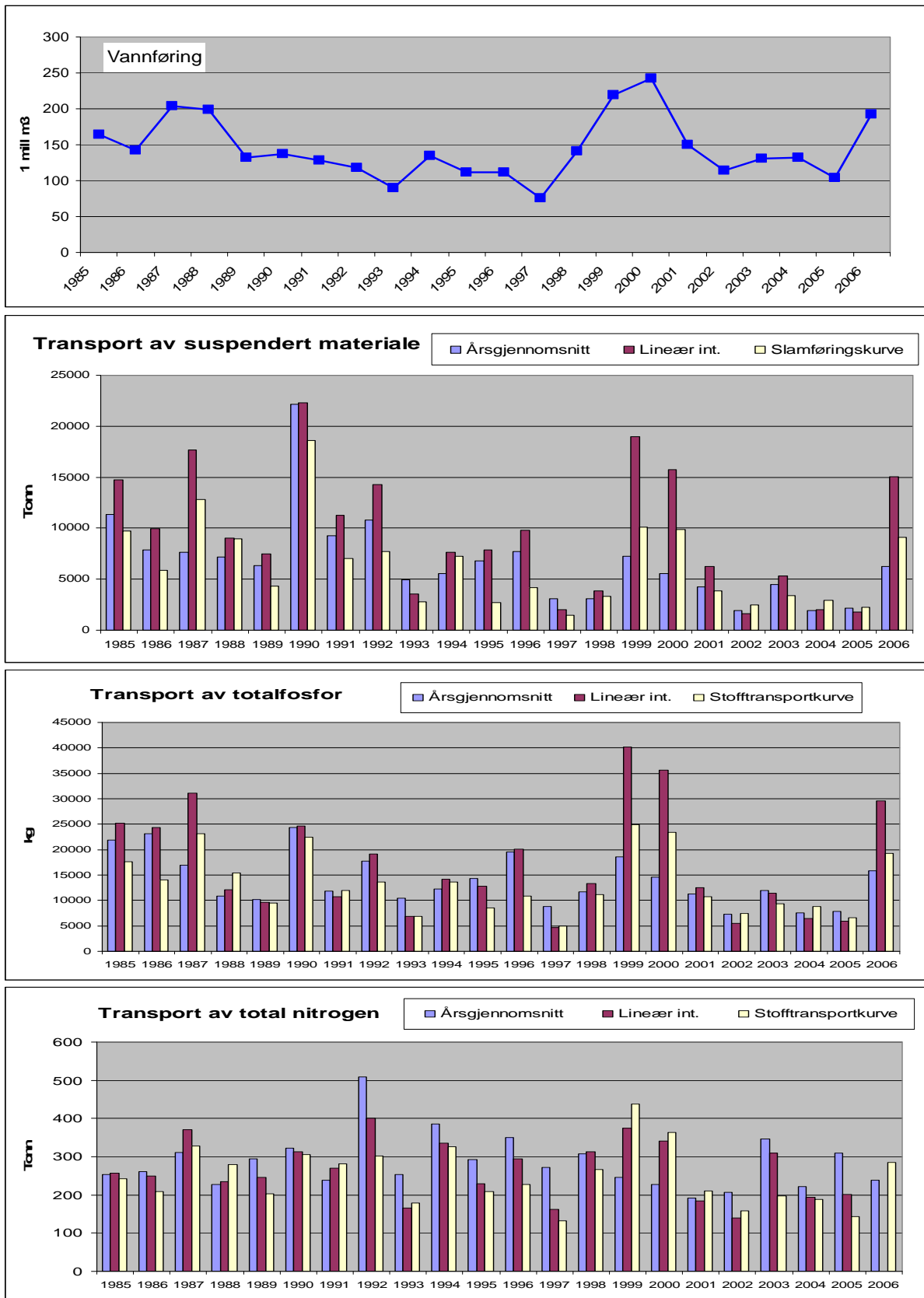
Som Tabell 2 viser, ligger gjennomsnittstransporten for alle år høyest hvis beregningen er utført med lineær interpolasjon, med unntak for total nitrogen. Beregninger utført med slamføringskurven gir gjennomgående lavest transport. Dette er i tråd med betraktningene over, og gir en indikasjon på usikkerheten i slike transportberegninger.

Tabell 2. Gjennomsnittlig transport av de tre ulike parametrene for alle år, beregnet med de tre forskjellige metodene. Alle tall i tonn/år.

Parameter	Beregningsmetode		
	Årsgjennomsnitt	Lineær interpolasjon	Stofftransportkurve
Snitt STS	6701	9463	6398
Snitt Tot-P	14	17	13
Snitt Tot-N	285	266	249

Generelt var det høye transporttall i årene 1987, 1990, 1992, 1999, 2000 og 2006. Figuren viser at i to påfølgende år med høy vannføring er ofte transporten høyest det første året. Dette gjelder for eksempel for årene 1987 og -88 samt 1999 og 2000. Dette kan gjenspeile flommønsteret disse årene, men siden dette fenomenet også er vanlig på kortere tidsskala kan det også skyldes at erodert materiale bygger seg opp over tid, slik at første storflom tar med seg mer materiale enn de påfølgende.

En visuell betraktning av figuren kan også antyde at ved relativt lave årsvannføringer på mellom 100-150 millioner kubikkmeter, var transporten av partikler og totalfosfor høyere på 90-tallet enn etter 2000. Dette vil bli nærmere belyst i neste kapittel.



Figur 5. Årsvannføring og transport av suspendert materiale, totalfosfor og total nitrogen i perioden 1985 – 2006, som beregnet med tre ulike beregningsmetoder. Gjennomsnitt vannføring i perioden er på 138 mill m³.

4. Trender for stofftransport i Hobølelva beregnet med to ulike metoder

4.1 Metodikk for vannføringsnormaliserte trendanalyser

Det er tidligere blitt utført trendanalyser for *konsentrasjon* av suspendert stoff og totalfosfor i Hobølelva (Stålnacke et al. 2005; Skarbøvik et al. 2007).

I denne rapporten er den samme metodikken benyttet for å vurdere trender i transporten av suspendert stoff, totalfosfor og total nitrogen.

Trendanalysen er utført med vannføring som forklaringsvariabel. Analysen av transporttrender er tidligere utført i norske vassdrag i forbindelse med Elvetilførselsprogrammet, som er et internasjonalt program som måler tilførsler til Atlanteren i henhold til OSPAR-kommisjonens bestemmelser (se for eksempel Skarbøvik m.fl. 2007b).

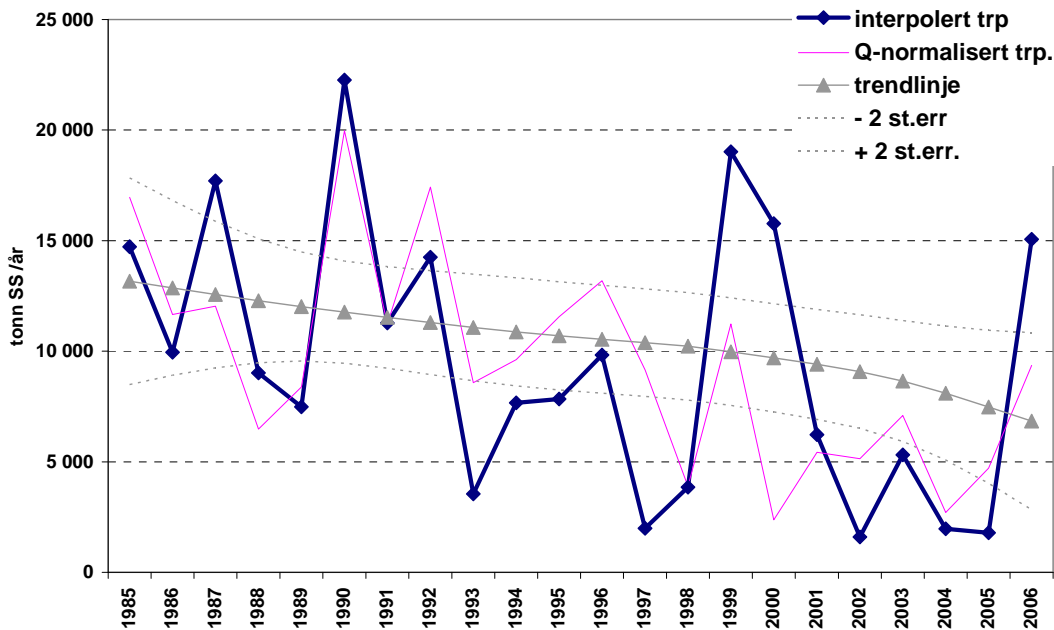
Metoden som benyttes er basert på en modifisert Mann-Kendall-test (Hirsch og Slack, 1984), hvor en rutine utarbeidet av Helsel og Frans (2006) er inkludert. Det testes for signifikans av monoton trend (dvs. trend som beskrevet i en rett linje), og hvert år testes separat før det summeres opp til en samlet statistikk. Monotone trender ble ansett for å være signifikante hvis p-verdien var under 5%. P-verdier mellom 5-20% tolkes også positivt, men med mer forbehold, altså som en indikasjon på at det finnes en sannsynlig monoton trend.

I tillegg til den monotone trenden er det konstruert en utjevnet kurve (trendlinje). Denne ble utarbeidet ved statistisk kryssvalidering som minimaliserer residualene ved statistisk modellering. Denne utjevnete trendlinjen bør tolkes med forsiktighet, men gir det mest sannsynlige visuelle bildet av langtidstrenden av den vannføringsnormaliserte transporten.

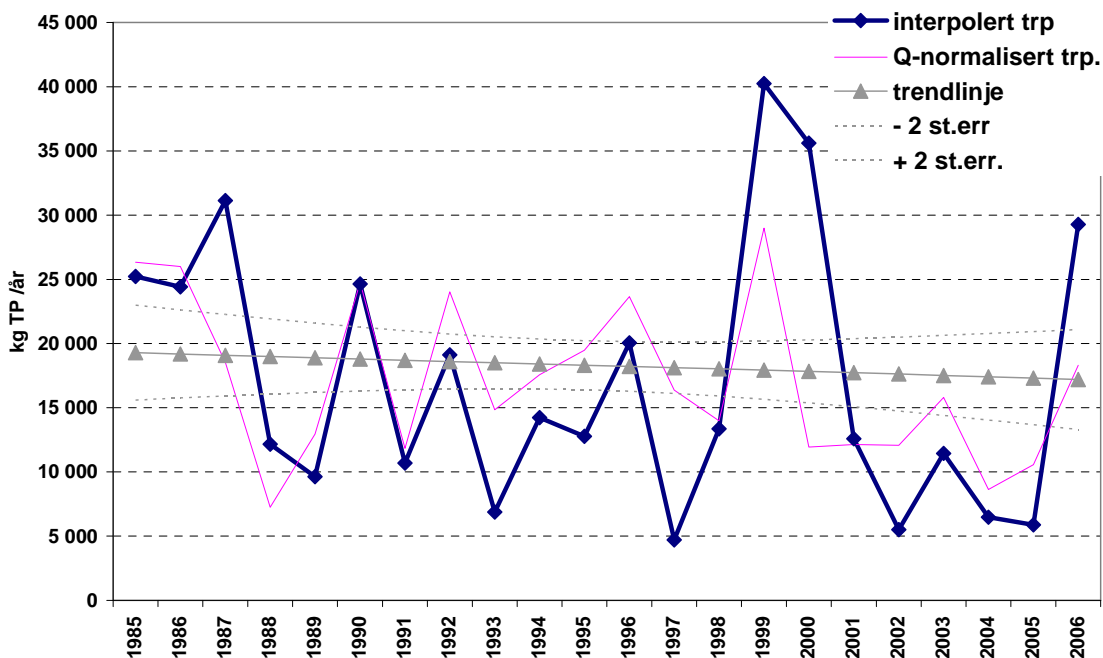
Det var nødvendig å velge én felles beregningsmetode for trendanalysene. For alle analysene gjelder derfor at transporttallene er fremkommet ved lineær interpolasjon.

4.2 Trender for vannføringsnormalisert tilførsler fra Hobølelva

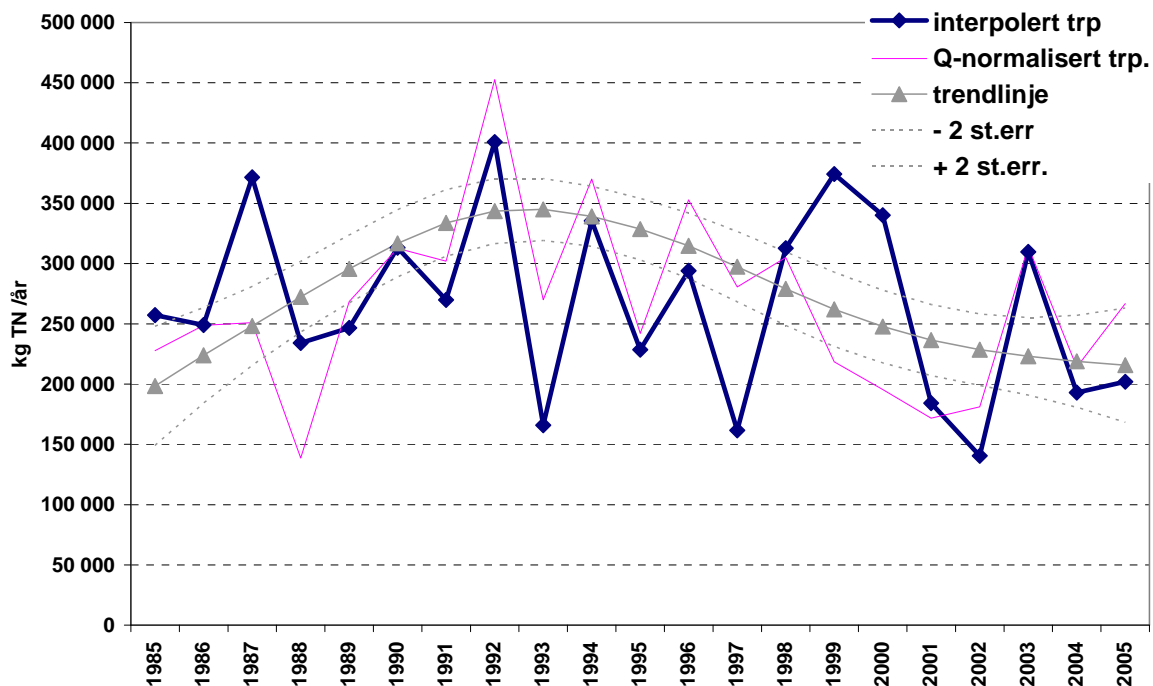
Figur 6, Figur 7 og Figur 8 viser resultatet av trendanalysene for transport av hhv. suspendert materiale, totalfosfor og totalnitrogen i Hobølelva i perioden 1985-2006.



Figur 6. Årstransport av suspendert stoff (fet blå linje) som beregnet ved lineær interpolasjon; vannføringsnormalisert transport (rosa linje), og trend i utviklingen av transporten (heltrukket grå linje) med standardavvik (grå stiplet linje).



Figur 7 Årstransport av totalfosfor (fet blå linje) som beregnet ved lineær interpolasjon; vannføringsnormalisert transport (rosa linje), og trend i utviklingen av transporten (heltrukket grå linje) med standardavvik (grå stiplet linje).



Figur 8. Årstransport av total nitrogen (fet blå linje) som beregnet ved lineær interpolasjon; vannføringsnormalisert transport (rosa linje), og trend i utviklingen av transporten (heltrukket grå linje) med standardavvik (grå stiplet linje).

Mens kurvene viser at tilførslene av suspendert materiale og totalfosfor har en relativt jevn nedgang, noe som også illustreres av p-verdiene for monotone trender (Tabell 3), kan det ikke påvises noen statistisk signifikant nedgang i tilførsler av total nitrogen. Mer detaljert kan trendene oppsummeres som følger:

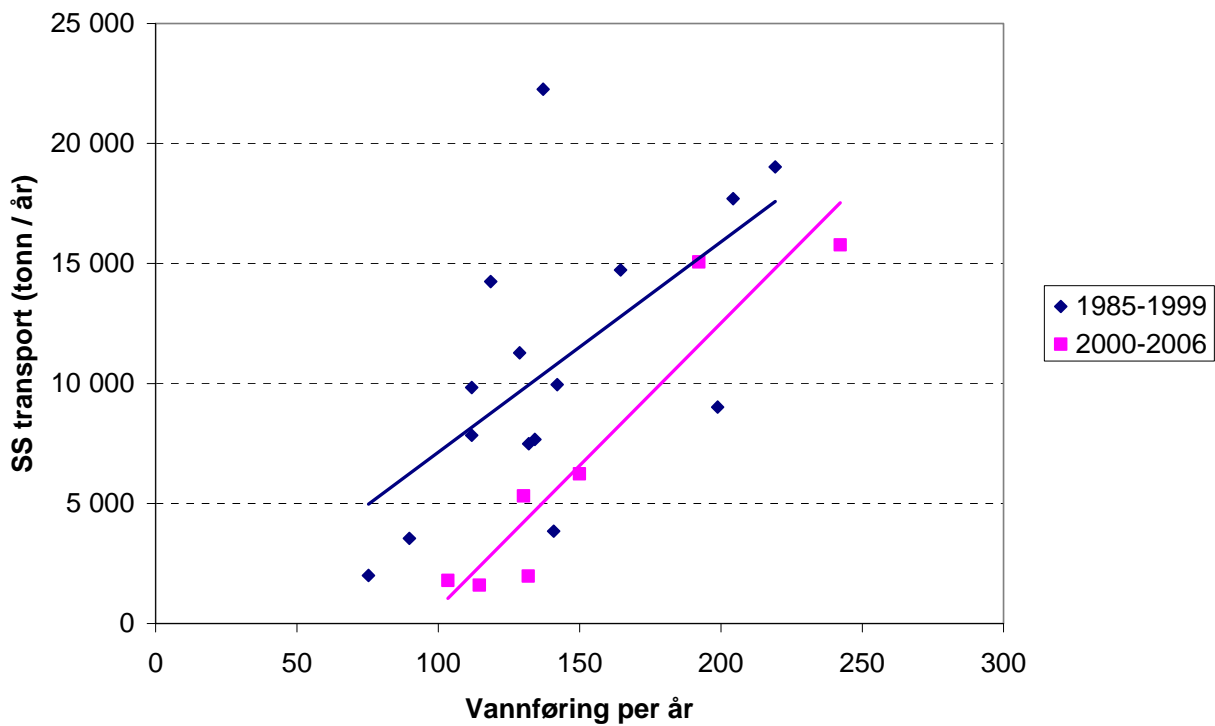
- For suspendert materiale kan det påvises en signifikant jevn nedgang fra 1985 til 2006, med p-verdi mindre enn 5% for monoton trend.
- For totalfosfor kan det også vises til en jevn nedgang, men denne er mindre signifikant (p ca. 8%) enn for suspendert materiale.
- For total nitrogen er ikke den monotone trenden signifikant, men som den utjevnete trendlinjen viser kan dette skyldes at det først var en oppgang i begynnelsen av 90-tallet, som så kan ha blitt redusert i påfølgende år. Imidlertid må slike trendlinjer behandles med forsiktighet.

Tabell 3. p-verdier for monoton trend for hver av de tre parametrene. 5% regnes for signifikant.

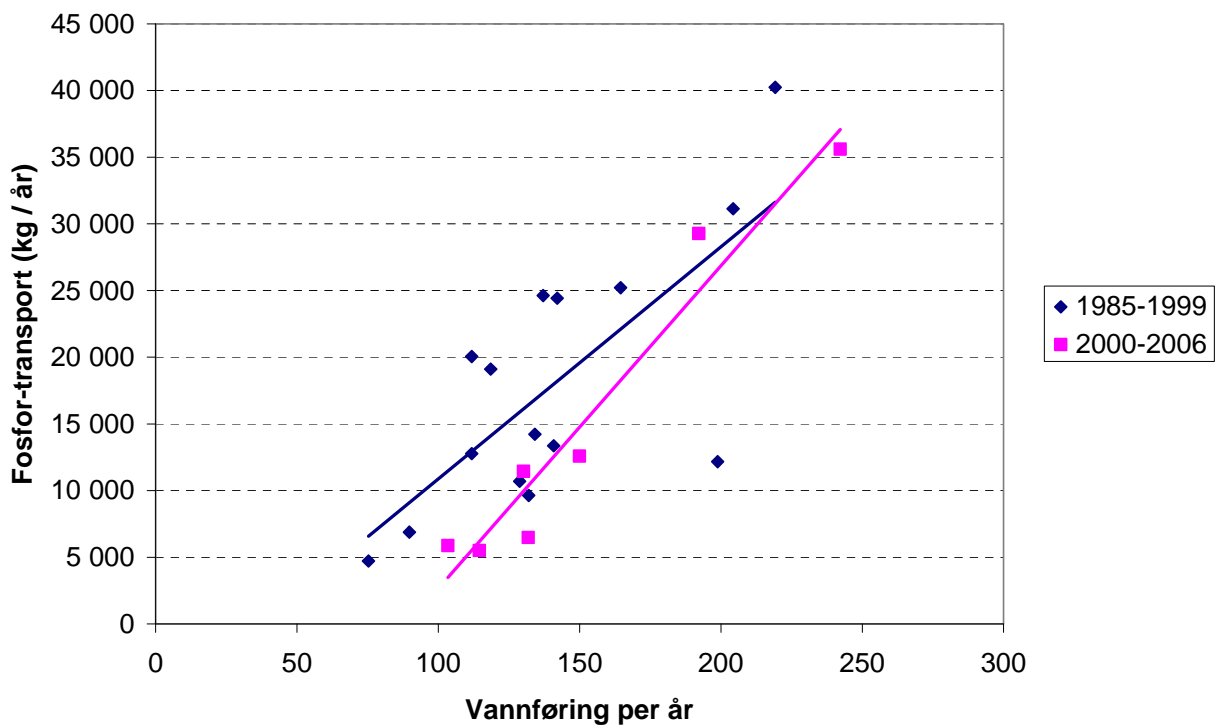
Parameter	p-verdi	p-verdi i %
STS	- 0,006	0,6
Tot-P	-0,076	7,6
Tot-N	-0,243	24,3

Med andre ord er det påvist en signifikant nedgang i tilførsler av suspendert materiale i måleperioden. En nedgang i totalfosfor kan også påvises, selv om denne er mindre signifikant.

