

Skienselva

Vurdering av vannkvalitet sett i forhold til utslipp fra Norske Skog Union.



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

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

Tittel Skienselva. Vurdering av vannkvalitet sett i forhold til utslipp fra Norske Skog Union	Løpenr. (for bestilling) 4862-2004	Dato 5.8 2004
	Prosjektnr. Undernr. 24059	Sider Pris 32
Forfatter(e) Jarle Molvær og Torsten Källqvist	Fagområde Oseanografi Toksitet	Distribusjon
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skog Union, Skien	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i det utstrømmende overflatelaget er gjennomgående Meget God og påvirkningen fra utslippene fra Union er liten. Oksygenforholdene i sjøvannslaget er hovedsakelig gode, unntatt i de dype bassengene ved Tilja, Borgestad og Porsgrunn. Volumene her er små, men det opptrer perioder med Dårlige-Meget Dårlig oksygenforhold. Tester av avløpsvannet mht. toksitet viser minimal - ingen risiko for gifteffekter i Skienselva av utslippet fra Union. Der er ingen åpenbare utslippsreduksjoner som kan føre til vesentlige forbedringer i vannkvaliteten i Skienselva. Derimot kan man vurdere om der er mer lokale problemer som tiltak kan rettes mot, enten i forhold til (synlig) virkning på vannkvaliteten eller oksygenforbruket i elvas "sedimentasjonsbassenger".</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Norske Skog Union 2. Skienselva 3. Vannkvalitet 4. Toksitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Norske Skog Union 2. Skien river 3. Water quality 4. Toxicity
--	--



Projektleder



Forskningsleder



Forskningsdirektør

Skienselva

Vurdering av vannkvalitet sett i forhold til utslipp fra
Norske Skog Union

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet med grunnlag i NIVAs prosjektforslag av 25.2 2004 og innkjøpsordre av 11.3.2004 fra Norske Skog Union.

Vi takker miljø- og kvalitetssikringssjef Ellen Bergland, Union, for godt samarbeid. Ved LabNett Skien har laboratorieleder Kjetil Barland og Svein Ingar Semb gitt betydelig hjelp til prosjektet ved å framskaffe, tilrettelegge og bearbeide vannkjemiske data fra Skiensvassdraget.

Ved NIVA har Torsten Källqvist hatt ansvaret for de biologiske testene, mens Jarle Molvær vurdert utslippsdata og vannkvalitet samt fungert som prosjektleder.

Oslo, 5.8 2004

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn og formål	7
1.2 Beskrivelse av Skienselva	7
2. Metodikk og data	9
2.1 Metodikk	9
2.1.1 Vannkvaliteten i Skienselva	9
2.1.2 Toksisitetstester	9
2.1.3 Prøvetaking - avløpsvann	11
2.2 Datamaterialet	11
2.2.1 Vannføring	11
2.2.2 Utslipp av kommunalt avløpsvann til vassdraget nedenfor Norsjø	12
2.2.3 Utslipp fra Norske Skog Union	12
2.2.4 Vannkvaliteten i Skienselva	12
3. Resultater	13
3.1 Vurdering av tilførsler til vassdraget	13
3.1.1 Vannkvalitet og beregnet døgntransport i vassdraget ved Klosterfoss	13
3.1.2 Utslipp fra Norske Skog Union	14
3.2 Vurdering av vannkvaliteten	17
3.2.1 Lokal overvåking	17
3.3 Avløpsvannets toksisitet	28
3.3.1 Veksthemming - alger	28
3.3.2 Akutt toksisitet - dafnier	29
3.3.3 Akutt toksisitet - fisk	29
4. Oppsummering og sammenfattende vurdering	30
5. Litteratur	32

Sammendrag

Norske Skog Union, Skien, har kontaktet NIVA for å få en plan for en oppdatert vurdering av

1. *hvilken virkning utslippene har på tilstanden i Skienselva*
2. *nytteverdien av videre rensetiltak.*

Dette ligger til grunn for gjennomføringen av prosjektet og konklusjonene.

Utslipp fra Union

Utslippene omfatter fosfor, nitrogen, suspendert stoff (SS) og organisk stoff. Sammenlignet med den øvrige stofftransporten i vassdraget kan bedriftens utslipp av SS utgjøre 1-10% og for nitrogen 2-3% - varierende både med vannføring og vannkvalitet i vassdraget oppstrøms Klosterfoss og med størrelsen av utslippet fra Union. Utslipet av fosfor er vanskeligere å sammenligne med den naturlige transporten i elva, men tallene tyder på et bidrag som relativt sett er langt større enn for SS og nitrogen

Utslippenes innvirkning på vannkvaliteten

Vannkvaliteten i det utstrømmende overflatelaget er i hovedsak bestemt av vannkvaliteten oppstrøms Klosterfoss, men for fosfor ser bedriftens utslipp til å ha en tydelig påvirkning. Men denne er ikke større enn at vannkvaliteten er likevel God-Meget God. For nitrogen, organisk stoff og suspendert stoff er påvirkningen liten og vannkvaliteten i Skienselva er Meget God.

Oksygenforholdene i de tre dype bassengene gjennomgår store og raske variasjoner som i første rekke er bestemt av vannføringen i elva og innstrømmingen av sjøvann fra Frierfjorden. Periodevis er vannkvaliteten meget dårlig. Vi kan ikke med sikkerhet se at forholdene har endret seg i tidsrommet 1997-2003. Dette gjelder små vannvolumer der topografien danner "sedimentasjonsbasseng" og det er sannsynlig at bedriftens utslipp her bidrar til økt oksygenforbruk. I den øvrige delen av sjøvannslaget og i det utstrømmende elvevannet er oksygenforholdene gode.

Toksisitet

Giftighetstestene med alger, krepsdyr og fisk av en prøve av avløpsvannet fra Union viste ingen eller ubetydelige toksiske effekter. Sees resultatene i lys av at avløpsvannet fortynnes ca. 450-8000x (varierende med vannføringen) tyder giftighetstestene på minimal - ingen risiko for gifteffekter av utslippet fra Union til Skienselva.

Nytteverdien av rensetiltak

For suspendert stoff, organisk stoff og nitrogen dominerer stofftransporten fra vassdraget ovenfor Klosterfoss fullstendig. For vannkvaliteten i overflatelaget vil nytteverdien av å redusere utslippene fra Union derfor være liten, med mindre disse medfører lokale (synlige) problemer som utslippreduksjoner kan løse. For oksygenforholdene i sjøvannslaget i de tre "sedimentasjonsbassengene" ved Tilja, Borgestad og Porsgrunn er det sannsynlig at en reduksjon i utslippet av (partikulært) organisk stoff vil gi et mindre oksygenforbruk og dermed en viss bedring, men det vil fortsatt være vannutskiftningen som i hovedsak bestemmer tilstanden.

Bedriftens utslipp av fosfor er sannsynligvis betydelig i forhold til det som tilføres fra den øvre delen av vassdraget, men ikke mer enn at vannkvaliteten i Skienselva jevnt over er Meget God. Dette betyr at man i en vurdering av nytteverdien av reduserte fosforutslipp må ta i betraktning eventuelle virkninger på vannkvalitet og algevekst i overflatelaget i Grenlandsfjordene, noe som ligger utenfor rammen av dette prosjektet.

Det synes ikke å være grunnlag for rensetiltak ut fra vurderinger av avløpsvannets toksisitet.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Norske Skog Union, Skien, har sitt utslipp til Skienselva. I 1996-97 fikk bedriften utført en bred undersøkelse av tilstanden på den strekningen hvor avløpsvannet kan påvirke vannkvalitet og biologiske forhold (Laake et al., 1998). Siden den tid er vannkvaliteten i elva blitt overvåket årlig, men uten at resultatene er bearbeidet og rapportert. Bedriftens utslipp har jevnt over avtatt siden 1997.

Bedriften har kontaktet NIVA for å få en plan for en oppdatert vurdering av

2. *hvilken virkning utslippene har på tilstanden i Skienselva*

3. *nytteverdien av videre rens tiltak.*

Disse to formålene ligger til grunn for den videre framstillingen i rapporten.

1.2 Beskrivelse av Skienselva

Skienselva på strekningen Skien – Frierfjorden er vist i **Figur 1**. Distansen er ca. 10 km. Typisk bredde er ca. 200 m og bunndypet er vanligvis 8-10 m, men der er flere relativt dype, små bassenger. Ved Tilja og Borgestad er bunndypet 26 m, og ved Porsgrunn 32 m.

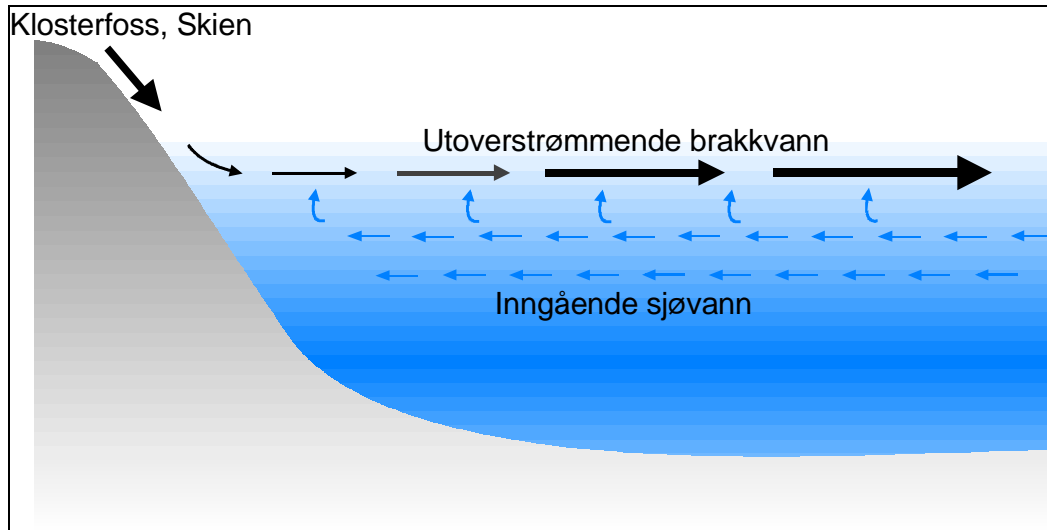
Vassdraget er sterkt regulert og det aritmetiske middelet av vannføringen over en 30-års periode er ca. 270 m³/s ifølge opplysninger fra NVE. Over året kan vannføringen variere i intervallet ca. 50-1000 m³/s.

En prinsippsskisse av vannmasser og strømsystem er vist i **Figur 2**. Elvestrekningen er preget av et utstrømmende overflatelag som i alt vesentlig består av ferskvann (90-100%) over et sjøvannslag som strømmer opp elva. Hastigheten på det utstrømmende overflatelaget varierer med vannføringen og er typisk omkring 0.2-1 m/s. Hastigheten i sjøvannslaget er vesentlig lavere og i 8 m dyp ved Frednesbrua målte NIVA i januar-mars 2002 typiske hastigheter i intervallet 5-15 cm/s (NIVA, upubliserte data).

Under perioder med vedvarende stor vannføring vil sjøvannslaget bli presset nedover elva og til eksempel observerte NIVA under flommen i mai 1977 at hele elvestrekningen ovenfor Porsgrunn var tømt for sjøvann (Green et al., 1979). Ved slike situasjoner blir også sjøvannet i de dype bassengene fjernet, spesielt ved Tilja og Borgestad. Utskiftning av sjøvannet i disse bassengene foregår ellers på samme vis som dypvannsutskiftninger i terskelfjorder, dvs. når det innstrømmende sjøvannet har egenvekt større enn egenvekten til det gamle bassengvannet.



Figur 1. Oversikt over nedre del av Skiensvassdraget. Hydrokjemiske prøvestasjoner er vist som svarte sirkler.



Figur 2. Prinsippskisse av vannmasser og strømsystem i Skienselva.

2. Metodikk og data

2.1 Metodikk

2.1.1 Vannkvaliteten i Skienselva

Vannkvaliteten i Skienselva på strekningen Skien-Porsgrunn påvirkes mange faktorer, og de viktigste er

1. vannføringen i elva.
2. avrenning fra landarealer til elva
3. utslipp til elva: fra Union og andre bedrifter og av kommunalt avløpsvann
4. vannkvaliteten i vassdragets øvre del,

Vi har tilgang til opplysninger om pkt. 1, 3 og 4 og oppgaven er dels å bestemme vannkvaliteten i elva og dels å vurdere i hvilken grad utslipp fra Union påvirker den negativt. Dette gjøres ved bruk av de norske vannkvalitetskriteriene for sjøvann og ferskvann (Molvær et al. 1997, Andersen et al. 1997) og ved bruk av statistikk. Analysen blir komplisert av at alle de fire faktorene varierer med tiden.

2.1.2 Toksisitetstester

Økotoksikologiske tester av industriavløpsvann blir utført for å finne ut om de inneholder komponenter som kan ha miljøskadelige effekter. Biologiske tester er utviklet for å undersøke disse egenskaper hos kjemikalier og sammensatte avløpsvann (Se f. eks. SFT 1750/2000: Økotoksikologisk undersøkelse av industriavløp).

Ved undersøkelser av kjemikaliers eller avløpsvanns gifteffekter på vannlevende organismer er det vanlig å bruke et batteri av testorganismer fra ulike viktige organismegrupper fordi det kan forekomme stor forskjell i følsomhet mellom ulike organismer. Den mest benyttede testkombinasjonen er giftighetstester med mikroorganismer, alger, krepsdyr og fisk. I tillegg til at disse organismene representerer ulike fylogenetiske grupper og derfor kan ventes å reagere

forskjellig på en giftpåvirkning, så representerer de samtidig ulike ledd i en næringskjede. Algene er planter og de viktigste primærprodusentene i de fleste akvatiske økosystemer. Planktonkreps lever av planktonalger og representerer derfor det første konsumentleddet og fisken lever av bl.a. krepsdyr og er dermed et annet konsumentledd. Testene kan utføres med ferskvanns- eller marine organismer avhengig av om utslippet som skal karakteriseres går til ferskvann eller sjøvann. Det aktuelle avløpsvannet fra Union slippes i Skienselva før utløpet i Frierfjorden, som har et overflatelag med lav saltholdighet. I dette tilfelle kan både ferskvanns- eller marine organismer være relevant, men siden den primære resipienten er ferskvann og at det ved en tidligere undersøkelse ble benyttet ferskvannsorganismer, foreslår vi at de blir brukt også nå.

Toksisitetstestene utføres ved at testorganismene eksponeres for en konsentrasjonsserie av avløpsvannet fortynnet i et kontrollvann. Testorganismenes respons (f. eks. vekst eller dødelighet) blir så målt over en viss tid. Resultatene kan tegnes opp i et konsentrasjon/responsdiagram, som viser hvordan gifteffekten endres med konsentrasjonen av teststoffet. Fra responsdiagrammet kan den konsentrasjon som gir 50% effekt på den målte responsen avleses. Denne konsentrasjon betegnes LC₅₀, hvis den målte respons er dødelighet (letalitet) eller EC₅₀, hvis andre responser er dødelighet, s.k. subletale responser blir undersøkt (f. eks. vekst). EC står her for "effect concentration".

Analogt med LC₅₀ og EC₅₀ representerer LC₁₀ og EC₁₀ de konsentrasjoner som gir 10% dødelighet eller effekt på testorganismene.

Toksisitetstesten med alger ble utført i henhold til ISO 8692 "Algal growth inhibition test", med *Pseudokirchneriella subcapitata* som testorganisme. En konsentrasjonsserie av prøven i et algevekstmedium podes med aktivt voksende testalger fra en stamkultur og inkuberes under standard betingelser på et gyngebord med kontinuerlig belysning (80 µmol kvanta m⁻² s⁻¹). Temperaturen var 21±1 °C. Algetesten ble utført ved konsentrasjonene 10, 18, 32, 56 og 100 % av avløpsvann. For hver konsentrasjon ble det benyttet tre replikater. I tillegg ble det satt opp 6 kontroll-replikater. Startkonsentrasjonen av alger i testen var ca. 5·10⁶ celler/l.

Veksten i kulturene ble fulgt ved telling av algeceller etter 24, 48 og 72 timer. Fra vekstkurvene kan man se om veksten har vært hemmet i forhold til kontrollkulturene under noen del av eksponeringstiden. Algenes veksthastighet ble beregnet fra økningen i antall celler fra start til slutt (3 døgn). Veksthastighetene ved ulike konsentrasjoner av avløpsvannet ble tegnet opp i et konsentrasjon/responsdiagram. Fra dette kan EC-verdier bestemmes.

Giftighetstesten med krepsdyr (Vannlopper) blir gjort i henhold til ISO 6341 "Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (*Cladocera*, *Crustacea*) - Acute toxicity test.: Forsøksdyr som er mindre enn 1 døgn gamle blir eksponert i en konsentrasjonsserie av avløpsvannet. Fortynningsvannet er en syntetisk løsning av mineralsalter i destillert vann (ISO 6341). Testen ble utført i konsentrasjonene 32, 56 og 100 % avløpsvann med kontroller i fortynningsvann. For hver konsentrasjon ble det brukt 4 replikater med 5-6 forsøksdyr i hver. Etter 24 og 48 timer ble antall døde (ikke mobile) dyr registrert.

Giftighetstesten med fisk ble utført i overensstemmelse med OECD Guideline 203; *Fish acute toxicity test* med ørret som testorganisme. Ørret ble hentet fra OFAs oppdrettsanlegg i Sørkedalen i Oslo. Fisken var ca. 1 måned gammel, med middelvekt 0.17 g og lengde 2.7 cm. Testen ble utført i glassakvarier med 5 l vann og med 7 fisk i hvert. Avløpsvannet ble fortynnet direkte i testkarene til konsentrasjonene 3.2, 10 og 56 %. Vann fra ca. 3 m dyp i Maridalsvannet, Oslo, ble brukt som fortynningsvann og som kontroll. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Konsentrasjonen av løst oksygen ved vannskift var 70-87 % av metningskonsentrasjonen. Temperaturen under forsøket var 13.0 – 13.9 °C. Fisken ble observert hvert døgn og eventuelle døde fisker ble notert og fjernet.

2.1.3 Prøvetaking - avløpsvann

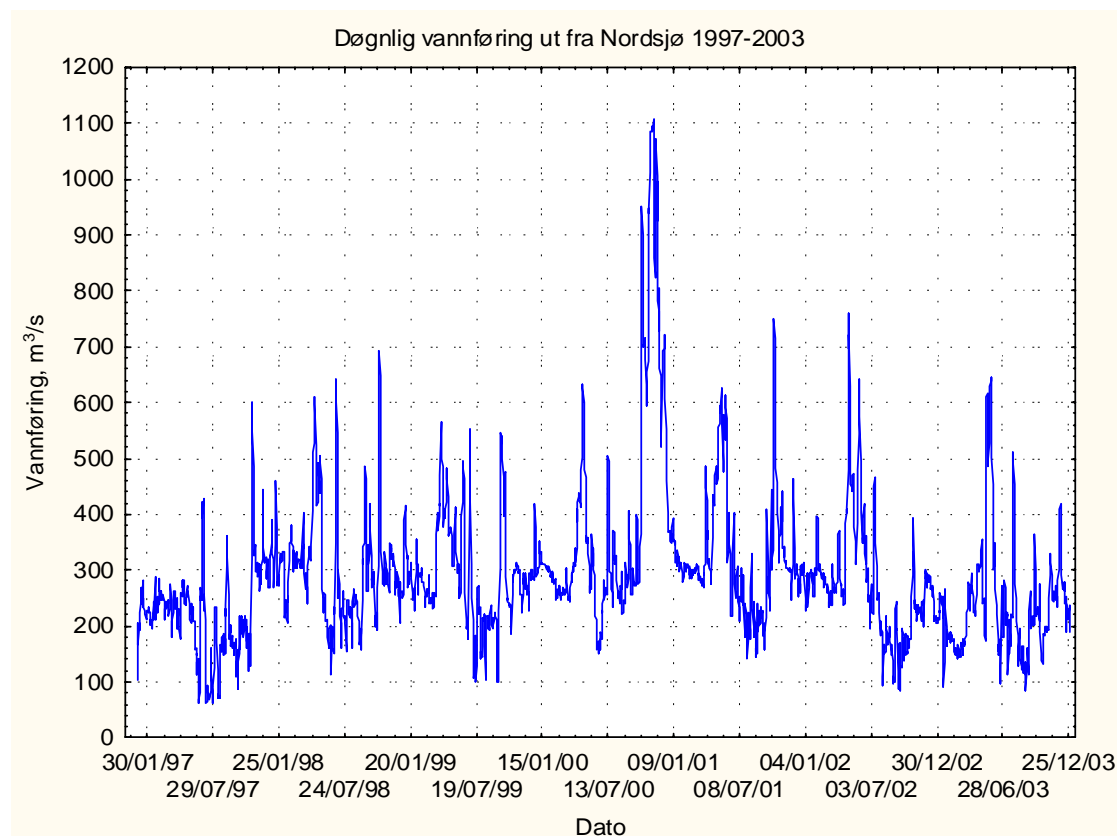
En prøve av avløpsvann fra Union ble tatt ut som en døgnprøve 17-18 mai 2004. Produksjonen på fabrikk PM6 var bleket produksjon (lavest og middels bleking) og det ble kjørt stivelse. På PM7 ble det produsert vanlig avispir. Prøven ble mottatt på NIVA den 24 mai 2004. Alle toksisitetstestene ble startet samme dag.

Prøven av avløpsvann var lagret lengre en hva som generelt anbefales før karakteriseringen ble gjennomført. På grunn av at avløpsvannet har gjennomgått biologisk rensing er det imidlertid lite sannsynlig at biologisk aktivitet i prøven kan ha påvirket sammensetningen. Det var heller ingen indikasjoner på biologisk omsetning av betydning i prøven, som var relativt klar og oksygenholdig. Det antas derfor at prøven er representativ for det avløpsvann som slippes ut i resipienten.

2.2 Datamaterialet

2.2.1 Vannføring

Døgnverdier av vannføringen ved utløpet av Norsjø for årene 1997-2003 er vist i **Figur 3**. Variasjonene er store og raske, med et minimum på omkring 50-60 m³/s og maksimum på ca. 1100 m³/s.