Denne konklusjonen illustreres videre i Figur 9 og Figur 10. Her er årstransport av vannføring plottet mot henholdsvis suspendert materiale og totalfosfor, fordelt på periodene 1985-1999 og 2000-2006. Selv om linjene krysser hverandre ved svært høye årsvannføringer, er det ingen tvil om at for alle kjente vannføringer i Hobølelva er transporten av suspendert materiale ved en og samme årsvannføring lavere i den siste 7-års perioden enn i tidligere år. Tilsvarende for totalfosfor er transporten de siste 7 år lavere ved de aller fleste årsvannføringer.



Figur 9. Årstransport av suspendert materiale (tonn/år) plottet mot total årsvannføring i millioner m³.



Figur 10. Årstransport av totalfosfor (kg/år) plottet mot total årsvannføring i millioner m³.

Noen eksempler kan illustrere disse figurene bedre:

- I perioden *før* 2000 ville en vannføring på 150 mill m³ per år gi en total transport på om lag 12 500 tonn sediment og ca. 20 tonn fosfor;
- I perioden *etter* år 2000 vil det ved samme vannføring kunne forventes om lag 6500 tonn sediment og om lag 15 tonn fosfor.
- Dette representerer altså en halvering av sedimenttransporten og en 25% reduksjon av fosfortransporten før og etter 2000, ved denne vannføringen.

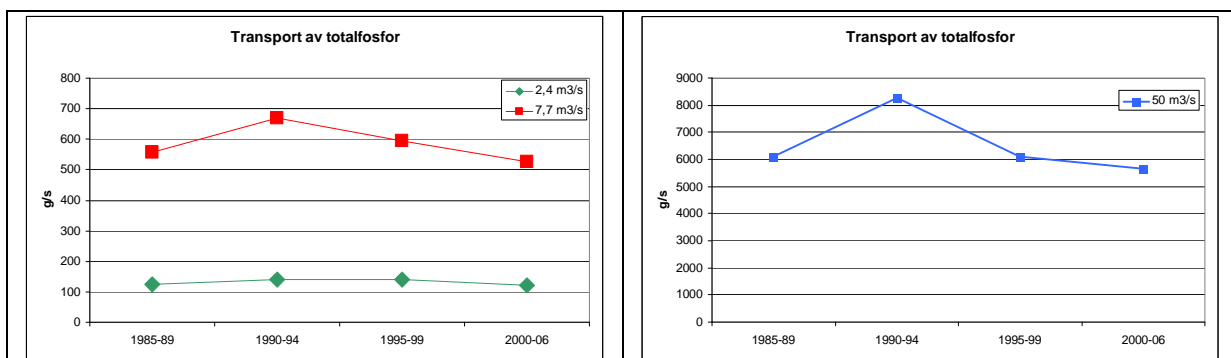
4.3 Analyser av trender ved bruk av stofftransportkurver

For ytterligere å vurdere trendene i Hobølelva har det blitt utarbeidet flere oversikter over forholdet mellom konsentrasjon og vannføring, transport og vannføring, samt mellom konsentrasjon av suspendert materiale og fosfor. Alle disse oversiktene er utførte for fire tidsperioder, og resultatene gir derfor verdifull informasjon om endringer over tid.

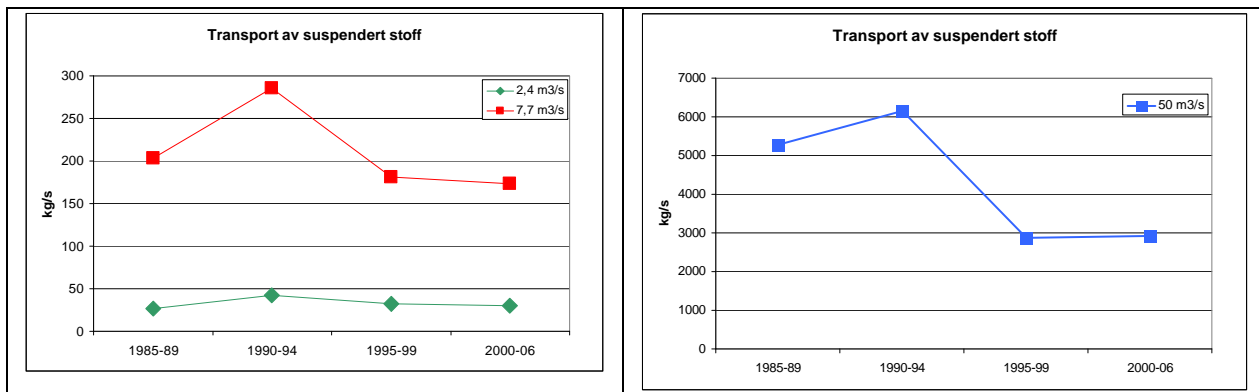
Benytter man regresjonsligningene (Figur 2, Figur 3 og Figur 4) for hver periode til å beregne årstransport ved bestemte vannføringer, får man et resultat som vist i Tabell 4 og Figur 11, Figur 12 og Figur 13. De to laveste vannføringene som er benyttet er henholdsvis minimum og maksimum gjennomsnittlig årsvannføring for perioden 1985-2006. Siden transporten ofte er høyest under flom er også en ekstremt høy vannføring på 50 m³/s tatt med.

Tabell 4. Beregnet transport for fire perioder under tre gitte vannføringer, basert på stofftransportkurvene.

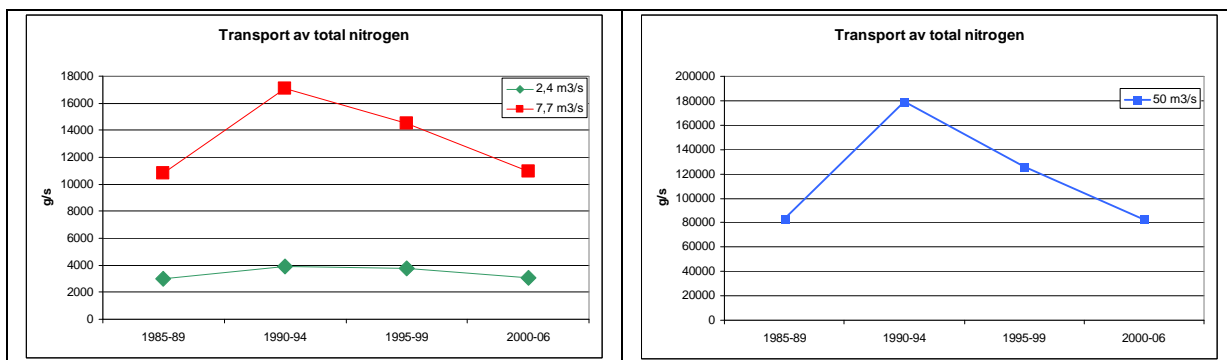
Parameter	Benevning	Vannføring (m ³ /s)	1985-89	1990-94	1995-99	2000-06
STS	kg/s	2,4	27	42	32	30
		7,7	203	285	181	173
		50	5277	6144	2882	2928
Tot-P	g/s	2,4	126	139	139	120
		7,7	558	668	594	527
		50	6105	8260	6098	5640
Tot-N	kg/s	2,4	3,0	3,9	3,8	3,1
		7,7	11	17	15	11
		50	84	179	126	83



Figur 11. Transport av totalfosfor ved tre utvalgte vannføringer, i de fire periodene fra 1985 – 2006, som beregnet ut fra stofftransportkurver.



Figur 12. Transport av suspendert stoff ved tre utvalgte vannføringer, i de fire periodene fra 1985 – 2006, som beregnet ut fra slamføringskurver.



Figur 13. Transport av total nitrogen ved tre utvalgte vannføringer, i de fire periodene fra 1985 – 2006, som beregnet ut fra stofftransportkurver.

Figurene viser at det for alle tre parametre har vært en reduksjon av transport ved en og samme vannføring fra starten/midten av 90-tallet og frem til i dag. For fosfor og nitrogen fortsatte nedgangen også i 2000-tallet, mens for suspendert materiale ser det ut til at nedgangen stagnerte etter 1999.

Konkret forteller kurvene at ved en flomvannføring på 50 m³/s, kan man i dag forvente en fosfortransport som i snitt er 2500 g/s eller 2,5 kg/s lavere enn i første del av 90-tallet. Ved en mer normal vannføring på 7,7 m³/s vil reduksjonen bli på 143 g/s. Tilsvarende vil en flomvannføring på 50 m³/s gi en partikkeltransport som er ca. 3 tonn/s lavere i dag enn for ca. 15 år siden. For total nitrogen er tilsvarende endring på 100 kg/s.

Det er med andre ord helt klart at det er betydelige endringer i stofftransporten de siste 20 årene ved en og samme vannføring. Det kan være flere årsaker til slike endringer, og det henvises bl.a. til Blankenberg et al. (2008 in prep.) hvor effekter av ulike typer tiltak er beregnet for dette nedbørfeltet.

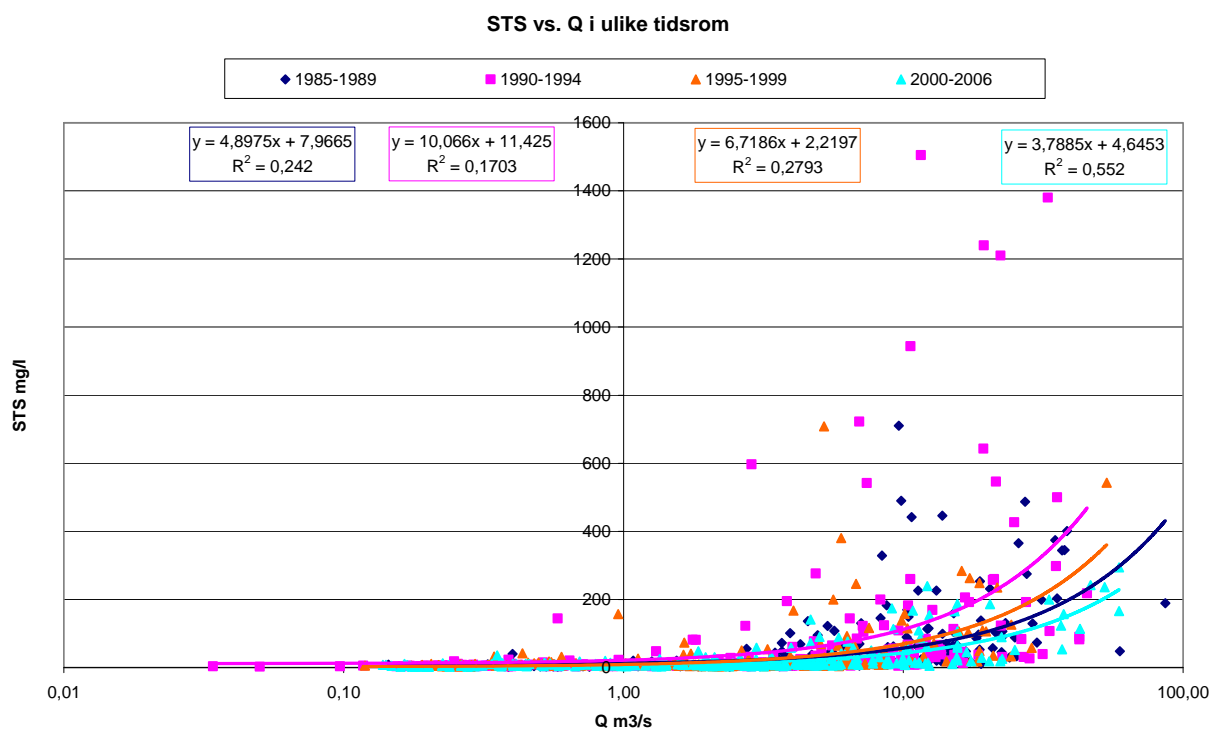
Det fremgår av dette at for alle tre parametre (suspendert stoff, totalfosfor og total nitrogen) har transporten ved en og samme vannføring blitt *reduisert* fra begynnelsen av 1990-tallet og til 2000-tallet.

4.4 Analyse av trender i konsentrasjon

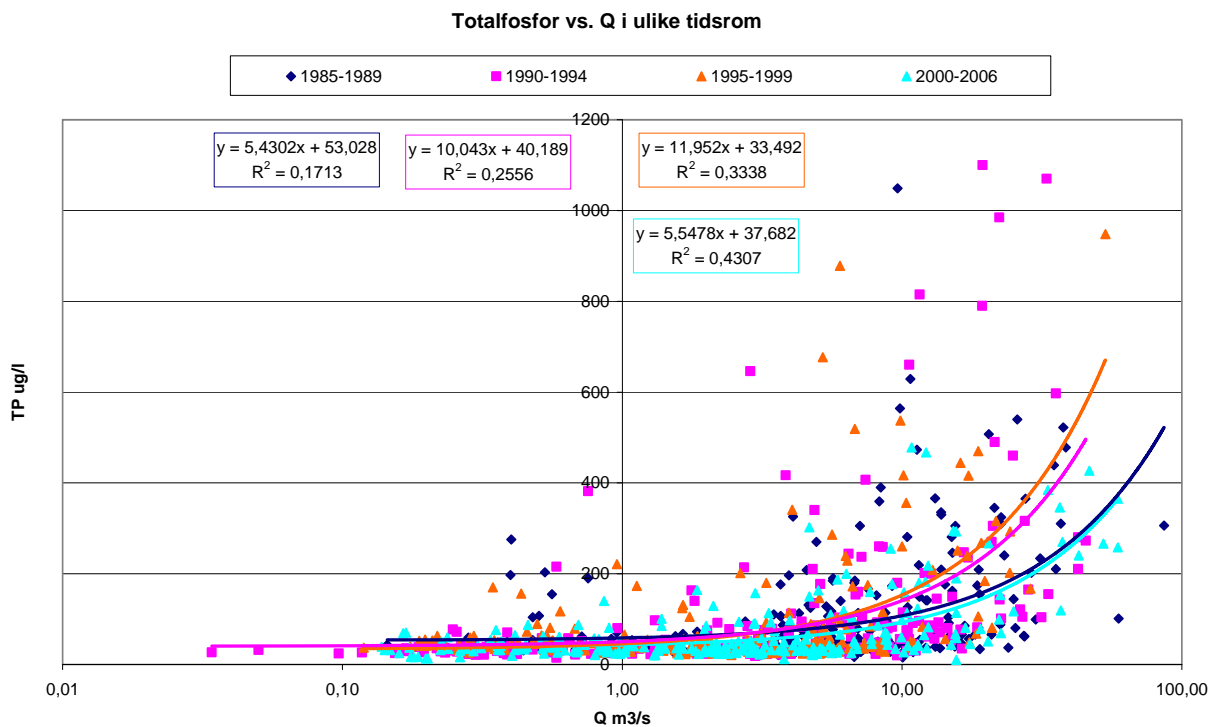
Figur 14, Figur 15 og Figur 16 viser konsentrasjonen av henholdsvis suspendert materiale, totalfosfor og total nitrogen i forhold til vannføring for de fire tidsperiodene 1985-1989, 1990-1994, 1995-1999, og 2000-2006.

Som figurene viser er korrelasjonen mellom konsentrasjon og vannføring dårlig. Imidlertid illustrerer figurene et viktig poeng: Ved høye vannføringer var det i perioden 1990-1999 høyere konsentrasjoner av både partikler og næringsstoffer enn på 2000-tallet.

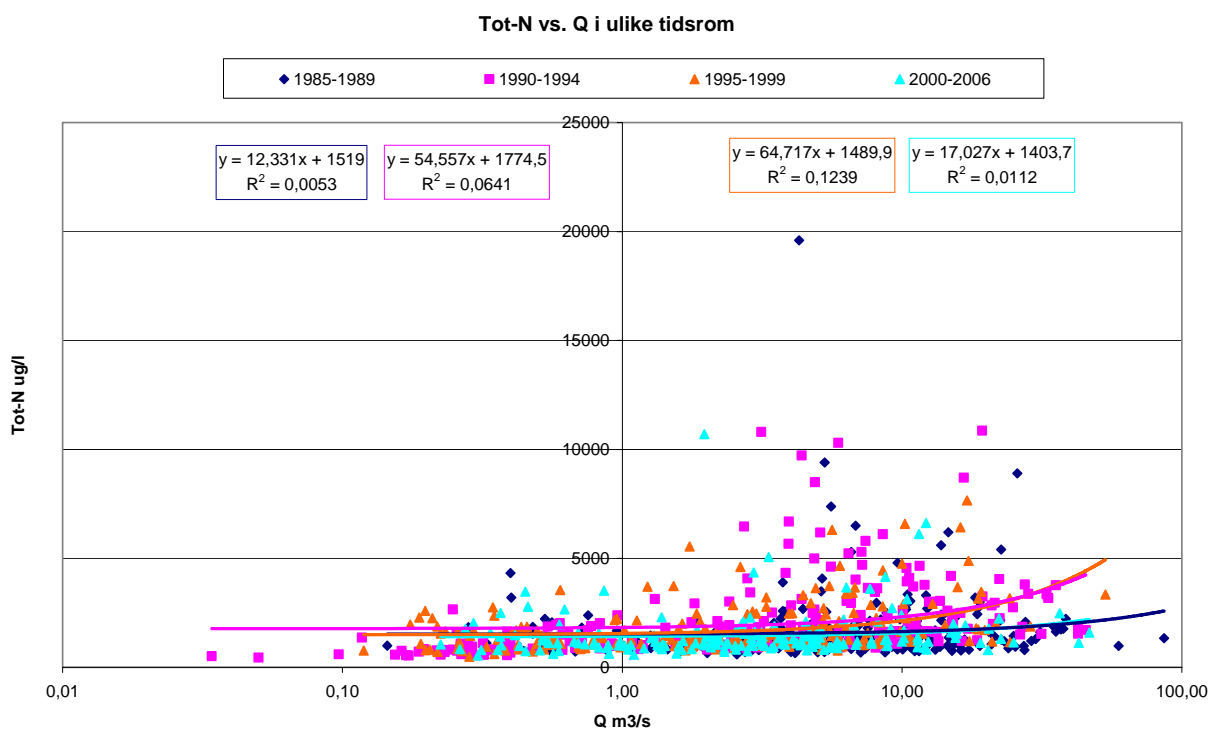
Dette innebærer at de helt ekstreme konsentrasjonene ved høye vannføringer ikke lenger observeres, noe som er spesielt positivt siden det de senere år (2005-2006) bevisst har blitt tatt ekstra vannprøver ved stigende vannføringer, dvs. når det antas at konsentrasjonen er på sitt høyeste i løpet av en flomperiode.



Figur 14. Konsentrasjon av suspendert stoff i forhold til vannføring for fire ulike tidsperioder. Regresjonen er vist i rammer i figuren. X-skala er logaritmisk.



Figur 15. Konsentrasjon av totalfosfor i forhold til vannføring for fire ulike tidsperioder. Regresjonen er vist i rammer i figuren. X-skala er logaritmisk.



Figur 16. Konsentrasjon av totalnitrogen i forhold til vannføring for fire ulike tidsperioder. Regresjonen er vist i rammer i figuren. X-skala er logaritmisk.

5. Tilførsler fra andre sidevassdrag til Storefjorden

5.1 Formål

I denne deloppgaven var det ønskelig å forsøke å vurdere trender i utviklingen av vannkvaliteten i tilførsler fra elvene Svinna, Mørkelva og Veiddalselva, som alle drenerer til Storefjorden.

5.2 Feltbeskrivelse og datagrunnlag

Svinna er den nest største av elvene som drenerer til Storefjorden, med et feltareal på ca. 105 km². Det er benyttet et feltareal til beregning av transport på 60 km² i Mørkelva og 33 km² i Veiddalselva. Prøvetakingslokaliteter i elvene er vist i Figur 17.

Tabell 5 viser arealfordelingen i de tre nedbørfeltene. Svinna og Veidal har relativt lik andel jordbruksareal, mens Mørkelva har minst jordbruk og tilsvarende større andel av skog. Korn og gras dominerer, med bare mindre felter med potet og grønnsak. Veiddalselva har minst andel sjø/våtmark med bare 2,8 %.

Tabell 5 Arealfordelingen i de tre nedbørfeltene.

	Benevn.	Areal	Sjø/våtmark	Skog/mark	Gras	Jordbruk
Veidal	km ²	33	0,9	27,9	0,48	3,3
	%	100	2,8	85,6	1,48	10,2
Svinna	km ²	104	4,2	87,7	1,65	10,6
	%	100	4,0	84,2	1,58	10,2
Mørkelva	km ²	59	2,6	52,5	0,19	3,7
	%	100	4,5	88,8	0,31	6,3



Figur 17 Prøvetakingspunkter i Svinna, Mørkelva og Veiddalselva. 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.