Figur 3. Døgnverdier av vannføringen ved Skotfoss i tidsrommet 1997-2003. Variasjoner mellom ca. 50-60 m³/s og ca. 1100 m³/s.

2.2.2 Utslipp av kommunalt avløpsvann til vassdraget nedenfor Norsjø

Vannkvaliteten i vassdraget påvirkes av mange typer av utslipp. De viktigste vil være:

- Bakgrunnsavrenning, fra skog og annen utmark
- Avrenning fra jordbruksarealer
- Utslipp av kommunalt avløpsvann
- Industriutslipp

I tillegg påvirkes vannkvaliteten i stor grad av vannføringen i vassdraget.

Oppstilling av stoffbudsjetter for elvestrekningen Norsjø-Porsgrunn bybro er en stor oppgave og ligger utenfor rammen for prosjektet. Vi har derimot kontaktet Porsgrunn og Skien kommuner om opplysninger om endringer i kommunale utslipp til Skienselva i tidsrommet 1997-2003. Porsgrunn kommune opplyser at de ikke har gjennomført endringer som kan ha betydning. I november 1997 flyttet de imidlertid utslippet fra Knardalstrand renseanlegg fra sjøvannslaget i Skienselva (utslipp i sjøvannslaget på ca. 8-10 m dyp) og til ca. 30 m dyp i Frierfjorden. Inntil utslippet ble flyttet kunne avløpsvannet delvis bli innlagret i sjøvannslaget, bli transportert oppover elva og påvirke vannkvaliteten der (se prinsippskisse **Figur 2**).

Skien kommune har endret betydelig på utslippene sine av kommunalt avløpsvann i tidsrommet 1997-2003. Totalt er ca. 17000 pe fjernet, og de største endringene skjedde i 1997 da utslipp tilsvarende ca. 15600 pe ble fjernet (derav Bryggevannet 9900 pe og Gråten 2250 pe, opplysninger fra Skien kommune v/Finn Jensen).

2.2.3 Utslipp fra Norske Skog Union

Norske Skog Union har stilt til rådighet døgnverdier for utslipp av suspendert stoff, organisk stoff, total fosfor og total nitrogen for årene 1997-2003, og dette gir grunnlag for å beregne årgjennomsnitt og iblant å bedømme størrelsen under en prøvetaking. Antall målinger varierer noe fra år til år og av den grunn bør gjennomsnittsverdier brukes med forsiktighet.

2.2.4 Vannkvaliteten i Skienselva

For å bedømme vannkvaliteten i Skienselva på strekningen Norsjø-Porsgrunn har vi tre sett med data:

1. Resultater fra undersøkelsen i 1996-97 (Laake et al., 1998).
2. Resultater fra målingene ved Klosterfoss som gjennomføres månedlig som en del av det norske arbeidet innen Oslo og Paris konvensjonene. Data fra 1997-2002 finnes hos Holtan et al. (1998, 1999) og Weideborg et al. (2000, 2001, 2003 og 2004)
3. Resultater fra den lokale overvåkingen av vannkvalitet i regi av Fylkesmannens miljøvern avdeling for årene 1997-2003. Målingene er gjort ved utløpet av Norsjø, ved Tilja, Borgestad og Porsgrunn (se **Figur 1**). Datamaterialet er ikke rapportert, men er stilt til rådighet for dette prosjektet.

I tillegg har vi en rapport som viser endringene i vannkvaliteten i Skienselva under en driftsstans ved Union i august 1991 (Johannessen, 1991). Utslippstallene for 1991 er ikke kjent, men tallene for 1992 og videre tyder på at:

- Fosforutslippet var mindre enn i 1997-2003
- Nitrogenutslippet var mye mindre enn i 1997-2003
- Utslippene av suspendert stoff og organisk stoff var mye større enn i 1997-2003

3. Resultater

3.1 Vurdering av tilførsler til vassdraget

3.1.1 Vannkvalitet og beregnet døgntransport i vassdraget ved Klosterfoss

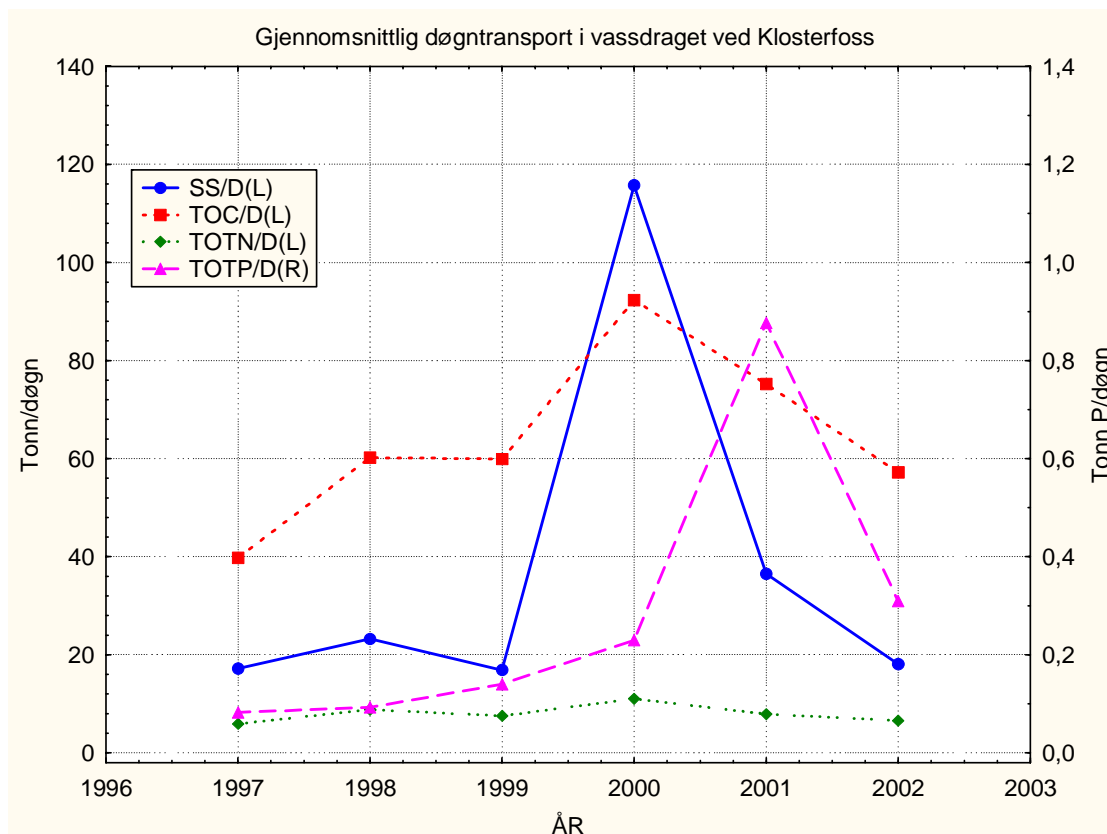
Resultatene av den statlige overvåkingen av vannkvaliteten ovenfor Klosterfoss er oppsummert i **Tabell 1**. For de fleste parameterne er ikke forskjellene fra år til år større enn det som kan ventes, men for fosfor opptrer to ulike datasett: 1997-2000 og 2001-2002. Konsentrasjonen for 2001 er usannsynlig høy og skyldes i stor grad at det ved to anledninger ble målt konsentrasjoner i intervallet 80-246 µgP/l. Årsaken til disse høye konsentrasjonene er ikke kommentert i PARCOM-rapportene, men det er usannsynlig at de er representative for den vanlige vannkvaliteten i vassdraget

Tabell 1. Gjennomsnittsverdier for måling av vannkvalitet ved Klosterfoss i årene 1997-2002 (N=12). Merk at vannføringen er gjennomsnittlig vannføring for de 12 tidspunktene da prøver ble innsamlet, og ikke et årsgjennomsnitt av vannføringen (kilder: Holtan et al. (1998, 1999) og Weideborg et al. (2001a, 2001b, 2002, 2003)).

År	Vannføring, m ³ /s	Suspendert materiale, mg/l	TOC, mg/l	Total fosfor, µgP/l	Total nitrogen, µgN/l
1997	200	1,29		4,5	318
1998	300	0,86		3,4	323
1999	324	0,62	2,4	5,5	297
2000	414	2,2	2,5	6,7	318
2001	312	1,3	2,7	36 ¹⁾	274
2002	262	0,78	2,4	12	274

¹⁾ Ikke representativ verdi. To ekstremt høye verdier på hhv. 246 µgP/l og 86 µgP/l gjør middelverdien feil.

I rapportene fra PARCOM-programmet beregnes årstransportene av forskjellige stoff. Med grunnlag i disse har vi beregnet gjennomsnittlige døgntransporter ved Klosterfoss (**Figur 4**). For SS og fosfor er variasjonene svært store fra år til år og det er også klart at der er store variasjoner innen hvert år. Den beregnede fosfortransporten i 2001-2002 er sannsynligvis for stor pga. de nevnte feil-verdiene.



Figur 4. Gjennomsnittlig døgntransport av suspendert stoff, TOC, total nitrogen (venstre akse) og total fosfor (høyre akse) ved Klosterfoss i årene 1997-2002.

3.1.2 Utslipp fra Norske Skog Union

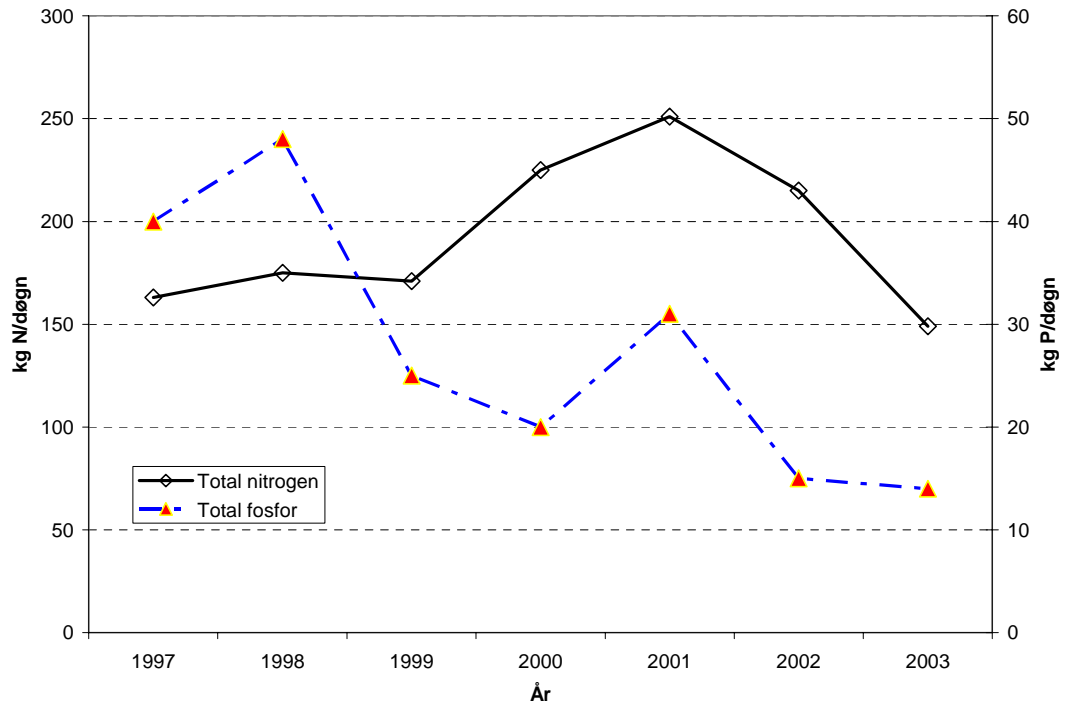
Norske Skog Union har stilt til rådighet døgnerverdier for utslipp av suspendert stoff, organisk stoff, total fosfor og total nitrogen for årene 1997-2003, og på det grunnlaget er årsgjennomsnittene beregnet (**Figur 5-Figur 6**). Vi ser at utslippet av fosfor har avtatt betydelig (mer enn halvert), og at nitrogenutslippet i 2003 bare var litt lavere enn i 1997-1999 (med maksimum i 2000-2002). Utslippene av suspendert stoff og organisk stoff varierte relativt lite i tidsrommet 1997-2003, men i 2003 var de lavest siden 1992.