Vannføring i disse elvene er blitt modellert med HBV-modellen. Vannkvalitetsdata finnes for periodene 2001-2004 og 2006. For perioden 2001-2004 ble det tatt mellom 6-8 prøver per år, som månedlige prøver fra ca. mars til oktober. I 2006 ble det tatt prøver hver 14. dag, med ekstraprøver under flom.

5.3 Vurdering av oppgavens formål sett i forhold til datagrunnlag

Oppdragsgivers ønske var å få gjennomført en undersøkelse av vannføringsnormalisert transport basert på for eksempel summen av data for perioden 2001-2002 og data fra 2006. Det tilgjengelige datamaterialet ble gjennomgått og vurdert for dette formålet.

En stor utfordring er ulikhetene i datagrunnlag før og etter 2004. Som nevnt over, ble det i perioden 2001-2004 kun tatt 6-8 prøver per år, mens det i 2006 ble tatt prøver hver 14. dag, med ekstraprøver under flom. *Disse to datasettene er derfor i utgangspunktet ikke sammenlignbare.* I Skarbøvik et al. (2007) ble dette løst ved å velge et utvalg data for perioden oktober – mars 2006 (kun én verdi fra hver av disse 8 månedene ble valgt ut på datoen nærmest den 20. i måneden, dette i henhold til prøvetakingsmønsteret i de foregående årene). Dette gir imidlertid et for tynt datasett til å beregne pålitelige tilførsler.

En totalvurdering av datasettet gir følgende konklusjoner:

- Døgnvannføringen som skal benyttes til transportberegningene er usikker, siden denne er modellert og ikke målt;
- De to datasettene før og etter 2004 kan ikke sammenlignes med mindre datasettet fra 2006 reduseres tilsvarende som datasettet for den første perioden.
- En slik reduksjon i datasettet for 2006 vil gi meget diskutabile og svært usikre transportberegninger.
- Sammenslåing av to års datasett kan muligens redusere graden av usikkerhet noe, men for 2006 har vi kun ett datasett.

Totalt sett medfører dette at det vurderes som lite hensiktsmessig å utføre vannføringsnormaliserte beregninger av transporten, og en trendanalyse for de fem årene med målinger vil følgelig ikke gi mening.

Et annet moment er at laboratoriet ble skiftet fra årene 2001-2004 og til 2006. I Deelstra et al. (2006) vises det til at disse to laboratoriene gir ulike analyseresultat for prøver tatt på samme tid og sted i Høbøelva:

”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).”

I Skarbøvik et al. (2007) ble det allikevel utført en analyse av endringer i *konsentrasjoner* fra år til år (for 2006 basert på utvalget av 8 månedersdata). Denne analysen er gjengitt i kapittel 4.3.5, nedenfor.

I tillegg har det blitt utarbeidet slamføringskurver for periodene 2001-2002; 2003-2004, samt 2006 (samtlige 2006-data). Disse er gjengitt i neste avsnitt.

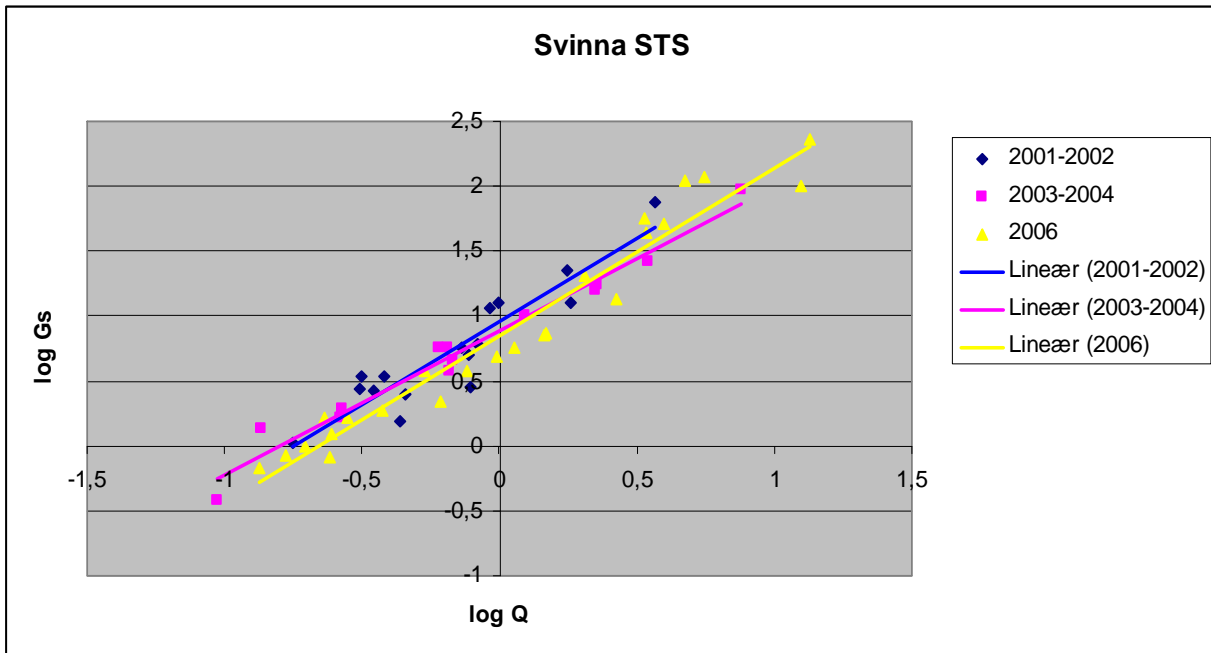
5.4 Slamførings- og stofftransportkurver

Som vist tidligere i denne rapporten, kan slamførings- og stofftransportkurver ikke bare benyttes til å beregne transporten på dager uten data, men de kan også gi informasjon om endringer i transportmønstre over tid. I figurene på de kommende sidene (Figur 18, Figur 19, Figur 20, Figur 21, Figur 22 og Figur 23) er derfor vist slamførings- og stofftransportkurver (totalfosfor) for alle tre elver. Kurvene er fordelt på periodene 2001-2002; 2003-2004, samt 2006.

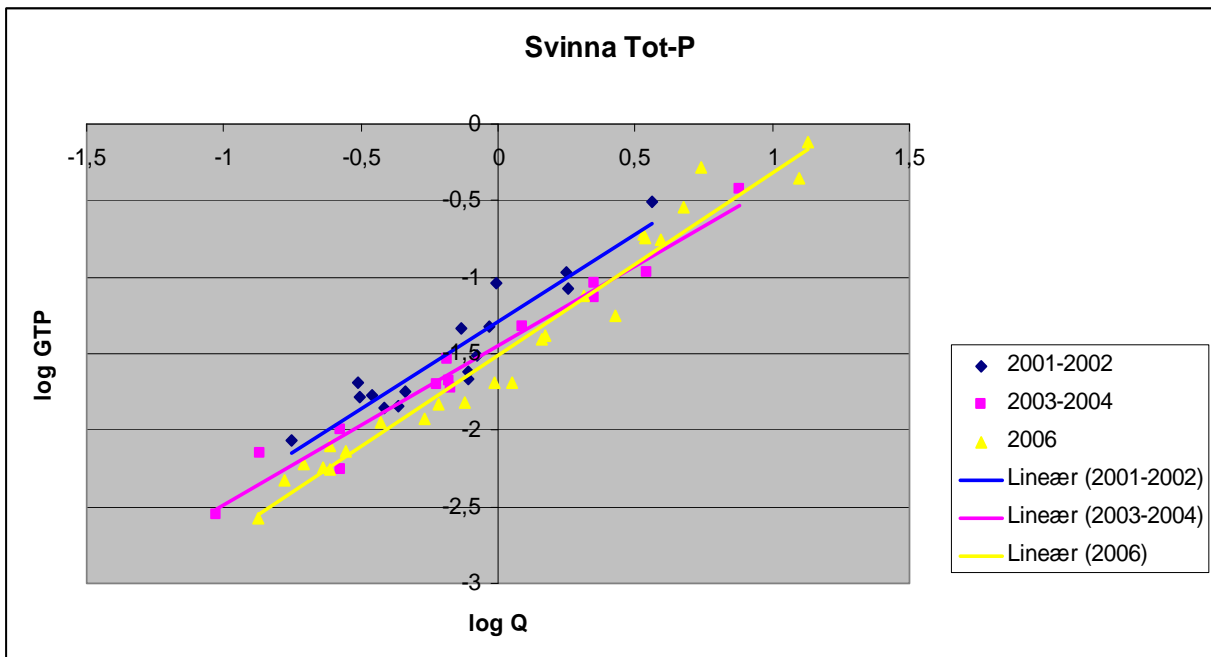
Det må pånytt understrekes at det her sammenlignes datasett som i utgangspunktet ikke er sammenlignbare! Prøvene er tatt på samme sted, men mens prøvene i perioden 2001-2004 er tatt som månedsdata på tilfeldige datoer, og ikke om vinteren, er prøvene i 2006 tatt med 14 dagers mellomrom hele året, i tillegg til at det er tatt ekstraprøver under flom. Selv om datasettene for de fire første årene er gruppert på to år av gangen og derfor i mengde nesten tilsvarer datasettet for 2006, er altså prøvetakingsstrategien helt forskjellig.

Siden data fra 2006 inneholder prøver som bevisst er tatt ved høy vannføring, kan det være nærliggende å forvente at slamførings- og stofftransportkurvene for 2006 ligger høyere eller er brattere enn for de andre årene. Dette stemmer for Mørkelva og Veidalselva, der kurvene ligger høyere for 2006 enn for de foregående årene. I Svinna er kurvene riktignok brattere, men de starter på et lavere utgangspunkt enn i de tidligere årene, og ligger også gjennomgående lavere enn i de foregående årene.

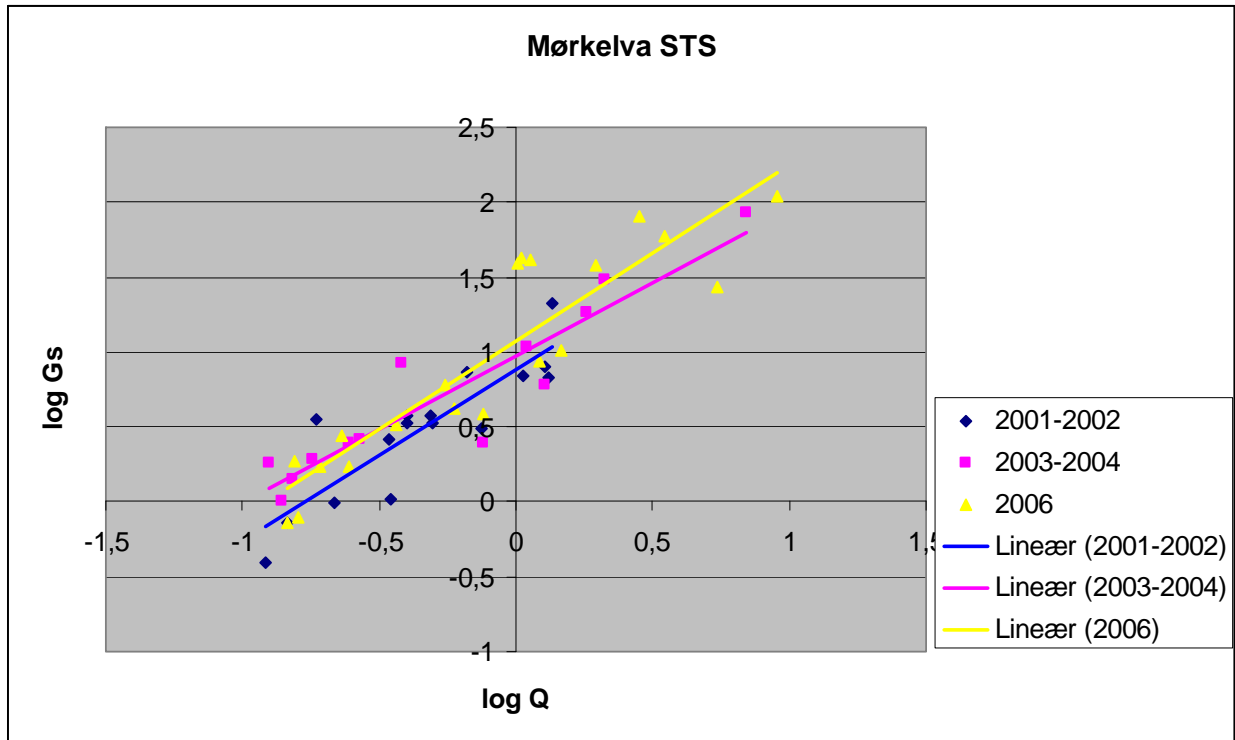
Det kan noteres en mulig men usikker nedgang i transporten av totalfosfor ved lave og moderate vannføringer i Svinna i de senere årene.



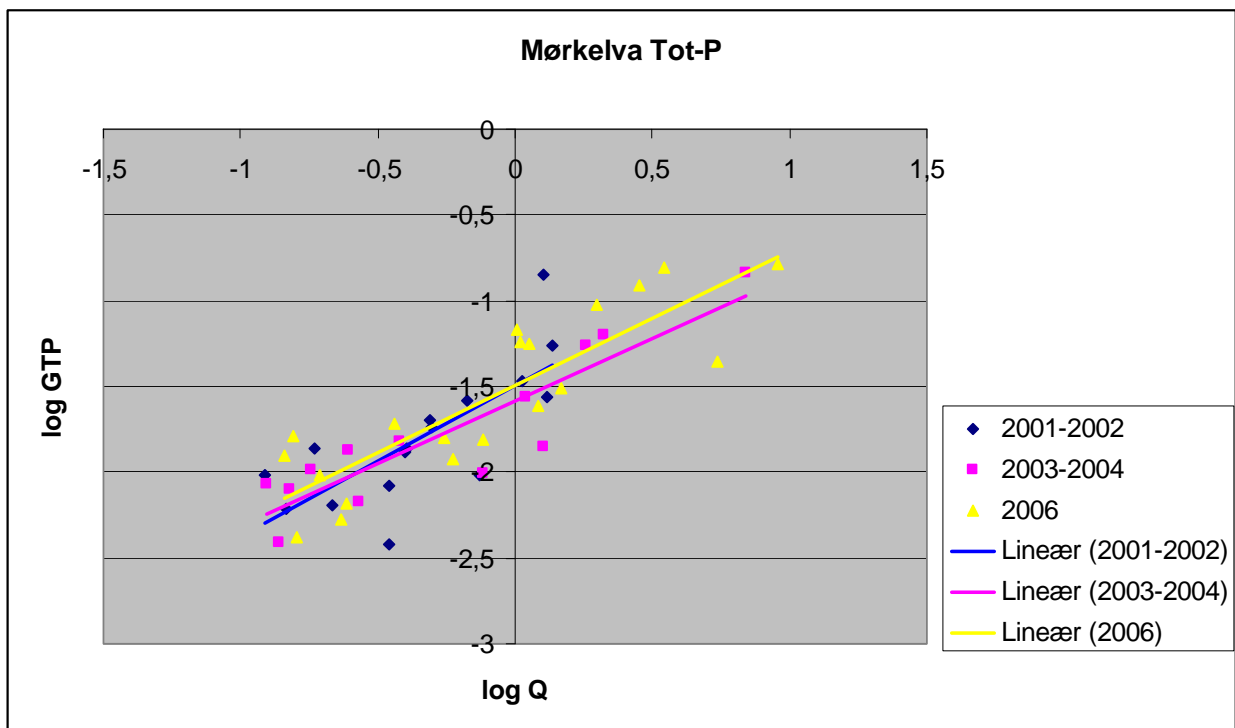
Figur 18. Slamføringskurve for Svinna for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.



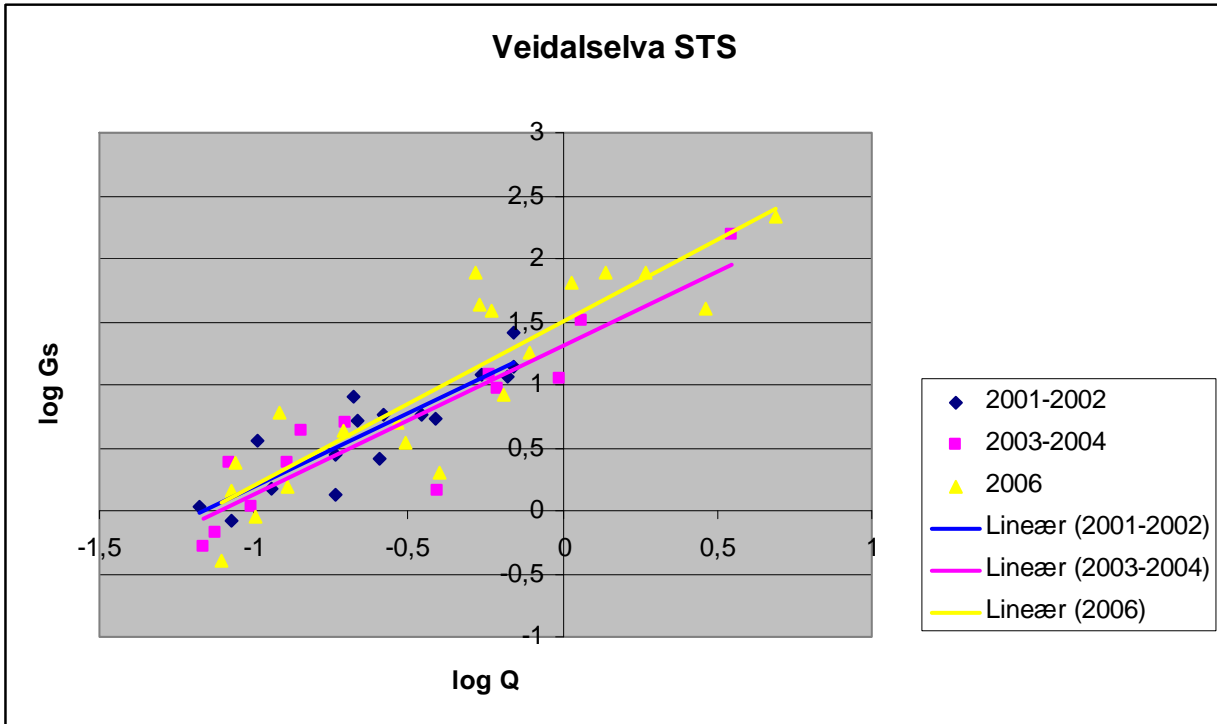
Figur 19. Stofftransportkurve for totalfosfor for Svinna for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.



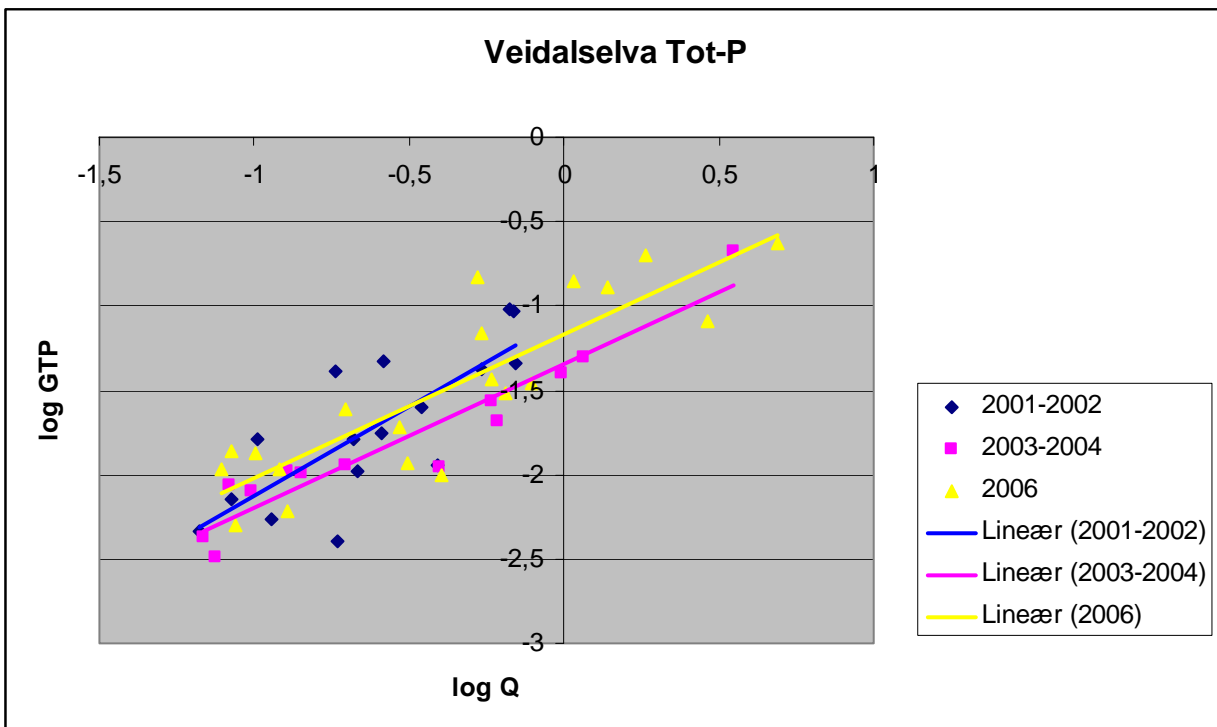
Figur 20. Slamføringskurve for Mørkelva for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.