Sammenlignes døgnutslippene fra Union med den øvrige stofftransporten i vassdraget (**Figur 7**) ser vi at bedriftens utslipp av SS kan utgjøre 1-10% og for nitrogen 2-3%. Utslipet av fosfor er vanskeligere å sammenligne fordi både elvetransporten og utslippet har variert mye, men tallene viser at i 1997-98 utgjorde utslippet ca. 50% av elvetilførselen mot 4-9% i tidsrommet 1999-2002. Det er vanskelig å tro at prosentverdiene for 2001-2002 er riktig – se bl.a. kommentarene til **Tabell 1**.

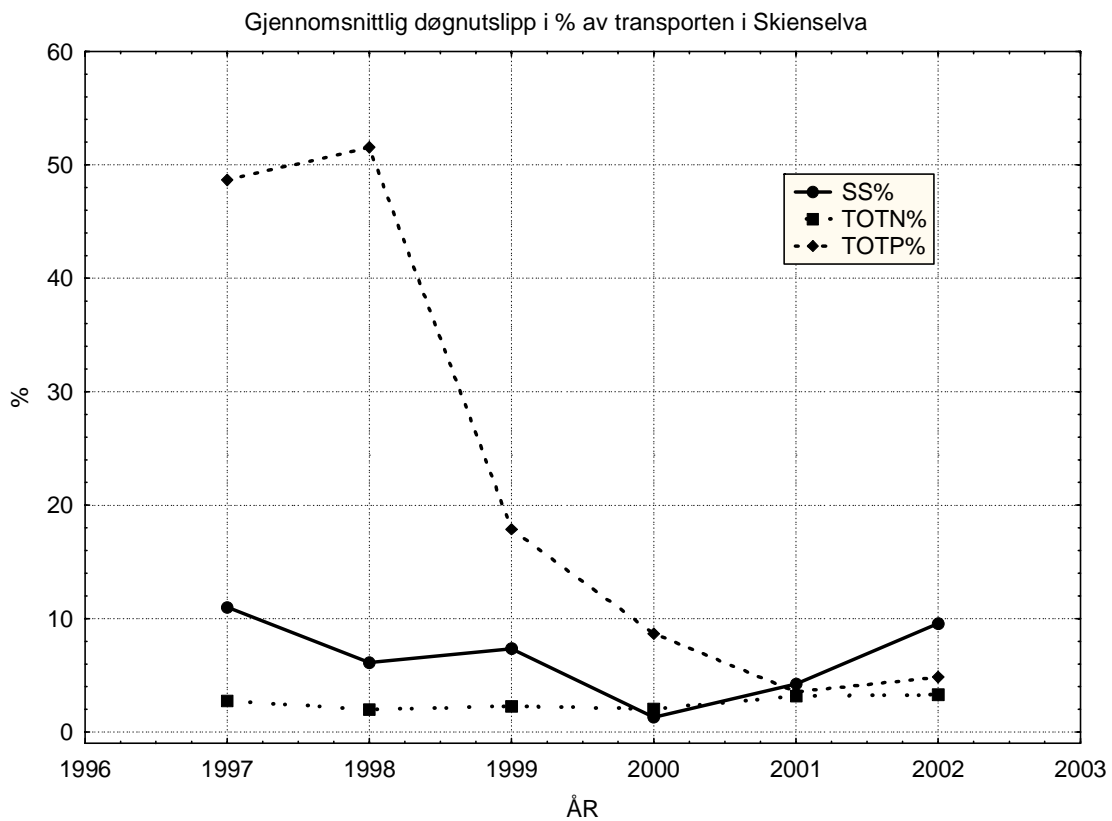
Bedriftens typiske døgnutslipp er 10000-12000 m³/d, mot en gjennomsnittlig transport av ca. 23 mill. m³/d i elva. Dette tilsier at avløpsvannet i gjennomsnitt fortynnes ca. 2000x på vei ned elva mot Porsgrunn og Frierfjorden. Typisk fortynningsintervall ved lav og høy vannføring vil være ca. 450-8000x, dvs. en variasjon med en faktor 17 - se **Figur 3**.



Figur 5. Årsgjennomsnitt for døgnutslipp av organisk stoff (COD) og suspendert stoff fra Norske Skog Union (tonn/år) i tidsrommet 1997-2003.



Figur 6. Årsgjennomsnitt for døgnutslipp av nitrogen og fosfor fra Norske Skog Union (tonn/år) i tidsrommet 1997-2003.



Figur 7. Gjennomsnittlig døgnutslipp for hvert av årene 1997-2002 sammenlignet (i %) med den tilsvarende transporten i Skienselva, målt ved Klosterfoss. Beregningene for Fosfor i 2001-2002 er tvilsomme pga. av for høy beregnet transport i Skiensvassdraget.

3.2 Vurdering av vannkvaliteten

3.2.1 Lokal overvåking

Ut fra størrelsen av utslippene synes det i første rekke å være fosfor som kan påvirke vannkvaliteten i elva og dernest utslippene av suspendert materiale og organisk stoff. Nitrogenutslippet er betydelig, men utgjør en liten del i forhold til den normale transporten i elva.

Når man vurderer vannkvaliteten er det, i tillegg til størrelsen av utslippet, viktig å ta i betraktning hvilken fortykning avløpsvannet vil ha når det blandes med ellevannet. Som tidligere påpekt kan denne fortykningen variere i intervallet 450-8000x. Ved stor vannføring vil det neppe være mulig å registrere noen innvirkning på vannkvaliteten. Fordi både vannføring i vassdraget, vannkvaliteten oppstrøms Klosterfoss og utslippene gjennomgår store variasjoner over året vil man vente å finne store variasjoner i vannkvaliteten på strekningen Klosterfoss-Porsgrunn. Av den grunn vil vi bedømme tilstanden på grunnlag av ”typiske” verdier (aritmetisk middel og/eller median).

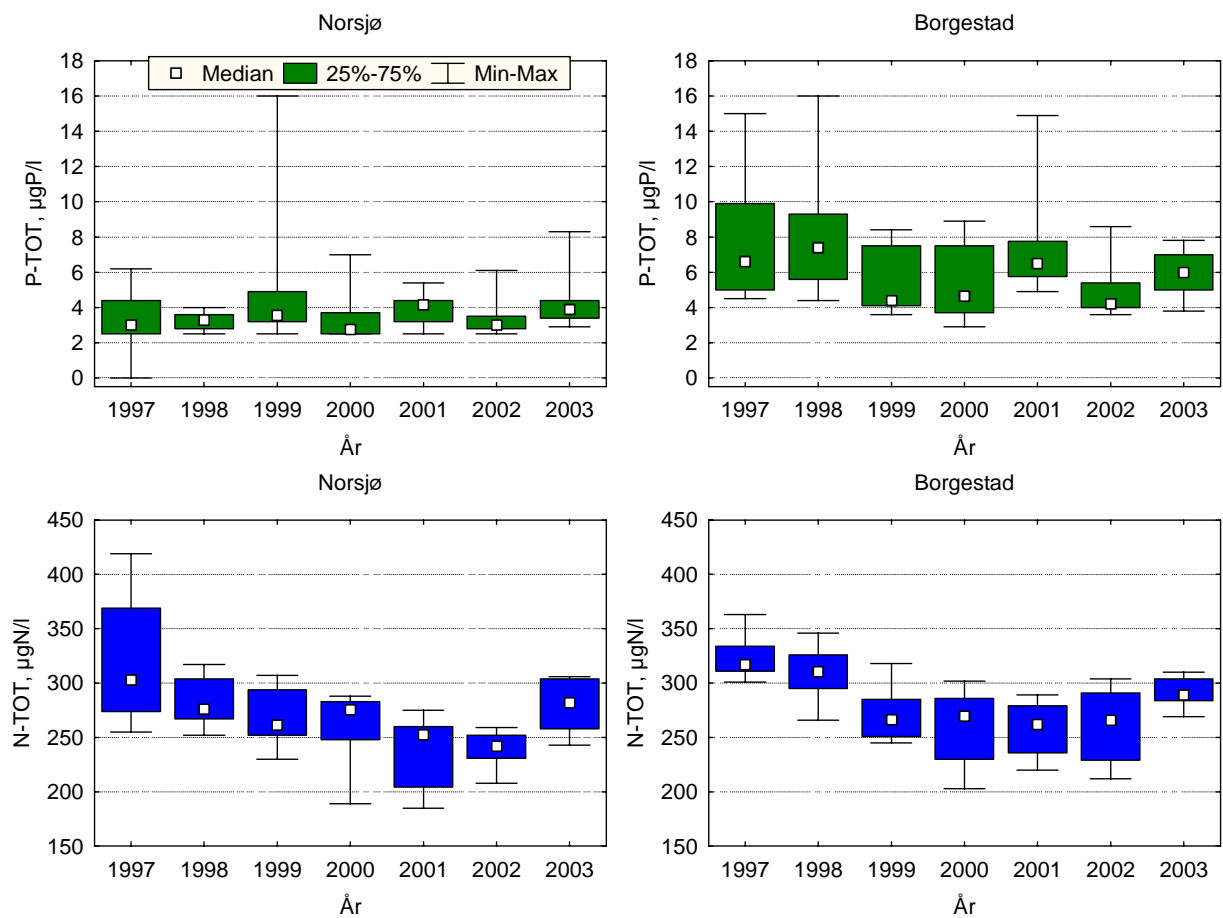
I det etterfølgende vises først resultater fra overflatelaget i elva, dels som tidsserier og deretter som en sammenfattende vurdering og klassifisering for hvert år og hver stasjon. Deretter vises resultater mht. oksygenforholdene i sjøvannslaget, med fokus på bassengene ved Tilja, Borgestad og Porsgrunn

Overflatelaget

For å bedømme om/hvordan utslipp fra Union påvirker vannkvaliteten i Skienselva velger vi å fokusere på Borgestad. På stasjonen Tilja er målt langt færre parametre og gir dermed et dårligere sammenligningsgrunnlag.

Figur 8 viser en sammenfattende statistikk for konsentrasjoner av nitrogen og fosfor ved utløpet av Norsjø og ved Borgestad. Der er to hovedtrekk:

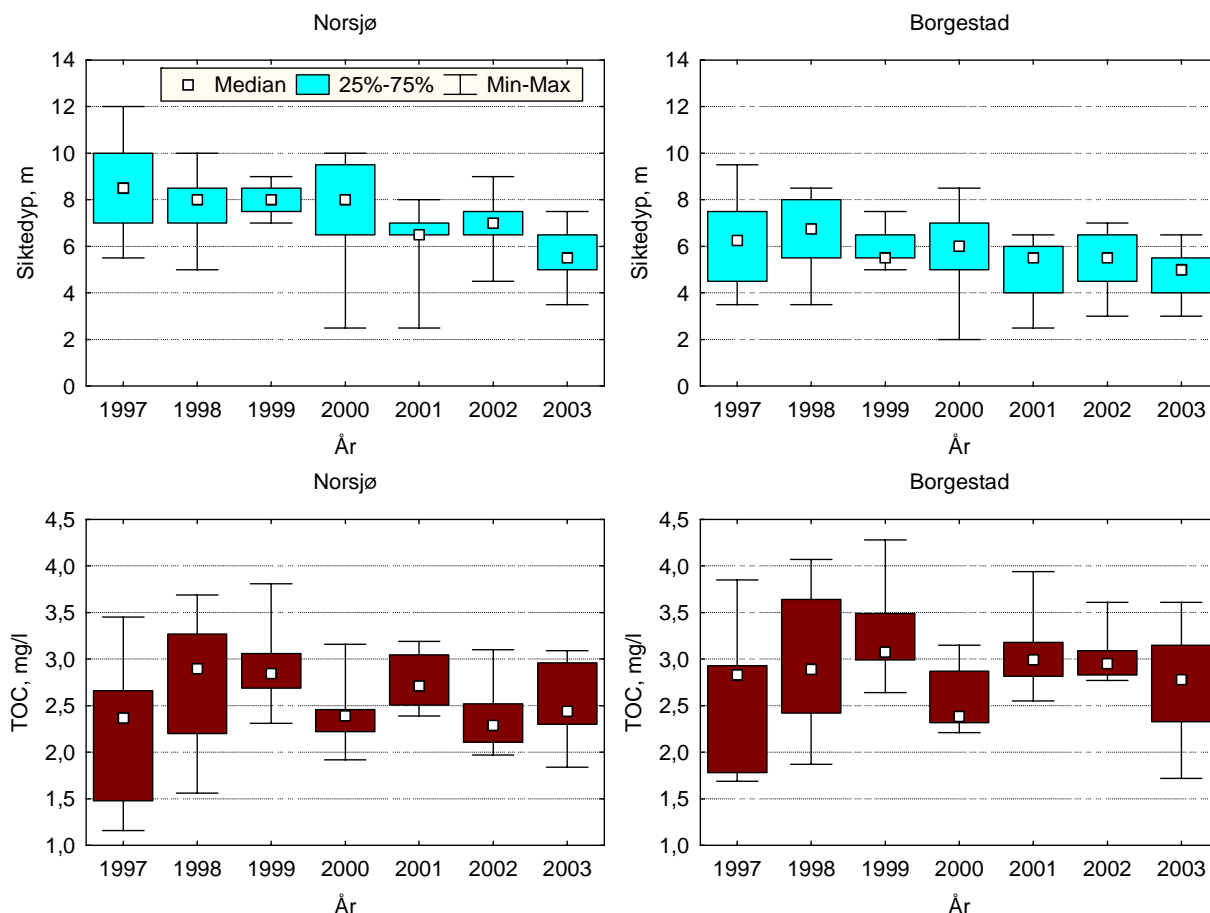
1. Fosforkonsentrasjonen ved Borgestad er markert høyere enn oppstrøms Klosterfoss mens nitrogenkonsentrasjonen viser liten forskjell.
2. Sammenlignes utviklingen over tid på de to stasjonene synes variasjonen mht. fosfor å være forholdsvis lik i tidsrommet 2000-2003. For nitrogen er utviklingen nærmest helt lik. Dette viser at vannkvaliteten ovenfor Klosterfoss også i stor grad bestemmer vannkvaliteten på strekningen Skien-Porsgrunn.



Figur 8. Sammenfattende statistikk for målinger av total fosfor og total nitrogen ved utløpet av Norsjø og ved Borgestad i tidsrommet 1997-2003. For hvert år er vist: median, 25 og 75 persentil, maksimum og minimum.

Figur 9 viser en sammenfattende statistikk for siktedyp og konsentrasjoner av TOC ved utløpet av Norsjø og ved Borgestad. Der er to hovedtrekk:

1. Siktedypet ved utløpet av Norsjø er markert større enn ved Borgestad. Når det gjelder TOC er konsentrasjonen ved Borgestad høyere enn ved Norsjø, men forskjellen er ikke stor.
2. Sammenlignes utviklingen over tid på de to stasjonene synes variasjonen for begge parametre å være forholdsvis lik. Dette viser at vannkvaliteten ovenfor Klosterfoss også i stor grad bestemmer vannkvaliteten på strekningen Skien-Porsgrunn.



Figur 9. Sammenfattende statistikk for målinger av siktedyp og total organisk karbon (TOC) ved utløpet av Norsjø og ved Borgestad i tidsrommet 1997-2003. For hvert år er vist: median, 25 og 75 persentil, maksimum og minimum.

For bedre å kvantifisere sammenhengen mellom vannkvaliteten oppstrøms Klosterfoss og i Skienselva (Borgestad og Porsgrunn), er korrelasjonen beregnet mellom de ulike årsmidlene. Hver "tidsserie" består altså av 7 årsgjennomsnitt og resultatene er vist i **Tabell 2**. Med unntak for fosfor er det en sterk og signifikant korrelasjon mellom variasjoner i vannkvaliteten ved utløpet av Norsjø og ved hhv. Borgestad og Porsgrunn. Ikke uventet er korrelasjonen svakere for Porsgrunn enn for Borgestad og forklaringen kan være at mellom Borgestad og Porsgrunn både er noen tilførsler og at det skjer sedimentering av partikler. Begge deler vil påvirke vannkvaliteten ved Porsgrunn.

Tabell 2. Korrelasjon mellom seriene av årsgjennomsnitt (for årene 1997-2003) ved utløpet av Norsjø og tilsvarende målinger ved Borgestad og Porsgrunn. Statistisk signifikante korrelasjoner er vist med uthevet trykk, og disse viser en til dels sterk sammenheng mellom vannkvaliteten ved utløpet av Norsjø og ved Borgestad. I forhold til Porsgrunn er sammenhengen jevnt over litt svakere.

Parameter	Borgestad	Porsgrunn
Total fosfor	-0,38	-0,30
Total nitrogen	0,93	0,81
Total organisk karbon	0,78	0,83
Suspendert tørrstoff	0,94	0,53
Siktedyp	0,86	0,83

Overvåkingen av strekningen Norsjø-Porsgrunn har vært gjennomført av LabNett, Skien, som har stilt til rådighet figurer som beskriver vannkvaliteten på de tre stasjonene år for år. LabNett kommer til å rapportere hele sitt materiale senere i 2004 og vi skal her bare bedømme tilstanden i forhold til prosjektets problemstillinger.

For Norsjø (**Figur 10**) vil en legge merke til at konsentrasjonene av fosfor, nitrogen og suspendert stoff (STS) tilsvarer vannkvalitetsklasse I. For TOC og siktedyp synes å være en svak negativ trend som de siste 3-5 år har ført vannkvaliteten fra klasse I til klasse II.

De samme hovedtrekkene og den samme utviklingen sees ved Borgestad og ved Porsgrunn. Det er ikke uventet, sett i forhold til hva

Tabell 2 viser. Forskyvingen mot vannkvalitetsklasse II er litt sterkere fordi konsentrasjonene er noe høyere enn ved Norsjø.

Klassifisering av tilstand:												
08.0335 SKIENSELVA. HJELLEVVANNET												
Elv												
ÅR	P-TOT:	N-TOT:	KLFA:	SECCI:	pH:	Alk:	T-Koli:	TOC:	TURB:	STS:	Farge:	O2:
2003	5	290	5,3				47	2,9		0,85		
2002	4	244	6,5				47	2,70		0,57		
2001	5	244	5,8				50	2,98		0,91		
2000	5	256	6,4				170	2,64		0,77		
1999	4	273	6,8				143	3,08		0,7		
1998	4	301	6,8				79	3		0,72		
1997	4	318	7,2				113	2,42	1,34	0,94		
1996	4	304	7,9				112	1,76	0,48	1,54		
1995	4	319	7,3				49	2,10	0,44	0,7		
1994	3	325	8,0				47	1,97	0,6	0,68		
1993	4	304	9,4				32	1,82	0,28	0,43		
1992	4	335	8,5				118	2,48	0,63	0,81		
1991			7,9				71					
1990			7,1				40					
1986	5	338	6,49						1,08	3,2		

Tilstandsklasser

- I - Meget god
- II - God
- III - Mindre god
- IV - Dårlig
- V - Meget dårlig

Figur 10. Klassifisering av vannkvaliteten ved utløpet av Norsjø. Klassifiseringen er gjort på grunnlag av det norske klassifiseringssystemet for ferskvann (Andersen et al., 1997). Figuren er utarbeidet av LabNett, Skien.

Klassifisering av tilstand:
08.0333 SKIENSELVA, BORGESTAD
Elv

Tilstandsklasser
I - Meget god
II - God
III - Mindre god
IV - Dårlig
V - Meget dårlig

ÅR	P-TOT:	N-TOT:	KLFA:	SECCI:	pH:	Alk:	T-Koli:	TOC:	TURB:	STS:	Farge:	O2:
2003	6	291		4,9	7,87		395	2,77		1,26		5,91
2002	5	281		5,4	7,8		1548	3,00		0,89		6,23
2001	7	258		5,0	7,80		5254	3,06		1,37		6,48
2000	5	280		5,6	7,64		415	2,57		1,12		7,02
1999	5	271		5,9	7,58		503	3,22		0,74		5,78
1998	8	308		6,6	7,48		2708	2,93		0,96		8,33
1997	8	324		6,2	7,6		200	2,55	1,04	1,06		3,79
1996	8	320		6,3	7,61		314	2,37	0,65	1,32		3,36
1995	6	327		5,7	7,41		760	2,46	0,43	0,83		8,30
1994	6	360		6,5	7,41		742	2,43	0,49	1,16		5,97
1993	5	308		6,8	7,69		438	2,37	0,51	0,74		5,55
1992	6	336		5,8			944	2,73	0,81	1,12		
1991	12	460		5,7			6573		1,04	2,1		
1990	6	360		5,4			306		0,82	1,74		

Klassifisering av tilstand:
08.0370 SKIENSELVA, PORSGRUNNSBRUA
Elv

Tilstandsklasser
I - Meget god
II - God
III - Mindre god
IV - Dårlig
V - Meget dårlig

ÅR	P-TOT:	N-TOT:	KLFA:	SECCI:	pH:	Alk:	T-Koli:	TOC:	TURB:	STS:	Farge:	O2:
2003	6	294		4,9	7,77		309	2,96		1,41		5,94
2002	5	281		5,3	7,84		1670	2,98		1,14		4,96
2001	9	263		4,9	7,76		6048	3,01		1,49		4,76
2000	6	262		5,7	7,56		418	2,57		1,52		6,03
1999	8	314		5,7	7,59		400	3,24		1,22		3,37
1998	9	327		6,8	7,59		3242	3,05		1,46		5,4
1997	8	335		6,3	7,56		263	2,52	1,13	1,26		2,35
1996	8	330		5,8	7,59		361	2,34	0,61	1,21		2,59
1995	6	333		6,7	7,58		492	2,45	0,42	0,88		7,14
1994	6	369		6,3	7,55		575	2,29	0,49	1,19		5,72
1993	7	325		7,1	7,69		551	2,38	0,53	0,82		5,63
1992	6	340		5,6			1134	2,78	0,89	1,4		
1991	13	528		5,2			3111		1,46	3,48		
1990	8	372		5,0			1308		0,84	1,61		
1989	11	345							0,91	1,09		

Figur 11. Klassifisering av vannkvaliteten ved Borgestad og ved Porsgrunn (NB! oksygen vurderes senere). Klassifiseringen er gjort på grunnlag av det norske klassifiseringssystemet for ferskvann (Andersen et al., 1997). Figurene er utarbeidet av LabNett, Skien.