Figur 21. Stofftransportkurve for totalfosfor for Mørkelva for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.



Figur 22. Slamføringskurve for Veidalselva for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.

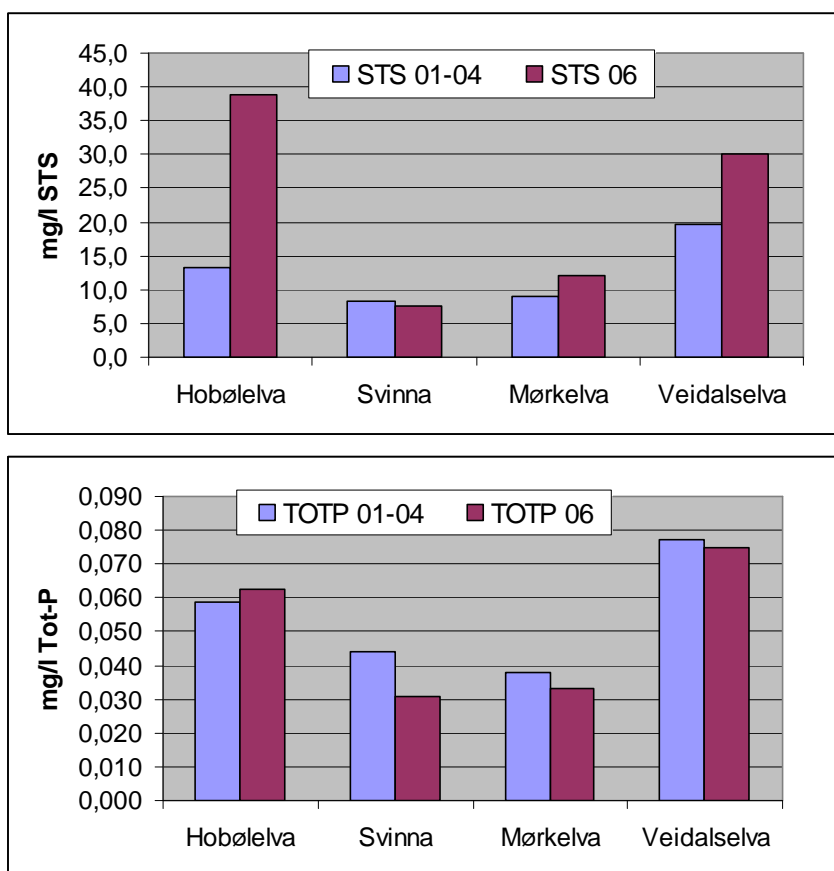


Figur 23. Stofftransportkurve for totalfosfor for Veidalselva for tre perioder, 2001-2002; 2003-2004; samt 2006.

5.5 Vurdering av trender i konsentrasjoner

Som nevnt over ble det i Skarbøvik et al. (2007) utført en analyse av forskjellene i konsentrasjoner av suspenderte partikler og totalfosfor i Svinna, Veidalselva og Mørkelva for periodene 2001-2004 og 2006. Data fra de ulike periodene ble i størst mulig grad gjort sammenlignbare ved at det ble foretatt et utvalg av data fra 2006 (se avsnitt 4.3.3). Skiftet av laboratorium er et annet usikkerhetsmoment som må tas med i en helhetlig vurdering.

Figur 24 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 Hobølelva) 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 siden 2004. Det må dog tas et forbehold om skiftet av laboratorium.

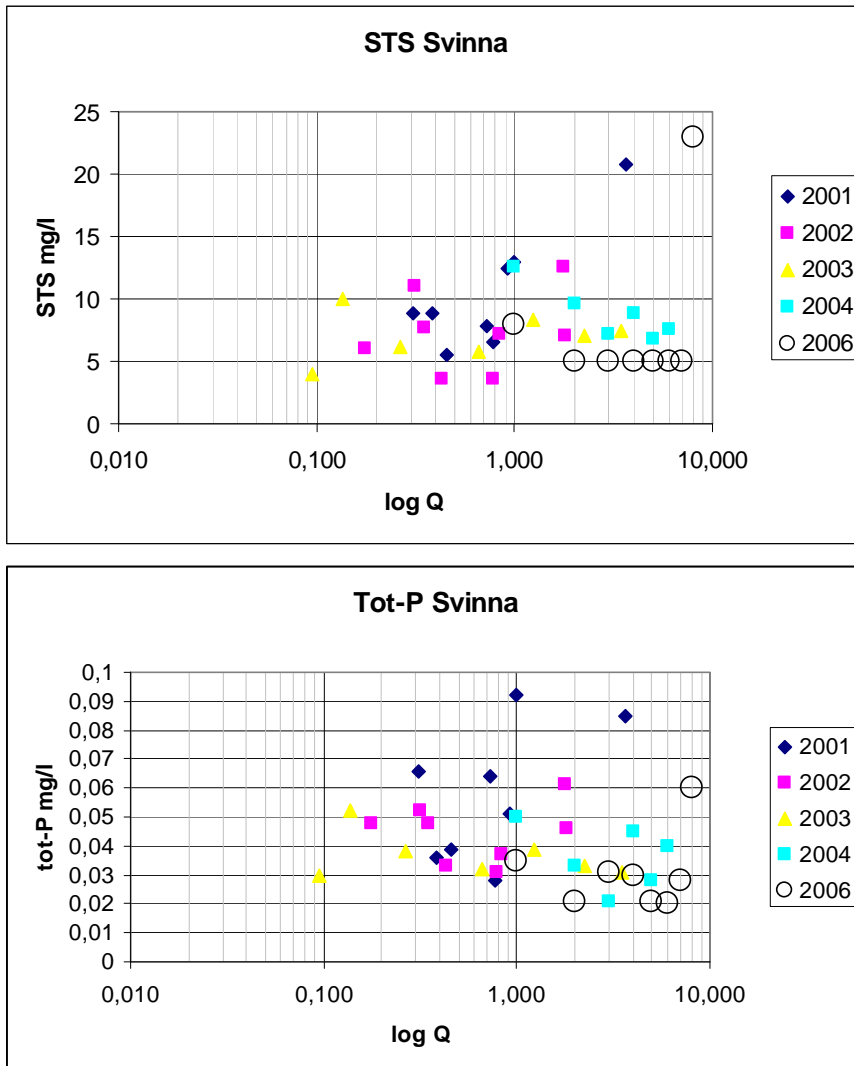


Figur 24 Gjennomsnittlig konsentrasjon av suspendert materiale (øvre panel) og totalfosfor (nedre panel) i årene 2001-2004 (blå søyle) og 2006 (rød søyle) i de fire elvene. Fra Skarbøvik et al. 2007.

Det ble videre gjort en undersøkelse av konsentrasjonene i de ulike årene med målinger mot simulert vannføring. Resultatene er vist i Figur 25, Figur 26 og Figur 27. 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.

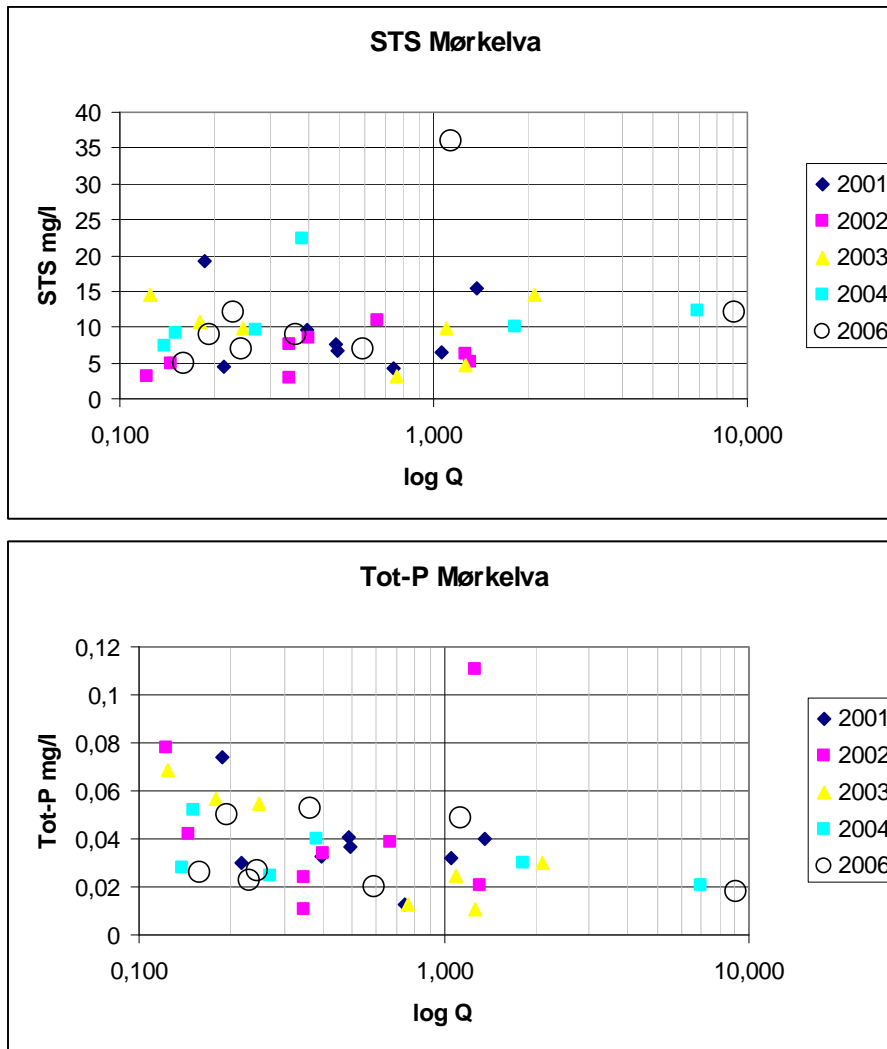
Figurene viser bl.a. at de høyeste verdiene for totalfosfor ofte tilhører årene 2001 (blå ruter) og 2002 (rosa ruter).

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.



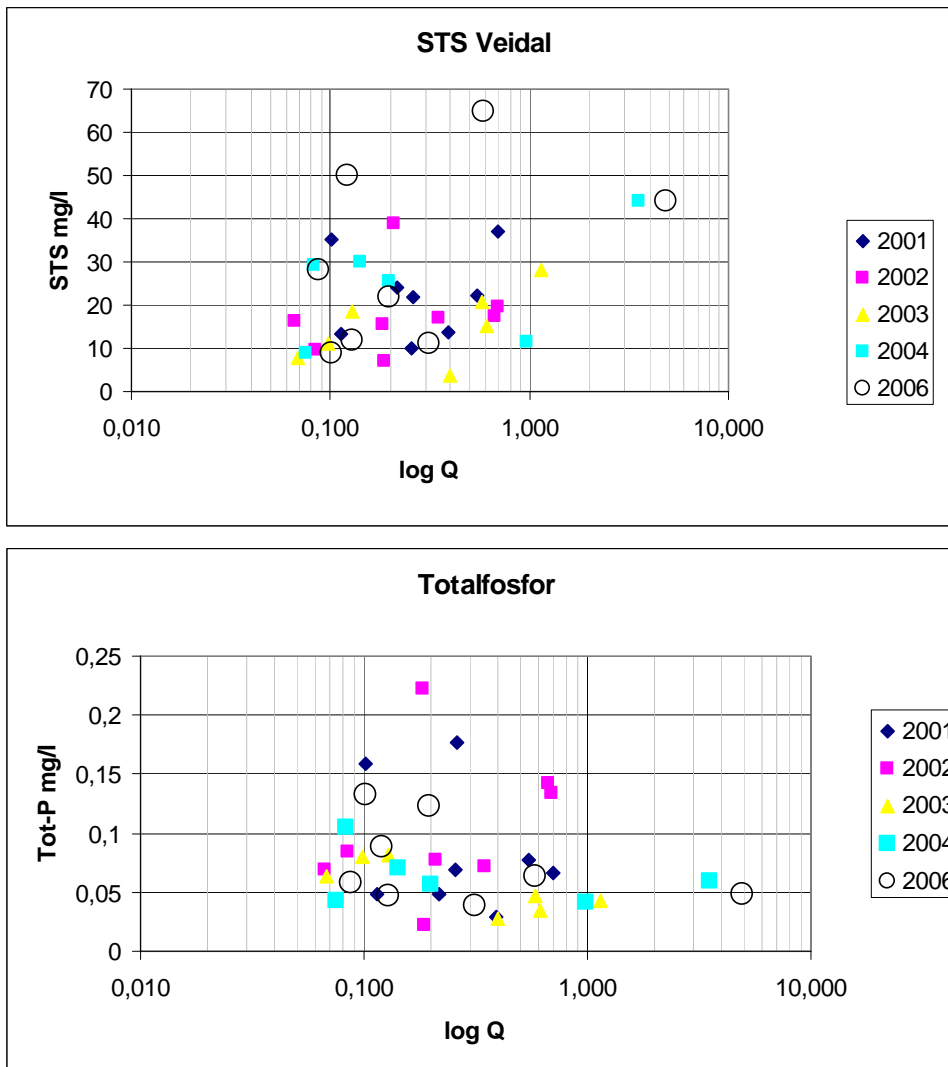
Figur 25 Konsentrasjonen av suspendert materiale (mg/l; øvre panel) og totalfosfor (mg/l nedre panel) plottet mot vannføring (m³/s; logaritmisk skala på aksen), for fem år i Svinna.

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 26 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 27 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.

Konklusjonen av denne analysen er at det ikke kan påvises noen endringer i konsentrasjoner i Mørkelva eller Veidalselva over tid, men at det i Svinna ser ut til å ha vært en reduksjon i forekomsten av høye konsentrasjoner det siste året. Dette må imidlertid stadfestes gjennom undersøkelser fremover i tid.

6. Analyse av flomvannføring i Hobøl elva

6.1 Formål

Formålet med denne deloppgaven var å undersøke om det kan påvises endret mønster i flomvannføringen i Hobøl elva i perioden fra 1975 til 2007. Spørsmålet om flomvannføring og hyppigheten av flommer er viktig, fordi store mengder næringsstoffer og sedimenter transporteres i perioder med høy vannføring.

6.2 Observasjoner

Datamaterialet til denne analysen er basert på vannføringsmålinger fra Høgfoss avløpsstasjon. Det er benyttet en tidsserie fra 1975 til 2007 med gjennomsnittsvannføring pr. døgn (Figur 28). Basert på samme datamateriale har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) estimert middelflom for Høgfoss til 36,6 m³/s og 10-årsflommen til 52,8 m³/s.

6.3 Metode for flomanalysen

I denne analysen er det gjennomført en enkel form for frekvensanalyse, hvor antall flomvannføringer over tre ulike terskelvannføringer er summert opp, for deretter å undersøke om det kan påvises systematiske endringer over tid. For å teste tendenser i tid er det gjennomført standard lineær regresjon for hver av tidsseriene. Lineær regresjon er sensitiv for ekstremhendelser, og for å teste slike effekter er det også gjennomført en såkalt robust regresjon. Denne metoden vektet hver observasjon avhengig av avvik fra en eventuell trend, og dermed blir robust regresjon mindre følsom for anomalier i tidsserien.

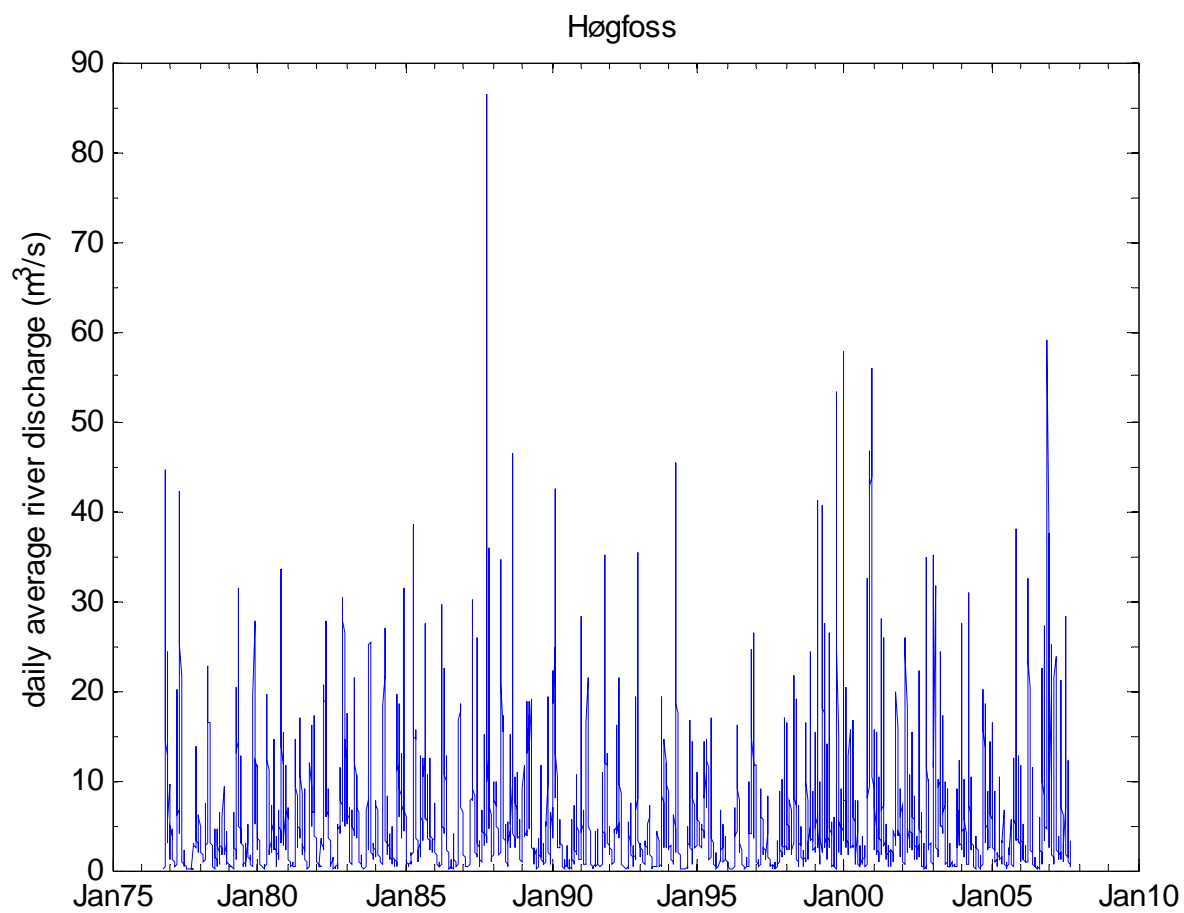
I dette prosjektet er det gjennomført såkalt 'double mass' og 'single mass' analyser. I 'double mass' analyser kontrolleres det for homogenitetsbrudd i tidsserien. Dette skjer ved å sammenligne den tidsserien som skal analyseres med en annen tidsserie som er homogen. I dette tilfellet ble vannføringen ved Høgfoss sammenlignet med døgnlig gjennomsnittstemperatur observert ved Rygge flyplass. Slike homogenitetstester skal verifisere at det ikke har skjedd fysiske endringer i vassdraget som påvirker måleserien.

I 'single mass analysen' summeres vannføringen dag for dag, og den summerte kurven plottes som en funksjon av tid. 'Single mass' kurver viser svingninger i middelverdien.

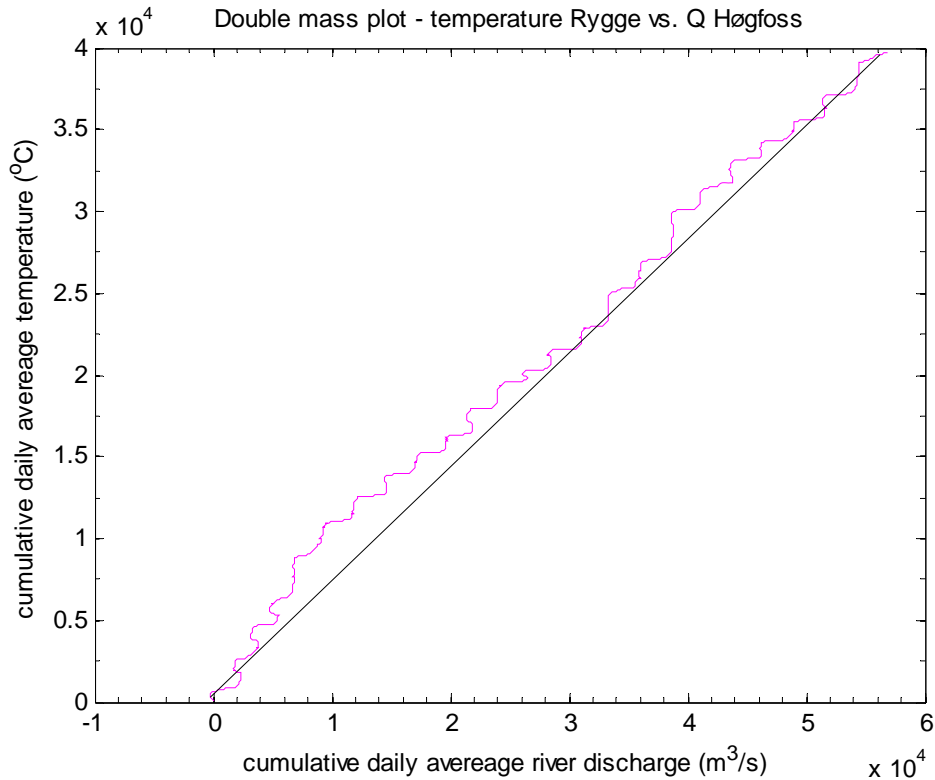
6.4 Resultat av flomanalysen

'Double mass' analysen viser ingen klare homogenitetsbrudd, men det er svingninger i middelverdien (Figur 29). Dette kommer også klart fram i single mass kurven (Figur 30). Fra 1988 til 1993 var det en periode med gjennomsnittlig høyere vannføringer enn samlet verdi for hele måleperioden. I perioden 1996 til 2001 var det en tendens til lavere middelvannføring.