Oksygen i sjøvannslaget

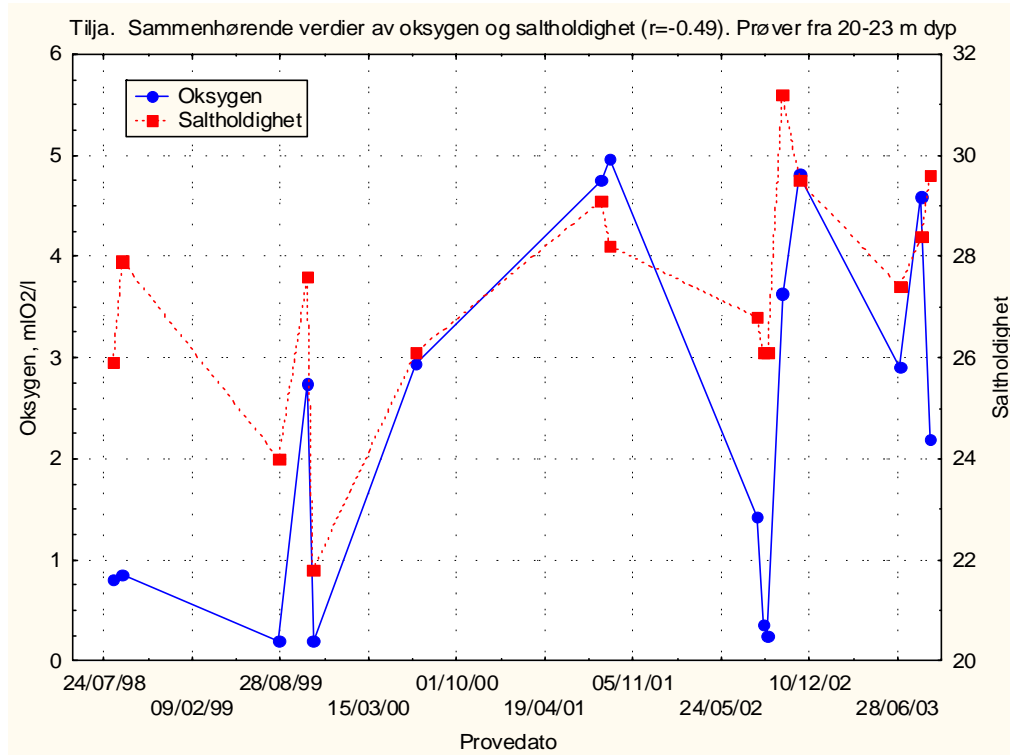
Det er flere faktorer som bestemmer oksygenkonsentrasjonen i de forskjellige delene av elvestrekningen Skien-Porsgrunn. Generelt bestemmes oksygenkonsentrasjonen av balansen mellom oksygentilførselen gjennom tilførsel av nytt vann – og oksygenforbruket ved nedbrytning av organisk stoff. Tilførselen foregår ved en kontinuerlig strøm av oksygenrikt ferskvann gjennom Klosterfoss – og ved en mindre omfattende strøm av sjøvann opp gjennom elva (jfr. **Figur 2**). Det er i dette sjøvannslaget oksygenproblemene vil oppstå – og framfor alt i de tre dype bassengene: ved Tilja, Borgestad og ved Porsgrunn bybro. Ved siden av å fungere som ”sedimentasjonsbassenger” for partikulært organisk materiale vil også vannfornyelsen/oksygentilførselen i disse bassengene være mindre enn ellers på elvestrekningen. I vurderingen av betydningen av perioder med dårlig oksygenforhold bør man ta i betraktning at disse bassengene utgjør en svært liten del av det samlede vannvolumet sjøvannslaget og i elva.

Under stor og vedvarende flom kan sjøvannet i disse bassengene bli spylt ut og hele elvestrekningen ned til Porsgrunn bli fylt av ferskvann. Oksygenkonsentrasjonen blir maksimal samtidig som saltholdigheten blir null. Når flommen avtar vil sjøvannet komme sigende opp elva igjen og på nytt fylle bassengene med sjøvann: saltholdigheten øker og oksygenkonsentrasjonen begynner å avta. Når innstrømmingen av sjøvann begynner å avta vil tilførselen av nytt vann/oksygen avta og oksygenkonsentrasjonen begynner også å avta. Noe av dette samspillet mellom vekslende saltholdighet og oksygen er illustrert i **Figur 12**.

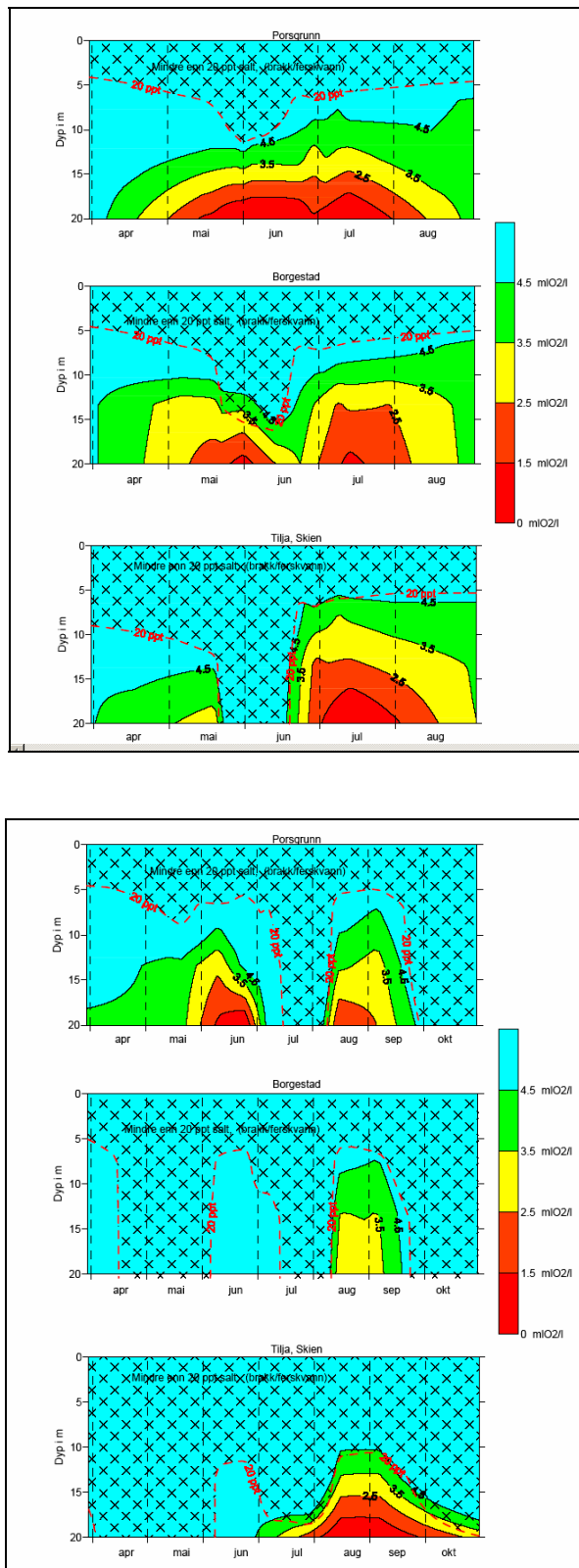
I det etterfølgende skal vi se på tilstanden i tre bassengene. De fire figurene (**Figur 13-Figur 16**) viser tilstanden i de tre bassengene for hvert år i tidsrommet 1997-2003 ved at

- den horisontale aksene viser tiden
- den vertikale aksene viser dypet
- linjer er trukket gjennom punkt med samme oksygenkonsentrasjon
- farger er brukt for å vise hvordan konsentrasjonene bedømmes i forhold til det norske klassifiseringssystemet
- vannmasser med saltholdighet under 20 er vist med kryss (X). Oftest vil dette være ferskvann.

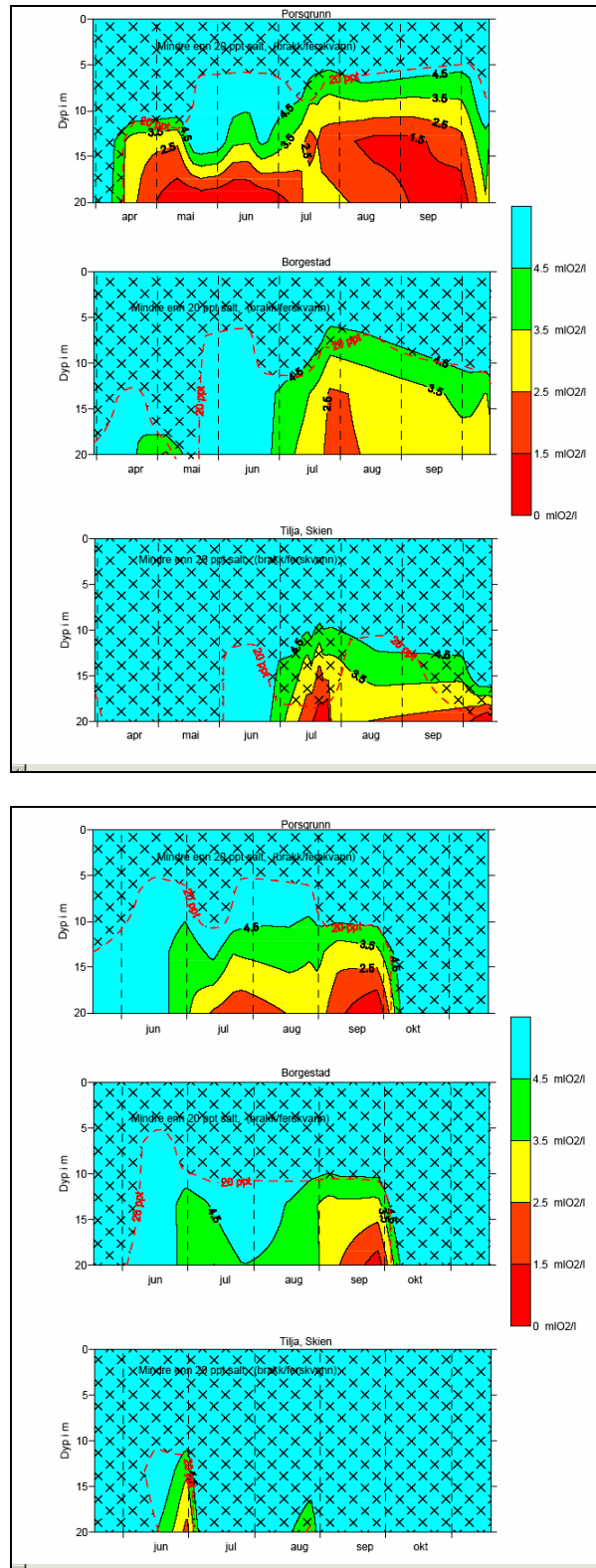
For alle bassenger er variasjonene store fra år til år og det er ikke mulig å påvise noen utvikling i tidsrommet som vi betrakter. Spesielt interessant er å se at mens utslippet av organisk stoff og suspendert materiale var på sitt maksimale i 2001-2002 (jfr. **Figur 5**) var oksygenforholdene både ved Tilja og ved Borgestad relativt gode. Resultatene må forstås slik at det fortsatt er en vekslende vannutskiftning som i hovedsak bestemmer oksygenforholdene i bassengene.