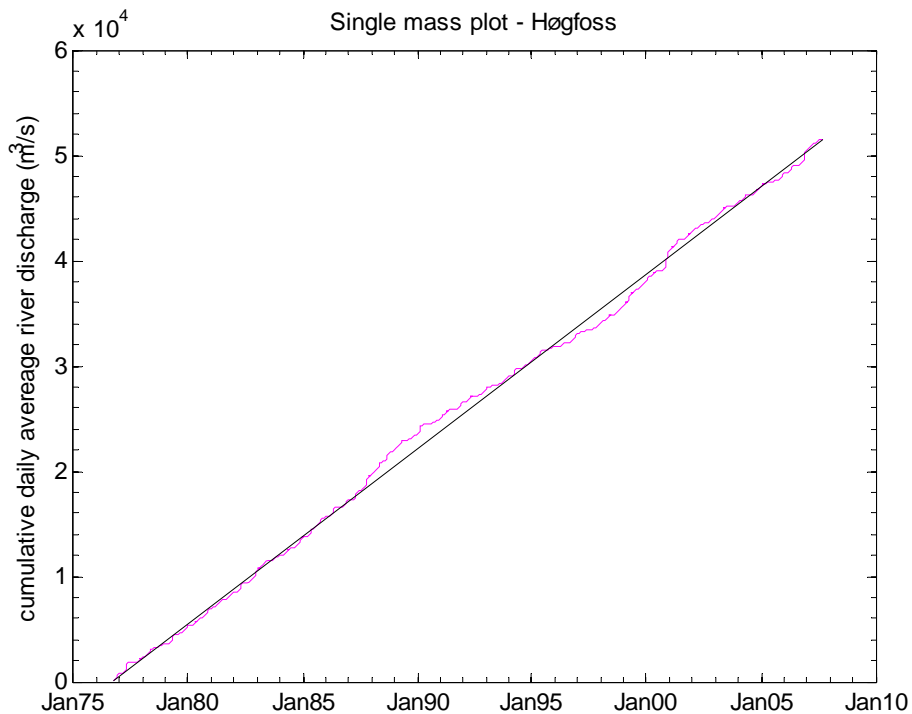
I frekvensanalysen er kun hele år inkludert i datamaterialet fordi antall hendelser blir talt opp pr. år. Det innebærer at observasjoner fra og med 1977 til og med 2006 er tatt med. Det er benyttet terskelverdier på 30, 20 og 10 m³/s, som tilsvarer hhv. 12%, 3% og 1% av vannføringene i datamaterialet (Figur 31). Plottes antall hendelser over de gitte terskelverdiene ser man for det første at år 2000 utmerker seg med unormalt mange flommer over terskelvannføringer på 30 og 20 m³/s (Figur 32 og Figur 33), mens 2006 har flest vannføringer over 10 m³/s (Figur 34). Med robust regresjon blir anomaliene i år 2000 og 2006 tillagt mindre vekt, og samtlige plott viser en klar tendens til færre flommer over de gitte terskelverdiene.



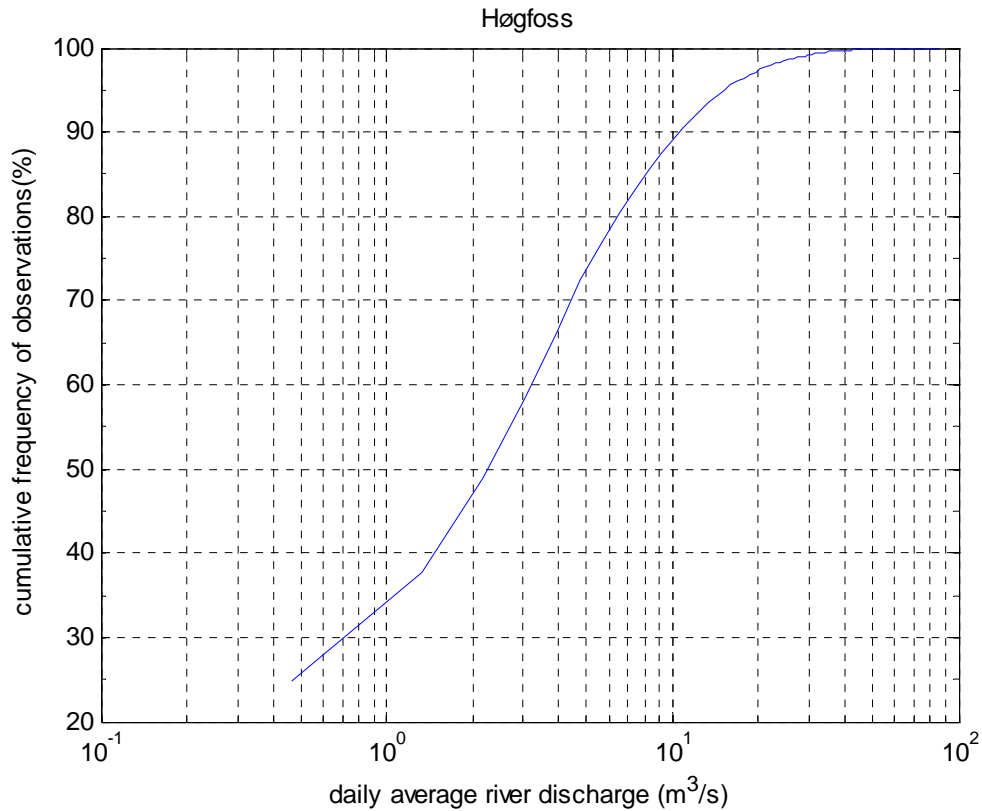
Figur 28. Observert døgnlig gjennomsnittsvannføring ved Høgfoss i perioden 1/10/1976 til 25/9/2007.



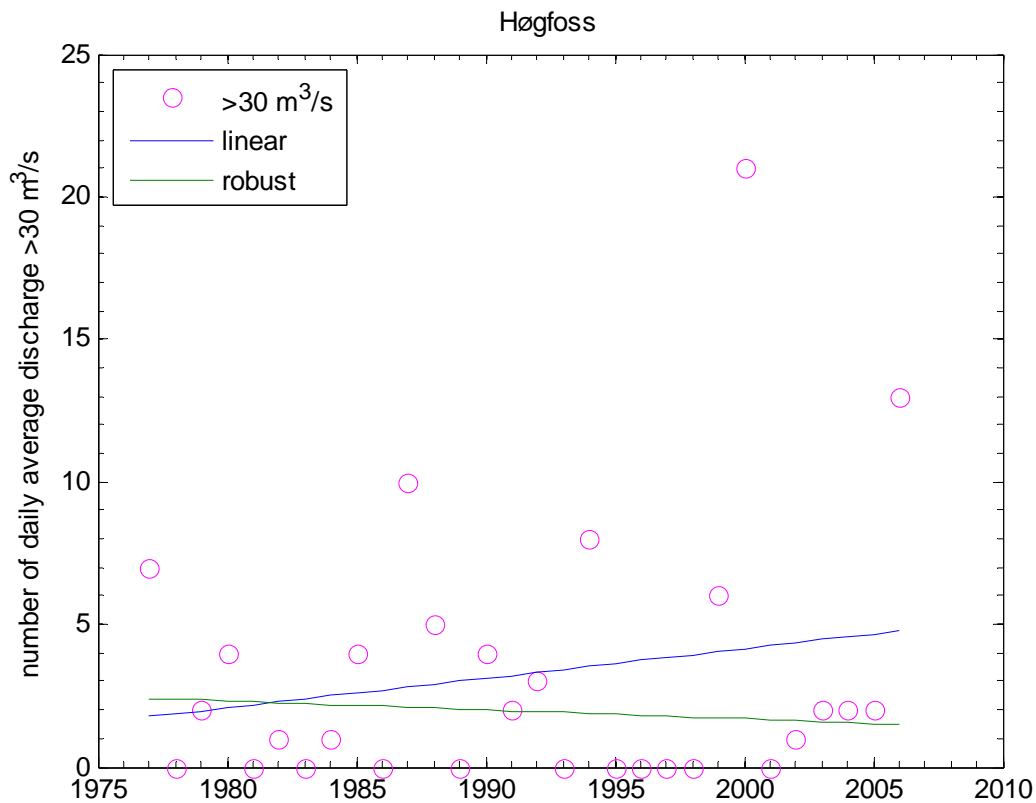
Figur 29. Akumulert døgning gjennomsnittsvannføring ved Høgfoss plottet mot akumulert døgning gjennomsnittstemperatur målt ved Rygge flyplass. Kurven viser ingen klare homogenitetsbrudd.



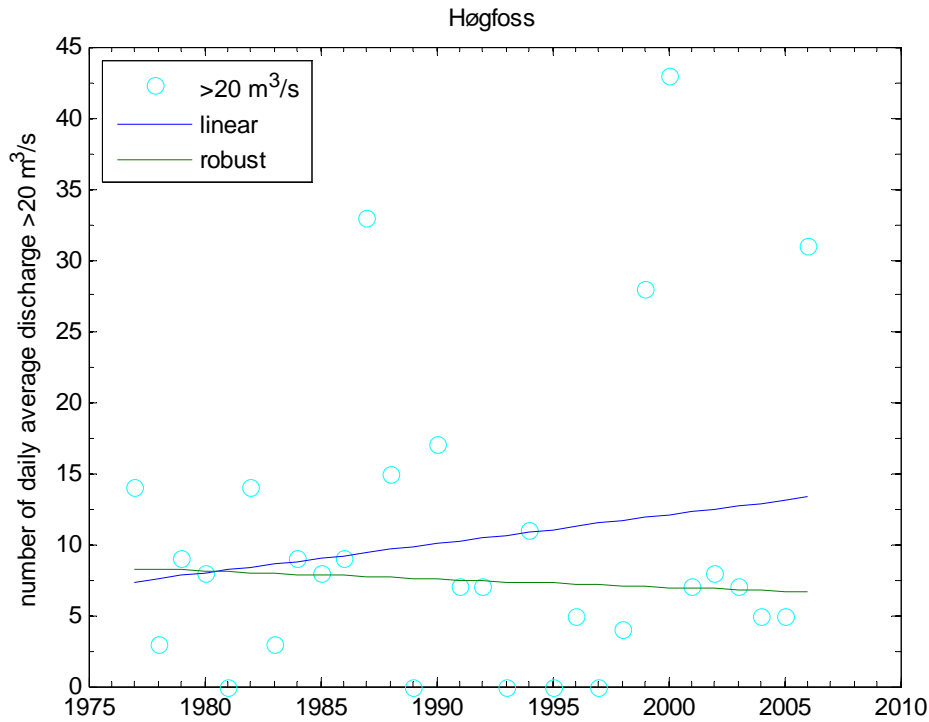
Figur 30. Akumulert vannføring i observasjonsperioden ("single mass plot"). Kurven viser avvik fra gjennomsnittet (sort strek).



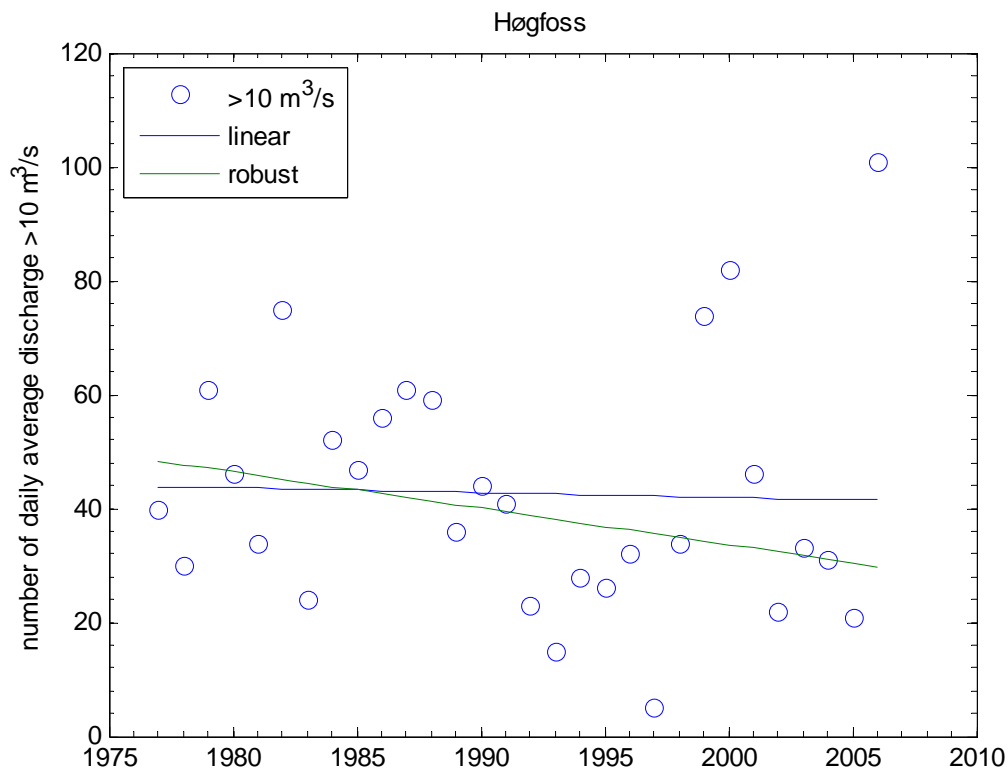
Figur 31. Frekvensplott av antall observasjoner av vannføring ved Høgfoss målt som døgnlige gjennomsnitt.



Figur 32. Antall dager med døgnlige gjennomsnittsvannføring over 30 m³/s ved Høgfoss vannføringsstasjon.



Figur 33. Antall dager med døgnlig gjennomsnittsvannføring over 20 m³/s ved Høgfoss vannføringsstasjon.



Figur 34. Antall dager med døgnlig gjennomsnittsvannføring over 10 m³/s ved Høgfoss vannføringsstasjon.

6.5 Konklusjon vannføringsanalyse

Basert på robust regresjon kan det fastslås at det ikke er noen tendens til hyppigere vannføringer over 30, 20 og 10 m³/s i Hobølelva i perioden 1975 til 2007.

År 2000 er en anomali i denne perioden med mange dager med døgnlig gjennomsnittsvannføring over de gitte terskelverdiene. I vanlig frekvensanalyse bør flommen høsten 2000 betraktes som en sammenhengende flomhendelse med lang varighet. Hvis dette ikke gjøres, blir antagelsen om uavhengighet mellom flomhendelsene anfektet.

I analysen er det ikke gjort noen antagelse om uavhengighet eller homogenitet, men det er i stedet kun sett på antall hendelser over gitte terskelverdier. Det innebærer at anomalier, som høsten 2000, ikke må tillegges for stor vekt.

Det er interessant å se om det kan påvises endringer i flomhyppigheten før og etter tiltaksperioden i 2001: Resultatene tyder på at vannføringer over de gitte terskelverdiene (30, 20 og 10 m³/s) heller opptrer mer sjeldent i denne perioden enn tidligere.

7. Trendanalyse vannkvalitetsdata i Storefjorden og Vanemfjorden

7.1 Formål

Formålet med denne sammenstillingen er å gjøre en vurdering av vannkvalitetsutviklingen i Vansjø (Storefjorden og Vanemfjorden). Det er særlig fokus på utviklingen i vannkvaliteten i årene etter at tiltaksplanene er satt i verk etter tiltaksanalysen fra 2001 (Lyche Solheim et al. 2001). Figur 35 viser Vansjø med de to bassengene Vanemfjorden og Storefjorden, samt nedbørfeltet.



Figur 35. Kart over nedbørfeltet til Vansjø med Storefjorden og Vanemfjorden avmerket.

7.2 Metode

Det er utviklet flere statistiske prosedyrer for å skille tilfeldige svingninger i miljøkvalitet fra mer persistente endringer over tid. Eksempelvis kan det benyttes ikke-parametriske Mann-Kendall tester for å avsløre trender i tidsserier. Testene er mye benyttet i miljøforskning fordi de er enkle, robuste og kan håndtere manglende verdier og verdier under en deteksjonsgrense. Siden den første versjonen har testen blitt utvidet til å også inkludere sesongvariasjoner (Hirsch et al., 1982) og korreksjon for seriell korrelasjon (Hirsch & Slack, 1984).

Værforhold forårsaker naturlige svingninger i konsentrasjoner, noe som kan maskere en eksisterende trend og derved gjøre det vanskelig å trekke sikre konklusjoner om antropogent betingede variasjoner

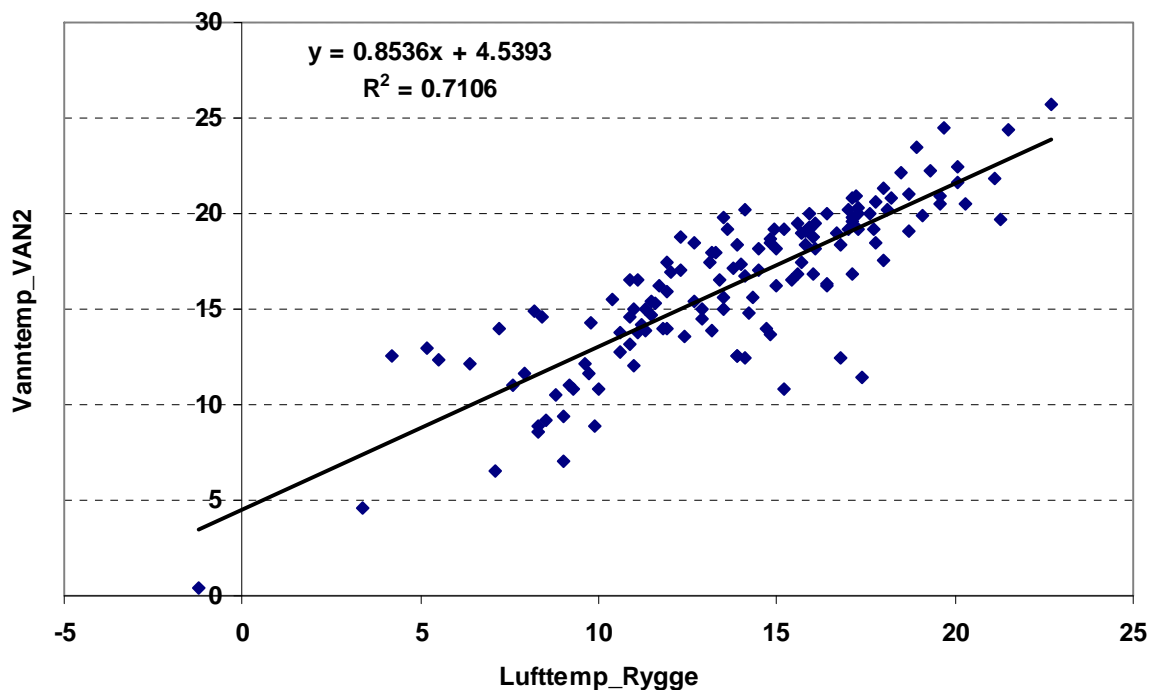
over tid (Stålnacke & Grimvall, 2000). For å ta hensyn til slike svingninger er det viktig å inkludere forklaringsvariabler (meteorologiske eller hydrologiske) i analysen. Dette har i de senere år blitt inkludert i en nyutviklet metode basert på de ovennevnte Mann-Kendall testene (Libiseller & Grimvall, 2002). Den såkalte PMK-testen ble benyttet i denne analysen.

7.3 Data

I de statistiske trendtestene ble månedsverdier (basert på beregninger av aritmetisk månedsmiddel fra enkeltprøver) brukt for å utjevne eventuelle tilfeldige variasjoner mellom enkeltprøver innenfor hver måned. Kun data for sommerperioden (juni-september) ble inkludert i analysen.

Tidsserier for perioden 1983-2007 for konsentrasjoner av total fosfor (TP) og klorofyll-a (Klfa) fra Storefjorden (stasjon VAN1) og Vanemfjorden (stasjon VAN2) ble benyttet i tidstrendanalysen. Det foreligger ikke data for 1999, så dette året er ikke inkludert i analysen. Vannkvalitetsdata benyttet i analysen stammer fra overvåking som ble utført av Fylkesmannen i Østfold frem til og med 2004, deretter fra overvåking utført av NIVA på oppdrag fra Vannområdeutvalget Morsa.

Lufttemperatur (døgnverdier) fra Meteorologisk institutt sin målestasjon i Rygge ble brukt som forklaringsvariabel i analysen for å kunne skille effekter av iverksatte tiltak fra eventuelle effekter av klimatiske forhold. En enkel korrelasjonsanalyse mellom vanntemperatur (målt ved enkelte prøveuttak, VAN2) og lufttemperaturdata fra Rygge viste en god sammenheng mellom disse (Figur 36). Da det ikke foreligger vanntemperaturmålinger for alle prøveuttak, ble derfor døgnmiddel for lufttemperatur ved prøveuttak valgt som forklaringsvariabel.



Figur 36. Korrelasjonsplot mellom målt vanntemperatur (VAN2) og døgnmiddel for lufttemperatur (Rygge) ved de enkelte prøveuttak.

7.4 Tidstrendanalyse av fosfor- og klorofyllkonsentrasjoner

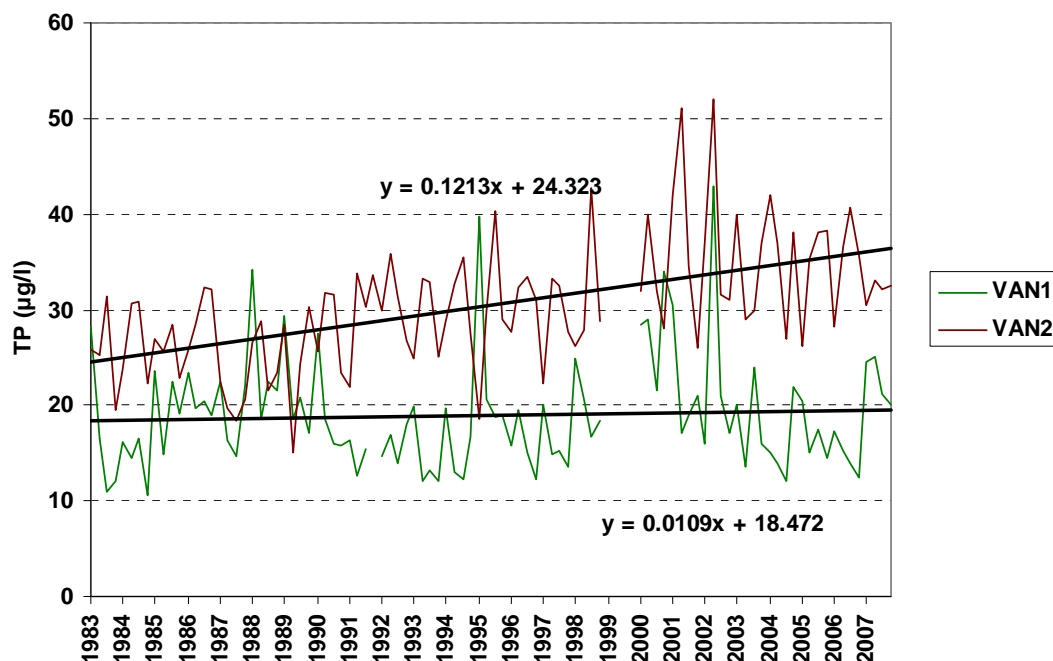
Både konsentrasjoner av total fosfor og klorofyll-a i Vanemfjorden viser en signifikant økende trend i perioden 1983-2007. Konsentrasjoner av total fosfor i Storefjorden har ikke endret seg signifikant i perioden 1983-2007, mens det derimot har vært en signifikant økning i klorofyll-a konsentrasjoner (Tabell 6).

Tabell 6. Statistisk test av endringer i konsentrasjoner av henholdsvis total fosfor (TP) og klorofyll-a (Klfa) i sommerperioden (juni-september) i Vanemfjorden og Storefjorden i perioden 1983-2007. Tabellen viser p-verdiene. Statistisk signifikante trender ($p < 0,05$) er angitt med **fet** skrift.

	Total fosfor (TP)	Klorofyll-a (Klfa)
Storefjorden (VAN1)	0,60	0,022
Vanemfjorden (VAN2)	$4,9 * 10^{-5}$	0,0007

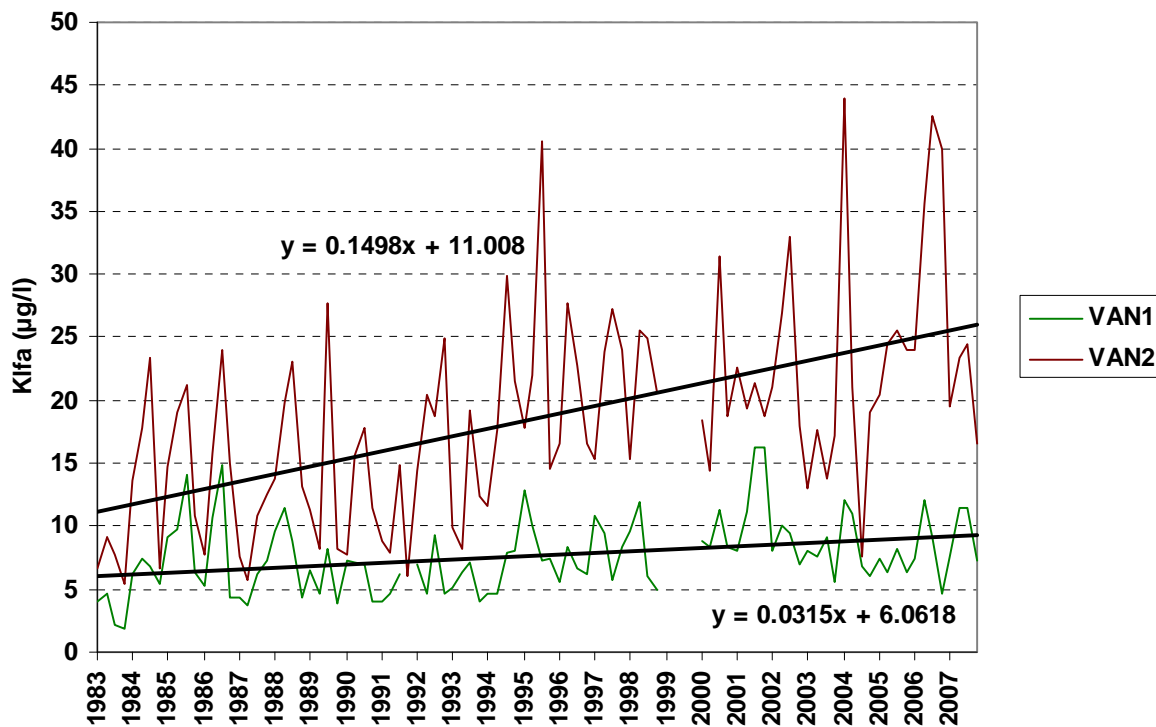
Fosforkonsentrasjonen i Vanemfjorden viser en klart signifikant økende trend ($p = 4,9 * 10^{-5}$). Høyeste fosforkonsentrasjoner ble her målt sommeren 2001 og 2002, etterfølgende den svært nedbørrike høsten 2000. Konsentrasjonene har så de senere år avtatt noe, men ligger fremdeles over nivået for tidligere år i overvåkingsperioden (80-/90-tallet; Figur 37). Det er rimelig å anta at en kombinasjon av store tilførsler under flomperioder i 1999 og 2000 kan forklare noe av økningen i fosforkonsentrasjoner i Vanemfjorden etter 2000.

Analyse av utviklingen i fosforkonsentrasjonen i Storefjorden i perioden 1983-2007 viser ingen signifikant endring ($p = 0,60$). Høyeste konsentrasjoner ble målt sommeren 1995 og 2002. Det var her ingen klar økning i konsentrasjoner sommeren 2001.



Figur 37. Konsentrasjoner (månedsmiddel) av total fosfor (TP) i Storefjorden (VAN1) og Vanemfjorden (VAN2) i perioden 1983-2007 basert på data fra de 4 sommermånedene juni, juli, august og september. De enkelte verdier er vist i vedlegg A.

Konsentrasjoner av klorofyll-a viser en signifikant økende trend i både Vanemfjorden ($p=0,0007$) og Storefjorden ($p=0,02$) i perioden 1983-2007. Den relativt store økningen i klorofyllkonsentrasjon i Vanemfjorden kan i noen grad forklares av endringer i temperatur, men er nok i størst grad styrt av faktorer som ikke er inkludert i denne analysen (eks. lysforhold, innsjø sirkulasjon, vind, næringstilførsler). Klart høyeste konsentrasjoner ble målt sommeren 1995, 2004 og 2006. Konsentrasjoner av klorofyll-a i Storefjorden ligger jevnt over lavere enn i Vanemfjorden og viser mindre variasjon mellom år (Figur 38).



Figur 38. Konsentrasjoner (månedsmiddel) av klorofyll-a (Klfa) i Storefjorden (VAN1) og Vanemfjorden (VAN2) i perioden 1983-2007 basert på data fra de 4 sommermånedene juni, juli, august og september. De enkelte verdier er vist i vedlegg A.

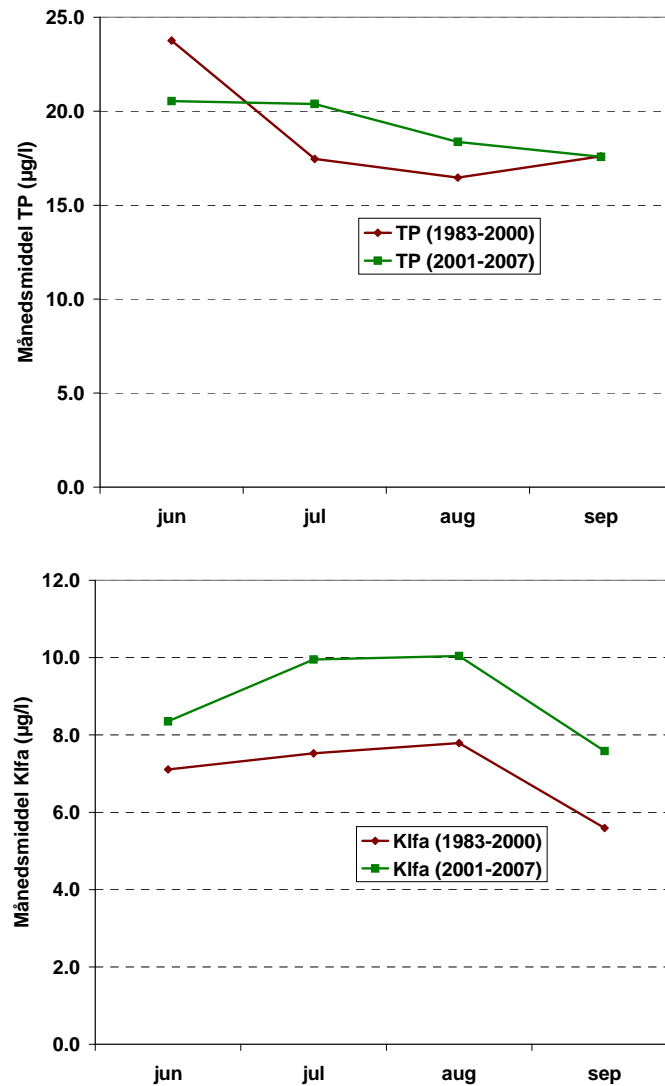
7.5 Vurderinger og diskusjon

Den statistiske analysen av utvikling i konsentrasjoner i perioden 1983-2007 viste for Vanemfjorden klart signifikant økende trender for både total fosfor og klorofyll a. Klorofyllkonsentrasjonen i Storefjorden var også signifikant økende, mens det for total fosfor ikke ble funnet en signifikant trend.

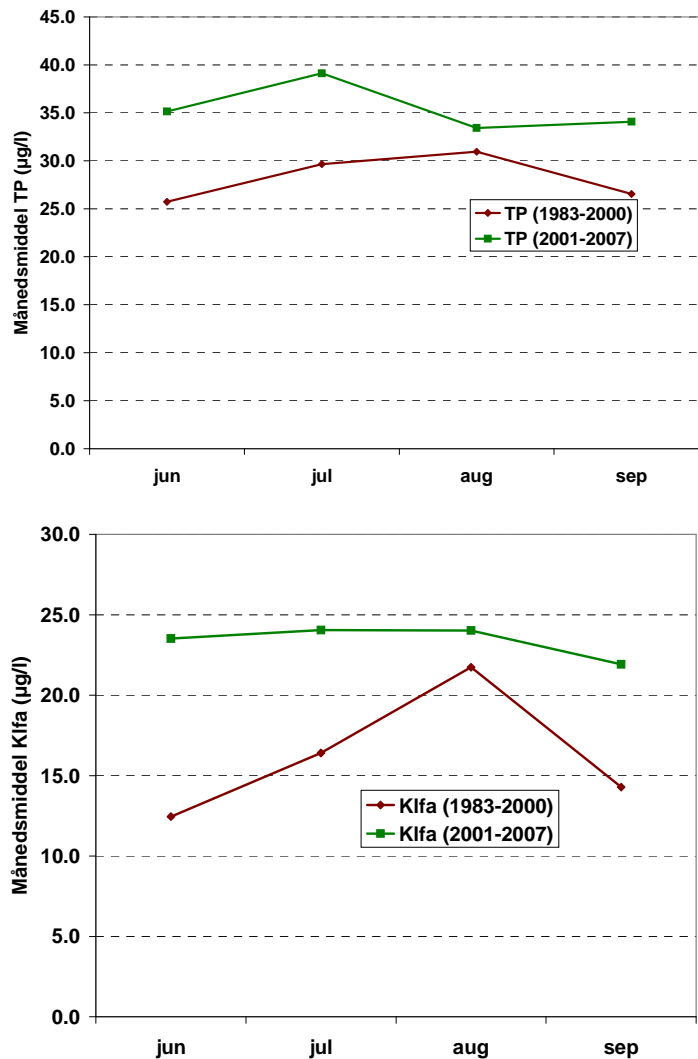
En sammenstilling av månedsmiddel for konsentrasjoner av total fosfor og klorofyll-a for henholdsvis periodene 1983-2000 og 2001-2007 viser en økning i konsentrasjoner etter år 2000 (**Feil! Fant ikke referanseilden.** og **Feil! Fant ikke referanseilden.**). Dette antas å være en følge av flomepisoder i årene 1999 og 2000. Særlig er svært mye nedbør og flom høsten 2000 antatt å ha bidratt med betydelige mengder fosfor til innsjøen. Store jordbruksarealer sto da under vann og kloakken fra flere tusen mennesker rant rett ut i vestre Vansjø (H. Gunnarsdottir, pers.medd.). Store mengder både løst og partikkelbundet fosfor har da blitt tilført innsjøen.

Det er likevel ikke sikkert at det er den høye vannføringen disse enkeltårene som er hovedårsaken til den økningen i konsentrasjoner av både fosfor og klorofyll de siste årene. Det ble målt jevnt over høye

klorofyllkonsentrasjoner i innsjøen også årene før 1999, særlig i perioden 1994-1998. De store algeoppblomstringene de siste årene har vært av relativt kortvarig karakter og ikke gitt høyere middelveier for sesongen enn det som ble observert i siste halvdel av 90-tallet. Det er altså ikke mulig å se noen enkel sammenheng mellom vannføringen i 1999 og 2000 og algemengdene de siste årene.

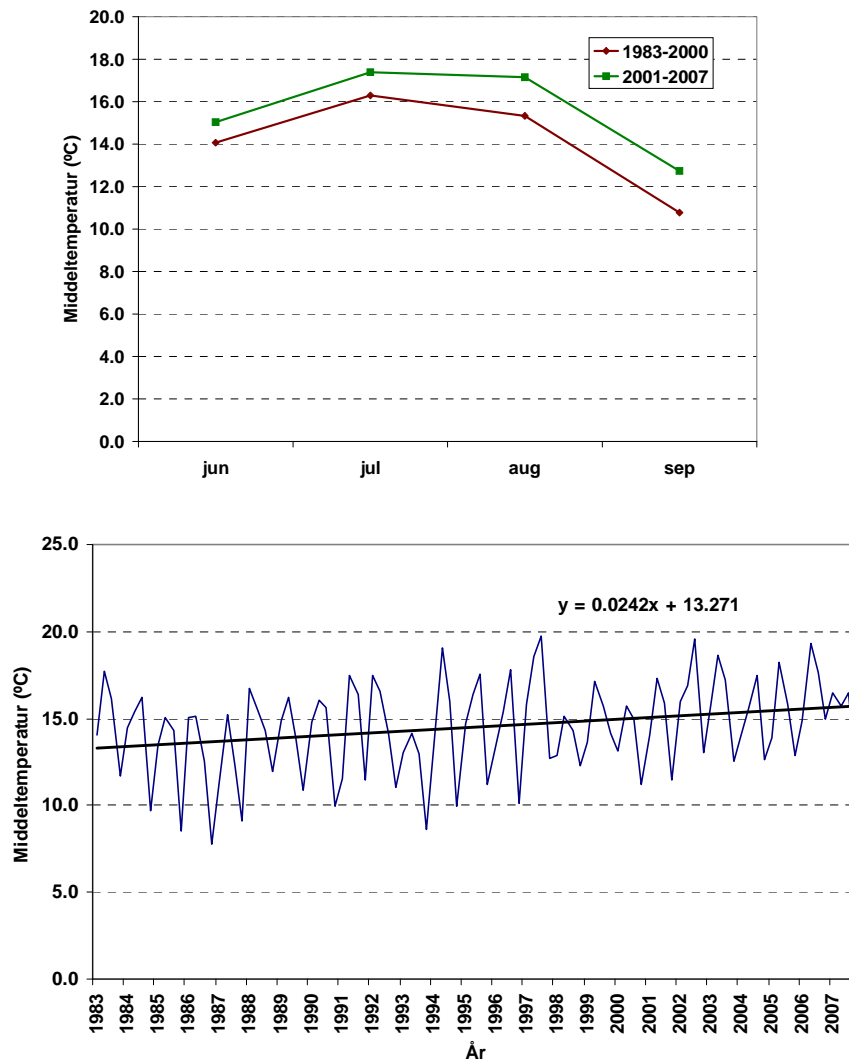


Figur 39. Månedsmiddel (juni-september) for konsentrasjoner av total fosfor (TP; øverst) og klorofyll-a (Klfa; nederst) i Storefjorden (VAN1) for periodene 1983-2000 og 2001-2007. Se også figur 41.



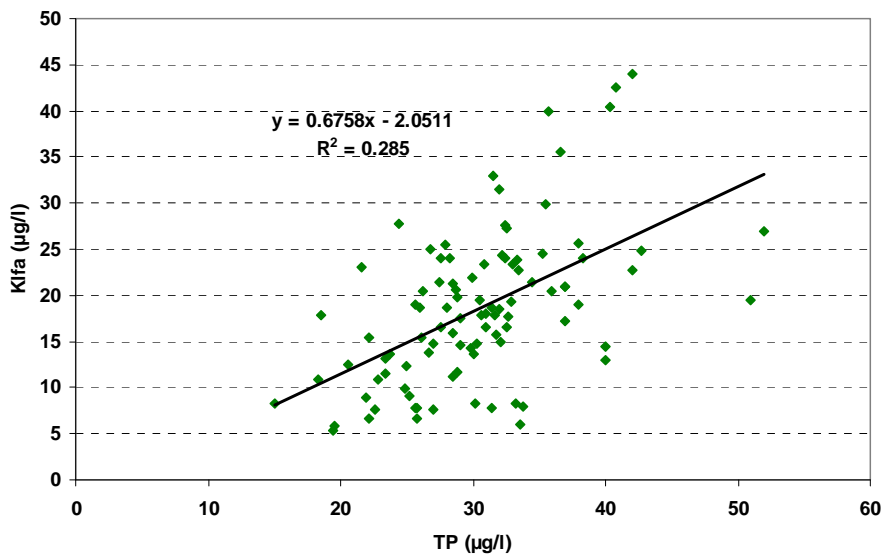
Figur 40. Månedsmiddel (juni-september) for konsentrasjoner av total fosfor (TP; øverst) og klorofyll-a (Klfa; nederst) i Vanemfjorden (VAN2) for periodene 1983-2000 og 2001-2007. Se også figur 41.

Flere faktorer vil virke inn på utvikling i konsentrasjoner over tid. I de analyser som er utført her er det tatt høyde for eventuelle temperaturendringer for å kunne skille effekter av iverksatte tiltak fra eventuelle effekter av klimatiske forhold. Det har vært noe økning i temperatur gjennom vekstsesongen i løpet av den aktuelle perioden (Figur 41), men denne økningen er ikke statistisk signifikant. Analysene viste at temperatur hadde innvirkning på målte konsentrasjoner, men den forklarer allikevel kun en relativt liten andel av den utviklingen som har vært gjennom perioden. En rekke andre forhold som ikke er inkludert i denne analysen, eksempelvis lysforhold, innsjø sirkulasjon, vind, næringstilførsler, er antatt å ha betydelig innvirkning på utvikling i konsentrasjoner.



Figur 41. Månedsmiddel for lufttemperatur (Rygge) gjennom vekstsesongen (juni-september) i periodene 1983-2000 og 2001-2007 (øverst) og utvikling gjennom hele perioden 1983-2007 (nederst). De enkelte verdier er vist i vedlegg A.

Mengde tilgjengelig fosfor har stor innvirkning på primærproduksjon (algemengde) i innsjøen. En enkel korrelasjonsanalyse viser imidlertid en svak sammenheng mellom klorofyllkonsentrasjon og konsentrasjon av total fosfor i Vanemfjorden (Figur 42). Det er altså ingen klar sammenheng mellom algemengde og totalfosforkonsentrasjon fra år til år. Dette kan indikere at en større andel av fosforet foreligger på en form som er mindre tilgjengelig for alger (eks. organisk form, partikkelbundet).



Figur 42. Sammenheng mellom konsentrasjoner av totalfosfor og klorofyll-a i Vanemfjorden i perioden 1983-2007.

Erfaringsmessig tar det ofte lang tid å få snudd en negativ utvikling etter gjennomføring av tiltak. Eksempelvis kan det nevnes at Gjersjøen brukte >10 år fra fosforkonsentrasjonen ble redusert til mengdene også ble redusert.