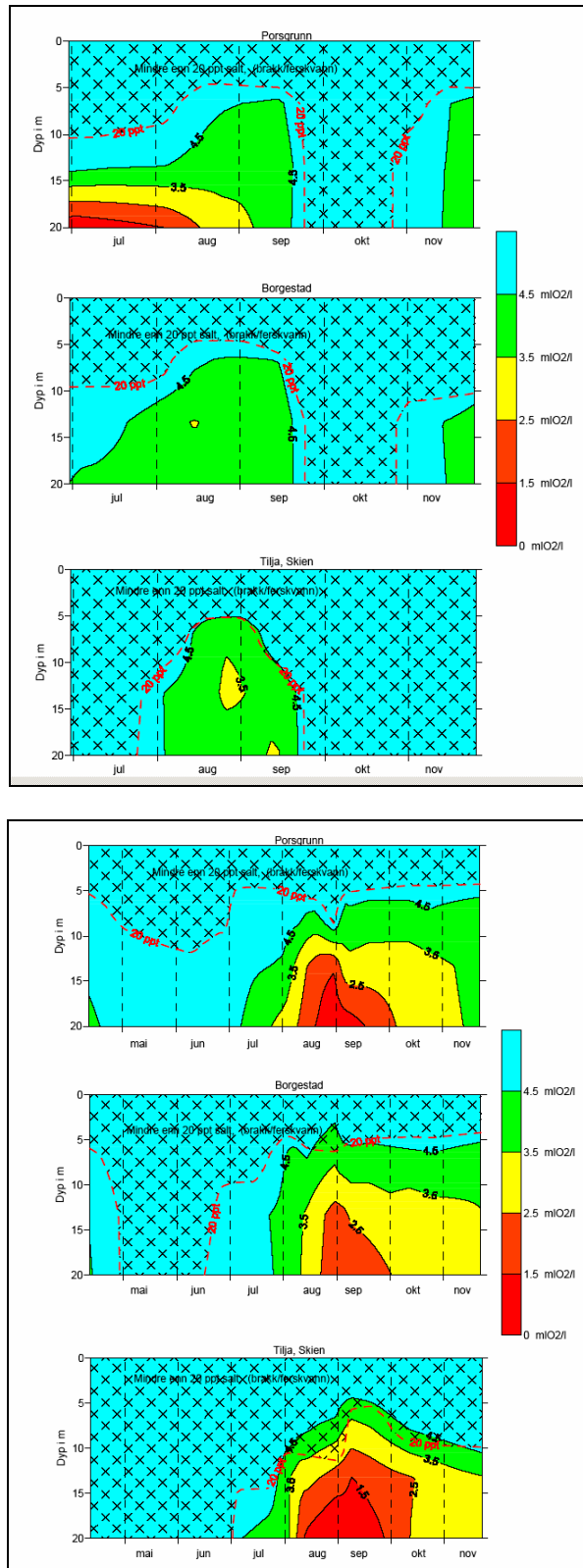
Figur 12. Eksempel på samvariasjon mellom saltholdighet og oksygen i 20-23 m dyp ved Tilja. For å forenkle figuren er bare oksygenkonsentrasjoner $< 5 \text{ mgO}_2/\text{l}$ er tatt med.



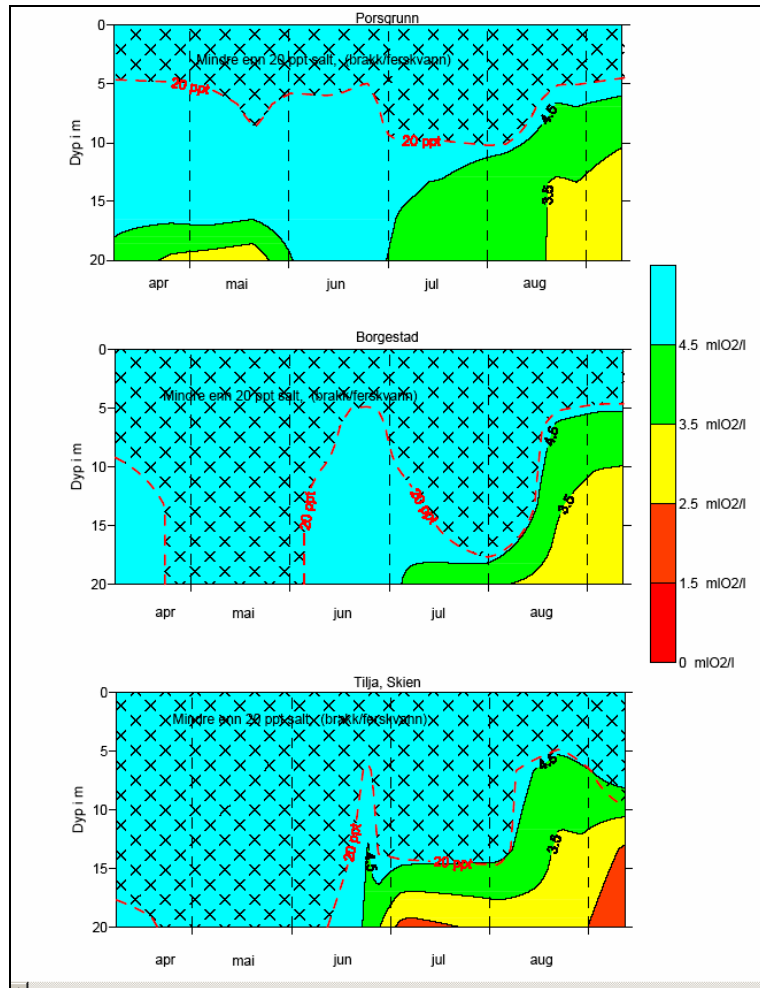
Figur 13. Oksygenkonsentrasjon i de dype bassengene ved Porsgrunn, Borgestad og Tilja i tidsrommene april-august 1997 (øverst) og april-oktober 1998 (nederst). Merk at skravur viser vannmasser med saltholdighet mindre enn 20 (utarbeidet av LabNett Skien).



Figur 14. Oksygenkonsentrasjon i de dype bassengene ved Porsgrunn, Borgestad og Tilja i tidsrommene april-oktober 1999 (øverst) og mai-november 2000 (nederst). Merk at skravur viser vannmasser med saltholdighet mindre enn 20 (utarbeidet av LabNett Skien).



Figur 15. 20 Oksygenkonsentrasjon i de dype bassengene ved Porsgrunn, Borgestad og Tilja i tidsrommene juli-november 2001 (øverst) og april-november 2002 (nederst). Merk at skravur viser vannmasser med saltholdighet mindre enn 20 (utarbeidet av LabNett Skien).



Figur 16. Oksygenkonsentrasjon i de dype bassengene ved Porsgrunn, Borgestad og Tilja i tidsrommene april-oktober 2003. Merk at skravur viser vannmasser med saltholdighet mindre enn 20 (utarbeidet av LabNett Skien).

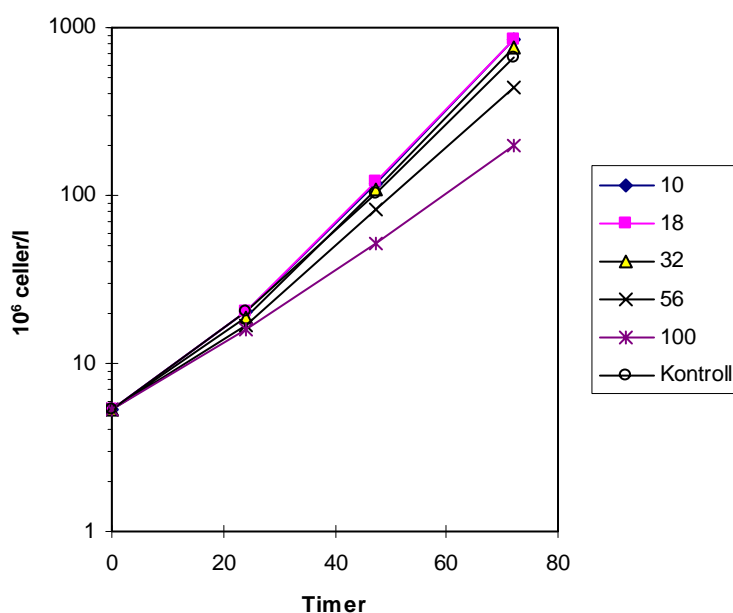
3.3 Avløpsvannets toksisitet

3.3.1 Veksthemming - alger

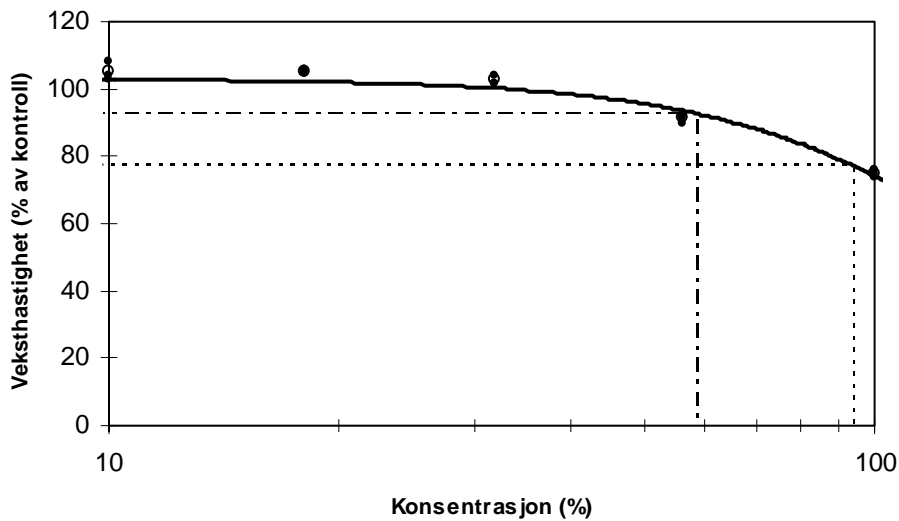
Tilvekstkurver for algen *Pseudokirchneriella subcapitata* i ulike konsentrasjoner av avløpsvannet er vist i **Figur 17**. Veksten var tilnærmet eksponentsiell i alle kulturene. I kontrollen var veksthastigheten 1.6 d^{-1} som tilsvarer 2.3 doblinger/døgn. Det var ubetydelig reduksjon av algenes veksthastighet i konsentrasjoner opp til 32% avløpsvann. I de to høyeste konsentrasjonene (56 og 100 %) var imidlertid veksten noe redusert i forhold til kontrollen som går frem av at vekstkurvenes helning er lavere i **Figur 17**. Reduksjonen i veksthastighet i uforynnnet avløpsvann var ca. 25%. En konsentrasjon/respons-kurve for effekten av avløpsvann på algenes veksthastighet er vist i **Figur 18**. Kurven er tilpasset observasjonene ved hjelp ikke-linjær modell (Hill). Fra kurven kan konsentrasjonene som gir hhv. 10 og 25 % veksthemming beregnes (EC_{10} og EC_{25}). På grunn av at veksthemmingen i uforynnnet avløpsvann bare var ca. 25% kan EC_{50} ikke beregnes ($EC_{50} > 100\%$). EC -verdiene med konfidensintervall er vist i **Tabell 3**.

Tabell 3. EC - verdier med konfidensintervall for ulike konsentrasjoner av avløpsvann.

	% avløpsvann	95% konf. int.
EC_{10}	59	47 - 68
EC_{25}	94	88 - 98
EC_{50}	(> 100%)	-



Figur 17. Vekstforløp av *P. subcapitata* i ulike konsentrasjoner (%) av avløpsvann



Figur 18. Effekt av avløpsvannet på veksthastigheten til *P. subcapitata*. Stiplede linjer indikerer hhv. 10 og 25 % veksthemming (EC₁₀ og EC₂₅)

Avløpsvannet fra Union var meget sterkt farget. Dette førte til at lysforholdene i kulturene ikke var identisk. I de høyeste konsentrasjonene var dermed algenes tilgang til lys for fotosyntesen vesentlig redusert. Det er sannsynlig at den observerte veksthemmingen skyldes avløpsvannets farge.

3.3.2 Akutt toksisitet - krepsdyr

Akutt toksisitet overfor *Daphnia magna* ble undersøkt i konsentrasjonene 32, 56 og 100 % av avløpsvann. Det ble ikke observert immobilisering i kontrollen og i konsentrasjonene 32 og 100 % avløpsvann. Ved 56% avløpsvann ble ett individ immobilisert. Det er derfor ingen indikasjoner på at avløpsvannet har akutt-toksiske effekter på dafnier og EC₅₀-verdien for immobilisering av *D. magna* kan angis som >100 %.

Tabell 4. Akutt toksisitet ovenfor *Daphnia magna* ved ulike konsentrasjoner av avløpsvann

Konsentrasjon av avløpsvann	Antall <i>Daphnia</i>	Antall immobilisert etter 24 timer	Antall immobilisert etter 48 timer
100 %	20	0	0
56 %	20	1	1
32 %	21	0	0
0 (Kontroll)	20	0	0

3.3.3 Akutt toksisitet - fisk

Toksisitetstesten med ørret ble utført ved konsentrasjonene 3,2, 10 og 56 % avløpsvann. pH-verdien i kontrollen (Maridalsvann) var 6.9-7.0 og i høyeste testkonsentrasjon (56 %) 7.6 – 8.1. Det ble ikke registrert dødelighet i kontrollen eller i noen av avløpsvannskonsentrasjonene (**Tabell 5**). LC₅₀-verdien kan derfor angis som >56 %.

Tabell 5. Dødelighet av fisk (ørret) i ulike konsentrasjoner av avløpsvann

Konsentrasjon	Antall fisk	Antall døde etter 96 timer
56 %	7	0
10	7	0
3.2	7	0
0 (kontroll)	7	0

4. Oppsummering og sammenfattende vurdering

Utslipp fra Union

Bedriftens utslipp av fosfor ble mer enn halvert i tidsrommet 1997-2003, men var relativt høyt i 1997-98 og 2001. I forhold til 1997 var nitrogenutslippet betydelig høyere i 2000-2002, og litt lavere i 2003. Utslippene av suspendert stoff (SS) og organisk stoff hadde også et maksimum i 2001, men i 2003 var de lavest siden 1992.

Sammenlignet med den øvrige stofftransporten i vassdraget kan bedriftens utslipp av SS utgjøre 1-10% og for nitrogen 2-3% - varierende både med vannføring og vannkvalitet i vassdraget oppstrøms Klosterfoss, og med størrelsen av utslippet fra Union. Utslipet av fosfor er vanskeligere å sammenligne fordi både elvetransporten og utslippet har variert mye, men tallene viser at i 1997-98 utgjorde utslippet ca. 50% av elvetilførselen mot 4-9% i tidsrommet 1999-2002. PARCOM-rapportene for 2001 og 2002 inneholder verdier som åpenbart er feil og som fører til at den beregnede stofftransporten blir for stor. En bør derfor legge størst vekt på resultatene fra det første tidsrommet, som tyder på at fosforutslippet er betydelig i forhold til den vanlige transporten i vassdraget.

Utslippenes innvirkning på vannkvaliteten

En undersøkelse i august 1991 konkluderte med at utslippene fra Union hadde en betydelig påvirkning av vannkvaliteten (siktedyp og suspendert materiale). Siden den tid har utslippene av suspendert stoff og organisk stoff avtatt vesentlig, mens utslippene av næringsalter har økt noe.

Analysen av vannkvalitetsdataene på strekningen Norsjø-Tilja-Borgestad-Porsgrunn viser store variasjoner fra prøveserie til prøveserie og fra år til år - og hovedgrunnen er vekslende vannføring, men også varierende tilførsler (utslipp, avrenning fra land). Vannkvaliteten i det utstrømmende overflatelaget er i hovedsak bestemt av vannkvaliteten oppstrøms Klosterfoss, men for fosfor ser bedriftens utslipp til å ha en tydelig påvirkning. Dette stemmer med at utslippet er relativt stort sammenlignet med tilførselen ved Klosterfoss. Men påvirkningen er ikke større enn at vannkvaliteten er likevel Meget God. For nitrogen, organisk stoff og suspendert stoff er påvirkningen liten og vannkvaliteten i Skienselva er Meget God.

I tidsrommet 1997-2003 gjennomgår oksygenforholdene i de tre dype bassengene store og raske variasjoner som i første rekke er bestemt av vannføringen i elva og innstrømningen av sjøvann fra Frierfjorden. Periodevis er tilstanden Dårlig-Meget Dårlig. Vi kan ikke med sikkerhet se at forholdene har endret seg i dette tidsrommet. Dette gjelder imidlertid små vannvolumer der topografien danner "sedimentasjonsbasseng" og her er det sannsynlig at bedriftens utslipp bidrar til noe økt oksygenforbruk. I den øvrige delen av sjøvannslaget og i det utstrømmende elvevannet er oksygenforholdene gode.

Toksisitet

Giftighetstestene med alger, krepsdyr og fisk av en prøve av avløpsvannet fra Union viste ingen eller ubetydelige toksiske effekter. Det ble ikke observert akutt dødelighet av ørretyngel i 56% konsentrasjon av avløpsvannet eller immobilisering av *Daphnia magna* i ufortynnet avløpsvann. Algetesten viste svak veksthemming ved høye konsentrasjoner av avløpsvann. I ufortynnet avløpsvann var veksthemmingen ca. 25 %. Det er imidlertid sannsynlig at veksthemmingen skyldes avløpsvannets sterke brunfarge som reduserer tilgjengeligheten av lys til algenes fotosyntese.

I forhold til en undersøkelse av avløpsvannets giftighet som ble utført i 1997 (Laake et al., 1998), var giftvirkningen på alger, krepsdyr og fisk nå lavere. Ved undersøkelsen i 1997 viste testene høyere giftighet for laks og krepsdyr etter rensing enn i urensset avløpsvann. Dette ble forklart med at det rensede avløpsvannet hadde et stort umiddelbart oksygenforbruk og at det inneholdt fritt sulfid og ammonium. Dette tyder på suboptimal drift av rensenanlegget. I prøven av rensset avløpsvann som ble testet i denne undersøkelsen ble slike forhold ikke observert. Vannet var oksygenholdig når det ankom laboratoriet og lufting var ikke nødvendig for å unngå dødelighet av *Daphnia magna* selv i ufortynnet avløpsvann.

Sees resultatene i lys av at avløpsvannet fortynnes ca. 450-8000x (varierende med vannføringen) tyder giftighetstestene på minimal - ingen risiko for gifteffekter av utslippet fra Union til Skienselva.

Nytteverdien av rensetiltak

For suspendert stoff, organisk stoff og nitrogen dominerer stofftransporten fra vassdraget ovenfor Klosterfoss fullstendig. For vannkvaliteten i overflatelaget vil nytteverdien av å redusere utslippene fra Union derfor være liten, med mindre det medfører lokale problemer som utslippreduksjoner kan løse. For oksygenforholdene i sjøvannslaget i de dype bassengene er det mulig at en reduksjon i utslippet av (partikulært) organisk stoff vil gi et mindre oksygenforbruk og dermed en viss bedring, men det vil fortsatt være vannutskiftningen som i hovedsak bestemmer tilstanden. I sjøvannslaget - utenom disse små bassengene - synes det ikke å være oksygenproblemer.

Bedriftens utslipp av fosfor er sannsynligvis betydelig i forhold til det som tilføres fra den øvre delen av vassdraget, men ikke mer enn at vannkvaliteten i Skienselva fortsatt er Meget God. Dette betyr at man i en vurdering av nytteverdien av reduserte fosforutslipp må ta i betraktning eventuelle virkninger på vannkvalitet og algevekst i overflatelaget i Grenlandsfjordene, noe som ligger utenfor rammen av dette prosjektet.

Det synes ikke å være grunnlag for rensetiltak ut fra vurderinger av avløpsvannets toksisitet.

5. Litteratur

Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT Veiledning 97:04. 31 sider.

Laake, M., Fjellheim, A. og Barth, T., 1998. Resipientundersøkelse i Skienselva. Union Bruk 1996-97. EnviroNor Rapport nr. 9801. Grimstad. 55 sider.

Molvær, J, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. 36 sider.

Green, N.G., Kirkerud, L., Molvær, J., Rygg, B. og Skei, J., 1979. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva. Årsrapport for 1997. NIVA-rapport nr. 1131. 132 sider.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. and Hopen, T., 1998. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles, results and discussions. B. Data Report. SFT report TA 750/98. Oslo.

Holtan, G., Berge, D., and Hopen, T., 1999. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1998. A. Principles, results and discussions. B. Data Report. SFT report TA 780/99. Oslo.

Johannessen, M., 1991. Union Bruk AS, driftsstans august 1991. Vannkvalitet i Skienselva. Rapport nr. 12/91. Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernavdelinga. Skien. 12 sider +vedlegg.

Weideborg, M., Vik, E.A., Thoresen, H., Stang, P., Kelley, A. og Nedland, K.T., 2001a. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 1999. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1793/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Storhaug, R., 2001b. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2000. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1852/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Lyngstad, E., 2002. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2001. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1914/2003. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., og Lyngstad, E., 2003. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2002. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1998/2004. Oslo.