8. Konklusjoner

8.1 Tilførsler og trender i vannkvalitet og flomfrekvens i Hobølelva

Nye transportberegninger utført for alle år siden målingene begynte, viser at ulike metoder gir ulikt resultat. Beregninger utført med lineær interpolasjon gir ofte høye transporttall, mens slamføringskurven gir gjennomgående lavest transport. Dette gir en indikasjon på usikkerheten i slike beregninger.

Vannføringsnormaliserte trendanalyser er utført med to ulike interpoleringsmetoder: lineær interpolasjon og slamføringskurven. Resultatet av trendanalyser med lineær interpolasjon viser at:

- For suspendert materiale kan det påvises en signifikant jevn nedgang fra 1985 til 2006.
- For totalfosfor kan det også vises til en jevn nedgang, men denne er mindre signifikant enn for suspendert materiale.
- For total nitrogen er ikke den monotone trenden signifikant, men dette skyldes sannsynligvis at det var en oppgang i begynnelsen av 90-tallet, som så kan ha blitt redusert i påfølgende år.

Trendanalyser utført med stofftransportkurver bekrefter mønsteret over og gir i tillegg følgende informasjon:

- Stofftransportkurver for ulike perioder viser at for alle tre parametre (suspendert stoff, totalfosfor og total nitrogen) har transporten ved en og samme vannføring gått opp fra midten av 80-tallet til første halvdel av 90-tallet, deretter er den *redusert* fra begynnelsen av 1990-tallet og til 2000-tallet.
- Ekstreme konsentrasjoner ved høye vannføringer observeres ikke lenger etter ca. 2000, noe som er spesielt positivt siden det de senere år (2005-2006) bevisst har blitt tatt ekstra vannprøver ved høye vannføringer.

Når det gjelder flomfrekvensen i Hobølelva, kan det, basert på robust regresjon, fastslås at det ikke er noen tendens til hyppigere vannføringer over 30, 20 og 10 m³/s i perioden 1975 til 2007. For perioden etter 2001 ser det ut til at vannføringer over 30, 20 og 10 m³/s heller opptrer mer sjeldent enn før.

8.2 Trender i Svinna, Mørkelva og Veidalselva

Datagrunnlaget for disse tre elvene ble vurdert, og det ble konkludert med at det var for tynt til å kunne utføre vannføringsnormaliserte beregninger av transporten. En vannføringsnormalisert trendanalyse for de fem årene med målinger ga følgende ikke mening.

En analyse av slamførings- og stofftransportkurver i disse elvene ga som resultat en mulig nedgang i stofftransporten i Svinna i de senere årene.

Analysen av konsentrasjoner fra Skarbøvik et al. (2007) er gjengitt, og viser at det ikke kan påvises noen endringer i konsentrasjoner i Mørkelva eller Veidalselva over tid, men at det i Svinna ser ut til å ha vært en reduksjon i forekomsten av høye konsentrasjoner det siste året. Dette må imidlertid stadfestes gjennom undersøkelser fremover i tid.

8.3 Trender i Vansjø

Den statistiske analysen av utvikling i konsentrasjoner i perioden 1983-2007 var for Vanemfjorden klart signifikant for både total fosfor og klorofyll a. Klorofyllkonsentrasjonen i Storefjorden var også signifikant økende, mens det for total fosfor ikke ble funnet en signifikant trend.

En sammenstilling av månedsmiddel for konsentrasjoner av total fosfor og klorofyll-a for henholdsvis periodene 1983-2000 og 2001-2007 viser en økning i konsentrasjoner etter år 2000. Dette antas å være en følge av flomepisoder i årene 1999 og 2000. Særlig er svært mye nedbør og flom høsten 2000 antatt å ha bidratt med betydelige mengder fosfor til innsjøen.

Det har vært noe økning i temperatur gjennom vekstsesongen i løpet av perioden, men denne økningen er ikke statistisk signifikant. Analysene viste at temperatur hadde innvirkning på målte konsentrasjoner, men den forklarer allikevel kun en relativt liten andel av den utviklingen som har vært. En rekke andre forhold som ikke er inkludert i denne analysen, eksempelvis lysforhold, innsjø sirkulasjon, vind og næringstilførsler, er antatt å ha betydelig innvirkning på utvikling i konsentrasjoner.

9. 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.
- 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.
- 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.
- Blankenberg A.G.B., m.fl. 2008. Effekt av fosforreduserende tiltak i Morsa 2001-2006. Bioforskrapport in prep.
- 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 Hobølelva. 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.
- Helland, A., Skarbøvik, E. og Lindholm, O. 2005. Tiltaksplan for Drammensfjorden – Fase 2. Kilder til forurensing – Elvetilførsler, Avrenning fra urbane områder, Sedimenterende materiale. NIVA Rapport 5066-2005. 50 s.
- Hirsch, R.-M., Slack, J.R. og Smith, R.A. (1982). Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resources Research* **18**(1): 107-121
- Hirsch, R.-M. og Slack, J.-R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* **20**: 727-732
- Libiseller, C. og Grimvall, A. (2002). Performance of Partial Mann-Kendall Test for Trend Detection in the Presence of Covariates. *Environmetrics* **13**: 71-84
- Lyche Solheim, A., Vagstad, N., Kraft, P., Løvstad, Ø., Skoglund, S., Turtumøygaard, S, og Selvik, J.R. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa (Vansjø-Hobøl-vassdraget) – Sluttrapport. NIVA Rapp. 4377-2001, 104 s.
- Skarbøvik, E., Barkved, L.J. og Stålnacke, P.G. 2007. Tilførsler av partikler og fosfor til Storefjorden - Utredninger Vansjø 2006. NIVA-Rapp 5389. 38 s.
- Skarbøvik, E. Stålnacke, P.G., Kaste, Ø., Selvik, J.R., Borgvang, S.A., Tjomsland, T., Høgåsen, T., and Beldring, S. 2007b. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2006. OSPAR Commission. Norwegian Pollution Control Authority TA-2327/2007; NIVA Report 5511/2007. 142 pp.
- Stålnacke, P. og Grimvall, A. (2000). Hydrological normalization of nutrient deliveries from agricultural catchments. *Reviewed Proceedings from Eleventh Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture*, Kansas State University, p. 145-155
- 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.

10. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr	Emne
1	Hobøelva ved Kure: Beregnet transport av suspendert materiale
2	Hobøelva ved Kure: Beregnet transport av totalfosfor
3	Hobøelva ved Kure: Beregnet transport av total nitrogen
4	Datagrunnlag for trendanalyse Hobøelva
5	Datagrunnlag for trendanalyse Storefjorden og Vanemfjorden

Vedlegg 1 Hobølelva ved Kure: Beregnet transport av suspendert materiale

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
1985	1	28	62	
	2	5	6	
	3	14	17	
	4	5350	4824	
	5	895	847	
	6	50	51	
	7	278	326	
	8	1129	632	
	9	1988	1234	
	10	1954	687	
	11	3007	864	
	12	31	164	
Totalt 1985		14729	9712	11313
1986	1	35	74	
	2	9	7	
	3	811	636	
	4	3150	1635	
	5	1284	1312	
	6	40	62	
	7	5	2	
	8	37	23	
	9	16	15	
	10	2752	753	
	11	1697	1114	
	12	120	252	
Totalt 1986		9957	5885	7837
1987	1	18	20	
	2	5	4	
	3	34	29	
	4	1582	2101	
	5	213	308	
	6	2061	1387	
	7	54	47	
	8	273	175	
	9	1370	633	
	10	10730	6507	
	11	1151	1543	
	12	211	59	
Totalt 1987		17702	12814	7620
1988	1	1651	1091	
	2	241	422	
	3	43	117	
	4	4118	3337	
	5	285	495	
	6	109	80	

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
	7	244	251	
	8	665	741	
	9	580	1571	
	10	1015	676	
	11	52	138	
	12	17	43	
Totalt 1988		9020	8961	7214
1989	1	155	313	
	2	841	472	
	3	3056	1763	
	4	570	628	
	5	37	58	
	6	13	10	
	7	8	3	
	8	587	263	
	9	67	30	
	10	84	95	
	11	383	617	
	12	1687	59	
Totalt 1989		7487	4312	6297
1990	1	13024	8795	
	2	7392	7448	
	3	219	322	
	4	403	237	
	5	22	31	
	6	11	7	
	7	83	33	
	8	10	7	
	9	25	36	
	10	322	298	
	11	410	383	
	12	340	968	
Totalt 1990		22262	18566	22166
1991	1	402	762	
	2	20	106	
	3	4127	2357	
	4	1423	769	
	5	14	20	
	6	16	34	
	7	68	61	
	8	10	9	
	9	10	26	
	10	1921	519	
	11	3204	2229	
	12	60	167	
Totalt 1991		11274	7060	9262
1992	1	16	55	
	2	130	44	
	3	3661	1211	

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
	4	337	375	
	5	303	530	
	6	6	5	
	7	3	3	
	8	132	114	
	9	106	148	
	10	61	41	
	11	3283	2054	
	12	6213	3136	
Totalt 1992		14252	7717	10765
1993	1	168	80	
	2	149	41	
	3	1870	215	
	4	181	190	
	5	125	210	
	6	6	4	
	7	6	4	
	8	76	92	
	9	8	9	
	10	279	947	
	11	514	485	
	12	163	513	
Totalt 1993		3545	2790	4963
1994	1	52	121	
	2	13	26	
	3	860	551	
	4	4024	4361	
	5	36	86	
	6	2	1	
	7	1	1	
	8	38	68	
	9	672	698	
	10	182	224	
	11	360	402	
	12	1426	741	
Totalt 1994		7666	7280	5528
1995	1	296	171	
	2	2684	493	
	3	3202	321	
	4	340	715	
	5	87	176	
	6	1005	516	
	7	38	19	
	8	27	10	
	9	20	19	
	10	92	162	
	11	32	73	
	12	15	44	
Totalt 1995		7837	2719	6788

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
1996	1	4	8	
	2	1	2	
	3	5	3	
	4	1455	449	
	5	2227	805	
	6	86	72	
	7	25	16	
	8	10	7	
	9	261	122	
	10	2333	931	
	11	3121	1256	
	12	307	467	
Totalt 1996		9836	4137	7692
1997	1	12	13	
	2	288	76	
	3	518	265	
	4	51	58	
	5	135	204	
	6	16	16	
	7	11	7	
	8	7	5	
	9	83	41	
	10	92	151	
	11	333	275	
	12	453	335	
Totalt 1997		1998	1447	3096
1998	1	378	473	
	2	345	227	
	3	89	136	
	4	946	726	
	5	153	145	
	6	73	109	
	7	46	57	
	8	56	48	
	9	537	391	
	10	456	513	
	11	253	238	
	12	516	283	
Totalt 1998		3848	3346	3081
1999	1	2555	1290	
	2	116	81	
	3	1677	995	
	4	2218	1716	
	5	83	205	
	6	208	281	
	7	116	211	
	8	12	18	
	9	6036	2824	
	10	2064	811	

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
	11	819	343	
	12	3115	1325	
Totalt 1999		19019	10101	7266
2000	1	265	374	
	2	810	339	
	3	703	263	
	4	2110	718	
	5	196	153	
	6	66	74	
	7	34	37	
	8	35	36	
	9	25	24	
	10	1626	1580	
	11	8834	4940	
	12	1070	1358	
Totalt 2000		15774	9897	5575
2001	1	253	413	
	2	155	256	
	3	337	169	
	4	3292	1480	
	5	147	235	
	6	33	48	
	7	55	23	
	8	53	40	
	9	102	136	
	10	1275	678	
	11	150	149	
	12	381	218	
Totalt 2001		6233	3846	4261
2002	1	54	161	
	2	303	626	
	3	427	225	
	4	78	133	
	5	89	193	
	6	48	64	
	7	298	370	
	8	52	70	
	9	11	11	
	10	141	423	
	11	81	163	
	12	19	43	
Totalt 2002		1600	2484	1898
2003	1	712	777	
	2	177	164	
	3	1127	433	
	4	1167	611	
	5	583	476	
	6	49	76	
	7	59	31	

År	Måned	STS transport (tonn) med lineær interpolasjon	STS transport (tonn) med slamføringskurven	STS transport med årsgjennomsnitt
	8	23	15	
	9	5	5	
	10	4	6	
	11	334	165	
	12	1076	635	
Totalt 2003		5316	3393	4462
2004	1	47	136	
	2	65	150	
	3	545	785	
	4	274	337	
	5	173	76	
	6	24	28	
	7	49	48	
	8	11	7	
	9	110	349	
	10	177	507	
	11	83	170	
	12	415	378	
Totalt 2004		1971	2970	1904
2005	1	268	429	
	2	42	84	
	3	64	25	
	4	117	122	
	5	101	67	
	6	73	71	
	7	9	6	
	8	68	51	
	9	27	32	
	10	424	215	
	11	553	936	
	12	50	171	
Totalt 2005		1797	2210	2195
2006	1	32	135	
	2	17	30	
	3	172	66	
	4	1364	1358	
	5	157	342	
	6	28	27	
	7	5	4	
	8	14	7	
	9	145	94	
	10	1603	880	
	11	7306	3320	
	12	4219	2842	
Totalt 2006		15062	9104	6248

Vedlegg 2. Hobøelva ved Kure: Beregnet transport av totalfosfor

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årgj.snitt metode
1985	1	5	204	274	
	2	1	155	66	
	3	3	329	124	
	4	35	7215	6441	
	5	24	1701	1806	
	6	5	275	246	
	7	14	969	954	
	8	19	2712	1645	
	9	22	3422	2343	
	10	12	3306	1452	
	11	13	4637	1695	
	12	10	295	576	
Totalt 1985		164	25220	17622	21935
1986	1	6	211	327	
	2	2	83	58	
	3	15	3155	1305	
	4	26	8383	4099	
	5	32	3179	2896	
	6	5	158	270	
	7	1	32	22	
	8	2	323	124	
	9	2	162	99	
	10	9	2178	960	
	11	29	6062	3132	
	12	13	491	811	
Totalt 1986		142	24417	14103	23095
1987	1	3	124	124	
	2	1	59	39	
	3	2	165	126	
	4	41	3818	3736	
	5	15	893	950	
	6	18	3890	2764	
	7	4	206	206	
	8	8	938	635	
	9	18	2605	1503	
	10	57	15818	9879	
	11	31	2420	2879	
	12	5	198	276	
Totalt 1987		204	31132	23117	16930
1988	1	15	2240	1787	
	2	17	835	1186	
	3	8	226	440	
	4	43	3385	3963	
	5	19	727	1208	
	6	5	260	263	
	7	11	586	690	

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årsgj.snitt metode
	8	22	1329	1600	
	9	28	1213	2455	
	10	18	956	1130	
	11	10	276	531	
	12	4	133	205	
Totalt 1988		199	12164	15456	10940
1989	1	14	474	929	
	2	13	1267	1030	
	3	31	3104	2810	
	4	20	937	1364	
	5	6	189	273	
	6	2	61	67	
	7	1	32	24	
	8	11	1069	740	
	9	4	208	163	
	10	7	272	366	
	11	20	808	1473	
	12	5	1206	240	
Totalt 1989		132	9627	9479	10184
1990	1	22	10343	7642	
	2	44	9010	9203	
	3	13	446	822	
	4	9	730	628	
	5	3	93	121	
	6	1	46	38	
	7	2	183	103	
	8	1	42	36	
	9	2	373	162	
	10	9	748	751	
	11	12	581	823	
	12	18	2038	2083	
Totalt 1990		137	24633	22412	24405
1991	1	20	902	1661	
	2	5	96	309	
	3	23	3945	3270	
	4	16	810	1247	
	5	2	48	85	
	6	2	71	121	
	7	4	208	200	
	8	1	48	48	
	9	2	57	88	
	10	16	1026	1256	
	11	30	2905	3205	
	12	8	582	514	
Totalt 1991		129	10698	12003	11779
1992	1	4	159	201	
	2	2	266	131	
	3	19	2596	1871	

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årgj.snitt metode
	4	13	838	983	
	5	13	693	1155	
	6	1	28	28	
	7	1	22	19	
	8	5	394	337	
	9	8	517	500	
	10	3	173	156	
	11	23	5081	3436	
	12	26	8343	4748	
Totalt 1992		119	19109	13563	17796
1993	1	5	364	280	
	2	3	266	151	
	3	4	2072	389	
	4	8	400	552	
	5	9	327	571	
	6	1	28	21	
	7	1	31	25	
	8	5	283	305	
	9	1	41	46	
	10	22	1158	2049	
	11	14	1336	1173	
	12	16	566	1257	
Totalt 1993		90	6872	6819	10454
1994	1	7	200	393	
	2	2	75	109	
	3	12	1439	1112	
	4	50	6519	6828	
	5	4	114	258	
	6	0	12	9	
	7	0	6	5	
	8	3	232	226	
	9	15	1287	1386	
	10	8	699	617	
	11	13	1209	1030	
	12	18	2431	1647	
Totalt 1994		134	14224	13620	12282
1995	1	10	831	654	
	2	10	2856	924	
	3	15	3360	1091	
	4	27	1151	2175	
	5	10	305	634	
	6	16	3071	1598	
	7	2	188	102	
	8	1	116	54	
	9	2	112	94	
	10	10	496	626	
	11	6	161	316	
	12	4	121	208	

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årsgj.snitt metode
Totalt 1995		112	12768	8476	14280
1996	1	1	42	48	
	2	1	18	19	
	3	1	40	20	
	4	12	3763	1357	
	5	17	3984	1904	
	6	5	305	306	
	7	2	163	88	
	8	1	62	45	
	9	3	436	249	
	10	22	4146	2276	
	11	29	6140	3166	
	12	18	944	1396	
Totalt 1996		112	20043	10874	19506
1997	1	2	73	76	
	2	4	486	252	
	3	11	916	797	
	4	5	189	253	
	5	11	389	723	
	6	2	72	85	
	7	1	50	45	
	8	1	39	29	
	9	3	262	177	
	10	9	372	575	
	11	12	887	900	
	12	14	982	1040	
Totalt 1997		75	4716	4952	8784
1998	1	19	1247	1501	
	2	11	954	780	
	3	8	387	525	
	4	23	2276	2052	
	5	8	438	522	
	6	7	337	427	
	7	5	209	253	
	8	4	270	218	
	9	14	1698	1234	
	10	18	2712	1778	
	11	12	1081	888	
	12	11	1753	998	
Totalt 1998		141	13362	11176	11728
1999	1	34	5650	3312	
	2	6	511	335	
	3	23	4359	2758	
	4	44	5419	4441	
	5	11	441	739	
	6	12	683	883	
	7	11	469	741	
	8	2	85	95	

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årgj.snitt metode
	9	15	10766	5292	
	10	23	5152	2364	
	11	10	1918	993	
	12	28	4791	2930	
Totalt 1999		219	40242	24884	18516
2000	1	17	858	1171	
	2	10	1377	796	
	3	12	1577	834	
	4	21	4114	1824	
	5	8	618	518	
	6	5	242	274	
	7	4	148	161	
	8	4	159	164	
	9	2	183	114	
	10	38	5277	4081	
	11	83	18190	10108	
	12	38	2860	3293	
Totalt 2000		242	35601	23338	14628
2001	1	18	623	1208	
	2	11	555	773	
	3	8	970	571	
	4	37	5593	3412	
	5	12	629	764	
	6	4	184	199	
	7	2	240	109	
	8	4	240	177	
	9	9	355	486	
	10	23	1643	1737	
	11	9	474	521	
	12	11	1083	720	
Totalt 2001		150	12589	10677	11335
2002	1	9	285	536	
	2	21	934	1643	
	3	11	1025	724	
	4	9	200	481	
	5	10	395	629	
	6	5	182	262	
	7	15	1113	1061	
	8	5	262	268	
	9	1	63	55	
	10	13	506	1031	
	11	10	413	571	
	12	4	122	192	
Totalt 2002		115	5500	7455	7256
2003	1	22	1406	1837	
	2	10	469	565	
	3	17	1881	1189	
	4	21	2239	1654	

År	Måned	Vannføring (10 ⁶ m ³)	Tot-P transport (kg) med lineær interpolasjon	Tot-P transport (kg) med slamf.kurve	Tot-P transport (kg) med årsgj.snitt metode
	5	21	1466	1410	
	6	6	248	296	
	7	3	257	142	
	8	2	120	81	
	9	1	39	31	
	10	1	39	36	
	11	10	834	577	
	12	17	2446	1597	
Totalt 2003		130	11444	9414	11951
2004	1	9	257	495	
	2	9	287	521	
	3	23	1309	1922	
	4	15	648	993	
	5	6	391	295	
	6	3	108	117	
	7	4	226	202	
	8	1	57	37	
	9	14	599	974	
	10	21	774	1475	
	11	10	427	595	
	12	17	1387	1173	
Totalt 2004		132	6470	8799	7529
2005	1	17	839	1086	
	2	6	195	317	
	3	2	236	114	
	4	8	482	439	
	5	5	284	252	
	6	6	258	281	
	7	1	45	39	
	8	4	269	213	
	9	3	105	145	
	10	11	1102	705	
	11	29	1792	2350	
	12	10	275	597	
Totalt 2005		103	5881	6537	7864
2006	1	8	202	477	
	2	3	147	143	
	3	5	519	251	
	4	39	3219	3305	
	5	16	548	1059	
	6	3	260	121	
	7	1	203	21	
	8	1	50	37	
	9	5	297	273	
	10	26	3629	2189	
	11	49	13005	6154	
	12	36	7559	5255	
Totalt 2006		192	29639	19286	15782

Vedlegg 3. Hobøl elva ved Kure: Beregnet transport av total nitrogen

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-kurve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
1985	1	6560	6752	
	2	2933	1740	
	3	5708	3278	
	4	65749	59843	
	5	27825	32667	
	6	6167	5989	
	7	19010	19083	
	8	28238	27444	
	9	29481	32267	
	10	23354	18573	
	11	31589	21157	
	12	10660	12555	
Totalt 1985		257276	241348	253042
1986	1	7369	7834	
	2	2322	1774	
	3	27913	21774	
	4	40374	38234	
	5	42350	45164	
	6	4870	6465	
	7	565	752	
	8	4775	2987	
	9	2589	2729	
	10	37107	17556	
	11	60561	46036	
	12	18218	17815	
Totalt 1986		249014	209120	261545
1987	1	4598	3357	
	2	1989	1258	
	3	7904	4207	
	4	89497	63893	
	5	30589	28071	
	6	77656	54072	
	7	5121	5280	
	8	12659	11007	
	9	29808	25496	
	10	76845	82195	
	11	29085	41769	
	12	5767	6678	
Totalt 1987		371518	327285	311986
1988	1	20461	21405	
	2	17880	23312	
	3	7745	10040	
	4	46371	60797	
	5	14579	24418	
	6	24064	13360	
	7	11819	13992	
	8	25491	29611	

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-urve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
	9	26552	39970	
	10	27120	26038	
	11	8195	12227	
	12	3832	5091	
Totalt 1988		234108	280261	227398
1989	1	15319	19645	
	2	34881	21918	
	3	64113	51388	
	4	38498	36358	
	5	6184	6908	
	6	1541	1916	
	7	724	755	
	8	27976	16416	
	9	4250	4423	
	10	10301	8791	
	11	32701	28533	
	12	10204	5754	
Totalt 1989		246691	202804	294482
1990	1	61996	54674	
	2	95806	102899	
	3	15342	22536	
	4	27242	18048	
	5	2530	3565	
	6	1299	1182	
	7	4227	2877	
	8	1295	1125	
	9	6074	4332	
	10	20319	19700	
	11	30537	26435	
	12	46431	48774	
Totalt 1990		313097	306147	322927
1991	1	37274	43523	
	2	6721	8593	
	3	43641	53275	
	4	20275	31627	
	5	1855	2596	
	6	2121	3486	
	7	4612	5525	
	8	1091	1526	
	9	2993	2551	
	10	52787	34808	
	11	84133	78924	
	12	12289	14050	
Totalt 1991		269791	280485	237781
1992	1	4103	5864	
	2	4045	3283	
	3	66845	45954	
	4	36591	27306	
	5	27095	29324	
	6	890	913	

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-kurve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
	7	511	598	
	8	38067	16050	
	9	36099	21568	
	10	8675	5140	
	11	104385	72995	
	12	73574	72861	
Totalt 1992		400882	301855	509292
1993	1	7908	8035	
	2	3954	4299	
	3	12808	7396	
	4	14802	15294	
	5	15908	16437	
	6	740	690	
	7	995	823	
	8	7795	8538	
	9	1786	1516	
	10	42469	52144	
	11	29891	29349	
	12	26832	33936	
Totalt 1993		165887	178457	252870
1994	1	8767	11061	
	2	3399	3321	
	3	21793	27019	
	4	71317	137156	
	5	3715	7144	
	6	271	319	
	7	114	156	
	8	16912	8824	
	9	72098	43447	
	10	29128	17457	
	11	47980	28047	
	12	60056	41818	
Totalt 1994		335549	325770	385590
1995	1	21925	17086	
	2	16375	16197	
	3	23655	27474	
	4	34049	51957	
	5	10246	16355	
	6	79046	40682	
	7	3779	2967	
	8	1755	1517	
	9	3014	2655	
	10	18092	16598	
	11	8453	8769	
	12	8077	6038	
Totalt 1995		228467	208296	293150
1996	1	2195	1504	
	2	946	668	
	3	1320	709	
	4	33403	23957	

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-kurve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
	5	61528	38831	
	6	9261	8651	
	7	2468	2282	
	8	1364	1309	
	9	10153	6131	
	10	82454	49295	
	11	62854	60109	
	12	26107	33284	
Totalt 1996		294054	226728	350523
1997	1	2591	2343	
	2	6052	6190	
	3	16560	18930	
	4	5897	7092	
	5	16974	19526	
	6	1932	2498	
	7	1100	1348	
	8	702	835	
	9	11006	5443	
	10	24436	16481	
	11	43393	26129	
	12	30907	25869	
Totalt 1997		161547	132684	271356
1998	1	50066	39025	
	2	23559	19642	
	3	16818	14892	
	4	56402	47031	
	5	13468	13985	
	6	17804	11911	
	7	5541	6947	
	8	5511	5751	
	9	26812	27594	
	10	53297	39001	
	11	22673	21694	
	12	20824	19729	
Totalt 1998		312775	267201	307287
1999	1	60653	71464	
	2	6606	9069	
	3	26580	42786	
	4	73214	94555	
	5	15846	19462	
	6	25975	23279	
	7	12962	18684	
	8	1796	2526	
	9	42623	36841	
	10	42807	44506	
	11	19430	17804	
	12	45844	57221	
Totalt 1999		374335	438196	246429
2000	1	18810	23310	
	2	14382	14000	

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-urve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
	3	15494	16196	
	4	38249	31617	
	5	10435	11036	
	6	7641	7001	
	7	3805	4378	
	8	3950	4527	
	9	5668	3241	
	10	80857	63202	
	11	104273	128233	
	12	36630	55728	
Totalt 2000		340194	362468	228048
2001	1	15696	24931	
	2	11100	15985	
	3	11978	11549	
	4	53517	56368	
	5	15501	16890	
	6	4361	5232	
	7	2838	2797	
	8	3852	4666	
	9	7574	11358	
	10	22101	32987	
	11	11847	12245	
	12	23839	16032	
Totalt 2001		184205	211040	192711
2002	1	11040	12359	
	2	24902	31118	
	3	14008	15507	
	4	9128	11774	
	5	11618	14063	
	6	5484	6877	
	7	15541	20596	
	8	4805	6544	
	9	2725	1710	
	10	18550	18944	
	11	17071	13475	
	12	5604	5357	
Totalt 2002		140477	158323	207496
2003	1	36752	33291	
	2	16585	13522	
	3	35310	24694	
	4	62246	35461	
	5	67664	31240	
	6	7880	7336	
	7	4759	3996	
	8	2794	2504	
	9	1174	1098	
	10	2873	1362	
	11	25875	13862	
	12	45767	29490	
Totalt 2003		309679	197857	346665

År	Måned	Tot-N transport (kg) med lineær int.	Tot-N transport (kg) med stofftrsp-kurve.	Tot-N transport (kg) med årsgjennomsnittmet.
2004	1	10309	11908	
	2	13020	12460	
	3	30148	34690	
	4	20985	22066	
	5	12065	7570	
	6	2338	3043	
	7	5504	5355	
	8	1157	1206	
	9	19281	19350	
	10	28049	30736	
	11	14725	13913	
	12	35425	25086	
Totalt 2004		193006	187383	221173
2005	1	25394	24618	
	2	8949	7917	
	3	3478	2834	
	4	13835	10467	
	5	32563	6246	
	6	17942	7244	
	7	1537	1301	
	8	3395	5604	
	9	3118	4081	
	10	33351	15202	
	11	46588	43446	
	12	11844	14097	
Totalt 2005		201995	143059	309615
2006	1	11053	11390	
	2	4997	4117	
	3	9924	6281	
	4	58861	59260	
	5	18363	22625	
	6	3157	3433	
	7		808	
	8		1192	
	9		6623	
	10		38401	
	11		76228	
	12		54382	
Totalt 2006			284740	238009

Vedlegg 4. Datagrunnlag for trendanalyse Hobølelva.

Nitrogen						
Year	Q	interpolert trp	Q-normalisert trp.	trendlinje	- 2 st.err	+ 2 st.err.
1985	164,468217	257276	227752,5442	198445,7359	149039,956	247851,516
1986	142,073677	249014	248682,2649	223866,7961	184248,07	263485,523
1987	204,278535	371518	250911,9811	248164,6766	215372,83	280956,523
1988	198,8469	234108	138719,7375	272398,2536	243111,135	301685,372
1989	131,970795	246691	268515,2629	295594,1282	267504,103	323684,153
1990	137,08033	313097	312699,0729	316764,9851	288891,839	344638,131
1991	128,778612	269791	302007,9015	333688,3525	306048,859	361327,846
1992	118,538472	400882	452541,7183	343569,9341	316700,029	370439,84
1993	89,8068068	165887	269962,1135	344906,8878	319247,674	370566,102
1994	134,204857	335549	370183,0928	339251,5227	314316,472	364186,574
1995	111,818709	228467	242223,8534	328589,9054	303078,371	354101,44
1996	111,799889	294054	352786,7141	314699,8307	287501,123	341898,539
1997	75,2874785	161547	280582,107	297345,2366	268210,394	326480,079
1998	140,850236	312775	305111,4821	279063,1327	248538,033	309588,232
1999	219,184633	374335	218443,7437	261937,2415	231166,268	292708,215
2000	242,23206	340194	195563,4896	247722,2318	217549,897	277894,566
2001	149,967418	184205	171695,7922	236553,9163	207099,215	266008,618
2002	114,513549	140477	181183,9979	228594,0172	198965,254	258222,78
2003	130,184241	309679	313898,2977	223069,1204	190941,311	255196,93
2004	131,812622	193006	214196,9191	218934,8995	180802,405	257067,394
2005	103,39805	201995	266884,27	215740,45	168295,472	263185,428
2006	192,22021					

Phosphorus						
Year	Q	interpol	interpolnormalised	interpol trend	- 2 st.err	+ 2 st.err.
1985	164,468217	25220	26327,89578	19290,24114	15596,7316	22983,7507
1986	142,073677	24417	26009,726	19190,48367	15761,8331	22619,1342
1987	204,278535	31132	18533,6828	19090,78145	15917,9542	22263,6087
1988	198,8469	12164	7248,377014	18991,37042	16062,8777	21919,8632
1989	131,970795	9627	12938,20383	18892,35023	16193,5553	21591,1451
1990	137,08033	24633	24747,13894	18793,96982	16306,1746	21281,7651
1991	128,778612	10698	11837,97175	18696,39424	16395,8421	20996,9464
1992	118,538472	19109	24032,65527	18599,59771	16456,4734	20742,722
1993	89,8068068	6872	14839,65245	18503,46815	16481,1773	20525,759
1994	134,204857	14224	17574,18881	18407,89058	16463,1884	20352,5928
1995	111,818709	12768	19469,21855	18312,67314	16397,2264	20228,1199
1996	111,799889	20043	23648,16961	18217,66493	16281,063	20154,2669
1997	75,2874785	4716	16377,71051	18122,24994	16115,777	20128,7229
1998	140,850236	13362	13976,84971	18025,94662	15905,8289	20146,0644
1999	219,184633	40242	28979,07026	17928,09752	15657,2794	20198,9156
2000	242,23206	35601	11932,42476	17828,50381	15376,8875	20280,1201
2001	149,967418	12589	12140,49487	17727,03671	15070,7963	20383,2771
2002	114,513549	5500	12080,48648	17623,82169	14744,2337	20503,4097
2003	130,184241	11444	15798,11094	17518,88916	14401,2323	20636,546
2004	131,812622	6470	8630,932957	17412,39414	14045,054	20779,7343
2005	103,39805	5881	10568,39961	17304,89822	13678,6488	20931,1476
2006	192,22021	29277	18298,43505	17197,05831	13304,4302	21089,6864

SS						
Year	Q	interpol	interpolnormalised	interpol trend	- 2 st.err	+ 2 st.err.
1985	164,468217	14729	16958,52366	13167,92815	8499,02907	17836,8272
1986	142,073677	9957	11662,77866	12863,34059	8912,38818	16814,293
1987	204,278535	17702	12034,30306	12563,32308	9252,01363	15874,6325
1988	198,8469	9020	6475,654751	12285,30883	9484,2711	15086,3466
1989	131,970795	7487	8384,382693	12021,74561	9559,33783	14484,1534
1990	137,08033	22262	19971,05292	11768,61597	9458,10976	14079,1222
1991	128,778612	11274	11216,11691	11529,44064	9230,00719	13828,8741
1992	118,538472	14252	17426,42196	11294,98188	8941,09518	13648,8686
1993	89,8068068	3545	8572,273117	11076,24314	8664,25394	13488,2323
1994	134,204857	7666	9618,36036	10876,95843	8432,81033	13321,1065
1995	111,818709	7837	11564,79768	10694,60882	8246,59854	13142,6191
1996	111,799889	9836	13187,50123	10541,81921	8102,34699	12981,2914
1997	75,2874785	1998	9161,56976	10387,76558	7956,34125	12819,1899
1998	140,850236	3848	3891,243543	10222,47526	7794,99547	12649,9551
1999	219,184633	19019	11235,30503	9978,959701	7549,26895	12408,6505
2000	242,23206	15774	2376,194263	9699,345879	7251,45338	12147,2384
2001	149,967418	6233	5428,576113	9406,813032	6920,59401	11893,0321
2002	114,513549	1600	5137,620267	9083,12557	6517,23037	11649,0208
2003	130,184241	5316	7092,740859	8651,157562	5917,52393	11384,7912
2004	131,812622	1971	2707,267922	8106,689519	5077,04164	11136,3374
2005	103,39805	1797	4719,252856	7482,876539	4022,98364	10942,7694
2006	192,22021	15062	9364,01865	6838,288251	2830,93909	10845,6374

Vedlegg 5. Datagrunnlag for trendanalyse Storefjorden og Vanemfjorden.

TP (µg/l) – VAN1	Måned				Årsmiddel
År	6	7	8	9	
1983	28.2	16.5	11.0	12.2	17.0
1984	16.2	14.4	16.5	10.6	14.4
1985	23.5	14.8	22.5	19.2	20.0
1986	23.4	19.6	20.4	19.0	20.6
1987	22.5	16.3	14.7	22.1	18.9
1988	34.1	18.6	22.5	21.6	24.2
1989	29.4	18.6	20.8	17.0	21.5
1990	27.4	18.6	16.0	15.7	19.4
1991	16.3	12.7	15.5		14.8
1992	14.8	16.9	13.9	18.1	15.9
1993	19.9	12.1	13.2	12.1	14.3
1994	19.6	13.0	12.3	16.8	15.4
1995	39.8	20.7	18.7	19.0	24.5
1996	15.7	19.6	15.0	12.2	15.6
1997	20.0	15.0	15.2	13.6	15.9
1998	24.8	20.6	16.8	18.4	20.1
2000	28.5	29.0	21.5	34.0	28.3
2001	30.5	17.0	19.0	21.0	21.9
2002	16.0	43.0	21.0	17.0	24.3
2003	20.0	13.5	24.0	16.0	18.4
2004	15.0	14.0	12.0	22.0	15.8
2005	20.5	15.0	17.4	14.5	16.9
2006	17.3	15.2	14.0	12.5	14.7
2007	24.5	25.0	21.2	20.0	22.7
Månedsmiddel	22.8	18.3	17.3	17.6	19.0

TP (µg/l) – VAN2	Måned				Årsmiddel
År	6	7	8	9	
1983	25.8	25.2	31.4	19.5	25.5
1984	23.7	30.6	30.9	22.2	26.9
1985	27.0	25.6	28.5	22.8	26.0
1986	25.8	28.5	32.4	32.1	29.7
1987	22.6	19.6	18.3	20.6	20.3
1988	26.7	28.8	21.6	23.4	25.1
1989	28.5	15.0	24.4	30.2	24.5
1990	25.7	31.8	31.7	23.4	28.1
1991	21.9	33.8	30.3	33.6	29.9
1992	29.9	35.9	31.4	26.8	31.0
1993	24.9	33.2	32.9	25.0	29.0
1994	28.8	32.7	35.5	27.5	31.1
1995	18.5	29.9	40.3	29.1	29.4
1996	27.6	32.4	33.4	31.0	31.1
1997	22.2	33.3	32.5	27.6	28.9
1998	26.1	27.9	42.7	28.7	31.4
2000	32.0	40.0	32.0	28.0	33.0
2001	42.0	51.0	34.5	26.0	38.4
2002	37.0	52.0	31.5	31.0	37.9
2003	40.0	29.0	30.0	37.0	34.0
2004	42.0	37.0	27.0	38.0	36.0
2005	26.3	35.3	38.0	38.3	34.4
2006	28.3	36.6	40.8	35.8	35.3
2007	30.5	33.0	32.2	32.5	32.1
Månedsmiddel	28.5	32.4	31.8	28.7	30.4

Klfa (µg/l) – VAN1	Måned				Årsmiddel
År	6	7	8	9	
1983	4.1	4.6	2.2	1.9	3.2
1984	6.2	7.4	6.9	5.4	6.5
1985	9.2	9.7	14.1	6.4	9.8
1986	5.3	10.7	14.8	4.4	8.8
1987	4.4	3.7	6.2	7.2	5.4
1988	9.6	11.4	8.9	4.3	8.5
1989	6.5	4.7	8.2	3.8	5.8
1990	7.3	7.1	7.0	4.0	6.4
1991	4.1	4.6	6.3		5.0
1992	7.0	4.7	9.3	4.7	6.4
1993	5.1	6.4	7.1	4.1	5.7
1994	4.6	4.7	7.9	8.0	6.3
1995	12.9	10.1	7.3	7.4	9.4
1996	5.6	8.4	6.6	6.2	6.7
1997	10.8	9.5	5.8	8.4	8.6
1998	9.7	11.9	6.1	5.0	8.2
2000	8.8	8.4	11.4	8.3	9.2
2001	8.1	11.2	16.2	16.2	12.9
2002	8.0	10.0	9.5	7.0	8.6
2003	8.0	7.6	9.1	5.5	7.5
2004	12.1	11.0	6.8	6.1	9.0
2005	7.4	6.3	8.2	6.4	7.1
2006	7.5	12.1	9.1	4.7	8.4
2007	7.5	11.5	11.4	7.3	9.4
Månedsmiddel	7.5	8.2	8.6	6.2	7.6

Klfa (µg/l) – VAN2	Måned				Årsmiddel
År	6	7	8	9	
1983	6.7	9.1	7.8	5.4	7.2
1984	13.6	17.8	23.3	6.7	15.4
1985	14.7	19.0	21.3	10.9	16.5
1986	7.8	15.9	24.0	15.0	15.7
1987	7.7	5.8	10.8	12.5	9.2
1988	13.8	19.8	23.1	13.2	17.5
1989	11.3	8.2	27.8	8.2	13.9
1990	7.8	15.7	17.8	11.5	13.2
1991	8.9	7.9	14.9	6.0	9.4
1992	14.4	20.5	18.8	25.0	19.7
1993	10.0	8.2	19.3	12.4	12.5
1994	11.7	17.7	29.9	21.5	20.2
1995	17.8	22.0	40.5	14.6	23.7
1996	16.5	27.7	22.8	16.6	20.9
1997	15.4	23.9	27.2	24.1	22.6
1998	15.4	25.5	24.9	20.6	21.6
2000	18.5	14.4	31.5	18.7	20.8
2001	22.7	19.4	21.4	18.7	20.5
2002	21.0	27.0	33.0	18.0	24.8
2003	13.0	17.6	13.7	17.2	15.4
2004	44.0	21.0	7.6	19.0	22.9
2005	20.5	24.5	25.6	24.0	23.7
2006	24.0	35.6	42.5	40.0	35.5
2007	19.5	23.3	24.4	16.5	20.9
Månedsmiddel	15.7	18.6	23.1	16.5	18.5

Lufttemperatur (°C) - Rygge	Måned				
År	6	7	8	9	Årsmiddel
1983	14.0	17.7	16.1	11.7	59.6
1984	14.4	15.4	16.3	9.7	55.8
1985	13.4	15.0	14.3	8.6	51.3
1986	15.1	15.2	12.5	7.8	50.6
1987	11.1	15.2	12.3	9.1	47.8
1988	16.8	15.4	14.3	12.0	58.5
1989	14.9	16.2	13.8	10.9	55.8
1990	14.8	16.1	15.6	10.0	56.5
1991	11.6	17.5	16.4	11.4	56.9
1992	17.5	16.6	14.1	11.0	59.3
1993	13.1	14.1	12.9	8.6	48.7
1994	13.4	19.1	15.9	10.0	58.4
1995	14.7	16.4	17.6	11.2	59.9
1996	13.5	15.4	17.8	10.1	56.8
1997	15.8	18.6	19.7	12.7	66.8
1998	12.9	15.1	14.3	12.3	54.6
1999	13.6	17.1	15.7	14.2	60.6
2000	13.1	15.7	14.9	11.2	55.0
2001	14.0	17.3	15.9	11.4	58.6
2002	16.0	16.9	19.6	13.0	65.5
2003	15.8	18.7	17.2	12.6	64.2
2004	14.1	15.6	17.5	12.6	59.7
2005	13.9	18.2	15.8	12.9	60.8
2006	14.9	19.3	17.7	15.0	66.8
2007	16.5	15.7	16.5	11.7	60.4
Månedsmiddel	358.9	413.5	394.8	281.8	1449.0